

摘要

桥式起重机是一种典型物料搬运机械,在企业生产活动中应用广泛作用显著,本文针对应用于运输的桥式起重机进行研究改进,由于起重机工作环境复杂,作业负荷大而频繁,机械振动冲击严重,而传统的桥式起重控制系统主要采用继电器接触器进行控制,采用交流绕线串电阻的方法进行启动和调速,这种控制系统存在可靠性差,操作复杂,故障率高,电能浪费大,效率低等缺点。因此对桥式起重机控制系统进行研究具有现实意义,采用平滑的调速是解决问题的有效手段。本文针对桥式起重机控制系统中存在的上述问题,把可编程序控制器和变频器应用于桥式起重机控制系统上,可以实现起重机电机速度的调节,满足节约能源和适应生产的需要,具有节能、减少机械磨损,启动性能好等诸多优点。

关键词: 可编程序控制器;桥式起重机;变频调速;变频器

docin 豆丁
www.docin.com

获取更多资料

Abstract

Bridge crane is a typical handling materials, widely used to production, thus it is very vital to improve the efficiency of bridge cranes and ensure the safety and reliability of the operation and reduce the cost of handling material. Aiming at bridge crane used to convey, it is studied. Due to work environment of the crane complex, Homework loadly and frequent, mechanical vibration shock serious, and the traditional bridge crane control system is mainly controlled by electric relay, using the method of communication winding resistance to start and speed. But the shortcomings in it are poor reliability, complex operation, high failure, wasteful energy and low efficiency. Thus resrarch aiming at bridge crane control system has a very significance. Aiming at solving the problems of above-mentioned, PLC and frequency converter are applied to bridge crane, realizing crane motor speed regulation, meeting to save energy and to adapt to the needs of production, having reduced energy, mechanical properties, etc.

Keywords: programmable logic controller; bridge crane; frequency control; frequency changer

www.docin.com

目录

前言	1
1 桥式起重机的简介	2
1.1 桥式起重机的概述	2
1.2 桥式起重机的结构	2
1.3 传统桥式起重机控制系统存在的问题	3
1.4 桥式起重机调速技术的发展概况	4
2 总体设计	6
2.1 问题提出	6
2.2 起重机控制系统总体方案	6
2.3 各机构的安全保护及检测	8
2.4 小车机构设计	9
3 变频调速及变频器	10
3.1 变频调速的基本原理	10
3.2 变频器的基本构成	12
3.3 变频器的保护	13
3.3.1 过电流保护功能	13
3.3.2 过电压保护功能	13
3.3.3 欠电压保护	14
4 桥变起重机控制系统硬件选择	15

4.1 桥式起重机系统硬件构成及各部分功能分析	15
4.2 系统的硬件部件选择	16
4.2.1 电机的选用	16
4.2.2 变频器的选择	17
4.2.3 常用辅助器件的选择	22
5 桥式起重机控制系统设计及编程	24
5.1 可编程控制器的介绍	24
5.1.1 PLC 的基本概念	24
5.1.2 PLC 的基本结构	24
5.1.3 PLC 的工作原理	25
5.1.4 PLC 的特点	26
5.2 PLC 的选型	27
5.2.1 PLC 的主要性能	27
5.2.2 本设计所选的三菱系列 PLC 选择与简介	27
5.3 控制系统的外部接口和变频器参数	29
5.3.1 PLC I/O 及地址分配	29
5.3.2 变频器主要参数设置	30
5.3.4 PLC 及变频器接口设计	31
5.4 操作面板设计	35
6 PLC 软件编程及仿真	36
6.1 变频器的多挡转速 PLC 控制	36

6.2 STL 编程方法	37
6.3 系统流程图及工作过程.....	37
6.3.2 大车控制部分	37
6.3.3 升降控制部分	38
6.3.4 降机悬停控制部分	39
6.2.4 三菱 GX 仿真	40
7 经济性分析.....	42
8 结论	43
8.1 设计总计	43
8.2 研究方向及展望.....	43
致 谢	45
参考文献	46
附录 A	47
附录 B.....	错误！未定义书签。56
附录 C.....	错误！未定义书签。66

docin 豆丁

www.docin.com

获取更多资料

微信搜索蓝领星球

前言

桥式起重机是桥梁式起重机的一种，依靠升降机构和水平运动机构在两个互相垂直的方向运动，能在矩阵场地上完成操作。传统桥式起重机的控制系统主要缺点有：桥式起重机工作环境差，工作任务重，电动机以及所串电阻烧毁和断裂故障时有发生，继电—接触器控制系统可靠性差，操作复杂，故障率高。转子串电阻调速，机械特性软，负载变化时转速也变化，调速不理想，电阻长期发热，电能浪费大，效率低。因此除了机械上的改进设计外，改善交流电气传动，减少启制动冲击，也是一个重要的方面。随着电力电子技术、微电子技术及现代控制理论的发展，控制从分立组成模拟量控制发展到数字量控制，运用可编程控制器和变频器对电动机进行变频调速成为可行。交流变频调速技术作为高新技术、节能技术已经广泛应用于各个领域。特别是将变频技术运用到起重机上可以使得起重机的整体特性得到很大的提高，可以解决传统桥式起重机控制系统存在的诸多问题。交流调速控制系统对于起重机来讲，交流驱动仍是国内普遍采用的方案而且多数停留在绕线式电动转子串电阻来调速。借助电力电子技术，微电子技术，由分离元件发展到大规模集成电路，从而实现控制部件的微型组件化，智能化，标准化。可编程序控制器PLC引入到交流电气传动系统后，使传动系统性能发生了质的变化。在桥式起重机自动控制和故障诊断等达到了新的高度。

本论文以双梁桥式起重机为研究对象，研究变频器在桥式起重机中的应用，根据原有的结构，以三菱PLC作为主控制器、三菱FR-A540系列变频器作为调速控制器，采用此体系结构实现桥式起重机变频调速系统的高效、稳定运行。

1 桥式起重机的简介

1.1 桥式起重机的概述

桥式起重机是桥架在高架轨道上运行的一种桥架型起重机，又称天车。桥式起重机的桥架沿铺设在两侧高架上的轨道纵向运行，起重小车沿铺设在桥架上的轨道横向运行，构成一矩形的工作范围，就可以充分利用桥架下面的空间吊运物料，不受地面设备的阻碍。桥式起重机广泛地应用在室内外仓库，厂房，码头和露天贮料场等处用作物料搬运设备，为此要求高效，灵活，安全可靠。

普通桥式起重机一般由起重小车、桥架运行机构、桥架金属结构组成。起重小车又由起升机构、小车运行机构和小车架三部分组成。

起升机构包括电动机、制动器、减速器、卷筒和滑轮组。电动机通过减速器，带动卷筒转动，使钢丝绳绕上卷筒或从卷筒放下，以升降重物。小车架是支托和安装起升机构和小车运行机构等部件的机架，通常为焊接结构^[7]。

起重机运行机构的驱动方式可分为两大类：一类为集中驱动，即用一台电动机带动长传动轴驱动两边的主动车轮；另一类为分别驱动、即两边的主动车轮各用一台电动机驱动。中、小型桥式起重机较多采用制动器、减速器和电动机组合成一体的“三合一”驱动方式，大起重量的普通桥式起重机为便于安装和调整，驱动装置常采用万向联轴器。

起重机运行机构一般只用四个主动和从动车轮，如果起重量很大，常用增加车轮的办法来降低轮压。当车轮超过四个时，必须采用铰接均衡车架装置，使起重机的载荷均匀地分布在各车轮上^[4]。

桥架的金属结构由主梁和端梁组成，分为单主梁桥架和双梁桥架两类。单主梁桥架由单根主梁和位于跨度两边的端梁组成，双梁桥架由两根主梁和端梁组成。

1.2 桥式起重机的结构

双桥式桥式起重机一般由桥架（又称大车）、由起重机小车，桥架金属结构，桥架运行机构以及电气控制设备等四个部分组成，机构主要指主起升机构，副起升机构，小车运行机构，大车运行机构。另有操纵室、小车导电装置（辅助滑线）、起重机总电源导电装置（主滑线）等部分组成。图 1-1 为桥式起重机示意图。

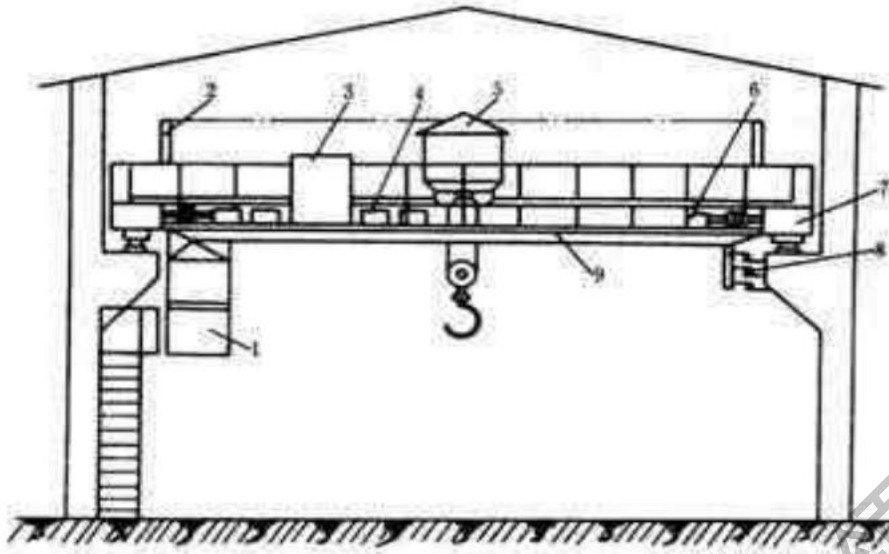


图 1-1 桥式起重机示意图

Figure1-1 Bridge crane schemes

a 桥架由主梁、端梁、走台等几部分组成。

b.大车移行机构 c.小车 d.提升机构 e.操纵室

a. 桥架

桥架由主梁、端梁、走台等几部分组成。支撑起整个起重机框架，保证整体稳定，安全。

b. 大车移行机构

大车移行机构可以使起重机货物将吊起后，沿前后方向移动，运输。

c. 小车移行机构

小车移行机构可以使起重机货物将吊起后，沿左右方向移动，运输。

d. 提升机构

提起机构用于将货物提起，放下，在空中停留，便于运送，躲避地面的障碍。

e. 操纵室

控制中心。

1.3 传统桥式起重机控制系统存在的问题

经过几十年的发展，我国桥式起重机制造厂和使用部门在设计、制造工艺、设备使用维修、管理方面，不断积累经验，不断改造，推动了桥式起重机的技术进步。但在实际使用中，结构开裂仍时有发生。究其原因是频繁的超负荷作业及过大的机械振动冲击所引起的机械疲劳。传统的起重机驱动方案一般采用：（1）直接起动电动机；（2）改变电动机极

对数调速；（3）转子串电阻调速；（4）涡流制动器调速；（5）晶闸管串级调速；（6）直流调速。前四种方案均属有级调速，调速范围小，无法高速运行，只能在额定速度以下调速；起动电流大，对电网冲击大；常在额定速度下进行机械制动，对起重机的机构冲击大，制动闸瓦磨损严重；功率因数低，在空载或轻载时低于 0.2~0.4，即使满载也低于 0.75，线路损耗大。晶闸管串级调速虽各服了上述缺点，实现了额定速度以下的无级调速，提高了功率因数，减少了起制动冲击，价格较低，但目前串级调速产品的控制技术仍停留在模拟阶段，尚未实现控制系统具有很好的调速性能和起制动性能，很好的保护功能及系统监控功能，所以有时采用直流电动机，而直流电动机制造工艺复杂，使用维护要求高，故障率高。

1.4 桥式起重机调速技术的发展概况

电动机的调速经过了很长时间的演变过程，一直以来人们在电动机的调速和转矩控制上做过了大量的研究，尝试过使用各种不同形式的调速方法，随着大功率和高开关频率的半导体器件的开发研制成功，以及计算机技术的普及应用，交流电动机的调速方式在近20年内取得了飞速发展，调速技术已经日趋成熟。

对直流驱动来讲 60 年代采用发电机-电机系统。从控制电阻分级控制，到交磁放大控制，到晶闸管激磁控制，到主回路晶闸管即晶闸管整流供电系统。随着电子技术的飞速发展，集成模块出现，计算机、微处理器应用，因此控制从分立组成模拟量控制发展至今今天的数字量控制。

从交流驱动来讲：常规的常采用绕线式电动机转子串电阻调速，为满足重物下放时的低速，一般依靠能耗制动、反接制动，后来还采用涡流制动，还有靠转子反馈控制制动、反接制动、单相制动器抱闸松劲的所谓软制动，随着电子技术的发展，国内外开发研制变频调速，PLC 可编程序控制器的应用控制系统的性能更加完美。

众所周知，直流调速系统具有较为优良的静、动态性能，并且易于实现、便于控制，在很长一段历史时期内，一直处于调速领域的绝对优势地位。然而，直流电机结构复杂，制造费时，对运行环境要求较高，电刷易于磨损，维护麻烦，这些问题极大限制了直流调速系统的应用，而交流电机在这方面存在显著的优势。交流电动机因其结构简单、坚固耐用、运行可靠、成本低、易维护、可适合于大容量调速和恶劣环境工作等优点，在工业领域得到广泛的应用。随着变频器的发展，逐渐取代直流调速而成为调速领域的领跑者。随着自动化技术的不断发展，电子元件制造工艺的不断进步，变频调速控制在起重机械中必

将会得到更为广泛的应用变频调速技术是国际上各大电气公司在70年代末80年代投入全力研制、开发，也是国际国内这几年全力研制应用的目标与方向。这几年一些公司如德国SIEMENS，美国GE，日本三菱等推出全数字化的变频控制技术，大功率的IGBT模块的出现使变频技术在起升机械、电梯等位能负载控制成为现实。目前，变频调速的控制方法有恒压频比控制，转差频率控制，变频控制，直接转矩控制等。这些控制方法都得到了不同程度的应用，但其控制性能有一定的差异^[2]。



2 总体设计

2.1 问题提出

设计某仓库内货物运送用途的桥式起重机。仓库情况：仓库占地长×宽×高=70m×50m×20m，货物成批箱装，尺寸4.5m×3.5m×2.5m，质量小于4t。

根据仓库，桥式起重机跨度为30m，长度60m，起升高度为15m，最大起重5t。大车，小车可以同时运行，起升机构不能与小车和大车同时运行。

对桥式起重机变频调速控制系统的基本要求：升降速度调节；运行机构运行速度调节；保护功能：主副机构上升限位、下降限位、大车限位、小车限位、主副机构及大小车电机的保护等。

2.2 起重机控制系统总体方案

本设计以三菱FX系列PLC作为起重机控制系统的主控制器，对起重机的动作进行控制。对速度的调节采用变频调速，通过三菱FR-A540系列变频器实现。大车、小车是普通反抗性负载，可以配用普通型或高功能型变频器，而升降位能性负载，应配用可实现四象限运行的矢量控制性变频器。但这样的方案与传统的操作方式相差较远。考虑到转速平滑调节对起重机来说并不必要，则可采用变频器机外开关多端速度选择方式实现速度控制，这和选取主令控制器作为操作器件是配套的。采用变频器后，电动机的正反转控制也变得简单了，不再需要使用接触器交换电源的相序，只要操作变频器的相序控制端口就可以了。采用了交流变频调速系统后，对整机机构的冲击、对制动器的磨损都降低到了最小限度。传统起重机控制系统起升机构能耗部分将取消，各机构调速电阻将取消。上述各机构原有的各电动机上的电磁抱闸继电器任然保留。

可编程控制器PLC为核心控制器，通过主令控制器，控制面板，限位开关，操作按钮输入，完成设备运行，调试和调速控制。由于各机构的特点不同，对调速要求也不相同。控制系统由继电器控制改为PLC控制，三大机构调速均采用变频调速。桥式起重机变频调速系统主要由电源及安全保护系统、主令控制器、PLC控制系统、变频调速系统组成。如图2-1所示。

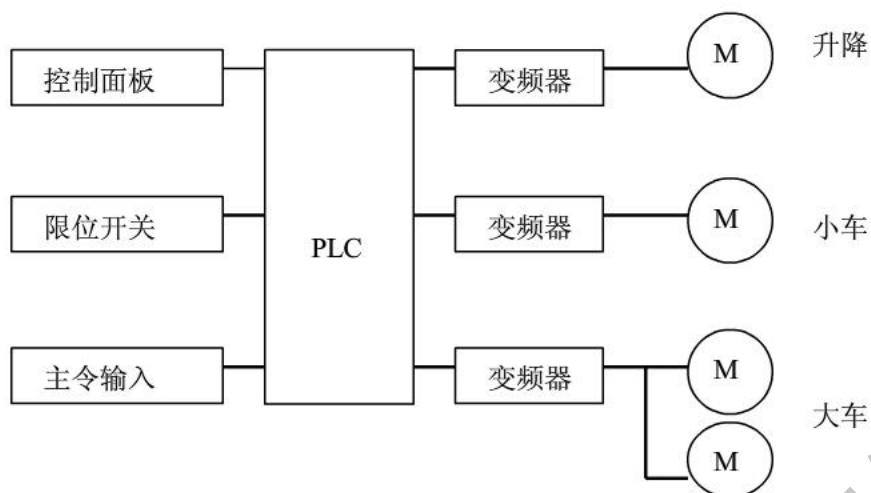


图 2-1 PLC 系统控制总图
Figure 2-1 System control layout

桥式起重机运行机构包括大车运行机构，小车运行机构和升降运行机构。下面分别对各机构控制进行简单说明。

a. 大车运行机构。用于大车跨度大，采用两台电动机。保证它们同步性，使用一台变频器进行控制。运行机构的起动时间应尽量符合实际需要，起动迅速而平稳，机构的电气制动方式必须着重考虑。对不同的工况，可选择自由制动方式与强制制动方式。在运行机构正常停止时，可选用自由停止方式，其停止时间可按实际生产中的运行情况设定，以尽量满足司机操作桥式起重机的需要为主。为保证起升机构起动时具有足够大的起动转矩，可以通过设定机械制动器的打开时间、变频器的最低运行频率、运行电流之间的关系，以满足机构负载特性的要求。

b. 小车运行机构。小车运行机构为一台电动机单独驱动，使用一台变频器，同大车运行机构类似。

c. 升降运行机构。起升机构属位能负载机构，不但要求高的转速及起制动的控制精度，而且对转矩控制要求严格。采用一台电动机单独驱动，使用一台变频器，变频器的选择，应以选择变频器的额定电流为基准，电机的主电路图如图2-2所示^[5]。

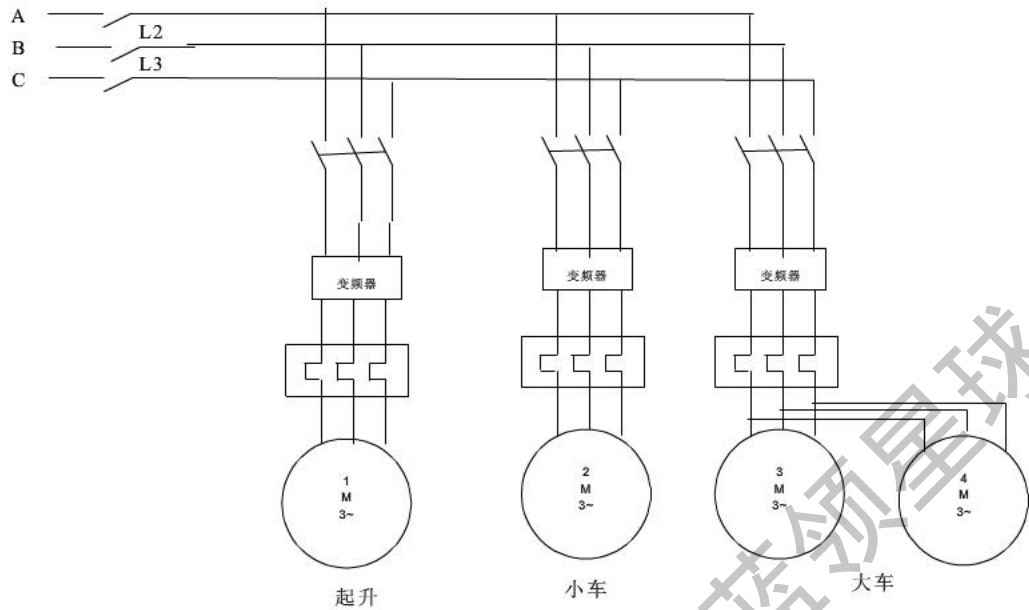


图 2.2 主电路图
Figure 2.2 main circuit diagram

2.3 各机构的安全保护及检测

桥式起重机的安全性能尤为重要，因此在软硬件设计中，我们对各机构的安全保护做了周密的设计。

a. 升机构安全保护及检测

主副起升机构设有上下极限限位开关，限位开关采用凸轮式或螺母螺杆式，当吊钩上升下降到极限位置时，停止在该方向上的运行。其要求如下：主副起升机构超速限位保护由变频器完成；主副起升机构共用一台超负荷力矩限制器；主副起升机构的过电流、过载、短路、断相等保护由变频器自动完成；主副起升机构均配备 BQC 型起重量限制器，其综合秤量精度 $\leq 5\%FS$ 。起重量超载限制器能分别在满载和所设定载荷发出相应信号，当载荷达到 90%时，发出提示性报警信号，当载荷达到 110%时，立即停止起升动作，并发出禁止性报警信号。

b. 车行走机构安全保护及检测

小车在其运行的两个方向上均设有终点限位开关和预限位开关，开关采用一般机械式，其动作逻辑与保护过程同起升机构。行走机构的过电流、过载、短路、断相等保护由变频器自动完成。

c. 压电安全保护及检测

其压电安全保护及检测要求如下：所有空气开关均有通、断检测所有接触器均有故障检测；所有电机均有过电流、过载、短路、断相保护；联动台设空气开关分断按钮和总接触器急停按钮开关，在紧急情况下断开门机总电源；各机构均设有主令控制器设零位保护。

2.4 小车机构设计

小车部分有一台电动机驱动，电动机通过减速器输出转矩到输出轴上，再通过联轴器与驱动部分连接，传递转速和转矩。

docin 豆丁
www.docin.com

获取更多资料

微信搜索 蓝领星球

3 变频调速及变频器

目前国内外调速的方案很多，主要是利用改变电机的级数、电压、电流、频率等方法改变电机的转速，通过上述方法使电机达到较高的使用性能。

变频调速是改变电动机定子电源的频率，从而改变其同步转速的调速方法。变频调速系统主要设备是提供变频电源的变频器。

变频器可分成交流—直流—交流变频器和交流—交流变频器两大类，目前国内大都使用交—直—交变频器。效率高，调速过程中没有附加损耗；调速范围大且可以实现平滑调速，调速性能好，可用于笼型异步电动机。

根据本课题需要选用变频器调速。

3.1 变频调速的基本原理

根据异步电机的知识，异步电机的转速公式为：

$$n = \frac{60f}{p}(1-s) \quad (3-1)$$

其中 n —异步电动机的转速,单位为r/min;

f — 定子的电源频率,单位为Hz;

S — 电机的转速滑差率 ;

P — 电机的极对数 。

由上式 (3-1)可知，如果改变输入电机的电源频率 f ，则可相应改变电机的输出转速。在电动机调速时，一个重要的因素时希望保持每极磁通量中. 为额定值不变。磁通太弱，没有充分利用电机的磁心，是一种浪费；若要增大磁通，又会使磁通饱和，从而导致过大的励磁电流，严重时会因为绕组过热而损坏电机。对于直流电机来说，励磁系统是独立的，所以只要对电枢反应的补偿合适，保持中，不变是很容易做到的。在交流异步电机中，磁通是定子和转子合成产生的^[5]。

三相异步电动机每相电动势的有效值是：

$$E_g = 4.44 f_1 N_1 K_{N1} \phi_m \quad (3-2)$$

式中 E_g —气隙磁通在定子每相中感应电动势有效值, 单位为V;

f_1 —定子频率, 单位为 Hz;

N_1 —定子每相绕组串联匝数;

K_{N1} —基波绕组系数;

ϕ_m —极气隙磁通量,单位为Wb;

由公式(3-2)可知,只要控制好 E_g 和 f_1 ,便可以控制磁通不变,需要考虑基频(额定频率)以下和基频以上两种情况;

a. 基频以下调速

即采用恒定的电动势 E_g ,有上式可知,要保持不变,单频率 f_1 从额定值 f_{1n} 向下调节时,必须同时降低 E_g ,然而绕组中的感应电动势是难以控制的,但电动势较高时,可以忽略定子绕组的漏磁阻抗压降,而认为定子相电压 $u_1 \approx u_g$,则得 $u_1/f_1 = \text{常值}$.低频时, u_1 和 E_g 读较小,定子阻抗压降所占的份量都比较显著,不能在忽略.这时,可以人为的把电压 U 抬高一些,以便近似的补偿定子压降.带定子压降补偿的恒功率比控制特性为b线,无补偿的为a线.如图3-1所示:

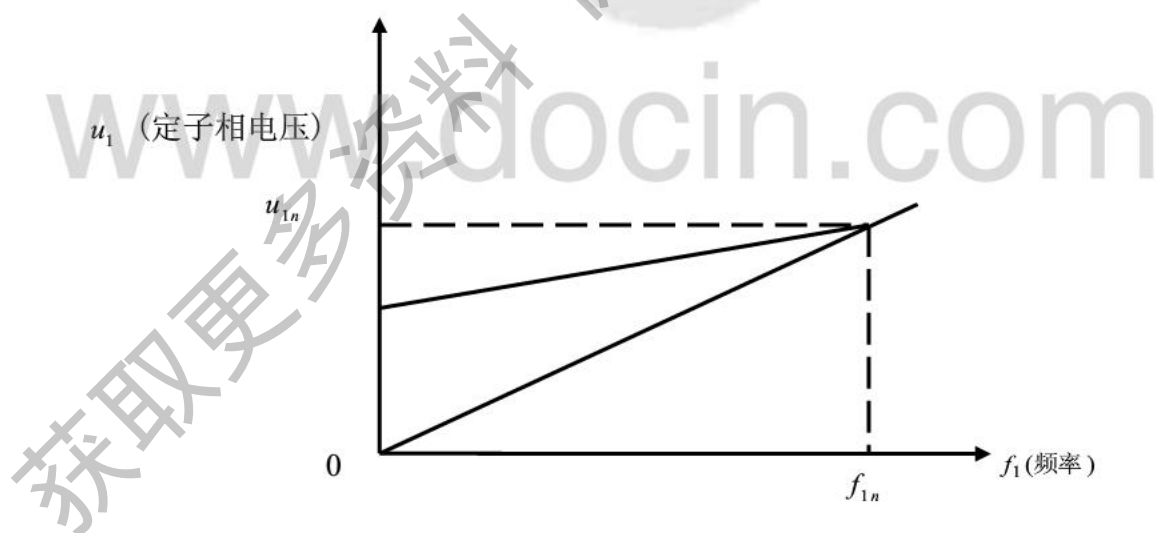


图 3-1 恒压频比控制特性

Figure 3-1 frequency than constant pressure control characteristics

b. 基频以上调速

在基频以上调速时,频率 f_1 往上增高,但电压 u 磁通与频率成反比的降低,相当与直

流电机弱磁升速的情况。把基频以下和基频以上两种情况合起来，可得到异步电动机的变频调速控制特性，如图3-2。如果电动机在不同的转速下都具有额定电流，则电动机都能在温升容许的条件下长期运行，这时转矩基本上随磁通变化。在基频以下，属于“恒转矩调速”的调速，而在基频以上，基本上属于“恒功率调速”。

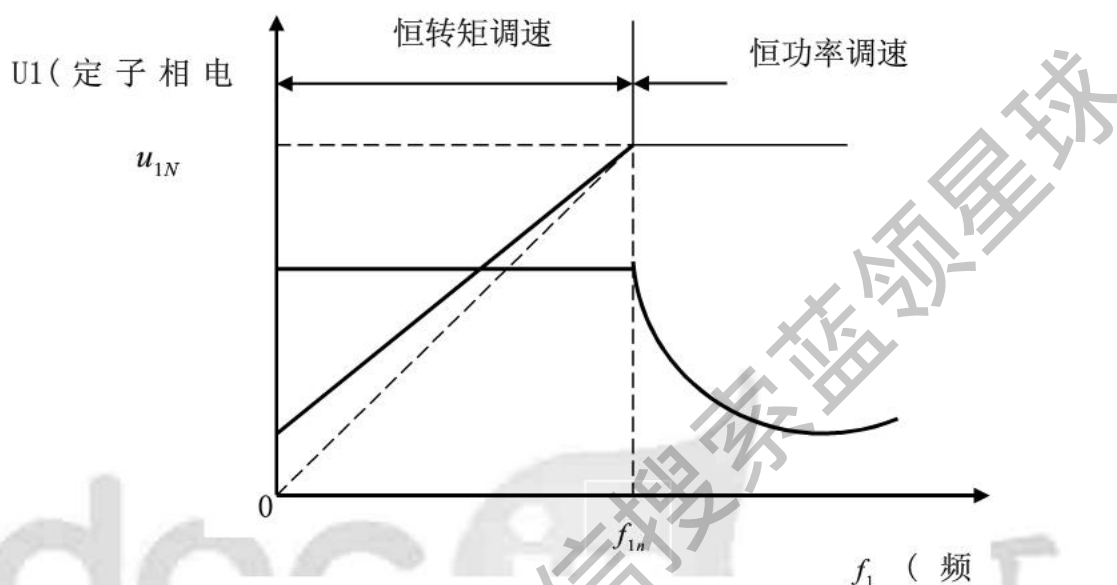


图3-2 异步电动机变压变频调速控制特

Figure 3-2 asynchronous electric motor variable frequency speed regulation control special

3.2 变频器的基本构成

变频器分为交—交和交—直—交两种形式。

交—交变频器只有一个变换环节，因此又称直接式变压变频器。常用的交—交变频器输出的每一相都是一个正、反两组晶闸管可控整流装置反并联的可逆线路，也就是说，每一相都相等于一套直流可逆调速系统的反并联可逆整流器。

交—直—交变频器先将工频交流电源通过整流器变换成直流，再通过逆变器变换可控频率和电压的交流。由于此类变频器在恒频交流电源和变频交流输出之间有一个“中间直流环节”，所以又称间接式变压变频器。交—直—交变频器由整流器、中间电路、逆变器、控制电路四个主要部分组成。

a. 整流器

整流器与三相交流电源相连接，产生脉动的直流电压。整流器有两种基本类型：可控型和不可控型。

b.中间电路

中间电路有以下三种类型：

- 1) 将整流电压变换成直流。
- 2) 使脉动的直流电压变得稳定或平滑。
- 3) 将整流后的固定直流电压变换成可变直流电压。

c.逆变器

逆变器产生可变电压, 可变频率的变频交流电供给交流电动机。

d. 控制电路

控制电路将控制信号传递给整流器、中间电路和逆变器, 同时也接受其反馈信号^[6]。

3.3 变频器的保护

3.3.1 过电流保护功能

由于变频器件的过载能力较差, 变频器的过电流保护至关重要。变频器中, 过电流保护的对象主要指带有突变性质的。电流的峰值超过了变频器的容许值的情形。

工作中过电流即拖动系统在工作过程中出现过电流, 其原因大致来自以下几个方面:

a.电动机遇到冲击负载或传动机构出现“卡住”现象, 引起电动机电流的突然增加。

b.变频器的输出侧短路, 如输出端到电动机之间的联机发生相互短路, 或电动机内部发生短路等。

c.变频器自身工作的不正常。升速中的过电流当负载的惯性较大, 而升速时间又设定的太短时, 将产生过电流。这是因为, 升速时间太短, 意味着在升速过程中, 变频器的工作频率上升太快, 结果升速电流太大。

变频器对过电流的处理在实际的拖动系统中, 大部分负载都是经常变动的。因此, 不论是在工作过程中, 还是在升、降速过程中, 短时间的过电流总是难免的。所以, 对变频器过电流的处理原则是, 尽量不跳闸, 为此而配置了防止跳闸的自处理功能; 只有当冲击电流的峰值太大, 或防止跳闸措施不能解决问题时, 才迅速跳闸。^[3]

3.3.2 过电压保护功能

a.产生过电压的原因

- 1) 电源过电压
- 2) 降速时因反馈量来不及释放而形成的再生过电压。

b.过电压的保护措施

1) 电源过电压 对于电源电压的上限，一般规定不能超过额定电压的10%，当电源线电压为380V时，起上限值为420V。由于电源电压过高，将直接反映在整流后的直流电压上；同时，再生过电压也直接反映在直流电压上，所以，进行电压保护的“取样电压”总是从主电路的直流电路中取出。

2) 再生制动时的防止跳闸功能 和升速过程中过电流时的防止跳闸功能一样，在降速过程中出现过电压，也可以采取暂缓降速的方法来防止它跳闸。

3.3.3 欠电压保护

对于电源方面引起的欠电压，变频器设定的动作电压一般都较低，不很严格。这是因为：

1) 欠电压的后果之一，是电动机的转矩下降，而新系列的变频器都有各种补偿功能，使电动机能够继续运行。

2) 欠电压的另一个后果是电动机的电流增大，而变频器又具有完善的过载保护功能。

doc 豆丁
www.docin.com

获取更多资料

4 桥式起重机控制系统硬件选择

4.1 桥式起重机系统硬件构成及各部分功能分析

桥式起重机大车、小车、升降电动机都需要独立运行，大车为两台电动机同时拖动，所以整个系统由 4 台电动机、3 台变频器传动，并由 PLC 分别加以控制。各部件的功能及实现方法如下：

1) 变频器

变频器为电动机提供频率可调节的交流电源，是实现电动机速度调节的关键设备。起重机变频器，特别是升降部分变频器，需配用制动电阻。起重机放下重物时，由于重力作用起重机将处于再生制动状态，拖动系统的动能要反馈到变频器直流电路中，使直流电压不断上升，甚至达到危险的地步。因此，必须将再生到直流电路里的能量消耗掉，使直流电压保持在允许范围内。制动电阻就是用来消耗这部分能量的。

2) 电源及安保系统

起重机的保护中有一个重要手段是电源控制，当出现任何意外时，首先是断开起重机的电源接触器，这时起重机各个环节的电磁抱闸发挥制动作用，保障设备及人身安全。这套机制在采用变频器之后仍将保留。

3) 电动机

采用变频器的交流起重机各电动机，可以使用专用的变频调速起重电机，也可用起重机原有的线绕转子电动机，将转子绕组短接就可以了。

4) 可编程控制器

可编程控制器完成系统逻辑控制部分，含接受主令控制器送来的操作信号、对变频器的控制及系统安全的保护，是系统的核心。

5) 主令控制器

主令控制器（又称主令开关），主要用于电气传动装置中，按一定顺序分合触头，达到发布命令或其他控制线路联锁，转换的目的。适用于频繁对电路进行接通和断开，常配合磁力启动器对绕线式异步电动机的启动，制动，调速及换向实行远距离控制，广泛用于各类起重机械的控制系统中。

6) 电磁制动器

电磁制动器是一种将主动侧扭力传达给被动侧的连接器，可以根据需要自由的结合，切离或制动，因使用电磁力来作动力，称之电磁制动器，具有响应快，结构简单等优点。

电磁制动器是现代工业中一种理想的自动化执行元件，在机械传动系统中主要起传递动力和控制运动等作用。具有结构紧凑，操作简单，响应灵敏，寿命长久，使用可靠，易于实现远距离控制等优点。

使机械运转部件停止或减速所必须施加的阻力矩称为制动力矩。制动力矩是设计、选用制动器的依据，其大小由机械的型式和工作要求决定。制动器上所用摩擦材料（制动件）的性能直接影响制动过程，而影响其性能的主要因素为工作温度和温升速度。摩擦材料应具备高而稳定的摩擦系数和良好的耐磨性。摩擦材料分金属和非金属两类。前者常用的有铸铁、钢、青铜和粉末冶金摩擦材料等，后者有皮革、橡胶、木材和石棉等。

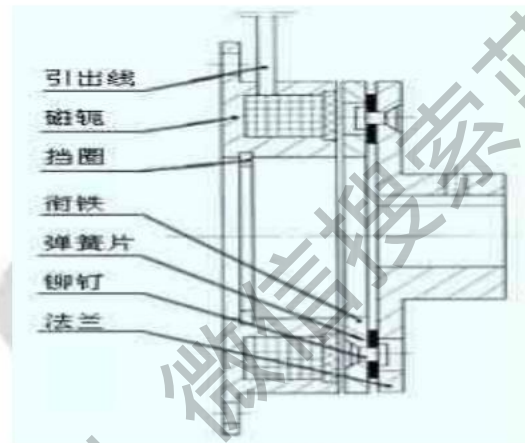


图 4-1 电磁制动器

Figure 4-1 electromagnetic brake

4.2 系统的硬件部件选择

4.2.1 电机的选用

1) 调速对电机的要求

采用变频调速时，由于变频器输出波形中高次谐波的影响以及电机转速范围的扩大产生了一些与在工频电源下传动时不同的特征。主要反映在功率因数、效率、输出力矩、电机温升、噪音及振动等方面。随着增强型V/f控制方法的应用、使变频器输出波形、谐波成份、功率因数及使用效率得到了很大的改善，有效地提高了变频控制电机的低速区转矩。同时由于变频控制软件的优化使用，使电机可以避开共振点，解决了系统在大调速区间内可能发生的共振问题。

目前，变频器已经发展到除非有超同步调速的要求或呈1:20以上的大速比、低调速要

求或特低噪声要求外，一般无须选用变频专用电机作变频系统的电机。现在国内推出的变频专用电机由普通电机加独立风扇组成，以解决电机在低速运转过程中自冷风扇风量不足而引起的电机过热问题。

2) 变频起重机系统中电机的选型选择

YZR, YZ系列是具有过载能力大和机械强度高的特点，特别适用于驱动各种型号的冶金及起重机或其他设备，YZR系列为绕线转子电动机，YZ系列为鼠笼型电动机。本设计大小车电机选用YZ系列。

YZB系列起重机冶金用变频调速三相异步电动机，是将三项异步电动机的特点与变频调速的优点集于一体，具有过载能力大机械强度高，调速宽，运行稳定的特点。本设计的起升部分选用该系列^[1]。

表4-1 电机选择
Table 4.1 motor choice

	电动机型号	额定功率/电流
起升机构	YZB-160 M-6	30KW/40A
大车运行机构	YZ-160 M-6	11KW/25A
小车运行机构	YZ-160 M-6	3.7KW/9.5A

4.2.2 变频器的选择

a. 变频器选型

起重机各机构负载为恒转矩负载，普遍选用带低速转矩提升功能的电压型变频器，如日本的安川，三菱，富士，德国的西门子及丹麦的丹佛斯等。其中本系统选用三菱变频器，三菱变频器具有较合理的价格，完整的理论计算书及辅件推荐值，有利于用户合理选用。通过对个系列的比较，本设计选用FR-A540变频器。

目前，市场上流行的变频器大多分为两类：一类是适于一般负载的一般通用变频器；另一类是适合于高精度控制的高性能通用变频器。高性能通用变频器与一般通用变频器相比，在以下几方面具有良好的性能：

- 1)宽的调速范围： 1: 100 以上，
- 2)良好的低频起动特性，
- 3)额定电压下的全范围恒转矩输出，
- 4)变频器系统具有良好的静态特性和动态特性，

5)完整和快速的故障诊断、保护和报警功能,

6)变频器和其驱动的电动机噪声低。

b. 变频器容量选择

考虑到电源电压波动因素及需通过 125%超载试验要求等因素,其最大转矩必须有 1.8~2 倍的负载力矩值,以确保其安全使用的要求。等额变频器仅能提供小于 150%超载力矩值,为此可通过提高变频器容量(YZ 型电机)或同时提高变频器和电机容量(Y 型电机)来获得 200%力矩值。

1) 大车运行机构工作频率较小,变频器的选择根据电动机的额定功率为依据,通常选额定功率大一级的变频器。

2) 起升机构属位能负载机构,不但要求高的转速及起制动的控制精度,而且对转矩控制要求严格。一般以电动机的额定电流、负载率和变频器运行的效率为依据。则变频器的额定电流一般为电动机额定电流的 1.2 倍以上,起升机构平均起动转矩一般来说可为额定力矩值的 1.3~1.6。

根据起重机电机驱动的特性和技术要求,采用 FR-A540 系列变频器作为主、副起升机构的电机驱动,FR-A540 系列变频器作为大、小行车行走机构的电机驱动,FR-A540 系列是一种通用性高性能矢量控制型变频器,功能强,价格低,完全满足行走机构的需求,因此我们推荐用户选用该系列变频器。下面仅就行走机构的电机变频驱动应用作介绍。

起重机大车运行方向有前后,小车运行方向有左右要求,根据运行速度至少要求分为 1~5 挡,加减速时间为 3s,通常小车行走机构采用一台电机,而大车行走机构须采用 2 台电机,大、小车本身的惯性也较大,为防止电机被倒拖处于发电状态时产生过电压,因此大小车变频器都配置了制动单元及制动电阻来释放能量。起重机整个电气系统由 FX-2N 系列 PLC 进行控制,变频器通过开关量端子接受 PLC 控制信号。

综上,桥式起重机各执行机构的变频器如表 4-2 所示。

表 4-2 变频器选择
Table 4-2 inverter choice

	变频器型号	额定功率/电流
起升机构	FR-A540-37K-CH	37KW/48A
大车运行机构	FR-A540-15W-CH	15KW/30A
小车运行机构	FR-A540-5.5K-CH	5.5KW/11.6A

c.FR-A540 电路结构

1) 主回路端子说明

主电路是由电源输入单相或三相恒压频的正弦交流电压，经整流电路转换成恒定的直流电压、供给逆变电路。逆变电路在CPU的控制下，将恒定的直流电压逆变成电压和频率均可调的三相交流电供给电动机负载。

R、S、T 交流电源输入端子，连接工频电源。当使用高功率因数转换器时，确保这些端子不连接。U、V、W 变频器输出端子，接三项鼠笼电机。

R1、S1 与交流电源端子，与交流端子 R、S 连接。在保持异常显示和异常输出时或当使用高功因数转换器时，请拆下短路片，并提供外部电源到此端子。

P、PR，连接制动电阻器拆开短路片，连接选件制动电阻器 FR-ABR。

接地，变频器外壳接地用，必须接大地。

2) 控制回路端子

STF 正转启动，STF 信号处于 ON 便正转，处于 OFF 便停止。程序运行时为程序运行开始型号。STR 反向启动，当 STF 和 STR 信号同时处于 ON 时，相当给出停止指令。

RH、RM、RL 多段速度选择，用 RH、RM、RL 信号的组合可以选择多段速度。

MPS 输出停止，MPS 信号处于 ON (20ms 以上) 时，变频器停止输出。用磁制动停止电机时，用于断开变频器的输出^[2]。

www.docin.com

获取更多资料

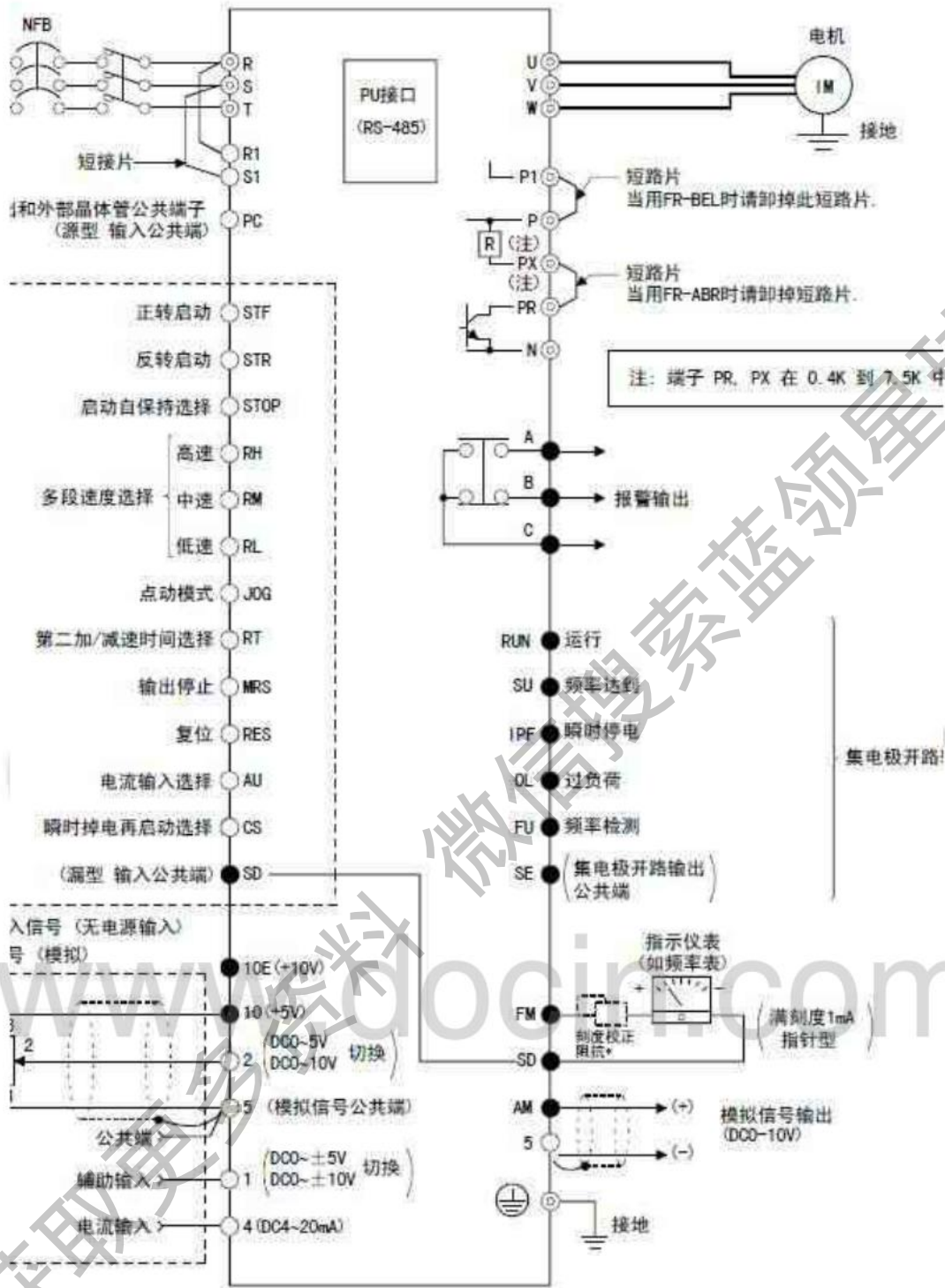


Figure 4-1 FR-A540 interface diagram

3) 参数表

表 4.3 FR-A540 部分参数表

Table 4.3 FR-A540 part parameter table

参数号	名称	设定范围	最小设定
0	转矩提升	0到30%	0.1%
1	上限频率	0到120HZ	0.01HZ
2	下限频率	0到120HZ	0.01HZ
3	基底频率	0到400HZ	0.01HZ
4	多段速度设定（高速）	0到400HZ	0.01HZ
5	多段速度设定（中速）	0到400HZ	0.01HZ
6	多段速度设定（低速）	0到400HZ	0.1s
7	加速时间	0到3600s至360s	0.1s
8	减速时间	0到3600s至360s	0.1s
9	电子过电流保护	0到500A	0.01A
13	启动频率	0到400HZ	0.01HZ
15	点动频率	0到400HZ	0.01HZ
16	点动加减速时间	0到3600s	0.1s
17	MPS输入选择	0, 2	1
18	高速上限频率	12至400HZ	0.01HZ
20	加减速参考频率	1至400HZ	0.01HZ
28	多段速度输入补偿	0, 1	1
29	加减速曲线	0, 1, 2, 3	1
31	频率跳变1A	0至400HZ	0.01%
32	频率跳变1B	0至400HZ	0.01HZ
41	频率到达动作范围	0到100%	0.1%
42	输出频率检测	0至400HZ	0.01KW
60	智能模式选择	0至8	0.01KW
80	电机容量	0.4至55KM	0.01KW
81	电机级数	2,4,6,12,14, 16	1
83	电机额定电压	0到1000W	0.01W
84	电机额定频率	50到120HZ	0.01HZ

4.2.3 常用辅助器件的选择

变频器系统器件由断路器、接触器、电抗器、变频器、制动电阻及制动单元组成。

a.断路器

为避开变频器使用时直流电容器的充电电流峰值，为此变频器配置的断路器容量应为电机额定电流的 1.3-1.4 倍，整定值为断路器额定值的 3-4 倍。

b.接触器

接触器在在变频器主回路中仅在变频器辅助器件或控制回路故障时起断开主回路的作用，一般不作回路开断器件用，故可按电机额定电流选用接触器容量，无须按开断次数考核其寿命。

c.交流电抗器

当变频器直接连接于一个大容量的电源变压器(600KVA 以上或电源变压器很近安装)时，或电网回路中接有移相电容器，可能会在电网中产生过峰值电容，致使变频器损坏。为此，在变频器的输入端加接交流电抗器，以抑制变频器的接入还可起到降低电机噪声、改善起动转矩、在电机轻载时改善电机功率因素的作用。

d.制动单元

因为在变频调速中，电动机的降速和停机是通过减小变频器的输出频率，从而降低电动机的同步转速的方法来实现的。当电动机减速时，在频率刚减小的瞬间，电动机的同步转速随之降低，由于机械惯性，电动机转速没有突变，使同步转速低于实际转速。电动机处于发电制动运行状态，负载机械和电动机所有的机械能量被回馈给电动机，并在电动机中产生制动力矩，使电动机的转速迅速下降。为了减小大惯性系统的减速时间，解决变频器直流电路上的过电压问题。常在其直流电路中加接以检测直流电压的晶体管。一旦直流回路电压超过一定的界限。该晶闸管导通，并将过剩的电能通过与之相接的制动电阻器转化为热能耗。在能量消耗的同时加速了转速的减小，该能量消耗得越多，制动时间越小，此装置即为变频器的制动单元。

e.制动电阻器

借助制动单元，消耗电机发电制动状态下从动能转换来的能量。有时变频器生产厂家在产品目录中给出了制动电阻最小值，可供用户在选择制动电阻时参考。

f.电缆的选择

由于高次谐波驱动效应，电缆的选择实际使用面积减小，单位实际工作电阻增大，

电缆压降有增大的趋势，故所配电缆一般大于常规使用值。如转换器与电机间的主回路配线不当，将会是电压下降较多，从而降低电机转矩，增大电机电源，引起电机过热。近年来变频器厂家将变频器的额定电压设计成稍低于电源电压，如 380V 电源用变频器标称电压为 360V 等，有利于输出电线容量的降低^[9]。

综上所述，变频器自身特性及合理选择是驱动设计成功的首要因素，但辅助配置器件的恰当与否同样不可以忽视。

docin 豆丁
www.docin.com

获取更多资料

微信搜索蓝领星球

5 桥式起重机控制系统设计及编程

随着计算机技术的发展，存储逻辑开始进入工业控制领域。可编程控制器作为通用的工业控制计算机，是存储逻辑在工业应用中的代表性成果。近 30 年以来，PLC 不断发展更新，其功能日益强大，已经成为工业控制领域的主流控制设备。现在 PLC 不仅能进行逻辑控制，在模拟量死循环控制、数字元量的智能控制、数据采集、监控、通讯联网及集散控制系统等各方面都得到了广泛应用。

5.1 可编程控制器的介绍

可编程序控制器(programmable controller)及其网络已成为当前工业自动化的支柱单元之一。现在 PLC 已发展到第四代，具有逻辑控制、过程控制、运动控制、数据处理等功能，同时还具有完善的自诊断功能，在机电一体化产品中应用范围极广。考虑到起重机自身的特点及其施工工况，

5.1.1 PLC 的基本概念

可编程控制器是一种数字运算操作的电子系统，专为在工业环境下应用而设计。它采用可编程序的存储器，用来在其内部存储执行逻辑运算、顺序控制、定时、计数和算术操作的指令，并通过数字式或模拟式的输入和输出，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围设备，都应按易于与工业系统联成一个整体，易于扩充其功能的原则设计。

现代的可编程控制器是以微处理器为基础，高度集成的新型工业控制装置，是计算机技术与工业控制技术相结合的产品。可编程序控制器是一种数字运算操作的电子系统，专为工业环境而设计。它采用了可编程序的存储器，用来在其内部存储执行逻辑运算、顺序控制、定时、计数和算术运算等操作的指令，并通过数字式和模拟式的输入和输出，控制各种类型机械的生产过程。而有关的外围设备，都应按易于与工业系统联成一个整体，易于扩充其功能的原则设计

5.1.2 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，如图所示：

a. 中央处理单元 (CPU)

中央处理单元(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；检查电源、存储器、I/O 以及警戒定时器的状态，并能诊断用户程序中的语法错误。当 PLC 投入运行时，首先它以扫描的方式接收现场各输入装置的状态和数据，并分别存入 I/O 映象区，然后从用户程序存储器中逐条读取用户程序，经过命令解释后按指令的规定执行逻辑或算术运算的结果送入 I/O 映象区或数据寄存器内。等所有的用户程序执行完毕之后，最后将 I/O 映象区的各输出状态或输出寄存器内的数据传送到相应的输出装置，如此循环运行，直到停止运行。

b. 存储器

根据存储器在系统中的作用，可以把它们分为以下 3 种：

1)系统程序存储器:和各种计算机一样，PLC 也有其固定的监控程序、解释程序，它们决定了 PLC 的功能，称为系统程序，系统程序存储器就是用来存放这部分程序的。系统程序是不能有用户更改的，故所使用的存储器为只读存储器 ROM 或 EPROM。

2)用户程序存储器:用户根据控制功能要求而编制的应用程序称为用户程序，用户程序存放在用户程序存储器中，由于用户程序需要经常改动、调试，故用户程序存储器多为可随时读写的 RAM。由于 RAM 掉电会失去数据，因此使用 RAM 作用户存储器的 PLC，都用后备电池保护 RAM，以免电源掉电时，失去用户程序。当用户程序调试修改完毕，不希望被随意改动时，可将用户程序写于 EPROM。

3)工作数据存储器:工作数据是经常变化、经常存取的一些数据。这部分数据存储在 RAM 中，以适应随机存取的要求。在 PLC 的工作数据存储区中，开辟有元件映像寄存器和数据表。

c. 电源

PLC 的电源在整个系统中起着十分重要的作用。如果没有一个良好的、可靠的电源系统是无法正常工作的，因此 PLC 的制造商对电源的设计和制造也十分重视。一般交流电压波动在+10%(+15%)范围内，可以不采取其它措施而将 PLC 直接连接到交流电网上去

5.1.3 PLC 的工作原理

当 PLC 投入运行后，其工作过程一般分为三个阶段，即输入采样、用户程序执行和输出刷新三个阶段。完成上述三个阶段称作一个扫描周期。在整个运行期间，PLC 的 CPU 以一定的扫描速度重复执行上述三个阶段。

a. 输入采样阶段

在输入采样阶段, PLC 以扫描方式依次地读入所有输入状态和数据, 并将它们存入 I/O 映象区中的相应得单元内。输入采样结束后, 转入用户程序执行和输出刷新阶段。在这两个阶段中, 即使输入状态和数据发生变化, I/O 映象区中的相应单元的状态和数据也不会改变。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。

b. 用户程序执行阶段

在用户程序执行阶段, PLC 总是按由上而下的顺序依次地扫描用户程序(梯形图)。在扫描每一条梯形图时, 又总是先扫描梯形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 RAM 存储区中对应位的状态; 或者刷新该输出线圈在 I/O 映象区中对应位的状态; 在用户程序执行过程中, 只有输入点在 I/O 映象区内的状态和数据不会发生变化, 而其他输出点和软设备在 I/O 映象区或系统 RAM 存储区内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; 相反, 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。

c. 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 I/O 映象区内对应的状态和数据刷新所有的输出锁存电路, 再经输出电路驱动相应的外设。这时, 才是 PLC 的真正输出^[7]。

5.1.4 PLC 的特点

在 PLC 系统中, 大量的开关动作是由无触点的半导体电路来完成的, 加上充分考虑了工业生产环境电磁、粉尘、温度等各种干扰, 在硬件和软件上采取了一系列抗干扰措施, PLC 有极高的可靠性。

a. 适应性强, 应用灵活

PLC 系统相对继电器控制系统, 接线少, 其主要功能是通过程序实现的, 在需要改变设备的控制功能时, 只需要修改程序, 需改接线的工作量是很少的。

b. 编程方便, 易于使用

PLC 的编程可采用与继电器电路极为相似的梯形图语言, 直观易懂, 深受现场电气技术人员的欢迎。

c.功能强，扩展能力强

PLC 中含有数量巨大的可用于开关量处理的继电器类软组件，可轻松地实现大规模的开关量逻辑控制，这是一般的继电器系统所不能实现的。PLC 或其功能单元方便地实现 D / A、A / D 转换及 PID 运算，实现程控、数字元控制等功能。PLC 具有通信网路功能，它不仅控制一台单机，一条生产线，还可以控制一个机群，许多生产线。它不但可以进行现场控制，还可以用于远程监控。

d.PLC体积小，重量轻，易于实现机电一体化

由于具有以上特点，使得 PLC 的应用范围极为广泛，可以说只要有工厂，有控制要求，就会有 PLC 的应用。

5.2 PLC 的选型

5.2.1 PLC 的主要性能

a.存储容量

系统程序存放在系统程序内存中，这里说的存储容量指的是用户程序内存的容量，用户程序存储容量决定了 PLC 可以容纳的用户程序的长短，一般以字为单位来计算。

b.输入/输出点数

I/O 点数即 PLC 面板上连接输入、输出信号用的端子的个数，常称为‘点数，’用输入及输出点数之和表示。I/O 点数越多，外部可接入的输入器件和输出器件就越多，控制规模就越大。因此，I/O 点数是衡量 PLC 性能的重要指针之一。

c.扩展能力

PLC 的扩展能力表现在以下两个方面：大部分 PLC 可以用 I/O 扩展单元进行 I/O 点数的扩展；有的 PLC 可以使用各种功能模块进行功能扩展。

5.2.2 本设计所选的三菱系列 PLC 选择与简介

机型选择的基本原则是在功能满足要求的前提下，保证可靠、维护使用方便以及最佳的性能价格比^[11]。经过调研和对比，三菱 PLC 在国内应用较广，与西门子和松下等 PLC 相比有下几个特点：

a.集成型与性价比

CPU、电源、输入输出合为一体。通过使用显示模块和功能扩展板，可以非常简便地实现系统升级。

另外，也可以扩展输入输出和特殊模块。

b.机身小，高速运算

基本指令：0.55-0.7 μ s/指令

应用指令：3.7-数百 μ s/指令

c.安心、宽裕的存储器规格

内置 8000 步 EEPROM 存储器

无需电池，维护轻松

d.丰富的软元件资源

辅助继电器：1536 点，定时器：256 点，计数器：235 点，数据寄存器：8000 点连接通讯功能用的功能扩展板或特殊适配器后，就可支持各种各样的通讯和数据连接。

e.面向海外的产品适合各种安全规格定位和脉冲输出功能。

f.西门子：价格昂贵，模拟量精确度高，编程复杂。模拟量简单，主要用于高精密设备。三菱：价格一般，编程简单，模拟量复杂，模拟量精确比西门子差，主要用于一般设备。欧姆龙：价格一般，编程简单，模拟量不如西门子三菱，一般数字量控制。

所以三菱 PLC 为大多数从事 PLC 工作的技术人员所接受，三菱电机自动化（上海）有限公司是国内专门生产三菱 PLC 的厂家。FX2n 系列 PLC 是 FX 系列中最高级的模块。它拥有无以匹及的速度、高级的功能、逻辑选件以及定位控制等特点，速度最高的微型 PLC，它的基本指令执行时间高达 0.08 μ s，内置的用户储存器为 8K 步，可以扩展到 256 个 I/O 点。有多种特殊功能模块或功能扩展板，可以实现多轴定位控制。机内有实时钟，PID 指令用于模拟量闭环控制。有功能很强的数学指令集，例如浮点数运算、开平方和三角函数等。每个 FX_{2N} 基本单元可以控制 8 个特殊单元。

FX2n 是从 16 到 256 路输入/输出的多种应用的选择方案。根据以上考虑性能的要求，及输入输出点即 I/O 口分配的要求，大致有 31 个输入点，20 个输出点，本设计选用三菱 FX 系列 PLC， $FX_{2N}80MR-001$ ，它有 40 个输入点，40 个输出点，AC 电源，DC24V 输入，继电器输出。如图 5-5 所示。



图 5-1 FX2N 系列可编程控制器

Figure 5-1 FX2N Series Programmable Logic Controller

5.3 控制系统的外部接口和变频器参数

5.3.1 PLC I/O 及地址分配

根据控制要求对输入量和输出量进行设计，并规划外部接口。

控制系统应具备的输入/输出点数，名称、代码及地址编号如表 5-1 所示。

表 5-1 I/O 接口分配
Table 5-1 the I/O interface distribution

输入设备	输入地址	输出设备	输出地址
电源总按钮SB1	X0	总电源继电器KM1	Y0
紧急开关SB2	X1	升降电源继电器KM2	Y1
大小车开关SB3	X2	大车电源继电器KM3	Y2
升降开关SB4	X3	大车正转	Y3
大车复位/开始SB5	X4	大车反转	Y4
大车正转	X5	大车固定频率10	Y5
大车反转	X6	大车固定频率20	Y6
大车正向限位开关SQ1	X7	大车固定频率40	Y7
大车反向限位开关SQ2	X10	小车电源继电器KM4	Y10
大车一档	X11	小车正转	Y11
大车二档	X12	小车反转	Y12
大车三档	X13	小车固定频率10	Y13
大车四档	X14	小车固定频率20	Y14

输入设备	输入地址	输出设备	输出地址
大车五档	X15	小车固定频率40	Y15
小车复位/开始开关SB6	X16	升降正转	Y16
小车正转	X17	升降反转	Y17
小车反转	X20	升降固定频率5	Y20
小车正向限位开关SQ3	X21	升降固定频率10	Y21
小车反向限位开关SQ4	X22	升降固定频率20	Y22
小车一档	X23	电磁制动开关KM5	Y23
小车二档	X24	升降提示灯	Y24
小车三档	X25		
小车四档	X26		
小车五档	X27		
升降复位/开始开关SB7	X30		
升降正转	X31		
升降反转	X32		
升降正向限位开关SQ5	X33		
升降反向限位开关SQ6	X34		
升降一档	X35		
升降二档	X36		

5.3.2 变频器主要参数设置

以对大车变频器设置参数为例，首先将所用电机铭牌数据输入 Pr80_Pr85，大车变频器应输入几个电机的总电流及总功率，并且大车变频器带有几个电机时应运行于线性频率/电压特性，速度变化采用固定频率的迭加，同时利用变频器的制动器接通、断开功能由输出继电器触点控制机械制动器，使行走机构在电机停止时不会由于外力而随意移动，其参数如表 5-2 所示。

表 5-2 变频器参数设定
Table 5-2 frequency inverter parameter setting

参数号	参数值	说明
Pr.0	3%	转矩提升
Pr.1	60HZ	上限频率
Pr.2	0HZ	下限频率
Pr.4	40HZ	多段速度设定（高速）
Pr.5	20HZ	多段速度设定（中速）
Pr.6	10HZ	多段速度设定（低速）
Pr.7	3s	加速时间
Pr.8	3s	减速时间
Pr.9	48A	过电流保护
Pr.13	5HZ	启动频率
Pr.16	3S	点动加减速时间
Pr.20	10	点动加减速频率
Pr.80	30W	电机容量
Pr.81	6	电机级数
Pr.83	360V	电机额定电压
Pr.84	48A	电机额定电流
Pr.100	1	V/F 特性
Pr.18	60HZ	高速上限频率
Pr.79	2	操作模式选择（外部操作）

5.3.4 PLC 及变频器接口设计

a. 大车移行机构单元电路图

大车运行机构的大车采用两台电动机，使用一台变频器进行控制，由于大车运行机构的频率较小，因此采用一台变频器控制两台电机，以节约成本，变频器的选择以所选电动机的额定功率为根据，通常选额定功率大一级的变频器，其控制电路示意图如图 5-2 所示。

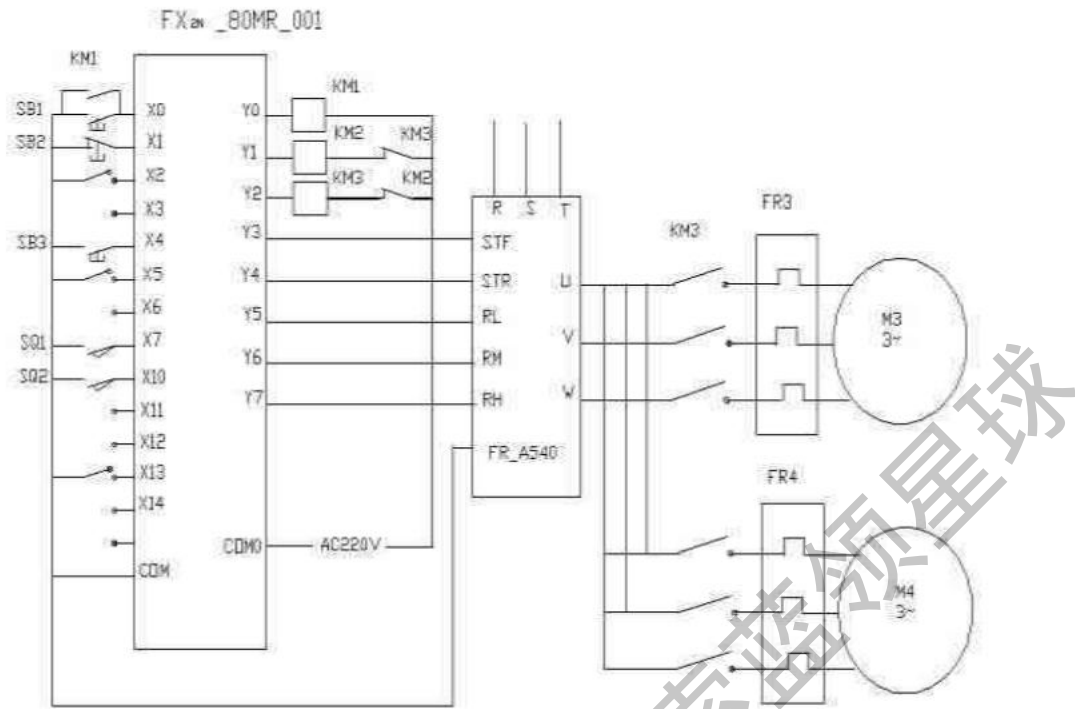


图 5-2 大车运行机构控制电路图

Figure 5-2 during operation organization control diagram

b. 小车车移行机构单元电路图

小车运行机构为一台电动机单独驱动，使用一台变频器进行控制，变频器的选择以所选电动机的额定功率为依据，通常选额定功率大一级的变频器，采用V/F控制方式，其熬车方式与大车运行机构相同，可采用自由停车的方式机构控制示。

c. 升降机构单元电路图

主起升机构采用一台电动机单独驱动，使用一台变频器，可采用专用的变频器进行重物提升控制，运行机构的启动要求迅速、平稳，同时采用电磁制动起升运行机构如图 5-3 所示。

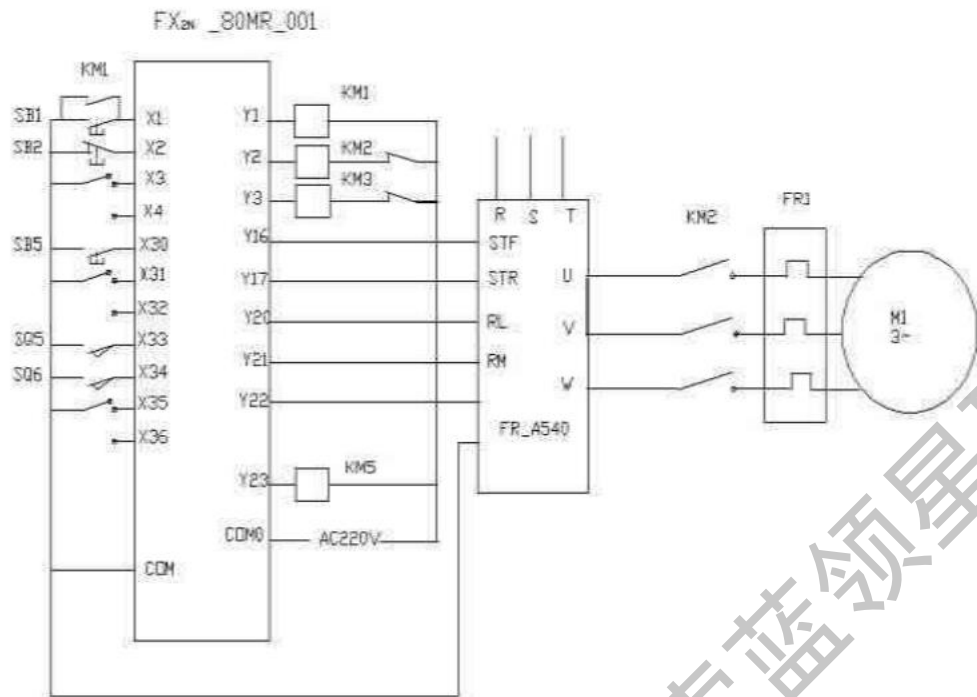


图 5-3 升机构控制电路图

Figure. 5-3 lifters institutions control diagram

d. 系统总接线图

由前面各单元电路的设计及各机构的控制电路图可得系统总方案接线图，如图 5-4 所示。

www.docin.com

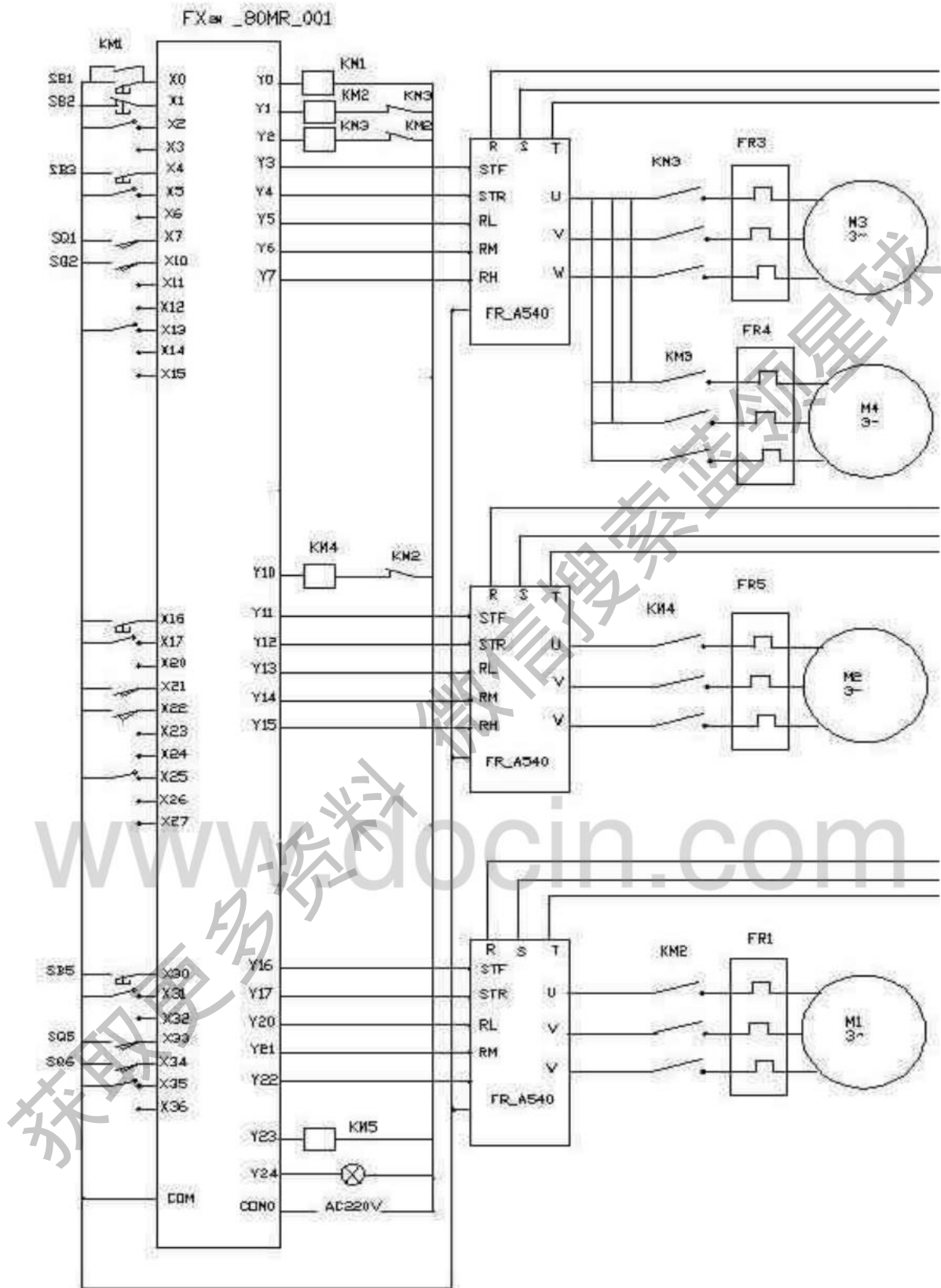


图 5-4 系统总接线图

Figure 5-4 system always the wiring diagram

5.4 操作面板设计

根据输入口，安排各输入量在操作面板的开关，档位及正反转的输入通过主令控制器调节，限位开关不需要在操作面板中体现。具体如图所示。

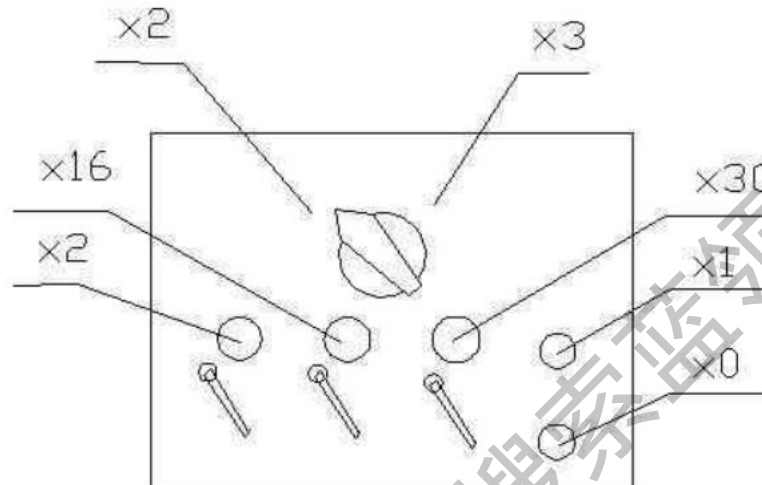


图 5-5 操作面板示意图

Figure. 5-5 operation panel schemes

+

获取更多资料

6 PLC 软件编程及仿真

6.1 变频器的多挡转速 PLC 控制

变频器每个挡次的输入频率需要由三个输入端的状态来决定，三个状态下的频率，相互叠加组成各个档位速度对应的频率；操作人员切换转速通过主令控制器开启个档位对应的开关，将信号传给 PLC，通过变频器的三个输入状态控制速度。^[9]

表 6-1 变频器端子状态表
Table 6-1 State Table inverter terminal

转速端子状态	1	2	3	4	5
RL	ON	OFF	ON	OFF	ON
RM	OFF	ON	ON	OFF	OFF
RH	OFF	OFF	OFF	ON	ON

本设计中要有 5 个挡转速，通过 5 个选择开关来控制。大车的 PLC 的输入端 X11~X15 分别用于接收 5 挡转速的信号。PLC 的输出端 Y14、Y15、Y16 分别接至变频器的输入控制端 RL、RM、RH，用于控制其状态。



图 6-1 多挡转速控制梯形图

Figure 6-1 Multi-speed control ladder chart

6.2 STL 编程方法

步进梯形指令 (Step Ladder Instructing) 简称 STL 指令。FX 系列 PLC 还有一条使 STL 指令复位的 RET 指令。利用这两条指令, 可以很方便地编制顺序控制梯形图程序。

STL 指令使编程者可以生成流程和工作与顺序功能图非常相近的程序。顺序功能图中的每一步对应一小段程序, 每一步与其他步是完全隔离开的。使用者根据其使用的要求将这些程序段按一定的顺序组合在一起, 就可以完成任务了。这种编程方法可以节约编程的时间, 并能减少编程错误。

STL 触点一般与左侧母线相连, 当某步为活动步, 对应的 STL 触点接通, 它右边的电路被处理, 直到下一步被激活。某一 STL 触点闭合后, 该步的负载线圈被驱动。当该步后面的条件满足时, 转换实现, 即后续对应的状态继电器被 SET 或 OUT 指令置位, 后续步变为活动步, 同时与原活动步对应状态继电器被系统程序自动复位。

6.3 系统流程图及工作过程

6.3.2 大车控制部分

按下起动按钮 SB1, 接触器 KM1 通电吸合, 三相总电源接通。

复位/开始按钮 SB4 按下后, 程序判断是否有档位输入, 有则执行, 输出相应档速; 换挡时置好档位, 按 SB4, 档位切换。

当发生紧急情况时, 可立即拉开紧急开关, 一方面机械制动将所有电动机制动, 另一方面将变频器紧急停机控制端接通, 变频器将使电动机迅速停车。当电动机过载时, 可使热继电器的触点 FR 接通变频器的外接保护控制端, 使变频器停止工作。

位置开关 SQ1 和 SQ2 装在大车两头。当大车行走终端时, 两端各有挡板, 撞上位置开关, 切断大车电路, 大车电动机停车并制动。

变频器因发生故障而跳闸后, 当故障已被排除, 可以重新起动时, 按下复位按钮, 接通复位控制端, 使变频器恢复到运行状态。

小车控制系统与大车类似。大车控制系统流程图如图 6-2 所示。

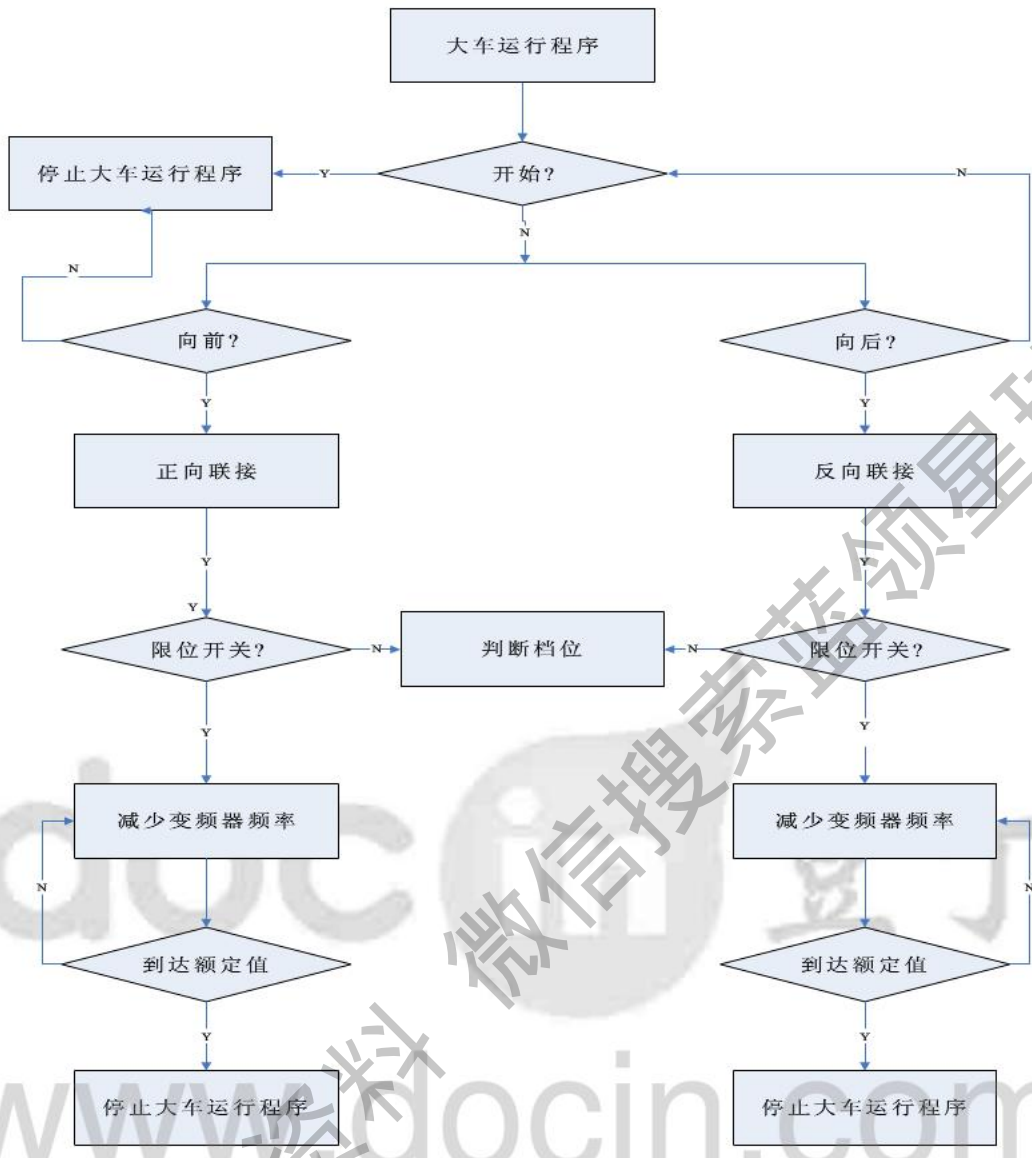


图 6-2 大车运行流程图
Figure 6-2 during operation flow chart

6.3.3 升降控制部分

按下起动按钮SB1，接触器KM1通电吸合，三相总电源接通。

起升复位/开始按钮按下后，程序判断是升起，还是停止；升起则增加一定频率，延迟后停止电磁制动器。程序判断档位，输出档位速度，换挡时置好档位，按起升复位/开始按钮，档位切换。

当发生紧急情况时，可立即拉开紧急开关，进行急停。当电动机过载时，可使热继电器的触点FR接通变频器的外接保护控制端，使变频器停止工作。

位置开关和装在起升的上下位置。当行走终端时，两端各有挡板，撞上位置开关，进行急停。

变频器因发生故障而跳闸后，当故障已被排除，可以重新起动时，按下复位按钮，接通复位控制端，使变频器恢复到运行状态。

以上操作过程不是顺序控制方式，而是按照 PLC 检测到按钮状态进行起动，起重机起流程图如图 6-3 所示。

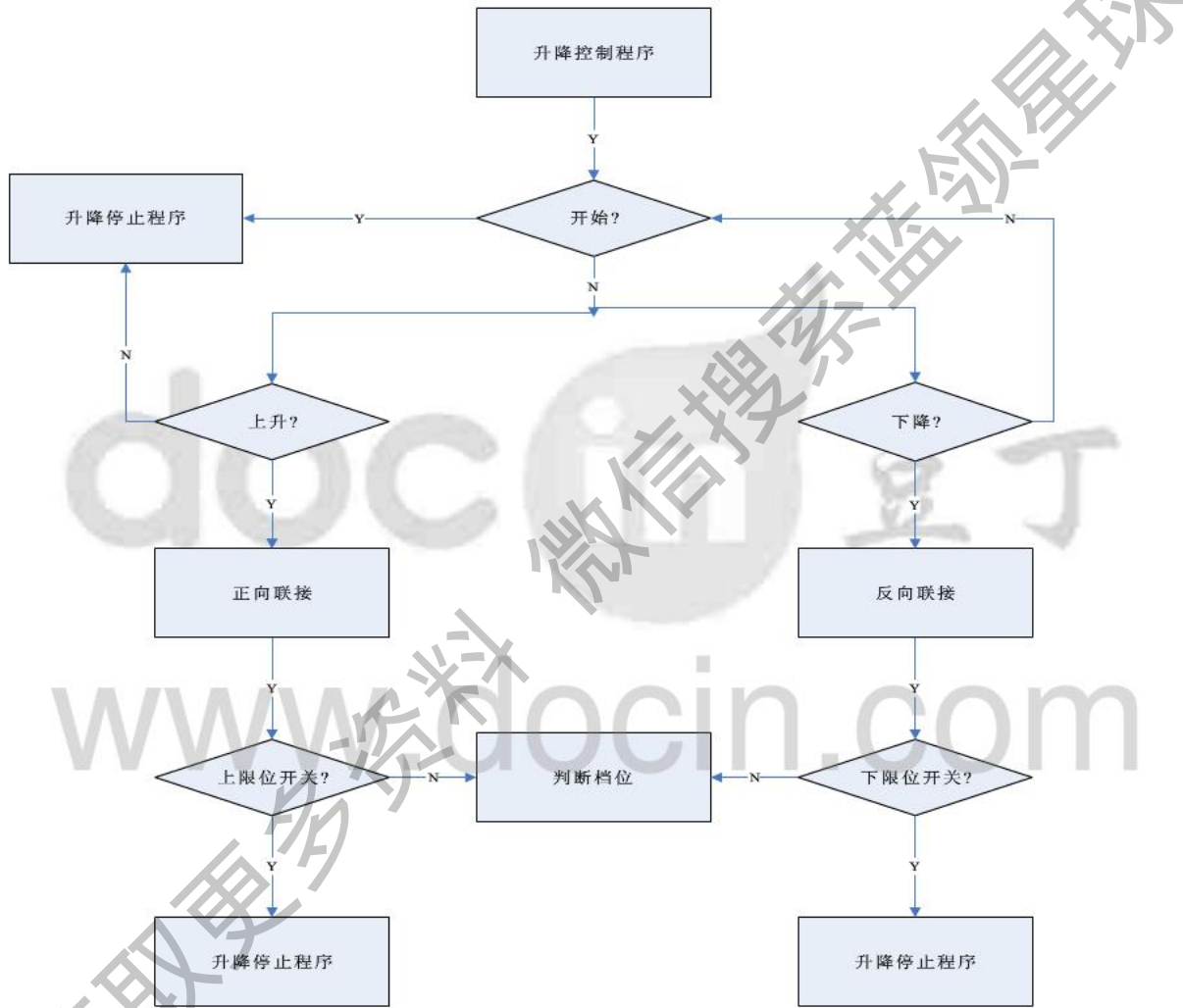


图 6-3 升降程序就成图

Figure. 6-3 lift program into figure

6.3.4 降机悬停控制部分

当升降开启，停止，和急停时，要进行急停；急停过程显示判断起重机动作，是停止还是制动；启动则增加频率到额定值，延迟后停止电磁制动器，制动这过程相反，先减小

频率到额定值，延迟后开启电磁制动器。升降机悬停控制流程图如图 6-4 所示。

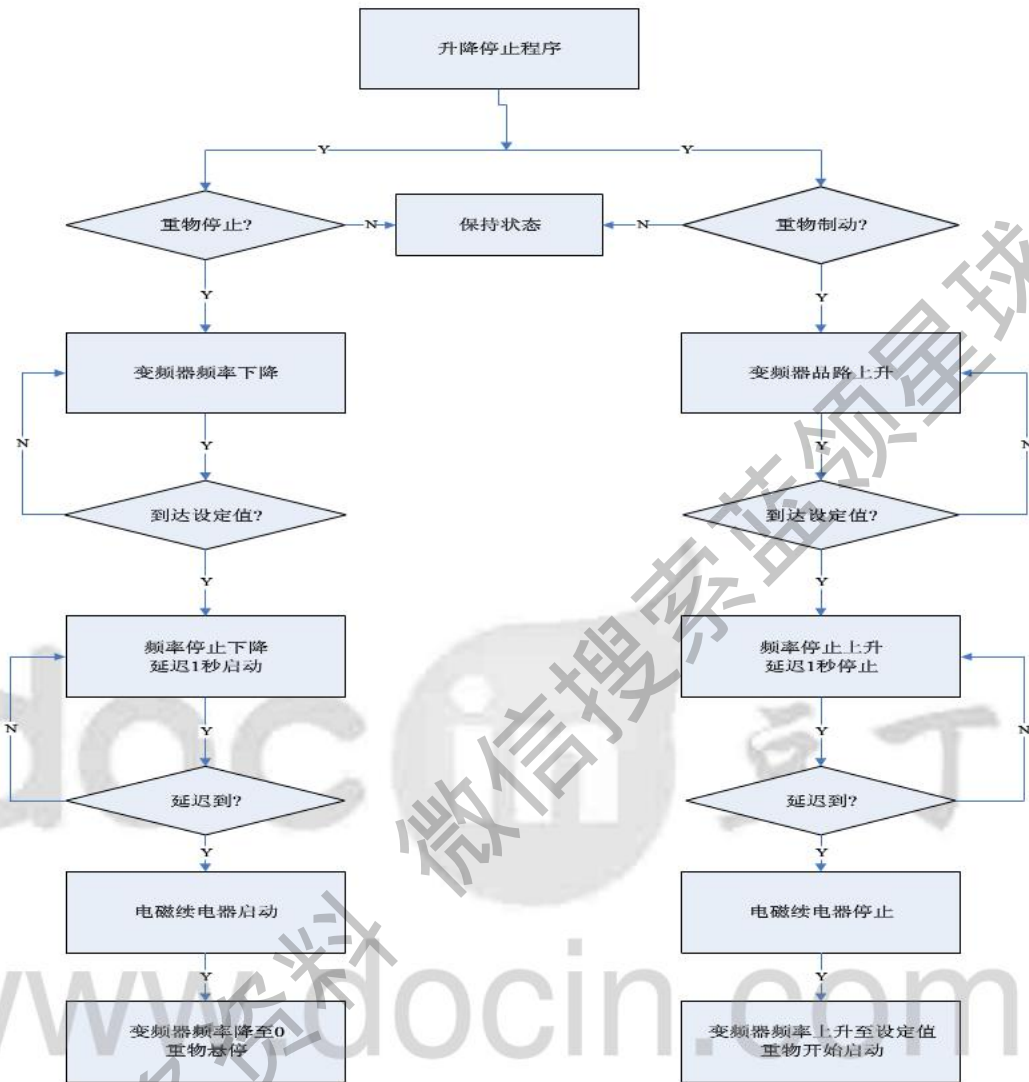


图 6-4 悬停控制流程图

Figure. 6-4 hovering control flow chart

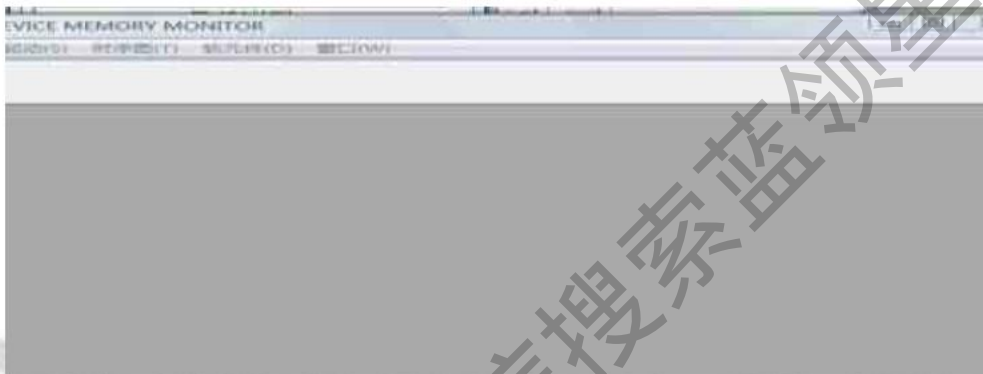
6.2.4 三菱 GX 仿真

软件的使用过程：

- a. 将编好的梯形图输入软件，通过软件的检查，没有错误时及可以开始仿真；
- b. 开始仿真后，点击菜单启动中的继电器内存监视；



c.在弹出界面点时序图，点击启动；



d.现在开始检测程序，按照梯形图的运行过程给出输入量，软件进行模拟运行；



7 经济性分析

传统的自桥式起重机系统采用继电器、接触器控制，不但控制电路比较复杂，而且可靠性不高，维修起来比较麻烦，寿命较低，输送效率较低。为了解决以上几个确定，进行了本次设计。

本设计采用 PLC, 即可编程控制器进行控制，将原有的继电器电路控制改为软件控制，减小了体积，提高了可靠性和使用寿命，且操作简单，维修方便，提高了工作效率。且主要电器元件 PLC 和变频器价格不高，一台三菱 FX2N-80MR 型 PLC 价格大约在 5000 元左右，一台三菱 FR-A540-15K 型变频器价格大约在 1000 元左右，故障率的降低不仅效率提高在损耗上也大大降低，从而节省了开支。本设计控制系统采用桥式起重机变频调速技术具有节能、减少机械磨损的优点，减少了制动器件的损坏，降低维护的费用

综上所述，本次设计的本设计大大提高了劳动生产率，经济效益得到提高，经济可行性十分可观。

doc 豆丁
www.docin.com

获取更多资料

8 结论

8.1 总体设计

本文在桥式起重机控制系统研究中，采用变频器和可编程序控制器相结合的方法，对桥式起重机变频调速进行了一些研究，虽然取得了一定的成果，但同时还存在以下几点不足：

a. 本文主要是单个桥式起重机进行研究，针对桥式起重机控制系统多采用传统的分散、独立工作方式，导致操作和调度、管理之间信息不灵，货物装卸时间长，设备利用率低等问题，还没有考虑到基于现场总线技术实现桥式起重机控制系统的网络化智能化的设计思想，以形成从驾驶室到电气房、监控室的智能化、网络化。

b. 由于个人能力所限对本课题的研究还不够完善，对起重机的故障诊断，遥控领域没有过多涉及，起重机同时应具有一定的自诊断功能。

d. 因时间问题本文对桥式起重机机械方面的设计较少。

8.2 研究方向及展望

未来桥式起重机将向着自动化运转、数字化控制、采用自动定位和识别技术、以及先进的遥控和通信技术、先进的网络系统，机械故障诊断系统、虚拟现实技术等方向发展，最终实现桥式起重机的高效化、实用化。因此，采用全变频调速系统，以改善桥式起重机的整体性能，对推动起重机械电气控制与调速系统的更新换代，具有非常现实的意义。桥式起重机将来的发展趋势：

a. 向自动化、智能化、集成化和信息化发展。机械技术和电子技术相结合，将先进的微电子技术、电力电子技术、模糊控制技术应用到机械的驱动和控制系统，实现自动化和智能化，以适应多批次少批量的柔性生产模式。目前已出现了能自动装卸物料、有精确位置检测和有自动过程控制的桥式起重机。起重机上还装有微机自诊断监控系统，对自身的运行状态进行监测和维护。

b. 向成套化、系统化和规模化发展。将各种起重运输机械的单机组为成套系统，加强生产设备与物料搬运机械的有机结合，提高自动化程度，改善人机系统。重点发展的有港口散料和集装箱装卸系统、工厂生产搬自动化系统、自动化立体仓库系统、商业货物配送集散系统、交通运输部门和邮电部门行包邮件的自动分拣与搬运系统等。

c. 向模块化、组合化、系列化和通用化发展。许多通用起重运输机械是成系列成批量的产品。为了降低制造成本，提高通用化程度，可采用模块组合的方式，用较少规格的零

部件和各种模块组成多品种、多规格和多用途的系列产品，充分满足各类用户的需要。也可使单件小批量生产起重运输机械的方式改换成具有相当批量和规模的模块生产，实现高效率的专业化生产。

d. 向小型化、轻型化发展。有相当数量的起重运输机械作业并不十分频繁。为了考虑综合效益，要求这部分起重运输机械尽量减少外形尺寸，简化结构，降低造价和使用维护费用，按最新设计理论开发出来的这类设备比我国用传统理论设计的同类产品自重轻20%。由于自重轻、轮压小、外形尺寸小，使结构的建造费用和起重机运行费用也大大减少。

docin 豆丁
www.docin.com

获取更多资料

微信搜索蓝领星

致 谢

在老师的指导下,我终于完成了设计,在此我对王老师给予的帮助表示衷心的感谢!

在毕业设计过程中,王老师对我的设计给予了细致的指导和建议,对我的辅导耐心认真,并给我提供了大量有关资料和文献,这次设计经过反复修改,王老师不厌其烦地再三指正。王老师的精心辅导及对工作负责的态度使我在知识上和思想上都受益非浅。

其次要感谢和我一起作毕业设计的同学,他们在本次设计中勤奋工作,克服了许多困难来完成此次毕业设计,并承担了大部分的工作量。如果没有他们的努力工作,此次设计的完成将变得非常困难。

doc 豆丁
www.docin.com

获取更多资料

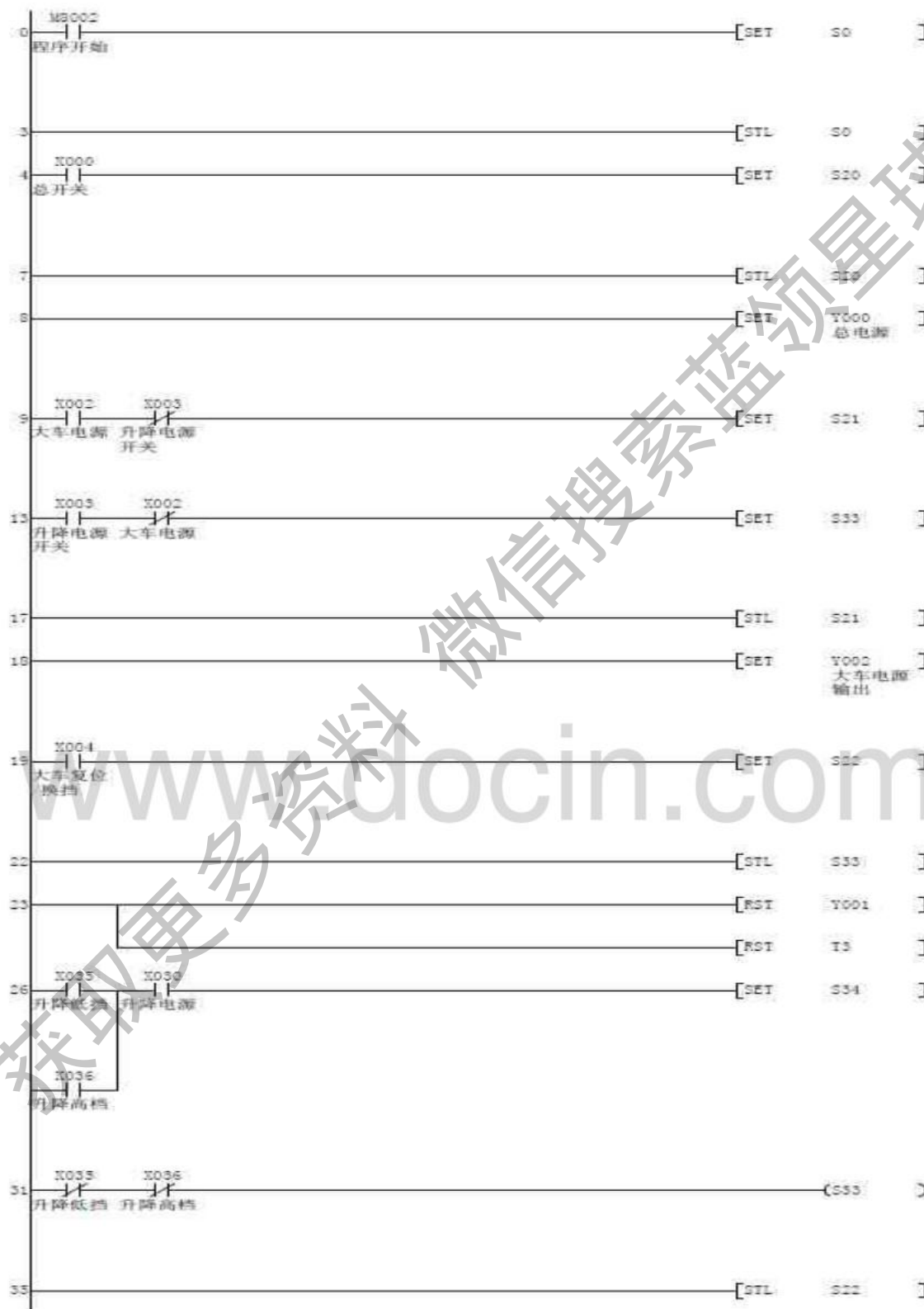
微信搜索 蓝领星球

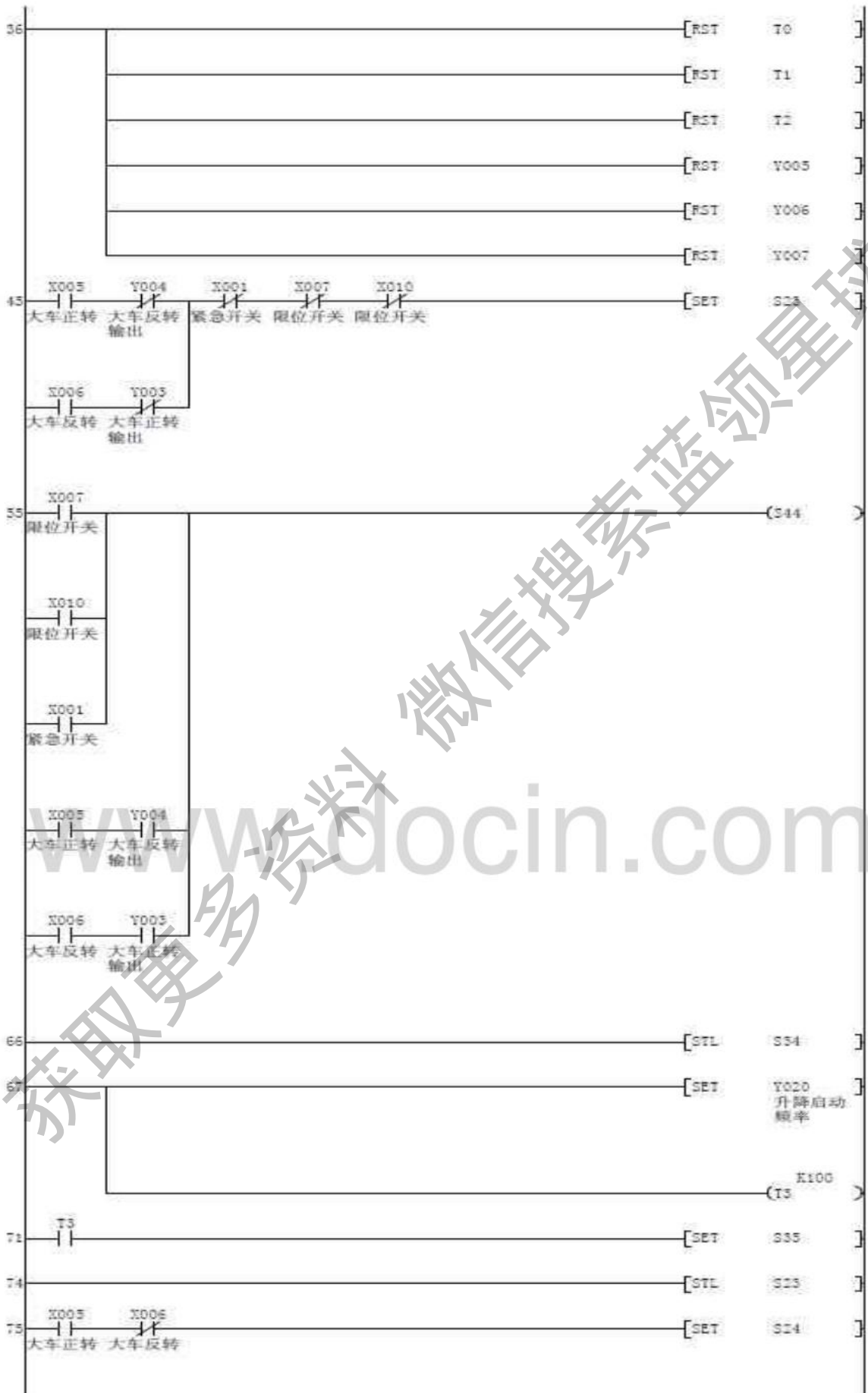
参考文献

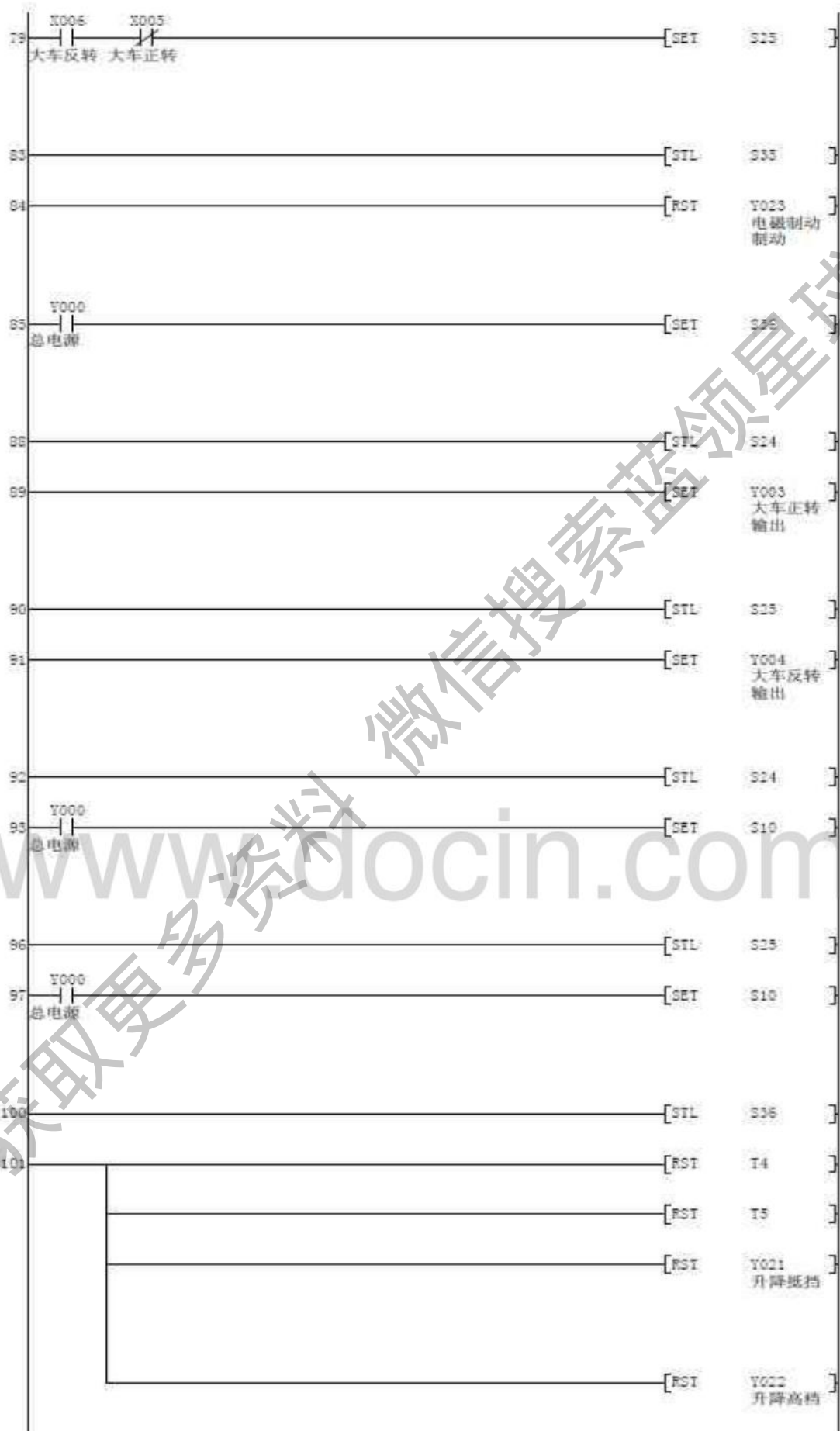
- [1]Chin.c-m.Dynamics and control of ship-mounted cranes JVCIJournal of Vibration and control,v7.n6,September.2001,p891-904
- [2]Wans,Jiaming,Real world Implenmentation of Fuzzy Anti-swing control A Behavior-hased intelligent crane system a IEEE international conference on intelligent robots and systems,v2.2003
- [3]张燕宾.电动机变频调速图解[M].北京：中国电力出版社，2003.
- [4] 范次猛.可编程控制器原理与应用[M].北京：北京理工大学大学出版社，2006.8.
- [5] 王庭有等.可编程控制器原理及应用[M].北京：国防工业出版社，2005.7.
- [6]张万忠,孙晋.可编程控制器入门与应用[M].北京：中国电力出版社，2005.7
- [7]王仁祥,王小曼.通用变频器选型、应用与维护[M]. 人民邮电出版社]
- [8]刘小庆.基于 PLC 控制的桥式起重机变频调速系统设计[D]:[硕士学位论文].武汉:武汉科技大学,2005
- [9]裘为章.实用起重机电器手册[M].北京：机械工业出版社，2002
- [10]张万忠,刘明芹.电器与 PLC 控制技术[M].北京：化学工业出版社，2003.4

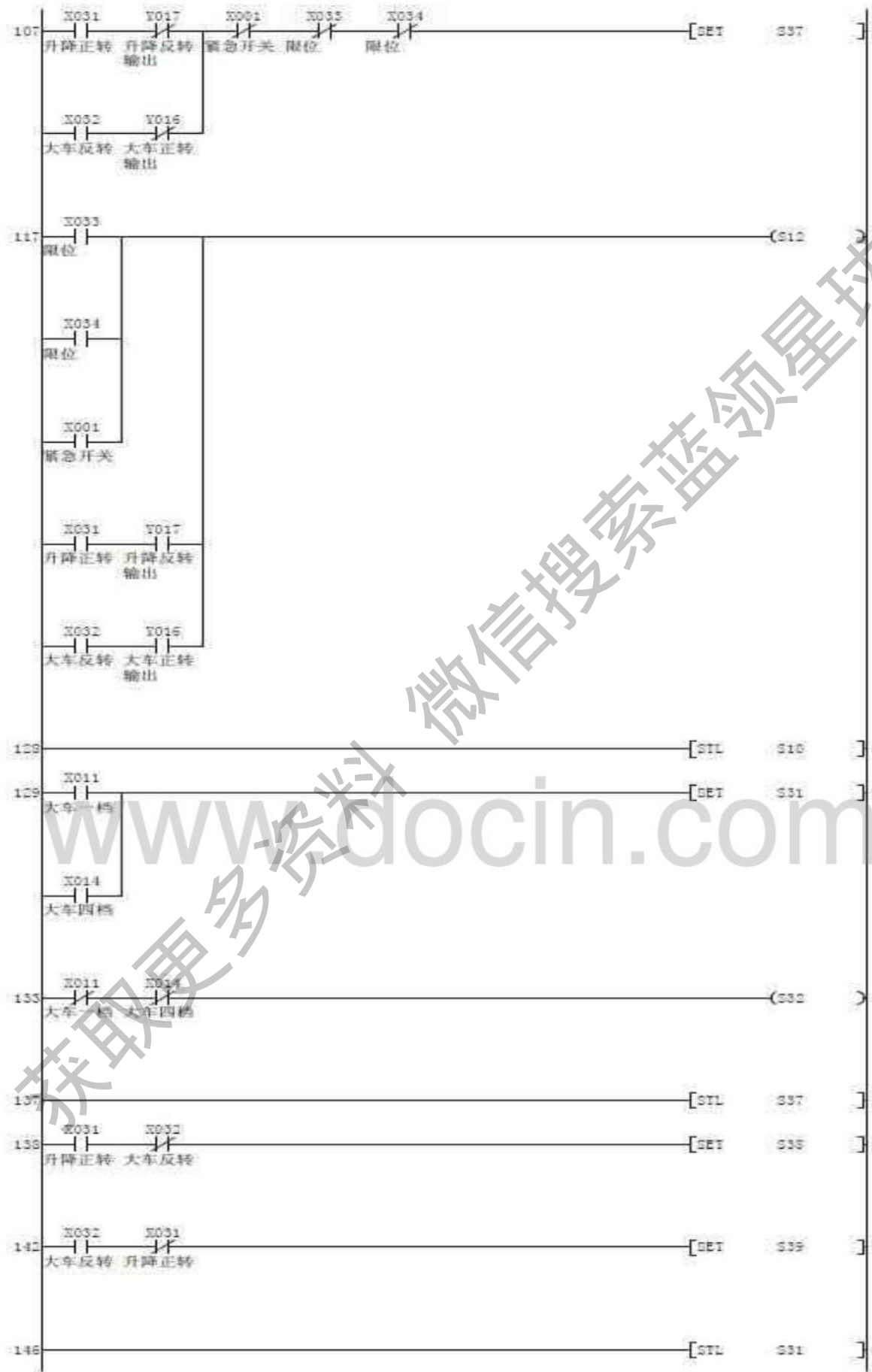
www.docin.com

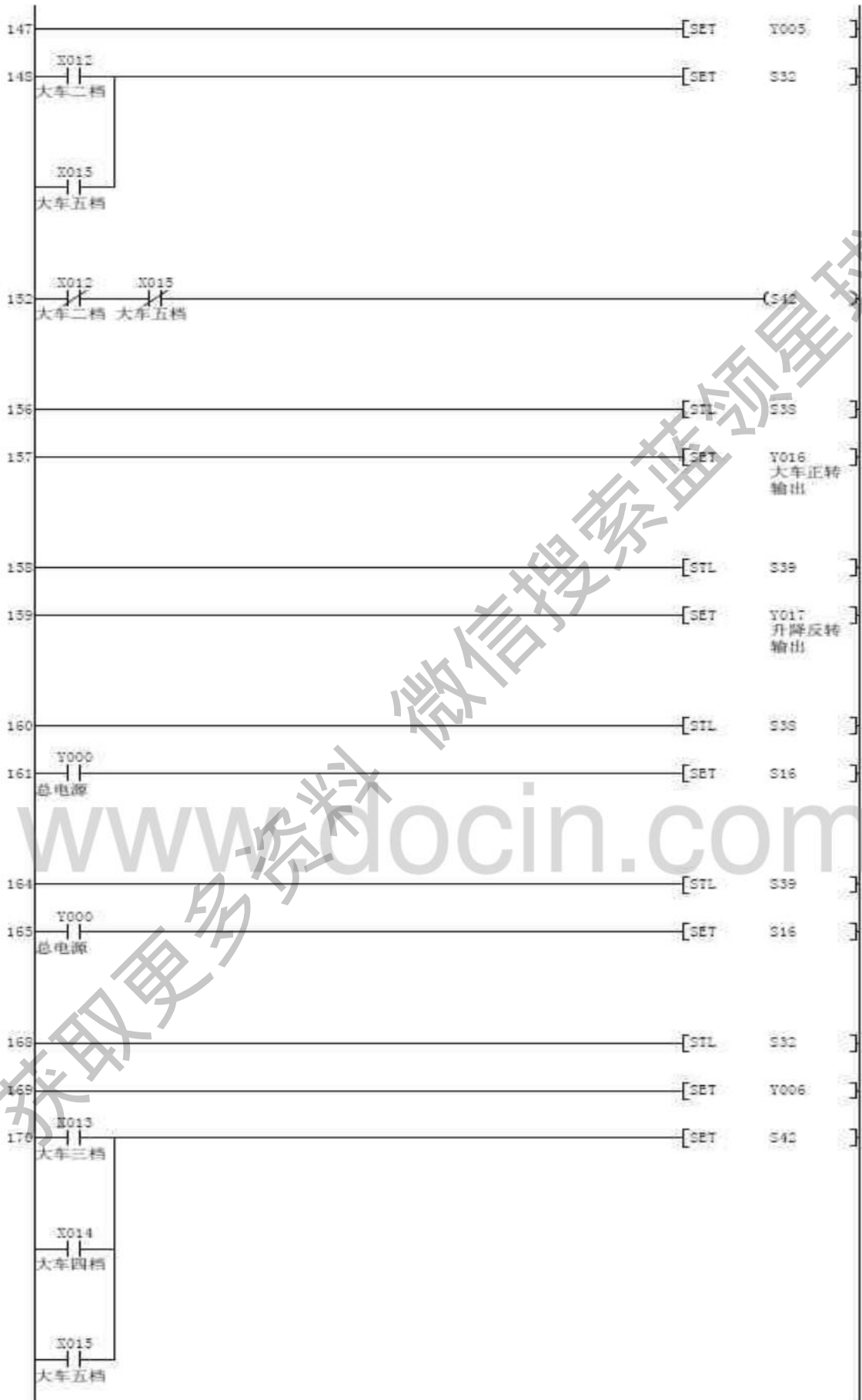
附录 A

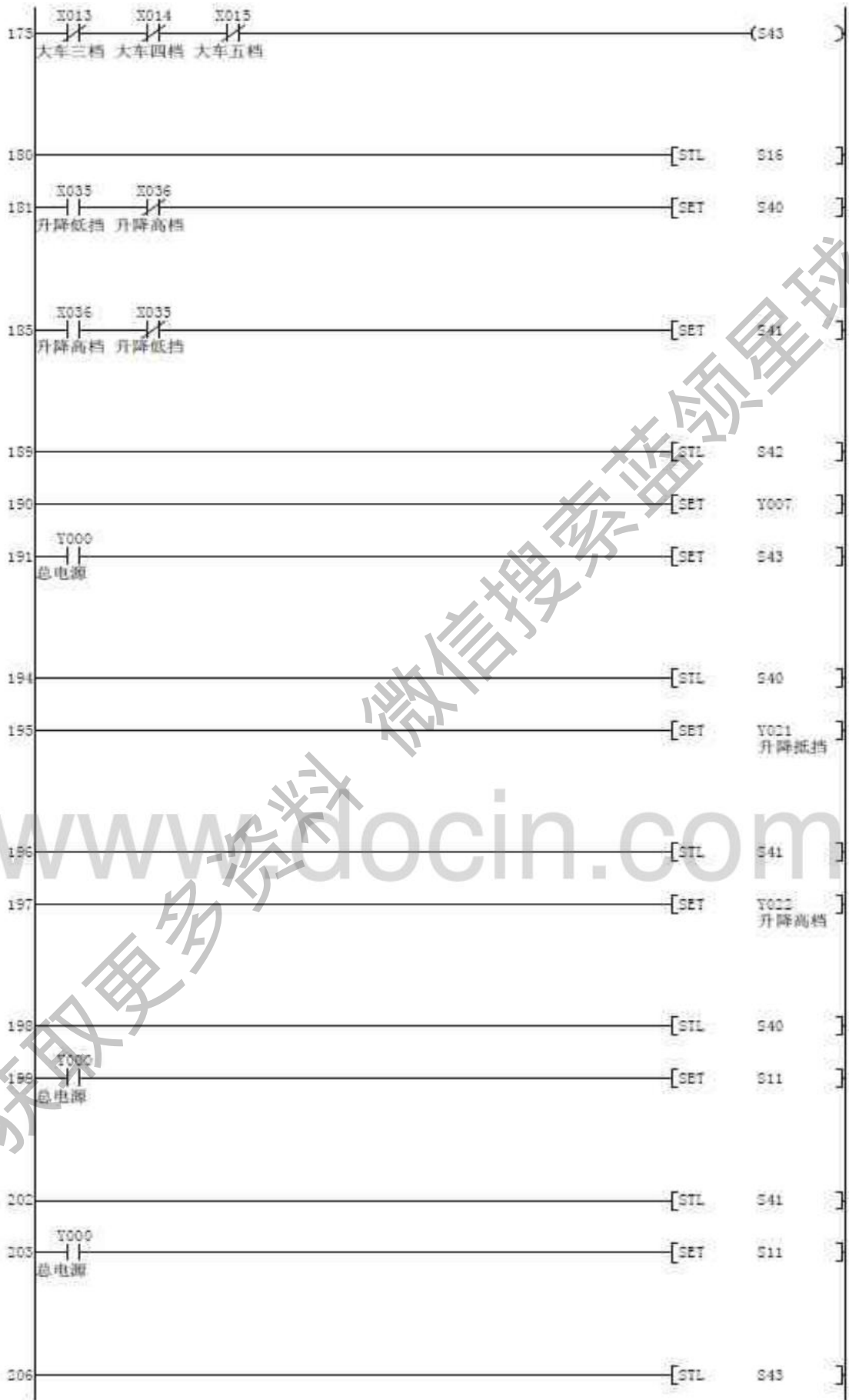


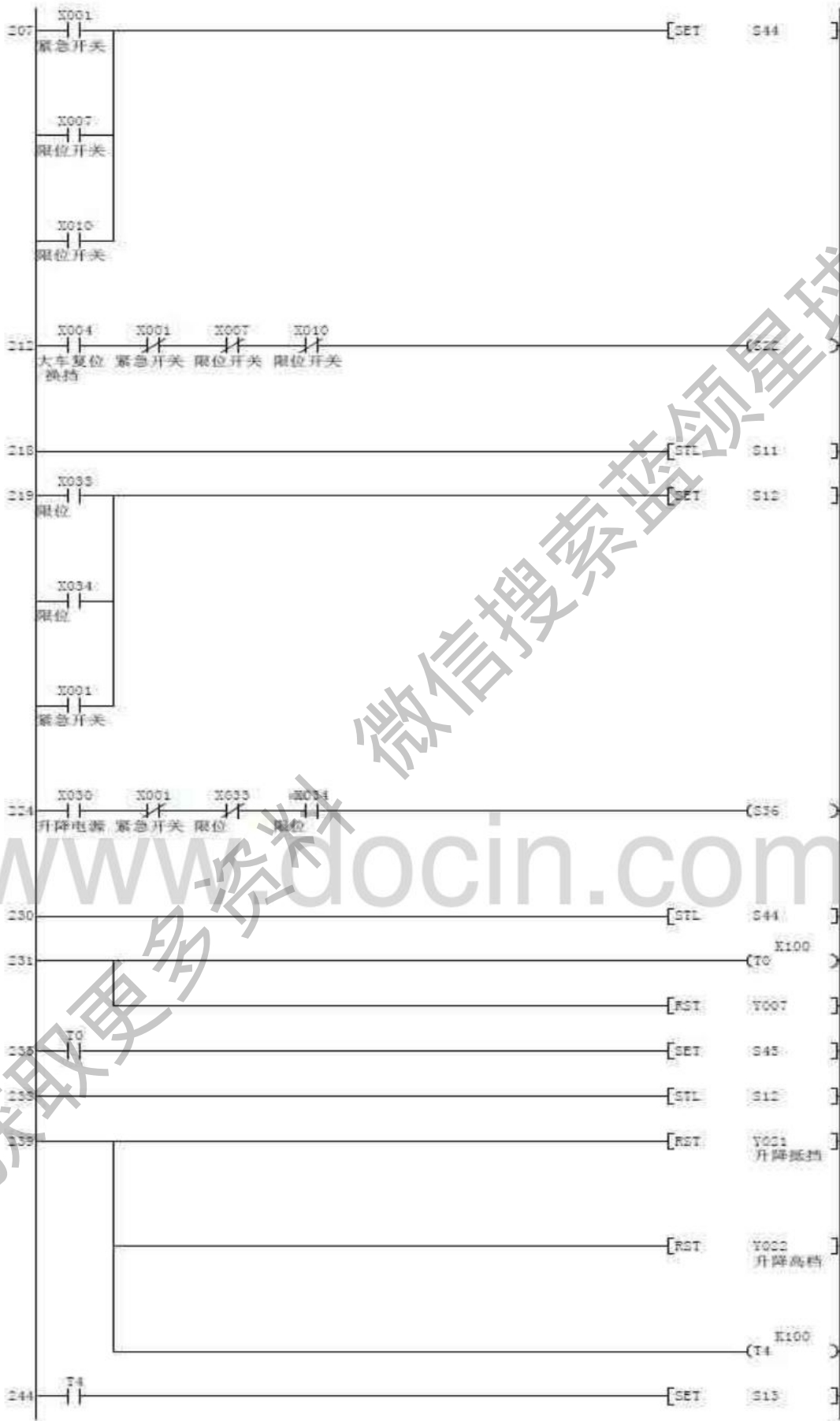


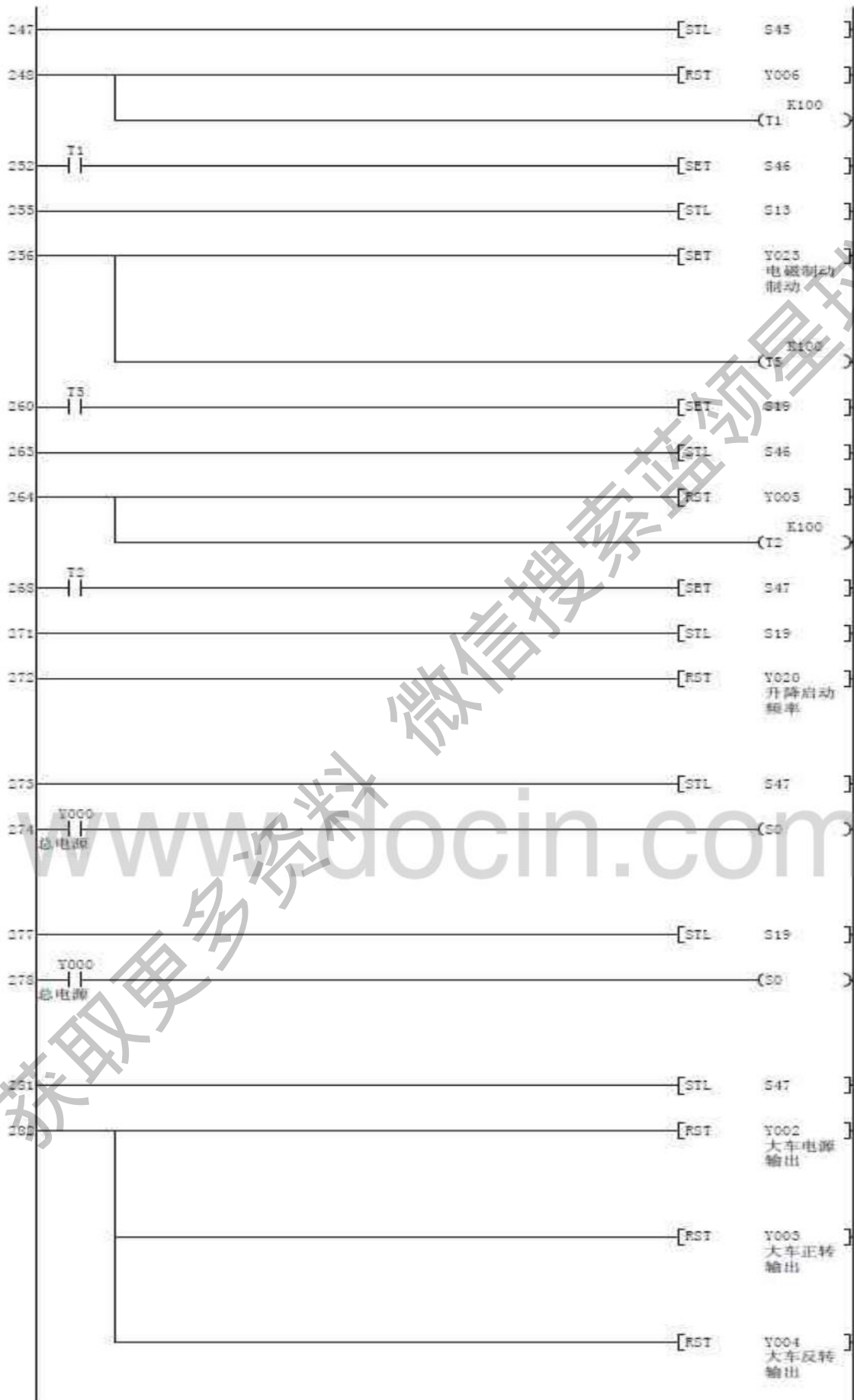


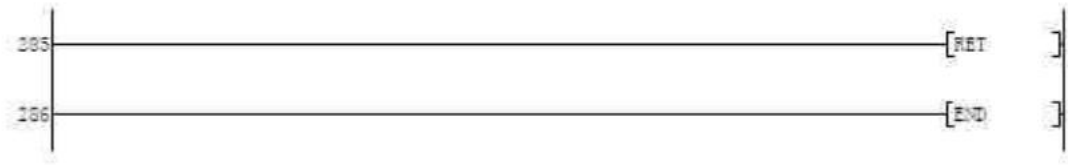












获取更多资料

docin.com

微信搜索蓝领星球

豆丁

www.docin.com

获取更多资料 微信搜索蓝领星球

获取更多资料 微信搜索蓝领星球

获取更多资料 微信搜索蓝领星球

获取更多资料 微信搜索蓝领星球

获取更多资料 微信搜索蓝领星球

获取更多资料 微信搜索蓝领星球

获取更多资料 微信搜索蓝领星球

获取更多资料 微信搜索蓝领星球

获取更多资料 微信搜索蓝领星球

获取更多资料 微信搜索蓝领星球

获取更多资料 微信搜索蓝领星球

获取更多资料 微信搜索蓝领星球

获取更多资料 微信搜索蓝领星球

获取更多资料 微信搜索蓝领星球

获取更多资料 微信搜索蓝领星球

获取更多资料 微信搜索蓝领星球

获取更多资料 微信搜索蓝领星球

获取更多资料 微信搜索蓝领星球

获取更多资料 微信搜索蓝领星球

获取更多资料 微信搜索蓝领星球

获取更多资料 微信搜索蓝领星球

获取更多资料 微信搜索蓝领星球

获取更多资料 微信搜索蓝领星球

获取更多资料 微信搜索蓝领星球

获取更多资料 微信搜索蓝领星球

获取更多资料 微信搜索蓝领星球

获取更多资料 微信搜索蓝领星球

获取更多资料 微信搜索蓝领星球

获取更多资料 微信搜索蓝领星球

获取更多资料 微信搜索蓝领星球

获取更多资料 微信搜索蓝领星球

获取更多资料 微信搜索蓝领星球

获取更多资料 微信搜索蓝领星球

获取更多资料 微信搜索蓝领星球

获取更多资料 微信搜索蓝领星球

获取更多资料 微信搜索蓝领星球

获取更多资料 微信搜索蓝领星球

获取更多资料 微信搜索蓝领星球

获取更多资料 微信搜索蓝领星球