

# 《职业技能鉴定考试用书》丛书编审委员会名单

主任委员	张文利			
副主任委员	李认清			
委员	张冀威	史武华	李 钰	张佩娟
	杨国林	郎名华	杨嘉孟	郭小平
	陈林松	南保华	刘宝萍	
本书编者	张 英	陈晓鹏		
本书主审	陈晓鹏			

获取更多资料 微信搜索蓝领星球

# 前 言

职业资格证书制度是国际上通行的一种对技术技能人才的认证制度,是中央确定的一项旨在全面提高劳动者素质的重要政策,是发展劳动力市场、促进职业培训和实现就业的重要手段。职业资格证书制度是劳动就业制度的一项重要内容,也是一种特殊形式的国家考试制度。它是指按照国家制定的职业技能标准或任职条件,通过政府认定的考核鉴定机构,对劳动者的技能水平或职业资格进行客观公正、科学规范的评价和鉴定,对合格者授予相应的国家职业资格证书。

职业资格证书是劳动者具有从事某一职业所必备的学识和技能的证明。它是劳动者求职、任职、开业的资格凭证,是用人单位招聘、录用劳动者的主要依据之一,也是境外就业、对外劳务合作人员办理技能水平公证的有效证件。

我国已经开始实行就业准入制度。所谓就业准入,就是根据《劳动法》和《职业教育法》的有关规定,对从事技术复杂、通用性强,涉及到国家财产、人民生命安全和消费者利益的职业的劳动者,必须经过培训并取得职业资格证书后,方可就业上岗。

职业技能鉴定是一项基于职业技能水平的考核活动,属于标准参照考试。它是指由考试考核机构对劳动者从事某种职业所应掌握的技术基础理论和实际操作能力做出客观的测量和评价。职业技能鉴定是国家职业资格证书制度的重要组成部分。

为了落实党的十六大提出的“造就数以亿计的高素质劳动者、数以千万计的专门人才和大批拔尖创新人才”的号召,帮助读者顺利通过职业技能鉴定,取得相应的职业资格,我们在原有初级工和中级工职业技能鉴定用书的基础上,根据相关工种的国家职业标准的要求,编写了这套高级工职业技能鉴定丛书。丛书包括焊工、装配钳工、维修电工、汽车修理工、电气设备安装工、加工中心操作工、计算机维修工等几个工种,每个工种一册,由天津科学技术出版社出版。

这套丛书由天津市机电工业控股集团公司和天津机电职业技术学院联合主编,并得到天津市劳动局和天津市职业技能鉴定指导中心的大力支持。每种书均由理论知识、操作技能、试题样例三部分组成,紧扣国家职业标准的要求。丛书内容采用最新国家标准,反映相关专业的最新发展,力求体现新技术、新工艺和新设备的应用。

本套丛书内容简明,语言通俗,信息量大,实用价值较高,既便于准备参加职业技能鉴定考试者自学,成为他们获得职业资格证书的有利助手,又可以作为企业、院校进行职业培训的教材使用。

由于这套丛书涉及的知识面广,书中难免会有错误和不足之处,衷心欢迎读者批评指正,以便再版时给予修正。

丛书编审委员会

2003年6月

获取更多资料 微信搜索蓝领星球

# 目录

## 理论知识

<b>1 电子电路知识</b> .....	( 2 )
一、模拟电路基础 .....	( 2 )
二、数字电路基础 .....	( 18 )
<b>2 电力拖动及自动控制原理基本知识及应用知识</b> .....	( 27 )
一、电力拖动的基本知识 .....	( 27 )
二、自动控制原理的基本知识 .....	( 29 )
三、自动调速系统的基本原理 .....	( 31 )
<b>3 计算机基本知识</b> .....	( 37 )
一、计算机的组成 .....	( 37 )
二、计算机的工作原理 .....	( 39 )
三、计算机的主要特点 .....	( 39 )
四、计算机的应用 .....	( 40 )
<b>4 数控技术</b> .....	( 42 )
一、计算机数控系统 .....	( 42 )
二、经济型数控机床的构成、特点及应用知识 .....	( 56 )
<b>5 可编程序控制器</b> .....	( 58 )
一、可编程序控制器的控制原理、特点及注意事项 .....	( 58 )
二、编程器的使用方法 .....	( 66 )
<b>6 变频技术</b> .....	( 80 )
一、中频电源设备 .....	( 80 )
二、高频电源设备 .....	( 88 )
<b>7 相关知识</b> .....	( 94 )
一、机械制图及公差配合知识 .....	( 94 )
二、材料知识 .....	( 110 )
<b>8 电气设备检修工艺知识及其编制方法</b> .....	( 115 )
一、检修工艺知识 .....	( 115 )
二、检修工艺的编制方法 .....	( 116 )

<b>9 指导操作的基本方法</b> .....	(118)
一、严格执行安全技术操作 .....	(118)
二、注重理论联系实际 .....	(118)

## 操作技能

<b>1 经济型数控系统机械设备的调试及电气故障检修</b> .....	(121)
一、经济型数控系统机械设备的调试 .....	(125)
二、经济型数控系统机械设备电气故障检修 .....	(130)
<b>2 可编程序控制器控制系统电气故障检修</b> .....	(137)
一、PLC 输入部分的检修 .....	(137)
二、PLC 输出部分的检修 .....	(137)
三、PLC 内部的检修 .....	(138)
<b>3 用可编程序控制器改造继电器控制系统,编制逻辑运算程序,绘 出电路图</b> .....	(139)
一、了解对于系统改造的要求 .....	(139)
二、了解原设备电气的工作原理 .....	(139)
三、计算输入/输出点 .....	(143)
四、选择 PLC .....	(145)
五、了解 PLC 使用 .....	(145)
六、画出原理图 .....	(145)
七、选择元器件 .....	(145)
八、绘制其他电气图纸 .....	(149)
九、编制梯形图 .....	(149)
十、编辑梯形图 .....	(152)
十一、装配 .....	(152)
十二、通电调试 .....	(152)
<b>4 按图样要求安装带有 80 点以下开关量输入、输出的可编程序控 制器的设备</b> .....	(154)
一、电气元器件及连接线的选择 .....	(154)
二、电气元器件的布局 .....	(156)
三、电气元器件的安装 .....	(157)
四、注意事项 .....	(157)
<b>5 中高频电源控制设备的故障检修</b> .....	(160)
一、中频电源控制设备的故障检修 .....	(160)
二、高频电源控制设备的故障检修 .....	(162)
<b>6 三相晶闸管控制装置的电气故障检修</b> .....	(164)
一、电路的组成 .....	(164)
二、常见的故障分析 .....	(166)

<b>7</b>	<b>B2010A 龙门刨床电气线路的故障检修</b> .....	(167)
	一、龙门刨床的结构及运动形式 .....	(167)
	二、龙门刨床电气控制系统的分析 .....	(167)
	三、龙门刨床常见故障的分析与排除 .....	(178)
<b>8</b>	<b>测绘晶闸管触发电路并绘出原理图</b> .....	(183)
	一、了解测绘电路板有关设备的情况 .....	(183)
	二、实测 .....	(183)
<b>9</b>	<b>测绘 X62W 铣床的电气原理图、接线图及电气元件明细表</b> .....	(188)
	一、电气位置图—接线图—电气原理图法 .....	(188)
	二、查对法 .....	(193)
<b>10</b>	<b>测绘固定板、支架、轴、套、联轴器等机电装置的零件图及简单装配图</b> .....	(196)
	一、零部件测绘的基本知识 .....	(196)
	二、测绘几种典型零件及简单装配图 .....	(198)
<b>11</b>	<b>编制一般机械设备的电气修理工艺</b> .....	(208)
	一、小型异步电动机的修理工艺 .....	(208)
	二、组合开关的修理工艺 .....	(209)
	三、交流接触器的修理工艺 .....	(210)
<b>12</b>	<b>指导本职业初、中级工进行实际操作</b> .....	(212)
	一、加强电工的人身安全意识 .....	(212)
	二、常用电工工具的使用 .....	(212)
	三、常用电工仪器仪表的使用 .....	(213)
	四、电子电路的装接 .....	(215)
	五、电气控制线路的安装 .....	(216)
	六、常用电气设备(如电动机、接触器、开关等)的检修 .....	(217)
	七、车间电力线路的检修 .....	(217)
	八、机床电气设备的故障检修 .....	(218)

## 示题样例

一、判断题 .....	(221)
二、填空题 .....	(223)
三、选择题 .....	(225)
四、问答题 .....	(227)
五、作图题 .....	(228)
六、计算题 .....	(228)
七、技能题 .....	(229)

## 附表

附表 1 标准公差数值 .....	(242)
-------------------	-------

附表 2	常用(部分)和优先配合、轴的极限偏差 .....	(243)
附表 3	常用(部分)和优先配合、孔的极限偏差 .....	(245)
附表 4	形状公差项目 .....	(246)
附表 5	位置公差项目 .....	(246)
附表 6	常用的热处理和表面处理名词及应用 .....	(247)
附表 7	常用金属材料的牌号及应用 .....	(248)
附表 8	有色金属材料的牌号及应用 .....	(250)

参考文献 .....	(252)
------------	-------

获取更多资料 微信搜索蓝领星球

# 理论知识

- 电子电路知识
- 电力拖动及自动控制原理基本知识及应用知识
- 计算机基本知识
- 数控技术
- 可编程序控制器
- 变频技术
- 相关知识
- 电气设备检修工艺知识及其编制方法
- 指导操作的基本方法

获取更多资料 微信搜索蓝领星球



## 1

## 电子电路知识

## 一、模拟电路基础

## (一) 常用电子元器件的参数标识

在实际应用时为了正确选用电子元器件,必须了解它们的主要参数及其意义。

## 1. 二极管的主要参数

(1) 最大整流电流  $I_T$  通常称为额定工作电流。指在一定散热条件下,晶体二极管长期工作时允许流过的最大平均电流。使用时不能超过这个值,否则会烧坏二极管。

(2) 最高反向工作电压  $U_{RM}$  指晶体二极管不至于反向击穿所允许使用的最高反向工作电压(峰值)。一般规定,最高反向工作电压为反向击穿电压的一半,以防二极管击穿损坏。

国产二极管常用的系列有:2AP、2CP、2CZ系列。2AP系列主要用于检波和小电流整流;2CP系列主要用于较小功率的整流;2CZ系列主要用于大功率的整流。

部分二极管的主要参数见表 1-1 所示。

表 1-1 2CZ52 ~ 54 型部分整流二极管参数

型号	最大整流电流(mA)	最高反向工作电压(峰值)(V)	最大整流电流下的正向电压(V)	用途
2CZ54C	400	100	$\leq 1.2$	用于频率为 50kHz 以下的整流电路
2CZ54D	400	200	$\leq 1.2$	
2CZ54E	400	300	$\leq 1.2$	
2CZ54F	400	400	$\leq 1.2$	
2CZ52A	100	25	$\leq 1.5$	用于频率为 50kHz 以下的整流电路及脉冲电路
2CZ52B	100	50	$\leq 1.5$	
2CZ52C	100	100	$\leq 1.5$	
2CZ52D	100	200	$\leq 1.5$	

## 2. 晶体三极管的主要参数

(1) 电流放大系数  $\beta$  在共发射极电路中,当  $U_{ce}$  为规定值时,集电极电流的变化量与基极电流变化量的比值,叫三极管的电流放大系数。一般晶体管的  $\beta$  值在 20 ~ 200 之间,由于  $\beta$  值太小时,三极管的电流放大作用比较差,而  $\beta$  值太大时,三极管的性能又不稳定,因此,常用的

$\beta$  值为 60 ~ 100。

(2) 穿透电流  $I_{ceo}$  指基极开路, 集电极电压  $U_{ce}$  为规定值时, 集电极与发射极之间的反向漏电流。一般硅管的  $I_{ceo}$  应小于几个微安, 锗管的  $I_{ceo}$  应小于几十到几百微安。

(3) 反向击穿电压  $BV_{ceo}$  指基极开路时, 集电极与发射极间的反向最大允许电压。如果工作时  $U_{ce} > BV_{ceo}$ , 三极管就会损坏。

(4) 集电极最大允许电流  $I_{cM}$  指三极管正常工作时, 集电极所允许的最大电流。当  $I_c > I_{cM}$  时, 即使三极管不会损坏, 三极管的  $\beta$  值也要明显下降。

(5) 集电极最大允许耗散功率  $P_{cM}$  指三极管正常工作时, 集电结上所允许的最大耗散功率。使用时,  $I_c$  和  $U_{ce}$  的乘积不得大于  $P_{cM}$ 。通常我们把  $P_{cM}$  小于 1W 的三极管叫小功率管, 大于 1W 的三极管叫大功率管。

部分低频小功率三极管的主要参数见表 1-2 所示。

表 1-2 部分常用晶体三极管参数

参数符号	单位	测试条件	型号					
			3AX31A	3AX31B	3AX31C	3AX31D	3AX31E	
直流参数	$I_{ceo}$	$\mu A$	$U_{ce} = -6V$	$\leq 800$	$\leq 600$	$\leq 400$	$\leq 600$	$\leq 600$
	$H_{FE}(\bar{\beta})$		$U_{ce} = -1V$ $I_c = -100mA$	30 ~ 200	50 ~ 150	50 ~ 150	50 ~ 150	50 ~ 150
极限参数	$BV_{ceo}$	V	$I_c = -2mA$	-12	-18	-25	-12	-12
	$BV_{ebo}$	V	$I_e = 1mA$	-10	-10	-20	-10	-10
	$I_{cM}$	mA	$U_{ce} = -1V$	125	125	125	125	125
	$P_{cM}$	mW		125	125	125	125	125
	$T_{FM}$	$^{\circ}C$		75	75	75	75	75

### 3. 稳压管的主要参数

稳压管是一种特殊的半导体二极管, 它的正向特性与一般二极管相似, 而反向击穿特性却有很大不同。稳压管正是利用其反向电流大范围变化而反向电压几乎不变的特性来进行稳压的, 即稳压管工作在反向击穿区。



提示: 稳压管在电路中必须反接, 如果稳压管的极性接错, 则不能起到稳压作用。

硅稳压二极管的主要参数有:

(1) 稳定电压  $U_Z$  在正常工作时, 稳压管两端的反向击穿电压。

(2) 稳压电流  $I_Z$  保持稳定电压  $U_Z$  时的反向工作电流。

(3) 最大稳定电流  $I_{ZM}$  指稳压管最大的反向工作电流。若超过此值, 稳压管将会因功率损耗太大, 而发热烧坏。

(4) 最大耗散功率  $P_{ZM}$  指稳压管通过最大工作电流时产生的最大耗散功率允许值。大功率稳压管工作时,  $P_{ZM}$  可达几十瓦, 因此要加装散热器。

(5) 温度系数 反映稳压管的温度稳定性。

表 1-3 所示, 介绍了几种常见硅稳压管的主要参数。

#### 4. 晶闸管的主要参数

(1) 通态平均电流  $I_{T(AV)}$  在环境温度不大于  $40^{\circ}\text{C}$  和标准散热条件下, 全导通时晶闸管在电阻负载情况下, 阳极和阴极间可连续通过的工频正弦半波电流的平均值, 简称正向电流。

表 1-3 常见几种硅稳压管的参数

型号	2CW52	2CW104	2CW114	2DW130	2DW143
稳定电压(V)	3.2~4.5	5.5~6.5	18~21	42~55	190~220
稳定电流(mA)	10	30	10	—	—
最大稳定电流(mA)	55	150	47	180	45
耗散功率(W)	0.25	1	1	10	10
温度系数(% $^{\circ}\text{C}$ )	$\leq -0.08$	$-0.03 \sim +0.05$	$\leq 0.11$	$\leq 0.12$	$\leq 0.12$

(2) 断态正反向重复峰值电压  $U_{DRM}$ 、 $U_{RRM}$  在额定结温、门极断路和晶闸管正向阻断的情况下, 允许重复加在阳极和阴极间的最大正、反向电压。

(3) 通态平均电压  $U_{T(AV)}$  晶闸管通过正弦半波的额定电流和额定结温下, 阳极和阴极间电压平均值, 也称管压降。这个电压越小越好, 一般小于 1V。

(4) 门极触发电流  $I_{GT}$  阳极和阴极间加 6V 正向电压, 使晶体管完全导通所必需的最小门极电流, 一般为几十至几百毫安。

(5) 门极触发电压  $U_{GT}$  对应于触发电流时, 门极上所加的最小直流电压, 一般为 2~5V。

(6) 维持电流  $I_H$  在门极断路, 晶闸管已触发导通时, 使晶闸管维持导通所需的最小正向电流。

国产晶闸管的型号为 KP 系列, 其中 K 表示晶闸管, P 表示管子为普通反向阻断型。例如 KP300-10D, 其中 300 表示通态平均电流为 300A, 10 表示正反向重复峰值电压级数, 将级数乘以 100, 就是正反向重复峰值电压为 1000V, D 表示通态平均电压组别(小于 100A 不标), 共有 9 组, D 组的通态平均电压为 0.7V。

常见国产晶闸管的主要参数见表 1-4 所示, 晶闸管通态平均电压组别见表 1-5 所示。

#### 5. 单结晶体管的主要参数

单结晶体管的参数主要有峰点电压  $U_p$ 、峰点电流  $I_p$ 、谷点电压  $U_v$ 、谷点电流  $I_v$  及分压系数  $\eta$ 。单结晶体管的峰点电压  $U_p$  与外加固定电压及其分压系数有关, 不同单晶体管的谷点电压  $U_v$  和谷点电流  $I_v$  都不一样, 即使同一单结晶体管,  $U_v$  也随着外加电压的不同而不同。在触发电路中, 常选用  $\eta$  稍大一些,  $U_v$  低一些和  $I_v$  大一些的单结晶体管。

国产单晶体管的型号有 BT31、BT32、BT33 等, 其中 B 表示半导体, T 表示特种管, 3 表示三个电极, 最后一位数字表示耗散功率。其主要参数见表 1-6。

#### 6. 场效应管的主要参数

场效应管外形与普通三极管相似, 但控制特性两者却截然不同。场效应管是利用输入电压产生的电场效应来控制输出电流的一种电压控制型器件, 它具有输入阻抗高、热稳定性好, 便于集成化等优点。

场效应管按照导电机构的不同, 可分为两种, 即结型场效应管和绝缘栅场效应管(又称 MOS 管), 根据工作方式的不同又可分为增强型和耗尽型两种, 场效应管的主要参数也分为直流参数和微变参数。

表 1-4 部分 KP 型晶闸管主要参数

参数 型号	通态正向平均 电流(A) $I_{T(AV)}$	断态正反向重复峰值 电压(V) $U_{DRM}$ 、 $U_{RRM}$	门极触发电 压(V) $U_{GT}$	门极触发电 流(mA) $I_{GT}$
KP1	1	50 ~ 1600	$\leq 2.5$	$\leq 20$
KP5	5	100 ~ 2 000	$\leq 3.0$	$\leq 60$
KP10	10	100 ~ 2 000	$\leq 3.0$	$\leq 100$
KP20	20	100 ~ 2 000	$\leq 3.0$	$\leq 100$
KP50	50	100 ~ 2 400	$\leq 3.0$	$\leq 200$
KP100	100	100 ~ 3 000	$\leq 3.5$	$\leq 250$
KP200	200	100 ~ 3 000	$\leq 3.5$	$\leq 250$
KP500	500	100 ~ 3 000	$\leq 4.0$	$\leq 350$
KP800	800	100 ~ 3 000	$\leq 4.0$	$\leq 450$
KP1 000	1 000	100 ~ 3 000	$\leq 4.0$	$\leq 450$

表 1-5 KP 型晶闸管电压级别和通态平均电压组别

型 号	KP1	KP5	KP10	KP20	KP30	KP50	KP100	KP200	KP300	KP400	KP500	KP600	KP800	KP1000
正反向重复 峰值电压(V)	100 200	300 400	500 600	700 800	900 1 000	1 200 1 400	1 600 1 800	2 000 2 200	2 400 2 600	2 800 3 000				
级 别	1 2	3 4	5 6	7 8	9 10 12	14 16	18 20	22 24	26 28 30					
通态平均电 压(V)	$U_{T(AV)} \leq 0.4$	$0.4 < U_{T(AV)} \leq 0.5$	$0.5 < U_{T(AV)} \leq 0.6$	$0.6 < U_{T(AV)} \leq 0.7$	$0.7 < U_{T(AV)} \leq 0.8$	$0.8 < U_{T(AV)} \leq 0.9$	$0.9 < U_{T(AV)} \leq 1.0$	$1.0 < U_{T(AV)} \leq 1.1$	$1.1 < U_{T(AV)} \leq 1.2$					
组 别	A	B	C	D	E	F	G	H	I					

场效应管的直流参数有：

(1) 夹断电压  $U_p$  指漏源电压  $U_{DS}$  为某一固定值时,使漏极电流  $I_D$  减小到一个微小电流(如  $1\mu A$ )时,栅极上所加的栅源电压  $U_{GS}$  值。

(2) 饱和漏电流  $I_{DSS}$  指在  $U_{GS} = 0$  的条件下,当漏源电压  $U_{DS} > |U_p|$  时的漏极电流。它是结型场效应管所能输出的最大电流。

(3) 直流输入电阻  $R_{GS}$  指在栅源极之间加的电压与栅极电流之比。

(4) 最大漏源电压  $U_{(BR)DS}$  指在增加漏源电压时,使  $I_D$  开始剧增的  $U_{DS}$  值,也称为漏源击穿电压。

(5) 最大栅源电压  $U_{(BR)GS}$  指反向饱和电流急剧增加时的栅源电压,也称栅源击穿电压。

(6) 最大耗散功率  $P_{DM}$  指场效应管的  $U_{DS}$  和  $I_D$  乘积的最大值。在实际工作时,场效应管的耗散功率不允许超过  $P_{DM}$ 。

表 1-6 国产单晶体管的主要参数

型号	分压比	基极间电阻(kΩ)	饱和压降 max(V)	峰点电流 max(μA)	谷点电流 min(mA)	谷点电压 max(V)	耗散功率 (mW)
BT31A	0.3~0.55	3~6	4	2	1.5	3.5	100
BT31B	0.3~0.55	5~12	4	2	1.5	3.5	100
BT31C	0.45~0.75	3~6	4	2	1.5	3.5	100
BT32A	0.3~0.55	3~6	4.5	2	1.5	3.5	250
BT32B	0.3~0.55	5~12	4.5	2	1.5	3.5	250
BT32C	0.45~0.75	3~6	4.5	2	1.5	3.5	250
BT33	0.3	2	5	8	1.5	3.5	300
BT33A	0.3~0.4	3	4.5	2	1.5	3.5	300
BT33B	0.4~0.5	3	4.5	2	1.5	3.5	300
BT35A	0.45~0.6	2~4.5	4	4	1.5	3.5	400
BT35B	0.45~0.6	2~4.5	4	4	1.5	3.5	400
BT35C	0.3~0.8	4.5~12	4.5	4	1.5	4	400

场效应管的微变参数有：

(1) 低频跨导  $g_m$  指在  $U_{DS}$  为某一固定值时，漏极电流的变化量和引起这个变化的栅源电压变化量之比。它反映了栅源电压对漏极电流的控制能力，也是衡量场效应管放大能力的重要参数。

(2) 输出电阻  $r_d$  指在栅源电压  $U_{GS}$  为一常数时，漏源电压的变化量与漏极电流的变化量之比。

(3) 极间电容 三个电极之间存在着极间电容：栅源电容  $C_{GS}$ 、栅漏电容  $C_{GD}$  和漏源电容  $C_{DS}$ 。

(4) 低频噪声系数  $NF$  噪声是由管子内部载流子运动的不规则性所引起的。噪声性能的大小通常用噪声系数来表示，它的单位是分贝(dB)。

对于大多数场效应管来说，它们的等效参数的范围如表 1-7 所示。

表 1-7 场效应管参数的一般范围

	$g_m$ (mA/V)	$r_d$ (Ω)	$r_{GS}$ (Ω)	$C_{GS}$ (pF)	$C_{GD}$ (pF)	$C_{DS}$ (pF)
结型	0.1~10	$10^5$	$>10^7$	1~10	1~10	0.1~1
绝缘栅型	0.1~20	$10^4$	$>10^9$	1~10	1~10	0.1~1



提示：在使用中要注意对场效应管的保护，结型场效应管的栅极电压不能接反，绝缘栅场效应管的栅极不能开路。

### 7. 三端集成稳压器的主要参数

集成稳压器是将调整管、取样放大、基准电压、启动和保护电路全部集成在一个半导体芯片上而形成的一种稳压集成块。三端集成稳压器采用和三极管同样的金属封装或塑料封装，不仅外形像三极管，使用和安装也和三极管一样简便。三个端头分别为电压输入端、电压输出端、公共接地端。

三端集成稳压器的分类可分为三端固定电压输出稳压器和三端可调电压输出稳压器两种。每一种稳压器输出电压又有正、负之分。例如常用的 CW78L×× 系列是输出固定正电压

的稳压器, CW79L××系列是输出固定负电压的稳压器。其中的 L 表示稳压器的输出电流(L 为 0.1A, M 为 0.5A, 无字母为 1.5A), ××是用数字表示输出电压值。表 1-8 列出了一些三端集成稳压器的极限参数。

集成稳压器的主要参数有:

- (1)最大输入电压  $U_{IM}$  指允许加在稳压器输入端的最大电压。
- (2)输出电压范围 指稳压器的参数符合指标要求时输出电压的范围。对于三端固定电压输出稳压器,其电压偏差范围一般为  $\pm 5\%$ 。
- (3)最大输出电流  $I_{LM}$  指稳压器能够输出的最大电流值。
- (4)最大耗散功率  $P_{DM}$  指稳压器工作时允许消耗功率的最大值,使用中不允许超过此值。

表 1-8 CW78××、CW79××集成稳压器部分极限参数

参数名称	符号	单位	额定值			
			CW78××, CW78M××	CW78L××	CW79××, CW79M××	CW79L××
最大输入电压	$U_{IM}$	V	5V~18V;35V 24V:40V	5~9V:30V 12~18V:35V 24V:40V	-5~-18V:-35V 24V:-40V	-5~-9V:-30V -12~18V:-35V -24V:-40V
耗散功率	$P_{DM}$	W	$\geq 7.5W$ (F-1 S-7型) $\geq 15W$ (F-2型)	$\geq 0.5W$ (B-3D型)	$\geq 7.5W$ (F-1 S-7型) $\geq 15W$ (F-2型)	$\geq 0.5W$ (B-3D型)

### 8. 集成运放器的主要参数

集成运放器是集成运算放大器的简称,是高增益放大器。它把与直接耦合多级放大器分立元件相似的电路集成在一块半导体芯片上,从而提高了电路工作的可靠性,减少了组装和调整的工作量,具有体积小、重量轻、功耗低等特点。

集成运放的电路通常由输入级、中间放大级、输出级和偏置电路四个基本部分组成。它的图形符号是由两个输入端(同相输入端、反相输入端)和一个输出端引出,而实际上集成运放的引出端远不止这三个,如图 1-1 所示是集成运放 F007 的引线端和典型接线图。在应用集成运放时,只需要知道运放器的几个管脚的用途以及它的主要参数,不必了解其内部的电路结构。

集成运算放大器的主要参数有:

(1)开环差模电压增益 指集成运放在没有外接反馈电路时的直流电压放大倍数。通常用分贝(dB)表示,它是反映运放器放大能力的重要参数。目前国产的运放约为 80~160dB。

(2)输入失调电压 指集成运放在室温及标准电源电压下,当两输入端接地(输入为零)时,为了使运放器输出电压为零,而在输入端所加的很小的补偿电压。一般为几毫伏,越小越好。

(3)输入失调电流 指集成运放输出电压为零时,两个输入端静态基极电流之差,用  $|I_{B1} - I_{B2}|$  来表示。一般要求越小越好,高质量的小于 1 nA。

(4)输入偏置电流 指集成运放输出电压为零时,两个输入端静态基极电流的平均值,用

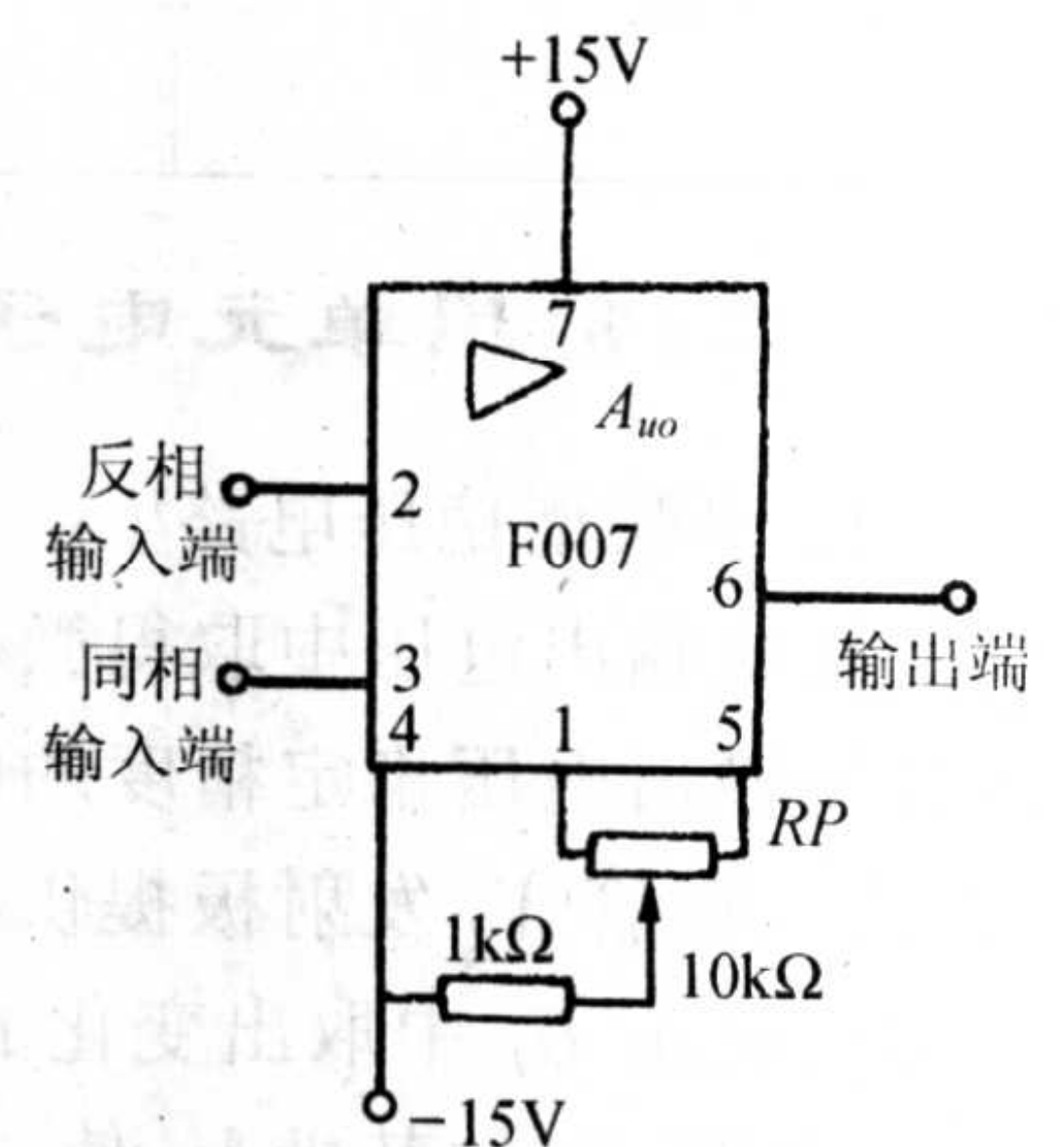


图 1-1 F007 的接线图

$1/2(I_{B1} + I_{B2})$ 来表示。一般为几十至几百纳安。

(5)最大共模输入电压 指集成运放所能承受的最大共模输入电压值。反映了放大器抗干扰信号能力的大小。

(6)转换速率 指集成运放在闭环状态下,输入大信号时,运放的输出电压变化量与时间变化量的最大比值。该参数越大,频率响应特性越好。转换速率的典型值约为  $1V/\mu s$ ,快速运放可达  $100V/\mu s$  以上。

(7)差模输入电阻 指集成运放差模输入时,从放大器输入端看进去的等效电阻。

(8)单位增益带宽 指集成运放在开环差模电压增益下降至 0dB 时的频率。

(9)开环带宽(-3dB 带宽) 指集成运放的开环差模电压增益下降 3dB 时的频率。

目前,集成运算放大器的种类主要有通用型和专用型两类。进口和国产的通用运算放大器品种很多,型号不断更新,各厂商给出的产品参数也不尽相同,但它们的基本单元有许多相似。几种具有代表性的通用型集成运放参数列,见表 1-9 所示。

表 1-9 几种常用通用型集成运放的参数

型号	$\mu A741$ (单运放)	MC1458(双运放)	LM324(四运放)
输入失调电压(mV)	2	2	2
输入失调电流(nA)	30	20	5
输入偏流(nA)	200	80	45
输入电阻(M $\Omega$ )	2		1
转换速率(V/ $\mu s$ )	0.5	0.5	0.5
开环差模放大倍数(dB)	100	120	120
单位增益带宽(MHz)	1	1	1
-3dB 带宽(kHz)	10	10	5
类似产品	F007 FC4 $\mu A748$	MC3458 MC1747 MB3607	LM348 LM2902 MC3403

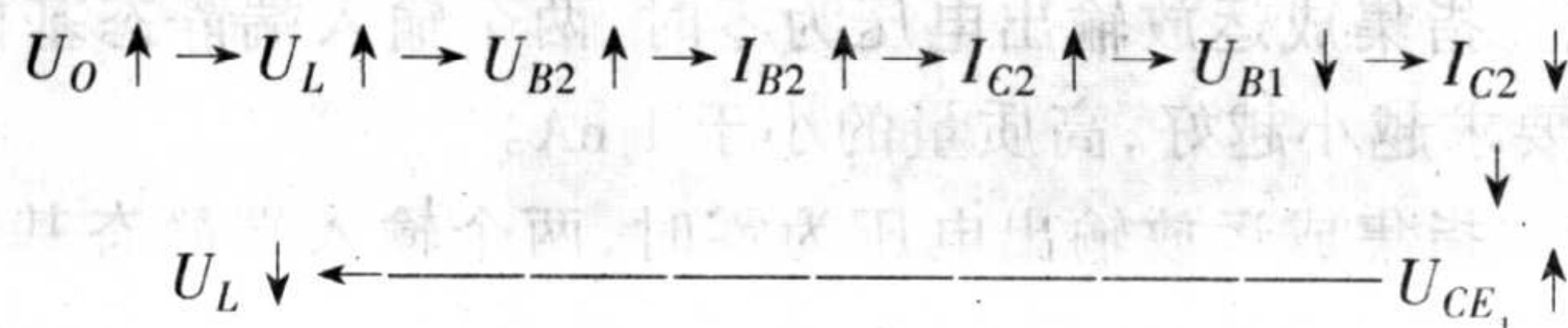
## (二) 常用单元电子电路

### 1. 串联型稳压电路

指从输出电压中取得微小的变化量,经过放大后反馈到调整管的基极,控制其调整深度,以提高输出电压稳定精度的电路。如图 1-2 所示,该电路中稳压管  $V_3$  和电阻  $R_2$  组成稳压电路,给三极管  $V_2$  发射极提供稳定的基准电压, $R_3$  和  $R_4$  组成分压取样电路,给  $V_2$  的基极提供从输出电压  $U_L$  中取出变化的信号电压(取样电压),它和基准电压比较后的电压差值经  $V_2$  放大后,加到  $V_1$  的基极上,使  $V_1$  自动调整管压降  $U_{CE}$  的大小,从而保证了输出电压的稳定。 $R_1$  是调整管  $V_1$  的基极偏置电阻,同时又是放大管  $V_2$  的集电极负载电阻。

电路的稳压过程如下:

若负载  $R_L$  不变,当输入电压  $U_0$  增大时,输出电压  $U_L$  也要增大,为了使  $U_L$  保持不变,电路内部的稳压过程为:



当  $U_o$  减小时,上述稳压过程与之相反。

若  $U_o$  不变,当负载电阻  $R_L$  减小时,  $U_L$  将会下降,为了使  $U_L$  保持不变,电路内部的稳压过程为:

$$R_L \downarrow \rightarrow U_L \downarrow \rightarrow U_{B2} \downarrow \rightarrow U_{B1}(U_{C2}) \uparrow \rightarrow I_{B1} \uparrow \rightarrow I_{C2} \uparrow$$

$$\downarrow$$

$$U_L \uparrow \leftarrow U_{CE1} \downarrow$$

当负载电阻  $R_L$  增大时,上述稳压过程与之相反。可见,该电路可以稳定输出电压。

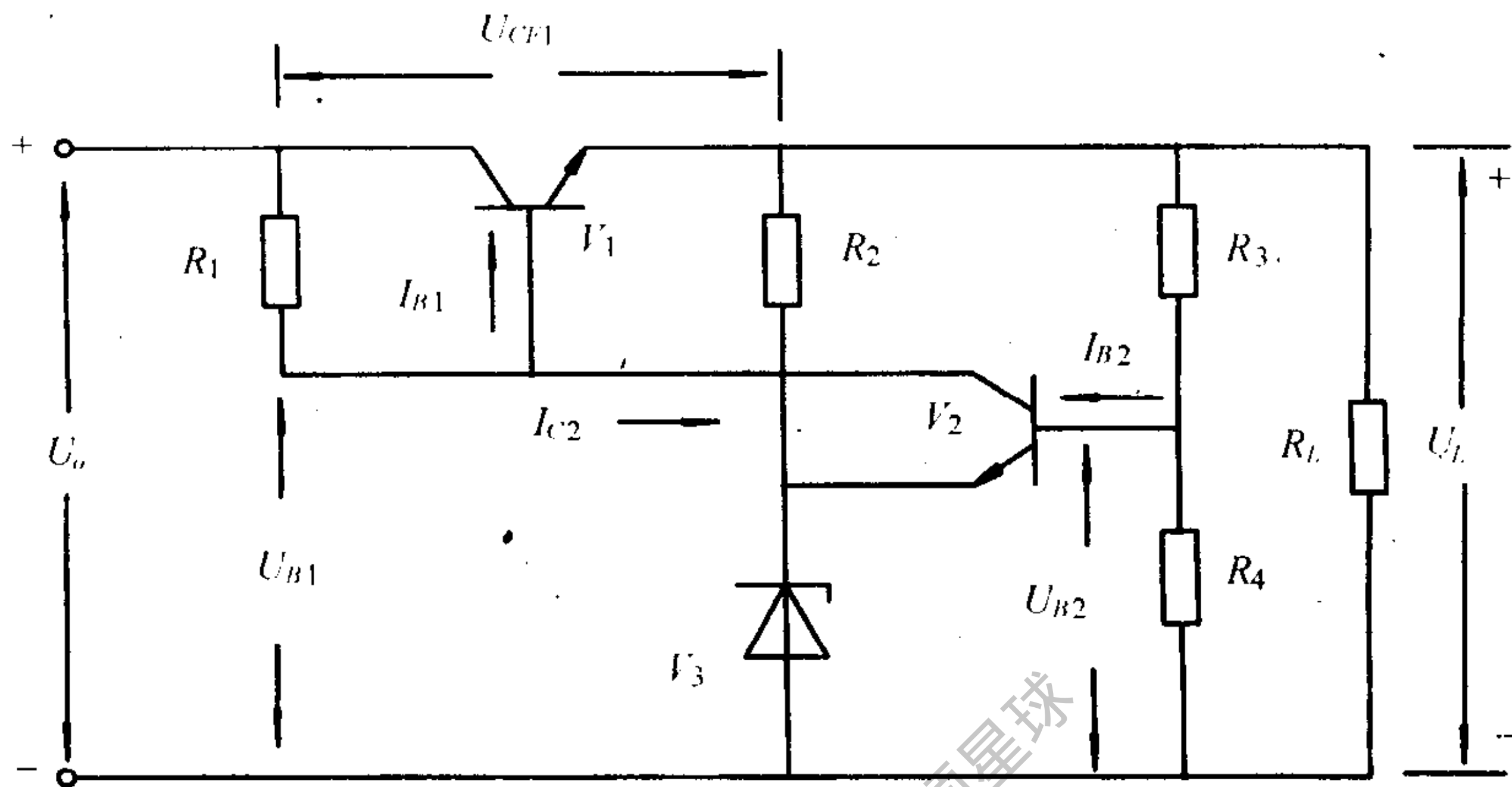


图 1-2 串联型稳压电路

## 2. 直接耦合放大电路

在电工设备中,经常需要放大一些非周期性的随时间缓慢变化的信号或直流信号。而这些信号不能使用阻容耦合或变压器耦合放大器,因为电容对直流信号呈现极大的容抗,相当于断路;变压器的绕组呈现极小的感抗,相当于短路。因此,只能采用直接耦合的直流放大器。

在直流放大器中,最常用的是差动放大电路,它能抑制零点漂移,提高放大器的质量。图 1-3 就是一种常用的典型差动放大电路。其信号由两基极输入,两集电极输出。发射极电阻  $R_E$  的主要作用是稳定电路的工作点,从而限制三极管的漂移范围。调零电位器  $RP$  是调平衡用的,利用它可以很方便的改变两只三极管的初始工作状态,从而使输入电压为零时,输出电压也为零。 $RP$  的阻值不宜过大,一般取几十至几百欧。辅助电源  $GB_E$  的作用是为了保持电路原来的工作点和动态工作范围。

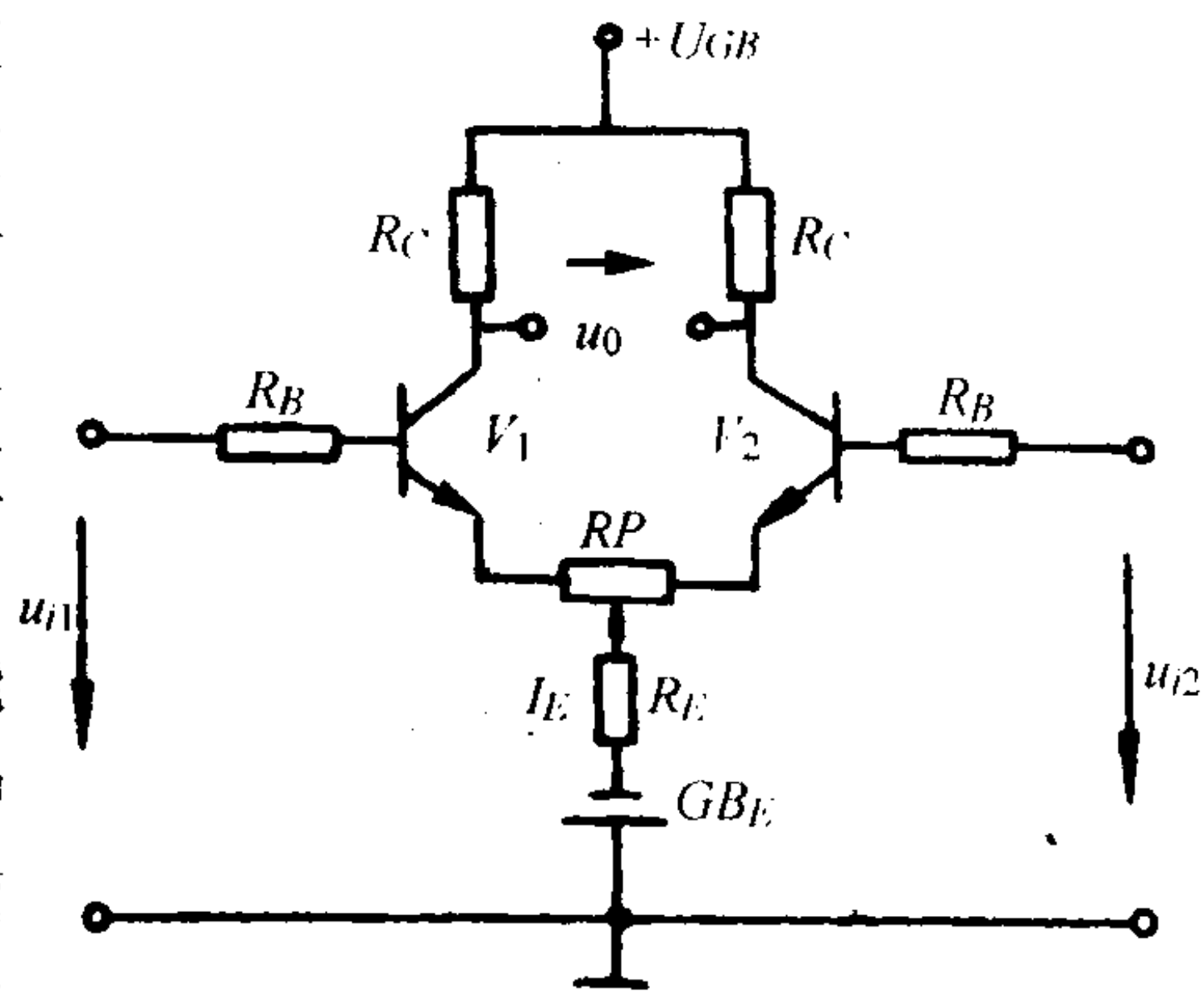


图 1-3 典型差动放大电路

这种放大电路不仅能放大直流信号,还能放大低频特性要求高的交流信号。而直流放大电路由于不采用电容和变压器,很容易集成化,其放大倍数高,工作稳定,外围电路简单,因此,集成的直流放大电路将得到越来越广泛的应用。

## 3. 功率放大电路

一般的放大器都是对电压或电流进行简单放大,而多级放大电路的末级是功率放大电路,



它要输出一定的功率去控制执行机构工作。如电动机的转动、喇叭声响、继电器动作等,它们不仅需要较高的电压,而且还需要较大的电流去推动。这种工作在高电压大电流状态下的三极管,称为功放管,所组成的电路称为功率放大电路(功率放大器)。功率放大电路一般要求既有足够的输出功率,又要输出效率高、失真要小。虽然功率放大器的种类很多,但近年来无变压器的乙类功率放大器(OTL)得到越来越广泛的应用。这些电路有的是由分立元件构成,有的是集成功放电路。

在实际电路中,应用最多的是如图 1-4 所示的 OTL 功放的典型电路。图中功率管  $V_4$  和  $V_5$  采用的是一对导电类型不同,但特性一致的三极管,因此对称性好、偏置电路简单,在  $V_4$  和  $V_5$  管的基极之间加上  $V_1$  和  $V_2$  两只二极管,以供给两只功放管一定的正偏压,使  $V_4$ 、 $V_5$  在静态时处于弱导通状态,能有效地克服交越失真。 $V_3$  为推动级,调整  $V_3$  的基极电流,可调整两只功放管的工作电压。 $V_4$  和  $V_5$  两管都接成射极输出,交替轮流工作,各自放大正负半个信号电流,互为补偿,完成推挽放大的功能。前级传输的信号  $u_i$  是直接送入的,不必另行倒相。

由于功放电路工作时,每只功放管将承受一半的电源电压,这样放大信号的动态范围会受到一定的限制,因此需要使用较高的电源电压。同时与负载耦合的极性电容  $C_2$  也要采用大容量,这样就会影响低频性能,还不易集成化。所以去掉耦合电容的 OCL 电路,将逐渐在要求低频特性较高的场合常被采用。图 1-5 所示就是 OCL 功率放大电路——无输出电容的互补对称推挽功率放大电路。

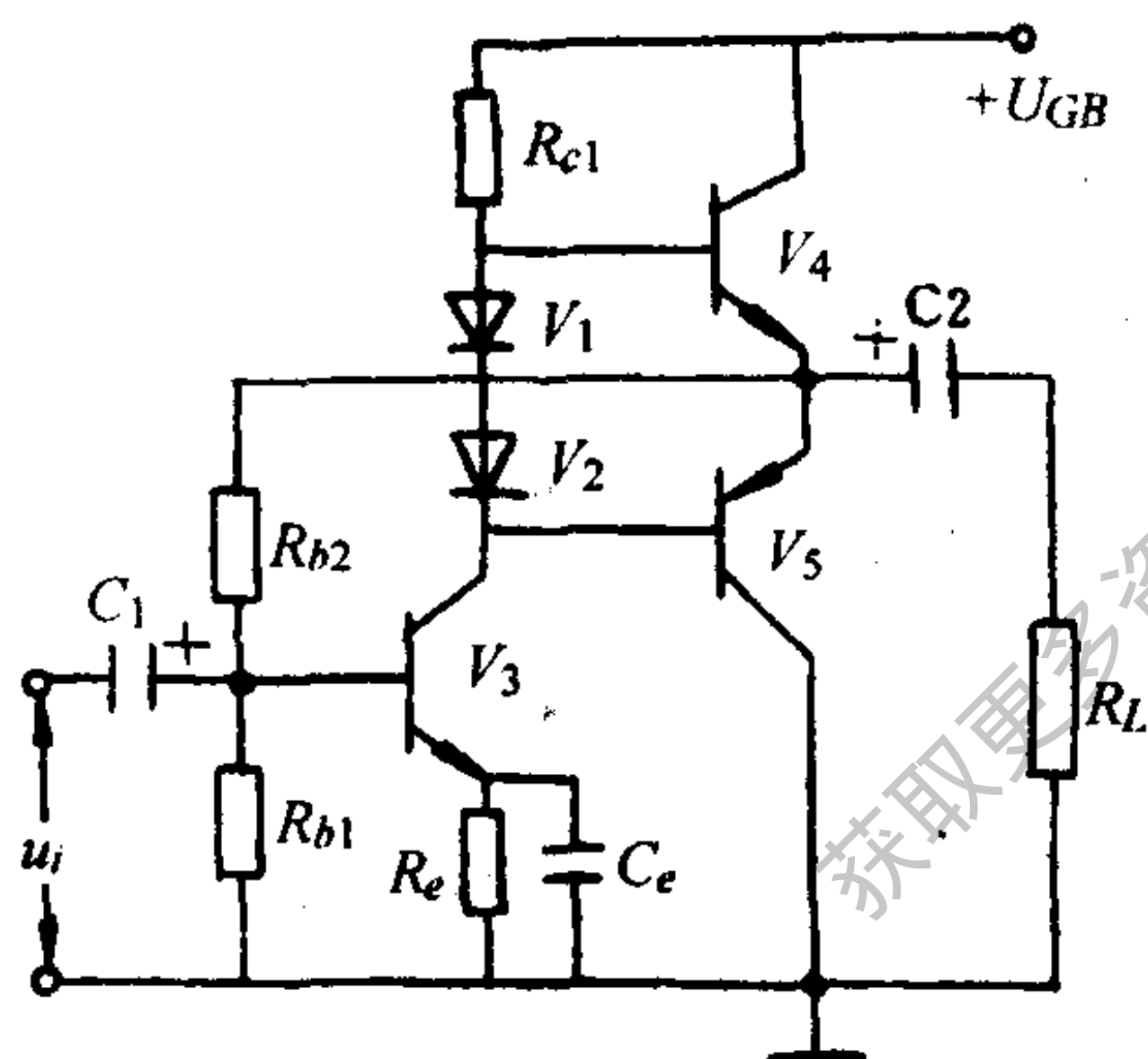


图 1-4 典型的 OTL 功放电路

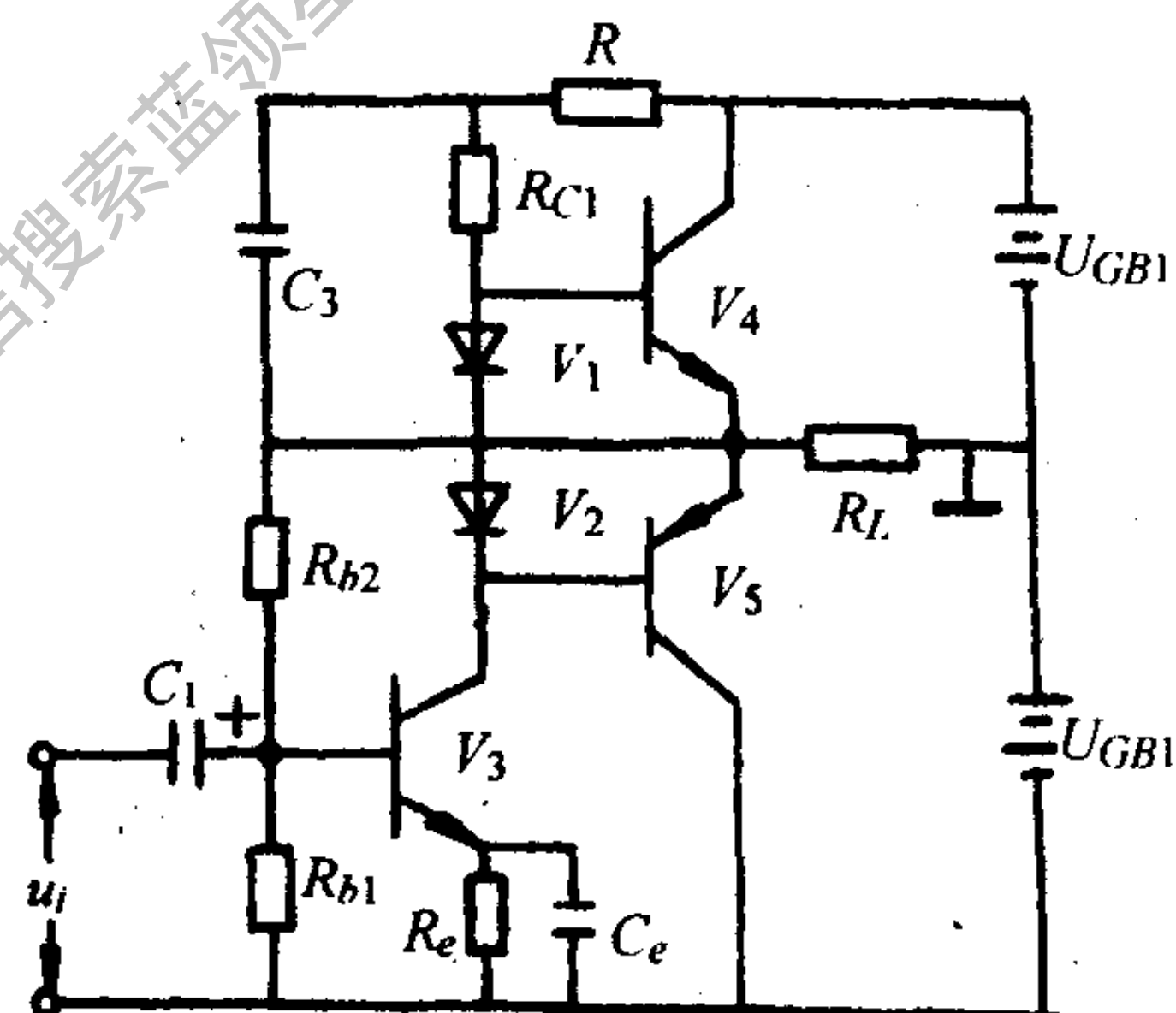


图 1-5 OCL 功率放大电路

#### 4. 正弦波振荡电路

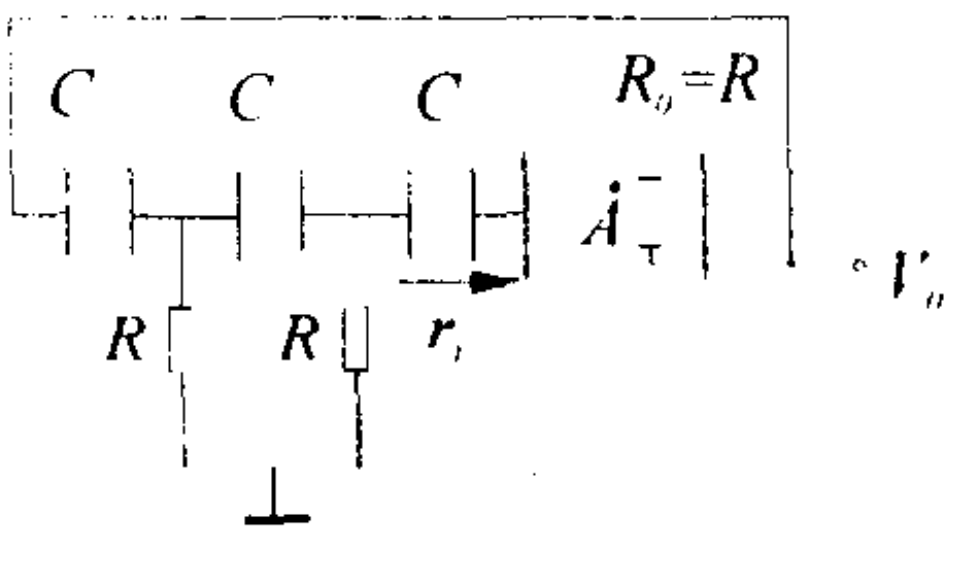
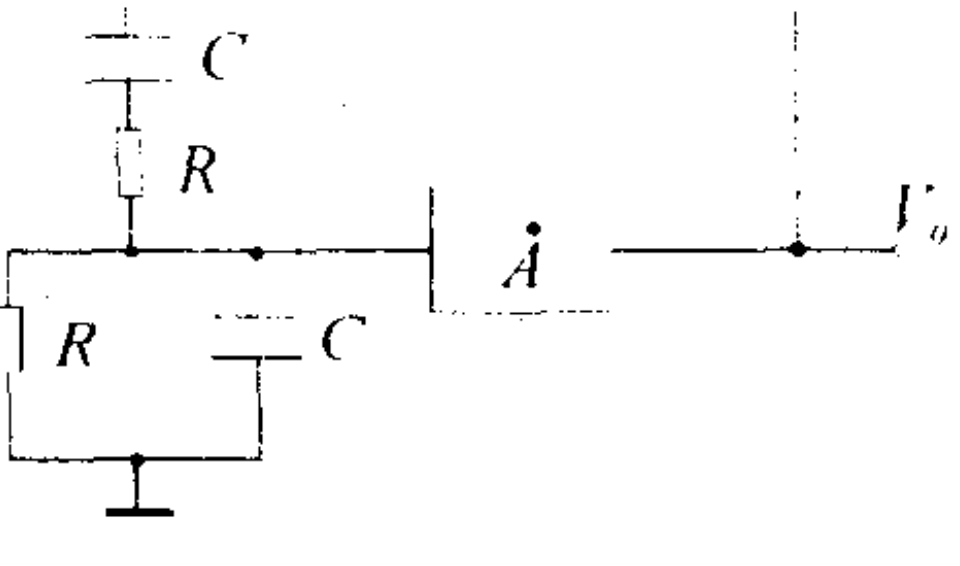
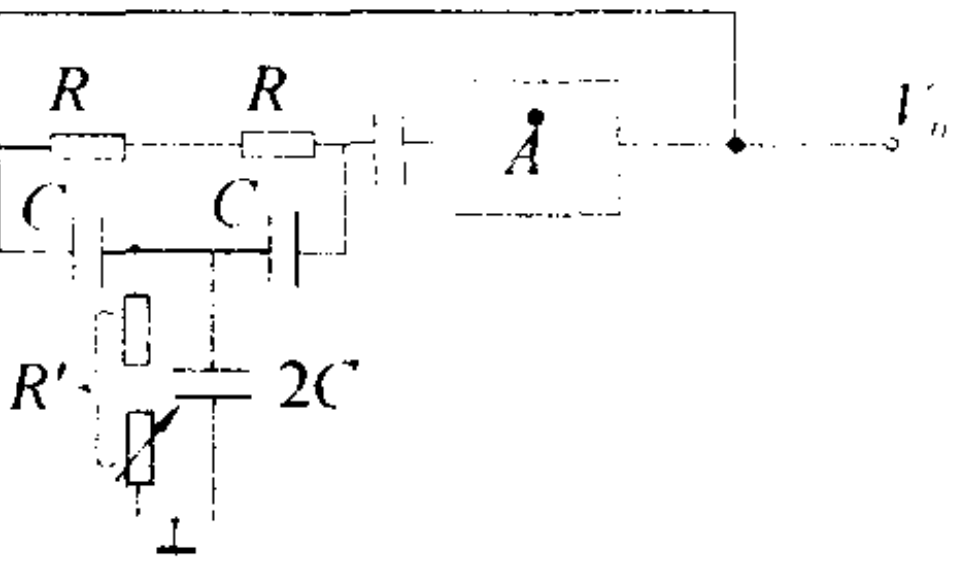
在实际的电路工作中,经常需要一些具有一定频率和振幅的正弦波之类的交变信号,而能够产生这种交变信号的电路称为正弦波振荡电路。单一频率的正弦波振荡电路一般是由放大电路、反馈网络和选频网络三部分组成。放大电路是利用晶体管的放大作用,使电路能输出较大的电压;反馈网络是把输出的信号反馈到输入端,从而使电路产生自激振荡;选频网络是使电路只对某种频率的信号满足振荡条件。

正弦波振荡器的种类很多,有:LC 正弦波振荡器(振荡电路的参数见表 1-10 所示)、RC 正弦波振荡器(电路的参数见表 1-11 所示)以及石英晶体振荡器(串联式、并联式)等等。在工业生产设备中,常用的是变压器反馈式 LC 振荡器,它是通过互感实现耦合和反馈,从而实现阻抗匹配和满足起振条件,效率高,主要应用于低频振荡电路中。

表 1-10 LC 振荡电路的比较

电路形式	变压器耦合电路	电感三点式电路	电容三点式电路	电容三点式改进电路
振荡频率	$f_0 \approx \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$	$f_0 \approx \frac{1}{2\pi\sqrt{(L_1 + L_2 + 2M)C}}$	$f_0 \approx \frac{1}{2\pi\sqrt{L\frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}}}$	$f_0 \approx \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$
起振条件	$\beta \geq \frac{CR'r_{be}}{M}$ $R'$ 为折合到 LC 回路中的等效串联总损耗电阻	$\beta \geq \frac{L_1 + M}{L_2 + M} \cdot \frac{r_{be}}{R'}$ $R'$ 为折合到三极管 c、e 间(即 $L_1$ 两端)的等效并联总损耗电阻。	$\beta \geq \frac{C_2}{C_1} \cdot \frac{r_{be}}{R'}$ $R'$ 为折合到三极管 c、e 间(即 $C_1$ 两端)的等效并联总损耗电阻。	同左
频率调节方法及范围	频率可调 范围较宽	同左	频率可调 范围较小	同左
振荡波形	一般	高次谐波分量大、波形差	高次谐波分量小、波形好	同左
频率稳定度	可达 $10^{-4}$	同左	可达 $10^{-4} \sim 10^{-5}$	可达 $10^{-5}$
适用频率	几千赫至几十兆赫	同左	几兆赫至 100MHz 以上	同左

表 1-11 三种 RC 振荡电路的比较

电路型式			
	RC 移相振荡电路	RC 串并联网络振荡电路	双 T 选频网络振荡电路
振荡频率	$f_o \approx \frac{1}{2\pi RC} \frac{1}{\sqrt{2\left(\frac{2}{n} + 3\right)}}$ $n = \frac{R}{r_i}$	$f_o = \frac{1}{2\pi RC}$	$f_o \approx \frac{1}{6RC}$
起振条件	$B > 29 + \frac{23}{n} + \frac{4}{n^2}$ $n = \frac{R}{r_i}$	$ A  > 3$ (未考虑负反馈电路 减低放大倍数的影响)	$R' < \frac{R}{2}$ $ AF  > 1$
电路特点及 应用场合	电路简单,经济方便,适用于波形要求不高的轻便测试设备中	可方便地连续改变振荡频率,便于加负反馈稳幅电路,容易得到良好的振荡波形	选频特性好,适用于产生单一频率的振荡

该振荡器由放大电路、LC 选频电路和变压器反馈电路组成。LC 振荡电路的振荡频率为：

$$f_0 = \frac{1}{2\pi \sqrt{LC}} \text{ 或 } \omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

振荡器在实际应用中经常安装在机床、自动生产线上,当无触点开关使用,用于行程控制或是限位等场合。图 1-6(a)就是用振荡器作半导体接近开关的电路。其中  $L_2$ 、 $C_2$  的数值大小决定了电路的振荡频率, $L_1$  是反馈线圈, $L_3$  是输出线圈。这三个线圈( $L_1$ 、 $L_2$ 、 $L_3$ ) 同绕在一个磁心(感应头)上,如图 1-6(b)所示。

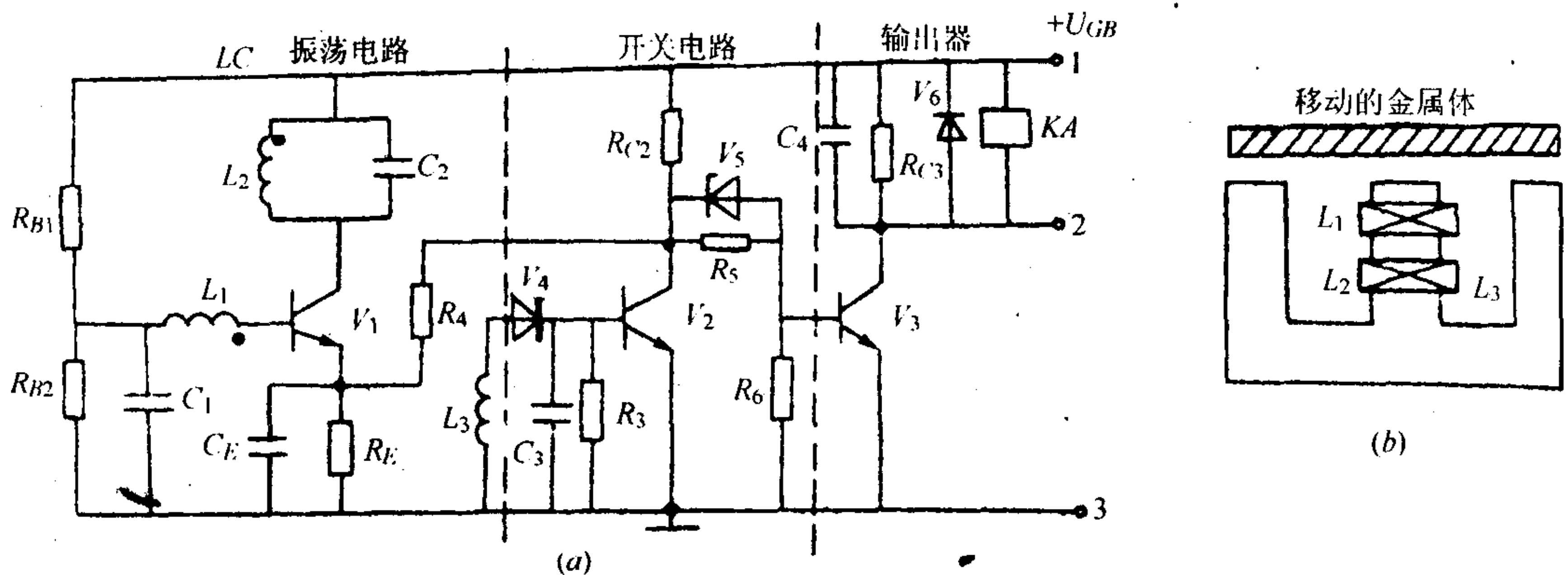


图 1-6 半导体接近开关电路图

(a) 电路图 (b) 感应头

当开关的感应头无金属体接近时,振荡电路维持振荡。 $L_3$  有交流信号输出,经二极管  $V_4$  整流,使三极管  $V_2$  获得足够大的正向偏流并处于饱和导通状态。从而使  $V_3$  管的基极电位接

近于零,  $V_3$  管处于截止状态无输出, 继电器线圈  $KA$  不通电。当有金属体靠近感应头时, 由于金属体内感应产生涡流的去磁作用, 使  $L_1$  线圈的反馈作用大为减弱, 迫使电路停止振荡, 线圈  $L_3$  无信号输出,  $V_2$  管截止,  $V_3$  管饱和导通, 使继电器  $KA$  通电动作。

### (三) 晶闸管变流及触发电路

#### 1. 三相半波可控整流电路

晶闸管三相半波可控整流电路如图 1-7 所示。图中  $V_1$ 、 $V_2$ 、 $V_3$  三只晶闸管的阴极连接在一起, 接到负载一端, 而负载电阻的另一端接到变压器的中性点  $N$  并构成回路, 这种接法称为共阴极接法。该电路的工作过程是, 当每只晶闸管在承受正向电压的同时, 适时的接受触发脉冲才能导通, 而这个合适的时刻就是三相半波整流的自然换相点。三只晶闸管在触发脉冲的作用下将会轮流导通, 使得负载上有一个波形连续或断续的脉动直流电压。该输出电压的平均值为  $U_L = 1.17 U_2 \cos \alpha$ 。控制角  $\alpha$  是从自然换相点算起, 在三相半波整流中,  $\alpha$  移相的最大范围是  $150^\circ$ , 其他电路参数见表 1-12 所示。



提示: 在实际工作中应避免触发脉冲在自然换相点之前加入, 防止输出波形从断续变为缺相, 造成三相之间的不平衡现象。

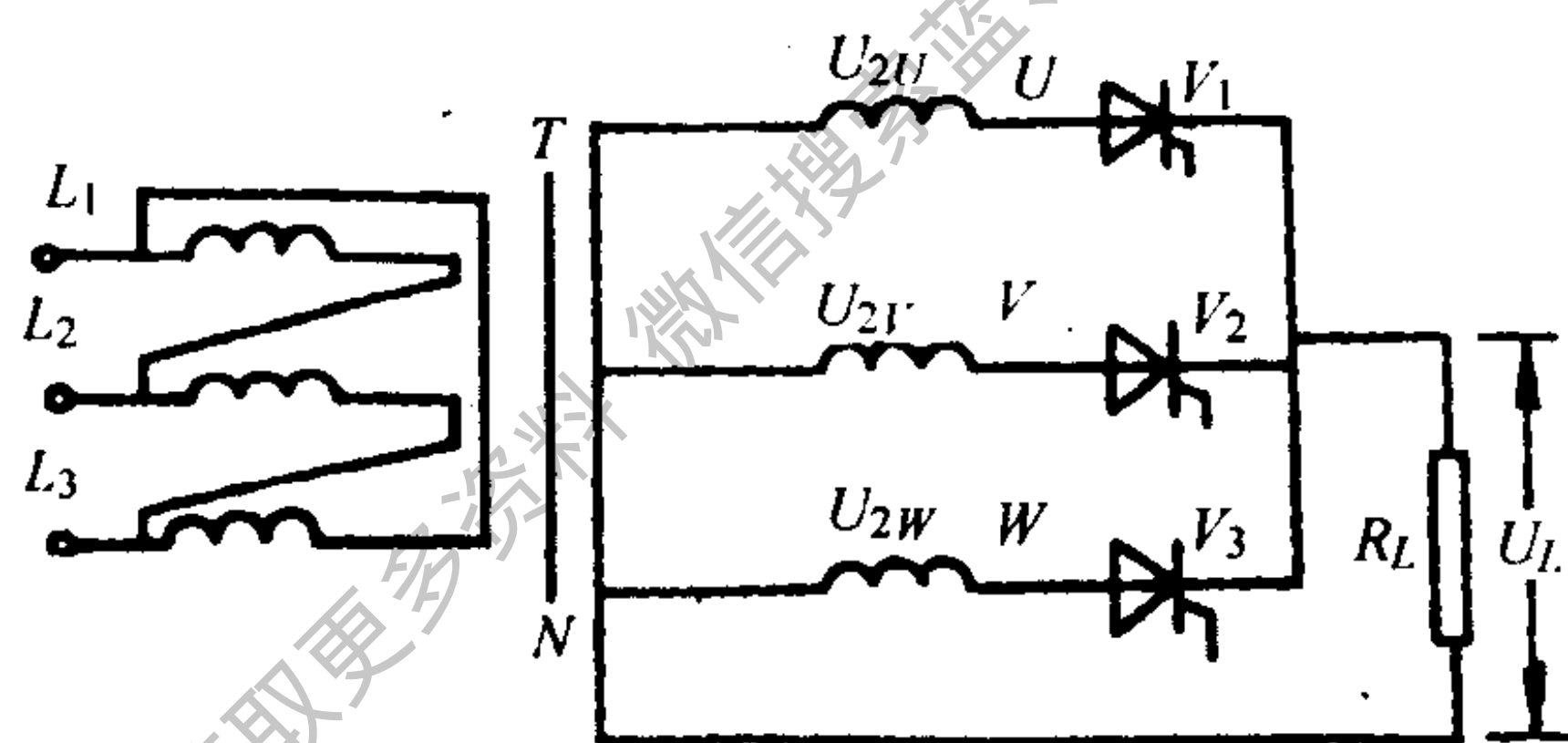


图 1-7 三相半波可控整流电路

#### 2. 三相半控桥式整流电路

三相半控桥式整流电路如图 1-8 所示。它与二极管三相桥式整流电路类似, 只是将二极管  $V_1$ 、 $V_2$ 、 $V_3$  换成了晶闸管。整流中, 三相电路每次均有一只晶闸管和一只二极管同时导通,

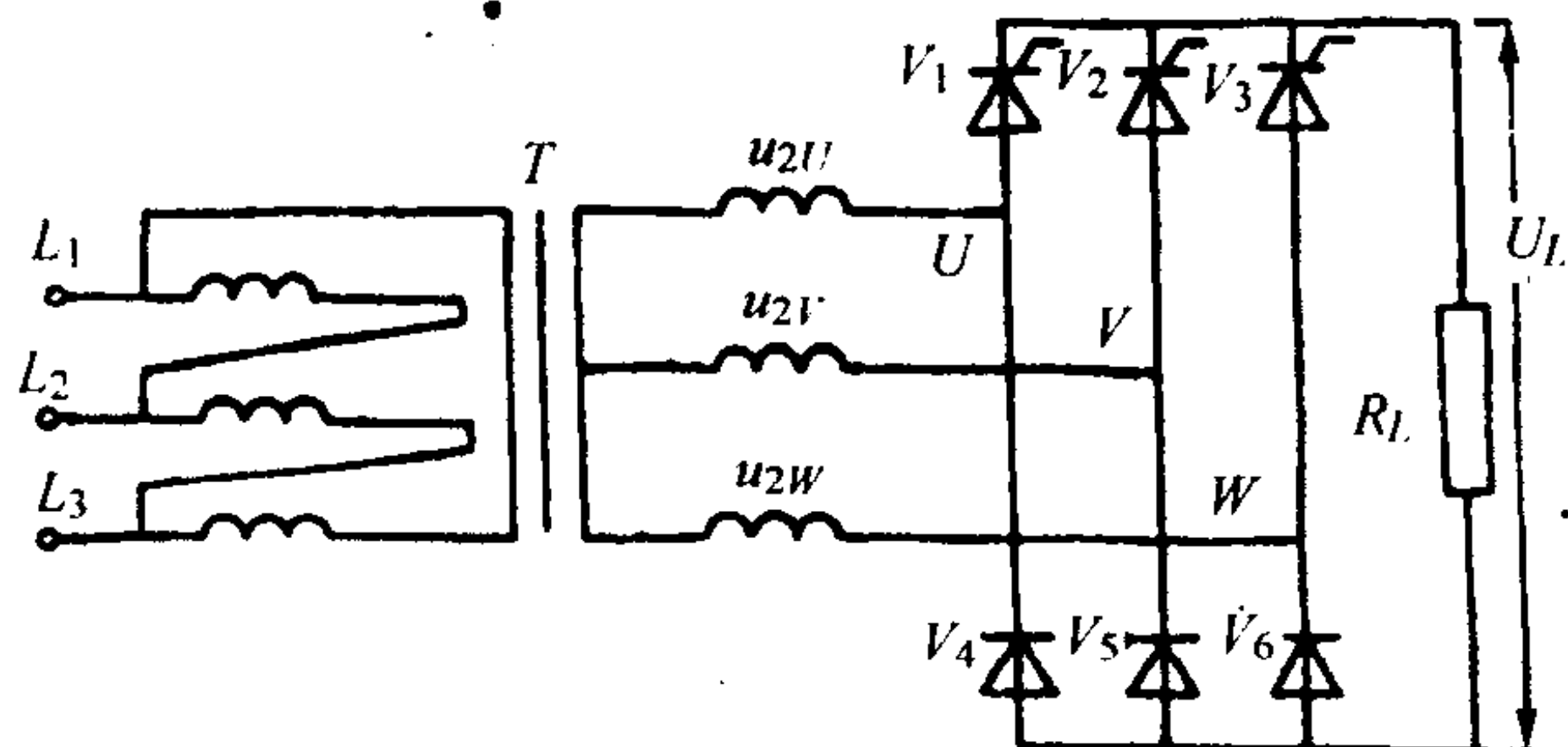


图 1-8 三相半控桥式整流电路

而每次导通的两只管子中只有一只需要受触发脉冲控制, 故称为三相半控桥整流电路。该电路的工作过程是: 当三只晶闸管  $V_1$ 、 $V_2$ 、 $V_3$  中阳极电位最高者(该管承受正向电压), 同时又加

上合适的触发脉冲而导通时,三只二极管  $V_4$ 、 $V_5$ 、 $V_6$  中阴极电位最低者将导通,其余两只二极管因承受反向电压而截止。以此类推,三只晶闸管受触发脉冲作用,轮流导通,整流电路有整流电压输出,其输出电压的平均值为  $U_L \approx 2.34 U_2 (1 + \cos \alpha) / 2$ 。可见,只要调整控制角  $\alpha$  即能达到调整输出电压大小的目的。当  $0^\circ \leq \alpha \leq 60^\circ$  时,输出电压波形是连续的;当  $60^\circ < \alpha \leq 180^\circ$  时,输出电压波形将由连续变为断续,其他电路参数见表 1-12 所示。

### 3. 带平衡电抗器的双反星形可控整流电路

图 1-9 所示即为带平衡电抗器的双反星形可控整流电路。该电路常用于需要直流低电压大电流的电工设备中。其特点是变压器的二次侧有两个绕组,并且都接成星形,但同名端却相反。两个绕组的中性点  $O$  和  $O'$  通过平衡电抗器  $L_p$  连在一起,使两组可控整流电路并联。由于平衡电抗器的作用,促使两组整流电路不是分六相单独轮流向负载输出,而是两组整流电路各有一只晶闸管同时导通并联输出,共同向负载供电。负载上的输出电压平均值为  $U_L = 1.17 U_2 [1 + \cos(\alpha + 60^\circ)]$ 。其他电路参数见表 1-12 所示。

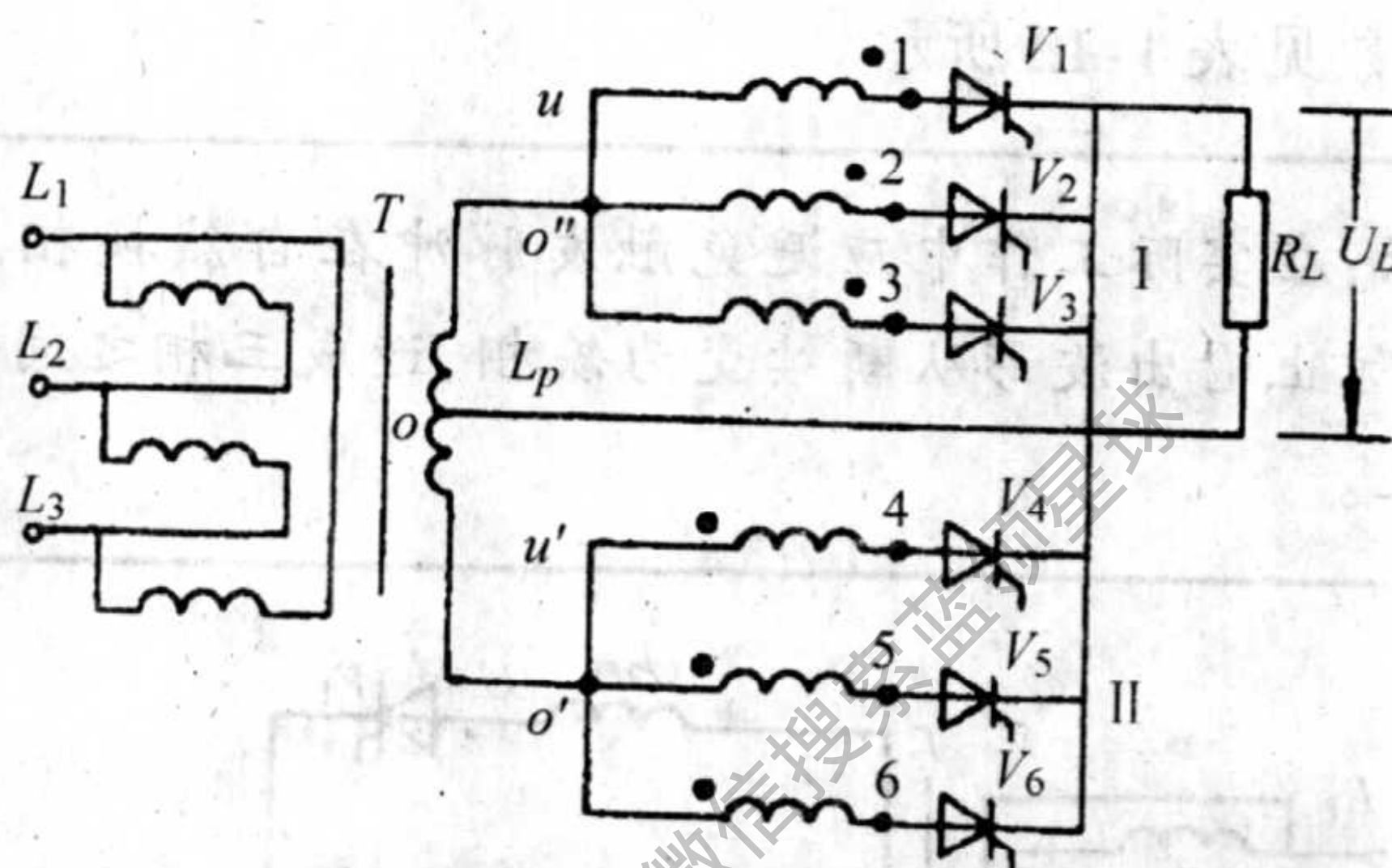


图 1-9 带平衡电抗器的双反星形可控整流电路

表 1-12 是以上三种晶闸管可控整流电路的基本参数。由于在生产实践中,经常遇到负载是电感性的,因此表中分别以电阻性负载和带续流二极管的电感性负载为例。其中  $U_2$  是电源变压器二次侧相电压的有效值。

表 1-12 常用三相晶闸管整流电路比较

名称	三相半波	三相半控桥	三相双反星形
输出电压平均值 $U_L$	$1.17 U_2 \cos \alpha$	$2.34 U_2 (1 + \cos \alpha) / 2$	$1.17 U_2 [1 + \cos(\alpha + 60^\circ)]$
输出电流平均值 $I_L$	$\frac{U_L}{R_L}$	$\frac{U_L}{R_L}$	$\frac{U_L}{R_L}$
$\alpha$ 移相范围	$\frac{5\pi}{6}$	$\pi$	$\frac{2\pi}{3}$
最高正向电压	$2.45 U_2$	$2.45 U_2$	$1.414 U_2$
最高反向电压	$2.45 U_2$	$2.45 U_2$	$2.45 U_2$
晶闸管的电流平均值 (电阻性负载)	$\frac{I_L}{3}$	$\frac{I_L}{3}$	$\frac{I_L}{6}$
晶闸管的电流平均值 (电感性负载)	$\frac{I_L}{3}$	$\frac{I_L}{3}$	$\frac{I_L}{6}$

#### 4. 斩波器电路

斩波器是将直流电源的恒定电压  $U_G$  (幅值) 变为大小可调的直流电压  $U_d$  的一种晶闸管装置。在斩波器内以晶闸管作为直流开关, 控制接通和关断负载电路, 从而在负载上获得大小可调的直流平均电压  $U_d$ 。

图 1-10 所示是斩波器的组成方框图。其中控制电路可以改变斩波器所输出脉冲电压的宽度  $\tau$  以及通断时间  $T(1/f)$ 。而电路的导通比  $\tau/T$  将决定着输出电压的平均值  $U_d = (\tau/T) \cdot U_G$ , 可见, 调节斩波器输出电压平均值的方法可以有三种: 即只改变  $\tau$  或只改变  $T$  或同时改变  $\tau$  和  $T$ 。

下面介绍逆阻型斩波器的工作原理, 见图 1-11 所示。图中  $GB$  为直流电源,  $V_1$  为主晶闸管,  $V_2$ 、 $V_3$  为辅助晶闸管,  $V_4$  为续流二极管,  $C$  为换流电容,  $M$  为直流电动机。

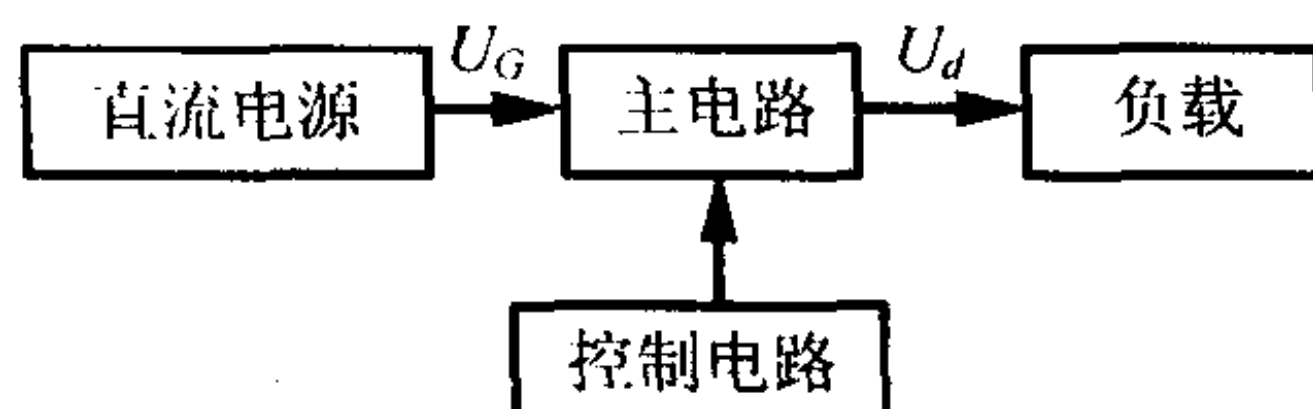


图 1-10 斩波器组成方框图

接通直流电源  $GB$ , 触发辅助管  $V_2$  使之导通, 给换向电容  $C$  预充电, 当电容上电压  $U_C$  等于电源电压时, 充电电流接近于零,  $V_2$  将自行关断。然后触发电路同时触发  $V_1$  和  $V_3$  管导通, 负载电流使直流电动机  $M$  转动, 同时电容  $C$  通过  $V_1$ 、 $V_3$  管及  $L_1$  组成振荡回路, 使电容放电和反向充电。当电流接近于零时,  $V_3$  管关断,  $V_1$  管继续导通, 电容极性与预充电相反。

若  $V_1$  管持续导通时间为  $\tau$ , 则斩波器的输出电压脉冲宽度为  $\tau$ 。当  $V_2$  管再触发导通时, 电容上的电压经  $V_2$  管反向加在  $V_1$  管上, 迫使  $V_1$  关断。负载电流再次通过  $V_2$  管对电容  $C$  重新充电,

为下一个周期作预充电准备。由此可见, 只要我们控制好主晶闸管  $V_1$  的导通时间, 便能控制斩波器输出电压的脉冲宽度  $\tau$ , 从而调节了负载两端的平均电压, 实现斩波调速。

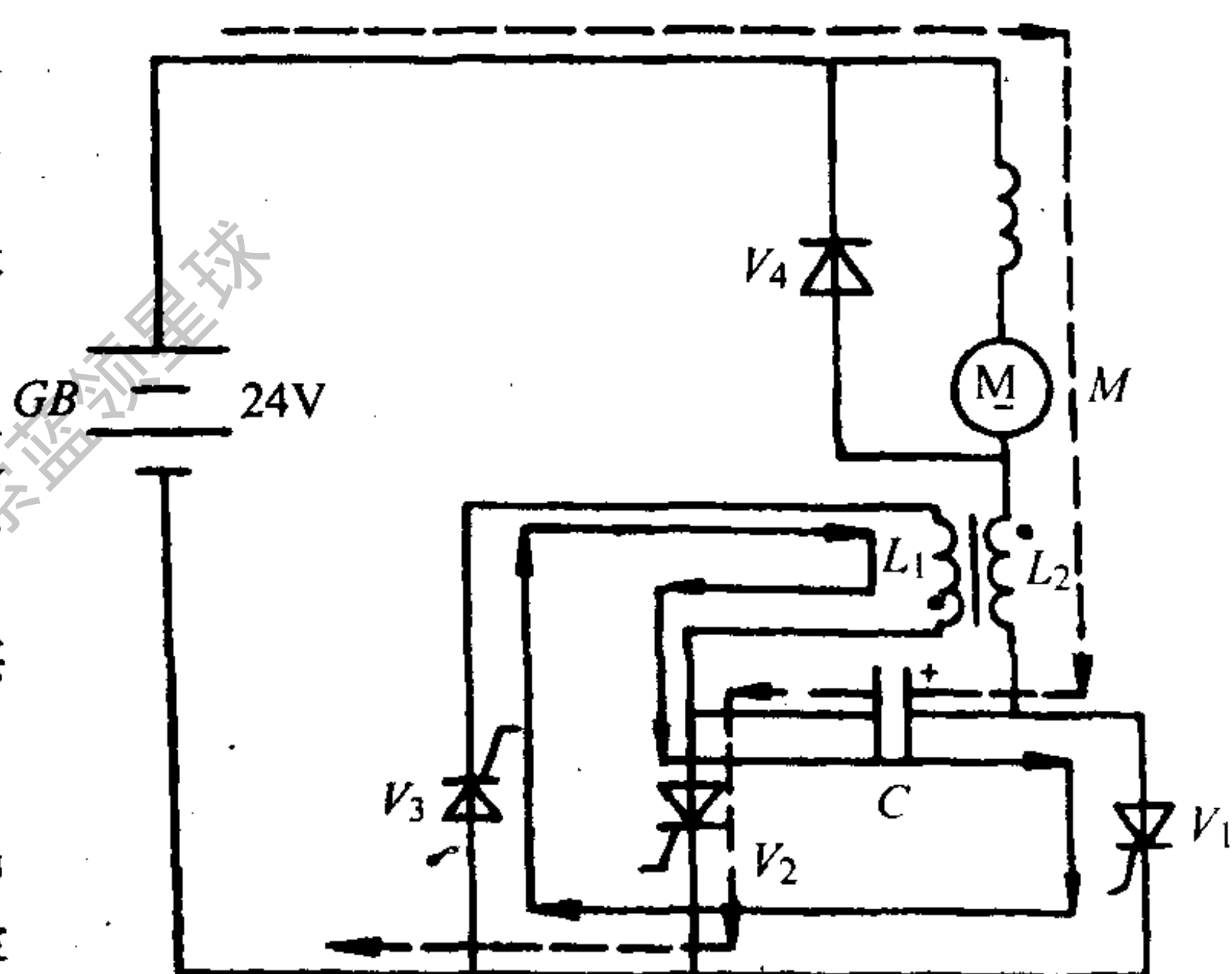


图 1-11 逆阻型斩波器的工作原理

#### 5. 逆变器电路

所谓逆变是指把直流电变换成交流电的过程。晶闸管逆变电路分为有源逆变和无源逆变两种, 有源逆变是由直流电  $\rightarrow$  逆变器  $\rightarrow$  交流电  $\rightarrow$  交流电网。无源逆变是由直流电  $\rightarrow$  逆变器  $\rightarrow$  交流电 (频率可调)  $\rightarrow$  用电器。无源逆变器简称逆变器, 它是变频器的一种类型, 它可将直流电逆变为某一频率或可变频率的交流电并直接供负载使用。

逆变器的工作原理如图 1-12 所示。其中四只晶闸管分为两组, 当  $V_1$  和  $V_4$  管触发导通时,  $R_L$  负载上将获得极性为左正右负的电压  $U_L$ , 见图 1-12(a) 所示。当  $V_1$  和  $V_4$  管关断,  $V_2$  和  $V_3$  管触发导通时, 负载  $R_L$  上将得到极性相反 (左负右正) 的电压  $U_L$ , 见图 1-12(b) 所示。若能控制两组晶闸管的轮流切换以及切换的频率, 就可在负载上实现直流电逆变为可调节频率的交流电。根据逆变器的换流方式不同, 在逆变电路中常用负载谐振式逆变器和脉冲换流式逆变器。

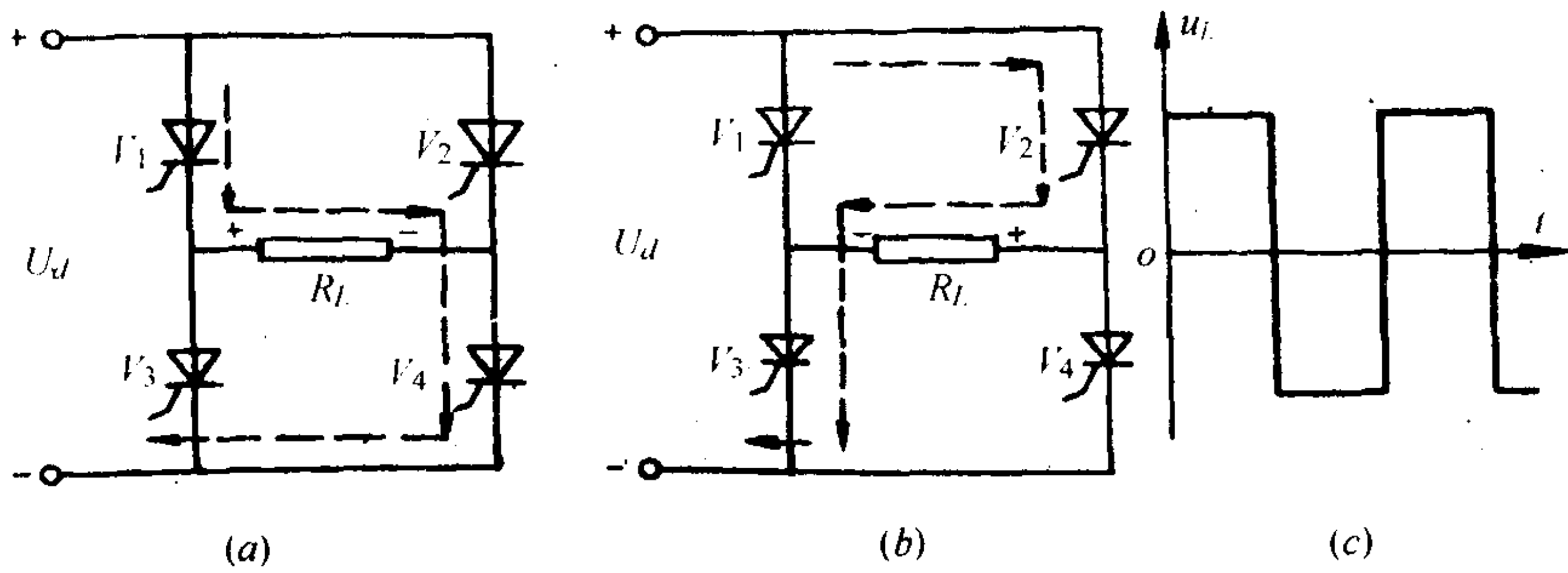


图 1-12 逆变器的工作原理

(1) 负载谐振式逆变器 它是利用负载回路谐振特性来实现逆变器中的换流。图 1-13 为一国产中频电源所采用的并联谐振逆变器的主电路, 它由  $V_1$ 、 $V_4$  和  $V_2$ 、 $V_3$  两对晶闸管构成单相全控桥式电路, 又称单相桥式逆变电路。其中  $U_d$  为整流电路提供的直流电压,  $L_d$  为滤波电抗器, 能使输出电流  $I_d$  保持连续, 并限制中频电流进入电网, 具有交流隔离作用。负载是线圈  $L$ , 电容  $C$  为补偿电容, 使负载呈容性,  $L$  和  $C$  组成了并联谐振逆变器负载。在开始换流瞬间, 4 只晶闸管同时导通, 但由于  $L_d$  大电感的恒流作用不会造成电源短路。负载回路工作在谐振状态时, 负载两端的交流电压接近于正弦波。

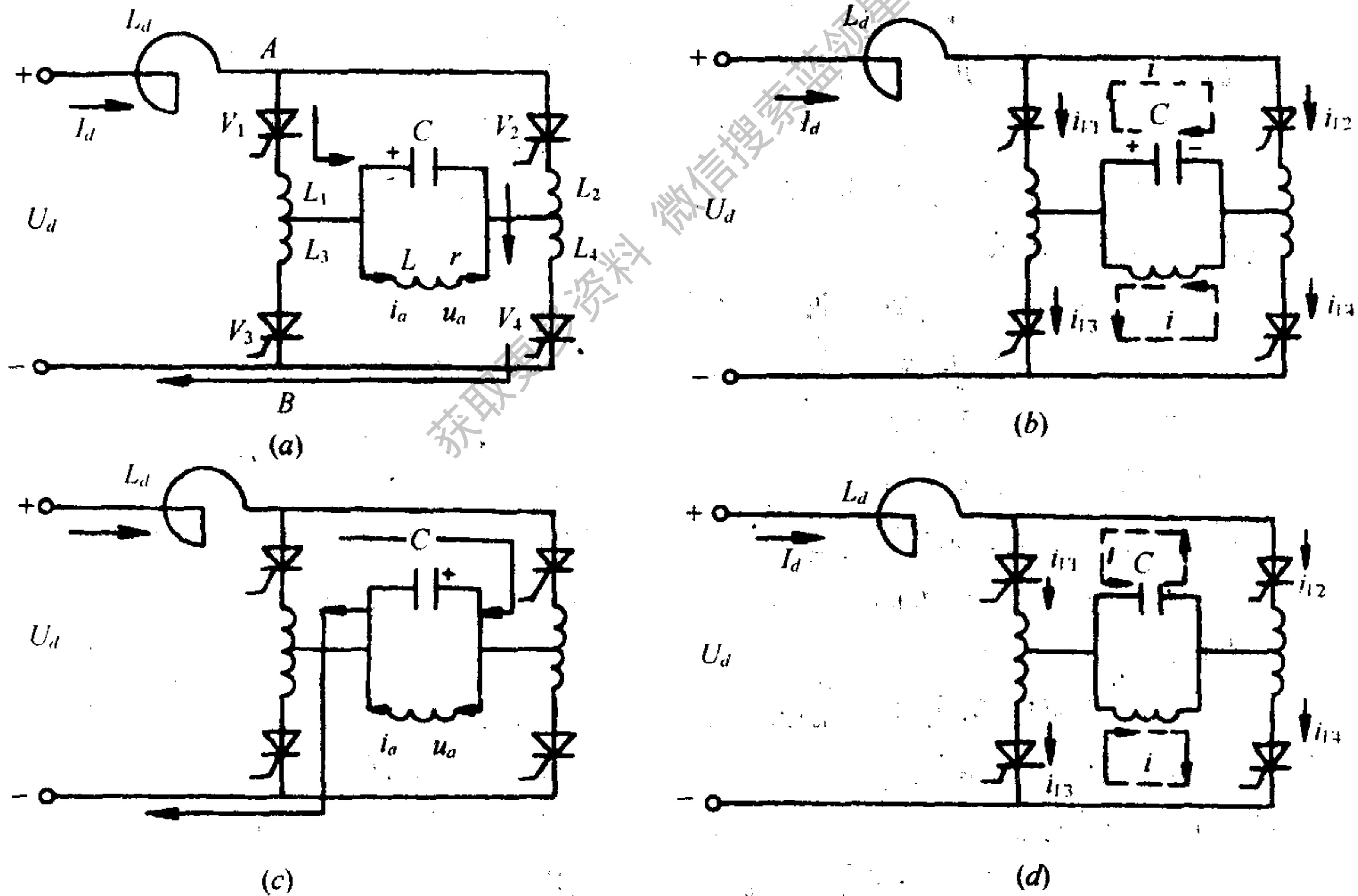


图 1-13 并联谐振逆变器主电路

(2) 脉冲换流式逆变器 在笼型异步电动机的变频调速器中, 经常采用单相电流型脉冲换流式逆变器, 其主电路如图 1-14 所示。图中大电感  $L_d$  的作用是使输入电流  $I_d$  维持恒定, 电容器  $C_1$  与  $C_2$  相等, 为换流电容,  $V_5 \sim V_8$  为隔离二极管, 使电容放电回路与负载隔离。当  $V_1$ 、 $V_4$  与  $V_2$ 、 $V_3$  两组晶闸管被轮流触发导通时, 利用换流电容  $C_1$ 、 $C_2$  充放电的作用, 在负载  $R_L$  上将得到频率可调的交流电压, 其波形接近于正弦波。

## 6. 触发电路

在晶闸管的阳极和阴极间加正向电压的同时,必须在门级和阴极间加合适的正向触发电压,晶闸管才能工作,而提供触发电压的电路则称为触发电路。

(1)单结晶体管触发电路 单结晶体管又称为双基极管,它有两个基极(第一基极  $B_1$  和第二基极  $B_2$ )和一个发射极  $E$ 。其结构符号和等效电路图如图 1-15 所示。两个基极之间的电阻为  $R_{BB} = R_{B1} + R_{B2}$ ,其中

$R_{B1}$  随发射极电流  $I_E$  的变化而变化,  $R_{B2}$  和  $I_E$  的变化无关。通过实验可知,当  $U_E$  较小时,发射极  $E$  与  $B_1$  之间不能导通,呈现很大的电阻,只有很小的漏电流。当  $U_E$  大到某一值时,单结晶体管内的  $PN$  结突然导通,发射极电流突然增大,此时的电压称为峰点电压。当发射极电流  $I_E$  增大到某一值时,电压  $U_E$  下降到最低点,称为谷点电压。

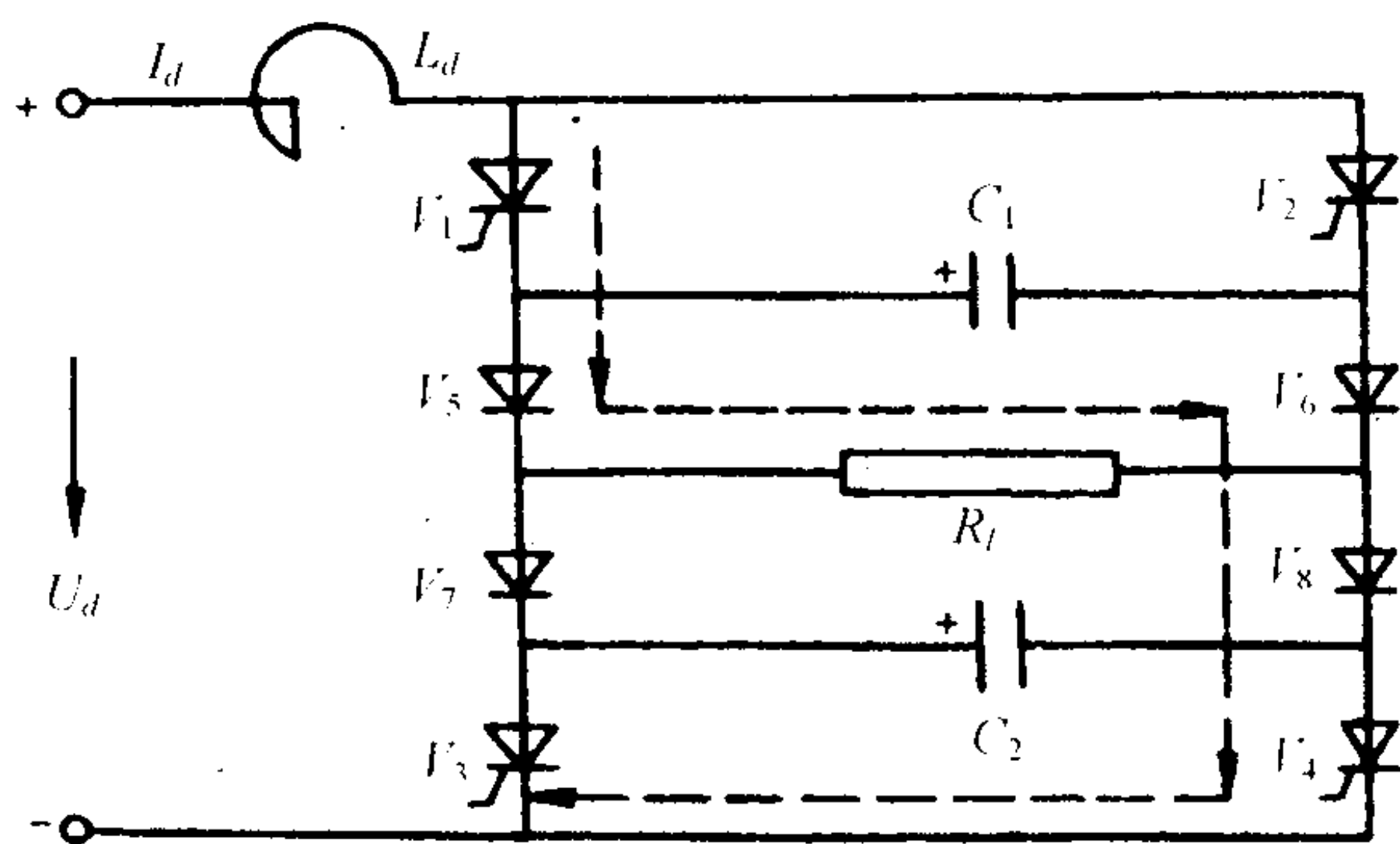


图 1-14 单相电流型脉冲换流式逆变器主电路

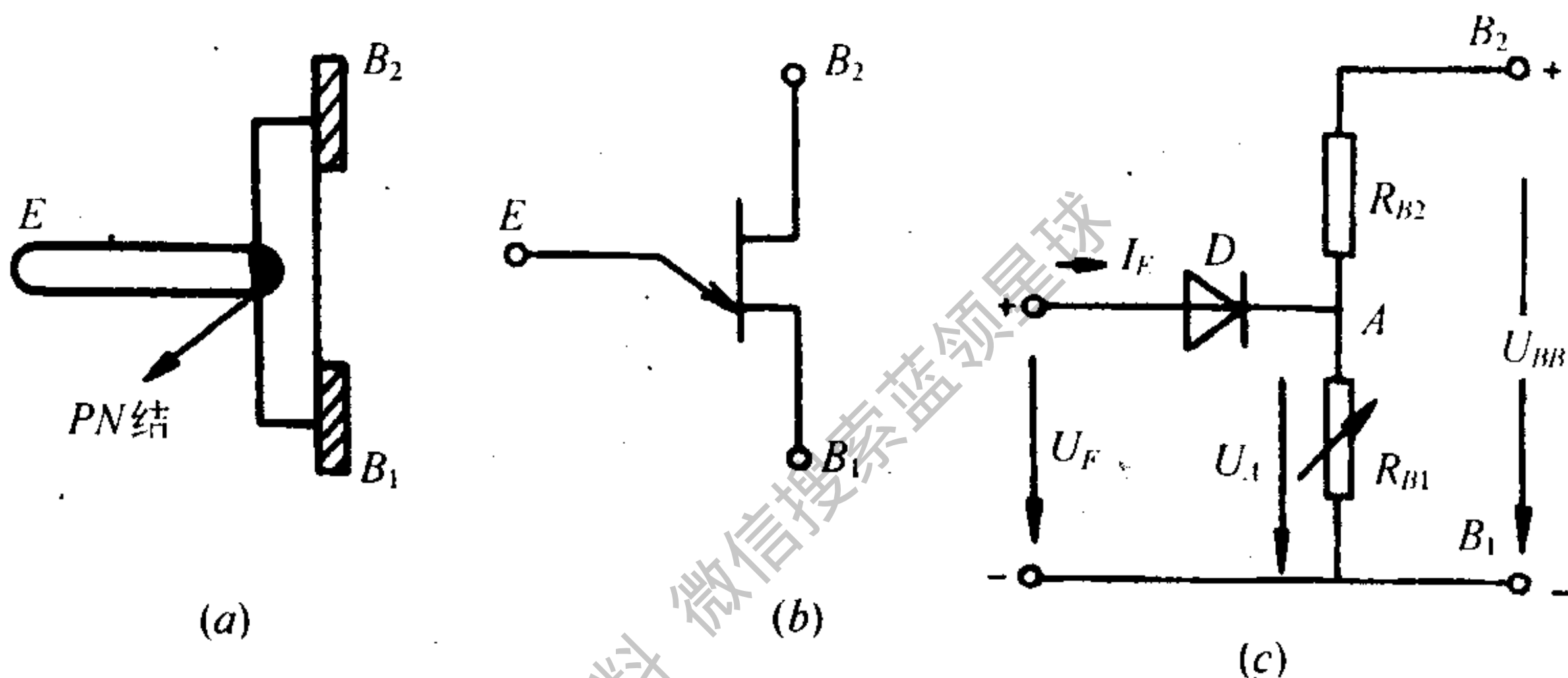


图 1-15 单结晶体管结构示意和等效电路

(a) 结构 (b) 符号 (c) 等效电路

利用单结晶体管的这一特性,如接成图 1-16 所示的电路,就构成了实际的单结晶体管触发电路。图中  $T_s$  是同步变压器,使触发电路与主电路接在同一电源上,其作用是实现触发脉冲与主电路同步。触发电路获得的电源电压是经过桥式整流、稳压管削波后得到的梯形波电压。该电压通过  $R$  和  $RP$  对电容  $C$  充电;当  $U_C$  上升到大于单结晶体管的峰点电压时,单结晶体管导通,电容  $C$  通过  $E$ 、 $B_1$  和  $R_1$  放电,在  $R_1$  上就形成一脉冲电压加到主电路中的两个晶闸管门极,但只能使承受正向电压的那只晶闸管导通,而且晶闸管导通的时刻只与第一个脉冲到来的时间有关。电容  $C$  放电后,  $U_C$  下降到低于谷点电压时,单结晶体管截止。如果改变电容  $C$  充电的快慢(调  $RP$ ),即可改变第一个触发脉冲到来的时间,也就改变了晶闸管的导通角,从而实现了整流电压输出大小的控制目的。

(2)晶体三极管触发电路 在要求触发功率较大,输出电压与控制电压线性比较好的晶闸管整流设备中,常采用由晶体三极管组成的触发电路,图 1-17 就是一种常见的同步电压为锯齿波的晶体管触发电路。图中同步电源电压  $u_2$  经二极管  $V_1$  半波整流后对电容  $C_1$  充电,当  $C_1$  两端电压随  $u_2$  达到最大值时,  $V_1$  管将截止。电容  $C_1$  向电阻  $R_1$  和电感  $L$  串联的电路放电,因为  $L$  较大,放电较慢,所以  $L$  使放电曲线接近线性。结果在电容  $C_1$  两端获得近似为锯



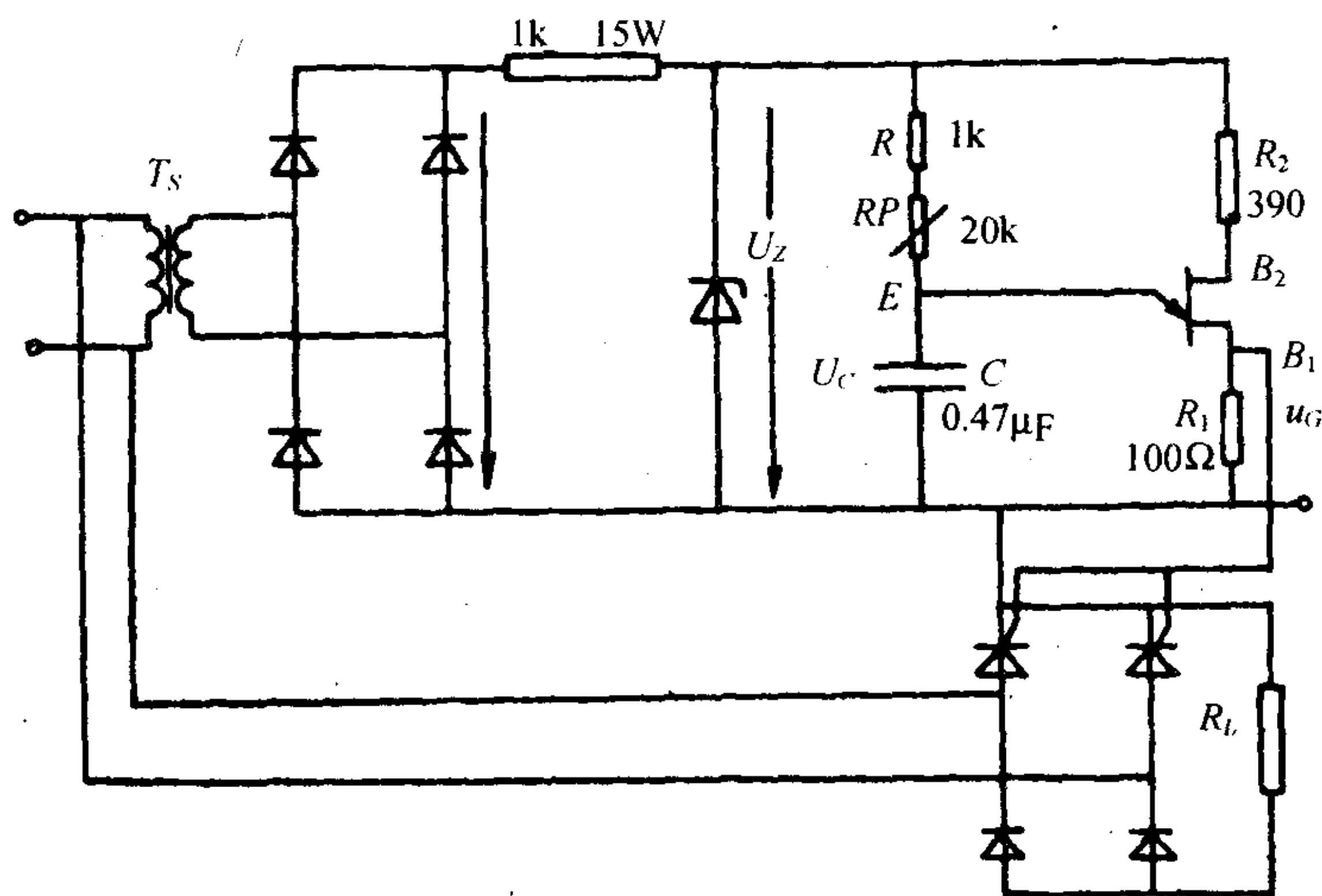


图 1-16 单结晶体管触发电路

齿波的电压  $u_{c1}$ , 它与给定的直流控制电压  $U_K$  反向串联后, 加于三极管  $V_3$  的基极与发射极之间。当  $u_{c1} > |U_K|$  时,  $V_3$  管截止。当  $u_{c1} < |U_K|$  时,  $V_3$  管导通, 此时, 脉冲变压器  $T_M$  的二次侧便产生了输出脉冲。只要改变直流控制电压  $U_K$  的大小, 就可以改变  $V_3$  管的截止和导通的时间, 从而控制输出脉冲的移相。

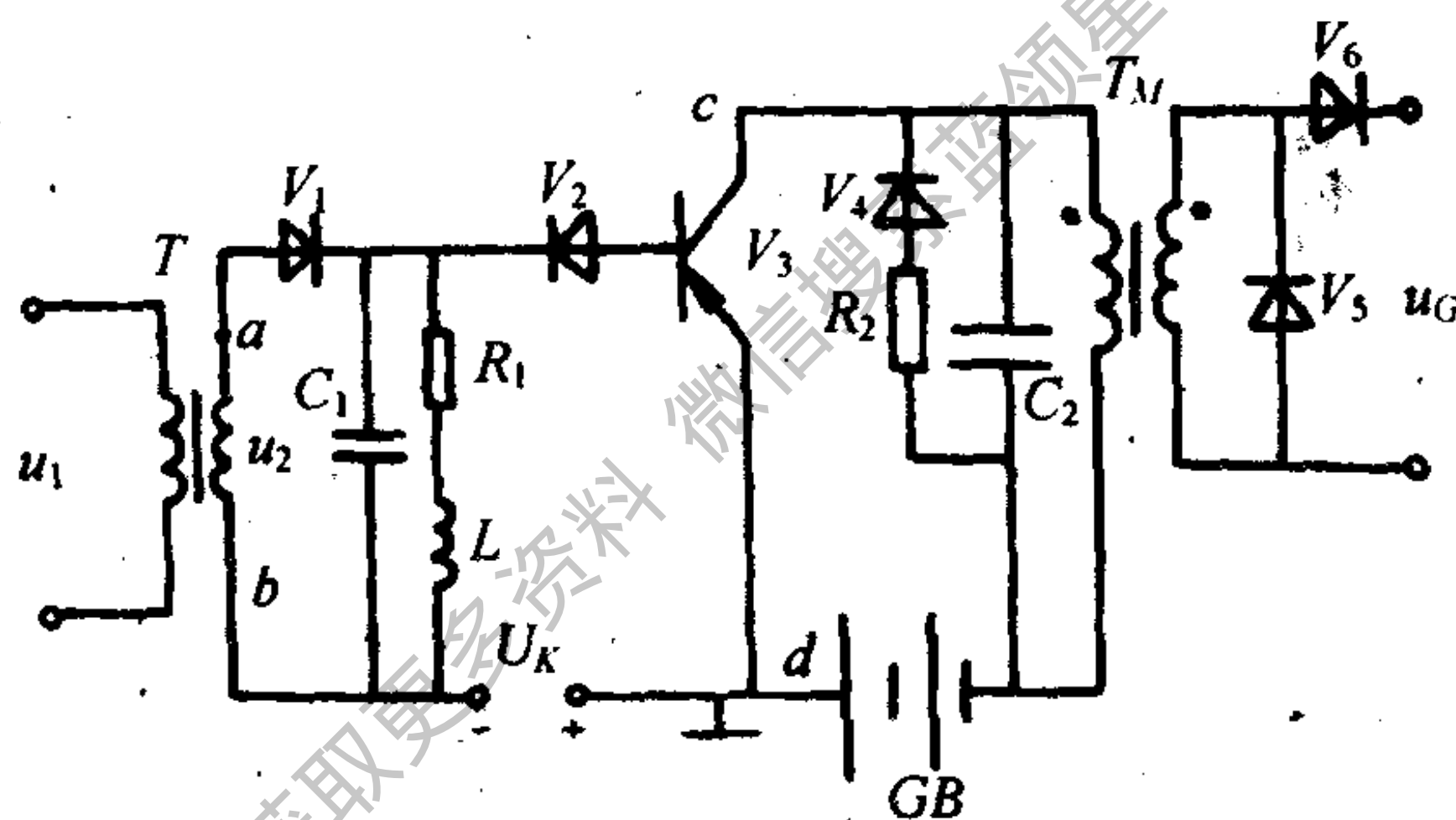


图 1-17 同步电压为锯齿波的晶体管触发电路

## 二、数字电路基础

在自动控制技术和电工测量等领域中经常用到如开关的通与断、矩形波、锯齿波等这类的脉冲信号, 我们把不连续变化的脉冲信号, 称为数字信号。用来处理数字信号的电子电路称为数字电路或逻辑电路。数字电路具有很高的可靠性和标准性, 特别是具有各种功能的数字集成电路, 为数字电子技术, 以及电子计算机技术的发展奠定了基础。

### (一) 二极管、三极管的开关特性

#### 1. 二极管的开关特性

当给二极管两端加正向电压时, 二极管导通, 电阻很小, 导通压降也小, 相当于电路开关处于闭合状态(接通)。反之, 当给二极管两端加反向电压时, 二极管截止, 反向电阻非常大, 电流近似为零, 相当于开关处于断开状态。可见, 只要控制二极管外加电压极性, 就能使二极管起

到开关作用。

## 2. 三极管的开关特性

三极管作为开关使用时,常接成共发射极电路,如图 1-18(a)所示。当三极管的基极输入一定幅值的正脉冲时,三极管处于饱和导通状态,相当于开关接通,如图 1-18(b)所示。当三极管基极输入负脉冲时,它将截止,集电极电流接近于零,相当于开关断开,如图 1-18(c)所示。



提示:在数字电路中,只要控制三极管工作在截止或饱和状态,就能使三极管起到开关作用。

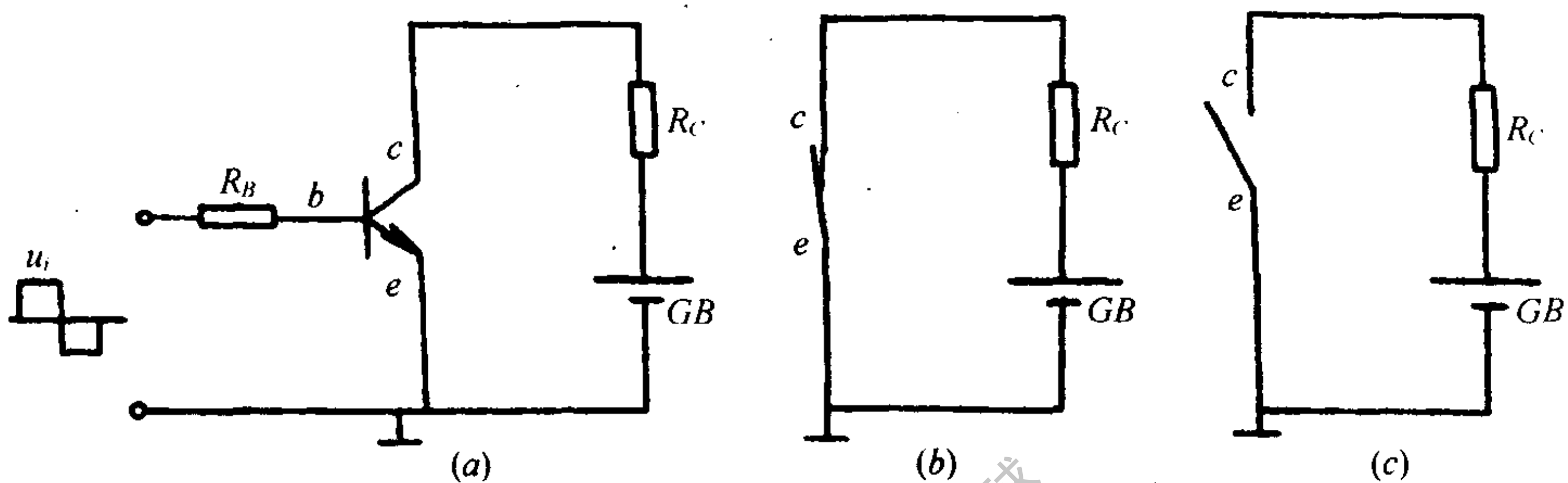


图 1-18 三极管的开关作用

## (二) 基本逻辑门电路

门电路也称逻辑开关电路,只有满足一定条件时,门才能打开。

### 1. 逻辑“与”和“与”门电路

只有当所有条件同时具备时,事件的结果才能实现,这种逻辑关系称为逻辑“与”,所组成的门电路称为“与”门电路。最简单的“与”门电路可以由电阻和二极管组成,如图 1-19 所示。

$A$ 、 $B$ 、 $C$  为电路的三个输入端,当输入端全接高电平时,三只二极管处于截止状态,电阻  $R$  中没有电流流过,输出端  $P$  点电位为高电平,称作“1”状态。当输入端有一个为低电平时,与之相连的二极管必然导通,电阻  $R$  中有电流通过,输出端  $P$  点电位下降为低电平,称作“0”状态。

“与”门的逻辑表达式为:

$$P = A \cdot B \cdot C$$

### 2. 逻辑“或”和“或”门电路

决定一件事情的几个条件中,当具备其中某一条件,事情就能实现,而无一条件具备时,事情就不能实现,这种逻辑关系称为逻辑“或”,所组成的门电路称为“或”门电路。由二极管和电阻组成的“或”门电路,如图 1-20 所示。

输入端  $A$ 、 $B$ 、 $C$  只要有一个为高电平,与之相连的二极管必先导通,输出端  $P$  为高电平“1”状态。当输入端全为低电平时,输出端  $P$  为低电平“0”状态。

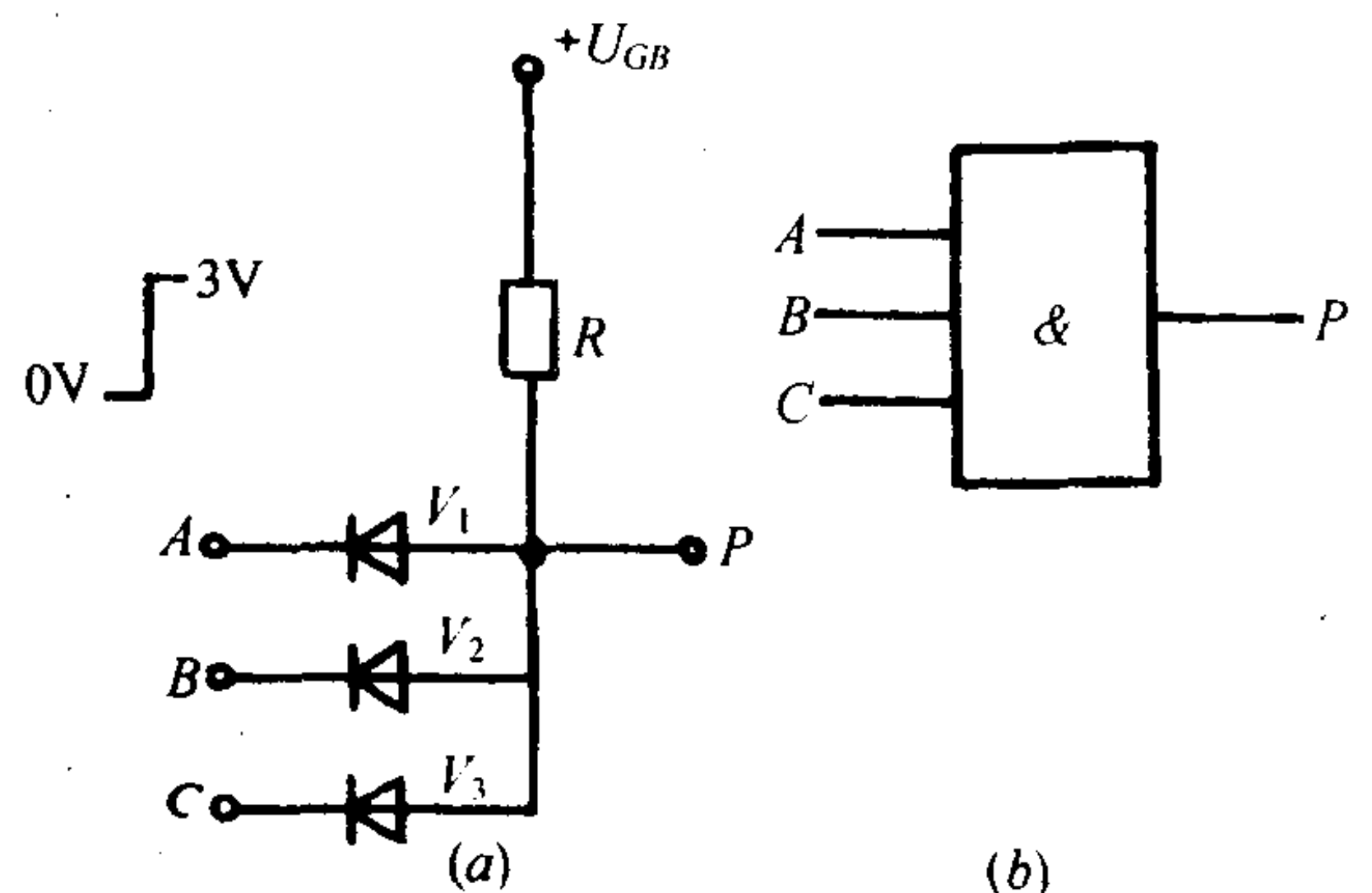


图 1-19 二极管“与”门电路及逻辑符号  
(a) 逻辑电路 (b) 符号

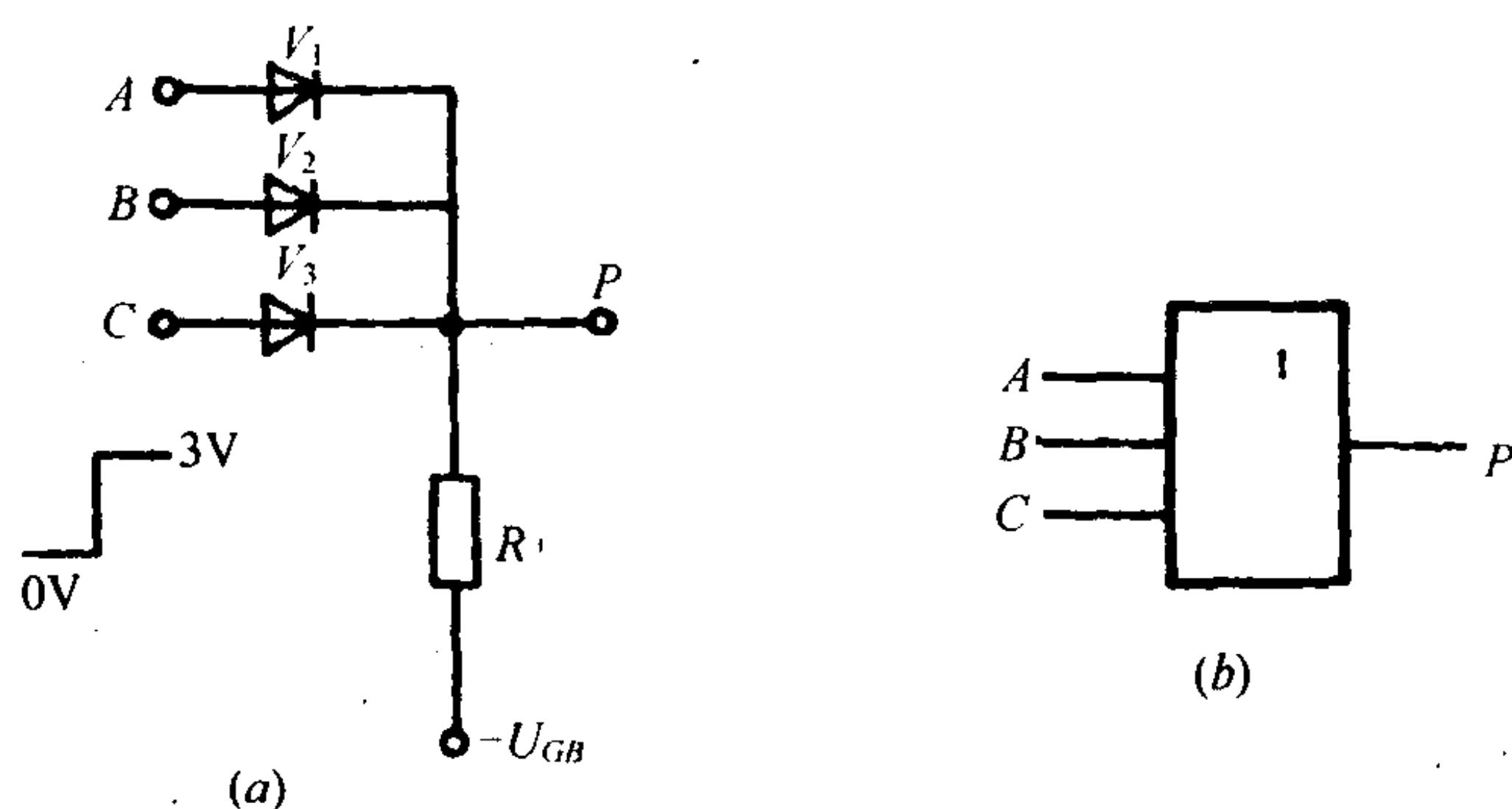


图 1-20 二极管“或”门电路及逻辑符号

(a) 逻辑电路 (b) 符号

“或”门的逻辑表达式为：

$$P = A + B + C$$

### 3. 逻辑“非”和“非”门电路

输出总是与输入相反,这种逻辑关系称为逻辑“非”,所组成的门电路称为“非”门电路。由一只三极管组成的最简单的“非”门电路,如图 1-21 所示。

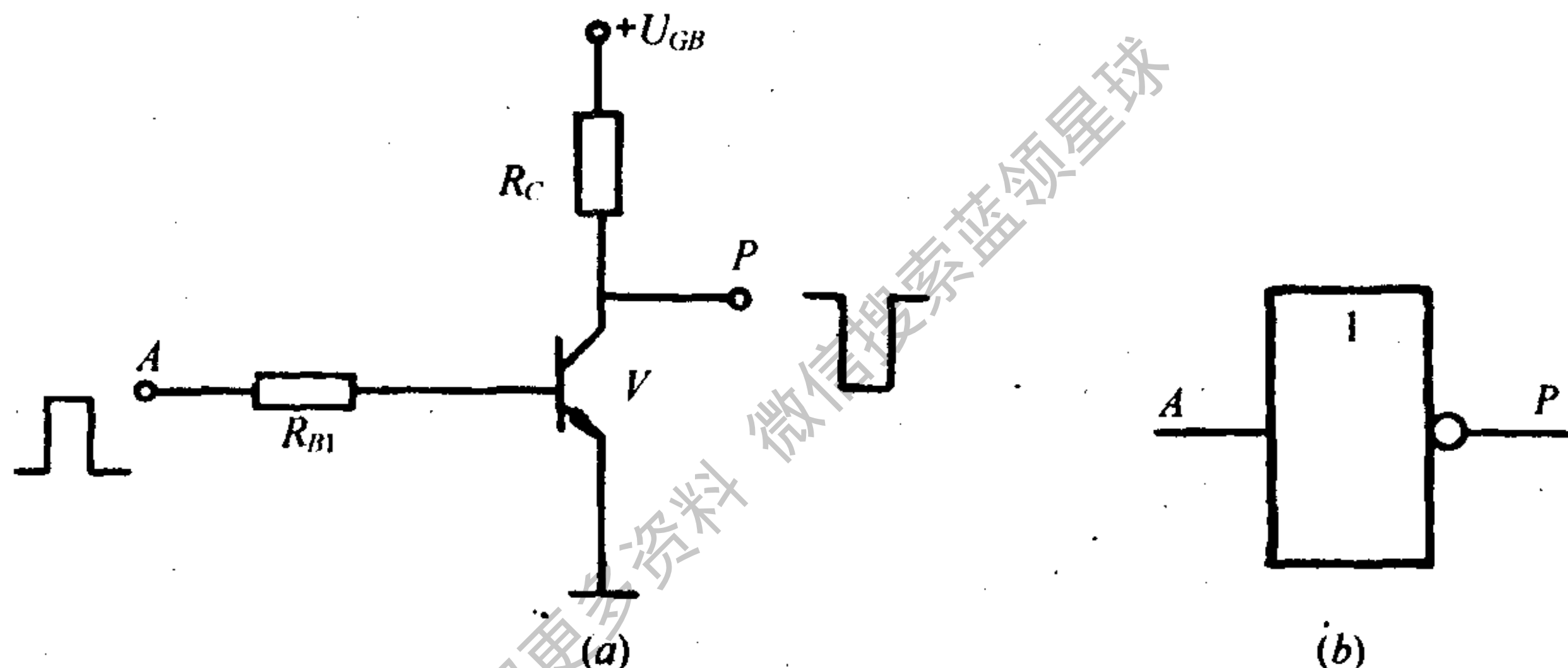


图 1-21 “非”门电路及逻辑符号

(a) 逻辑电路 (b) 符号

当三极管输入端 A 为低电平时,三极管截止,输出端 P 为高电平“1”状态。当输入端 A 为高电平时,三极管饱和导通,输出端 P 为低电平“0”状态。

“非”门的逻辑表达式为：

$$P = \bar{A}$$

### 4. 复合逻辑门电路

把三种基本的门电路“与”门、“或”门、“非”门分别组合在一起,就可以构成各种复杂的逻辑门电路。如图 1-22 就是在二极管的“与”门电路后又接入三极管“非”门电路,从而组成了“与非”门的复合门电路。

“与非”门的逻辑表达式为：

$$P = \overline{A \cdot B}$$

同理,根据需要还可以用基本门电路组成“或非”门电路,如图 1-23 所示,其逻辑表达式为：

$$P = \overline{A + B}$$

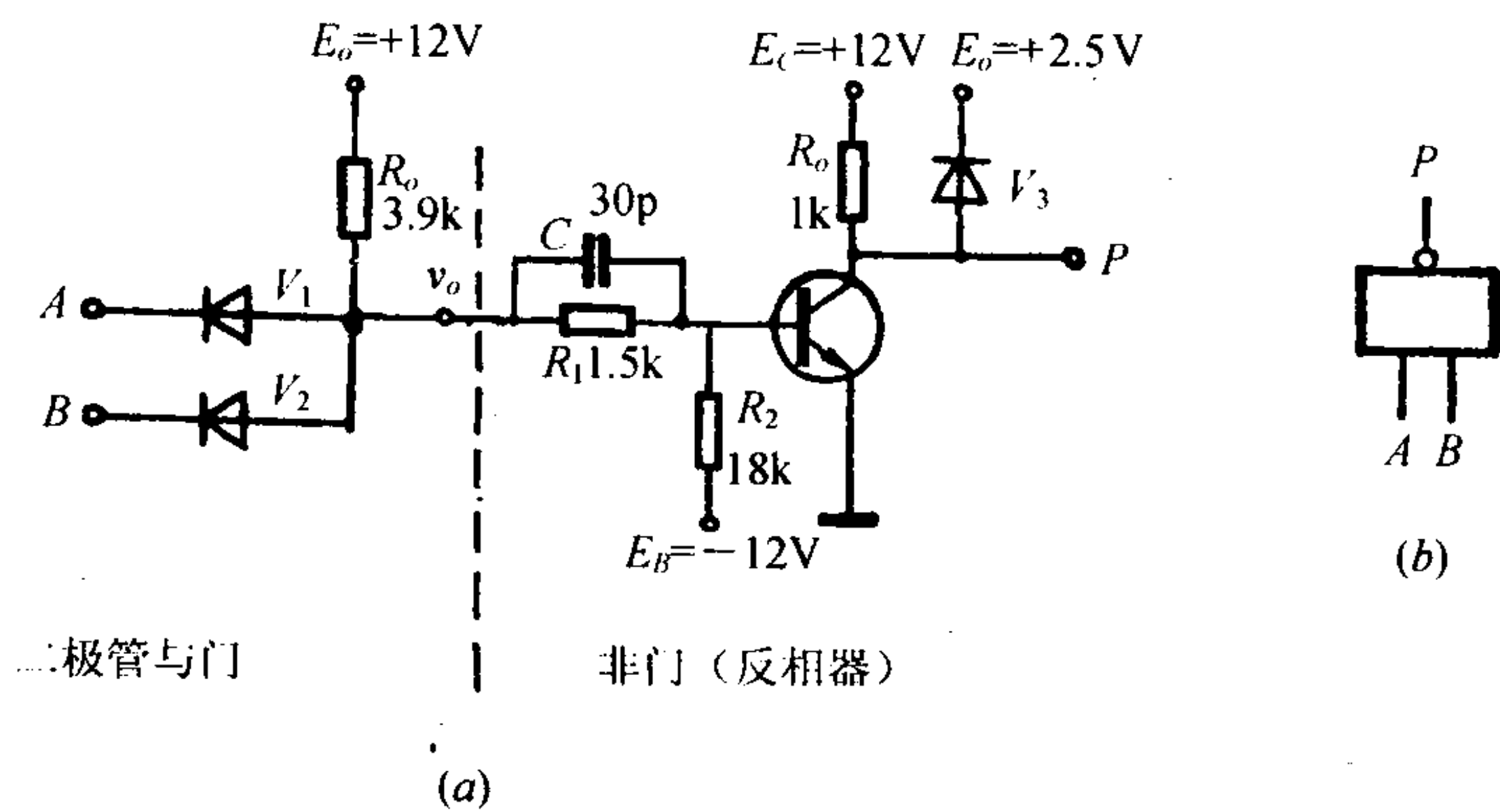


图 1-22 “与非”门电路及逻辑符号

(a) 逻辑电路 (b) 符号

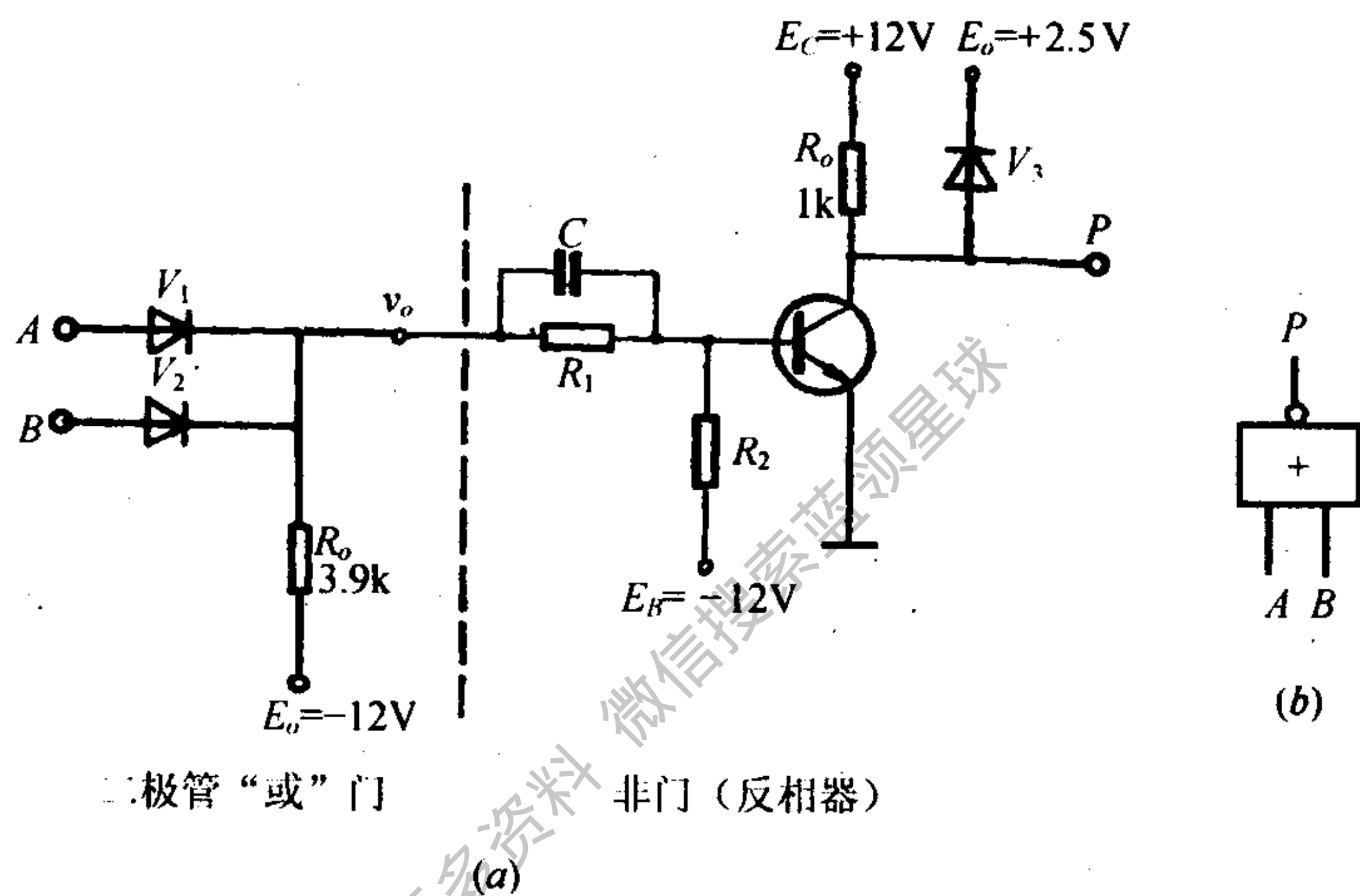


图 1-23 “或非”门电路及逻辑符号

(a) 逻辑电路 (b) 符号

### (三) 逻辑代数

逻辑代数和普通代数一样,也是用字母表示变量。但是,逻辑代数的变量只用“1”和“0”表示两种不同的逻辑状态(真和假、有和无、开和关、是和非等)。所以,逻辑代数比普通代数简单得多。然而,逻辑代数中也包含一些与普通代数不同的运算规律。

#### 1. 逻辑代数的规律

##### (1) 变量和常量的关系规律

$$\text{自等律: } A + 0 = A \quad A \cdot 1 = A$$

$$\text{互补律: } A + \bar{A} = 1 \quad A \cdot \bar{A} = 0$$

$$\text{常量律: } A + 1 = 1 \quad A \cdot 0 = 0$$

##### (2) 与普通代数相似的规律

$$\text{交换律: } A + B = B + A \quad A \cdot B = B \cdot A$$

$$\text{结合律: } (A + B) + C = A + (B + C) \quad (A \cdot B) \cdot C = A \cdot (B \cdot C)$$

$$\text{分配律: } A \cdot (B + C) = A \cdot B + A \cdot C \quad A + B \cdot C = (A + B)(A + C)$$

(3) 一些特殊规律

同一律： $A + A = A$      $A \cdot A = A$

反演律： $\overline{A + B} = \overline{A} \cdot \overline{B}$      $\overline{A \cdot B} = \overline{A} + \overline{B}$

吸收律： $A + A \cdot B = A$      $A \cdot (A + B) = A$      $A \cdot B + A \cdot \overline{B} = A$

$A + \overline{A} \cdot B = A + B$      $(A + B) \cdot (A + C) = A + B \cdot C$

还原律： $\overline{\overline{A}} = A$

2. 逻辑代数的基本规则

(1) 代入规则 在任何一个逻辑等式中,如果将等式两边所有出现某一变量  $A$  的位置,都代之以一个逻辑函数,则等式仍然成立。

(2) 反演规则 对于任意一个逻辑函数表达式  $L$ ,如果将其中所有的“ $\cdot$ ”换成“ $+$ ”,“ $+$ ”换成“ $\cdot$ ”;再将原变量换成反变量,反变量换成原变量;并把“1”换成“0”,“0”换成“1”,那么所得到的逻辑函数表达式就是原逻辑函数的反函数  $\overline{L}$ 。

(3) 对偶规则 对于任意一个逻辑函数表达式  $L$ ,如果将其中所有的“ $+$ ”换成“ $\cdot$ ”,“ $\cdot$ ”换成“ $+$ ”;“1”换成“0”,“0”换成“1”,那么所得到的逻辑函数表达式就是原逻辑函数的对偶式  $L'$ 。如果两个逻辑函数式相等,那么它们的对偶式也一定相等,这就是对偶规则。

(四) 编码器

在二进制数字系统中,为了能用二进制数码表示更多的信号,我们把若干个“0”和“1”按一定的规律编成不同的代码,并赋予每个代码以固定的含义,这就叫编码。用来完成编码工作的数字电路,称为编码器。

1. 二进制编码器

将一般的信号编为二进制代码的电路称为二进制编码器。通常一位二进制代码只可以表示两个信号“0”或“1”;而两位二进制代码则有00,01,10,11共四种组合,因而可以表示四个信号。依此类推,用  $n$  位二进制代码,就可以表达  $2^n$  个不同的信号。

如图 1-24 所示,为三位二进制编码器电路。输入的八个代码,是通过开关  $K$  置于不同的位置给出的,它的功能是把 0~7 这八个十进制数编成二进制代码,因为  $2^3 = 8$ ,所以二进制代码只要三位输出就够了。根据八个数字和二进制代码的对应关系列出编码表,如表 1-13 所示,这种对应关系完全是人为规定的。在制定编码表的时候,应该使编码顺序有一定的规律可循,既便于记忆,也有利于编码器电路的连接。从编码表可列出二进制编码每一位的逻辑表达式,即:

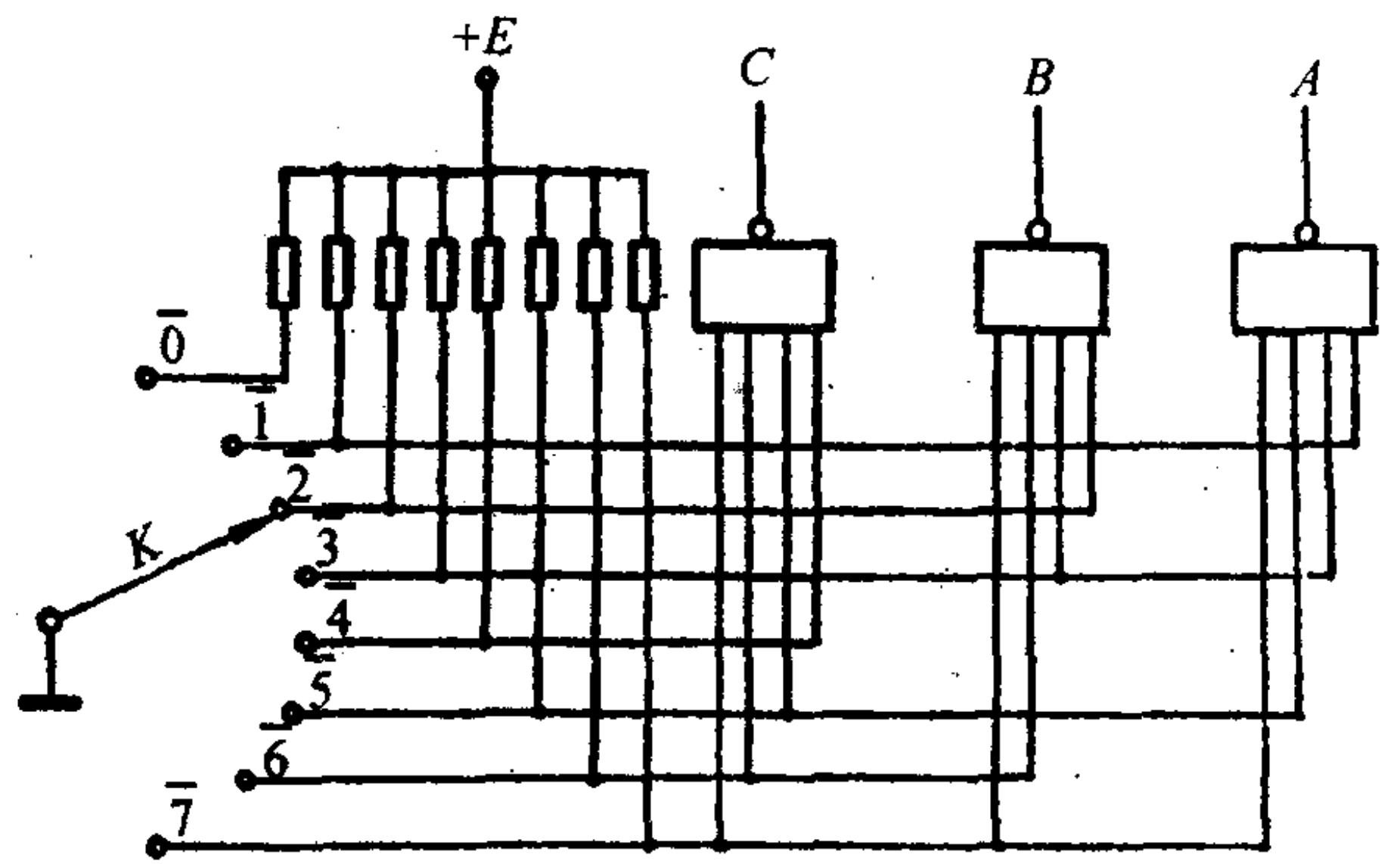


图 1-24 三位二进制编码器电路

$$A = \overline{1 \cdot 3 \cdot 5 \cdot 7}$$

$$B = \overline{2 \cdot 3 \cdot 6 \cdot 7}$$

$$C = \overline{4 \cdot 5 \cdot 6 \cdot 7}$$

当输入数字 3 时,输入端  $\bar{3} = 0$ ,其余输入端均为 1,因此  $A = 1, B = 1, C = 0, CBA = 011$ 。

表 1-13 二进制编码表

输入	输出		
	C	B	A
0	0	0	0
1	0	0	1
2	0	1	0
3	0	1	1
4	1	0	0
5	1	0	1
6	1	1	0
7	1	1	1

可见,编码器的输出信号仅仅决定于当时的输入信号,所以它属于组合逻辑电路。

## 2. 二—十进制编码器

将十进制数字 0~9 编为二进制代码的电路,称为二—十进制编码器。二—十进制代码(简称 BCD 代码)是一组用四位二进制代码来表示一位十进制数字的。由于编码方案很多,在此我们只介绍最常用的一种 8421 码,其编码表如表 1-14 所示。因为对十个数字进行编码,所

表 1-14 8421 代码编码表

十进制数	D	C	B	A
0	0	0	0	0
1	0	0	0	1
2	0	0	1	0
3	0	0	1	1
4	0	1	0	0
5	0	1	0	1
6	0	1	1	0
7	0	1	1	1
8	1	0	0	0
9	1	0	0	1

以编码器有十个输入端,四个输出端。其逻辑电路图如图 1-25 所示。当用拨码盘输入一个十进制数字时,就意味着相应的输入端为低电平,其余的输入端为高电平。这时相应地输出一组二—十进制代码。例如数码盘拨到数字 2 时,输入端  $\bar{2} = 0$ ,其余输入端均为“1”。这时输出端  $D = 0, C = 0, B = 1, A = 0$ ,所以  $DCBA = 0010$ ,也就是把十进制数字 2 编成了二—十进制代码 0010。

根据编码表可得出输出端的逻辑表达式为:

$$A = \overline{1 \cdot 3 \cdot 5 \cdot 7 \cdot 9}$$

$$B = \overline{2 \cdot 3 \cdot 6 \cdot 7}$$

$$C = \overline{4 \cdot 5 \cdot 6 \cdot 7}$$

$$D = \overline{8 \cdot 9}$$

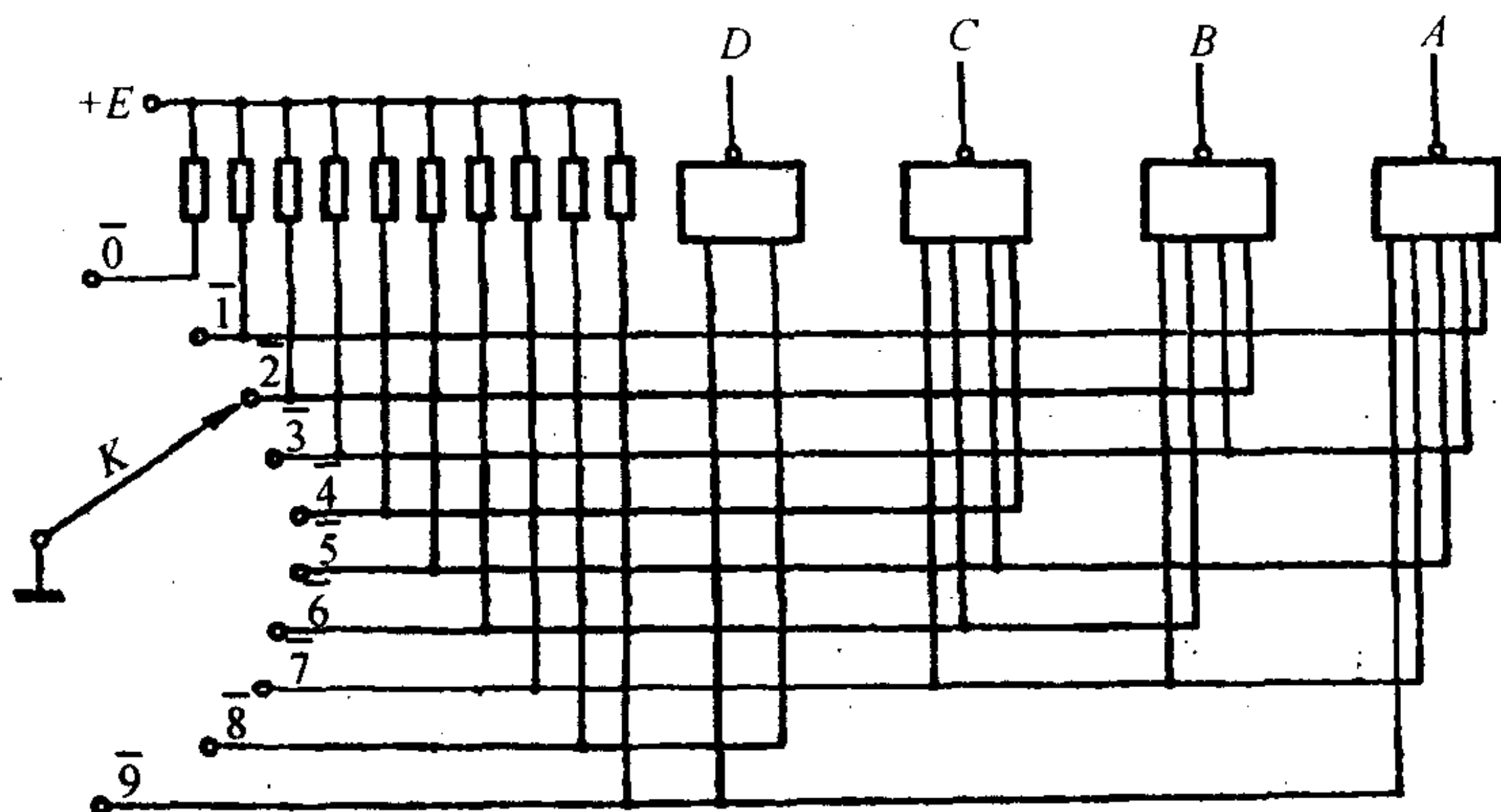


图 1-25 8421 代码编码器

### (五) 触发器

触发器是组成时序电路中存储部分的基本逻辑单元。它有两个稳定状态，即“0”状态和“1”状态。在不同的输入情况下，可被置于某种稳定状态，在输入信号消失后，它能保持原来的稳定状态不变。因此，用一个触发器可存储一位二进制信息，它可以作为二进制存储单元来使用，下面介绍四种逻辑功能不同的触发器。

#### 1. RS 触发器

RS 触发器有两个输入端  $R$  和  $S$ ，两个输出端  $Q$  和  $\bar{Q}$ 。见图 1-26 是 RS 触发器的逻辑符号，图中的“ $\wedge$ ”号表示时钟脉冲的输入端。在正常情况下， $Q$  与  $\bar{Q}$  是逻辑互补的，即一个为“0”时另一个为“1”。一般把  $Q = 1$ 、 $\bar{Q} = 0$  的状态称为触发器的“1”状态，而把  $Q = 0$ 、 $\bar{Q} = 1$  的状态称为触发器的“0”状态。因此，可以用  $Q$  端的状态来表示触发器的状态。当时钟脉冲  $CP$  到来时，该触发器的逻辑功能为：

当  $R = 0$ ， $S = 1$  时，有  $Q = 1$ ， $\bar{Q} = 0$ ，使触发器为“1”状态。

当  $R = 1$ ， $S = 0$  时，有  $Q = 0$ ， $\bar{Q} = 1$ ，使触发器为“0”状态。

当  $R = 0$ ， $S = 0$  时，触发器保持原状态不变（即具有记忆功能）。

当  $R = 1$ ， $S = 1$  时，触发器的状态不定（这种情况是不允许的）。

#### 2. D 型触发器

如图 1-27 所示为 D 型触发器的逻辑符号。D 端为信号输入端，CP 为时钟信号输入端，触发器的输出状态只取决于时钟脉冲到达的瞬间（CP 端由“0”变“1”时）D 的状态，即 D 型触发器的输出状态永远与 CP 作用前输入端 D 的状态相同，所以，当 D 端信号也受同一时钟信号作用而不停地变化时，输出状态的变化总是比 D 端变化慢一个时钟脉冲，因此，D 型触发器又叫延迟触发器。

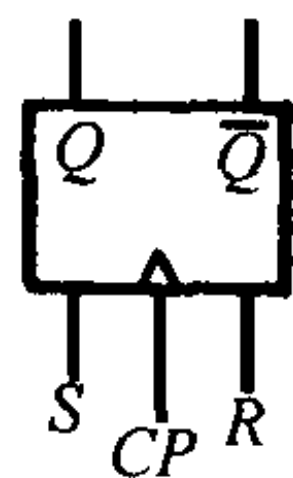


图 1-26 RS 触发器的逻辑符号



图 1-27 D 触发器的逻辑符号

### 3. T 型触发器

图 1-28 是 T 型触发器的逻辑符号,当控制端  $T = 1$  时,每来一个时钟脉冲,触发器的状态就翻转一次;而在  $T = 0$  时,时钟信号不起作用,触发器保持原状态不变。

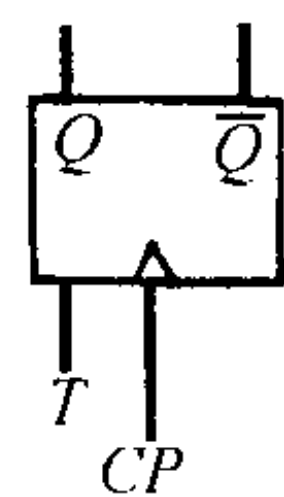


图 1-28 T 触发器的逻辑符号

### 4. JK 触发器

图 1-29 是 JK 触发器的逻辑符号,它有两个输入端 J、K,两个输出端 Q 和  $\bar{Q}$ ,在 CP 时钟脉冲信号作用下(即 CP 由“0”变为“1”,再回到“0”),JK 触发器的逻辑动作为:

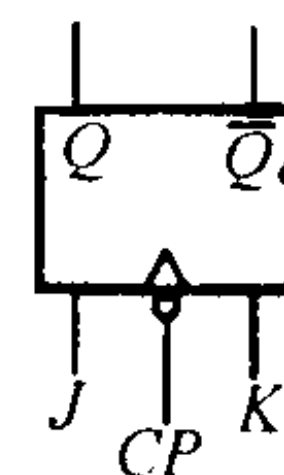


图 1-29 JK 触发器的逻辑符号

当  $J = 1, K = 0$  时,  $Q^{n+1} = 1$ , 触发器为“1”状态;

当  $J = 0, K = 1$  时,  $Q^{n+1} = 0$ , 触发器为“0”状态;

当  $J = K = 1$  时,  $Q^{n+1} = \bar{Q}^n$ , 触发器状态翻转;

当  $J = K = 0$  时, 触发器维持原状态不变。

可见, JK 触发器两个输入端的状态之间,没有约束条件, J、K 输入状态的任意组合都是允许的,而且在 CP 脉冲信号到来后,触发器的状态总是肯定的。



提示:目前,由于集成电路工艺的日臻完善,把一个或数个触发器制成一个单独的器件已很普遍,所以在数字电路中,通常把集成触发器作为一个基本逻辑单元来看待。

## (六) 寄存器

寄存器是由  $N$  个具有存储功能的触发器构成,其功能是存储  $N$  位二进制代码或数据。此外,为了实现数据的接收和清零,还必须有一定的控制电路与触发器相配合,而控制电路通常是由组合逻辑电路来构成的。

### 1. 数码寄存器

这类寄存器仅仅具有接受数码和清除原有数码的功能,其接受数码的方式可以分成单拍接收和双拍接收两种方式。图 1-30 为四位双拍接收方式的寄存器逻辑电路图,它是由四个基本 RS 触发器组成的四位数码寄存器。

它的工作过程为:

第一步,在接收数码之前,先用“清零”负脉冲把所有的触发器置“0”(复位)。

第二步,再用“接收”正脉冲把门 1~门 4 打开,使数据存入触发器,这时凡是输入为“1”的“与非”门,就会输出一个负脉冲将相应的触发器置“1”,而输入为“0”的门没有负脉冲输出,因而对应的触发器就会保持“0”状态不变。例如:  $D_4 D_3 D_2 D_1$  的状态为 1100,那么当“接收”脉冲到来时,门 4、门 3 有负脉冲输出,使  $F_4, F_3$  置“1”,而  $F_2$

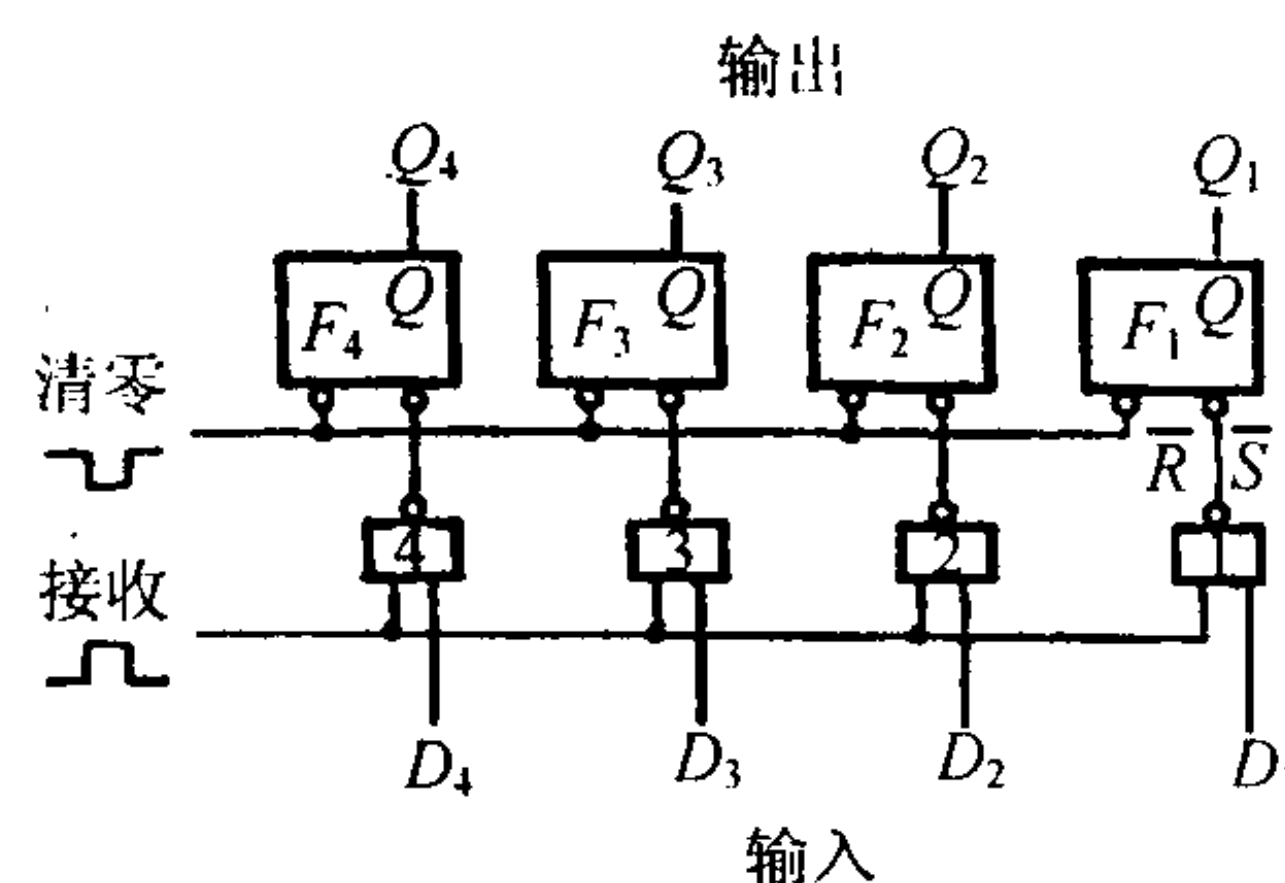


图 1-30 双拍接收方式的寄存器



和  $F_1$  保持“0”状态不变,于是寄存器就把 1100 这个数码接收进去,并保存了起来,最后寄存器的内容将从  $Q_4 \sim Q_1$  端读出。由于双拍接收方式虽然电路简单,但每次接收数据都必须给两个控制脉冲,操作不方便,所以在定型的集成寄存器中很少采用,常用的还是单拍接收方式的寄存器。

图 1-31 为四位数码单拍接收方式寄存器逻辑电路图,它也是由四个基本 RS 触发器组成的四位数码寄存器,但它在接收数据时只需要一个接收脉冲,因此称单拍接收方式。

当接收数码时,由于各位数码是同时输入的,每一位输出的状态也是同时建立起来的,因此把这种输入、输出方式叫做并行输入、并行输出方式。

## 2. 移位寄存器

移位寄存器除了具有存储数码的功能外,还具有移位功能,就是寄存器中所存数据,可以在移位脉冲作用下逐次左移或右移。

图 1-32 为四个 D 触发器串联组成的单向移位寄存器。其中每个触发器的输出端 Q 依次接到下一个触发器的 D 端,只有第一个触发器的 D 端接收数据。每当时钟脉冲的前沿到达时,每个触发器的状态移给了下一个触发器。经过四个时钟脉冲以后,四位数码全部移入寄存器中,从四个触发器的 Q 端将得到并行的数码输出,即所谓并行输出方式。

最后一个触发器的 Q 端也可作为串行输出端,如需得到串行的输出信号,则只要再输入四个时钟脉冲,四位数码便可依次从串行输出端输出,即所谓串行输出方式。

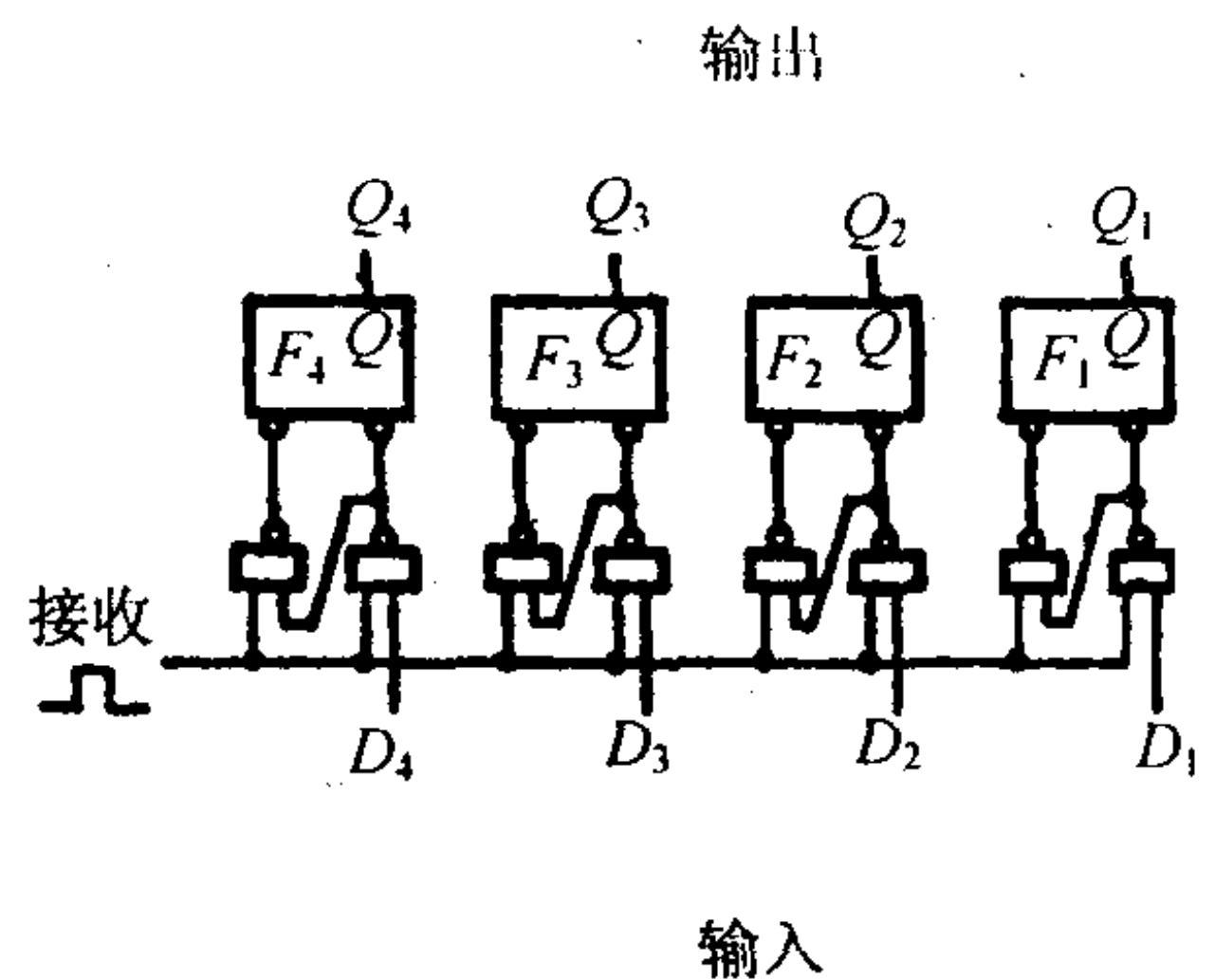


图 1-31 单拍接收方式的寄存器

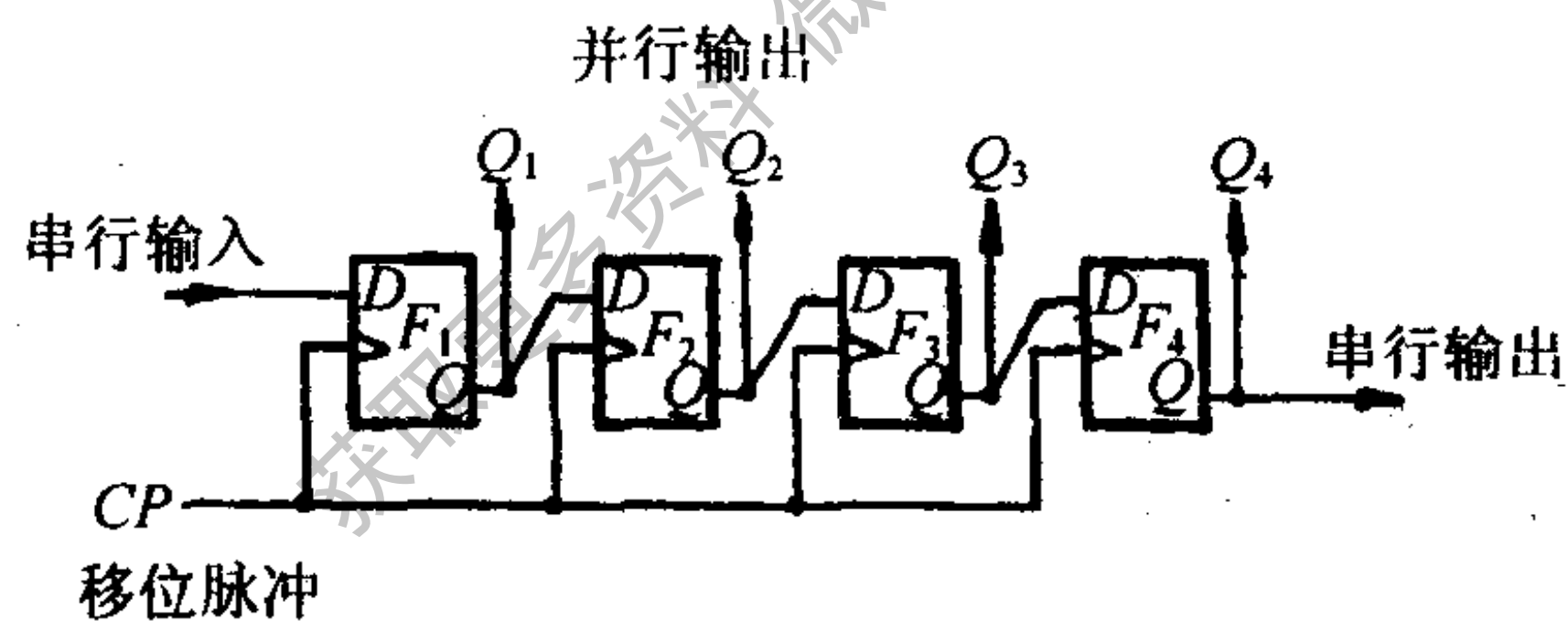


图 1-32 单向移位寄存器(串行输入,串、并行输出)

目前随着集成电路集成度的不断提高,已经能把位数很多的移位寄存器集成在一个芯片上,作成单片集成电路。

# 2

## 电力拖动及自动控制原理基本及应用知识

### 一、电力拖动的基本知识

电力拖动就是用电动机的运转来拖动生产机械的工作机构,使之完成各种规定的运动。电力拖动现已成为现代工业生产高度电气化、自动化的基础与核心,它的控制方式也由手动控制逐步向自动控制方向发展。

#### (一) 继电器接触式有触点断续控制

这种方式最初是采用一些手动电器(如开关、按钮等)来控制执行电器(电动机),后来发展为采用继电器、接触器、位置开关、保护元件等的自动控制方式。操作者通过主令电器接通继电器、接触器,再通过它们的触头接通或断开电动机线路,从而实现电动机的自动启动、制动、反向、调速与停车等操作。

如图 2-1 所示为按钮、接触器双重联锁的正、反向直接启动控制线路。这种线路是在按钮联锁的基础上,增加了接触器联锁,因此该电路兼有两种联锁控制线路的优点,使线路工作安全可靠。

线路工作原理:合上开关  $QS$ 。正向启动控制时,按下  $SB_2$ ,其常闭触头先分断对  $KM_2$  的联锁(切断反转控制电路); $SB_2$  常开触头后闭合,使  $KM_1$  线圈得电, $KM_1$  主触头闭合,电动机正向启动。 $KM_1$  自锁触头闭合自锁,保证电动机连续运转。 $KM_1$  联锁触头分断,切断反转控制电路。

反向启动控制时,按下  $SB_3$ ,其常闭触头先分断,使  $KM_1$  线圈失电, $KM_1$  常开触头释放,解除自锁,电动机停转。 $KM_1$  联锁触头恢复闭合,为反向启动作准备。与此同时, $SB_3$  常开触头后闭合,使  $KM_2$  线圈得电, $KM_2$  常开触头闭合,电动机反向启动并连续运转。 $KM_2$  联锁触头分断,切断正转控制电路。

若要停止,按下  $SB_1$ ,整个控制电路失电,主触头分断,电动机失电停转。

可见,继电器接触式有触点控制只有通和断两种状态,其控制作用是断续的,也就是说只能控制信号的有无,而不能连续地控制信号的变化,因此,它只能在一定范围内适应单机和生产自动线的需要。

#### (二) 直流电动机连续控制

由于直流电动机具有调速性能好,调速范围大,调速精度高,平滑性强等特点,因此出现了

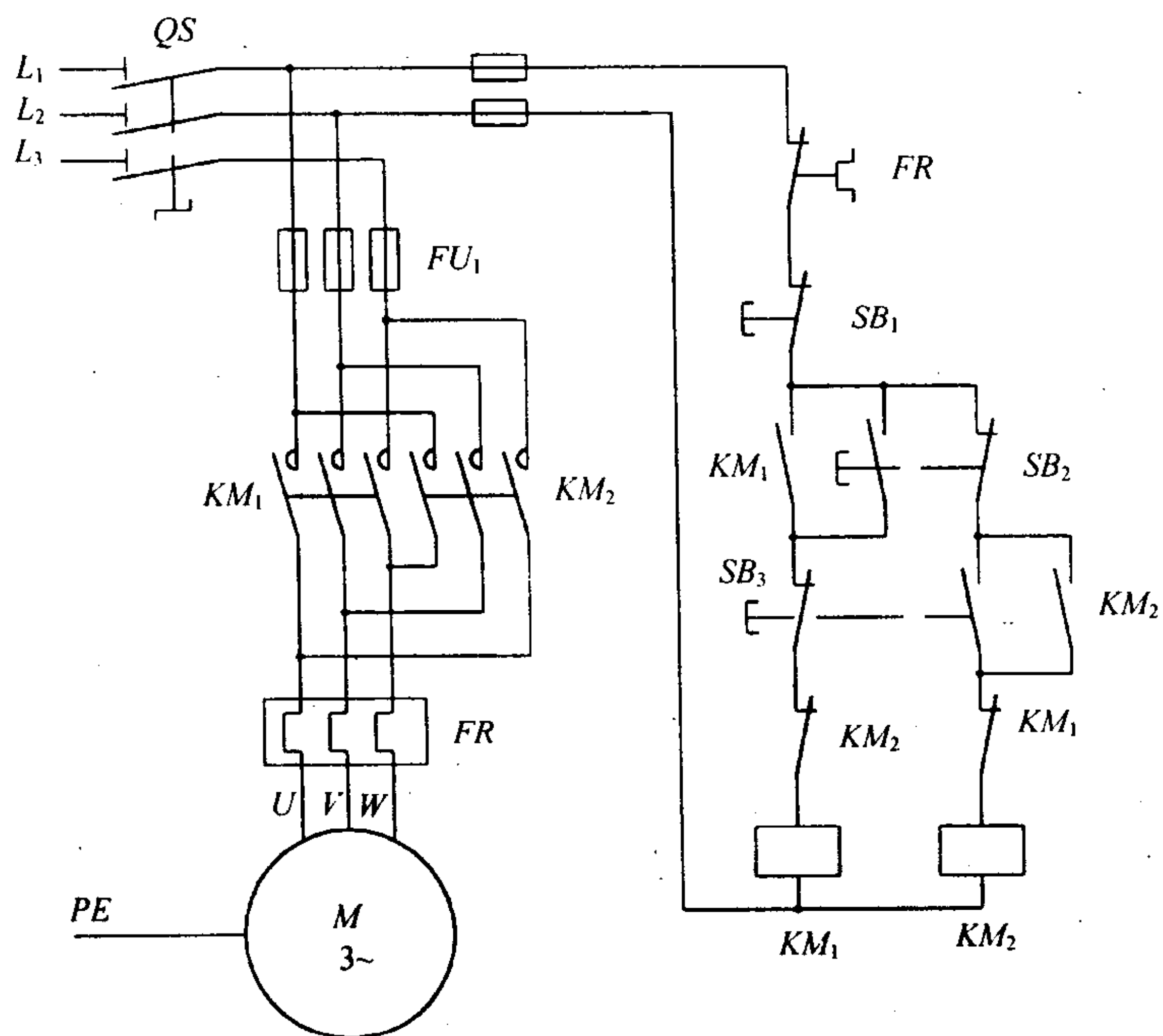


图 2-1 双重联锁的正、反向直接启动控制线路

许多自动调速系统,如:直流发电机—电动机调速系统、交磁电机扩大机调速系统。由于功率电子器件的不断更新与发展,晶闸管直流拖动系统也得到了广泛的应用。

见图 2-2 就是一个典型的晶闸管—直流电动机自动调速系统的控制线路。它是使用晶闸管电路获得可调节的直流电压,从而供给直流电动机,用来调节电动机的转速。

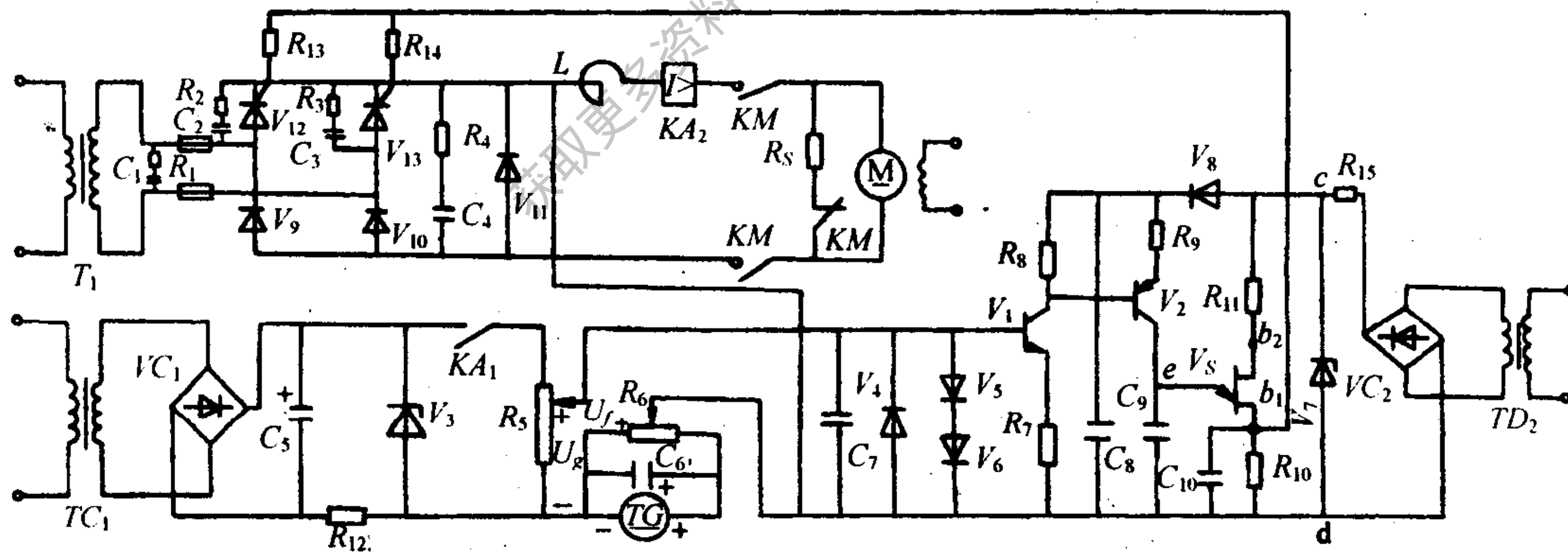


图 2-2 晶闸管—直流电动机自动调速系统的控制电路

图中两只晶闸管  $V_{12}$  和  $V_{13}$  的门极是通过电阻  $R_{13}$  和  $R_{14}$  接到触发电路上,以接收触发脉冲信号。电阻  $R_5$  和接触器常闭触头  $KM$  用于电动机的能耗制动。二极管  $V_{11}$  是续流二极管,电感  $L$  是平波电抗器,它们是用以改善电动机的电流波形;过电流继电器  $KA_2$  用来作为电枢回路的过电流保护,当电枢回路电流过大时,  $KA_2$  动作,从而切断控制回路,使电动机停转。

系统自动调速过程为:如果电动机在给定电压相对应的转速下运行,当负载发生变化时(负载转矩增加),电动机的转速将随之变化(转速下降),反馈电压将减小,经触发电路产生的触发脉冲控制  $\alpha$  角减小,从而使晶闸管输出的整流电压增大,供给直流电动机后,电动机的转

速将回升。反之,若负载转矩减小,电动机转速升高,通过系统内部调整,可以使电动机转速回降。这样,系统就达到了自动调节电动机转速的目的。

### (三) 可编程无触点断续控制

由于继电器、接触器控制系统的使用单一性,即一台控制装置只能针对某一种固定程序的设备,一旦生产工艺流程有所变动,就得重新配线。这样就无法满足生产程序多变、控制要求较复杂的系统的需要。

因此,一种新型的控制装置——可编程序控制器,得到了突飞猛进的发展。它通过编码、逻辑组合来改变程序,实现对生产工艺流程需要经常变动的设备的控制要求。把可编程序控制器用于电气设备的逻辑控制,可以取代大量的继电器和接触器等电器元件,只要对控制系统中发出指令或信号的按钮、开关、传感器等进行编程,并将程序输入到可编程序控制器中,就可以通过程序控制器内部的逻辑功能,控制输出所连接的接触器、指示灯等。可编程序控制器具有通用性强、程序可变、编程容易、可靠性高、使用维护方便等特点,具有广阔的应用前途。(详细内容可参看可编程序控制器的相关部分)

### (四) 计算机自动控制

由于数控技术的不断发展和电子计算机的广泛应用,出现了控制间隔相当短的数值控制,即计算机数字控制,简称 CNC。使电力拖动系统又发展到了一个崭新的水平,向着生产过程自动化的方向迈进了一大步。由于使用电子计算机可以不断地处理复杂生产过程中的大量数据,因此,可以计算出生产流程的最佳参数,然后通过自动控制设备及时地调整整个部分的生产机械,使之保持最合理的运行状态,从而实现整个生产过程的自动化。(详细内容可参看数控技术的相关部分)

## 二、自动控制原理的基本知识

自动控制是指在没有人的直接参与下,控制系统能够自动地完成人为规定的各种动作,而且能够克服各种干扰,对生产过程、工艺参数进行自动的调节与控制。

在机电控制技术方面,随着微电子技术和计算机技术的迅速发展,自动控制从过去的集成电路、步进电动机和三维数控机床,发展到现在的超大规模集成电路、新型伺服电机和大型多功能数控机床、加工中心、机器人等机电一体化的高新设备,以及计算机辅助设计(CAD)和计算机辅助制造(CAM)等高新技术,而且还会出现更多的高新技术产品。

### (一) 自动控制系统的组成

自动控制系统一般是由给定元件、检测元件、比较环节、放大元件、执行元件、控制对象和反馈环节等部件组成。为了表明自动控制系统的组成以及信号的传递情况,可把系统的各个环节之间的因果关系用框图表示出来,并用箭头标明各作用量和中间变量的传递情况,见图 2-3 所示。系统的作用量和被控制量有:输入量、反馈量、扰动量、输出量和各个中间变量。

若通过某种装置将系统的输出量引回来去对系统的控制信号产生影响,这种作用称为“反馈”作用。控制系统中采用负反馈,除了降低系统误差,提高控制精度外,还使系统对内部参数

的变化不灵敏,这样系统元件参数的变化或者非线性的影响将大大降低。控制系统按照是否设有反馈环节,可分为开环控制系统和闭环控制系统。

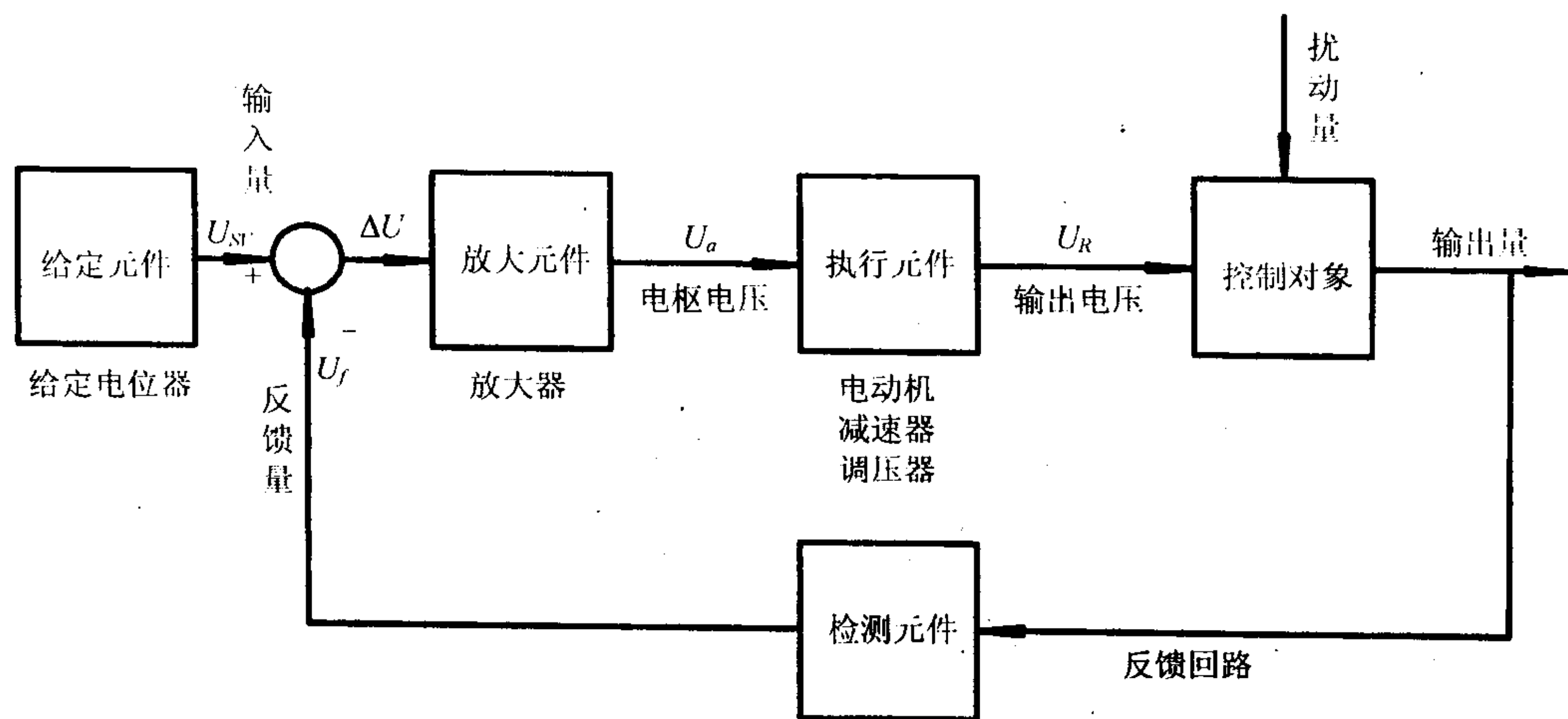


图 2-3 自动控制系统的框图

### 1. 开环控制系统

从输入到输出是单一方向的,系统无反馈环节,输出量并不影响系统的控制信号,这就是开环控制系统。它具有结构简单,成本低,系统稳定性好等优点。

然而,当控制系统受到各种无法预计的扰动因素的影响时,将会直接影响系统输出量的稳定,由于开环控制系统无反馈环节,系统将不能自动进行补偿,因此无法满足某些技术要求,这是开环控制系统的缺点。



**提示:**当系统的输出量和输入量之间的关系固定,而且内部及外部各种扰动因素不大,或是这些扰动因素对输出量的影响不大,没有超过允许的限度时,则应尽量采用开环控制系统。

### 2. 闭环控制系统

若系统的部分或全部输出量通过反馈环节返回来作用于输入量,形成闭合电路。或者说输出量对控制过程能产生直接影响的系统,称为闭环控制系统,又称反馈控制系统。

由于闭环控制引入了反馈环节,系统可以依靠负反馈环节对自身参数的变化等扰动因素自动进行调节补偿。因此具有抗干扰能力和提高系统的精度的优点。但是,闭环控制要增加检测元件、反馈比较、调节器等部件,从而使系统结构复杂、成本提高,甚至造成不稳定,这将是闭环控制系统的缺点。



**提示:**闭环控制存在副作用,反馈将使系统的稳定性变差,甚至会产生振荡。这是采用闭环控制时必须重视并需要解决的问题。

## (二) 自动控制系统的性能指标

衡量自动控制系统的性能指标包括系统的稳定性、稳态性能和动态性能三部分。

### 1. 系统的稳定性

所谓稳定性,就是输入变化或扰动因素消失后,系统能够由偏差状态恢复到原来平衡状态的性能。当系统的输入量(给定值)发生变化或是有扰动作用时,输出量将会偏离原来的稳定值,此时,由于反馈环节的作用,系统通过内部的自动调节,使输出量可能回到(或接近)原来的稳定值,这是系统自身的一种恢复能力,若能恢复,系统则是稳定的。但也可能由于内部的某些因素,使系统出现发散而处于不稳定状态。因此,使系统能稳定正常的运行是任何自动控制系统的首要条件,而且是最重要的条件。

### 2. 系统的稳定性能指标

当系统从一个稳定状态过渡到一个新的稳定状态,或是系统受干扰信号作用后重新恢复平衡时,控制系统将会出现偏差,称为系统的稳态误差( $e_{ss}$ )。它的大小表明了系统的准确程度,也反映了系统的静态精度。稳态误差( $e_{ss}$ )越小,则系统的稳态精度越高。此时, $e_{ss} \neq 0$ ,所以称为有静差系统。若  $e_{ss} = 0$ ,则系统称为无静差系统。

### 3. 系统的动态性能指标

控制系统从一个稳定状态过渡到一个新的稳定状态要经历一个过渡过程,描述这个过程性能的指标叫做动态指标。衡量动态指标通常用最大超调量( $\sigma$ )、调整时间( $t_s$ )和振荡次数( $N$ )。

最大超调量( $\sigma$ )反映了系统的动态精度,该值越小,说明系统的过渡过程越平稳;调整时间( $t_s$ )反映了系统动态过程持续的时间,它是系统输出量进入并一直保持在与稳态值的允许误差范围之内所需要的时间, $t_s$  越小,系统快速性越好;振荡次数( $N$ )是指在调整时间内,输出量在稳定状态值上下摆动的次数,振荡次数越少,系统的稳定性能越好。

对自动控制系统的性能指标的要求是:一要稳、二要准、三要快。最大超调量( $\sigma$ )和振荡次数( $N$ )反映了系统的稳定性,稳态误差( $e_{ss}$ )反映了系统的准确性,调整时间( $t_s$ )反映了系统的快速性。



提示:以上介绍的这些指标要求,在同一个系统中往往是相互矛盾的。这就需要在实际应用中根据具体对象所提出的要求,对某些指标有所侧重,同时又要注意统筹兼顾。

## 三、自动调速系统的基本原理

在现代生产机械中,为了简化机械结构、提高生产效率、实现对生产机械的自动控制,调速方法广泛采用的是电气方法进行调速,组成了自动调速系统。自动调速系统一般分为交流调速系统和直流调速系统两大类。

### (一) 交流调速系统

随着交流电动机调速控制理论、电力电子技术、以微处理器为核心的全数字化控制等关键

技术的发展,交流电动机的变频技术正逐步成熟。目前,变频调速技术的应用已扩展到工业生产的各个领域,甚至在洗衣机、电冰箱等家电产业中也得到了广泛的应用。

变频调速适用于鼠笼型异步电动机,它是通过用变频器均匀地调节电动机定子电源的频率,来平滑地改变电动机的转速,从而达到调速的目的。根据变频器的不同,可分为交一直一交变频调速和交—交变频调速两种。

### 1. 交—交变频调速

用交—交变频器可以把频率固定为 50 Hz 的三相交流电直接变换成频率和电压连续可调的三相交流电,然后供给三相鼠笼型异步电动机,从而控制电动机的转速。这种调速方法只适用于低速、大容量的电力拖动系统。

### 2. 交一直—交变频调速

用交一直—交变频器先把频率固定为 50Hz 的三相交流电由晶闸管可控整流后变成直流电,再经过逆变器变成频率连续可调的三相交流电,供给三相鼠笼型异步电动机,从而控制电动机的转速。这种调速方法能实现平滑的无级调速,调速范围宽,效率高,有逐步取代直流电动机调速系统的趋势。

对电动机供电的变频器一般要求兼有调压和调频两种功能,实现变频变压的方法很多,目前应用较多的是脉冲宽度调制技术,简称 PWM 技术。脉宽调制技术是指在保持整流得到的直流电压大小不变的条件下,在改变输出频率的同时,通过改变输出脉冲的宽度,从而达到改变输出电压有效值的目的。

目前工厂中常用的交流电动机调速系统还有变极调速系统、串级调速系统、电磁转差离合器调速系统等,各调速系统的性能比较可参见表 2-1。

表 2-1 电动机调速系统的性能比较

电机种类	直流电动机			异步电动机				
	直流发电机(放大器)—直流电动机系统	可控硅整流器—直流电动机系统	直流电动机脉冲调速系统	可控硅交流调压调速系统	变极调速系统	电磁转差离合器调速系统	串级调速系统	变频调速系统
调速系统名称	调电枢电压、励磁磁场	调电枢电压、励磁磁场	调脉冲宽度	调定子交流电压	改变定子磁极对数	调离合器的励磁电压	调转子电势	调定子交流频率及电压
制动运转方式	发电—反接	发电、反接、能耗	能耗	反接、直流能耗	机械	机械	能耗	反接、直流能耗
维护	麻烦	方便	方便	方便	方便	麻烦	方便	方便
特点及应用	调速性能好,无级变速,适合调速范围要求宽,过渡过程要求高的场合	调速范围宽,无级变速,适合调速性能要求较高的不可逆及可逆运转机械	适用于牵引机械,如电气机车	容量小,效率低,适用于一般调速要求不高的小型机械	有级调速,控制简单,适用于车床等粗调速的场合	控制装置简单,可以连续调速,但低速时效率低	适合于大众容量恒功率负载	调速范围广、平滑,特别适合多电机共用机源

## (二) 直流调速系统

由于直流电动机的调速范围大,起动和制动性能良好,因此直流调速系统,特别是晶闸管直流调速系统具有很多的优越性,所以,得到了广泛的应用。晶闸管直流调速系统是由晶闸管组成的整流电路,将交流电(单相或三相)转换为可以调节电压的直流电,再供给直流电动机的电力拖动系统。调速系统根据信号传递的方向是否有反馈,分为开环调速系统和闭环调速系统。

### 1. 开环调速系统

输入控制量决定输出被控量,而被控量对控制量没有任何反作用,即作用信号是单方向传递的,这种调速系统称为开环调速系统。如图 2-4 所示,为开环调速系统的方框图,图中没有反馈环节。

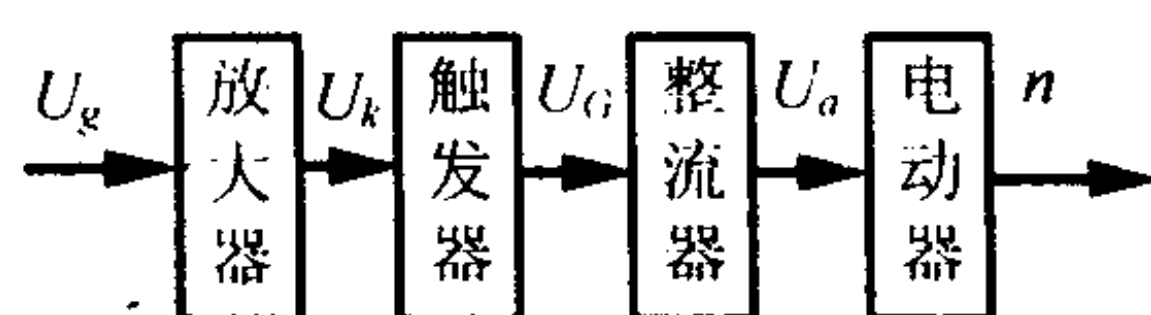


图 2-4 晶闸管一直流电动机开环调速系统方框图

图 2-5 所示为晶闸管—电动机开环调速系统电路图。其调速过程为:改变电位器  $R_g$  的滑动触头,使给定电压  $U_g$  发生相应的变化,从而改变晶闸管触发电路的控制角和整流器的直流输出电压  $U_a$ ,使直流电动机具有相应的转速  $n$ 。可见,开环调速系统只要给定一个输入电压,就对应直流电动机的一个转速  $n$ ,改变给定电压就能调节电动机的转速  $n$ 。

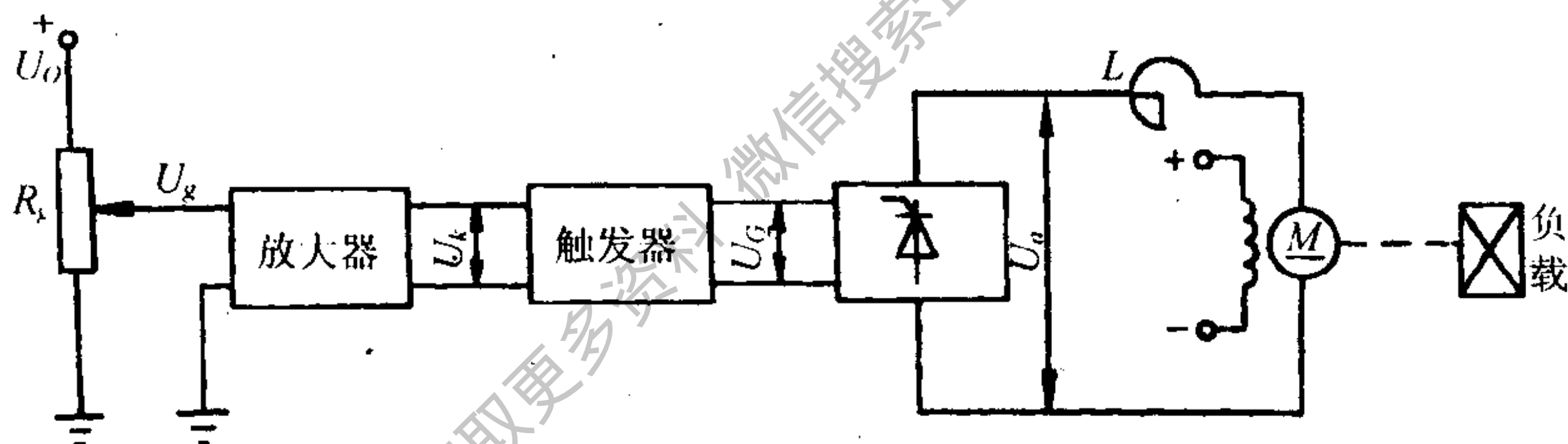


图 2-5 晶闸管—电动机开环调速系统电路图

由于开环调速系统输出量不能影响输入量,当实际运行中许多因素影响到电动机的转速时,系统将无法根据实际的输出量来随时修正输入量,因此开环调速系统抗干扰能力差,控制精度不高。

### 2. 闭环调速系统

随着生产技术的不断发展,对控制质量的要求越来越高,为了提高直流电动机转速的稳定性,提高系统抗干扰能力和控制精度,就要使系统的输出量能够随时来修正输入量。这种用输出信号的变化来作用于输入信号,就构成了反馈,具有反馈的调速系统称为闭环调速系统。如图 2-6 所示为闭环调速系统方框图。可见,系统的输出信号通过检测元件反馈后作用于系统的输入信号,从而与正向控制信号传递线路形成了一个封闭的环,这就是闭环调速系统的显著标志。

(1) 转速负反馈闭环调速系统 在实际应用中,常见的自动控制系统几乎全是闭环调速系统,图 2-7 所示的就是转速负反馈闭环调速系统电路图。图中用直流测速发电机  $TG$  作为检测元件,由于测速发电机的电枢电压正比于电动机的转速  $n$ ,而测速发电机的一部分电压  $U_f$  反



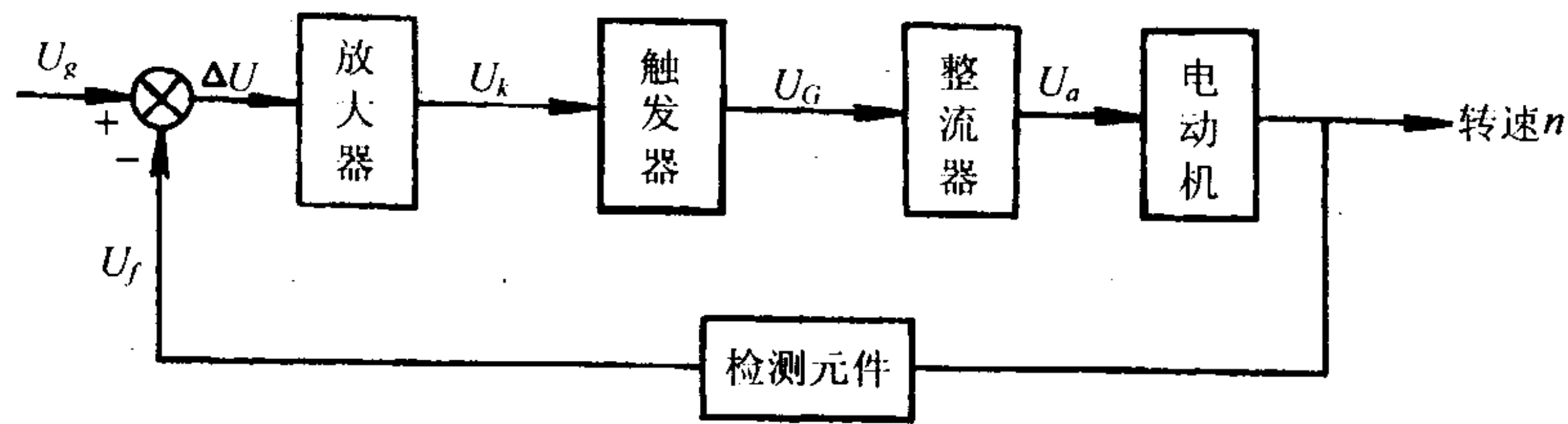


图 2-6 闭环调速系统方框图

馈到系统的输入端，与电位器给定电压  $U_g$  进行比较，形成新的偏差输入信号  $\Delta U = U_g - U_f$  来控制放大器及触发电路，因此实现了控制电动机转速的目的。由于系统的反馈信号  $U_f$  与给定电压  $U_g$  极性相反，所以称之为转速负反馈闭环调速系统。

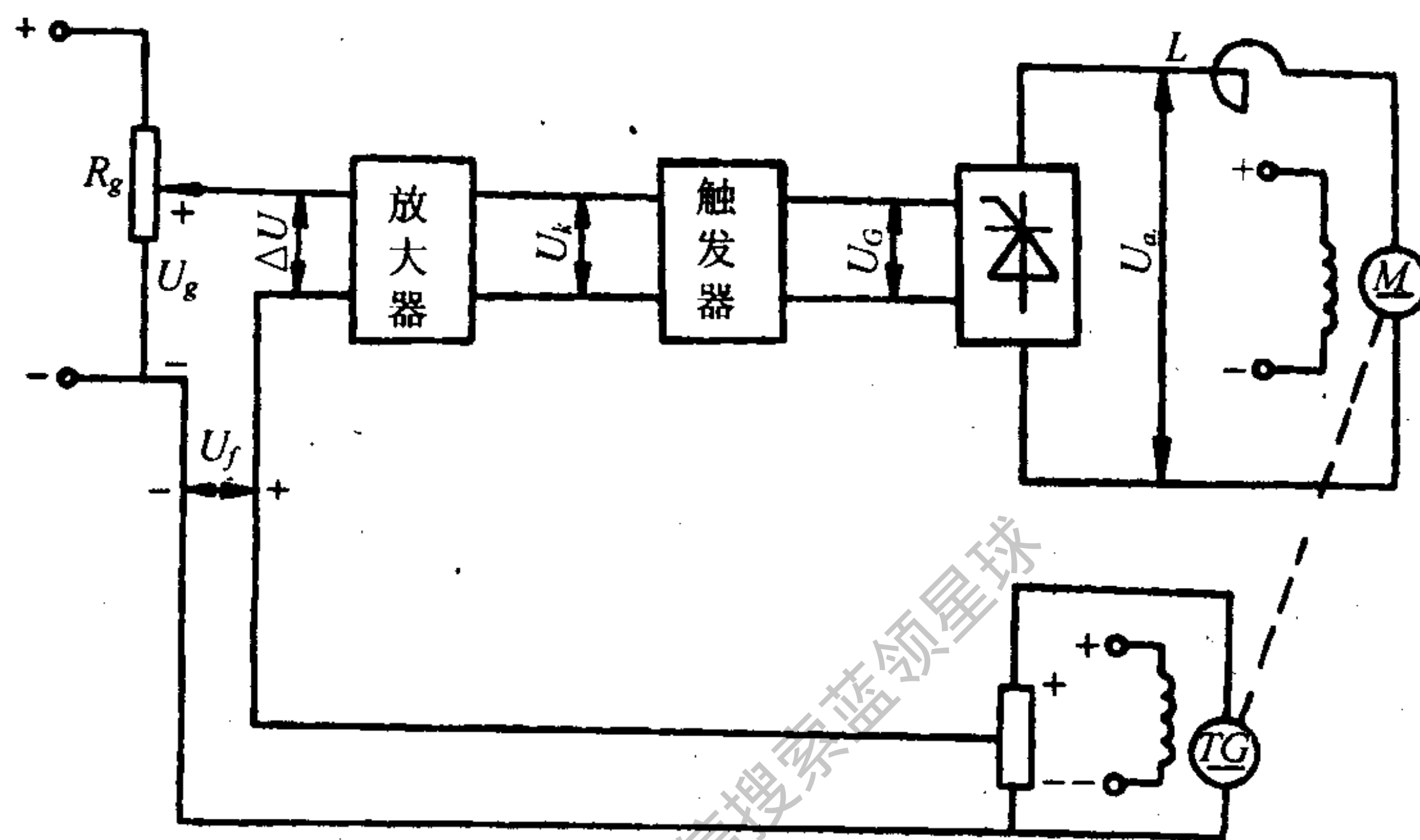
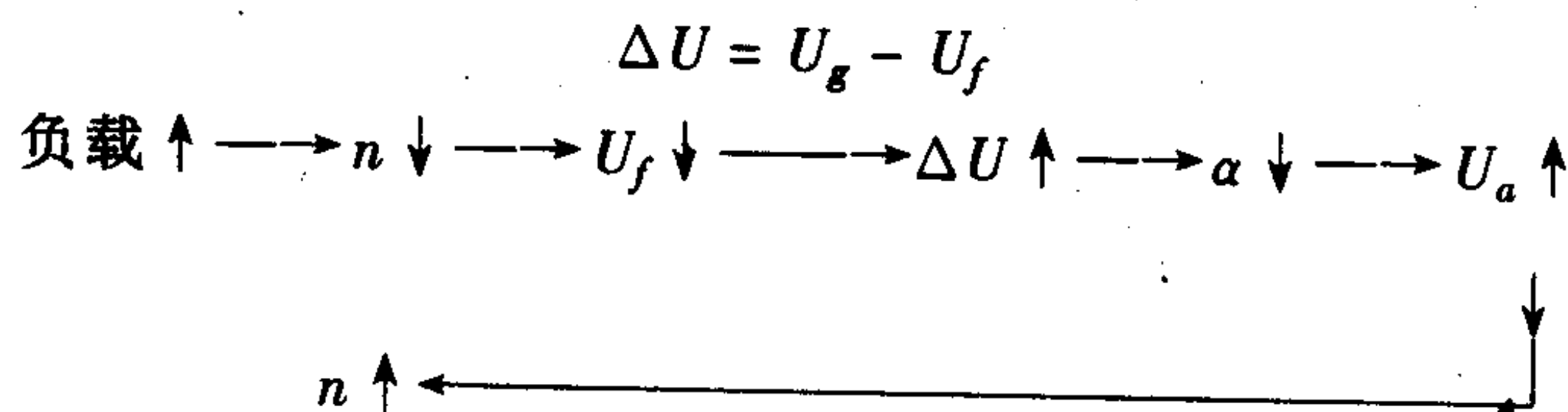


图 2-7 转速负反馈闭环调速系统电路图

该系统的调速过程为：

如果电动机在正常情况下稳定运行，转速为  $n_1$ 。当系统由于某种原因受到外界干扰（如负载转矩增加），则电动机带不动负载，导致电动机转速降低。经过反馈，系统将能自动使转速回升，以补偿因负载变化而引起的转速下降。进行调速如下：



(2) 电磁调速异步电动机自动调速系统 电磁调速异步电动机又叫滑差电动机，它是可以平滑调速的交流电动机，由电磁转差离合器和三相鼠笼型异步电动机组成。

电磁调速异步电动机自动调速系统线路，如图 2-8 所示。系统主要由主电路、给定电压环节、测速反馈环节、比较和放大环节、移相和触发环节五部分组成。其中触发电路采用的是同步电压为锯齿波的晶体管触发电路；主电路采用带续流二极管  $V_{13}$  的半波可控整流电路，硅堆和阻容元件  $R_9$ 、 $C_9$  作过压保护。

该调速系统的自动调速过程为：若其他条件不变，只是负载转矩增大，则转速  $n$  将会下降，同时反馈电压  $U_f$  减小，偏差电压  $\Delta U$  增大，经过放大器放大后输出给触发电路的控制电压  $U_k$  将会升高，控制角  $\alpha$  变小，离合器的励磁电压增加，从而使电动机的转速有所回升。

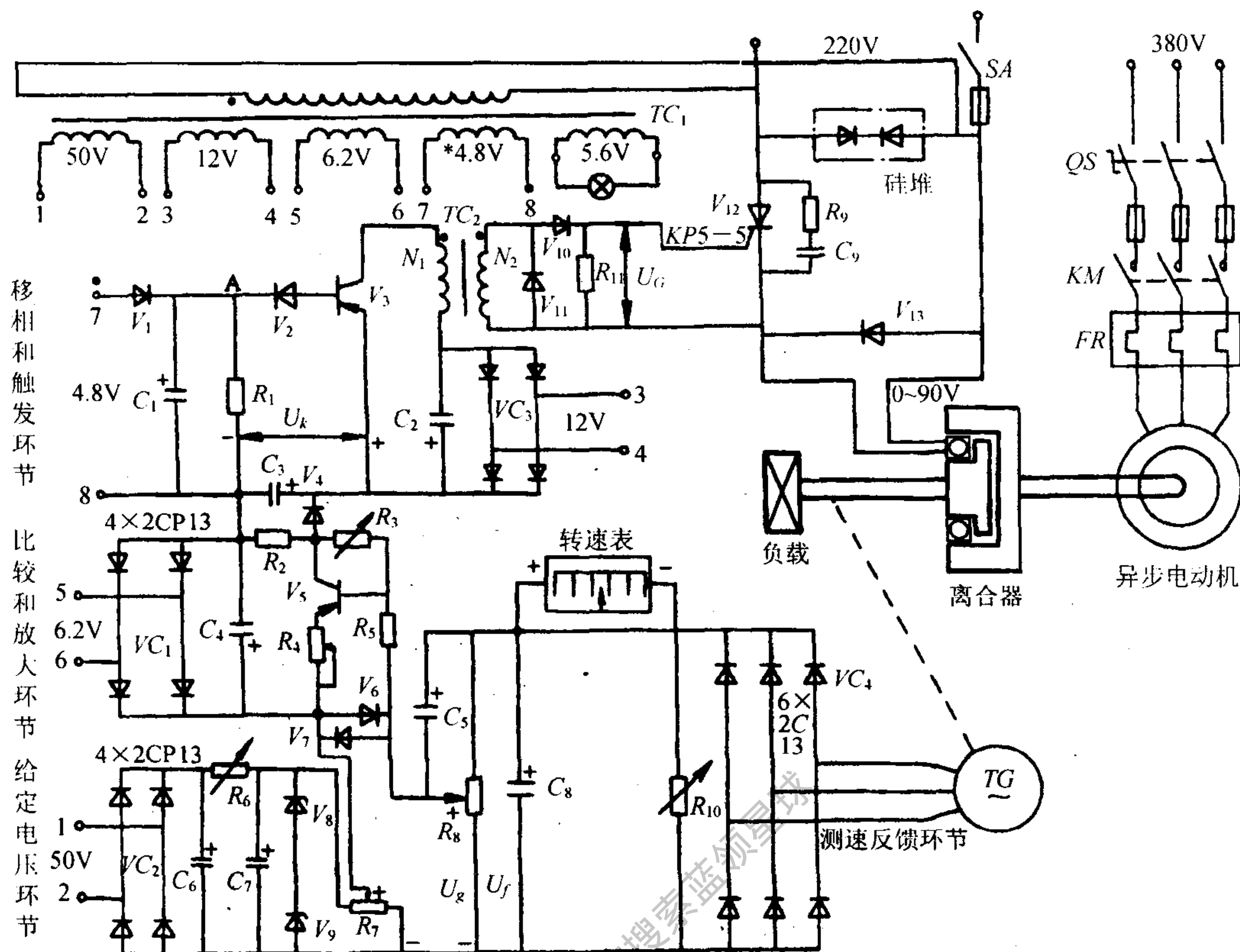
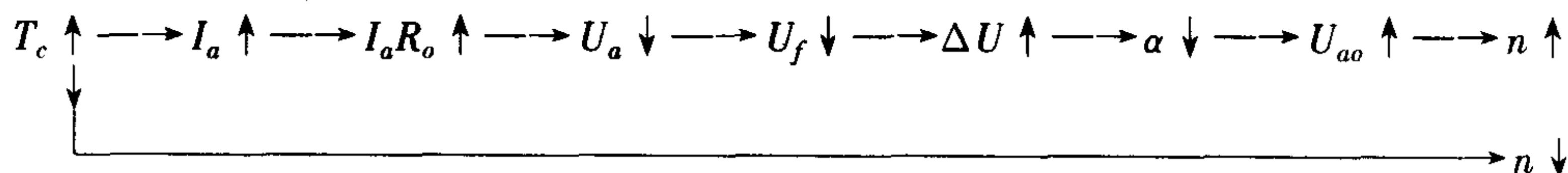


图 2-8 电磁调速异步电动机自动调速系统电路

若负载转矩减小,其他条件不变,则调速过程与上述相反。

(3)电压负反馈自动调速系统 由于转速负反馈自动调速系统的检测元件需要测速发电机,而且对测速发电机要求的精度很高,还必须与电动机同轴相连,这不仅增加了设备的成本和维护上的困难,还会产生交流干扰等问题。因此,当调速系统对调速指标要求不高时,可采用其他的电量反馈形式。

如图 2-9 所示是具有电压负反馈的自动调速系统电路图。当负载发生变化时,如增加负载,则电动机的转速  $n$  就会下降,而电枢回路的电流  $I_a$  将会增加,从而导致了电源内阻以及滤波电抗器内阻和电路上的电压降  $I_a R_o$  增加,使得电枢电压  $U_a$  下降,则反馈电压  $U_f$  将随之下降,  $\Delta U$  增加,  $U_k$  下降,使控制角  $\alpha$  减少,晶闸管的输出电压  $U_{ao}$  上升,电动机的转速升高,补偿了一些由于负载增加而下降了的转速。上述过程可表示为:



由于转速负反馈调速系统中的被控量是转速,因而系统能维持电动机转速基本不变;但是电压负反馈调速系统中的被控量是电动机的端电压,因此,它只能使电枢电压基本不变,而电枢电阻上的压降  $I_a R_o$  所引起的转速降没有得到补偿。所以,电压负反馈的效果不如转速负反馈好。但由于省略了测速发电机,使得系统的结构简单,便于维修,因而仍然得到了广泛的应用。

(4)电压负反馈及电流正反馈自动调速系统 图 2-10 所示为电压负反馈及电流正反馈自

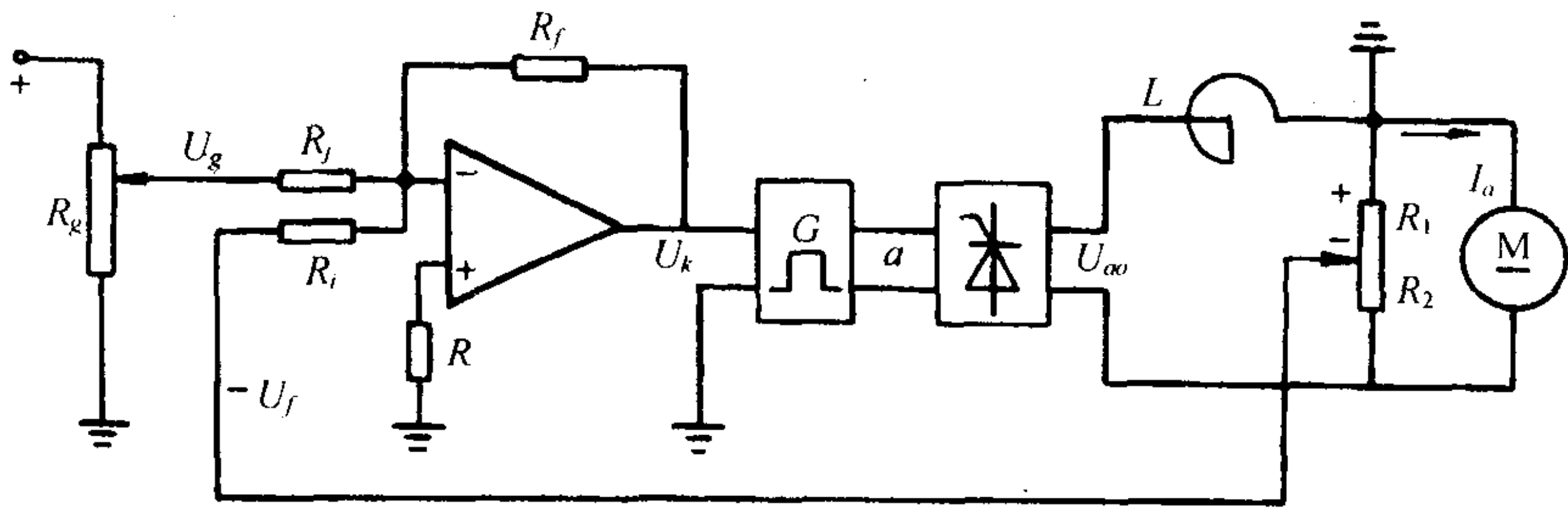


图 2-9 电压负反馈自动调速系统电路图

动调速电路。该电路为了补偿电枢电阻上的压降  $I_a R_a$ ，在电压负反馈的基础上增加了一个电流正反馈环节。也就是把反映电动机电枢电流大小的量  $I_a R_3$  取出后，也加到比例调节器的输入端去。当负载电流增加时，调节器的输入信号也增加，使得晶闸管整流器输出电压也增加，从而补偿了电枢电阻所产生的压降。

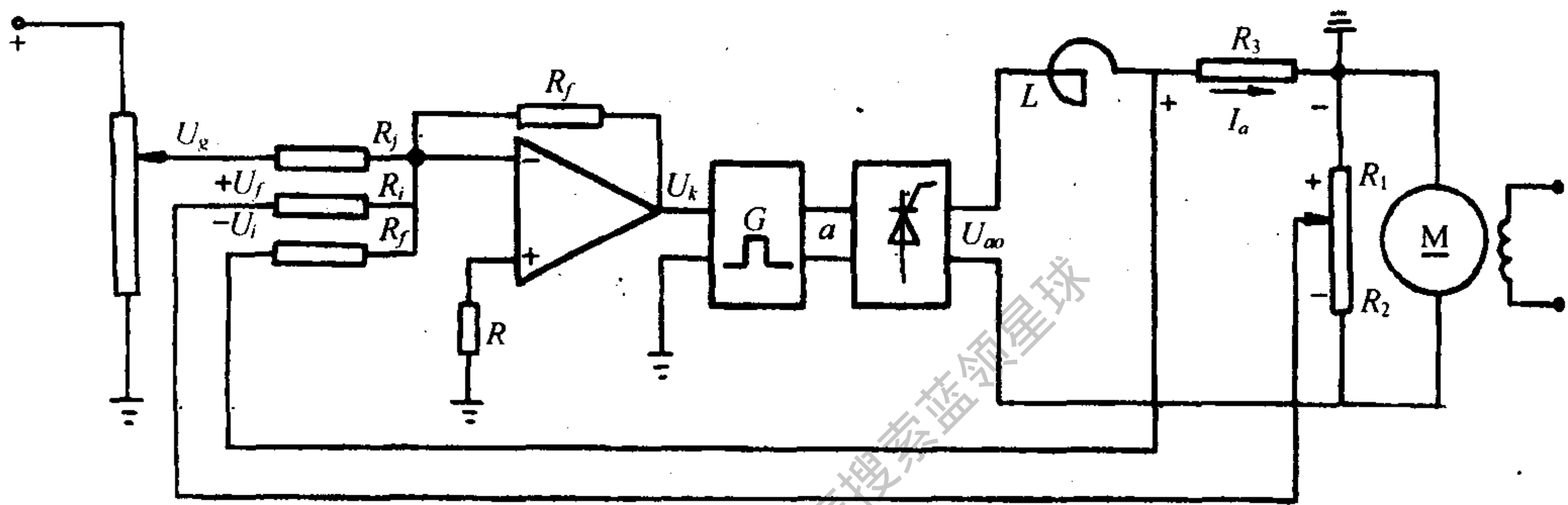
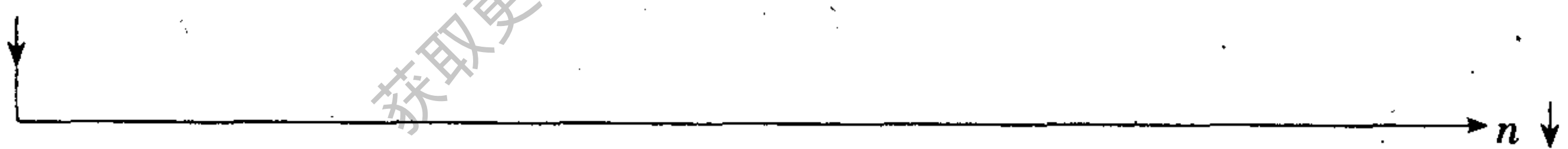


图 2-10 电压负反馈及电流正反馈自动调速系统电路

电流正反馈的自动调节过程为：

$$T_c \uparrow \rightarrow I_a \uparrow \rightarrow I_a R_3 \uparrow \rightarrow U_i \downarrow \rightarrow \Delta U \uparrow \rightarrow \alpha \downarrow \rightarrow U_{ao} \uparrow \rightarrow n \uparrow$$



很显然，在增加负载时，电流正反馈引起的转速补偿实际上是转速升而非转速降。它实质上是根据负载变化的大小，适当调整控制电压，以抵消负载变化而引起的转速降。

在实际生产中，还有许多各种各样的调速系统，这里不再详细介绍，常用的几种直流调速系统的性能比较可参见表 2-1。

可见，闭环调速系统能够随时根据输出量变化的状况来修正输入量，从而提高了系统的控制精度，使系统的输出具有较强的抗干扰能力。但是闭环调速系统可能会出现工作不稳定现象，系统进行调节时，可能会出现超调现象，使系统发生振荡，无法正常工作，这是闭环调速系统的不足。解决的办法是增加校正装置（稳定环节）或是降低系统的放大倍数和增加系统的阻尼，以提高闭环调速系统的稳定性。



**提示：**闭环调速系统只能将转速的变化限制在很小的范围之内，但不能使负载增加后的转速自动调节到原来的转速，所以称之为有静差调速系统。

# 3

## 计算机基本知识

电子计算机是人类智能进一步发展的工具,它使人类社会进入到了信息化的时代。在信息社会中,计算机在信息采集、交流、贮存、处理等方面起到重要作用。现代科学技术可以将文件资料存入笔记本电脑随身携带;人们可以在家里或在旅途中,通过互联网用计算机跟世界各地进行联系,迅速交换信息资料;科学技术人员进行研究发明,可借助计算机辅助设计(CAD)或是通过计算机取得所需要的各种数据和最新资料;人们也可以把自己工作得出的实验数据和资料存入计算机,变成信息社会的资源,同时也可以上网查询一些其他有用的信息。这样,由于计算机的存在,各行各业,各个科学领域的信息,就成为了一种资源共存而为世人所共享。

### 一、计算机的组成

计算机是依靠硬件和软件的协同工作来执行一个给定任务的,完整的计算机系统包括硬件系统和软件系统。硬件系统是指组成计算机的物理设备,即由电子器件和机械件构成的具有输入、存储、计算、控制和输出功能的实体部件,他为人们提供了使用的工具。软件系统则是指控制计算机运行的程序、命令、数据等,是计算机系统运转的管理及应用开发方面的规则和指令,是硬件功能的扩充和完善,为人们提供了使用的方法和手段,从而使人们不必了解机器本身就可以随意使用计算机。计算机系统的组成如图 3-1 所示。

#### (一) 计算机的硬件系统

计算机的硬件的基本功能是接受计算机程序的控制来实现数据的输入、数据的处理和数据的输出。无论计算机如何变化,但其硬件的结构仍然是由运算器、控制器、存储器、输入设备和输出设备五大基本部件构成。

##### 1. 中央处理器

中央处理器包含运算器和控制器两个基本部件,它是计算机系统的核心。目前常见的 CPU 类型有“奔腾”处理器和“赛扬”处理器等。中央处理器的一个重要性能指标是它的时钟频率,简称为“主频”。一般说来,CPU 的时钟频率越高,系统的性能也就越好。



**提示:**运算器完成数据的运算和加工处理;控制器用来协调和指挥整个计算机系统的操作。

##### 2. 存储器

存储器是计算机的记忆和存储部件,用于存放信息(程序和数据)。存储器一般分为内存(内存)和外存储器(外存)两种。

(1)内存储器一般采用半导体存储器。它是一种大规模集成电路,按工作方式可分为随机存取存储器(简称 RAM)和只读存储器(简称 ROM)。

随机存取存储器的每个存储单元既能读又能写,是供用户使用的空间。但是计算机一旦断电,其中的信息就会消失。

只读存储器只能读不能写,其中的信息是在计算机出厂之前写入的,因此计算机一旦断电后,信息不会消失,它常用来存放计算机管理程序等。

(2)外存储器又叫辅助存储器。磁盘、磁带和光盘都是常用的外存,用于长期存放程序和数据。外存储器中存放的信息不会因为计算机断电而丢失。计算机不仅可以从外存储器中读取信息,还可以向外存储器中写入信息。

目前,光盘的使用越来越普及了。光盘一般分为三类:只读光盘(CD—ROM),一次性写入光盘和可擦写光盘。

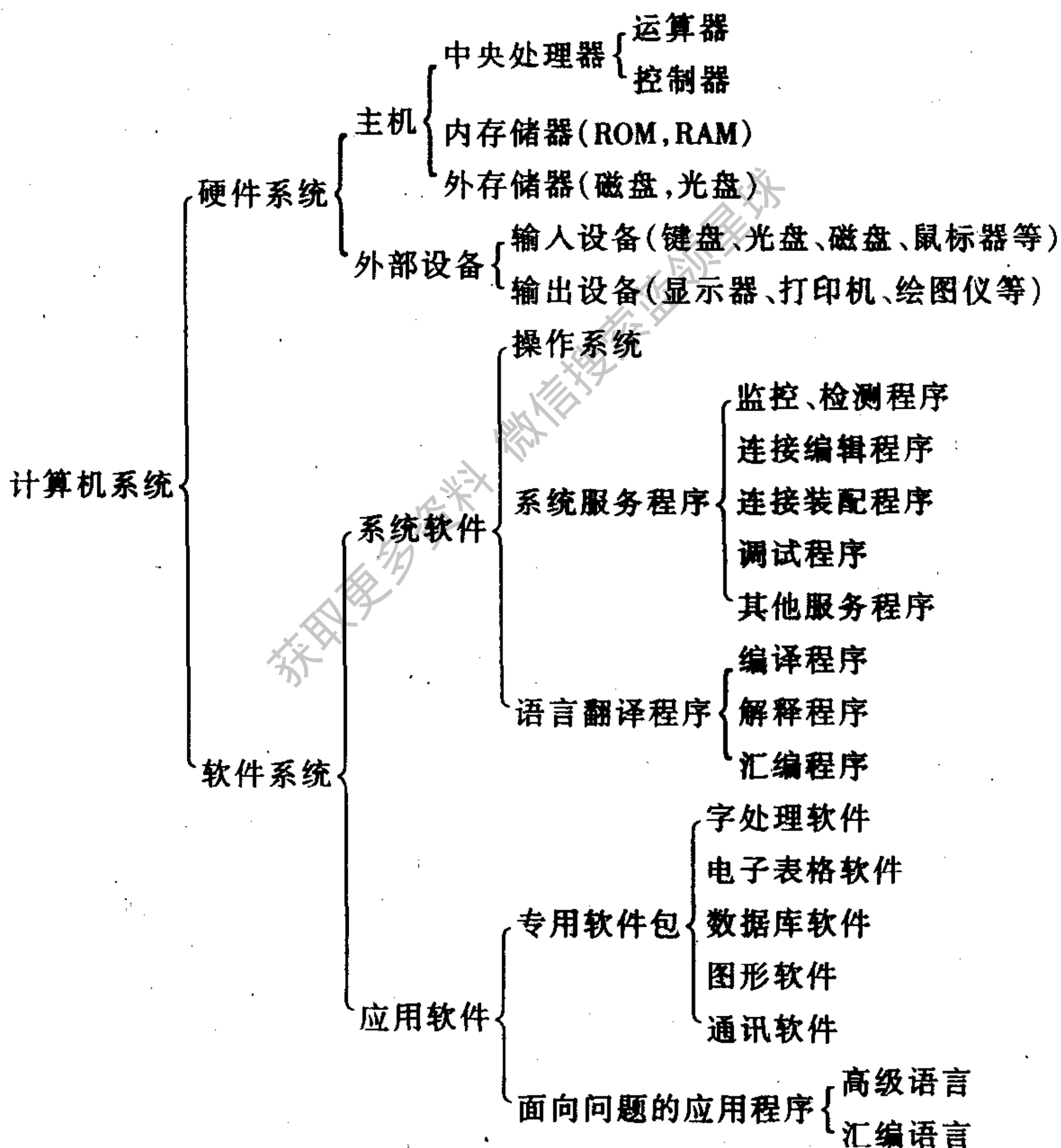


图 3-1 计算机系统的组成

### 3. 输入设备

输入设备是外界向计算机传送信息的设备。计算机的输入设备种类很多,有键盘、鼠标、静态图形扫描仪、光笔、触摸屏、条形码扫描仪、图形输入面板、语音识别装置、遥控器等。其中前四种输入设备最常用。

### 4. 输出设备

输出设备是将计算机中的数据信息传送到外界,并转化为某种能为人们所接受的形式。计算机的输出设备种类也很多:打印机、显示器、扬声器等均为输出设备。显示器和打印机是最常用的输出设备。

## (二) 计算机的软件系统

计算机软件由计算机程序、数据以及文档组成。文档是指程序的使用说明,它包括功能说明、程序说明、操作说明和维护说明。

软件系统可分为两类:系统软件和应用软件。

### 1. 系统软件

系统软件是对管理、监控及维护计算机资源(硬件和软件)的总称,它主要包括操作系统、各种程序设计语言及其解释和编译系统、数据库管理系统、数据通讯系统以及检测维护工具程序等。

操作系统 是用户和计算机之间的接口,是使计算机运转起来并且自己管理自己的一组程序的总称。它能有效地利用计算机的硬件和软件等各种资源。所有其他软件都建立在操作系统基础上,并得到它的支持和服务。

程序设计语言 是软件系统的重要组成部分,一般可以分为机器语言、汇编语言和高级语言三类。

语言处理系统 主要有汇编程序、编译程序、解释程序三种。语言处理程序负责把源程序转换成机器语言的形式,以便于计算机执行。

### 2. 应用软件

应用软件是用户利用计算机及其提供的系统软件为解决各种实际问题而编制的计算机程序。它的范围比较广,除了系统软件以外的所有软件都是应用软件,范围涉及各行各业,如管理、统计、文字处理、绘图等软件。

## 二、计算机的工作原理

计算机的工作是靠逐条执行某些指令来实现的。而这些指令是人们用某种语言写出来的,我们称之为程序。当计算机使用某种程序处理信息时,首先由控制器控制输入设备(如键盘、磁盘、光盘等)将要运行的程序和待处理的信息(数据)输入到计算机内存储器中,再由控制器控制将内存储器中的数据送到运算器进行运算,处理所得的中间数据或结果数据均存入内存储器,最后由控制器控制将内存储器中的结果数据通过输出设备输出(显示或打印)。控制器则根据程序要求控制所有部件的工作。

## 三、计算机的主要特点

### 1. 运算速度快

计算机的运算速度远远超出了人们的想象,目前世界上运算速度最快的计算机可以在一秒钟内完成 35.86 万亿次运算。因此,大部分计算机主要用来从事的是科学计算、逻辑判断和数据的传送。如果你需要从计算机里调用某些资料,只要按几次键,就能在几秒钟内完成。

## 2. 计算精度高

也就是精确程度高。一般的计算机可以有十几位到几十位有效数字,这样就能进行精确的数据计算,也能精确地表示数据的计算结果。用计算机计算圆周率的值,精确度已能达到几百万位,这是任何计算工具也代替不了的。

## 3. 具有记忆和判断能力

计算机能在很小的空间内存储大量的信息,具有惊人的记忆能力。目前微型计算机的硬盘存储器可达40G以上的存储容量。内存可达512M以上的存储容量。同时计算机还可以模拟人的某些思维功能,按一定的规则进行分析、判断和逻辑推理。如果你在操作过程中有错误或是程序设计不够合理,计算机会给你显示出错的信息,提示你纠正后重新操作。

## 4. 自动化程度高

计算机内部的操作运算,都是自动进行的。使用者只需要把原始数据输入后,运行程序,计算机就能在程序的控制下自动完成工作,基本上不需要人去干预。而且它还可以连续长时间不间断地工作。

## 5. 体积小,灵活方便

由于集成电路制作技术的迅猛发展,计算机的核心部件以及接口电路等正在不断微型化,终端显示器有的已被液晶显示器取代,因此,计算机的体积正在逐渐缩小,一部分微型计算机已成为便携式可随身携带(如笔记本电脑),方便灵活,使其能更普及和深入到社会生活的各个领域。

# 四、计算机的应用

随着现代科学技术的发展,计算机的用途越来越广泛,并将进入人类社会的一切领域。

## 1. 科学计算

主要涉及航天技术发展中复杂的数学问题。例如:宇宙飞船、人造卫星等的研究设计,这些空间飞行器从发射进入空间轨道,到跟踪观测,自动控制,直到卫星的准确回收,大量数据的分析整理,都离不开计算机的精确计算。还有生物学领域、天文学领域等也是如此。

## 2. 自动控制

以计算机为中心的控制系统被广泛地用于操作复杂的机械、钢铁企业、医药工业、化工业等生产中。主要应用在生产过程的自动控制、机床的数字控制以及智能终端。

(1)用计算机自动控制炼钢炼铁,可以计算各种原料的重量,控制装料,自动控制炉温等。除了降低工人的劳动强度外,还可以提高钢铁的质量、产量,节约原料,提高经济效益。

(2)用计算机自动控制机床生产过程,可以对生产机械的各个部分或生产线实现顺序控制;对生产过程的有关参数根据给定的数值进行控制;并对生产过程进行测量,根据测量结果及预期应达到的目标,决策下一步应该怎样控制。这就是所谓的计算机数字控制,简称CNC。

(3)用计算机自动控制航天飞行器,如:无人驾驶飞机、宇宙飞船等。

## 3. CAI、CAD/CAM

CAI——计算机辅助教学。人们在计算机中预先编好学习某一门功课的学习计划和内容,学生们用对话的方式操作计算机,在学习中,计算机可对学生进行测试,能及时指出学生在学习过程中出现的错误。这种学习方法不仅能减轻教师的负担,而且还能激发学生的学习兴趣,提高

教学质量。

CAD——计算机辅助设计。是计算机帮助人们进行产品和工程的图纸设计。采用计算机辅助设计,可以缩短设计时间,提高工作效率,节省人力、物力和财力。提高了工作的自动化程度。

CAM——计算机辅助制造(生产)。是用计算机进行生产设备的管理控制和操作的过程。在产品的制造过程中,让计算机控制机器的运行,对产品进行测试和检验等。它可以提高产品的质量,降低成本,缩短生产的周期,改善工人的作业条件。

#### 4. 办公自动化

指用计算机帮助办公室人员处理日常工作。如利用计算机进行文字处理、保存和查询资料、制作各种统计报表、图像处理、声音处理和网络通讯,把远在千里之外的信息通过计算机通讯网络传递过来。节省了人力,缩短了工作时间,提高了工作效率。

#### 5. 人工智能

指用计算机模拟人类的某些智力活动。如机器人就是计算机人工智能的典型例子。它的核心是计算机,他对外界信息能够反馈,有一定触觉、视觉、听觉等。它能使用语言,具有推理、规划和操纵工具的技能,可以模仿人完成某些动作。因此,机器人能代替人在危险的工作环境中(如:有放射线、有毒、高温、水下)进行繁重的劳动。

#### 6. 多媒体技术

随着现代化技术的不断发展,计算机逐步具有了能综合处理声音、文字、图形、图像等信息的能力,开始成为各种信息媒体交流的平台。

多媒体计算机技术是当前计算机应用的热点之一。它是用计算机综合处理多种媒体信息,使多种信息建立逻辑上和物理上的连接,集成为一个系统,并使之能相互交流。

目前,只有利用计算机的数字化技术和交互式特点,才使多媒体技术成为可能,而多媒体技术的核心就是视频图像数据压缩技术,它可以接收来自摄像机、录像机、激光视盘机和广播电视中的三路视频输入,通过软件进行切换,并在显示器上实时动态播放,还可将图像画面存储到硬盘中。它使 VCD 作为音像媒体能在多媒体计算机上播放。因此,应用多媒体技术是计算机的又一次革命。

互联网的出现,使计算机应用的领域更为广泛。可以这么说,除了必须干的力气活以外,其他的电脑都可以帮上忙。天下大事、投资理财、呼朋唤友、求医问药、时尚美容、购物娱乐、汽车住房等等,在互联网上你可以找到你所需要的任何渠道和信息,而不必东奔西跑。



# 4

# 数控技术

## 一、计算机数控系统

### (一) 数控技术的发展

普通的机加工机床都是通过人工直接操作机床并通过使用测量仪器实测被加工件来完成工件的加工,在加工过程中操作人员始终参与工件加工的过程。有些自动机床虽然通过调整机床的机械和电气装置也可完成工件的自动加工,而不需人来参与加工过程,但不适用于频繁的改变被加工件的品种和加工参数,而且多是专用机床,适用范围窄,机械结构复杂,不适用于通用机床。

数控系统的出现使得机加工机床可以通过人们事先对机加工过程编程,让机床按人的要求自动完成加工过程,而且对于不同要求的加工件只要改变加工程序就可改变机床的运动,使机床的通用性增强,自动化程度大大提高,降低了工人的劳动强度,提高了加工精度和生产效率。

随着科学技术和生产的不断发展,社会化的生产对产品多样化的要求越来越强烈,多样化、中小批量生产的比重明显增加,使得传统的普通加工设备越来越不能适应高质量、高效率、多样化的加工要求。机床数控技术的应用,不但使机械加工前的大量准备工作可直接转化成参与机械加工的过程,而且使机械加工全过程自动化成为现实。

数字控制(Numerical Control)技术,简称数控技术(NC技术),它是指用数字化信号对机床运动及其加工过程进行自动控制的一种方法。

计算机数控系统(Computerized Numerical Control)简称 CNC 系统。按 ISO2806—1994《数控机床术语》的定义,是用计算机控制加工功能,实现数值控制的系统。

最早的数控系统产生于 1952 年,它的数控装置全部采用电子管元件,体积大,功耗也大,被称为第一代数控系统。

1959 年由于数控装置采用了晶体管元件,使数控装置的体积和重量大大减小,功耗也大大降低,使数控系统进入了第二代。

1965 年将小规模集成电路用于数控系统,不仅使数控装置的体积和重量变得更小,功耗进一步降低,而且提高了数控系统的可靠性,使数控系统进入了第三代。

但前三代数控系统都使用专用控制计算机,属于硬逻辑数控系统,一般简称为 NC。

到了 1970 年,出现了用小型通用计算机来取代专用控制计算机的数控系统,数控的许多功能由软件程序实现,使得数控系统的通用性变强了,系统的可靠性得到了进一步提高。由于它是用通用计算机构成数控系统,因此它被称为 CNC 系统(Computerized Numerical Control),这

种系统被称为第四代数控系统。

1974年以后,随着电子技术的迅猛发展,大量的新技术新方法被应用到数控系统中,数控装置以微处理器为核心,集成了内置可编程逻辑控制器,内存的容量不断扩大,存储介质不断更新,与其他计算机的通信能力不断加强,软硬件功能也越来越强大。伺服驱动装置也由原来的模拟控制逐渐向数字控制转化。驱动电机也已大量采用交流伺服电机,这就是第五代数控系统(MNC)。



提示:随着科学技术的迅猛发展,对于数控系统分代依据的确定或界定会变得越来越困难,这从另一方面也说明了多学科技术的综合应用已成为现代高科技产品的一个特征。

## (二) 数控系统的构成

数控系统是用数字控制技术实现自动控制的系统,即由数控设备的数据处理和电路以及伺服机构等组成的系统叫数控系统。

计算机数控系统的组成可以分成三部分即计算机数字控制装置、伺服控制装置、驱动电机。如图4-1所示。

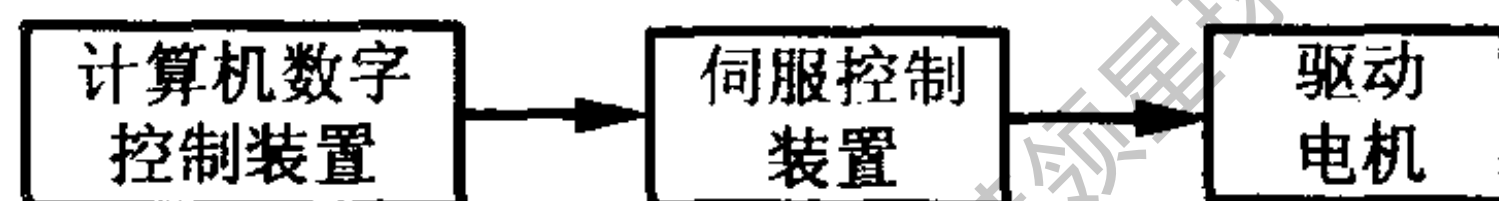


图4-1 计算机数控系统组成框图

计算机数字控制装置是计算机数控系统的核心,用于接收各种输入信息,如键盘、控制面板、各种传感器的输入信号以及程序载体上的数控代码并将其转换成相应的电脉冲信息后传送并存入数控装置内。数控装置根据输入的数据和程序执行各种控制功能如数值计算、轨迹插补、逻辑判断、运行管理、速度控制、诊断程序等,并输出相应的指令信号以控制驱动装置。数控装置的输出还可显示输入的内容、各种参数及数控工作状态等信息,监视数控系统的运行。常用的输出装置有显示器、打印机、磁盘存储器等。

伺服控制装置则将计算机数控装置输出的微弱的电信号加以转换并放大,用以驱动伺服电机。伺服驱动装置一般由伺服控制电路、功率放大电路、检测装置等组成。它一般是以轴为单位的独立体,用以控制各个轴的运动。

驱动电机是数控系统的主要执行元件,它用于带动机械装置按计算机控制装置的要求进行运动。驱动电机有步进电机、直流伺服电机、交流伺服电机等。

计算机数控系统可以满足各种机床对自动控制的要求。图4-2给出了计算机数字控制系统的框图。

从图中可以看出数控系统是由计算机数字控制装置、可编程逻辑控制装置、伺服驱动装置(包括主轴伺服控制和进给轴伺服控制)、驱动电机(包括主轴驱动电机和进给轴驱动电机)、输入/输出装置、反馈装置等所组成,装置之间是通过各种信号电缆和动力电缆连接在一起的。作为数控系统还应包括控制软件和应用软件。

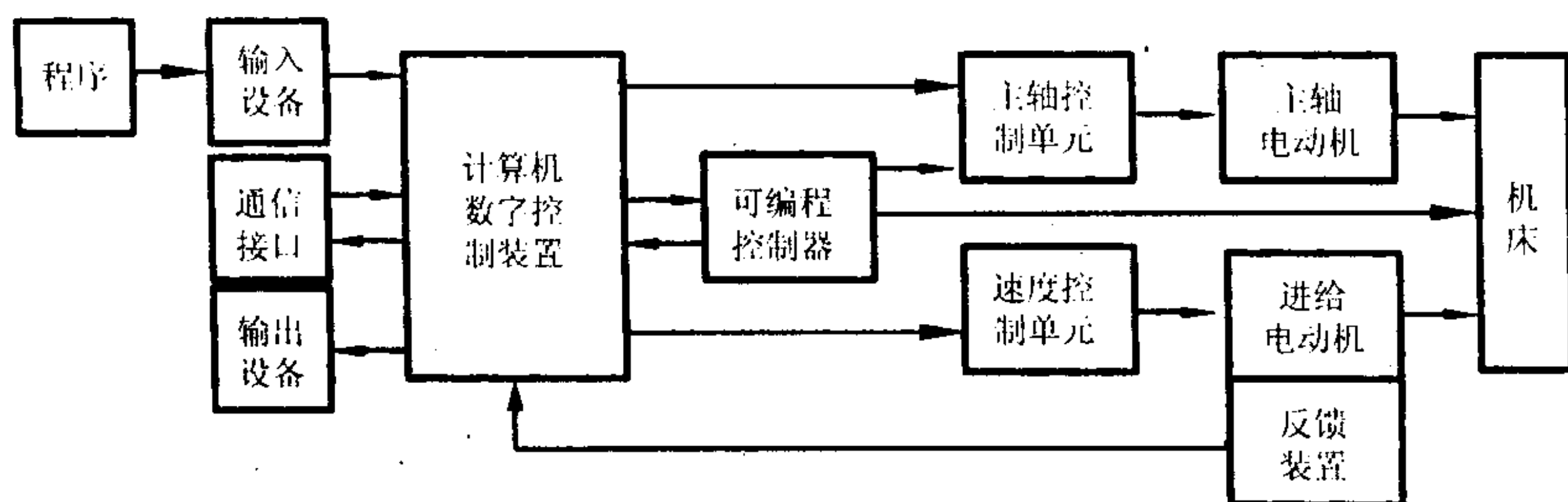


图 4-2 计算机数字控制系统方框图



**提示:**数控系统的组成在不同的资料中会有所不同,但其所包含的内容却是相同的,所以我们要通过对组成的了解来掌握数控系统的内在功能。

### (三) 数控系统的原理、结构及功能

#### 1. 数控系统的原理

数控系统的工作原理可通过图 4-3 数控系统工作过程图加以理解。

(1)根据零件加工图纸及工艺要求编制出零件加工程序,通过手动数据输入方式(MDI 方式)输入到数控装置内存中的零件程序存储区或采用自动编程输入方式直接将生成的程序送入数控装置。当然也可以通过磁盘或其他存储介质以及上级 DNC 接口将加工程序输入。

(2)数控装置一个程序段一个程序段地进行译码,将 ASCII 码译成系统能识别的二进制码,并将其区分成几何数据、工艺数据和开关量,再以一定的数据格式存放在指定的内存区间。

(3)进行数据的预计算,包括刀具半径补偿计算,速度处理以及 M、S、T 代码处理,为插补提供各种必要的的数据。

(4)插补运算,控制程序将根据零件加工程序中的进给速度和坐标位移量,计算出在每个插补中断周期中分配给每个坐标的位移量。

(5)将运算结果通过数模转换成为速度信号电压控制伺服驱动装置,最后驱动伺服电机,带动工作台或刀具位移,实现对零件的加工。同时,数控装置还提供对机床各运动部件的控制与操作,包括交换工作台、主轴变速、刀具交换、冷却启动等。

#### 2. 数控系统的结构

为了解数控系统的结构及功能,我们可以根据数控系统的安装结构将其大致分成数控部分(包括数控装置、可编程逻辑控制装置、输入/输出装置、控制软件和应用软件)和伺服部分(包括伺服驱动装置、驱动电机、检测装置),并分别从硬件结构和软件结构入手对它加以分析。

(1)数控部分硬件结构 数控系统经过几十年的发展,其硬件和构成都有了较大的变化,图 4-4 是数控系统中数控部分的硬件结构示意图。从图中可以看出,它包括微机基本系统、人机界面接口、通讯接口、进给轴位置控制接口、主轴控制接口及辅助功能接口等。



图 4-3 数控系统工作过程图

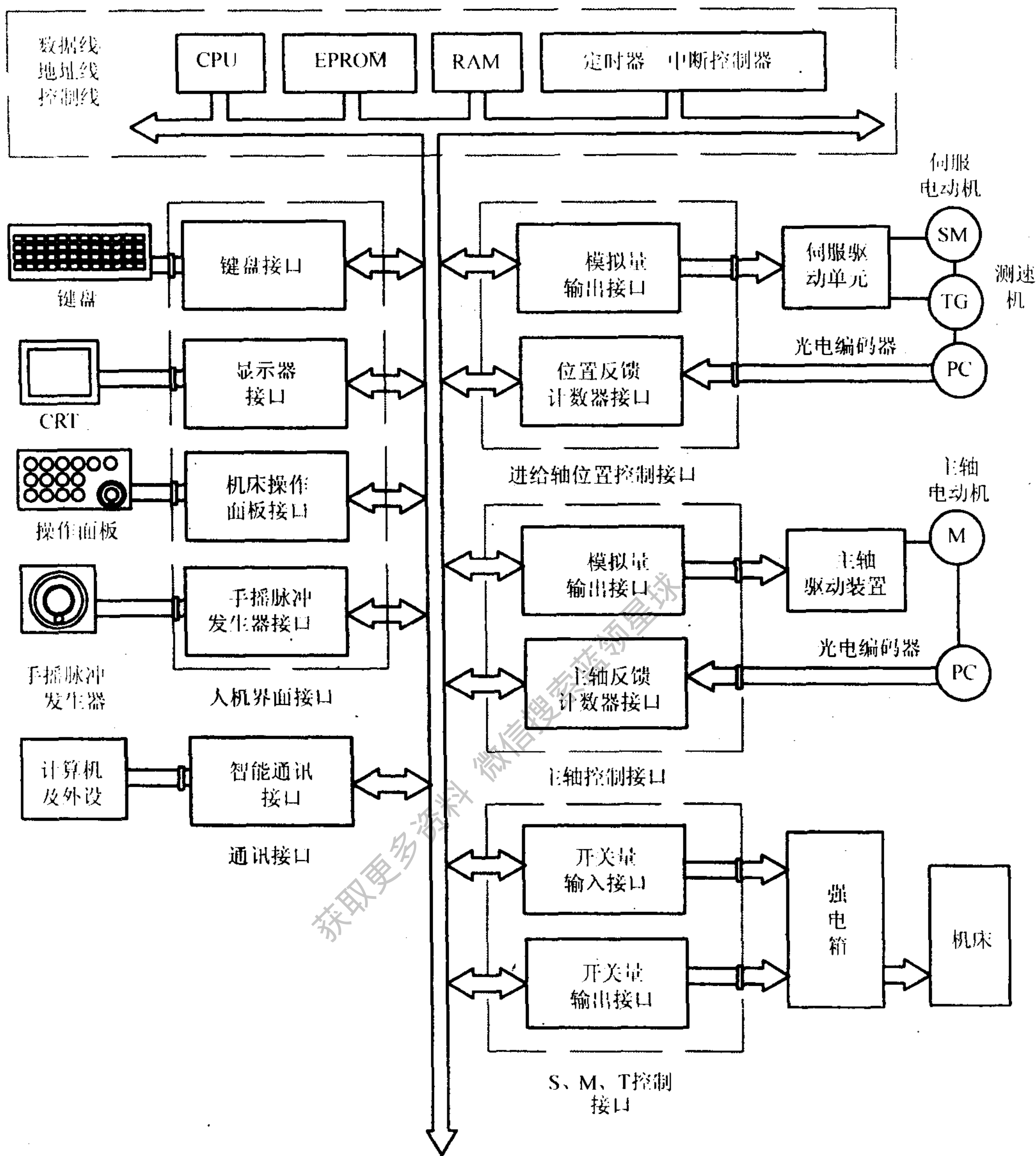


图 4-4 数控部分硬件结构示意图

为适应各种行业的需要,数控部分的硬件结构可根据其印刷电路板的插接方式的不同或根据硬件制造方式的不同或根据其微处理器的个数的不同而有多种不同的分类方法。

①板式结构和模块化结构 板式结构的数控装置是由主板、显示控制器板、可编程控制器板、附加 I/O 板、附加轴控制板等组成(见图 4-5)。其中主板是一块大印刷电路板,其他小印刷电路板则是通过大印刷电路板上的插槽与之连接。这种结构的如 FANUC3M、FANUC6M 系统等。随着新技术的使用和集成化程度的不断提高,有些数控装置将主控板、显示器、可编程控制器板、I/O 板、轴控制板及 MDI 装置等都集成到了一起,如 SINUMERIK 802D、SINUMERIK

802S 等。其特点是体积小、结构紧凑、价格便宜,但其硬件功能不易变动;模块化结构的数控装置是将整个数控装置按功能分成模块。软硬件都采用模块化设计,且功能模块的尺寸也做成相同的。用户可根据需要选择功能模块并通过控制单元母板上的插槽与之连接。这种结构的数控装置适应性和扩展性强、调整维护方便。SINUMERIK810 系列的数控系统就属于这一类结构的,它是由 CPU 模块、位置控制及测量模块、系统程序存储器模块、接口模块、文字和图形处理器模块、电源模块等组成(见图 4-6)。

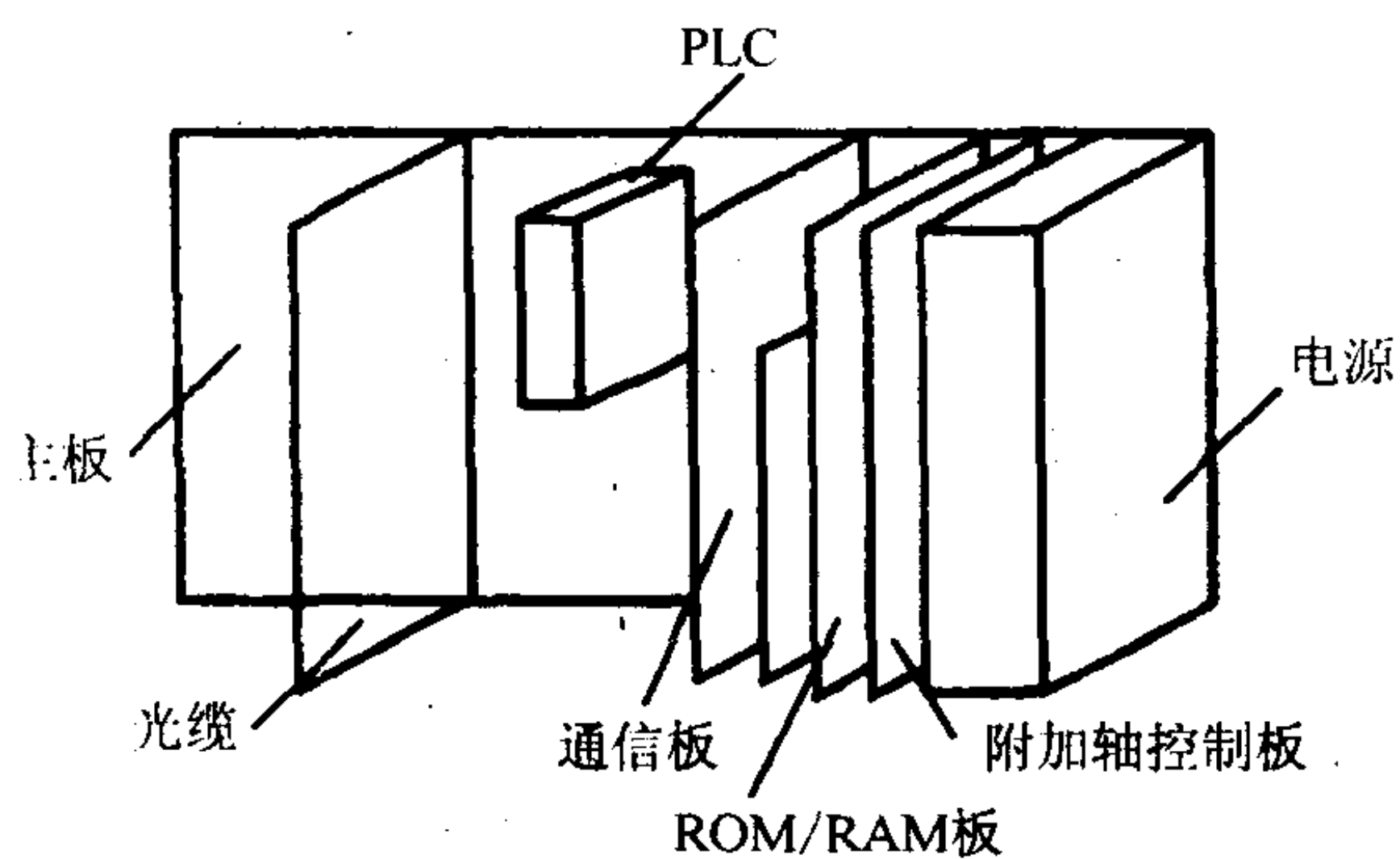


图 4-5 板式结构示意图

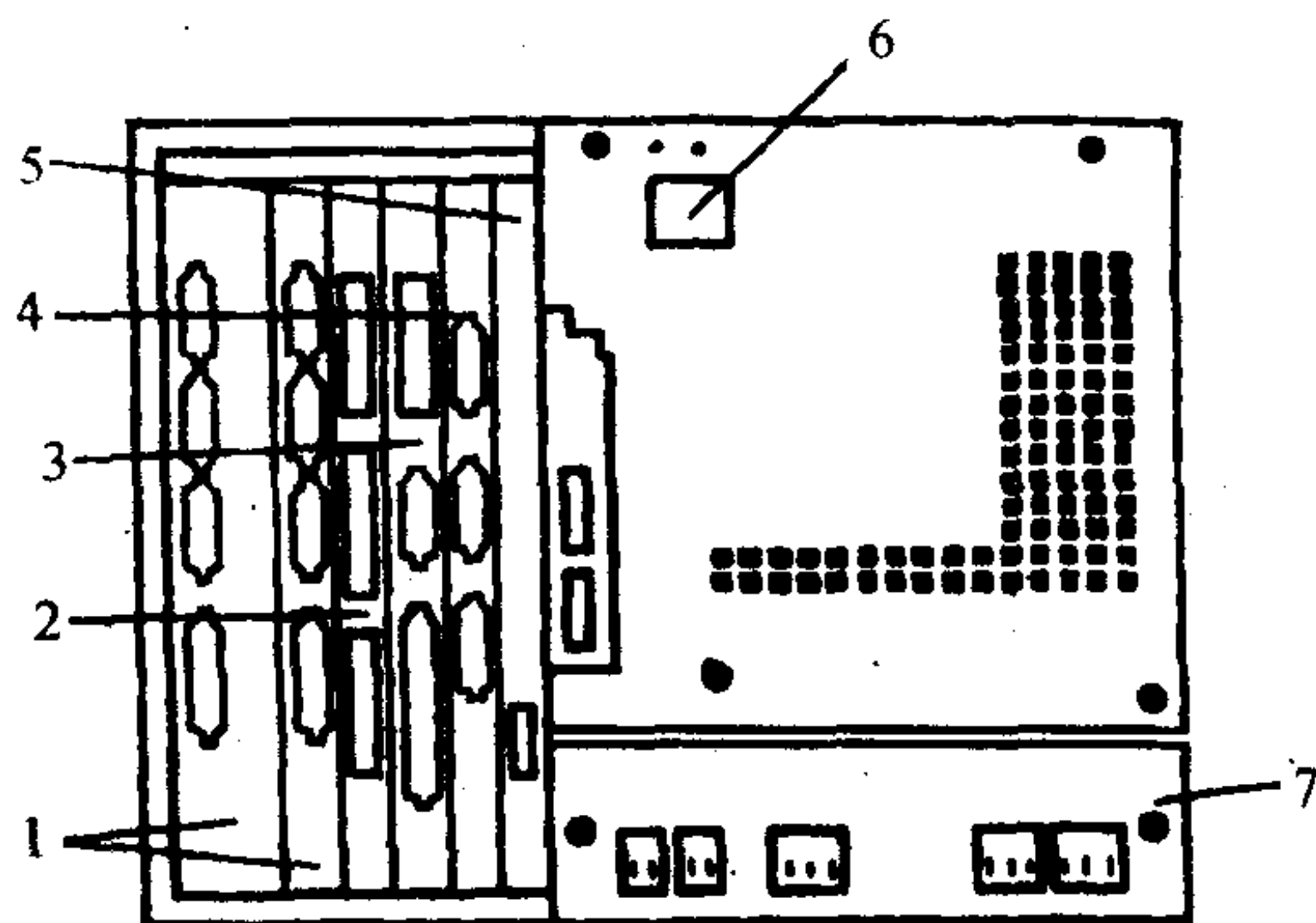


图 4-6 SINUMERIK810 系统后视图

1-位控及测量模块 2-存储器模块 3-接口模块  
4-CPU 模块 5-图文处理器模块 6-电池盒 7-电源模块

②专用性结构和开放性结构 专用性结构的数控装置其硬件和系统软件的功能都事先由制造厂家规定好了,其结构紧凑、布局合理、使用简单方便,如 FANUC3 系统、SINUMERIK 810M 系统、三菱 50 系列数控系统等。但这类数控装置要想改变其显示界面,编制用户自己的系统控制程序或扩展、改变系统的功能,就必须求助于系统供应商或采用专门的开发工具,成本高,费时费力;开放式结构的数控装置由制造商为用户提供标准的软硬件并提供可供用户二次开发的软件平台,用户可以根据自己的需要以及所使用的设备的特点设计出符合操作要求的有自己的特点的人机界面和控制功能的数控系统。如德国西门子公司的 SIEMENS840D、日本 MAZAK 公司的 MAZATROL640CNC、美国 MDSI 公司的 OpenCNC 数控系统。其特点是高柔性、通用性强,能与 PC 机兼容,易于升级换代和网络通信等。

③单微处理器结构和多微处理器结构 在单微处理器结构中,数控装置的所有工作都是由一个微处理器来控制 and 协调的,采用分时处理的方式完成插补运算、屏幕显示、输出控制等。这种结构具有成本低、结构简单的特点。但受其速度的影响,系统的功能也受到限制;在多微处理器结构中,数控装置的工作由多个微处理器采用同时处理的方式相互协调完成,每一个微处理器负责完成某一部分的工作。这种结构的数控装置速度快,功能强大,能适应现代柔性制造系统、计算机集成制造系统等高层次的要求。

(2)数控部分软件结构 一个完整的数控装置是由硬件和软件组成的,组成数控装置的本体器件简称为硬件;用于完成数控装置的各项功能的专用软件称之为系统软件。在数控装置中硬件和软件所需完成的任务随数控系统的不同而不同,一种功能如果用硬件实现其处理速度快,但造价高;如果用软件实现,处理速度较慢,但花费少,适应性强。因此一个数控装置中软硬件的分工取决于性价比。

但无论软硬件如何分工,一个数控装置中的系统软件都是由管理软件和控制软件组成的。管理软件负责系统资源的管理和系统各个任务的调度,如零件程序的输入、输出、显示和诊断;控制软件则完成数控装置的基本功能,包括译码、刀具补偿、速度控制、插补运算和位置控制等。

数控装置的管理软件和控制软件的运行方式根据系统软件结构的不同而不同,常用的软件结构有子程序型结构、前后台型结构、中断型结构和多微处理器结构。

①子程序型结构 这种结构的系统软件在进入主程序后按顺序检查运行条件,当某一条件满足时便转入该条件下子程序运行,运行结束后返回主程序并继续向下检查运行条件。子程序型结构框图见图 4-7。

②前后台型结构 这种结构的系统软件根据软件所需完成的任务的实时性将用于协调管理、输入译码、数据处理和坐标显示等无实时性要求的程序归为后台程序并以循环运行的方式工作;而把用于机床监控、插补计算、伺服控制、故障处理等实时性要求高的程序归为前台程序并采用实时中断的方式运行。前后台型结构框图见图 4-8。

③中断型结构 这种结构的系统软件除了初始化程序外,其他各种功能的子程序如加工程序的输入、编译、译码、数据处理、插补运算、伺服控制等根据其任务的重要性被安排在不同优先级别的中断服务程序中。中断型结构框图见图 4-9。

④多微处理器结构 在多微处理器结构中,如果有两个或两个以上的微处理器共同完成同一部分的任务的处理,这些微处理器之间采用紧耦合方式,它们有集中的操作系统,资源共享。如果两个或两个以上的微处理器以功能模块的形式分别完成各自任务的处理,则功能模块之间采用松耦合方式,由多重操纵系统实行并行处理。各微处理器通过公用存储器或公用总线统一协调,完成各微处理器之间的互联和通信。

(3)伺服部分结构 伺服驱动装置的结构可分成单体结构,框架结构和模块化结构。

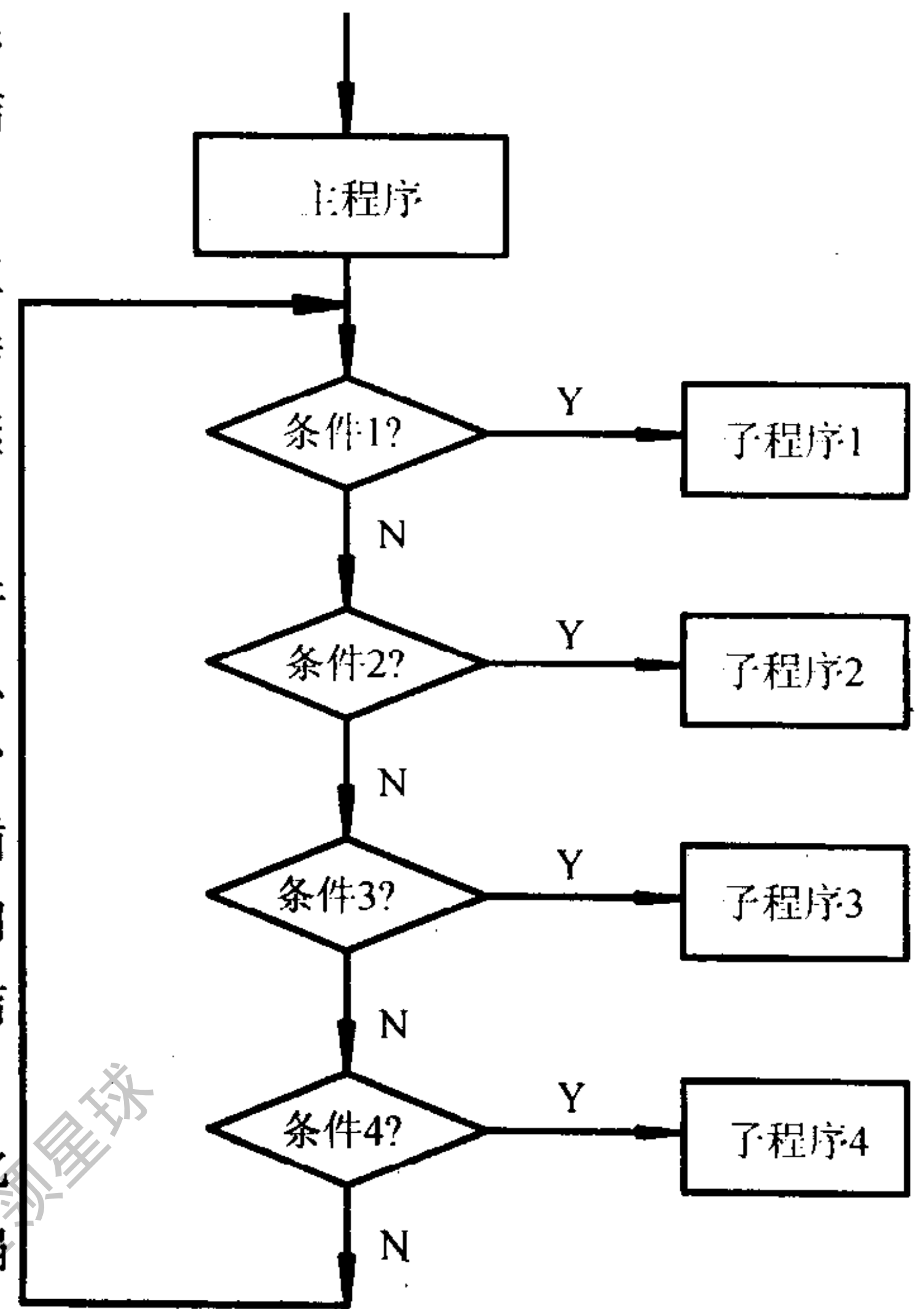


图 4-7 子程序型结构

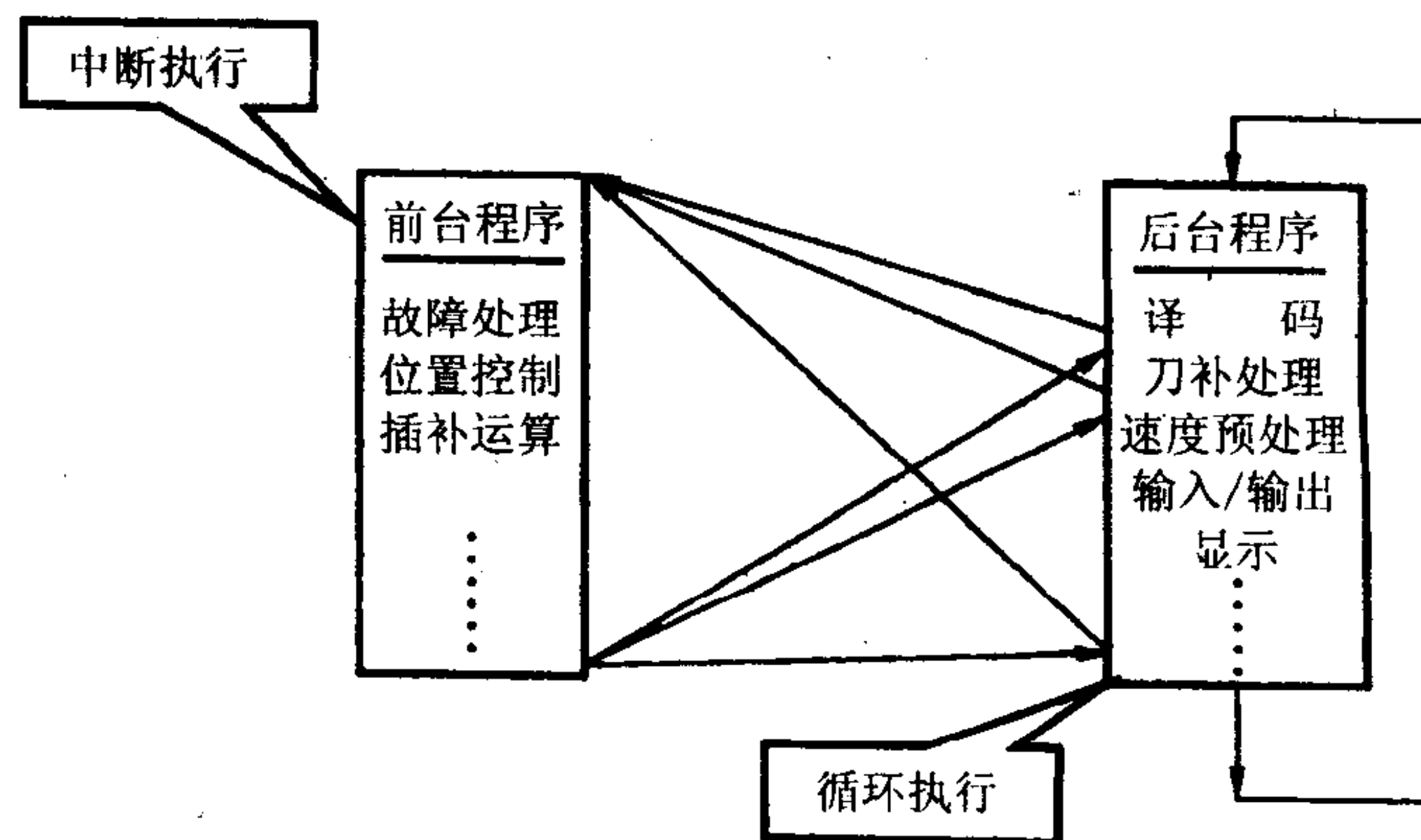


图 4-8 前后台型结构

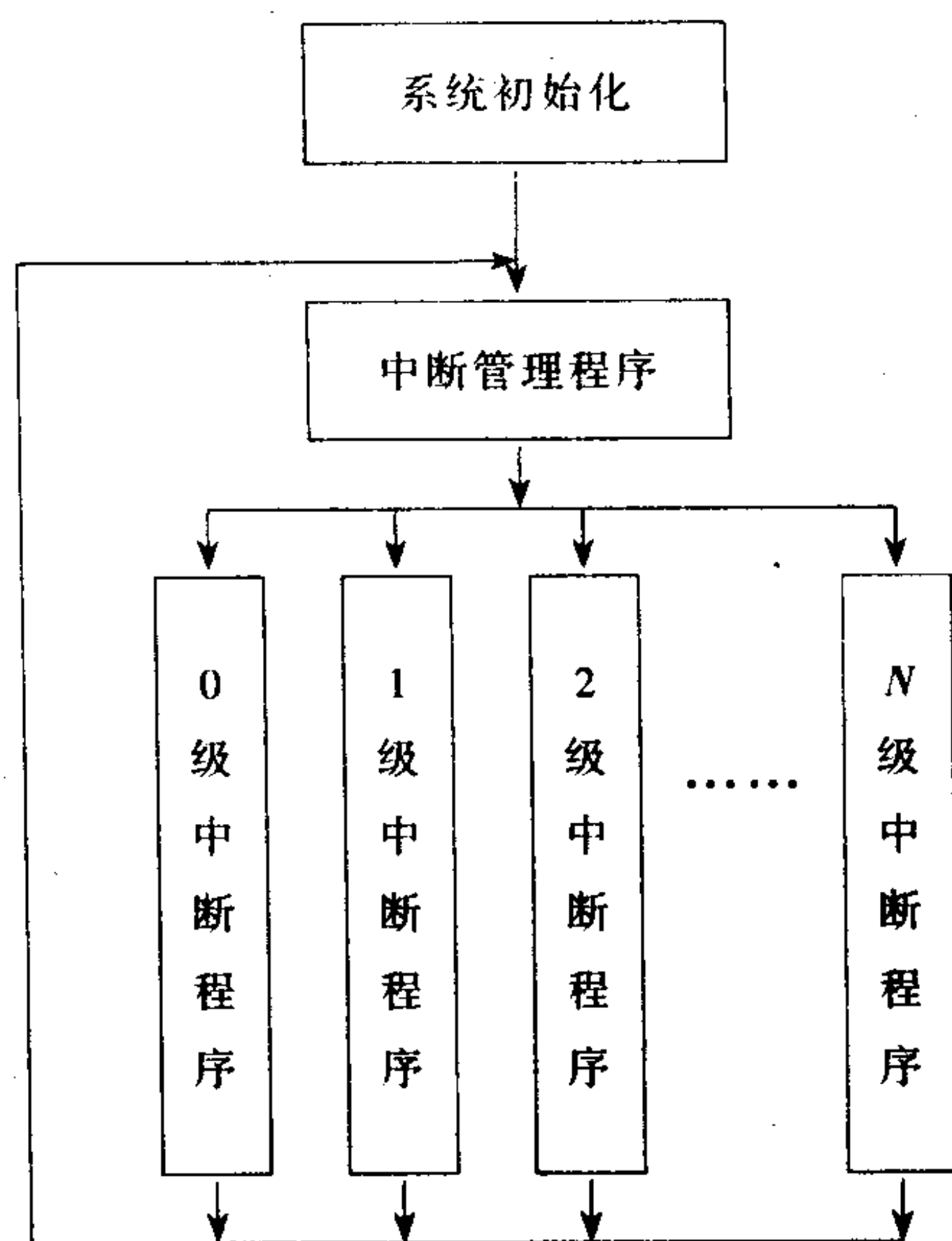


图 4-9 中断型结构

①单体结构 将用于控制一个驱动电机的控制电路、功率元件和工作电源做一个独立的框架或箱体，各伺服驱动装置之间无共用部分，它的特点是独立工作，互不干扰，但体积较大(见图 4-10)。

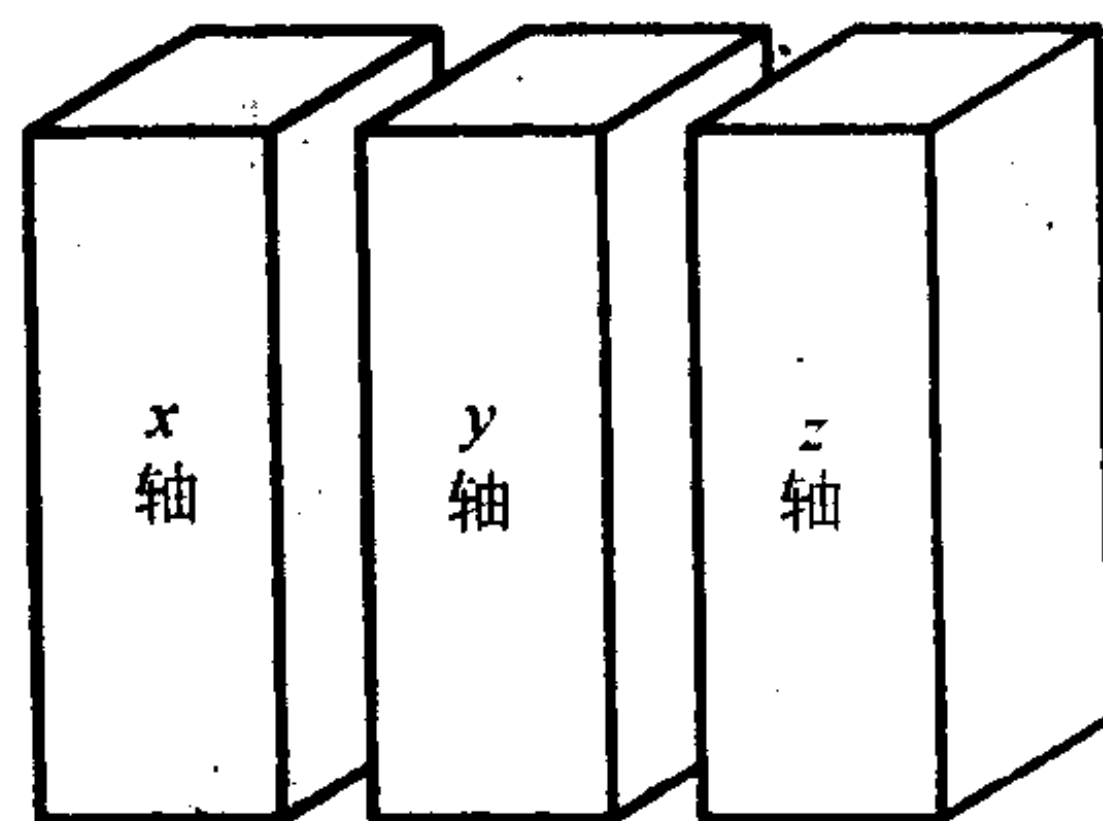


图 4-10 单体结构伺服驱动

②框架结构 将用于多个轴的伺服驱动安装在同一框架内，统一供电。各轴的功率原件也事先在框架内对应的位置安装好，各轴的控制电路以插板的形式插在各轴所对应的槽内。其特点是结构紧凑，但不利于扩展和维护(见图 4-11)。

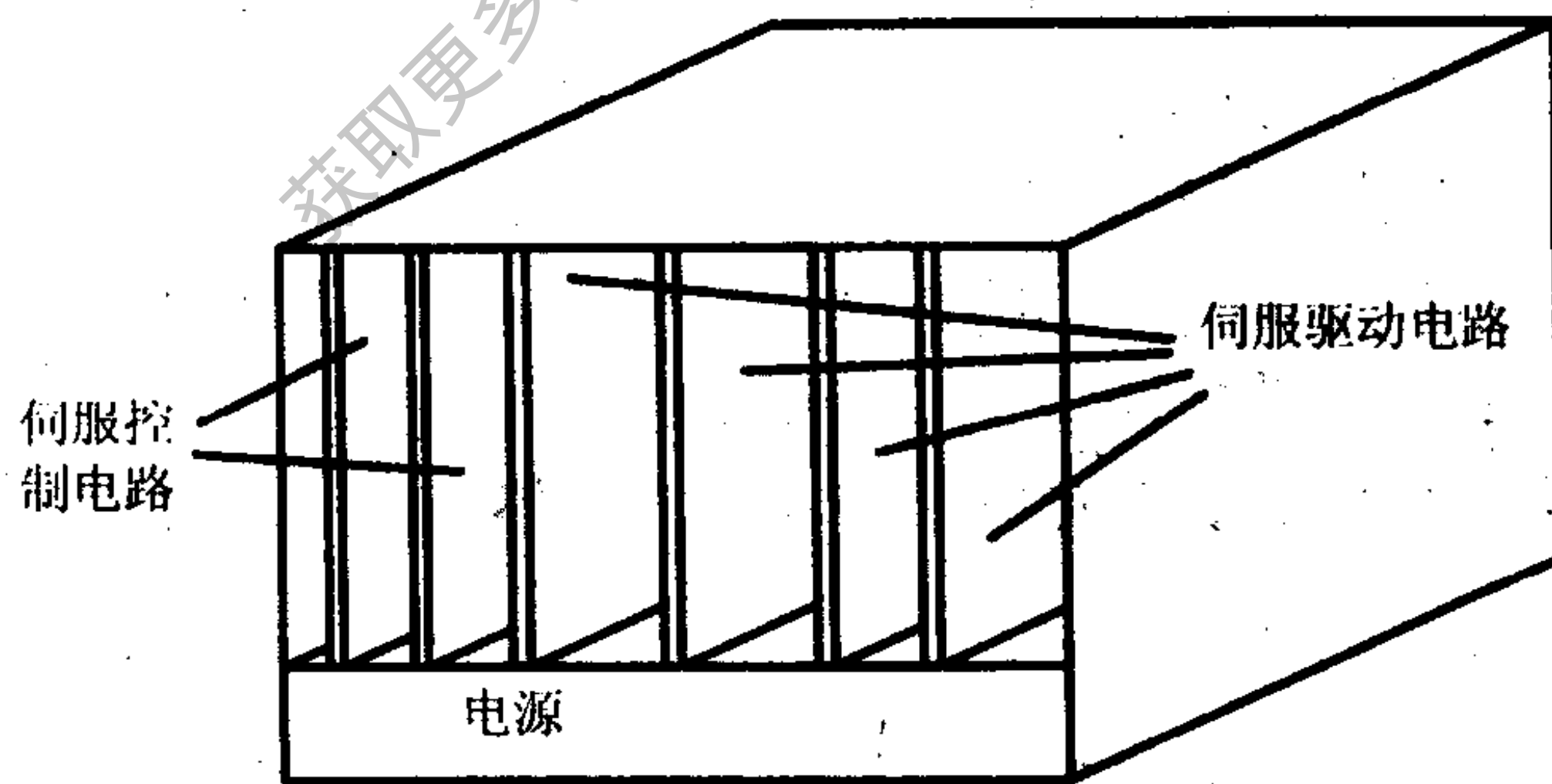


图 4-11 框架结构伺服驱动

③模块化结构 这种结构的伺服驱动由电源模块、进给轴模块、主轴模块等组成，把供电电源单独做成一个模块，把轴的功率元件和控制电路做成一个模块(常用的有单轴模块和双轴模块)。其特点是组合方便，体积小，便于更换和维护，是现在用得最普遍的一种结构(见图 4-12)。

### 3. 数控系统各部分的功能

数控系统有适用于车床类的、铣床类的、磨床类的和加工中心类的等，但它们都有微处理器、总线(BUS)、存储器(ROM, RAM)、轴控制器、输入输出接口(I/O)、可编程序控制器(PLC)、

外部设备、伺服控制和驱动电路、驱动电机等。

(1)微处理器 微处理器是数控系统的核心,它是由运算器、控制器、内部寄存器组三大部分组成。其结构原理图见图4-13。

①运算器 运算器用来执行加减运算、逻辑运算、移位、求补、求反和十一二进制运算中的调整。每种运算除数值结果之外,还有一个用于判断正、负、零、奇数、偶数的状态结果。运算器由寄存器、控制门、加法器、输出门和判断电路组成。

②控制器 控制器用于安排指令的执行顺序,产生用于控制的时序信号并发出各种指令所需的各种微操作定时和控制

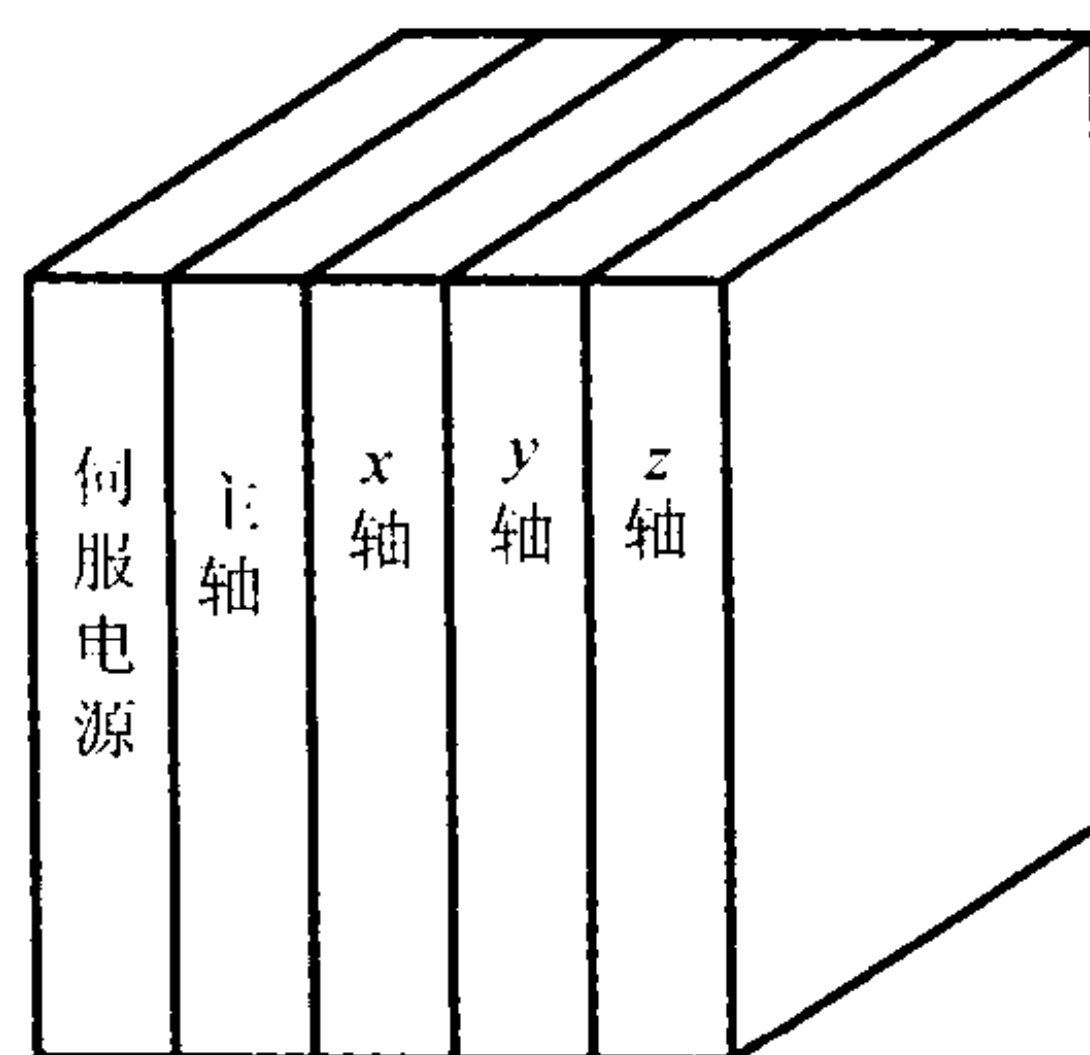


图 4-12 模块化结构伺服驱动

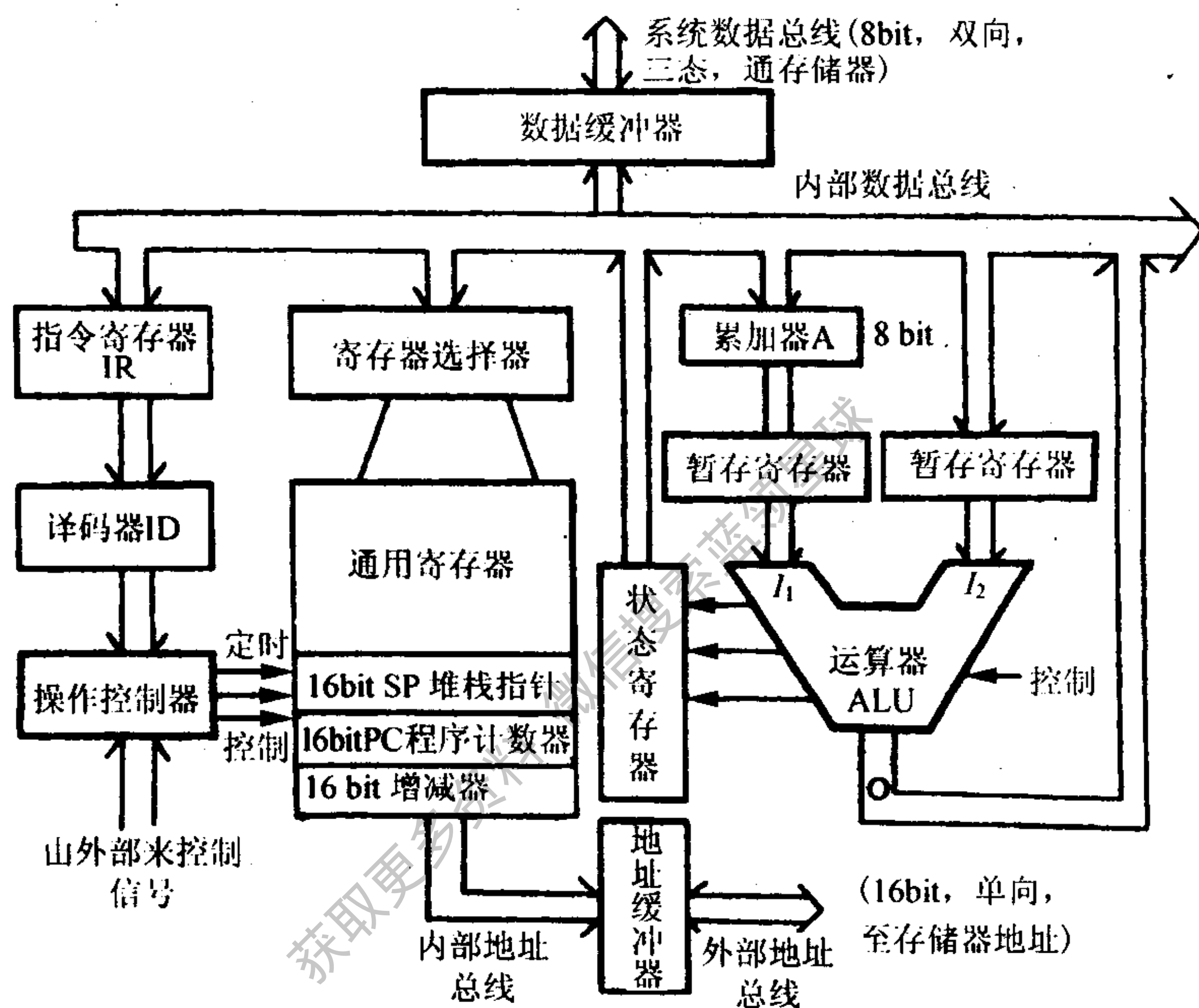


图 4-13 微处理器结构原理图

信号。

③内部寄存器组 微处理器中有多种内部寄存器,有用于存放要执行的下一条指令地址的程序寄存器、用于存放栈顶地址的堆栈寄存器、用于改变顺序的变址寄存器和用于存放一些中间结果的通用寄存器。

(2)总线 总线是由物理导线构成的用于信息和电能传递的公共通路的总称。它可分为数据总线、地址总线和控制总线三类。

①数据总线 用于传递 CPU 与存储器、输出/输入设备等之间的数据。它是数据交换的通道。

②地址总线 用于在 CPU 与存储器、输出/输入设备等之间传递地址信号。

③控制总线 用于传输管理总线的某些控制信号,使系统同步。

(3)存储器(RAM, ROM) 存储器用于存储系统软件(控制软件)和零件程序,并将运算的中间结果和处理后的结果(数据)存储起来。



存储器由许多存储单元组成,每个单元存储一个字,将每个单元编上号,则这个号被称为这个单元的存储地址。一个字即信息的一个逻辑单位,用一个单元所含二进制的位数表示字长,1“位”是一个二进制的数,用 bit 表示位;每 8 位称为一个“字节”(Byte 简写作 B),即  $1\text{B} = 8\text{bit}$ 。存储器的规模大小称为存储容量,1 024 个字节的存储容量记作 1KB。在数控装置中使用的存储器有只读存储器(ROM)和随机存储器(RAM)。

①只读存储器 这种存储器的内容(如系统程序)是由数控装置的生产厂家写入的,存储器中的内容在断电的情况下也不会丢失,且只能被 CPU 读出,而不能写入。

②随机存储器 这种存储器的内容可以随时被 CPU 读或写,存储器中的内容在断电的情况下会丢失,为了防止像零件加工程序、机床参数、刀具参数等需要保存的信息在断电后丢失,可采用带有后备电池的存储器或磁泡存储器等。

(4)轴控制器 数控装置中的轴控制器(又叫轴控制模块)主要是对数控机床进给坐标轴的速度和位置进行控制。它需要随时把插补运算所得的各坐标轴位移指令与实际检测的位置反馈信号进行比较,并结合有关补偿参数和速度参数,适时地向各坐标伺服驱动控制单元发出速度和位置进给指令,使伺服控制单元驱动伺服电动机运转。

(5)输入/输出(I/O)接口 输入/输出接口电路是数控装置与外设连接的桥梁和通道,它包括用于和模拟量控制的外设连接的接口;用于和数字量控制的外设连接的接口;用于和开关量外设连接的接口以及用于和其他计算机或上位机连接的接口。

①开关量接口 用于控制机床启动/停止,液压启动/停止的按钮;用于检测机床机械档位位置,机械手和刀库位置的检测开关;用于指示机床状态的指示灯;用于控制油路或气路通断的电磁阀,它们所发出或接收的信号都是开关量信号。它们和数控装置之间的连接都是通过开关量接口。为防止外部干扰对数控装置的影响,数控装置的接口电路都有光电耦合器或继电器以保证与机床间信号的电气隔离。并采用滤波电路以保证数控系统的可靠稳定工作。常见的开关量接口电路如图 4-14(a)、图 4-14(b)、图 4-14(c)、图 4-14(d)所示。

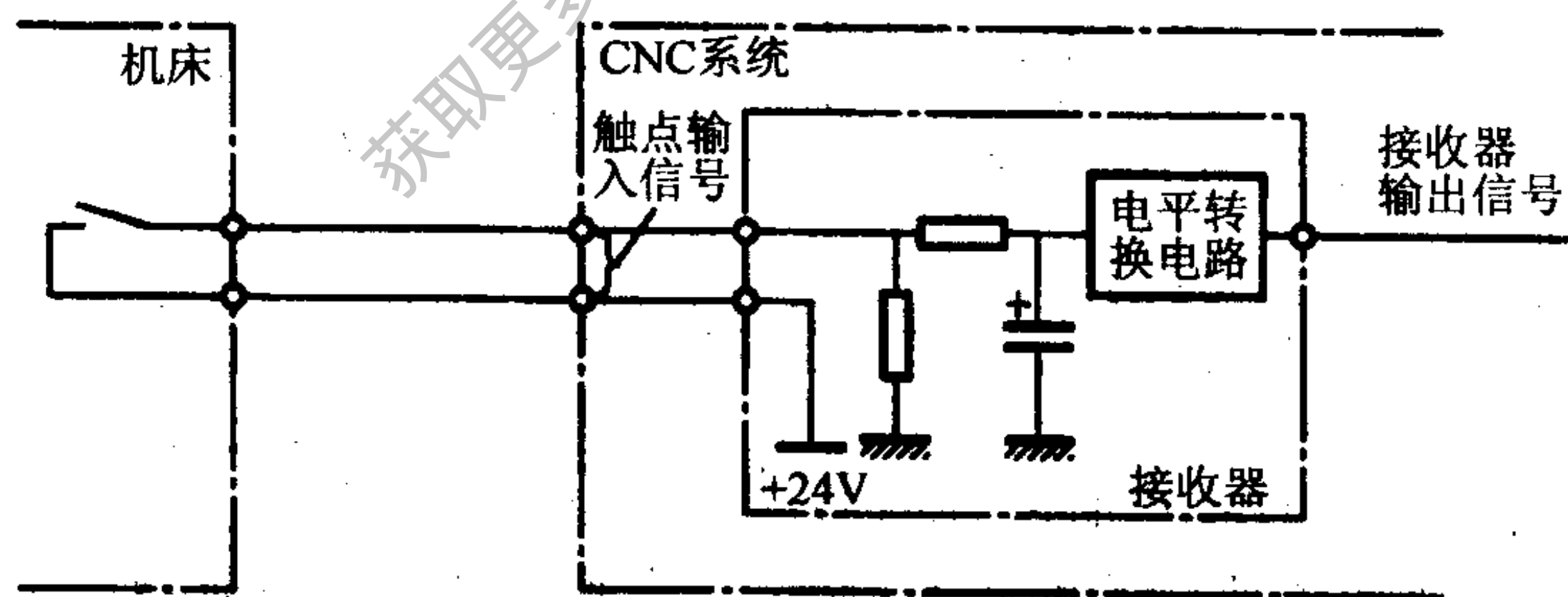


图 4-14(a) 触点开关的接收电路

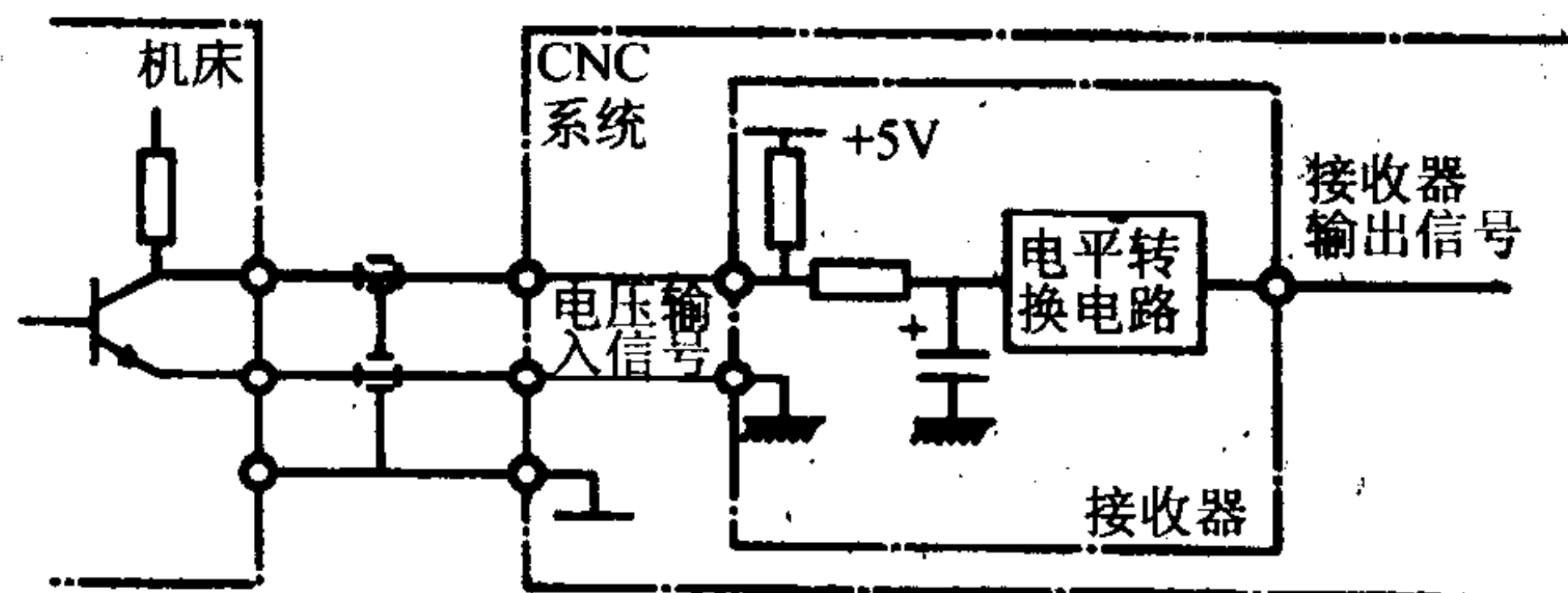


图 4-14(b) 无触点开关的接收电路

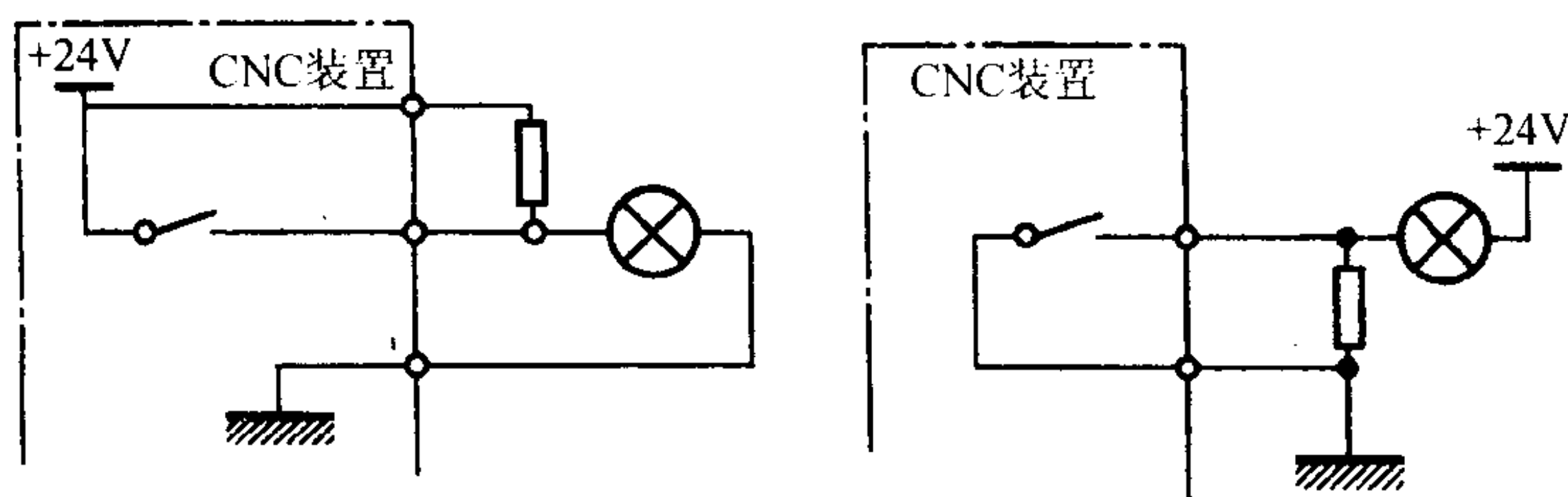


图 4-14(c) 触点输出电路

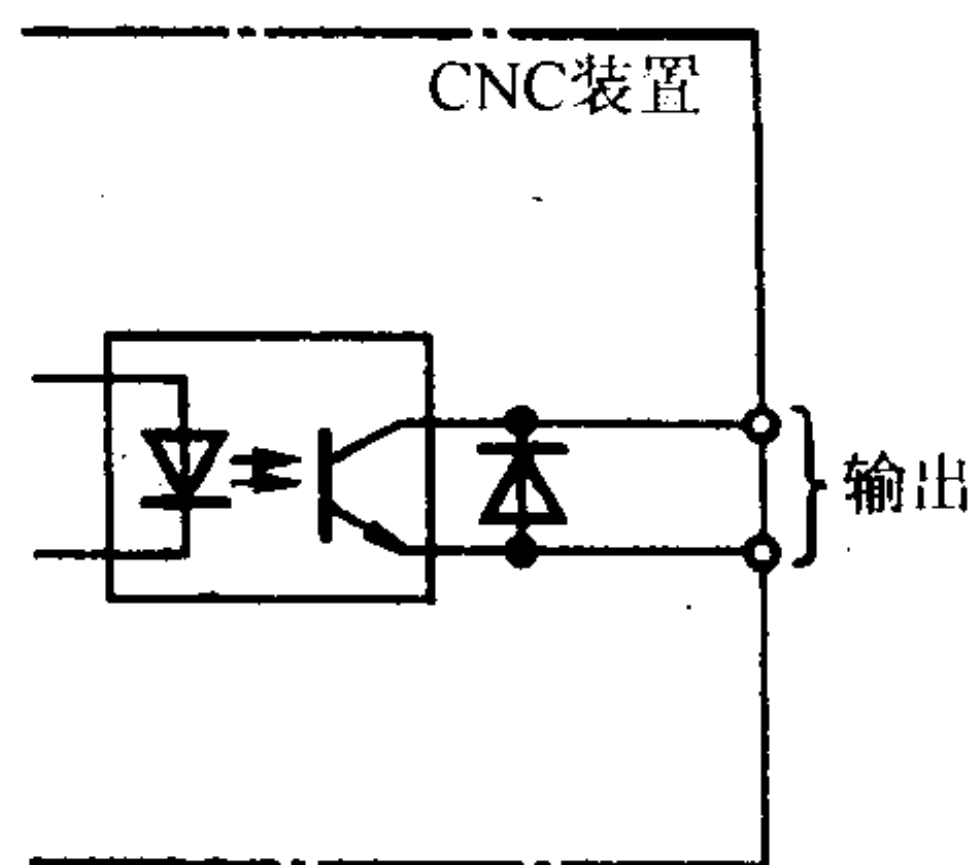


图 4-14(d) 无触点输出电路

②手动数据输入/显示器接口 手动数据输入(MDI)接口用于和数控装置的控制面板连接,用于输入加工程序、修改参数、控制数控装置运动;显示器接口用于和数码显示器、CRT显示器、液晶显示器、等离子显示器等连接,用于显示数控装置的参数、程序、机床运动轨迹等。

③通信接口 数控装置所用的通信接口有 RS232 接口、RS422 接口、DNC 接口等。用于和上级主计算机或 DNC 计算机直接通信或通过工厂局部网络相连,完成网络通信功能,或与编程器连接完成在线编程和调试,或与 PC 机连接完成在线诊断、系统优化、模拟控制等。

④伺服控制接口 一个数控装置其最终目的是要用来控制机械的运动,为达到此目的,就需要将数控装置输出的模拟控制信号或数字控制信号(速度和位置信号)送到伺服驱动装置中,并将运动装置(伺服电机)所处的位置及速度送回(反馈)到数控装置中,以便数控装置决定下一步应当做什么,发送和接收这些信号的接口就是伺服控制接口。

(6)可编程序控制器(PLC) 早期的数控装置和一些经济型数控装置是不带可编程序控制器的,随着数控系统的发展,有些数控装置带有作为可选件的可编程序控制器如 FANUC3 系统,而现在的数控装置都带有内装型(与数控装置共用一个 CPU)或独立型(自身有独立的 CPU)可编程序控制器。数控系统上的 PLC 的功能与一般的工业用 PLC 基本相同,所不同的是它有许多专门与数控装置对应的专用指令。

(7)伺服驱动装置 它的作用就是将数控装置输出的位置和速度指令信号加以放大再去推动驱动电机完成数控装置所要求的运动。对于不同精度和速度要求的设备,所配置的伺服驱动装置是不同的。当设备要求进给速度不高,定位精度小于 0.005mm 时,可采用开环伺服装置,在这种情况下,通常是采用步进伺服驱动加上步进电机,其特点是结构简单成本低;当设备要求进给定位精度大于 0.005mm 时,可采用闭环或是半闭环伺服装置,在这种情况下,通常是采用直流或交流伺服驱动加上直流或交流伺服电机,其特点是定位精度高,速度快。

#### 4. 数控装置软件工作过程

数控系统的作用是根据人的要求自动完成对机床等机械的控制,因此它首先要接受来自外部的指令(输入过程),然后将其转化为数控装置自己能认识的语言(译码过程),通过对语言的分析对要完成的工作进行分类并处理(数据处理过程),再将处理结果中用于控制运动的数据分配给各个要执行的运动轴(插补过程),最后同伺服控制装置进行沟通(伺服控制过程)并控制伺服驱动装置完成人所交给的任务(控制输出过程)。数控装置软件工作过程流程图见图 4-15。



图 4-15 数控装置软件工作过程流程图

(1)输入过程 数控装置通过程序读入装置经接口接受外部信息,零件加工程序的输入过程如图 4-16 所示。当我们通过 MDI 键盘输入零件加工程序时,每按一个键就等于向主机申请一次中断,键盘中断服务程序就被调用一次,并将对应键的字符转换成相应的内部代码送入 MDI 缓冲区,然后将内部代码送零件加工程序存储区存储。如果零件加工程序是通过读入器读入时,主机也是采取中断方式一段一段的读入程序并判断程序的有效性,通过代码转换最终将内部代码送零件加工程序存储区存储。

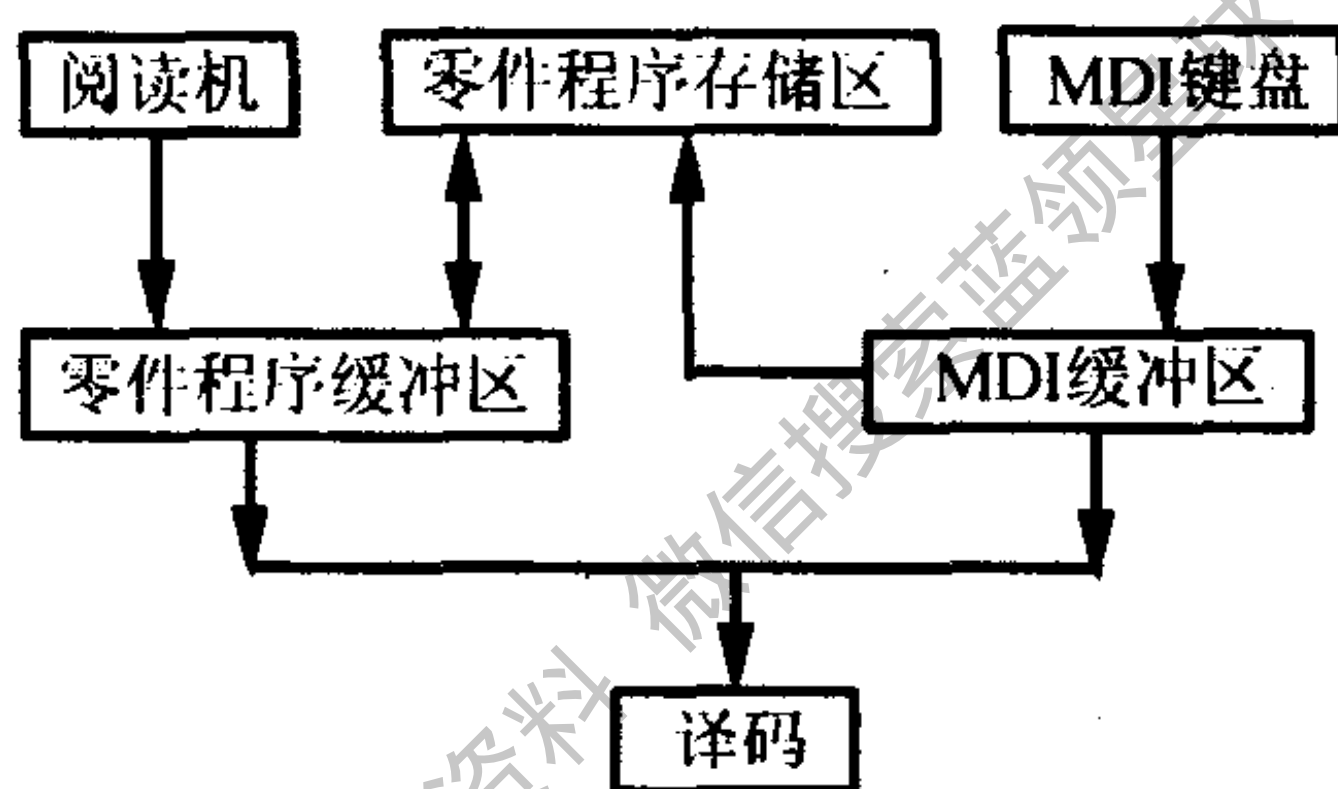


图 4-16 零件加工程序的输入过程

要想使数控装置能够按我们的要求去工作,就要求我们能和数控装置沟通,我们和数控装置沟通的语言就是程序。而程序是由一串按一定的规则编码的字母、数字、符号组成的。国际上广泛使用的字符编码是 ASCII 码(美国标准信息交换码)(American Standard Code for Information Interchange),我们编程常用的 ISO(国际标准化组织制定)和 EIA(美国电子工业协会制定)代码就是基于 ASCII 码制定出来的。数控装置所转化的内部代码与 ISO 或 EIA 代码之间的对应关系见表 4-1。

表 4-1 常用数控代码与内部代码的对应关系

字 符	EIA 码	ISO 码	内部代码	字 符	EIA 码	ISO 码	内部代码
0	20H	30H	00H	X	37H	D8H	12H
1	01H	B1H	01H	Y	38H	59H	13H
2	02H	B2H	02H	Z	29H	5AH	14H
3	13H	33H	03H	I	79H	C9H	15H
4	04H	B4H	04H	J	51H	CAH	16H

续表

字符	EIA 码	ISO 码	内部代码	字符	EIA 码	ISO 码	内部代码
5	15H	35H	05H	K	52H	4BH	17H
6	16H	36H	06H	F	76H	C6H	18H
7	07H	B7H	07H	M	54H	4DH	19H
8	08H	B8H	08H	LF/CR	80H	0AH	20H
9	19H	39H	09H	-	40H	2DH	21H
N	45H	4EH	10H	DEL	7FH	FFH	22H
G	67H	47H	11H	EOR	0BH	A5H	23H

注:在 EIA 码中 EOR 的字符是 ER,在 ISO 码中 EOR 的字符是%。

(2)译码过程 译码过程就是将零件加工程序从零件加工程序存储区送到缓冲区,然后将程序内容按照它们的功能的不同分类并将数据放到对应的缓冲器中。

比如有一个程序段的内容为:

N10 G91 G01 X20 Y70 Z-35 F100 M03 LF

在这个程序段中,有零件加工轴的位置和运动信息(G91 G01 X20 Y70 Z-35),有要求的加工速度(F100)、有辅助功能(M03 是主轴正转),它们的功能和数值都不相同,假如它们在零件加工程序存储区中存储的首地址是 3000H,而译码后存放译码结果的缓冲器的首地址是 6000H,那么以上这段程序译码过程可见图 4-17 所示。

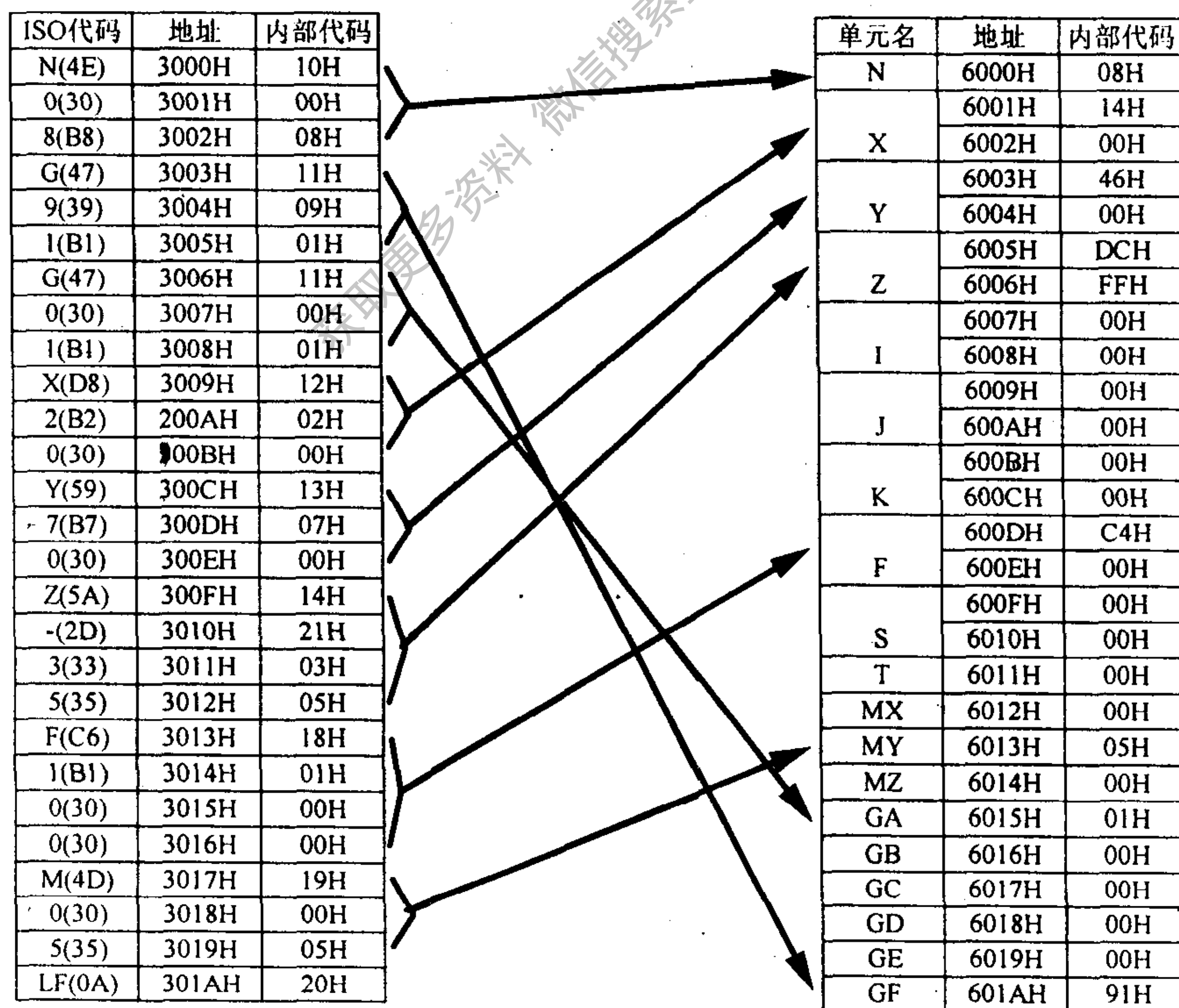


图 4-17 程序译码过程

(3)数据处理过程 经译码后的加工程序被存放在译码结果缓冲器中,以便进行刀具补偿

处理、速度计算以及辅助功能处理。

①刀具补偿处理 刀具补偿就是将零件轮廓轨迹转化成刀具中心轨迹。通常零件加工程序的编制是以被加工零件的轮廓尺寸来编程序运动轨迹的,但在实际加工中刀具是有一定的长度和半径的,如不进行刀具补偿就会造成理论轮廓尺寸和实际轮廓尺寸不符。如果编程时就按照考虑了刀具半径或长度的实际轮廓尺寸来进行编程,由于刀具半径或长度的确定有很多不定因素,比如说新旧刀具所造成的刀具长度或半径的变化,加工过程中磨刀所造成的刀具尺寸的变化,都影响到程序的编制和修改,再加上编程时要考虑轮廓修正,使编程变得很复杂。有了刀具补偿的概念,编程时只要按零件轮廓轨迹编程并指定刀具补偿类型,实际刀具长度或半径只要在启动加工程序前实测并将实测数据输入指定参数位置即可。由数控装置自己完成编程时的零件轮廓数据向刀具中心轨迹数据的转换。

刀具补偿可分为刀具长度补偿和刀具半径补偿。

刀具长度补偿处理是将编程的刀具位置加上编程时的刀具长度与实际使用时的刀具长度之差(在编程中叫做偏置值,此值可正可负),并以此值作为刀具运行的实际位置值。

刀具半径补偿处理则是将编程的刀具位置加上刀具半径(在编程中叫做偏置值),并以此值作为刀具运行的实际位置值。要完成刀具半径补偿,就要计算大小等于刀具半径、方向垂直于零件表面轮廓的二维刀具半径补偿矢量,此矢量随着刀具的移动而不断的在变化。经过刀具补偿处理后的数据存放在刀具补偿处理缓冲器中,以备后用。图 4-18 是一刀具半径补偿示意图,从图中可以看出刀具半径补偿的执行过程是一个由建立补偿、进行补偿到取消补偿的过程。

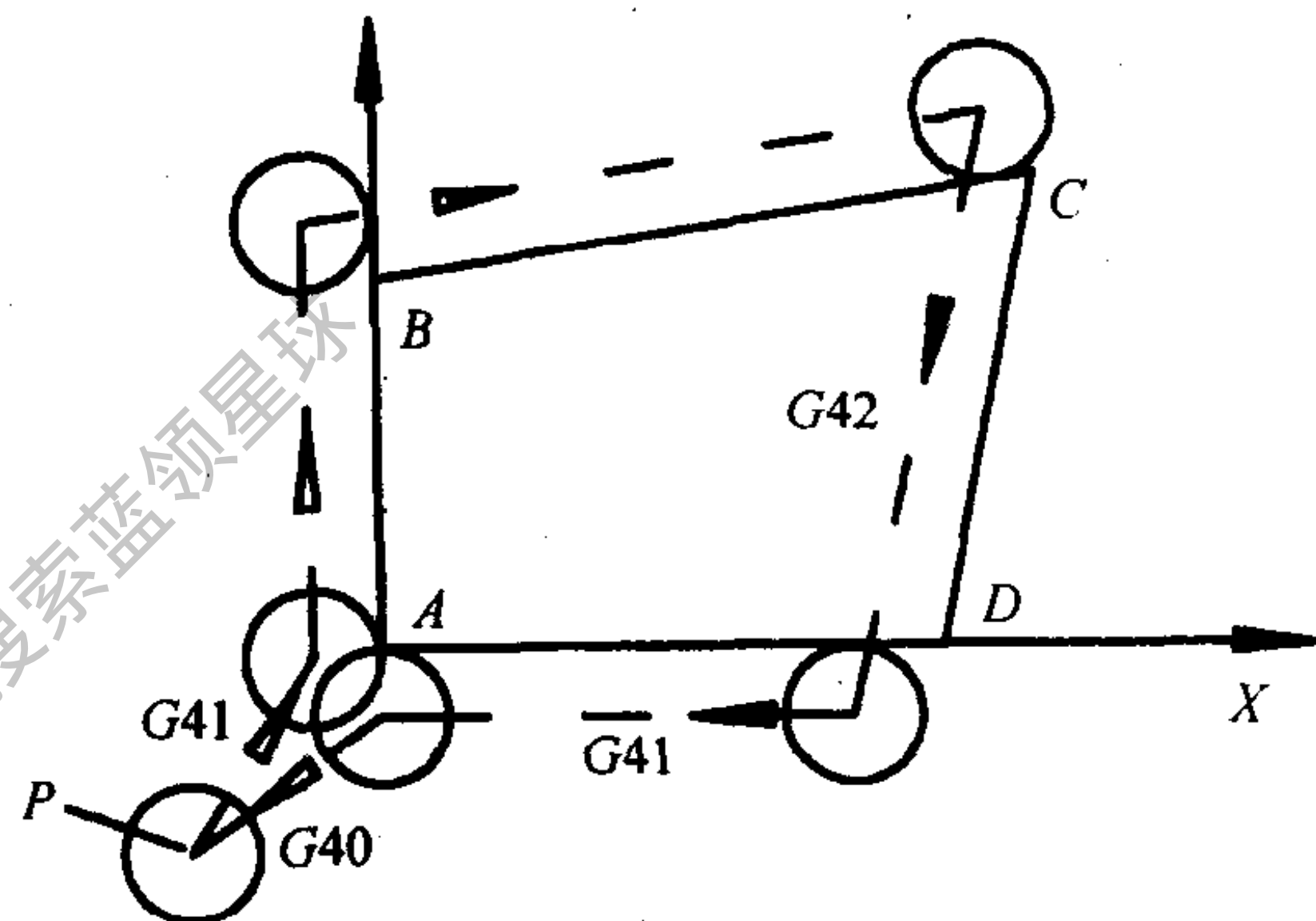


图 4-18 刀具半径补偿示意图

②速度处理过程 速度处理过程要解决的问题是被加工数据段要以什么样的速度运动。在数控系统中,驱动电机不仅要向普通电机那样能提供一定的速度和力矩,而且要能按系统的要求以一定的速度走出准确的位置,所以在数控系统中,速度和所走的距离(位移)之间是有一定的关系的,而且开环系统和闭环系统对速度的处理也是不同的。

在开环系统中,由于没有反馈,又要使驱动电机能按数控系统对速度和位移的要求运动,步进电机是最合适也是最常用的,因为步进电机是靠步进脉冲来运动的,脉冲的多少决定了步进电机运行的距离;脉冲的频率决定了步进电机的速度。因此在开环系统中运动速度的处理就是将编程的进给速度  $F$  转化为向步进电机发出的脉冲的频率  $f$ 。

编程的进给速度  $F$  与向步进电机发出的脉冲的频率  $f$  之间有如下关系:

$$F = 60\delta f$$

式中  $F$  —— 编程的进给速度, mm/min;

$\delta$  —— 脉冲当量, mm;

$f$  —— 发出的脉冲频率, 1/s。

在半闭环、闭环数控系统中运动速度的处理就是将编程的进给速度  $F$  转化为驱动电机在单位时间内的位移量。也就是说在数控系统中通过编程的进给速度  $F$  和插补时间间隔  $T$  来

计算在一个插补周期内的位移量  $\Delta L$ ，它们之间的关系如下：

$$\Delta L = kFT / (60 \times 1000)$$

式中  $\Delta L$  —— 一个插补周期内的位移量, mm;

$k$  —— 速度系数;

$F$  —— 编程的进给速度, mm/min;

$T$  —— 插补周期, ms。

考虑到机床实际运动中的加减速, 加工过程中速度的变化, 段与段之间速度的平滑过渡, 以上的公式只适用于速度不变的情况下的速度处理过程。

(4) 插补过程 插补是在已知刀具中心轨迹的起点和终点, 并且知道进给速度的前提下, 在轨迹的起点和终点之间进行数据点密化的工作。为完成插补任务可采用硬件插补或软件插补, 硬件插补是采用插补器而软件插补是采用插补程序。硬件插补速度快而软件插补则较经济。在实际中有完全用硬件插补器来完成插补的; 有用软件程序完成粗插补, 用硬件插补器来完成细插补的; 也有完全用软件插补程序来完成插补的。

在软件插补中, 可采用逐点比较插补法, 数据采样插补法等多种方法。现以一平面直线采用数据采样插补法完成插补为例来说明插补过程。

如图 4-19 所示, 加工轨迹是一条直线  $OE$ , 起点坐标为  $O(0, 0)$ , 终点坐标为  $E(x_e, y_e)$ 。设数控装置进行插补计算的中断周期为  $T$ ; 编程的进给速度为  $F$ , 在  $T$  中断周期内坐标的位移量为  $\Delta L$ 。

先根据编程的进给速度  $F$  (mm/min), 算出刀具在每个插补中断周期  $T$  (ms) 内的位移量  $\Delta L$  ( $\mu\text{m}$ ), 可得到

$$\Delta L = F \times T \times \frac{10^3}{60 \times 10^3} = \frac{F \times T}{60}$$

再根据编程的终点坐标  $x_e, y_e$  计算出直线  $OE$  在各坐标轴上的分量  $x'_e, y'_e$  为

$$x'_e = \frac{x_e}{\sqrt{x_e^2 + y_e^2}}$$

$$y'_e = \frac{y_e}{\sqrt{x_e^2 + y_e^2}}$$

最后可求得在每个插补中断周期  $T$  内各坐标轴的位移量(简称段值)  $\Delta x, \Delta y$  为

$$\begin{cases} \Delta x = \Delta L \times x'_e \\ \Delta y = \Delta L \times y'_e \end{cases}$$

有了每个插补中断周期  $T$  内各坐标轴的位移量  $\Delta x, \Delta y$ , 就可将此位移量输出以控制伺服装置的运动, 每输出一次就检查一次还未输出的剩余量, 看剩余量是否还大于  $\Delta x, \Delta y$ , 如果还大于  $\Delta x, \Delta y$ , 就再一次地输出  $\Delta x, \Delta y$ , 直到剩余量小于  $\Delta x, \Delta y$ , 就不再输出  $\Delta x, \Delta y$ , 而是将最后的剩余量输出到伺服控制系统完成本段的插补工作。

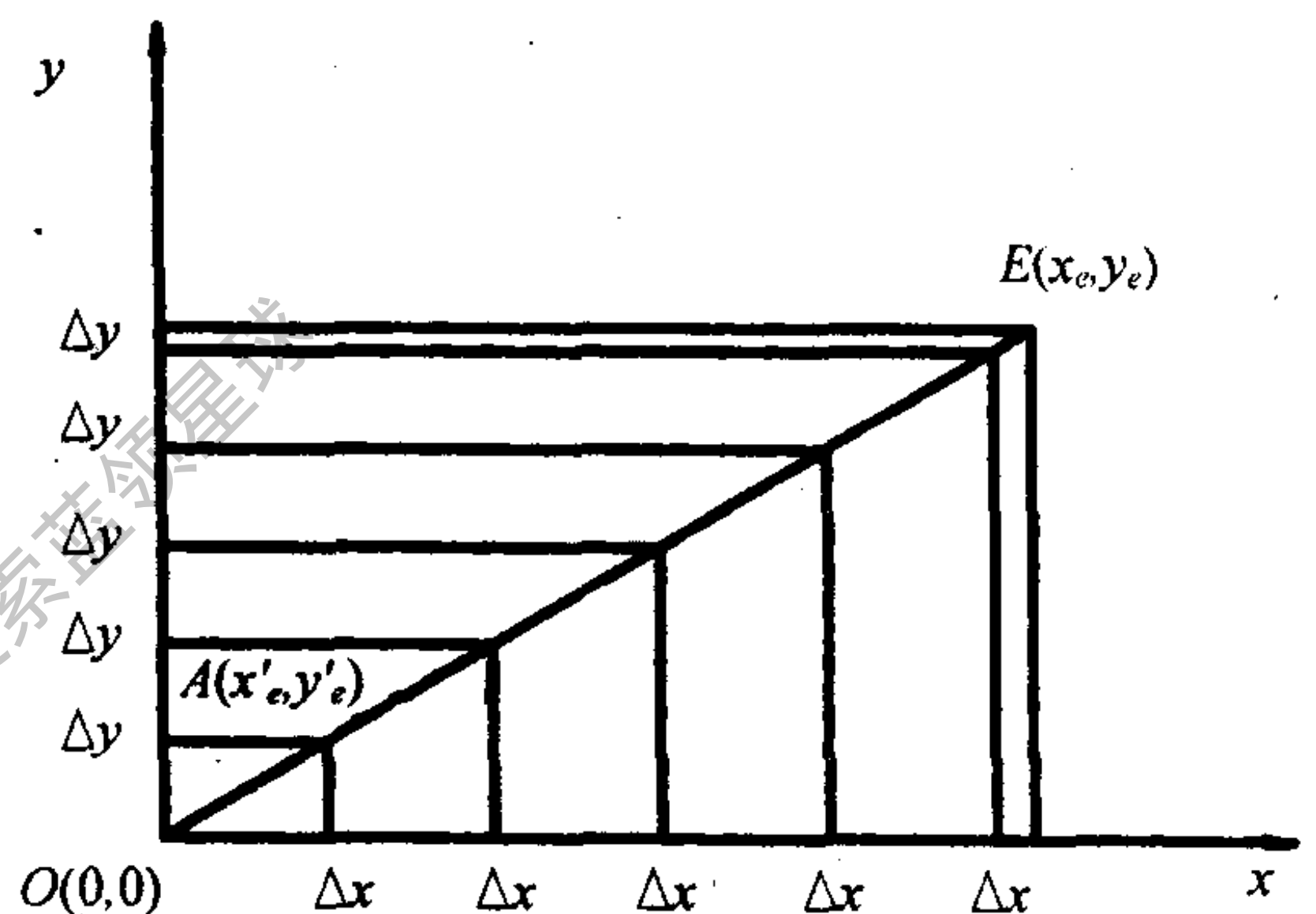


图 4-19 直线插补示意图

除上述的软件处理程序外,数控装置还有用于控制伺服驱动装置的伺服控制软件;用于抵消轴由正转变为反转或由反转变为正转时所产生的间隙对运动精度的影响的反向间隙补偿程序;有为提高运动和定位精度对丝杠螺距误差进行补偿的丝杠螺距补偿程序;有用于  $M$ 、 $S$ 、 $T$  辅助功能控制的程序;有用于系统管理和故障诊断的程序等等在这里就不一一叙述了。



**提示:**对数控系统原理、结构及功能的掌握和理解,有助于对在实际应用中所遇到的问题的快速分析和判断。

## 二、经济型数控机床的构成、特点及应用知识

### (一) 经济型数控机床的构成

数控机床种类繁多,根据其用途可分为数控车床、数控铣床、数控磨床、加工中心、数控线切割机、数控冲床、数控齿轮加工机床等等。根据其控制方式又可分为开环控制系统、半闭环控制系统、闭环控制系统。根据数控机床功能的繁简、造价的贵贱和加工精度的高低又可分为经济型数控机床、全功能型数控机床和精密型数控机床。不同的国家和不同时期,经济型数控机床的含义也是不一样的。我国在 20 世纪 90 年代以前将使用步进电机驱动的开环数控系统的机床视为经济型数控机床。随着数控系统成本的降低及数控系统功能的不断扩大,现在把一些只配有基本的数控功能并使用直流伺服电动机驱动半闭环数控系统的机床也视为经济型数控机床。

但无论什么样的经济型数控机床其构成基本上是一样的。图 4-20 是经济型数控机床构成框图。从图中可以看出,它是由控制介质、数控装置、伺服驱动装置、辅助控制装置、反馈装置和机床本体所构成。

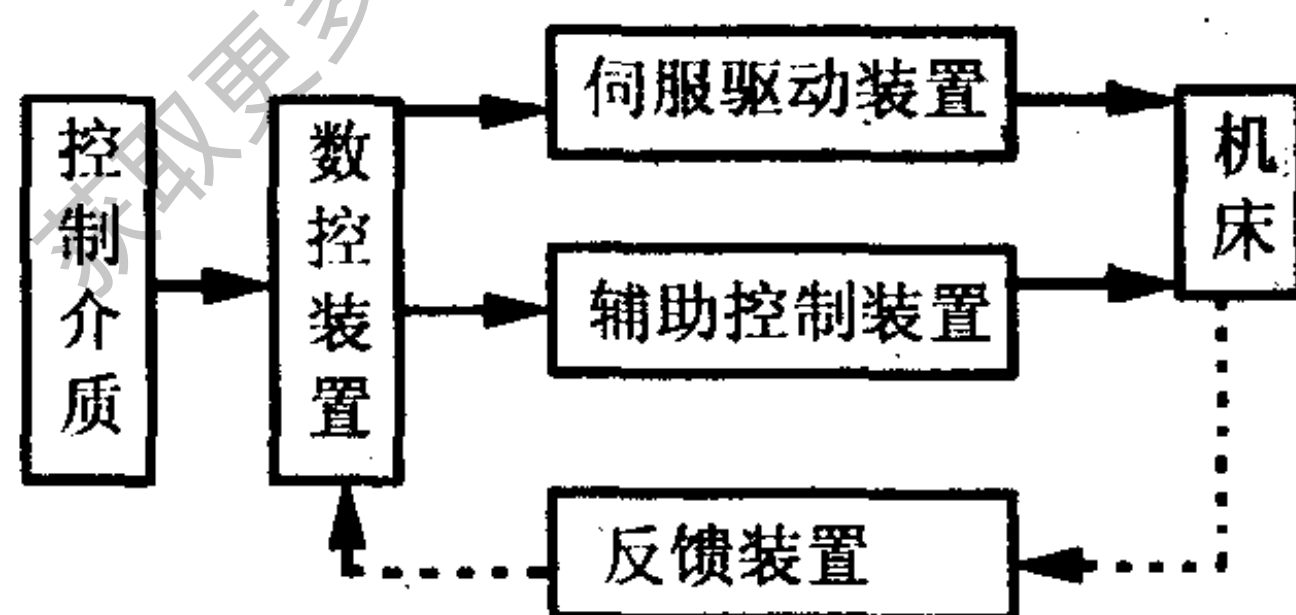


图 4-20 经济型数控机床构成框图

#### 1. 控制介质

数控机床是按照人的要求来完成加工任务的,这就要求在人与机床之间建立某种联系,这种联系的中间媒介物就叫做控制介质或信息载体。在控制介质上存储着零件加工所需的全部操作和位移信息。控制介质有穿孔带、磁盘、磁带和存储卡等。但穿孔带、磁带现在已很少使用了。在实际使用中,加工程序还可以通过操作面板输入到数控系统中。

#### 2. 数控装置

数控装置是数控机床的核心,它通过输入装置接收控制指令,经过存储、译码、运算、将控制指令转变成用于控制伺服驱动装置和辅助控制装置的电信号,并按一定的时序和要求输出给这些装置。

#### 3. 伺服驱动装置

伺服驱动装置接收来自数控装置的指令并把这些微弱的指令信号加以放大、转换、驱动功率器件推动步进电机或伺服电机。伺服驱动装置的性能是决定数控机床加工精度和生产效率的主要因素之一。

#### 4. 辅助控制装置

它的作用就是用于将来自数控系统的辅助功能指令转变为对主轴启动、停止、主轴换挡,冷却启动、停止,换刀等的控制。

#### 5. 反馈装置

为了使机床能准确按照数控装置发出的指令运动或定位,就需要将机床的实际位置和速度回送给数控装置,以便修正实际位置和速度并为下一步工作做好准备,反馈装置就是为此目的而准备的,具有反馈装置的数控系统被称为闭环数控系统;因此在开环数控系统中是没有反馈装置的。

#### 6. 机床本体

它是数控机床的主体,用于完成最终的运动和加工。

### (二) 经济型数控机床的特点

- (1)结构简单、工作稳定、成本低、使用维修方便,适用于精度要求不高的零件加工。
- (2)适合加工单件或小批量复杂工件。
- (3)生产效率高,操作者的劳动强度大大降低。
- (4)生产出的产品一致性好,互换性强。废品率低。
- (5)操作简单,易学易懂。

### (三) 经济型数控机床的应用

经济型数控机床所用的数控系统都是经济型数控系统,它具有结构简单、造价低、调试和维修方便的优点,但鉴于它的控制精度、进给速度、功能等方面的限制,经济型数控机床常用于数控线切割机、经济型数控车床、铣床、专用机床。另外,在旧机床和机床改造方面的应用也是比较广泛的。

在工厂企业,有许多老机床由于常年使用,它的传动机构中的很多零件都磨损严重或已经损坏,有的也无法找到合适的配件,大修的成本会很高或无法再修复或恢复不到原来的加工精度,而往往机床的床身和构架还比较好。在这种情况下,用经济型数控系统对其进行改造不但使机床能恢复其原有的功能和精度,而且使机床升级为数控设备,还能降低操作人员的劳动强度。在有些企业,当现有的设备不能满足生产要求而购买新设备资金投入又太大,这时利用现有的设备对其进行数控改造,使用经济型数控系统可能是其最佳的选择。



**提示:**所谓经济型数控机床都是相对而言的,同样叫做经济型数控机床,但其功能可以有较大的不同。



# 5

## 可编程序控制器

### 一、可编程序控制器的控制原理、特点及注意事项

#### (一) 可编程序控制器的产生及定义

早期的生产机械包括汽车生产流水线的自动控制系统基本上都是用我们所熟悉的继电器、接触器按一定的控制逻辑关系通过导线连接成控制装置的。它具有简单易懂,使用方便,价格低廉,在一定范围内能满足控制要求的特点,因而在工业控制领域中得到广泛应用并曾占据主导地位。但由于其固有的固定接线方式,使得每一次改型都直接导致继电器控制装置需要重新设计线路并连接安装。

20世纪60年代末,美国汽车制造行业竞争激烈,汽车型号更新的周期愈来愈短,为了适应生产工艺不断更新的需要,继电器控制装置就需要经常地重新设计和安装,十分费时,费工,费料,甚至阻碍了更新周期的缩短。为了改变这一现状,美国通用汽车公司(GM)于1968年首先公开招标,要求新型控制系统编程方便,可现场修改程序;维修方便,采用模块化结构;可靠性要高于继电器控制装置;体积要小于继电器控制装置;数据可直接送入管理计算机;成本可与继电器控制装置竞争;输出电流2A以上,能直接驱动电磁阀,接触器等;在扩展时,原系统只要很小变更;用户程序存储器容量至少能扩展到4K。

1969年,美国数字设备公司(DEC)根据这一要求研制出世界上第一台可编程逻辑控制器(PLC),并在美国通用汽车自动装配线上试用,获得了成功。由于这种新型的工业控制装置具有简单易懂,操作方便,可靠性高,通用灵活,体积小,使用寿命长等一系列优点,很快在其他行业也得到了推广应用。

这一新型工业控制装置的出现,也受到了世界其它国家的高度重视。1971年日本从美国引进了这项新技术。1973年,西欧国家也研制出了它们的第一台可编程逻辑控制器(PLC)。我国从1974年开始研制,于1977年开始工业应用。

早期的可编程控制器被称作 Programmable Logic Controller,简称 PLC,它主要是用来代替继电器实现逻辑控制。但随着技术的发展,这种装置的功能已经大大超出了逻辑控制的范围,后来这种装置被称作 Programmable Controller,简称 PC,译成中文的意思是可编程控制器。但是为了避免与个人计算机(Personal Computer)的简称(PC)混淆,所以现在我们仍将可编程控制器简称 PLC。

为了生产和发展标准化,1984年首先由美国电气制造商协会 NEMA(National Electrical

Manufactory Association)将可编程控制器正式命名为 PC(Programmable Controller),并给 PC 下了定义:“PC 是一个数字式的电子装置,它使用了可编程序的记忆体储存指令。用来执行诸如逻辑,顺序,计时,计数与演算等功能,并通过数字或类似的输入/输出模块,以控制各种机械或工作程序。一部数字电子计算机若从事执行 PC 之功能者,亦被视为 PC,但不包括鼓式或类似的机械式顺序控制器。”

1987年2月国际电工委员会(IEC)通过了对可编程控制器的定义:“可编程控制器是一种数字运算操作的电子系统,专为在工业环境应用而设计的。它采用一类可编程的存储器,用于其内部存储程序,执行逻辑运算,顺序控制,定时,计数与算术操作等面向用户的指令,并通过数字或模拟式输入/输出控制各种类型的机械或生产过程。可编程控制器及其有关外部设备,都按易于与工业控制系统联成一个整体,易于扩充其功能的原则设计。”



**提示:**可编程控制器是一种专为工业环境应用而设计制造的计算机。它具有丰富的输入/输出接口,并且具有较强的驱动能力。但它并不针对某一具体工业应用,在实际应用时,其硬件需根据实际需要进行选用配置,其软件需根据控制要求进行设计编制。

## (二) 可编程序控制器的发展

可编程序控制器是专为工业控制而设计制造的计算机中的一种。随着微处理器、大规模超大规模集成电路技术的迅速发展和数据通讯技术的不断进步,PLC 也得到了迅速发展,其发展至今已经过了三代:

### 1. 第一代 PLC(20 世纪 60 年代末至 70 年代中)

这一时期的 PLC 一般称为可编程逻辑控制器。其主要功能只是用来执行原来由继电器等完成的顺序控制、定时、计数等。装置中的器件主要采用分立元件和中小规模集成电路,存储器采用磁芯存储器。为适应工业控制环境它采取了一些措施,以提高其抗干扰的能力。在软件编程上,采用与继电器控制线路形式相似的编程方式——梯形图。并具有简单易懂、体积小、便于安装、能耗低、可靠性高、通用灵活、操作方便、控制逻辑易于更改、使用寿命长等一系列优点。

### 2. 第二代 PLC(20 世纪 70 年代中至 80 年代后)

以微处理器作为 PLC 的中央处理单元(CPU),使 PLC 的功能大大增强。在硬件方面,除了保持其原有的开关型输入输出模块以外,还增加了模拟量输入输出模块、远程输入输出模块、各种特殊功能模块。在软件方面,除了保持其原有的逻辑运算、定时、计数等功能以外,还增加了算术运算、数据处理和传送、通讯、自诊断等功能,并扩大了存储器的容量,增加了各种逻辑线圈的数量,提供了一定数量的数据寄存器,使 PLC 的应用范围得以扩大。

### 3. 第三代 PLC(20 世纪 80 年代后至今)

由于超大规模集成电路技术的迅速发展,使得 PLC 所采用的微处理器功能及速度普遍提高。加上各种专用处理芯片的使用,使 PLC 的处理速度,软、硬件的功能都发生了巨大变化,其功能及作用已远远超出了原本意义上的 PLC。

### (三) 可编程序控制器的原理、构成及特点

#### 1. PLC 的工作原理

为了便于理解可编程序控制器的工作原理,我们可以将可编程序控制器分为三个部分来理解,一个是输入部分,一个是内部控制部分,还有一个是输出部分,如图 5-1 所示。

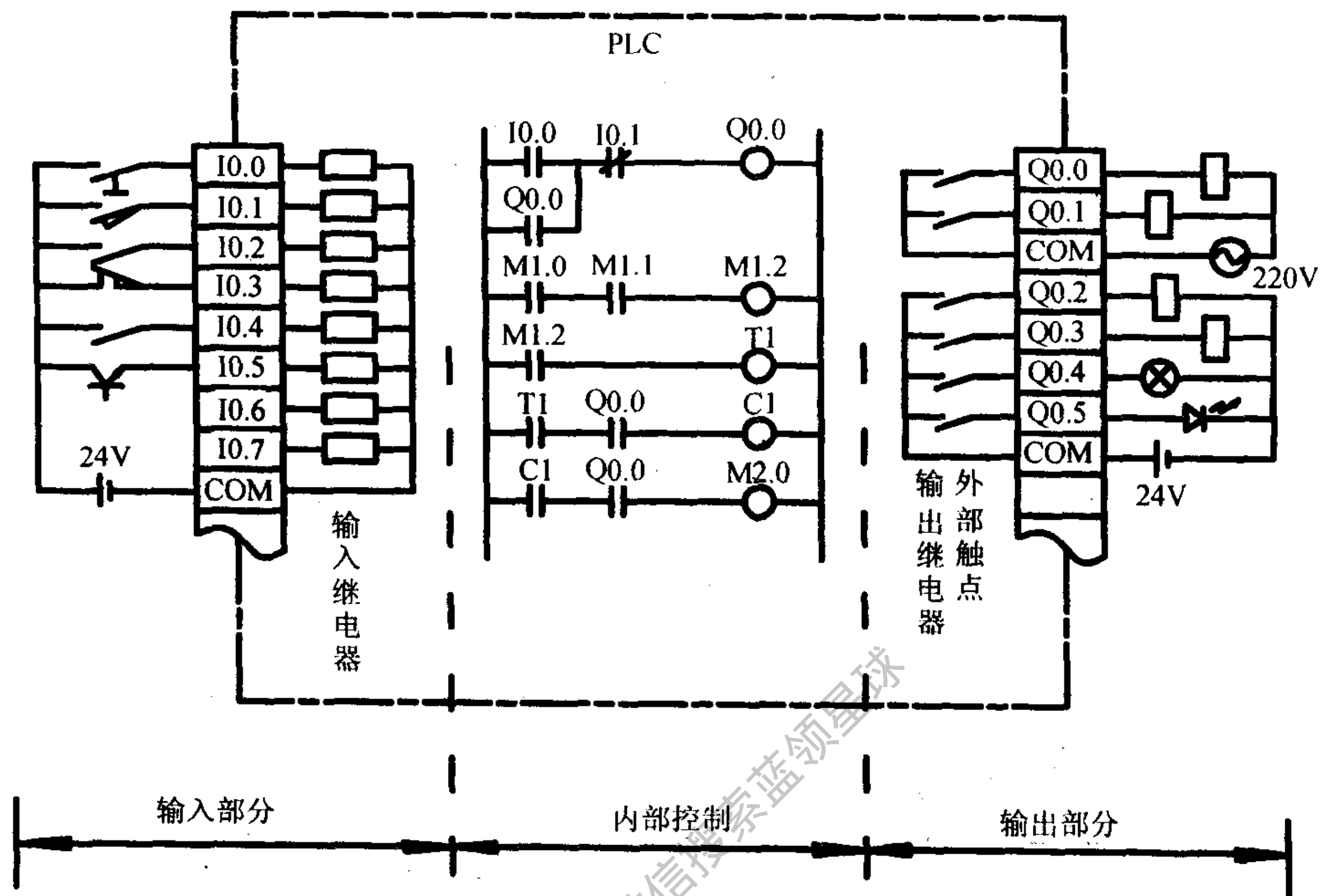


图 5-1 可编程序控制器示意图

(1) 输入部分 这部分包括输入接口端子和输入电路,输入端子用于连接按钮开关、行程开关、接近开关、各种传感器的输出等等,而输入电路则把这些开关或输出的信号作为可编程控制器的输入信号进行处理然后供内部控制装置使用。每一个输入信号所连接的点叫做一个输入点,如图 5-1 中所示的 I0.0、I0.1、I0.2 等等,输入电路所使用的电源可以由 PLC 提供,也可以由外部电源提供。为了增强 PLC 的抗干扰能力,提高其可靠性,PLC 的每个开关量输入端都采用光电隔离等技术。

(2) 内部控制装置 这部分是由控制硬件和控制软件所组成,控制硬件构成 PLC 的控制电路,它是由中央控制单元、存储器、逻辑电路、电源等组成,完成电信息的传输、控制、存放、逻辑判断等。而软件除完成用于 PLC 自身正常工作所必需的系统控制任务外,还要完成用户根据控制要求所编制的程序,其作用是按用户程序的控制要求对输入信号进行处理、判断,并将得到的结果输出给负载。PLC 内部有多种器件如辅助继电器(如 M0.0、M2.0 等等)、定时器(如 T0 等等)、计数器(如 C0 等等)、功能块、保持型继电器等等,不过这些器件都是软器件,也就是说它们都是由系统用软件模拟出来的,这些器件的连接则是根据我们所编写的应用程序(比如梯形图)连接起来的。现在我们编写 PLC 的应用程序所用的方法和语言有多种,如梯形图、结构图、语句表、C 语言等等,其中梯形图由于它是从继电器控制电路原理图演变来的,所以最适合于习惯继电器控制电路原理图的电气人员使用。图 5-2 示出了几种继电器原理图和梯形图的画法。

(3) 输出部分 这部分包括输出接口端子和输出电路,输出端子用于连接继电器、接触器、

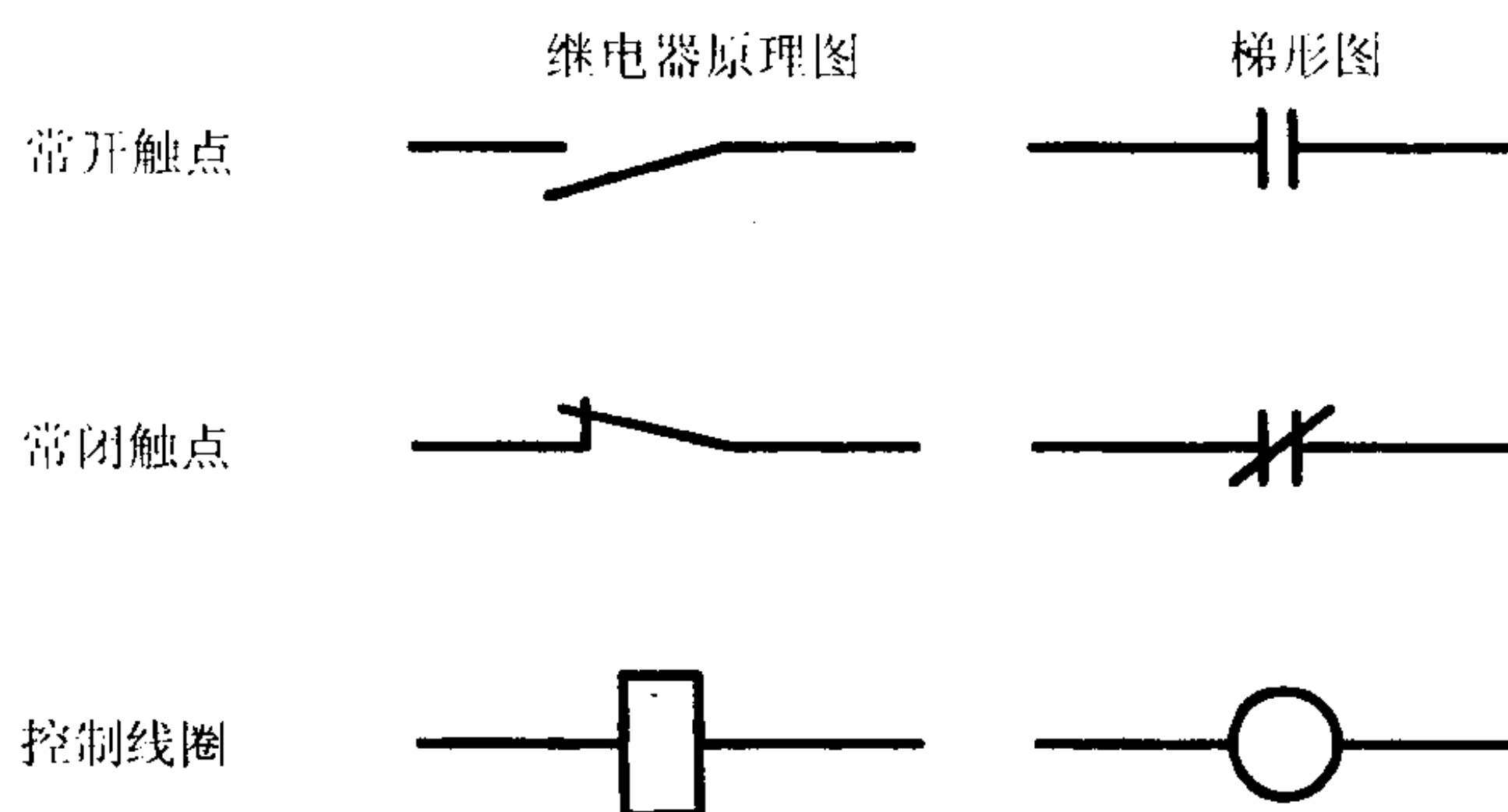


图 5-2 继电器原理图和梯形图的画法

电磁阀、指示灯等等,而输出电路则用于驱动输出继电器、输出晶体管等。每一个输出信号所连接的点叫做一个输出点,如图 5-1 中所示的 Q0.0、Q0.1、Q0.2 等等。输出驱动电路的驱动电源一般由外部电源提供,也就是说输出继电器、输出晶体管等供给负载的电源不是由 PLC 自身的电源提供的。

常用的继电器、接触器多是由一个控制线圈和几对常开或常闭触点构成(见图 5-3),当左边的控制线圈通电后,右边的几对常开或常闭触点便同时动作(接通或断开)。但在可编程序控制器中除了输出接口处的输出继电器以外,其他继电器都是在可编程序控制器中模拟出来的,每一个线圈和触点的控制是通过 PLC 的 CPU 采用顺序逻辑扫描用户程序的运行方式来完成,即如果一个输出线圈或逻辑线圈被接通或断开,该线圈的所有触点(包括常开或常闭触点)不会立即动作,必须等扫描到该触点时才会动作。举例来说,当(见图 5-4)继电器线

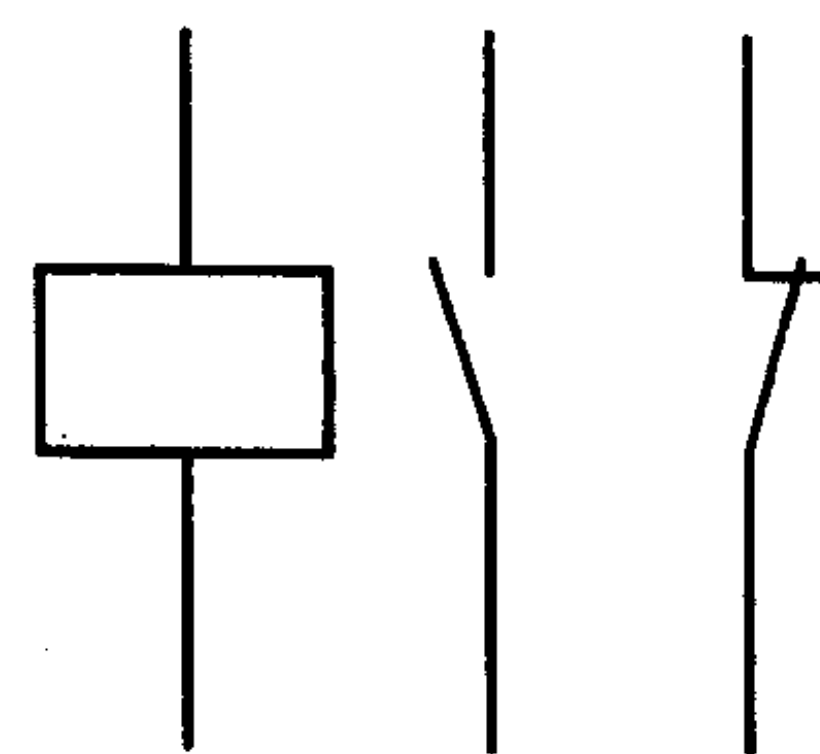


图 5-3 继电器示意图

圈 Q0.0 被接通时,继电器线圈 Q0.1 和 Q0.2 不会同时接通,继电器线圈 Q0.1 要比 Q0.2 早接通。原因是 PLC 的程序是按扫描 Q0.0 行→扫描 Q0.1 行→扫描 Q0.2 行→扫描 Q0.3 行→……的顺序执行的。为了消除继电器控制与 PLC 控制之间由于运行方式不同而造成的差异,考虑到继电器控制装置各类触点的动作时间一般在 100ms 以上,而 PLC 扫描用户程序的时间一般均小于 100ms,因此,PLC 采用了一种不同于一般微型计算机的运行方式即扫描技术。只要程序安排合理,PLC 与继电器控制装置的处理结果是一样的。

所谓扫描技术是指 PLC 开始运行后,首先是对输入(如按钮、行程开关、继电器触点等)采样(提取它们的状态),然后执行用户程序(对控制逻辑进行处理),最后对输出进行刷新(改变需要改变的输出状态)。完成上述三个阶段称作一个扫描周期。在 PLC 整个运行期间,它的 CPU 以一定的扫描速度不断重复执行上述三个阶段(见图 5-5)。

①输入采样阶段 在此阶段,PLC 以扫描方式依次读入所有输入状态和数据,如开关点的通、断状态,A/D 转换值等,并将它们存入相应的单元内。输入采样结束后,PLC 转入执行用户程序和输出刷新阶段。一旦输入采样结束,在 PLC 执行用户程序和输出刷新阶段,即使输入状态和数据发生变化,相应单元的状态和数据也不会随输入状态和数据的变化而改变。因此,如果输入是脉冲信号,则该脉冲信号的宽度必须大于一个扫描周期,才能保证在任何情况下,该输入均能被读入。

②执行用户程序阶段 在此阶段,在无中断或跳转控制的前提下,PLC 总是按由上而下的

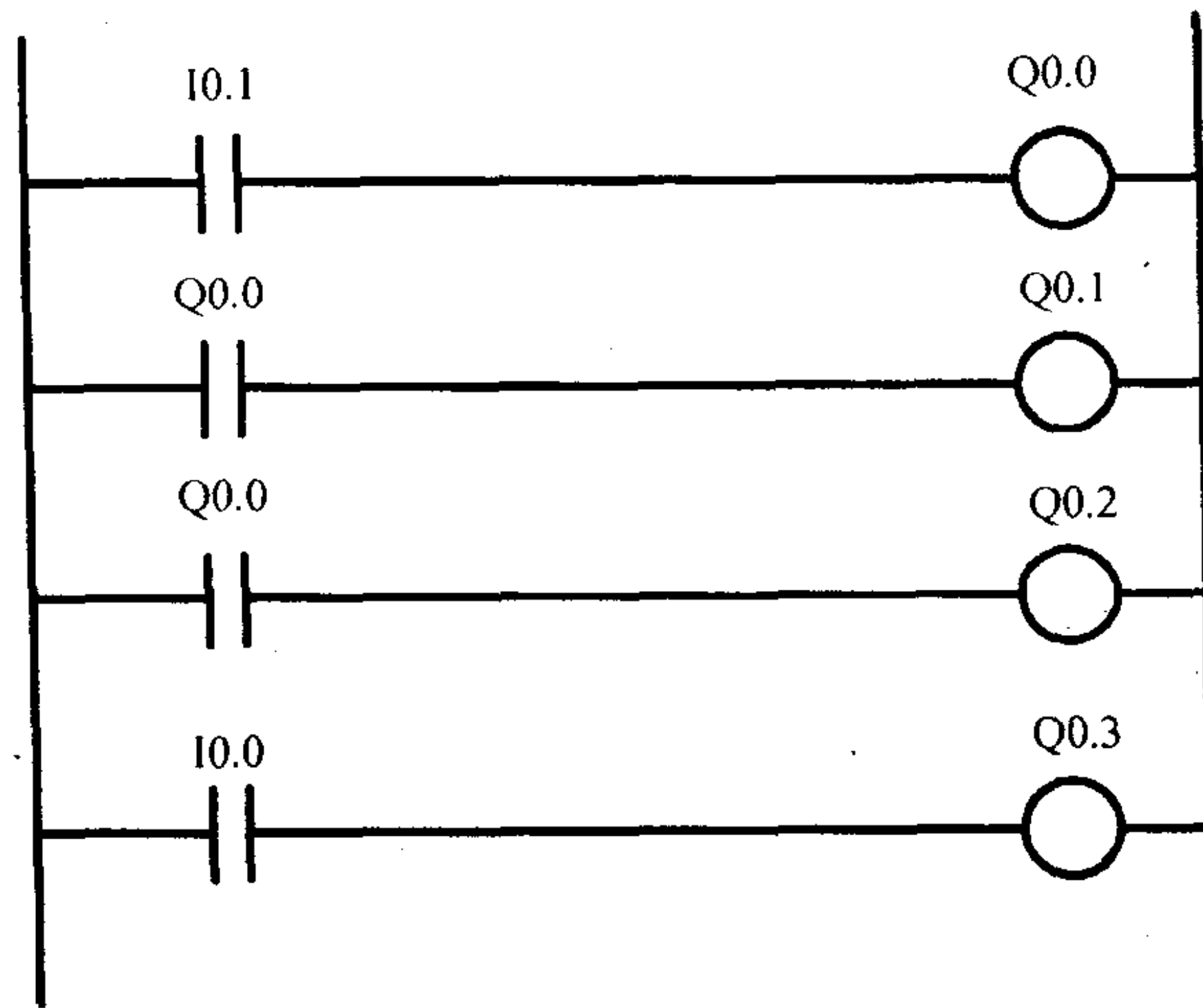


图 5-4 PLC 梯形图

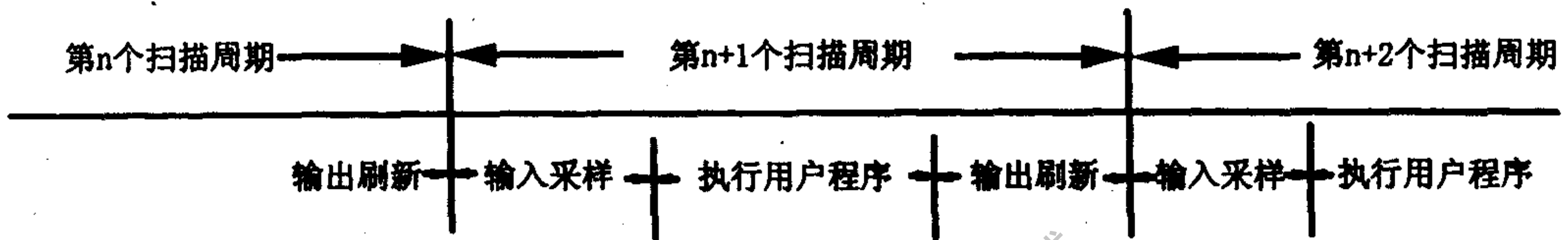


图 5-5 PLC 扫描周期示意图

顺序依次地扫描用户程序(梯形图)(见图 5-6)。在扫描每一行梯形图时,又总是先扫描梯形

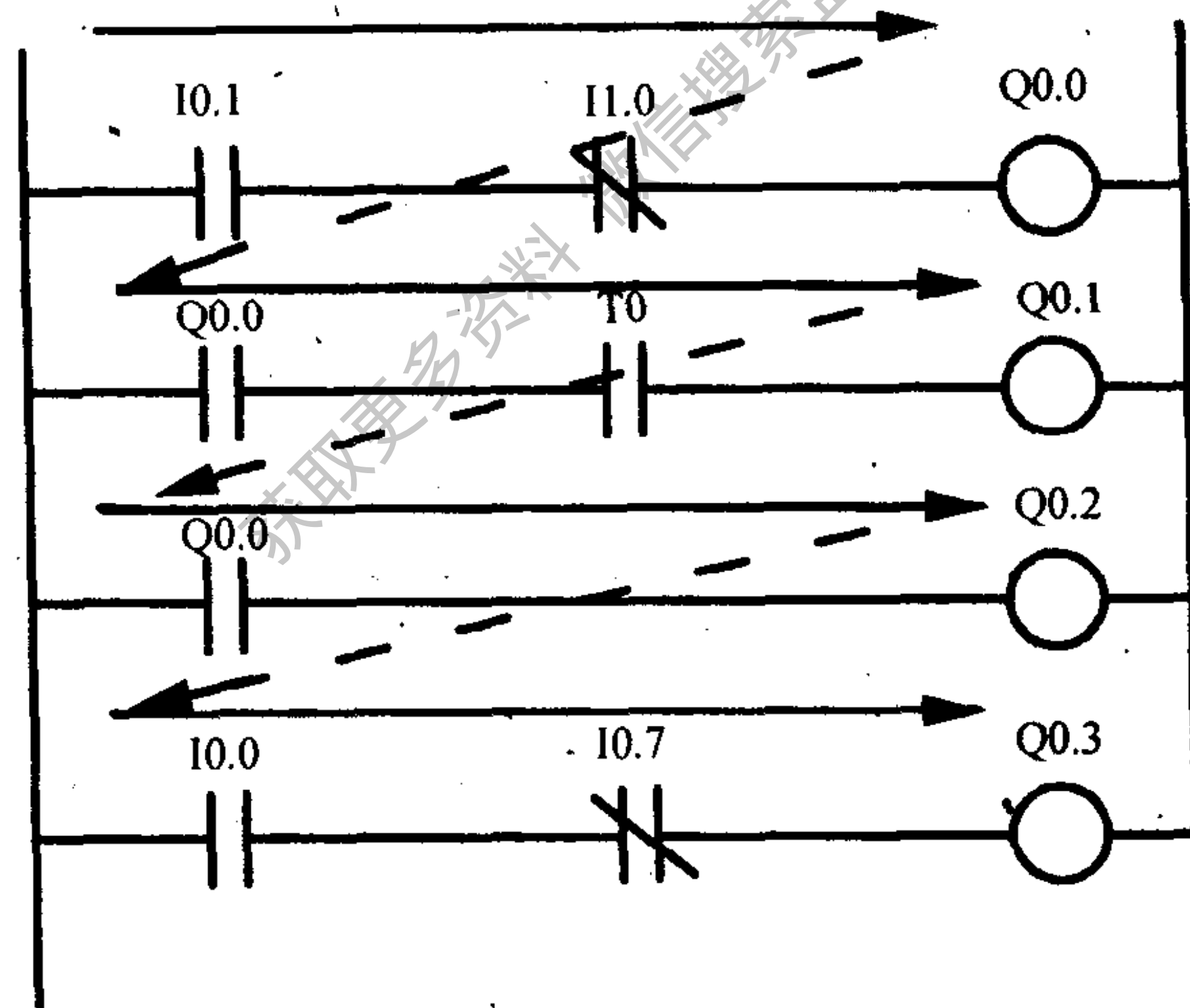


图 5-6 PLC 程序执行示意图

图左边的由各触点构成的控制线路,并按先左后右、先上后下的顺序对由触点构成的控制线路进行逻辑运算,然后根据逻辑运算的结果,刷新该逻辑线圈在系统存储区中对应位的状态;或者刷新该输出线圈对应位的状态;或者确定是否要执行该梯形图所规定的特殊功能指令。即,在用户程序执行过程中,只有输入点的状态和数据不会发生变化,而其他输出点和软设备的状态和数据都有可能发生变化,而且排在上面的梯形图,其程序执行结果会对排在下面的凡是用到这些线圈或数据的梯形图起作用;而排在下面的梯形图,其被刷新的逻辑线圈的状态或数据只能到下一个扫描周期才能对排在其上面的程序起作用。

③输出刷新阶段 当扫描用户程序结束后,PLC 就进入输出刷新阶段。在此期间,CPU 按照对应的状态和数据刷新所有的输出锁存电路,再经输出电路驱动生产现场的执行机构。一般来说,PLC 的扫描周期还应包括自诊断、通讯等,如图 5-7 所示。

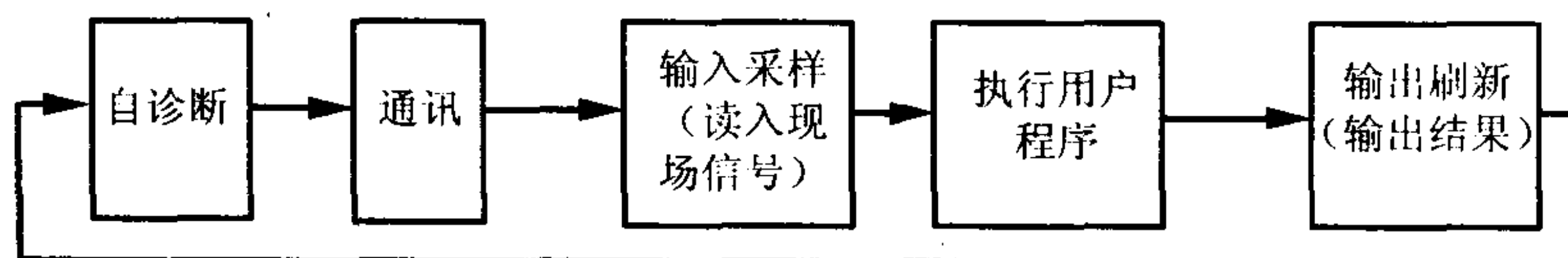


图 5-7 PLC 工作过程示意图

自诊断是 PLC 在每次扫描用户程序以前,对包括输入/输出部分,存储器、CPU 等部分进行故障判断。一旦发现异常立即执行故障处理程序,保留现行工作状态,把所有输出点置成“OFF”状态,并发出报警信号和显示出错信号,若自诊断正常,则继续向下扫描。

自诊断后,如果没有发现故障,PLC 即检查是否有编程器等的通讯请求,若有则进行相应的处理,如接受由编程器送来的程序、命令和各种数据,并把要显示的状态、数据、出错信息等发送给编程器进行显示。



提示:对于熟悉了常规电气逻辑控制的人们来说,在刚接触 PLC 时,如果不了解 PLC 与常规电气逻辑控制中的区别,常会出现编出的程序与实际功能要求不符,因此,了解并掌握 PLC 的工作原理,对于减少实际应用中的失误是很有帮助的。

## 2. PLC 的基本结构

PLC 实质是一种专用于工业控制的计算机,其硬件结构基本上与微型计算机相同,它一般由中央处理器、存储器、输入/输出、编程器、电源五个部分组成。如图 5-8 所示。

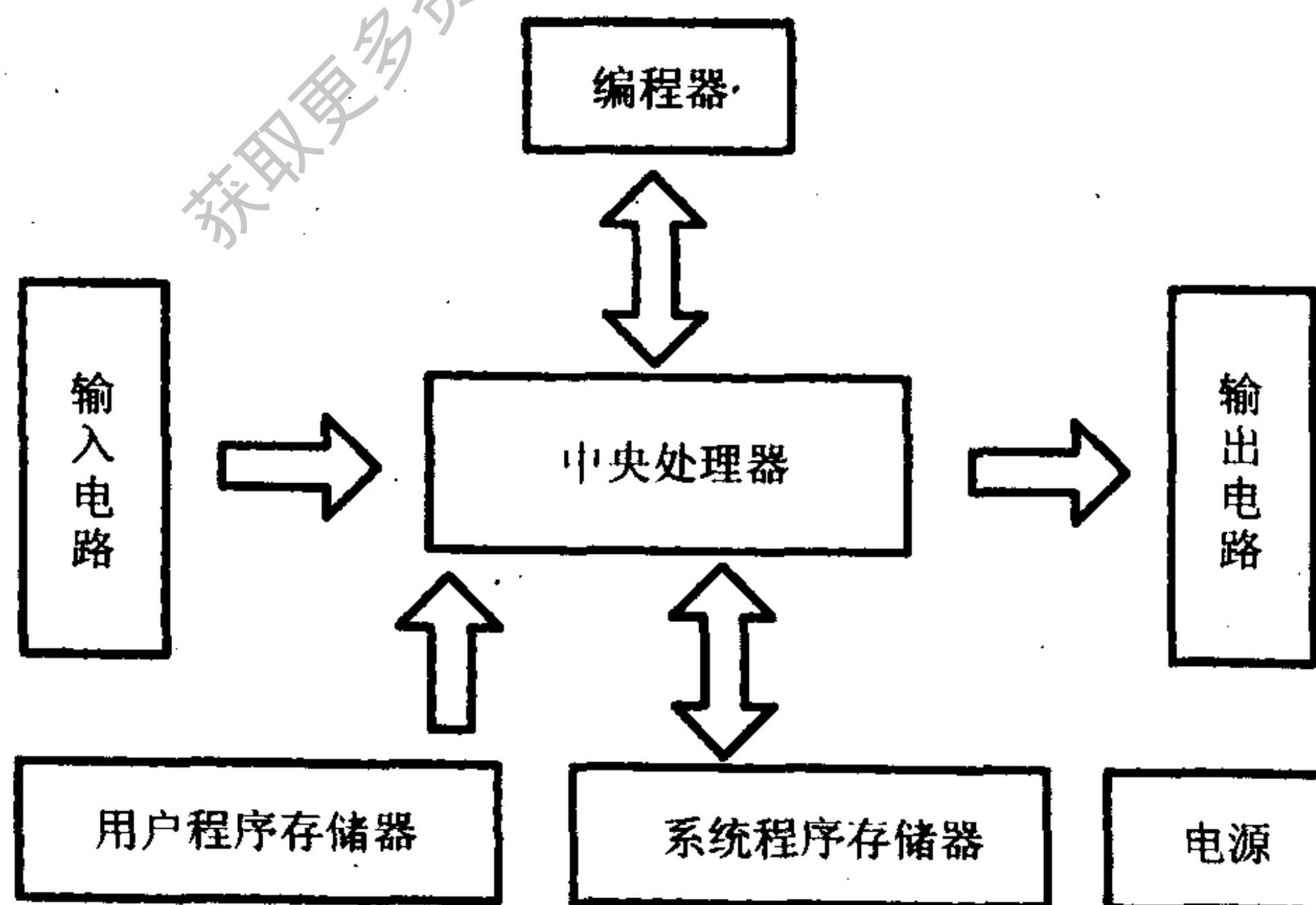


图 5-8 PLC 结构框图

(1)中央处理器 中央处理器简称 CPU,是 PLC 的控制中枢。它按照 PLC 系统程序赋予的功能接收并存储从编程器键入的用户程序和数据;针对外部输入信号做出正确的逻辑判断,并将结果输出给有关部分。检查电源、存储器、输入/输出的状态,如发现错误及时报警并做出相应的处理,协调 PLC 各部分的工作。

为了进一步提高 PLC 的可靠性,近年来对大型 PLC 还采用双 CPU 构成冗余系统,或采用

三 CPU 的表决式系统。这样,即使某个 CPU 出现故障,整个系统仍能正常运行。

(2)存储器 在 PLC 中所使用的存储器可根据其类型和用途来分类,根据类型来分,PLC 中常用的有 RAM、EPROM、EEPROM;根据用途来分则可分为存放系统软件的系统程序存储器和存放应用软件的用户程序存储器。

按类型分:

① RAM (Random Access Memory) 这是一种随机存/取存储器,其存取速度快,但其内容须用电源保持,一旦失电,其保存的内容也将丢失。

② EPROM(Erasable Programmable Read Only Memory) 这是一种在断电情况下,也能保持其内容不变的只读存储器。但在特定紫外线连续照射下可擦除存储器内容。

③ EEPROM (Electrical Erasable Programmable Read Only Memory) 这也是一种在断电情况下能保持其内容不变的只读存储器。只是它的内容的擦除是靠通以特定的电压。因此,使用编程器就能很容易地对其所存储的内容进行修改。

按用途分:

①系统程序存储区 在此存储区中存放着相当于计算机操作系统的系统程序。包括监控程序、管理程序、命令解释程序、功能子程序、系统诊断子程序等。它是由制造厂商将其固化在只读存储器中。它和硬件一起决定了该 PLC 的性能,是用户不能改变的。

②用户程序存储区 在此存储区存放用户编制的用户程序。不同类型的 PLC,其存储容量各不相同。

在 PLC 系统工作时,有些数据是随时可能发生变化的,如计时器、计数器、变址寄存器、累加器等存储器的内容,还有一些数据需要临时存在某一个区域中如逻辑线圈的状态、数据寄存器的内容等,这些内容都是存在 RAM 存储器中的。

(3)电源 PLC 的电源在整个系统中起着十分重要的作用。它的好坏直接影响 PLC 的功能及可靠性,目前大部分 PLC 采用开关式稳压电源,工作电源电压范围比较宽,有极好的抗干扰能力。为了能够在断电后保存用户程序及断电不能丢失的数据,PLC 一般用锂电池作为其后备电源。

(4)输入/输出电路 输入/输出电路是联接 PLC 控制电路与被控设备的纽带,设备需要输入到 PLC 的各种信号如按钮开关的通断信号,来自传感器的输出信号,各种计数脉冲信号等等都是通过输入电路将这些信号转换成 PLC 控制系统能够接受和处理的数字信号。输出电路则将 PLC 控制系统送出的弱电信号转换成能接通强电信号的输出用以控制接触器、电磁阀等执行元件。

(5)编程器 编程器是人与 PLC 对话的工具,通过它人们可以把控制程序输入 PLC,可以通过它编写程序、检查程序、修改程序、调试程序,检测 PLC 的工作状态,查找故障。

### 3. PLC 的主要特点

(1)高可靠性 由于可编程序控制器是以集成电路为基本元件的电子设备,能耗低,内部处理不存在机械触点,再加上其自身监测功能能检查出自身的故障,这都大大的提高了它的可靠性,目前 PLC 整机平均无故障工作时间已可达到 5 万小时以上。

(2)丰富的 I/O 接口模块 除了常规的开关量输入输出接口模块以外,它还有模拟输入模块、模拟输出模块、位控模块、步进控制模块等多种用于特殊用途的模块。

(3)采用模块化结构 这种结构使得 PLC 配置灵活、易于安装和调试、减少不必要的浪费、易于扩充、可根据生产实际的控制要求配置各种不同的模块,构成不同的控制系统。

(4)编程简单易学 它有多种编程方法和语言,可适用于不同水平不同层次的人员使用。

(5)安装简单,维修方便 高度的集成化,高可靠性,高智能化大大的减轻了安装和维修人员的工作量。

#### 4. PLC 的分类

由于 PLC 用途广泛,结构形式多种多样,因此它的分类方法也是多种多样,我们通常可以从 PLC 的 I/O 点数和结构两个方面来分。

##### (1)从 I/O 点数来分

①小型 PLC 小型 PLC 的 I/O 点数一般在 128 点以下。体积小、结构紧凑, I/O 以开关量为主,有些还可以连接模拟量 I/O 和一些特殊功能模块。它能执行包括逻辑运算、定时、计数、算术运算、数据处理和传送、通讯联网及各种应用指令。

②中型 PLC 中型 PLC 的 I/O 点数一般在 128 ~ 1 024 点之间。I/O 的处理方式除了采用一般 PLC 通用的扫描处理方式外,还能采用直接处理方式,即可在扫描用户程序的过程中,读输入状态,或刷新输出。它能联接各种特殊功能模块,通讯联网功能更强,指令系统更丰富,内存容量更大,扫描速度更快。

③大型 PLC 大型 PLC 的 I/O 点数在 1 024 点以上。具有极强的自诊断功能。能进行中断控制、智能控制、远程控制。有各种通讯联网的模块,可以构成三级通讯网,实现工厂生产管理自动化。还可以采用多 CPU 表决式系统,使机器的可靠性更高。

##### (2)从结构来分

①一体化结构 这种结构的 PLC 其中央处理器、输入/输出部件、存储器、电源部件、通讯部件等都集中在一个结构框架中,体积小、结构紧凑、价格低、重量轻、易于安装。适用于工业生产中的单机控制。

②模块式结构 这种结构的 PLC 其功能部件是以模块的形式存在,如中央处理器模块、输入模块、输出模块、电源模块、模拟输入模块等等,使用时可将这些模块根据需要通过一个通用机架组合到一起,其特点是配置灵活、减少 I/O 的浪费、易于扩充、可根据生产实际的控制要求配置各种不同的模块,构成不同的控制系统。

### (四)可编程序控制器在使用中应注意的事项

因 PLC 是专门为在工业生产环境中使用而设计制造的,所以它的可靠性高,抗干扰能力强,一般不需要对其采取特别措施来适应工业环境。但作为设备它也要求一定的工作环境和条件才能保证安全运行。

PLC 使用中需注意的地方可包括使用环境、安装、接线、编程、操作等,这里只简单介绍一下在使用环境、安装和接线方面应注意的一些事项,有关编程和操作中应注意的地方在以后的章节中再叙述。

#### 1. PLC 对安装环境的要求

不同的 PLC 对安装环境的要求会有所不同,这要以 PLC 产品说明书上的要求为准。通常环境要求包括:

(1)工作环境温度。

(2)工作环境相对湿度。

(3)是否有易燃、易爆和腐蚀性气体。



(4)有无导电灰尘和导电体。

(5)振动和冲击强度。

(6)有无强电磁场。

(7)对液体的防护要求。

## 2. PLC 安装方法

一般在 PLC 的使用说明书中对在安装上应注意的地方都有较详细的说明,使用时应按照说明书中的要求来安装,这里只罗列一些通常应注意的地方:

(1)安装是否牢固。

(2)便于接线和调试。

(3)满足 PLC 对环境的要求。

(4)防止装配中残留的导线和铁屑的进入。

(5)防止电击。

## 3. 接线

在对 PLC 进行外部接线前,必须仔细阅读 PLC 使用说明书中对接线的要求,因为这关系到 PLC 能否正常而可靠的工作、是否会损坏 PLC 或其他电器装置和零件、是否会影响 PLC 的寿命。下面是一些在接线中容易出现问题的方面:

(1)接线是否正确无误。

(2)是否有良好的接地。

(3)供电电压、频率是否与 PLC 所要求的一致。

(4)输入或输出的公共端应当接电源的正极还是负极。

(5)传感器的漏电流是否会引起 PLC 状态误判。

(6)过载、短路。

(7)防止强电场或动力电缆对控制电缆的干扰。



**提示:**为保证人身和设备的安全,严格按照 PLC 使用说明书中对安全注意事项的要求去做是极其重要的。

## 二、编程器的使用方法

PLC 已被广泛的用于各行各业,型号、品牌、功能、大小各不相同,但其工作原理和使用方法却大同小异,为了对实际的 PLC 的使用方法有一个了解,这里以日本 OMRON(欧姆龙)公司生产的 C 系列 PC 机为例介绍一下 PLC 的使用。

### (一) 结构与指令

#### 1. 外部结构

P 型机外部结构见图 5-9 和图 5-10,图 5-9 是主机,它可以独立工作,主机上装有与供电电源连接的电源连接端子;有安全保护接地端子;有给输入端供电的 24V 直流电源连接端子;有用于信号输入和输出的端子;有用于高速计数的高速计数器端子;还有一个状态指示区,

它可显示 PLC 的工作状态;为与编程器连接而设有编程器接口;考虑到单用主机箱上的输入/输出点有时可能不够用,还需要扩展,所以它设有 I/O 扩展连接插座。

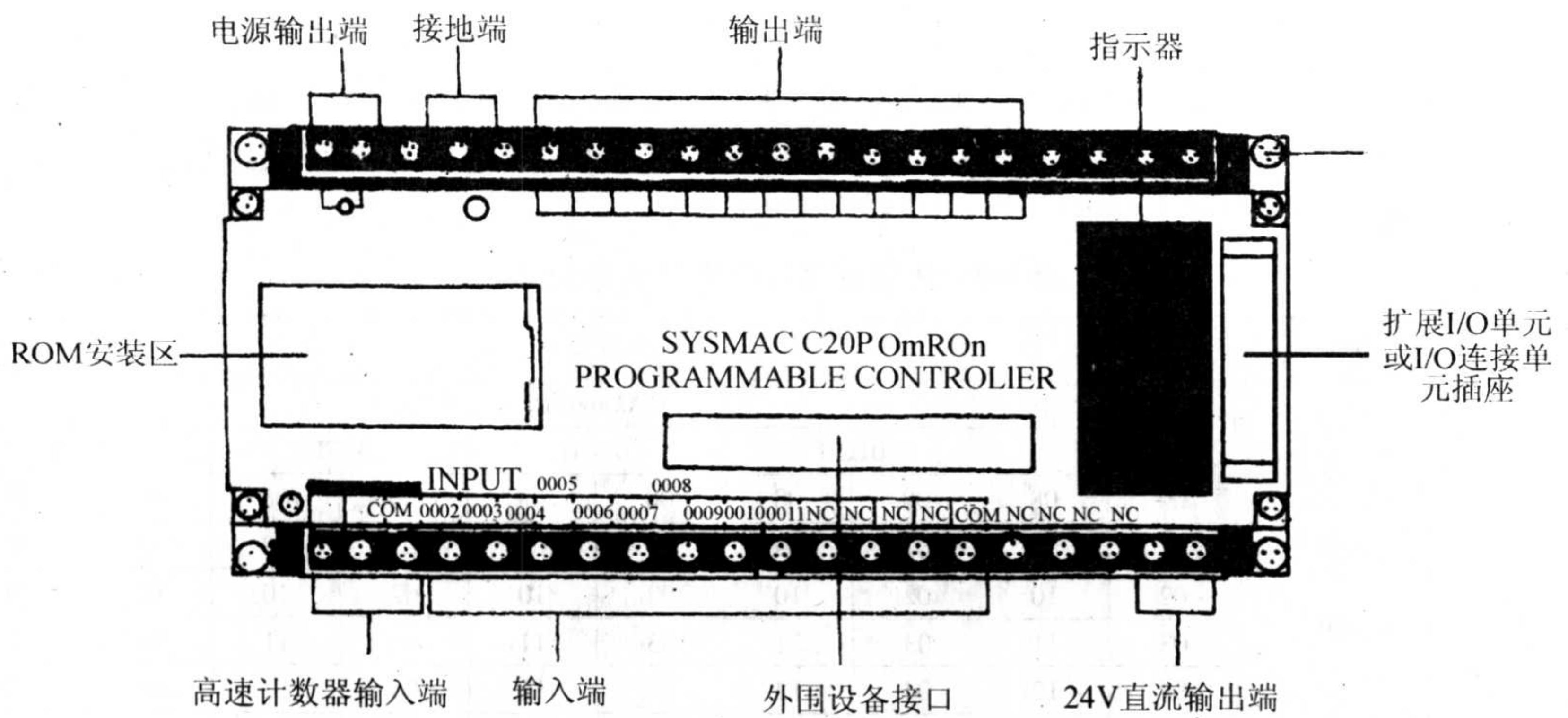


图 5-9 主机面板图

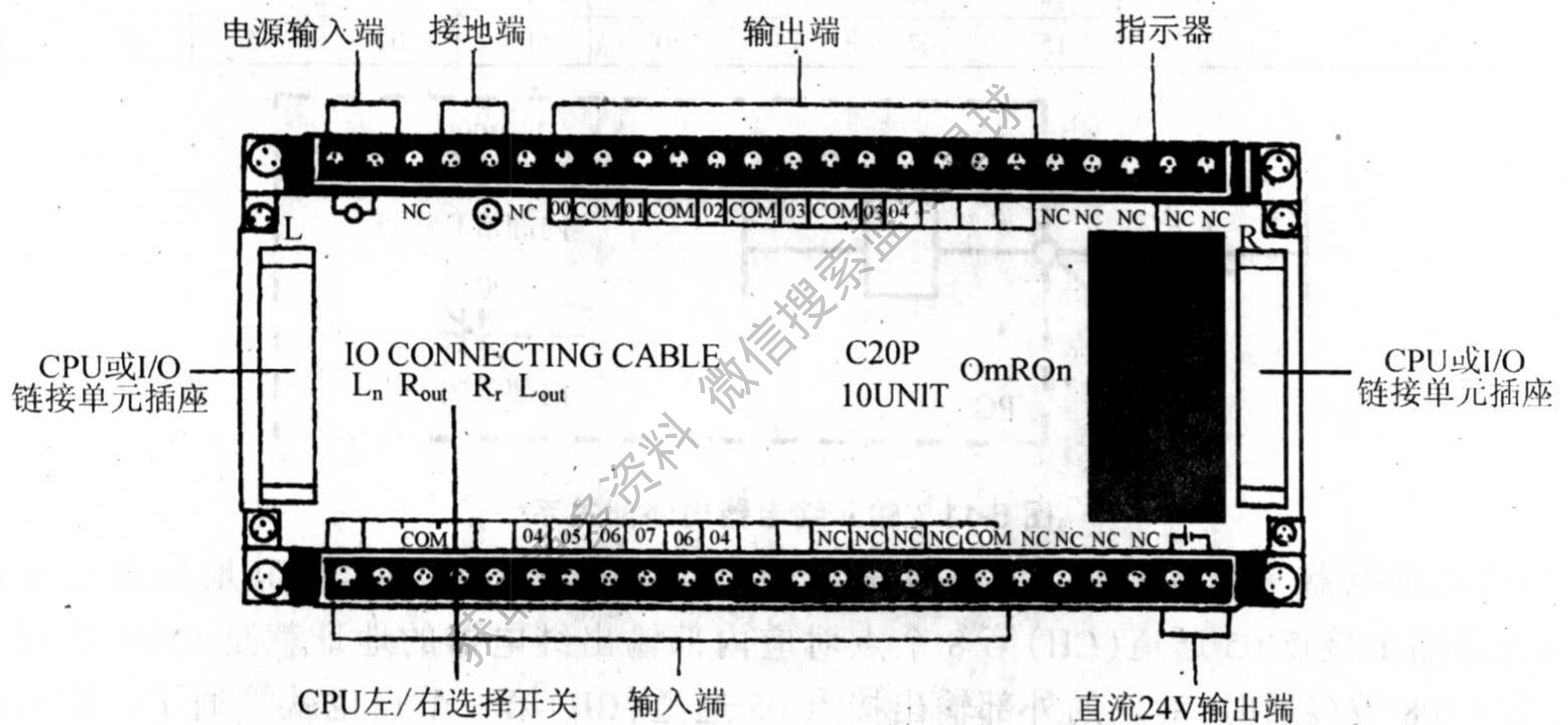


图 5-10 扩展机面板图

图 5-10 是扩展机,它不能独立工作,端子配置与主机类似,但没有用于高速计数的高速计数器端子;没有与编程器连接的编程器接口。

P 型机输入/输出点及其组合可见表 5-1

表 5-1 输入/输出点及其组合

类型	输入点	输出点	类型	输入点	输出点
C20P-C 或 C20PQEE	12	8	C28P-C 或 C20P-E	28	20
C28P-C 或 C28PQEE	16	12	C40P-C 或 C28P-E	40	28
C40P-C 或 C40PQEE	24	16	C60P-C 或 C40P-E	56	44
C60P-C 或 C60PQEE	32	28			

## 2. 内部功能

由于 PLC 主要是进行逻辑控制,所以它有许多对应的用于逻辑控制的内部器件,有输入继电器、输出继电器、内部辅助继电器、保持型继电器、计数器、定时器、特殊继电器等,它们以通道的形式被分成若干组,每个通道有 16 个点,并用 4 位数字指定一个点的地址,比如说 0208

表示 02 通道(CH)的第 08 点。下面对这些内部逻辑控制器作一下介绍。

(1)输入继电器 输入继电器的编号是和 PLC 外部的输入点对应的,其地址表见表 5-2。比如说外部输入接点 00 通道(CH)第 2 个点对应的内部输入继电器的地址就是 0002,当外部输入接点 00 通道(CH)第 2 个点被接通时,对应的内部输入继电器 0002 也就接通了。输入继电器内外部关系见图 5-11 所示。需要注意的是外部有多少个输入点,内部也只能用多少个对应的输入继电器。

表 5-2 P 型机输入继电器的地址表

名称	点数	继电器号									
		0000to0415									
		00CH		01CH		02CH		03CH		04CH	
输入继电器	80	00	08	00	08	00	08	00	08	00	08
		01	09	01	09	01	09	01	09	01	09
		02	10	02	10	02	10	02	10	02	10
		03	11	03	11	03	11	03	11	03	11
		04	12	04	12	04	12	04	12	04	12
		05	13	05	13	05	13	05	13	05	13
		06	14	06	14	06	14	06	14	06	14
		07	15	07	15	07	15	07	15	07	15

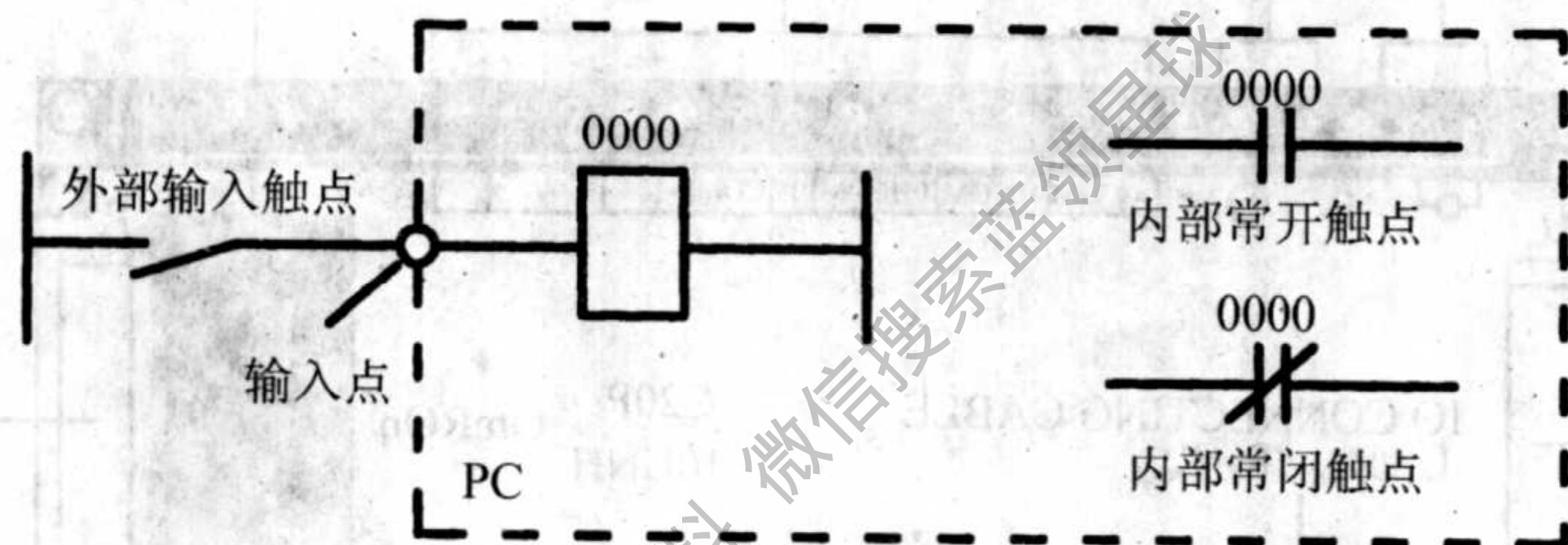


图 5-11 输入继电器内外部关系

(2)输出继电器 输出继电器的编号是和 PLC 外部的输出点对应的,其地址表见表 5-3。比如说外部输出接点 05 通道(CH)第 8 个点对应内部输出继电器的地址就是 0508,当内部输出继电器 0508 被接通时,对应的外部输出接点 05 通道(CH)第 8 个点也就接通了。输出继电器内外部关系见图 5-12 所示。需要注意的是外部有多少个输出点,内部也只能用多少个对应的输出继电器。

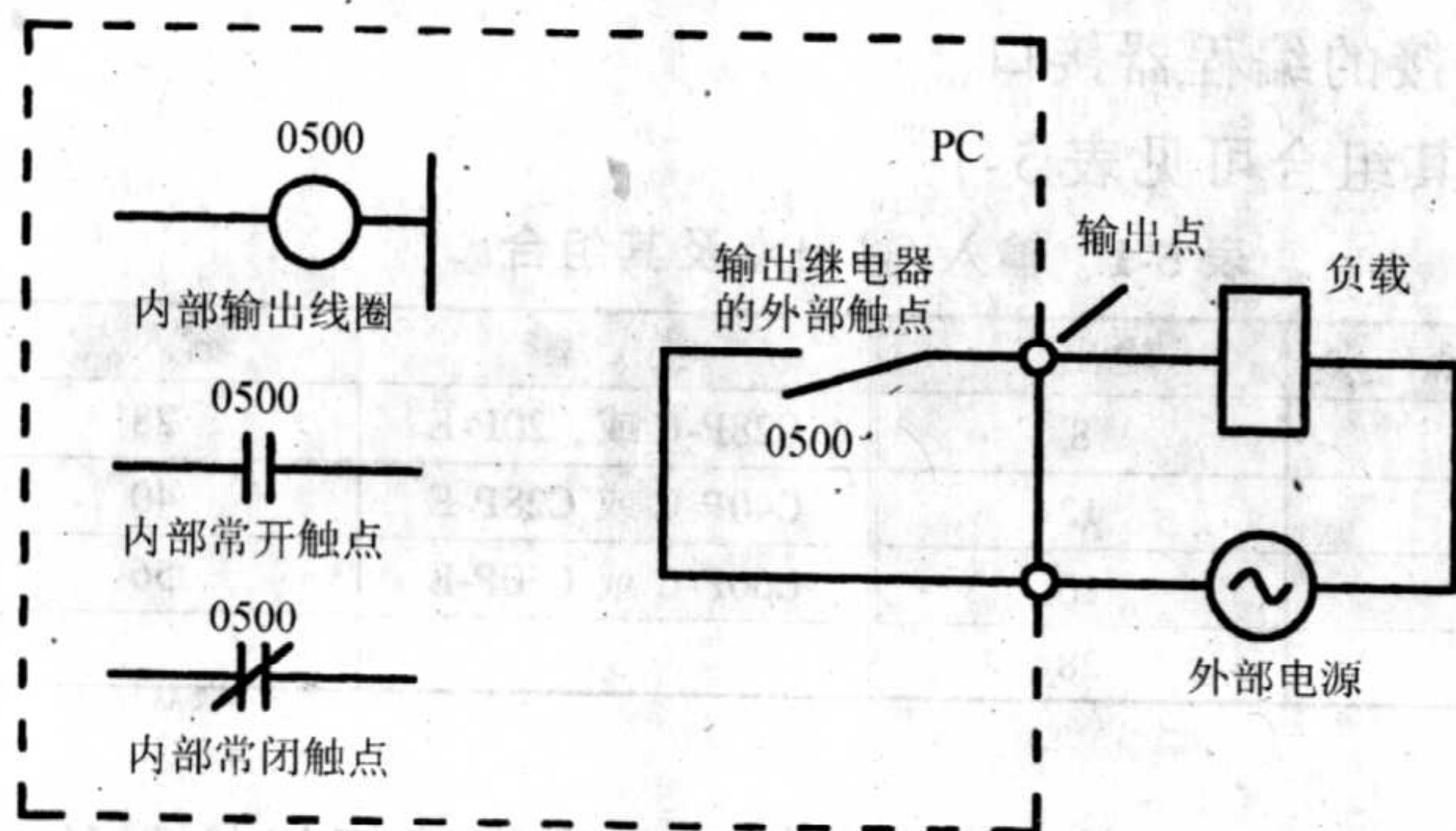


图 5-12 输出继电器内外部关系

表 5-3 P 型机输出继电器的地址表

名称	点数	继电器号									
		0500to0915									
输出继电器	80	05CH		06CH		07CH		08CH		09CH	
		00	08	00	08	00	08	00	08	00	08
		01	09	01	09	01	09	01	09	01	09
		02	10	02	10	02	10	02	10	02	10
		03	11	03	11	03	11	03	11	03	11
		04	12	04	12	04	12	04	12	04	12
		05	13	05	13	05	13	05	13	05	13
		06	14	06	14	06	14	06	14	06	14
		07	15	07	15	07	15	07	15	07	15

(3)内部继电器 内部继电器类似继电器控制电路中的中间继电器,它不能直接驱动外部设备,但可以受控或控制其他继电器。内部继电器有关参数见表 5-4。它包括内部辅助继电器,其地址表见表 5-5;保持继电器,其地址表见表 5-6;暂存继电器、数据存储继电器和特殊内部辅助继电器。其地址表见表 5-7。

表 5-4 内部继电器参数表

内部继电器	辅助继电器	136 点(1000 ~ 1807),使用 FUN98 指令时,1807 为高速计数器软复位
	保持继电器	160 点(HR000 ~ 915),停电保持内容
	暂存继电器	8 点(TR0 ~ 7)
	计数/计时器	48 个(TIM/CNT00 ~ 47),计时:0.1 ~ 999.9s。计数:0 ~ 9999 次
	特殊继电器	1808:电池故障出现时 ON 1809:扫描周期在 100 ~ 130ms 时 ON

表 5-5 P 型机内部辅助继电器的地址表

	点数	1000to1807											
		10CH		11CH		12CH		13CH		14CH			
内部辅助继电器	136	00	08	00	08	00	08	00	08	00	08		
		01	09	01	09	01	09	01	09	01	09		
		02	10	02	10	02	10	02	10	02	10		
		03	11	03	11	03	11	03	11	03	11		
		04	12	04	12	04	12	04	12	04	12		
		05	13	05	13	05	13	05	13	05	13		
		06	14	06	14	06	14	06	14	06	14		
		07	15	07	15	07	15	07	15	07	15		
				15CH		16CH		17CH		18CH			
		00	08	00	08	00	08	00					
		01	09	01	09	01	09	01					
		02	10	02	10	02	10	02					
		03	11	03	11	03	11	03					
		04	12	04	12	04	12	04					
		05	13	05	13	05	13	05					
		06	14	06	14	06	14	06					
		07	15	07	15	07	15	07					

表 5-6 P 型机保持辅助继电器的地址表

名称	点数	继电器号									
		HR000to915									
保持继电器	160	00CH		01CH		02CH		03CH		04CH	
		00	08	00	08	00	08	00	08	00	08
		01	09	01	09	01	09	01	09	01	09
		02	10	02	10	02	10	02	10	02	10
		03	11	03	11	03	11	03	11	03	11
		04	12	04	12	04	12	04	12	04	12
		05	13	05	13	05	13	05	13	05	13
		06	14	06	14	06	14	06	14	06	14
		07	15	07	15	07	15	07	15	07	15
		05CH		06CH		07CH		08CH		09CH	
		00	08	00	08	00	08	00	08	00	08
		01	09	01	09	01	09	01	09	01	09
		02	10	02	10	02	10	02	10	02	10
		03	11	03	11	03	11	03	11	03	11
		04	12	04	12	04	12	04	12	04	12
		05	13	05	13	05	13	05	13	05	13
		06	14	06	14	06	14	06	14	06	14
		07	15	07	15	07	15	07	15	07	15

表 5-7 P 型机特殊辅助继电器的地址表

控制方式	周期执行存储的程序,集中输入/输出
内部继电器	特殊继电器
	1810:高速计数硬置“0”信号时,ON 一个扫描周期
	1811:常 OFF 状态
	1812:常 OFF 状态
	1813:常 ON 状态
	1814:常 OFF 状态
	1815:PC 开始运行,ON 一个扫描周期
	1900:0.1s 时钟脉冲
	1901:0.2s 时钟脉冲
	1902:1s 时钟脉冲
	1903:运算结果不以 BCD 码输出时 ON
	1904:运算结果有进位时 ON
	1905:比较结果为(>)时 ON
	1906:比较结果为(=)时 ON
1907:比较结果为(<)时 ON	

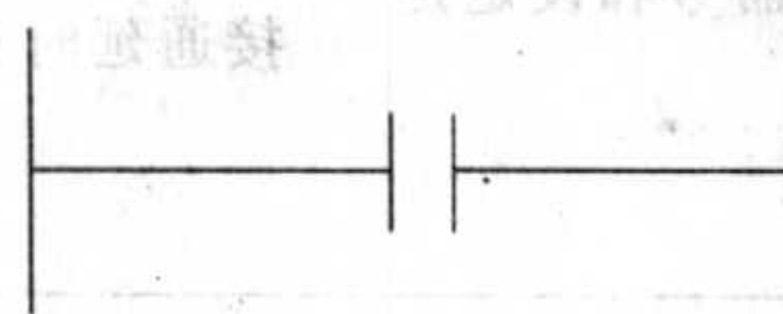
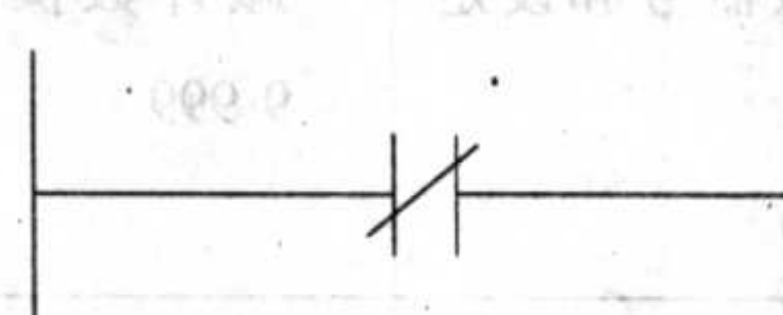
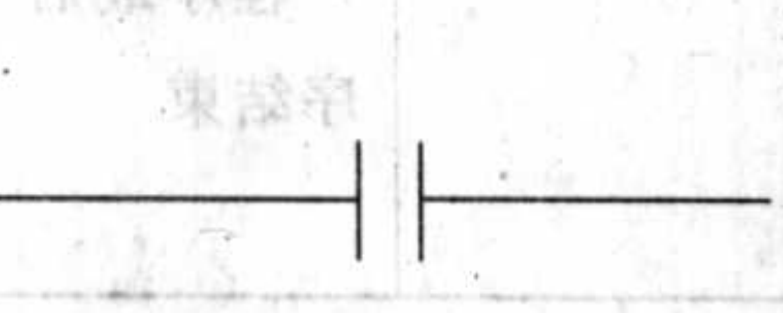
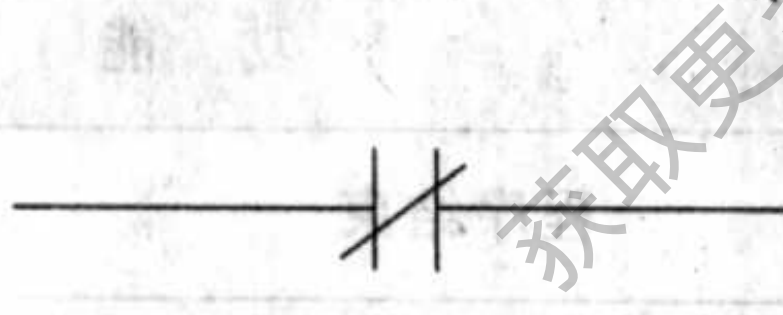
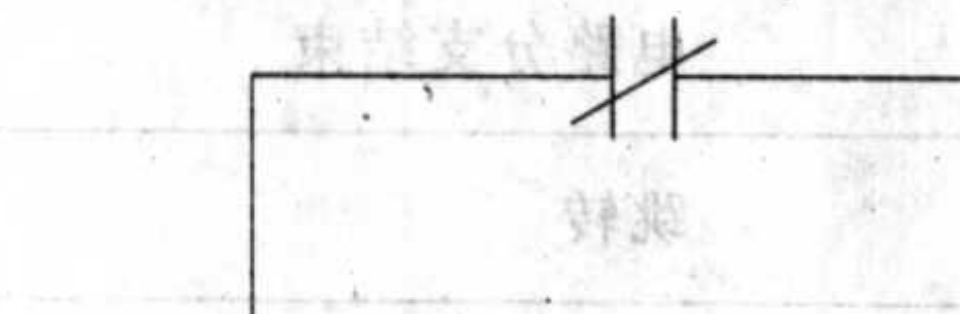
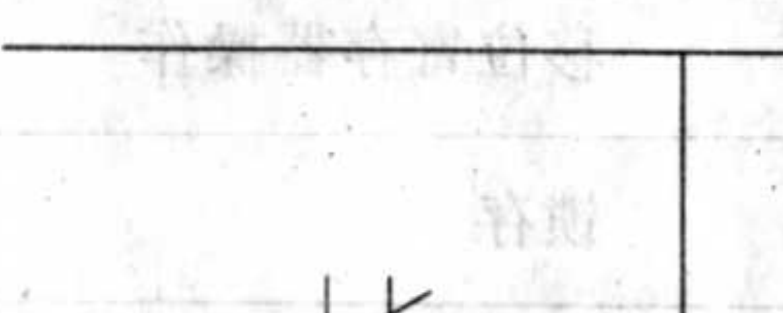
#### (4) 计数器和定时器

P 型机共有 48 个定时/计数器,也就是说定时器的数量加上计数器的数量等于 48。定时器的编号为 TM00 ~ TM47,计数器的编号为 CNT00 ~ CNT47,如果用了 30 个计数器,那定时器就只能用 18 个;如果定时器用了 48 个,那计数器就一个也不能用了。另外所使用的计数器和定时器的号不能重,比如说用了定时器 TM26 就不能用计数器 CNT26。

#### 3. 指令与编程

常用的 PLC 编程表达方式有梯形图、语句表、逻辑功能图和高级语言,P 型机可用梯形图和语句表来编程。用于编程的指令可分为基本指令和功能指令 表 5-8 是 PLC 基本指令及功能一览表。表 5-9 是 PLC 常用功能指令及功能一览表。

表 5-8. PLC 基本指令及功能一览表

指令	符号	名称	操作数	功能
LD		取指令	继电器号	用于与母线连接的常开接点
LD NOT		取反指令	继电器号	用于与母线连接的常闭接点
AND		与指令	继电器号	常开接点串联连接指令
AND NOT		与非指令	继电器号	常闭接点串取连接指令
OR		或指令	继电器号	用于常开接点的并联指令
OR NOT		或非指令	继电器号	用于常闭接点的并联指令
AND LD		电路块 串联指令	-	用于多个电路块串联

续表



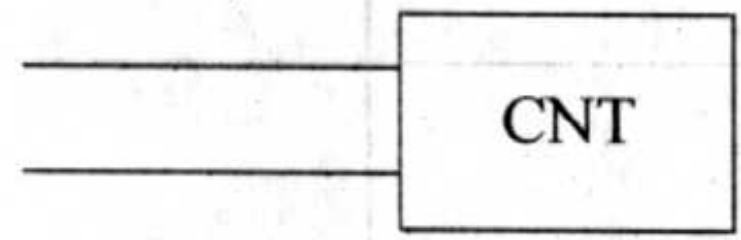
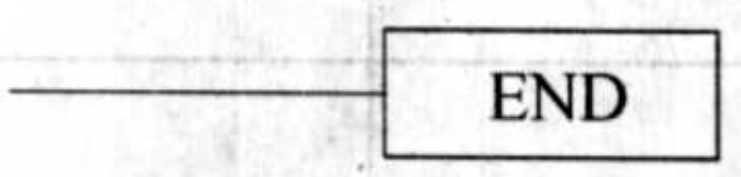
指令	符号	名称	操作数	功能
OR LD		电路块 并联指令	-	用于多个电路块并联
OUT		输出指令	继电器号	驱动输出继电器、辅助继电器、保持继电器、时间器、计数器。但不能用于输入继电器
TIM		时间延时 指令	时间器号和设定延 时值	接通延时 0 ~ 999.9s
CNT		计数器 指令	计数器号和设定 计数值	减计数操作, 设定范围为 0 ~ 9 999
END		结束指令	-	程序最后一条指令, 表示程序结束

表 5-9 PLC 功能指令及功能一览表

功能号	指令	功能
01	END	程序结束
02	IL	电路有一个新的分支起点
03	ILC	电路分支结束
04	JMP	跳转
05	JME	跳转结束
10	SFT	移位寄存器操作
11	KEEP	锁存
13	DIFU	前沿微分
14	DIED	后沿微分
20	CMP	比较指令

下面我们编制一个小程序来说明指令的应用。

假设有一个三色灯控制电路(见图 5-13), 要求当启动按钮  $SB_1$  按下后, 绿色灯  $D_1$  亮 30s

之后以每 2s 一个周期的速度闪亮三次,然后绿灯  $D_1$  熄灭黄灯  $D_2$  亮,3s 后黄灯  $D_2$  熄灭红灯  $D_3$  亮,20s 后红灯  $D_3$  熄灭绿灯  $D_1$  又亮,不断循环直至停止按钮  $SB_2$  按下,所有灯都熄灭。

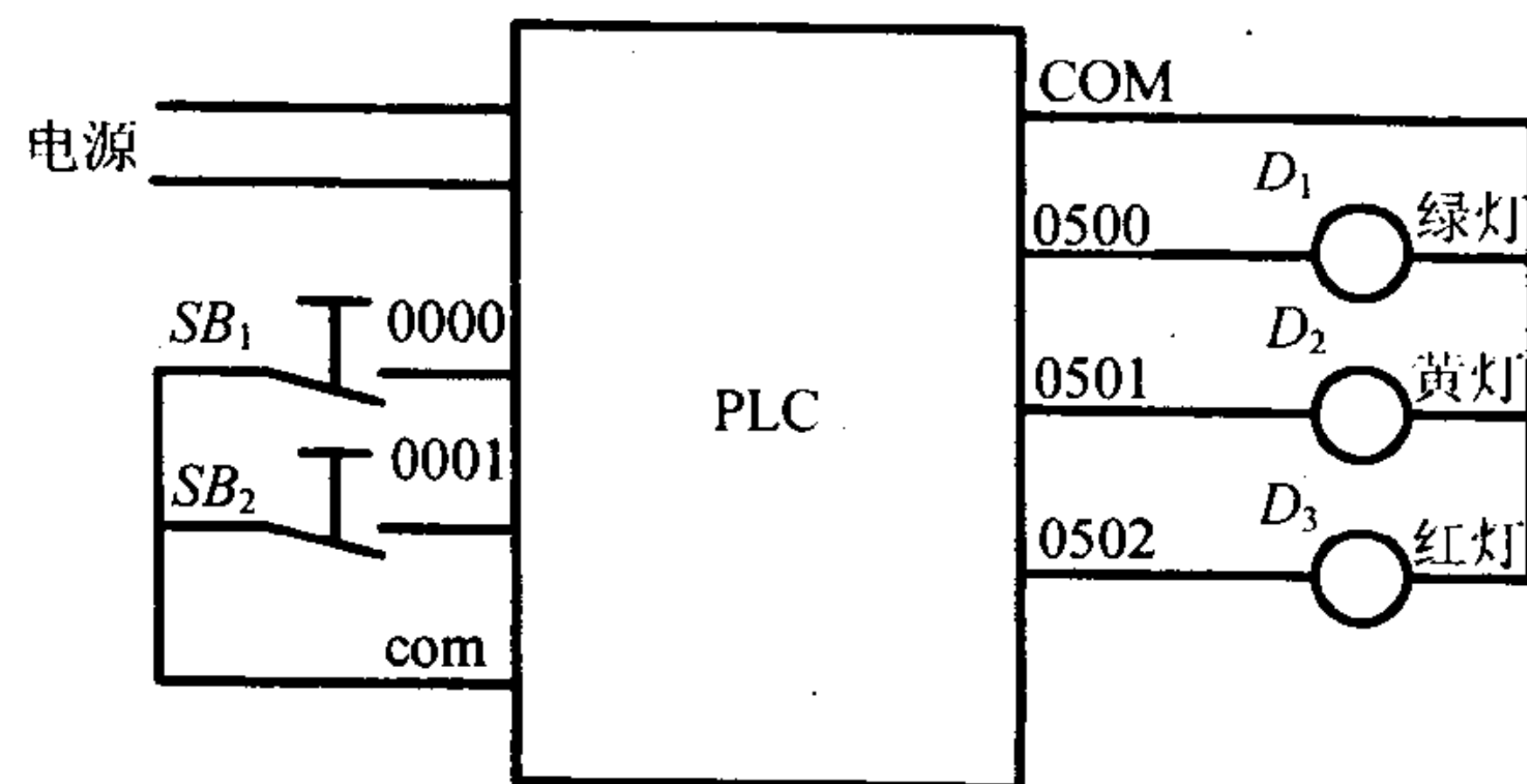


图 5-13 三色灯控制电路

根据以上要求我们先指定启动按钮  $SB_1$  接到输入端的 00 通道第 00 个点,停止按钮  $SB_2$  接到输入端的 00 通道第 01 个点,绿灯  $D_1$  接到输出端的 05 通道第 00 个点,黄灯  $D_2$  接到输出端的 05 通道第 01 个点,红灯接到输出端的 05 通道第 02 个点。在安排完这些点的对应关系后,我们就可以用 PLC 的编程指令编出控制程序了。图 5-14 就是用梯形图和语句表编出的程序。从图中可以看出我们使用了基本指令中的取指令(LD)、与指令(AND)、与非指令(AND NOT)、或指令(OR)、输出指令(OUT)、延时指令(TIM)、计数器指令(CNT),专用继电器 1902 和功能指令 END。

要实现前面对三色灯的要求,图 5-14 的程序可能不是一个最严谨,最佳的程序,这里只是想借这个程序来讲一讲在 PLC 编程中应注意的一些方面。

(1)要完成同一个控制功能编程的方法不是惟一的,不同的人可以编制出不同的程序,而且所使用的指令和程序的长短、结构是可以不同的,只要 PLC 工作时能满足要求就可,不必苛求用的点的多少,因为它不影响制造成本。

(2)从图 5-14 中可以看到内部辅助继电器 0001 的触点用了 6 次,实际上只要程序上需要,每一个内部辅助继电器、计数器、定时器甚至输入/输出继电器的内部触点的使用次数都可以不去考虑,这样不必因考虑触点使用次数的限制而使程序结构变得非常复杂,有利于使程序结构编制的简明易懂,便于分析和找故障,也有利于程序的修改。

(3)每一个内部辅助继电器、计数器、定时器、输出继电器的线圈或功能块在一个程序中只能出现一次而且必须放在梯形图的最右边。

(4)与常用的继电器电路不同的是在 PLC 程序中,线圈不能直接连接到左面的母线,如果需要可采用在线圈左面串入特殊继电器 1813(常通)或一个不用的内部辅助继电器的常闭点的方法。

(5)在 PLC 程序的编制中每一句程序所放的位置是十分重要的,随便把一句程序改变一下放的位置极可能造成程序不能正常工作。因 PLC 程序是按从左向右从上向下的顺序执行的。

## (二) 编程器

手工编制好的程序要通过编程器才能存入到 PLC 中,另外要修改程序、调试程序或监控程序的执行状况都需要编程器。P 型机有图形编程器和简易编程器两种,图形编程器可输入



程序：

1. LD 0000
2. OR 1000
3. OR T03
4. AND NOT T00
5. AND NOT 0001
6. OUT 1000
7. LD 1000
8. TIM 00
9. # 300
10. LD T00
11. OR 1001
12. AND NOT CNT01
13. AND NOT 0001
14. OUT 1001
15. LD 1001
16. AND 1902
17. LD 1002
18. AND 0001
19. CNT 01
20. # 0003
21. LD 1001
22. AND 1902
23. OR 1000
24. AND NOT 0001
25. OUT 0500
26. LD CNT01
27. OUT 1002
28. LD 1002
29. OR 0501
30. AND NOT T02
31. AND NOT 0001
32. OUT 0501
33. LD 0501
35. OUT TIM02
36. # 02
37. LD T02
38. OR 0502
39. AND NOT T03

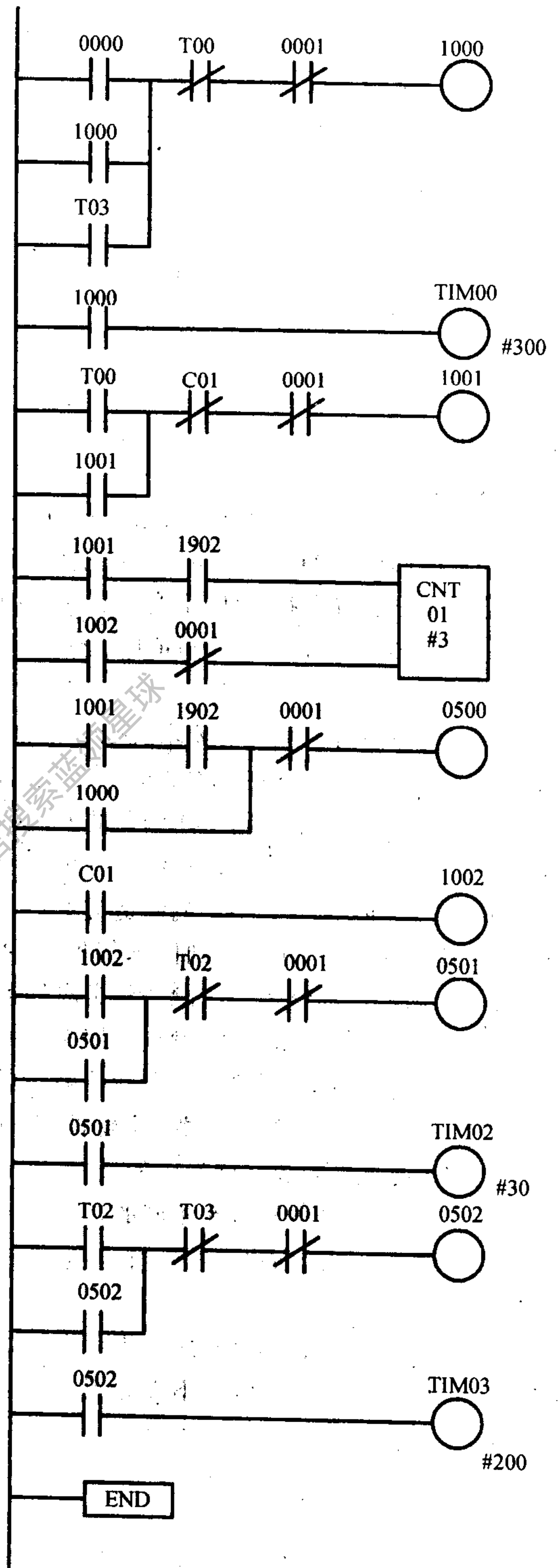


图 5-14 三色灯程序及梯形图

40. AND NOT 0001  
 41. OUT 0502  
 42. LD 0502  
 43. OUT TIM03  
 44. # 200  
 45. END

语句表和梯形图,显示屏幕大,使用方便,但价格较贵并且不便于携带。简易编程器体积小,可直接安装在主机上,但只能输入语句表。这里我们只介绍简易编程器的使用方法。

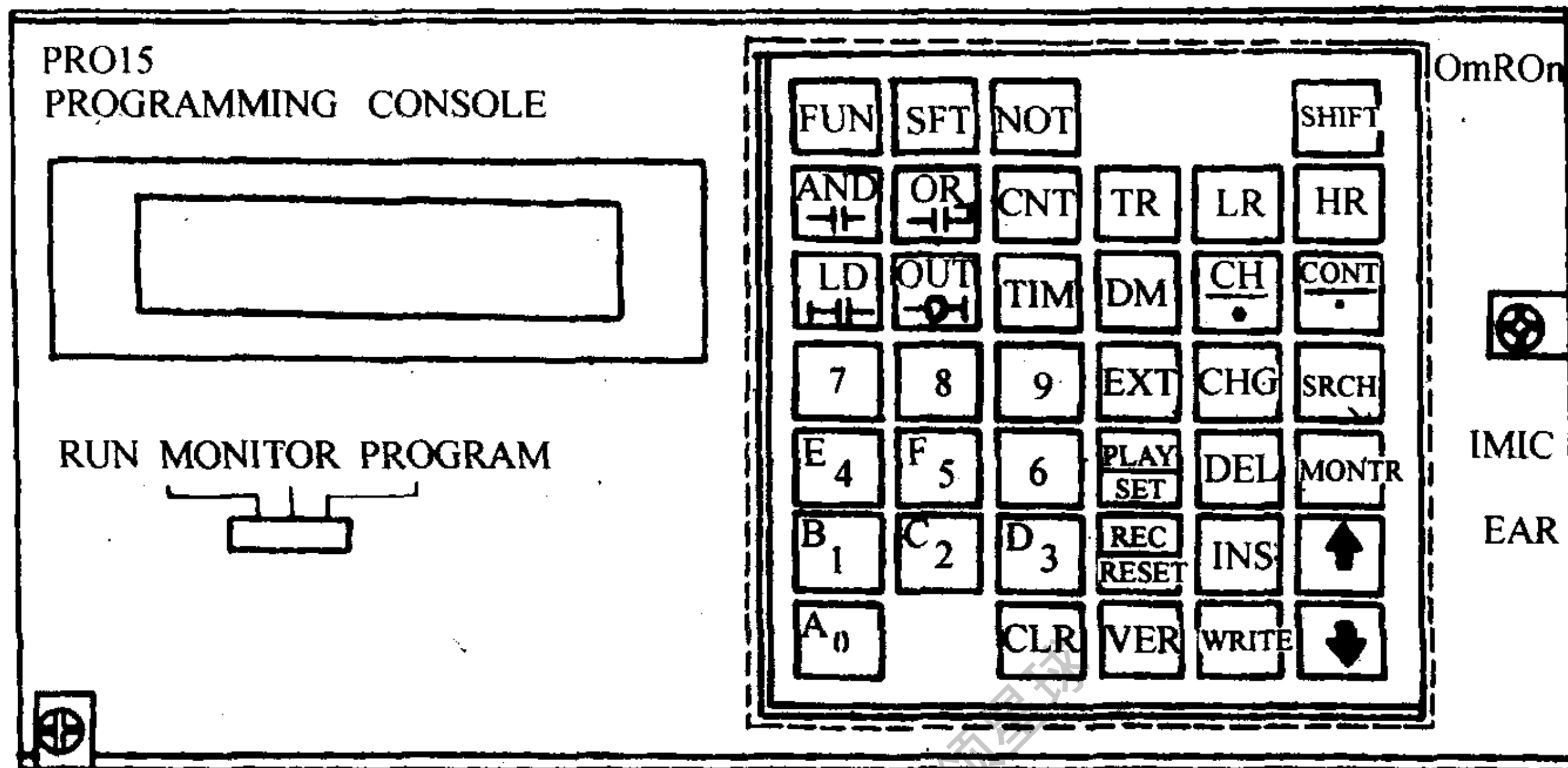


图 5-15 简易编程器外观图

### 1. 编程器的功能

图 5-15 是简易编程器的外观图它包括一个按键区、一个显示区和一个选择开关。在其侧面还有一个磁带机接口。下面我们介绍一下这几个部分的功能。

(1) 键盘功能 编程器的键盘可分为三个部分,一个是指令键部分,一个是数字键部分,还有一个是操作键部分。

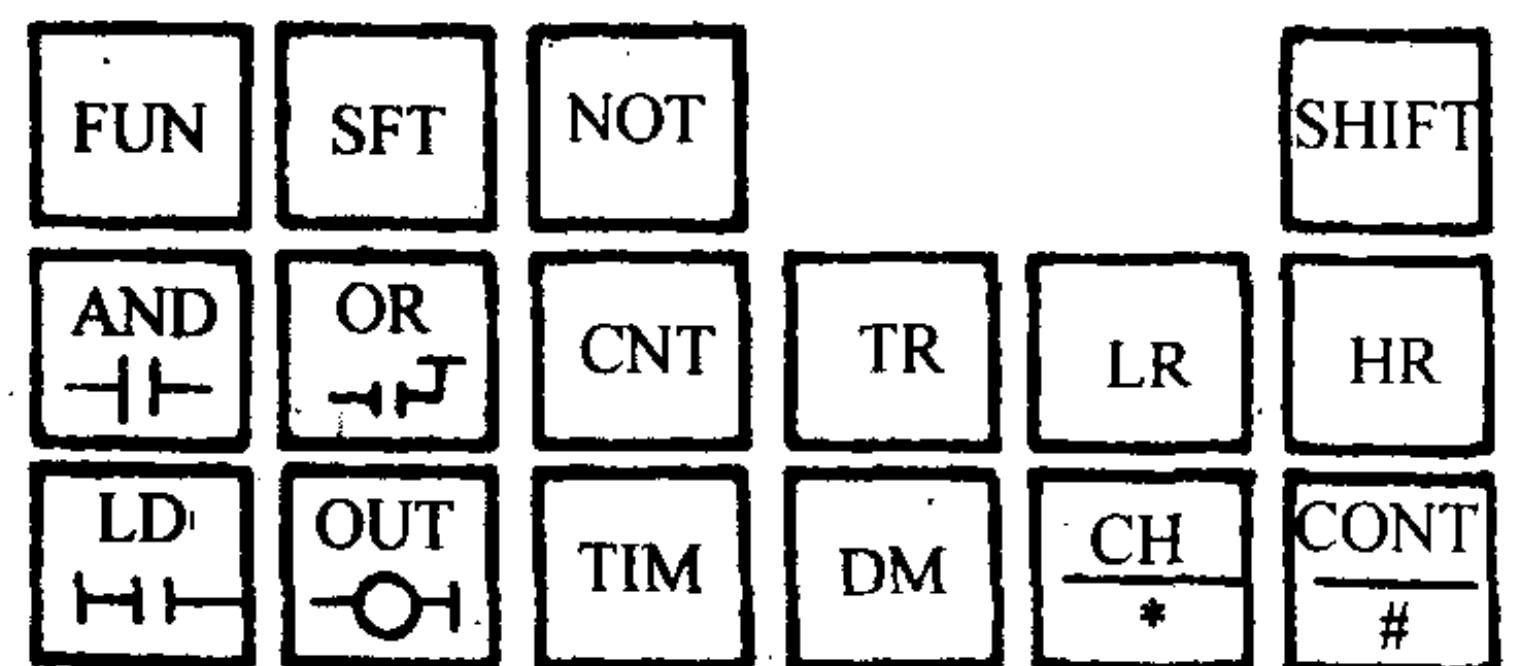
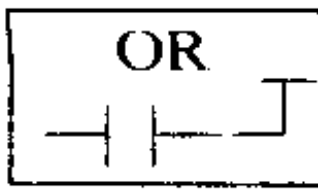
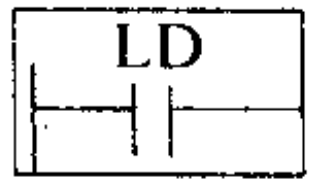


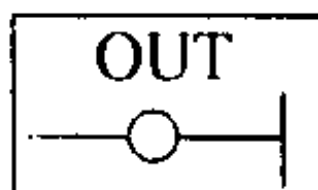





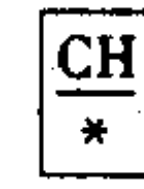


图 5-16 指令键

①指令键 指令键(见图 5-16)用于输入程序控制指令,比如说与指令(AND)、或指令(OR)、取指令(LD)和计数器指令(CNT)等等。其功能见表 5-10。

表 5-10 指令键功能

SHIFT	移位、扩展功能键,用来形成本组键的第二功能
FUN	FUN 选择一种特殊功能,用于键入某些特殊指令。这些指令的实现要按下 FUN 和适当的数值
SFT	移位键,可送入移位寄存器指令
NOT	相“反”的指令,形成相反接点的状态或清除程序时用
AND	相“与”的指令,处理串联通路

	相“或”的指令,处理并联通路
	开始输入键,将第一操作数送入 PC 中
	计数键,CNT 输入计数器指令,其后必须有计数器数据
	时间键。TIM 输入定时器指令,其后必须有定时数据
	输出键。OUT 输入 OUTPUT 指令,对一个指定的输出点输出
	TR 输入暂存继电器指令
	HR 输入保持继电器指令
	CONT 检索一个接点
	LR 输入连接继电器指令(P型机不用)
	DM 数据存储指令
	CH 指定一个通道

②数字键 数字键(见图 5-17)用于输入程序中的数值或数据,当它与功能键[FUN]配合使用时,可构成一些功能指令比如说输入[FUN] + [0] + [1]实际上就等于输入程序结束指令[END]。

③操作键 操作键(见图 5-18)用于程序输入和修改。其功能见表 5-11。

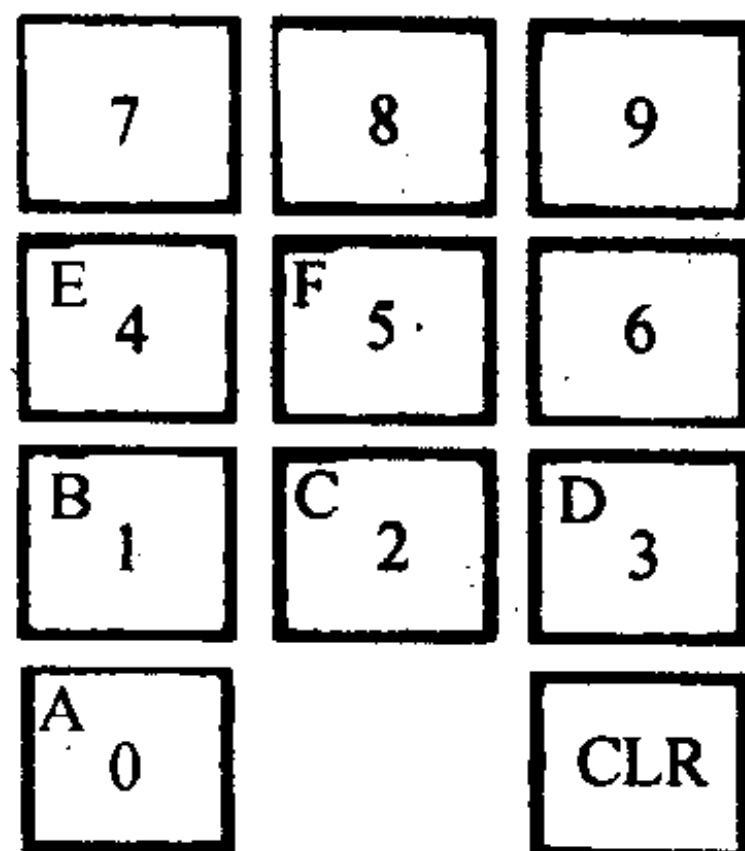


图 5-17 数字键

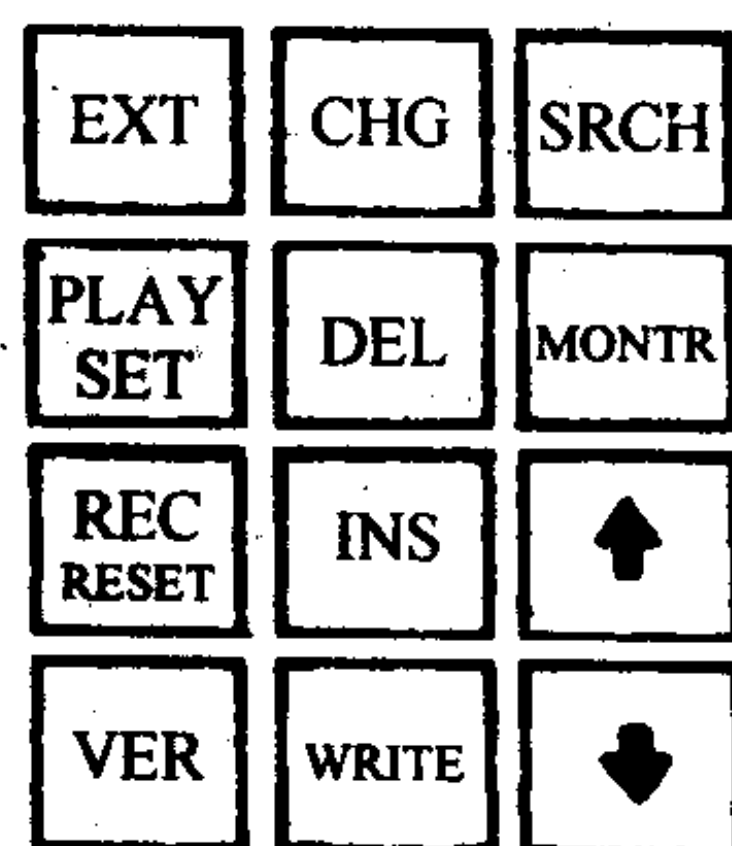


图 5-18 操作键

表 5-11 操作键功能表

↑	按向上指针键,程序将一次一步地减一,直减到程序的起始地址。液晶显示屏同时能显示出相应的指令
↓	按向下指针键,程序将一次一步地增一,每按一次此键,显示的程序地址如一。指针键通常用在程序的小范围移动
WRITE	WRITE 键,编程过程中,写好一个指令及其数据后按此键将该指令送到 PC 内存的指定地址上
PLAY SET	运行调定键。如改变继电器的状态由 OFF 变成 ON 或清除程序等均用此键
REC RESET	再调、复位键。如改变继电器的状态由 ON 变成 OFF,或清除程序等均用此键
MONTR	监控键。用于监控、准备、清除程序等
INS	插入键。插入程序时用
DEL	删除键。删除程序时用
SRCH	检索键。检索指定的指令、继电器接点时用
CHG	变换键。改变定时或计数时用
VER	检验接收键。检验从磁带等输入的程序时用
EXT	外引键。起用磁带等外引程序时用

(2)显示器 用于显示输入的指令、程序、参数、报警内容等。

(3)选择开关 它有三个位置,用于控制 PLC 工作在运行(RUN)方式、监控(MONITOR)方式和编程(PROGRAM)方式。

①运行方式 当选择开关拨到这个位置时,PLC 按照被输入的程序运行。

②监控方式 当选择开关拨到这个位置时,PLC 按照被输入的程序运行。同时操作者可查看 PLC 中各点的状态,某一点是接通状态还是断开状态,定时器和计数器的状态,某一数据寄存器的数值是多少等等,这在查找故障和调试程序时是非常有用的。

③编程方式 用于程序的输入、修改和编辑等。

## 2. 编程器的使用

使用编程器在 PLC 上编程时,首先要对 PLC 初始化,但要注意的是如果 PLC 中存贮的用户程序,初始化的结果将会删除所有有用的用户程序。

(1)初始化 PLC 将工作方式开关拨到 PROGRAM 位置,接通电源,这时显示器上显示“PROGRAM PASSWORD”,然后依次按下[CLR]、[MONTR]键,显示器上显示“PROGRAM”,再按下[CLR]键,显示器上显示“0000”,PLC 显示内存起始地址。为了清除内存中原有的程序,依次按下[CLR]、[PLAY/SET]、[NOT]、[REC/RESET]键,显示器上显示“0000 MEMORY CLR? HR、CNT、DM”,问是否清除存储器和 HR、CNT、DM 中的内容。按[MONTR]键,显示器上显示“0000 MEMORY END CLR”清除存储器结束。至此 PLC 初始化结束,如果要开始新程序的输入只要

再按一下[CLR]键即可。

(2)程序输入 在编制好程序后只要按[指令]、[数字]、[写入(WRITE)]的顺序一条条的输入程序就可以了。但为了便于理解我们可以看一个小程序的输入过程(见图 5-19)。图的左边是以梯形图出现的程序,中间是语句表而右边则是程序输入的过程。

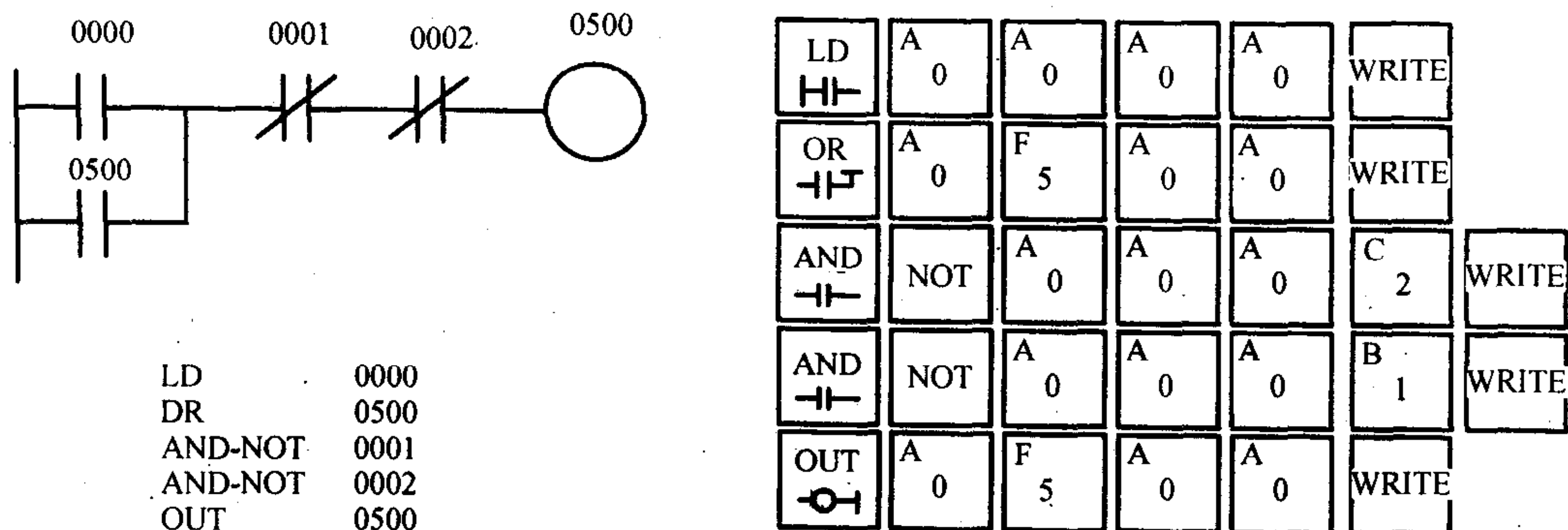


图 5-19 程序输入过程

(3)程序的读出 要想查看已输入的程序,首先要键入要查看的程序的首地址或要看的程序段的地址,然后按[↓]键即可按地址递增的顺序查看存入的程序,反之,按[↑]键即可按地址递减的顺序查看存入的程序。

(4)检查程序 通过程序检查,可以看看输入的程序是否有语法上或其他方面的错误。在运行程序前都应该进行检查,直到程序检查正确为止。其操作方法是按顺序按[CLR]、[SRCH]键,之后 PLC 自动检查程序,如无错误显示 **PROG CHK END**;如有错误则显示出错地址和错误内容。

(5)插入指令 要想在程序的某处加入一条或几条指令,先找到要插入程序的地址,然后输入要插入的程序,按[INS]键,这时 PLC 提示 **INSERT?**,确认无误后按[↓]即可。插入指令只能在 PROGRAM 状态下进行。

(6)删除程序 如果想删除哪条程序,只要找到这条程序并按[DEL],这时 PLC 提示 **DELET?**,确认无误后按[↑]就可删除这条指令。删除指令也只能在 PROGRAM 状态下进行。

(7)检索程序,在检查或调试程序时常常要查找某一触点或指令,这时就要用到检索功能。如果要看一看某一条指令都在什么地方用过,我们可以按下面的方法来查找。首先按[CLR],然后输入要查找的指令,再按[SRCH],这时显示屏上就会显示出你要查找的指令内容和地址。如果要查找某一触点都在什么地方用过,我们则可以按下面的方法来查找。首先按[CLR],输入开始查找的地址,然后按[SHIFT]、[CONT/#]键并输入要查找的触点号,再按[SRCH],这时显示屏上就会显示出含有你要查找的触点的指令。

(8)监视程序运行状态 如果想知道运行中的程序中的某一点现在处于什么状态,你可以采用如下的方法。在运行或监控状态,按[CLR]键,给出要查看点的地址或按[↑]、[↓]键即可在显示器上看到这一点的状态。

(9)数据监视 在运行或监控状态,按[CLR]键,再按[TIM]或[CNT]或加载某一点的号,就可以观察到定时器或计数器等的数据的变化。

(10)强置位/复位 有时希望把内部辅助继电器、保持继电器、输入/输出点、定时器或计数器的状态强置成通或断,这时只要先按[CLR]键,输入要强制的点,再输入[MONTR]找到这一点,如果想把它强置成 ON,则按[PLAY/SET],如果想把它强置成 OFF 则按[REC/RESET]。

读取扫描时间 在 MONITOR 或 RUN 状态下,可以查询 PLC 执行当前程序时的扫描时间。操作方法是按[CLR]和[MONTR]键,显示器就会显示 SCANTIME 50.2



提示:编程器上显示的扫描时间是当前扫描时间的平均值。

获取更多资料 微信搜索蓝领星球

## 6

## 变频技术

在工业生产中,经常要求把直流电或是某一固定频率的交流电变换成另一频率的交流电,有时则要求获得的电能频率可调,以达到感应加热、变频调速等各类应用的目的。这种要求虽然可以利用变频机组来实现,但是由于变频机组具有旋转部分,体积大,有噪声,维护起来比较麻烦,并且制造时要消耗大量的铜线和高质量的硅钢片,因此技术经济指标不高,很难推广应用。

随着电子技术的迅猛发展,晶闸管技术得到了普及。由于它具有一系列优异的性能,如管压降小(约1V)、关断时间短(几十微秒甚至更短)、体积小等,因此它使晶闸管变频装置作为一种比较理想的无触点元件,获得了较好的技术经济指标。在工业应用中,它已在感应加热领域中大显身手。另外,在一些特殊场合下,作为交流电动机变频调速的电源,晶闸管变频装置也获得了应用。在一些特别重要的设备和部门,晶闸管变频装置被当作不间断电源,用以保证这些设备和部门在停电期间的正常工作。

在感应加热的工业应用中,中、高频电源是非常合适的感应加热电源,从器件的关断时间来看,中频频率是晶闸管所能达到的工作频率。因此,感应加热用的晶闸管中频电源装置在工业上获得了广泛的应用。工业应用中的中、高频概念与无线电中的完全不同,我国国家标准规定,工业中频频率等级为1 000Hz、2 500 Hz、4 000 Hz、8 000 Hz四种,高频频率为几百千赫至几千千赫。由于受晶闸管关断时间的限制,大功率高频的电源设备主要是由电子管振荡器构成,除了钢质工件表面淬火之外,特种合金熔炼、半导体提纯、焊接等生产领域中也广泛使用了高频感应加热。

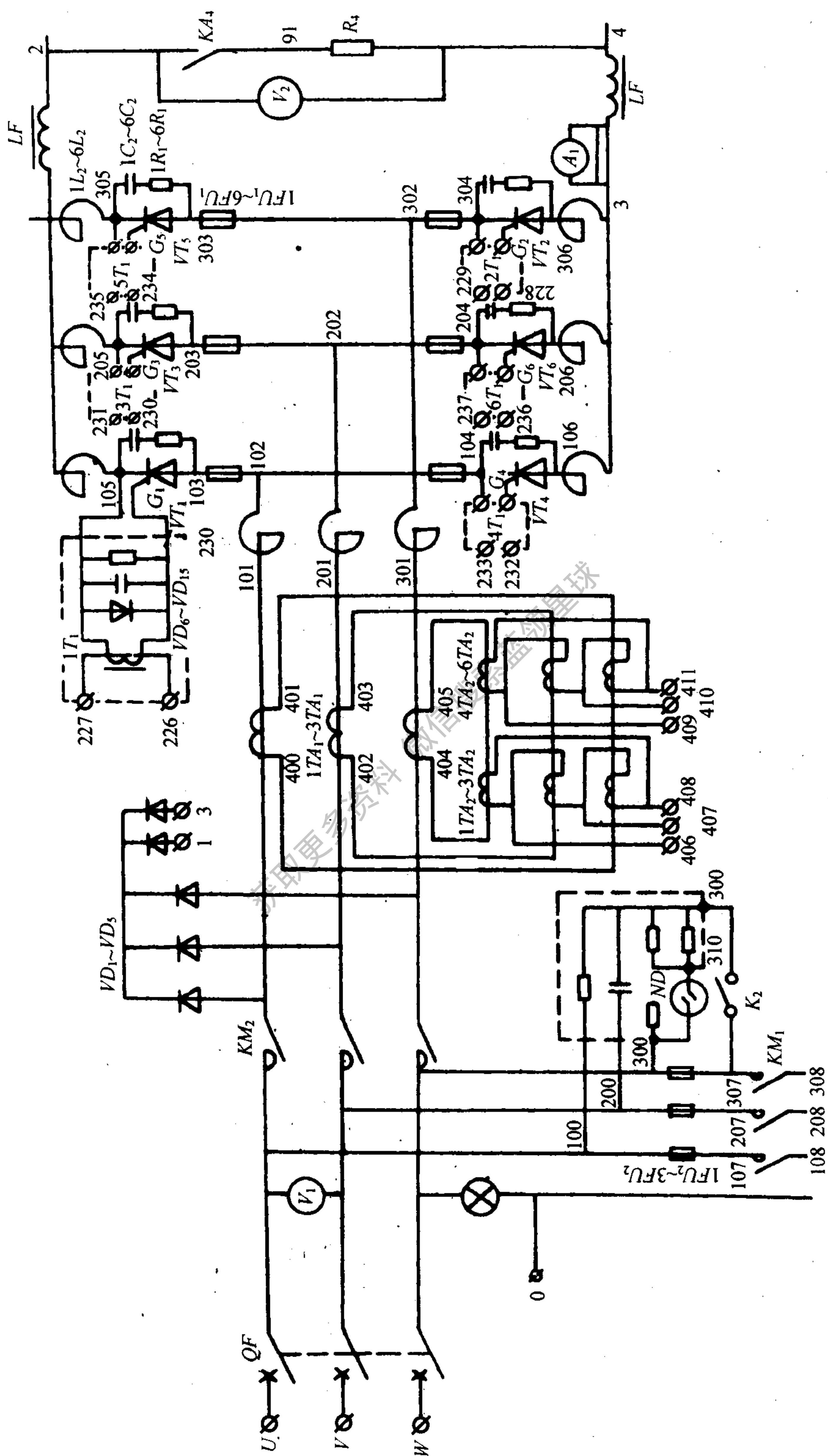
## 一、中频电源设备

### (一) KGPS100—1 晶闸管中频电源装置的基本原理

KGPS100—1 晶闸管中频电源装置,其额定的工作频率为1 000Hz,额定输出功率为100kW,主要用于金属的熔炼,也可作为透热或淬火的中频感应加热电源。其电气原理图如图6-1所示。

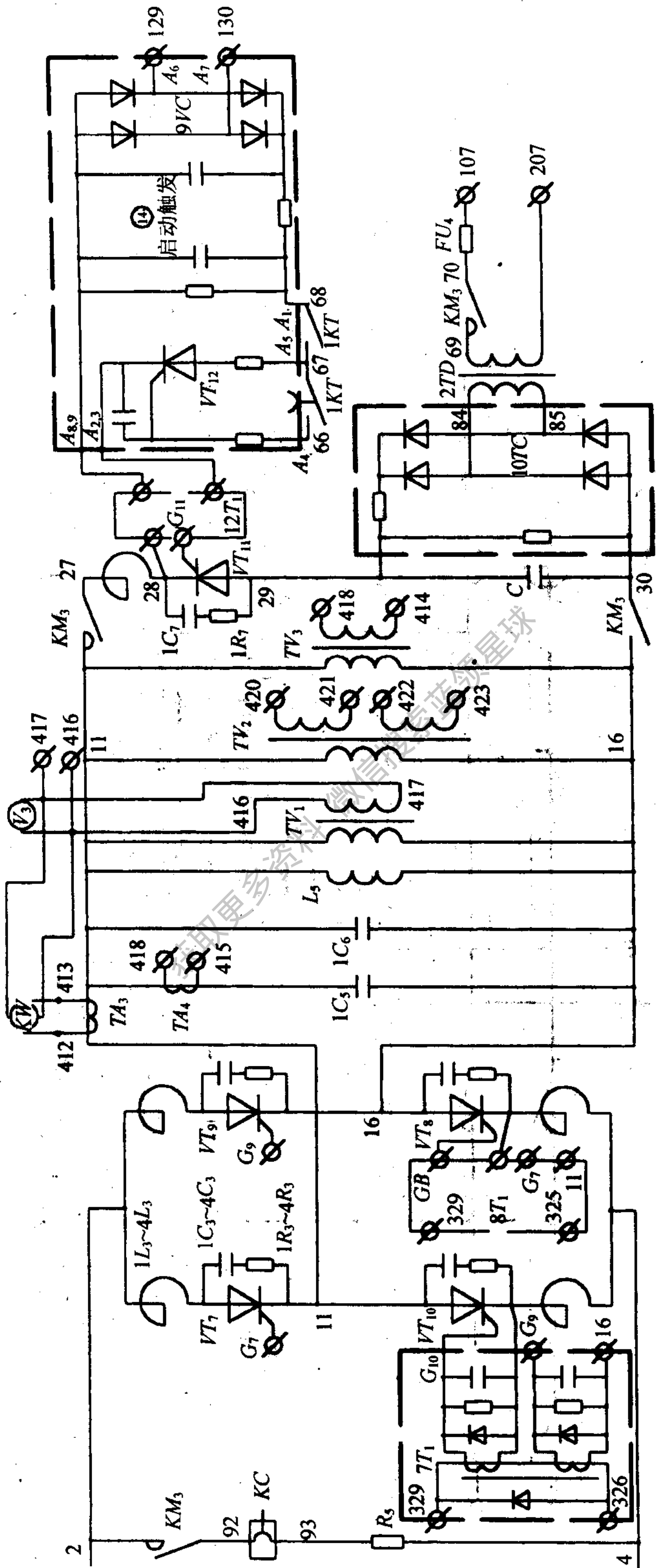
#### 1. 主电路

KGPS100—1 晶闸管中频电源装置的主要组成部分如图6-2所示。其中主电路是由整流电路和逆变电路两大部分组成。图中滤波电感 $L_d$ 以左的部分属于整流电路, $L_d$ 以右的部分属于逆变电路。

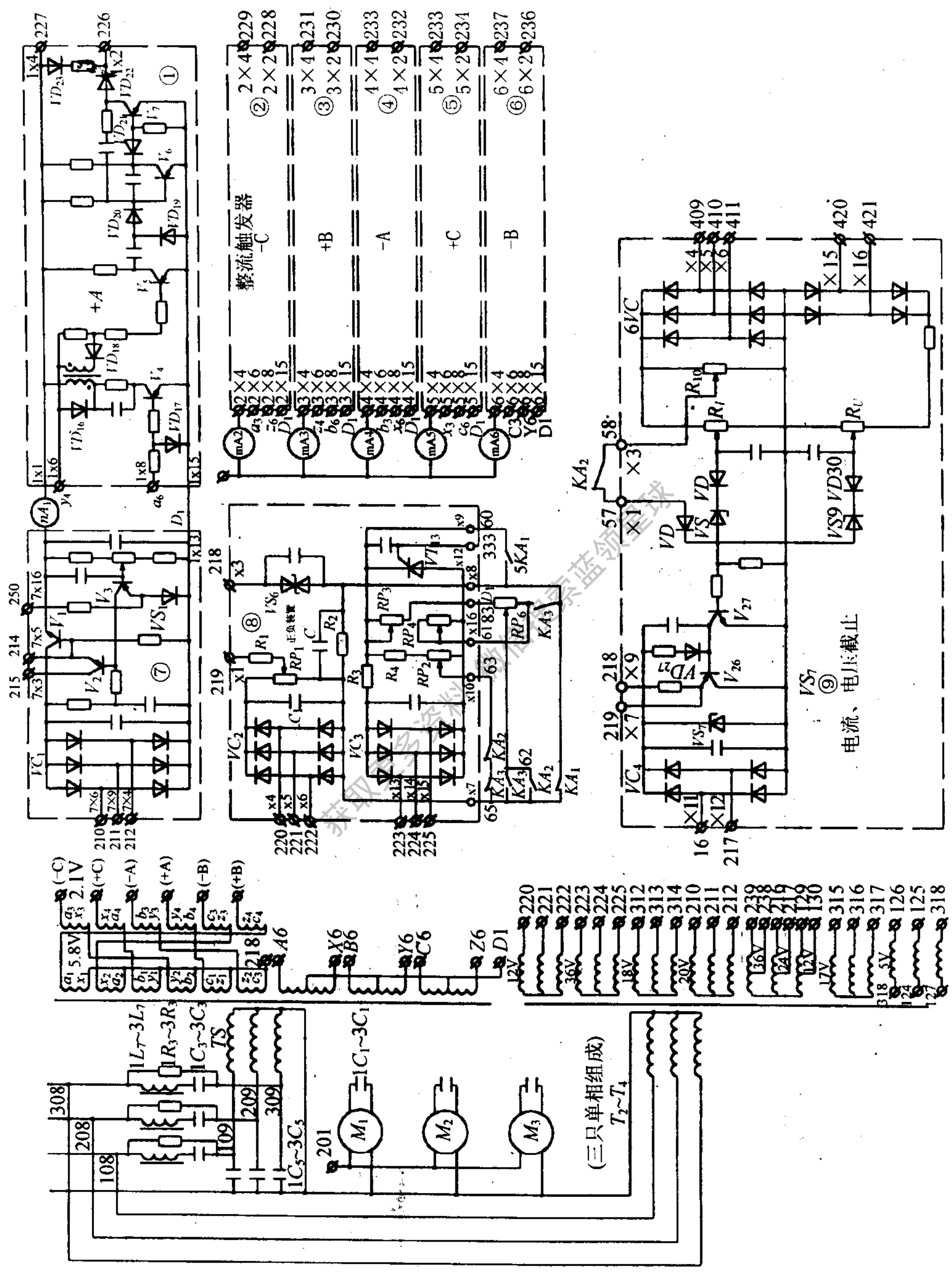


(a)





(b)



(c)

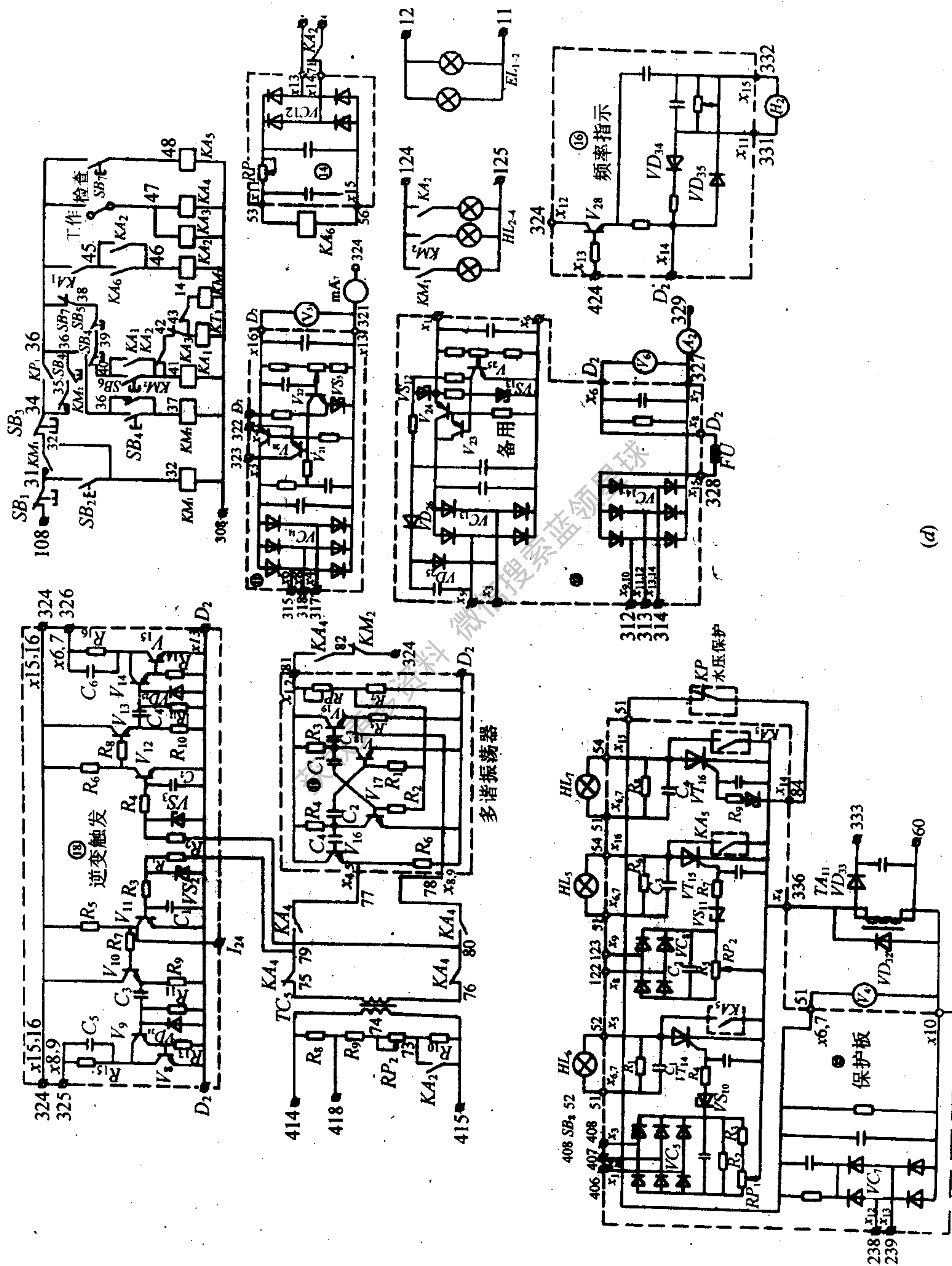


图 6-1 KGPS100—1 晶闸管中频装置电气原理图

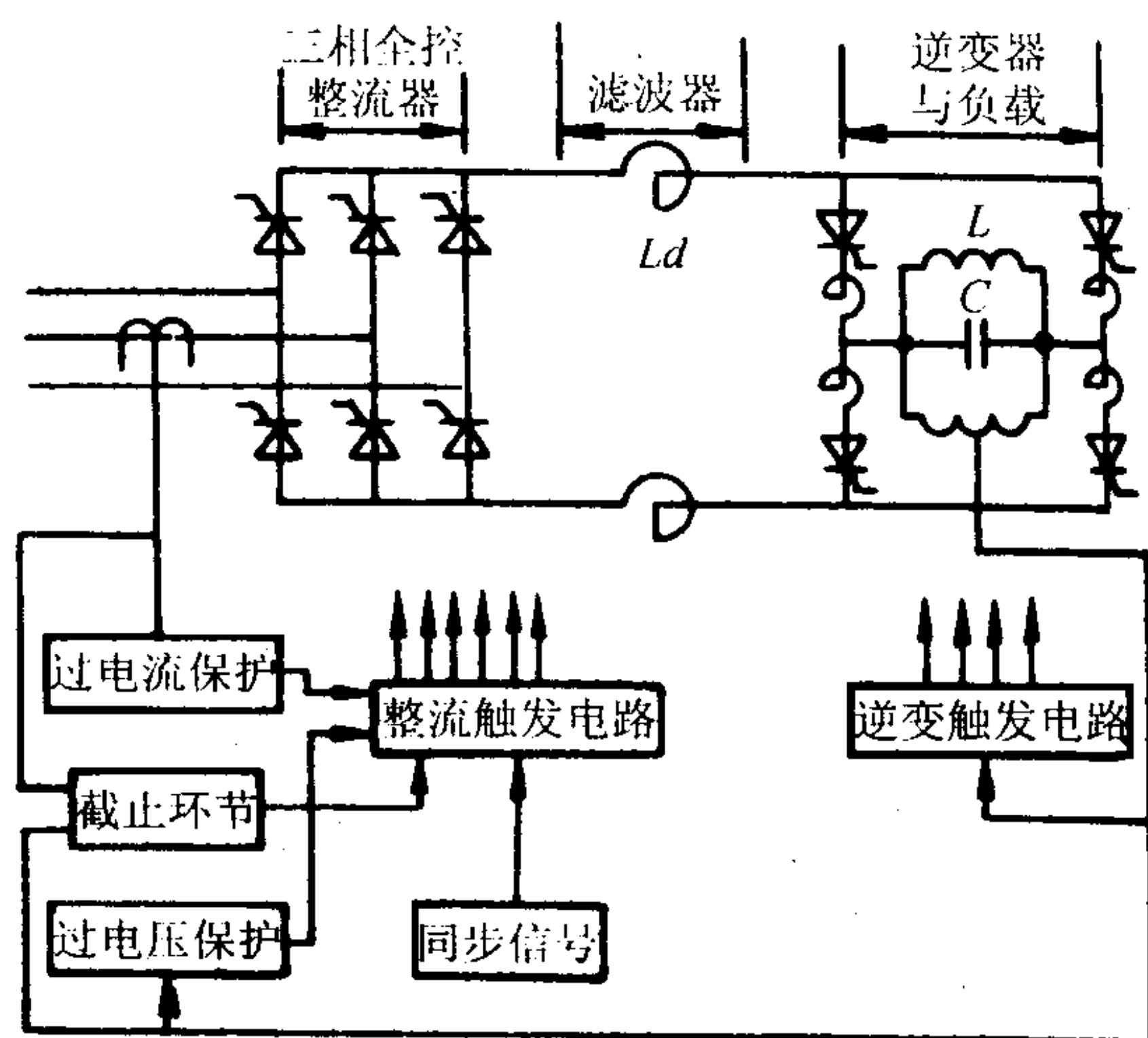


图 6-2 晶闸管中频电源装置主电路的组成部分

(1) 整流电路 如图 6-1(a)所示,380V 的电网电压经过断路器  $QF$ 、接触器  $KM_2$  送往晶闸管整流器。为了避免电网中出现过电压和浪涌电压危害晶闸管,在电源输入端接入了阻容吸收装置和过电压保护装置。晶闸管  $VT_1 \sim VT_6$  接成了三相桥式全控整流电路,其作用是将三相交流电变成可调的直流电。每只晶闸管不仅都串有空心电抗器,以限制晶闸管开通时的电流上升率,还都有快速熔断器作短路保护,与每只晶闸管并联的阻容吸收电路,能使晶闸管得到过压保护。

(2) 逆变电路 如图 6-1(b)所示,逆变桥是由  $VT_7 \sim VT_{10}$  组成,其作用是将直流电转换成中频交流电。每个桥臂均串有空心电抗器,以限制晶闸管导通时的电流变化率。接在电容支路里的电流互感器  $TA_4$  所检测的信号可作自动调频用。逆变桥输出电路中的中频电流互感器  $TA_3$  和中频电压互感器  $TV_1$  可用以检测逆变器的中频电流和电压。负载感应器是由感应线圈  $L_5$  和补偿电容器组成,它们工作于谐振状态,其谐振频率就是逆变器的工作频率。



提示:当负载线圈中有中频电流时,线圈中将产生同一频率的交变磁通,如果将被加工的金属材料放入线圈内,由交变磁通感应出来的涡流在金属中产生热效应,从而可以对金属材料进行冶炼或淬火等热处理。

## 2. 控制电路

从自动控制原理来分析,晶闸管中频电源装置在感应加热时是一个闭环控制系统。它包含着局部闭环、自动调整环,还有截流截压装置、过流过压保护装置等。

(1) 整流触发电路 由于该装置电源整流部分采用的是三相全控桥式整流电路,为了满足电路的需要,整流触发电路应达到如下要求:

① 每只晶闸管的触发信号必须与主电路的电源同步,即由同步变压器  $T_s$  取出。相邻序号的晶闸管,其触发脉冲必须相隔  $60^\circ$  电角度。

② 晶闸管采用宽脉冲触发时,为了使整流桥正常工作,脉冲宽度应大于  $60^\circ$  电角度,并小

于  $120^\circ$  电角度。

③ 触发信号应具有足够大的电压和触发功率。

④ 触发电压应满足主电路的移相要求, 触发角可移到  $150^\circ$ 。

整流桥的六只晶闸管, 都有其相对应的触发电路, 其中一相的晶闸管触发电路如图 6-3 所示。该电路按功能分, 由尖脉冲形成、移相控制、脉冲整形以及输出回路四部分组成。

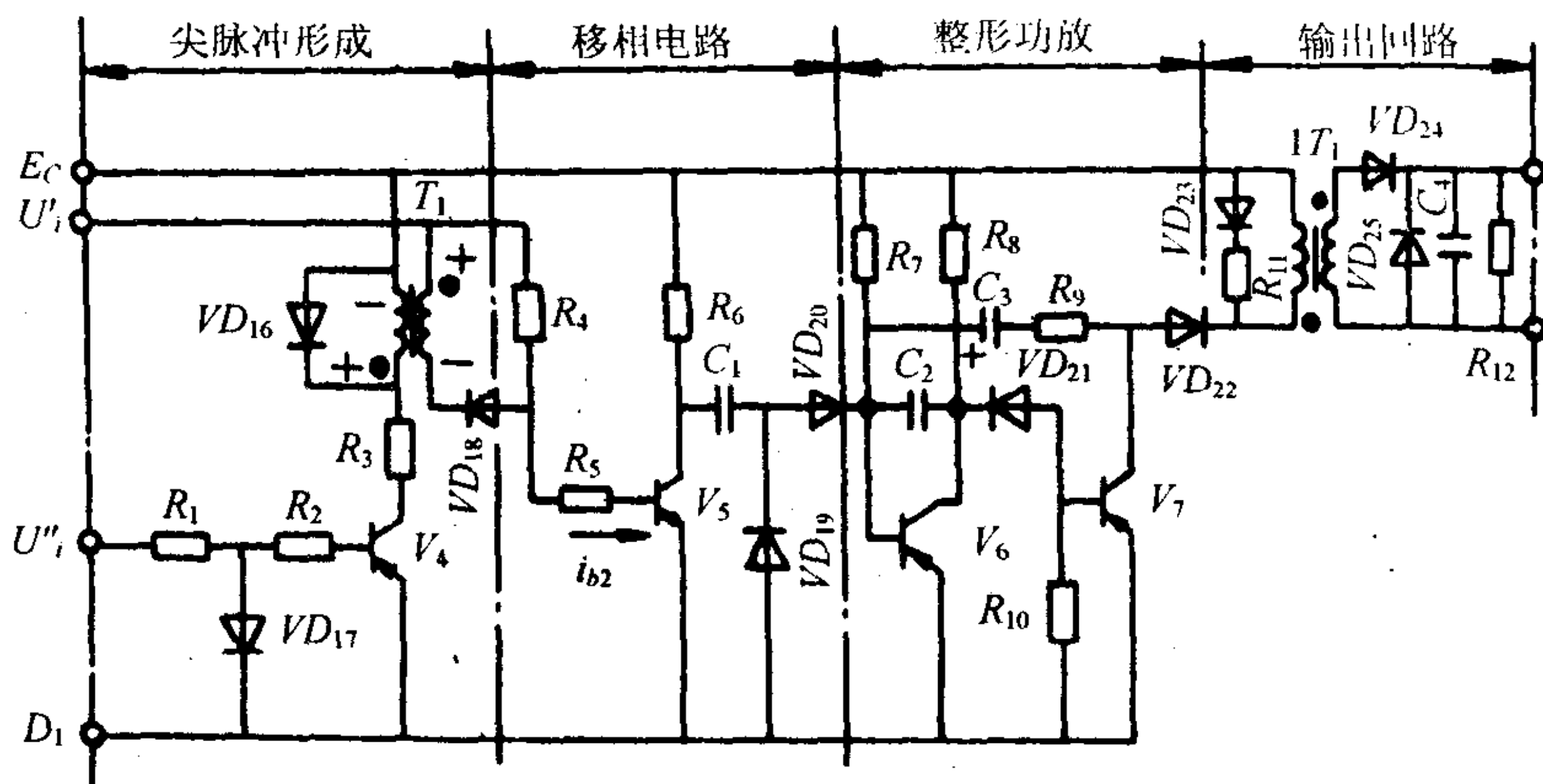


图 6-3 整流触发器电路

由图 6-1(c) 中所示的同步变压器  $T_5$  获得的正弦波信号与晶闸管阳极同相的波形信号, 分别加到触发电路上, 经尖脉冲形成回路, 得到正弦波加尖脉冲的同步信号, 该信号加到  $V_5$  的基极。当移相控制电路中的  $V_5$  由截止状态转换为饱和导通时, 其集电极又输出一脉冲信号。由移相电路产生的尖脉冲信号, 经过整形电路将会变成一个矩形波信号, 再经过功率放大电路, 最后将放大的矩形波信号由输出电路送到相应的晶闸管的门极, 以控制晶闸管的导通。

(2) 逆变触发电路 如图 6-1(d) 中的方框 ⑬ 所示。

为了保证晶闸管能可靠触发, 脉冲形成电路所产生的信号不能直接送往逆变晶闸管, 而必须经过逆变触发电路进行整形放大后, 变成具有足够功率的脉冲, 再加入到逆变器的晶闸管的门极。因而逆变触发电路实际上就是一个脉冲放大和整形电路。

(3) 保护电路

① 过流、过压保护电路 如图 6-1(d) 方框 ⑮ 所示。过电流保护信号来自整流电路的电流互感器  $TA_2$ , 见图 6-1(a)。当电路中发生过电流时, 互感器电流经过图 6-1(d) 方框 ⑮ 中的三相全波整流桥在电阻  $R_2$ 、 $RP_1$  上产生足够大的电压, 此电压击穿稳压管  $VS_{10}$ , 触发晶闸管  $VT_{14}$  导通, 或是触发  $VT_{15}$ 、 $VT_{16}$  导通。晶闸管导通后, 一方面使相应的信号灯得电发出过电流信号, 另一方面通过电流互感器  $TA_{11}$  输出一脉冲信号, 触发“正负偏置”板上的  $VT_{13}$ , 将偏置电路短路, 使得整流触发脉冲由整流区移回到逆变区, 这样整流电路就从整流状态进入到有源逆变的状态, 短路电流降低到零, 从而实现了晶闸管的过电流保护。

过电压保护信号来自于中频变压器  $T_2 \sim T_4$ , 见图 6-1(c) 的左下方。其工作原理与过电流保护相似, 这里不再详述。

② 电流、电压截止电路 由于感应加热过程中的电路参数变化很大, 有时虽然电流、电压超过允许值, 但并不意味着设备一定出了故障, 而是电路参数变化过大所致, 只要我们限制此

时的电流、电压参数不超过允许值,则设备仍能正常工作。如图 6-1(c)中的方框⑨为电流、电压截止电路。当中频电压或电流超过允许值时,稳压管  $VS_9$  和  $VS_8$  将击穿导电, $V_{26}$ 、 $V_{27}$  也会导通,而  $V_{26}$  发射极电阻上的电压将使  $\alpha$  角增大,导致整流输出电压下降,从而使电路的电流减小并限制在一个允许值上。

(4) 逆变器启动控制电路 如图 6-1(b)中方框⑭所示。启动电路的启动信号是由延时继电器  $KT_1$  的常开触点控制,当  $KT_1$  闭合,晶闸管  $VT_{12}$  将获得触发电压而导通,经脉冲变压器发出启动脉冲信号,去触发启动晶闸管  $VT_{11}$ ,从而启动逆变系统。

(5) 继电器控制电路 该中频电源装置的启动、运行、停车、保护等一系列过程均离不开继电器控制电路的工作。继电器控制电路如图 6-1(d)的右上方电路所示,它分为工频电源控制、整流电路控制和逆变电路控制三部分。

① 工频电源控制部分包括主电路的接触器  $KM_1$ 、 $KM_2$ ,它们是由按钮  $SB_2$  和  $SB_4$  控制其得电接通动作,由按钮  $SB_1$  和  $SB_3$  控制其失电分断,并通过指示灯显示出来。

② 整流控制电路包括继电器  $KA_1$  直流电压建立继电器、 $KA_3$  和  $KA_4$ 。

③ 逆变回路控制电路包括时间继电器  $KT_1$ 、接触器  $KM_3$ 、中频工作继电器  $KA_2$  以及复位继电器  $KA_5$ 。

## (二) 中频电源设备的工作特点及注意事项

由于 KGPS100—1 晶闸管中频电源设备工作时处在中频状态,逆变电路的电压比工频电网电压高得多,电路工作中产生过电压的现象也很频繁,因此根据电路的特点和设备运行的需要,安装调试设备时要特别注意以下几点:

### 1. 主电路对地绝缘

根据设备的电气原理图可知,设备电源是直接从三相工频电网获得,中间没有变压器隔离,因此主电路的各点均必须对地有足够的绝缘,当我们外接仪器仪表测量时,更要注意对地的绝缘问题,以免测量时造成短路事故,危及设备及人身安全。

### 2. 中频电源线的布置

由于中频电流比工频电流频率高很多,输电线的感抗很大,当电流也大时,感抗的压降就相当可观了,对设备的工作必将造成很大影响。所以中频电源线的布置要尽量缩短长度,两线间距离要尽量小,反馈电铜排要竖放,以增加导电效率。尤其是振荡回路的无功电流很大,甚至达到中频电源输出电流的十倍以上,因此安装时要特别注意使补偿电容尽量靠近感应电炉。

### 3. 水冷系统的安装

为了保证设备中所有采用水冷的装置,如晶闸管、补偿电容和感应电炉等得到充分的冷却,设备中安装有水压继电器进行保护。但是,如果冷却水管道发生堵塞现象,虽然水压很高,但冷却效果却很差了。因此,为了便于操作者随时检查水流及水温情况,冷却水应从明水漏斗流出。

当设备突然发生停水时,逆变系统虽然会因水压继电器的动作而自动停止工作,但是感应炉内熔化了的金属仍然会使停水后的感应线圈过热,因此应考虑采用备用水源来冷却感应线圈。

### 4. 水冷电缆的安装

由于中频感应炉熔炼完金属后需要倾炉,因此感应线圈与铜排馈线之间采用水冷电缆联接,电缆外部是橡胶水套,用来通冷却水。在工作时水冷电缆应并排地自然悬垂在电缆坑内,不允许绕圈,其附近也不应该堆放金属杂物,以免因感应发热而烧坏电缆水套。

### 5. 设备的抗干扰能力

由于中频设备中最敏感、易受干扰的部分是逆变系统自动调频的信号部分,它的误动作将会使逆变晶闸管误导通,造成短路。而提供这些信号的中频电压互感器和电流互感器,因其安装位置远离控制柜,信号传输线长,难免受到周围各种信号的干扰,因此信号线最好采用屏蔽线。



提示:如果没有屏蔽线,则应将几根信号线绞在一起,远离电源线,以减少干扰。

### 6. 设备器件的检查

主要检查主电路的晶闸管及硒堆。由于整流电路的负载是逆变电路,电路中产生过电压的现象很频繁,所以硒堆经过成型试验后,最好还要进行高压击穿试验,以确保硒堆的过压保护性能合格。

### 7. 对保护电路的检查

过电流、过电压保护电路和截流截压电路的检查,是通过将模拟电流、电压信号加入电路,以检查其保护能力。当加入工频模拟信号试验时,应注意将有关的电流互感器、电压互感器上的联线预先拆除,检查完毕后还要将拆除的线还原。

## 二、高频电源设备

### (一) GP100—C3A 高频感应加热设备的基本原理

GP100—C3A 型高频加热设备的电气原理图如图 6-4 所示。它由交流电源输入电路、高压整流电路、高频振荡电路以及控制保护电路等部分组成。

#### 1. 交流电源输入电路

高频设备的交流电源采用三相进线,输入端接有 LB—300 型和 LB—311 型两组电源滤波器,该滤波器是一个 LRC 低通滤波网络,它串联在交流电源与高频设备之间,能保证工频电源顺利地送入高频设备,而阻止高频设备产生的信号传送到交流电网上的其他电器上,保证了其他电子设备的正常工作。主电路采用三相反并联晶闸管控制,  $V_1 \sim V_6$  晶闸管用宽脉冲触发,保证每相有一只晶闸管正向或反向导通,构成电流通路,输出可调的三相交流电压,送到高压整流变压器的一次侧。六只晶闸管的触发电路完全相同,都是采用锯齿波移相触发电路,触发信号为脉冲宽度  $60^\circ \sim 90^\circ$  的宽脉冲,如图 6-5 中的⑤号板所示。

在图 6-5 中,  $RP-5W, 33k\Omega$   $C_1 \sim C_3-4kV, 1\ 000pF$   $C_4 \sim C_6-500V, 2\mu F$   $C_7 \sim C_{12}-160V, 0.1\mu F$   $V_1 \sim V_6-2CZ82F$   $L_1 \sim L_6-$ 滤波电感  $FU_1 \sim FU_3-$ 熔断器  $BLX_1$   $T_1-$ 隔离变压器  $T_2 \sim T_4-$ 同步变压器  $T_5 \sim T_7-$ 电源变压器

#### 2. 高压整流电路

该设备的高压整流电路由高压整流变压器  $T_{14}$  及整流控制电路构成。工作中,高压整流变压器是一个升压变压器,当一次侧线电压为 380V 时,二次侧的线电压可达 10kV。变压器  $T_{14}$  输出的交流高压经过三相桥式硅堆整流电路整流,输出的直流高压将作为电子振荡管的阳极电压。

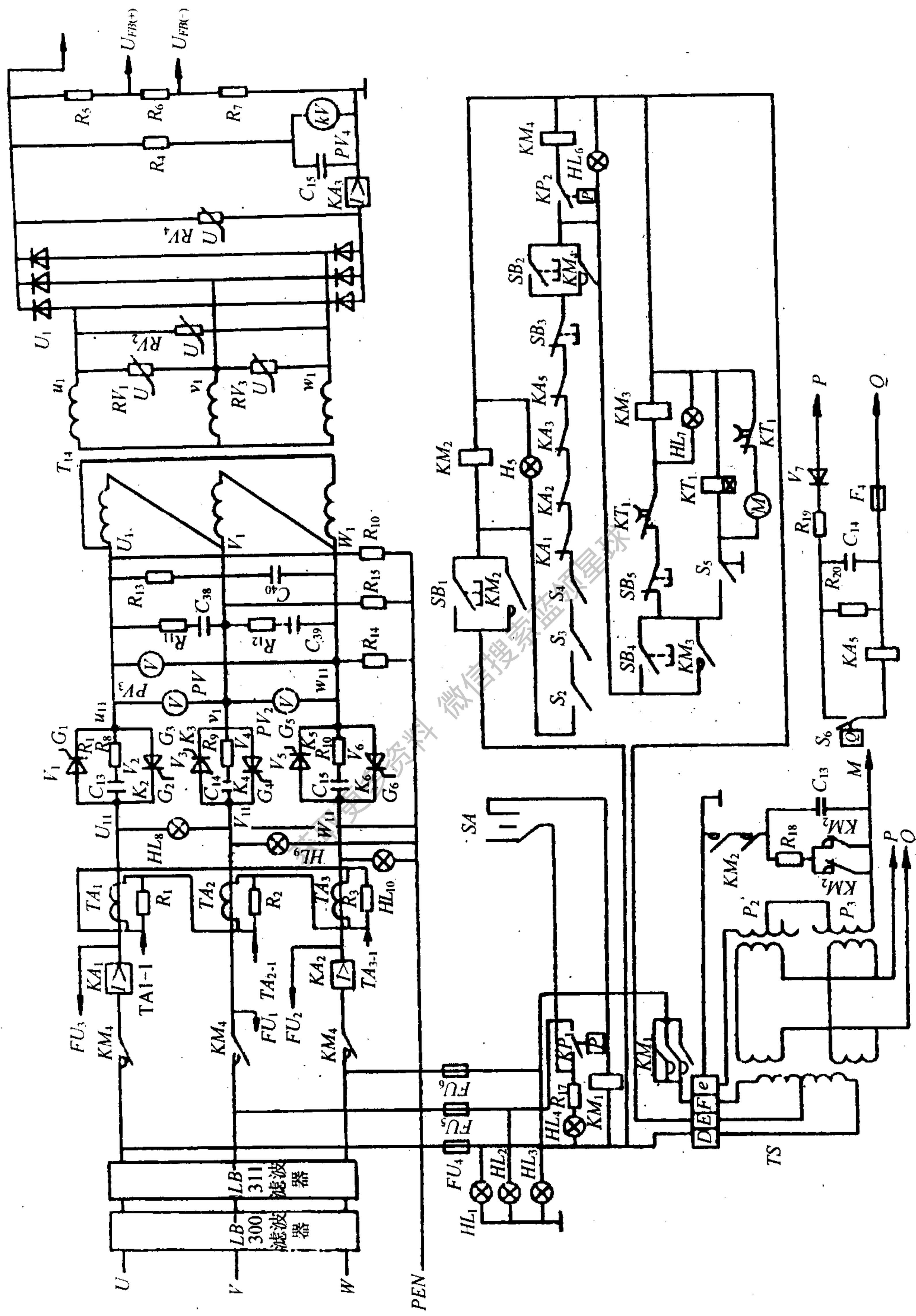


图 6-4 GP100—C3A 高频感应加热设备电气原理图(强电部分)



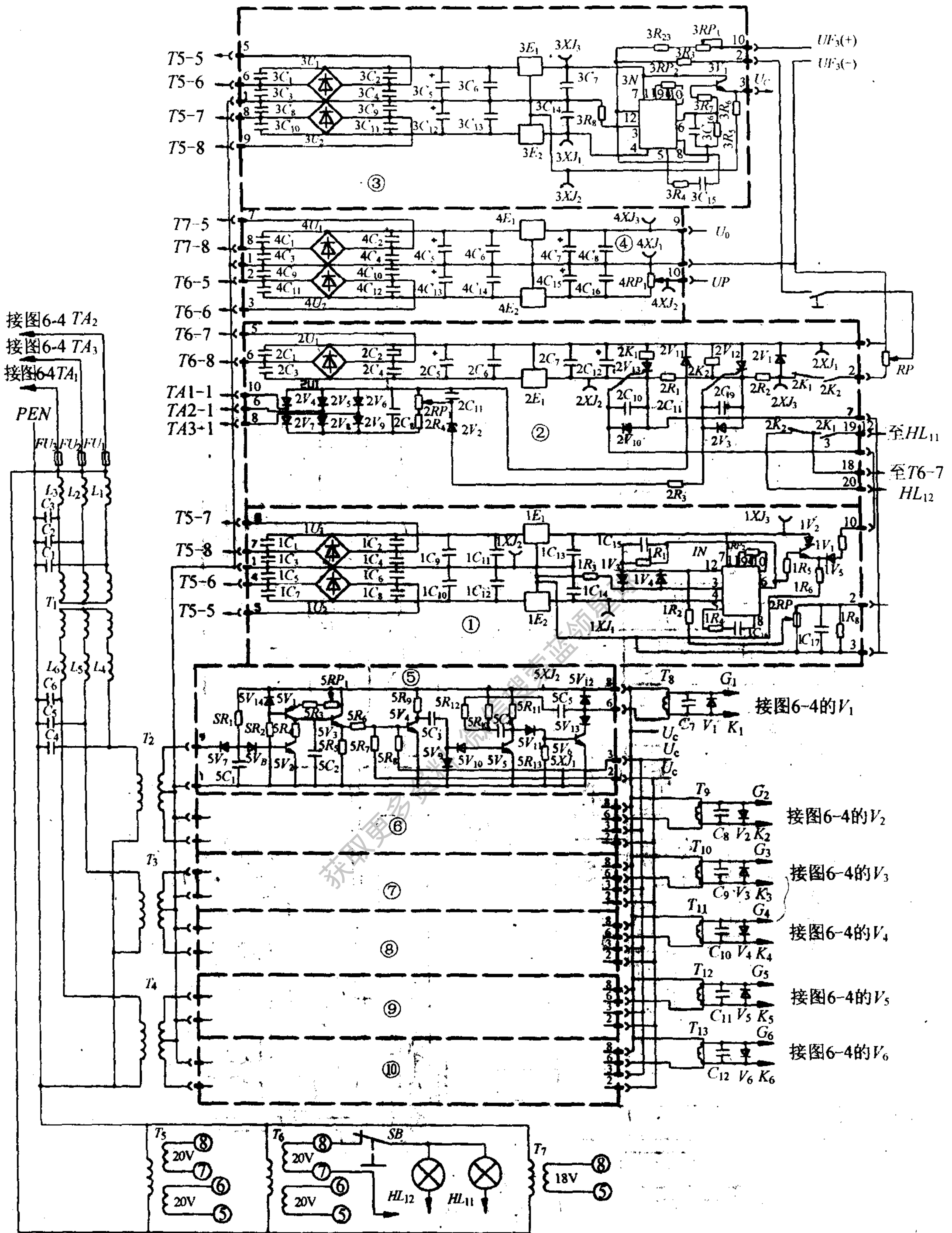


图 6-5 印刷电路板电气原理图(弱电部分)

①过电压保护板 ②给定保护板 ③阳极稳压板 ④电源偏置板 ⑤~⑩触发电路板

### 3. 高频振荡电路

如图 6-6 所示为本设备的高频振荡电路。图中 VE 为电子振荡管,作为振荡器的放大管用。隔直输出电容  $C_{23}$  把振荡回路与振荡管的阳极直流高压隔开,使振荡回路直流电位为零。振荡器的基本电路是由  $C_{25}$ 、 $C_{24}$ 、 $L_5$ 、 $L_6$ 、 $L_7$  组成了电容三点式与变压器反馈式振荡电路的复合方式,由于变压器两线圈  $L_6$ 、 $L_7$  的耦合系数是可以调节的,所以反馈电压在一定范围内也可调。调整  $L_7$  可以改变反馈电压的大小,当  $L_7$  沿顺时针方向转到与  $L_6$  同轴时,反馈电压最大;当  $L_7$  沿逆时针方向旋转  $180^\circ$  时,反馈电压最小。

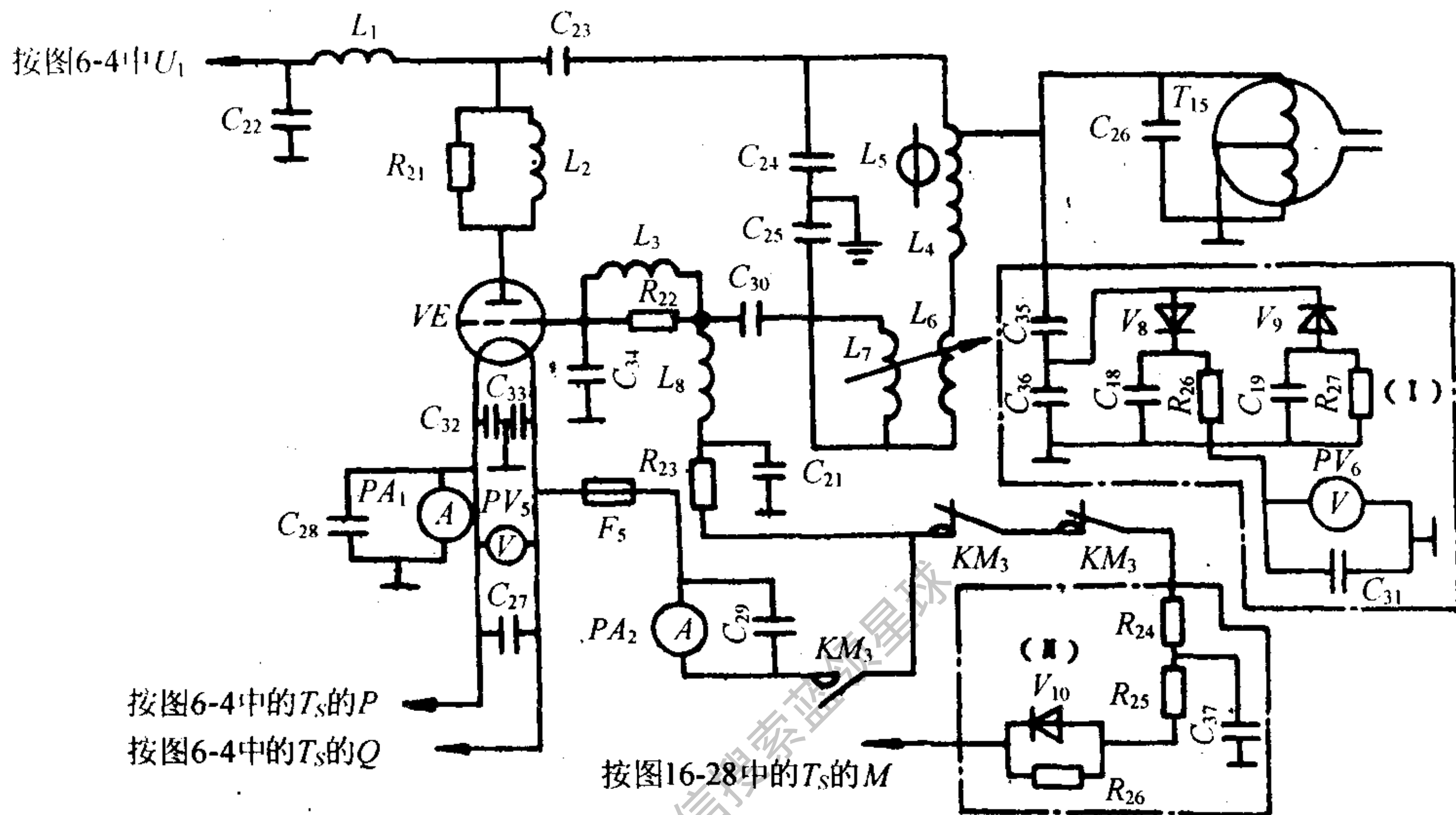


图 6-6 高频振荡电路原理图

大功率振荡器的起振和停振不宜用切断阳极高电压的方法来控制,因为这需要高电压接触器的动作来实现,既不经济,又不安全。因此 GP100—C3A 高频振荡电路中采用栅极控制的方法来实现振荡器的起振和停振。要求起振时,接触器  $KM_3$  动作,其常闭触点断开,切断了迫使振荡管截止的负栅压;其常开触点闭合,接通了振荡管的栅极偏压电路,振荡管开放,振荡器立即起振。要求停振时,  $KM_3$  断电释放,常开触点断开,常闭触点闭合,此时截止的栅压整流器供给振荡管栅极一个很高的负压(约 1 000V 以上),这个电压远远低于振荡管的截止栅压,因此振荡管截止,阳极电流为零,振荡器停振。



提示:在振荡电路中,  $L_5$  是安装在  $L_4$  中的短路铜环,它对  $L_4$  有很强的去磁作用。改变短路铜环  $L_5$  的位置,就可以改变 LC 振荡电路的谐振阻抗,并使其等于振荡器所要求的最佳谐振阻抗,从而使高频振荡电路产生最大的振荡功率。

### 4. 控制、保护电路

高频电源的控制、保护电路为了保障设备的正确使用,避免发生故障,必须满足下列要求:

① 设备各单元要按顺序投入运行。如:必须在振荡管的灯丝预热之后,才能加上高压电源,之后才能接通感应加热电路等。

② 对设备及人身安全要有可靠的保护。如：所有电器柜门关闭、振荡管阳极接通冷却水后，才允许再接通高压电源，如果水压不足、水温过高，电路要自动切断电源等。

(1) 控制电路 GP100—C3A 高频设备的控制电路，如图 6-4 所示。操作顺序及控制原理为：

① 合上电源总开关（此开关未在图上标出），此时三相电源的指示灯  $HL_1$ 、 $HL_2$ 、 $HL_3$  亮，表示设备的电源正常。

② 接通振荡管的冷却水路，当水压大于 0.0785MPa 时，水压继电器  $KP_1$  动作，其常开触点闭合，指示灯  $HL_4$  亮，表示水压正常，设备可以投入工作。

③ 转动转换开关  $SA$ ，接通接触器  $KM_1$  线圈与水压继电器  $KP_1$  的常开触点（此时已闭合）， $KM_1$  线圈得电动作后，其常开触点闭合，把稳压器一次侧线圈  $D—F$  接到了 380V 的交流电源上，稳压器开始工作。

④ 按下灯丝加热按钮  $SB_1$ ，接触器  $KM_2$  的线圈得电吸合并自锁，指示灯  $HL_5$  亮。 $KM_2$  的常开触点闭合，常闭触点断开，使谐振电容  $C_{13}$  与稳压器的谐振线圈接通，振荡管的灯丝电压将升到额定值，并在此电压下预热 15 ~ 20min。

⑤ 关闭设备上所有电器柜门，联锁开关  $S_2$ 、 $S_3$ 、 $S_4$  接通闭合，为后面的安全操作提供保证。

⑥ 按下高压接通按钮  $SB_2$ ，高压指示灯  $HL_6$  亮，在压力继电器  $KP_2$  闭合的情况下，主接触器  $KM_4$  线圈得电，其常开主触点闭合接通在高压整流变压器  $T_{14}$  之前交流调压电路的电源，常开辅助触点闭合自锁。

⑦ 当把工件放入合适的感应器中时，调好了工件的间隙，就可以按下加热按钮  $SB_4$ ，加热指示灯  $HL_7$  亮，接触器  $KM_3$  的线圈得电并自锁， $KM_3$  的常闭触点断开，切断了振荡管栅极的负栅压电路，其常开触点闭合，接通了振荡管的自给栅偏压电路，使振荡器起振。高频电能经过变压器、感应器传入了工件体内，使工件迅速加热而升温。

⑧ 当工件达到加热要求时，按下加热停止按钮  $SB_5$ ，使接触器  $KM_3$  断电释放， $KM_3$  的常开触点断开，切断栅极的自给偏压电路，其常闭点闭合，又接通了负栅压电路，电容上的负电压使振荡管截止，设备停止加热。当换装好新工件以后，再重新按加热按钮  $SB_4$ ，重复加热过程。这样可以使设备反复工作加热，不需要停止设备的高压。

⑨ 当大批量加热工件时，可把开关  $S_5$  合上。放好工件后，按下  $SB_4$ ，除了上述动作外，时间继电器  $KT_1$  的线圈也得电动作，与此同时，同步电动机  $M$  也通电旋转。加热到预定的工艺时间后，时间继电器的延时常闭触点  $KT_1$  断开，分别切断接触器  $KM_3$  线圈和同步电动机的电源，使工件自动停止加热及旋转。同理，换装好新工件后，再重新按  $SB_4$ ，系统将重新启动加热。

(2) 保护电路 此高频加热设备中的保护措施有下列几种：

① 水压保护 在高频电炉中，水路系统非常重要，为了保证设备运行时要有足够的水冷，特别设有水压继电器进行水压保护。水压过低时，水压继电器的常开触点  $KP_1$  将断开，使整个控制系统断电，设备与电网隔离，从而保证了设备的安全。

② 水温保护 有时水压够高，水压继电器也正常动作，但因水路堵塞，或是因为振荡管阳极损耗太大，使得冷却水温度太高。当水温达到 58℃ 时，图 6-4 最下方所示的水银触点  $S_6$  将接通，继电器  $KA_5$  线圈得电，其常闭触点切断接触器  $KM_4$  的高压操作电路，从而使振荡管避免

被高温烧坏。

③ 过电流保护 高频加热设备的过电流保护是由电源输入电路中的过电流继电器  $KA_1$ 、 $KA_2$  来实现,振荡管阳极电流的过载则由过电流继电器  $KA_3$  来保护。当出现设备过电流或振荡管过载时,相应的过电流继电器动作,其常闭触点切断电源接触器  $KM_4$  线圈的电路, $KM_4$  常开主触点释放,从而切断设备的交流电源,保护了加热设备或振荡管。

④ 联锁保护 高频电炉设备内部都有高电压,这样会给靠近设备的操作维修人员带来一定的危险,为此,电气柜门上均设有联锁保护开关。当电气柜的门打开时,联锁保护开关  $S_2$ 、 $S_3$ 、 $S_4$  触点断开,切断了电源接触器  $KM_4$  的线圈电路,从而切断了交流高压电源,使操作维修人员免除了高压触电的危险。

⑤ 其他保护 为了避免因感应高频电压而烧坏振荡管,振荡电路中还接上了电容  $C_{32}$ 、 $C_{33}$ ,以及在栅极回路中装有熔断器。

## (二) 高频电源设备的工作特点及注意事项

由于高频电源设备采用了电子管、晶闸管为主要工作器件,工作特点是高频、高压,因此在安装调试过程中应特别注意以下几点:

(1) 对于大功率的高频设备,必须建有防潮、防尘、屏蔽以及通风性能好的专用机房。特别是屏蔽措施相当重要,因为未屏蔽的感应器本身是一种辐射高频振荡和产生无线电干扰的天线,发射到空间的电磁波会直接影响周围的电子仪器 and 通信设备的正常工作。所以专用机房的天花板、门窗、墙壁均用 0.5mm 的钢板或铁丝网进行屏蔽。

(2) 设备外壳、机房屏蔽层、低压管道屏蔽层以及穿墙的管道等,均要有良好的接地装置。

(3) 需要熔炼或是远距离送电的高频设备,必须设地沟用来安置回馈电线。这是因为地沟对高频馈线有良好的屏蔽性能,可以减少发射到空间的电磁波。

(4) 由于水冷的振荡管是装在水套上的,安装时要切实保证水套平面与水平面的平行。如果振荡管倾斜,不仅炽热的灯丝会受重力作用而偏离原来位置,造成碰极现象;还容易使阳极与水套间的间隙不均匀,造成散热不平衡。因此振荡管必须要垂直安装。

(5) 振荡管的装拆应特别小心。清除底部积灰时,不应把管子倾倒,以免电极振动造成故障。连接灯丝与栅极引线时,注意不要拉得过紧,引线之间应保持一定的距离。拆卸管子时要先停水,然后拆卸灯丝和栅极引线,并注意防止灯丝引线太长时,引线接头无意中打坏玻璃壳。

(6) 高频电源设备中最关键易损的器件是振荡管,使用前注意检查管子的极间绝缘电阻,可用 1kV 或 2.5kV 的兆欧表测量。如果测量时管子内产生辉光,绝缘电阻值低于正常的 2 000M $\Omega$ ,说明管子的真空度已经下降。为使振荡管真空度保持正常,可以将备用管子定期在设备上轮换使用(一般隔三、四个月轮换一次),对延长其工作寿命是有效的。



**提示:**检查调试时,对于长期存放的振荡管要进行充分的预热,至少要加热 60~90min,以消除长期存放对其性能造成的不良影响。

# 7 相关知识

## 一、机械制图及公差配合知识

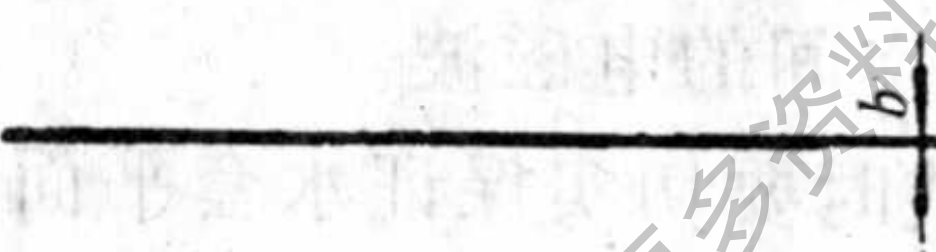
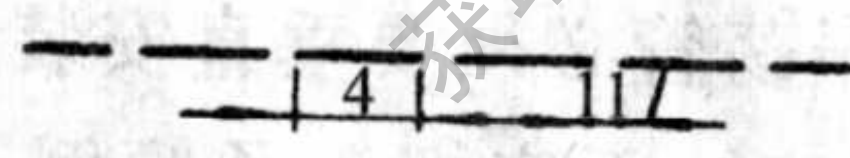

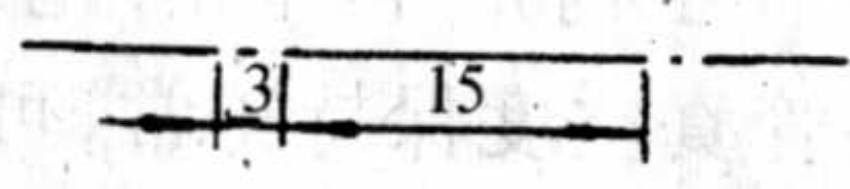
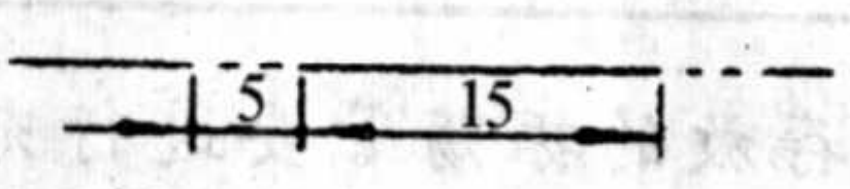
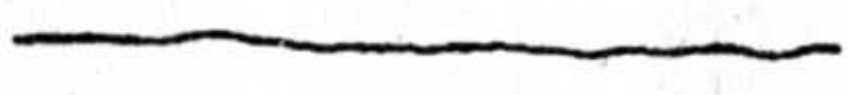
### (一) 机械制图的基本知识

#### 1. 基本概念和规则

机械零件的轮廓形状虽然是多种多样的,但基本上都是由直线、圆弧和其他的一些曲线所组成的几何图形。绘制图形时,图线是基本要素,同时还要了解和掌握图形比例和尺寸标注。

(1)图线 要看懂零件图,就必须明确各种图线的含义和用途。常用图线的名称、形式、代号、宽度及一般应用方法见表 7-1 所示。各种常用图线的应用实例如图 7-1 所示。

表 7-1 图线的形式、宽度和主要用途

图线名称	图线型式	图线宽度	主要用途
粗实线		$b$	可见轮廓线
虚线		$\frac{b}{2}$ 左右	不可见轮廓线
细实线		$\frac{b}{3}$ 或更细	尺寸线,尺寸界线,剖面线,引出线
点划线		$\frac{b}{3}$ 或更细	轴心线,对称中心线
双点划线		$\frac{b}{3}$ 或更细	假想轮廓线
波浪线		$\frac{b}{3}$ 或更细徒手画	断裂处的边界线

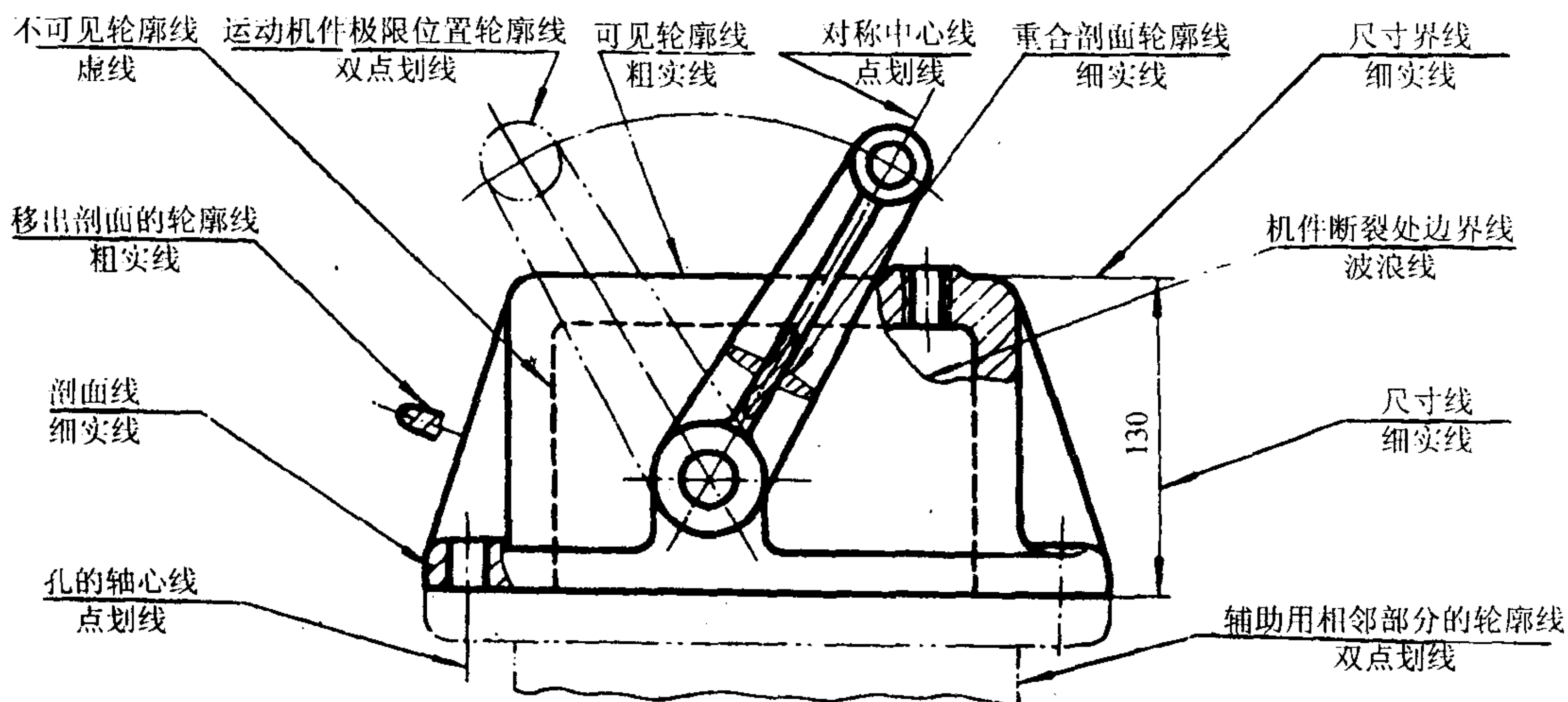


图 7-1 图线的用途示例

(2) 绘图比例 图纸上的比例是图形尺寸与物体实际尺寸之比。一般在标题栏中标出。为了能从图样上得到实物大小的真实概念,应尽量用 1:1 画图。当零件不适合用 1:1 画时,也可以用缩小或放大的比例画出,如 1:2 或 2:1 等。不论缩小或放大,在标注尺寸时必须标注零件的实际尺寸,如图 7-2 所示。绘制同一零件的各个视图,应采用相同的比例。

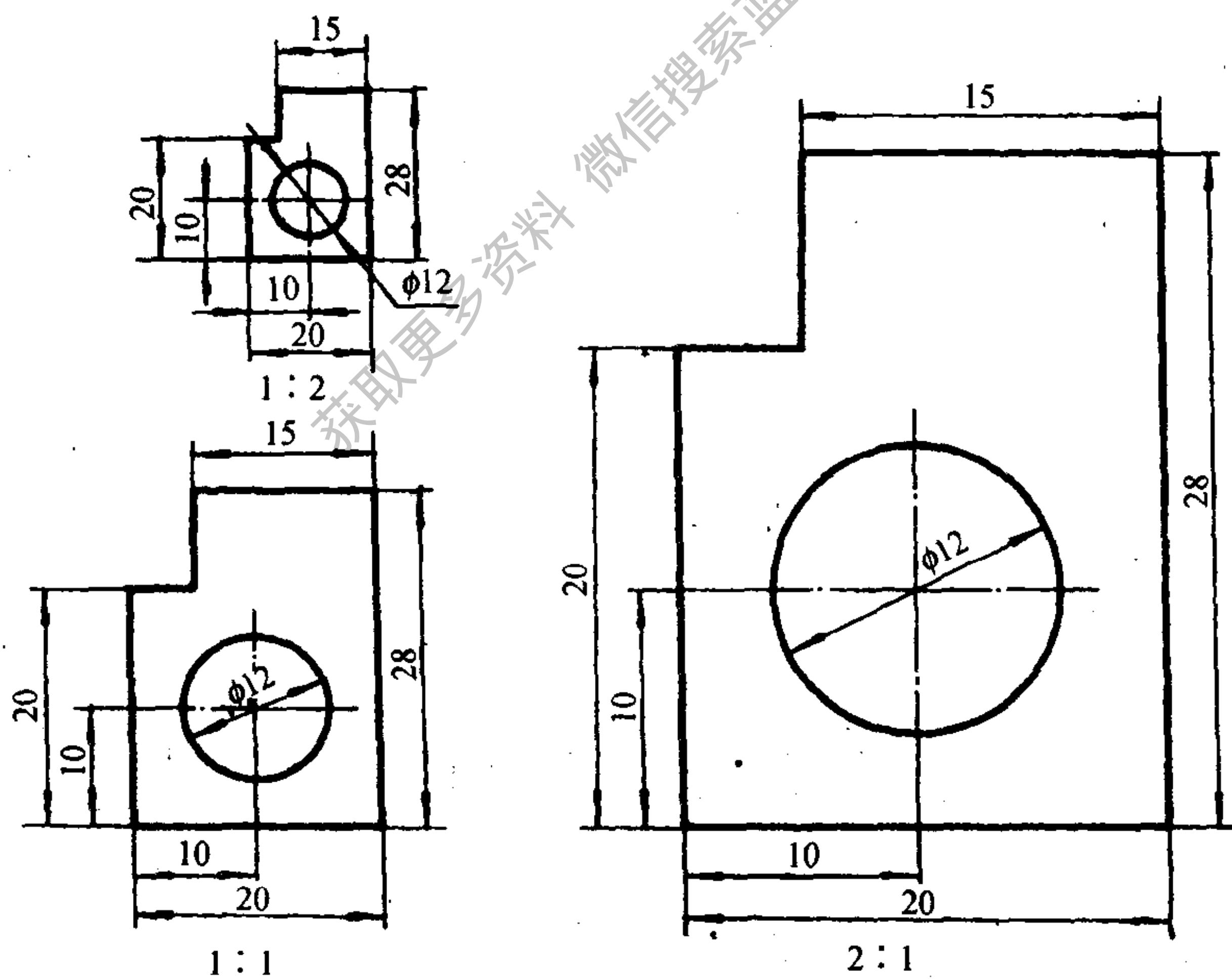


图 7-2 不同比例画出的零件图形

(3) 尺寸标注 制造零件时,要根据图形尺寸才能进行加工。而零件的大小是在零件图的长、宽、高三个方向用标注尺寸来表达的。每个标注的尺寸一般都由尺寸界线、尺寸线、箭头、尺寸数字四个要素所组成。

标注尺寸时,应遵守的基本规则为:

①机械零件的真实大小应以图纸上所标注的尺寸数值为依据,与图形的大小以及绘图的准确度无关。标注的尺寸,应该是零件最后完工的尺寸。

②在图纸、技术要求和其它说明中的尺寸,规定以 mm 为单位,不需标注其计量单位的符号或名称。如需采用其它单位时,如  $\mu\text{m}$ 、cm、m 等,则必须注明。

③零件的每一个尺寸,在图纸上,一般只标注一次,而且要标注在表示该结构最清晰明了的图形上。

常用的尺寸标注方法见表 7-2。

表 7-2 常用的尺寸注法

标注内容	图 例	说 明
线性尺寸的 数字方向		尺寸数字应按左图中的方向填写,并尽量避免在 $30^\circ$ 范围内标注尺寸。当无法避免时,可按右图标注
角度		尺寸界线应沿径向引出。尺寸线应画成圆弧。圆心是角的顶点。尺寸数字一般应水平书写在尺寸线的中断处,必要时也可写在上方或外面,也可引出标注
圆和圆弧		直径、半径的尺寸数字前,应分别加符号“ $\phi$ ”、“R”。尺寸线应按图例绘制
大圆弧		无法标出圆心位置时,可按左图标注;不需标出圆心位置时,可按右图标注
小尺寸和 小圆弧		没有足够地位时,箭头可画在外面,或用小圆点代替两个箭头;尺寸数字,也可写在外面或引出标注

标注内容	图 例	说 明
球 面		<p>应在 <math>\phi</math> 或 <math>R</math> 前再加注“球”字。不致引起误解时可省略“球”字，如左图中的右端球面就省注了“球”字</p>
弧长和弦长		<p>尺寸界线应平行于弦的垂直平分线；标注弧长尺寸时，尺寸线用圆弧，尺寸数字上方应加注符号“<math>\frown</math>”</p>
对称机件 只画出一 半或大于 一半时 当零件为 薄板时		<p>尺寸线应略超过对称中心线或断裂线，且只在尺寸界线一端画出箭头 当零件为薄板时，可在厚度尺寸数字前加符号“<math>\delta</math>”或“厚”字</p>
光滑 过渡处		<p>在光滑过渡处，必须用细实线将轮廓线延长，并从它们的交点引出尺寸界线。尺寸界线如垂直于尺寸线，则图线很不清晰，所以允许倾斜</p>
正方形 结构		<p>剖面为正方形时，可在边长尺寸数字前加注符号“<math>\square</math>”，或用 <math>14 \times 14</math> 代替“<math>\square 14</math>”</p>
斜度和 锥度		<p>斜度、锥度可用符号或文字表示，符号方向应与斜度、锥度的方向一致。斜度和锥度的符号可按最右边的两个图例绘制，<math>h</math> 为字高</p>



标注内容	图例	说明
尺寸数字 无法避免 被图线通 过时		必须在注写尺寸数字处将图线断开

## 2. 制图方法

(1) 基本视图 零件向基本投影面投影所得的视图,称为基本视图。

基本视图的名称及其所对应投影方向的规定如下:

主视图——由前向后投影,在正面所得的视图;

俯视图——由上向下投影,在水平面所得的视图;

左视图——由左向右投影,在右侧面所得的视图;

右视图——由右向左投影,在左侧面所得的视图;

仰视图——由下向上投影,在上面所得的视图;

后视图——由后向前投影,在前面所得的视图。

六个投影面在展开时,除了保持正面不动外,其他的各个投影面则如图 7-3(a) 所示,展开到与正面在同一个平面上,展开后各视图的配置关系如图 7-3(b) 所示。在同一张图纸上,按图 7-3(b) 配置视图时,一律不标注视图的名称。在画零件的视图时,除了主视图外还需画哪几个视图,应根据零件的形状,按实际需要设定。

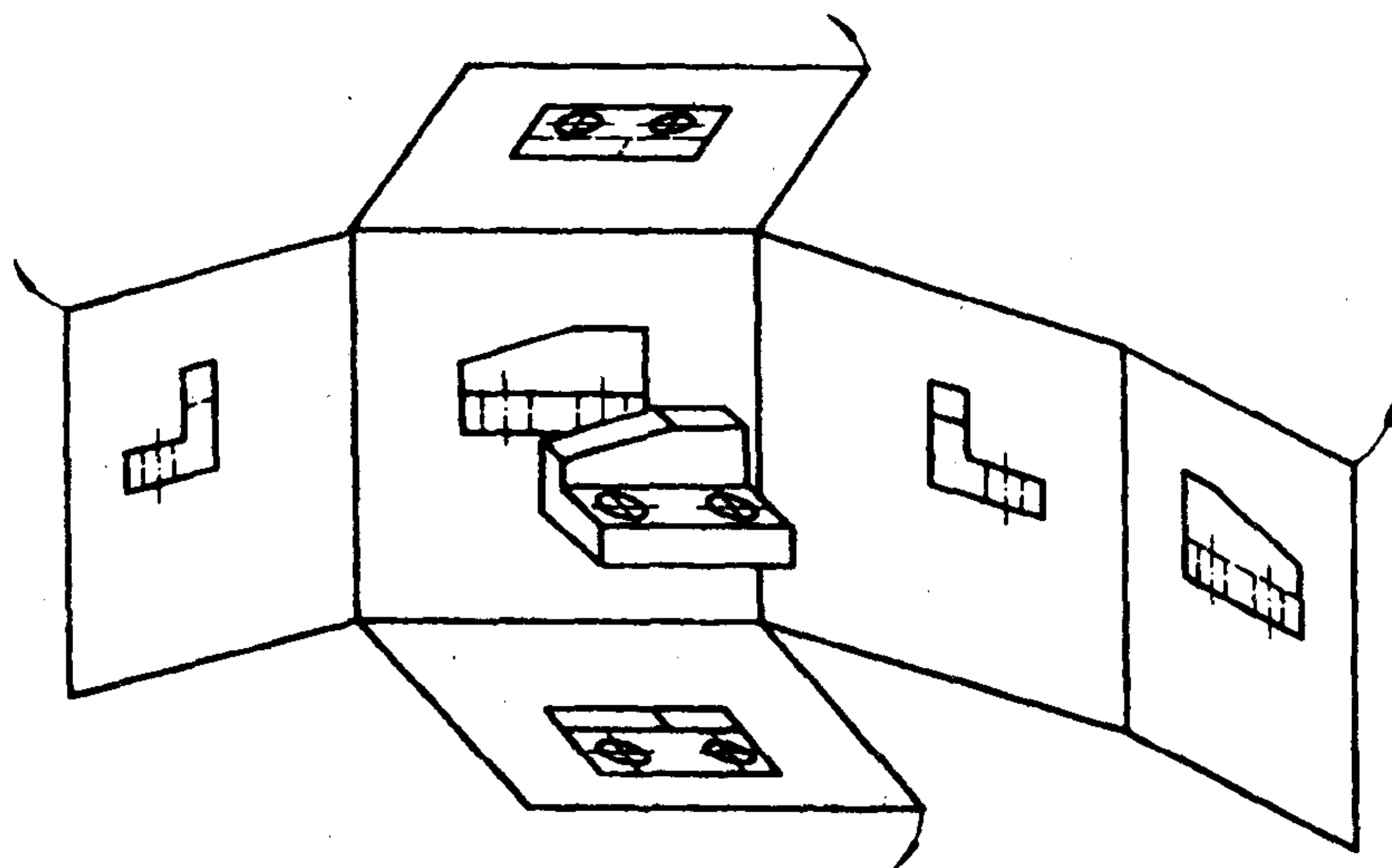
(2) 局部视图和斜视图 把零件的某一部分向基本投影面投影所得的视图,称为局部视图。它是在零件没有必要画出完整图形而只需表达清楚部分结构形状时,所采取的一种简练的表达方法。画局部视图时,一般在相应视图的上方同时也标注“×”(如 A 向或 B 向)如图 7-4 所示。当零件在不平行于任何基本投影面投影所得到的视图,称为斜视图。画斜视图时与局部视图一样,一般按投影关系配置,必须标注“×”(如 A 向旋转)。必要时也可以配置在其他适当的位置,允许将图形旋转,如图 7-4 中标注为“A 向旋转”。局部视图和局部斜视图的断裂处边界线应以波浪线表示,但当所表示的局部结构是完整的,且外轮廓线又成封闭时,则波浪线可以省略不画。

(3) 旋转视图 假想地将零件的倾斜部分旋转到与某一选定的基本投影面平行后,再向该投影面投影所得的视图,称为旋转视图,如图 7-5 所示。旋转视图常用来表达具有合适的旋转中心的倾斜零件。

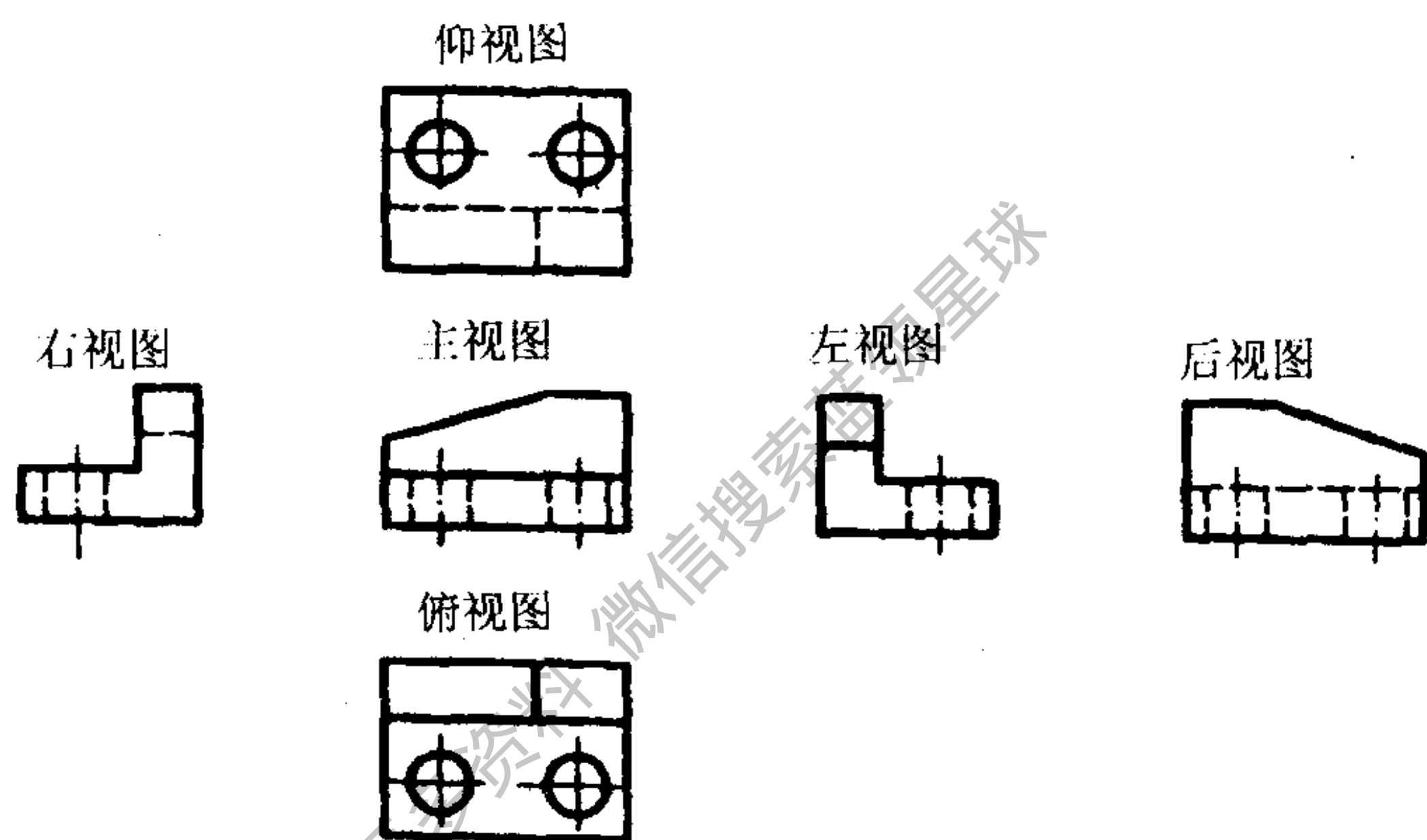
(4) 剖视图 是假想地用剖切平面剖开零件,移去剖切面与观察者之间的部分,而将其余部分向投影面投影的表达方法。实际的零件并没有缺少某一部分,因此除剖视图外,其他视图仍然应该完整地画出,不可见部分如果在其他视图上已表达清楚,则可以省略不画。画剖视图时,在零件与剖切面相接触的部分应画上剖面符号,零件的材料不同,其剖面符号也不同。金属零件的剖面符号是与水平方向成  $45^\circ$  的细实线。

常用的剖切方法有:

① 单一剖——用平行于基本投影面的剖切平面剖切零件的方法。



(a)六个基本投影面及其展开



(b)视图的配置

图 7-3 六个基本视图

- ② 旋转剖——用两个相交的剖切平面剖切零件的方法。
- ③ 阶梯剖——用几个平行的剖切平面剖切零件的方法。
- ④ 斜剖——用不平行于任何基本投影面的剖切平面剖切零件的方法。

剖视图的种类一般分为三大类：

① 剖视图 用剖切面，把零件完全地剖开后所得到的剖视图。一般适用于内部结构复杂，而又无对称平面的零件。

② 半剖视图 用剖切面沿零件的对称平面将其剖开一半，以对称中心为界线，一半画剖视图，另一半画外形所得的视图。一般适用于对称的零件或零件形状接近对称，而且不对称的部分已另有图形表达清楚时，也可画成半剖视图。

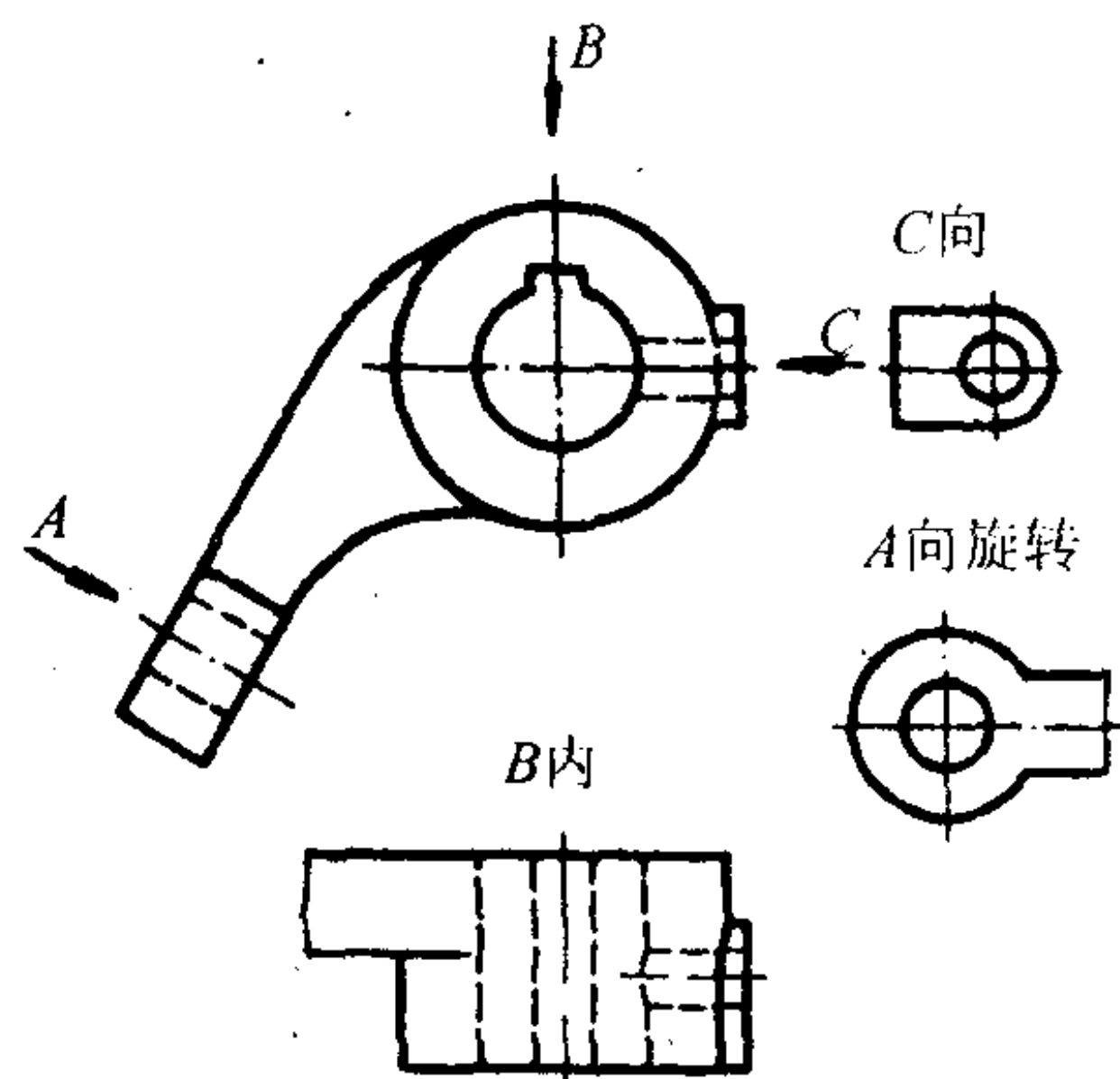


图 7-4 局部视图和斜视图

③局部剖视图 用一个剖切平面将零件的局部剖开,表达其内部结构,所得的剖视图。局部剖视图以波浪线分界以示剖切范围。一般适用于既需要表达物体的某一部分的内部结构,又需要保留大部分外形结构的零件。

几种常见的剖视图剖切方法、标注和识读说明可参见表 7-3。

### 3. 零件图

零件图是制造和检验零件用的生产图纸,是分析零件结构形状、了解零件尺寸和技术要求,以便在加工时采用相应的技术措施的主要依据。

(1)一张完整的零件图应该包括下列四项内容:

①一组视图 正确、完整地表达零件的内外形状和结构所必需的一定数量的视图。

②完整的尺寸 用一组数字标注出零件各部位大小和相对位置的全部尺寸,包括总体尺寸、定位尺寸和定形尺寸。

③技术要求 用符号或文字说明制造和检验该零件时,在技术上应该达到的具体要求。

④标题栏 用来填写零件的名称、材料、数量、比例、图号以及制图者、校核者的姓名(签字)等。(图 7-6 就是微调电容器上的定片零件图。)

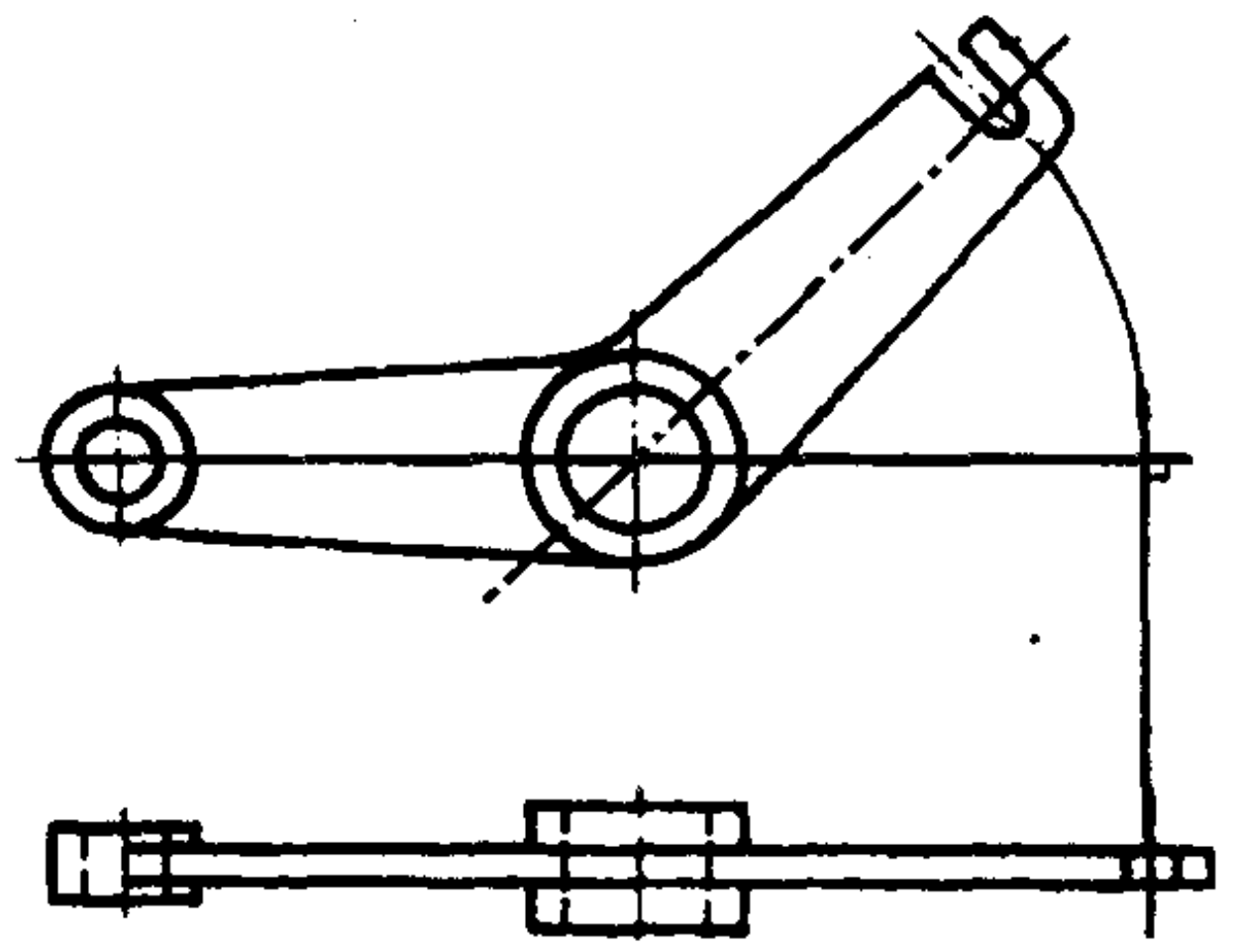


图 7-5 旋转视图



**提示:**看零件图时,只有全面综合分析上述四项内容,才能清楚零件的立体形状、规格及加工要求。

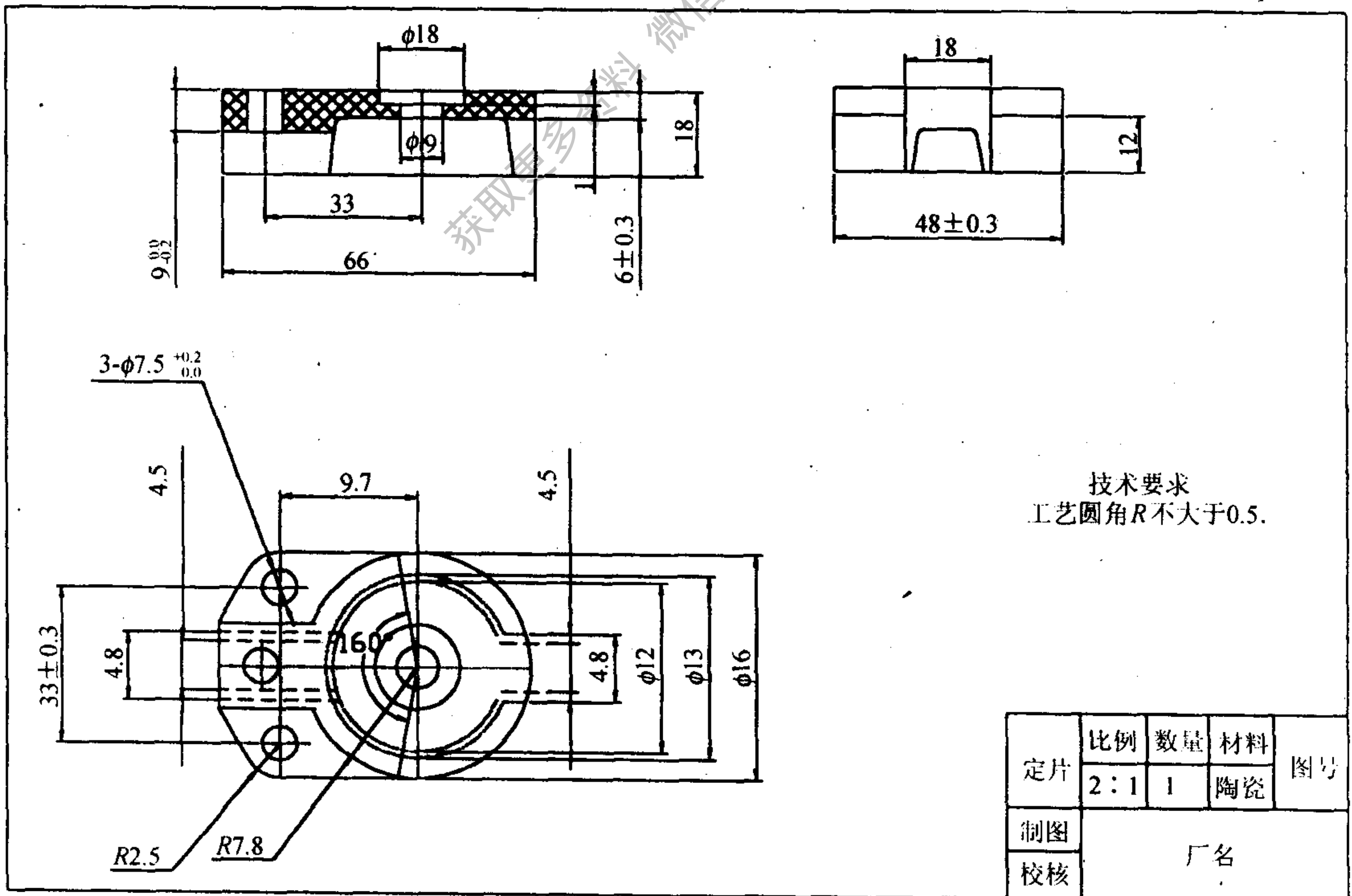

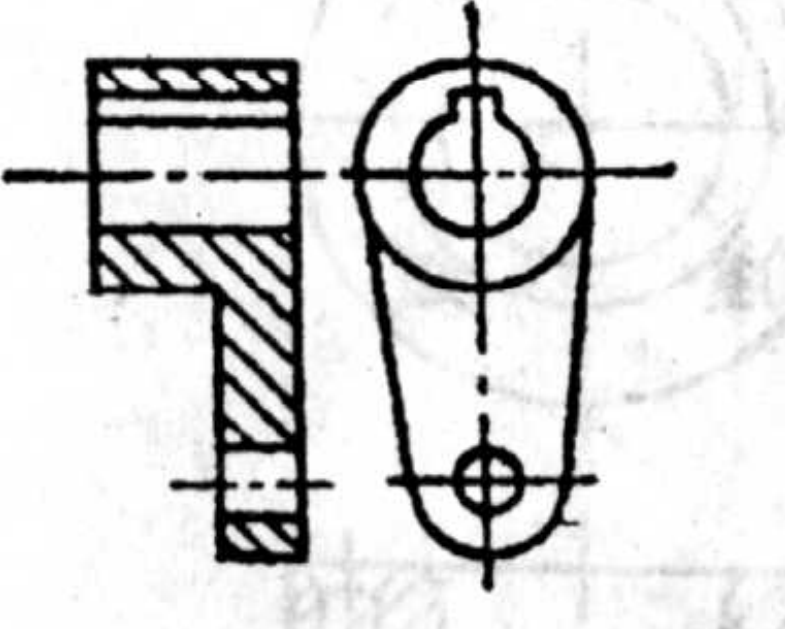

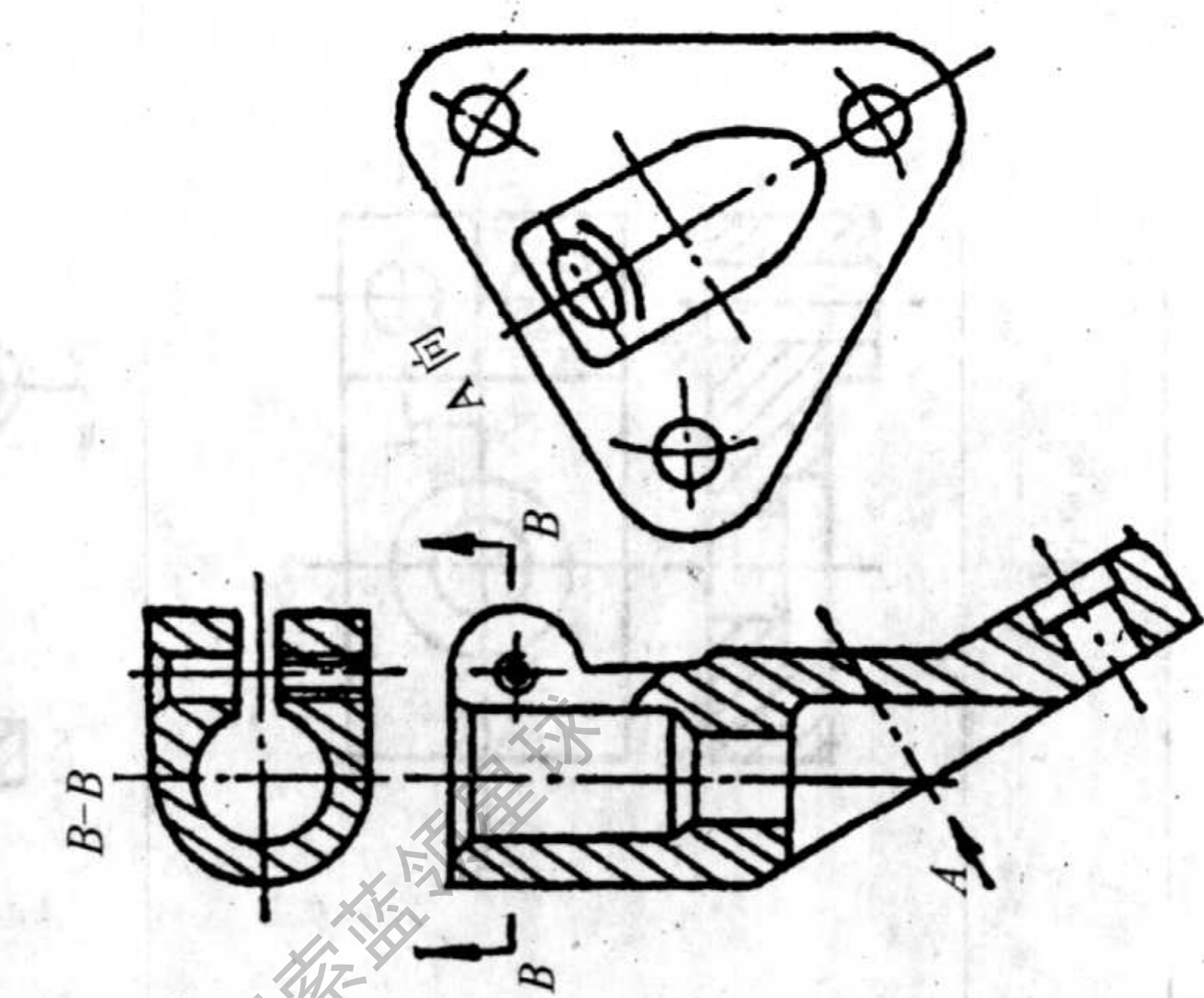
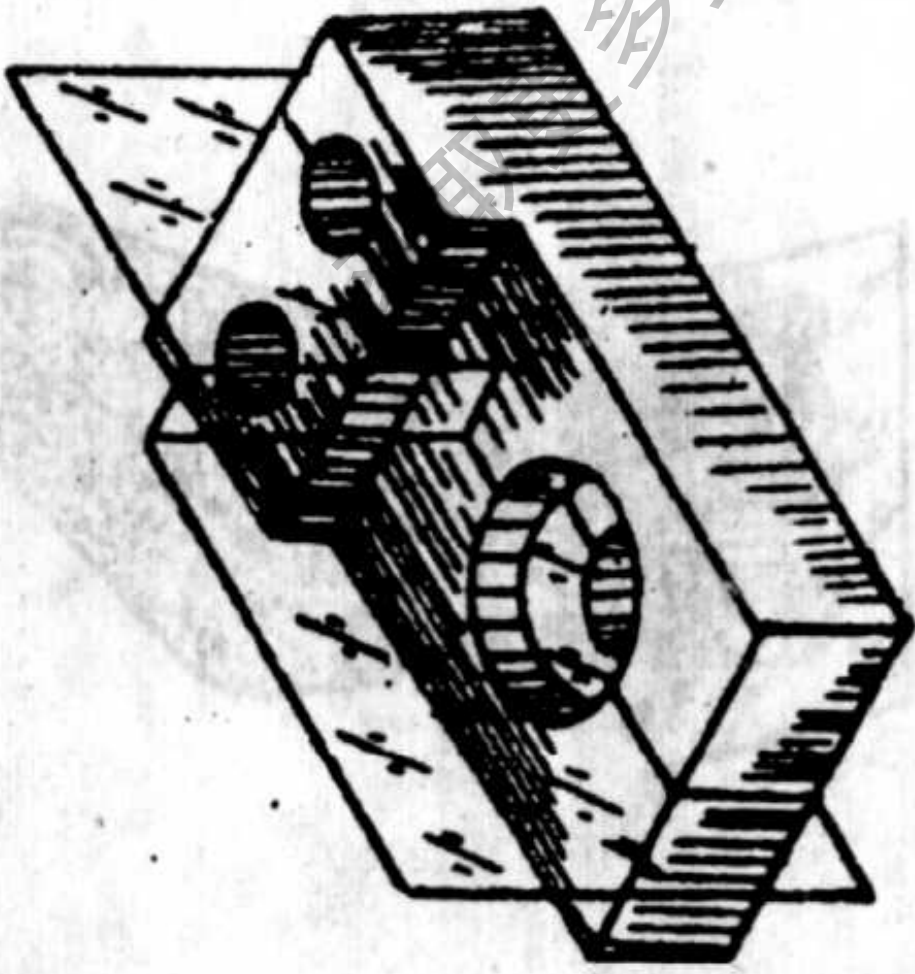
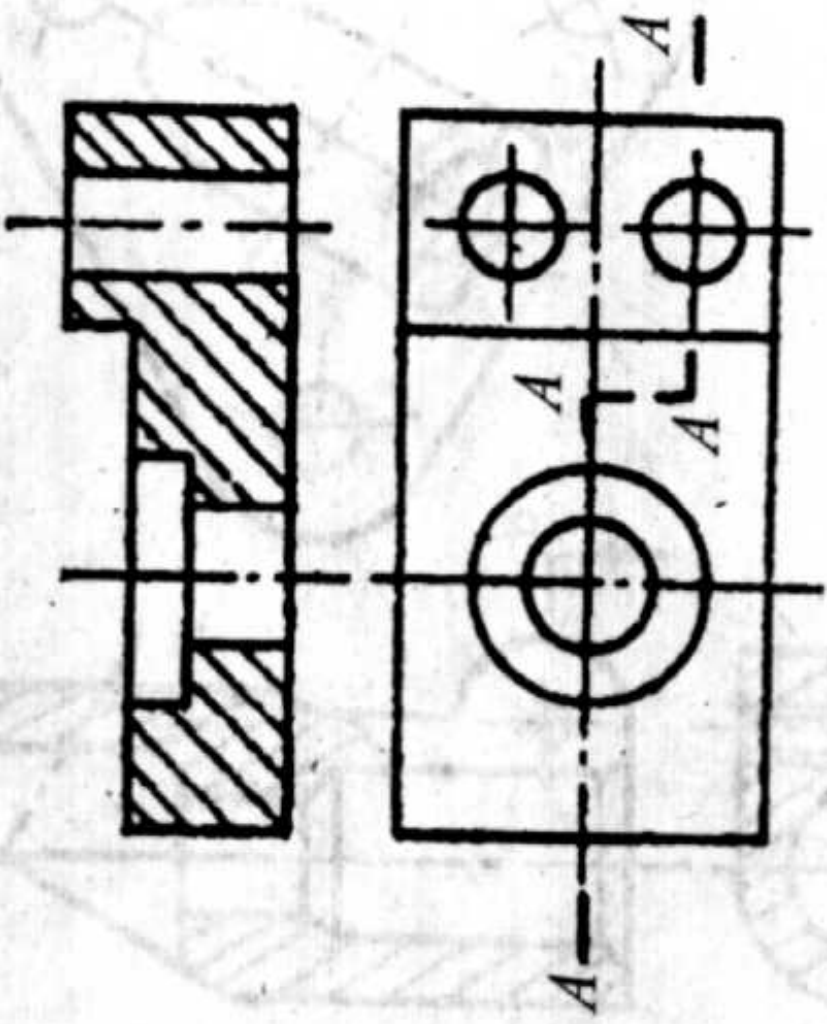

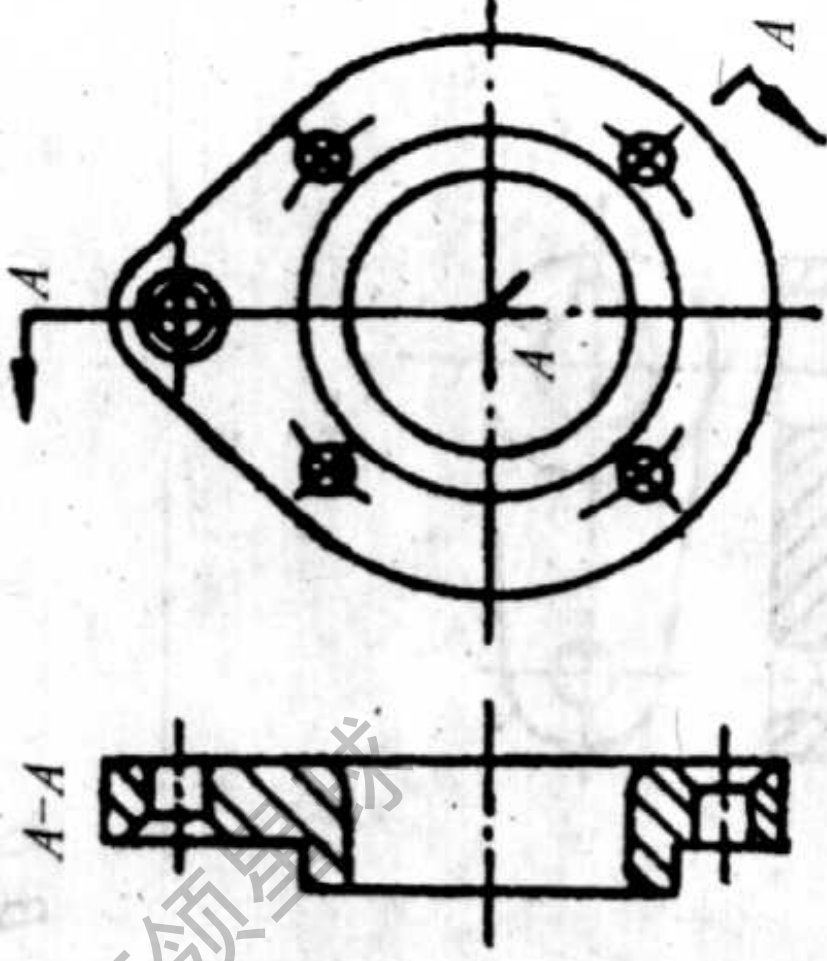


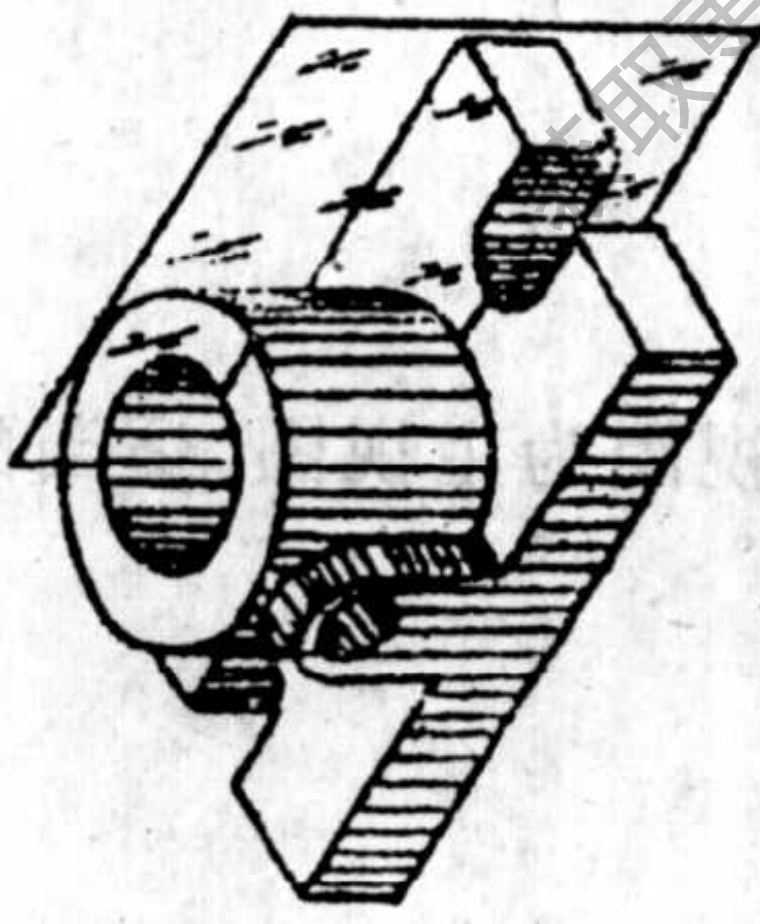
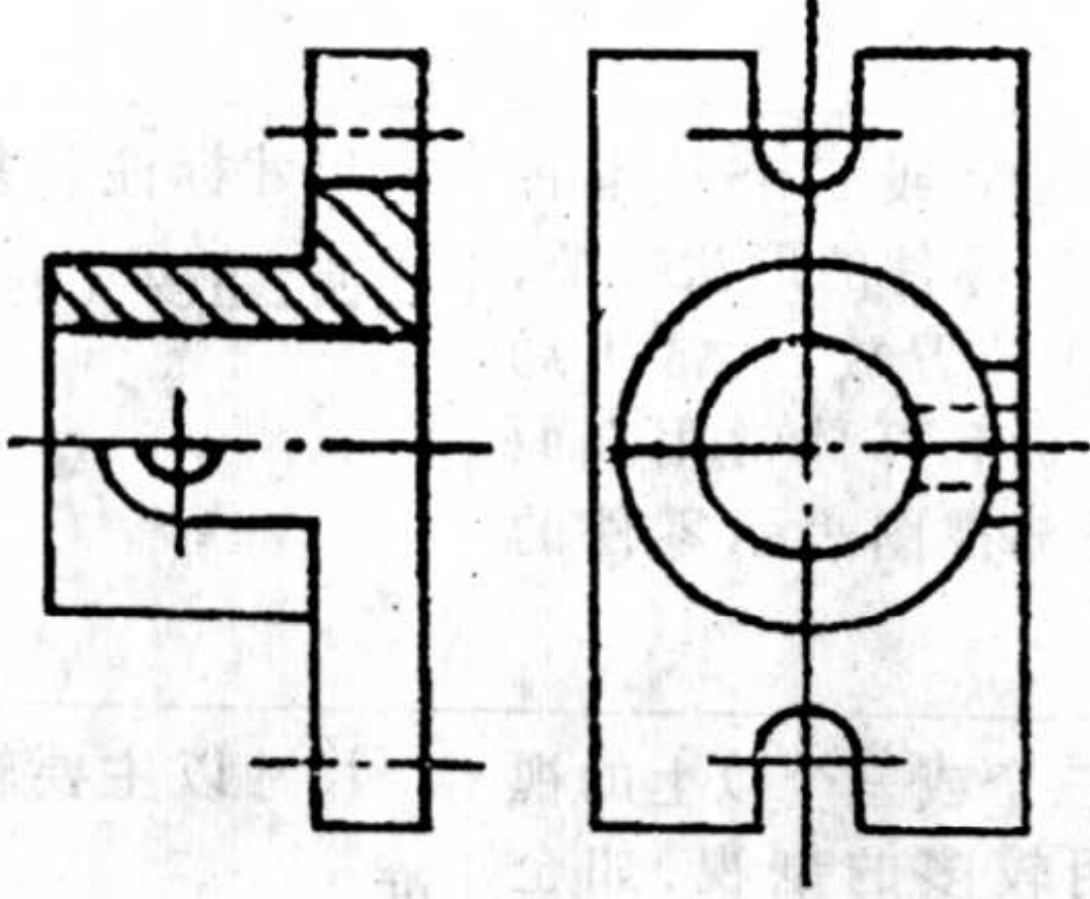
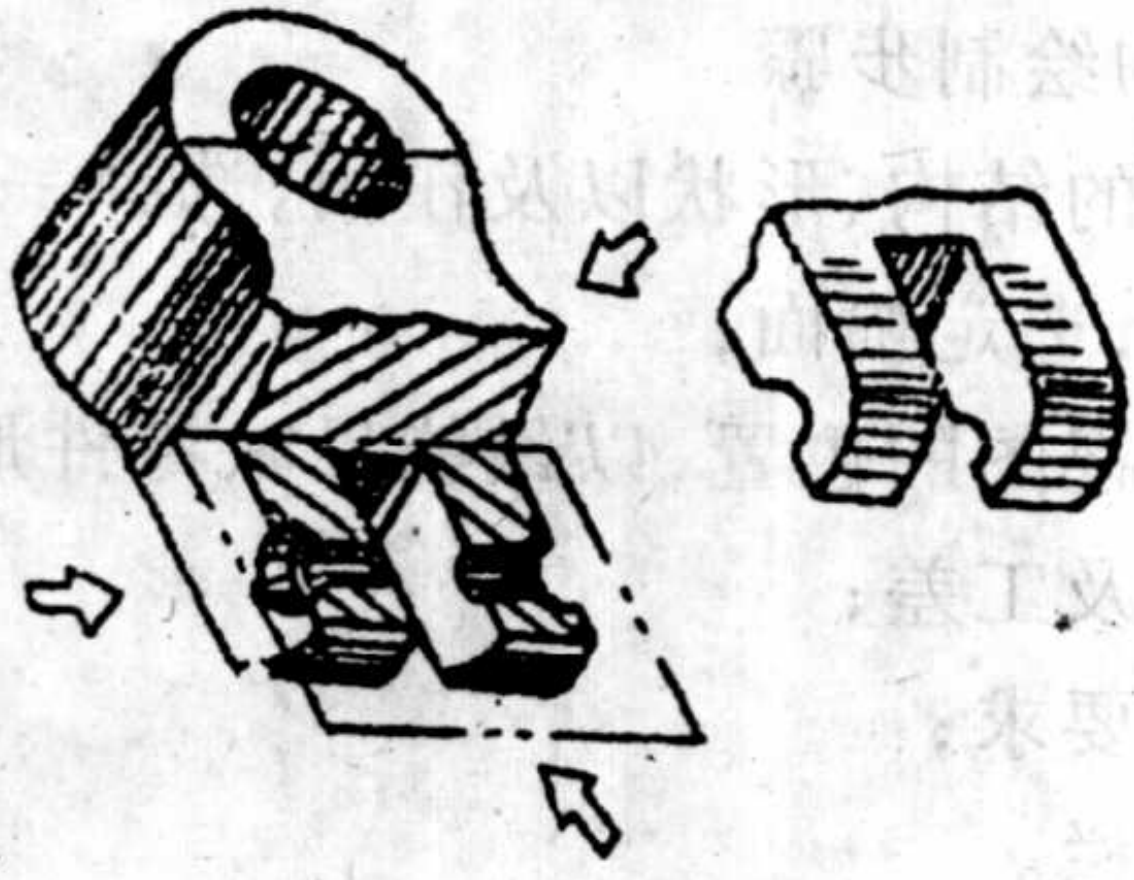
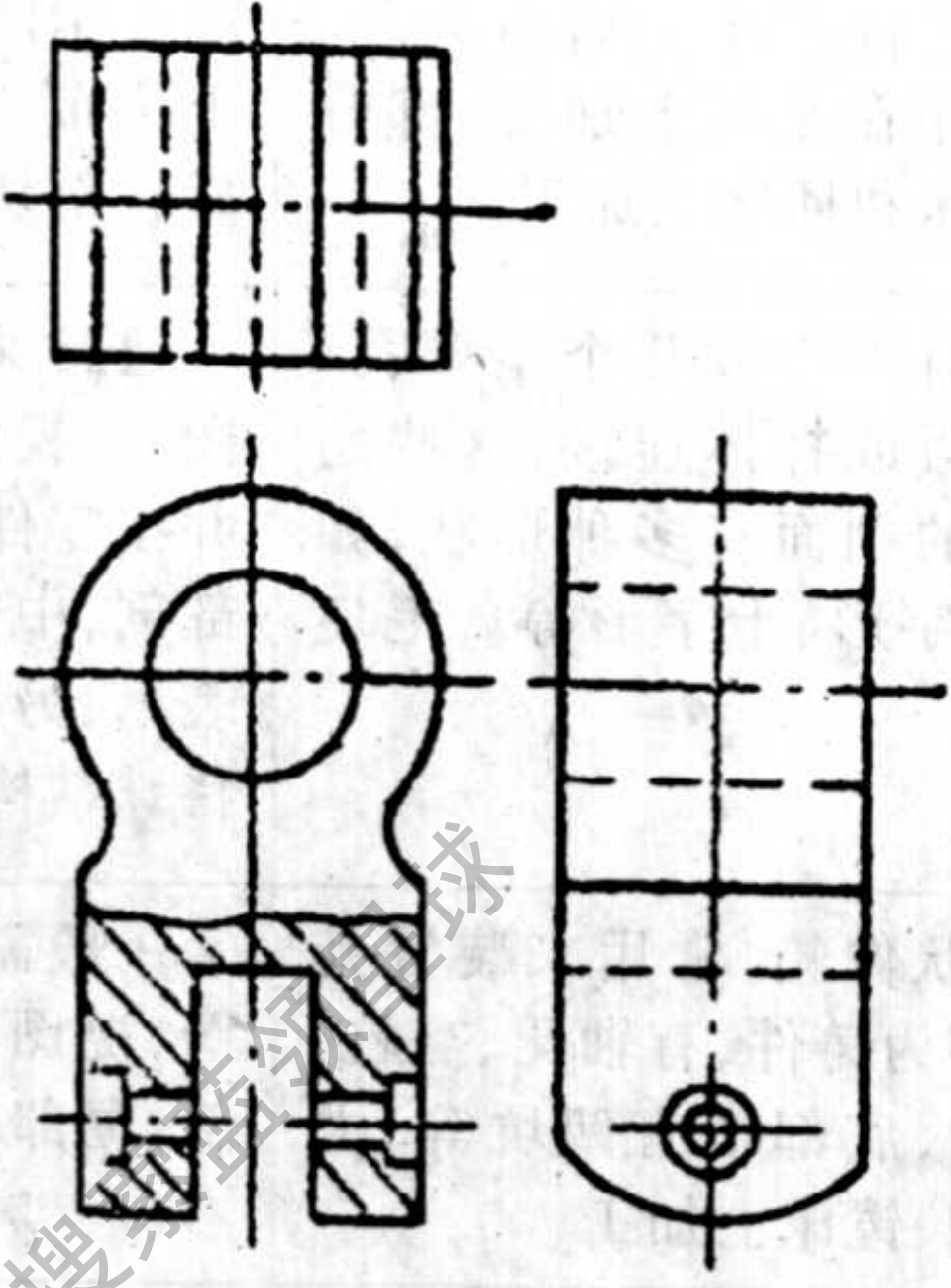
图 7-6 微调电容器定片零件图

表 7-3 常见的剖视图

序号	剖视名称	剖切平面与剖切方法	立体图	剖视图	标准	识读说明
1	全剖视	单一剖切面，且剖切面平行某一基本投影面			一般应标剖切位置线、剖视图名称和投影方向；有对称投影关系时可直接投影关系省略箭头；当剖切面通过对称面且有直接投影关系时可省略标注	找剖切位置对剖视图，通过对剖视图的识读弄清零件内部结构形状，多用于外形简单，内形复杂的零件
	全剖视	单一剖切面，用斜剖的剖切方法			需标剖切位置、投影方向和剖视图名称	读图时应找剖切位置和投影方向，用于倾斜部位的内形表达

续表

序号	剖视图名称	剖切平面与剖切方法	立体图	剖视图	标注	识读说明
1	全剖视图	几个平行剖切面, 阶梯剖切法			一般需标注剖切位置、投影方向和剖视图名称。当剖视图间有直接投影对应关系时可省略箭头, 阶梯的转折处也标注剖切位置线	看清剖切位置想象零件内形, 剖切面转折处没有轮廓线。多用于零件结构呈阶梯状分布的情况
		两相交剖切面, 旋转剖切法			需标注剖切位置、投影方向和剖视图名称, 在两平面的相交处也要标注剖切位置线	找剖切位置、投影方向, 注意倾斜剖切面是旋转到与基本投影面平行后画出的零件内部结构。多用于轮, 盘类零件的内形表达

序号	剖视图名称	剖切平面与剖切方法	立体图	剖视图	标注	识读说明
2	半剖视图	单一剖切面，剖切面处于对称面位置，去掉剖面前部分的一半			标注与全剖视图第一种剖切法相同	根据剖切位置看剖视图，注意这是一半表示外形，一半表示内形的组合图形。表示外形的那部分没有虚线，表示内形的那部分没有外形轮廓线
3	局部剖视图	单一剖切面，在零件需要处剖局部			通常不加任何标注	局部剖面在视图里，说明零件局部内形，用波浪线表示剖视与外形的分界，并画有剖面符号

(2)零件图的分类一般分为五大类,各类零件图的结构特点、视图特点和基准特点列于表7-4中。

表 7-4 各类零件图的特点

零件分类	结构特点	视图特点	基准特点
轴套类	大部分是由圆柱体组成,轴上常有倒角、倒圆、退刀槽、键槽、销孔、中心孔、滚花等结构。零件大部分工序在车床上加工	通常采用一个主视图,并将轴线水平放置,轴上各结构常采用移出剖面、局部放大、局部剖视来表示,较长的轴常采用断裂画法	轴线常作为径向尺寸基准。长度基准常选择在一个重要的端面
盘盖类	大部分是由圆柱体,轮盘上常有肋、轮辐、减重孔等结构,中间轮毂部分有键槽、螺纹、方孔等结构。这类工件多半是铸造毛坯,大部分工序在车床上加工,部分工序在磨床和插床上加工	通常采用一、两个视图,主视图一般根据加工位置将轴线水平放置,并画成全剖视图;左视图一般是表示圆的视图,用来表示圆周上分布的肋、辐、孔,并往往采用旋转剖切法	轴线常作为径向尺寸基准。长度基准常选择在一个重要的端面
叉架类	零件上有一个或几个主要孔,中间用肋板或杆体连接,这些肋板或杆体的剖面有多种形状,如T字形、工字形、十字形等。毛坯多为铸件	通常采用两个或三个基本视图,主视图反映零件的形状特征,并按零件工作位置放;孔常用局部剖,中间肋板和杆体常用剖面表示;另加局部视图表示零件的特殊结构	尺寸标注较复杂,通常以支架底面、主要孔的轴线为尺寸基准
箱体类	零件形状像箱,常用来装置其他零件,多为铸件,有轴孔、空腔、箱壁、凸台,底部常有凹坑等,主要在铣、刨、镗床上加工	一般需要三个或三个以上的视图,视图采用较多的剖视,如全剖、局部剖、半剖来表示内部形状	尺寸以主要轴线、对称面为基准
钣金类	大部分是薄板,可以冲压成形。零件的弯曲处一般有小圆角,有时在圆角处还冲出带棱的凸筋作加强用	通常采用两个或三个基本视图,主视图反映零件的形状特征;孔一般是通孔,只在反映实型的那个视图画出;有凸筋处应加注解表示	通常以支架底面、主要孔的轴线为基准

### (3)零件图的绘制步骤

- ①分析零件的结构、形状以及作用,选择一组视图;
- ②确定比例,选定幅面;
- ③布置各个视图的位置,以最能反映零件形状特征的视图为主视图,适当配置其他图形;
- ④标注尺寸及公差;
- ⑤标注技术要求;
- ⑥填写标题栏。

### 4. 装配图

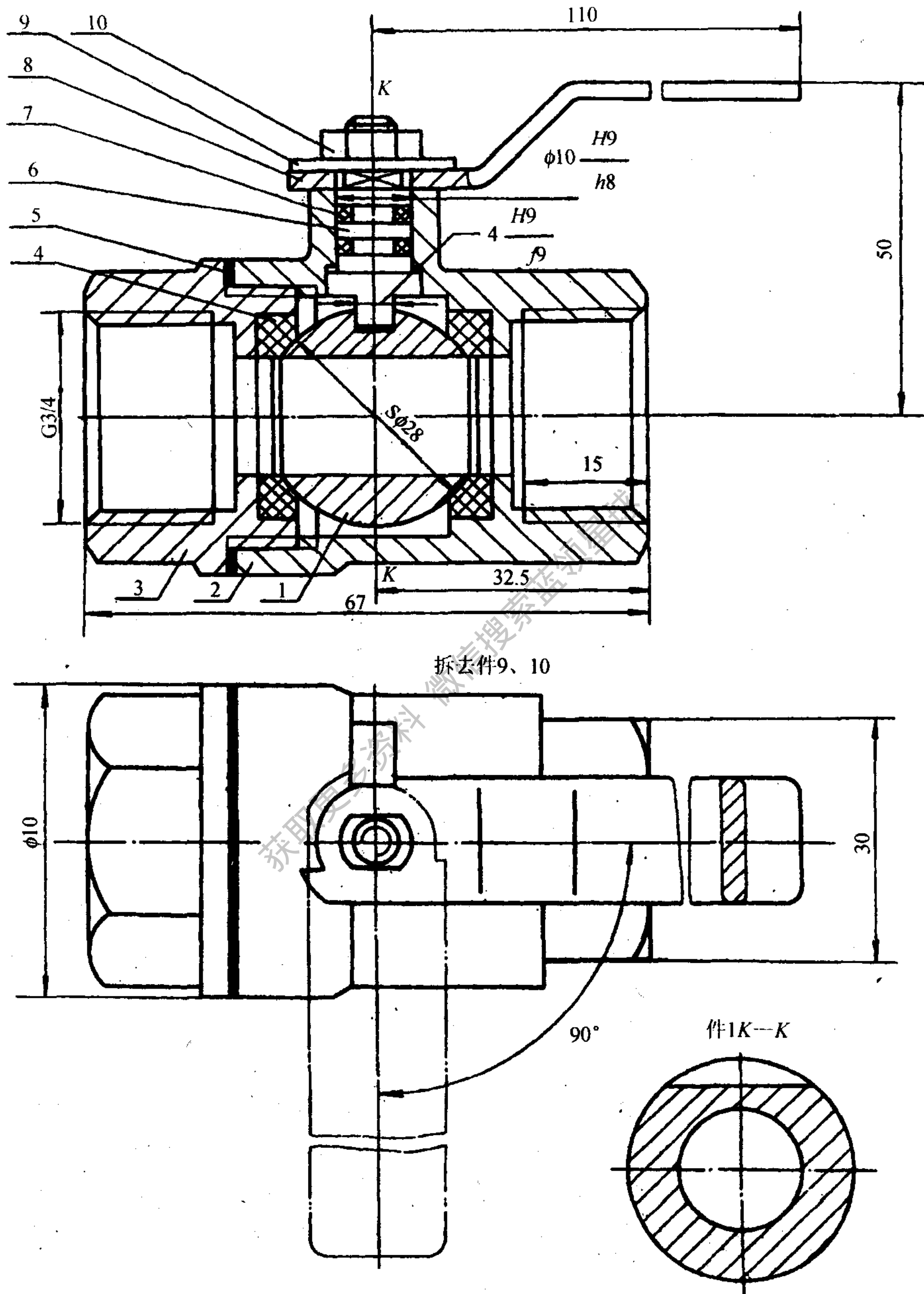
装配图是用来表达零部件或整台机器的工作原理、装配关系、连接方式以及其结构形状的一组图形。在产品的生产制造过程中,装配图是制定装配工艺规程,进行装配和零部件检验的技术依据。在使用或维修机械设备时,装配图是了解机器构造所必不可少的技术资料。

(1)一张完整的装配图应包括下列基本内容:

- ①一组视图 用必要的视图、剖视图和剖面图来表达产品的结构、工作原理、装配关系、连接方式及主要零件的基本形状。
- ②必要的尺寸 表示机器或零部件的规格以及装配、检验时所需要的规格尺寸、配合尺寸、外形尺寸、相对位置尺寸和安装尺寸等。

③技术要求 用文字或符号说明装配时的加工要求、试验和检验方法以及安装和使用方面的要求等。一般注在标题栏的左方或上方空白处。

④明细表、标题栏和零件序号 主要说明机器或部件所包含的零件名称、零件序号、数量和材料及厂名等。以上内容可参阅图 7-7(a)、7-7(b)所示。



(a)



技术说明						
1. 公称压力 1.0MPa, 强度试验压力 1.5MPa, 密封压力 1.0MPa。						
2. 工作介质: 水, 工作温度 < 100℃。						
3. 制造与验收技术条件按 JB792-65。						
10	GB6172 - 86	六角薄螺母 M6	1	Q235 - A		
9	3/4Q11F10K - 09	铭牌	1	LC1		
8	3/4Q11F10K - 08	手柄	1	Q235 - A		
7	3/4Q11F10K - 07	O 型密封圈	2	丁腈橡胶		
6	3/4Q11F10K - 06	阀杆	1	H62		
5	3/4Q11F10K - 05	垫片	1	钢纸板		
4	3/4Q11F10K - 04	密封垫	2	聚四氟乙烯		
3	3/4Q11F10K - 03	左阀体	1	KTH300 - 06		
2	3/4Q11F10K - 02	右阀体	1	KTH300 - 06		
1	3/4Q11F10K - 01	球体	1	KTH300 - 06		镀铬
序号	代号	名称	数量	材料	重量	备注
				Q11F - 10K - 00		
				Q11F - 10K		
				G3/4		
				内螺纹球阀总图		
标记	处数	更改文件号	签字	日期	图样标记	重量
批准		制图				比例
审定		描图				1:1
审核		校对			共 1 张	第 1 页
设计		日期				厂

(b)

图 7-7 内螺纹球阀装配图

(2) 装配图的规定画法 在装配图中, 相邻的两个零件的接触面, 规定画一条线, 不接触面划两条线, 如果基本尺寸相同的配合, 则不论是过盈配合还是间隙配合, 也只画一条线; 对于螺纹连接件和实心件, 如: 心轴、螺母、垫圈、定位销等, 均按不剖切绘制, 不画剖面线; 同一零件被剖切时, 其剖面线的方向和间隔在各个视图中都应一致; 若是相邻的两个及两个以上的零件被剖切时, 其剖面线方向应相反或是剖面线间隔不相等, 以示区别不同的零件。如图 7-7(a) 中的件 2 与件 3, 就是相邻件剖面线方向相反。

(3) 装配图的特殊画法 装配图的特殊表达方法有以下四种:

① 沿零件结合面剖切和拆卸画法 在装配图中, 为了更清楚地表达零件的某一部分, 当它被某些零件遮挡时, 可假想沿着零件的结合面剖切或拆卸某些零件, 之后画出装配体需要表达部分的视图, 这种画法为拆卸画法。当需要说明时, 可在拆卸视图的上方加注“拆去 × ×”的

字样。如图 7-7(a) 中俯视图就是拆去了铭牌 9 和螺母 10 后绘制的。

②假想画法 为了表示某部件与其他相邻零(部)件的安装、连接关系,或部件中某个零件的运动极限位置,可用双点划线表示。图 7-7(a) 中的手柄,就是用双点划线表示阀的全关闭状态手柄的位置。

③简化画法 在装配图中,对于规格相同的螺钉、螺栓等相同结构的零件,可以只画一个,其余的以点划线表明其中心位置。对于零件的次要结构,如轴上的圆角、倒角、退刀槽等均允许不画。对于滚动轴承,可以只画对称的半边的结构形状,对称的另一半在外形轮廓线内用相交细线简化。见图 7-8 所示。

④夸大画法 装配图中的细小零件,如垫片、小锥度、小间隙等,有时按它们的实际比例很难画出,或表达不明显,此时,可将它们的厚度、锥度、间隙等适当夸大画出。如图 7-8 的垫片 6 就是夸大厚度涂黑表达。

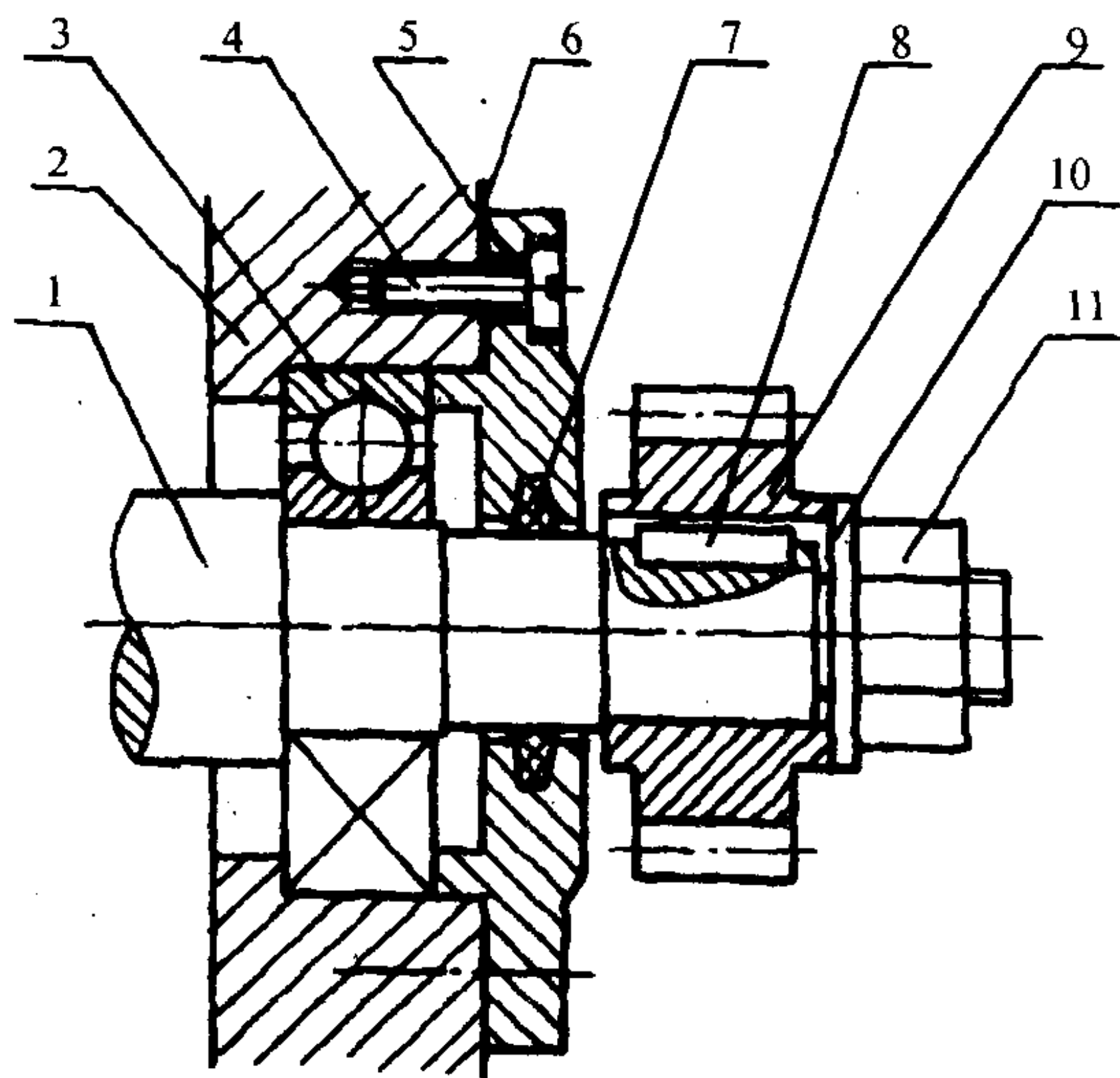


图 7-8 简化画法和夸大画法

1-轴 2-机座 3-轴承 4-螺钉 5-端盖 6-垫片  
7-毡圈 8-平键 9-齿轮 10-垫圈 11-螺母

## (二) 公差与配合知识

### 1. 公差与配合

(1)公差 在现代生产中,要求批量生产的各种零件,不需要任何修理加工,即可以满足装配技术要求和使用性能要求。要使零件满足这种互换通用的要求,就必须允许零件实际尺寸在一定范围内变动,我们把允许尺寸的变动量,称为公差。

公差的术语介绍如下:

- ①基本尺寸——设计时给定的尺寸。
- ②最大极限尺寸——允许的最大实际尺寸。
- ③最小极限尺寸——允许的最小实际尺寸。
- ④上偏差——最大极限尺寸和基本尺寸之差。

(为正值)

- ⑤下偏差——最小极限尺寸和基本尺寸之差。

(为负值)

如:上下偏差标注为  $\phi 24_{-0.010}^{+0.020}$ , 如图 7-9 所示。

⑥尺寸公差——允许尺寸的变动量,即上下偏差的代数差。公差值总是正值。

⑦公差等级——确定尺寸精确程度的等级。用代号 IT 表示,共分二十个等级,精度依次下降。

⑧标准公差——国家标准公差数值表中列出的,用以确定公差大小的任何一个公差值,它取决于公差等级和基本尺寸的大小。可查附表 1。

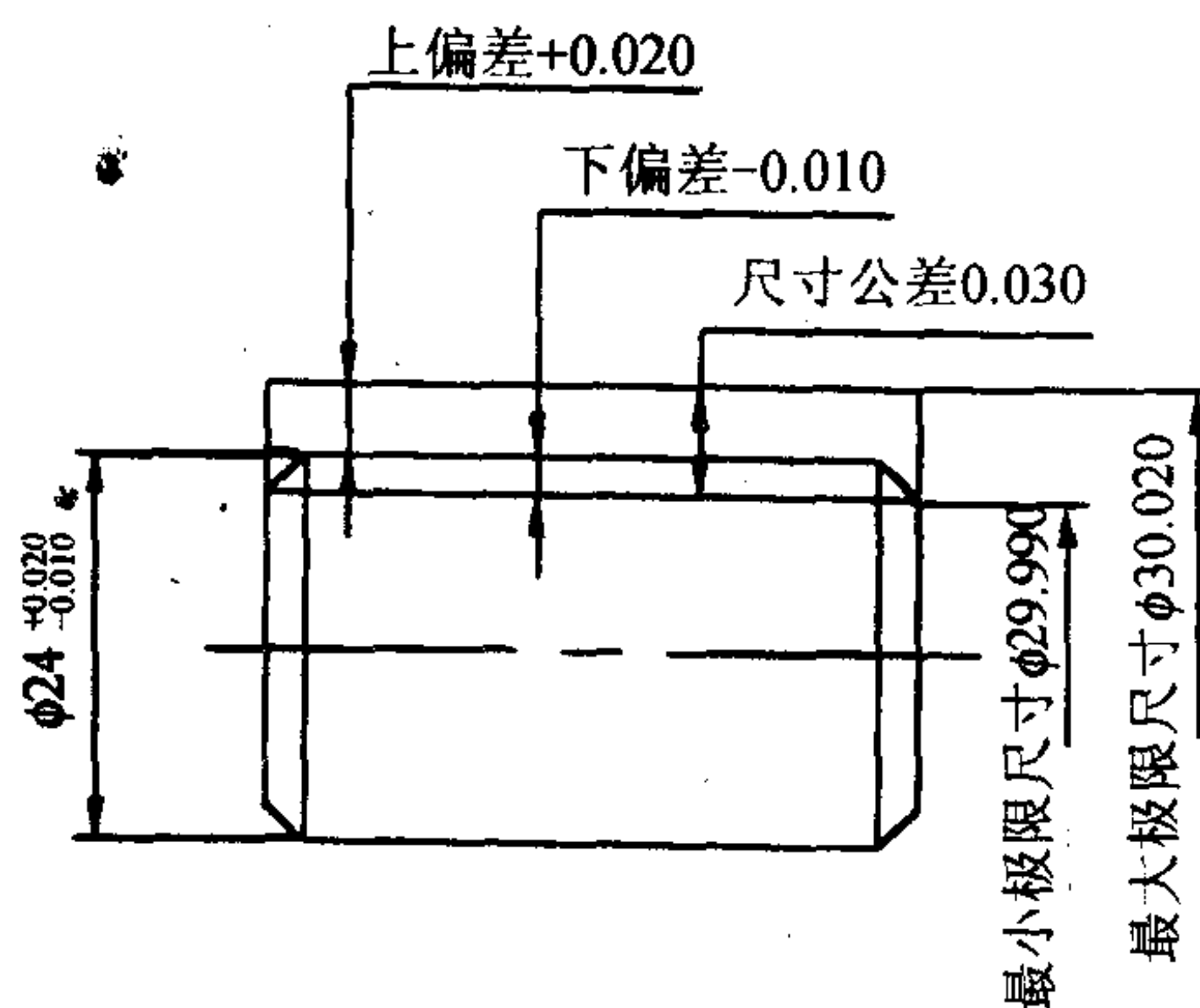


图 7-9

⑨基本偏差——确定公差带相对于基本尺寸的上偏差或下偏差。基本偏差代号用拉丁字母表示,大写为孔,小写为轴,各有 28 个。

(2)配合 基本尺寸相同的孔与轴相互结合,叫配合。

配合的种类有下列三种:

①间隙配合——孔与轴配合时,孔的尺寸与轴的尺寸之差为正值,具有间隙的配合。

②过盈配合——孔与轴配合时,孔的尺寸与轴的尺寸之差为负值,即小孔与大轴的配合。

③过渡配合——孔与轴配合时,可能有间隙也可能出现过盈的配合。

常用的优先配合轴、孔极限偏差见附表 2、附表 3。



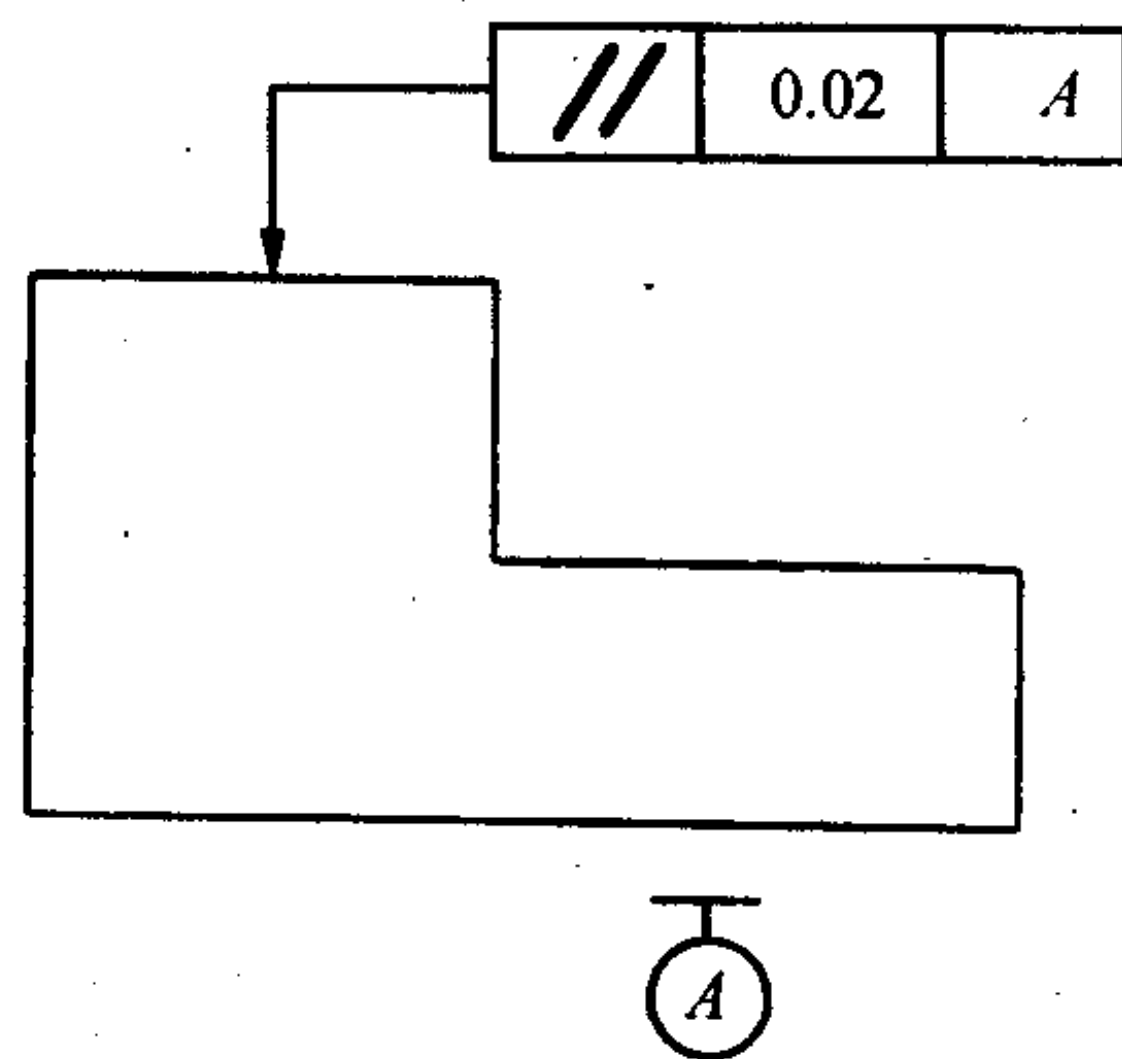
**提示:**在零件图上,不重要的尺寸通常不注明偏差,可按行业或工厂要求统一规定按 IT12 至 IT18 中的某一级为加工公差。

在装配图上标注配合符号,一般标注基本偏差代号形式,即在基本尺寸后面写成分数形式,分子为孔的公差带代号,分母为轴的公差带代号。如: $\phi 20 \frac{H8}{e7}$ 表明基本尺寸为 20,孔的公差为 8 级,基准孔;轴的公差为 7 级,组成间隙配合。

## 2. 形状与位置公差

(1)形状公差 是表示零件在加工中的实际形状与理想形状之允许误差。国家标准规定形状公差有六个项目,其符号及项目见附表 4。

形状公差的代号用二格细实线框格表示,并用带箭头的指引线指向零件被测位置。形状公差代号的组成为:从左至右第一格填写形状公差项目符号,第二格填写公差数值和有关符号。位置公差的代号用三格框格表示,也用带箭头的指引线指向零件被测位置,并用基准代号标明基准位置,如图 7-10 所示。位置公差代号的组成为:从左至右,第一格是位置公差符号,第二格是公差数值和有关符号,第三格是基准代号的字母及其有关符号。



形位公差项目:平行度  
公差数值0.02  
基准符号:下平面A  
被测面:上平面

图 7-10 形位公差的标注

(2)位置公差 是表示零件的实际位置与基准位置的允许误差。国家标准规定位置公差有八个项目,其符号及项目见附表 5。

## 3. 表面粗糙度

(1)概念 表面粗糙度是指零件加工后,被加工的表面微观(放大后)几何形状不平的程度。就

是经过磨削的光亮如镜的零件表面,在光学显微镜下观察,其表面仍可看到高低不平的状况。

(2)符号 零件表面粗糙度的符号及其意义见表 7-5。

表 7-5 表面粗糙度符号及意义

符 号	意 义
	基本符号,单独使用没有意义的
	基本符号上加一短划,表示表面粗糙度是用去除材料的方法获得。例如:车、铣、钻、磨、剪切、抛光、腐蚀、电火花加工等
	基本符号上加一小圈,表示表面粗糙度是用不去除材料的方法获得。例如:铸、锻、冲压变形、热轧、冷轧、粉末冶金等。或者是用于保持原供应状况的表面(包括保持上道工序的状况)

(3)代号 表面粗糙度的代号就是在表面粗糙度符号的上方注写评定表面粗糙度的参数之后形成的。最常用的参数是表面轮廓算术平均偏差  $R_a$ ,单位是  $\mu\text{m}$ 。参数值越小,说明零件表面要求越光滑,具体代号及意义可参见表 7-6。

表 7-6 表面粗糙度的代号及意义

代 号	意 义	代 号	意 义
	用任何方法获得的表面, $R_a$ 的最大允许值为 $3.2\mu\text{m}$		用不去除材料方法获得的表面, $R_a$ 的最大允许值为 $3.2\mu\text{m}$
	用去除材料方法获得的表面, $R_a$ 的最大允许值为 $3.2\mu\text{m}$		用去除材料方法获得的表面, $R_a$ 的最大允许值 ( $R_{a\text{max}}$ ) 为 $3.2\mu\text{m}$ , 最小允许值 ( $R_{a\text{min}}$ ) 为 $1.6\mu\text{m}$

(4)标注表面粗糙度的要求 零件的每个表面都要标注表面粗糙度符号,但只需一次,不应重复;若零件的大多数表面粗糙度要求相同时,可以在图纸的右上角标注所要求的代号,并注上“其余”两字。如图 7-11 所示。

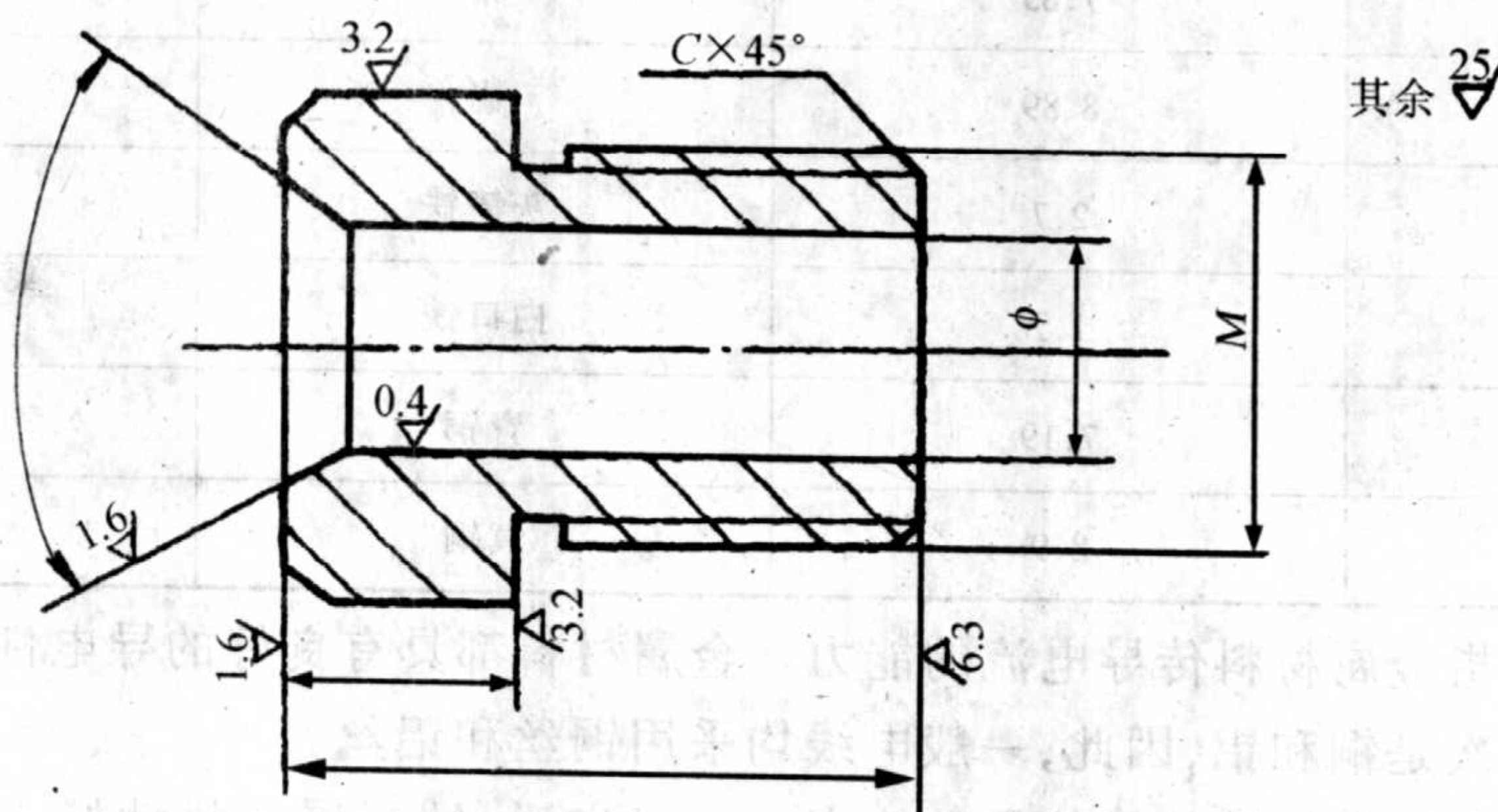


图 7-11 表面粗糙度的标注



提示：表面粗糙度符号的尖端必须指到零件表面。或是指  
在轮廓线、尺寸线、尺寸界线以及它们的延长线上。

## 二、材料知识

### (一) 金属材料的基本性能

金属材料的基本性能包括物理性能、化学性能、机械性能和工艺性能。一般生产过程中工人们经常接触的是金属材料的物理性能和机械性能。

#### 1. 金属材料的物理性能

(1)熔点 就是物体由固态熔化变为液态时的温度。每种金属材料都有其固有的熔点,随着金属材料的不同,熔点也各不相同。表 7-7 是几种常用金属材料的熔点。

表 7-7 常用金属材料的熔点

材料名称	熔点(℃)	材料名称	熔点(℃)
纯铁	1 538	铬	1 765
铜	1 083	钒	1 900
铝	658	锰	1 230
钛	1 668	镁	627
镍	1 455	青铜	865 ~ 900

(2)密度 物体的质量与体积之比值,称为密度,单位用  $\text{g}/\text{cm}^3$  表示。纯金属都有各自固定的密度,合金的密度则与其组成的成分有着很大的关系。常用金属材料的密度可见表 7-8。

表 7-8 常用金属材料的密度

材料名称	密度( $\text{kg}/\text{m}^3$ )	材料名称	密度( $\text{kg}/\text{m}^3$ )
铁	7.85	铅	11.3
铜	8.89	锡	7.3
铝	2.7	灰铸铁	6.8 ~ 7.4
镁	1.7	白口铁	7.2 ~ 7.5
锌	7.19	青铜	7.5 ~ 8.9
镍	8.9	黄铜	8.5 ~ 8.85

(3)导电性 指金属材料传导电流的能力。金属材料都具有良好的导电性,其中金属银的导电性能最好,其次是铜和铝,因此,一般电线均采用铜丝和铝丝。

(4)导热性 指金属材料传导热量的能力。一般来说,纯金属导热性好,合金材料的导热性差,在对合金材料进行热处理加热时,加热速度应慢些。

(5)热膨胀性 指金属材料在加热过程中,体积会增大的性质。由此可推导出金属材料在降温过程中体积将会缩小。为了防止金属材料热胀冷缩产生的破坏力,一般较长的铁桥都会在一端固定,而另一端则要架在滚子上。

## 2. 金属材料的机械性能

金属材料在外力的作用下会发生形状变化或受到破坏,由于所受外力的不同,金属材料产生的变形也会不同。

金属材料的机械性能,是指金属材料在受到外力的作用时,自身抵抗变形和破坏的能力。常用的性能指标有下列四种:

(1)弹性 指金属材料在有限的外力作用下发生变形后,仍能恢复原来状态的性质。

(2)塑性 指金属材料在有限的外力作用下发生变形后而不破裂,并且在外力取消后仍能保持变形后的形状的能力。

(3)强度 指金属材料在外力的作用下,抵抗塑性变形和断裂的一种性能。

(4)硬度 指金属材料表面抵抗其他硬物体压入的能力。一般来说金属材料的硬度值越大,硬度也就越高。加热能使金属材料的硬度减小。以上几种常用的机械性能指标及其含义可参见表 7-9。

表 7-9 常用的机械性能指标及其含义

机械性能	性能指标			含义
	符号	名称	单位	
强度	$\sigma_s$	屈服强度	MPa	材料产生微量塑性变形时的最小应力
	$\sigma_b$	抗拉强度	MPa	材料在拉断前所承受的最大应力
塑性	$\delta$	延伸率	(%)	试样拉断后的伸长量与原长度的百分比
	$\psi$	断面收缩率	(%)	试样拉断后缩小的面积与原横截面积的百分比
硬度	HB	布氏硬度	MPa	压痕球形表面积上的平均压力(单位压痕面积上的压力)
	HRC	洛氏硬度	—	根据压痕深度来确定的硬度

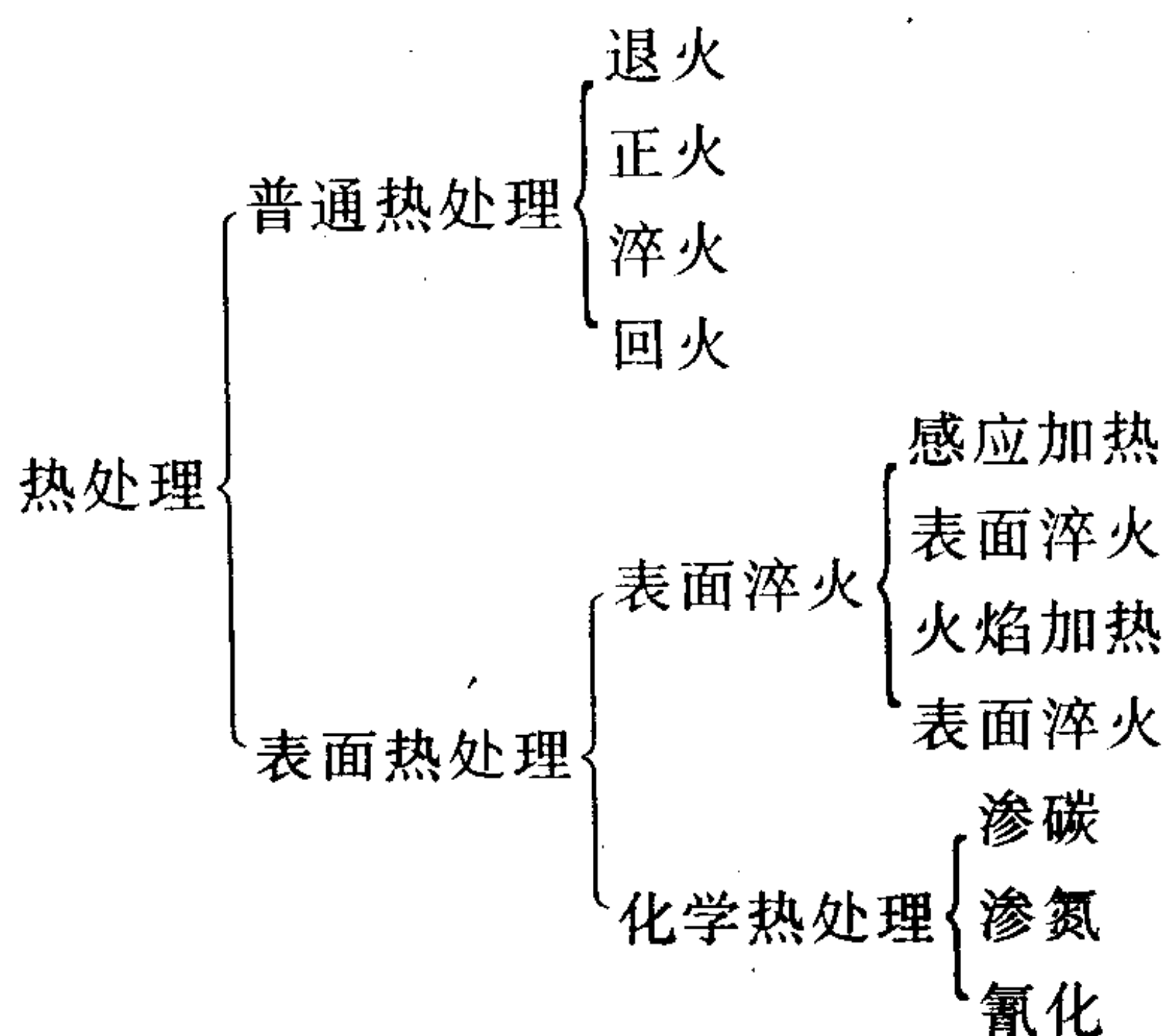
## (二) 钢材的热处理

钢的热处理是将钢材料在固态下,通过加热、保温和冷却的方式改变其内部的组织结构,而获得所需要性能的一种工艺方法。

热处理与其他铸、锻、焊以及各种切削加工工艺不同,它不改变零件的尺寸和形状,不需要焊具、锻锤和各类刀具。热处理的加工工具是加热炉和一些工艺装备。

### 1. 热处理的种类

任何一种热处理工艺都是由三个阶段组成,即加热到预定的温度→保温持续一定的时间→采用不同的方式和不同的速度冷却。热处理时采用不同的加热温度和冷却速度可使钢材料得到不同的机械性能,根据加热以及冷却方式不同,钢的热处理的方法也不相同,通常分为以下几种:



## 2. 热处理的方法

(1)退火 指把钢件加热到了一定温度,保温一段时间后,在进行缓慢冷却的热处理方法。退火能够消除钢件本身的内应力,降低钢件的硬度,从而改善钢件的机械性能。

(2)正火 是将钢件加热到了一定温度,保温一段时间后,在空气中快速冷却的热处理方法。正火的目的与退火相似,但正火后钢材料的硬度和强度都比退火高。由于正火的工艺简单、经济,比退火的冷却速度快,生产周期短,因此,金属材料的热处理中只要用正火能达到要求的,生产中尽量采用正火。

(3)淬火 指把钢件加热到一定温度,保温一段时间后,在水或油中快速冷却的热处理方法。淬火能够提高材料的强度、硬度和耐磨性,是强化和硬化钢件的重要热处理方法。

(4)回火 指将淬火后的钢材料重新加热到某一温度,保温一段时间后再以适当的速度冷却下来的热处理方法。回火处理的钢材料与正火钢相比,不仅强度高、硬度高,而且其塑性也高,提高了钢材料的综合机械性能。



**提示:**淬火——回火处理是热处理工艺中最重要的复合处理方法。回火既是淬火的继续,也是钢材料进行热处理的最后一道工序。

(5)表面淬火 指把钢的表面迅速加热到淬火的温度后,快速喷水冷却,以使工件表面得到强化的一种局部淬火的方法。工业上应用最多的表面淬火方法有火焰加热表面淬火和感应加热表面淬火两种。表面淬火不仅提高了钢件表面的硬度和耐磨性,还保持了钢件中心部分的塑性和韧性。适用于齿轮、曲轴等受力部件。

(6)化学热处理 指将钢件放在化学介质中加热和保温,从而改变钢件表面化学成分和组织结构的热处理方法。化学热处理可提高钢件的表面硬度、耐磨性、抗疲劳性以及耐腐蚀性等。常用的化学热处理有渗碳、渗氮、氰化等。有关热处理的常用名词及应用,可参见附表6。

### (三) 常用金属材料介绍

#### 1. 碳素钢

碳素钢简称碳钢,是含碳量低于2.11%的铁碳合金。碳钢中除了含有铁、碳元素外,还含

有硅、锰等有益元素,和硫、磷等有害杂质(由于钢的含碳量不同,从而导致其性能也各不相同)。碳素钢的分类有以下几种:

- (1)按钢的含碳量分:有低碳钢、中碳钢和高碳钢。
- (2)按钢的质量分:有普通碳素钢、优质碳素钢和高级优质碳素钢。
- (3)按钢的用途分:有碳素结构钢和碳素工具钢。

由于碳钢的冶炼工艺简单,价格低廉,并且具有较好的工艺性能和机械性能,因而在机械制造业中得到了广泛的应用,各种材料的牌号及应用可参见附表 7。

## 2. 合金钢

合金钢是在碳钢中加入一些合金元素的钢。添加合金元素是强化金属的一种手段,它能够明显地提高和改善钢材料的性能。与碳钢相比,合金钢具有特殊的物理和化学性能。合金钢的分类一般有以下几种:

- (1)按用途分:有合金结构钢、合金工具钢、特殊性能钢。
- (2)按化学成分(合金元素的总含量)分:有低合金钢(小于 5%)、中合金钢(5% ~ 10%)、高合金钢(大于 10%)。

合金钢主要用于制造各种机器零件、工程构件、各种工具、卡、量具以及不锈钢、电工用钢等,各种材料的牌号及应用可参见附表 7。

## 3. 铸铁

一般把含碳量大于 2.11% 的铁碳合金称为铁,而铁因为具有良好的铸造性,故又称为铸铁。由于铸铁是一种脆性材料,因此它不能锻造、轧制,但铸铁却具有良好的铸造性、耐磨性和切削加工性。

根据碳在铸铁中的存在形态不同,通常可将铸铁分为白口铸铁、灰口铸铁、可锻铸铁和球墨铸铁四大类。它们的性能、特点对比见表 7-10,各种材料的牌号及应用可参见附表 7。

表 7-10 各种常用铸铁性能特点对比

材 料		铸 铁			
		白口铸铁	灰口铸铁	可锻铸铁	球墨铸铁
性 能					
抗拉强度		最差	较差	较好	最好
塑性、韧性		最差	较差	较好	最好
耐磨性	有润滑	差	最好	好	好
	无润滑	最好	差	差	差
铸造性		好	最好	好	较好
消振性		差	最好	较好	较好
切削加工性		极差	最好	较好	较好

## 4. 有色金属及其合金

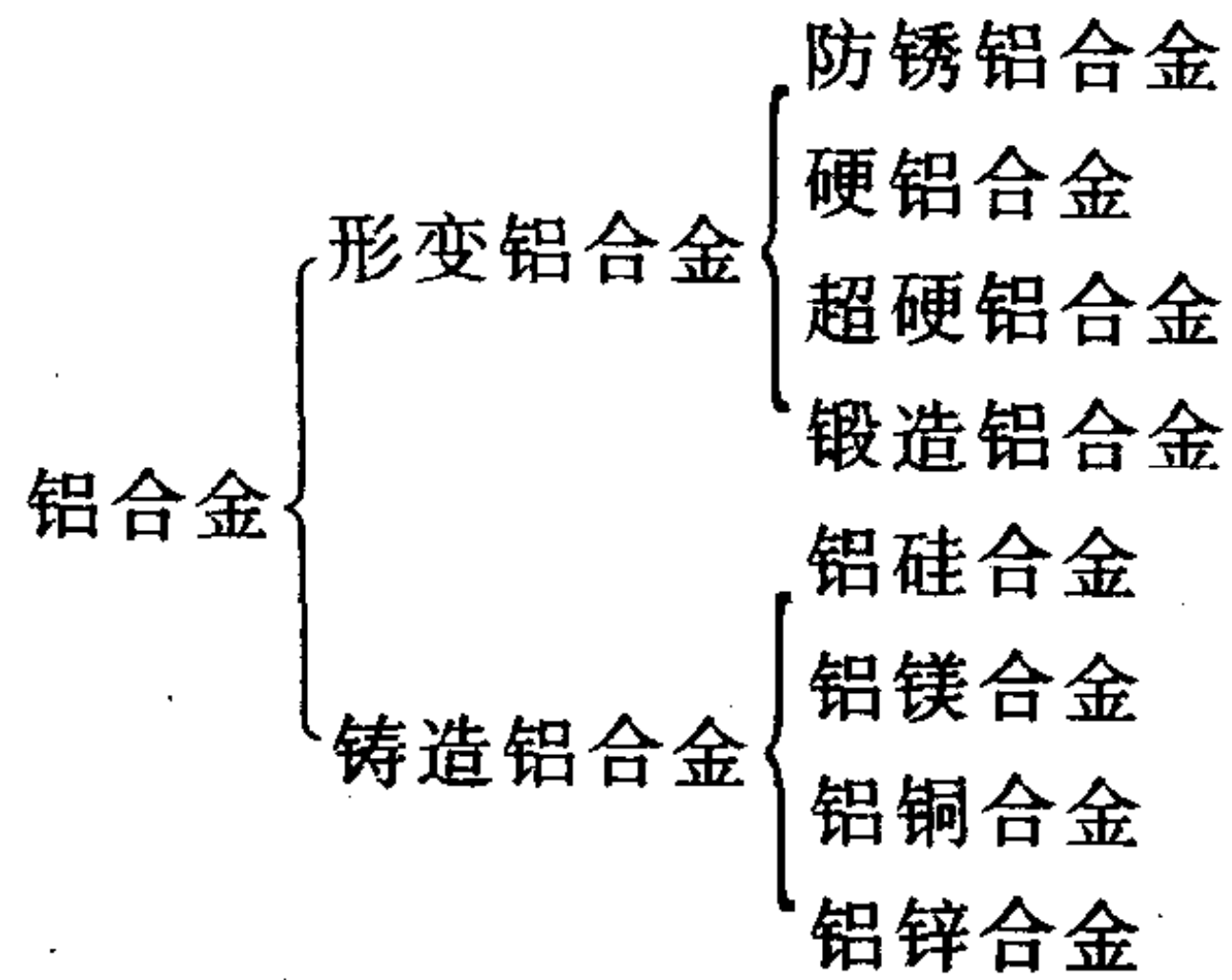
通常人们把铁及其合金以外的铝、镁、铅、锡、铜及其合金等统称为有色金属。在实际应用中,主要的还是铝及铝合金、铜及铜合金。

(1)铝及铝合金 铝(纯铝)呈银白色。其特点是导电和导热性能好,抗腐蚀能力强,便于切削加工,但强度和硬度低,主要用作导电材料或炊具等。

铝合金是在铝中加入铜、锌、镁等合金元素后得到的具有较高强度的有色金属。根据铝合

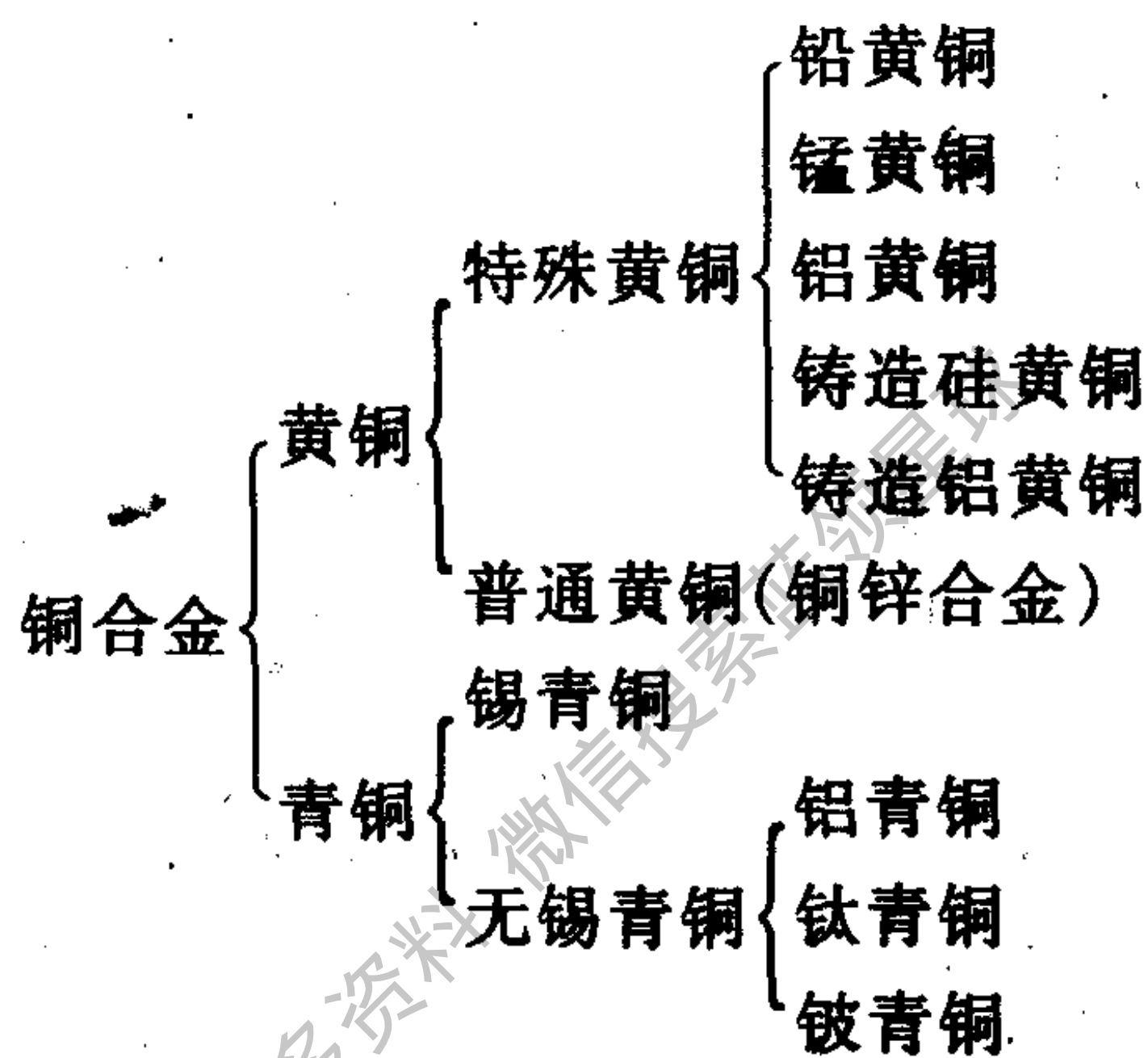


金的成分及其生产工艺特点,可分为如下几类:



(2)铜及铜合金 纯铜又称紫铜。它具有很高的导电性、导热性以及优良的可塑性,还有较高的耐腐蚀性。但其强度和硬度低。因此,主要用作导电材料。

铜合金是在铜中加入锌、锡、铅、铝、镍等合金元素后得到的具有高强度的有色金属。根据铜合金的成分不同,可分为如下几类:



以上部分有色金属材料的牌号及应用可参见附表 8。

# 8

## 电气设备检修工艺知识 及其编制方法

电气设备在运行的过程中,由于各种原因经常会出现各种故障,致使设备不能正常工作,因此,要求维修人员能够及时、熟练、安全、准确地查出故障,并按照检修工艺加以排除。

### 一、检修工艺知识

检修工艺就是具体地规定了电气设备的检修程序,修理和调整元器件的方法,以及总装配、调试运转的程序及技术要求等,以达到电气设备检修的质量标准。

#### (一) 电气设备和电气装置的检修质量标准

##### 1. 电气设备的检修质量标准

###### (1) 外观检查

- ① 所有的电气设备、元件,应按图纸和机械设备要求配备齐全,规格正确无误。
- ② 所有的电气设备、元件,外表整洁无损坏,安装牢固可靠。
- ③ 机床电气设备应有可靠的接地线。

###### (2) 外部配线

① 所有电线管均应整齐完好,可靠固定。管与管之间采用接头连接。易受损部位及经常活动的导线均应采用铁管或金属软管保护,不易受损部位也可用塑料管保护。

② 连接活动部件的导线(如箱门、活动支架等部位)应采用软线装配,除加必要防护外,还应留有足够的弯曲活动长度,防止导线磨损甚至扯断。

③ 配线的规格应符合图纸和设备的要求。导线必须整洁,绝缘无破损。各回路的接线颜色应有所区别,导线终端应标有线号,穿导线的电线管内应留有备用线。

④ 导线的联接应可靠,并应有防止松动的措施。

###### (3) 电气配电箱

① 配电箱的箱门应关闭严紧,开启灵活,盘面应整洁干净。

② 箱内电器元件应符合质量要求,固定要可靠,并且具有防震、防松动的措施。

③ 配线应横平竖直,多股导线应用线夹可靠固定,主回路、控制回路以及接地线的导线颜色应按规定要求明显区分。

④ 导线的敷设不应妨碍电器的功能及拆装,线号应准确清楚。

⑤ 各导电部分对地的绝缘电阻不应小于  $1M\Omega$ 。

###### (4) 电气仪表

- ①仪表应计量正确,表针动作要灵活。
- ②仪表刻度盘上的刻度和字码要清晰。
- ③仪表的外观要整齐干净。

## 2. 电气装置的检修质量标准

- (1)各种电器技术参数如线圈电压、触头容量等指标应符合原来标准或图纸的要求。
- (2)电器的外观要整洁、无损伤、无油垢和碳化现象。
- (3)绝缘物要完好,绝缘电阻要符合规定的标准。
- (4)电器的可动部件动作时要灵活,不能有卡阻现象;可动部件释放后,应能完全恢复到原位。
- (5)带电部位之间及带电部位相对外壳的距离应符合规定标准。
- (6)灭弧装置要保持完整、清洁,安装牢固。
- (7)所有的触头、接点表面和衔铁的接触面均应平整、光洁、接触良好。
- (8)指示装置能正常发出信号。

## (二) 电气设备检修的一般要求

- (1)采取的检修程序和方法必须正确,并切实可行。
- (2)检修中不得损坏完好的电器元件,扩大故障。
- (3)损坏的电气装置要尽量修复使用,但不能降低其固有的性能。
- (4)不允许擅自改动电气设备的控制线路。
- (5)不能随意更换设备中的电器元件及连接导线的型号规格。
- (6)检修后的电气设备,其各种保护性能必须满足使用要求。
- (7)通电试车要能满足电路的各种功能,设备的绝缘电阻合格,控制环节的动作程序符合要求。
- (8)检修后的电气装置必须满足其质量标准要求。



**提示:**电气设备检修后,要注意总结经验,积累资料,作好维修记录,以便于今后再出现类似故障时能迅速排除。

## 二、检修工艺的编制方法

编写检修工艺应从修前设备的实际技术状态和本单位维修装备及技术水平出发,既要考虑技术上的可行性,又要考虑经济上的合理性,还要合理地安排工艺流程,缩短检修时间。检修工艺宜多用图形和表格的形式,力求简明。在组织检修时要合理配备检修人员,使检修人员分担的工作与本人的技术水平和操作技能一致,并应使每个人有明确的职责。

例如:电机的大修工艺包括下列内容:

- (1)电机修理的工艺流程。
- (2)电机拆卸的步骤、方法、应作的标记、应记录的数据以及拆卸中应注意的事项。
- (3)铁心的修理方法和应达到的技术标准。

(4)绕组的修理:

①拆卸的方法、注意事项和需记录的数据。

②绕组绕制的方法和技术要求。

③绕组嵌线的方法和技术要求。

④绕组打箍的方法和技术要求。

⑤绕组浸漆、干燥的工艺和质量标准。

(5)换向器集电环的修理和技术要求。

(6)刷握的修理的技术要求。

(7)电刷更换的技术要求。

(8)滚动轴承、端盖、机壳等零部件的修理和技术要求。

(9)电机总装的方法和步骤以及技术要求。

(10)电机大修后应做的试验项目和技术标准。

(11)修理过程中所需的材料、备件、仪表和工具。

(12)施工中的安全措施等。

检修工艺表的编制方法可参见表 8-1 所示。

表 8-1 典型的浸漆工艺表

序号	工序名称	绝缘等级	烘炉温度 (°C)	产品机座号	干燥时间 (h)	炉温测定的稳定绝缘电阻(MΩ)	备注
		A	110 ± 5	5号以下	4~5	大于 50~100	纱包线
1	预烘	E.B	120 ± 5	6~9号	6~8	大于 30~50	漆包线
2	第一次浸漆		60~80	1~9	大于 15min		浸透漆的粘度为 18~22s,不冒气泡为止
3	滴干		室温	1~9	大于 30min		滴干为止
4	第一次干燥	A	升温 125 ± 5	1~5	4~8	10	浸漆后到入炉的时间大于 1h,小于 4h
				6~9	4~10	8	
		E.B	升温 130 ± 5	1~5	5~8	10	
				6~9	5~12	8	
5	第二次浸漆		60~80		10~15		粘度为 30~50s,浸透不冒泡为止
6	滴干		室温		大于 30min		滴干为止
7	第二次干燥	A	120 ± 5	1~9	4~12	8	浸漆到入炉时间大于 1h,小于 4h
		E.B			4~12	5	
8	第三次浸漆		60~80	1~9	10min		浸透无气泡为止,粘度为 30~35s
9	滴干			1~9	30min		滴干为止
10	第三次烘干		升温 130 ± 5	1~9	5~14	5	不粘手为止

# 9

## 指导操作的基本方法

作为一名维修电工,特别是高级维修电工,应该是集专业理论与技能操作于一身的高级技术工人。他们不仅要自己达到高级工的各项理论与技能要求,还要能指导初级和中级维修电工进行实际操作,其基本方法如下。

### 一、严格执行安全技术操作

为了保障电气设备及人身的安全,国家按照安全技术要求颁布了一系列的规定和规程。这些规程包括对安装、检修电气设备的安全技术要求和质量标准,以及执行安装、检修工作时,操作者应遵守的安全操作规程。



**提示:**维修电工必须掌握并执行这些规程,特别是从初级工开始就应严格按照安全操作规程去做,掌握常用电气设备的安全要求和安全用电常识,还必须经过有关安技部门的培训、考核合格后才允许上岗工作。

### 二、注重理论联系实际

在指导初、中级维修电工操作的过程中,要正确处理理论学习与技能训练的关系,在认真掌握理论知识的基础上,注意加强技能训练。

#### (一) 相关知识的掌握

作为一名维修电工,在进行电气设备的安装、维护和修理工作中,除了应具备必要的电工知识外,还应掌握一定的钳工基础知识。

(1)常用工具和量具(手电钻、拆卸器、旋具、游标卡尺、千分表、塞尺等)的用途、使用规则及维护方法。

(2)锯削、钻孔、攻丝、套扣等基本操作方法。

(3)电动机的拆装知识(常用轴承的拆卸和电动机拆装方法)。

(4)能识读简单的零件图。

## (二) 基础知识的掌握

为了更好地学习专业理论知识,必须掌握好电工的基础知识。

- (1) 直流电与电磁的基本知识。
- (2) 交流电路的基本知识。
- (3) 电工测量的基本知识。
- (4) 电气识图的基本知识。
- (5) 供电和安全用电的基本知识。

## (三) 专业知识的掌握

只有掌握专业的理论知识,才能提高理论联系实际和分析解决一般技术问题的能力,最终达到国家规定的初、中级维修电工的技术等级标准。专业理论知识包括下列内容:

- (1) 晶体二极管、三极管和整流稳压电路的工作原理。
- (2) 晶闸管的基础知识。
- (3) 常用变压器与异步电动机的构成、工作原理。
- (4) 常用低压电器的功能、结构、工作原理、选用原则。
- (5) 常用电工材料的名称、规格和用途。
- (6) 常用生产机械设备的基本电气控制线路的分析方法。

## (四) 操作技能要求的掌握

操作是培养工人独立分析和解决实际问题的能力,初、中级维修电工要密切联系生产实际,勤学苦练,注意积累经验,总结规律,提高动手操作能力。

- (1) 电工操作技术与工艺。
- (2) 照明线路的接线与故障检修。
- (3) 常用电工仪表的使用与维护。
- (4) 电子电路的焊接、安装、测试。
- (5) 常用低压电器的拆装与维修。
- (6) 机床配线安装、检修工艺知识。
- (7) 电动机的基本控制线路安装、调试与维修。
- (8) 常用生产机械的电气控制线路安装、调试与维修。
- (9) 中、小型电动机与变压器的拆卸、检查、修复、装配及测试。



**提示:**在技能训练过程中,要注意爱护工具和设备,节约原材料,严格执行电工操作规程,做到安全、文明生产。

# 操作技能

- 经济型数控系统机械设备的调试及电气故障检修
- 可编程序控制器控制系统电气故障检修
- 用可编程序控制器改造继电器控制系统,编制逻辑运算程序,绘出电路图
- 按图样要求安装带有 80 点以下开关量输入、输出的可编程序控制器的设备
- 中高频电源控制设备的故障检修
- 三相晶闸管控制装置的电气故障检修
- B2010A 龙门刨床电气线路的故障检修
- 测绘晶闸管触发电路并绘出原理图
- 测绘 X62W 铣床的电气原理图、接线图及电气元件明细表
- 测绘固定板、支架、轴、套、联轴器等机电装置的零件图及简单装配图
- 编制一般机械设备的电气修理工艺
- 指导本职业初、中级工进行实际操作

# 1

## 经济型数控系统机械设备的调试及电气故障检修

在对数控机床进行调试或维修前,首先要能看懂数控系统原理图,为此,我们以西门子 802C 数控装置和 SIMODRIVE611 伺服驱动装置组成的数控系统为例,读一读其工作过程。数控系统控制原理图见图 1-1。

图 1-1 (a) 是伺服驱动系统的电源,它给各伺服控制单元供电并可控制各伺服单元所处的状态。图 1-1 (b) 是供数控系统工作的电源电路。图 1-1 (c) 中右侧是数控装置连接图,其中 X141 接到各伺服单元的使能端和指令端,用于数控装置向伺服单元发指令。X131、X111 和 X121 连接到伺服驱动电机的反馈端,用于接受来自伺服驱动电机的反馈信号。左侧是数控系统启动、停止的控制电路。图 1-1 (d) 是伺服驱动单元与伺服驱动电机连接图。图 1-1 (e) 和 (f) 是数控系统中的 PLC 与外部电气控制元件的连接图。因为我们的目的是读数控系统工作原理图,所以并没有把所有要用到的电气元器件都画上,以便简化电路,易于读图。

当合上总电源开关  $QF_1$  后,电源变压器  $TC_1$  通电,在正常情况下  $QF_2$ 、 $QF_3$ 、 $QF_4$  和  $QF_5$  是闭合的,因此,电路中的 220V 交流回路和 24V 直流回路都得电。当按下 NC 启动按钮  $SB_1$  后,  $KA_7$  得电并使其常开触点(3 区)闭合,使  $KA_7$  自保,同时接通另一常开触点(5 区),使数控装置通电。经过 10s 左右,数控装置完成启动并开始工作,这时其内部的 PLC 也开始工作。在确认系统工作正常后,PLC 程序接通  $KA_5$ ,  $KA_5$  的常开触点接通  $KM_1$ ,  $KM_1$  的常开触点接通伺服驱动工作电源。PLC 程序检查系统无急停等异常后,按顺序自动接通  $KA_4 \rightarrow KA_1 \rightarrow KA_2$ ,使伺服驱动的连接控制、脉冲使能控制和驱动使能控制端顺序接通。至此,数控系统启动完成。

当需要有轴运动时,轴脉冲使能继电器  $KA_6$  接通,使各轴允许运动。

当数控系统出现急停时,PLC 程序自动切断  $KA_6$ ,并按顺序切断  $KA_2 \rightarrow KA_1 \rightarrow KA_4$ ,禁止各伺服轴运动。

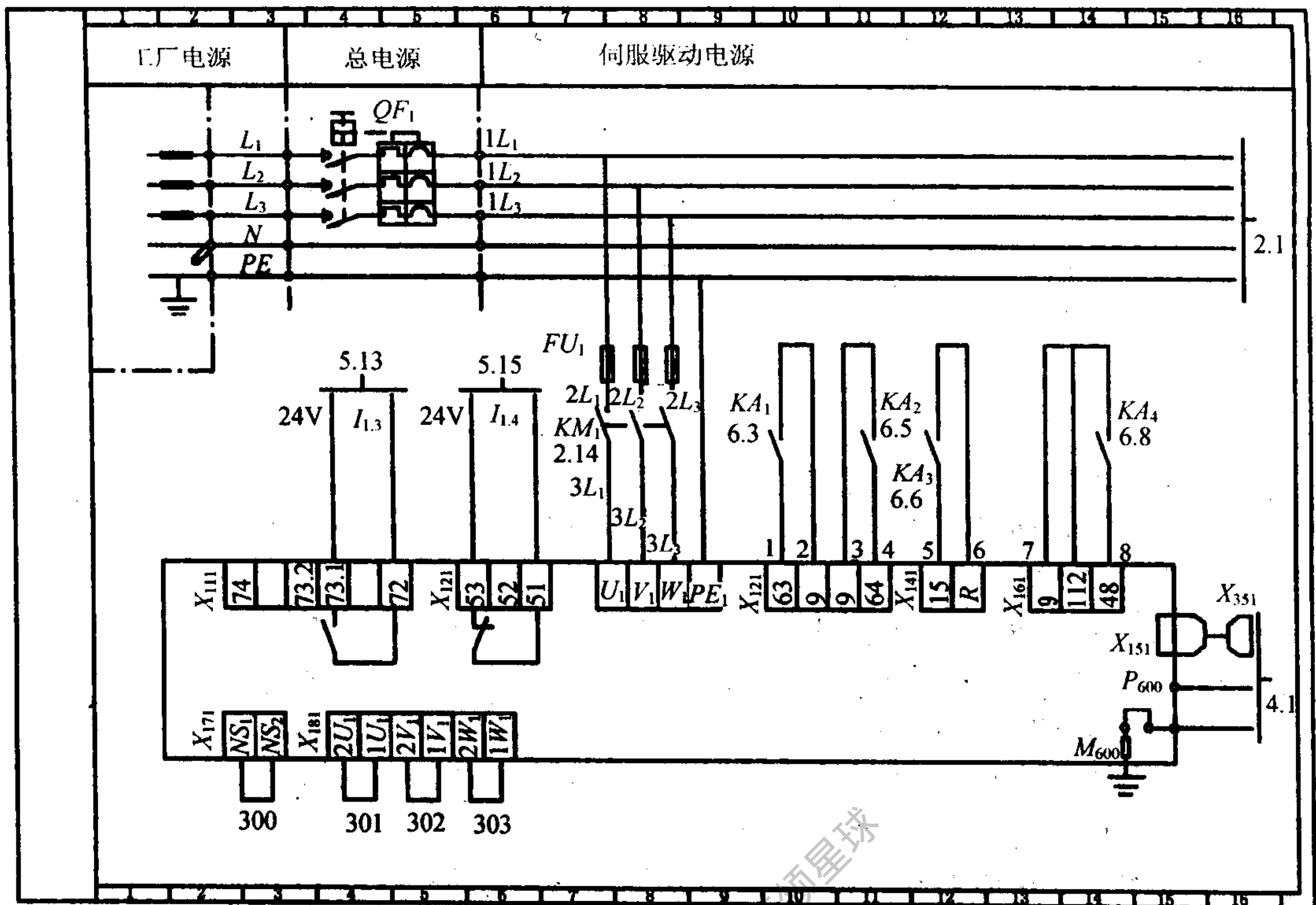
图 1-1 (e) 中常开触点  $UAC$ (13 区)是来自伺服驱动电源的伺服准备好信号,当伺服驱动系统都正常后这点接通,当伺服驱动系统出现故障时这点断开。常闭触点  $UAC$ (15 区)也是来自伺服驱动电源,但它是伺服过热信号,当伺服驱动电源出现过热时,这点断开。

需关断数控系统时,只要按下  $SB_2$  按钮,数控装置和伺服驱动装置工作电源全被切断,数控系统停止工作。

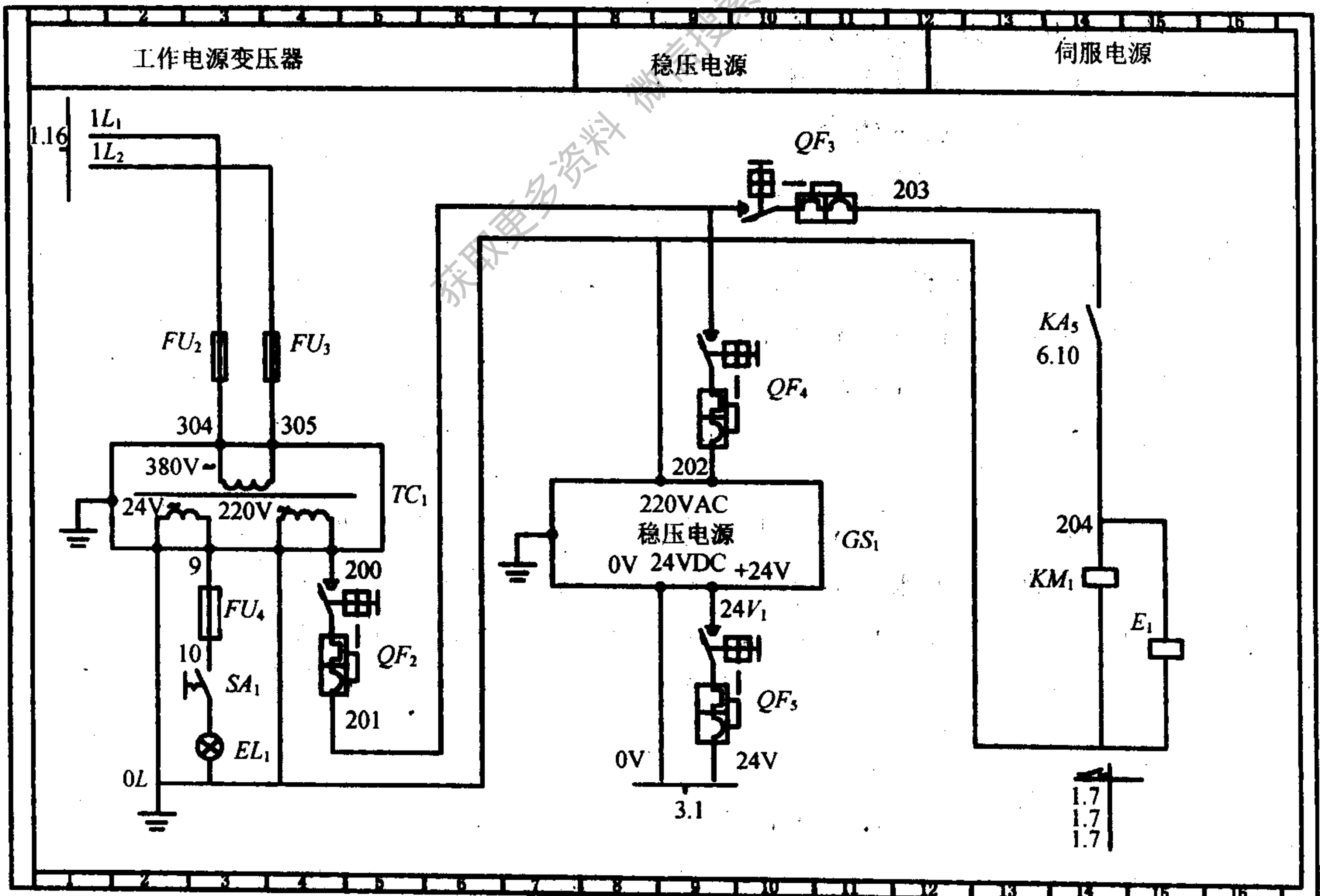
断开总电源开关  $QF_1$ ,数控系统的全部电源就被切断了。

数控设备具有工作效率高,加工精度高,适应能力强的特点,但它又是集自动化技术,精密测量技术等多学科综合技术于一体的高科技产品。因此对于数控机床的设计、安装、调试、维护和使用的人员的要求也是比较高的。一台数控设备能否长期可靠运行,能否充分发挥其作用除了其自身的设计和制造质量以外,机床正式启用前的调试及以后使用中的维护保养也起

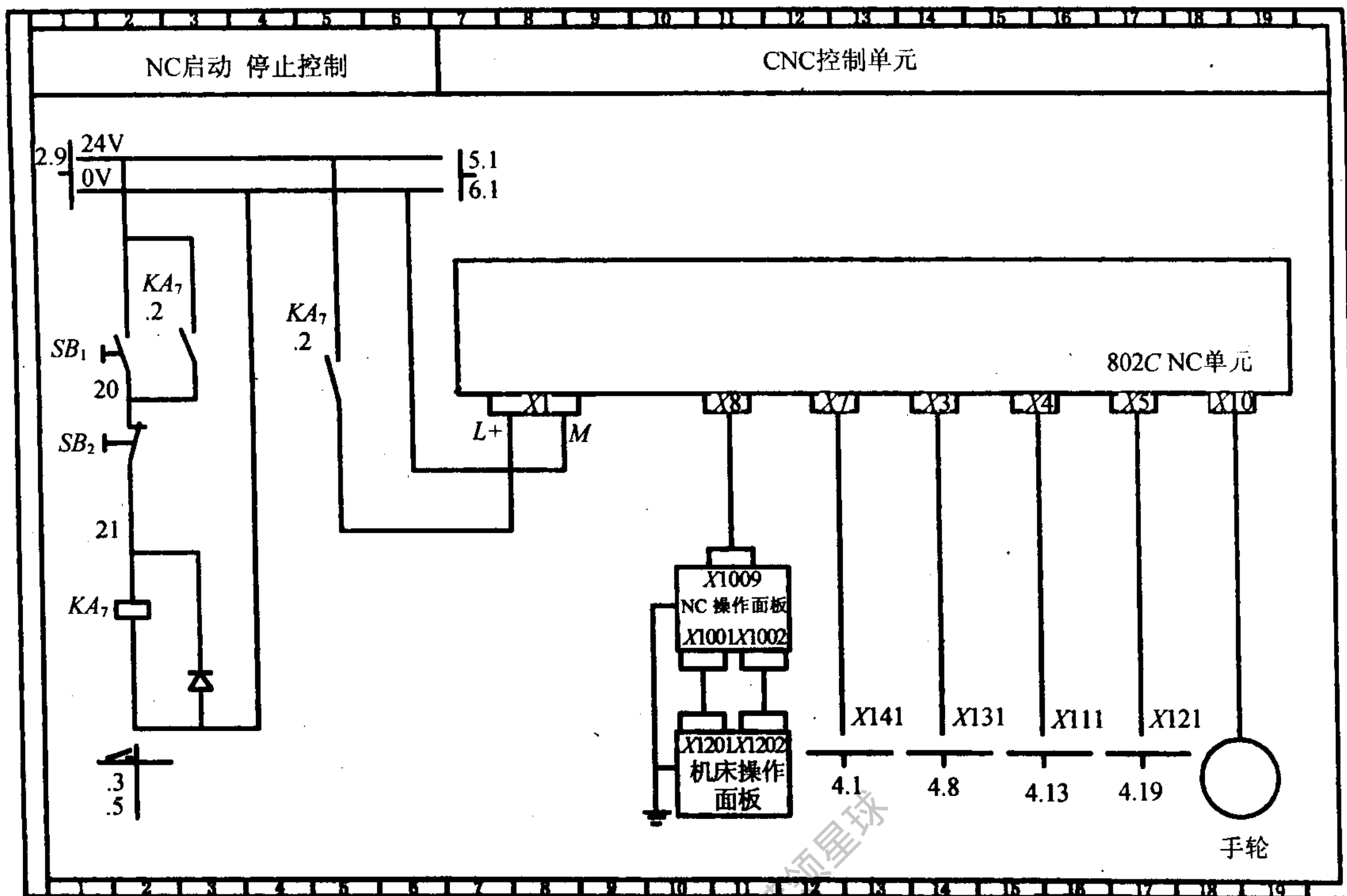




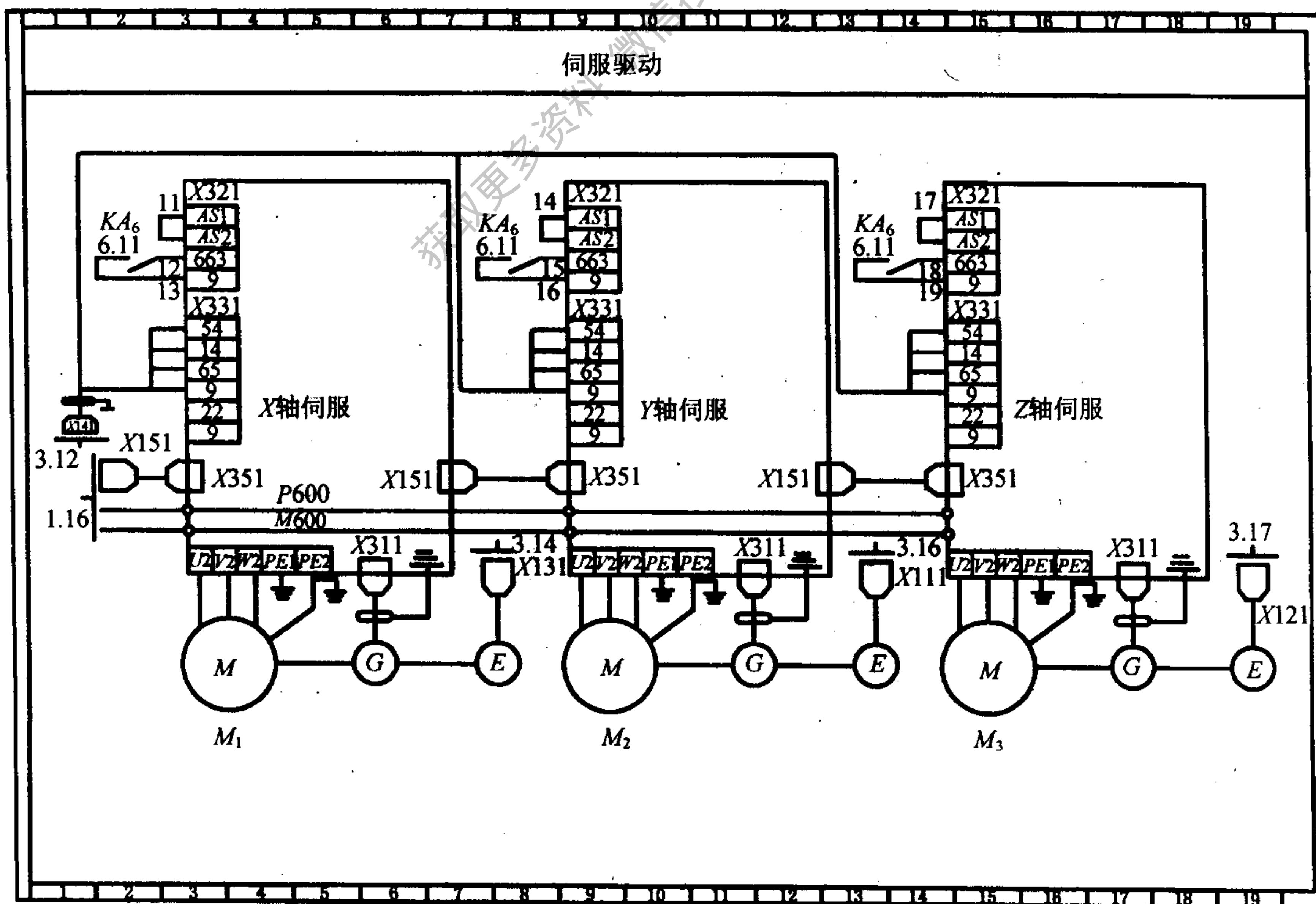
(a)



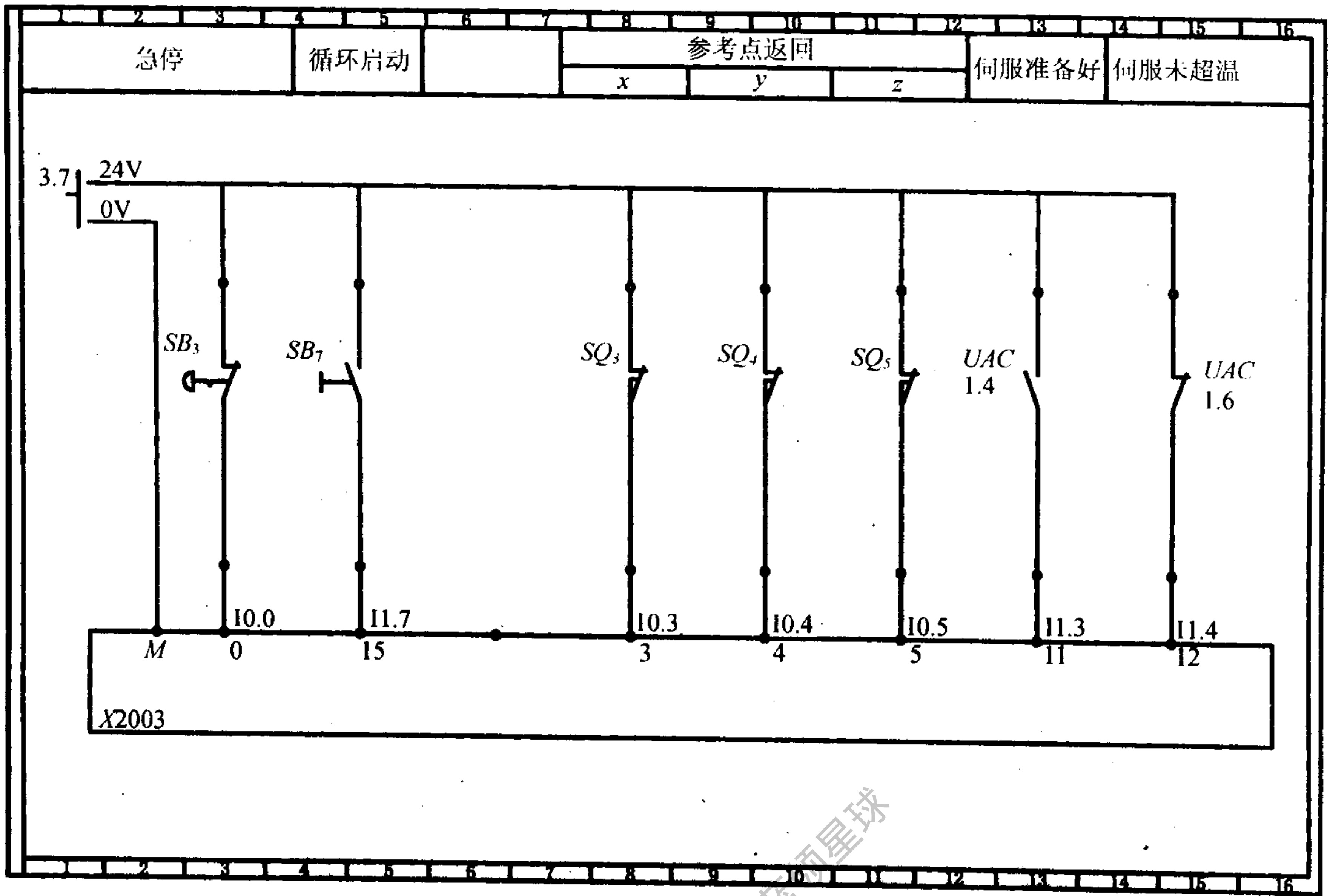
(b)



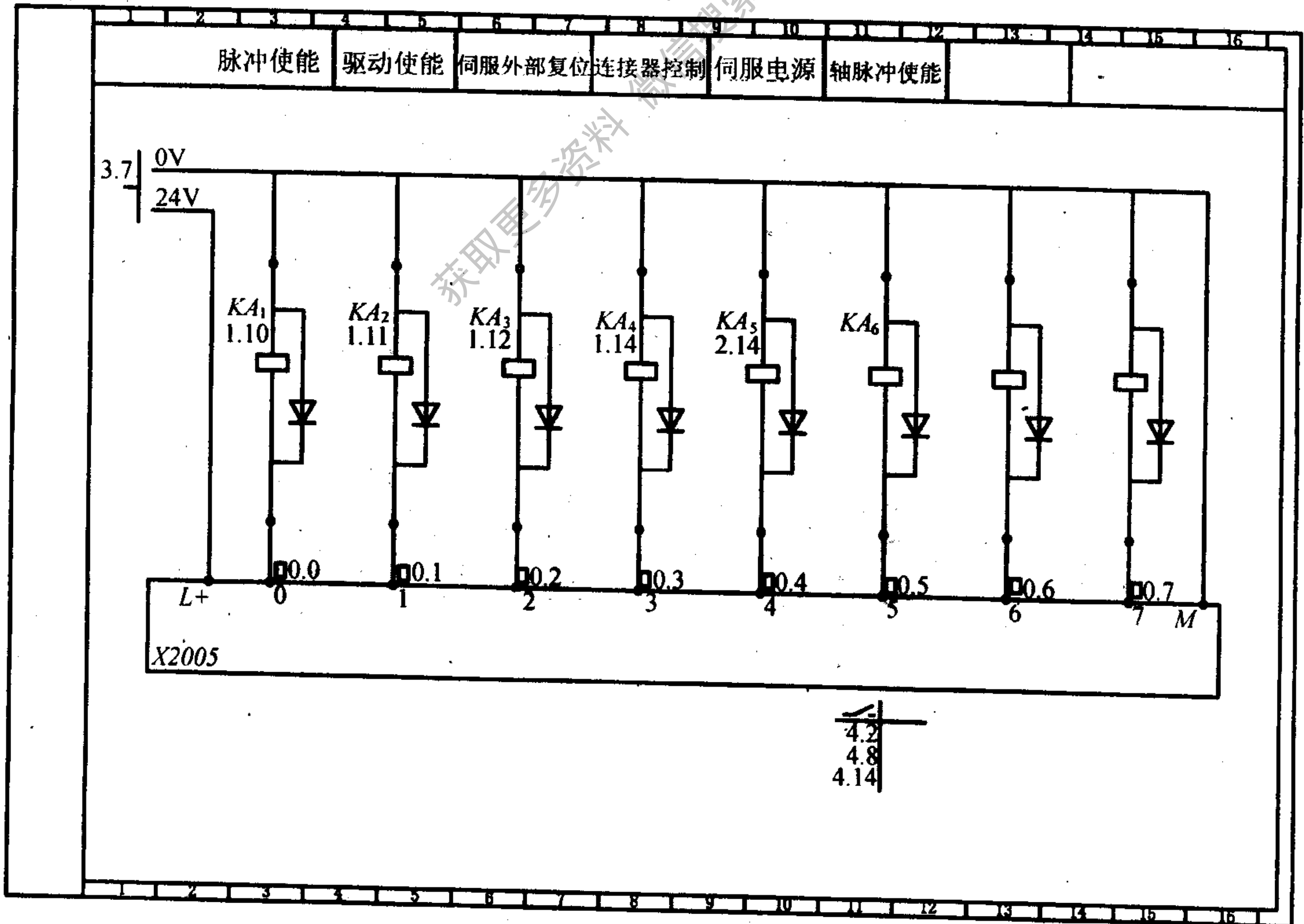
(c)



(d)



(e)



(f)

图 1-1 数控系统控制原理图

了非常大的作用。在这里我们想从实用的角度介绍一下经济型数控系统机械设备的调试及电气故障检修。

## 一、经济型数控系统机械设备的调试

数控设备的电气调试分机床制造完成后的调试和到使用现场的调试,但无论是哪一种调试,都首先要读懂电气原理图,清楚数控设备所用的数控系统的型号、特点、使用方法(包括系统连接、操作和编程)。另外,读懂数控设备的 PLC 程序也是设备调试能否顺利的非常重要的原因。俗话说磨刀不误砍柴工,做好调试前对有关资料的熟悉可收到事半功倍的效果。在做好调试前的准备工作后,便可按下面的步骤对数控设备进行电气调试了。

### (一) 数控设备通电前的检查工作

数控设备通电前的检查工作是十分必要的,一定要认真去做,否则的话就有可能造成短路、系统损坏、设备损坏等事故。造成不应有的损失。一定要注意通电前检查机床时不要连接给机床供电的电线。

#### 1. 电气系统外观检查

检查电气系统的连接线和电缆有没有忘接的(通过查对电气原理图和数控系统连接图),连接线和电缆有没有接错的(通过查对电气原理图和数控系统连接图),检查连接线和电缆有没有松动的(通过轻拉接线端子处的连接线或拧电缆插头),接线有松动会导致系统工作不正常,如果松动发生在反馈环路中,严重的会造成设备和加工件的损坏甚至人身的伤害;检查连接线的线径和线的种类是否有误,防止线径不够造成电线过载或由于线的种类不对造成耐压不够或应使用屏蔽线的而没有使用屏蔽线造成干扰,影响系统的正常工作。在作外观检查时最好看一看数控设备的运动部分,比如车床的拖板,铣床的几个进给轴是否放在中间的位置,如果不是,最好将其用机械方法移动到比较靠中间的位置,这样做的目的是防止数控系统通电后由于某种原因(比如系统正反馈)使进给轴移动造成机床或电机等的受损。

#### 2. 测量关键点

用万用表测量数控机床动力线之间有无短路;测量动力线与地线之间有无短路;测量直流稳压电源输出与地之间有无短路;测量直流稳压电源输出正负极之间有无短路;另外特别要注意检查由数控系统供电的部分是否有短路,以免造成数控系统的损坏。

#### 3. 检查并调整保护元件

一个完整的电气控制系统会有许多保护元件,比如说熔断器、热继电器、自动开关(自动断路器)等。这些元件要根据它所保护的装置的特点来设定,因此,要检查设备上所使用的保护器件的种类(比如说是快熔的熔断器还是普通的熔断器)和参数(比如说是自动断路器趋电流设定值)是否符合要求。按原理图或说明书中的要求核对一下每一被保护电路所使用的熔断器的类型和电流值是否符合要求,对于用自动断路器来保护的电路,要将自动断路器的设定值调整到所要求的值。

#### 4. 校对数控系统的硬件设定

对于整机购入的数控机床,数控系统的硬件设定已由生产厂家完成,除生产厂家在使用说明书或调试说明书中要求重新设定以外,用户不要改变它。如果是对新生产的机床进行调试,

就要按照系统安装调试说明书中的要求结合设计人员的要求对数控系统进行设定。对于数控装置来说,由于不同的机床所使用的数控轴的数量不同,使用轴的通道位置不同,轴的名称不同,反馈方式不同等等,需要根据实际使用要求加以设定。对于伺服装置来说,由于选用的电机的型号不同,规格不同,轴号不同,所以需要设定伺服驱动,还有增益的大小,电机运转方向的设定等等。数控系统的参数设定都可分为软件设定和硬件设定,不同的数控系统它的参数的设定方法也是不一样的。

### 5. 重要部位和参数的确认

作为电气调试人员,除了要对电气系统做检查外,与电气调试有关的地方也要注意确认一下。比如了解一下液压油、润滑油是否已经加注完毕;有气动功能的,气压是否达到要求;如果是在数控设备使用单位,还要检查一下用于防止运输过程中出现拖板或进给轴移动而加的固定块是否已经取出。还要检查一下设备或说明书上对供电电源的要求,看看现场所提供的电源电压、相数、频率和电源波动范围是否符合数控设备供电要求。

### 6. 断开开关、自动开关和熔断器

在开始通电调试以前,要把机床总电源开关切断,把各分路自动开关(自动断路器)断开,把各分路熔断器取下为通电调试做好准备。这样做有很多好处,一来可以减少通电时不正常情况的出现,二来易于查找故障,而且一旦出现故障而使电气系统受损失,这样做的损失应当是最小的。



提示:数控设备通电前的检查工作要做到仔细、认真;为保证人身安全,设备的进线电源线一定不能接。

## (二) 数控设备通电调试

在完成通电前的准备工作后,便可接上设备的工作电源,开始通电调试(试车)了。数控设备通电调试一般采用逐级逐路通电调试的方法。

### 1. 确认输入电源和相序

合上为数控机床供电的电源开关,用万用表测量数控机床总电源开关进线端的电压,看一看电压是否正常,有无缺相或三相电压严重不平衡的现象。如果一切正常,便可合上机床的总电源开关,并用万用表测量电源能供到的各支路终端的电压是否正常,有无缺相。如果数控系统的伺服驱动装置使用晶闸管放大器控制电路,则对供电电源的相序是有要求的,要是忽略了这一点,若输入电源的相序不对,一旦通电,伺服控制单元的熔断器就会熔断,甚至造成器件的损坏。校验相序的方法可用市售的相序表,接法如图 1-2 所示。接通电源,如果相序表的圆盘按顺时针方向旋转,则说明相序是对的;反之,则说明相序是反的。如果发现相序是反的,只要将三根相电源线  $R$ 、 $S$ 、 $T$  中的任意两根线对调即可。如果数控系统的伺服驱动装置不是使用晶闸管放大器控制电路,则不必考虑相序的问题。

### 2. 接通外围电路

在数控设备中,除了数控系统外,还有许多其他工作电路例如液压电路、冷却电路、照明电路、排屑电路、润滑电路等等。这些电路最好在启动数控系统之前先对它们进行调试,一来可以为调试机床和数控系统的工作做好准备。比如说有的机床电气控制柜中有照明灯,先调试

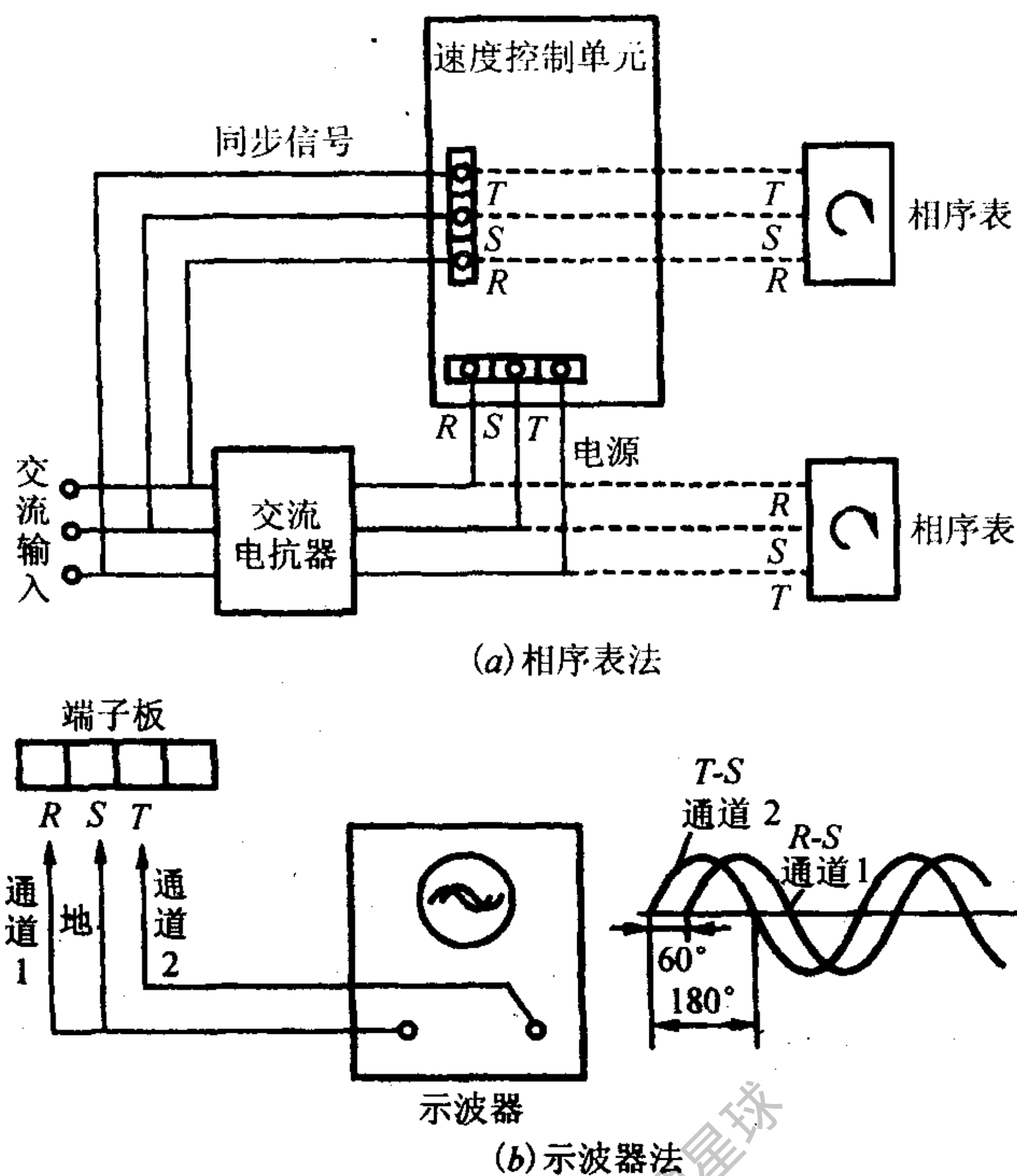


图 1-2 相序判别

它可以为后面的调试营造一个良好的调试环境；再比如说数控机床工作前应当有良好的润滑，在调试数控系统前先调试好润滑系统，这对数控系统的工作是一个必要的条件。二来外围电路调试好了可以减少由于外围电路的故障对数控系统的影响，减少由于外围电路所造成的数控系统的损坏。

外围电路的调试应当采用接通一路、调试一路、再接通一路、再调试一路的方法逐一将各支路调试完毕。调试过程中，除了要看各部分是否工作以外，还要量一下各路的电压，看看是否都在正常范围内。



**提示：**特别要注意量一下给数控系统供电的交流电路的电压是否与数控系统所需要的电压相符。为数控系统供电的直流电压是否与数控系统所需要的电压相符，极性是否对。

### 3. 数控系统通电

在前面的章节中我们说过，数控系统是由数控装置、伺服驱动装置和驱动电机所组成。在调试数控系统时我们一般先调试数控装置，后调试伺服驱动装置和驱动电机，而不是同时调试它们。

因此，我们先不要接通给伺服驱动装置供电的电路。

在接通数控装置的电源以前，最好将与数控装置无关的各分路自动开关（自动断路器）断开，把各分路熔断器取下。这样做是因为许多外围电路都是由数控装置中的 PLC 来控制的，一旦由于某种原因造成 PLC 出现不正常的输出，由于外围电路没有通电，就不会造成误动作。

通电接通数控装置的电源,注意观察数控装置的启动情况,有无异常声音、气味,显示装置是否有显示,各种指示灯是否正常。如果都正常,在显示装置上我们会看到许多报警信息。这是由于数控系统有很强的自诊断功能,它会检测与系统有关的装置和其内部的软硬件的工作状态。由于与数控装置有关的伺服驱动装置和一些外围电路没有通电,这会造成一些报警这是正常的;而有些报警信息是由于系统内部的故障所引起的,因此需要调试人员参照数控机床维修手册或数控系统维修手册中对报警的原因和处理办法的描述来解决。在实际使用过程中偶尔也会遇到显示装置上显示的报警与真正的故障原因不符的现象,但我们通过仔细分析就会发现显示的报警与真正的故障原因之间有某种连带关系,这就需要在实际中积累经验逐步掌握。

#### 4. 参数设置与检查

数控装置工作基本正常后,下一步要做的工作就是系统参数设置。为了满足各种不同规格机床工作的需要,也为了使机床和数控系统能工作于最佳状态,数控系统有许多参数供用户选择,以适应不同的控制要求,满足实际的需要。不同的数控系统它的参数是不同的,参数的设置方法和设置要求也有所不同,但我们可以根据它的用途和功能将其分成几大类。

(1)系统参数 这些参数直接关系到系统功能的变化,比如数控系统是三轴联动还是两轴联动;有没有内装可编程序控制器;数控装置内存大小的设定等等,其中有一部分参数是在数控系统出厂前已经根据用户订货的要求设置好了的,但其设置方法和参数功能制造商对用户是保密的。所以这些参数也叫做保密参数,用户一定不要随意修改这些参数。有些系统参数是可以由用户来设定的,用户可以按照维修和调试手册的说明来设定。

(2)通用参数 这些参数是针对整个系统的一些参量的设定。比如说机床坐标名称、每刻度手轮脉冲数、基本系统制式等等。这一类参数大多是标准参数需用户设定的不多。

(3)轴参数 这些参数与轴的运动速度、定位精度、工作方式等有关。比如说设定轴为直线轴还是旋转轴、最大轴速度、轴运动方向、丝杠螺距等等。这些参数要根据机床的设计要求来设定和调整,不正确的设定会使数控系统和机床工作不稳定。

(4)与机械有关的参数 数控系统最终是要和机械结合在一起共同完成零件加工的,为了与机械协调工作,弥补机械精度的不足,就需要有一些与机械有关的参数并对其进行设置。比如说反向间隙补偿、丝杠螺距误差补偿、参考点位置等等。对于机床精度要求高的参数是一定要设定的,而且需要借助一些高精度的测量设备和量具进行测量和计算。对于一些精度要求不是很高的机床则可以不设定这些参数或只设定其中的一部分。这些参数的设置要等到整个机床调试基本完成后再进行。

(5)加工参数 这些参数与工件加工有关,一般机床调试人员不进行这些参数的设定,它是由机床操作人员来完成的。这类参数有刀具补偿参数、固定循环参数、宏指令参数等等。

(6)其他参数 除了以上几类参数以外,还有 PLC 参数、显示参数、通讯参数等等。不同的数控系统会有所不同,可按照系统有关资料来设定。

对于整机购入的数控机床,由于数控机床生产厂家在出厂前已对数控系统进行了参数设定,换句话说数控系统的参数在生产厂家已经进行过优化了,用户在调试数控机床时不必再进行参数设定。

不论对数控系统是否进行了参数设置,都要对参数进行检查、确认、记录,并保存好随机附带的参数表,以便以后机床维修或保养后恢复其工作性能时用。

5. 调试 PLC 如果数控装置带有可编程序控制器,而且我们也用到了它,现在要做的工作就是调试 PLC 了。数控系统中的 PLC 与通用的 PLC 的调试方法基本相同,只是数控系统中的 PLC 有许多与数控有关的信号,而且它们之间的关系是已经确定好了的。

在输入 PLC 程序之前,先检查一下所有输入是否接对了,并且有效。方法是将数控装置的显示页面转换到 I/O 地址状态显示页面,然后接通一个输入点(比如一个按钮),看一看数控装置 I/O 地址状态显示页面上的显示是否正确,如果没有变化或变化状态不对,查找原因并排除故障。如果是正确的,就接通另一个输入点(比如一个接近开关)看一看数控装置 I/O 地址状态显示页面上的显示是否正确,逐一检查下去,直到所有的可能检查到的输入点检查完。然后按照数控系统调试和维修说明书中的方法将 PLC 程序输入,先调试与操作面板等输入有关的程序部分,然后一路一路的调试外围电路,并逐路合上有关的自动断路器或熔断器,使外围电路能正常工作。

如果是整机购入的数控机床由于它的 PLC 程序是已经调试过的,只要检查一下所有输入是否接对了,并且有效就可以了,不用对 PLC 程序进行调试,然后一路一路的合上有关的自动断路器或熔断器,使外围电路正常工作。调试到此,除伺服驱动装置没有通电调试外,其他部分应当都能正常工作了。

#### 6. 伺服驱动通电调试

在给伺服驱动装置通电以前最好将驱动电机与机械连接的联轴节取下,断开驱动电机与机械的连接,在调试好整个数控系统后再连上。因为如果采用的是有速度反馈的伺服电机,当速度反馈线被接错时,或速度反馈线没有连接时,如果给伺服驱动装置通电就会出现伺服电机突然高速旋转的现象,通常我们把这种现象叫做“飞车”。如果驱动电机与机械是相连的就容易造成机床的损坏和其他事故。

在接通伺服驱动装置以前最好先压下急停按钮等能切断伺服驱动装置电源的装置,然后接通伺服驱动装置的供电电路,再放松急停按钮等装置,使伺服驱动装置工作并观察有无异常情况出现,若有异常情况则赶紧按下急停按钮等装置切断伺服驱动装置的电源。当伺服驱动装置启动后,在数控装置没给伺服驱动装置加使能的情况下各轴的伺服电机可能会有漂移,这时就要对各轴的伺服漂移进行调校,将漂移调得尽可能地小。然后给伺服驱动装置加使能并试着用手动方式(比如用手摇脉冲发生器或连续进给按钮)给伺服电机一个低速运动指令看伺服电机的运动情况,如果各个轴都能运动了,就要开始对其作细调了。

#### 7. 主轴调试

主轴的调试是一个相对比较复杂的过程,不同的机床对于主轴调试的内容也不相同。对于加工中心类的数控机床,主轴的调试要包括主轴正转、主轴反转、主轴停止、主轴定向、主轴换挡、主轴吹气、主轴夹紧、主轴放松等环节。作为经济型数控机床的调试,一般只有主轴正转、主轴反转、主轴停止、主轴调速几个环节。

接通主轴电源,通过 MDI 方式输入一个低速主轴正转(或反转)命令,观察主轴的转向和转速是否与指令要求相符,再输入几个速度段的速度看一下主轴速度变化情况,最后输入一个主轴停止命令看主轴是否能停下来。在主轴调速中常见的问题是主轴实际速度和指令速度相差较大,这时要检查主轴电机与输出主轴之间的传动比的设定、主轴最高转速的设定主轴各档转速的设定是否正确。

#### 8. 通调数控系统



关断机床电源,将驱动电机与机械连接的联轴节装上,接通驱动电机与机械的连接。再次给数控系统通电,并用手动方式使驱动电机运转,看手摇脉冲发生器旋转方向或按键所按的正、负方向与显示器上所显示的运动方向以及各坐标运动的方向这三者是否与要求相一致,如不一致,则按照数控系统维修和调试手册上的要求调整有关参数或接线(较早期的数控系统和一些简易数控系统如果要改变电机的运动方向,就要改变电机的动力线和反馈线,而新型的数控系统则只要改变一个参数就可以了)。然后通过 MDI(手动数据输入)方式输入一个单轴运动程序(给定的速度要慢),检查这个轴的运动速度和坐标轴移动的距离是否与程序相符,如不相符则要检查有关参数的设定是否正确(比如指令单位、丝杠螺距、位置控制环增益、反馈系数等)。在完成以上的调整后,根据机床的技术要求安装好各轴的限位开关(也叫超程开关)和参考点减速(或返回)开关。先用手动方式使相应的轴慢慢地向限位开关方向运动并使其超程,看超程开关是否起作用,机床是否停止了运动,显示器上显示的超程报警的方向是否正确,调整有关参数、接线、开关的位置,使其工作正常。然后在参考点返回方式使各个轴试着返回参考点,看参考点返回开关是否起作用,参考点返回方式是否起作用,显示的返回轴是否正确。最后通过参数调整各轴的运动极限设定和参考点的位置。



提示:数控机床的调试要求调试者要有较多的综合知识和较强的动手能力以及较好的分析判断能力,初学者要有意识的培养自己的这种能力。

## 二、经济型数控系统机械设备电气故障检修

随着计算机和伺服驱动制造技术的发展,数控系统的可靠性越来越高,有些数控系统的无故障运行时间已达 25 000h 以上,但数控系统就像人一样,或多或少是要生病的,而且是小时候爱生病,长大后病就少了,到了老年病就又多起来了。图 1-3 是数控系统的失效率曲线,它反映了数控系统故障率随时间变化的关系。从图中我们可以看到,数控系统在早期和耗散失效期故障率较高,而进入稳定期后故障率则明显降低。

有多种因素可引起数控系统的故障,有些是由于系统内部元器件老化、失效或损坏造成的;有些是由于系统内程序丢失造成的;还有一些故障是由于操作不当而人为造成的;另外,系统中大量的

的连接线也是造成故障的主要原因之一。下面举几个实例,简要介绍故障产生原因。

某厂一台数控机床一直工作正常,后因生产任务不足而停机,几个月后来了新任务,但在启动数控机床时发现系统出现故障,经检查发现有一块伺服驱动板坏了,经分析认为是由于数控机床所处环境比较潮湿,加上长时间不用导致系统元器件失效所致。

某厂一台数控机床一直工作正常,后因过节放长假而停机,上班后发现机床出现报警,控

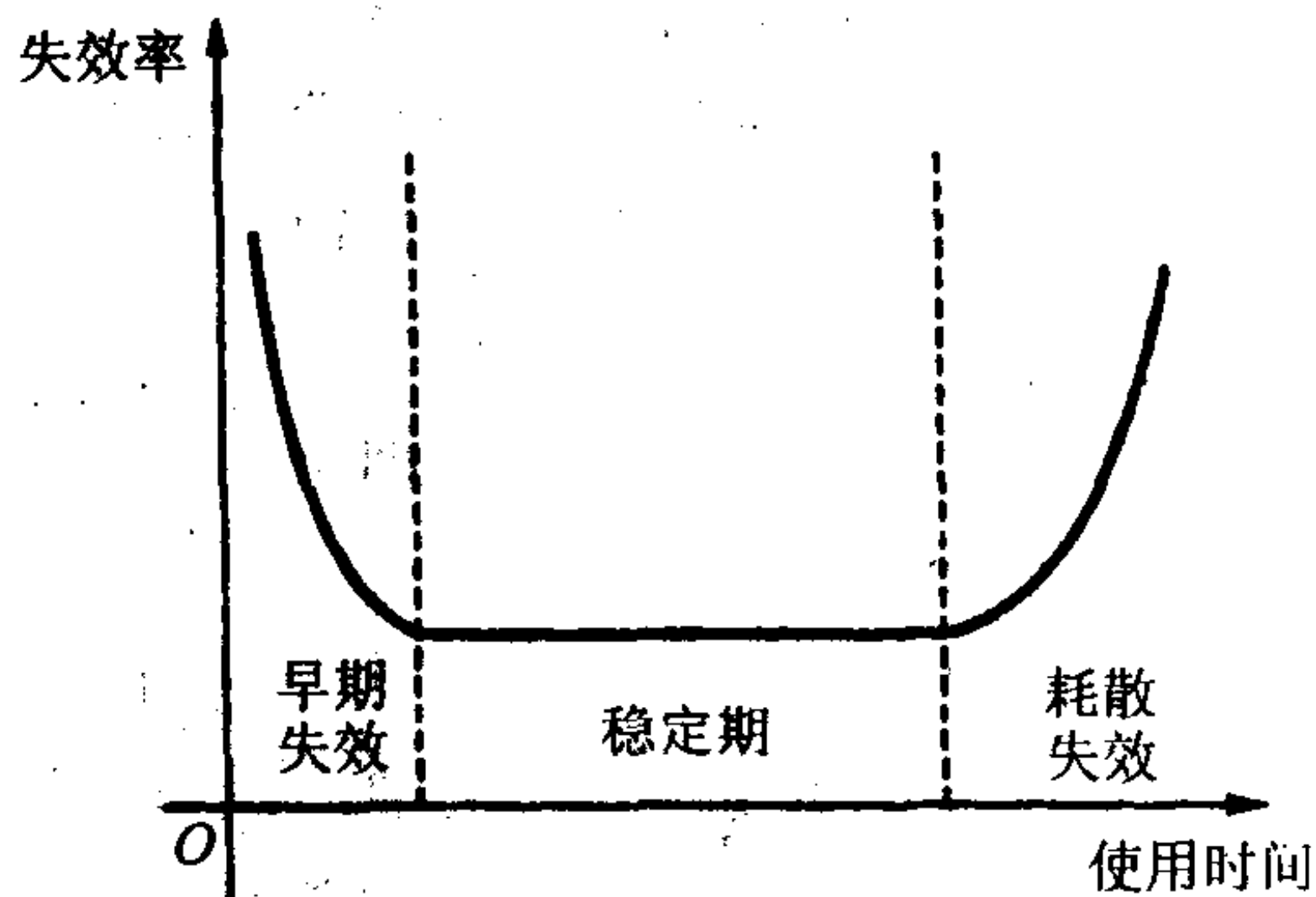


图 1-3 失效率曲线

制冷却启动等的按钮不起作用,经查发现系统内的 PLC 程序和参数丢失,查对报警内容并检查数控系统发现用于保持 PLC 程序和参数的电池电压过低造成 PLC 程序和参数丢失。

某厂新购进一台数控机床,使用不久便出现一次事故造成刀具和工件损坏,再启动数控机床出现伺服报警,经检查发现一个伺服驱动轴的熔断器熔断。经分析事故原因发现加工程序编制有误造成撞刀,导致伺服驱动过载所致。

某厂一台数控机床当天工作正常,可第二天启动机床时数控系统无法启动,经检查发现数控系统的多颗电缆线被老鼠咬断导致数控系统无法工作。

从上面的几个例子可以看出数控系统的故障原因可能是多种多样的。如果我们使用保养得好,是可以减少数控系统的故障率的,当然这并不意味着数控系统就不会出故障了,只有熟练掌握数控系统的故障诊断和维修技术,才能保证数控机床长时间处于良好的工作状态。真正发挥数控机床所应有的作用。

下面我们从实用的角度来讲述一下数控机床电气故障的分析、判断和排除的方法。

### (一) 数控机床电气故障的分析、判断

数控机床是融合了计算机技术、自动控制技术、伺服驱动技术、液压技术、气动技术等多种技术的高技术含量的机加工设备。作为数控机床控制的核心——数控系统,它所出现的故障具有综合性和复杂性的特点。因此,要想迅速、准确地查明故障原因和所发生的部位,不借助于数控系统自身的诊断功能有时是难以找到故障点的。现在的数控系统其自身诊断功能越来越强大,所以对于刚接触数控系统维修的人员来说,要充分利用数控系统的自诊断功能以提高我们查找故障和排除故障的能力。

#### 1. 借助系统报警显示判断故障

数控系统在工作过程中会一直监视自身的工作状态,一旦发现故障,首先中断加工程序的执行并使驱动处于停止状态,然后存储故障原因并将报警内容显示在屏幕上。数控系统通常会对程序的读入、程序的格式、测量回路电缆、反馈编码器和动力装置、程序运行的轨迹、主轴转速、被激活的信号、温度、电压、电流、微处理器、各种接口、系统程序存储器、用户程序存储器、备用电源电压的大小、NC 与 PLC 之间的传输等进行监视。系统报警可分为操作异常报警、程序错误报警、伺服报警、主轴报警、系统错误报警、PLC 报警等。报警信息来自两方面,一方面来自数控系统的自诊断功能,另一方面来自 PLC 程序。

当数控系统出现报警时,会在显示器上显示报警号和报警原因,这时我们可以根据显示器上显示的报警号和报警原因初步判断出故障发生的原因,再结合数控系统维修手册上对报警内容和原因的描述,就可以大致判断出故障发生的位置。有些数控系统的维修说明书中不但告诉你报警的内容和原因,还告诉你报警所造成的后果和应采取的措施(解决办法)。你可以按照维修手册中的指导找到故障点并采取相应的措施排除故障。有些数控系统的维修说明书中只告诉你报警的内容和原因,而没有告诉你应采取的措施,这时你只能根据自己对数控系统的了解和逻辑分析找到故障点并采取相应的措施排除故障。

当数控系统发生报警时会出现多种不同的情况,这时就要通过分析来处理了。

(1) 一个故障一个报警 对于这种单一故障现象只要按上面所说的方法去处理就可以了,在数控系统出现的故障中这一类的情况最常见。

例如某数控机床出现“1121 camping monitor”报警,经查看数控系统维修手册中对此报警内

容的解释为静止状态监视报警,原因为静态定位偏差过大。经检查发现反馈电缆松动导致反馈错误,使被控轴不能在数控系统要求的范围内定位,重新插紧后报警消失。

(2)一个故障多个报警 有时我们在数控系统显示器上会发现同时出现了两个以上的报警号及报警信息,可是查到故障原因后却发现都是由于一个原因造成的。比如说在显示器上同时出现“ $x$ 轴正向限位开关超程报警、 $x$ 轴负向限位开关超程报警、 $y$ 轴正向限位开关超程报警、 $y$ 轴负向限位开关超程报警、 $z$ 轴正向限位开关超程报警、 $z$ 轴负向限位开关超程报警”,但查找到的故障原因却是给超程开关供电的电源线断了。因此对于多个报警同时出现的情况我们要看一看多个报警之间有没有共性,有没有联系,以便准确地找到故障发生的原因。

(3)多种故障原因一个报警 这种情况的报警相对来说是比较难以判断的。比如说显示器上出现“NC 急停报警”。这种情况可能是某些使能没有给上所造成,也可能是系统自身有故障,也可能是来自 PLC 的一些与急停有关的信号处于没有准备好的状态。在这种情况下,就得根据维修手册中的指导一个点一个点地检查,必要时或在可能的情况下可采取互换、比较等方法找出故障原因。

(4)多个故障多个报警 对于初次调试的数控系统和由于事故或人为造成数控系统故障的,常会出现多个故障多个报警的现象。对于这种情况只要按单一故障排除的方法逐一解决就可以了,最好先解决直观易判断的,然后再解决复杂的。

(5)报警内容与实际故障不符 例如数控系统显示器上出现“ $x$ 轴正向限位开关超程”,但经检查  $x$ 轴正向没有超程,进一步检查发现是  $x$ 轴正向限位开关接到 PLC 接口的线掉了,这显然与报警所显示的内容不相符。但通过分析我们就会发现它们之间是有必然联系的。数控系统的报警内容只是给我们提供一个查找故障的方向和可能的原因,但一个故障现象可能有多种故障原因。就以“ $x$ 轴正向限位开关超程”为例,数控系统是通过检测用于判断  $X$ 轴正向限位开关是否超程的点的状态是“0”还是“1”而作出结论的。如果这一点为“0”,则认为出现了超程,反之则没有超程。而系统内的这一点是“0”还是“1”又取决于  $x$ 轴正向限位开关接入点的通和断,因此,无论确实由于  $x$ 轴超程造成限位开关触点断开还是由于限位开关断线或者是给限位开关供电的电源出了问题,现象都是使用于判断  $x$ 轴正向限位开关是否超程的点的状态变为“0”,数控系统当然会出现  $x$ 轴超程报警了。

## 2. 借助系统状态显示查找故障

数控系统可以显示 PLC 输入点、输出点、内部辅助继电器、定时器、计数器等状态,还能显示其他一些工作点的状态。有时单凭系统的报警显示是不能找到具体的故障点的,这时借助于系统丰富的状态显示,可以准确的找到产生故障的直接原因。方法是根据报警信息或故障分析结果有针对性地查找一些状态点,看系统在这些点的状态是否正常,逐一排除可疑点以便最终找到故障点。

## 3. 借助系统状态指示分析故障

除了借助数控系统显示器上显示的报警和状态来帮助我们分析和判断故障以外,我们还可以借助数控装置上的各种指示灯以及伺服驱动装置上的状态指示灯和数码显示来判断和分析数控系统的故障原因。

数控系统虽然能通过显示器显示报警和工作状态,但由于数控系统内部出了问题就可能无法显示,它只有通过一些指示灯来告诉人们它的故障原因,而且对于伺服驱动来说它是一个相对独立的装置,有些故障状态是无法通过数控装置来显示的,但它自身能通过一些指示

灯来告诉其内部的状态。

举一个例子来说,某数控机床通电后数控装置上的显示器不亮,通过检查发现系统上的CPU指示灯亮了,查阅数控系统维修手册,告知可通过按压一个特殊按钮并同时启动系统可使显示器显示系统的状态,按此方法启动系统后发现是系统内的存储器内容有错误,重新初始化存储器并重新输入所有内容后故障消失。

在伺服驱动装置上,一般都会有伺服过载、过流、使能、报警等指示灯,并在伺服维修手册上有相应的解释和故障排除方法,这对我们分析和查找故障是很有帮助的。

#### 4. 借助系统功能分析故障

有些故障出现时可能并没有报警或出现了报警却不能很快地找到故障原因,这时通过系统的一些功能却能帮助我们较快的分析和判断出故障的原因。一些数控系统能显示各个轴工作时的平均电流、电压、跟随误差、转矩大小等状态,还有一些工作状态指示灯,比如说报警灯、位置偏移灯、程序执行灯、程序中断灯等等。下面我们举两个例子来说明借助系统功能分析故障的方法。

例1:有一台数控机床启动运行后,在执行了一段程序后就不再向下执行了,显示器上无报警显示。通过观察发现系统面板上的程序运行灯是亮的,而且位置偏移灯也亮着,通过查看系统操作说明书得知,这种现象是由于坐标轴偏移超过了允许值,需通过偏移补偿来解决。后按照说明书中的操作方法对偏移进行了补偿后故障现象消失。

例2:有一台数控机床启动运行一段时间后就出现电机过热报警,而且这种报警现象多次出现,但出现的时间不定,有时一启动就出现过热报警,有时工作很长时间也不出现过热报警,检查机械发现负载并没有超出驱动电机的额定扭矩。后利用数控系统能显示伺服工作状态的功能对工作中的伺服轴的状态进行观察发现,故障轴在某一时段内有过载的现象,结合观察机械运动发现,机械在运动到某一位置时便出现伺服轴过载的现象。记录这一机械点并对这一点进行修整后过载现象消除。

## (二) 数控机床电气故障排除的方法

数控机床可借助数控系统自诊断、状态显示、数控系统有关资料,再加上分析和判断来找出故障原因,但在实际操作中要真正找到故障的确切位置和故障原因并排除故障,还有一些行之有效的办法。

### 1. 直观检查法

这种方法是通过我们的眼睛、耳朵、鼻子对数控机床电气系统及相关的机械和其他系统进行检查,适用于有明显故障迹象的情况。通过直观检查看看机床电气系统有无掉线、断线、破损、烧灼、变形、明显不合理的现象,检查有关电路板的表面是否有烧毁和损伤的痕迹,其他装置有无对系统运行造成影响的地方;是否听见异常声响,如爆裂声、振动声等;是否闻到电器材料因温度升高而产生的异味。这样我们就可以直接找到故障点。



**提示:**在数控机床出现故障时,维修人员往往不在现场,这时向当时在场人员仔细了解他们在事故发生前的操作过程和事故发生时观察到的现象对查找故障和排除故障是非常重要的。

例 1:某数控机床在通电调试过程中突然看到一简易定位板冒烟,当即切断电源并对简易定位板电路进行检查发现,原本应当接 24V 电源的电路接入了 110V 电源并造成简易定位板烧毁。换了一个新的简易定位板并接入 24V 电源后故障排除。

例 2:某数控机床运行过程中听到振动发出的声音,用手摸发现抖动出现在  $y$  轴,经分析可能是伺服驱动增益等参数设置不对所造成,重新调试  $y$  轴伺服驱动增益等参数,故障排除。

## 2. 备件更换法

这种方法用在有备用件的情况下,特点是查找故障简洁迅速,缺点是要有充足的备件。当我们怀疑某一部分有故障时,尤其是电路比较复杂的地方和电缆线,查找故障比较费时费力,若采用备件更换法则可以马上判断出故障发生的地方。



**提示:**所换的备件的规格应当与原件一样,并应检查备件的完好性,设置状态与原板的一致性。另外要注意防止其他部分的故障造成备件损坏的现象发生。

例 1:某数控机床主轴调速不正常,速度调不上去。怀疑伺服驱动有问题,换了一套同样规格的伺服驱动后调速正常,故障排除,这说明原伺服驱动有问题。

例 2:某数控机床主轴定向时,难以定向,怀疑用于主轴定向的接近开关有问题,换定向开关后,故障排除。

## 3. 互换法

这种方法适用于没有备件的情况,特点是查找故障简洁迅速,缺点是比较麻烦并有一定的风险。方法是将怀疑有故障的电路或电缆等元器件与另一路工作正常的且规格参数相同的电路互换,如果故障现象依旧,就说明被怀疑的元器件没有问题,我们要重新寻找故障点;如果故障现象出现在其他电路中,就说明被怀疑的元器件确实有故障,等买来新的或修理后换上就能排除故障。



**提示:**不要因查找故障元器件而导致原来工作正常的电路被损坏。

例:某数控机床三个轴参数完全一样,原来工作都正常,可后来在一次使用中发现  $x$  轴给指令后不运动,但数控系统也无任何报警。将  $x$  轴与  $y$  轴互换后(包括伺服电机、伺服驱动、电缆)故障现象出现在了  $y$  轴,这说明故障是由原来的  $x$  轴中的某一部分所造成。通过对  $x$  轴伺服电机、 $x$  轴伺服驱动、 $x$  轴电缆与  $y$  轴伺服电机、 $y$  轴伺服驱动、 $y$  轴电缆单一互换后确认,原  $x$  轴伺服驱动有故障,换新的伺服驱动后故障排除。

## 4. 功能程序测试法

将数控系统常用功能编制成一个加工程序并运行这个程序,看数控系统是否能按我们编制程序的意图完成程序的运行。这种方法可以用于操作人员反映机床加工有问题而又无报警的情况,借以判断是机床有故障还是操作人员编程有问题或者是操作有问题。

## 5. 参数修正法

数控机床经过运输、大修、或长期运行后其有关电气与机械的配合关系会发生变化,使数

控机床工作不正常或达不到要求的加工精度,这时只要改变一些参数的设置值就可排除故障,比如反向间隙、丝杠螺距误差补偿、伺服增益、参考点设置值等等。

例:某数控机床原工作一直正常,近一阶段发现加工精度下降,机床工作台反向时发出撞击声。经机械检修后再使用发现零件加工尺寸发生了变化,加工精度也比原来有所下降,后经重新测定反向间隙、丝杠螺距误差、参考点位置值并修改有关参数后,数控机床工作恢复正常。

## 6. 清洁法

有些数控机床所发生的故障是由于长期运行于有导电粉尘或比较差的环境中所造成的,疏于保养和不宜保养的地方最容易出现由于清洁保养不够所造成的故障。解决的办法就是对数控系统加强清洁保养。

例 1:某厂数控机床出现伺服报警,根据报警提示是伺服电源对地漏电过大。经检查发现伺服电源对地绝缘良好,测量各动力线间绝缘也都良好,一直找不到原因,后经遇到过这种现象的工程师提醒,在切断数控机床电源的情况下,将伺服驱动动力电源附近作彻底清洁后故障现象排除。

例 2:某厂数控机床显示器原工作正常,后来显示器突然不显示了。打开显示器外壳发现显示器内灰尘很多,清洁后通电再试,显示器恢复正常工作。



提示:特别要注意的是在为数控系统做清洁时,一定要切断机床的整个电源,保证人身安全。

## 7. 敲击和轻拔法

这种方法对于接触不良所造成的故障有良好的效果。数控系统有许多焊点和插件,当数控系统的故障时有时无时,用绝缘物轻轻地敲打怀疑有故障的地方,常会使故障现象重复出现。在断电后可以用手或镊子等工具轻拔怀疑有问题的点常能找到实际的故障点。



提示:在通电的情况下对怀疑有故障的点轻轻敲击前,一定要考虑到不要造成系统的误动作而导致设备和周围人员的损伤;在轻拔怀疑有问题的点前一定要切断机床的电源并等系统内的电放光后再进行。

例:有一台数控机床通电后系统无报警,但只要一启动转台回转,就出现“飞车”现象。断电后测量转台的反馈电缆没有发现问题,检查其他与反馈有关的地方也没有发现问题。再次通电故障依旧,根据以往的经验,认为还是反馈电缆有问题但现场又找不到能替换的电缆来证实,再次测量电缆还是没有发现问题,只好打开电缆插头逐一轻拔电缆线焊接处,其中一根焊接线被拔下来,重新焊接后故障排除。



提示:注意一定要轻拔,否则原来牢固的连接也会被损坏而且也不能说明问题。

寻找并排除故障的方法还有许多如局部升温法、测量比较法、原理分析法等。但不论采取什么方法有些注意事项都是要记住的。

### 1. 人身和设备的安全

检修人员要按电工安全规范的要求穿戴,在不需通通电检查的时候要断开机床的总电源,并等电气设备内储存的电荷放光后再进行操作,在通电检修时要注意周围的人和设备避免不正常的设备产生误动作损伤人和设备。

### 2. 做好标记

从整机上取下电路板、电缆、模块及其他器件时,对于它们的安装位置、电缆的编号、各器件之间的连接方法等都要做好标记,以便维修后的恢复。

### 3. 避免产生新的故障

在维修中不要轻易改动元器件的设置,接线方法。避免大功率的烙铁,酸性助焊剂,尖锐物器等对电路板和元器件的损坏。

### 4. 做好维修记录

维修完成后要做好记录,既可以供其他维修人员借鉴和使用,又可以作为自己的维修经验。

获取更多资料 微信搜索蓝领星球

# 2

## 可编程序控制器控制系统电气故障检修

可编程序控制器以其良好的柔性,高度的可靠性,完善的功能,低廉的价格、小巧的体积、便于维修和易于掌握而被广泛地用于各行各业。掌握可编程序控制器控制系统电气故障的检修,应当作为设备电气维修人员必备的一门技能。在前面我们讲过可编程序控制器(PLC)可分为三个部分来理解,一个是输入部分;一个是内部控制部分;还有一个是输出部分。因此对于 PLC 的检修我们也可以从这三个方面入手来分析。

### 一、PLC 输入部分的检修

对应于 PLC 的每一个输入点一般都有一个指示灯,对于输入的状态我们只要看输入点所对应的指示灯是否亮就可以判断出这一点的状态。因此当出现输入开关(旋钮、按钮、继电器触点或接近开关)有动作而 PLC 没有按要求工作的情况(通常是有相对应的输出而实际没有的情况),我们先要看一看当输入开关接通时 PLC 上相对应的指示灯是否点亮,如果点亮了就说明信号已经正常输入到 PLC 内部了,故障可能是由于 PLC 内部或输出所造成的,我们再去检查 PLC 内部或输出;如果没亮则说明信号没有被送入 PLC 内,这时可用万用表量一下是否有输入电压加在这一输入点上,如果有输入电压加在输入点上则说明 PLC 的这一输入点损坏了,这时可以把这一点的接线接到一个空的输入点上,并修改程序,用同样的方法确认其他输入点是否坏了。如果没有输入电压加在这一点上,则要查一下公共端是否断线,输入电源是否正常,输入开关是否接触良好以及开关回路是否有断线就可排除故障。

还有一种常见的故障是输入没有变化却在输出产生了变化,这常出现在输入接口连接的是接近开关一类的输入。由于 PLC 的输入所需要的导通电流非常小,当输入元器件的漏电流接近 PLC 的输入所需要的导通电流时就很容易产生误动作,遇到这种情况,我们可以在输入回路中串入一个高灵敏度的电流表实测一下怀疑漏电流较大的元器件,如果漏电流接近 PLC 输入导通电流,则应当换一个漏电流小的元器件。

### 二、PLC 输出部分的检修

与输入情况相类似,对应于 PLC 的每一个输出点一般都有一个指示灯,对于输出的状态我们只要看输出点所对应的指示灯是否亮就可以判断出这一点的状态。如果输入开关有动作而且 PLC 上相对应的指示灯也点亮了,而 PLC 没有按要求工作,我们先要看一看当输入开关接通时,应当有相应输出的点所对应的指示灯是否点亮,如果点亮了就说明信号已经正常输出



了,故障可能是外部所造成,这时可用万用表量一下输出继电器是否闭合了。如果没有闭合则说明 PLC 的这一输出点损坏了,这时可以把这一点的接线接到一个空的输出点上,并修改程序,用同样的方法确认其他输出点是否坏了。如果闭合了,则要查一下公共点是否断线,输出电源是否正常,输出负载是否接触良好以及输出回路是否有断线就可排除故障;如果相应的点所对应的指示灯没有亮,则可能是 PLC 内部有问题。

### 三、PLC 内部的检修

PLC 内部一般不易出故障,最常见的故障是 PLC 内部程序丢失,这往往是由于 PLC 用于保存程序的电池损坏或没电所造成,解决的方法就是更换电池,并重新输入程序。

有时我们也会遇到检查输入、输出、内部程序都没有查出问题,但 PLC 就是不接收输入信号或不输出信号的情况,这时最好的办法就是换一个输入点或换一个输出点并修改相应的程序。

获取更多资料 微信搜索蓝领星球

# 3

## 用可编程序控制器改造继电器控制系统, 编制逻辑运算程序, 画出电路图

在前面的章节里我们已经学过了有关 PLC 的构成、工作原理、编程器的使用等有关 PLC 的知识。在这一章节里我们以 T68 型卧式镗床为例讲述一下如何将常规的继电器控制电路改造成用 PLC 控制的电路。一般来讲要用 PLC 改造继电器控制系统要按以下顺序一步一步地做: 了解对于系统改造的要求→了解原设备电气的工作原理→计算输入、输出点数, 了解输入/输出的特点→选择 PLC→了解 PLC 的使用→画出原理图→选择元器件→绘制其他电气图纸→编制梯形图→编辑梯形图→电气装配→通电调试。下面将逐步介绍用 PLC 改造继电器控制系统的过程。

### 一、了解对于系统改造的要求

在对继电器控制系统进行 PLC 改造前首先要了解需要改造什么设备, 有什么要求, 要达到什么样的目标。

在这里我们已经知道了要对 T68 型卧式镗床的继电器控制系统进行 PLC 改造。

要求是(假设): 用 PLC 替换原继电器控制电路; 尽可能使用原继电器控制电路中可用的元器件; 在满足控制要求的情况下尽可能采用便宜的 PLC; 要预留一些输入、输出点以备添加功能时用。

目标是(假设): 保持原机床功能不变; 运行可靠; 使用和维护方便。

### 二、了解原设备电气的工作原理

在了解设备的电气工作原理之前先要了解设备的结构和运动形式。

T68 型卧式镗床主要由床身、前立柱、镗头架、工作台、后立柱和尾架等组成。如图 3-1 所示。

床身的一端固定有前立柱, 在前立柱的垂直导轨上装有镗头架, 镗头架可沿导轨上下移动。镗头架里集中的装有主轴部分、变速箱、进给箱和操纵机构等部件。切削刀具固定在镗轴前端的锥形孔里或装在花盘上的刀具溜板上。在工作过程中, 镗轴一面旋转, 一面沿轴向作进给运

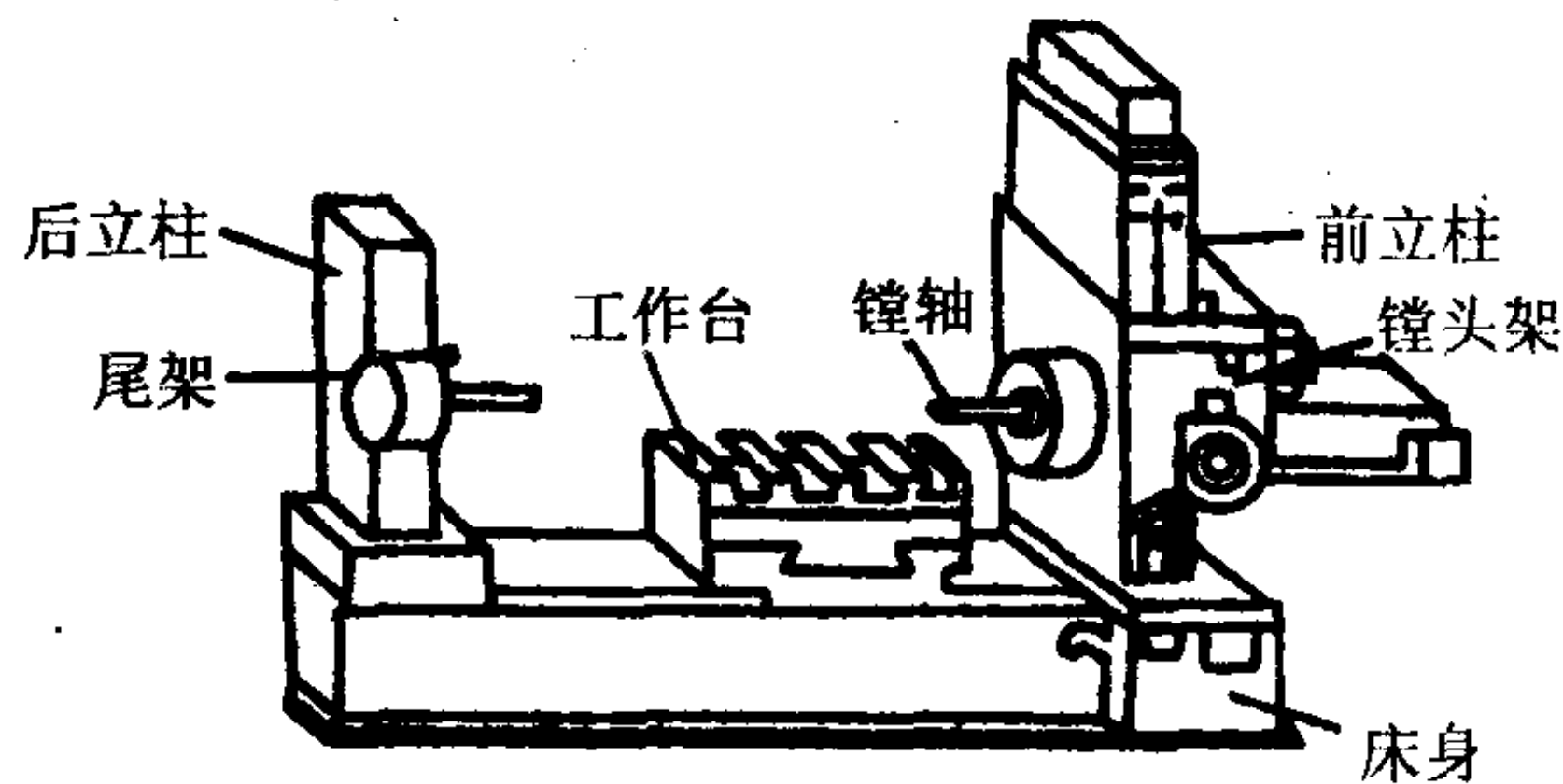


图 3-1 T68 卧式镗床

动。而花盘只能旋转,装在其上的刀具溜板则可作垂直于主轴轴线方向的径向进给运动。镗轴和花盘主轴可独立转动。

后立柱的尾架与镗头架同时升降。后立柱可延床身导轨在镗轴的轴线方向调整位置。

用于安装工件的工作台安置在床身中的导轨上,它由下溜板、上溜板、可转动的工作台组成。工作台可在平行于和垂直于镗轴轴线方向移动。

T68型卧式镗床的运动方式有:

主运动:镗轴的旋转运动和花盘的旋转运动。

进给运动:镗轴的轴向运动、花盘刀具溜板的径向进给、镗头架的垂直进给、工作台的横向进给和纵向进给。

辅助运动:工作台的旋转,后立柱的水平移动和尾架的垂直运动。

在了解了设备的大体结构和运动形式之后,接着就要仔细了解原设备的电气工作原理和工作过程了。

图3-2为T68型卧式镗床继电器控制电路原理图。它分为主电路和控制电路。其工作原理如下。

### (一) 主电路

T68型卧式镗床主电路由两台三相异步电动机驱动,即主拖动电动机 $M_1$ 和快速移动电动机 $M_2$ 。熔断器 $FU_1$ 作为电路总的短路保护, $FU_2$ 作为快速移动电动机和控制电路的短路保护。 $M_1$ 设置热继电器 $FR$ 作为过载保护,因 $M_2$ 为短时工作,所以不设置热继电器。 $M_1$ 用接触器 $KM_1$ 和 $KM_2$ 控制正反转,接触器 $KM_3$ 、 $KM_4$ 和 $KM_5$ 用于 $\Delta$ — $YY$ 变速切换。 $M_2$ 用接触器 $KM_6$ 和 $KM_7$ 控制正反转。

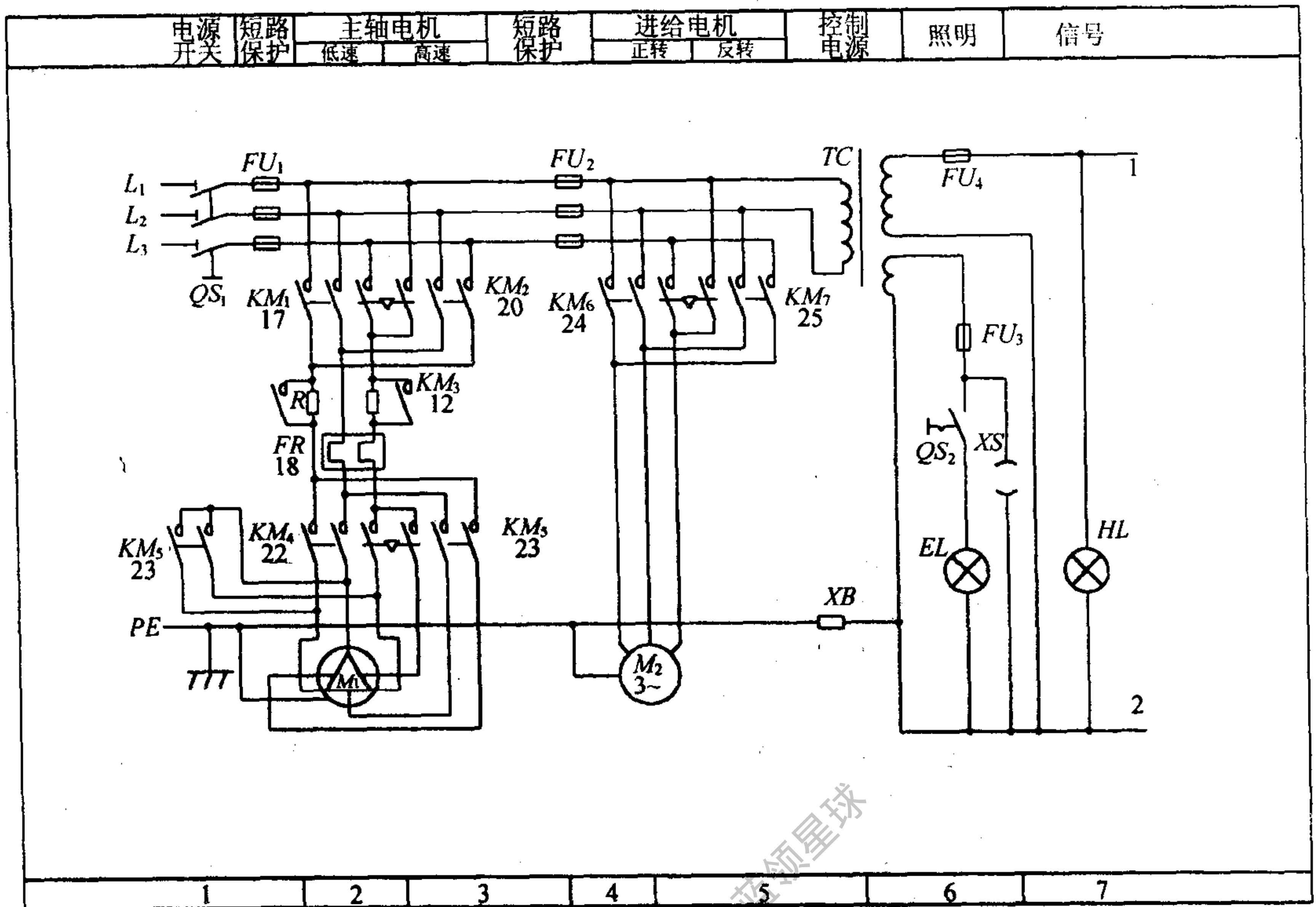
### (二) 控制电路

#### 1. 主轴电机 $M_1$ 的控制

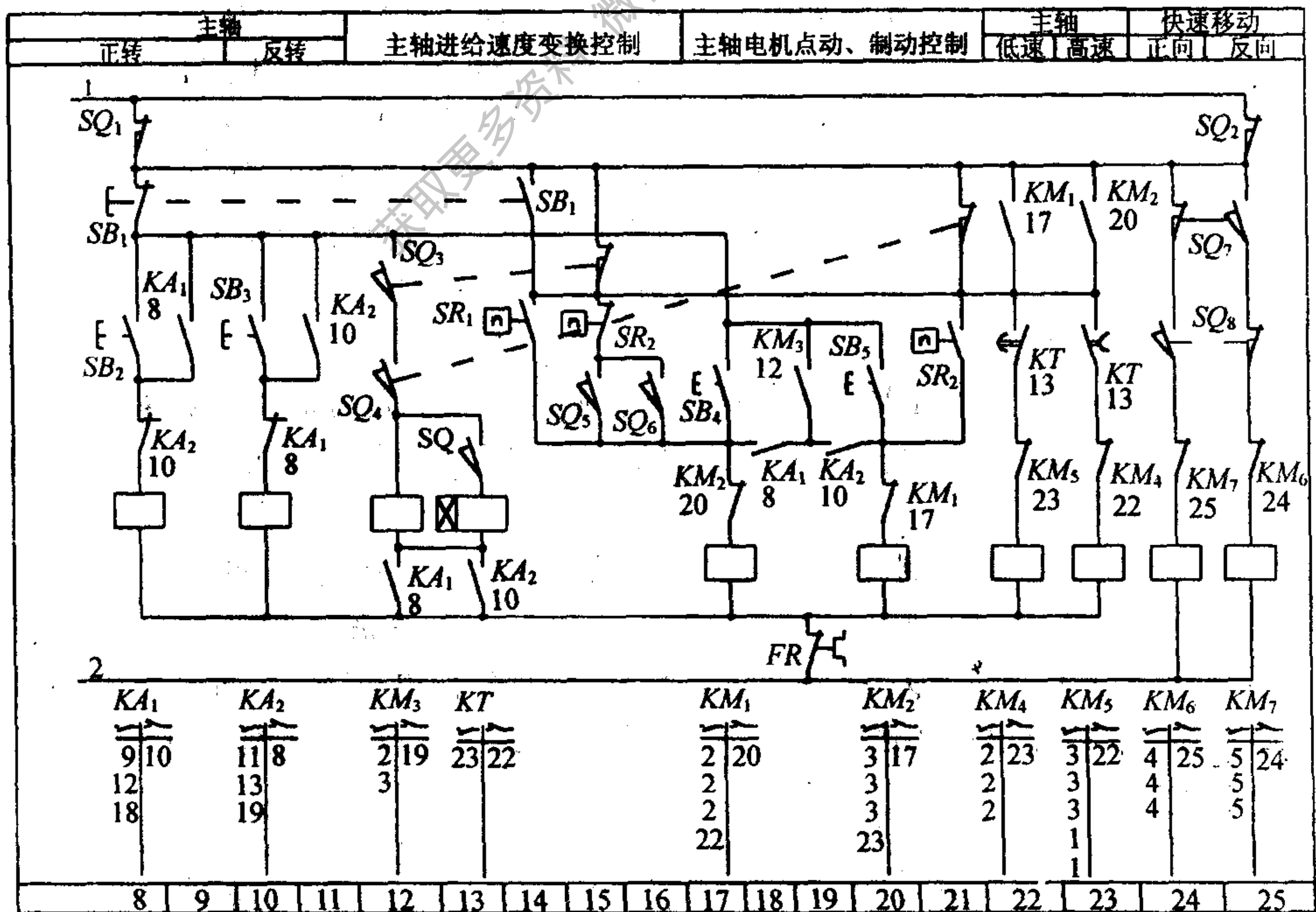
(1)主轴电机正反转控制 按下正转启动按钮 $SB_2$ ,中间继电器 $KA_1$ 线圈得电吸合, $KA_1$ 常开触点(12区)闭合,接触器 $KM_3$ 线圈得电(此时位置开关 $SQ_3$ 和 $SQ_4$ 已被操纵手柄压合), $KM_3$ 主触头闭合,将制动电阻 $R$ 短接,而 $KM_3$ 常开辅助触头(19区)闭合,接触器 $KM_1$ 线圈得电吸合, $KM_1$ 主触头闭合,接通电源。 $KM_1$ 的常开触头(22区)闭合, $KM_4$ 线圈得电吸合, $KM_4$ 主触头闭合,电机 $M_1$ 接成三角形正向启动,空载转速1500 r/min。反转时只要按下反转启动按钮 $SB_3$ ,动作原理同正转,不同的是中间继电器 $KA_2$ 和接触器 $KM_2$ 得电吸合。

(2)主轴电机 $M_1$ 的点动控制 按下正向点动按钮 $SB_4$ ,接触器 $KM_1$ 线圈得电吸合, $KM_1$ 常开触头(22区)闭合,接触器 $KM_4$ 线圈得电吸合。 $KM_1$ 和 $KM_4$ 的主触头闭合使电机 $M_1$ 接成三角形并串电阻 $R$ 点动。同理,按下反向点动按钮 $SB_5$ ,接触器 $KM_2$ 和 $KM_4$ 线圈得电吸合使电机 $M_1$ 反向点动。

(3)主轴电机 $M_1$ 的停车制动 假设电机 $M_1$ 正转,当速度到达120r/min以上时,速度继电器 $SR_2$ 常开触点闭合,为停车制动作好准备。要使 $M_1$ 停车,就按 $SB_1$ ,使中间继电器 $KA_1$ 和接触器 $KM_3$ 断电释放, $KM_3$ 常开触头(19区)断开, $KM_1$ 线圈断电释放, $KM_4$ 线圈也断电释放, $KM_1$ 和 $KM_4$ 主触头断开,电机 $M_1$ 断电作惯性运转。紧接着接触器 $KM_2$ 和 $KM_4$ 线圈得电吸合,



(a)



(b)

图 3-2 T68 型卧式镗床电气原理图

$KM_2$  和  $KM_4$  主触头闭合,电机  $M_1$  串电阻  $R$  反接制动。当转速降到  $120\text{r}/\text{min}$  以下时,速度继电器  $SR_2$  常开触点(21区)断开,接触器  $KM_2$  和  $KM_4$  断电释放,停车反接制动结束。如果电机  $M_1$  反转,当速度到达  $120\text{r}/\text{min}$  以上时,速度继电器  $SR_1$  常开触点闭合,为停车制动作好准备。其后的动作过程与正转制动时相似。

(4) 主轴电机  $M_1$  高、低速控制 要选择电机  $M_1$  在低速( $\Delta$ 接法)运行,可通过变速手柄使变速行程开关  $SQ$ (13区)处于断开位置,相应的时间继电器  $KT$  线圈断电,接触器  $KM_5$  线圈也断电,电机  $M_1$  只能由接触器  $KM_4$  接成 $\Delta$ 连接。如果要电机  $M_1$  在高速运转,应首先通过变速手柄使限位开关  $SQ$  压合,然后按正转启动按钮  $SB_2$ (或反转启动按钮  $SB_3$ ), $KA_1$  线圈(反转时应为  $KA_2$  线圈)得电吸合,时间继电器  $KT$  和接触器  $KM_3$  线圈同时得电吸合。由于  $KT$  两副触头延时作用,使  $KM_4$  线圈先得电吸合,电机  $M_1$  接成 $\Delta$ 低速启动,以后  $KT$  的常闭触头(22区)延时断开, $KM_4$  线圈断电释放, $KT$  的常开触头(23区)延时闭合, $KM_5$  线圈得电吸合,电机  $M_1$  成  $YY$  连接,以高速(空载时  $3\ 000\text{r}/\text{min}$ )运行。

(5) 主轴变速和进给变速控制 本机床主轴的各种速度是通过变速操纵盘以改变传动链的传动比来实现的。当主轴在工作过程中要变速时,可不必按停止按钮而直接进行变速。假如  $M_1$  原来运行在正转状态,速度继电器  $SR_2$ (21区)早已闭合。将主轴变速操纵盘的操作手柄拉出,与变速手柄有机械联系的行程开关  $SQ_3$  不再受压而断开, $KM_3$  和  $KM_4$  线圈先后断电释放,电机  $M_1$  断电,由于行程开关  $SQ_3$  常闭触点(15区)闭合, $KM_2$  和  $KM_4$  线圈得电吸合,电机  $M_1$  串接电阻  $R$  反接制动。待速度继电器  $SQ_2$ (21区)常开触头断开, $M_1$  停车,就可转动变速操纵盘进行变速。变速后,将变速手柄推回原位, $SQ_3$  重新压合,接触器  $KM_3$ 、 $KM_1$  和  $KM_4$  线圈得电吸合,电机  $M_1$  启动,主轴以新选定的速度运转。

变速时,如果由于齿轮卡住手柄推不上时,此时变速冲动行程开关  $SQ_6$  被压合,速度继电器的常闭触点  $SR_2$ (15区)已恢复闭合,接触器  $KM_1$  线圈得电吸合,电机  $M_1$  启动。当速度高于  $120\text{r}/\text{min}$  时, $SR_2$  常闭触头(15区)又断开, $KM_1$  线圈断电释放,电机  $M_1$  又断电;当速度降到  $120\text{r}/\text{min}$  时, $SR_2$  常闭触头又闭合了,从而又接通低速旋转电路而重复上述过程。主电机间歇地启动和制动并低速旋转以便齿轮啮合,直至齿轮啮合好。手柄推上后压下行程开关  $SQ_3$ ,松开  $SQ_6$ ,将冲动电路切断。同时,由于  $SQ_3$  的常开触头(13区)闭合,主轴电机启动旋转,并获得所选定的转速。

进给变速的操作和控制与主轴变速的操作和控制相同。不同的是进给变速时,拉出的操作手柄是进给变速操纵盘的手柄,与进给变速手柄有机械联系的行程开关是  $SQ_4$ ,进给变速冲动的行程开关是  $SQ_5$ 。

(6) 快速移动电机  $M_2$  的控制 主轴的轴向进给、主轴箱(包括尾架)的垂直进给、工作台的纵向和横向进给等的快速移动,是由电机  $M_2$  通过齿轮、齿条等来完成的。快速手柄扳到正向快速位置时,压和行程开关  $SQ_8$ ,接触器  $KM_7$  线圈得电吸合,电机  $M_2$  正向启动,实现快速正向移动。将快速手柄扳到反向快速位置,行程开关  $SQ_7$  被压合, $KM_6$  线圈得电吸合,电机  $M_2$  反向快速移动。

(7) 联锁保护装置 为了防止在工作台或主轴箱自动快速进给时又将主轴进给手柄扳到自动快速进给的误操作,就采用了与工作台和主轴箱进给手柄有机械连接的行程开关  $SQ_1$ 。当上述手柄扳在工作台或主轴箱自动快速进给的位置时, $SQ_1$  被压断开。同样,在主轴箱上还装有另一个行程开关  $SQ_2$ ,它与主轴进给手柄有机械连接,当这个手柄动作时, $SQ_2$  也受压分

断。电机  $M_1$  和  $M_2$  必须在行程开关  $SQ_1$  和  $SQ_2$  中有一个处于闭合状态时,才能启动。如果工作台或主轴箱在自动进给(此时  $SQ_1$  断开)时,再将主轴进给手柄扳到自动进给位置( $SQ_2$  也断开),电机  $M_1$  和  $M_2$  便都自动停车,从而达到联锁保护的目。

到此,我们对 T68 型卧式镗床的工作原理就有了比较清楚的了解,接下来要做的就是看一看要改造这样一个系统要选择一个什么样的 PLC。

### 三、计算输入/输出点

首先我们来看一看要选多少点的 PLC 才能满足我们的需要。T68 卧式镗床电气元件明细表见表 3-1 所示。

表 3-1 T68 卧式镗床电气元件明细表

符号	元件名称	型号	规格	件数	用途
$M_1$	电动机	JDO <sub>2</sub> -51-2/4	7.5kW,2 900/1 440r/min	1	驱动主轴
$M_2$	电动机	JO <sub>2</sub> -31-4	2.2kW,1 430r/min	1	驱动快速移动
$KM_1$	接触器	CJO-40	110V	1	主轴正转
$KM_2$	接触器	CJO-40	110V	1	主轴反转
$KM_3$	接触器	CJO-40	110V	1	短路限流电阻
$KM_4$	接触器	CJO-40	110V	1	主轴低速
$KM_5$	接触器	CJO-40	110V	1	主轴高速
$KM_6$	接触器	CJO-20	110V	1	$M_2$ 正转
$KM_7$	接触器	CJO-20	110V	1	$M_2$ 反转
$KA_1$	中间继电器	JZ7-44	110V	1	接通主轴正转
$KA_2$	中间继电器	JZ7-44	110V	1	接通主轴正转
$KT$	时间继电器	JS7-2A	110V	1	高速延时启动
$SR_1$	速度继电器	JY1	380V 2A	1	反向速度控制
$SR_2$	速度继电器	JY1	380V 2A	1	正向速度控制
$QS_1$	开关	HZ2-25/3		1	电源总开关
$SB_1$	按钮	LA2	红色	1	主轴停止
$SB_2$	按钮	LA2	黑色	1	主轴正转启动
$SB_3$	按钮	LA2	绿色	1	主轴反转启动
$SB_4$	按钮	LA2	黑色	1	主轴正转点动
$SB_5$	按钮	LA2	绿色	1	主轴反转点动
$SQ$	行程开关	LX5-11	开启式	1	接通主电机高速档
$SQ_1$	行程开关	LX1-11J	防溅式	1	主轴自动进刀与工作台
$SQ_2$	行程开关	LX3-11K	开启式	1	自动进给间的互锁
$SQ_3$	行程开关	LX1-11K	开启式	1	主轴变速
$SQ_4$	行程开关	LX1-11K	开启式	1	进给变速
$SQ_5$	行程开关	LX1-11K	开启式	1	进给变速冲动

续表

符 号	元件名称	型 号	规 格	件 数	用 途
$SQ_6$	行程开关	LX1-11K	开启式	1	主轴变速冲动
$SQ_7$	行程开关	LX1-11K	开启式	1	$M_2$ 反转限位
$SQ_8$	行程开关	LX1-11K	开启式	1	$M_2$ 正转限位
$TC$	控制变压器	BK-300	380/110-24V	1	控制照明电源
$FR$	热继电器	JR0-40	16~25A	1	$M_1$ 过载保护
$FU_1$	熔断器	RL1-60	熔体 40A	1	电源总保险
$FU_2$	熔断器	RL1-15	熔体 15A	1	$M_2$ 保险
$FU_3$	熔断器	RL1-15	熔体 2A	1	照明保险
$FU_4$	熔断器	RL1-15	熔体 2A	1	控制电路保险
$R$	电阻	ZB1-0.9	0.9 $\Omega$	1	$M_1$ 反接制动

在以上的明细表中我们可以看到与控制电路有关的元件中,有按钮、行程开关、接触器这些用于信号输入和信号输出的元件,它们就是我们要计算的输入/输出点。我们将它们列于表 3-2 中。

表 3-2 输入和输出点的统计

符 号	元件名称	数 量	点的性质
$KM_1$	接触器	1	输出点
$KM_2$	接触器	1	输出点
$KM_3$	接触器	1	输出点
$KM_4$	接触器	1	输出点
$KM_5$	接触器	1	输出点
$KM_6$	接触器	1	输出点
$KM_7$	接触器	1	输出点
$SR_1$	速度继电器	1	输入点
$SR_2$	速度继电器	1	输入点
$SB_1$	按钮	1	输入点
$SB_2$	按钮	1	输入点
$SB_3$	按钮	1	输入点
$SB_4$	按钮	1	输入点
$SB_5$	按钮	1	输入点
$SQ$	行程开关	1	输入点
$SQ_1$	行程开关	1	输入点
$SQ_2$	行程开关	1	输入点
$SQ_3$	行程开关	1	输入点
$SQ_4$	行程开关	1	输入点
$SQ_5$	行程开关	1	输入点
$SQ_6$	行程开关	1	输入点
$SQ_7$	行程开关	1	输入点
$SQ_8$	行程开关	1	输入点
$FR$	热继电器	1	输入点

通过统计输入点需要 17 点,输出点需要 7 点。



提示:在 PLC 控制系统中,一个输入装置(比如  $SB_1$ )一般只用其一个状态点就可以了,而且按钮常用常开点,急停和停止按钮常用常闭点;行程开关则要根据其工作特点来选用使用常开触点好还是用常闭触点好。

## 四、选择 PLC

通过我们对继电器控制电路的分析,在控制电路中要用到辅助继电器和延时继电器;输入点需要 17 点;输出点需要 7 点,且输出点的电压应可接 110V,功率大于 33W 的负载即可(因为继电器控制电路中最大的接触器是 CJO—40,其线圈功率为 33W);控制不是很复杂,只要输入点和输出点能满足要求,可编程的步数和内部继电器的数量没问题。

再考虑到既要可靠又要便宜的要求,我们选用日本 OMRON 公司生产的 C40P—CDR—AE 型 PLC。它有 24 个输入点;16 个输出点;工作电压 100 到 240VAC,50/60Hz;输出继电器 250V 时可达 2A。

## 五、了解 PLC 使用

对于 PLC 使用的了解,包括 PLC 的各种参数、功能,安装、连接方法,使用注意事项,操作方法,编程方法,编程器的使用。关于这些我们在前面的章节中已经有所介绍,在这里就不重复了。在实际使用中我们要仔细阅读有关 PLC 的操作手册、安装指导。

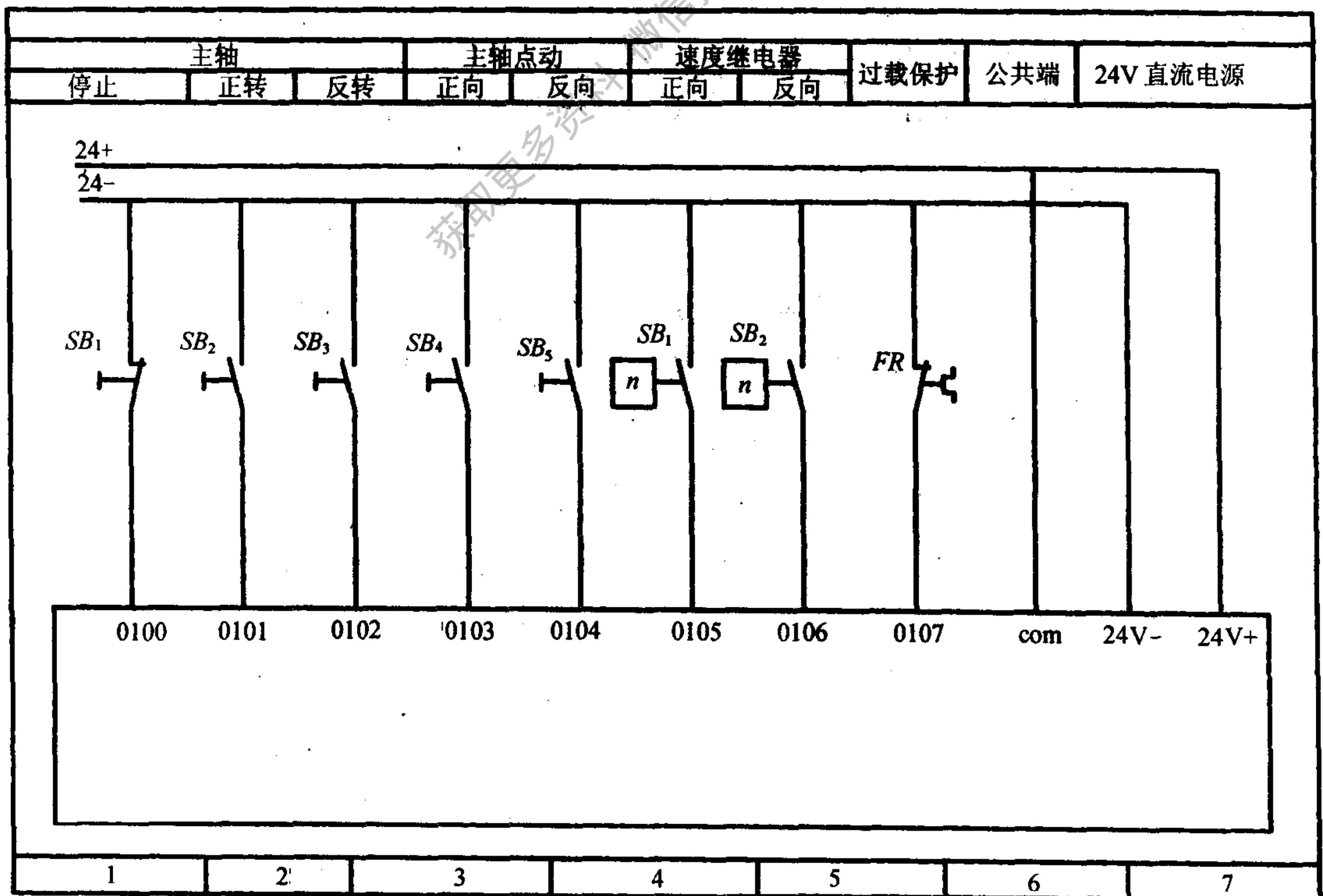
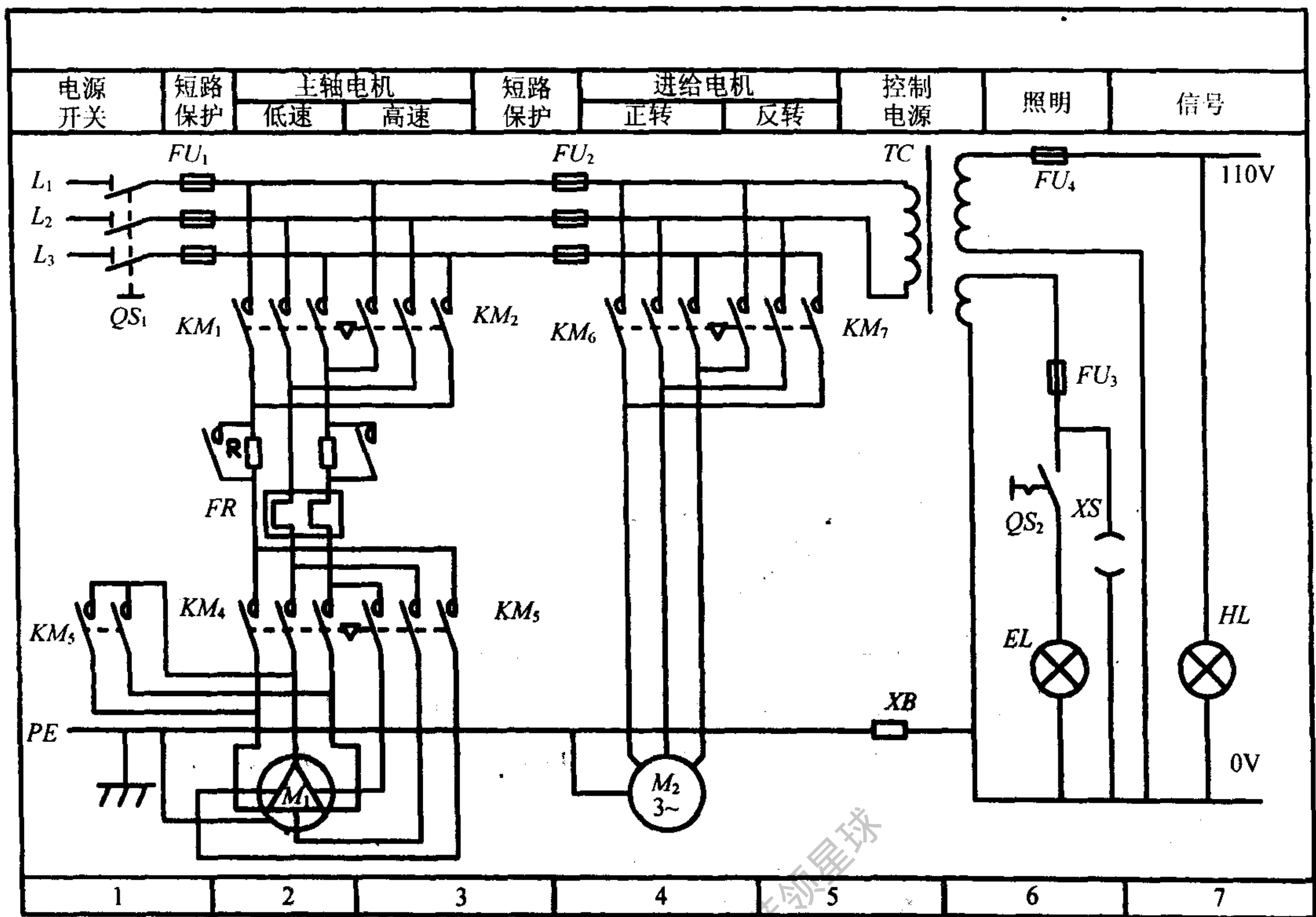
## 六、画出原理图

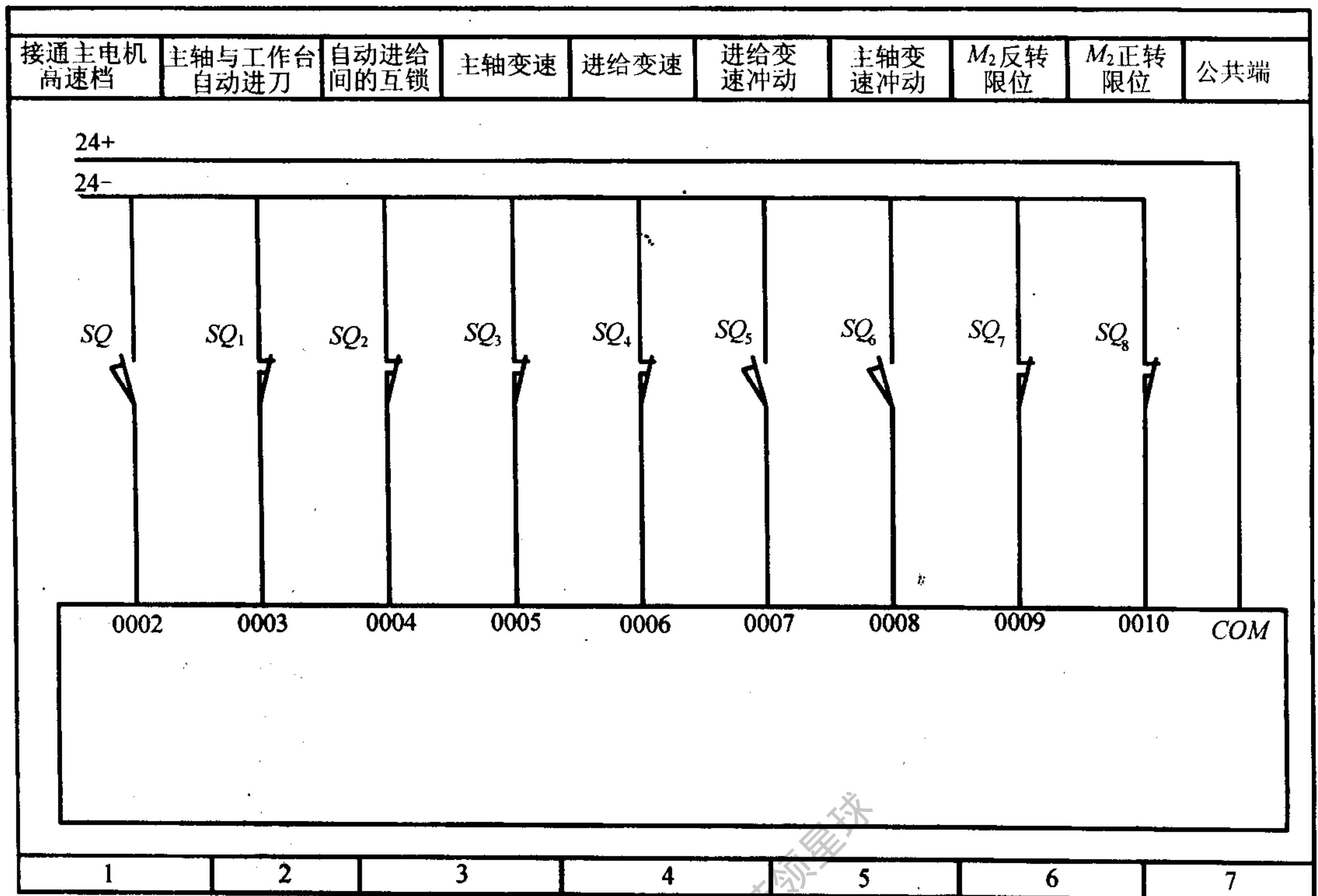
在我们对 T68 型卧式镗床继电器控制系统和所选用的 PLC 了解了以后,根据系统改造的要求画出 T68 型卧式镗床 PLC 控制系统电气原理图(见图 3-3)。

## 七、选择元器件

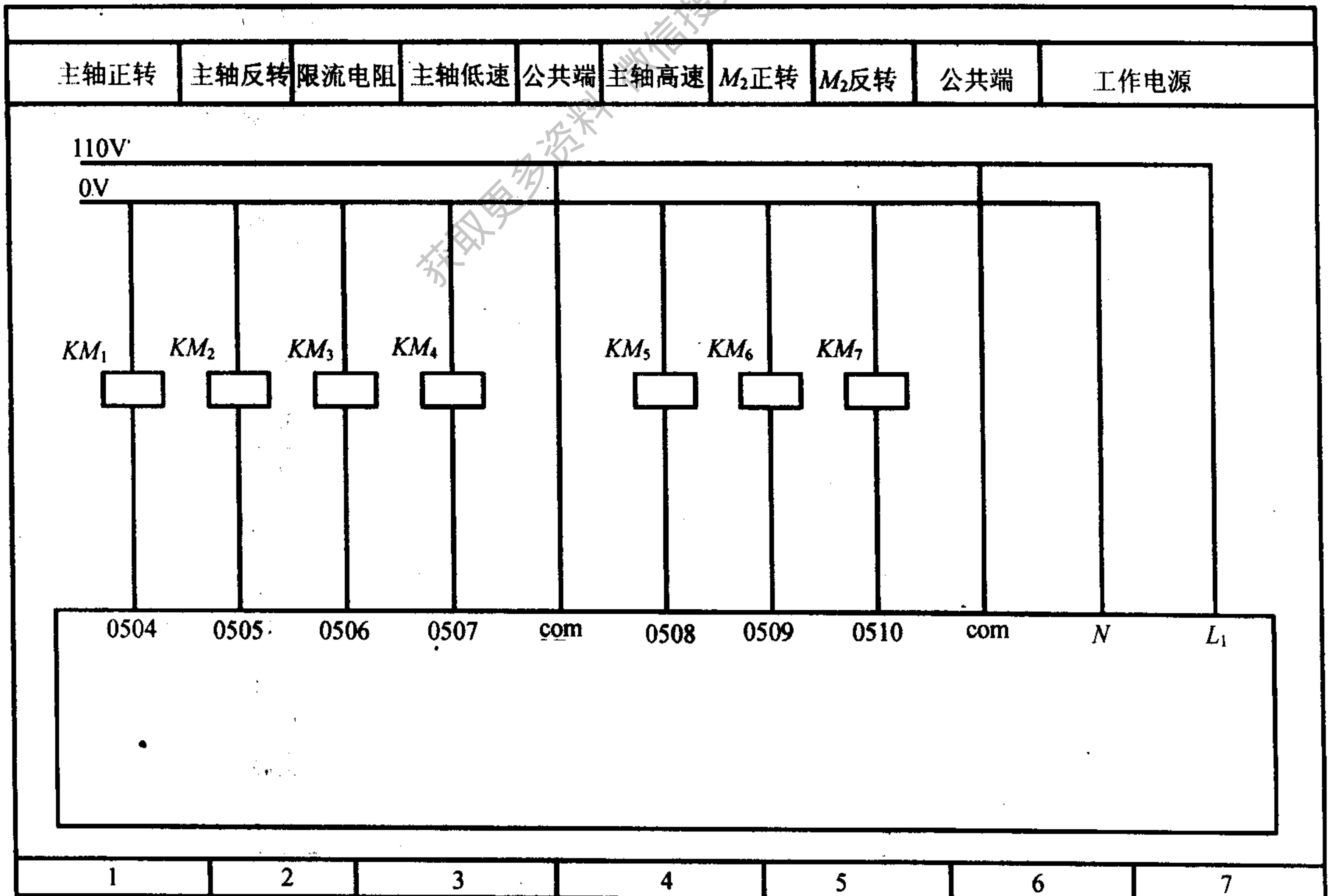
根据系统改造的要求,结合控制系统电气原理图,我们给出 T68 型卧式镗床 PLC 控制系统电气元件明细表(见表 3-3)。







(c)



(d)

图 3-3 T68 型卧式镗床 PLC 控制系统电气原理图

用可编程序控制器改造继电器控制系统, 编制逻辑运算程序, 绘出电路图 | 147

表 3-3 T68 型卧式镗床 PLC 控制系统电气元件明细表

符 号	元 件 名 称	型 号	规 格	件 数	用 途
PLC	PLC	C40P	24 输入、16 输出	1	系统控制
$M_1$	电动机	JDO <sub>2</sub> -51-2/4	7.5kW, 2 900/1 440r/min	1	驱动主轴
$M_2$	电动机	JO <sub>2</sub> -31-4	2.2kW, 1 430r/min	1	驱动快速移动
$KM_1$	接触器	CJO-40	110V	1	主轴正转
$KM_2$	接触器	CJO-40	110V	1	主轴反转
$KM_3$	接触器	CJO-40	110V	1	短路限流电阻
$KM_4$	接触器	CJO-40	110V	1	主轴低速
$KM_5$	接触器	CJO-40	110V	1	主轴高速
$KM_6$	接触器	CJO-20	110V	1	$M_2$ 正转
$KM_7$	接触器	CJO-20	110V	1	$M_2$ 反转
$SR_1$	速度继电器	JY1	380V 2A	1	反向速度控制
$SR_2$	速度继电器	JY1	380V 2A	1	正向速度控制
$QS_1$	开关	HZ2-25/3		1	电源总开关
$SB_1$	按钮	LA2	红色	1	主轴停止
$SB_2$	按钮	LA2	黑色	1	主轴正转启动
$SB_3$	按钮	LA2	绿色	1	主轴反转启动
$SB_4$	按钮	LA2	黑色	1	主轴正转点动
$SB_5$	按钮	LA2	绿色	1	主轴反转点动
$SQ$	行程开关	LX5-11	开启式	1	接通主电机高速档
$SQ_1$	行程开关	LX1-11J	防溅式	1	主轴自动进刀与工作台
$SQ_2$	行程开关	LX3-11K	开启式	1	自动进给间的互锁
$SQ_3$	行程开关	LX1-11K	开启式	1	主轴变速
$SQ_4$	行程开关	LX1-11K	开启式	1	进给变速
$SQ_5$	行程开关	LX1-11K	开启式	1	进给变速冲动
$SQ_6$	行程开关	LX1-11K	开启式	1	主轴变速冲动
$SQ_7$	行程开关	LX1-11K	开启式	1	$M_2$ 反转限位
$SQ_8$	行程开关	LX1-11K	开启式	1	$M_2$ 正转限位
TC	控制变压器	BK-300	380/110-24V	1	控制照明电源
FR	热继电器	JR0-40	16~25A	1	$M_1$ 过载保护
$FU_1$	熔断器	RL1-60	熔体 40A	1	电源总保险
$FU_2$	熔断器	RL1-15	熔体 15A	1	$M_2$ 保险
$FU_3$	熔断器	RL1-15	熔体 2A	1	照明保险
$FU_4$	熔断器	RL1-15	熔体 2A	1	控制电路保险
R	电阻	ZB1-0.9	0.9 $\Omega$	1	$M_1$ 反接制动

## 八、绘制其他电气图纸

作为一个改造项目来说除了电气原理图以外,还要有配电盘装配图、配电盘接线图、电柜安装图、电柜接线图、系统连接图,由于我们只是对继电器控制系统进行 PLC 改造,操作面板等只要重接一下线就可以了,不用重画操纵面板。

## 九、编制梯形图

根据继电器控制系统工作原理,结合 PLC 编程特点我们编出 PLC 控制程序如图 3-4。各点地址、功能、器件符号对应关系见表 3-4。

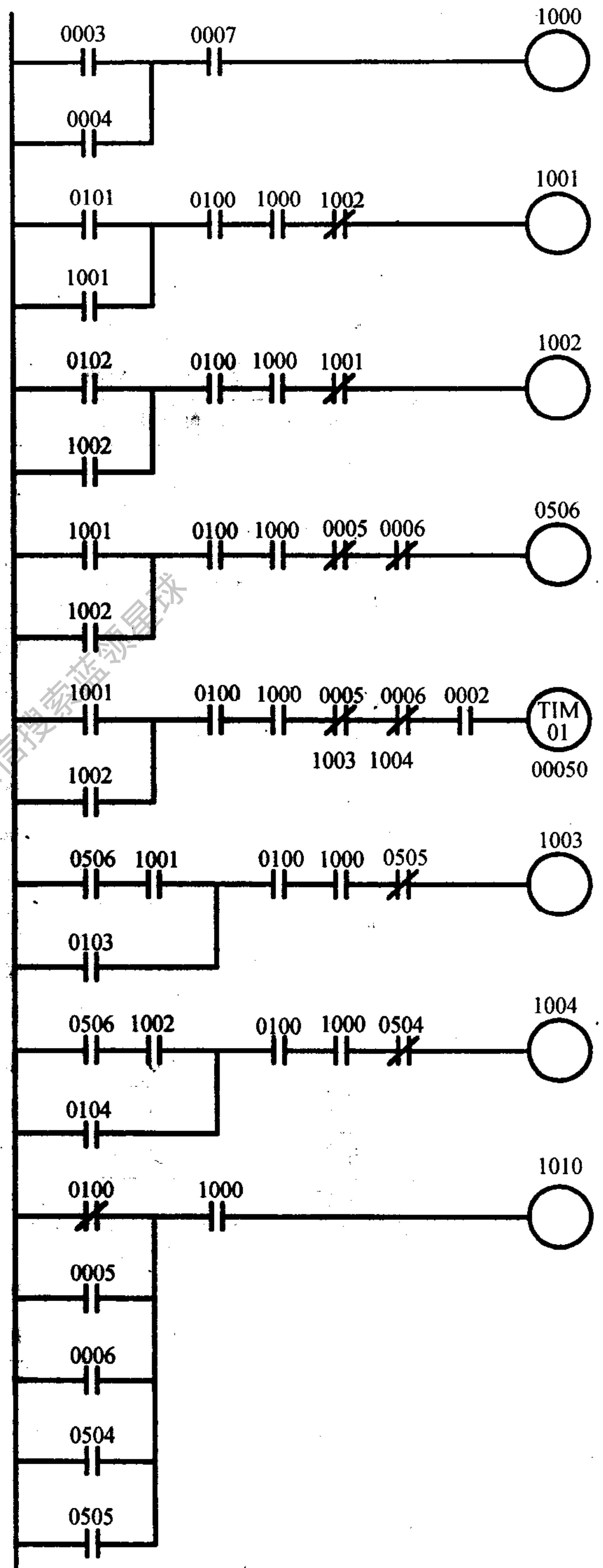
表 3-4 各点地址、功能、器件符号对应关系

符 号	元件名称	触点状态	规 格	地 址	用 途
$KM_1$	接触器		110V	0504	主轴正转
$KM_2$	接触器		110V	0505	主轴反转
$KM_3$	接触器		110V	0506	短路限流电阻
$KM_4$	接触器		110V	0507	主轴低速
$KM_5$	接触器		110V	0508	主轴高速
$KM_6$	接触器		110V	0509	$M_2$ 正转
$KM_7$	接触器		110V	0510	$M_2$ 反转
$SR_1$	速度继电器	NO	380V, 2A	0105	反向速度控制
$SR_2$	速度继电器	NO	380V, 2A	0106	正向速度控制
$SB_1$	按钮	NC	红色	0100	主轴停止
$SB_2$	按钮	NO	黑色	0101	主轴正转启动
$SB_3$	按钮	NO	绿色	0102	主轴反转启动
$SB_4$	按钮	NO	黑色	0103	主轴正转点动
$SB_5$	按钮	NO	绿色	0104	主轴反转点动
$SQ$	行程开关	NO	开启式	0002	接通主电机高速档
$SQ_1$	行程开关	NC	防溅式	0003	主轴自动进刀与工作台
$SQ_2$	行程开关	NC	开启式	0004	自动进给间的互锁
$SQ_3$	行程开关	NC	开启式	0005	主轴变速
$SQ_4$	行程开关	NC	开启式	0006	进给变速
$SQ_5$	行程开关	NO	开启式	0007	进给变速冲动
$SQ_6$	行程开关	NO	开启式	0008	主轴变速冲动
$SQ_7$	行程开关	NC	开启式	0009	$M_2$ 反转限位
$SQ_8$	行程开关	NC	开启式	0010	$M_2$ 正转限位
$FR$	热继电器	NC	16 ~ 25A	0107	$M_1$ 过载保护

注: NO 为常开触点; NC 为常闭触点

语句表：梯形图：

LD	0003
OR	0004
AND	0107
OUT	1000
LD	0101
OR	1001
AND	0100
AND	1000
AND-NOT	1002
OUT	1001
LD	0102
OR	1002
AND	0100
AND	1000
AND-NOT	1001
OUT	1002
LD	1001
OR	1002
AND	0100
AND	1000
AND-NOT	0005
AND-NOT	0006
OUT	0506
LD	1001
OR	1002
AND	0100
AND	1000
AND-NOT	0005
AND-NOT	0006
AND-NOT	0002
TIM	01
	# 0050
LD	1001
AND	0506
OR	0103
AND	0100
AND	1000
AND-NOT	0505



OUT 1003  
 LD 1002  
 AND 0506  
 OR 0104  
 AND 0100  
 AND 1000  
 AND-NOT 0504  
 OUT 1004  
 LD-NOT 0100  
 OR 0005  
 OR 0006  
 OR 0504  
 OR 0505  
 AND 1000  
 OUT 1010  
 LD 0007  
 OR 0008  
 AND-NOT 0106  
 OR 0105  
 AND-NOT 0505  
 AND 1010  
 OUT 1005  
 LD 0106  
 AND-NOT 0504  
 AND 1010  
 OUT 1006  
 LD 1003  
 OR 1005  
 OUT 0504  
 LD 1004  
 OR 1006  
 OUT 0505  
 LD-NOT T01  
 AND-NOT 0508  
 AND 1010  
 OUT 0507  
 LD T01  
 AND-NOT 0507  
 AND 1010

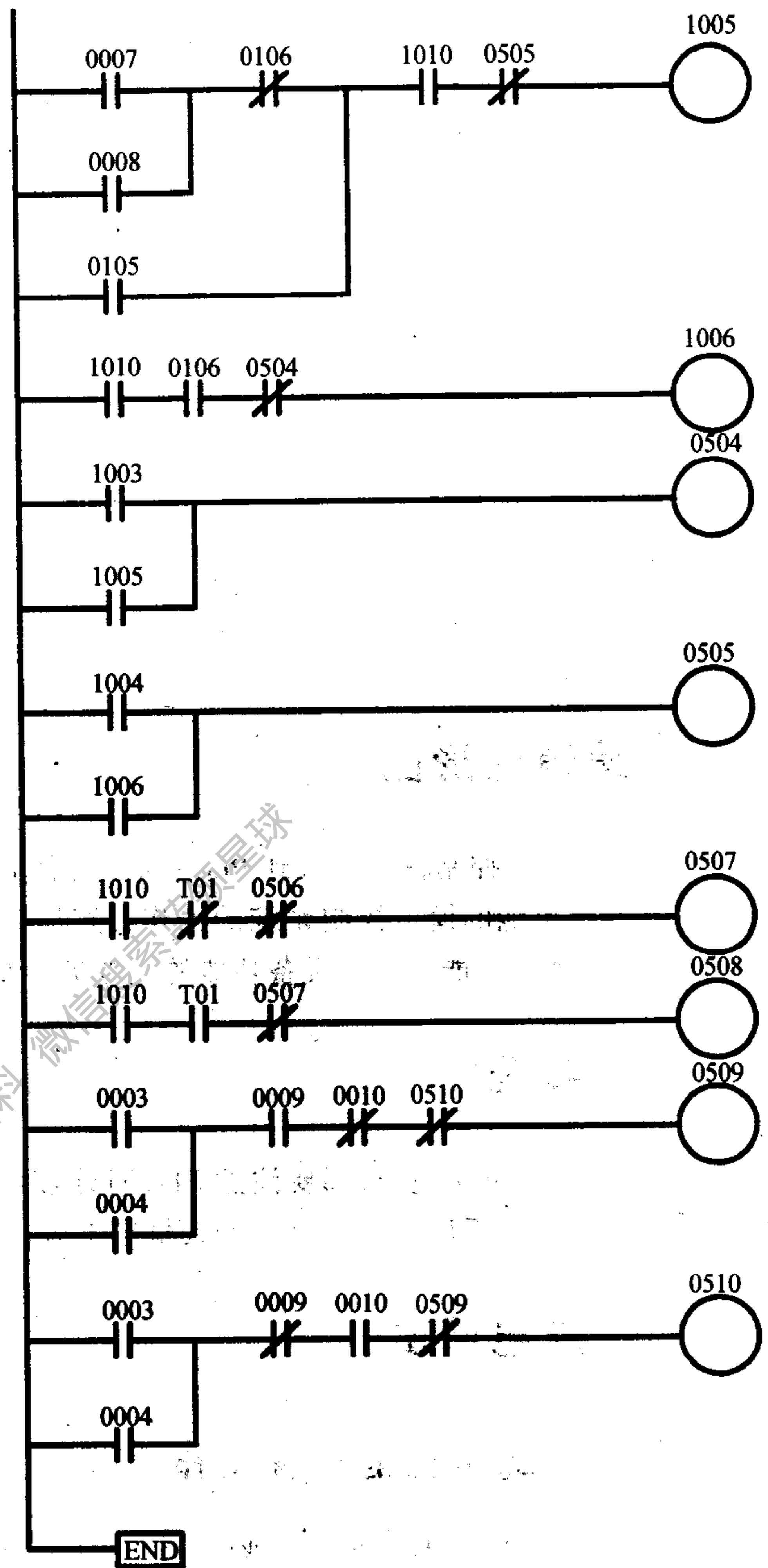


图 3-4 PLC 控制程序

```

OUT      0508
LD        0003
OR        0004
AND       0009
AND-NOT  0010
AND-NOT  0510
OUT      0509
LD        0003
OR        0004
AND-NOT  0009
AND       0010
AND-NOT  0509
OUT      0510
END
    
```

## 十、编辑梯形图

将编好的 PLC 控制程序输入到 PLC 中,最好能在输入端接一些按钮或行程开关等,启动 PLC 工作,并尽可能的模拟控制系统的工作,通过输出端指示灯的状态来判断程序运行的情况。对于不合理或不能达到原设备功能的地方进行修改,使其符合要求。

## 十一、装配

装配无论是由谁来完成,都要注意 PLC 对连接和安装的要求,这些在前面的章节中也有所介绍,详细要求要看所使用的 PLC 安装指导手册,并按手册中的具体要求去做。

## 十二、通电调试

### (一) 设备通电前的检查工作

设备通电前的检查是十分必要的,一定要认真去做,否则的话就有可能造成短路、PLC 系统损坏、设备损坏等事故。造成不应有的损失。一定要注意在作通电前的检查时机床不要连接给机床供电的电线。

#### 1. 电气系统外观检查

检查电气系统的连接线有没有未连接的,有没有接错的,有没有松动的。在作外观检查时最好看一看机床的工作台是否放在中间的位置,如果不是,最好将其用机械方法移动到比较靠中间的位置,这样做的目的是防止系统通电后由于某种原因使机床移动造成机床或电机等受损。

#### 2. 测量关键点

用万用表测量机床动力线之间有无短路;测量动力线与地之间有无短路;测量直流稳压电源输出与地之间有无短路;测量直流稳压电源输出正负极之间有无短路。

### 3. 重要部位的确认

作为电气调试人员,除了要对电气系统做检查外,与电气调试有关的地方也要注意确认一下。比如了解一下润滑油是否已经加注完毕。看看现场所提供的电源电压、相数、频率和电源波动范围是否符合设备供电要求。

## (二) 设备通电调试

在完成通电前的准备工作后,便可接上设备的工作电源,开始通电调试(试车)了。

### 1. 确认输入电源

合上为机床供电的电源开关,用万用表测量机床总电源开关进线端的电压,看一看电压是否正常,有无缺相或三相电压特别不平衡的现象。如果一切正常,便可合上机床的总电源开关,并用万用表测量电源能供到的各支路终端的电压是否正常,有无缺相。

### 2. 调试 PLC

在输入 PLC 程序之前,先检查一下所有输入和输出是否接对了,检查输入是否都有效。然后按照操作说明中的方法将 PLC 程序输入,先调试与操作面板等输入有关的程序部分,然后一路一路的调试输出电路,使其正常工作。



## 4

# 按图样要求安装带有 80 点以下开关量输入、输出的可编程序控制器的设备

在这一章中我们以用 PLC 控制的 T68 型卧式镗床为例介绍一下如何安装带有开关量输入、输出的可编程序控制器的设备。

在上一章中我们已经了解了用 PLC 控制的 T68 型卧式镗床的电气原理图及 PLC 程序。在这个前提下如果要实际安装这台机床的电气设备我们要做些什么工作呢？在电气设备的安装过程中，要考虑的问题有很多，但主要要考虑的有电器元件、连接线的选择，它们的布局、安装，在此过程中要注意的事项等。下面就这些方面具体说一下。

## 一、电气元器件及连接线的选择

一个完整的电气设计从确定方案开始到完成全部图纸设计每一个环节之间都是有联系的，尤其是原理图的设计，除了要考虑能完成所要求的功能外，还要考虑元器件的选择、连接线的选择、负荷的大小、功率的计算、整体的布局和抗干扰等等。因此当原理图完成后，实际上许多相关的元器件和连接线等的选择也已经完成了。作为安装人员来说，一般不用再去选择它们了。但如果我们知道了它的选择方法后，可以在实际中验证原来选择的是否正确，并且在找不到同型号的元器件及连接线的情况下或同型号的元器件及连接线损坏后，可以找到代用件这也是非常好的。

### 1. 电气元器件的选择

在 T68 型卧式镗床中所用的电器元件有电动机、PLC、接触器、速度继电器、开关、按钮、行程开关、热继电器、熔断器、制动电阻和控制变压器等。在这些电器元件中，电动机是由机械设计人员根据机械负荷的大小、被加工的负载的大小以及要求的转速范围等来确定的，电气人员一般不负责它们的选择，但必要时可协助机械设计人员来确定电机的型号和功率等。下面讲一讲其他元器件的选择方法。

(1) PLC 的选择 首先要看 PLC 的输入和输出点的数量是否能满足实际的需要，在实际选用中考虑到设计的改变和点的调整等因素，一般都要留有一定的备用点(10%左右就可以)。然后根据实际需要使用的功能，选择能满足功能要求的 PLC。根据输入和输出负载的情况选择输入或输出的形式。比如说输出负载中有交流负载(交流电磁阀等)和直流负载(直流电磁阀等)，那么用有继电器输出的 PLC 就比较好；如果输出负载中只有直流负载(直流电磁阀等)，那么用有晶体管输出的 PLC 或用可控硅输出的 PLC 也行；另外还要考虑到负载的大小，动作要求的速度等等。PLC 的工作电源电压、输入/输出点的分组、公共端的连接方法和直流电源的连接方法，容量等也是选择 PLC 时要考虑的因素。表 4-1 给出了 T68 型卧式镗床对

PLC的要求和日本 ORMON 公司的 C40P-CDR-AE 型 PLC 的部分参数。通过对比可以看出, C40P-CDR-AE 型 PLC 是可以满足要求的。

表 4-1

参 数	输入点	输出点	电源电压	功 能
对 PLC 的要求	17	7	110VAC	辅助继电器、延时继电器
C40P 型 PLC	24	16	100 ~ 240VAC	辅助继电器 136 个、延时继电器 48 个

(2)接触器的选择 接触器的选择主要要考虑负载电流或功率的大小,工作性质(断续工作或连续工作)、线圈的工作电压、电源的性质(交流或直流)和触点的数量。表 4-2 给出了 T68 型卧式镗床对接触器的要求和所选的接触器的部分参数。通过对比可以看出,所选的接触器是可以满足要求的。

表 4-2

参 数	功 率	线圈电压	触头对数	工作性质
$M_1$ 电机对接触器的要求	7.5kW	110VAC	3 相	连续
CJO-40	20kW	110VAC	3 对主触头	$\leq 600$ (次/h)
$M_2$ 电机对接触器的要求	2.2kW	110VAC	3 相	断续
CJO-20	10kW	110VAC	3 对主触头	$\leq 600$ (次/h)

(3)速度继电器的选择 速度继电器的选择主要要考虑额定转速、负载电流的大小、工作性质(断续工作或连续工作)和触点的数量。表 4-3 给出了 T68 速度继电器是可以满足要求的。

表 4-3

参 数	额定工作转速	触头对数	工作性质
对速度继电器的要求	$\leq 2\ 900$ r/min	1	连续
JY1	100 ~ 3 600r/min	1	< 30

(4)熔断器的选择 熔断器的选择根据负载的不同,负载工作方式的不同和熔体特性的不同等有不同选择方法。对于负载电流比较平稳,没有冲击电流的电路的短路保护一般只要选用额定电流等于或稍大于负载工作电流就可以。对于单台不频繁启动且负载较轻的电动机的电路保护一般选熔体的额定电流为电动机的额定电流的 2.5 倍。

(5)其他元器件的选择 对于电源开关的选择主要考虑整个电气负载的功率和电源相数;按钮和行程开关的选择在 PLC 控制电路中其工作电压和电流基本不用考虑,主要原因是 PLC 所需要的电流是毫安级的,电压一般也只有直流 24V,常需要考虑的是它们的外形、安装形式、防护要求、颜色等;热继电器的选择一般按负载电流整定就可以了。

## 2. 连接线的选择

连接线的选择主要从四个方面来选择

(1)颜色 根据不同的线路选择不同的电线颜色。黑色线用于交流和直流动力电路;红色线用于交流控制电路,蓝色线用于直流控制电路,黄/绿线用于接地线。

(2)电流 不同线径的电线根据它们所用的线心和线径以及环境的不同,正常使用时的载流量是不一样的,一般选电线载流量大于负载电流再加上一定的余量就可以。

(3)电压 根据工作电压的不同选择符合电压要求的电线。

(4)屏蔽 对于周围电磁干扰比较大的地方采用屏蔽电缆对一些设备来说是必要的。比如说,在信号线周围有动力电线而又躲不开,信号线用屏蔽电缆是比较合适的。

## 二、电气元器件的布局

### 1. 整体布局

在选定了元器件和连接线后,先要考虑机床电器的整体布局。像电动机、行程开关、速度继电器这些与机械联系比较紧密的电气件,它的安装位置都是由机械设计考虑好了的,我们只要知道它装在那里就可以了,需要注意的是看一看是否便于接线和维护。对于操作元件和配电盘的安装在机床整体结构设计时也已经考虑好了,我们要做的是考虑一下操作器件如何布局才能既符合电气安装要求又便于操作。配电盘的安装要便于维修和操作。

### 2. 部分布局

在对整体电气布局有了一个大概的轮廓后就要针对具体的电器元件进行实际布局的工作了。具体到 T68 型卧式镗床,要作具体布局的有操纵面板和配电盘。在操纵面板上,有主轴正转( $SB_2$ )、主轴反转( $SB_3$ )、主轴停止( $SB_1$ )、主轴正向点动( $SB_4$ )、主轴反向点动( $SB_5$ )和指示灯。其布局示意如图 4-1 所示。

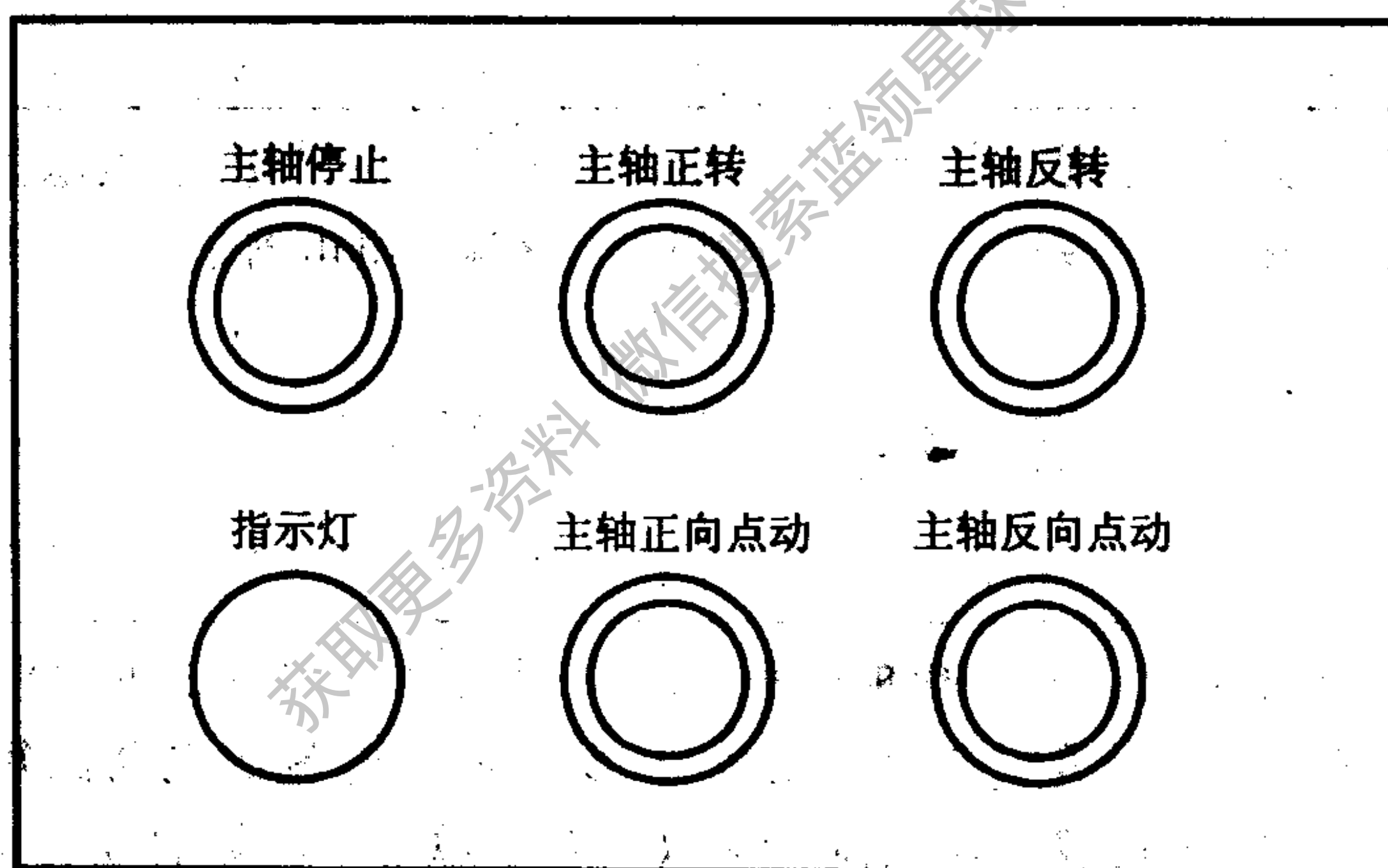


图 4-1 操作面板布置示意图

配电盘的布局要考虑到走线按从上到下,从左到右的原则来做;相同类型的元器件要尽可能的放在一起;对发热量大的元件,如电动机的起动、制动电阻等要远离其他元件;走线槽要考虑到足够的布线量,一般情况下要留有 30% 的空余量。特别要注意 PLC 的布局 and 走线,在 PLC 与其他电器之间要有至少 200mm 的间隙。当周围的动力电缆最大电流和最大电压是 10A, 400V 或 20A, 220A 时,它与 PLC 的电源电缆和 I/O 电缆相距不小于 300mm。另外 PLC 的电源电缆和 I/O 电缆要尽可能的短。配电盘布置示意图见图 4-2。配电盘接线图见图 4-3。

### 3. 系统连接

在完成了部件布局图后,根据原来整体布局的构思画出整体布局图,图中除了要画出各部件的位置外,还要画出各部分的实际安装方法和固定件的规格、数量和形式等。然后画出系统连接图,标清连接线的规格、长度、连接件的规格和数量等。对于电源开关最好安装在电柜内

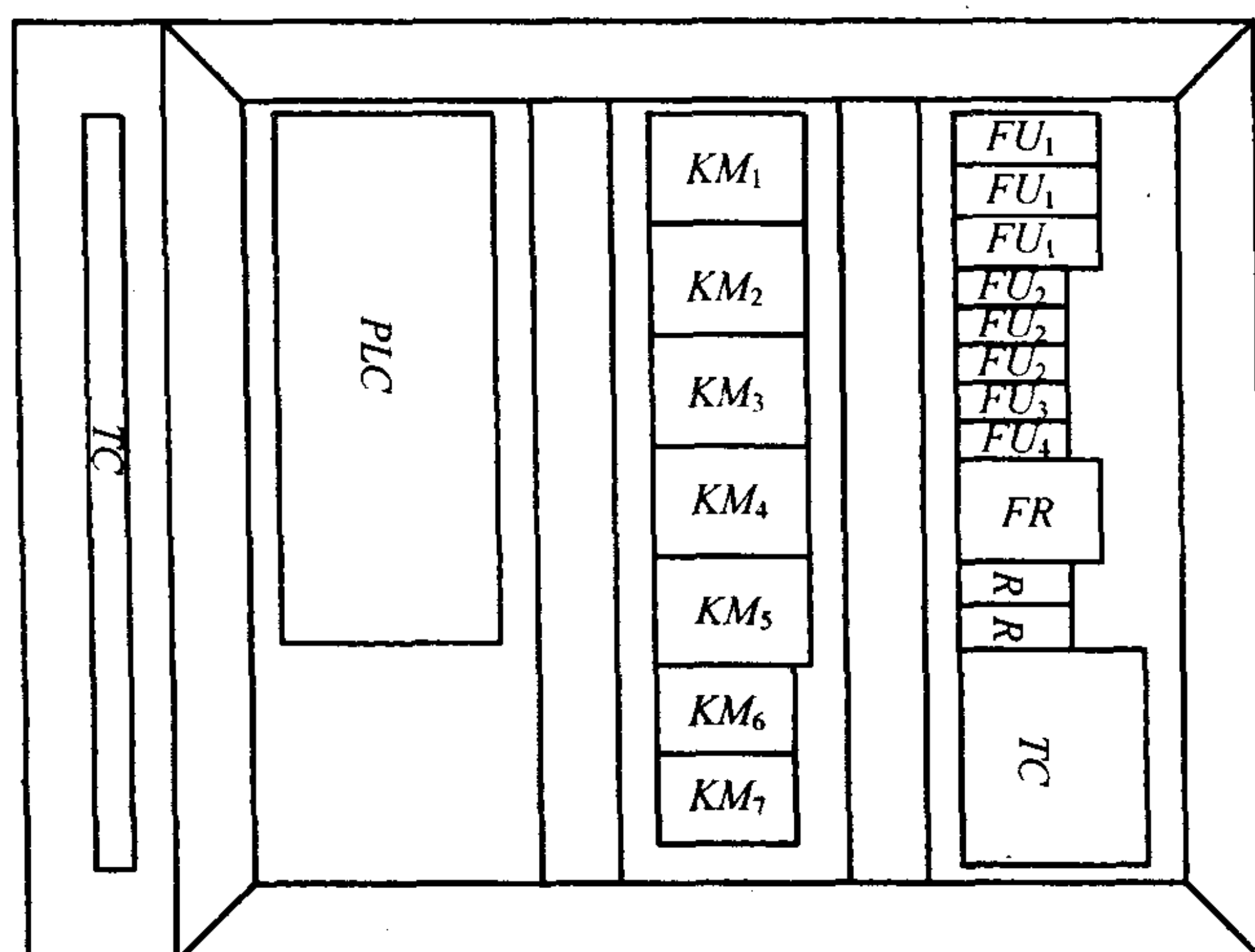


图 4-2 配电盘布置示意图

右上方,其操作手柄应装在控制箱前面或侧面。电源开关的上面最好不要安装其他电器,否则,要把电源开关用绝缘材料盖住,以防电击。T68 型卧式镗床电气连接示意图见图 4-4 所示。

### 三、电气元器件的安装

#### 1. 局部安装

根据元件明细表配齐电气元件,并对外观进行检查看是否有残或明显有问题,看商标、型号、工作电压性质等是否符合要求。然后按照操作面板和配电盘的安装图安装电气元件。要注意元器件的安装要牢固,接线要注意线的颜色、线径,接线要牢固,线在两个接点间不得有中直接头。元器件安装完后,要在醒目处贴上各元件相应的文字符号。

#### 2. 系统安装

系统电器之间的连接除要注意接线的颜色、线径、两接点之间不得有中直接头外,接完线后要用捆扎带将它们捆扎整齐。系统连接线要用有保护作用的金属软管或电缆线来连接。

### 四、注意事项

#### 1. 安全性

电气安装过程要注意元件、电线之间在电压和电流方面的一致性,保护器件选择的合适性,使系统即能正常工作又能在出故障时起到保护作用。布局、元器件的选择和接线要按国家电气安装标准的要求来做,保证操作、安装、维修人员和设备的安全。电气系统的接地线要接成树枝形而不要接成能形成环路的形式。控制箱中的裸露、无电弧的带电零件与控制箱导体壁板间的间隙对于 250V 以下的电压,间隙应不小于 15mm;对于 250 ~ 500V 的电压,间隙应不小于 25mm。

#### 2. 牢固性

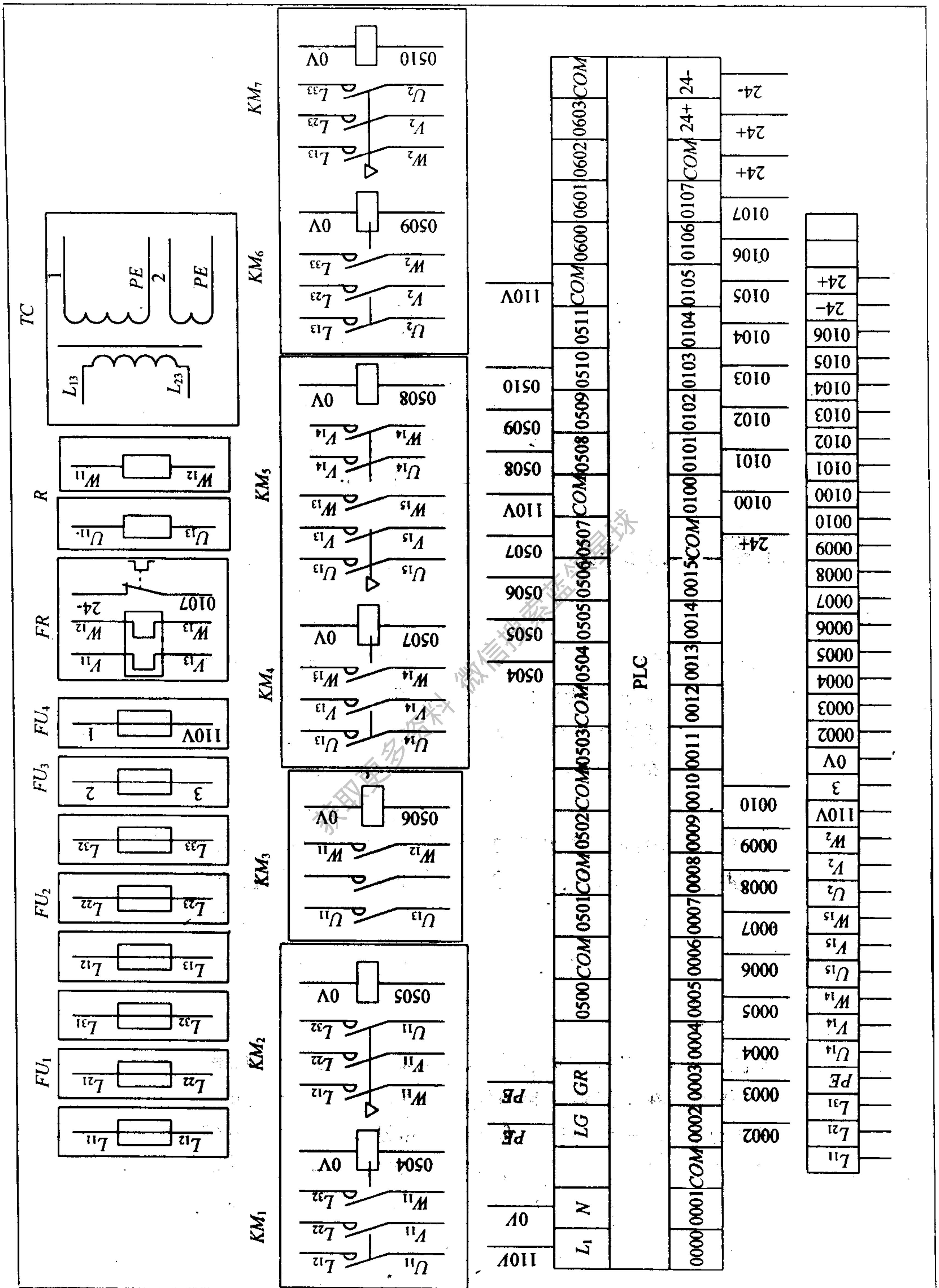


图 4-3 配电盘接线图

电气件的安装、导线的连接、部件的安装(比如配电盘)要牢固,这是机床能可靠工作的一个很重要的原因。

### 3. 维修的方便性

为了便于维修、调整和保养,位于电器箱内的电器元件,要位于离地 0.4~2m 之间。电器的安装要便于拆卸、更换和检测。走线要整齐,元器件和导线要有永久和清晰的标志。所有接线端子,必须位于离地至少 0.2m 处,以便于装拆导线。

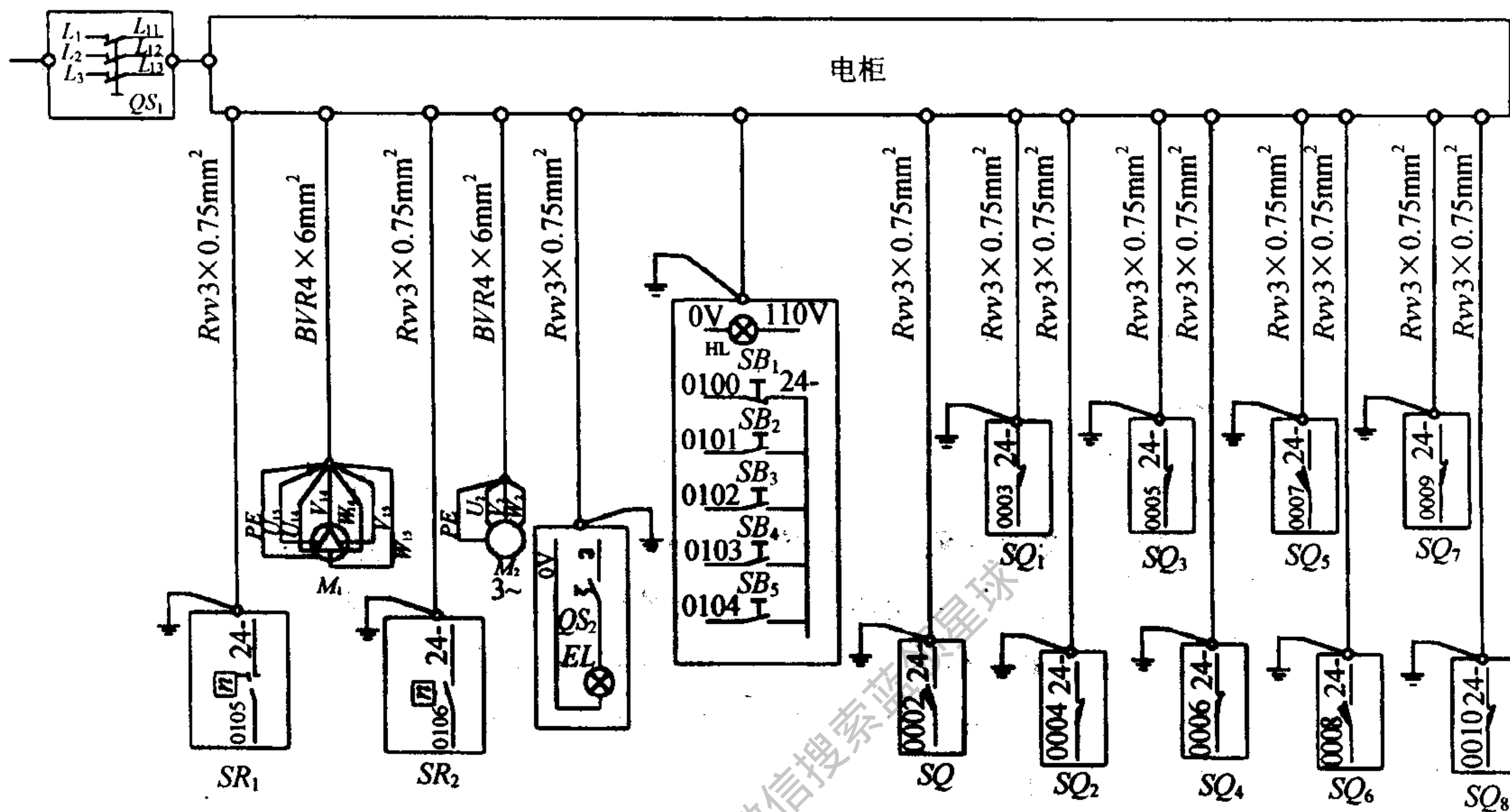


图 4-4 电气连接示意图

## 5

## 中高频电源控制设备的故障检修

## 一、中频电源控制设备的故障检修

## (一) 检修方法

中频电源(电路原理可参看理论知识6图6-4,图6-5)正常工作时,有时会出现逆变失败、电路短路、过电流保护动作的故障现象。大量实践证明,这些现象多数并不是设备故障,而是工人操作不当,或是金属感应炉参数突变所致。例如,炉前工向炉内一次投入太多的冷金属熔炼时,引起过电流,造成过电流保护动作。因此,当设备因过电流动作而停机时,不要急于断定为设备故障,可重新试启动设备。如果设备再次启动失败,就应考虑设备故障的原因了。一般情况下,维修电工可按下列程序检查设备故障:

- (1)检查电网电压是否正常。
- (2)检查仪表箱上稳压电源的各电压、电流表读数是否正常。
- (3)检查整流电压是否能正常调节。

如果以上三项均正常,则说明故障出在逆变电路。

- (4)用1 000Hz他激电源检查逆变触发电路,要注意逆变稳压电源的电流数值是否正常。
- (5)检查主电路是否有短路现象。
- (6)检查补偿电容有无击穿短路现象等。



提示:只要细心检查,按照控制装置的工作原理认真分析,就可以迅速查出故障所在,并予以排除的。

## (二) 常见故障的分析及排除

## 1. 无整流电压输出

根据电路的工作原理可知故障原因在控制电路中,由于整流晶闸管与触发电路共有六个,它们不可能同时损坏,所以故障往往出在一些共有的因素上。如:

- (1)没有整流触发电压。可用示波器逐一检查触发板上的波形。
- (2)没有整流触发电流。
- (3)触发脉冲不能移相。

(4)晶闸管被击穿,造成相间短路。可用万用表逐一测量晶闸管,找出损坏的并更换。

## 2. 整流电压不稳定

(1)空载时直流电压表指针发生不规则的摆动,故障原因可能是触发电路虚焊,使晶闸管时通时不通造成的,也可通过整流触发电路的电流表的指针是否也随着摆动来判断。

(2)空载时直流电压表指针不发生摆动,逆变器工作后才出现电压不稳定现象,往往是中频的干扰造成整流晶闸管误导通所致。

(3)滤波电抗器  $L_d$  碰线,使其电感值下降,对中频电源的隔离作用降低,中频电源电压侵入到整流电路也是电压不稳定的一个重要因素。

(4)整流器丢失触发脉冲造成缺相。

①整流触发器损坏。此故障可以从电流表有无电流指示来判断,或用示波器检查整流触发板上各级波形。

②脉冲变压器发生开路或短路现象。

③脉冲传输板上的二极管开路或短路。

④晶闸管门极有开路或短路,接线有松动现象等。



提示:无论是什么原因造成整流电压缺相或不稳定时,往往伴随有电抗器  $L_d$  发出振动和很大杂音的现象。据此可验证故障所在。

## 3. 整流电压调不高

(1)晶闸管开路或快速熔断器烧断。

(2)移相脉冲触发角调不到  $\alpha = 0^\circ$ 。可能是截流截压电路有元器件损坏或焊点不良所致。

(3)某一晶闸管触发电路故障或晶闸管性能变坏而不能触发导通,也会造成输出电压调不高。可检查触发电路板是否有正常的脉冲输出,此脉冲是否送到了晶闸管,晶闸管是否能导通判断故障所在。



提示:发生此故障时要立即停止运行,因为整流电压调不高的结果是使系统的输出功率降低,严重时会造成晶闸管损坏,所以切不可勉强继续工作。

## 4. 逆变电路无法启动

(1)逆变电路启动时,整流电压正常,电流表无反应

①启动电路没有动作。可检查继电器电路和启动电路的元器件。

②启动电容是否接入电路。可用万用表检查  $KM_3$  两对触头是否接触良好。整流二极管是否损坏。

③自动调频电路故障,无逆变触发脉冲输出。应检查自动调频信号的传输线有无断线、接触是否良好。

④用示波器观察是否有启动脉冲,逆变触发器是否良好。

(2)逆变电路启动时电流表有瞬间反应,随后电路发生过电流保护动作



①检查启动晶闸管是否良好,是否已击穿,造成主电路不完全短路。因为不完全短路点会随着振荡电压的增加,而变成完全短路,产生大电流,从而造成过电流保护动作。

②过电流保护整定值太低,重载起动电流太大,保护装置在启动电流的作用下出现保护动作,电路无法启动。

③逆变触发电路无脉冲输出。可导致一相晶闸管不导通,相当于功率因数很低的工作情况,启动电流很大,故产生过电流保护动作。

④逆变触发器受干扰。可在脉冲触发板的信号输入端并联接入电容,并考虑将自动调频信号馈线换为屏蔽线。



**提示:**为了增加系统抗干扰能力,在实用中可将并联接入的两个电容值适当增加。

(3)启动时发生过电流保护动作,出现硒堆放电现象

①感应电炉断路,水冷电缆因长期工作而断线。

②逆变主电路突然发生对地短路。停电后可用万用表检查。

## 二、高频电源控制设备的故障检修

由于高频电源设备是高电压大功率系统(电路原理可参看理论知识6),因而设备故障中有很一部分伴随有放电、音响、闪光等现象,只要我们多加注意,这些现象对于检查分析故障的原因都是有帮助的。另外,由于系统的电源电压很高,在检查与处理故障时,维修电工必须十分小心,以免发生人身触电和设备损坏的事故。

下面是几种常见故障的分析及判断:

### 1. 整流器输出电压波动大

(1)电网电压波动。主要原因是与其共用一个电网的其他大容量负载的启动、断电所造成。因此高频设备应尽可能不与大电机或大容量负载合用同一电源网络。

(2)整流管老化,内阻增大,振荡器一工作就造成直流电压大幅度下降。

(3)整流电路、可调部分等接触不好或环境温度偏低。



**提示:**这时可从闸流管的弧光是否有抖动,接触点是否有火花跳动来判断故障。

### 2. 整流输出电压低,达不到最大值

(1)整流二极管是否有断路故障。

(2)交流电源是否缺相。

(3)触发器是否有损坏。

(4)晶闸管是否有断路故障。

(5)电压负反馈太强,使输出电压太低。可能是反馈电阻的接头接触不良所致。



提示:判断这一类故障,只要从该电路的原理图出发,检查有关电压的大小和极性,就可判断出故障点来。

### 3. 设备不起振

(1) 振荡管不工作,振荡电路中无电流,更没有振荡电压。

- ① 检查振荡管灯丝是否断线。
- ② 灯丝电源是否断线。
- ③ 切除负栅偏压的继电器是否动作。
- ④ 阳极电源电路是否导通。

(2) 阳极电流很大,却没有栅极电流和振荡电压

- ① 振荡回路中是否有电容器被击穿。
- ② 栅极电路是否有断线。
- ③ 栅极是否耦合不够。
- ④  $KM_3$  是否吸合。

### 4. 感应圈对工件高频弧光放电

感应圈接地不良或接地线断路,使它对地处于高电位,而工件是接地的,于是在强度很高的高频电磁场作用下,感应圈对工件发生高频弧光放电,感应圈对地电位的升高,会对操作人员的安全构成危险,应及时排除这种故障。

### 5. 高压跳闸

(1) 控制电路中,空气断路器欠压或水压继电器动作。

(2) 整流电路中,变压器绕组对地短路或滤波电容击穿。

(3) 振荡电路中,最典型的是真空管击穿。而最隐蔽的故障有:

- ① 振荡管冷却水管太短或水质不好,使阳极对地电阻变小。
- ② 阳极回路有接地或低压线离高压扼流圈太近,或扼流圈短路。
- ③ 隔直电容器击穿。
- ④ 瓷瓶太脏,产生放电。



提示:高压短路造成的跳闸,一般都伴有强烈的闪光放电,元器件损坏也较严重,往往从外观上就能加以判断。

# 6

## 三相晶闸管控制装置的电气故障检修

三相晶闸管应用于电镀电源上,不仅能节约工业用电,对降低产品单耗有一定的作用,而且它的输出电压有脉动,对镀层表面有冲击作用,可以使工件表面的结晶紧密,不容易脱落,从而提高了电镀质量。另外,晶闸管电镀电源还具有噪音小、维护简单等优点,因此受到广泛应用。图 6-1 为 1 500A/7V 晶闸管电镀电源的电路原理图。

### 一、电路的组成

#### (一) 主电路

##### 1. 交流调压电路

交流调压电路采用的是三相四线制电源。整流变压器  $T_1$  的一次侧接成星形,每相可控硅反并联后,再与一次侧绕组串联进行交流调压,这样可选择小容量的可控硅,对低电压大电流的负载特别有利。

##### 2. 整流电路

$T_1$  的二次侧采用的是带平衡电抗器  $L$  的双反星形整流电路,共有 12 只硅整流元件,每两只并联,由于所选择的元件特性相近以及具有足够的电流容量储备,因此电路未采用均流措施。硅元件选择的散热器是阳极散热,因此采用共阳极电路,这样 12 只整流元件阳极等电位,就可以将它们固定在同一水箱的箱壁上采用水冷。分别与开关  $S_1 \sim S_3$  串联的三个指示灯可供操作人员检查三相晶闸管工作是否对称。当开关  $S_1 \sim S_3$  接通,三个指示灯亮度应该一样,若某相灯泡较暗或不亮即该相可控硅工作不正常。

#### (二) 控制电路

##### 1. 触发电路

采用同步电压为正弦波,具有阻容正反馈的晶体管触发电路。触发器的电源由控制变压器  $T_2$  的二次侧 14V 绕组电压经过三相桥式整流电容滤波后,再通过开关管  $V_4$  提供给触发电路,触发器通过  $V_4$  获得电源而输出触发脉冲。

##### 2. 给定电压电路

取自变压器  $T_2$  的二次侧 10V 绕组电压,通过三相桥式电路整流再由两只稳压管稳压后为触发电路输出正、负给定电压(2CW15 稳压电压为 7~8.5V,所以给定电压大约  $\pm 8V$ )。

##### 3. 过载保护电路

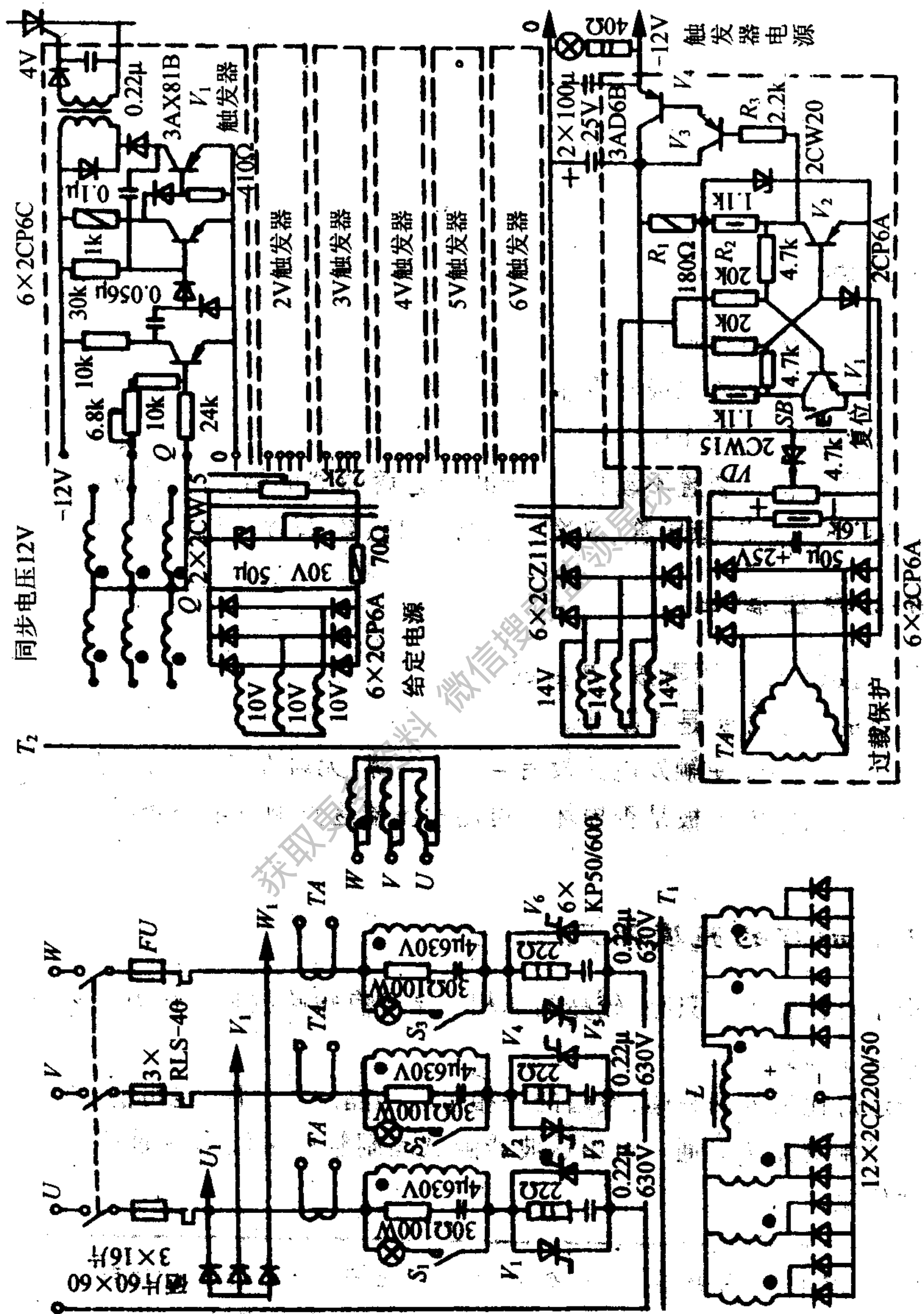


图 6-1 1500A/7V 晶闸管电镀电源的电路原理图

用  $V_1$ 、 $V_2$  组成双稳态电路,加上  $V_3$ 、 $V_4$  组成过载保护电路。正常工作时,按复位按钮  $SB$ , 相当于  $V_1$  导通,因此  $V_2$  截止,反过来促使  $V_1$  真正导通,这是一个稳态。此时  $V_3$ 、 $V_4$  通过  $R_1$ 、 $R_2$ 、 $R_3$  获得偏流而导通,为触发器提供触发电源,使触发器产生触发脉冲。当主电路发生过载时,在整流变压器  $T_1$  一次侧的三个电流互感器  $TA$  二次侧电压就会升高,经过三相桥式整流和电容滤波后,直流输出电压也随之升高,甚至超过稳压管的稳定电压而使之导通,这时输出一个负电压给  $V_2$  的基极,使  $V_2$  导通, $V_1$  就截止,双稳态电路翻转至另一稳态, $V_3$ 、 $V_4$  立即截止,切断触发器电源,触发器就停止输出触发脉冲而使晶闸管截止,主电路断电,从而达到过载保护的目。

## 二、常见的故障分析

### (一) 快速熔断器熔断

- (1) 主电路中是否有短路故障点。
- (2) 整流电路中是否有整流二极管发生击穿短路。
- (3) 过载保护电路是否没起作用。

主电路发生过载时,保护装置不动作,只烧断快速熔断器的熔体。可检查过载保护电路,用万用表从信号的输入、整流、稳压管、双稳态电路到  $V_3$ 、 $V_4$  管逐一地检查。

### (二) 无直流电压输出

- (1) 没有按复位按钮  $SB$ 。可再按  $SB$  重试。
- (2) 平衡电抗器的中心抽头是否断开。
- (3) 三极管  $V_4$  是否断开,使触发电路没有  $-12V$  电源,无触发脉冲输出,晶闸管不能导通。
- (4) 晶闸管触发电路的电源板是否损坏。可用示波器逐点测试电路板各点的波形,找出故障点并修复。

### (三) 三只指示灯的亮度不同

(1) 有一只指示灯比另外两只亮,较亮的那相晶闸管有短路故障。用万用表电阻档检查晶闸管,找出是哪只管子短路。

(2) 有一只指示灯比另外两只暗,较暗的一相可能是晶闸管开路,也可能是触发器有故障,无触发脉冲输出,晶闸管无法导通。可用示波器测试晶闸管两端波形或是检查触发电路的波形,找出故障点并修复。



**提示:**故障排除后,三个灯泡亮度应当一样,而且缓慢改变给定电压时,三个灯泡应同时连续地变亮或变暗。

# 7

## B2010A 龙门刨床电气线路的故障检修

龙门刨床是机械化、自动化程度很高的大型机床,电器控制线路相当复杂,特别是主拖动系统完全依靠电气自动控制来执行。它主要用来加工各种平面、斜面、槽,更适合于加工大型而狭长的机械零件,如机床床身、导轨、箱体、立柱、横梁等。目前使用较多的 A 系列龙门刨床包括 B2010A、B2012A、B2016A、B1010A、B1012A、B1016A。其中 B 字代表刨床,B 字后的 2 表示双臂刨床,1 表示单臂刨床,10、12、16 分别表示刨床宽为 1m、1.2m、1.6m。A 为系列编号。

### 一、龙门刨床的结构及运动形式

#### 1. 龙门刨床的结构

如图 7-1 为龙门刨床的结构示意图。刨床左右有两个立柱 6,上面托有可上下移动的横梁 5,在横梁上装有可以横向移动并垂直进给的左右两个垂直刀架 4,左右两个立柱上分别装有可以上下移动并可横向进给的左侧刀架和右侧刀架 3,工作台(刨台)1 放在底座导轨 2 上,可以往复运动,7 为龙门顶,8 为刨刀。

#### 2. 运动形式

龙门刨床在进行刨削加工时,主运动是工作台的连续往复运动;进给运动就是刀架的前进切削运动,包括垂直进给与水平进给运动;后退是不作切削的,只让工作台返回准备第二次切削;辅助运动为横梁的夹紧与放松、横梁的上下移动、刀架的快速移动以及抬刀等运动。

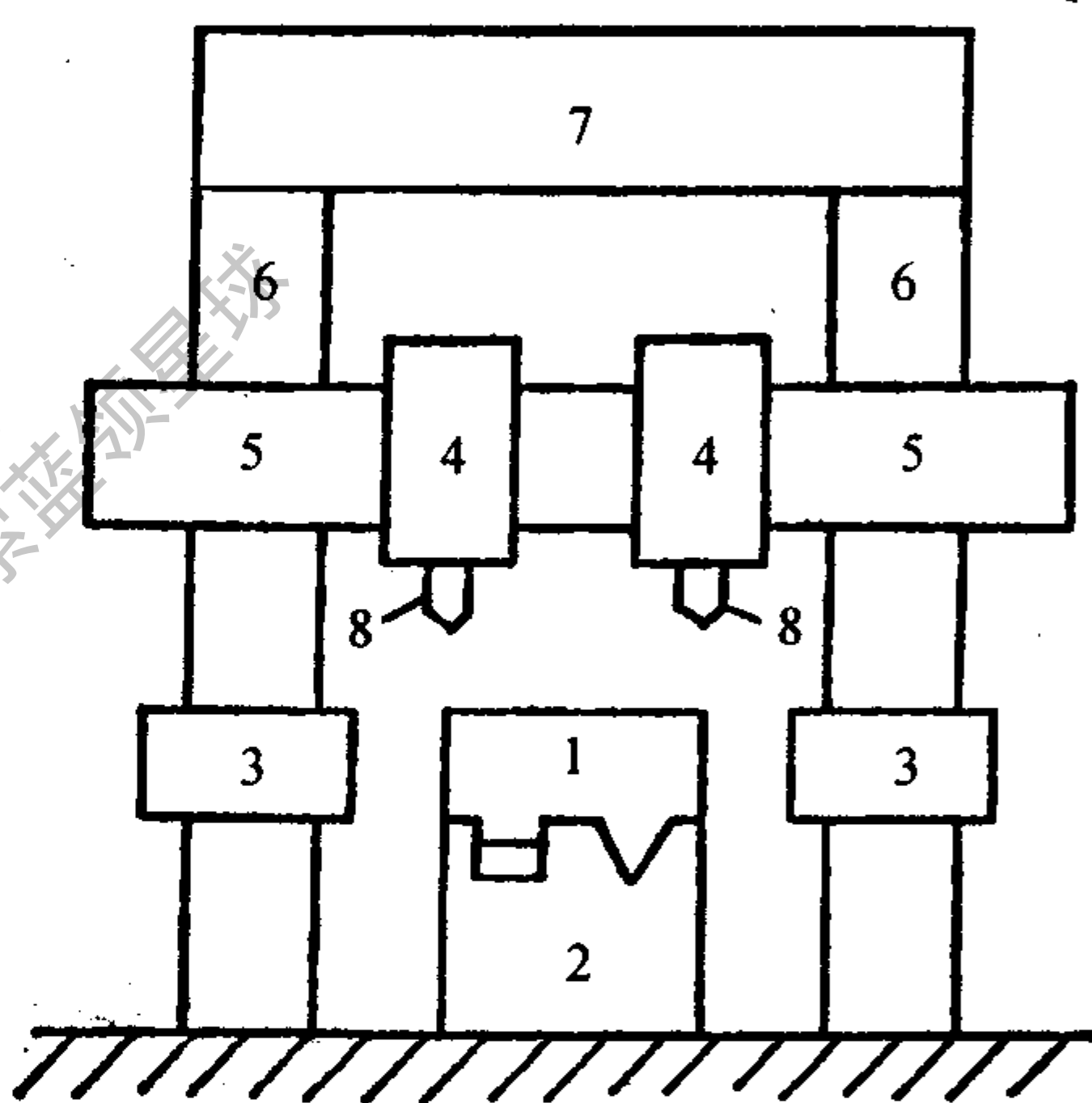


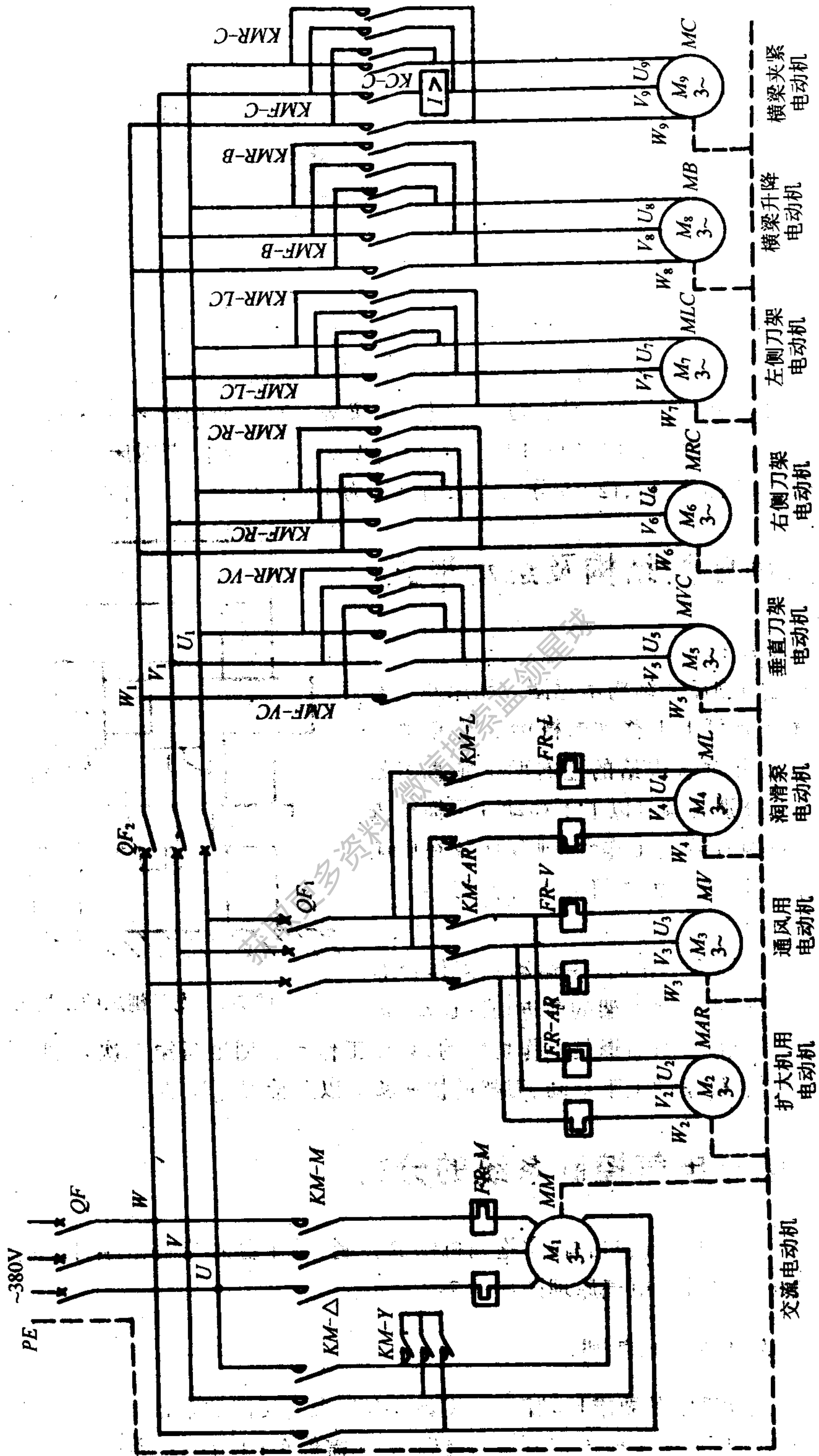
图 7-1 龙门刨床的结构图

### 二、龙门刨床电气控制系统的分析

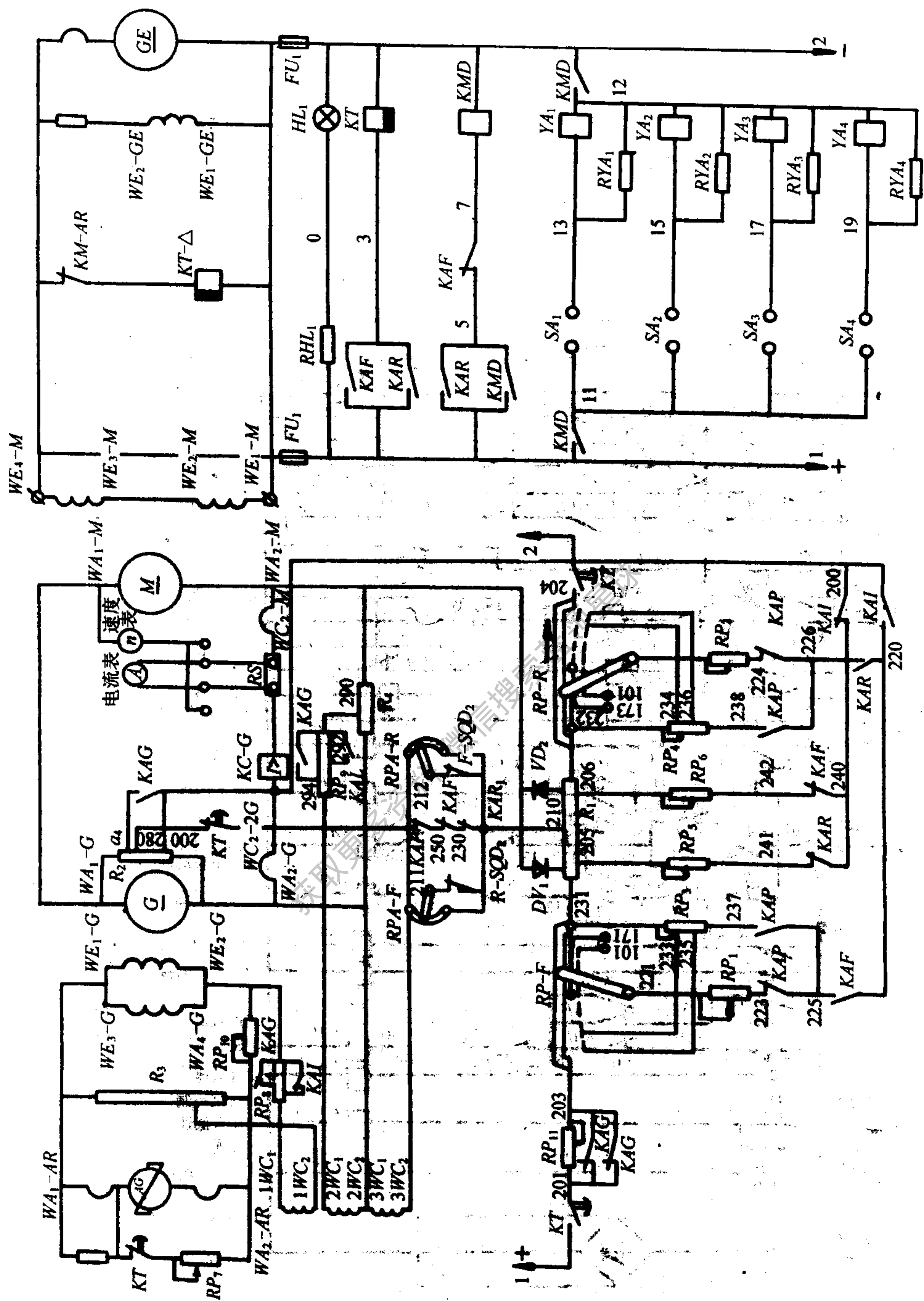
龙门刨床的电气控制系统包括有:主拖动机组的控制、工作台的控制、刀架自动进给与抬刀控制、横梁升降的控制等。电气原理图如图 7-2 所示。

#### (一) 主拖动机组的控制

龙门刨床对主拖动系统的要求比较高,不仅要求有较大的切削功率,而且还要有较宽的调速范围;工作台前进与后退速度能单独地作无级调速,无需停车;工作台往复一次后,刀架自动进给,后退行程中,刀架自动抬起;过渡过程要快,传动要平稳;能适应切削工艺(刀具慢速切入

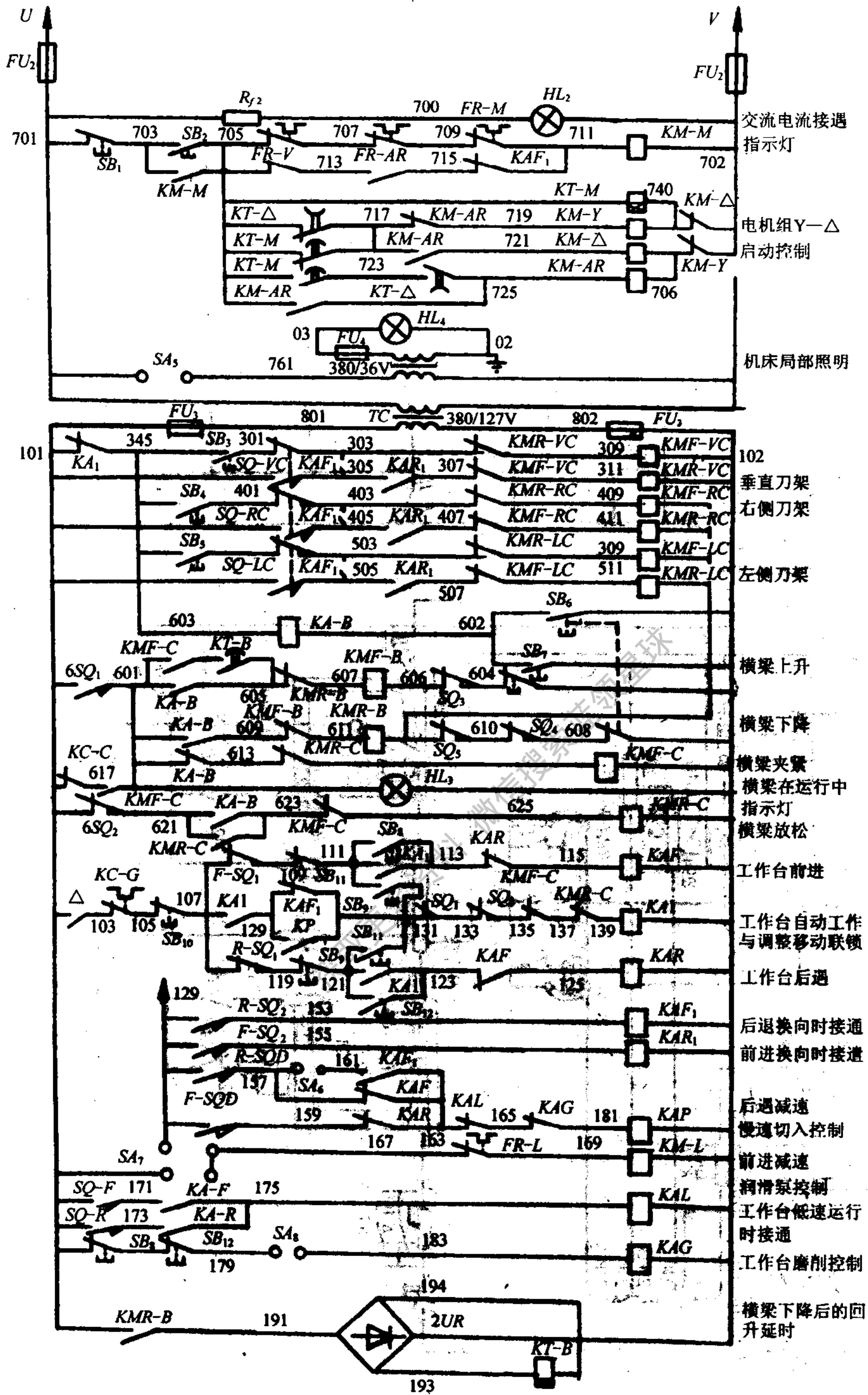


(a)



(b)





(c)

图 7-2 (A) 系列(B2010A、B2012A)龙门刨床电气原理图

(a)电动机主电路 (b)主拖动电路 (c)交流控制电路

工件,而后增加到规定速度)等。因此,为满足这些要求,B2010A、B2012A 龙门刨床采用了交磁扩大机——直流发电机——直流电动机系统。以交磁扩大机作调节器,利用其控制绕组多的特点,可在系统中加入多种反馈环节,从而扩大了发电机——电动机系统的调速范围,提高了系统的静特性,同时还改善了动特性。主拖动机组包括交流电动机  $M_1$ 、发电机  $G$ 、励磁机  $GE$ ,其中  $G$ 、 $GE$  与  $M_1$  同轴,并由  $M_1$  拖动。

### 1. 主拖动机组对电气控制的要求

(1)励磁机正常工作后,主拖动机组才能完成启动过程。

(2)主拖动机组正常后,拖动工作台的直流电动机才能投入运行。

(3)采用 Y— $\Delta$  降压启动,并要保证在 Y 形换  $\Delta$  形过程中,有一短暂的延时,以保证两组继电器动作的电弧不致引起短路故障。

(4)要有过载保护,并且在热继电器动作后,工作台能自动停在后退结束的位置,以防止刀具和工件加工表面受损。

### 2. 主拖动机组的控制原理

(1)合上自动空气断路器  $QF$ ,电源指示灯  $HL_2$  亮,表示控制电路已接通电源。

(2)启动主拖动机组 按下启动按钮  $SB_2$ ,接触器  $KM-M$  通电吸合,主触点使交流电动机  $M_1$  接通三相电源;常开触点闭合,实现自锁。

接触器  $KM-\Delta$  通电吸合,保证了交流电动机  $M_1$  接成星形启动,联锁触头断开,使接触器  $KM-\Delta$  不会同时得电。

随着  $M_1$  的启动,同轴的发电机  $G$ 、励磁机  $GE$  也被拖动,当转速接近正常值时,励磁机电压也接近额定电压,跨接在励磁机两端的时间继电器  $KT-\Delta$  吸合,其常闭延时闭合触点(705—717)打开;常开延时释放触点(723—725)闭合。但由于时间继电器  $KT-M$  延时时间尚未结束,其常闭延时触点(705—717)并未断开,接触器  $KM-\Delta$  仍吸合,主拖动电机  $M_1$  仍按星形连接运转。

当时间继电器  $KT-M$  延时结束,其常闭延时触点(705—717)断开,接触器  $KM-\Delta$  断电释放,同时  $KT-M$  的常开延时闭合触点(705—723)闭合,接触器  $KM-AR$  通电吸合。其中一对常开触点闭合,实现自锁;另一对常开触点(717—721)闭合,为接触器  $KM-\Delta$  通电做好准备。经过整定延时后,时间继电器  $KT-\Delta$  释放,其常闭延时闭合触点(705—717)又闭合,使接触器  $KM-\Delta$  通电吸合,将交流电动机  $M_1$  接成角形,到此主拖动系统启动完毕。

可见,从接触器  $KM-Y$  断开到  $KM-\Delta$  吸合,有一段延时,这就保证了接触器  $KM-Y$  有足够的灭弧时间,从而避免了三相电源在 Y— $\Delta$  转换中电弧引起的短路事故。另外,由于  $KT-\Delta$  的存在,保证了只有当励磁机正常工作后,接触器  $KM-AR$  才可能吸合,交流电动机  $M_1$  才可能完成 Y— $\Delta$  转换,使机组正常启动。同时也防止了电动机由于没有励磁或是弱励磁而可能出现的“飞车”现象。

(3)停止主拖动机组 按下停止按钮  $SB_1$ ,接触器  $KM-M$ 、 $KM-\Delta$  以及  $KM-AR$  的线圈断电释放,切断交流电动机  $M_1$  的电源,机床停止运行。

(4)过载保护 当工作台在运行过程中,如果交流电动机  $M_1$ 、扩大机用电动机  $M_2$  以及通风用电动机  $M_3$  中任何一个电机过载使热继电器动作时,由于继电器  $KAF_1$  常闭触点(711—715)的作用,接触器  $KM-M$  并不会立即断电释放,而是当工作台后退换向时,继电器  $KAF_1$  常闭触点才断开,接触器  $KM-M$  断电释放,从而保证了工作台停止在后退结束的位置上,防止

中途停车使刀具和工件表面损伤。另外,当磨削加工速度低时,热继电器一旦动作,接触器  $KM-M$  立即断电,防止因时间过长而烧毁电机。

## (二)工作台的自动控制

### 1. 工作台的“步进”或“步退”

(1)按下工作台的步进按钮  $SB_8$ ,由于  $KM-\Delta$  已经闭合,继电器  $KAF$  通电吸合,其常开触点(1-3)闭合,使时间继电器  $KT$  通电吸合, $KT$  的常闭延时闭合触点断开,分别切断了交磁扩大机欠补偿回路和发电机的自消磁回路。同时, $KT$  的常开延时断开触点(1—201)与(2—204)是断开的,所以交磁扩大机控制绕组  $3WC$  的电流回路是:

由电源正极  $1 \rightarrow 205 \rightarrow RP_5 \rightarrow 200 \rightarrow$  电位器  $R_2 \rightarrow 3WC_1 \rightarrow 3WC_2 \rightarrow 250 \rightarrow 230 \rightarrow 210 \rightarrow$  电源负极 2。

这时加在控制绕组  $3WC$  上的给定电压,实际是电位器  $R_1$  上 205 与 210 两点之间的电位差。由于给定电压较小,加上限流电阻  $RP_5$  的限流作用,所以工作台“步进”的速度较低。调节限流电阻  $RP_5$ ,就可调节工作台的“步进”速度。

松开按钮  $SB_8$ ,按钮自动复位,这时继电器  $KAF$  断电释放,其常开触点断开,使时间继电器  $KT$  也断电, $KT$  的常闭触点闭合,常开触点分断,切断了交磁扩大机控制绕组上的给定电压,同时使交磁扩大机的欠补偿回路和发电机的自消磁回路分别被接通,工作台迅速制动下来,防止了工作台的“爬行”。

(2)工作台的“步退”过程与“步进”过程相似,只是用继电器  $KAR$  代替继电器  $KAF$ ,交磁扩大机控制绕组  $3WC$  中的电流回路是:

由电源正极  $1 \rightarrow 210 \rightarrow 230 \rightarrow 250 \rightarrow 3WC_2 \rightarrow 3WC_1 \rightarrow$  电位器  $R_2 \rightarrow 240 \rightarrow RP_6 \rightarrow 206 \rightarrow$  电源负极 2。

其余不再重述。

### 2. 工作台的自动循环控制

当主拖动电机  $M_1$  启动完毕,(101—103)触点闭合;横梁已夹紧,(135—137)常闭触点恢复闭合;油泵已工作,并且机床润滑情况正常,压力继电器  $KP$  的触点(129—131)闭合;工作台自动循环的控制电路已准备就绪。

(1)工作台的前进:可按下按钮  $SB_9$ ,继电器  $KAI$  通电吸合,常开触点(107—129)闭合,实现自锁,同时另一常开触点(111—113)闭合,使继电器  $KAF$  通电吸合。而在直流调速电路中继电器  $KAI$  的常闭触点(200—240)断开,常开触点(200—220)闭合,从而断开了工作台的调整电路,接通了自动工作的电路。

当继电器  $KAF$  吸合后,其常开触点(1—3)闭合,使时间继电器  $KT$  通电吸合, $KT$  的常闭延时闭合触点分断,切断了交磁扩大机的欠补偿回路和发电机的自消磁电路。 $KT$  的常开延时闭合触点(1—201)和(2—204)闭合,使调速电位器( $RP-F$ )及( $RP-R$ )接通电源。

如果机床加工需要慢速切入时,将开关  $SA_6$  置于接通的位置,给交磁扩大机的控制绕组  $3WC$  加上给定电压。这时交磁扩大机在强迫励磁的作用下,输出电压迅速升高并达到与慢速切入相对应的稳定值,工作台也迅速启动并达到稳定的转速。由于给定电压比较小,因此工作台被限制在慢速下运行,刀具在慢速下切入工件。

工作台在慢速前进中,工作台侧面的撞块使行程开关  $R-SQ$  复位,触点  $R-SQ_1$  闭合,为

工作台的后退做好准备。触点  $R-SQ_2$  断开,使继电器  $KAF_1$  断电释放,其常开触点(161—163)断开,使继电器  $KAP$  断电释放。它们的常闭触点(230—250)和(250—3 $WC_2$ )恢复闭合,常开触点(225—237)断开,常闭触点(223—225)闭合,使工作台的慢速电路断开。这时工作台可加速到调速手柄所决定的工作速度并进行切削加工。

当工作台行程将结束,刀具将离开工件时,工作台侧面的另一撞块又碰撞行程开关  $SQD$ ,其常开触点  $F-SQD$ (129—159)闭合,使继电器  $KAP$  又通电吸合。工作台又降到慢速运行,这样既避免了工件边缘的崩裂,也可使工作台反向平稳,减少了对机械结构的冲击。

当刀具离开了工件,工作台的工作行程结束时,工作台侧面的又一撞块碰撞行程开关  $F-SQ$ ,常闭触点(107—109)断开,继电器  $KAF$  断电释放,其常开触点(220—225)切断正向励磁回路,继电器  $KAF$  的常闭触点(123—125)闭合,使继电器  $KAR$  通电吸合,同时,(157—163)闭合,为工作台的返回和结束正向减速做好了准备。

(2)工作台的返回 继电器  $KAP$  的常闭触点(159—163)断开,使继电器  $KAR$  断电释放,从而保证工作台以调速手柄( $RP-R$ )所决定的高速返回,减少工作台空行程的时间。继电器  $KAR$  的常开触点(220—226)闭合,接通控制绕组的反向励磁电路,交磁扩大机输出较高的极性相反的电压,使得工作台迅速制动,并自动反向运行。同时常开触点(1—5)闭合,接触器  $KMD$  通电吸合,它的常开触点(1—11)和(2—12)闭合,接通了抬刀电磁铁  $YA_1$ ,使得刀架在工作台返回行程时,自动抬起。

在工作台返回行程即将结束时,撞块再次碰上了行程开关  $SQD$ ,其常开触点(129—157)闭合,使继电器  $KAP$  通电吸合,常闭触点(224—226)断开,常开触点(226—238)闭合,接通慢速电路,工作台减速。

当工作台返回行程结束时,第4个撞块又碰撞行程开关  $R-SQ$ ,使常闭触点(107—119)断开,继电器  $KAR$  断电释放。其常闭触点(113—115)闭合,继电器  $KAF$  又通电吸合,工作台又准备向前。继电器  $KAR$  的常开触点(220—226)断开,常闭触点(240—241)恢复闭合。继电器  $KAF$  的常开触点闭合,常闭触点断开,使得控制绕组  $3WC$  又加上正向给定电压,工作台迅速制动并立即正向启动,达到切入工件的慢速后,又重复以上的运动过程,这样就实现了工作台的自动往返循环工作。

(3)磨削加工 可利用操纵台上的转换开关  $SA_8$ ,接通常开触点(179—183),使继电器  $KAG$  通电吸合,其常闭触点(165—181)分断,切断了慢速切入控制继电器  $KAP$  的电路,使慢速环节不起作用。另外常闭触点(201—203)断开,将电阻  $RP_{11}$  串入,使给定电压减小,工作台降低到磨削时所需要的速度。同时继电器  $KAG$  的常开触点(4— $WE_2-G$ )和(290—294)闭合,将  $RP_8$  和  $RP_9$  部分电阻短接,加强了桥形校正环节和电流正反馈的作用,使工作台在磨削加工时运行更加平稳,在负载变化时工作台的速度降落更小。

(4)工作台控制电路所具有的联锁保护

①只有当主拖动系统启动完毕,工作台才能启动。它由接触器  $KM-\Delta$  的常开触点(101—103)闭合来实现。

②工作台的“步进”、“步退”与自动循环之间的联锁,是由继电器  $KAI$  来实现的。

③工作台“前进”与“后退”的联锁,是由复合按钮  $SB_9$ 、 $SB_{11}$  和继电器  $KAF$ 、 $KAR$  的联锁触点来实现的。

④横梁夹紧接触器  $KMF-C$  的常闭触点(135—137)与横梁放松接触器  $KMR-C$  的常闭

触点(137—139),保证了横梁在调整时,工作台不能自动循环工作。

⑤润滑泵  $M_4$  正常工作后,工作台才能自动循环,它是由润滑油压力继电器  $KP$  的常开触点(129—131)来实现。

⑥极限位置保护 为了防止工作台的冲击,机床采用了终端行程开关  $SQ_1$  和  $SQ_2$  作为限位保护。

⑦过流保护 是由过流继电器  $KC-G$  的常闭触点(103—105)来实现。

⑧过载保护 交流电动机  $M_1$ 、拖动扩大机用电动机  $M_2$ 、拖动通风用电动机  $M_3$  及润滑泵电动机均设有热继电器作长期过载保护。

⑨失压和欠压保护 是由继电器  $KAI$  的常开自锁触点(111—113)和(121—123)来实现。

### (三)刀架的控制

龙门刨床一般装有左侧刀架、右侧刀架和两个垂直刀架,它们分别由交流电动机  $M_7$ 、 $M_6$ 、 $M_5$  来拖动,其中两个垂直刀架共用一台电动机  $M_5$ ,通过机械机构分别传动。刀架的控制线路可以实现刀架的快速移动和自动进给以及刀架的运动方向,它们均由装在刀架进刀箱上的机械手柄来选择。

#### 1. 刀架的自动进给

刀架的进给机构采用的是带紧涨环的进刀机构,依靠紧涨环转动角度的大小来控制每次的进刀量。每次进刀完成后,利用刀架拖动电机反向旋转来使紧涨环复位,为第二次进刀做好准备。

当需要自动进刀时,先利用机械手柄使行程开关  $SQ-VC$ 、 $SQ-RC$ 、 $SQ-LC$  的常开、常闭触点转换。然后当工作台按照工作行程即将结束时,撞块碰行程开关  $F-SQ$ ,其常开触点闭合使继电器  $KAR_1$  通电吸合,它的常开触点(305—307)、(405—407)、(505—507)闭合,分别使接触器  $KMR-VC$ 、 $KMR-RC$ 、 $KMR-LC$  通电吸合,从而使刀架电机  $M_5$ 、 $M_6$ 、 $M_7$  反转,带动紧涨环复位,为进刀做好准备。同时由于行程开关的常闭触点(107—109)断开,继电器  $KAF$  断电释放,其常闭触点(123—125)恢复闭合,使继电器  $KAR$  通电吸合,常开触点(1—5)闭合,接触器  $KMD$  也通电吸合,触点(1—11)和(2—12)闭合,接通了抬刀电磁铁,使刀架自动抬起。与此同时,工作台制动并迅速返回。在返回行程结束前,撞块又碰行程开关  $R-SQ$ ,其常闭触点(107—119)断开,继电器  $KAR$  断电释放,常闭触点(113—115)恢复闭合,又使继电器  $KAF$  通电吸合,常闭触点(5—7)断开了接触器  $KMD$  线圈的电路,从而使抬刀电磁铁断电释放,放下刀架。同时行程开关的常开触点(129—153)闭合,使继电器  $KAF_1$  通电吸合,常开触点(303—305)、(403—405)、(503—505)闭合,分别使接触器  $KMF-VC$ 、 $KMF-RC$ 、 $KMF-LC$  通电吸合,刀架电机  $M_5$ 、 $M_6$ 、 $M_7$  正向转动,带动三个紧涨环旋转,因此完成了三个刀架的自动进刀。

转换开关  $SA_1 \sim SA_4$  是根据需要用来接通相应的抬刀电磁铁的。

#### 2. 刀架的快速移动

为了缩短机床调整的时间,有时需要刀架进行快速移动。可利用机械手柄,使相应的行程开关  $SQ-VC$ 、 $SQ-RC$ 、 $SQ-LC$  的相应触点接通。然后按下刀架快速移动按钮  $SB_3$ 、 $SB_4$ 、 $SB_5$ ,相应的刀架即实现快速移动。

#### 3. 刀架控制线路的联锁

(1)刀架的快速移动与自动进给之间的联锁可通过行程开关  $SQ-VC$ 、 $SQ-RC$ 、 $SQ-LC$

实现。

(2)当工作台停止自动循环时,通过继电器  $KAI$  的常闭触点(101—345)闭合,刀架才能实现快速移动。

#### (四)横梁升降的控制

##### 1. 横梁上升

按下横梁上升按钮  $SB_6$ ,继电器  $KA-B$  通电吸合,其常开触点(621—623)闭合,使得接触器  $KMR-C$  通电吸合,横梁夹紧电动机  $M_9$  反转,横梁放松。当横梁完全放松时,行程开关  $SQ_6$  的常闭触点(101—621)断开,接触器  $KMR-C$  断电释放,电动机  $M_9$  停转;同时  $SQ_6$  的常开触点(101—601)闭合,接触器  $KMF-B$  通电吸合,使横梁升降电动机  $M_8$  正转,通过丝杠拖动横梁开始上升。当横梁上升到所需的位置后,放松按钮  $SB_6$ ,继电器  $KA-B$  断电释放,其常开触点(601—605)恢复断开,使接触器  $KMF-B$  断电释放,升降电动机  $M_8$  停转,横梁停止上升。同时  $KA-B$  的常闭触点(601—613)恢复闭合,使接触器  $KMF-C$  通电吸合,横梁夹紧电动机  $M_9$  正转,使横梁夹紧。当横梁完全夹紧时,电动机  $M_9$  定子回路中的过电流继电器  $KC-C$  整定动作电流值, $KC-C$  吸合,其常闭触点(101—617)断开,接触器  $KMF-C$  断电释放,电动机  $M_9$  停转,横梁上升完毕。

##### 2. 横梁下降

按住横梁下降按钮  $SB_7$ ,横梁放松的动作与上述相同。同时行程开关  $SQ_6$  的常开触点(101—601)闭合,接触器  $KMR-B$  通电吸合,使横梁升降电动机  $M_8$  反转,通过丝杠拖动横梁开始下降。在下降过程中, $KMR-B$  常开触点(101—191)闭合,使缓放时间继电器  $KT-B$  通电吸合,其延时断开的常开触点(603—605)恢复闭合,为横梁下降后的回升做好准备。

当横梁下降到所需的位置后,放松按钮  $SB_7$ ,继电器  $KA-B$  断电释放,使接触器  $KMR-B$  也断电释放,从而使横梁升降电动机  $M_8$  停转,横梁停止下降。同时  $KMR-B$  的常开触点(101—191)断开,时间继电器  $KT-B$  断电延时释放。又由于  $KA-B$  的常闭触点(601—613)恢复闭合,使接触器  $KMF-C$  通电吸合,横梁夹紧电动机  $M_9$  正转,使横梁夹紧。此时,接触器  $KMF-C$  常开触点(601—603)闭合,接触器  $KMF-B$  通电吸合,横梁升降电动机  $M_8$  正转,使横梁在夹紧过程中同时回升。当时间继电器  $KT-B$  的触点(603—605)延时断开时,横梁回升停止。调节缓放时间继电器  $KT-B$  的延时释放时间,就可以调节横梁下降后回升的距离。



提示:横梁下降所设置的回升环节,是为了消除带动横梁的丝杠与螺母之间的间隙,以防横梁歪斜,保证横梁对工作台的平行度不超过允许误差范围。

##### 3. 横梁升降控制线路的联锁

(1)工作台自动循环工作时,由于继电器  $KAI$  的常闭触点(101—345)断开,使得横梁不能升降。

(2)横梁上升和下降之间的联锁是由按钮  $SB_6$  和  $SB_7$  的机械联锁和接触器  $KMF-B$  与  $KMR-B$  的电气联锁来实现。

(3)横梁上升的限位保护是用行程开关  $SQ_3$  来完成。横梁下降时,为了防止横梁与左、右

侧刀架相碰,设有限位开关  $SQ_4$  与  $SQ_5$ 。

### (五) 电气控制系统各控制环节的作用

#### 1. 电压负反馈环节

电路图如图 7-3 所示,图中电压负反馈电压为  $aU_G$ ,电压负反馈电流为  $i'_{wc}$ ,它与给定电流的方向相反。电压负反馈的作用包括:

(1) 提高系统的静特性硬度。

(2) 加快过渡过程,减小工作台的越位。电压反馈系数越大,过渡过程的时间越短,但会使机械冲击过大。

(3) 降低电机扩大机和发电机的剩磁电压,扩大系统的调速范围,消除工作台的爬行。电压负反馈系数一般为  $0.35 \sim 0.46$ 。

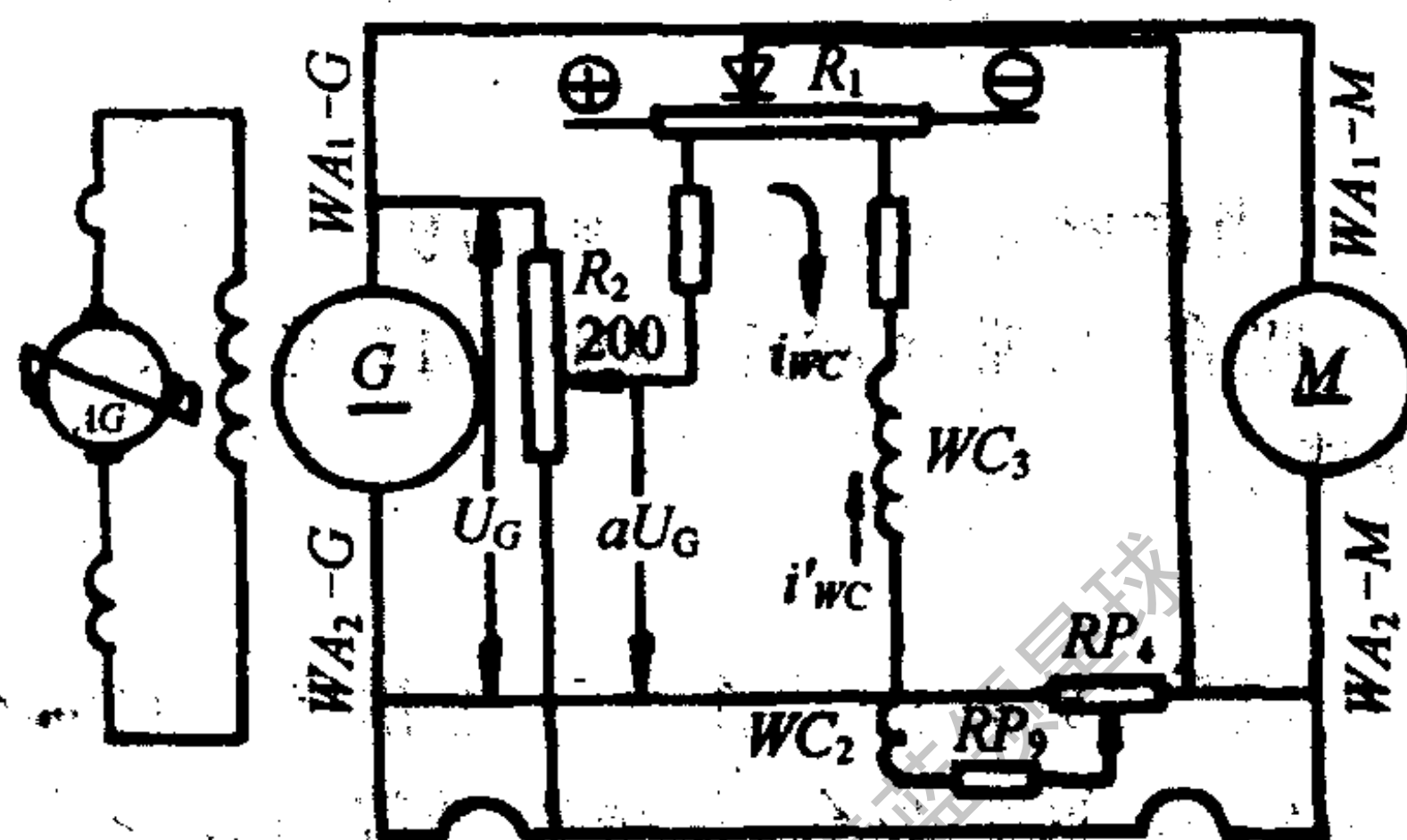


图 7-3 龙门刨床给定及电压负反馈环节

$U_G$  - 发电机电压  $aU_G$  - 电压负反馈电压

$i_{wc}$  - 给定电流  $i'_{wc}$  - 电压负反馈电流

提示:电压负反馈只能保持发电机的电压大致不变,而不能保持电动机转速不变。要解决转速降低的问题,还需引入电流正反馈。

#### 2. 电流正反馈环节

电流正反馈绕组  $WC_2$  的输入信号取自可调电阻  $RP_4$ (见图 7-3)。电流正反馈的作用为:

(1) 补偿发电机和电动机的内部压降,提高特性硬度,扩大调速范围。

(2) 加快过渡过程,减小越位。但也会带来过渡过程中电动机转速超调量加大的缺点。

#### 3. 电流截止负反馈

如图 7-4 所示,其作用为:

(1) 当负载过载时,二极管  $VD_1$  导通,在  $WC_3$  中产生去磁电流,使扩大机和发电机的电压迅速下降,从而使电动机的转速下降直至停止。因此,不致产生过大的短路电流而损坏电机和传动机构。

(2) 引入电流截止负反馈,既限制了主电路电流不超过电动机的允许值,又始终保持了较大电流和较大转矩,加快了过渡过程。

(3) 比较电压  $U_c$  如果较大,则过渡过程加快,冲击电流和超调也将加大;反之,比较电压

较小时,过渡过程则加长,不能发挥电动机的作用,一般将其调整在 9.5 ~ 11V 范围内。

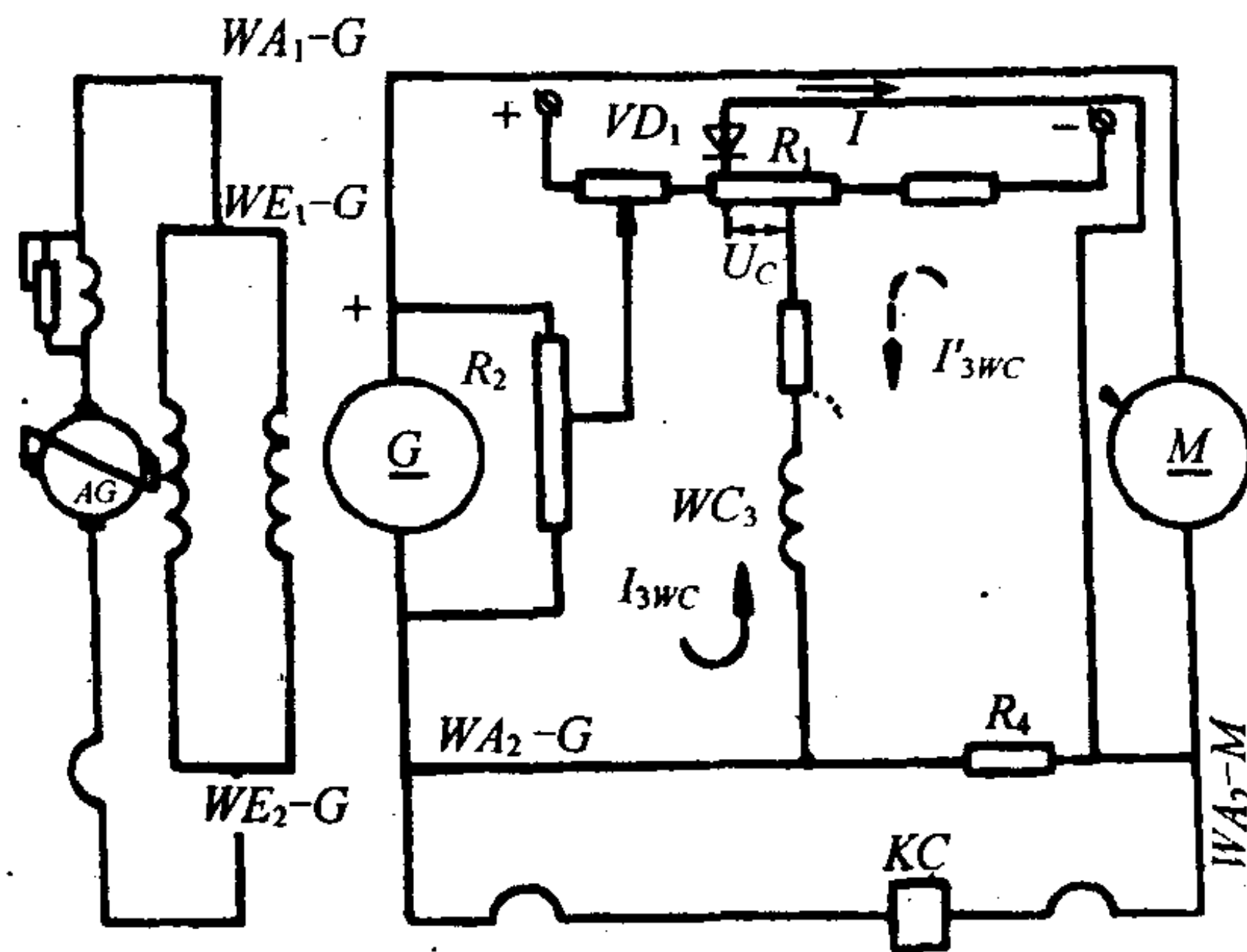


图 7-4 电流截止负反馈

#### 4. 电桥稳定环节

电路如图 7-5 所示,由  $R_1$ 、 $R_2$  和发电机励磁绕组的电阻  $R_{WE-G}$ 、 $RP_{10}$  组成电桥稳定环节,控制绕组  $WC_1$  接于电桥的对角线之间。稳态时电桥平衡,电压应为零(为了调整方便,一般不大于 0.5V)。

当扩大机输出电压增大瞬间,在  $WC_1$  绕组中,产生反向的去磁电流,降低了扩大机的输出,使其稳定在给定的参数上。增加  $RP_{10}$  电阻值,(同时相应增大电阻值  $R_2$ ) 可以加强稳定性,但过渡过程时间增加了。

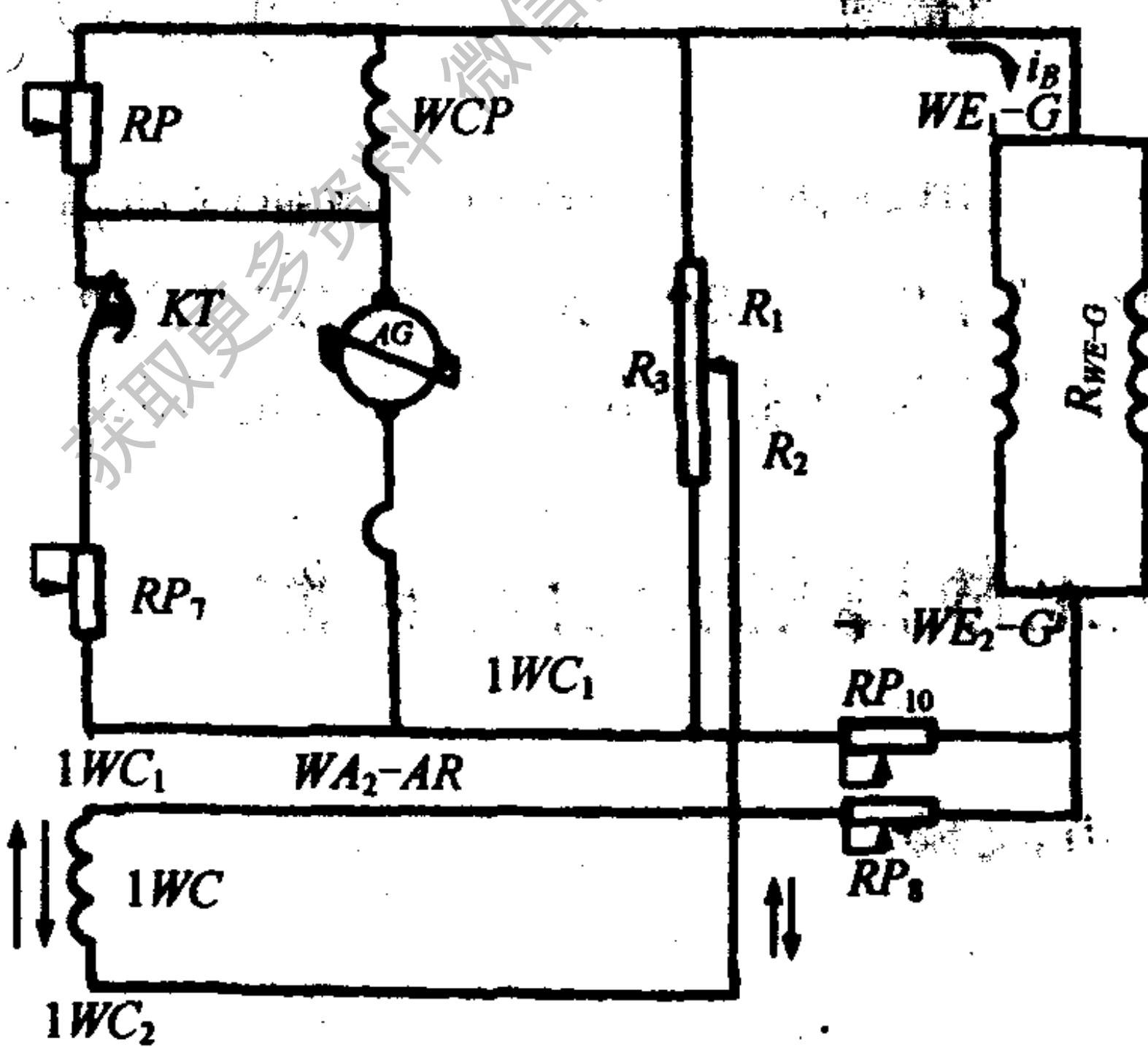


图 7-5 电桥稳定环节



提示:由于电机扩大机、直流发电机和直流电动机都是具有电磁惯性的元件,它们之间的信号传递,尽管时间很短,仍需一些时间。因此系统中如果没有稳定环节,那么在启动,反向或停车时由于反应不及时而易发生振荡现象。



### 5. 消磁系统

为了消减剩磁电压,可通过三个环节来进行。

(1)停车时,给定电压消失,在电压负反馈的作用下,绕组中流过一个较大的反向去磁电流。如图 7-3 所示。

(2)时间继电器常闭触点  $KT$  延时闭合后,电压负反馈直接取自  $280-WA_2-G$ ,见图 7-2 (b),它加强了电压负反馈的作用(反馈系数为  $0.6 \sim 0.7$ ),从而增强了去磁作用。

(3)为了进一步消磁,系统中还有一个电机扩大机欠补偿环节。见图 7-6。时间继电器常闭触点  $KT$  延时闭合后,流经  $WCP$  绕组的电流减少,削弱了补偿作用,因而有效的减小了扩大机的剩磁电压。

### 6. 控制系统中各电阻元件的作用及其调整(参见操作技能图 7-2)

(1)加速度调节器  $RPA-F$  ( $RPA-R$ ) 在减速与反向的过渡过程中,调节  $RPA-F$  (或  $RPA-R$ ),向“反向平稳”的方向旋转(即电阻增加),减小  $WC_3$  绕组中的强励磁电流,可以使过渡过程减缓,减小主电路的电流冲击,减小传动机构的冲击,但增加了工作台的越位;反之,如果加速度调节器  $RPA-F$  ( $RPA-R$ )向“越位减小”的方向旋转(即电阻减小),则越位减小,冲击增大。

(2)电阻  $RP_1$ 、 $RP_2$  的作用是调节启动与反向过程的强励磁倍数。电阻越小,强励磁作用越大,过渡过程也就越快,使超调量增大,冲击增大;反之,电阻越大,则整个系统的放大倍数降低,从而影响静态特性。

(3)电阻  $RP_3$ 、 $RP_4$  的作用是限制减速制动强度。减速制动强度对越位有很大的影响,该电阻有两个抽头,靠调速电位器  $RP-F$  ( $RP-R$ )上的附加开关配合,根据速度的大小决定串入减速回路中的电阻值,可达到平滑减速、越位小、冲击小的作用。

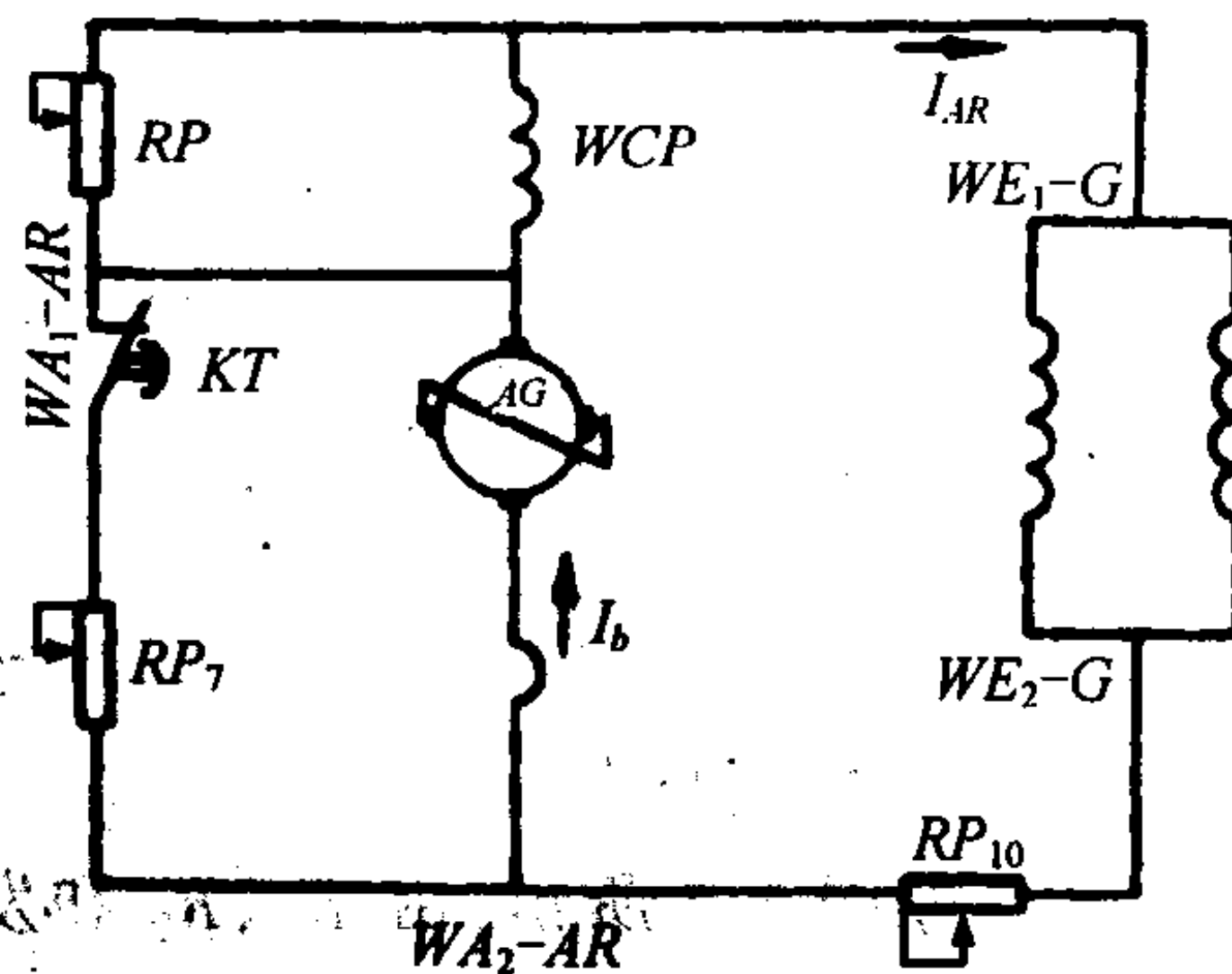


图 7-6 电机扩大机欠补偿环节

## 三、龙门刨床常见故障的分析与排除

### (一) 主拖动系统的故障

#### 1. 发电机没有输出电压

发电机的励磁绕组接错或极性接反。

#### 2. 直流电动机不启动

在两组励磁绕组中,如果一组绕组极性接反,将造成直流电动机不启动和过电流继电器  $KC-G$  动作。此时应停机检查励磁绕组的极性。

#### 3. 励磁机的常见故障

##### (1) 励磁机没有输出电压

① 控制柜内部接线松脱、电机碳刷接触不良,因此造成发电机不能自励。只要把松脱的线接好,或调整好电刷的压力即可。

② 剩磁消失而不能发电输出电压,可将并励绕组与电枢绕组断开,用直流电源给并励绕组供电,使磁极得到充磁。如还没有输出,可改变极性,重新充磁。

(2) 励磁机的输出极性相反 如果电机的旋转方向正确,那么输出电压极性相反,应该是励磁绕组和电枢绕组的极性同时接反了,可把其中任一绕组极性改接即可。



提示:在改接电枢绕组的接线时,要特别注意串励绕组的极性。

(3) 励磁机空载电压正常,加负载后电压下降 是串励绕组和换向极绕组的极性相反,将其中一组绕组的极性改接即可。

#### 4. 交磁扩大机的常见故障

(1) 空载时电压低或没有输出

- ① 控制绕组有断路或短路现象。
- ② 交轴回路电刷顺着电枢旋转方向移动过多。
- ③ 交轴助磁绕组极性接反,绕组断线。
- ④ 电刷在刷盒内卡死,不能与换向器接触。
- ⑤ 换向器以及电枢绕组短路或断路。
- ⑥ 补偿绕组和换向极绕组断路。
- ⑦ 各绕组接线头脱落。



提示:扩大机与发电机电压极性一定要相符,它关系到电压负反馈的正确与否,因此对极性要认真的检查与测量。出现问题应先检查外部连线,找出原因所在。

(2) 有负载时电压低 检查电枢绕组、补偿绕组、换向极绕组的极性是否正确,是否有短路。如果在额定负载下输出电压低或无输出(甚至是负值),可判断为电枢绕组或补偿绕组的极性接反了。如果输出电压为空载电压的一半左右,并且电刷下的火花也比较大,则可能是换向极的绕组极性接反了。或是部分电枢绕组短路。如果电刷下的火花正常,则可能是补偿绕组或是与之并联的调节电阻短路。

(3) 有负载时产生自激

① 电刷逆电枢旋转方向移动太多,产生一个助磁磁通,使输出电压升高,从而引起自激。可将电刷逐步顺着电枢旋转方向移动,直到不产生自激为止。

② 补偿绕组的并联电阻接触不良或开路。

(4) 换向火花大,输出电压不稳

- ① 电刷不在中性线上。
- ② 助磁绕组极性接反或短路。
- ③ 换向极绕组极性接反或短路。
- ④ 换向器片间短路。
- ⑤ 导线与换向器片焊接不良。

- ⑥ 电刷的刷尾接触不良。
- ⑦ 电刷开裂或接头接触不牢。

## (二) 换向过程中的常见故障分析

### 1. 换向时越位过大

- (1) 减速制动回路工作是否正常。
- (2) 减速开关( $R-SQD$ 、 $F-SQD$ )和继电器  $KAP$  的工作情况是否正常。
- (3) 电位器  $RP_3$  和  $RP_4$  上的触点是否有接触不良现象。
- (4) 电压负反馈强度是否合适。如果负反馈系数低于 0.4, 可适当加强电压负反馈以减小越位。如果负反馈强度合适, 则需要观察  $RP_8$  的大小, 检查稳定作用的强弱; 观察  $RP_1$  和  $RP_2$  的大小, 检查强迫励磁的强度; 观察  $RP_3$  和  $RP_4$  的大小, 检查减速制动的强弱。
- (5) 截止电压较低, 一般在电动机换向允许的情况下, 可适当提高截止电压。
- (6) 加强稳定环节的作用或将减速制动强度降低。要把加速调节器旋到“越位减小”的位置来调节  $RP_3$ 、 $RP_4$ 。否则, 即使调整好  $RP_3$ 、 $RP_4$ , 刨床工作时, 只要调节器旋到“越位减小”处, 仍能出现反向冲击现象。



提示: 调整时不要采用加强制动的措施来减小越位, 那将造成电枢回路中的冲击电流增加, 使电动机换向恶化, 造成工作台反向时机械冲击严重。因此一般在不碰撞极限行程开关的情况下, 可适当放宽对越位距离的要求。

### 2. 换向不正常

- (1) 刨台在后退减速开关附近来回不断的往复运动。这是因为前进调速电位器  $RP-F$  上有铜屑, 造成(101—231)接通短路。
- (2) 如果  $RP_3$  上的 231、233、235、237 接点与  $RP_4$  上的 232、234、236、238 接点中任意一个接点互换, 也会造成碰减速开关就反向的现象。

## (三) 工作台运行中的常见故障

### 1. 步进和步退动作不正常

- (1) 检查相关的触点和 200 号线头在  $R_2$  上接触是否良好。
- (2) 检查  $VD_1$ (205— $WA_2-M$ )和  $VD_2$ (206— $WA_2-M$ )整流元件是否击穿。
- (3) 检查给定电压是否过低。
- (4) 电流正反馈是否太弱。可调节相关的电阻值。
- (5) 工作台润滑油的粘度是否合适。可更换不同牌号的润滑油。
- (6) 步进失效, 而步退正常, 是因为步进和步退电路不平衡。可检查  $RP_5$ 、 $RP_6$  电阻上的短接点是否接触不良, 造成支路不通。

### 2. 工作台速度过高

- (1) 电压负反馈电路中有断线, 造成电压负反馈信号消失, 使  $WC_3$  控制绕组中的电流增大, 使交磁扩大机和直流发电机过电压, 从而使带动工作台的电动机速度过高。

(2)直流电动机的励磁绕组出线端松脱,电动机剩磁很小,如果电动机在轻载或空载情况下运转时,将会产生“飞车”现象。如果电动机拖动较大负载,将使电动机停转。

(3)发电机自激也会使工作台速度过高。可检查绕组接线和极性。

### 3. 工作台速度升不到高速

(1)电机扩大机的交轴电刷接触不良,经放大后有很大的电压降,使发电机的励磁回路电压不足,造成速度上不去。

(2)控制绕组  $WC_2$  中有接触不良现象。

(3)电压负反馈过强。通常为  $200-WA_2-G$  之间存在短路现象,此时反馈电压增为原来的两倍以上,而发电机的端电压降到原来的一半以下,那么相应的工作台的速度也就下降到规定值的一半以下。

(4)减速继电器  $KAP$  铁心被粘住,使工作台始终处在减速状态下运行。

(5)调速手柄本身损坏失去调速作用。

### 4. 低速吃刀后工作台速度下降,返回行程速度正常

(1)电路正反馈回路有断路现象,反馈强度不够,或是将电流正反馈极性接反成为负反馈。

(2)电压负反馈太弱时,扩大机或发电机电刷位置顺着旋转方向移动过多。

### 5. 工作台低速蠕动(爬行)

(1)加强润滑,减小摩擦力。

(2)适当加大低速时的电压负反馈或电流正反馈及加强稳定环节的作用。

## (四) 停车时的常见故障

### 1. 停车爬行

当发电机的剩磁电压为  $4 \sim 5V$  时,就能使工作台产生爬行。有时由于消磁作用太强而反向磁化,使停车后反方向继续爬行。可采用减少剩磁的方法。

(1)检查消磁回路是否有错误或接触不良。

(2) $280-WA_2-G$  的阻值是否太小。

(3)检查时间继电器  $KT$  的延时闭合触点接触是否良好。

### 2. 停车不稳或倒退

主要是制动太强所致。首先判断停车过猛发生在第一级还是第二级制动,如果是第一级制动,应检查和调整  $RP_5$  和  $RP_6$  的阻值、稳定环节,以及电流截止环节。如果是发生在第二级制动,就应该检查和调整自消磁环节和欠补偿能耗制动环节,也可调整时间继电器  $KT$  的延时时间。

### 3. 停车冲程大

原因是制动强度太弱。可调节电流负反馈强度,或是减小  $RP_5$  和  $RP_6$  回路的阻值,降低稳定环节的强度。

### 4. 停车时振荡

原因是稳定环节不起作用。

(1)检查电阻  $R_3$  上的  $1WC_2$  是否接触不良。

(2)检查交磁扩大机的  $WC_1$  控制绕组出线极性是否标反。如果标反,  $WC_1$  绕组产生的磁通与  $WC_3$  绕组产生的磁通方向相同,相当于产生一个助磁磁通,使扩大机的电压上升,因而不

仅起不到稳定作用,而且会造成振荡。

### (五) 交流控制电路的常见故障

#### 1. 工作台控制失灵造成刨台跑出

检查接触器铁心是否粘住或释放是否缓慢。

#### 2. 按停止按钮后,刨台不停,松开按钮工作台反向后退并转换为自动工作

原因是继电器  $KAI$  线圈失电后,铁心粘住未脱开造成的。

#### 3. 横梁夹紧和上下移动动作不正常

原因是行程开关  $SQ_6$  动作失灵,在自动复位过程中停留在中间位置,出现了常开触点未断开,常闭触点未闭合的现象,因而使电路无法工作。

#### 4. 横梁夹紧电机 $M_9$ 过载烧坏

原因是过流继电器  $KC-C$  失灵,导致横梁夹紧电机  $M_9$  长期在堵转电流状态下工作而烧坏。



提示:在夹紧电动机定子回路中,串入一个交流电流表(量程  $0 \sim 5A$ )观察夹紧电流的大小确定夹紧程度(一般是  $2.2 \sim 2.5A$ )。操作人员与观察人员一定配合好,特别注意夹紧电机旋转方向,否则会损坏夹紧机构造成电机事故。如果方向反了应立即切断电源,并加以改正。

### (六) 油泵压力继电器 ( $KP$ ) 的故障

#### 1. 工作台停在后退的末尾

原因是压力继电器的压力足够大,但未使其微动开关闭合。可检查继电器的微动开关触点是否接触不良。

#### 2. 导轨“拉毛”

原因是压力继电器的压力太小或没有压力,不能使微动开关复位。可检查油泵是否缺油。

# 8

## 测绘晶闸管触发电路并绘出原理图

在这一章里我们以晶闸管触发电路的测绘为例,介绍一下简单电路板的测绘。在实际工作中,有时会遇到设备中的电路板损坏了需要维修但又找不到原电路板的工作原理图,导致无法分析其工作原理而难以进行维修的情况,或电路板由于损坏严重需要重做,但由于没有电路原理图而无法重做的情况。这时就需要通过测绘原电路板得到其工作原理图及有关参数以便修复有故障的设备。

### 一、了解测绘电路板有关设备的情况

从原则上说在不了解与要测绘的电路板有关设备的情况下也是可以完成电路板的测绘的,但在实际中由于种种原因,如果不了解这些情况可能就不能正确的测绘出原电路板,也就不能绘出正确的原理图。随着电子科学技术的发展,电器元件的种类越来越多,元件的结构越来越复杂,仅仅通过外观是无法断定其功能、性能、型号的。印刷电路板有单面板、双面板、多层板,因此,仅从外表也是无法完全了解其走线结构的。加上由于电路板故障造成元件损坏、标志不清、板面局部损毁等原因,如不了解设备的有关情况,要想完成对复杂电路板的测绘,就会遇到很大的困难。尽可能多的了解设备的有关情况,将有助于正确的测绘电路板。比如说,如果我们了解到某设备的电气控制电路是一个晶闸管控制电路,它的控制板损坏了。晶闸管控制电路可能有许多控制电路板,而我们通过了解和分析确定是触发电路板出了问题。虽然晶闸管触发电路的种类有很多,而且我们不知道它是哪一种控制电路,也不知道它的工作原理和工作参数。但通过了解将故障点限定在了一个很小的范围内,那就是它是一个晶闸管触发电路,这样我们就可以有的放矢的去了解有关晶闸管触发电路的电路结构、工作原理、特点及常用到的电器元件等。这就使得我们在实测电路板时能做到目的明确、测绘准确、迅速、不走弯路或少走弯路。

### 二、实测

拿到一块电路板后,就要开始准备一些测绘工具。比如说绘图纸、铅笔、橡皮、万用表、电烙铁等。如果电路板是单面布线板,用一支铅笔画线路图就可以了;如果是双面布线板,最好有两支不同颜色的笔,每一面用一种颜色的笔来画;对于多层板,最好用多种颜色的笔,每一层用一种颜色的笔来画。下面以晶闸管触发电路的电路板为例,看一看如何进行电路板的测绘。晶闸管触发电路的电路板如图 8-1 所示。

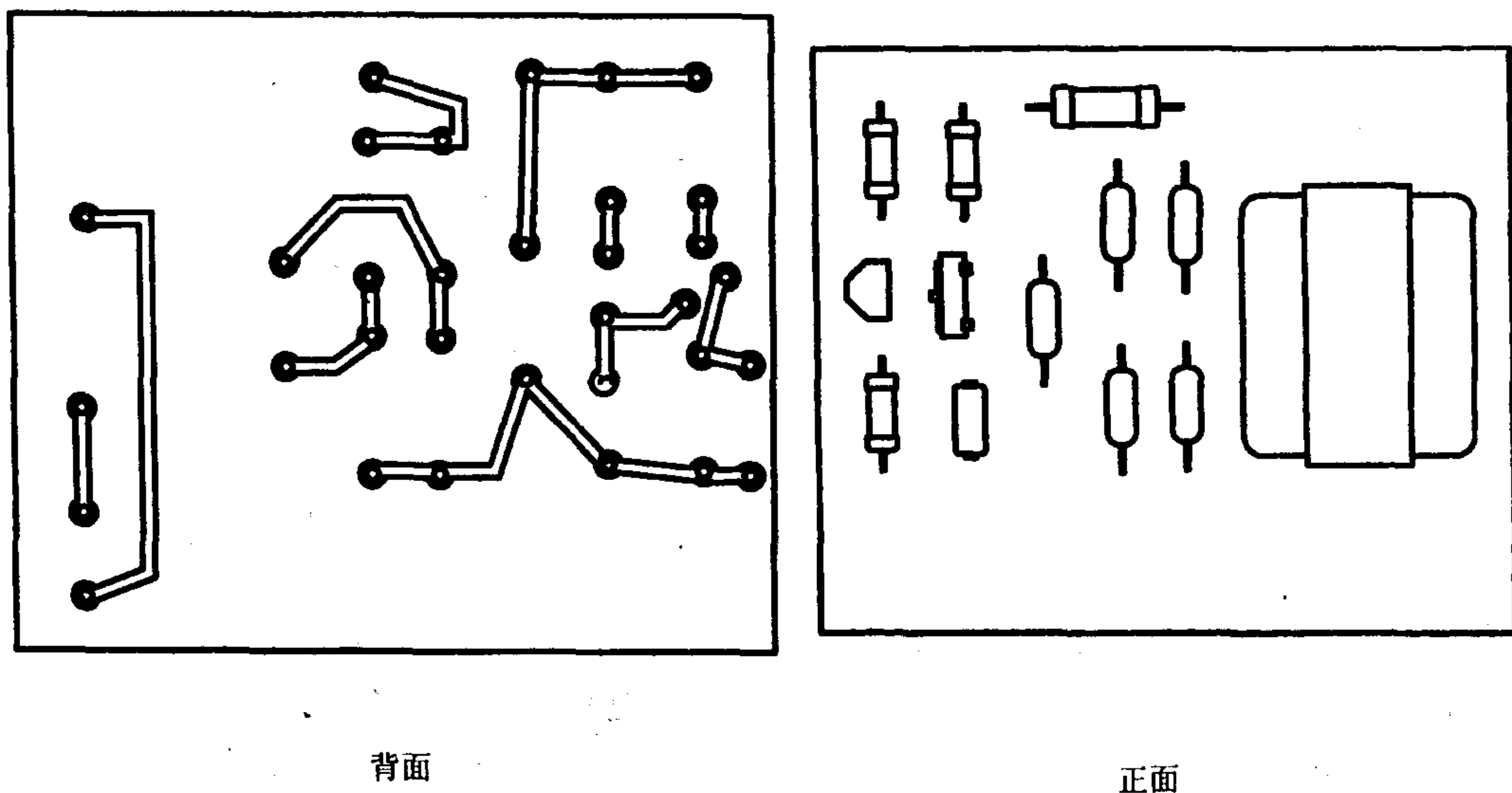


图 8-1 晶闸管触发电路的电路板示意图

### (一) 绘出线路图

测绘时首先在纸上按电路板走线的形式测绘出电路板的走线图,图要画的大一些。电路板上的覆铜线在测绘图中用一条细线表示,也不要按电路板上的实际尺寸去画。如果要将电路板按实际尺寸测绘,则要求用一把卡尺测量覆铜线的长度、宽度、线间的距离。对于单面板来说,画出电路板走线图比较容易;对于双面板来说,由于板的两面都有覆铜线,又有焊接在上面的元件,有些走线被压在元器件下,而且两面的走线有些也是相通的,这时就要用万用表来测量用以断定哪些线是相通的。用万用表测量时要用低阻挡,以免将一些阻值小的元件当成是相通的线,这一点要特别注意。如果要测绘的是多层板,由于夹在板中间的导线我们看不见,在不破坏电路板的情况下,只能通过用万用表逐点测量的方法来断定连线导通的情况。必要时要将电路板上的所有元件焊下,然后测量各板层之间的连线的相通情况,但在焊下元器件时要做好元器件位置、参数、型号的记录并标在图中。晶闸管触发电路走线草图见图 8-2 所示。

### (二) 测绘元器件

在绘出了电路板走线图后,我们要逐一将电路板上的元器件用相应的元件符号画到图中相应的位置,并标出它们的编号、型号、参数等。对于不同的元器件其测绘方法有所不同,下面分别来介绍一下它们的测绘方法。

(1)电阻 一般在电路板上会标有电阻符号、编号、阻值、功率等,只要记录下这些参数即可。如果电路板上没有这些参数,通过检查元器件上的色环标志或印在器件上的阻值,再根据学过的有关电阻的知识,判断出它们的功率,也能得到有关电阻的参数。如果元器件上没有任何标志,就只有将其焊下,用万用表测得其有关参数。

(2)电容 一般在电路板上会标有电容符号、编号、电容值、耐压、正负极等,只要记录下这

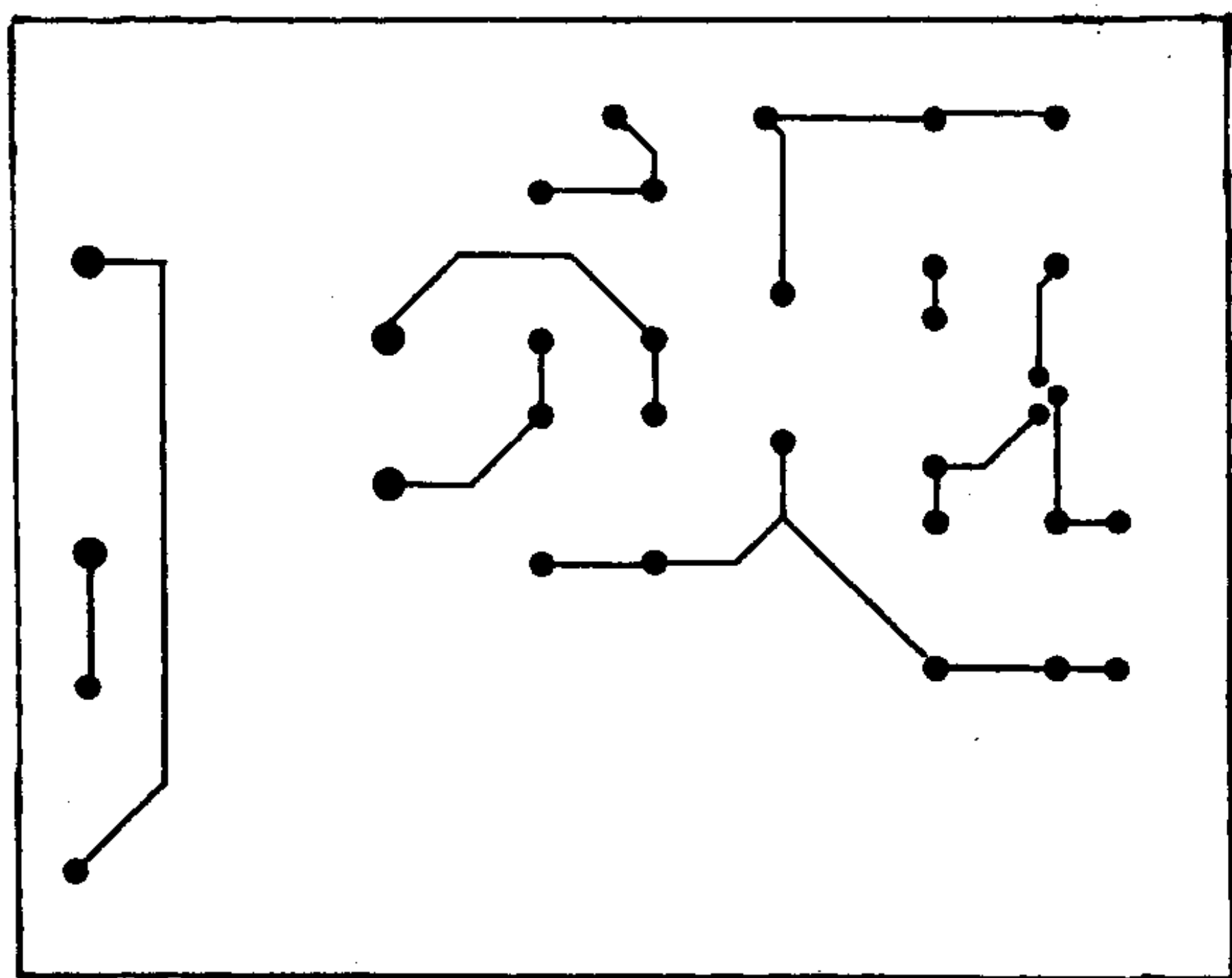


图 8-2 晶闸管触发电路板走线草图

些参数即可。如果电路板上没有这些参数,通过检查元器件上印的电容值、耐压(电解电容上还标有正负极),再根据学过的有关电容的知识,判断出是云母电容还是涤纶电容或是磁质电容等。如果元器件上没有任何标志,就只有将其焊下,用万用表测得其有关参数。

(3)二极管 一般在电路板上会标有二极管符号、编号、型号、正负极等,只要记录下这些参数即可。如果电路板上没有这些参数,通过检查元器件上标识的型号、正负极,再根据学过的有关二极管的知识,也能得到有关二极管的参数。有些元器件上只有正负极标志,就只有将其焊下,用万用表测得其有关参数,并通过我们所学的知识和对电路的了解来判断其型号和有关参数,或找合适的替代元件。



提示:判断时,常用万用表的电阻量程  $R \times 100$  或  $R \times 1k$  档。利用晶体二极管的正向电阻小,反向电阻大的特点来判别极性和判断二极管的好坏。

(4)稳压管 一般在电路板上会标有稳压管符号、编号、型号、正负极等,只要记录下这些参数即可。如果电路板上没有这些参数,通过检查元器件上标识的型号、正负极,再根据学过的有关稳压管的知识,也能得到有关稳压管的参数。有些元器件上只有正负极标志,就只有将其焊下,用有关仪器测得其参数(比如稳压值),或用在管子两端逐渐加压的方法来测量出其稳压值,并通过我们所学的知识和对这种电路的了解来判断其型号,或找合适的替代元件。



提示:在电路正常工作中,稳压管应反向连接,因此要注意极性的判断。

(5)晶体管(或单结管) 一般在电路板上会标有晶体管的符号、编号、型号等,只要记录下这些参数即可。如果电路板上没有这些参数,通过检查元器件上标识的型号,也能得到有关晶体管的参数。有些元器件上没有标志,就只有将其焊下,用万用表或相关仪器测得其有关参数,并通过我们所学的知识和对这种电路的了解来判断其型号,或找合适的替代元件。





**提示:**判断单结管的管脚极性时,用万用表的电阻量程  $R \times 100$  档,测读  $e \sim b_1$ 、 $e \sim b_2$  的正向电阻值,即可区别第一基极  $b_1$  和第二基极  $b_2$ (前者电阻大,后者电阻小)。判别其性能和好坏与二极管的判别方法相同。

(6)变压器(类) 一般在电路板上会标有变压器符号、编号、型号等,只要记录下这些参数即可。如果电路板上没有这些参数,通过检查元器件上标识的型号、参数,再根据学过的有关变压器的知识,也能得到相关的参数。有些元器件上没有标志,就只有将其焊下,用万用表测得其有关参数,并通过我们所学的知识和对这种电路的了解来判断其有关参数,或找合适的替代元件。

(7)集成电路 一般在电路板上会标有集成电路的符号、编号、型号等,只要记录下这些参数即可。如果电路板上没有这些参数,通过检查元器件上标识的型号,也能得到有关集成电路的参数。有些元器件上的标志看不见了,这就需要通过有关的仪器来帮助判断其功能,再通过我们对集成电路的了解和对这种电路工作原理的了解来判断其型号,找合适的替代元件。

(8)其他元器件 元器件的种类很多,有许多元器件的外形非常相似,但其功能可能完全不同,对于这种情况,如果在电路板上标有它的符号、编号、型号等,只要记录下这些参数即可。如果元器件上标有型号,也能得到它的参数。但是,如果找不到有关的标志,又没有相关的仪器来测量的情况下,只有靠我们对这种电路的了解来判断其类型、型号和有关参数,再找出合适的替代元件。图 8-3 是测绘完的电路板图。

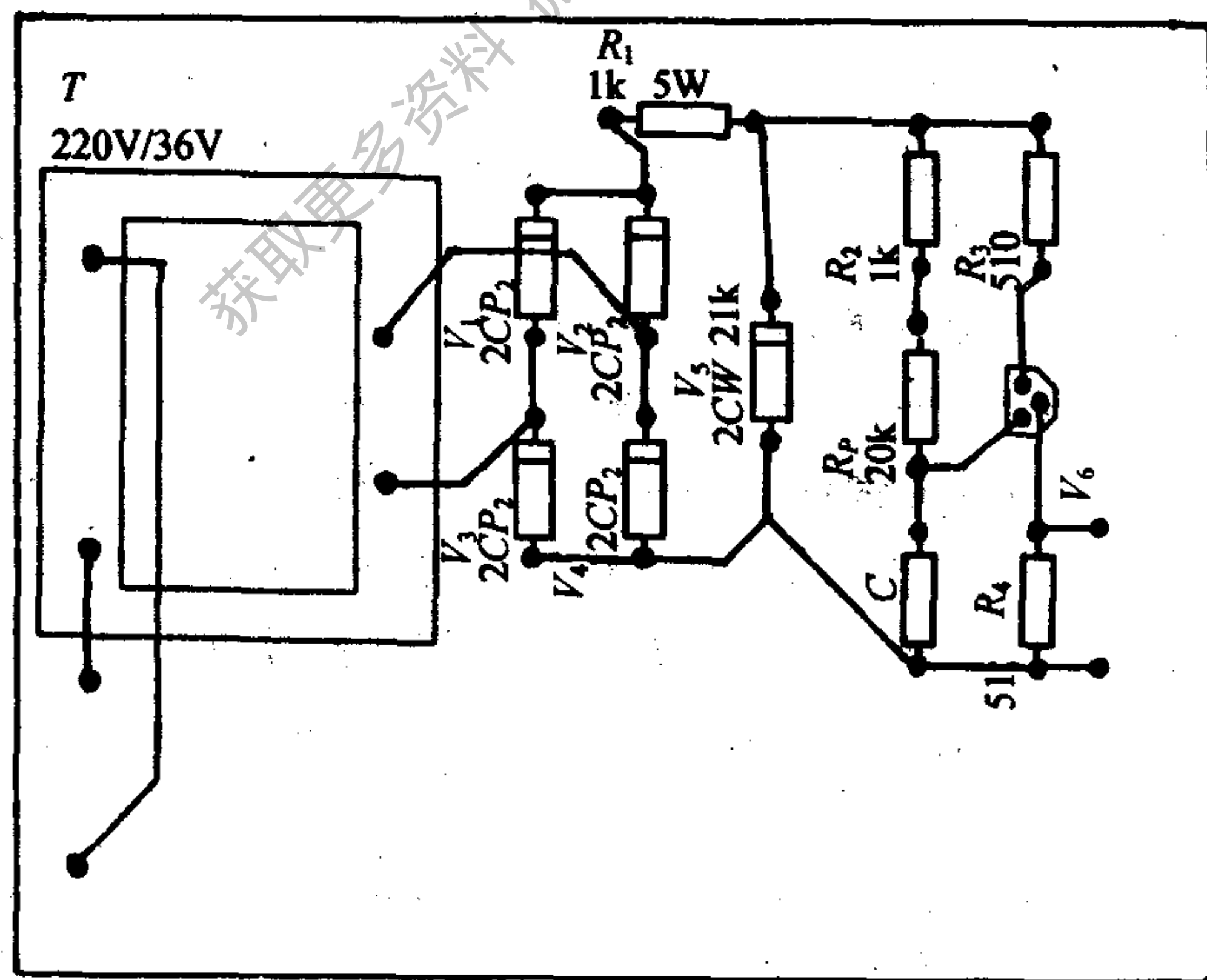


图 8-3 测绘完的电路板图

### (三) 绘出原理图

完成了对电路板的实际测绘图后,接下来要做的工作是将测绘图展开,调整元器件的摆放位置,使其尽可能不出现连接线的交叉,并按左进右出的顺序画出原理图。在完成了原理图的

绘制后,检查一下有没有明显错误的地方,再分析一下电路的工作原理是否合理,有没有不合理的地方或值得怀疑的地方。如果有,再对原电路板有异议的地方进行二次测绘,以确认测绘的正确性,完成最终原理图的绘制。图 8-4 是完成后的晶闸管触发电路原理图。

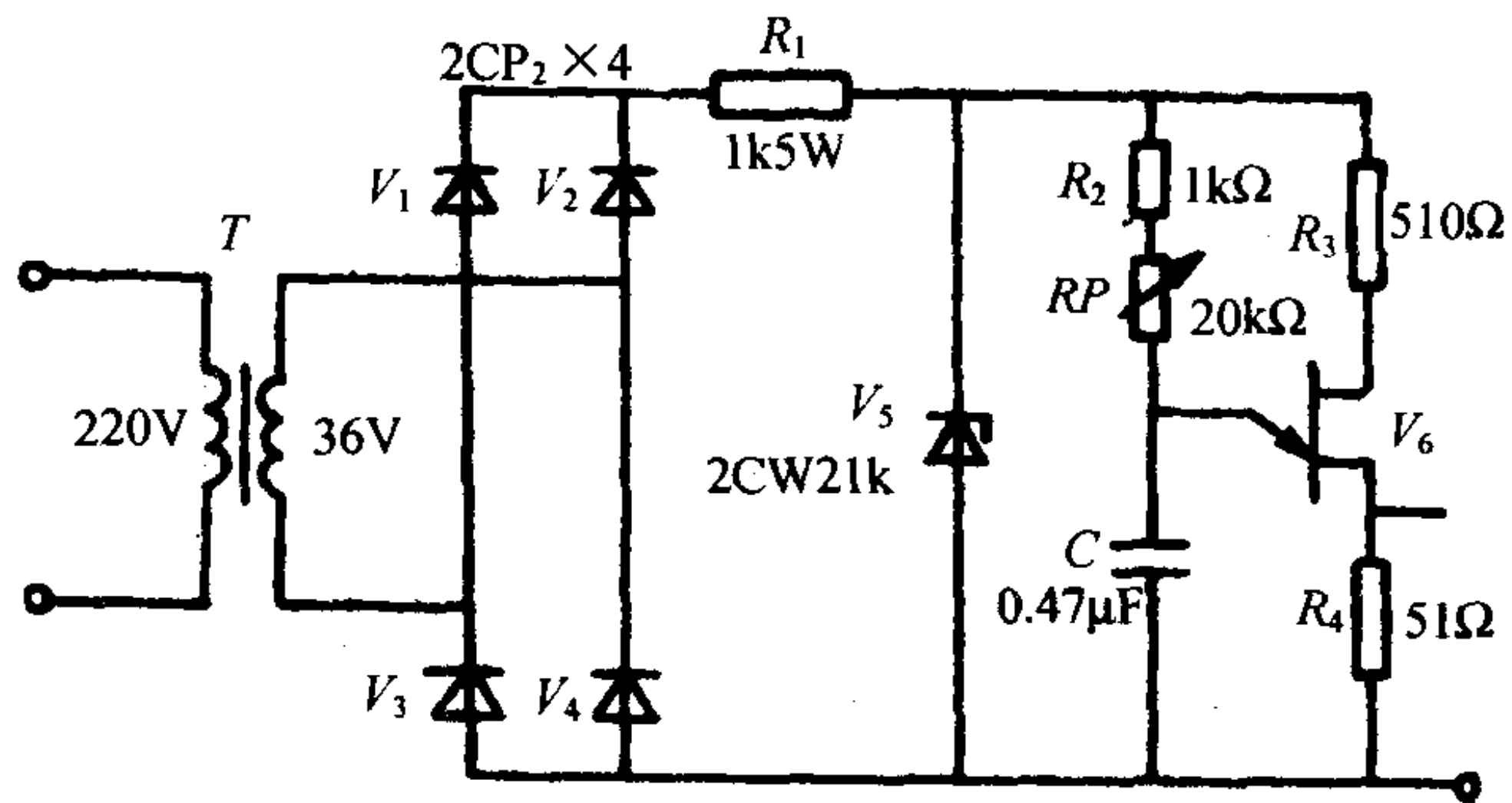


图 8-4 晶闸管触发电路原理图



提示:对于较简单的电路板的测绘,先在一张较大的纸上将被测电路板的元件按与电路板相对应的位置在纸上画出,然后再进行下步测绘是比较好的一种方法。

获取更多资料 微信搜索 蓝领星

# 9

## 测绘 X62W 铣床的电气原理图、接线图及电气元件明细表

机床设备电气控制原理图是安装、调试、使用和维修电气设备的重要依据。由于在实际工作中,原有机床的电气控制线路图遗失或损坏,这会给电气设备及电气控制线路的检修带来很多不便。所以有必要根据实物测绘机床的电气原理图。

测绘电气原理图时,不仅要遵守绘制电气原理图的有关规定,还应熟悉电力拖动系统中的一些基本控制环节,如启动、制动、各种联锁的使用方法及原理图的画法,熟悉晶体二极管、三极管和晶闸管组成的几种基本电路,这些都是正确测绘电气原理图的基础。

测绘机床设备电气原理图的一般方法有两种,下面我们分别以这两种方法详细介绍绘制 X62W 铣床电气原理图的步骤。

### 一、电气位置图—接线图—电气原理图法

这是绘制电气原理图的最基本方法,它简便,直观,容易掌握。具体步骤如下:

- (1)将生产设备停电,并使所有的电气元件处于正常(不受力)状态。
- (2)按实物画出设备的电器布置图。如图 9-1 为 X62W 型万能铣床电气控制箱(柜)内的电器布置图。

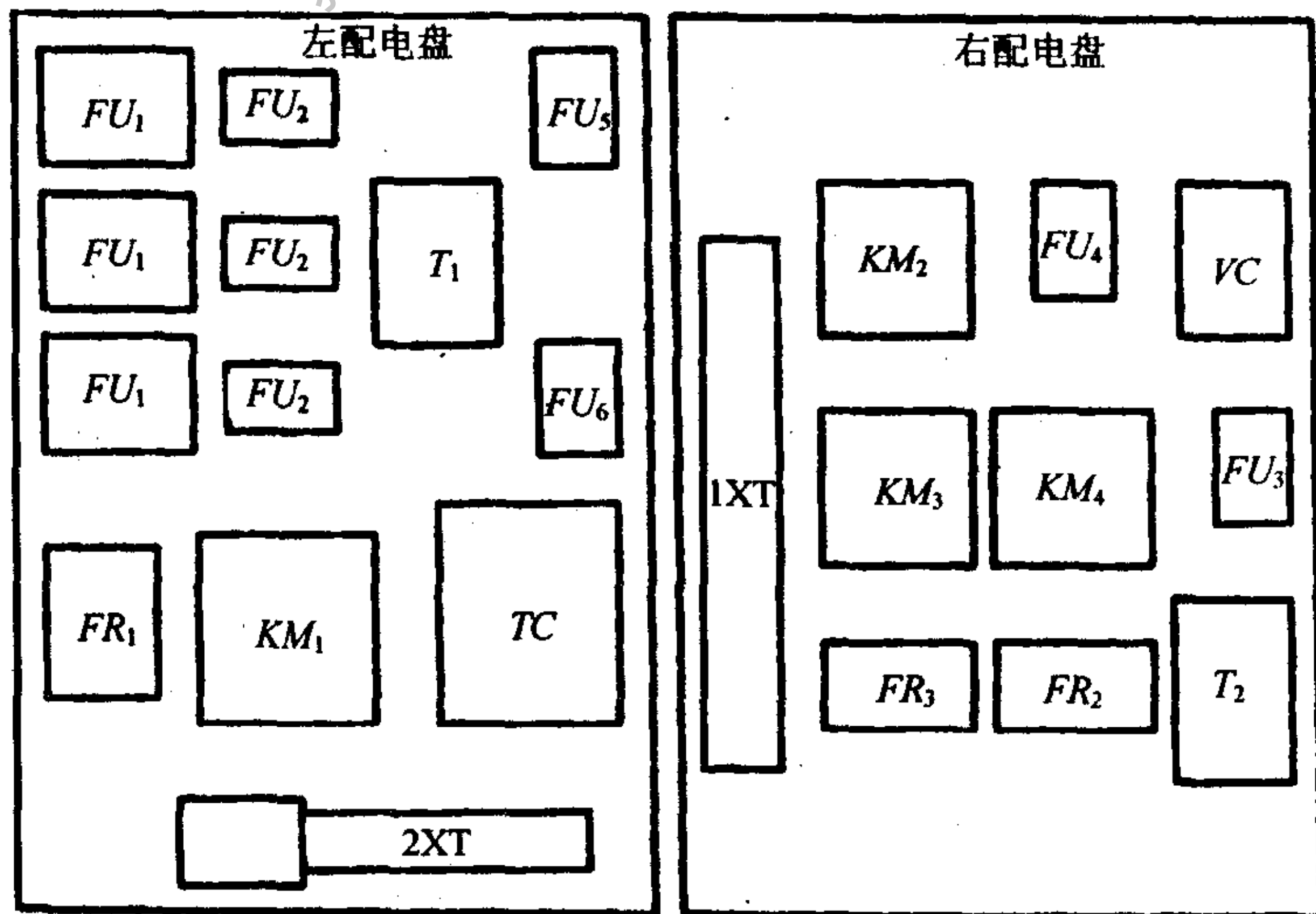


图 9-1 X62W 型万能铣床电气控制箱(柜)内电器布置图

(3) 绘出所有内部电器接线示意图, 在所有接线端子处均标好线号, 如图 9-2(a) 所示。绘出电气系统连接图。如图 9-2(b) 所示。

(4) 根据接线图和绘图原则画出电气原理图。如图 9-3 所示。



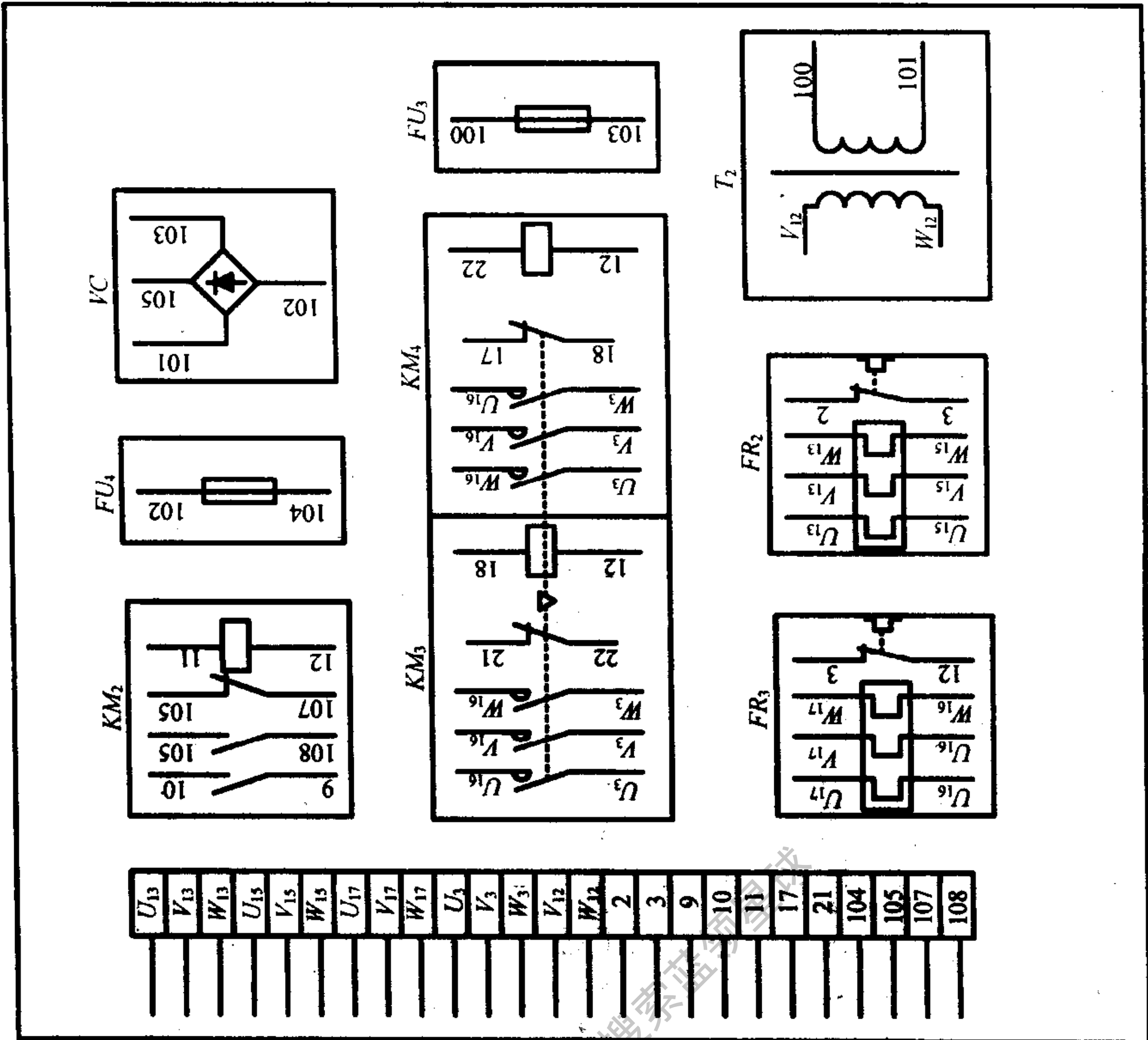
提示: 绘图时, 一般先绘制主电路, 后绘制控制电路、信号电路, 最后绘制照明电路等, 同类元器件图形符号的排列应尽量纵横对齐。

(5) 根据实际电气元件所标注的型号、规格和统计所得元器件的数量列出电气元件明细表, 见表 9-1。

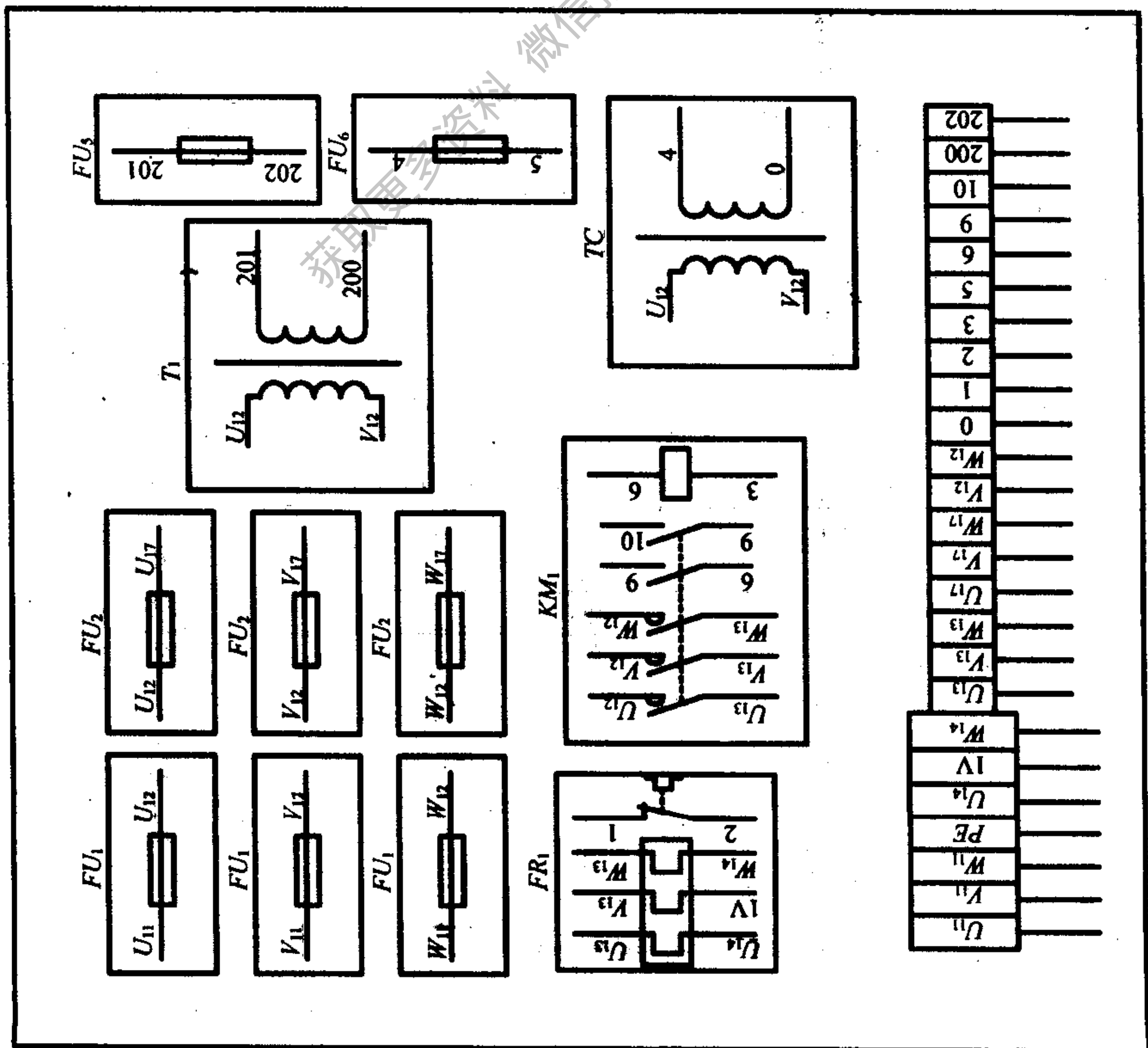
表 9-1 X62W 型万能铣床电气元件明细表

代号	名称	型号	规格	数量	用途
$M_1$	主轴电动机	Y132M-4-B3	7.5kW、380V、1 450 r/min	1	驱动主轴
$M_2$	进给电动机	Y90L-4	1.5kW、380V、1 400 r/min	1	驱动进给
$M_3$	冷却泵电动机	JCB-22	125W、380V、2 790 r/min	1	驱动冷却泵
$QS_1$	开关	HZ10-60/3J	60A、380V	1	电源总开关
$QS_2$	开关	HZ10-10/3J	10A、380V	1	冷却泵开关
$SA_1$	开关	LS2-3A		1	换刀开关
$SA_2$	开关	HZ10-10/3J	10A、380V	1	圆工作台开关
$SA_3$	开关	HZ3-133	10A、500V	1	$M_1$ 换向开关
$FU_1$	熔断器	RL1-60	60A、熔体 50A	3	电源短路保护
$FU_2$	熔断器	RL1-15	15A、熔体 10A	3	进给短路保护
$FU_3、FU_6$	熔断器	RL1-15	15A、熔体 4A	2	整流、控制电路短路保护
$FU_4、FU_5$	熔断器	RL1-15	15A、熔体 2A	2	直流、照明电路短路保护
$FR_1$	热继电器	JR0-40	整定电流 16A	1	$M_1$ 过载保护
$FR_2$	热继电器	JR10-10	整定电流 0.43A	1	$M_3$ 过载保护
$FR_3$	热继电器	JR10-10	整定电流 3.4A	1	$M_2$ 过载保护
$T_2$	变压器	BK-100	380/36V	1	整流电源
$TC$	变压器	BK-150	380/110V	1	控制电路电源
$T_1$	照明变压器	BK-50	50W、380/24V	1	照明电源
$VC$	整流器	2CZ×4	5A、50V	1	整流用
$KM_1$	接触器	CJO-20	20A 线圈电压 110V	1	主轴启动
$KM_2$	接触器	CJO-10	10A 线圈电压 110V	1	快速进给
$KM_3$	接触器	CJO-10	10A 线圈电压 110V	1	$M_2$ 正转
$KM_4$	接触器	CJO-10	10A 线圈电压 110V	1	$M_2$ 反转
$SB_1、SB_2$	按钮	LA2	绿色	2	启动 $M_1$
$SB_3、SB_4$	按钮	LA2	黑色	2	快速进给点动
$SB_5、SB_6$	按钮	LA2	红色	2	停止、制动
$YC_1$	电磁离合器	B1DL-Ⅲ		1	主轴制动
$YC_2$	电磁离合器	B1DL-Ⅱ		1	正常进给
$YC_3$	电磁离合器	B1DL-Ⅱ		1	快速进给
$SQ_1$	位置开关	LX3-11K	开启式	1	主轴冲动开关
$SQ_2$	位置开关	LX3-11K	开启式	1	进给冲动开关
$SQ_3$	位置开关	LX3-131	单轮自动复位	1	$M_2$ 正、反转及联锁
$SQ_4$	位置开关	LX3-131	单轮自动复位	1	
$SQ_5$	位置开关	LX3-11K	开启式	1	
$SQ_6$	位置开关	LX3-11K	开启式	1	

右配电箱



左配电箱



(a)

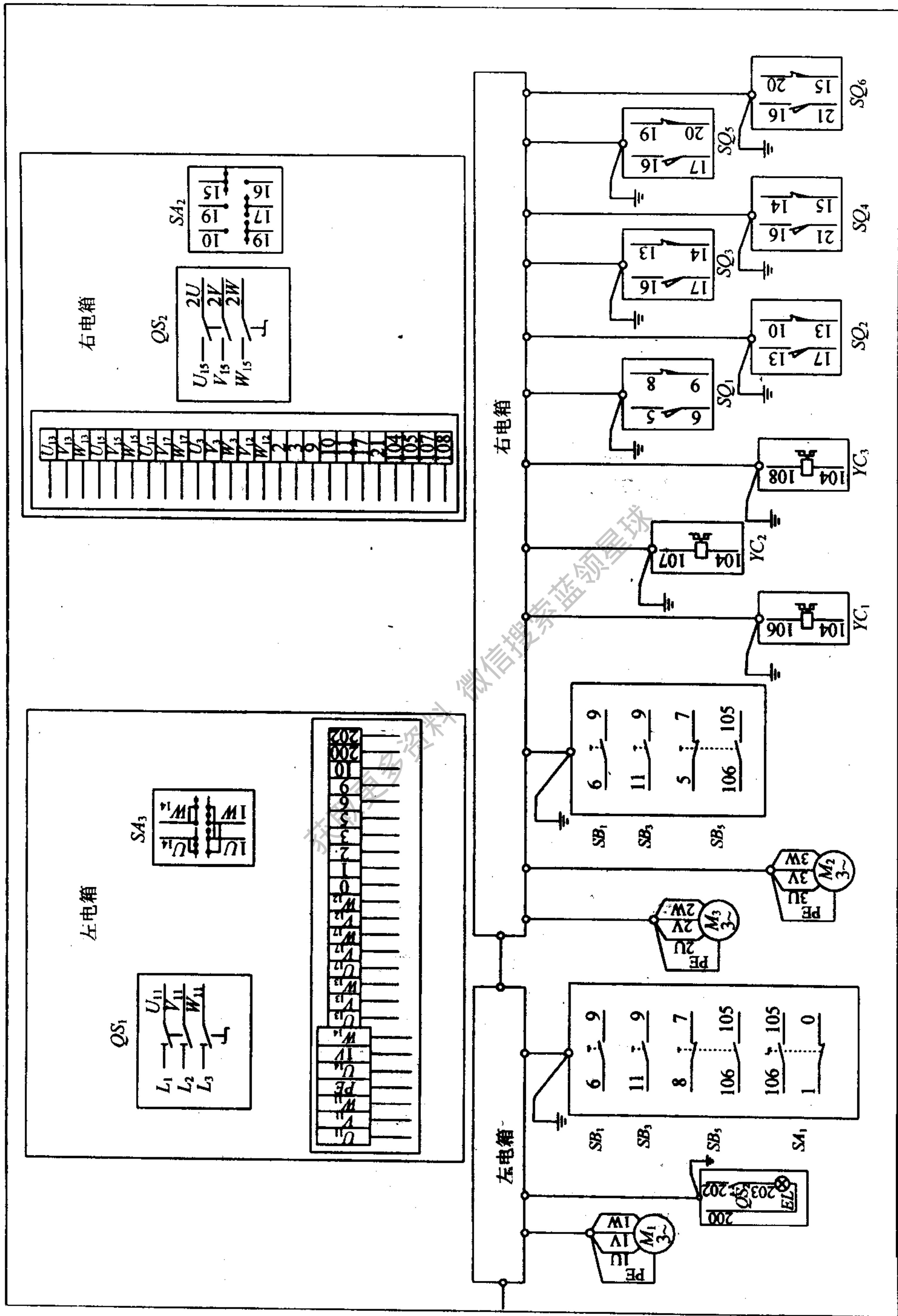


图 9-2 X62W 型万能铣床电气接线图  
(a) 配电盘接线图 (b) 电柜接线图及系统电气连接图

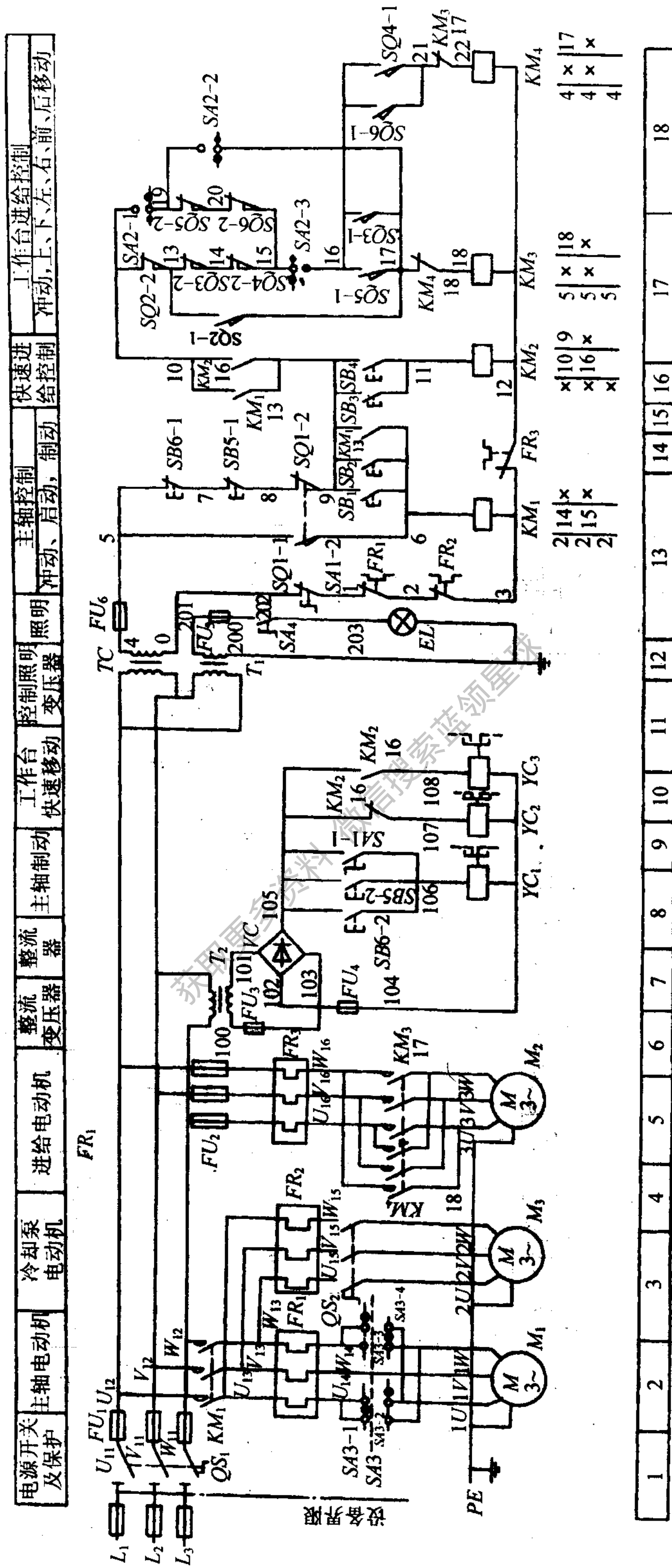


图 9-3 X62W 型万能铣床电气原理图

## 二、查对法

采用这种方法绘图需要绘制者要有一定的基础,既要熟悉各种电器零件在系统中的作用及连接方法,又要对系统中各种典型环节的画法有比较清楚的了解,因此,掌握此法绘图有一定的难度。具体步骤如下:

(1)了解机床的基本结构及各部位运动形式,有哪些运动属于电气控制,哪些运动属于机械传动,哪些运动属于液压传动等。

X62W型万能铣床的基本结构如图9-4所示,它主要由床身、主轴、刀杆、悬梁、工作台、回转盘、横溜板、升降台、底座等几部分组成。床身内装有主轴的传动机构和变速操纵机构。在床身的顶部有水平导轨,上面装着带有一个或两个刀杆支架的悬梁。刀杆支架在悬梁上以及悬梁在床身顶部的水平导轨上都可以作水平移动,以便安装不同的心轴。刀杆支架用来支撑铣刀心轴的一端,心轴的另一端则固定在主轴上,由主轴电动机带动铣刀铣削。在床身的前面装有垂直导轨,升降台可沿着它上下移动。在升降台上面的水平导轨上,装有可在平行主轴轴线方向移动(前后移动)的溜板。溜板上有可转动的回转盘,工作台就在回转盘上的导轨上作垂直于主轴轴线方向移动(左右移动)。工作台上带有T形槽用来固定工件。这样,安装在工作台上的工件就可以在3个坐标上的6个方向调整位置或进给。

铣床的主运动是主轴带动铣刀的旋转运动;进给运动是铣床工作台的前后(横向)、左右(纵向)和上下(垂直)6个方向的运动;辅助运动是工作台的其他运动。

(2)了解机床的电动机种类、数量及电动机的控制功能,如联锁、保护、限位等,了解哪些是正反转控制,哪些是顺序控制,哪台电动机需要制动控制等。

①X62W铣床共用三台异步电动机,分别是主轴电动机、进给电动机和冷却泵电动机。

②由于铣削加工有顺铣和逆铣两种方式,所以要求主轴电动机能正反转,并靠一个组合开关来改变电源相序实现电动机的正反转,主轴制动采用的是电磁离合器制动以实现准确停车。

③铣床的进给运动和快速运动也要求进给电动机能正反转,并通过操纵手柄和机械离合器的相互配合来实现。

④电气联锁措施 只有铣床主轴旋转后才允许有进给运动和快速移动,只有进给运动停止后主轴才能停止或同时停止,即实现所谓的顺序控制。另外,该铣床采用了机械操纵手柄和位置开关相配合的方式来实现6个方向的联锁。

⑤当3台电动机过载时,要有过载保护,加工过程中要有冷却系统、照明设备及各种保护措施。

(3)根据各运动部件以及电气控制箱(盘)中各电器元件的动作情况,分析判断该设备控制线路中采用的基本控制环节,并绘制线路草图。

①先绘制主运动及进给运动的主电路线路图 主电路有三台电动机,主轴电动机 $M_1$ 是拖动主轴带动铣刀进行铣削加工, $M_1$ 的换向开关为 $SA_3$ ;进给电动机 $M_2$ 通过操纵手柄和机械离合器的配合拖动工作台完成上下、左右、前后6个方向的进给运动和快速移动;其正、反转是由接触器 $KM_3$ 和 $KM_4$ 来实现;冷却泵电机 $M_3$ 为铣削加工提供冷却液,它和主轴电机采用的是顺序控制,即只有当主轴 $M_1$ 启动后,用手转动开关 $QS_2$ ,冷却泵 $M_3$ 才能启动;主电路用熔断器 $FU_1$ 作短路保护,三台电动机分别用热继电器作过载保护。



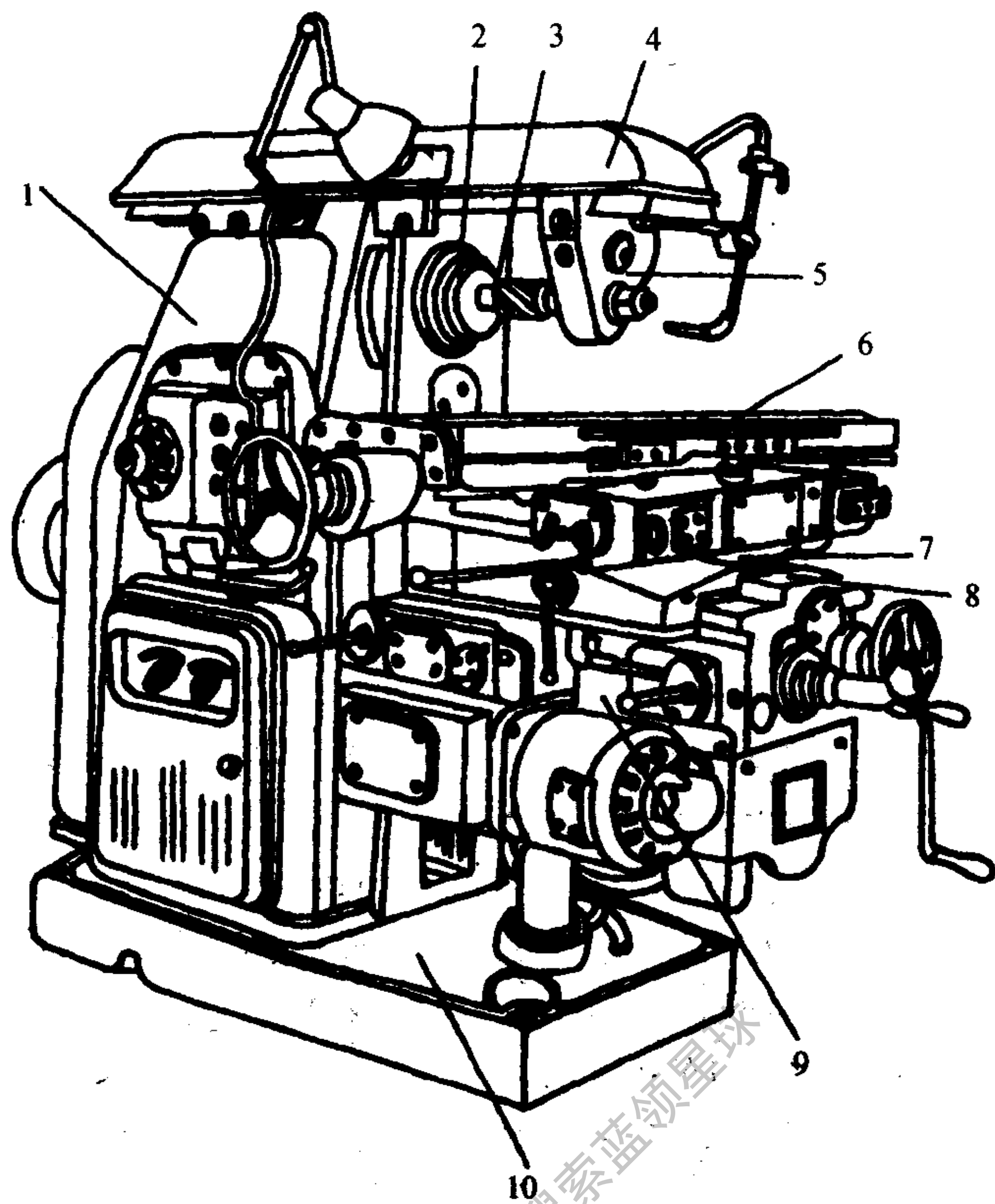


图 9-4 X62W 型万能铣床的基本结构图

1-床身 2-主轴 3-刀杆 4-悬梁 5-刀杆挂脚 6-工作台  
7-回转盘 8-横溜板 9-升降台 10-底座

②绘制主运动及进给运动的控制线路图 主轴电动机  $M_1$  采用的是两地控制方式,一组安装在工作台上,另一组安装在床身上。两组启动按钮应并连接在一起,停止按钮应串连接在一起,  $KM_1$  是主轴电动机的启动接触器,主轴制动用的电磁离合器是  $YC_1$ ,主轴变速时瞬时点动的位置开关是  $SQ_1$ 。主轴的传动是主轴电动机经过弹性联轴器和变速机构的齿轮传动链来实现的,可使主轴具有十八级不同的转速。

进给电动机  $M_2$  的控制是通过操纵手柄转换开关  $SA_2$  和机械联动机构控制相应的位置开关  $SQ_3$ 、 $SQ_4$ 、 $SQ_5$ 、 $SQ_6$  动作,从而使接触器  $KM_3$  或  $KM_4$  得电,实现控制  $M_2$  的正转或反转,并且工作台在 6 个方向上的进给运动是有联锁的,不能同时接通。由于工作台的快速移动采用的是点动控制,所以松开  $SB_3$  或  $SB_4$ (两地控制)按钮,快速移动将停止。

冷却泵  $M_3$  的控制是由组合开关  $QS_2$  来实现,没有使用接触器控制,因此控制电路中不用表示。

铣床的照明是由变压器提供 24V 的安全电压,由开关  $SA_4$  来控制,熔断器  $FU_5$  用作照明电路的短路保护。

③将绘制的原理图按实物编号。

④将绘制好的电气控制线路草图与实际控制线路进行仔细查对,检查是否正确,对不正确的地方加以修改。

(4)检查绘制的电气控制线路草图的操作控制与实际操作的电器动作情况是否一致,如果与实际操作情况完全一致,最后将草图绘制成完整的电气原理图,如图 9-3 所示。



**提示:**检查方法很多,最常用的是按电路的工作原理或流程依次进行。在检查中还要注意布置是否合理,图形是否有错误,连线是否正确,标注和注释是否有遗漏等,最后完成全图。

(5)根据已绘制完成的电气原理图和实际电气安装位置绘出电气布置图(如图 9-1)、电气安装接线图(如图 9-2)。

(6)根据实际电气元件所标注的型号、规格和统计所得元气件的数量列出电气元件明细表,见表 9-1。

获取更多资料 微信搜索蓝领星球

## 10

# 测绘固定板、支架、轴、套、联轴器等 机电装置的零件图及简单装配图

## 一、零部件测绘的基本知识

对现有的零部件进行测量、绘图,并整理出零部件图和装配图的工作过程,称为测绘。在实际生产中,对原有的机器进行维修或技术改造时,需要测绘;设计新产品或是仿造时,也要测绘有关机器的局部或全部,以供设计参考。

测绘的方法一般分为几个步骤:了解测绘对象和拆卸零件、画装配示意图、画零件草图、画部件装配图和画零件工作图。

### (一) 了解测绘对象和拆卸零件

#### 1. 了解测绘对象

要搞好测绘工作,首先要对部件进行全面的了解和分析。通过观察实物,参阅有关图纸、资料等方法,了解部件的用途、性能、工作原理、装配关系和结构特点等。

#### 2. 拆卸零件

在初步了解部件的基础上,可依次拆卸各个零件,通过对零件的作用和结构的分析,可以进一步了解部件中各零件的装配关系,同时应特别注意分析零件之间的配合关系,弄清其配合性质(如间隙配合或过盈配合等)。拆卸时,对部件中的某些零件,如是过盈配合零件,在不影响测绘工作的情况下,一般可以不拆。为了避免零件在拆卸过程中丢失或产生混乱,一方面要做到妥善保管零件,另一方面可对各零件进行编号,并做出相应的记录。

### (二) 画装配示意图

对于较复杂的部件,应先画出它的装配示意图,用来记录部件中各个零件之间的装配关系,以备作为重新装配部件或是将来画装配图时的参考。

### (三) 画零件草图

测绘零件的工作,经常要在机器现场进行。由于受现场条件的限制,一般需要先画出草图,即用徒手、目测的方法,按实物大致比例画出零件图。零件草图是将来画部件装配图和零件工作图的重要依据,因此,画零件草图时,必须要仔细,认真。如果出现错误和遗漏,那将会给后续的工作带来很多困难,甚至对生产造成不必要的损失。对画零件草图的具体要求是:图形要正确,表达要清晰,尺寸要完整,图面要整洁,线型要分明,并注明技术要求等有关内容。

测绘时,对于标准件(如螺母、螺栓、垫圈等)可不画零件草图,只需测得几个主要尺寸,再从相应的标准中查出规定型号,将这些标准件的名称、数量和规格型号列表即可。除了标准件以外的一般零件都应该测绘,并画出草图,具体方法如下:

### 1. 画零件的视图

测绘零件画草图时,应该针对零件的结构特点,先抓住零件主要部分的表达,然后再考虑次要部分,对每个基本视图和其他视图都应该有重点地表达。这样,一组视图相互配合,使零件的表达既完整、清晰,又不至于多余、复杂。此外,视图的选择还要兼顾到合理地利用图幅。

### 2. 标注尺寸的选择

在零件图上标注尺寸时,除了要完整、清晰以外,还应注意下面几个问题:

(1)要从设计和加工的要求出发,恰当地选择尺寸基准。

(2)切削加工部分的尺寸标注,要尽量地符合加工要求和测量方便。

(3)不需要切削加工的部分,可按形体分析来标注尺寸。

(4)对于部件中两个零件有联系的部分,尺寸基准要统一;两个零件相配合的部分,尺寸标注应相同。

(5)对于重要的尺寸(如定位尺寸、配合尺寸,以及保证加工精度和性能的尺寸等)都要直接标注出来。

(6)标注尺寸还要考虑零件的结构,对于零件内腔与外形的尺寸,应分别标在视图的上、下两边。



**提示:**标注尺寸要绝对避免尺寸封闭。在尺寸链中要有一个尺寸不标注,而由其他相关的尺寸制约。

### 3. 尺寸的测量

在零件测绘的过程中,最重要的就是尺寸测量。在徒手画出零件的视图以后,先要根据完整、清晰、合理标注尺寸的要求,确定尺寸基础,合理地布置尺寸界线和尺寸线,然后就要着手进行测量。这样不仅可以避免测量时遗漏尺寸,还可以提高测绘的速度。测量零件的尺寸应注意以下几点:

(1)测量时,要根据零件的精确程度选用相应的量具。

(2)对于有配合关系的零件尺寸,如:孔与轴的配合,一般只需要测量出它的实际尺寸;至于其配合性质和相应的公差,应在分析考虑后,再查阅相关的手册确定。

(3)对于没有配合关系的尺寸或是不太重要的尺寸,则允许将测量所得的尺寸适当取整。

(4)对于标准结构的键槽、螺纹以及齿轮的轮齿等,其测量结果应与标准值进行核对,一般均采用标准的结构尺寸,以利于生产制造。

### 4. 确定材料和技术要求

测绘零件草图时,还要根据实物的具体情况,结合有关资料的分析,初步确定零件的材料以及有关技术要求。如:尺寸公差、表面形状和位置公差、表面光洁度、热处理、表面修饰的说明等。

常用的金属材料有碳钢、铸铁、铜、铝及其合金等。它们的牌号和应用范围,可见附表7、8。一般来说,承受摩擦的衬套零件,常选用青铜;泵轴则选用中碳钢,并经过热处理。(可参阅

理论知识中的相关知识)



提示:测绘时,对于零件表面粗糙度的判别,可使用粗糙度样板来比较,也可以参考同类零件粗糙度的要求来确定。

#### (四)画部件装配图

##### 1. 装配图的视图选择

在画装配图之前,首先要确定表达方案,即选择好主视图后,再确定其他视图。一般选择视图要从以下几方面考虑:

(1)考虑机器部件工作的位置 主视图的位置应该与部件的工作位置相符合,这样对于设计图纸和指导装配都会带来很大的方便。

(2)考虑如何能更好地反映各部件之间的装配关系、工作原理和形状特征 首先要选择能够清楚地反映各部件之间的主要装配关系和工作原理的那个视图作为主视图,并采用适当的剖视画法;然后再选择其他视图来补充主视图中还未表达清楚的装配关系、工作原理和形状结构特征。

当选择好视图的表达方案以后,就要确定图样的比例和图幅的大小。在布置视图时,应该考虑到各视图之间要留有适当的空隙,以便标注尺寸和编写件号,图幅右下角应留有画标题栏和明细表的地方。

##### 2. 画装配图的步骤

(1)画出各个基本视图的中心线和作图基线。

(2)画出主体件或装配干线上主要零件的主要轮廓,作为画其他零件的基础。

(3)从主视图开始,按照装配关系逐个画出各个零件的视图,要特别注意画图顺序。对于有投影关系的各个基本视图,应联系起来同时画,如:画油泵的内、外转子就应该先画主视图,再按投影关系画出其左视图。

(4)画出俯视图和局部视图,并画全各个视图中的每个细节。

(5)标注尺寸及编写零件号,对有配合关系的尺寸在装配图上还要标注配合代号。

(6)对各视图检查无误后,可加深图线。最后要填写标题栏和明细表,并注写技术要求。

#### (五)画零件工作图(零件图)

零件工作图是根据零件草图和部件装配图整理绘制出来的,是直接指导零件生产的重要文件,它包括了制造该零件所需的一切技术资料。从零件草图到零件工作图不是简单地重复照抄,它可以根据测绘过程中人们对零件认识的逐步深入,而对视图、尺寸和技术要求等方面的内容,逐步地加以调整和充实,使零件工作图更加完善、合理。

## 二、测绘几种典型零件及简单装配图

### (一)轴套类零件

如图 10-1 所示的轴、图 10-2 所示的衬套以及轴承套、套筒等,都属于轴套类零件。

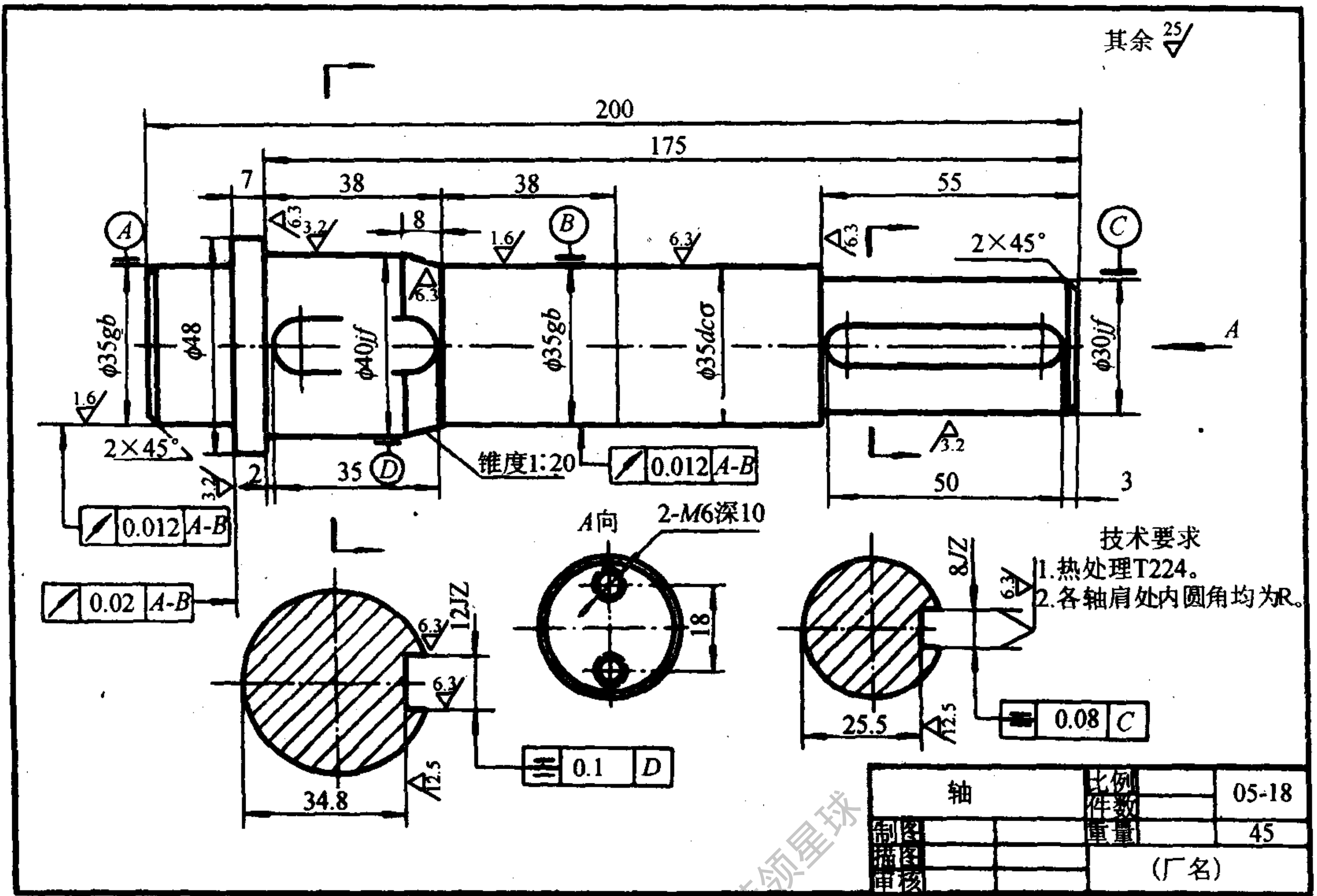


图 10-1 轴的零件图

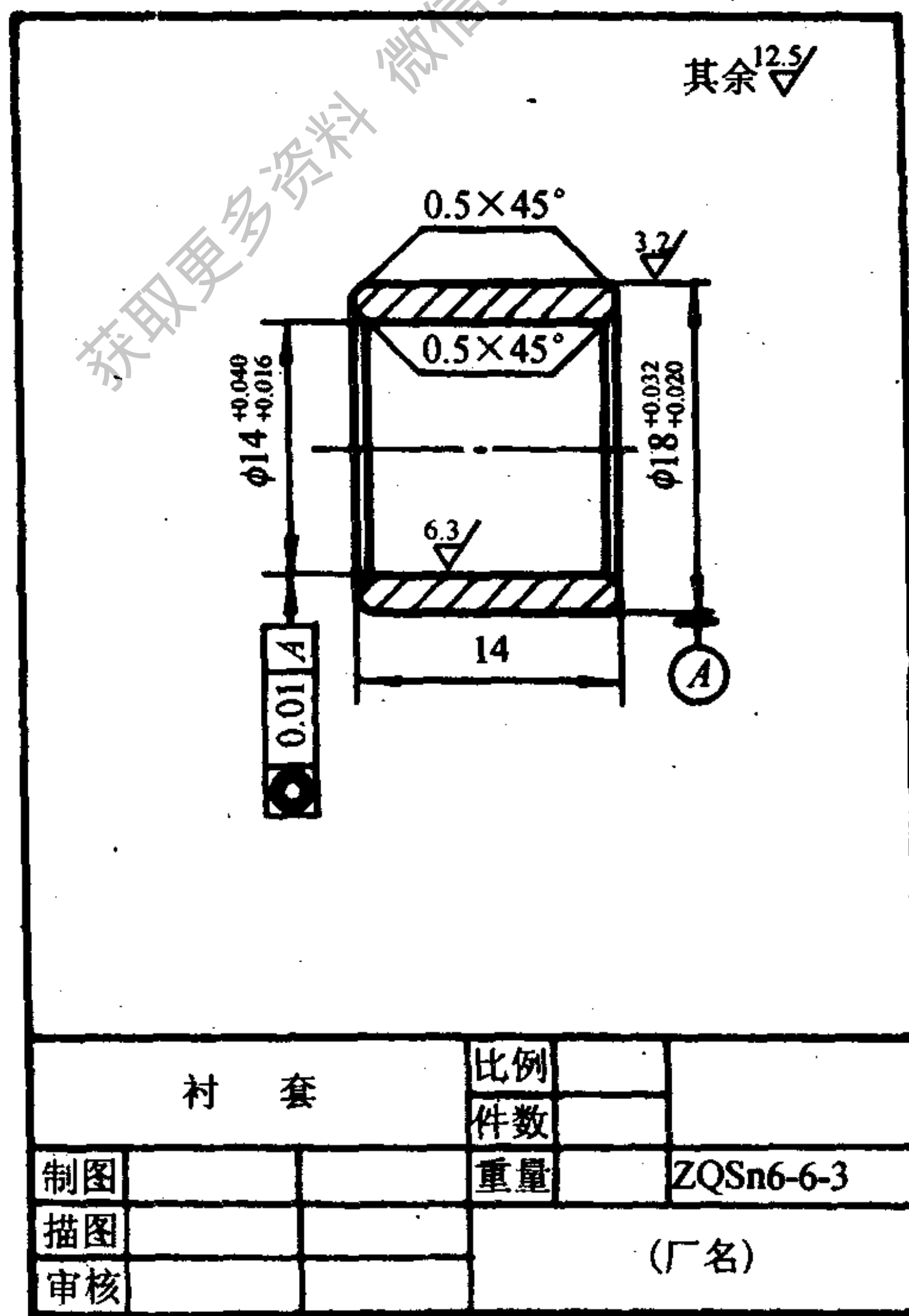


图 10-2 衬套的零件图

由于轴套类零件一般都要在车床上加工,所以选择主视图时,常把轴线处于水平位置。另外,它们的主要结构都是同一轴线上几段不同直径的回转体,一般只需用一个视图就可把各段回转体表达出来。因此,零件上的局部结构,如键槽、中心孔、轴端螺孔、销孔、轴肩构造等,都可采用局部剖视、剖面、局部视图、局部放大图表达。图 10-1 中就用 A 向局部视图表达了右端面上的两个螺钉孔。



**提示:**在标注尺寸时,轴套类零件高度和宽度方向的主要基准都是回转轴线,由此可标注径向尺寸;长度方向的主要基准是重要的端面。

## (二) 钣金类零件

钣金类零件是由金属板材通过模具冲孔、落料、弯形、拉延等冲压成形,其生产效率高,零件轻巧。钣金件的画法有以下几个特点:

(1) 钣金件的弯折处,为避免断裂,一般都有小圆角。有时在圆角处还冲出带棱的凸筋作加强用。这类零件的尺寸注法,一般仍按形体分析注出,但对某些结构,应加注解,以便于读图。如图 10-3 中所示的“2 处凸筋”。

(2) 钣金件上的孔,一般都是通孔,在不致引起误会时,只在反映实际形状的那个视图中画出,而在其他的视图中就不必表示了。如图 10-3 所示。

(3) 钣金件的板厚一般都在 0.3~3mm 左右,由于板料薄,厚度常采用夸大画法画出。

(4) 钣金件在投影中,如果板的厚度被挡住,则应在各个视图上用虚线将板的厚度表达出来,如图 10-4 所示。

(5) 由于钣金件孔、槽多,为使视图清晰、明了,因此在投影时,有的只画出单面投影,即使在一面的投影中能见到后面的部分,一般也省去不画,即可作为局部视图绘制,如图 10-4 所示。

(6) 当孔的形状和位置在一个视图上表示清楚时,有时为了方便标注尺寸,可在其他视图上不表示其形状和位置的同时,只用中心线表示孔径的所在,此时表示孔径的虚线可省略,如图 10-4 中的主视图所示。

(7) 钣金件的薄板零件可以在表面展开图上标注尺寸,钣金展开图上需要弯曲的位置要用细实线表示,如图 10-5 所示。

## (三) 联轴器

联轴器的功用是把两根轴联接在一起。机器在运转时,两根轴是不能分离的,只有在机器停转后,并经过拆卸才能把两轴分离。联轴器根据结构不同可分为下列几种:

### 1. 固定式联轴器

在固定式联轴器中应用最广的是凸缘式联轴器,如图 10-6 所示。它是将两个带有凸缘的半联轴器用键分别与两根轴相连接,然后再用螺栓将两个半联轴器联接成一体,以传递运动。

由于凸缘式联轴器是属于固定式的刚性联轴器,对所连接的两轴之间的偏移,缺乏补偿能力,所以对两轴的对中性要求很高。但由于其结构简单,使用方便,可传递较大的扭矩,因此在低速、无冲击和轴的刚性、对中性较好的场合,应用较广泛。

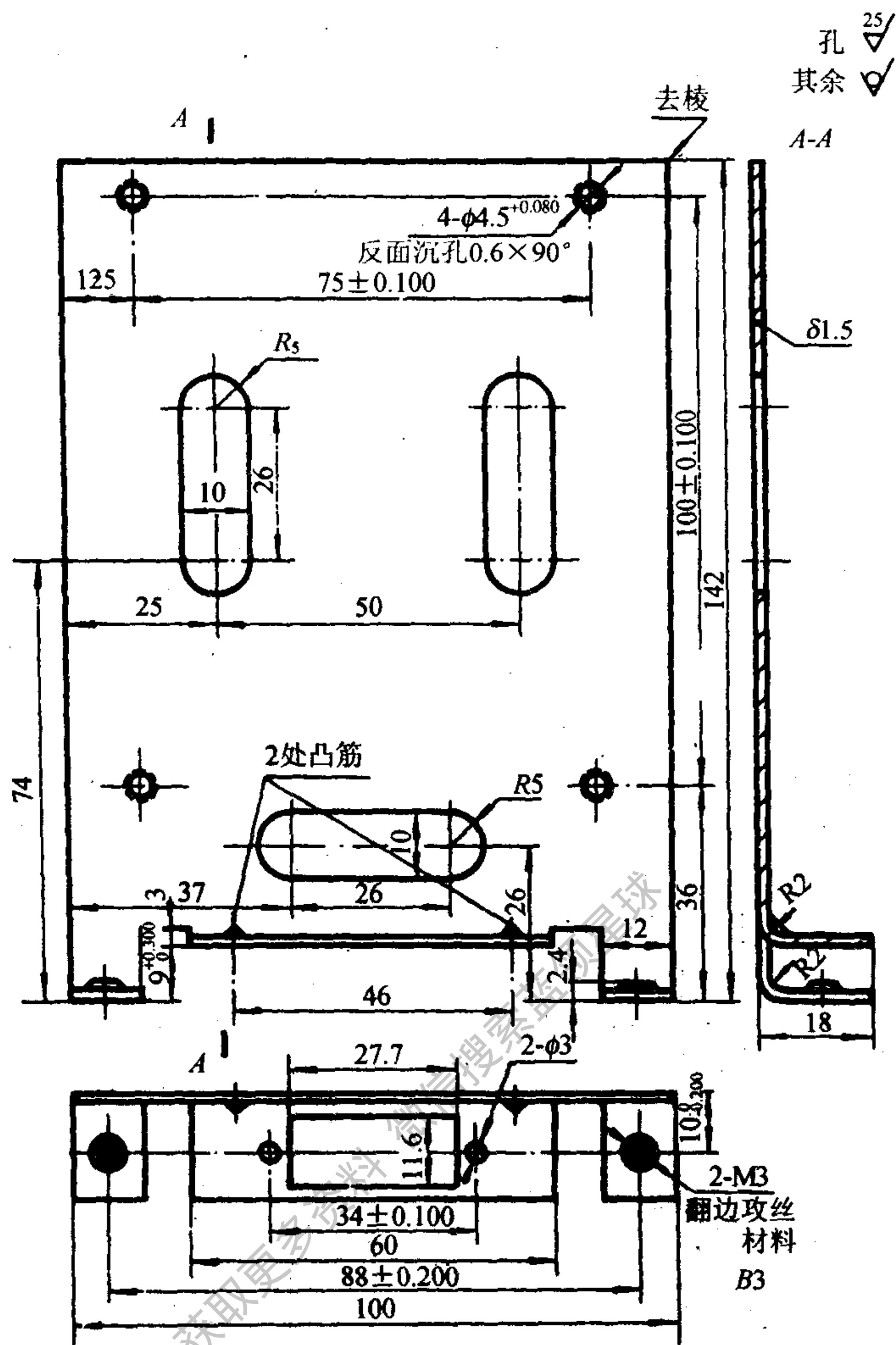


图 10-3 支架的零件图

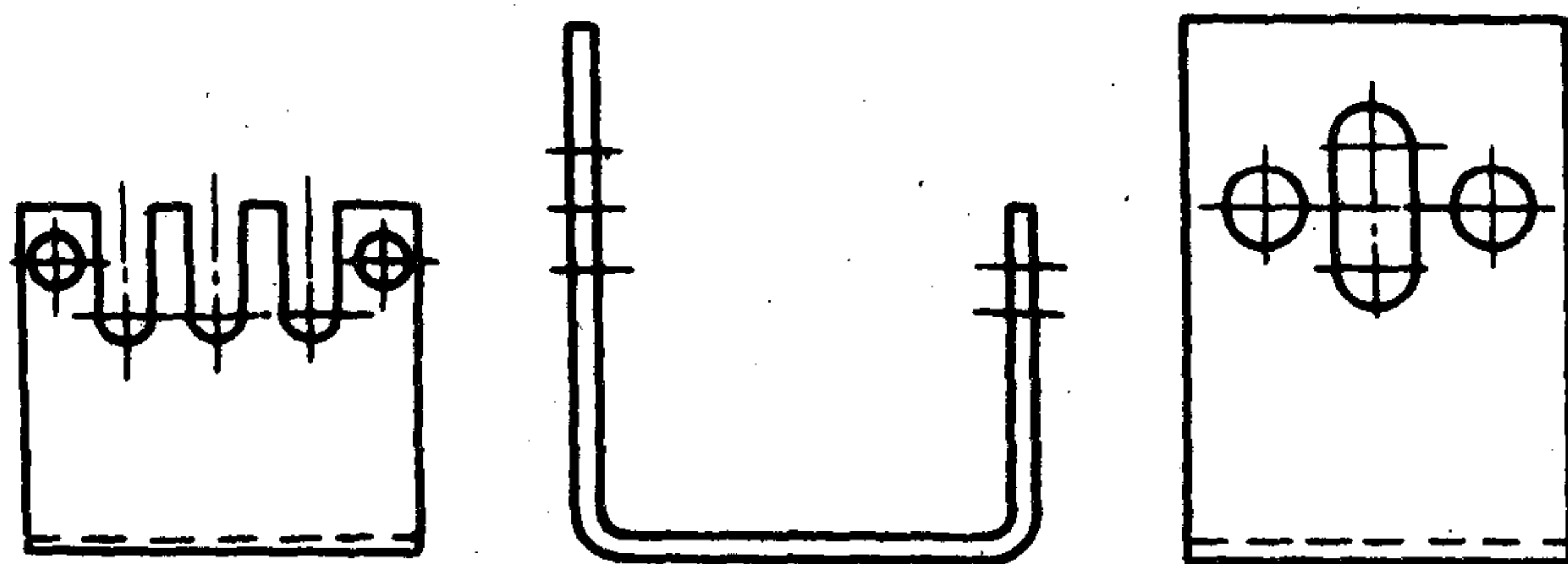


图 10-4 固定板的零件图



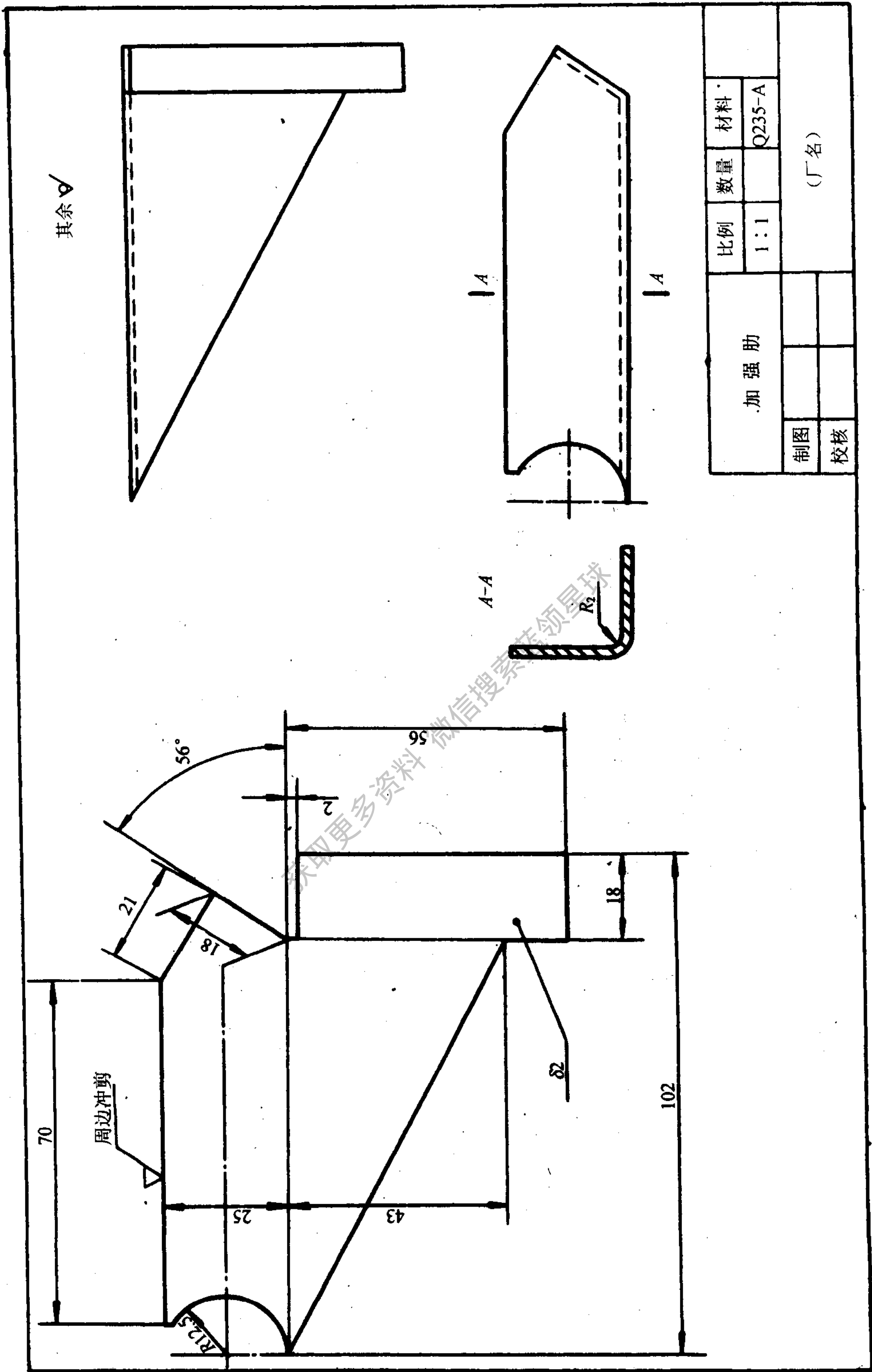


图 10-5 加强肋零件图

## 2. 可移式联轴器

如果因为某种原因,如安装和制造过程中造成的误差或是零件在工作中的变形等,不能使被联接的两轴严格对中,总会存在某种程度的相对位移和偏斜,这时需要选用可移式联轴器。常用的可移式联轴器分为刚性和弹性两类。可移式刚性联轴器是依靠联轴器中刚性零件之间的活动度,来补偿两轴之间产生的位移和偏移,它分为图 10-7 所示的齿轮联轴器 and 图 10-8 所示的十字滑块联轴器。可移式弹性联轴器是依靠联轴器中弹性零件的变形,来补偿两轴之间产生的位移和偏斜,它分为图 10-9 所示的弹性圈柱销联轴器和图 10-10 所示的尼龙柱销联轴器。

## 3. 安全联轴器

在机器过载受冲击时,为了避免薄弱环节零件受到损坏,所具有的一种安全保护装置,如图 10-11 所示。当机器过载或承受冲击载荷超过额定值时,联轴器中的联接件(销)即自动断开。这类联轴器由于销被切断后,必须重新更换销才能工作,因此多用于偶然性过载的机器上。

## 4. 万向联轴器

万向联轴器主要用于两轴交叉的传动。在两轴有角度偏移的传动中,主动轴旋转一周,从动轴也旋转一周,但两轴的瞬时角速度不相等。即主动轴以等角速旋转时,从动轴以变角速旋转。角度偏移  $\alpha$  越大,则从动轴角速度变化也就越大,一般角度偏移  $\alpha$  可达  $35^\circ \sim 45^\circ$ ,如图 10-12 为万向联轴器。它是由两个具有叉状端部的万向接头 1、3 和一个十字销 2 组成的。两轴与联轴器用销钉连接,通过十字销来传递扭矩。

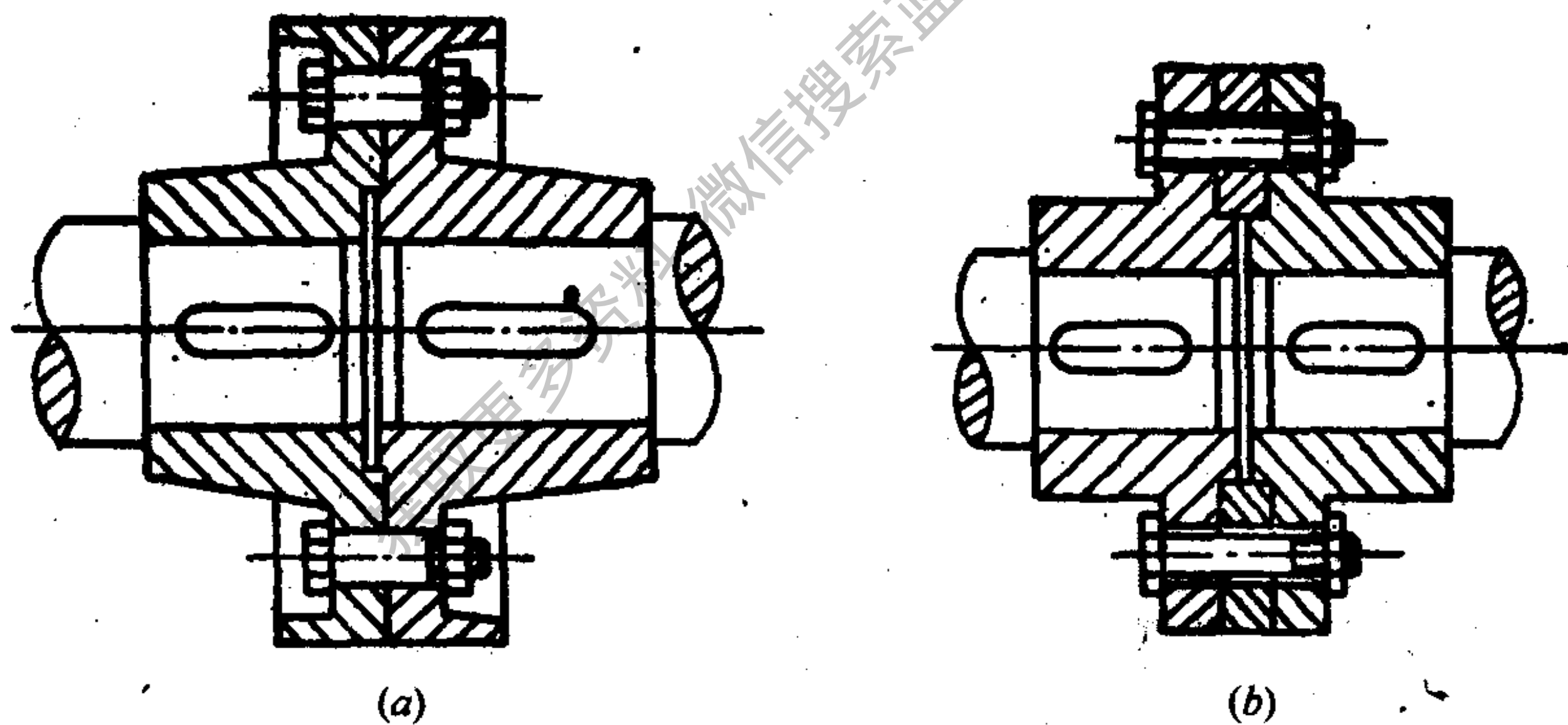


图 10-6 凸缘式联轴器

(a) 凹槽配合 (b) 剖分环配合

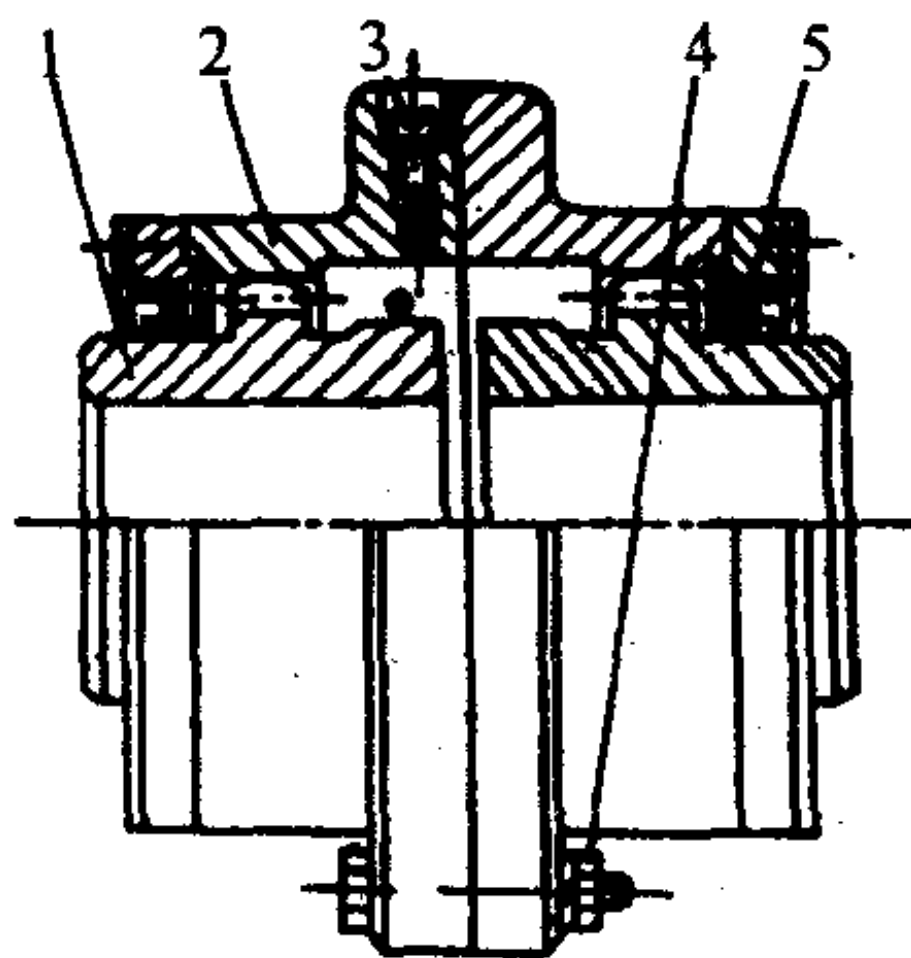


图 10-7 齿轮联轴器

1-套筒 2-外套筒 3-注油孔 4-螺栓 5-密封圈

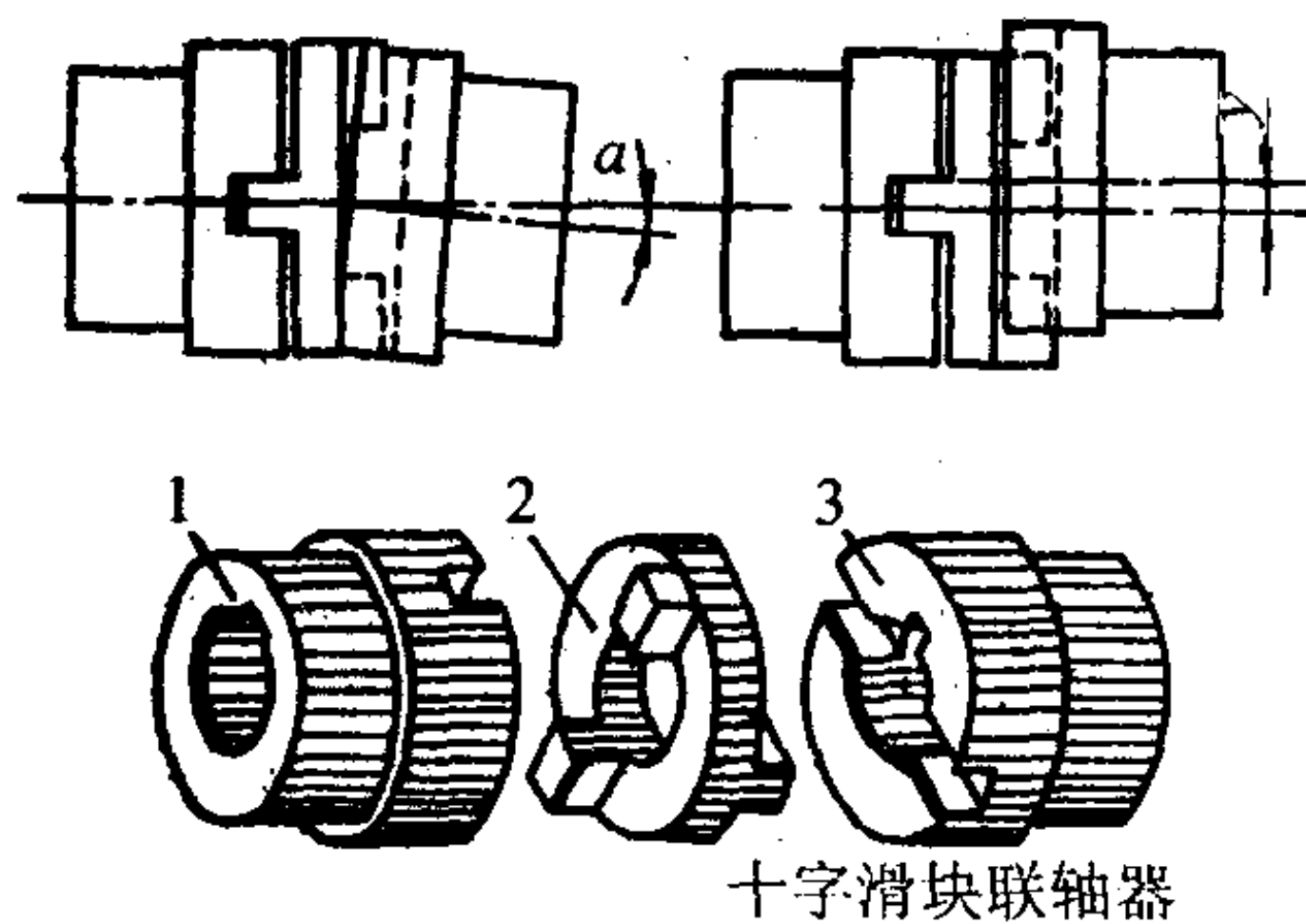


图 10-8 十字滑块联轴器

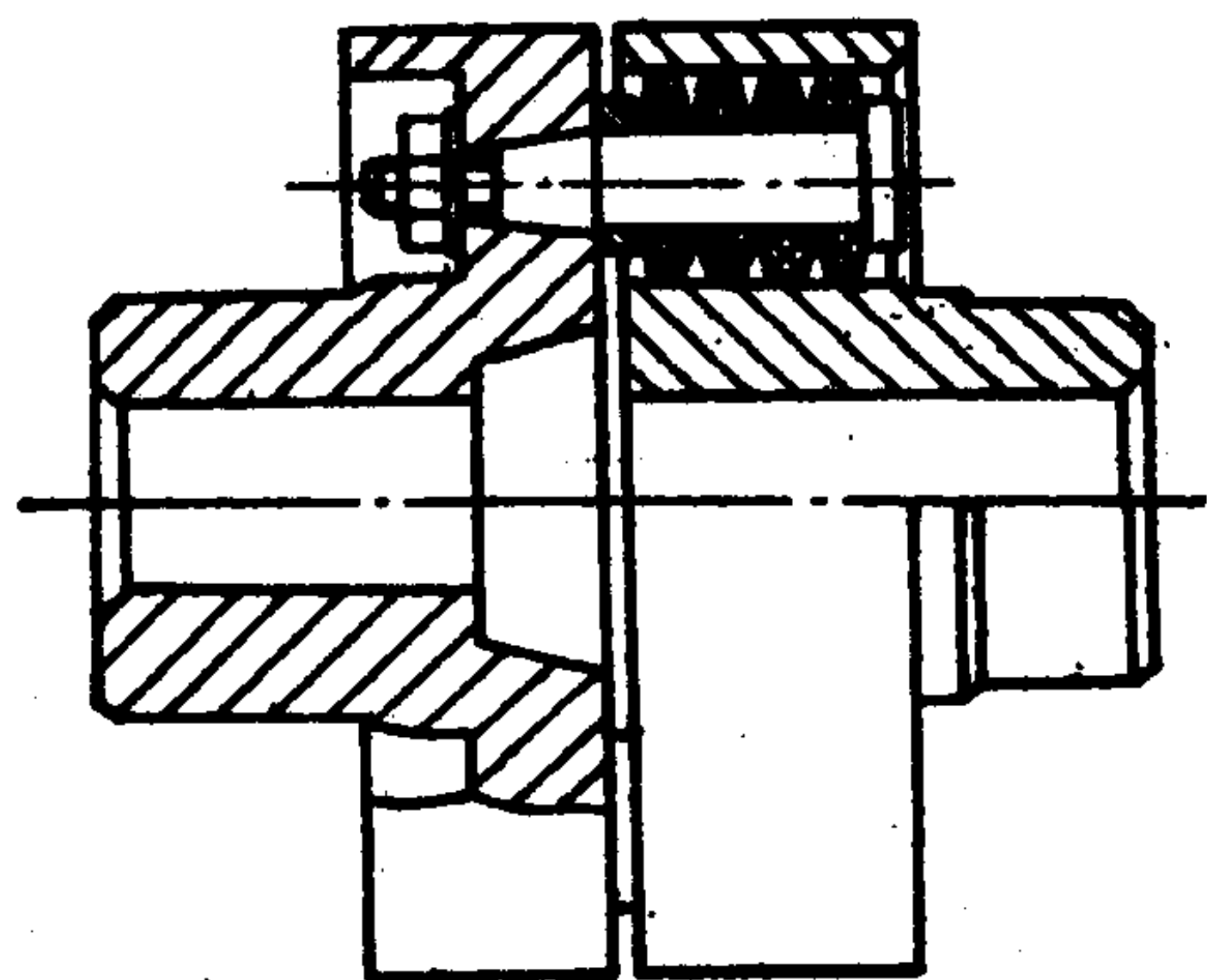


图 10-9 弹性圆柱销联轴器

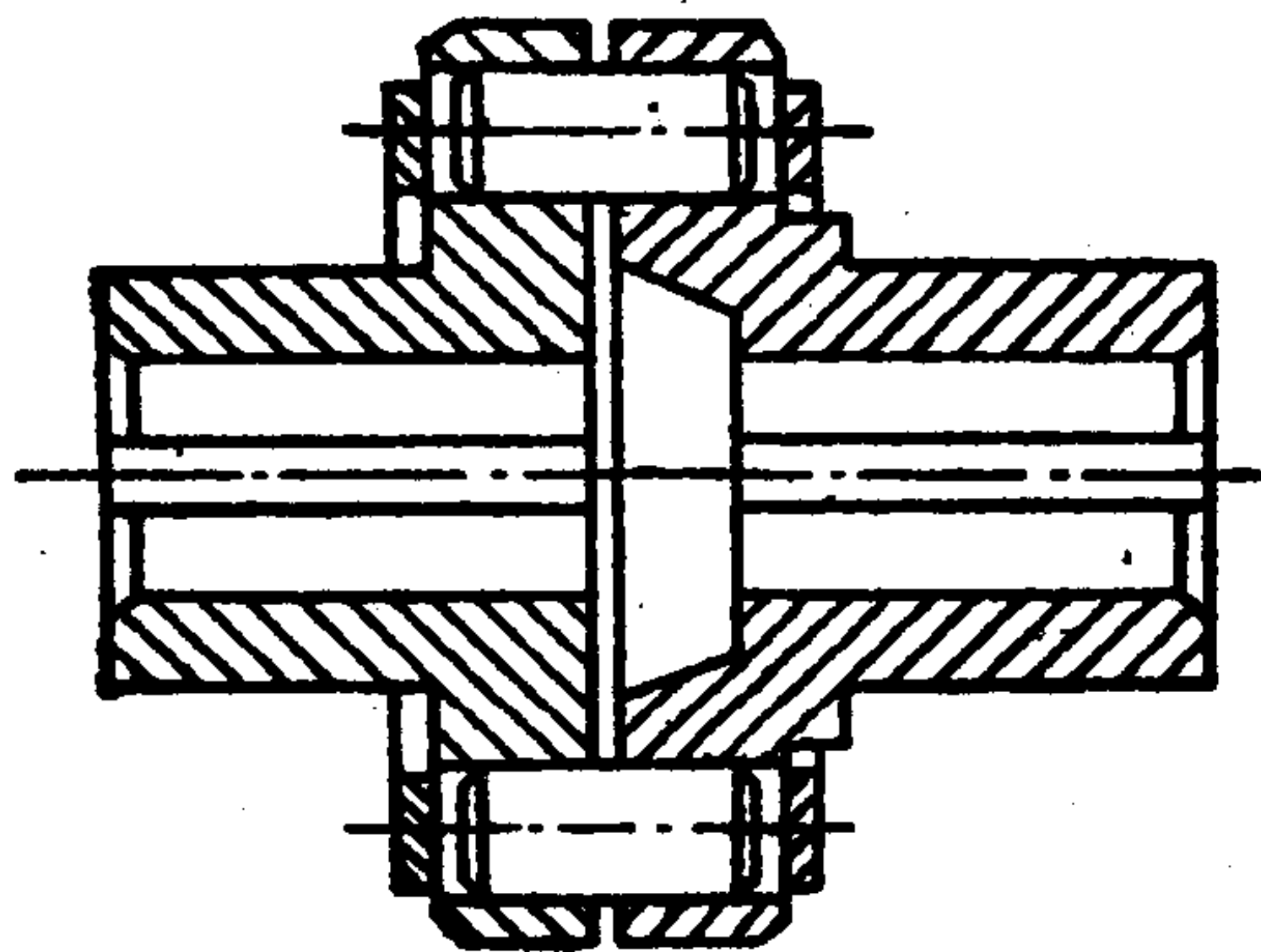
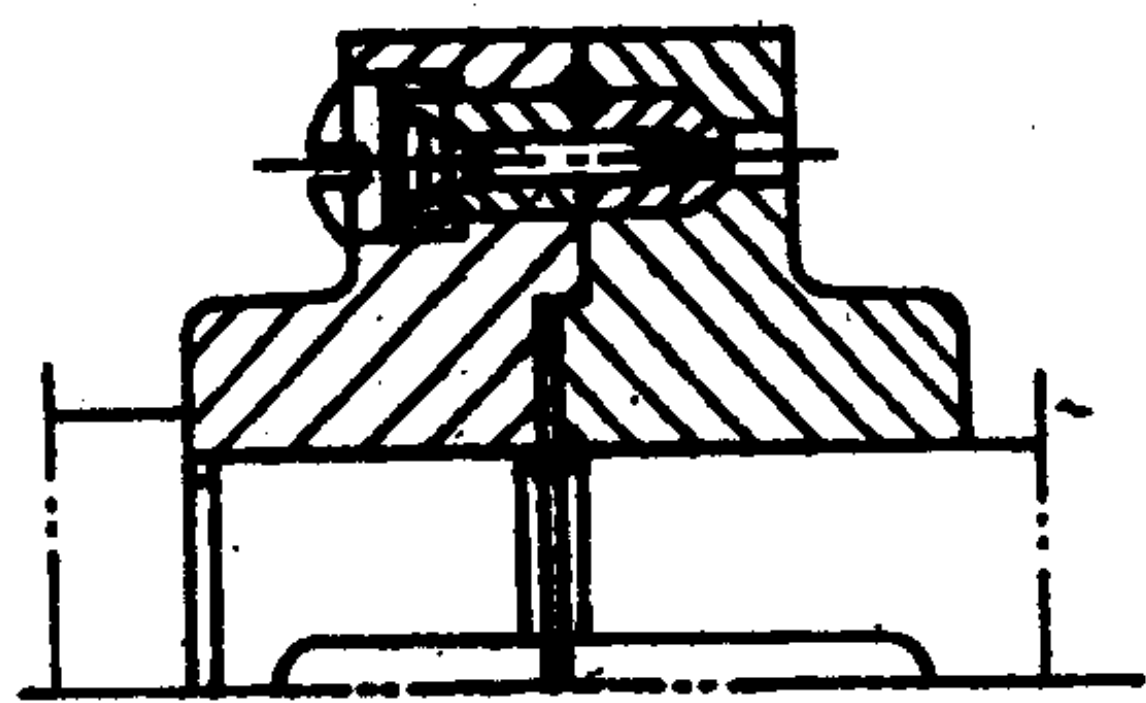
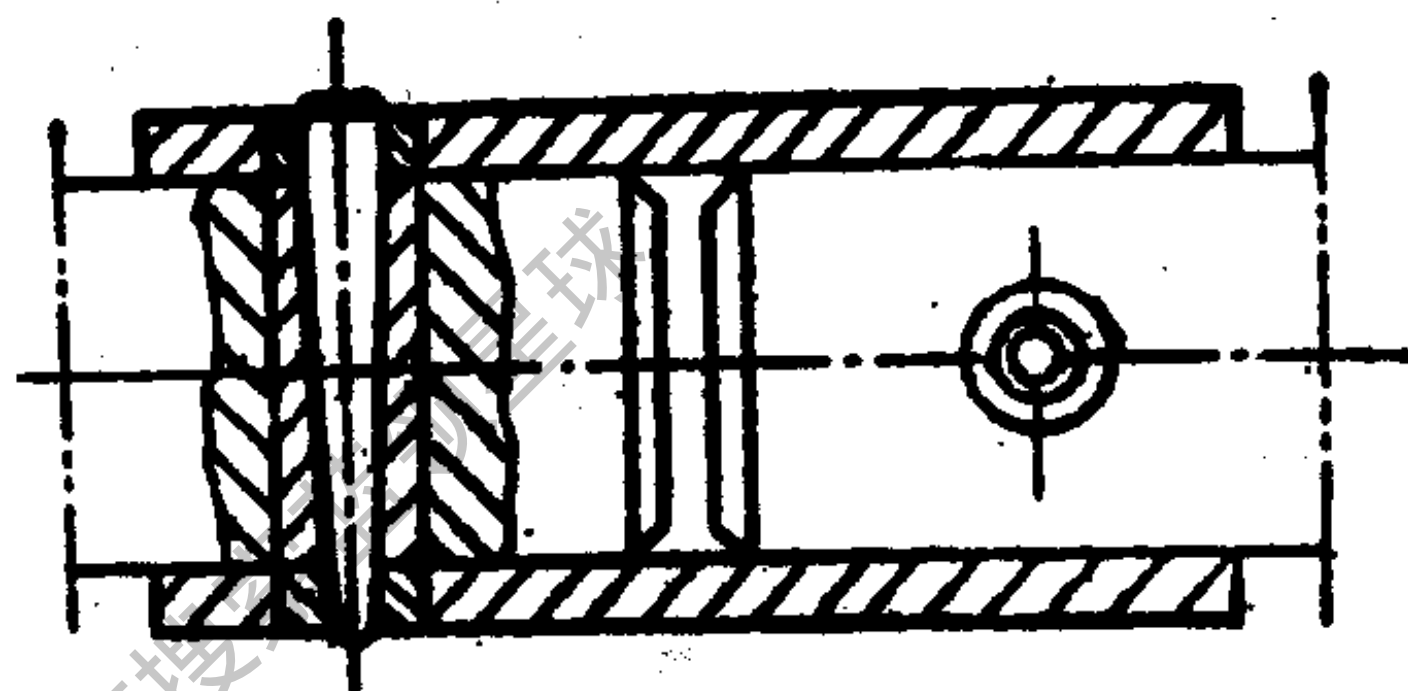


图 10-10 尼龙柱销联轴器



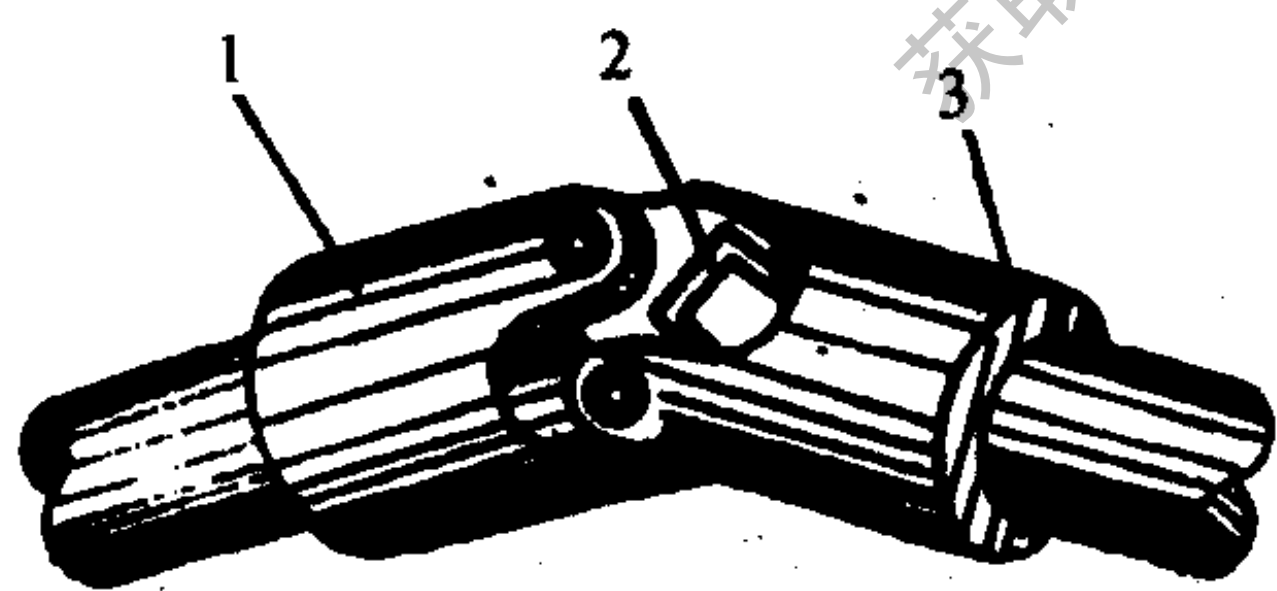
(a)



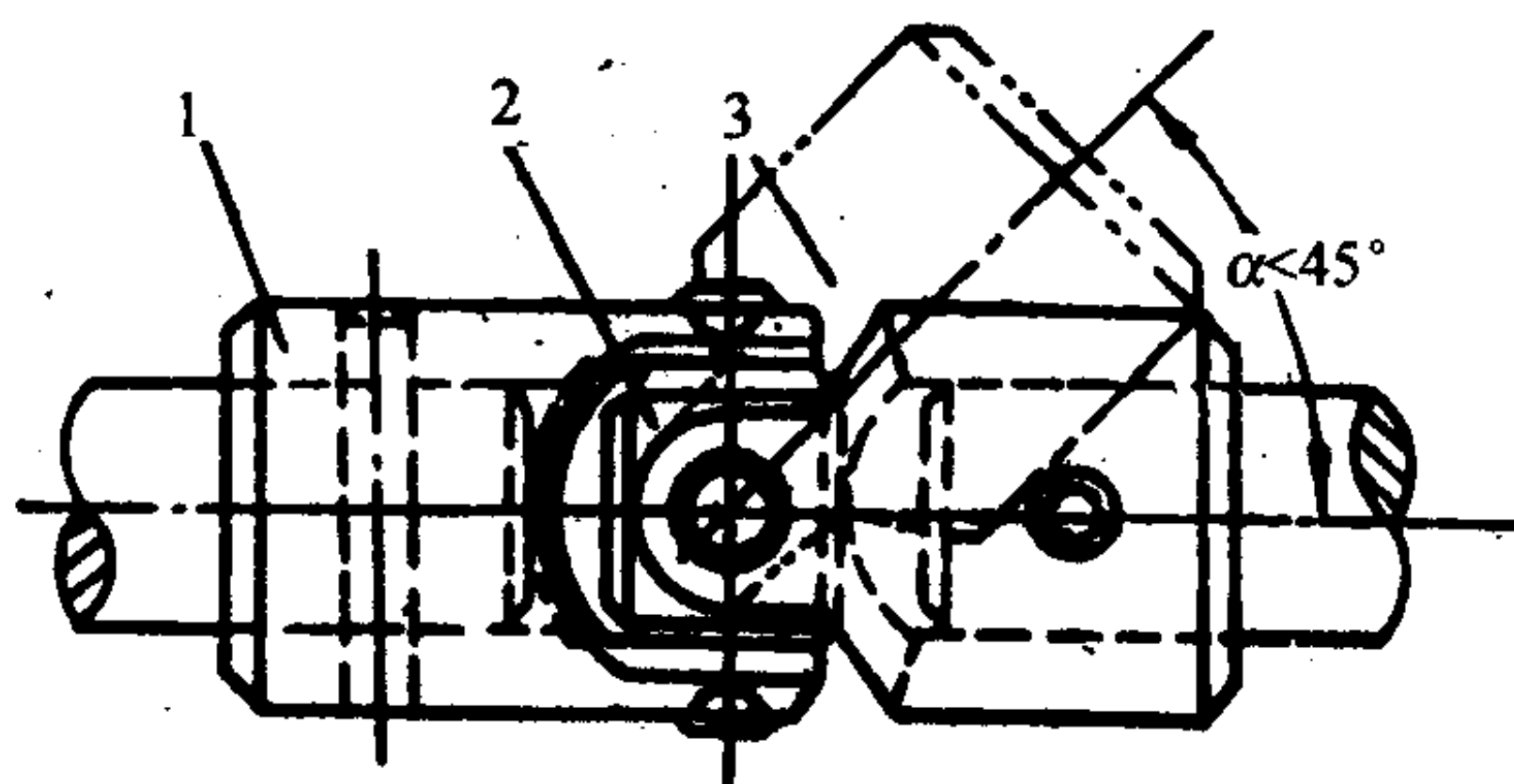
(b)

图 10-11 剪销式安全联轴器

(a) 法兰盘式剪销 (b) 套筒式剪销



(a)



(b)

图 10-12 万向联轴器

(a) 结构示意图 (b) 结构图

#### (四) 简单装配图

下面以机用虎钳装配图为例,介绍简单装配图的画法。机用虎钳的结构图,如图 10-13 所示。

##### 1. 分析装配关系和工作原理

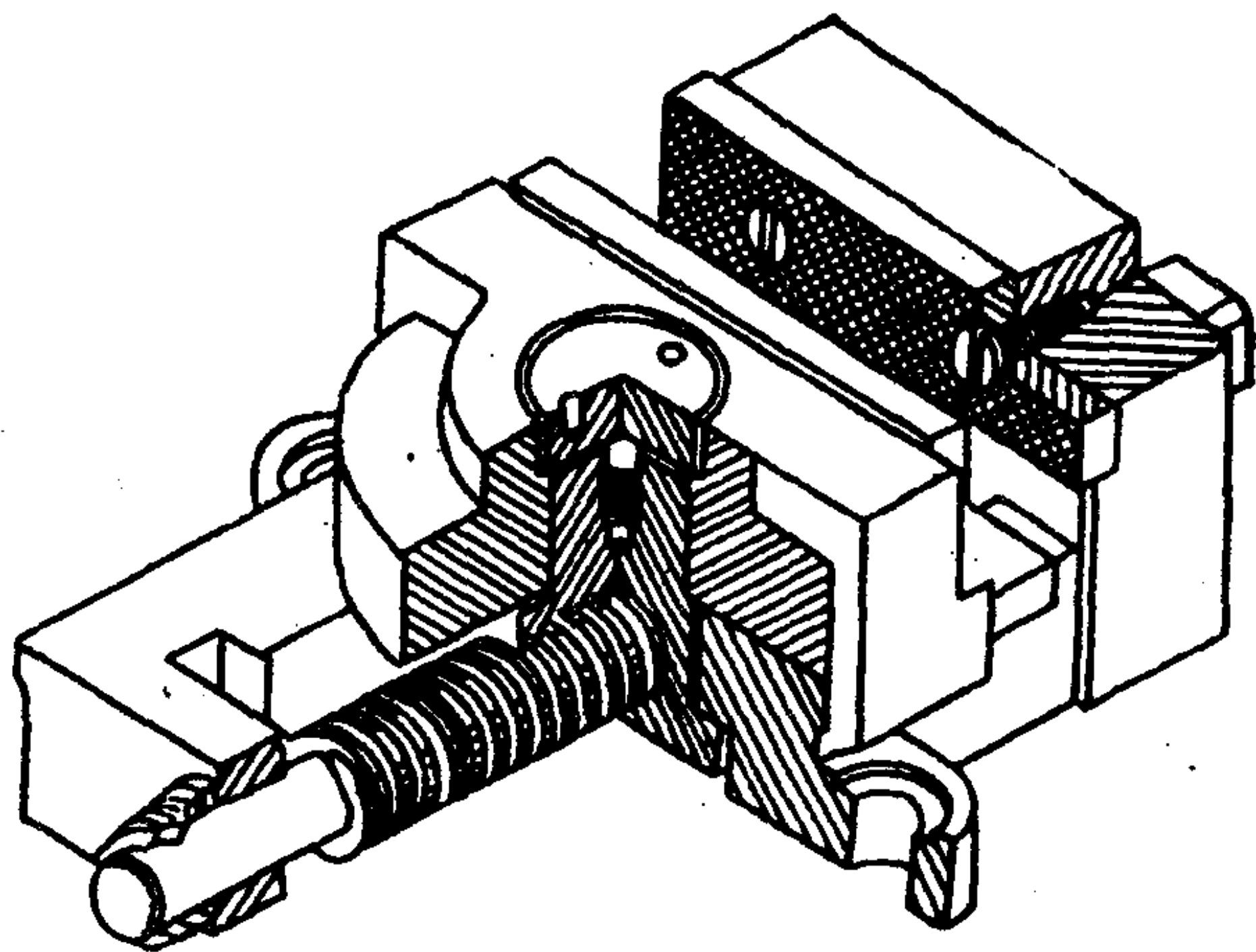


图 10-13 机用虎钳的结构图

图 10-14 是机用虎钳的拆装分解图。从图中可看出,螺杆 7 的左右端均支撑在固定钳身 2 上。为了使螺杆 7 在固定钳身上只能转动,而不能轴向移动,除了螺杆右轴肩限制外,左端用圆柱销 9 把挡圈 10 固定在螺杆上。为了避免螺杆 7 在旋转时,螺杆的台肩和挡圈 10 与固定钳身 2 的左右端面直接摩擦,两端各安上了垫圈 1 和 8。

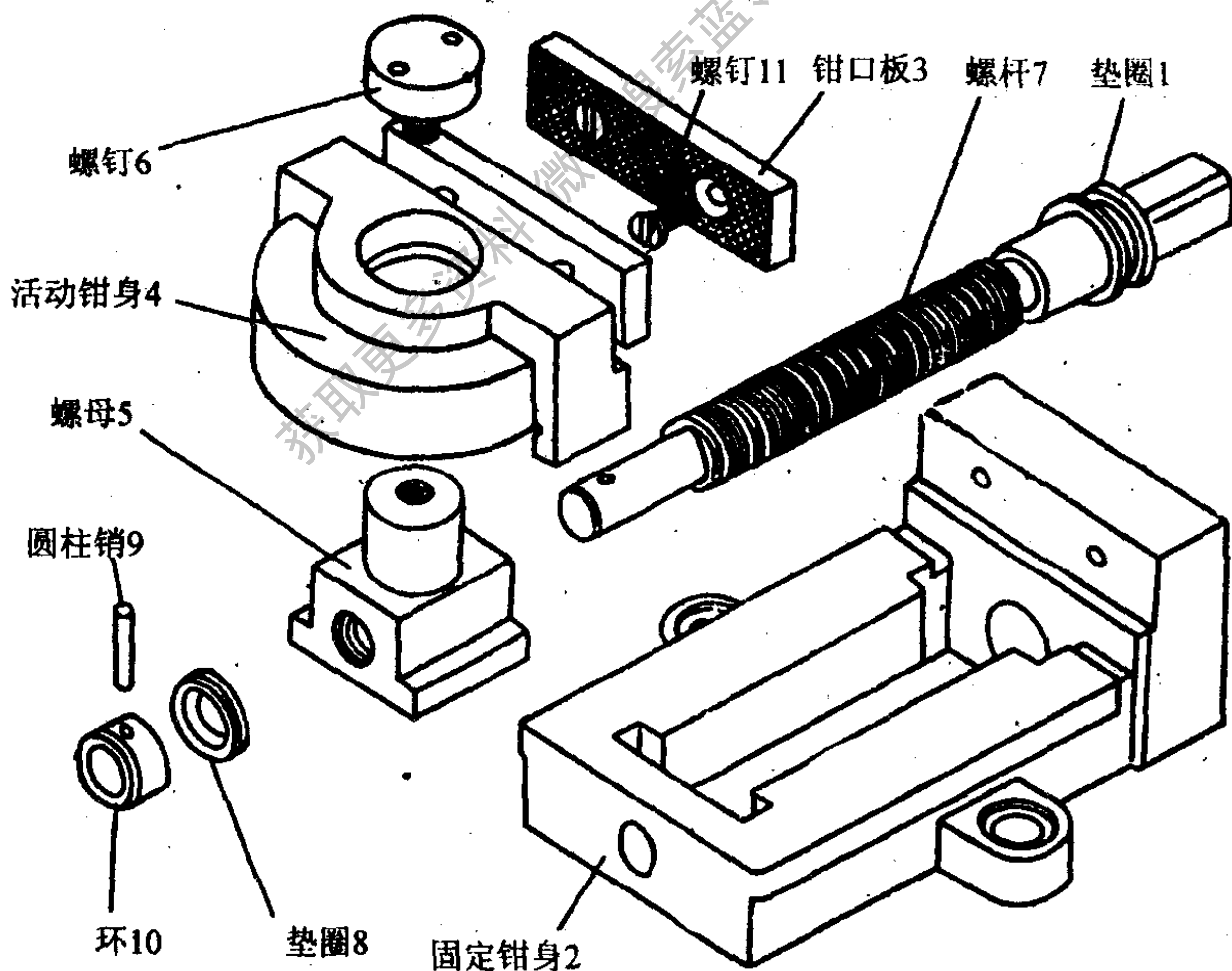


图 10-14 机用虎钳的分解图

活动钳身 4 的底面和固定钳身 2 接触,螺母 5 的上部装在活动钳身 4 的孔内,依靠螺钉 6 将活动钳身 4 和螺母 5 固定在一起。这样螺杆 7 在转动时,螺母 5 带动活动钳身 4 作轴向移动,从而使机用虎钳的钳口闭合或张开,把工件夹紧或放松。

螺母 5 下方突出的台阶与固定钳身 2 接触,保证了螺母 5 不转动,活动钳身 4 两侧的凸缘

与固定钳身 2 接触,防止在夹紧工件时转动。

机用虎钳的钳口是夹紧工件用的,要求耐磨,因此在两个钳身上各镶上一块钳口板 3,用两个沉头螺钉 11 固定在钳身上。

## 2. 拆装顺序

拆卸零件时,先拧下螺钉 6,取下活动钳身 4,再拆下圆柱销 9,挡圈 10,垫圈 8,拧出螺杆 7,从下面拆下螺母 5。最后拧出沉头螺钉 11,拆下钳口板。如图 10-14 所示。

装配零件时顺序相反,逆向装配即可。

## 3. 确定视图

机用虎钳装配图采用的是主视、左视、俯视三个基本视图以及剖面图、局部剖视图,见图 10-15 所示。

(1)主视图是全剖视图,表达了虎钳的结构组成和主要装配关系。主视图是沿着中间螺杆轴线剖切而画成。

(2)左视图是半剖视图,从“B—B”的标注可知,是沿螺母 5 轴线剖开,主要表示固定钳身 2、活动钳身 4 以及螺母 5 之间的接触情况,并表达了虎钳的外形和安装孔的形状。

(3)俯视图采用了局部剖视图,着重表示虎钳的外形和钳口板 3 的固定方法。

(4)A 向视图是单独画出钳口板 3 的形状,移出剖面图表示了螺杆 7 头部是方榫。

## 4. 测量并标注尺寸

如图 10-15 所示。除了外形尺寸、安装尺寸以外,还可以见 4 个装配尺寸  $\phi 14H9/f9$ ,  $\phi 26H9/f9$ ,  $\phi 24H9/f9$ ,  $\phi 80H9/f9$ , 它们均是基孔制的间隙配合;  $Tr26 \times 5$ ,说明螺杆 7 是直径为 26mm,螺距为 5mm 的右旋梯形螺纹;尺寸 0~70,说明钳口开合的长度小于或等于 70mm。

## 5. 注写标题栏和明细栏

如图 10-15 的右下方所示。



**提示:**在标题栏上方编制相应的明细栏,图形中零部件的序号应与明细栏中的序号一致。明细栏可直接画在标题栏上方,也可另外列出零部件的明细栏。

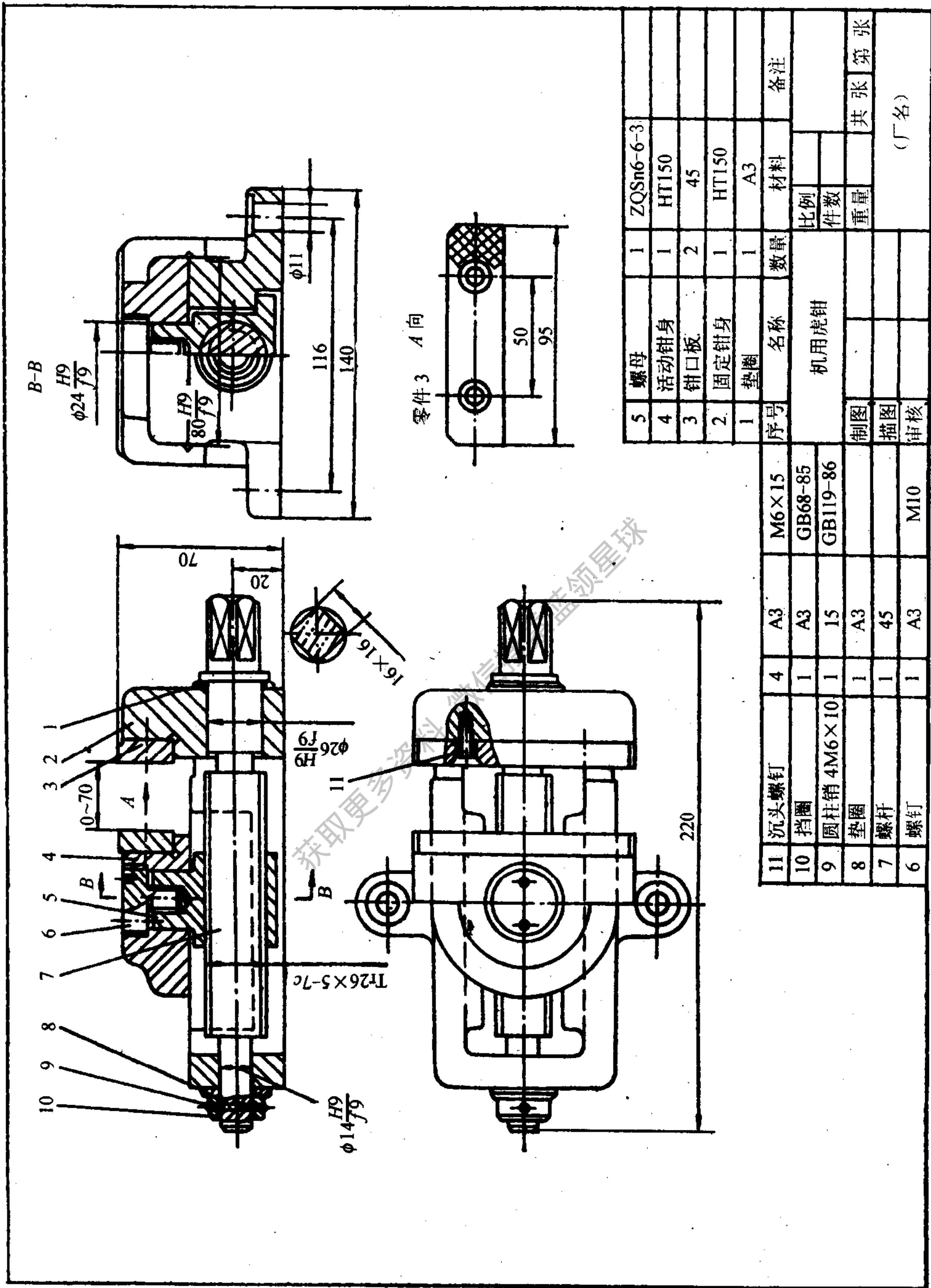


图 10-15 机用虎钳装配图

# 11

## 编制一般机械设备的电气修理工艺

### 一、小型异步电动机的修理工艺

#### (一) 电动机的拆卸

- (1) 拆卸皮带轮或联轴器。
- (2) 拆卸风罩、风扇。
- (3) 拆卸风扇侧轴承盖和端盖。
- (4) 拆卸轴伸端的端盖螺栓,把连同端盖的转子从定子铁心内小心抽出。
- (5) 将连同端盖的转子放在木架上。
- (6) 拆卸轴伸端的轴承盖螺栓,取下轴承外盖。



**提示:**若因轴承损坏而需更换时,才须将轴承从端盖中取下,否则不用拆卸。

#### (二) 电动机定子绕组的修理

绕组严重损坏或是绕组绝缘老化,无法局部修复时,就必须全部拆除旧绕组,重新制作并更换新绕组。

##### 1. 拆除旧绕组

- (1) 记录各种数据槽数、节距、每槽导线数、导线直径等。
- (2) 记录绕组的形状尺寸,制作线模。

##### 2. 手绕或线模绕线

##### 3. 嵌线与包扎

嵌线工艺的关键是保证绕组的位置和次序要正确,绝缘要良好。

- (1) 准备嵌线工具。
- (2) 按绝缘的结构形式、规格、用途准备各种绝缘材料。
- (3) 嵌入线圈。
- (4) 线圈端部成形。
- (5) 端部包扎。

(6)端部接线。

#### 4. 接线

(1)将线圈接成三相绕组。

(2)将各相绕组的始末端引出到端子盒。

#### 5. 干燥与浸漆

(1)预烘干。

(2)浸漆。

(3)烘干。

### (三) 轴承装配

(1)利用套筒安装轴承。

(2)用加热法安装轴承。

### (四) 电机的装配

将修复后的交流电机装配好,其步骤大体按拆卸步骤逆序进行。

### (五) 修理后的检查和试验

#### 1. 装配质量的检查

(1)所有螺钉是否拧紧。

(2)转子转动应灵活。

(3)引出线绝缘是否完好,接线是否正确。

(4)轴承是否松动。

#### 2. 绝缘电阻的测定

用摇表检查电动机与机壳之间的绝缘电阻应大于  $1\text{M}\Omega$  方可使用,大修更换绕组后的绝缘电阻应不低于  $5\text{M}\Omega$ 。

#### 3. 绕组直流电阻的测量

用双臂电桥测量直流电阻,测量时电动机应静止不动。

#### 4. 通电试验

(1)耐压试验 全部更换绕组后,应进行持续  $1\text{min}$  的耐压试验,以不击穿为合格。

(2)空载试验 在定子绕组上加额定电压,空载运行半小时以上并测量各个参数是否正常。

## 二、组合开关的修理工艺

(1)拆下手柄的紧固螺钉,取下旋转手柄,不允许硬撬,以免损坏机器。

(2)将支架上的紧固螺母拆下,依次取下顶盖、转轴弹簧和凸轮等操作机构。

(3)将绝缘杆抽出,之后取下绝缘垫板的上盖。

(4)将三对动、静触头拆下。所拆零件均应放在盛零件的容器中,以防丢失零件。

(5)检查各触头表面是否有磨损、烧毛、损坏,可酌情进行修理或更换。



- (6) 检查消弧垫是否磨损严重、转轴弹簧是否脱落,可酌情更换。
- (7) 按照拆卸的逆序进行装配。
- (8) 装配过程中,要注意动、静触头的相互位置及叠片连接得是否紧密。
- (9) 装配完毕,先检查旋转手柄的转动是否灵活,可正反向多次试验。
- (10) 再用万用表测量各对触头的通断情况,如果不合格,需重新拆装,直至合格。

### 三、交流接触器的修理工艺

#### (一) 拆卸

- (1) 拆下灭弧罩的紧固螺钉,将灭弧罩取下。
- (2) 将主触点的定位弹簧夹拉紧,然后取下主触点及其压力弹簧片。注意必须将主触点侧转 45°后取下。
- (3) 拆下常开辅助静触点的接线螺钉,取下辅助静触点。
- (4) 卸下接触器底部的盖板螺钉,取下盖板。
- (5) 将静铁心及其缓冲绝缘纸片分别取下。
- (6) 分别取出静铁心支架和缓冲弹簧。
- (7) 抽出接触器线圈的两端弹簧夹片,取下线圈。
- (8) 再依次取出反作用弹簧、衔铁和支架。
- (9) 再从支架上拆下动铁心的定位销。
- (10) 将动铁心和缓冲绝缘纸片取出。

#### (二) 检修

- (1) 清除灭弧罩内的金属颗粒状物体,检查灭弧罩是否破裂或烧坏。
- (2) 清除接触器的触头表面,如果磨损严重应更换触头。



提示:维修人员在修整触头时,不应刮削或锉削太严重,以免影响触头的使用寿命。更不允许用砂布或砂轮修磨,以免接触电阻增大。

- (3) 清除动、静铁心端面的油污,检查铁心端面接触是否平整。
- (4) 检查主触点的压力弹簧以及反作用弹簧是否弹力不足或变形,可更换弹簧。
- (5) 用万用表欧姆档检查接触器线圈是否断路或短路。可更换线圈或重新绕制。

#### (三) 装配

可按照拆卸的逆顺序进行。

#### (四) 检查

- (1) 用手按动主触点,检查运动部分是否灵活。

(2)用万用表检查各触点接触是否良好,以防产生接触不良、振动和噪声。

(3)用兆欧表测量各触点之间以及主触点对地的绝缘电阻是否符合要求。

### (五)通电校验

将装配好的接触器接入交流电路中,检验其动作的可靠性,观察铁心有无振动和噪声,主触头的接触是否良好。



**提示:**如果触头压力过大或因活动部分受到卡阻,使衔铁和铁心不能完全吸合,都会产生较强的振动和噪声。

获取更多资料 微信搜索蓝领星球

# 12

## 指导本职业初、中级工 进行实际操作

本职业的初、中级工应该掌握的实际操作技能很多,详细内容可参见其相应的技能操作部分,这里不再重述,下面仅通过几种常用的技能操作简单介绍指导实际操作的方法。

### 一、加强电工的人身安全意识

(1)在进行电气设备的维修操作时,维修电工必须严格遵守安全操作规程和规定,不得玩忽职守。

(2)在邻近带电部分操作时,必须保证要有可靠的安全距离。要严格遵守停电操作的规定,切实做好防止突然送电的各项安全措施。

(3)维修操作前,维修电工应检查所用工具的绝缘手柄、绝缘鞋和绝缘手套等安全用具的绝缘性能是否良好。

(4)发现有人触电,应立即采取正确的触电急救措施,掌握常用的触电急救方法。

①口对口(或鼻)人工呼吸法。

②胸外心脏挤压法。

③牵手人工呼吸法。

### 二、常用电工工具的使用

在指导初级电工进行电工工具的实际操作时,要强调各项工具在使用中应该注意的一些事项。

#### 1. 低压验电器(试电笔)

低压验电器使用时,必须用手指触及笔尾的金属体,使氖管小窗背光朝向自己。它的检测电压范围是 60 ~ 500V。当用试电笔测试带电体时,电流经带电体、电笔、人体到大地形成通电回路,只要带电体的电压超过 60V,电笔中的氖管就会发光。

(1)判别相线与零线 在交流电路中,当试电笔触及导线时,氖管发亮的即是相线,一般零线是不会使氖管发亮的。如果发亮,可能是感应电流或是有接地现象。

(2)判别直流电与交流电 直流电通过试电笔时,氖管的两端只有一端发亮,而交流电通过试电笔时,氖管的两端同时发亮。

(3)判别相线碰外壳 用试电笔接触电机、变压器等电气设备的外壳,若氖管发亮,则该设备相线有碰外壳的现象,同时也表明接地装置有问题。如果壳体有良好的接地装置,氖管是不

会发亮的。

(4)判别相线接地 用试电笔接触三相三线制星形接法的电路时,如果其中两相比通常情况稍亮,而另一相的亮度较暗,则说明暗的一相有接地现象,但不太严重。如果其中两相很亮,而另一相不亮,则该相有接地现象。当三相四线制的某一相接地后,中性线用试电笔测量时,也会发亮。

## 2. 螺钉旋具(改锥)

(1)电工不允许使用金属杆直通柄顶的改锥,否则容易在使用过程中造成触电事故。

(2)为了避免改锥的金属杆在紧固或拆卸带电体时触及皮肤或邻近带电体,可在金属杆上穿绝缘套管,以保证安全。

## 3. 电工钢丝钳(带绝缘手柄)

(1)使用电工钢丝钳,必须检查绝缘柄的绝缘是否完好。否则带电操作时,容易发生触电事故。

(2)用电工钢丝钳切断带电导线时,注意不能同时剪两根线,以免发生短路故障。

## 4. 尖嘴钳(带绝缘手柄)

(1)在装接线路板时,尖嘴钳可将单股导线弯成一定圆弧的线圈。

(2)带有刃口的尖嘴钳能剪断细的单股及多股导线,能夹持小螺钉、垫圈等元件。

## 5. 剥线钳(带绝缘手柄)

将导线放入剥线钳相应的刃口中(比导线直径略大),用手将钳柄一握,导线的绝缘层即被自动剥削弹出。

## 6. 电工刀

(1)使用电工刀时,为避免伤手,应将刀口朝外剖切。

(2)剖切导线绝缘层时,为避免割伤导线,应使刀面与导线呈小角度。

(3)使用电工刀后,应将刀身折进刀柄。

(4)电工刀的刀柄无绝缘保护,不能带电操作,以免触电。

## 7. 活络扳手

(1)扳动小螺母时,因用力较小,手应握在接近头部的地方。扳动大螺母时,需用较大力矩,手应握在靠近手柄尾部。

(2)活络扳手不能反用,以免将扳唇损坏,也不能用钢管接长手柄来增加力矩。

## 8. 电烙铁

(1)电烙铁的功率要选择适当,如果用大功率电烙铁焊接弱电元件,将会烧坏电子元件;如果功率过小,则因热量不够会影响焊点的质量(牢固性)。

(2)电烙铁在使用过程中,不可搁在木板上,要搁在金属丝编制的架子上。

(3)电烙铁的金属外壳必须接地,以防触电。

(4)不准甩动正在使用中的电烙铁,以免焊锡溅出伤人。

(5)不能用失效(焊头因氧化不吃锡,可用砂纸打磨)的烙铁焊接,以免烧坏焊件。

# 三、常用电工仪器仪表的使用

在指导初、中级电工使用各种电工仪器、仪表时,除了掌握正确的使用方法以外,还要强调

一些注意事项。

### 1. 万用表

(1)正确选择转换开关的位置 若误用电流档或电阻档测电压,或用直流档测交流电,轻则使表针损坏,重则会烧毁表头。选择量程也要适当,最好使指针在量程的一半以上,这样读数较准确。

(2)表棒和插孔要选择正确 红表棒应插入“+”号的插孔内,黑表棒应插入“-”号或“\*”插孔内。

(3)测量线路中的电阻时,不能带电测量,必须切断电源,否则会烧坏万用表。



提示:测电阻时,注意万用表的“+”号插孔是与表内干电池的负极相连,而“-”或“\*”号插孔则与表内干电池的正极相连。

### 2. 兆欧表(摇表)

(1)用兆欧表测量电气设备的绝缘电阻时,必须先切断电源,然后将设备对地放电,以保证人身的安全和测量的准确。

(2)使用兆欧表时,应将表水平放置,未接线前先将兆欧表做开路试验和短路试验,看指针是否能指在“∞”处和“0”处,若能,则说明兆欧表是好的。

(3)兆欧表接线柱上的引出线应选用多股软线,且绝缘良好,切忌将两根线绞在一起,以免造成测量数据不准。

(4)用兆欧表测量完毕,应使被测物体先放电,后拆除导线,以防触电。

### 3. 钳形表(钳形电流表)

(1)钳形表在测量前,应估计被测电流的大小,选择适当量程,不能用小量程档去测大电流。

(2)不能用钳形表去测高压线路的电流,被测线路的电压不得超过钳形表的使用电压,以防绝缘击穿,造成人身触电。

(3)测量时,应将被测导线置于钳口中央部位,以提高测量的准确度,每次测量只许钳入一根导线。

(4)测量结束,应将钳形表的量程调到最大量程位置,以便下次能安全使用。

### 4. 直流单、双臂电桥

#### (1)直流单臂电桥应注意的问题

①使用前先检查内附电池,当电池容量不足时会影响测量精度,应及时更换。然后将检流计锁扣打开,调节机械调零旋钮,使指针指向零。

②将被测电阻  $R_x$  接到接线端钮上,接头要拧紧,以防因接触不良影响测量精度或损坏检流计。

③估计被测电阻的大小,选择适当的比率,使比较臂的四个档位都被利用(保留四位有效数字)。

④测量电感线圈的直流电阻时,为防止被测对象产生的自感电动势损坏检流计,应先按电源按钮,再按检流计按钮。测量完毕时,应先断开检流计按钮再断开电源按钮。

⑤采用外接电源时,必须注意电源的极性,且不要使电源值超过电桥的规定值。

⑥使用完毕后,应将检流计的锁扣锁住,以免受振损坏。并将检流计连接线放在“内接”位置,使检流计短路。

⑦长期不用的电桥,应取出内附电池,把电桥放在通风、干燥、阴凉的环境中保存。

⑧要保证电桥的桥臂接触点良好,如果发现接触不良,可拆去外壳,用汽油清洗,并旋转各旋钮,清除接触面的氧化层,再薄薄涂上一层中性凡士林油。

(2)直流双臂电桥应注意的问题除了和直流单臂电桥类似以外,还有以下几点:

①开始测量时,检流计的灵敏度应放在最低位置上,待灵敏度不够时再逐渐提高。

②被测电阻  $R_x$  应与电桥的电位端钮和电流端钮正确连接。注意要将电阻接至电位端钮间(电流端钮内侧的两个端钮)。

③连接导线要尽量短而粗,以减少接触电阻。

④直流双臂电桥工作时电流较大,所以测量时操作要快,以免电阻发热,影响测量精度。

⑤测量结束后应立即关掉电源。

#### 5. 示波器

(1)使用示波器之前,应先检查电源进线插头是否与使用电源相符。开启电源后,应先预热 5 分钟,待机器状态稳定后再使用。

(2)配合调整“辉度”、“聚焦”、“ $x$  轴位移”和“ $y$  轴位移”几个旋钮,使荧光屏中心出现一个直径不大的小圆点。调整时注意不要使小圆点过亮或长时间停留在一个位置上,防止荧光屏被灼伤。

(3) $y$  轴信号输入时,应根据信号的大小进行适当的衰减。如果被测信号未知时,应将“ $y$  轴衰减”置于最大位置。使用中,人体不应触及  $y$  轴的输入端。

(4)使用时,“扫描扩展”应置于“校准”位置。当需要观察波形的局部时,再顺时针转动该旋钮,使波形得到扩展。

(5)示波器在测试过程中,不要经常开关电源,以防止损坏示波管灯丝。暂时不测量波形时,最好将“扫描范围”置于“10~100”档。



**提示:**长期不使用的示波器,由于机内电解电容的容量改变;漏电会增大。若直接加额定电压易造成击穿短路。如需使用示波器时,应接入自耦变压器,先通以 2/3 额定电压工作两小时后再升至额定电压,以恢复电解电容的容量和绝缘。

## 四、电子电路的装接

(1)读图 装接前必须先熟悉有关电路的图纸,掌握其工作原理和线路的连接方式。

(2)选件 检查所有电子元件的规格、型号及特征参数是否与图纸要求相符合。

(3)安装 安装时应检查整流及放大元件的好坏和极性,注意整流二极管和三极管以及电

解电容器的极性均不能接反,否则电路将无法工作。装接大容量的电子元件时,要注意元件的散热条件。一般大容量的整流元件,都带有散热器,元件固定在散热器上,拧得紧,散热效果就好。但不要拧得太紧,以免造成硅片损坏。

(4)焊接 电子元件的焊接,一般采用手工焊接中的插焊。焊接时,要选用 25W 或 45W 的电烙铁,焊料是低熔点的焊锡丝,焊剂应采用松香。焊接时间不宜过长,焊接点必须焊牢,锡液应充分渗透,使焊点表面光滑,大小均匀,防止虚焊。

(5)检查 装接完电子电路后,要根据原理图或接线图仔细检查各电子元件之间的连接线是否正确。要特别注意二极管、三极管以及电解电容器的极性不能接错。

(6)调试 空载接通电源后,如果熔断器的熔丝立即熔断,可能是整流变压器绕组有短路,或是整流桥中有一只二极管反接,或是滤波电容短路。对于放大电路,如果三极管发烫,则可能是管子有接反的,应立即切断电源,查明故障,以免烧坏管子。

(7)测试 根据电路的容量,在输出端加一个合适的电阻性负载。通电后,用万用表或示波器测量输出电压的大小及波形,以此来分析电路是否正常。若不正常,可由后往前逐级检查电路的连接、管子极性是否正确,直至电路工作正常。



提示:用万用表测量电压时,必须选择合适的量程,注意交流档与直流档的区别。测量时要分清正负极性,不能接错。

## 五、电气控制线路的安装

按图纸给定的线路装接电气设备,这是初、中级电工必须掌握的操作技能,只是初级工安装的电气控制线路较为简单,中级工安装的电气控制线路较为复杂而已,但操作方法一样。在指导过程中,要强调文明生产,安全操作。

(1)首先要读懂所安装的电气控制线路原理图和接线图,了解其运动形式及各种元件的作用,搞清楚线路的基本控制原理。

(2)按照电器元件明细表和图纸要求,配齐各种电器元件及材料,并逐个检验其规格、型号及数量是否符合要求。

(3)根据电器布置图及安装的技术要求,在控制盘上安装电器元件,并在各元件附近标好与原理图一致的文字符号。安装熔断器、控制开关、接触器时,要考虑它们之间的控制关系和走线的方便。

(4)按照控制盘的布线工艺要求进行布线,各元件之间的连接线和元件至接线端子的引线必须与电气接线图完全一致,且线头两端套有线号管,所有线号也应和图纸标号完全一致。

(5)主电路和控制电路的导线颜色及线径大小要区分开,一般根据标准,主电路应采用黑色线(较粗),交流控制电路采用的是红色线(较细),直流控制电路采用蓝色线,保护接地必须采用黄绿双色线。

(6)所有接线端子,单股导线可弯成圆环或针状直接压上,多股导线应接压线端子,并牢固压接,防止松动造成接触不良。

(7)根据接线图安装控制盘以外的电器元件,并进行外部布线,如:连接电源、按钮及电动

机的接线。

- (8)用万用表的电阻档检查线路的通断,可对主、控电路分别检查。
- (9)检查各级熔断器的熔体和热继电器的整定值是否符合要求。
- (10)检查电动机和按钮等元件的金属外壳是否接地,以免漏接保护接地线。
- (11)用兆欧表检测电动机及线路的绝缘电阻。
- (12)清理安装场地,做好通电试运转的准备。

## 六、常用电气设备(如电动机、接触器、开关等)的检修

拆装和修理电气设备是初、中级电工必须掌握的操作技能之一,初级工检修的多是小型电气设备(小功率电机和低压电器),而中级工就要求掌握中型电气设备的检修(大功率电机)。详细内容可参看操作技能 11 的相关部分,这里不再重述。

## 七、车间电力线路的检修

车间的电力线路包括有车间配电变压器、低压配电盘以及配电线路,必须定期地对车间的电力线路进行检修,才能及时发现并解决问题,以保证设备的安全运行。

### (一) 配电变压器的检修

要经常注意变压器的电压、电流、油位、油色、油温、音响和箱体套管及接线。

- (1)电压、电流指示是否正常,信号及运行音响是否均无异常。
- (2)油面不低于游标红线以下,也不宜过高。
- (3)上层油温不宜经常超过  $85^{\circ}\text{C}$ ,最高不超过  $95^{\circ}\text{C}$ 。
- (4)油色应纯正,无杂质。
- (5)三相最大不平衡电流不得超过额定值的 25%。
- (6)箱体应无渗漏油的现象。
- (7)瓷瓶、套管、接线应无损坏、放电痕迹及焦热现象。

### (二) 低压配电盘的检修

- (1)检查熔断器、刀开关、插座等的接线柱底座是否松动。
- (2)接触器的触点及接线应具有良好的电气接触,接线螺钉必须齐全紧固。
- (3)注意发现电器内部因放电、打火和烧灼产生的碳化导电层,必须彻底清除后才能继续使用。严重的应立即更换。
- (4)检查保护装置是否良好。
- (5)仪器、仪表指示是否正确。

### (三) 配电线路的检修

#### 1. 检查低压线路的绝缘

- (1)用 500V 兆欧表测量运行中的低压线路绝缘电阻不应低于  $0.5\text{M}\Omega$ 。



(2)新安装和大修后的低压线路,绝缘电阻不应低于  $1\text{M}\Omega$ 。

(3)控制线路的绝缘电阻不应低于  $1\text{M}\Omega$ ,潮湿环境可降低为  $0.5\text{M}\Omega$ 。

## 2. 检查各种装置的接地

(1)检查各仪器的金属外壳、电动机的外壳、变压器的外壳都应可靠接地,接线是否完整无缺。

(2)检测接地电阻是否合格。一般配电变压器低压侧中性点接地电阻应小于  $10\Omega$ ,保护接地的接地电阻应小于  $4\Omega$ 。

# 八、机床电气设备的故障检修

生产设备在安装调试和正常运行中难免要发生一些电气故障,因此维修电工必须要学会正确的检修方法。初级工应掌握简单机械设备的电气故障检修,中级工必须掌握较复杂设备的电气故障维修。高级工应能指导他们掌握电气故障发生后的一般分析和检修方法。

## (一) 电气故障检修的一般方法

### 1. 检修前的故障调查

(1)问 机床操纵者最熟悉本设备的情况,所以出了故障应首先向操作者询问出现故障时的情况,如:是否有异常声音、气味、烟雾出现,有何功能失常及发生故障的频率,在此基础上分析故障产生的位置和原因是十分方便的。

(2)看 电器元件的外观是否完好,熔断器内熔丝是否熔断,元件与导线连接是否牢固,有无烧焦痕迹。

(3)听 电动机,控制变压器,接触器,继电器运行中声音是否正常。

(4)摸 设备运行一段时间后,切断电源用手触摸有关电器的外壳及线圈是否温升过高,是否有局部过热现象。

### 2. 分析机床的电气原理图

通常先从主电路入手,了解运动部件由几台电动机拖动,与每台电动机相关的电器元件有哪些,采用何种控制,然后找到相应的控制电路。采用逻辑分析法,确定产生故障的可能范围。当故障范围较大时,不必按部就班逐级检查,可在故障范围内的中间环节进行检查,判断故障究竟是发生在哪部分,从而缩小故障范围,提高检修的针对性以及检修速度。

### 3. 进行外观检查

通过分析原理图确定故障的大致范围后,应对有关零件进行外观检查,主要检查内容有,熔断器内熔丝是否熔断,接头有无松动,触头是否接触良好,是否磨损,电磁线圈有无因过热致使线圈绝缘纸烧焦,甚至绝缘清漆流出,电气开关动作机构是否受阻失灵等。

### 4. 用试验法对控制电路通电检查

如果外观检查没有发现故障点,可对控制电路通电试验。按动某一按钮或开关时,观察相应的电器(接触器、继电器)是否动作来确定故障点。如果发现某电器动作不符合电气原理图的要求,一般故障必在此元件或相关的电路中。然后在此电路中再逐项进行分析和检查,便可发现故障。待控制电路的故障排除后,接通主电路,观察控制电路对主电路的控制效果,以及主电路的工作是否正常。



**提示:**通电试验时必须注意人身安全,严格遵守安全操作规程。通电最好不带电机或是电机空载运行,以免扩大故障范围。当主电路有故障时,控制电路应与其断开再试车。

## (二) 检修时的注意事项

(1) 找出或修复故障点后,不应以此作为检修的终点,还需进一步分析查清产生故障的根本原因。

(2) 修复故障点时,不要轻易采用更换电器元件和补线等方法,更不允许改动线路或更换不同规格的电器元件。如需临时断开某些接线时,应做好标记并做好端头的绝缘处理。检修后照原来的样子接好,防止产生人为故障。

(3) 用 500V 摇表测量绝缘电阻时,应把被测电路与弱电系统断开,以防高压烧坏电子元件。

(4) 更换熔断器熔体时,不可因熔体的熔断而任意扩大熔体的规格,否则极易扩大故障范围,甚至造成元器件的损坏。

(5) 检修完毕试车前,应清理好现场,装好熔体,恢复接线。各开关手把、行程开关均应放在零位或起始工作的位置。

(6) 每次排除故障后应及时总结经验,作好维修记录,记录的内容可包括机床发生故障的部位、产生的原因、损坏及更换的零件等。这些对防止事故的发生和以后的维修工作是十分有利的。

获取更多资料 微信搜索 职业技能等级认定

# 示题样例

- 判断题
- 填空题
- 选择题
- 问答题
- 作图题
- 计算题
- 技能题

获取更多资料 微信 领星球

一、判断题(下列判断正确的打“√”,错误的打“×”)

1. 在数控系统中,辅助控制装置的作用就是用于将来自数控系统的辅助功能指令转变为对主轴启动、停止、主轴换挡,冷却启动、停止,换刀等的控制。 ( )
2. 在数控系统中,辅助控制装置的作用就是用来控制坐标轴的进给。 ( )
3. 机床本体是数控机床的主体,用于完成最终的运动和加工。 ( )
4. 梯形图不是从继电器控制电路原理图演变来的。 ( )
5. 梯形图是从继电器控制电路原理图演变来的。 ( )
6. PLC 在输入采样阶段,以扫描方式依次读入所有输入状态和数据,如开关点的通、断状态,A/D 转换值等,并将它们存入相应的单元内。 ( )
7. PLC 在输出刷新阶段按照对应的状态和数据刷新所有的输出锁存电路,再经输出电路驱动生产现场的执行机构。 ( )
8. 自诊断是 PLC 在每次扫描用户程序以前,对包括输入/输出部分,存储器、CPU 等部分进行故障判断。 ( )
9. 在可编程序控制器中,梯形图中每一个内部辅助继电器触点的个数不受限制。 ( )
10. 在可编程序控制器中,内部辅助继电器的个数不受限制。 ( )
11. 在串联反馈式稳压电路中,作为调整器件的三极管工作在开关状态。 ( )
12. 集成运算放大器的输入失调电压值越大,电路的对称程度越差。 ( )
13. 在三相桥式半控整流电路中,任何时刻都至少有两只二极管是处于导通状态。 ( )
14. 在串联稳压电路中,如果输入电压上升,调整管的管压降应增加,才能保证输出电压值不变。 ( )
15. 三端集成稳压器的输出端有正、负之分,使用时不得用错。 ( )
16. 在三相桥式可控整流电路中,每只晶闸管流过的电流值是负载电流的  $1/3$ 。 ( )
17. 三相桥式可控整流电路中,每只晶闸管承受的最高正反向电压值为变压器二次相电压的最大值。 ( )
18. 带放大环节的稳压电源,其放大倍数越大,输出电压越稳定。 ( )
19. 三相桥式半波可控整流电路是由三只二极管和三只晶闸管组成。 ( )
20. 带平衡电抗器三相双反星形可控整流电路中,每只晶闸管流过的平均电流值是负载电流的  $1/3$ 。 ( )
21. 斩波器调速不属于调压调速。 ( )
22. 逻辑代数一般都化简为“与或”表达式。 ( )
23. 逆变就是把直流电变换为交流电的过程。 ( )
24. 采用脉宽调制方法的斩波器,是指斩波器频率不变,通过改变电压脉冲宽度来使输出电压改变。 ( )

25. 直流电源可利用斩波器将其电压升高或降低。 ( )
26. 扰动是对系统输出量产生反作用的信号。 ( )
27. 闭环系统的静特性比开环系统的机械特性要硬。 ( )
28. 系统的开环放大倍数越大,则自动调节能力就越强。 ( )
29. 触发器具有“记忆功能”。 ( )
30. 通用示波器可以在荧光屏上同时显示两个信号波形。 ( )
31.  $T$  触发器输入一个时钟脉冲,就得到一个输出脉冲。 ( )
32. 用电桥测量时,应在接通检流计电路前先接通电源电路。 ( )
33.  $RS$  触发器的  $S$  端为置 1 端。 ( )
34.  $RS$  触发器是以输入端  $R$  的状态为触发器状态的。 ( )
35. 寄存器的内部电路主要是由触发器构成的。 ( )
36. 可以将数码向左移,也可以向右移的寄存器称为移位寄存器。 ( )
37. 由单稳态触发器可以构成计数器。 ( )
38. 凡具有两个稳定状态的器件,都可以构成二进制计数器。 ( )
39. 扰动是一种系统输出量产生反作用的信号。 ( )
40. 自激振荡器的输出量经过正反馈回馈到输入端才能使振荡器起振。 ( )
41. 多谐振荡器可以产生频率可调的正弦波。 ( )
42. 交—交变频调速的调速范围很宽。 ( )
43. 有差调速系统的调速范围和静差率是两个互不相关的调速指标。 ( )
44. 在调速系统中,静差率要求越高,调速范围就越宽。 ( )
45. 电流正反馈为补偿环节。 ( )
46. 电压微分负反馈是稳定环节。 ( )
47. 直接耦合放大电路只能用来放大直流信号。 ( )
48. 开环调速系统不具备抗干扰能力。 ( )
49. 闭环调速系统不存在稳定性问题。 ( )
50. 在有差调速系统中,扰动对输出量的影响只能得到部分补偿。 ( )
51. 转速负反馈系统中,闭环系统的转速降为开环系统转速降的  $1/(1+K)$  倍。 ( )
52. 无差调速系统是依靠偏差的累积进行调节的。 ( )
53. 电压负反馈调速系统静特性要比同等放大倍数的转速负反馈调速系统好些。 ( )
54. 开环系统对负载变化引起的转速变化不能自我调节,但对其他外界扰动是能自我调节的。 ( )
55. 微型计算机的核心是微处理器。 ( )
56. 电压负反馈能克服电枢降引起的转速降落。 ( )
57. END 指令可用来表示程序的结束。 ( )
58. OUT 指令可以同时驱动多个继电器线圈。 ( )
59. 在 PC 的梯形图中,线圈不能直接与左母线相连。 ( )
60. 在梯形图中串联触点和并联触点使用的次数不受限制。 ( )
61. 当静差率一定时,转速降落越小,调速范围越宽。 ( )
62. 电流截止负反馈是稳定环节。 ( )

63. 闭环系统采用负反馈控制,是为了提高系统的机械特性硬度,扩大调速范围。( )
64. 转速负反馈系统中测速发电机必须采用高精度元件。( )

## 二、填空题 (请将正确答案填在横线空白处)

1. 计算机数控系统的组成可以分成三部分即\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_。
2. 经济型数控机床是由\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_所构成。
3. 可编程序控制器分为三个部分,一个是\_\_\_\_\_ ;一个是\_\_\_\_\_ ;还有一个是\_\_\_\_\_。
4. PLC 的一个扫描周期包括\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_三个阶段。
5. PLC 的基本硬件结构是由\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_五个部分组成。
6. 可编程序控制器中的存储器按用途可分为\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_两个区。
7. PLC 的主要特点是\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_。
8. PLC 从 I/O 点数来分可分为\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_。
9. 数控机床电气故障排除的方法有\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_。
10. 译码过程就是将零件加工程序从零件加工程序存储区送到缓冲区,然后将\_\_\_\_\_按照它们的\_\_\_\_\_分类并将数据放到对应的\_\_\_\_\_中。
11. 集成运算放大器内部电路是由\_\_\_\_\_级、\_\_\_\_\_级和\_\_\_\_\_级三个主要部分组成。
12. 最大差模输入电压是指运算放大器的\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_所能承受的最高电压值。
13. 串联反馈式稳压电路通常由五个部分组成,即\_\_\_\_\_电路、\_\_\_\_\_电压、\_\_\_\_\_电路、\_\_\_\_\_电路和\_\_\_\_\_器件等。
14. 集成运算放大器的输入级采用的是\_\_\_\_\_放大器,放大器的\_\_\_\_\_越小越好。
15. 在串联稳压电路中,比较放大电路的作用是将\_\_\_\_\_电路送来的电压和\_\_\_\_\_进行比较放大后,再去控制\_\_\_\_\_,以稳定输出电压。
16. 三端集成稳压器可分为三端\_\_\_\_\_输出电压稳压器和三端\_\_\_\_\_输出电压稳压器两类。
17. 晶闸管逆变器是一种将\_\_\_\_\_变成\_\_\_\_\_的装置。
18. 运算放大器的温度漂移是指\_\_\_\_\_电压和\_\_\_\_\_电流随\_\_\_\_\_改变而发生的漂移。
19. 直流斩波器的作用是将直流电源的\_\_\_\_\_电压变换为\_\_\_\_\_电压。
20. 常用的逆变器根据换流方式不同,分为\_\_\_\_\_换流式逆变器和\_\_\_\_\_换流式逆变器两类。
21. 三相半控桥式整流电路的移相范围为\_\_\_\_\_。当控制角超过\_\_\_\_\_时,电压波形将由连续变成断续。
22. 在笼型异步电动机的变频调速装置中,多采用\_\_\_\_\_逆变器,在晶闸管中频电源中,多采用\_\_\_\_\_逆变器。
23. 带平衡电抗器三相双反星型可控整流电路,应用在需要直流电压\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_。

电流\_\_\_\_\_的电工设备中。

24. 从信号传递路径不同,可将调速系统分为\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_两种。
25. 最基本的 RS 触发器电路是由两个\_\_\_\_\_门作\_\_\_\_\_闭环连接而构成的。
26. 在 RS 触发器中有\_\_\_\_\_个输出端,\_\_\_\_\_称为置 0 端,\_\_\_\_\_称为置 1 端。
27. 变频调速一般可以分为两种,即\_\_\_\_\_变频调速和\_\_\_\_\_变频调速。
28. T 触发器广泛用于\_\_\_\_\_电路和\_\_\_\_\_电路。
29. D 触发器具有\_\_\_\_\_的功能,即\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_的功能。
30. 寄存器的功能是\_\_\_\_\_,它由具有\_\_\_\_\_的触发器组成。
31. 自动控制,是指在没有\_\_\_\_\_情况下,系统能自动地\_\_\_\_\_,而且能够克服\_\_\_\_\_。
32. 按进位制不同,计数器有\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_。
33. 在自动调速系统中,按有无反馈回路可分为\_\_\_\_\_系统和\_\_\_\_\_系统。
34. 开环机械特性反映了系统的\_\_\_\_\_,而闭环静特性是用于闭环系统\_\_\_\_\_的结果,它只表示\_\_\_\_\_关系,不反应\_\_\_\_\_过程。
35. 在晶闸管调速系统中,按反馈回路的数量可分为\_\_\_\_\_系统和\_\_\_\_\_系统。按反馈量的不同,可分为\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_。
36. PC 的\_\_\_\_\_程序要永久保存在 PC 中,用户不能改变,\_\_\_\_\_程序是根据生产过程和工艺编制的,可通过\_\_\_\_\_修改或删除。
37. 在负反馈闭环控制系统中凡是被包围在反馈\_\_\_\_\_内的扰动量,都将受到\_\_\_\_\_。
38. 反馈控制系统中偏差信号的变化,直接反映了被调量的\_\_\_\_\_。在有差调速系统中,就是靠\_\_\_\_\_信号的变化进行自动\_\_\_\_\_的。
39. 在电压负反馈调速系统中,将转速作为\_\_\_\_\_调节量,而将电压作为\_\_\_\_\_调节量,也可以达到调速的目的,只不过精度较差。
40. 电动机转速变化,是由于电枢回路中有两部分电阻,即\_\_\_\_\_内阻及\_\_\_\_\_电阻,用电压负反馈可以克服\_\_\_\_\_所引起的转速降,电流正反馈\_\_\_\_\_所引起的转速降。
41. 双闭环调速系统包括\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_,\_\_\_\_\_为外环,\_\_\_\_\_为内环,两环为串联的,所以称为双环串级调速。
42. 双闭环调速系统是由\_\_\_\_\_调节器和\_\_\_\_\_调节器串接后分成二级进行控制的。
43. 数控机床具有\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_及\_\_\_\_\_的特点。
44. 数控机床通常有六个基本部分组成,即\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_。
45. 计算机一般由\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_及\_\_\_\_\_五部分组成。
46. LD 是\_\_\_\_\_的连接指令;常闭触点与母线连接的指令是\_\_\_\_\_;\_\_\_\_\_是线圈驱动指令。
47. AND 是一个\_\_\_\_\_指令;AND—NOT 是一个\_\_\_\_\_指令。
48. OR 是一个\_\_\_\_\_指令;OR—NOT 是一个\_\_\_\_\_指令。
49. CNT 是\_\_\_\_\_指令。

50. TIM 是实现\_\_\_\_\_的指令。
51. END 是表示\_\_\_\_\_的指令。
52. 能直接编程的梯形图必须符合顺序执行,即从\_\_\_\_\_到\_\_\_\_\_,从\_\_\_\_\_到\_\_\_\_\_地执行。
53. 电流调节器在系统\_\_\_\_\_过程中,\_\_\_\_\_或\_\_\_\_\_波动时,起着调节作用。
54. 闭环调速系统除了静态指标以外,还有\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_两个方面的指标。
55. 在 PC 的梯形图中,线圈必须放在\_\_\_\_\_,它不能与\_\_\_\_\_相连。
56. 若 X62W 万能铣床主轴电动机没有旋转,则工作台的\_\_\_\_\_及\_\_\_\_\_是不能进行的。
57. X62W 万能铣床的进给有三个坐标,即\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_。

### 三、选择题

- 计算机数控系统至今已发展到了第( )代。  
A. 3                      B. 4                      C. 5                      D. 6
- 可编程序控制器至今已发展到了第( )代。  
A. 2                      B. 3                      C. 4                      D. 5
- 下列变量相乘的正确的逻辑代数式为( )。  
A.  $A \cdot \bar{A} = 0$               B.  $A \cdot \bar{A} = 1$               C.  $A \cdot \bar{A} = A$
- 对逻辑函数进行简化时,通常都是以简化为( )表达式为目的。  
A. “与或”              B. “与非”              C. “或非”
- 逻辑表达式  $A + AB$  等于( )。  
A.  $A$                       B.  $1 + A$                       C.  $1 + B$                       D.  $B$
- 在晶闸管—电动机调速系统中,应采取( )环节来补偿电动机端电压的降落。  
A. 电流正反馈              B. 电流负反馈              C. 电压正反馈              D. 电压负反馈
- 在下列直流稳压电路中,效率最高的是( )稳压电源。  
A. 硅稳压管型              B. 串联型                      C. 并联型                      D. 开关型
- 在三相半波可控整流电路中,当负载为电感性时,负载电感量越大,则( )。  
A. 输出电压越高              B. 输出电压越低              C. 导通角  $\theta$  越小              D. 导通角  $\theta$  越大
- 带平衡电抗器三相双反星形可控整流电路中,平衡电抗器的作用是使两组三相半波可控整流电路( )。  
A. 相串联                      B. 相并联                      C. 单独输出                      D. 以  $180^\circ$  相位差相并联
- 在三相双反星形可控整流电路中,流过每只晶闸管的平均电流是负载电流的( )。  
A.  $1/2$                       B.  $1/3$                       C.  $1/4$                       D.  $1/6$
- 在需要直流电压较低、电流较大的设备中,宜采用( )整流电源。  
A. 单相桥式可控                      B. 三相桥式半控                      C. 三相桥式全控                      D. 带平衡电抗器三相双反星形可控
- 在三相半控桥式整流电路中,当控制角为零时,流过晶闸管的平均电流是( )。  
A.  $I_L$                       B.  $1/2 I_L$                       C.  $1/3 I_L$                       D.  $1/6 I_L$



13. 在三相双反星形可控整流电路中,当控制角为零时,输出的平均电压为( )。
- A.  $U_L \approx 0.45 U_2$       B.  $U_L \approx 0.9 U_2$       C.  $U_L \approx 1.17 U_2$       D.  $U_L \approx 2.34 U_2$
14. 在三相全控桥式整流电路中,输出的平均电压  $U_L$  的计算式为  $U_L = ( )$ 。
- A.  $1.17 U_2 \varphi \cos \alpha$       B.  $2.34 U_2 \varphi \cos \alpha$       C.  $1.17 U_2 \varphi \sin \alpha$       D.  $2.34 U_2 \varphi \sin \alpha$
15. 在三相半波可控整流电路中,每只晶闸管的<sup>最大</sup>导通角为( )。
- A.  $30^\circ$       B.  $60^\circ$       C.  $90^\circ$       D.  $120^\circ$
16. 能把固定的直流电压变换成( )的装置称为直流斩波器。
- A. 交流电压      B. 可调交流电压      C. 脉动直流电压      D. 可调直流电压
17. CMOS 集成逻辑门电路内部是以( )为基本元件构成的。
- A. 二极管      B. 三极管      C. 晶闸管      D. 场效应管
18. 转速负反馈调速系统中,增加给定电阻,则( )。
- A. 电动机转速下降      B. 电动机转速不变      C. 电动机转速上升
19. 多谐振荡器是用来产生( )信号的。
- A. 正弦波      B. 锯齿波      C. 方波      D. 脉冲波
20. 电流正反馈主要补偿( )上电压的损耗。
- A. 电枢回路电阻      B. 电源内阻      C. 电枢电阻      D. 电抗器电阻
21. 规定 RS 触发器的( )的状态作为触发器的状态。
- A. R 端      B. S 端      C. Q 端      D.  $\bar{Q}$  端
22. 转速负反馈有差调速系统中,当负载增加以后,转速要变小,系统自动调速以后,可以使电动机的转速( )。
- A. 等于原来的转速      B. 低于原来的转速      C. 高于原来的转速
23. 当单晶体管的发射极电压高于( )电压时,就导通。
- A. 额定      B. 峰点      C. 谷点
24. 在转速负反馈调速系统中,电动机的转速跟着负载变化,其原因是( )。
- A. 整流电压的变化      B. 电枢回路电压降的变化      C. 控制角的变化
25. 电压负反馈主要补偿( )上电压的损耗。
- A. 电枢回路电阻      B. 电源内阻      C. 电枢电阻      D. 电抗器电阻
26. 电压负反馈自动调速系统的性能( )于转速负反馈调速系统。
- A. 高      B. 低      C. 相同      D. 不同
27. 在单晶体管触发电路中,调小电位器的阻值,可使晶闸管的导通角( )。
- A. 增大      B. 减小      C. 不改变
28. X62W 万能铣床工作台必须在主轴启动后才能进给,是为了( )。
- A. 电路安装的需要      B. 安全的需要      C. 加工工艺的需要
29. X62W 万能铣床工作台没有采取制动措施是因为( )。
- A. 有机械制动      B. 转速不高且有丝杠传动  
C. 惯性小
30. 电压微分负反馈及电流微分负反馈是属于( )环节。
- A. 反馈环节      B. 稳定环节      C. 放大环节      D. 保护环节
31. 在调速系统中,当电流截止负反馈参与系统调节时,说明调速系统主电路电

流( )。

- A. 过大                      B. 正常                      C. 过小                      D. 发生了变化
32. 在晶闸管直流电动机调速系统中,改变( ),就能改变直流电动机的转速。  
A. 晶闸管导通角      B. 整流方式      C. 电源电压      D. 电源频率
33. 带有速度、电流双闭环的调速系统,在启动、过载时,主要靠( )起作用。  
A. 电流调节器      B. 速度调节器      C. 电流、速度调节器
34. 带有速度、电流双闭环调速系统,消除负载变化时出现的偏差主要靠( )。  
A. 电流调节器      B. 速度调节器      C. 电流、速度调节器
35. 开环自动控制系统出现偏差时,系统将( )。  
A. 不能自动调节      B. 能自动调节      C. 能够消除偏差
36. 在有静差调速系统中,负载增加转速下降,通过反馈环节的调节作用使转速有所回升。此时电动机电枢电压将会( )。  
A. 减小                      B. 增大                      C. 不变                      D. 不能确定
37. 为了解决调速系统的稳定性问题,可以引入( )。  
A. 电压负反馈      B. 电压微分负反馈      C. 电流正反馈      D. 电流截止负反馈
38. 在 PC 梯形图中,线圈( )。  
A. 必须放在最左边      B. 必须放在最右边      C. 可放在任意位置
39. OUT 指令是驱动线圈指令,但它不能驱动( )。  
A. 输入继电器      B. 输出继电器      C. 暂存继电器      D. 内部继电器
40. 当电源掉电时,计数器( )。  
A. 复位                      B. 不复位                      C. 前值保持不变      D. 开始计数
41. 在 PC 中,可以通过编程器修改或增删的是( )。  
A. 系统程序                      B. 用户程序                      C. 工作程序                      D. 任何程序
42. 在自动控制系统中,若引入某个物理量的( ),就能稳定该物理量。  
A. 正反馈                      B. 负反馈                      C. 微分负反馈      D. 微分正反馈
43. 衡量一个集成电路运算放大器内部电路对称程度高低,是用( )来进行衡量。  
A. 输入失调电压  $U_{i0}$                       B. 输入偏流电流  $I_{iB}$   
C. 最大差模输入电压  $U_{idmax}$                       D. 最大共模输入电压  $U_{icmax}$
44. 晶体管串联反馈式稳压电源中的调整管起( )作用。  
A. 放大信号                      B. 降压  
C. 提供较大的输出电流                      D. 调整管压降保证输出电压的稳定
45. 把( )的装置称为逆变器。  
A. 交流电变换为直流电                      B. 交流电压升高或降低  
C. 直流电变换为交流电                      D. 直流电压升高或降低

#### 四、问答题

1. 什么叫数字控制技术? 什么是计算机数控系统?
2. 什么是可编程序控制器?
3. 什么是控制介质,它的作用是什么,举出几种控制介质?
4. 什么是集成运算放大器? 它有哪些特点?

5. 伺服驱动装置的作用?
6. 数控装置的作用?
7. 经济型数控机床的特点?
8. 什么是三端集成稳压器? 它如何分类?
9. 什么叫编码器? 它有哪些种类?
10. 什么叫触发器? 它有哪些种类?
11. 什么是逆变器? 逆变器分为哪几类? 逆变器中常用哪两种换流方式?
12. 什么是斩波器? 调节斩波器输出直流电压平均值的方法有哪几种?
13. 什么是带电流负反馈放大电路的稳压电路? 它主要是由哪些部分组成?
14. 反馈装置的作用是什么? 什么是闭环数控系统? 什么是开环数控系统?
15. 闭环调速系统的动态指标有哪些?
16. 为什么带平衡电抗器三相双反星形可控整流电路能输出较大的电流?
17. 电压负反馈可以自动调速, 那么单独用电流正反馈能否自动调速?
18. 速度、电流双闭环调速系统有哪些优点?
19. 寄存器是由什么元件构成的? 它具有哪些功能?
20. 什么叫移位寄存器? 它是怎样构成的?
21. 什么是串联型稳压电路中的比较放大电路? 对它有什么要求?
22. 可编程序控制器输入部分的作用?
23. 可编程序控制器内部控制装置的作用?
24. 可编程序控制器输出部分的作用?
25. 可编程序控制器中央处理器的作用?
26. 龙门刨床主拖机组的控制线路中, 时间继电器  $KT-\Delta$  的作用是什么?
27. 龙门刨床停车时出现停车不稳或倒退, 应如何检修?
28. 试述龙门刨床桥形稳定环节(参见技能部分图 7-5 所示)的工作原理。
29. 龙门刨床工作台运动时, 速度过高的原因是什么?
30. 在晶闸管中频感应加热装置中是怎样实现过电流保护的?
31. 为什么说中频装置中系统发生过电流保护动作往往不是设备发生故障所致?
32. GP100—C3A 高频设备里采用了哪些保护措施?
33. 在高频装置中, 大功率振荡管是怎样实现起振和停振的?

#### 五、作图题

1. 画出计算机数字控制系统方框图。
2. 画出可编程序控制器结构框图。
3. 画出具有速度环、电流环的双闭环不可逆调速系统图。
4. 有两台电动机, 当按下启动按钮  $SB_1$  后,  $KM_1$  接通  $M_1$  启动, 经过 10s,  $KM_2$  接通  $M_2$  自动启动; 按下停止按钮  $SB_2$  后  $M_1$  和  $M_2$  立即停止。利用 PLC(1)画出输入/输出分配示意图, (2)画出梯形图, (3)写出语句表。
5. 画出数控系统中断型结构软件程序框图。
6. 画出数控系统子程序型结构软件程序框图。

#### 六、计算题

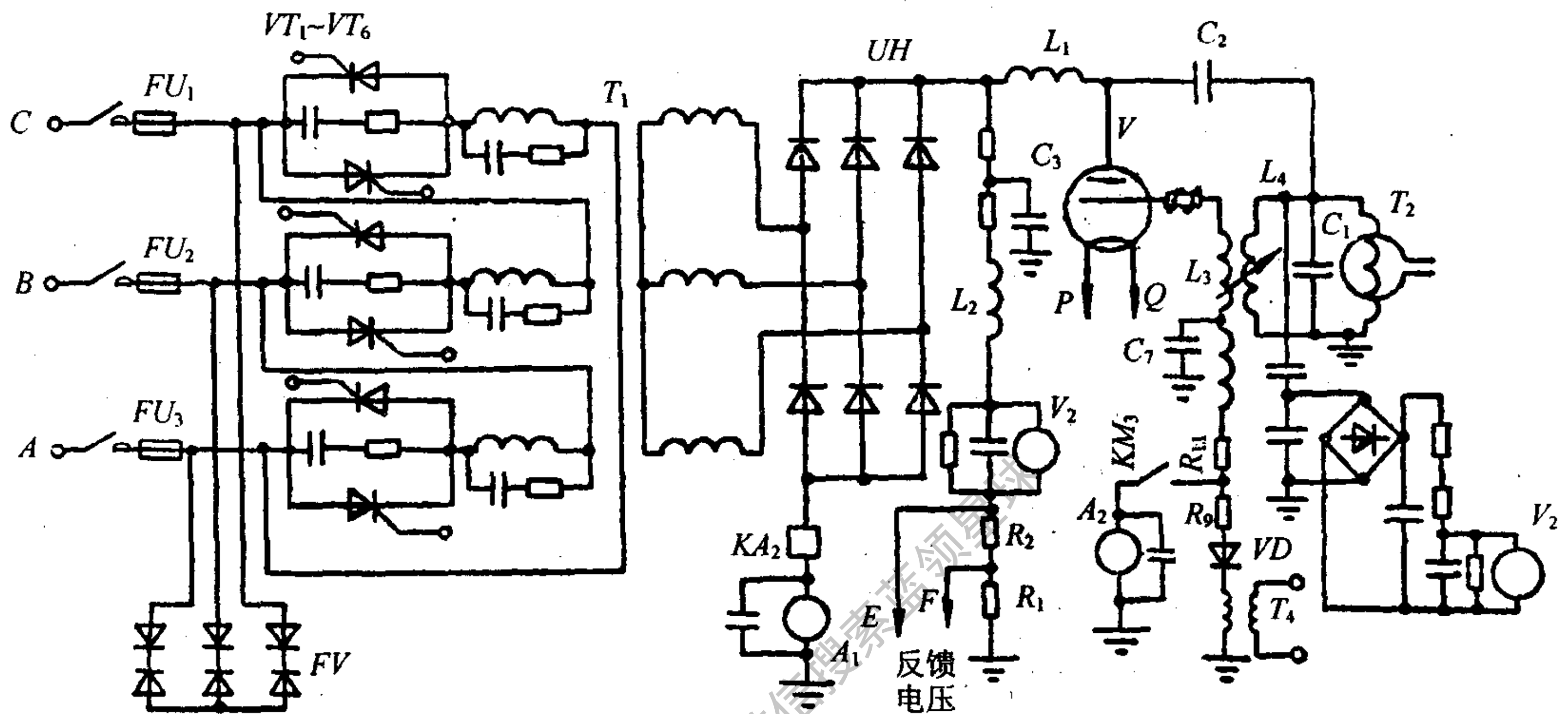
1. 三相半控桥式整流电路电阻性负载, 已知  $U_2 = 50V$ ,  $R_L = 5\Omega$ , 求  $\alpha = 45^\circ$  时输出的平均电压  $U_L$ 、负载的平均电流  $I_L$ 、流过晶闸管的平均电流  $I_T$ ?

2. 某电阻性负载, 要求输出电压 220V, 输出电流 400A, 采用三相半控桥式整流电路, 最小控制角  $\alpha = 30^\circ$ , 计算并选择晶闸管。

3. 采用带平衡电抗器的三相双反星形电路的整流装置, 要求直流电压为 24V, 试计算当  $\alpha = 30^\circ$  和  $90^\circ$  时的变压器二次侧相电压  $U_2$  及每只晶闸管所承受的峰值电压是多少?

### 七、技能题

1. 试分析如题图 1 所示的高频设备主电路的工作原理与故障检修。



题图 1

2. 测绘 C650 车床电气原理图及接线图。

考核要求: (1) 按照电气图的制图标准, 绘制出原理图及接线图。

(2) 考核时间: 6h。

(3) 安全文明生产: 能正确执行安全技术操作规程; 文明生产, 做到工件工具摆放整齐。

## 答 案

### 一、判断题

1. (√) 2. (×) 3. (√) 4. (×) 5. (√) 6. (√) 7. (√) 8. (√)  
 9. (√) 10. (×) 11. (×) 12. (√) 13. (×) 14. (√) 15. (√) 16. (√)  
 17. (×) 18. (×) 19. (√) 20. (×) 21. (×) 22. (√) 23. (√) 24. (×)  
 25. (×) 26. (√) 27. (√) 28. (√) 29. (√) 30. (×) 31. (×) 32. (×)  
 33. (√) 34. (×) 35. (√) 36. (√) 37. (×) 38. (√) 39. (√) 40. (√)  
 41. (×) 42. (×) 43. (×) 44. (×) 45. (√) 46. (√) 47. (×) 48. (√)  
 49. (×) 50. (√) 51. (√) 52. (√) 53. (×) 54. (×) 55. (√) 56. (×)  
 57. (√) 58. (√) 59. (√) 60. (√) 61. (√) 62. (×) 63. (√) 64. (√)

## 二、填空题

1. 计算机数字控制装置      伺服控制装置      驱动电机
2. 控制介质      数控装置      伺服驱动装置      辅助控制装置      反馈装置      机床本体
3. 输入部分      内部控制部分      输出部分
4. 对输入采样      执行用户程序      对输出进行刷新
5. 中央处理器      存储器      输入/输出      编程器      电源
6. 系统程序存储区      用户程序存储区
7. 高可靠性      丰富的 I/O 接口模块      采用模块化结构      编程简单易学      安装简单, 维修方便
8. 小型 PLC      中型 PLC      大型 PLC
9. 直观检查法      备件更换法      互换法      功能程序测试法      参数修正法
10. 程序内容      功能的不同      缓冲器
11. 差动式输入      中间放大      输出
12. 反向      同相输入端
13. 整流滤波      基准      取样      比较放大      调整
14. 差动      输入失调电流
15. 取样      基准      调整管
16. 固定      可调
17. 直流电能      交流电能
18. 输入失调      输入失调      温度
19. 固定      可调
20. 负载谐振      脉冲
21. 180°      60°
22. 脉冲换流式      负载谐振换流式
23. 较低      较大
24. 开环调速系统      闭环调速系统
25. 与非      正反馈
26. 两      R      S
27. 交一直一交      交一交
28. 计数      分频
29. 锁存数据      置 0      置 1
30. 存储二进制代码      存储功能
31. 人的直接参与      完成规定的动作      各种干扰
32. 二进制计数器      十进制计数器
33. 开环控制      闭环控制
34. 内在规律      调节作用      静态      动态
35. 单闭环      多闭环      转速负反馈      电压负反馈      电流负反馈      电流正反馈

- 36. 系统      用户      编程器
- 37. 回路      抑制作用
- 38. 变化      偏差      调节补偿
- 39. 间接      直接
- 40. 电源      电枢      电源内阻      可补偿电枢电阻
- 41. 电流环      速度环      电流环      速度环
- 42. 速度      电流
- 43. 通用性      灵活性      高度自动化
- 44. 控制介质      数控装置      伺服驱动装置      辅助控制装置      反馈装置

机床本体

- 45. 中央处理器      存储器      输入/输出接口      外部设备      系统总线
- 46. 常开触点与母线      LD—NOT      OUT
- 47. “与”常开触点      “与”常闭触点
- 48. “或”常开触点      “或”常闭触点
- 49. 计数器
- 50. 通电延时操作
- 51. 程序结束
- 52. 上      下      左      右
- 53. 启动      过载      堵转      电源电压
- 54. 稳定性      快速性
- 55. 最右边      左母线
- 56. 进给      快速移动
- 57. 垂直      横向      纵向

三、选择题

- 1.C    2.B    3.A    4.A    5.A    6.D    7.D    8.D    9.D
- 10.D    11.D    12.C    13.C    14.B    15.D    16.D    17.D    18.C
- 19.C    20.C    21.C    22.B    23.B    24.B    25.B    26.B    27.A
- 28.B    29.B    30.B    31.A    32.A    33.A    34.B    35.A    36.B
- 37.B    38.B    39.A    40.C    41.B    42.B    43.A    44.D    45.C

四、问答题

1. 答:数字控制技术简称数控技术(NC技术),它是指用数字化信号对机床运动及其加工过程进行自动控制的一种方法。

计算机数控系统简称 CNC 系统。是用计算机控制加工功能,实现数值控制的系统。

2. 答:可编程控制器是一个数字运算操作的电子装置,它使用了可编程序的存储器储存用户的指令。用来执行诸如逻辑,顺序,计时,计数与演算等功能,并通过数字或模拟式的输入/输出模块,以控制各种类型机械或生产过程。一部数字电子计算机若从事执行 PC 之功能者,亦被视为 PC,但不包括鼓式或类似的机械式顺序控制器。

3. 答:数控机床是按照人的要求来完成加工任务的,这就要求在人与机床之间建立某种联系,这种联系的中间媒介物就叫做控制介质或信息载体。在控制介质上存储着零件加工所

需的全部操作和位移信息。控制介质有穿孔带、磁盘、磁带和存储卡等。

4. 答:集成运算放大器是一个具有深度负反馈高放大倍数( $10^3 \sim 10^6$ )的直流放大器。它可以通过反馈电路来控制其各种性能。集成运算放大器属直接耦合多级放大器,具有均一性和重复性好的特点。由于集成运算放大器输入级都是差动放大电路,而且差动对管特性十分一致,所以集成运算放大器的零点漂移很小。

5. 答:伺服驱动装置接收来自数控装置的指令,并把这些微弱的指令信号加以放大、转换、驱动功率器件推动步进电机或伺服电机。伺服驱动装置的性能是决定数控机床加工精度和生产效率的主要因素之一。

6. 答:数控装置是数控机床的核心,它通过输入装置接收控制指令,经过存储、译码、运算、将控制指令转变成用于控制伺服驱动装置和辅助控制装置的电信号,并按一定的时序和要求输出给这些装置。

7. 答:经济型数控机床的特点为:

- (1) 结构简单、工作稳定、成本低、使用维修方便,适用于精度要求不高的零件加工。
- (2) 适合加工单件或小批量复杂工件。
- (3) 生产效率高,操作者的劳动强度大大降低。
- (4) 生产出的产品一致性好,互换性强。废品率低。
- (5) 操作简单,易学易懂。

8. 答:将稳压电路中的调整管、取样放大、基准电压、启动和保护电路全部集成于一半导体芯片上,对外只有三个端头的稳压器称为三端集成稳压器。三端集成稳压器可以分为三端固定输出稳压器和三端可调输出稳压器两大类,每一类中又可以分为正极输出、负极输出以及金属封装和塑料封装等。

9. 答:在二进制数字系统中,为了能用二进制数码表示更多的信号,把若干个0和1按一定的规律编成不同的代码,并赋予每个代码以固定的含义,这就叫编码。用来完成编码工作的数字电路,称为编码器。通常按进制不同它可分为二进制编码器和二—十进制(8421码)编码器两种。

10. 答:触发器是组成时序电路中存储部分的基本逻辑单元。它有两个稳定状态,即0状态和1状态。在不同的输入情况下,可被置于任何一种稳定状态,在输入信号消失后,它能保持原来的稳定状态不变。因此用一个触发器可存储一位二进制信息,它可作为二进制存储单元来使用。一般它分为RS触发器、D型触发器、T型触发器、JK触发器。

11. 答:将直流电变换成交流电的装置叫逆变器。直流电变换为交流电后送入交流电网的过程称为有源逆变;直流电变换为交流电后送到用电器的过程称为无源逆变。在逆变器中常用的换流方式有负载谐振式和脉冲换流式两种。

12. 答:斩波器是将直流电源的恒定电压变换成大小可调的直流电压的装置。调节斩波器输出电压的平均值通常采用三种方法:保持斩波器通断时间 $T$ 不变,只改变输出脉冲电压的宽度 $\tau$ ;或保持 $\tau$ 不变,而改变通断时间 $T$ ;或同时改变输出脉冲的宽度和通断时间。

13. 答:把稳压器输出电压中出现的微小变化取出后,经过放大,送去控制调整管的管压降,从而获得较高稳压精度的稳压电路称为带电流负反馈放大电路的稳压电路。它主要是由整流滤波电路、基准电压电路、取样电路、比较放大电路和调整器件等组成。

14. 答:为了使机床能准确按照数控装置发出的指令运动或定位,就需要将机床的实际位

置和速度回送给数控装置,以便修正实际位置和速度并为下一步工作做好准备,反馈装置就是为此目的而准备的。具有反馈装置的数控系统被称为闭环数控系统;没有反馈装置的系统是开环数控系统。

15. 答:闭环调速系统的动态指标主要有:最大超调量  $\sigma$  反映系统的动态精度;调整时间  $t_s$  反映系统的快速性;振荡次数  $N$  反映系统的稳定性。

16. 答:因为带平衡电抗器三相双反星形可控电路中,变压器有两个绕组,都接成星形,但同名端相反。每个绕组接一个三相半波可控整流,用平衡电抗器进行连接。这样一来,使两组整流输出以  $180^\circ$  相位差并联。使整流电路中两组整流各有一只晶闸管导通并向负载供电,使得整个输出电流变大。

17. 答:电流正反馈是电压负反馈调速中的辅助措施,它用以补偿电枢电阻上的电压降。但电动机的转速和电压有直接关系,电流正反馈并不反映电压的变化,所以不能用电流正反馈来进行单独的调速。

18. 答:速度、电流双闭环调速系统的优点是:调速性能好;能获得较为理想的“挖土机特性”;过渡过程短,启动速度快,稳定性好;抗干扰能力强;调试方便,可先调电流环,再调速度环。

19. 答:寄存器是由具有存储功能的触发器构成。主要功能就是存储二进制代码。因为一个触发器只有 0 和 1 两个状态,只能存储一位二进制代码,所以由  $N$  个触发器构成的存储器只能存储  $N$  位二进制代码。寄存器还具有执行数据接收和清除数据的命令的控制电路(控制电路一般是由门电路构成的)。

20. 答:具有移位功能的寄存器称为移位寄存器。为了处理数据的需要,寄存器中的各位数据要依次(由低位向高位或由高位向低位)移位。把若干个触发器串联起来,就构成一个移位寄存器。

21. 答:在串联型稳压电路中,将取样电路的电压和基准电压进行比较放大,然后去控制调整管以稳定输出电压的电路称为比较放大电路。比较放大电路要具有较高的放大倍数来提高稳压灵敏度;同时,作为直流放大器,还要求它对零点漂移要有较好的抑制作用。

22. 答:这部分包括输入接口端子和输入电路,输入端子用于连接按钮开关、行程开关、接近开关、各种传感器的输出等等,而输入电路则把这些开关或输出的信号作为可编程序控制器的输入信号进行处理然后供内部控制装置使用。

23. 答:可编程序控制器内部控制装置是由控制硬件和控制软件所组成,控制硬件构成 PLC 的控制电路,它是由中央控制单元、存储器、逻辑电路、电源等组成,完成电信息的传输、控制、存放、逻辑判断等。而软件除完成用于 PLC 自身正常工作所必需的系统控制任务外,还要完成用户根据控制要求所编制的程序,其作用是按用户程序的控制要求对输入信号进行处理,判断,并将得到的结果输出给负载。

24. 答:可编程序控制器输出部分包括输出接口端子和输出电路,输出端子用于连接继电器、接触器、电磁阀、指示灯等等,而输出电路则用于驱动输出继电器、输出晶体管等。

25. 答:中央处理器是 PLC 的控制中枢。它按照 PLC 系统程序赋予的功能接收并存储从编程器键入的用户程序和数据;针对外部输入信号做出正确的逻辑判断,并将结果输出给有关部分。检查电源、存储器、输入/输出的状态,如发现错误,及时报警并做出相应的处理。协调 PLC 各部分的工作。



26. 答:由于时间继电器  $KT-\Delta$  的存在,保证了只有当励磁机正常工作后,接触器  $KM-AR$  才可能吸合,交流电动机  $M_1$  才可能完成  $Y-\Delta$  转换,使机组正常启动。同时也防止了电动机由于没有励磁或是弱励磁而可能出现的“飞车”现象。

27. 答:主要是制动太强所致。首先判断停车过猛发生在第一级还是第二级制动,如果是第一级制动,应检查和调整  $RP_5$  和  $RP_6$  的阻值、稳定环节,以及电流截止环节。如果是发生在第二级制动,就应该检查和调整自消磁环节和欠补偿能耗制动环节,也可调整时间继电器  $KT$  的延时。

28. 答:根据技能部分图 7-5 所示,扩大机输出电压变化,通过励磁绕组和  $RP_{10}$  中的电流因发电机励磁绕组的电感作用不能突变,故电阻  $RP_{10}$  上的电压不能突变,可是在变化电压的作用下,流过电阻  $R_1$ 、 $R_2$  的电流突变增加,电阻  $R_2$  上的电压便突然增加,于是控制绕组  $WC_1$  两端便有了电位差,在  $WC_1$  绕组中有电流流过,这个电流产生的磁势将缓和扩大机输出电压的增加,进而加强了系统的稳定。

29. 答:① 电压负反馈电路中有断线,造成电压负反馈信号消失,使  $WC_3$  控制绕组中的电流增大,使交磁扩大机和直流发电机过电压,从而使带动工作台的电动机速度过高。

② 直流电动机的励磁绕组出线端松脱,电动机剩磁很小,如果电动机在轻载或空载情况下运转时,将会产生“飞车”现象。

③ 发电机自激也会使工作台速度过高。可检查绕组接线和极性。

30. 答:晶闸管导通后,一方面使相应的信号灯得电发出过电流信号,另一方面通过电流互感器  $TA_{11}$  输出一脉冲信号,触发“正负偏置”板上的  $VT_{13}$ ,将偏置电路短路,使得整流触发脉冲由整流区移回到逆变区,这样整流电路就从整流状态进入到有源逆变的状态,短路电流降低到零,从而实现了晶闸管的过电流保护。

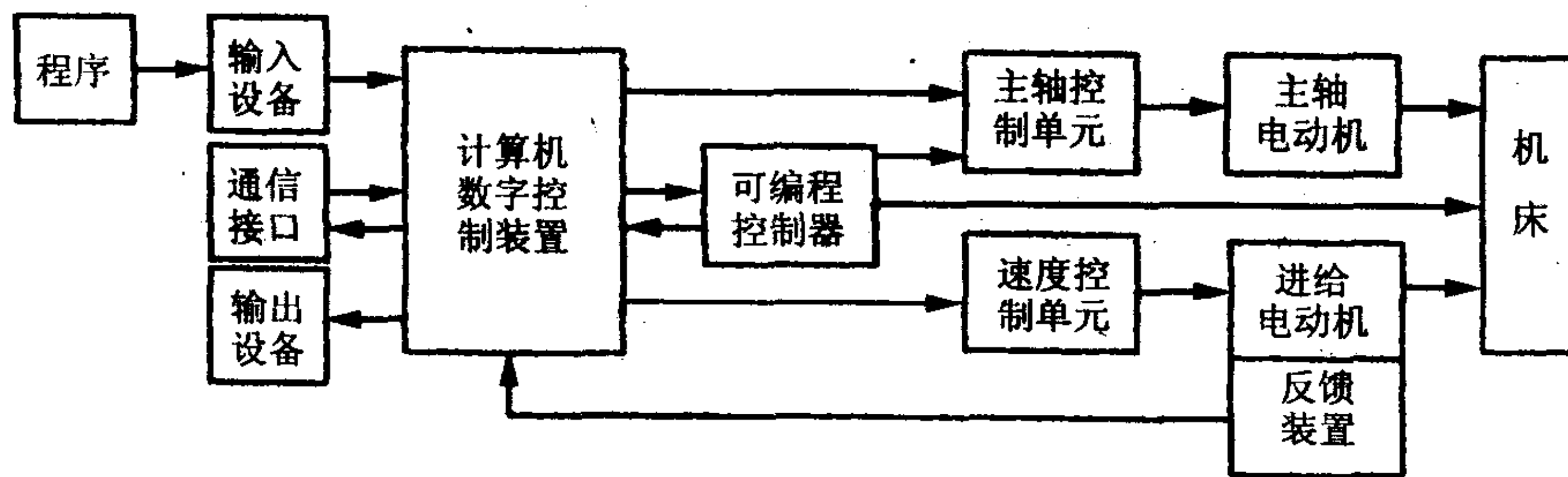
31. 答:中频电源正常工作时,有时会出现逆变失败、过电流保护动作的故障现象。大量实践证明,这些现象多数并不是设备故障所致,而是工人操作不当,或是金属感应炉参数突变所致。例如,炉前工向炉内一次投入太多的冷金属熔炼时,引起过电流,造成过电流保护动作。

32. 答:①水压保护;②水温保护;③过电流保护;④联锁保护;⑤其他保护。

33. 答:大功率振荡器的起振和停振是不宜用切断阳极高电压的方法来控制,因为这需要高电压接触器的动作来实现,既不经济,又不安全。因此  $GP100-C3A$  高频振荡电路中采用栅极控制的方法来实现振荡器的起振和停振。

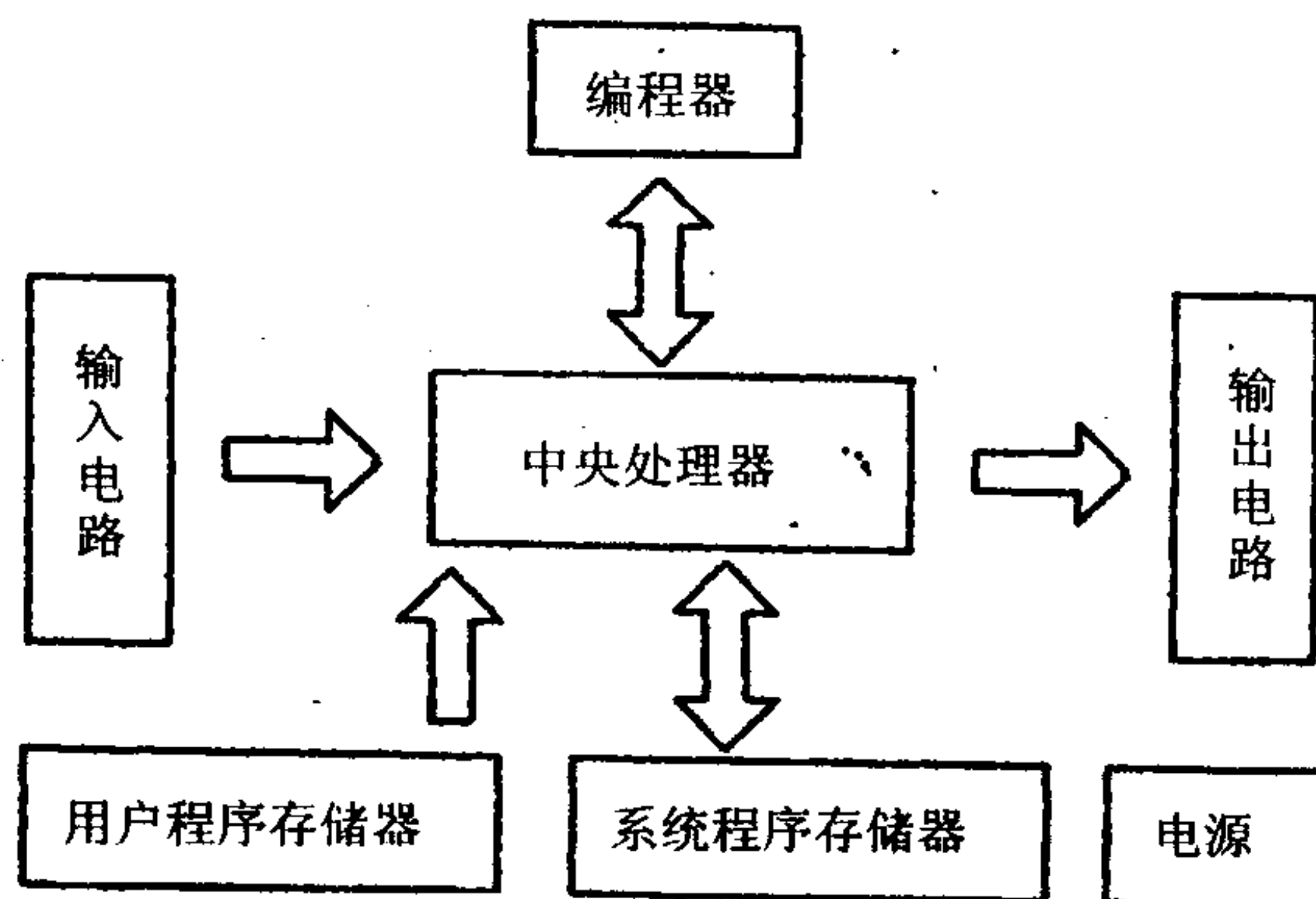
## 五、作图题

1. 画出计算机数字控制系统方框图。



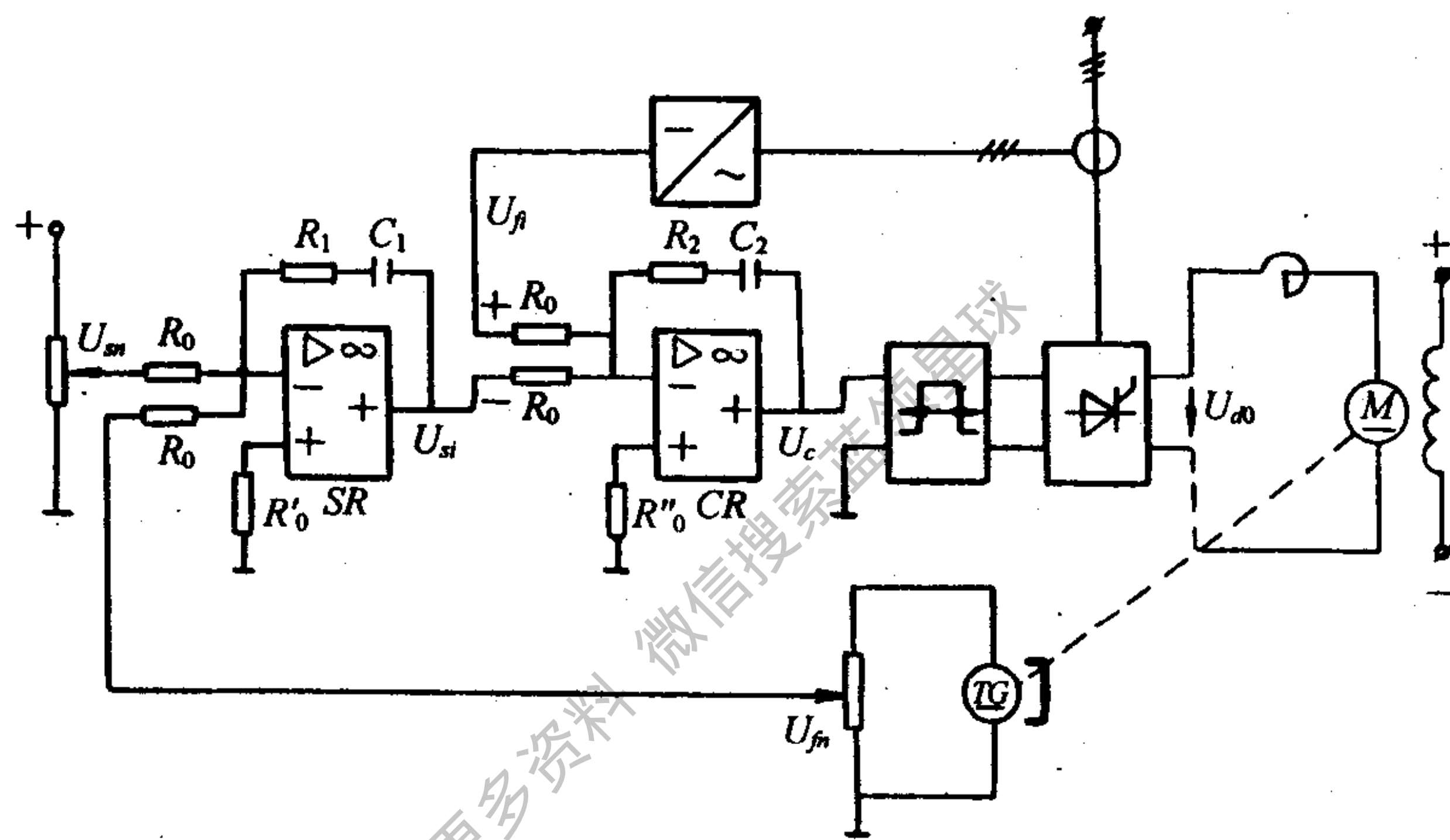
题图 2

2. 画出可编程序控制器结构框图。



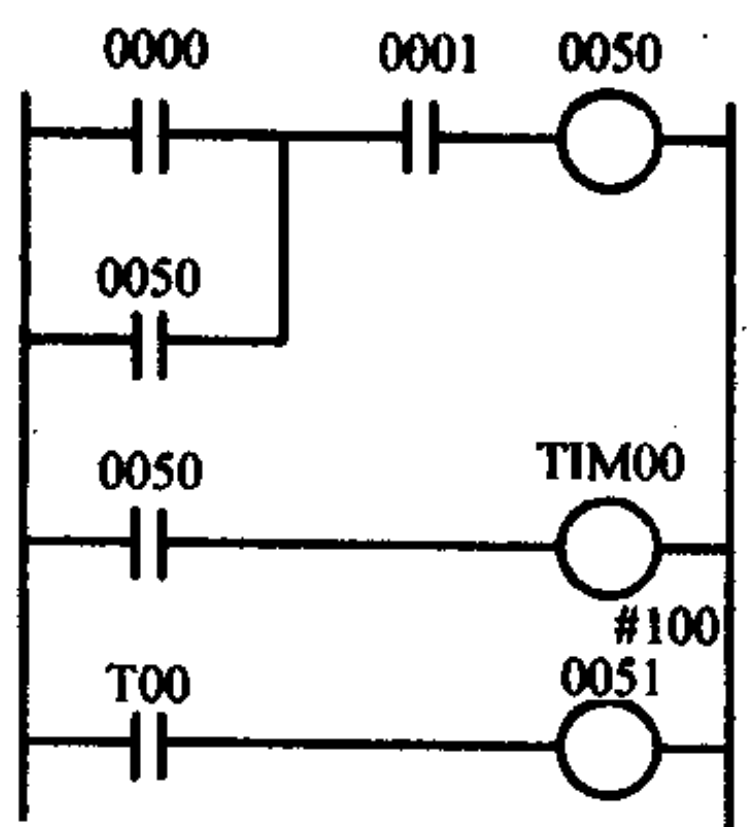
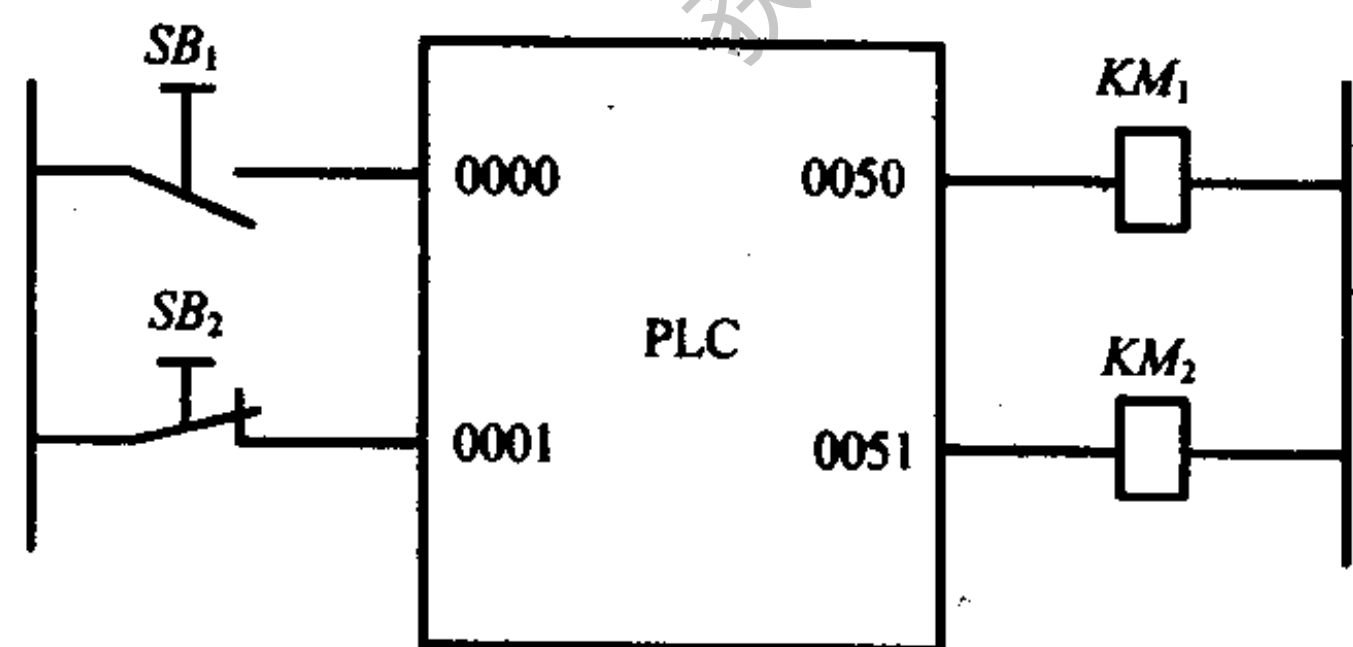
题图 3

3.



题图 4

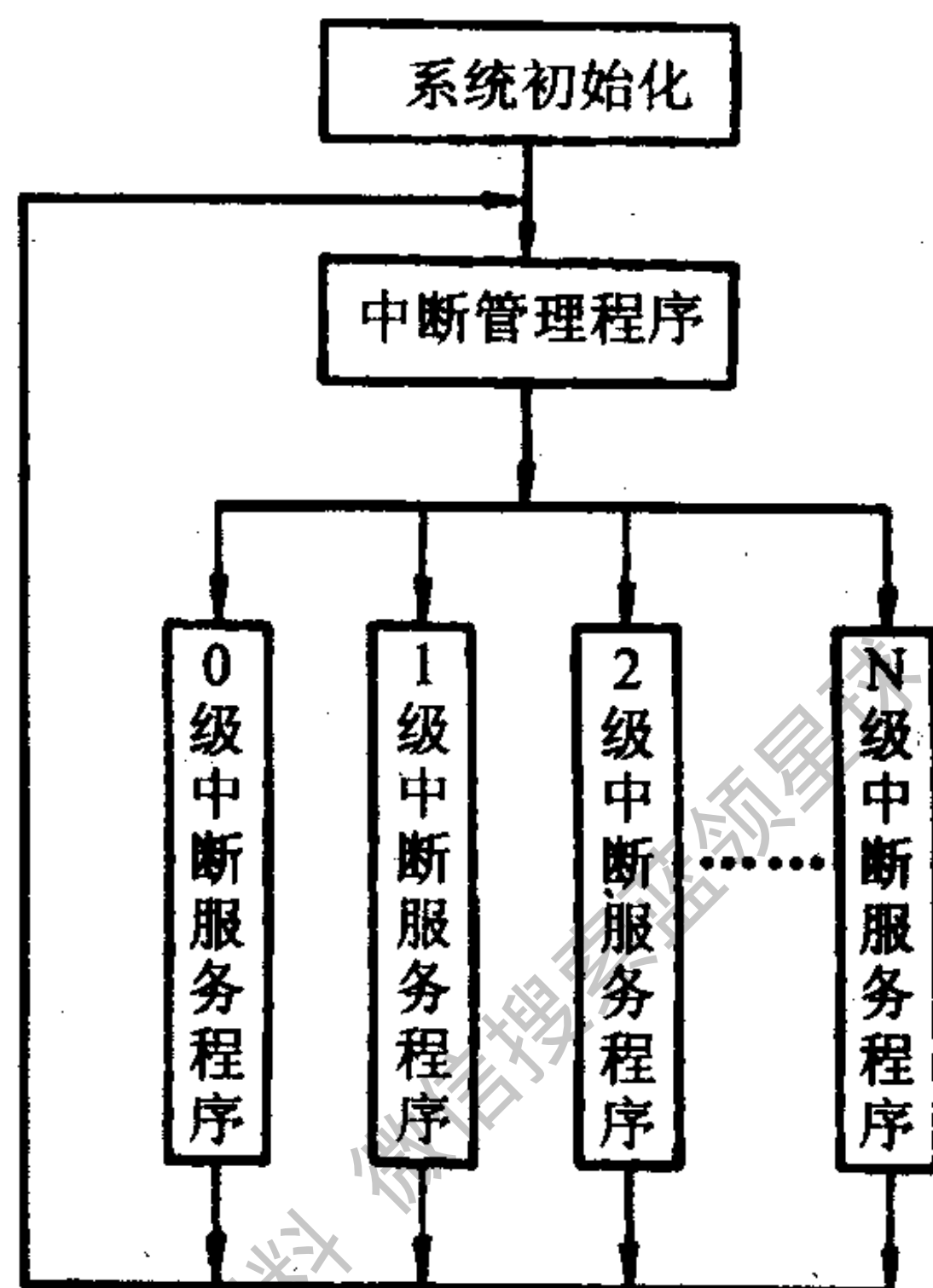
4.



题图 5

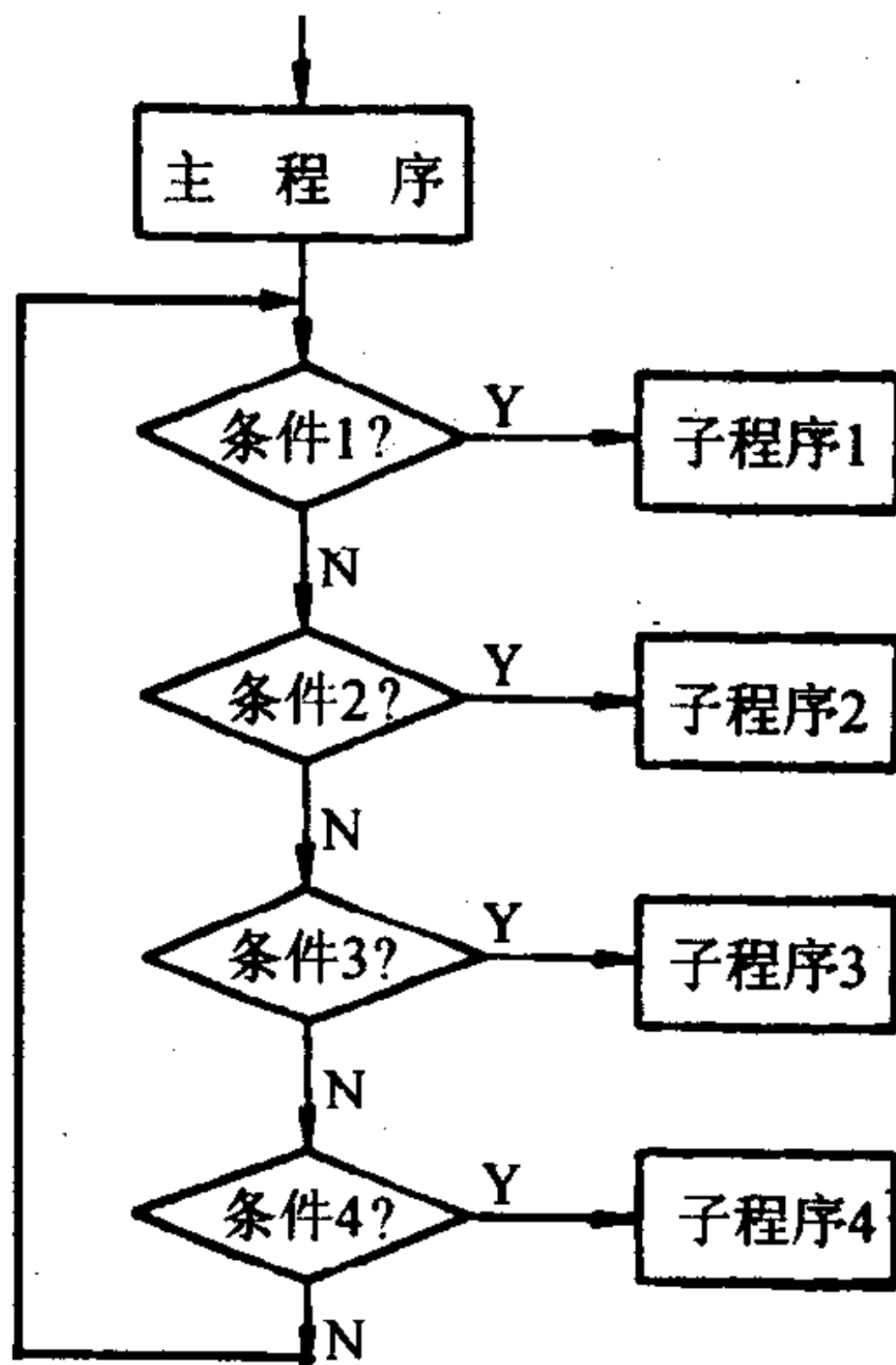
答:LD 0000  
OR 0050  
AND 0001  
OUT 0050  
LD 0050  
TIM 00  
# 0100  
LD T00  
OUT 0051

5. 见题图 6



题图 6

6. 见题图 7



题图 7

## 六、计算题

1. 解:

$$U_L = 2.34 U_2 \frac{\cos\alpha + 1}{2} = 2.34 \times 50 \times \frac{\cos 45^\circ + 1}{2} \\ = 100(\text{V})$$

$$I_L = \frac{U_L}{R_L} = \frac{100}{5} = 20(\text{A})$$

$$I_{T(\text{AV})} = \frac{1}{3} I_L = \frac{1}{3} \times 20 = 6.7(\text{A})$$

2. 解:

$$U_2 = \frac{2U_L}{2.34(1 + \cos\alpha)} = \frac{2 \times 220}{2.34(1 + \cos 30^\circ)} = 100.77(\text{V})$$

$$U_{RM} = 2.45 U_2 = 2.45 \times 100.77 = 246.88(\text{V})$$

$$I_T = \frac{1}{3} I_L = \frac{1}{3} \times 400 = 133.33(\text{A})$$

选择 KP20—5 型管子。

3. 解: 当  $\alpha = 30^\circ$  时

$$U_2 = \frac{U_L}{1.17 \cos\alpha} = \frac{24}{1.17 \times \cos 30^\circ} = 23.7(\text{V})$$

$$U_{RM} = 2.45 U_2 = 2.45 \times 23.7 = 58(\text{V})$$

当  $\alpha = 90^\circ$  时

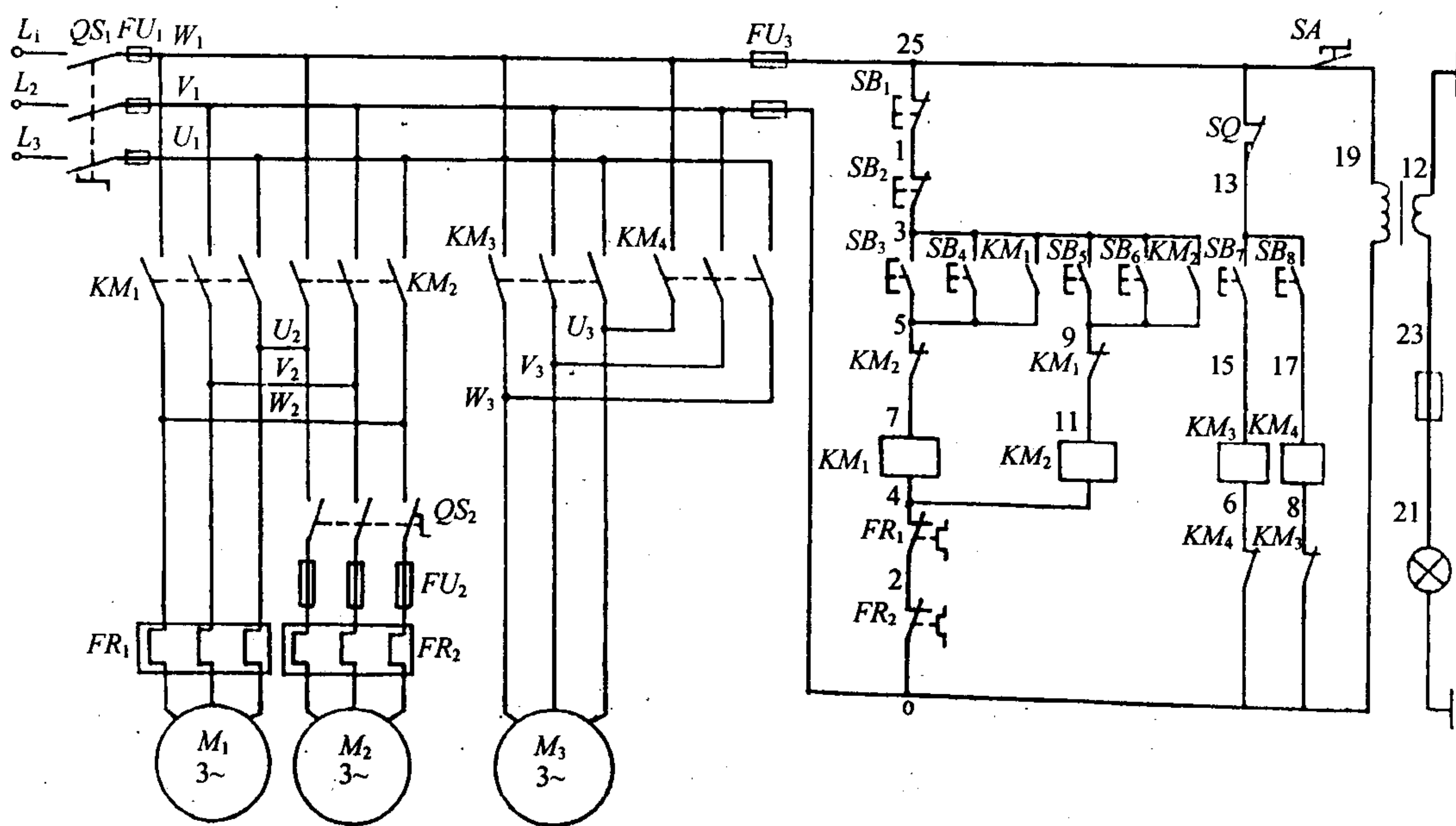
$$U_2 = \frac{U_L}{1.17[1 + \cos(\alpha + 60^\circ)]} = \frac{24}{1.17 \times (1 + \cos 150^\circ)} = 153.1(\text{V})$$

$$U_{RM} = 2.45 U_2 = 2.45 \times 153.1 = 375.1(\text{V})$$

## 七、技能题

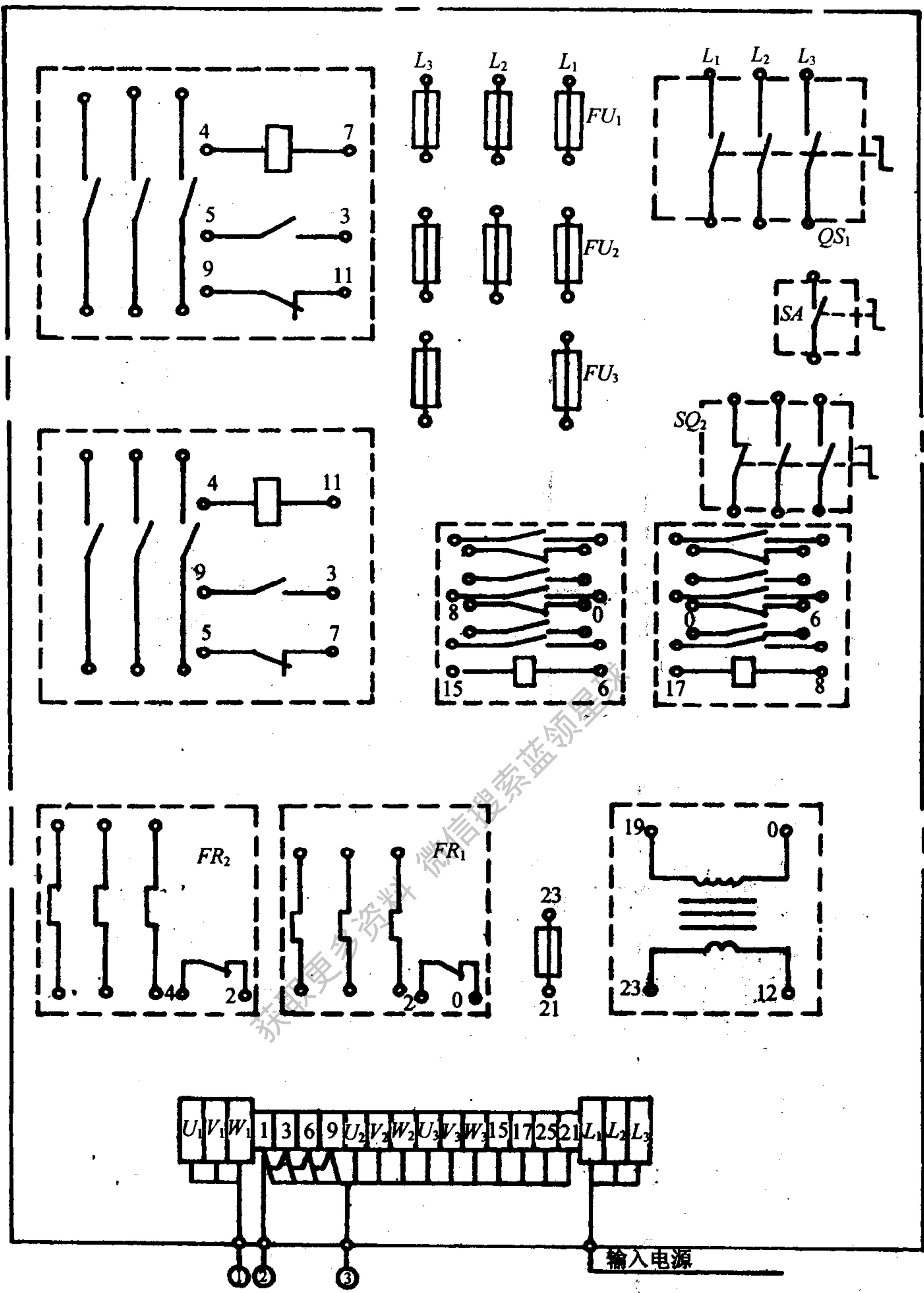
1. 高频设备主电路原理图如题图 1 所示。其可调直流高压电路由晶闸管  $VT_1 \sim VT_6$  构成的三相交流调压电路和高压硅堆整流桥  $UH$  组成。三相交流调压器控制的交流电压经高压变压器  $T_1$  升压、 $UH$  整流、电容  $C_3$  滤波后,形成振荡管所需的直流高压电源,为防止操作过电压和浪涌电压对晶闸管的危害,晶闸管和变压器一次绕组并接了阻容吸收装置,工频电网里接入了过压保护用硒堆  $FV$ ,另外过电流继电器  $KA_2$  对电路实行过电流保护。高频振荡电路,由振荡管  $V$ 、 $L_3$ 、 $L_4$  反馈电路和  $L_4$ 、 $C_1$  谐振电路组成,属于变压器耦合式振荡电路。接触器  $KM_3$  作振荡管起振荡控制用。当栅极电路里  $KM_3$  触点断开时,变压器  $T_4$  通过二极管对栅极电容  $C_7$  充电,形成截止负栅偏压,使  $V$  停振。当  $KM_3$  触点闭合时,电阻  $R_{11}$  与  $R_9$  的连接点被箝位于零,振荡管起振。(故障检修可参看操作技能 5 的相关部分。测绘方法可参看操作技能 9 的相关部分)

2. 见题图 8-1、8-2。

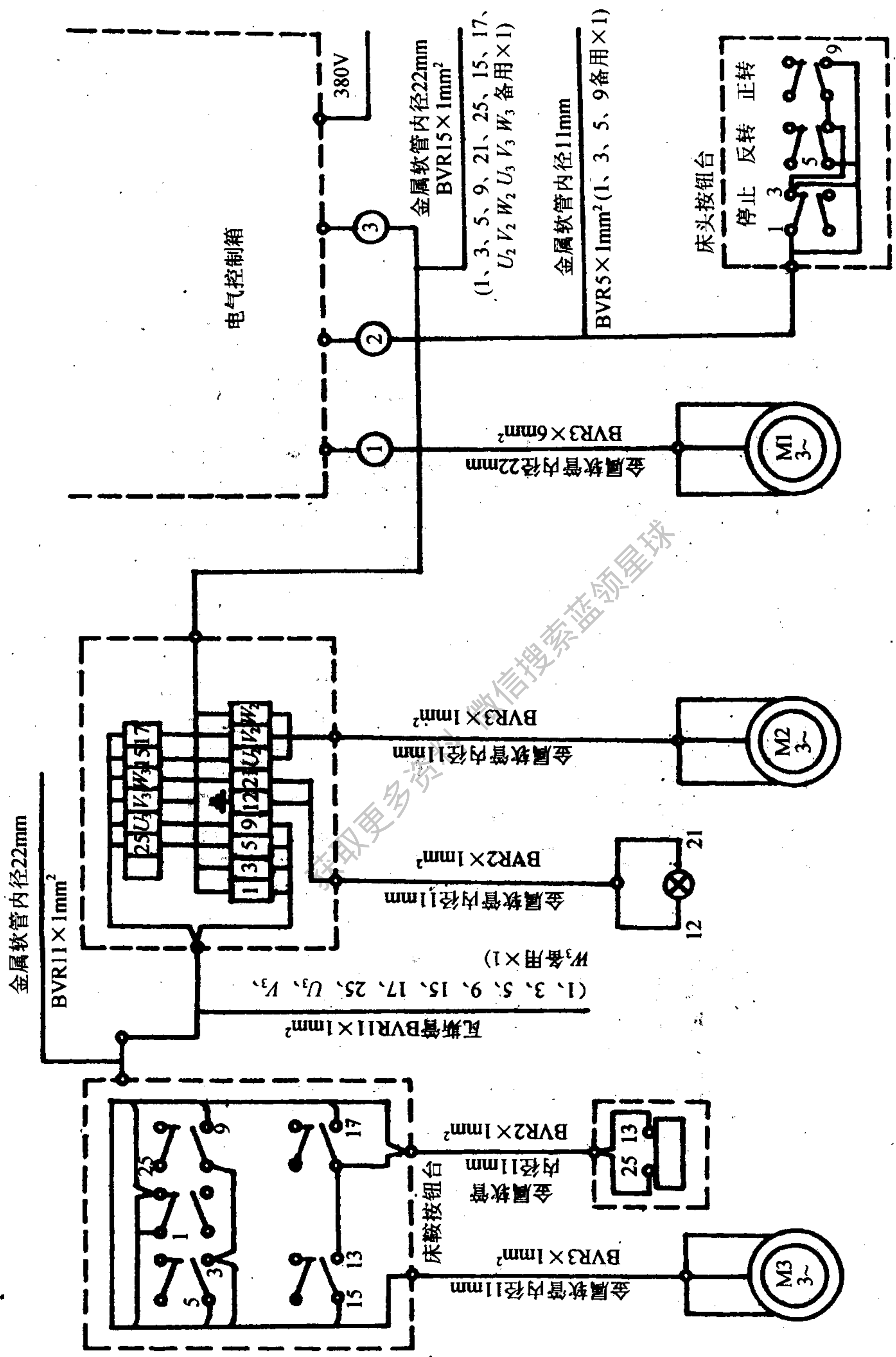


题图 8-1

获取更多资料 微信搜索 蓝领星球



(a)



(b)

题图 8-2  
(a) 电气柜接线图 (b) 外部接线图

# 附表

- 附表 1
- 附表 2
- 附表 3
- 附表 4
- 附表 5
- 附表 6
- 附表 7
- 附表 8

获取更多资料 微信搜索 蓝领星球



附表1 标准公差数值(GB1800—79)

基本尺寸 mm		公差等级																			
		IT01	IT0	IT1	IT2	IT3	IT4	IT5	IT6	IT7	IT8	IT9	IT10	IT11	IT12	IT13	IT14	IT15	IT16	IT17	IT18
大于	至	$\mu\text{m}$											mm								
—	3	0.3	0.5	0.8	1.2	2	3	4	6	10	14	25	40	60	0.10	0.14	0.25	0.40	0.60	1.0	1.4
3	6	0.4	0.6	1	1.5	2.5	4	5	8	12	18	30	48	75	0.12	0.18	0.30	0.48	0.75	1.2	1.8
6	10	0.4	0.6	1	1.5	2.5	4	6	9	15	22	36	58	90	0.15	0.22	0.36	0.58	0.90	1.5	2.2
10	18	0.5	0.8	1.2	2	3	5	8	11	18	27	43	70	110	0.18	0.27	0.43	0.70	1.10	1.8	2.7
18	30	0.6	1	1.5	2.5	4	6	9	13	21	33	52	84	130	0.21	0.33	0.52	0.84	1.30	2.1	3.3
30	50	0.6	1	1.5	2.5	4	7	11	16	25	39	62	100	160	0.25	0.39	0.62	1.00	1.60	2.5	3.9
50	80	0.8	1.2	2	3	5	8	13	19	30	46	74	120	190	0.30	0.46	0.74	1.20	1.90	3.0	4.6
80	120	1	1.5	2.5	4	6	10	15	22	35	54	87	140	220	0.35	0.54	0.87	1.40	2.20	3.5	5.4
120	180	1.2	2	3.5	5	8	12	18	25	40	63	100	160	250	0.40	0.63	1.00	1.60	2.50	4.0	6.3
180	250	2	3	4.5	7	10	14	20	29	46	72	115	185	290	0.46	0.72	1.15	1.85	2.90	4.6	7.2
250	315	2.5	4	6	8	12	16	23	32	52	81	130	210	320	0.52	0.81	1.30	2.10	3.20	5.2	8.1
315	400	3	5	7	9	13	18	25	36	57	89	140	230	360	0.57	0.89	1.40	2.30	3.60	5.7	8.9
400	500	4	6	8	10	15	20	27	40	63	97	155	250	400	0.63	0.97	1.55	2.50	4.00	6.3	9.7
500	630	4.5	6	9	11	16	22	30	44	70	110	175	280	440	0.70	1.10	1.75	2.8	4.4	7.0	11.0
630	800	5	7	10	13	18	25	35	50	80	125	200	320	500	0.80	1.25	2.00	3.2	5.0	8.0	12.5
800	1000	5.5	8	11	15	21	29	40	56	90	140	230	360	560	0.90	1.40	2.30	3.6	5.6	9.0	14.0
1000	1250	6.5	9	13	18	24	34	46	66	105	165	260	420	660	1.05	1.65	2.60	4.2	6.6	10.5	16.5
1250	1600	8	11	15	21	29	40	54	78	125	195	310	500	780	1.25	1.95	3.10	5.0	7.8	12.5	19.5
1600	2000	9	13	18	25	35	48	65	92	150	230	370	600	920	1.50	2.30	3.70	6.0	9.2	15.0	23.0
2000	2500	11	15	22	30	41	57	77	110	175	280	440	700	1100	1.75	2.80	4.40	7.0	11.0	17.5	28.0
2500	3150	13	18	26	36	50	69	93	135	210	330	540	860	1350	2.10	3.30	5.40	8.6	13.5	21.0	33.0

注:基本尺寸小于1mm时,无IT14至IT18。

附表2 常用(部分)和优先配合、轴的极限偏差(GB1801—79)(GB1800—79) (μm)





基本尺寸 (mm)		公差带														
		c	d		e	f			g		h					
大于	至	11	7	9	7	7	8	9	6	7	6	7	8	9	10	11
-	3	-60 -120	-20 -30	-20 -45	-14 -22	-6 -16	-6 -20	-6 -31	-2 -8	-2 -12	0 -6	0 -10	0 -14	0 -25	0 -40	0 -60
3	6	-70 -145	-30 -42	-30 -60	-20 -32	-10 -22	-10 -28	-10 -40	-4 -12	-4 -16	0 -8	0 -12	0 -18	0 -30	0 -48	0 -75
6	10	-80 -170	-40 -55	-40 -76	-25 -40	-13 -28	-13 -35	-13 -49	-5 -14	-5 -20	0 -9	0 -15	0 -22	0 -36	0 -58	0 -90
10	14	-95	-50	-50	-32	-16	-16	-16	-6	-6	0	0	0	0	0	0
14	18	-205	-68	-93	-50	-34	-43	-59	-17	-24	-11	-18	-27	-43	-70	-110
18	24	-110	-65	-65	-40	-20	-20	-20	-7	-7	0	0	-	0	0	0
24	30	-240	-86	-117	-61	-41	-55	-72	-20	-28	-13	-21	-33	-52	-84	-130
30	40	-120 -280	-80	-80	-50	-25	-25	-25	-9	-9	0	0	0	0	0	0
40	50	-130 -290	-105	-142	-75	-50	-64	-87	-25	-34	-16	-25	-39	-62	-100	-160
50	65	-140 -330	-100	-100	-60	-30	-30	-30	-10	-10	0	0	0	0	0	0
65	80	-150 -340	-130	-174	-90	-60	-76	-104	-29	-40	-19	-30	-46	-74	-120	-190
80	100	-170 -390	-120	-120	-72	-36	-36	-36	-12	-12	0	0	0	0	0	0
100	120	-180 -400	-155	-207	-107	-71	-90	-123	-34	-47	-22	-35	-54	-87	-140	-220
120	140	-200 -450														
140	160	-210 -460	-145	-145	-85	-43	-43	-43	-14	-14	0	0	0	0	0	0
160	180	-230 -480	-185	-245	-125	-83	-106	-143	-39	-54	-25	-40	-63	-100	-160	-250
180	200	-240 -530														
200	225	-260 -550	-170	-170	-100	-50	-50	-50	-15	-15	0	0	0	0	0	0
225	250	-280 -570	-216	-285	-146	-96	-122	-165	-44	-61	-29	-46	-72	-115	-185	-290
250	280	-300 -620	-190	-190	-110	-56	-56	-56	-17	-17	0	0	0	0	0	0
280	315	-330 -650	-242	-320	-162	-108	-137	-186	-49	-69	-32	-52	-81	-130	-210	-320
315	355	-360 -720	-210	-210	-125	-62	-62	-62	-18	-18	0	0	0	0	0	0
355	400	-400 -760	-267	-350	-182	-119	-151	-202	-54	-75	-36	-57	-89	-140	-230	-360
400	450	-440 -840	-230	-230	-135	-68	-68	-68	-20	-20	0	0	0	0	0	0
450	500	-480 -880	-293	-385	-198	-131	-165	-223	-60	-83	-40	-63	-97	-155	250	-400

基本尺寸 (mm)		公差带													
		js		k		m		n		p		r	s	t	u
大于	至	6	7	6	7	6	7	6	7	6	7	6	6	6	6
-	3	±3	±5	+6 +0	+10 0	+8 +2	+12 +2	+10 +4	+14 +4	+12 +6	+16 +6	+16 +10	+20 +14	-	+24 +18
3	6	±4	±6	+9 +1	+13 +1	+12 +4	+16 +4	+16 +8	+20 +8	+20 +12	+24 +12	+23 +15	+27 +19	-	+31 +23
6	10	±4.5	±7	+10 +1	+16 +1	+15 +6	+21 +6	+19 +10	+25 +10	+24 +15	+30 +15	+28 +19	+32 +23	-	+37 +28
10	14	±5.5	±9	+12	+19	+18	+25	+23	+30	+29	+36	+34	+39	-	+44
14	18			+1	+1	+7	+7	+12	+12	+18	+18	+23	+28	-	+33
18	24	±6.5	±10	+15	+23	+21	+29	+28	+36	+35	+43	+41	+48	-	+54
24	30			+2	+2	+8	+8	+15	+15	+22	+22	+28	+35	+62	+61
30	40	±8	±12	+18	+27	+25	+34	+33	+42	+42	+51	+50	+59	+73	+76
40	50			+2	+2	+9	+9	+17	+17	+26	+26	+34	+43	+48	+60
50	65	±9.5	±15	+21	+32	+30	+41	+39	+50	+51	+62	+60	+72	+96	+106
65	80			+2	+2	+11	+11	+20	+20	+32	+34	+41	+53	+66	+87
80	100	±11	±17	+25	+38	+35	+48	+45	+58	+59	+72	+73	+93	+126	+146
100	120			+3	+3	+13	+13	+23	+23	+37	+37	+51	+71	+91	+124
120	140	±12.5	±20	+28	+43	+40	+55	+52	+67	+68	+83	+88	+117	+162	+195
140	160			+3	+3	+15	+15	+27	+27	+43	+43	+63	+92	+122	+170
160	180	±14.5	±23	+33	+50	+46	+63	+60	+77	+79	+96	+90	+125	+174	+215
180	200			+4	+4	+17	+17	+31	+31	+50	+50	+65	+100	+134	+190
200	225	±16	±26	+36	+56	+52	+72	+66	+86	+88	+108	+93	+133	+186	+235
225	250			+4	+4	+20	+20	+34	+34	+56	+56	+68	+108	+146	+210
250	280	±18	±28	+40	+61	+57	+78	+73	+94	+98	+119	+106	+151	+212	+265
280	315			+4	+4	+21	+21	+37	+37	+62	+62	+77	+122	+166	+236
315	355	±20	±31	+45	+68	+63	+86	+80	+103	+108	+131	+109	+159	+226	+287
355	400			+5	+5	+23	+23	+40	+40	+68	+68	+80	+130	+180	+258
400	450	±20	±31	+45	+68	+63	+86	+80	+103	+108	+131	+113	+169	+242	+313
450	500			+5	+5	+23	+23	+40	+40	+68	+68	+84	+140	+196	+284
												+126	+190	+270	+347
												+98	+158	+218	+315
												+130	+202	+292	+382
												+94	+170	+240	+350
												+144	226	+325	+426
												+108	+190	+268	+390
												+150	+244	+351	+471
												+114	+208	+294	+435
												+166	+272	+393	+530
												+126	+232	+330	+490
												+172	+292	+423	+580
												+132	+252	+360	+540


附表3 常用(部分)和优先配合、孔的极限偏差(GB1801—79)(GB1800—79) ( $\mu\text{m}$ )

基本尺寸 (mm)		公差带																				
		C		D		E		F		G		H						Js	K	M	N	P
大于	至	11	9	10	9	8	7	6	7	8	9	10	11	7	7	7	7	7	7	7	7	
-	3	+120 +60	+45 +20	+60 +20	+39 +14	+20 +6	+12 +2	+6 0	+10 0	+14 0	+25 0	+40 0	+60 0	$\pm 5$	0 -10	-2 -12	-4 -14	-6 -16	-14 -24	-18 -28		
3	6	+145 +70	+60 +30	+78 +30	+50 +20	+28 +10	+16 +4	+8 0	+12 0	+18 0	+30 0	+48 0	+75 0	$\pm 6$	+3 -9	0 -12	-4 -16	-8 -20	-15 -27	-19 -31		
6	10	+170 +80	+76 +40	+98 +40	+61 +25	+35 +13	+20 +5	+9 0	+15 0	+22 0	+36 0	+58 0	+90 0	$\pm 7$	+5 -10	0 -15	-4 -19	-9 -24	-17 -32	-22 -37		
10	14	+205	+93	+120	+75	+43	+24	+11	+18	+27	+43	+70	+110	$\pm 9$	+6 -12	0 -18	-5 -23	-11 -29	-21 -39	-26 -44		
14	18	+95	+50	+50	+32	+16	+6	0	0	0	0	0	0									
18	24	+240	+117	+149	+92	+53	+28	+13	+21	+33	+52	+84	+130	$\pm 10$	+6 -15	0 -21	-7 -28	-14 -35	-27 -48	-33 -40		
24	30	+110	+65	+65	+40	+20	+7	0	0	0	0	0	0									
30	40	+280 +120	+142 +80	+180 +80	+112 +50	+64 +25	+34 +9	+16 0	+25 0	+39 0	+62 0	+100 0	+160 0	$\pm 12$	+7 -18	0 -25	-8 -33	-17 -42	+34 +59	-51 -61		
40	50	+290 +120																				
50	65	+330 +140	+174 +100	+220 +100	+134 +60	+76 +30	+40 +10	+19 0	+30 0	+46 0	+74 0	+120 0	+190 0	$\pm 15$	+9 -21	0 -30	-9 -39	-21 -51	-42 -72	-76 -106		
65	80	+340 +150																				
80	100	+390 +170	+207 +120	+260 +120	+159 +72	+90 +36	+47 +12	+22 0	+35 0	+54 0	+87 0	+140 0	+220 0	$\pm 17$	+10 -25	0 -35	-10 -45	-24 -59	-58 -93	-111 -146		
100	120	+400 +180																				
120	140	+460 +200	+245 +145	+305 +145	+185 +85	+106 +43	+54 +14	+25 0	+40 0	+63 0	+100 0	+160 0	+250 0	$\pm 20$	+12 -28	0 -40	-12 -52	-28 -68	-77 -177	-155 -195		
140	160	+460 +210																				
160	180	+480 +230	+285 +170	+355 +170	+215 +100	+122 +50	+61 +15	+29 0	+46 0	+72 0	+115 0	+185 0	+290 0	$\pm 23$	+13 -33	0 -46	-14 -60	+33 -79	-93 -133	-195 -235		
180	200	+530 +240																				
200	225	+550 +260	+320 +190	+400 +190	+240 +110	+137 +56	+69 +17	+32 0	+52 0	+81 0	+130 0	+210 0	+320 0	$\pm 26$	+16 -32	0 -52	+4 -66	-36 -88	-105 -151	-219 -265		
225	250	+570 +280																				
250	280	+620 +300	+350 +210	+440 +210	+265 +125	+151 +62	+75 +18	+36 0	+57 0	+89 0	+140 0	+230 0	+360 0	$\pm 28$	+17 -40	0 -57	-16 -73	-41 -98	-113 -159	-241 -287		
280	315	+650 +330																				
315	355	+720 +360	+385 +230	+480 +230	+290 +135	+165 +68	+83 +20	+40 0	+63 0	+97 0	+155 0	+250 0	+400 0	$\pm 31$	+18 -45	0 -63	-17 -80	-45 -108	-123 -169	-267 -313		
355	400	-760 +400																				
400	450	+840 +440	+880 +480	+230 +480	+135 +68	+68 +20	+20 +20	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	$\pm 31$	+18 -45	0 -63	-17 -80	-45 -108	-150 -202	-330 -382		
450	500	+880 +480																				

附表4 形状公差项目

分 类	项 目	符 号
形状公差	直线度	—
	平面度	
	圆 度	○
	圆柱度	
	线轮廓度	
	面轮廓度	

附表5 位置公差项目

分 类	项 目	符 号	
位置公差	定向	平行度	//
		垂直度	⊥
		倾斜度	∠
	定位	同轴度	◎
		对称度	≡
		位置度	⊕
	跳动	圆跳动	/
		全跳动	

附表 6 常用的热处理和表面处理名词及应用

名 词		代号及标注示例	说 明	应 用
退火		Th	将钢件加热到临界温度以上(一般是 710~715℃,个别合金钢 800~900℃)30~50℃,保温一段时间,然后缓慢冷却(一般在炉中冷却)	用来消除铸、锻、焊零件的内应力,降低硬度,便于切削加工,细化金属晶粒,改善组织,增加韧性
正火		Z	将钢件加热到临界温度以上,保温一段时间,然后用空气冷却,冷却速度比退火为快	用来处理低碳和中碳结构钢及渗碳零件,使其组织细化,增加强度与韧性,减少内应力,改善切削性能
淬火		C C48—淬火回火 HRC45~50	将钢件加热到临界温度以上,保温一段时间,然后在水、盐水或油中(个别材料在空气中)急速冷却,使其得到高硬度	用来提高钢的硬度和强度极限。但淬火会引起内应力使钢变脆,所以淬火后必须回火
回火		回火	回火是将淬硬的钢件加热到临界点以下的温度,保温一段时间,然后在空气中或油中冷却下来	用来消除淬火后的脆性和内应力,提高钢的塑性和冲击韧性
调质		T T235—调质至 HB 220~250	淬火后在 450~650℃进行高温回火,称为调质	用来使钢获得高的韧性和足够的强度。重要的齿轮、轴及丝杆等零件是调质处理的
表面 淬 火	火焰淬火	H54(火焰淬火后, 回火至 HRC52~58)	用火焰或高频电流将零件表面迅速加热至临界温度以上,急速冷却	使零件表面获得高硬度,而心部保持一定的韧性,使零件既耐磨又能承受冲击。表面淬火常用来处理齿轮等
	高频淬火	G52(高频淬火后, 回火至 HRC50~55)		
渗碳淬火		S 0.5—C59(渗碳 层深 0.5,淬火硬度 HRC56~62)	在渗碳剂中将钢件加热到 900~950℃,停留一定时间,将碳渗入钢表面,深度约为 0.5~2mm,再淬火后回火	增加钢件的耐磨性能、表面硬度、抗拉强度及疲劳极限。 适用于低碳、中碳(C<0.40%)结构钢的中小型零件
氮化		D 0.3—900(氮化 深度 0.3,硬度大于 HV850)	氮化是在 500~600℃通入氨的炉子内加热,向钢的表面渗入氮原子的过程。氮化层为 0.025~0.8mm,氮化时间需 40~50h	增加钢件的耐磨性能、表面硬度、疲劳极限和抗蚀能力。 适用于合金钢、碳钢、铸铁件,如机床主轴、丝杆以及在潮湿碱水和燃烧气体介质的环境中工作的零件
氰化		Q59(氰化淬火后, 回火至 HRC56~62)	在 820~860℃炉内通入碳和氮,保温 1~2h,使钢件的表面同时渗入碳、氮原子,可得到 0.2~0.5mm 的氰化层	增加表面硬度、耐磨性、疲劳强度和耐蚀性 用于要求硬度高、耐磨的中、小型及薄片零件和刀具等
时效		时效处理	低温回火后,精加工之前,加热到 100~160℃,保持 10~40h。对铸件也可用天然时效(放在露天中一年以上)	使工件消除内应力和稳定形状,用于量具、精密丝杆、床身导轨、床身等
发蓝 发黑		发蓝或发黑	将金属零件放在很浓的碱和氧化剂溶液中加热氧化,使金属表面形成一层氧化铁所组成的保护性薄膜	防腐蚀、美观。用于一般连接的标准件和其他电子类零件
硬度		HB(布氏硬度)	材料抵抗硬的物体压入其表面的能力称“硬度”。根据测定的方法不同,可分布氏硬度、洛氏硬度和维氏硬度 硬度的测定是检验材料经热处理后的机械性能——硬度	用于退火、正火、调质的零件及铸件的硬度检验
		HRC(洛氏硬度)		用于经淬火、回火及表面渗碳、渗氮等处理的零件硬度检验
		HV(维氏硬度)		用于薄层硬化零件的硬度检验

附表7 常用金属材料的牌号及应用

标准	名称	牌 号	应用举例	说 明
GB 700-165	普通碳素钢	A2、A2F	金属结构构件,拉杆、套圈、铆钉、螺栓、短轴、心轴、凸轮(荷载不大的)、吊钩、垫圈;渗碳零件及焊接件	普通碳素钢分甲、分、特三类。甲类钢用“A”表示;乙类钢用“B”表示,特类钢用“C”表示。 甲类钢分七种(A1~A7),A7的含碳量最高,钢的强度也最高,但延伸率最低;其中A2、A3应用较广。 沸腾钢在牌号后加符号“F”
		AS	金属结构构件,心部强度要求不高的渗碳或氰化零件;吊钩、拉杆、车钩、套圈、气缸、齿轮、螺栓、螺母、连杆、轮轴、楔、盖及焊接件	
		A5	转轴、心轴、销轴、链轮、刹车杆、螺栓、螺母、垫圈、连杆、吊钩、楔、齿轮、键以及其他强度须较高的零件。这种钢焊接性尚可	
GB 699-165	优质碳素钢	10	这种钢的屈服点和抗拉强度比值较低,塑性和韧性均高,在冷状态下,容易模压成形。一般用于拉杆、卡头、钢管垫片、垫圈、铆钉。这种钢焊接性甚好	牌号的两位数字表示平均含碳量,45号钢即表示平均含碳量为0.45% 含锰量较高的钢,须加注化学元素符号“Mn” 含碳量 $\leq 0.25\%$ 的碳钢是低碳钢(渗碳钢) 含碳量在0.25%~0.60%之间的碳钢是中碳钢(调质钢) 含碳量大于0.60%的碳钢是高碳钢
		15	塑性、韧性、焊接性和冷冲性均极良好,但强度较低。用于制造受力不大、韧性要求较高的零件、紧固件、冲模锻件及不要热处理的低负荷零件,如螺栓、螺钉、拉条、法兰盘及化工贮器、蒸汽锅炉等	
		20	用于不受很大应力而要求很大韧性的各种机械零件,如杠杆、轴套、螺钉、拉杆、起重钩等。也用于制造压力 $< 6079\text{kPa}$ 、温度 $< 450^\circ\text{C}$ 的非腐蚀介质中使用的零件,如管子、导管等	
		25	性能与20号钢相似,用于制造焊接设备,以及轴、辊子、连接器、垫圈、螺栓、螺钉、螺母等。焊接性及冷应变塑性均好	
		30	具有良好的强度和韧性综合性能。在化工机械方面,用于制造应力不大、工作温度不高于 $150^\circ\text{C}$ 的零件,如螺钉、丝杆、拉杆、套筒、轴等	
		35	性能与30号钢相似,用于制造曲轴、转轴、轴销、杠杆、连杆、横梁、星轮、圆盘、套筒、钩环、垫圈、螺钉、螺母等。一般不作焊接用	
		45	用于强度要求较高的零件,如汽轮机的叶轮、压缩机、泵的零件等	
		50	用于耐磨性要求高、动荷载及冲击作用不大的零件,如锻造齿轮、拉杆、轧辊、轴、磨擦盘、次要弹簧、农业机械上用的掘土犁铧、重负荷心轴与轴等。这种钢焊接性不好	
		55	用于制造齿轮、连杆、轮圈、轮缘、扁弹簧及轧辊等	
		60	这种钢的强度和弹性相当高,用于制造轧辊、轴、弹簧圈、弹簧、离合器、凸轮、钢绳等	
		15Mn	它的性能与15号钢相似,但其淬透性、强度和塑性比15号钢都高些。用于制造中心部分的机械性能要求较高且须渗碳的零件。这种钢焊接性好	
		45Mn	用于受磨损的零件,如转轴、心轴、齿轮、叉、啮合杆、螺栓、螺母、螺钉。焊接性较差。荷载较大,还可做离合器盘、花链轴、万向节、凸轮轴、曲轴、汽车后轴、双头螺柱、地脚螺栓等	
		65Mn	强度高,淬透性较大,脱碳倾向小,但有过热敏感性,易产生淬火裂纹,并有回火脆性。适宜作大尺寸的各种扁、圆弹簧,如座板簧、弹簧发条	

续表

标准	名称	牌 号	应用举例	说 明
Y B 5 1 5 9	碳素工具钢	T7 T7A	能承受震动和冲击的工具,硬度适中时有较大的韧性。用作:凿子、钻软岩石的钻头、冲击式打眼机钻头,大锤等	用“碳”或“T”后附以平均含碳量的千分数表示,有 T7 ~ T13。高级优质碳素工具钢须在牌号后加注“A” 平均含碳量约为 0.7% ~ 1.3%
		T8 T8A	有足够的韧性和较高的硬度,用于制造能承受震动的工具,如钻中等硬度岩石的钻头,简单模子,冲头等	
Y B 1 3 1 6 9	普通低合金结构钢	16Mn	桥梁,造船,厂房结构,储油罐,压力容器,机车车辆,起重设备,矿山机械及其他代替 A3 的焊接结构	普通碳素钢中加入少量合金元素(总量 < 3%)。其机械性能较碳素钢高,焊接性、耐腐蚀性、耐磨性较碳素钢好,但经济指标与碳素钢相近
		15MnV	中高压容器,车辆,桥梁,起重机等	
		16MnVN	大型罐车,蓄力器,贮气球罐等	
Y B 6 1 7 1	合金结构钢	20Mn2	对于截面较小的零件,相当于 20Cr 钢,可作渗碳小齿轮、小轴、活塞销、柴油机套筒、气门推杆、钢套等	钢中加入一定量的合金元素,提高了钢的机械性能和耐磨性;也提高了钢的淬透性,保证金属在较大截面上获得高机械性能
		45Mn2	用于制造在较高应力与磨损条件下的零件。在直径 $\leq 60\text{mm}$ 时,与 40Cr 相当。可做万向接轴、齿轮、蜗杆、曲轴等	
		15Cr	船舶主机用螺栓、活塞销,凸轮,凸轮轴、汽轮机套环,以及机车用小零件等,用于心部韧性较高的渗碳零件	
		40Cr	用于较重要的调质零件,如汽车转向节、连杆、螺栓、进气阀、重要齿轮、轴等	
		35SiMn	除要求低温(-20℃),冲击韧性很高时,可全面代替 40Cr 钢作调质零件,亦可部分代替 40CrNi 钢。此钢耐磨、耐疲劳性均佳,适用于作轴、齿轮及在 430℃ 以下的重要紧固件	
		18CrMnTi	工艺性能特优,用于汽车、拖拉机上的重要齿轮和一般强度、韧性均高的减速器齿轮,供渗碳处理	
Z B 2 2 1 6 2	特殊合金钢	1Cr13	用于在腐蚀条件下,制造承受冲击负荷和塑性较高的零件。如水压机阀体、热裂设备管路附件、螺栓、螺母及汽轮机叶片等	能良好地抵抗大气腐蚀,尤其在热处理和磨光后,具有最大的稳定性
		1Cr18Ni9Ti	用于化工设备的各种锻件,航空发动机排气系统的喷管及集热器等零件	耐酸,在 600℃ 以下耐热,在 1000℃ 以下不起皮
G B 9 7 9 1 6 7	铸钢	ZG25	铸造平坦的零件,如机座、机盖、箱体、铁铮台、锤轮、工作温度在 450℃ 以下的管路附件等。焊接性良好	铸钢件前面应加“铸钢”或汉语拼音字母“ZG”
		ZG45	各种形状的机件,如联轴器、轮、汽缸、齿轮、齿轮圈及重负荷机架等	



续表

标准	名称	牌 号	应用举例	说 明
GB 9761-67	灰口铸铁	HT15—33	用于制造端盖、汽轮泵体、轴承座、阀壳、管子及和管路附件、手轮；一般机床底座、床身、滑座、工作台等	“HT”为灰、铁二字汉语拼音的第一个字母。后面的第一组数字代表最低抗拉强度；第二组数字代表最低抗弯强度。如HT20—40，即表示灰口铸铁的抗拉强度为20kg/mm <sup>2</sup> ；抗弯强度为40kg/mm <sup>2</sup>
		HT20—40	用于制造汽缸、齿轮、底架、机体、飞轮、齿条、衬筒；一般机床铸有导轨的床身及中等压力(80kg/cm <sup>2</sup> 以下)的液压筒、液压泵和阀体等	
		HT25—47	用于制造阀壳、油缸、汽缸、联轴器、机体、齿轮、齿轮箱外壳、飞轮、衬筒、凸轮、轴承座等	
		HT30—45 HT35—61 HT40—68	用于制造齿轮、凸轮、车床卡盘、剪床、压力机的机身；导板、六角自动车床及其他重负荷机床铸有导轨的床身；高压液压筒、液压泵和滑阀的壳体等	
JB 2981-62	球墨铸铁	QT50—1.5 QT45—5 QT40—10	具有较高的强度和塑性。广泛用于机械制造业中受磨损和受冲击的零件，如曲轴（一般用QT50—1.5）、齿轮（一般用QT45—5）、气缸套、活塞环、摩擦片、中低压阀门、千斤顶座、轴承座等	“QT”是球墨铸铁的代号，它后面的数字表示强度和延伸率的大小。 如QT50—1.5即表示球墨铸铁的抗拉强度为50kg/mm <sup>2</sup> ，延伸率为1.5%
		KTH30—6 KTH33—8 KTZ45—5	用于受冲击、振动等零件，如汽车零件、机床附件（如扳手）、各种管接头、低压阀门、农具等	“KTH”、“KTZ”分别是黑心和珠光体可锻铸铁的代号，它们后面的数字分别代表强度和延伸率的大小

附表8 有色金属材料的牌号及应用

标准	名称	牌 号	应用举例	说 明
	普通黄铜	H62	散热器、垫圈、弹簧、各种网，螺钉及其他零件	“H”表示黄铜，后面数字表示含铜量，如62表示含铜60.5%~63.5%
ZB 2916-2	铸黄铜	ZHMn 58-2-2	用于制造轴瓦、轴套及其他耐磨零件	ZHMn58-2-2表示含铜57%~60% 锰1.5%~2.5%、铅1.5%~2.5%
ZB 2716-2	铸锡青铜	ZQSn 6-6-3	用于受中等冲击负荷和在液体或半液体润滑及耐蚀条件下工作的零件，如轴承、轴瓦、蜗轮、螺母，以及1013kPa以下的蒸汽和水配件	“Q”表示青铜，ZQSn6-6-3表示含锡5%~7%、锌5%~7%、铅2%~4%

续表

标准	名称	牌号	应用举例	说明
ZB 28162	铸造 无锡青铜	ZQA19-4	强度高,减磨性、耐蚀性、受压、铸造性均良好。用于在蒸气和海水条件下工作的零件及受磨擦和腐蚀的零件,如蜗轮衬套等	
ZB 30162	铸铝合金	ZL2	耐磨性中上等,用于制造负荷不大的薄壁零件	“Z”表示铸,“L”表示铝,后面数字表示顺序号
	硬铝	LY13	适于制作中等强度的零件,焊接性能好	
	白铜	B19	医疗用具、网、精密机械及化学工业零件、日用品	白铜是铜镍合金,“B19”为含镍 19%,余量为铜的普通白铜

获取更多资料 微信搜索 蓝领星球

## 参 考 文 献

1. 诸林裕,倪士俊,桑震凡.电子技术基础.第2版.北京:劳动出版社,1994
2. 童诗白,模拟电子技术基础.北京:人民教育出版社,1981
3. 阎石,金国芬,余孟尝,等.数字电子技术基础.北京:人民教育出版社,1981
4. 赵仁良,张显文,李方侠,等.电力拖动控制线路.第2版.北京:劳动出版社,1999
5. 李敬梅,王玉华,潘月飞,等.电力拖动控制线路与技能训练.第3版.北京:劳动出版社,2001
6. 陈相文,罗德俊.微型计算机基础应用教程(初级).天津:南开大学出版社,1994
7. 孟凡伦,刘光源,宋林香,等.维修电工生产实习.第2版.北京:劳动出版社,1999
8. 李显全,陈以文,邵玉仁,等.维修电工.北京:劳动出版社,1998
9. 蒋科华,邵玉仁,陈以文,等.维修电工.北京:劳动出版社,1998
10. 孔凡才,自动控制原理与系统.第2版.北京:机械工业出版社,1996
11. 李仁,鹿世金,董亚林.工厂电气控制设备.北京:机械工业出版社,1980
12. 方锡祚,毕仙大.机床电气控制设备.北京:机械工业出版社,1988
13. 董孔藩,吴若雄.电气制图.第2版.北京:劳动出版社,1997
14. 谭国治,晶闸管控制和高频设备.北京:机械工业出版社,1988
15. 吴文龙,王猛.数控系统.北京:高等教育出版社,2001
16. 唐应谦,车床数字控制.北京:劳动出版社,1991
17. 李善术,刘迎春,陈鼎宁.数控机床及其应用.北京:机械工业出版社,1998
18. 黄尚先,现代机床数控技术.北京:机械工业出版社,1996
19. 王侃夫,刘军,汪焯,等.数控机床控制技术与系统.北京:机械工业出版社,2001
20. 何铭新,钱可强,关震荣,等.机械制图.上海:人民教育出版社,1980
21. 钟志文,王启昌,辛志东,等.相关技能与知识.北京:劳动出版社,1991
22. 郭功楷,张庭初,陈松.机械制图.北京:劳动出版社,2000

[ G e n e r a l I n f o r m a t i o n ]

书名 = 高级维修电工

作者 = 天津市机电工业控股集团公司

页数 = 252

SS号 = 11300104

出版日期 = 2004年07月第1版

获取更多资料 微信搜索蓝领星球

- 目录理论知识 1 电子电路知识
  - 一、模拟电路基础
  - 二、数字电路基础
- 2 电力拖动及自动控制原理基本知识及应用知识
  - 一、电力拖动的基本知识
  - 二、自动控制原理的基本知识
  - 三、自动调速系统的基本原理
- 3 计算机基本知识
  - 一、计算机的组成
  - 二、计算机的工作原理
  - 三、计算机的主要特点
  - 四、计算机的应用
- 4 数控技术
  - 一、计算机数控系统
  - 二、经济型数控机床的构成、特点及应用知识
- 5 可编程序控制器
  - 一、可编程序控制器的控制原理、特点及注意事项
  - 二、编程器的使用方法
- 6 变频技术
  - 一、中频电源设备
  - 二、高频电源设备
- 7 相关知识
  - 一、机械制图及公差配合知识
  - 二、材料知识
- 8 电气设备检修工艺知识及其编制方法
  - 一、检修工艺知识
  - 二、检修工艺的编制方法
- 9 指导操作的基本方法
  - 一、严格执行安全技术操作
  - 二、注重理论联系实际
- 操作技能 1 经济型数控系统机械设备的调试及电气故障检修
  - 一、经济型数控系统机械设备的调试
  - 二、经济型数控系统机械设备电气故障检修
- 2 可编程序控制器控制系统电气故障检修
  - 一、P L C 输入部分的检修
  - 二、P L C 输出部分的检修
  - 三、P L C 内部的检修
- 3 用可编程序控制器改造继电器控制系统，编制逻辑运算程序，绘出电路图
  - 一、了解对于系统改造的要求
  - 二、了解原设备电气的工作原理
  - 三、计算输入 / 输出点
  - 四、选择 P L C
  - 五、了解 P L C 使用
  - 六、画出原理图
  - 七、选择元器件
  - 八、绘制其他电气图纸
  - 九、编制梯形图
  - 十、编辑梯形图
  - 十一、装配
  - 十二、通电调试
- 4 按图样要求安装带有 8 0 点以下开关量输入、输出的可编程序控制器的设备
  - 一、电气元器件及连接线的选择
  - 二、电气元器件的布局
  - 三、电气元器件的安装
  - 四、注意事项
- 5 中高频电源控制设备的故障检修
  - 一、中频电源控制设备的故障检修
  - 二、高频电源控制设备的故障检修
- 6 三相晶闸管控制装置的电气故障检修

- 一、电路的组成
  - 二、常见的故障分析
  - 7 B 2 0 1 0 A 龙门刨床电气线路的故障检修
    - 一、龙门刨床的结构及运动形式
    - 二、龙门刨床电气控制系统的分析
    - 三、龙门刨床常见故障的分析与排除
  - 8 测绘晶闸管触发电路并绘出原理图
    - 一、了解测绘电路板有关设备的情况
    - 二、实测
  - 9 测绘 X 6 2 W 铣床的电气原理图、接线图及电气元件明细表
    - 一、电气位置图—接线图—电气原理图法
    - 二、查对法
  - 1 0 测绘固定板、支架、轴、套、联轴器等机电装置的零件图及简单装配图
    - 一、零部件测绘的基本知识
    - 二、测绘几种典型零件及简单装配图
  - 1 1 编制一般机械设备的电气修理工艺
    - 一、小型异步电动机的修理工艺
    - 二、组合开关的修理工艺
    - 三、交流接触器的修理工艺
  - 1 2 指导本职业初、中级工进行实际操作
    - 一、加强电工的人身安全意识
    - 二、常用电工工具的使用
    - 三、常用电工仪器仪表的使用
    - 四、电子电路的装接
    - 五、电气控制线路的安装
    - 六、常用电气设备（如电动机、接触器、开关等）的检修
    - 七、车间电力线路的检修
    - 八、机床电气设备的故障检修
- 示题样例
- 一、判断题
  - 二、填空题
  - 三、选择题
  - 四、问答题
  - 五、作图题
  - 六、计算题
  - 七、技能题
- 附表附表 1 标准公差数值
- 附表 2 常用（部分）和优先配合、轴的极限偏差
  - 附表 3 常用（部分）和优先配合、孔的极限偏差
  - 附表 4 形状公差项目
  - 附表 5 位置公差项目
  - 附表 6 常用的热处理和表面处理名词及应用
  - 附表 7 常用金属材料的牌号及应用
  - 附表 8 有色金属材料的牌号及应用
- 参考文献