

空调自控设计基础及图例集

张祯 周治湖

获取更多资料 微信搜索蓝领星球

目 录

第一章 空调自控设计基础知识	1
1.1 空气的物理性质	1
1.1.1 空气的组成	1
1.1.2 空气的状态参数	1
1.2 空气的焓湿图 ($i-d$ 图)	6
第二章 空气调节系统的组成	9
2.1 空气调节系统分类	9
2.1.1 按系统的集中程度分类	9
2.1.2 按用途分类	10
2.1.3 按工作状况分类	10
2.1.4 按是否利用回风分类	10
2.1.5 按送风风量变化状况分类	10
2.1.6 按送风方式分类	10
2.1.7 根据对不同热、湿条件要求房间的调节功能分类	10
2.2 集中式空调系统的组成	11
2.2.1 空气处理设备	11
2.2.2 空气输送设备	12
2.2.3 空气分布装置	13
2.3 制冷装置及空调自动控制系统	14
2.3.1 制冷系统	14
2.3.2 自动控制系统	14
第三章 空气处理及控制	15
3.1 空气净化	15
3.2 空气加热处理及控制	16
3.2.1 一次加热	16
3.2.2 二次加热及控制	16

3.2.3	三次加热及控制	16
3.3	空气加湿处理及控制	17
3.3.1	空气的喷水处理及控制	17
3.3.2	表面冷却器对空气进行冷却干燥处理	19
3.3.3	喷水式表面冷却器	20
第四章	空调自动调节系统及常用检测仪表	22
4.1	空气调节自动控制的任务和内容	22
4.2	空调自动调节系统的基本组成及分类	23
4.2.1	空调自动调节系统的基本组成	23
4.2.2	空调自动调节系统分类	24
4.2.3	空调常用的复杂系统	24
4.3	空调常用温湿度检测仪表	30
4.3.1	温度计及温度传感器	30
4.3.2	空气相对湿度检测仪表	32
第五章	空调自动调节系统设计	36
5.1	空调自动调节系统的特点	36
5.1.1	干扰多	36
5.1.2	调节对象的特性	36
5.1.3	温度与湿度的相关性	40
5.1.4	具有工况转换的控制	40
5.1.5	整体控制性	41
5.2	空调温度自动调节	41
5.2.1	两位式室温调节	41
5.2.2	三位恒速送风温度调节	46
5.2.3	三位比例积分式室内温度调节	47
5.2.4	连续比例积分微分 (PID) 室温调节	51
5.2.5	高精度室温自动调节及辅助控制	57
5.3	相对湿度自动调节	59
5.3.1	定露点法相对湿度自动调节	59
5.3.2	变露点法相对湿度调节	63
5.4	空调工况转换的自动控制	65
5.5	空调常用执行器及其选择	67
5.5.1	电动执行器	67

5.5.2	气动执行器	76
5.5.3	调节阀流量特性	77
5.5.4	调节阀选择	82
5.6	空调用制冷装置的自控设计	86
5.6.1	溴化锂吸收式工作原理	86
5.6.2	蒸汽两效溴化锂吸收式制冷工作原理及过程自动控制	86
5.6.3	蒸汽两效溴化锂制冷装置的自控设计	87
5.7	空调节能控制	91
第六章 空调自动控制系统图例		95
例1	冷/热媒定流量式恒温控制	97
例2	冷/热媒变流量式恒温控制	98
例3	带风机变速并按供水温度自动转换工作方式的恒温控制	98
例4	冷/热盘管分设的恒温控制	100
例5	采用电加热的恒温控制	101
例6	比例式恒温控制	102
例7	室内外跟踪舒适节能温度控制	102
例8	日间变设定值温度程序控制	103
例9	冷/热盘管合设新风处理控制	104
例10	冷/热盘管分设新风处理控制	105
例11	带过滤器差压报警的新风温度控制	106
例12	带有热风低温联锁报警的新风温度控制	107
例13	带低温断路联锁、冬/夏自动切换的新风温度控制	108
例14	送、回风温度串级调节的新风温度控制	109
例15	根据室内湿度控制加湿的新风温度控制	111
例16	根据送风温度及露点温度实现送风温、湿度气动控制	112
例17	根据回风状态进行送风温、湿度控制	113
例18	共用冷/热盘管的室内温、湿度控制	115
例19	冷/热盘管分设的室内温、湿度控制	116
例20	带信号选择器的室内温、湿度控制	117
例21	温、湿度串级调节并执行机构分程控制	119
例22	送、回风温度串级调节和湿度选择控制	120
例23	按新风温度选择风阀开度的送、回风温度串级调节	122
例24	新风补偿, 送、回风温、湿度控制	124

例25	按新、回风焓值进行室内温度控制	126
例26	利用回风CO ₂ 含量校正新风量的温、湿度控制	128
例27	采用多功能调节器外设定温、湿度控制	130
例28	采用多功能调节器,并按回风CO ₂ 含量控制新风量的温、湿度控制	132
例29	采用多功能调节器,并按室内温、湿度进行温、湿度控制	134
例30	利用多回路调节器的多区域二次加热控制	136
例31	采用小型集散系统的多房间高精度温度控制	137
例32	利用可编程数字调节器的高精度湿度控制	138
例33	变频调速变风量温度及湿度控制	140
例34	变露点相对湿度串级控制	141
例35	带喷淋室及一、二次回风的室内温、湿度控制	142
例36	固定露点的湿度控制	144
例37	多分路再热室内温、湿度控制	145
例38	室内温、湿度气动控制	146
例39	带冬/夏外转换的气动温、湿度控制	148
例40	按新风焓值转换的室内温、湿度气动控制	149
例41	室内温、湿度选择气动控制	151
例42	按新风温度切换的室内温、湿度气动控制	152
例43	全气动室内温、湿度控制	154
例44	带一次回风冷/热盘管合用系统的室内温、湿度气动控制	155
例45	热交换器控制	157
例46	冷却塔控制	159
例47	多台冷却塔控制	160
例48	冷冻机台数控制	161
例49	冷冻机台数控制	162
例50	冷冻机入口温度的控制及自动启停	163
例51	冷冻水泵台数控制	164
例52	冷冻机台数控制	165
主要参考文献		167

第一章 空调自控设计基础知识

1.1 空气的物理性质

1.1.1 空气的组成

自然界的空气是由于空气和水蒸汽组成的混合物，称为湿空气。在自然界中绝对的干空气是不存在的，空调中的空气指的是湿空气，简称为空气。

干空气主要由氮、氧、二氧化碳和少量稀有气体，如氦、氖、氩等组成，其重量比例为氮（ N_2 ）75.55%，氧（ O_2 ）23.10%，二氧化碳（ CO_2 ）0.05%，其它稀有气体1.30%。其体积比例为氮（ N_2 ）78.09%，氧（ O_2 ）20.95%，二氧化碳（ CO_2 ）0.03%，其它稀有气体0.93%。

此外，大气中还含有不同程度的灰尘、烟雾、微生物、细菌等杂质。

1.1.2 空气的状态参数

空气的物理性质不仅取决于它的组成成分，而且也与它所处的状态有关。空气调节工程中常用的空气状态参数如下：

● 压力

垂直作用在物体表面上的力叫做压力。物体单位面积上受到的压力称为压强，符号为 P ，其定义式为： $P = \frac{F}{S}$ ，其中 F 表示

压力， S 表示受力面积。

压强的单位为帕斯卡（Pa）。

$$1\text{Pa} = 1\text{N}/\text{m}^2$$

在工程上，人们往往习惯地把压强简称为压力。在空调工程中，一般所说的“压力”也是这个概念。

③ 大气压力

国际单位 (SI) 是帕斯卡 (Pa)。以往常用单位有：标准大气压 (物理大气压)，mmHg，mbar 等。

标准大气压，通常以纬度 45° 处海平面上空气温度为 0°C 时测得的平均压力。

$$1 \text{ 标准大气压} = 760 \text{ mmHg, 即}$$

$$1 \text{ 标准大气压} = 13.6 \times 10^3 \text{ kg/m}^3 \times 9.8 \text{ N/kg} \times 0.76 \text{ m} \\ = 101325 \text{ Pa}$$

$$1 \text{ mbar} = 0.75 \text{ mmHg}$$

$$1 \text{ 标准大气压} = 760 \text{ mmHg} \\ = 1013.6 \text{ mbar}$$

mbar 是以往气象工作中规定一种压力计算单位。

在工程上一般不用物理大气压，用工程大气压。

$$1 \text{ 工程大气压} = 1.0 \text{ kgf/cm}^2。$$

$$1 \text{ 工程大气压} = 735.6 \text{ mmHg} \\ = 980.6 \text{ mbar} \\ = 9.806 \times 10^4 \text{ Pa}$$

$$1 \text{ 标准大气压} = 760 \text{ mmHg} \\ = 1.0333 \text{ 工程大气压}$$

在空调工程中，为了计算方便，以往用 mmH₂O 做为压力计算单位。1 mmH₂O = 9.8 Pa。

大气压是经常变化的。一般离海平面越高，大气压越小。在海平面以上 2000 m 高度内，平均每升高 12 m，大气压降低大约 1 mmHg。所以在空调设计时，做为设计输入条件，大气压在不同地区，取值是有差异的。

● 水蒸汽分压力

大气是由于空气和水蒸汽组成的混合气体。所以大气压力等于干空气分压与水蒸汽分压之和。

空气中的水蒸汽占有与干空气相同的体积，它的温度等于空气的温度。显然，空气中水蒸汽的含量越高，它的分压力也越大。所以水蒸汽分压大小也是衡量空气中湿度的一个指标。在空调设计中经常用到这个参数。

③ 空气温度

工程上一般用摄氏温标 t ($^{\circ}\text{C}$)，热力学温标（也称绝对温标） T (K)。此外，还有华氏温标 F ($^{\circ}\text{F}$)。各温标之间的关系如下：

$$T = 273.15 + t \quad (\text{K})$$

式中 T ——绝对温度值，单位是开尔文 (K)

t ——摄氏温度值，单位是度 ($^{\circ}\text{C}$)

$$F = \frac{9}{5}t + 32 \quad (^{\circ}\text{F})$$

F ——华氏温度值 单位是华氏度 ($^{\circ}\text{F}$)

t ——摄氏温度值 单位是度 ($^{\circ}\text{C}$)

国际温标：国际温标是协议性的温标，是一种使温度测量既精确又能复现，而且接近热力学温度的法定温标。如 IPTS—68 国际温标由 1968 年的国际权度大会通过。我国从 1973 年开始在全国范围内推行。它的基本单位与热力学温标相同。现更新的 1990 年国际温标 ITS—90 从 1990 年 1 月 1 日起在国际上正式采用。我国从 1990 年 7 月 1 日起施行。ITS—90 更具有先进性。

干球温度 (t_g)：用温度计直接测量出来的空气温度叫干球温度。

湿球温度：在空气中，温度计检测端部包上湿润的特制的纱布所测得的温度称为湿球温度。

在通常情况下，空气在未饱和状态时，湿球温度计包裹的湿纱布中的水份不断蒸发到空气中去，由于蒸发时吸收周围的热量，使温度计读数下降。当空气对纱布的传热量等于蒸发水份所需热量时，此刻湿球温度计的指示，便是湿球温度。显然，在一定干球温度下，空气的绝对湿度或相对湿度愈小，愈远离于空气饱和

状态，则干—湿球温差愈大。当空气处于饱和状态（相对湿度为100%）时，则湿球温度等于干球温度。

应指出的是：湿球纱布周围空气流动速度对湿球温度读数有一定影响。风速大、湿纱布与周围空气热湿交换充分，测量误差小。风速一般应在2.5m/s以上。

由于湿球温度 t_s 与空气焓值有单值函数关系，故常以 t_s 做为空调自动控制的工况转换的判断条件之一。

露点温度（ t_l ），当空气含湿量保持不变，降低其温度，在呈饱和状态而刚刚出现冷凝水时（相对湿度为100%）的温度叫做露点温度（ t_l ）。空调工程中使用的露点温度是“机器露点”温度。

●空气的湿度

空气中含水蒸汽的多少是用湿度来表示的，湿度通常有以下几种表示方法。

绝对湿度：在 1m^3 湿空气中所含水蒸汽的重量称为空气的绝对湿度。

含湿量：湿空气中，与1kg干空气混合在一起的水蒸汽重量，称为空气的含湿量（ d ）。空气的含湿量指的是水汽量而不是含水量。

饱和绝对湿度：饱和空气的绝对湿度称为饱和绝对湿度。

相对湿度：在某一温度下，空气的实际绝对湿度与同一温度下饱和绝对湿度之比叫相对湿度（ φ ）。可以用空气中水蒸汽分压与该温度下饱和水蒸汽分压的百分比来表示。

相对湿度表示的是空气中实际含有的水汽量所接近饱和状态的程度，绝对湿度愈大，即水蒸汽分压愈大，相对湿度也愈大，空气达到饱和状态时 $\varphi=100\%$ 。

相对湿度是影响生产工艺正常进行和产品质量以及人员舒适感的主要参数，因此是空调自控设计中主要测控参数之一。

●空气的焓

焓就是空气中所含有的热量。湿空气的焓是指1 kg干空气的

焓和 $d/1000\text{kg}$ 水蒸汽的焓的总和，用 i 表示。

$$i = 1.005t + (2491.146 + 1.968t) \frac{d}{1000} \quad (\text{kJ/kg})$$

$$= 1.005t + 2.491d + 0.002td \quad (\text{kJ/kg})$$

上式中的 $1.005t + 0.002td$ 是空气的显热，该显热随空气的温度变化而变化。 $2.491d$ 是在温度不变的条件下，水由液态变为气态的物理变化过程中吸收的热量，称为汽化热，即潜热。

由上可知，空气的焓值既和空气的温度有关又与空气的含湿量(d)有关。这就表明了空气温度高时不一定比空气温度低时的焓值大，因为还要看空气中的含湿量(湿度)的大小。比如空气 $t_1 = 25^\circ\text{C}$ ， $d_1 = 5\text{g/kg}$ 与 $t_2 = 20^\circ\text{C}$ ， $d_2 = 7\text{g/kg}$ 的焓相等。在空调自控设计中，根据室外空气的焓值变化进行工况转换，以实现节能。

● 空气含尘浓度

空气含尘浓度是指单位体积空气中所含浮游尘粒的数量。当以粒/L表示时，称为计数浓度；以 mg/m^3 表示时，称为计重浓度。

计数浓度按下式计算：

$$n = \frac{N_{\text{总}}}{Lt}$$

式中 n ——计数浓度(粒/L)；

$N_{\text{总}}$ ——采样空气中各种粒径含尘总数(粒)；

L ——空气采样量(L/min)；

t ——采样时间(min)。

计重浓度按下式计算：

$$g = \frac{G_2 - G_1}{Lt} \times 1000$$

式中 g ——计重浓度(mg/m^3)；

G_1 、 G_2 ——分别为采样前后滤纸的重量(mg)；

L ——空气采样量(L/min)；

t ——采样时间 (min)。

某些工作环境对空气含尘量有严格的要求,即洁净度的要求。国内按空气含尘浓度把空气洁净度划分为 100级——100000 级四个等级。

根据对洁净度的要求,在空调系统中设置相应的空气过滤器,为保持过滤器正常有效的工作,对其效率要进行自动检测及报警。

1.2 空气的焓湿图 (i - d 图)

无论是空调设计、测试调整及运行管理,都需要对空气状态参数和空调系统工作情况进行分析。空气中的许多状态参数是有机地联系在一起的。若用公式计算很费时费事,为了应用方便,根据空气各种状态参数及相互关系制成分别以焓值 (i) 和含湿量 (d) 为座标的图,这种图就称为焓湿图 (i - d 图),又称温湿图。它由五个参数组成:即在某一确定的大气压力下,空气的焓 (i),含湿量 (d),温度 (t),相对湿度 (φ) 和水蒸汽分压力 p_e 等组成。因为有些参数与大气压有关,所以不同的大气压对应于不同的 i - d 图。图1-1是大气压为760mmHg的 i - d 图。

由图1-1可见,两座标轴 (i, d) 之间夹角为 135° 。图中有四条等值线:

- (1) 与纵座标轴相平行的垂直线是等含湿量线,即 $d = \text{常数}$ 。
- (2) 与 d 相交成 135° 的平行线是等焓线,即 $i = \text{常数}$ 。
- (3) 与横座标轴有一定倾斜角,而相互间近于平行的斜线是等温线,即 $t = \text{常数}$ 。从图中可以看出,温度较低时,等温线不平行的情况可忽略;空气温度升高时,等温线之间不平行的程度愈加显著。

(4) 等相对湿度线。即 $\varphi = \text{常数}$ 曲线。逐条曲线由上至下,其相对湿度不断增加,最下边的一条曲线叫饱和曲线,即 $\varphi = 100\%$ 。饱和曲线把 i - d 图划分为两部分,上半部分属于未饱和空气区,下半部分是过饱和空气区。

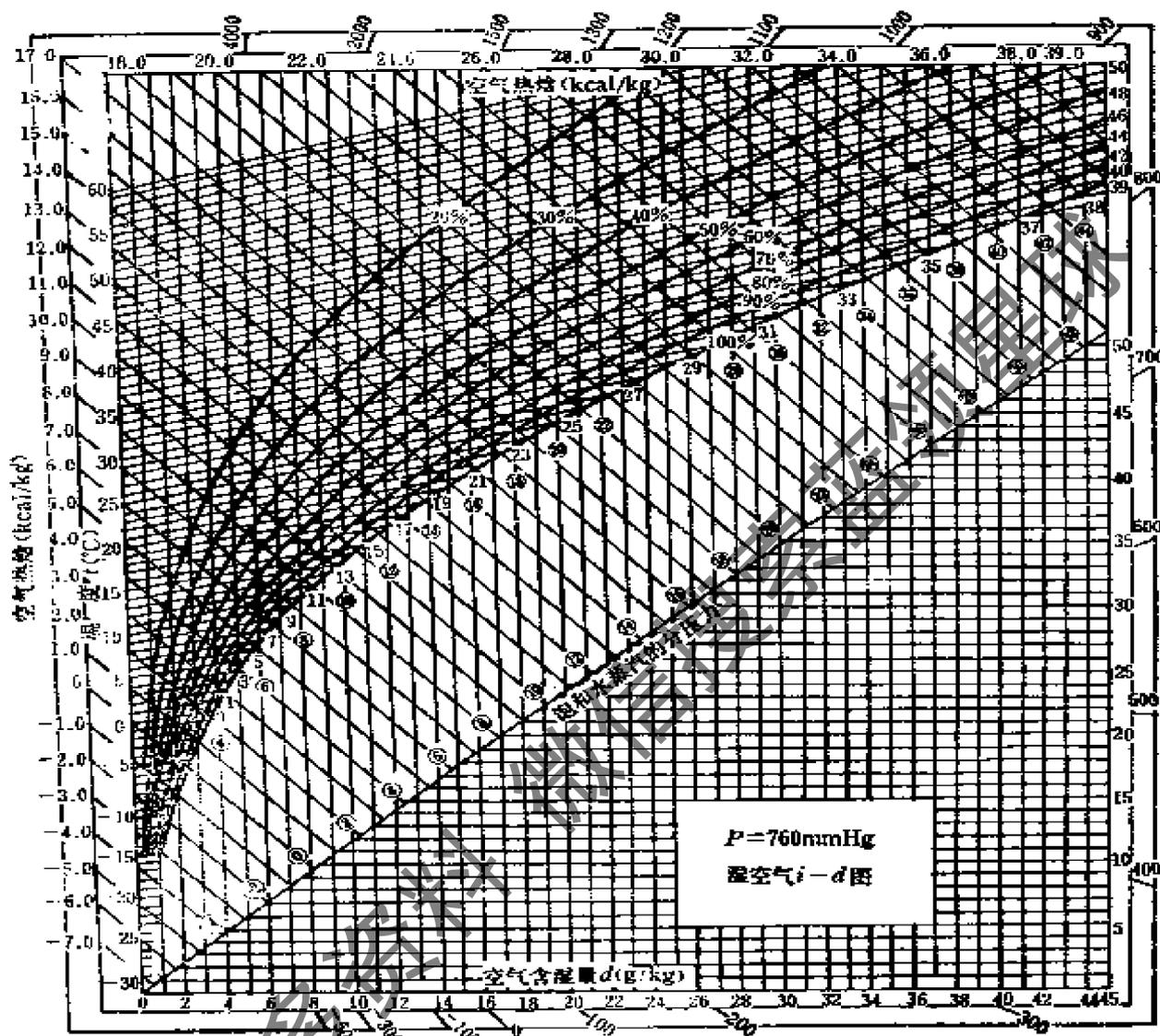


图 1-1 湿空气*t-d*图

在*i-d*图中右下角有一条近似于直线的饱和水蒸汽分压力线（单位以mmHg表示）。

在*i-d*图的图框外围画有热湿比（或角系数线），请注意，在以前的*i-d*图上的热湿比线的热湿比 $\left(\frac{i_2 - i_1}{d_1 - d_2}\right)$ ，其热量是以

kcal/h 为单位，湿量是以 kg/h 为单位。使用时应注意按法定计量单位换算。

第二章 空气调节系统的组成

2.1 空气调节系统分类

为了使生产与科研试验正常进行，保证产品质量、仪表设备精度和满足劳动保护的要求，必须创造一个良好的空气环境。即保持生产车间或工作房间内具有一定的空气温度、相对湿度、气流速度和洁净度（简称“四度”）。空气调节技术就是研究在室外空气状态发生变化时如何保持室内所要求的空气条件的一门工程技术。要完成上述任务，必须建立一套完整的系统，即空气调节系统。该系统是由空气处理、输送、分配等设备以及自动控制装置组成的。

指据空调系统的用途、要求、特征、设置及使用情况，从不同的角度将空气调节系统分为如下几类。

2.1.1 按系统的集中程度分类

●集中式空调系统

将空气按要求集中处理，然后由送风机把处理后的空气经风道输送到各空调房间。这种空调系统处理空气量大，需要设集中冷源和热源。设备集中在空调机房，占地面积较大，适于新建工程。系统运行可靠。室内参数稳定，控制精度高。此类系统是空调自控的主要对象。

●局部式空调系统

局部式空调系统也称分散式系统，是将空气处理设备、冷机、风机组合在一起的整体机组，如空调器（包括分离式）、恒温恒湿机组、冷风机组。这种系统的特点是将空调设备直接或就近安

装于空调房间，使用简单，一般温湿度控制精度不高。

●半集中式空调系统

该系统也称混合式空调系统，对空气既有集中处理又有局部处理装置，如诱导器、风机盘管等。此类系统多用于民用建筑空调中。

2.1.2 按用途分类

按用途可分为舒适性空调系统和工艺性空调系统。工艺性空调一般要求较高。

2.1.3 按工作状况分类

按工作状况可分为冬季空调、夏季空调及全年候空调系统。不同的系统，设备设置情况不同。

2.1.4 按是否利用回风分类

●直流式空调系统

该系统全部利用室外新风，回风不利用，全部排到室外。

●混合式空调系统

进入空调房间的空气，一部分是室外新风，另一部分则是室内再循环空气（回风）。使用回风时，又分为一次回风式系统，是将回风加在各处理装置之前，并与新风混合，然后再进行处理。二次回风系统是将回风分成两部分加入处理系统，一部分加在处理段之前，即一次回风，另一部分加在处理段之后，与处理后的空气混合，并称为二次回风。采用回风可达到节能的目的，但使系统的人工操作或自动控制复杂化。

2.1.5 按送风风量变化状况分类

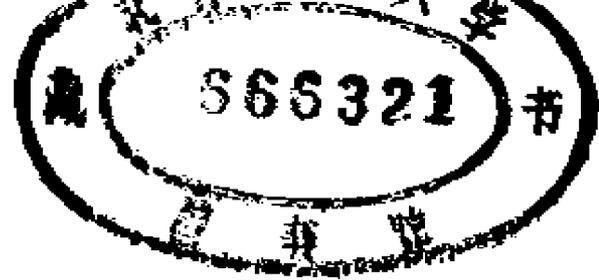
可分为定风量空调系统和变风量空调系统。

2.1.6 按送风方式分类

可分为单风道空调系统和双风道空调系统。

2.1.7 根据对不同热、湿条件要求房间的调节功能分类

该类可分为单区式空调系统和多区式空调系统。



2.2 集中式空调系统的组成

集中式空调系统主要由三大部分组成。

2.2.1 空气处理设备

该设备是空调系统中对空气进行加热、冷却、加湿、干燥和净化处理的关键设备，又称空调机或空调箱。根据对空气的热、湿处理方法不同，通常有三类。

第一类是采用喷水方法的空调机。这类空调机，目前国内有非金属空调机（箱），外壳由钢筋混凝土筑成或金属板（如钢板）制成，是由专业厂定型生产的金属空调机。

第二类是采用表面冷却方法的空调机。

第三类是将表面冷却和喷水相结合的空调机。

无论是采取哪种结构型式，都是由各部件组成。按其空气处理流程来说总不外采用如下几个处理段。

新风采入段：设置相应设施和新风阀门。当空调系统送风机停止运行，由自动连锁系统将新风阀门关闭。运行中的新风阀的开度由自动控制装置或人工操作来实现，以达到节能。

空气过滤段：为满足空调场所对空气洁净度的要求而设置。对新风和回风一般必须经空气过滤器净化。而为了保证空调系统的正常运行，对过滤器前后的空气差压应进行自动检测和信号报警，以便及时更换或修理过滤器。

空气一次加热段：即预热段，用以加热新风或新风与一次回风的混合风。在寒冷的冬季，有时常需要对新风预热后再与一次回风混合。一次加热器是空调自动控制的对象之一。

一次回风混合段：设置该段的目的是为了冬季节省热量，夏季节省冷量，以实现节能。

喷水室段或表面冷却器段：这是空调机的核心部分，空气要在该段按着不同工况及要求分别进行减焓、冷却、加湿、降湿等处理。这一段也是空调自控的主要对象。

二次回风混合段：上段处理后的空气与二次回风混合，利用二次回风可代替部分二次加热，以达到节能的目的。但是增加二次回风会增加投资，也使操作控制和管理复杂。

空气二次加热段：该段亦称再热段，设在喷水室或表面冷却器之后。当有二次回风混合时，此段则在二次回风混合段之后。此段是保证送风温度或空调室内温度恒定调节（尤其是冬季）必不可少的温度调节段。

此外还有加湿段（如蒸汽加湿段），调节风阀、密闭风阀、观察孔、测试孔等部件。

以上各段并非每个空调系统都全部使用，而是根据工艺要求设置。

2.2.2 空气输送设备

该类设备包括风机、风道系统、调节风阀、以及其它设备，如消声器、风机减振器等。

● 风机（送风机或排风机）

风机是空调工程中主要设备之一，用以输送空气的动力装置。空调中使用的风机为离心式风机和轴流式风机。离心式风机具有噪声较小、风压较高的优点，尤其适用于送风距离较长的系统。轴流式风机则具有效率高、体积小、安装简单的优点，多用于对噪音控制要求不高、送风距离较短、风量较大的系统。

空调工程中，空气输送系统的能耗占有相当大的比例，因此进行空调自控设计时，应考虑空气输送的节能，尤其是在变风量调节风机转速的控制系统中，风机的理想运行状况应是风量适应于负荷的变化。根据风机的性能曲线可知，风机在某一固定转速时，风机的风量、风压、轴功率消耗、效率都有一定的对应关系。其对应关系如下。

风量与转速：

$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{n_1}{n_2}$$

风压与转速：

$$\frac{P_1}{P_2} = \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^2$$

轴功率与转速:

$$\frac{N_1}{N_2} = \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^3$$

如果要改变送风流量 (F)，可以通过调节系统中的阻力来实现。

如果采用风机转速控制，由上面的式子中可以看出，转速增加，则流量增加。要使流量减少，可通过使转速降低来实现。而功率与转速的立方成正比，显然可得到明显的节能效果。所以在变风量空调系统中进行室内温度控制时，可通过变风量来达到，例如采用调转速变风量获得节能效果。风机调速方法较多，而最佳方法是采用串级调速（绕线式电机）和变频调速（鼠笼式电机），而采用这两种办法实现空调自控是十分方便的。

●送风管道

在空调工程中，无论是送风、回风、排风都需用送风管道输送空气。风管通常用金属材料和非金属材料制作。形状有方形、矩形、圆形。在空调自控设计时，要重视不同结构形式和尺寸的管道，采用有效的温度、湿度和风量的检测手段及调节装置，以取得良好的检测和控制效果。

●调节风阀

调节风阀是空调系统中控制风量的装置。利用改变风阀开度的大小达到调节风量的目的。目前常用的风阀是多叶调节阀，有平行式和对开式，性能最佳的是菱形风阀。

2.2.3 空气分布装置

该装置是指空调房间的各种类型的送风口、回风口。为了使空调房间内空气分布均匀，空气流速适宜，从工艺布置上都进行了考虑，使空调房间内的温度均匀，满足空调基数和精度的要求。在设置检测元件时，应合理选择检测点，不宜将检测元件安装在送风口处。对于高精度的空调，不仅取决于自控方案的选择，还取决于气流组织形式，两者应配合综合考虑。一般来说，有侧送风形式和上送下回送风形式，可满足精度控制在 $\pm 0.5 \sim \pm 2^\circ\text{C}$ 的空调房间。而高精度恒温恒湿控制需采取孔板送风形式，使气流

扩散和混合良好，工作区域的温度场和速度场均稳定。这样可减少参数的测量误差，实现高精度控制。

2.3 制冷装置及空调自动控制系统

2.3.1 制冷系统

在集中式空调中，空气处理无论调温和调湿都必须提供要求的冷媒。所以要集中设置制冷系统。而且在空调自控设计时要同时考虑冷源的控制。

空调制冷方式有两种。即压缩式制冷和热力制冷。

●压缩式制冷

制冷用的主要设备是压缩机和其它制冷辅助装置。制冷压缩机有往复活塞式、离心式和螺杆式三类。制冷剂主要有氨、氟里昂—12、22等。此类制冷是靠消耗电能作为补偿。

●热力制冷

热力制冷包含有两种形式。即溴化锂吸收式和蒸汽喷射式。

溴化锂吸收式制冷：以热能为动力，制冷是以消耗热能作为补偿的。此种制冷是以水为制冷剂，以溴化锂溶液为吸收剂，制取 0°C 以上的空调用冷水。特点是可利用低势热能，对有废热（ $p > 30\text{kPa}$ 的蒸汽， $t > 85^{\circ}\text{C}$ 的热水）的厂矿作为余热利用，经济效果好。国内溴化锂制冷的冷水温度在 $5\sim 10^{\circ}\text{C}$ 范围。

蒸汽喷射式制冷：利用高压水蒸汽，通过喷射器造成低压，使制冷剂水在低压下蒸发吸热，使水温下降，制成高于 5°C 的空调所需冷水。这种制冷方式适于具有高压蒸汽可供使用的工厂。

2.3.2 自动控制系统

自动控制系统是当今空调工程中不可缺少的重要组成部分。对于高精度的空调，若不采取自动控制是不可能达到的。由于自动化技术和装置的迅速发展，为空调自控的实现提供了十分有利的条件和保证。而且只有采用自动控制才能更有效的实现空调节能。

第三章 空气处理及控制

不同的空调工程，对室内空气“四度”的要求也不同。无论处于何处地理位置和环境的用户，取自大自然的空气都不可能满足空调房间所需的状态，必须进行处理。所以，空气处理与控制成为空调的中心问题。下面就与自控设计有关的空气处理装置与空气处理过程进行讨论。

3.1 空气净化

某些空调房间或生产车间除对空气的温湿度有一定要求外，还对空气的洁净度有一定要求。不论是新风还是循环回风都会含有一定程度的灰尘和有害物，对纺织厂来说就更为严重。所以进入系统之前，根据需要采取专门的除尘设备和装置进行初级空气净化处理，对集中式空调机都设置空气过滤段。

空气净化处理的目的是从三个方面考虑的：一是由于空调房间内设置的高精度设备对洁净度的要求；二是对生产产品的影响；三是空气中的粉尘对人体健康的危害。在空调系统中，空气净化处理采用空气过滤器。对于清洁度要求不太高时，安装初效空气过滤器即可满足；洁净度要求较高时，除安装初效过滤器外，还需安装中效过

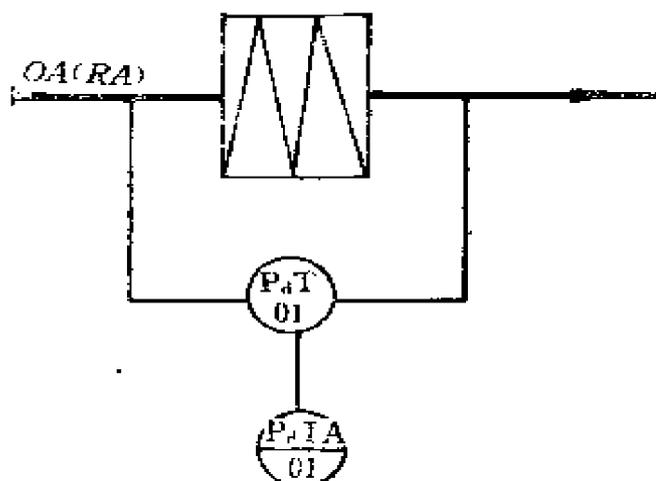


图 3-1 过滤器前后差压检测报警

器，经过二级过滤后，可使空气洁净度达到10000级。而对于有超净要求的空调房间除初效、中效过滤器外还必须安装高效过滤器，经三级过滤后，空气洁净度可达到更高的要求。

过滤器长期使用时，滤料上沉附的灰尘将逐渐增加，这样就将增大气流阻力，当该阻力太大时，将影响整个空调系统的正常运行。因此，在工程上需要对过滤器气流阻力的变化进行自动检测和报警。通常采用差压法测量过滤器前后的压差 P_0 ，并将此差压信号显示和根据设定的差压限值报警（如图3-1所示）。以便当过滤器失效时及时清理或更换。

3.2 空气加热处理及控制

3.2.1 一次加热

空气一次加热又称预加热。是用来加热新风或加热新风与一次回风的混合风。一次加热一般只用于冬季很冷的地区，将新风预热，再与一次回风混合，以免造成混合风达到饱和，产生水雾或结冰。如果所在地区冬季新风、回风混合后无结冰，可能仍需加热混合风时，则可先混合后加热。在温暖的南方或夏季可不设或不进行一次加热。一次加热还用于一次混合不允许变动的超净空调系统中。如采用露点温度控制的系统，如果冬季室外温度较低，只用新风或一次回风量不变，若是不进行预加热就进行喷水处理，可能就达不到露点温度。采用蒸汽或热水加热时，控制热媒调节阀开度；采用电加热时，通过晶闸管电力控制器，控制加热的电功率。

3.2.2 二次加热及控制

空气二次加热通常设在喷水室或表面冷却器之后，或者设在二次回风混合段后。二次加热的目的是在有相对湿度要求的情况下，为了保证送风温度或空调室内温度。控制方式与一次加热控制基本相同。

3.2.3 三次加热及控制

空气三次加热或称精加热，通常是在高精度温度控制时，用于温度微调而设置的加热。通常安装在空调房间入口风管中。

3.3 空气加湿处理及控制

空调工程中，加湿操作一般是在冬季或过渡季节当空气干燥时进行。空气加湿方法比较多。在空气湿度自动控制中通常采用蒸汽加湿器或者电加湿器。这种加湿属于等温加湿。通过对蒸汽流量或电加湿器的功率调节，便可实现空调房间相对湿度的自动控制。蒸汽加湿，根据湿度控制要求，可通过对电磁阀进行位式控制或者采用二通调节阀的连续调节来实现。

3.3.1 空气的喷水处理及控制

在空调工程中，空气热、湿处理采用喷水室的方法是较为普遍的。空气在喷水室中与淋水直接接触，空气与水进行热湿交换。在喷水室中，由于工况控制，采用不同温度的水，故可实现空气的加热、加湿、冷却、减湿等多种空气处理过程。

根据传热原理，空气与水一旦接触，两者有温差存在时，就会产生热交换。如在冬季，喷水室中用热水喷淋温度较低的空气，则使空气温度升高。夏季，在喷水室中用低温水喷淋空气，空气失去热量，降低温度。这样，在喷水室中实现了升温或降温的空气处理。

在喷水室中除了空气与水的热交换过程外，还有湿交换过程发生。当喷水水滴表面饱和空气层与其周围空气中的水蒸汽分压力存在压力差时，就将产生湿交换。当此饱和空气层的水蒸汽分压高于周围空气水蒸汽分压时，饱和空气层中的水汽分子就会扩散到周围空气中，出现蒸发现象，使空气被加湿。反之，空气中的水汽分子进入饱和空气层中，出现凝结现象，使空气减湿、被干燥。

显然，在空气与水接触进行热量交换时，既存在着显热交换，也存在潜热交换。

以上定性地简述了空气与水在喷水室中接触时使空气进行的升温、降温、增湿、减湿等状态变化。当空气在喷水处理过程中，如果喷水的温度不同，则空气的各种状态变化也是不同的。如图3-2、图3-3所示。

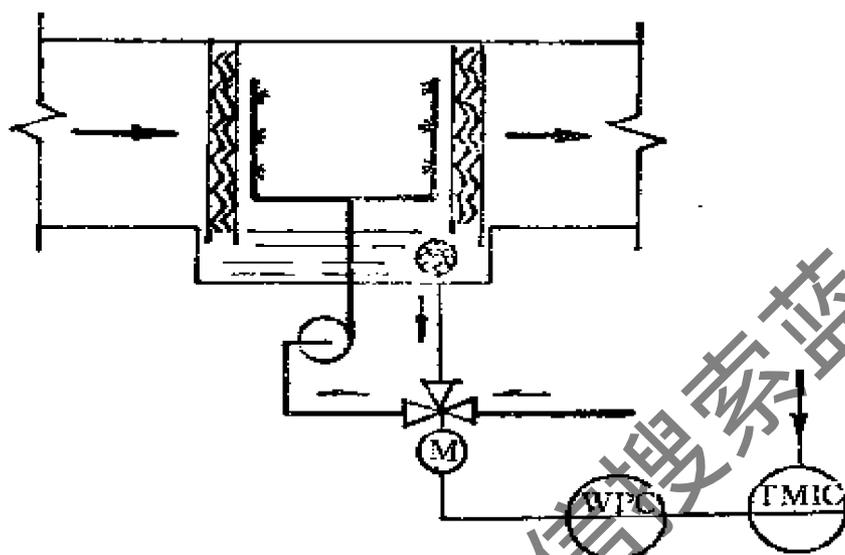


图 3-2 空气喷水处理及控制原理图

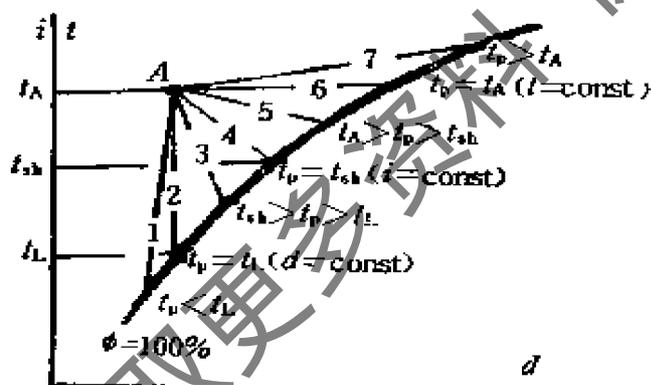


图 3-3 空气喷水处理的变化过程

由图 3-3 可见，不同水温空气处理过程如下所述。

(1) 当水温低于空气露点温度时 ($t_p < t_L$)，既有显热交换，又有潜热交换，是降温降湿过程，或称干燥冷却过程。空气处理后，温度被降低，而且空气中水蒸汽被冷凝，放出凝结热。所以，含湿量和焓值都降低。

(2) 当水温等于空气露点温度时 ($t_p = t_L$)，有显热交换，空气被冷却，空气中的水蒸汽既不会增加也不会凝结。此过程为等湿减焓冷却过程。空气处理后，含湿量不变，温度、焓值均降低。

(3) 当水温低于空气湿球温度而又高于露点温度时 ($t_{sk} > t_p > t_L$)，以显热交换方式使水温升高，并且使部分水蒸发，其汽化热也由空气供给，使空气温度下降，水蒸汽增加，是冷却加湿过程，处理后，空气的温度降低，焓值下降，而含湿量增加。

(4) 当水温等于空气湿球温度时 ($t_p = t_{sk}$)，这时水蒸发所需汽化热由空气传给，是等焓加湿或称绝热加湿过程。空气温度降低、湿度增加，焓值不变，水温也不变，喷水可循环使用。

(5) 当水温高于空气湿球温度而又低于干球温度时 ($t_A > t_p > t_{sk}$)，水因吸收空气的热量而蒸发，使空气温度降低，水蒸汽增加是降温加湿过程，空气处理后，使焓值和含湿量都增加，温度降低。

(6) 当水温等于空气温度时 ($t_p = t_A$)，不存在显热交换，但水要蒸发，潜热带入空气中。这是一种等温加热加湿过程。空气处理后，温度保持不变，而焓值和含湿量均增加。

(7) 当喷水温度高于空气的干球温度 ($t_p > t_A$) 时，在喷水处理中，有显热和潜热交换。这是加热、加湿过程。空气处理后，湿度、焓值、含湿量都增加。

了解上述空气被喷水处理的不同变化过程及其发生的条件、特点和相互关系，对空调自控设计是十分重要的。

从空气与水的湿交换过程可以看出，影响因素主要有空气流速、喷水温度、喷水流量和喷水室结构等。当喷水室结构与空气流速确定后，则喷水流量或者喷水温度便是主要的因素（如图 3-2）。在空调自控中，根据不同工况转换（WPC），温湿度自动调节（TMIC）是通过三通调节阀改变水温来完成（这里仅是温湿度控制系统的一部分）的。

3.3.2 表面冷却器对空气进行冷却干燥处理

空气冷却干燥处理除了采用喷水外，还常用表面冷却器（简称表冷器）来完成。

表冷器是由排管和散热肋片等组成的。冷媒在冷却器管内流动，空气在管外肋片间流动，并与管内流动的冷媒进行热交换。

表冷器对空气进行处理有等湿冷却和去湿冷却两种处理过程。当表冷器表面温度低于干球温度，但高于空气的露点温度时，空气通过冷却器表面后，经热交换，使温度降低，但未结露，含湿量没有减少。所以空气处理是等湿冷却过程（干工况）。当表冷器肋片表面的温度低于空气初始状态的露点温度时，空气通过表冷器使温度降低，而且空气中水蒸汽将在表冷器表面出现凝结水，使空气含湿量减少，这是冷却干燥（降湿）过程（湿工况）。空气在湿工况处理过程中既有显热交换，又有潜热交换，所以湿工况的冷却能力比干工况时大。

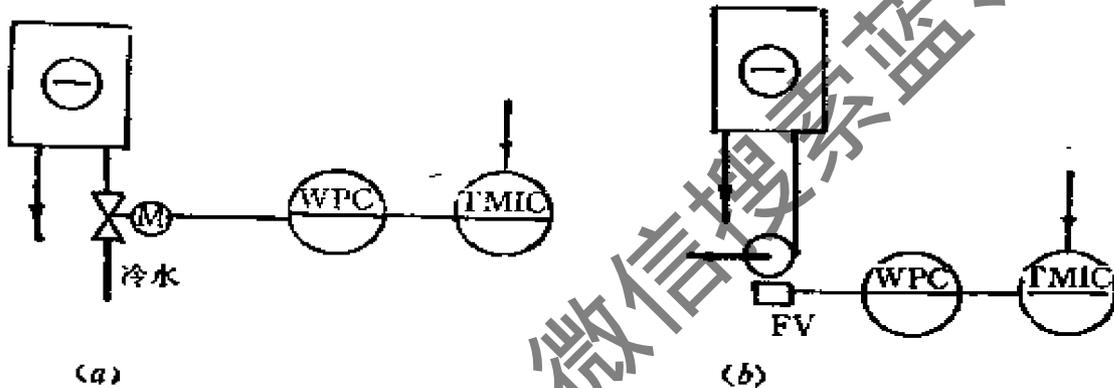


图 3-4 表冷器冷媒流量控制原理图

采用表冷器进行温湿度控制时，是通过调节表冷器的冷媒流量来实现的。当温度或湿度高于要求值时，加大冷水量，反之减少冷水量。调节冷水量的方法如图3-4。

上图 (a) 是当温湿度变化时，通过调节器 TMIC，经工况转换系统，输出控制信号控制调节阀的开度，调节冷水流量。图 (b) 是控制信号经变频调速控制器，调节泵的转速，以改变流量。这种调节方法节能效果显著。因为 $\frac{N_1}{N_2} = \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^3$

3.3.3 喷水式表面冷却器

表面冷却器具有结构简单、施工、管理方便，与喷水室型式相比，具有占地面积小等优点。但它对空气处理只能等湿冷却或者减湿降温，而不能实现对空气的加湿处理，也不能象喷水室那

样兼有空气净化的功能。为了克服表冷器只能等湿或降湿而不能加湿的缺点，为此，采用补充措施。将表冷器与喷水设备相结合，称为喷水式表冷器。这种在表冷器表面喷循环水的方式可以实现对空气多种处理。该措施因需增加喷水设备，整套装置复杂，投资增大，而且也将使空气流动的阻力增加，所以实际应用很少，见图3-5。

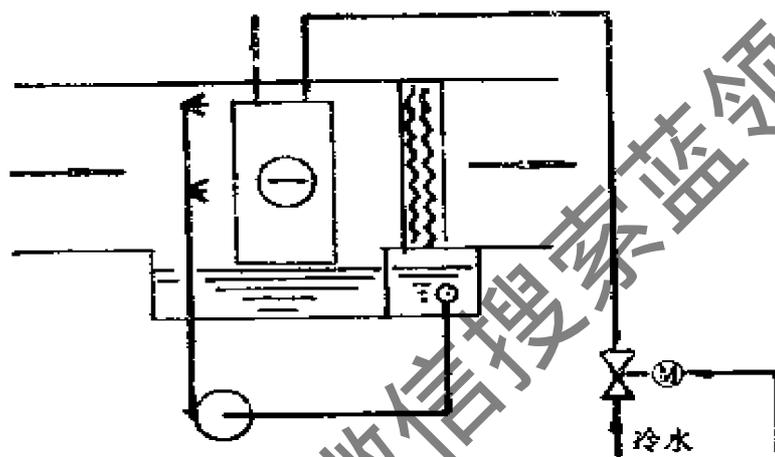


图 3-5 喷水表面冷却

获取更多资料

微信搜索 蓝领星球

第四章 空调自动调节系统 及常用检测仪表

4.1 空气调节自动控制的任务和内容

空调的基本任务是维持空调房间内的“四度”在一定范围内，主要是使室内空气保持要求的空调基数，并在允许的范围内波动。一个空调工程主要包括有空调房间、空气处理系统、制冷系统及其它辅助系统。空调自控的任务是对以空调房间为主要调节对象的空调系统的温湿度及其它参数进行自动检测、自动调节以及有关的信号报警和联锁保护控制，还包括制冷系统的自动控制。在工厂，冷冻站和空调机房一般都是分建的，所以除制冷系统的自动控制外，还有两者之间进行配合的控制问题。此外，对空调中使用的热媒，如蒸汽或热水，还需进行温度、压力、流量等自动测量、调节及其联锁控制，以保证空调系统的正常运行。

空调系统自动调节与控制的基本内容包括：

空调房间的温湿度检测与调节；

新风干湿球温度检测与报警；

一、二次混合风的温度检测；

回风温湿度检测；

送风温湿度检测与调节；

表面冷却器出口空气温度检测；

喷水室露点温度检测与调节；

喷水室或表面冷却器用水泵出口温度和压力的检测；

喷水室或表面冷却器出口冷水温度检测；

工况转换自动控制；
 空调设备工作的自动联锁与保护；
 喷水室或表面冷却器用冷水泵的转速调节；
 空气过滤器进出口静压差检测及报警；
 变送风流量检测与调节；
 变风量系统风管静压检测；
 制冷系统的温度、压力等参数检测、信号报警、联锁保护及控制。

在空调自控设计中，应根据工艺条件，在满足空调要求的前提下，力求简单、实用、可靠，还要具有良好的技术经济指标。

4.2 空调自动调节系统的基本组成及分类

4.2.1 空调自动调节系统的基本组成

简单或复杂的调节，其基本的自动调节系统都是由以空调房间为主的调节对象及检测与变送装置、调节器、工况转换和执行器与调节机构等环节组成的闭环系统，如图4-1所示。

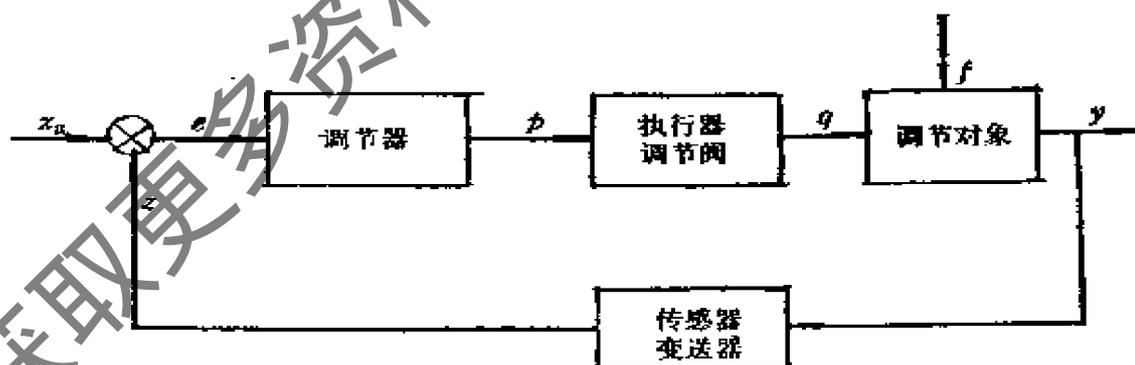


图 4-1 空调自动调节系统方框图

空调自动调节系统独特的地方是具有实现节能的多工况转换部分。它可以由电气控制线路、智能仪表设备（如PLC），或者由空调专用控制机或DCS等软件来实现。

4.2.2 空调自动调节系统分类

(1) 按空调自动调节的参数不同,可分为温度、湿度、压力、液量、液位等调节系统。

(2) 按被调参数的给定值不同,可分为定值调节系统,如温湿度自控系统大多属定值调节;程序调节系统,给定值按某一确定的程序变化;随动调节系统,被调参数的给定值是某一未知变量的函数。

(3) 按自动调节装置实现调节动作与时间关系的系统。该系统可分为连续调节系统和断续调节系统。

(4) 按结构特点可分为简单调节系统和复杂调节系统。对一般空调要求,大都采用简单调节系统。

4.2.3 空调常用的复杂系统

● 新风补偿调节系统

在舒适性空调中,当新风温度变化时,自动地改变室内温度调节的给定值,以达到舒适、节能的目的(见图4-2)。这种系统实质上是一种随动调节系统。

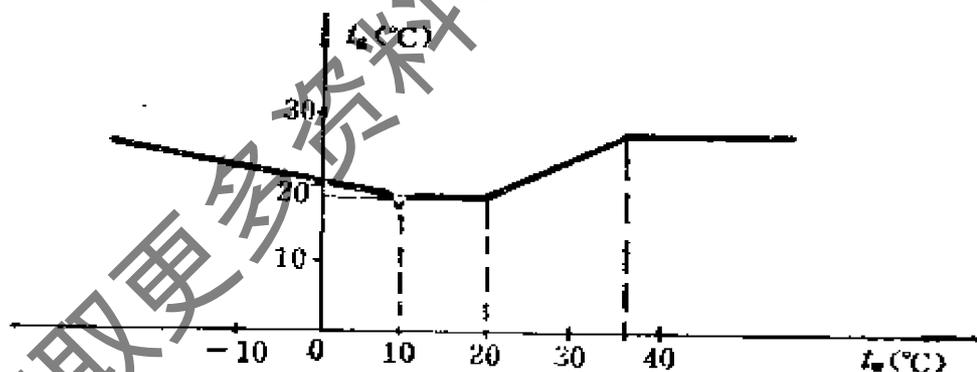


图 4-2 新风补偿调节特性

在冬季,室外温度下降时,为了补偿建筑物冷辐射对室内工作人员的影响,随着室外温度(新风温度)的降低,为适当提高室内温度,调节给定值。

在夏季时,随着室外温度的增加而调整室内温度调节器的给

定值,这样可消除由于室内外较大温差造成的冷热冲击而不舒适。

● 前馈调节系统

前馈调节常用在空调高精度调节中,其克服干扰的能力比反馈调节快而及时。

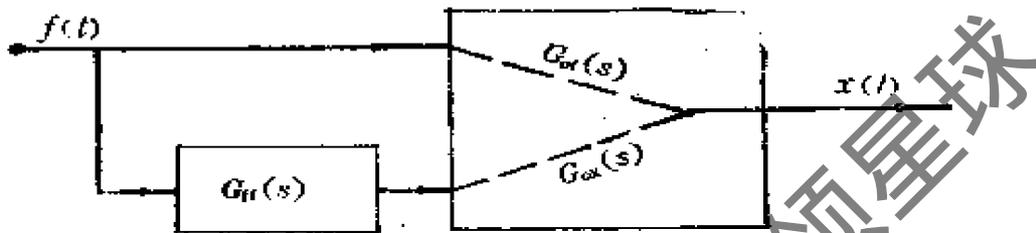


图 4-3 前馈调节作用示意图

从图4-3可以看出前馈调节的特点。其干扰、被调参数及前馈调节作用之间的关系如下。即

$$x(t) = f(t) \cdot G_{of}(s) + f(t) \cdot G_{ff}(s) \cdot G_{ox}(s)$$

式中 $x(t)$ —— 被调参数变化;

$f(t)$ —— 对象主干扰变化;

$G_{of}(s)$ —— 主干扰通道传递函数;

$G_{ox}(s)$ —— 对象调节通道传递函数。

$G_{ff}(s)$ —— 前馈调节器传递函数。

事实上,前馈调节不可能完全补偿多种干扰对被调参数的影响。通常只是针对主要干扰进行前馈调节。在实际应用中是将前

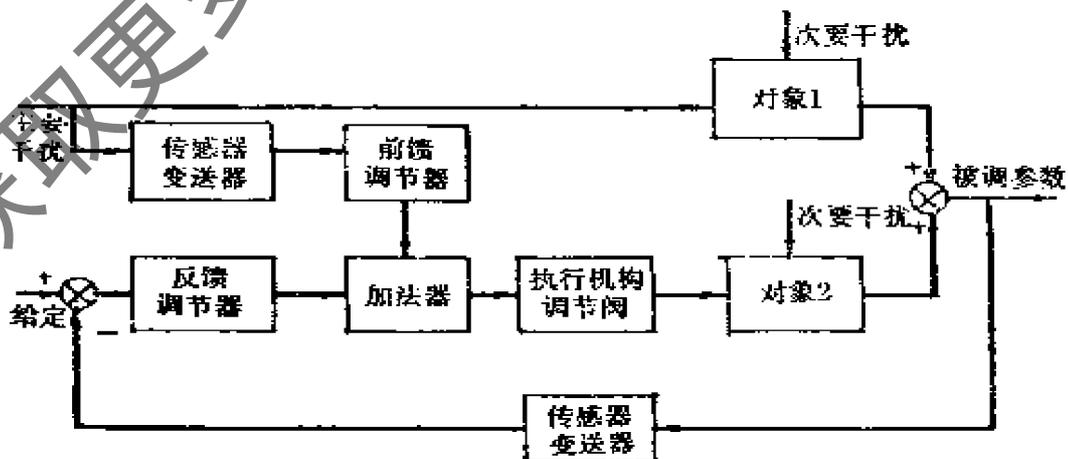


图 4-4 前馈-反馈调节系统方框图

馈调节与反馈调节系统结合起来使用。其方框图如图4-4所示。

国内已具有图4-4所示功能的通用前馈调节器产品。如 DDZ 一Ⅱ型的 DTT-2102 等。如果空调系统采用计算机控制，前馈调节则通过软件实现。

● 串级调节系统

在空调高精度调节中也常采用串级调节系统。将主调节器的输出作为副调节器的外给定。调节系统结构由内、外（副、主）两环构成。副环被调参数一般选取受干扰较大、纯滞后较小、反应灵敏的参数；主环被调参数一般就是主参数。副环具有及时抑制及克服其主要干扰影响的超前调节功能，提高系统的调节质量。副环调节器一般使用比例积分调节器或者比例调节器。副环对象的时间常数应比主环对象时间常数小。其调节效果显著。串级调节系统结构如图4-5所示。

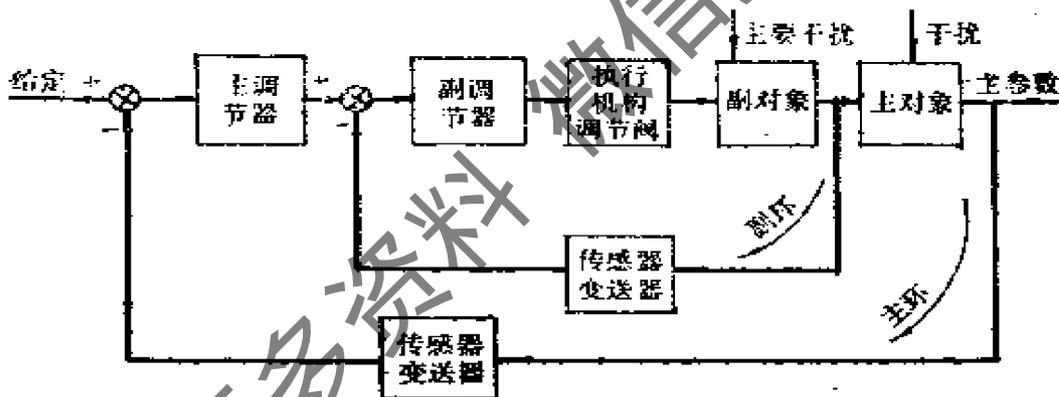


图 4-5 串级调节系统方框图

串级调节系统，对于调节对象纯滞后较大，时间常数较大，热湿干扰影响严重的空调系统是很适宜的。例如采用蒸汽或热水加热器及表冷器的室温空调系统。由于设备的热容量大，送风管道长，若采用单回路反馈调节系统，调节滞后大，超调量较大。如果采用串级调节。将送风干扰纳入副环的送风温度调节系统内，而主环对象（空调房间）的干扰通过主调节器的作用来改变副调节器的给定值，使送风温度按室温变化调整，从而减少室温

的波动，提高调节质量。对采用淋水室的空调系统进行高精度室内相对湿度调节时，可采用串级调节系统。以室内相对湿度调节为主环，露点温度调节为副环，将获得良好的控制效果，国内已有串级调节器供使用。例如空调所研制的GTD—B系列空调专用温度串级调节仪表。

● 选择调节

选择调节在生产过程中应用的历史并不太长，但却得到较为广泛地应用。选择调节就是把工艺过程中控制的条件构成逻辑关系，通过选择器对控制参数进行判断选择，从一种状态或被调量的调节转为另一种被选择的状态或被调量调节。例如在夏季，某工况表面冷却器同时具有冷却和降湿的双重作用，作为被调量有室内的温度和相对湿度，当温度和湿度都发生变化，如何对表面冷却器冷水三通阀进行控制，保证温湿度均达到一定的调节精度呢？这就需要进行选择调节。其调节过程如下：

由于某些干扰使室温下降，则调节器输出信号增加，使冷水调节阀开度变小，冷水流量减少，从而室内温度升高。但与此同时，由于表面冷却器冷水流量减少，将导致相对湿度变大，这时温度、湿度两个调节器的输出信号均施于冷水阀，那么冷水调节阀应根据哪个输出信号指令而动作呢？这就靠低值选择器选择低信号，即偏差信号较大者。例如，湿度调节输出信号低于温度调节信号，则通过低值选择器选择冷水调节阀暂时接受湿度调节器输出信号，并进行调节，使湿度变化趋于给定值。这样采用的选择调节就可以同时保证具有相互影响的温湿度均具有一定的调节精度。

在空调工程上应用的选择调节系统有两种类型。一种是根据调节器输出信号的高低进行选择，如图4-6所示。

图4-6中，有两个调节器的输出信号同时送入选择器。由选择器根据设计要求选择（高或低选）输出信号作用于冷水调节阀。这种选择控制仅用常规仪表就可以很容易地实现。如果采用DDZ—Ⅱ型自选调节器，则只需一个调节器可以代替温度、湿

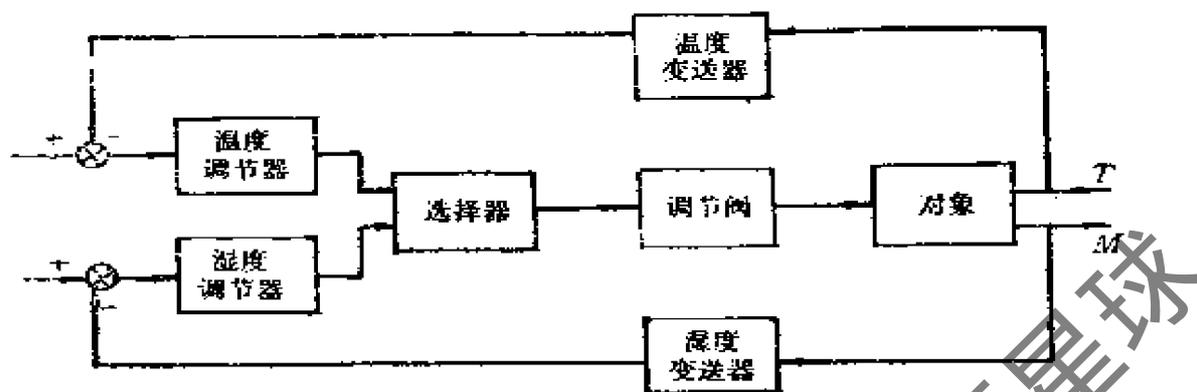


图 4-6 按调节器输出信号进行选择方框图

度调节器和选择器，即这三者合为一体。

选择调节系统的另一种方式是采用两个变送器，其输出信号先经选择器比较选择后再送至调节器。这种方式在生产过程中作为自动保护调节常被采用。

● 分程调节系统

分程调节系统就是由一台调节器的输出信号控制两台或两台以上执行机构分程动作的调节系统。根据调节器输出信号的大小分段控制不同的执行机构，使其按先后顺序动作。

图4-7是由一台调节器控制二台调节阀的调节示意框图。

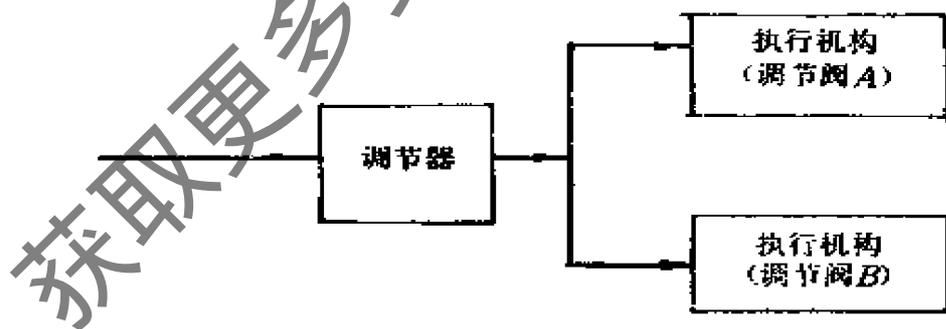


图 4-7 分程调节框图

在采用气动调节阀的控制系统中，实现分程控制是很方便的。无论是采用气动调节器还是电动调节器（用电动调节器时须

经电—气转换器和阀门定位器或电—气转换阀门定位器)控制两台(或多台)调节阀,都可以通过调节阀上的阀门定位器整定输入信号范围,各调节阀同时接受调节器的输出信号,并按接受信号的大小分程动作。如上图4-7所示,一个调节器控制A、B两个调节阀,在调节器工作之前,必须调整好阀门定位器的零位和工作上限。假设A阀定位器输入在0.02~0.06MPa信号范围时,使其输出为0.02~0.1MPa,控制A阀阀门走完全行程;当B阀的定位器输入在0.06~0.1MPa时,其对应的输出为0.02~0.1MPa,控制B阀阀门走完全行程。

在实际使用中,一台调节器控制两个调节阀,根据两个调节阀同是气开或气关;一个气开,一个气关的不同情况,实行分程控制。如图4-8所示。

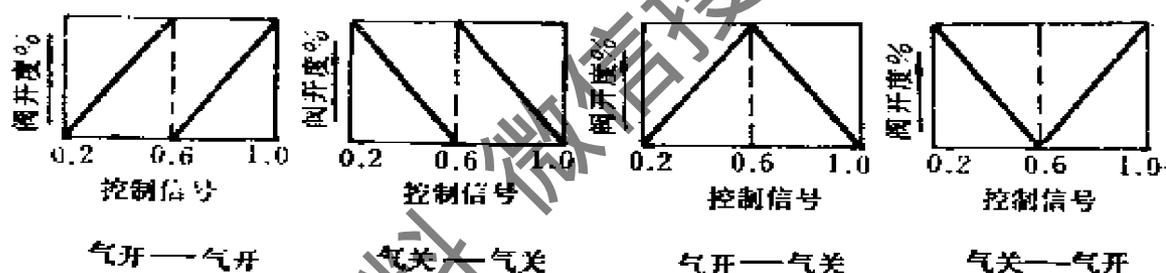


图 4-8 分程调节系统不同调节阀型式的组合

分程调节系统在生产过程控制中已有较多的使用。例如,为了适应生产需要而采用的多种物料和手段的调节;为维持生产的稳定与安全而作为补充手段、生产中开、停车时小流量和正常时的大流量调节;以及为了改善调节阀的工作特性,扩大调节阀的范围,提高调节质量等方面,采用分程调节都有显著的效果。

在空调自控中,若将分程调节与选择控制结合起来,把调节器的输出分为两段(或多段),分程控制表冷器调节阀和加热器及加湿器等,以维持调节对象要求的温湿度,其效果更佳。例如采用表冷器、加热器等进行空调温度控制的系统就是采用电动调节器控制热水阀、新风阀及冷水阀,根据季节变化进行温度分程

调节的。见图4-9所示。

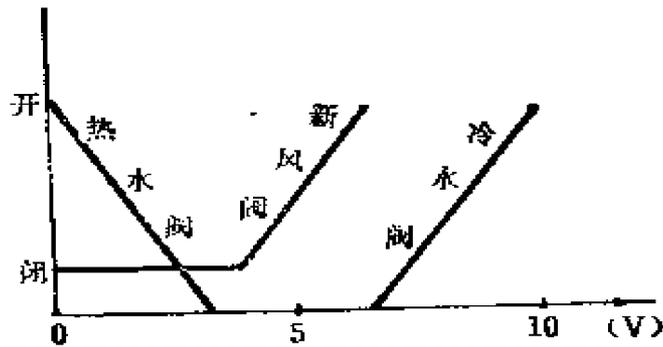


图 4-9 温度分程调节示意图

4.3 空调常用温湿度检测仪表

4.3.1 温度计及温度传感器

温度是空调系统最重要的调节参数，温度调节也是空调自控的核心部分。而温度调节中，头等重要的就是要对温度进行准确地检测。使用的检测元件一般采用温度计及温度传感器，其种类如下。

玻璃温度计

玻璃温度计是利用玻璃管内感温液体受热膨胀，受冷收缩的性质来测量温度的。感温液体有水银（汞），其测温范围为 $-30\sim+60^{\circ}\text{C}$ ；另外，还有一种用有机液体（如甲苯、乙醇、石油醚、戊烷等）作为感温体，用于测量低温。空调中常用带金属保护管工业内标式的电接点玻璃温度计。

玻璃温度计分度值为 0.01°C 、 0.02°C 、 0.05°C 、 0.1°C 、 0.2°C 、 0.5°C 、 1°C 、 2°C 、 5°C ；工业用玻璃温度计的分度值一般在 0.2°C 以上。电接点温度计的接点动作误差在 $\pm 0.1^{\circ}\text{C}\sim\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 范围。

双金属温度计

双金属温度计是由两种不同热膨胀系数，彼此牢固结合的双金属片制成感温元件的温度计。其测量范围为 $-80\sim+600^{\circ}\text{C}$ 。工业用双金属温度计分度值为 0.5°C 、 1.0°C 、 2.0°C 、 5.0°C 。精

确度等级为1.0, 1.5, 2.5级。

双金属温度计结构型式有径向型和轴向型两种, 插入长度为75~1500mm。其温度计有就地显示和上下限报警型, 在工业上用得较多。在空调自控设计中, 可根据需要进行选型。

电阻温度计

电阻温度计是利用电阻与温度呈一定函数关系的金属导体或半导体材料制成的感温元件, 用来测量温度。根据感温部材料的不同, 分为铂电阻温度计、铜电阻温度计、镍电阻温度计、热敏电阻温度计。目前国内电阻温度计的测温范围一般在-200~+650℃之内。这类电阻温度计在空调工程中应用较多。

电阻温度计一览表

名称	型号	$R_0(\Omega)$	分度号	测温范围(℃)	允许误差(℃)
铜热电阻	WZC	50	Cu50	-50~+150	$\Delta t = \pm(0.30 + 6.0 \times 10^{-3} t)$
		100	Cu100		
铂热电阻	WZP	10	Pt10	0~650	A级: $\Delta t = \pm(0.15 + 2.0 \times 10^{-3} t)$
	WZPK WZPW	100	Pt100	-200~+650	B级: $\Delta t = \pm(0.30 + 5.0 \times 10^{-3} t)$
镍热电阻	WZN			-60~0	$\Delta t = \pm(0.30 + 1.5 \times 10^{-2} t)$
				0~+180	$\Delta t = \pm(0.30 + 7 \times 10^{-3} t)$
热敏电阻	MF53			0~40℃	

铜、铂热电阻结构型式有单支、双支型; 有普通型、铠装型和微型; 引出线有二线制和三线制; 接线盒有普通型、防溅型及隔爆型; 此外也有机电一体化型, 即把传感器与变送器组合成一体, 设计时可根据现场安装条件, 使用要求进行选型。

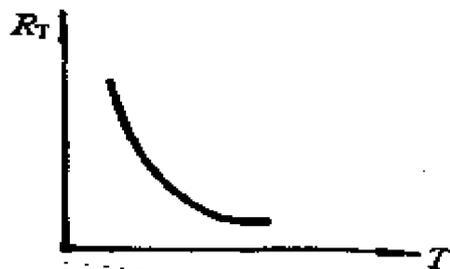


图 4-10 热敏电阻温度特性

热敏电阻是一种半导体温度传感器。热敏电阻大多是由各种

金属，如锰、镍、铜、铁等的氧化物按一定比例混合烧结而成，具有非线性特性，作温度传感器时需要进行线性化处理。热敏电阻的温度特性如图4-10。

$$R_T = R_{T_0} e^{B \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_0} \right)}$$

式中 R_T ——热敏电阻在温度为 T 时的电阻值 (Ω)；

R_{T_0} ——热敏电阻在温度为 T_0 时的电阻值 (Ω)；

e ——自然对数取值为2.71828；

B ——常数，由热敏电阻的材料和结构决定。通常由实验求得，具有温度的量纲。

$$B = \frac{2.303(\lg R_T - \lg R_{T_0})}{\frac{1}{T} - \frac{1}{T_0}}$$

热敏电阻具有负温度系数， $\alpha = -\frac{B}{T^2}$ 。热敏电阻做温度传感器具有温度系数大（绝对值）的特点，比其它热电阻大5~10倍，时间常数小（小于1s），响应快，灵敏度高，而且结构简单，体积小，价廉。目前已有工业型可互换的热敏电阻温度计及空调专用热敏电阻温度传感器，后者是经过线性化处理的，测温范围0~40℃。如采用国产热敏电阻MFB₃、MF-53制成的温度传感器MF53-X型可用来测量室温及风道温度，与专用仪表配套进行温度显示和调节。

4.3.2 空气相对湿度检测仪表

空调自控常用相对湿度检测的传感器有以下几种。

干湿球湿度信号发送器

干湿球湿度测量的原理是利用两只电阻温度计的其中一只全部暴露在空气中，用以测量空气温度，称为干球温度计；另一只测量头包上专用棉纱布，纱布的末端浸在常盛有水的器皿中，利用毛细管将水吸上来，使棉纱布总保持湿润。因纱布表面蒸发，并随之吸收热量，则引起湿球温度下降。水份蒸发的快慢与空气

中水蒸汽含量程度有关。空气愈干燥，水份蒸发就愈快，则干球与湿球的温差就愈大。当空气中水蒸汽已经饱和，纱布上的水份就不再蒸发，此时，湿球的温度也就不再下降。空气水蒸汽分压、湿球温度时的空气饱和水蒸汽分压与干湿球温差间的关系可用下式表示：

$$P_a = P_{sb} - A(t_k - t_s)P_B$$

式中 P_a ——空气水蒸汽分压 (Pa)；

P_{sb} ——湿球温度时的空气饱和水蒸汽分压 (Pa)；

P_B ——大气压力 (Pa)；

t_k ——干球温度 (°C)；

t_s ——湿球温度 (°C)；

A ——湿度系数。

上式中的 A 与通过湿球的风速有关，当干湿球湿度发送器（如 TH 型）结构型式及风速（带一只小风扇，使风速保持在 2.5m/s）确定后， A 是一个确定的常数。

根据空气相对湿度的概念，在某一温度下，空气相对湿度 (φ) 为：

$$\varphi = \frac{P_a}{P_b} \times 100\% \quad (\%)$$

式中 P_a ——空气水蒸汽分压 (Pa)；

P_b ——同一温度下空气饱和水蒸汽分压 (Pa)。

即

$$\varphi = \frac{P_{sb} - AP_B(t_k - t_s)}{P_b}$$

当 t_k 、 t_s 测出后，则 P_{sb} 、 P_b 都是确定数，那么相对湿度可以按上式计算出来。通常根据这些参数的不同数值列成表格，根据 t_k 、 t_s 查出 φ 。作为干湿球发送器，就是利用两只热电阻分别测得 t_k 、 t_s ，并将其信号送入检测调节仪表。例如国产 TH 型干湿球湿度信号发送器，其测量范围 0~40°C，相对湿度 20~100%RH，电阻温度计为镍电阻，采用 N_1 、 N_2 分度，风速 2.5~3m/s，相对湿度的测量误差 $\leq \pm 3\%RH$ （注：上述技术参数及条件仅属 TH

型中某一产品)。

氯化锂电阻式湿敏元件及温湿度变送器

氯化锂 (LiCl) 是极易在水中溶解的盐类。在空气中具有很强的吸湿特性。所以空气中相对湿度愈大, 则氯化锂吸收的水份也就愈多, 其电阻率愈小。氯化锂电阻式感湿元件, 即湿敏电阻就是利用氯化锂这一特性制成的。具体构造是: 在绝缘板上真空蒸镀金属制成两组梳状电极, 外面涂上氯化锂溶液, 形成一层导电层, 使两电极间构成回路。当氯化锂溶液的浓度不相同, 相对湿度的检测范围也不一样。另外, 由于一块检测片的湿度测量范围较小, 所以在测量范围大时, 需用多块检测片并联组合并经线性化处理后, 构成湿敏元件。当将其置于空气中时, 随着相对湿度的改变, 氯化锂中吸收的水份改变, 两电极间的电阻值也发生变化, 这种变化与相对湿度相对应。

由于氯化锂溶液是一种导电性较好的电解质, 当测量片通过直流电流时会使氯化锂溶液产生电解, 所以这类感湿元件的测量电桥都是交流电桥。流过检测片的电流为交流, 并且将电流控制在 $100\mu\text{A}$ 以下。

氯化锂感湿元件受环境影响较大, 输出电阻值也与检测点的温度有关。所以氯化锂湿度变送器测量线路内均加热敏电阻, 用来进行温度补偿。由于目前国内此类产品的温度补偿范围为 $0\sim 50^\circ\text{C}$, 故使用温度限制在此范围内。

湿敏元件的优点是结构简单, 体积小, 反应速度快, 灵敏度高。其缺点是互换性差, 易老化, 使用寿命短, 尤其是长期用在高温高湿的场所时, 需要定期检查和更换。

由于氯化锂湿敏元件在测量相对湿度时需要进行温度补偿, 温湿度传感器内设有一个热敏电阻, 该电阻除在进行相对湿度测量时作为温度补偿外, 同时也用来测量温度。所以目前国内产品均以温湿度传感器的结构型式来进行温湿度测量。如 DWS 型、CSL 型温湿度传感器。这些传感器必须与相配套的变送器及显示、调节器一同使用, 方可应用于空调自控中。

电容式湿度传感器

电容式湿度传感器的基本原理是在一块电绝缘膜片的两面分别放置一个电极薄片，这样就构成一个电容。而电容量的大小取决于两电极之间的距离及表面积和绝缘膜片的电介常数。由于这个绝缘膜片对空气中水分子的可逆吸附而引起电介常数的变化，因而改变其电容量，当结构确定之后，湿敏电容与相对湿度的变化在很大范围内呈较好的线性特性。实际的电容式湿度传感器（如HK-8816型）是在一块 $7 \times 5 \times 0.3\text{mm}$ 的石英玻璃上先蒸镀一对交错放置而又不相连接的梳状铝薄膜电极，在铝电极上覆盖一层对湿度极为敏感的高分子醋酸纤维素薄膜，然后，在分子薄片上溅射一层网状特殊结构的黄金薄膜电极。这样铝电极与金电极之间就构成了一个能反映空气湿度变化的电容。因铝电极有两个，所以实际上是构成两个电容，通过金电极形成串联结构，故电容很小，当相对湿度在 $0 \sim 100\% \text{RH}$ 变化时，电容量大约在 $9\text{pF} \sim 51\text{pF}$ 之间变化。这样，通过测量电容量就可测得相对湿度。这类传感器的湿度测量范围宽（ $0 \sim 100\% \text{RH}$ ），精度高（小于或等于 $3.5\% \text{RH}$ ），并具有体积小，线性及重复性好，响应快，寿命长，不怕结露等优点。

磷酸锂湿敏元件

磷酸锂湿敏元件也是电阻式感湿元件。其结构是在磷酸锂感湿基片两面涂碳电极（梳状）。感湿基片在空气相对湿度变化时，基片两极间的电阻值发生变化，并与相对湿度相对应。

此类湿敏元件的特点是湿度测量范围宽（可达 $0 \sim 100\% \text{RH}$ ），不怕污染，寿命长，稳定性好，响应快。但年变化率较大（ $2.5\% \text{RH/a}$ ）。

第五章 空调自动调节系统设计

5.1 空调自动调节系统的特点

5.1.1 干扰多

空调系统中，影响空调房间温湿度干扰源是较多的。这些干扰分为来自外部的干扰和来自内部的内扰。外扰主要是送风及建筑围护结构传热的扰动。内扰指房间内电器、照明散热量、工艺设备的启停、工作人员散热量以及室内外物品流动等变化对室内温湿度产生的影响。为了抑制或消除这些干扰，除了在建筑热工和空调工艺方面采取有效措施外，在自控设计时应分析干扰来源及影响的大小，选择合理的控制方案。

5.1.2 调节对象的特性

空调自动控制系统的任务是维持空调房间一定的温湿度。对恒温恒湿控制的效果如何，在很大程度上往往取决于空调系统，而不是自控部分。所以，在空调自控设计时，首先要了解空调对象的特性，以便选择最佳控制方案。

根据有关理论分析和实践经验总结，可以把空调室看作是一个简单而具有一定自衡能力的单容对象。可用一阶惯性环节加纯滞后的典型动特性来加以描述。传递函数可以表示为：

$$G(S) = \frac{K e^{-\tau_0 s}}{T_0 S + 1}$$

式中 $G(S)$ ——对象传递函数；

K ——对象静态放大系数；

τ_0 ——对象纯滞后时间；

T_0 ——对象时间常数。

若将恒温室看作理想的单容对象，当输入端加一个热空气阶跃干扰时，输出被调量——温度的变化如图5-1所示。被调量随时间变化的曲线称为响应曲线，也称飞升曲线，它表示对象的动态特性。

下面分析对象特性参数 K 、 τ_0 、 T_0 对调节系统的影响。

●放大系数 K

放大系数，又称为传递系数，表示对象的静态特性。 K 值的大小取决于新的稳态下的数值。即 $K = \frac{\Delta T}{\Delta Q}$ 。放大系数 K 与被调量的变化过程无关，其值表示输入对输出稳态值影响的程度。 K 值大，表明对象的自衡能力小； K 值小，说明对象的自衡能力大。

●时间常数 T_0

时间常数 T_0 的物理意义是当输入为阶跃干扰时，在对象的输出响应曲线上，从输出量开始变化的起始点（图5-1中的 t_1 ）作一切线与稳态值相交点（图5-1中的 A 点）所对应的时间（图5-1中的 t_2 ）与起始点之间的时间间隔，称为对象的时间常数。时间常数的大小，反映了对象受到阶跃干扰后，被调量达到新的稳态值的快慢，亦即对象自衡过程时间的长短。所以时间常数是表示对象惯性大小的物理量。

对于一阶惯性环节的传递函数为：

$$G(S) = \frac{X_2(S)}{X_1(S)} = \frac{K}{T_0 S + 1}$$

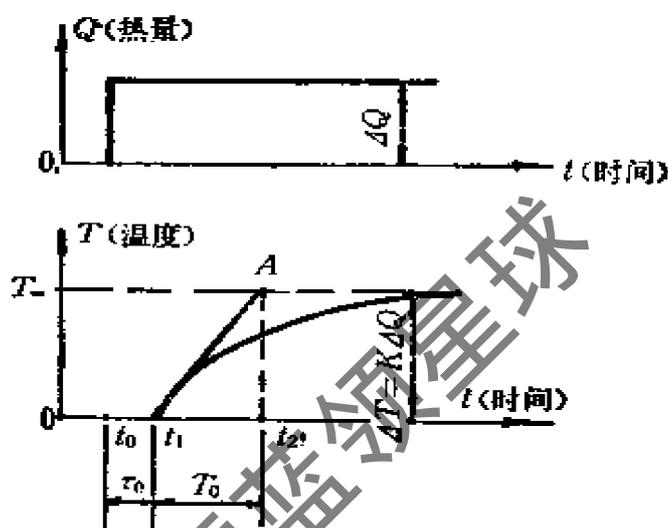


图 5-1 恒温室阶跃响应曲线

当输入为阶跃函数时, $X_1(S) = \frac{A}{S}$, 则:

$$X_2(S) = \frac{KA}{S(T_0S + 1)}$$

$$X_2(t) = L^{-1} \left[\frac{KA}{S(T_0S + 1)} \right]$$

$$= KA (1 - e^{-\frac{t}{T_0}})$$

对图5-1而言, 则:

$$T(t) = K \Delta Q (1 - e^{-\frac{t}{T_0}})$$

$$= \Delta T (1 - e^{-\frac{t}{T_0}})$$

$$= T_{\infty} (1 - e^{-\frac{t}{T_0}})$$

当 $t = T_0$ (图5-1中的 $t = t_2 - t_1$) 时, 则 $T(t) = 0.632T_{\infty}$ 。由此可知, 对象的时间常数 T_0 是输入阶跃信号作用后, 输出量达到稳定值的63.2%时所需的时间。

时间常数 T_0 还表示对象的热容 C 和热阻 R 的乘积, 即 $T_0 = RC$

● 纯滞后时间 τ_0

纯滞后也称传递滞后。如图5-1所示, 对象在阶跃干扰作用下输出的被调量并不能立即响应, 而是要经过一段时间 τ_0 后才开始变化, 这段时间 τ_0 就称为纯滞后。对恒温室来说, 当送风带来的热负荷突然增大时, 室温不能立即变化, 热风从送风口送入, 不可能立即扩散到整个空调室的空间, 而是需要经过一段时间后才到达检测点。这就是产生纯滞后的原因。纯滞后对自动调节是不利的。由于纯滞后的存在, 不能立即检测出来被调量的变化, 不能及时进行调节, 使调节品质变差, 所以, 希望调节对象的纯滞后时间应尽量小。

以上的分析是把恒温室看作单容对象的情况。对带电加热器的室温调节对象也可简化为单容对象来处理。下面分析一下带热

水加热器的室温调节的这一多容对象，它的动特性可用二阶加纯滞后的典型动特性来描述，如图5-2所示。

从图5-2中可以看出，对象的滞后时间 τ 是由 τ_0 和 τ_c 两部分组成的， τ_0 为纯滞后， τ_c 为容量滞后。严格地说，调节对象一般都带有容量滞后，只是大小不同而已，有的情况可以忽略。多容对象的时间常数是在响应曲线的拐点（图5-2中B点）做一切线，并与新稳定值相交于A点，与时间横座标相交于C点，A、C两点所对

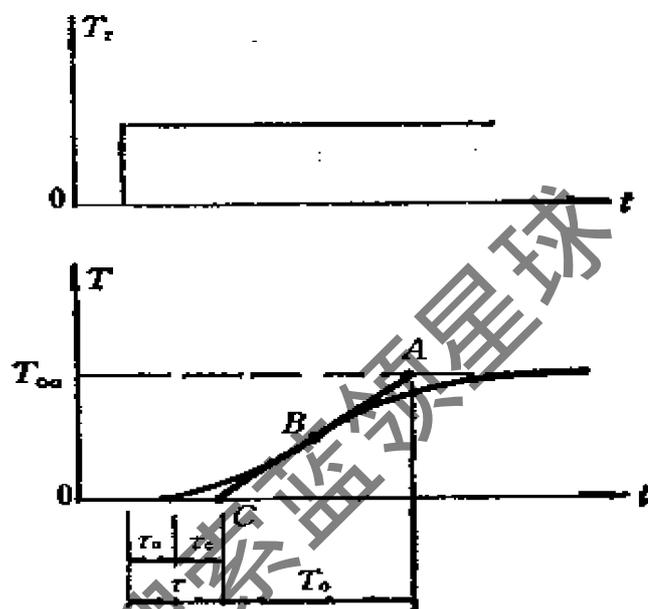


图 5-2 多容对象阶跃响应曲线

应的的时间间隔为时间常数 T_0 。在工程上有时将此对象特性做简化处理，以纯滞后时间为 τ ，时间常数 T_0 的二阶加滞后环节简化为一阶加纯滞后环节。

以上通过阶跃响应曲线分析了恒温室以温度为对象的动特性。如果用它的数学模型来描述，恒温室温度的微分方程近似为：

$$T_0 \frac{dT}{dt} + T = KT_0$$

式中 K ——对象放大系数；

T_0 ——温度调节通道时间常数；

T ——室内空气温度（回风温度）；

T_0 ——送风口送风温度。

恒湿室湿度的微分方程近似为：

$$T_a \frac{d(d)}{dt} + d = d_c$$

式中 T_a ——湿度调节通道时间常数；

d ——室内空气含湿量（回风含湿量）；

d_c ——送风含湿量。

由上述分析可以看出，对象特性参数对空调自动调节是十分重要的，它们是调节系统设计时重要的输入条件。但是，在空调自控设计之前是难以准确获得这些数据，只能依照某些对象的实际经验数据做参考，进行调节方案的定性分析和粗略论证。

根据 τ/T_0 的大小，初选温度自动调节方案的经验是：当 τ/T_0 小于0.2时，可选位式、比例式、比例积分式调节；当 $0.2 < \tau/T_0 < 1.0$ 时，应采用比例积分式或比例积分微分式调节；当 $\tau/T_0 > 1.0$ 时，简单的调节难以奏效，应采用采样调节，或预估控制，如Smith补偿等。

5.1.3 温度与湿度的相关性

空调控制中主要是温度和相对湿度的控制，这两个参数常常是在一个调节对象里同时进行调节的两个被调量。两个参数在调节过程中又相互影响。如某些原因使室内温度升高，引起空气中水蒸汽的饱和分压变化，在含湿量不变的情况下，将使相对湿度减少。从*i-d*图上可以看出，当空气含湿量*d*不变时，随着温度(*t*)升高，则相对湿度(φ)降低。在调节过程中，对某一参数进行调节时，同时也引起另一参数的变化。例如在夏季采用表冷器进行降湿调节，开大冷水阀时，其结果使湿度恢复正常，但却使温度受到影响而降低。在自控设计时必须考虑温湿度的相关性。

5.1.4 具有工况转换的控制

由于空调系统是按工况运行的，所以空调自动控制设计中包括工况自动转换部分。例如夏季工况在表冷器工作时(若仅调节温度)，通过工况转换，控制冷水量，调节温度。而在冬季需转换到加热器工作，控制热媒，调节温度。以上是最基本的工况转换控制。

此外，从节能出发进行工况转换控制。全年运行的空调系统，由于室外空气参数及室内热湿负荷变化，采用多工况的处理方式能达到节能的目的。为了尽量避免空气处理过程的冷热抵消，充分利用新、回风和发挥空气处理设备的潜力，在空调自控设计时，

除了以温湿度为主的自动调节外，还必须考虑与其相配合的工况自动转换的控制。

5.1.5 整体控制性

空调自控系统是以空调室的温湿度控制为中心，通过工况转换与空气处理过程每个环节紧密联系在一起的整体控制系统。空气处理设备的启停要严格根据系统的工作程序进行，处理过程的各个参数调节与联锁控制都不是孤立进行，而是与温湿度控制密切相关。但是，在一般的热工过程控制中，例如一台设备的液位控制与温度控制并不相关，温度控制系统故障不会危及液位控制。而空调系统则不然，空调系统中任一环节有问题，都将影响空调室的温湿度调节，甚至使调节系统无法工作。所以在自控设计时要全面地考虑整体自控方案。

5.2 空调温度自动调节

5.2.1 两位式室温调节

在空调工程中，恒温室采用位式调节较普遍。由于位式调节具有仪表结构简单，参数整定方便，价格低廉，使用、维修容易等特点。所以，对温度调节精度要求不高（如温差 $\pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，甚至还大些），对象特性参数 $\tau/T_0 < 0.2$ 时，采用位式调节方案是适宜的。近些年来，国内已开发生产出各种质量高的新型空调专用位式调节仪表（如空调所研制的WSZ—2A模件式仪表），这为空调温控提供了有效的工具。下面，对恒温室的位式调节过程进行简要地分析。

图5-3是采用电加热方式的室温调节示意图，由感温元件 TE 、两位式调节显示器 TIC 及执行元件 TY 组成温度调节系统。当室温低于给定值时，电加热器电源接通；当室温高于给定值时，电源切断。 TY 为接触器或可控硅开关等控制执行元件。调节器理想特性如图5-4所示。图5-5表示两位式调节过程。

图5-5中， τ 、 T_0 是对象的特性参数。 τ 是对象的纯滞后。由

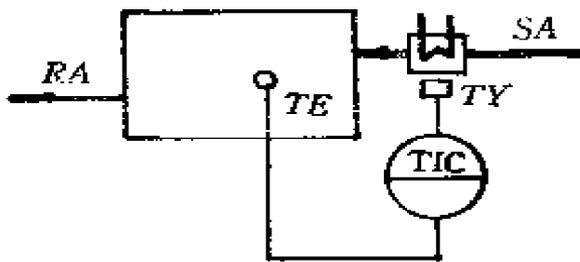


图 5-3 室温调节示意图

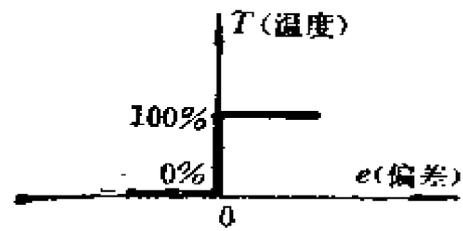


图 5-4 两位式调节器理想特性

于 τ 的存在，使温度的变化不能跟随输入而立即改变，在经 τ 时间后才开始变动。而且由于滞后的影响，在温度上升或下降到给定值 T_c 时，都不能立即停在 T_c 点，而是要继续上升或下降 ΔT $^{\circ}\text{C}$ 才停止。如果温度给定值 T_c 处于最高温升 $T_{\max}(T_{\infty})$ 的 50% 时，则 $|\Delta T_{\uparrow}| = |\Delta T_{\downarrow}| = \Delta T$ 。稳态下的室温波动幅度 ΔT ，根据温度变化的指数曲线特性可近似地表示为：

$$\Delta T = T_{\max} \cdot \frac{\tau}{2T_0}$$

调节器输出的开关动作频率为：

$$f = \frac{1}{4\tau}$$

由此可见，调节对象的滞后 τ 影响室温调节的品质，即滞后

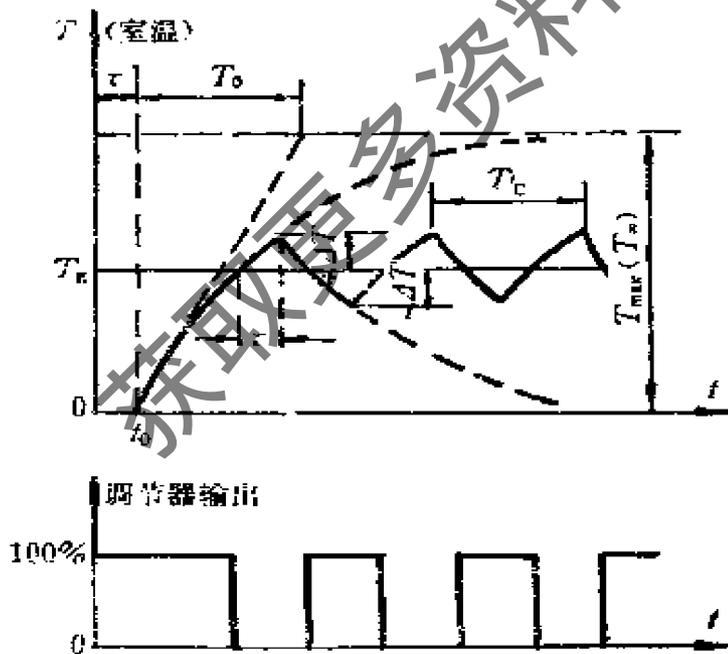


图 5-5 室温两位式调节过程

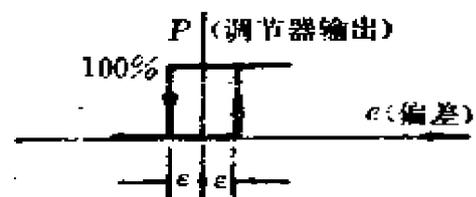


图 5-6 实际调节器特性

τ 愈小, ΔT 愈小, 波动周期愈小。

调节对象的时间常数 T_0 对调节品质也有影响。 T_0 反映温度变化速度的快慢, T_0 愈大, 温度波动幅值 ΔT 愈小, 但波动周期愈长。

对象放大系数 K 对位式调节特性的影响, 从调节过程曲线可见, K 值愈大, 曲线愈陡; 若在调节过程中, 在受到其它因素影响时, 将使波幅增大, 波动周期有所减小。

以上, 叙述了恒温室温度调节对象的特性参数 τ 、 T_0 、 K 对两位调节特性的影响。但是, 在空调设计时, 一旦调节对象确定后, 对温度调节通道的特性参数基本上是没有调整余地的。只能对调节系统的各个环节进行合理地选择和设计, 以达到更好的调节品质。下面分析调节系统有关环节的特性及其对调节品质的影响。

实际的两位式调节器特性如图5-6。

实际调节器均有呆滞区, 即不灵敏区, 这是由仪表的结构及实际使用的要求所决定的。由调节器等组成室温两位调节系统方框图如图5-7所示。

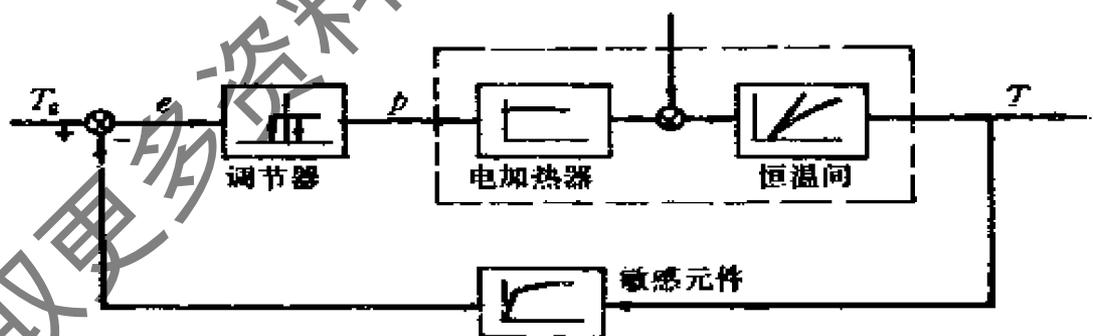


图 5-7 室温两位调节系统方框图

在图5-7调节系统中, 调节器具有呆滞区 $\pm e$ 。加热器近似看作比例环节; 检测元件的时间常数因很小可忽略时, 也可以近似将其看作比例环节。对象特性仍然是一阶惯性加纯滞后 τ 的环节。

则两位式室温调节过程如图5-8所示。

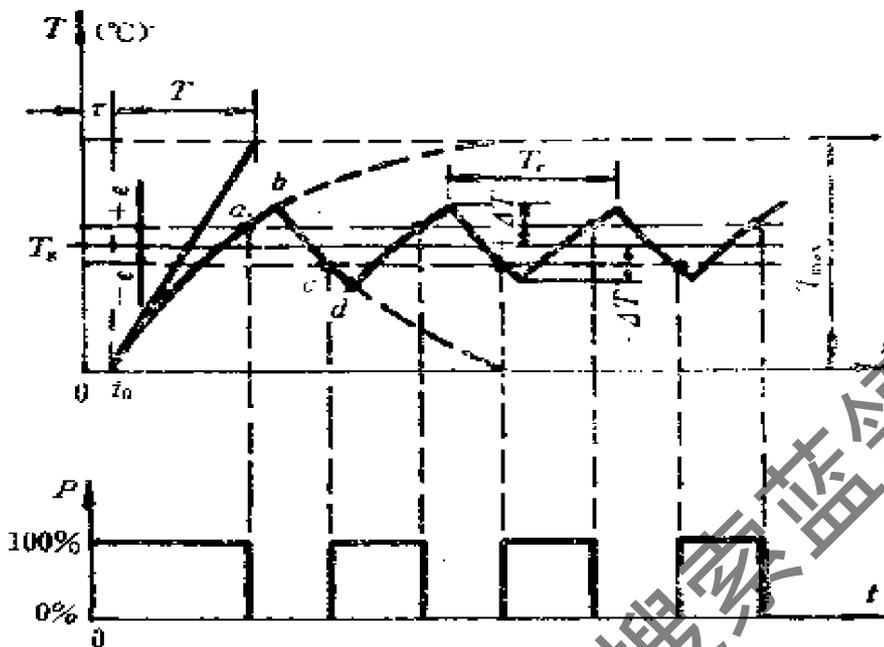


图 5-8 实际调节器的室温调节过程

从图5-8可见，当温度降低时，调节器控制加热器电源接通，于是温度逐渐上升，由于调节器具有呆滞区，所以当温度上升到 a 点时，电源被切断，但是由于调节对象具有滞后，所以温度仍继续上升到 b 点才开始下降。同理，当温度下降时，到呆滞区下限 c 点后，仍继续下降到 d 点。显然由于调节器存在呆滞区，使温度波动的幅值增大，即图中 $|\pm \Delta T|$ 增加，而且周期 T 增长。对两位调节而言，波幅小，周期短，则调节品质就高，但需要将调节器的不灵敏区 $|\pm \epsilon|$ 调小，这样将造成执行元件动作频繁，易损坏等不利现象。所以，如工艺要求允许室温在一个较宽的范围内波动时，调节器的呆滞区可适当放大些，这样虽然使波幅增大，周期拉长，但使执行元件及加热器动作次数减少，延长使用寿命，有利于系统的安全生产。

上述分析中是把感温元件作为比例环节来考虑的。实际上普通的带金属保护套电阻温度计构成的双容元件的动特性是一个二阶加滞后。如果把它简化为一阶加纯滞后的环节，由于有滞后存

在，而且时间常数不等于零，那么由它检测的温度变化就始终落后于实际室温变化。其调节过程如图5-9所示。图中“室温”是指空调室真实温度变化曲线，“测温”是指由感温元件测量的温度。

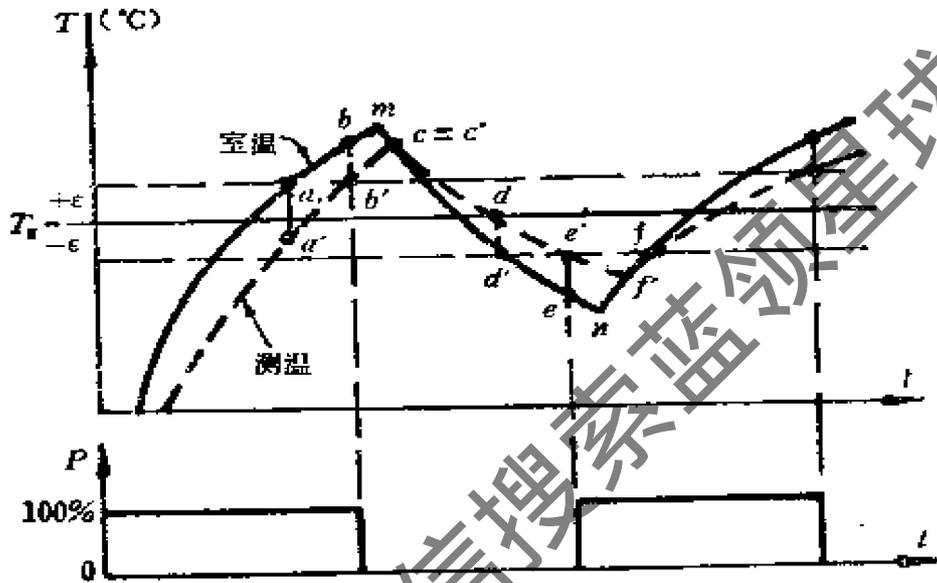


图 5-9 感温元件对两位调节的影响

如图5-9所示，若进行升温调节，室温已达到不灵敏区上限 a 点，但温度计的测量值（所显示的温度值）为 a' ，还未达到不灵敏区的上限，所以调节区尚未发出切断电源的控制信号，则室温继续上升，直到测温达到不灵敏区上限 b' 时方停止加热，而这时室温的真实温度已到 b 点。又由于如前所述的对象滞后的影响，则室温继续上升到 m 点才开始下降。同样道理，当室温真实温度到了 n 点时才开始向反方向变化。其结果不仅使温度波动的幅值增大，而且使周期拉长。

以上可见，感温元件的时间常数愈大，存在的测温滞后愈长，则图5-9中“室温”与“测温”两条曲线间的间距愈大，而对调节品质的影响就愈大。所以，在自控设计中应选择热惯性小的感温元件，如铠装热电阻，热敏电阻等，这类感温元件的时间常数极小，可达到小于 $1s$ ，其时间比起对象的时间常数小得多，故可以忽略不计。

以上，从调节对象及调节器等特性对调节品质的影响进行了分析。从图5-8可以看出，当温度设定值 $T_s = \frac{1}{2} T_{max}$ 时，则温度在 T_s 值的正负波动是等幅的，即 $|+\Delta T| = |-\Delta T|$ ，但是如果送风温度距室内基准温度相差较大时，调节的效果将受到一定影响。若送风温度过低，则加热时间长，正波幅较小，负波幅较大，其平均值略小于给定值，反之则大于给定值。因此，当电加热作为温度精调时，若采用两位调节时，送风温度要低于并应接近给定值温度，这样，调节质量好。

5.2.2 三位恒速送风温度调节

两位式调节具有一定缺点。其使用范围除调节精度受到限制外，还受到所使用执行器的约束。例如对于电动或气动调节阀无法采用两位式控制。

三位式调节克服了两位式调节的缺点，它与恒速工作的电动执行机构相结合，实现三位恒速温度调节，可获得较好的调节质量。下面分析三位恒速调节的工作过程。

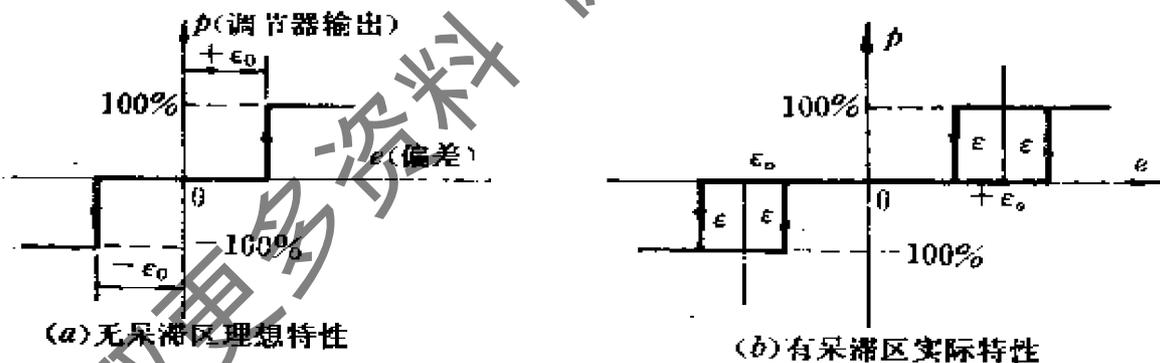


图 5-10 三位调节器特性

如图5-10所示，三位调节器具有上下限接点，宽中间带 $(-\epsilon_0 \sim +\epsilon_0)$ 可在5%~100%之内调整。它与恒速运转的电动执行机构配合，实现三位恒速温度调节。其原理如图5-11所示。其调节过程如下：假设送风温度的要求控制在 $20 \pm 0.5^\circ\text{C}$ ，则三位调节器

输出动作的高温限为 20.5°C ，低温限为 19.5°C 。若某种原因使温度降低，当降到 19.5°C 时，如图5-10 (a) 所示， $e = \text{给定温度} - \text{测量温度} > 0$ ，调节器输出为 $+100\%$ ，对应于调节器低限接点接通。于是，中间继电器 K_{11} 得电， K_{11} 接通执行机构的电机电源，并使其朝开大阀门的方向旋转；这样，热媒流量增大，使温度升高，直到温度达到要求为止。反之，若温度升高到大于 20.5°C 时，调节器高限接点接通，使执行机构的电机朝相反的方向旋转，关小调节阀，使温度降到允许的范围内。

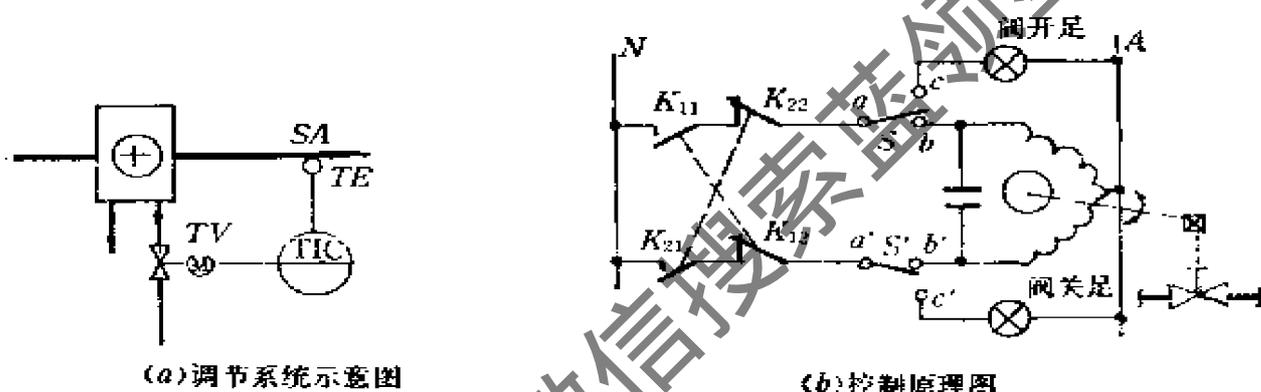


图 5-11 三位恒速温度调节

图5-11 (b) 中 K_{11} 、 K_{22} 与 K_{21} 、 K_{12} 接点起互锁作用，使执行机构工作可靠。 S 、 S' 为电动调节阀开足、关足的极限位置开关，作为联锁及显示状态用。

从以上调节过程可见，当出现温度偏差信号时，调节器的动作为温度高、低限接点输出，控制执行电机运行状态为正转、反转及停机，对应于调节阀的位置状态是开大、关小及停在某一位置。因为电机的正反转是以恒速进行的，所以调节过程平缓、稳定，可达到较高的调节质量。如果调节器具有呆滞区，对调节特性有影响，使用时，需要适当调小中间带，保证温度误差在 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 范围内。

5.2.3 三位比例积分式室内温度调节

在采取定露点法进行室内相对湿度调节时，室温是通过调节

二次加热器的蒸汽（或热水）的流量来保持恒定的，自动调节原理如图5-12所示。

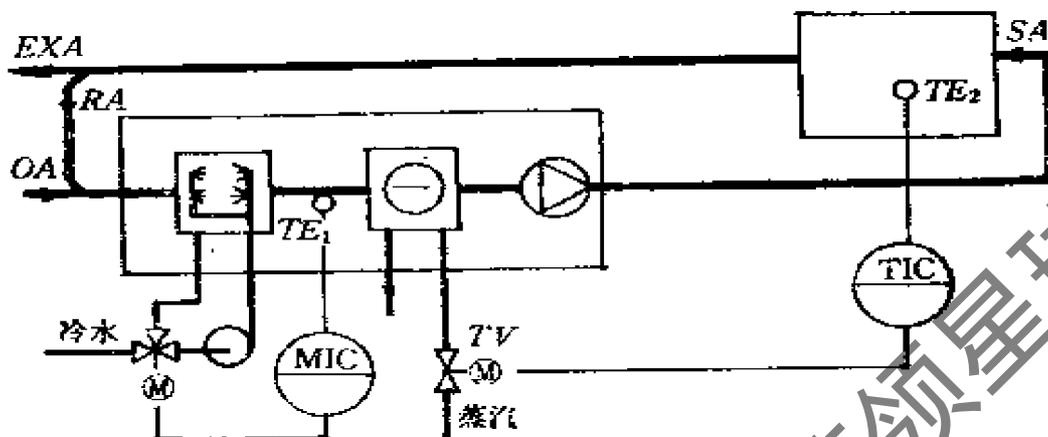
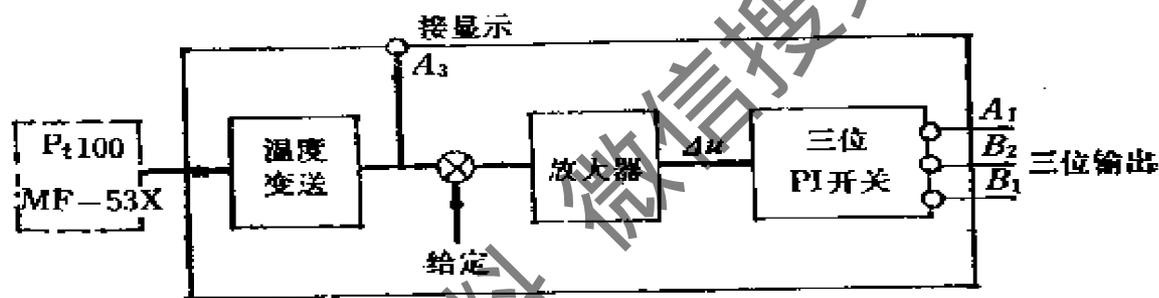
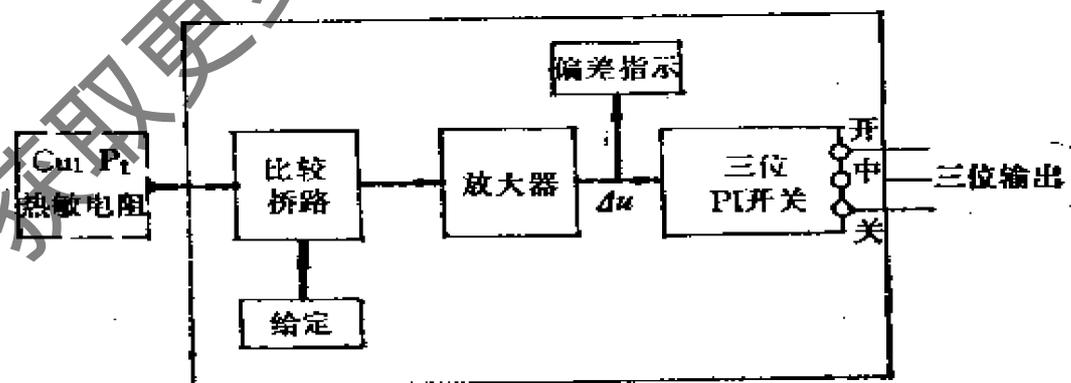


图 5-12 三位PI室温调节原理图



(a) GTD-152 (156)



(b) TA-052 (056)

图 5-13 三位PI调节器结构方框图

由于对温度指标要求较高，若感温元件 TE 采用热敏电阻，用GTD-156型三位PI温度调节模件等高质量的元器件作为温度调节器，使用与其配套的三通电动阀，可获得较好的调节质量。

三位PI调节器产品较多，其功能结构基本相同。如图5-13所示。

三位PI调节器的主要特点是具有三位PI开关电路。它接受偏差放大器送来的偏差信号 Δu ，输出三位开关信号，驱动电动执行机构，控制调节阀的开度，使它的变化量与偏差信号成比例积分（PI）的关系。三位PI开关电路的工作原理如图5-14所示。其调节过程如下：

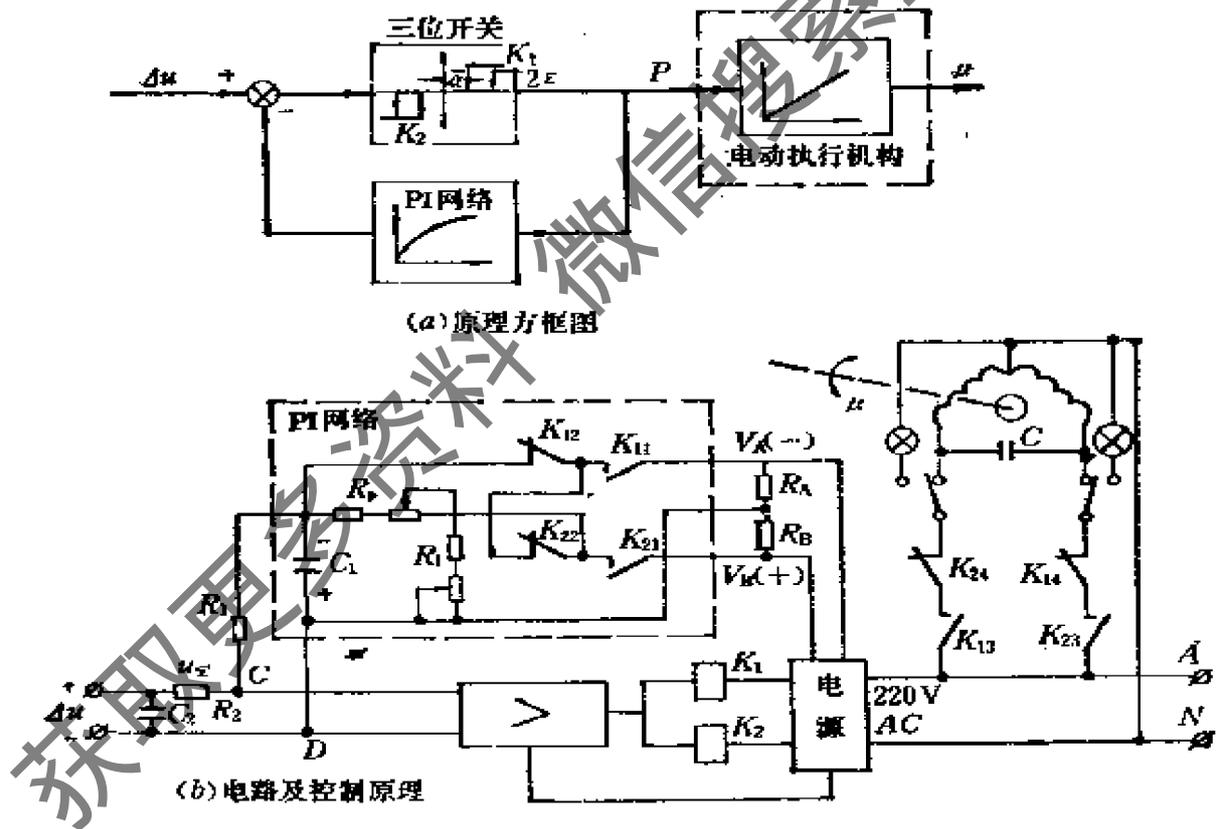


图 5-14 三位PI开关电路原理

当温度降低，即偏差信号 Δu 为正信号时，经调制放大、整形及功率放大，使相敏继电器 K_1 动作，此时，作为调节器输出的开关信号 P （ K_1 吸合）控制电动执行机构的电机正转，调节阀

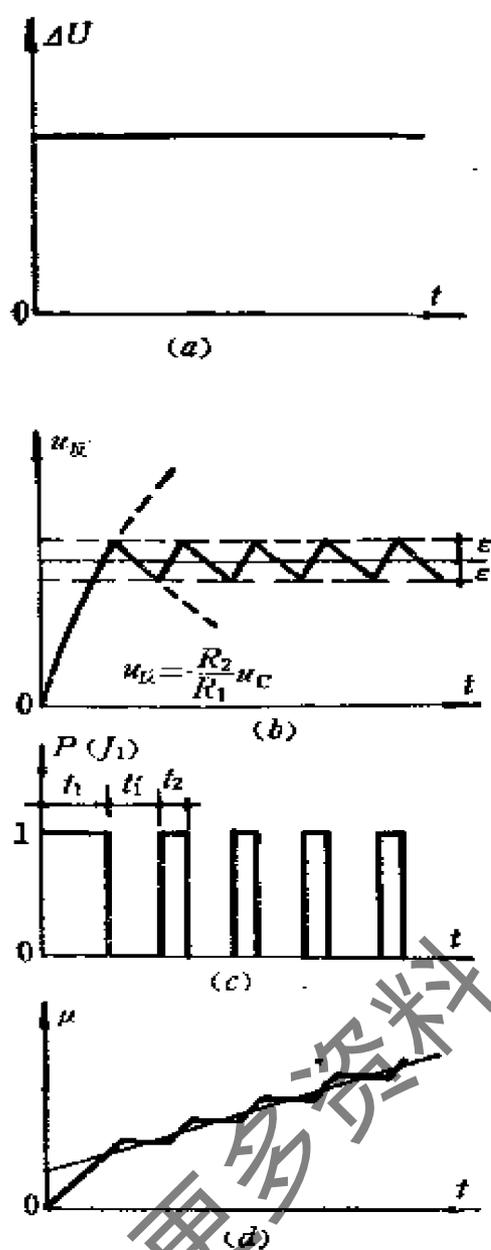


图 5-16 三位PI调节器及执行机构输出特性
 (a) 阶跃输入; (b) PI网络反馈电压;
 (c) 三位PI输出; (d) 执行机构输出

开大, 加热蒸汽 (或热水) 流量增加, 于是温度升高。与此同时, 由于 K_1 得电而使 K_{11} 吸合、 K_{12} 断开, 于是负电压 V_A 向 C_1 充电, 其电压 U_{C1} 经 R_1 、 R_2 分压, 将 R_2 上的电压 $U_{反}$ 反馈到放大器输入端。随着 $u_{反}$ 逐渐增大, 则 $(\Delta u - u_{反})$ 逐渐减小, 当 $(\Delta u - u_{反}) \leq \alpha$ 时, K_1 失电, K_{11} 断开, 电动执行器停转, 阀门开度保持在某一状态位置。此时 K_{12} 闭合, K_{12} 、 K_{22} 将 R_p 短路, 电容 C_1 上的电压 U_{C2} 经 R_1 放电, $U_{C1} \downarrow$, $u_{反} \downarrow$, 即 $(\Delta u - u_{反}) \uparrow$, 当 $(\Delta u - u_{反}) \geq \alpha + 2e$ 时, K_1 得电, 使执行电机又开始正转, 阀门继续开大, 使温度维持在要求的范围内。

同理, 当温度升高, Δu 为负, 并在 $|-e| > \alpha + 2e$ 时, 则 K_2 得电, 使执行电机反转, 驱动调节阀朝关小的方向动作, 热媒流量减小, 而使温度降低。其调节过程

同上所述。

据以上分析可见, 三位PI调节器的输出虽然是断续信号, 但是将调节器与电动执行机构组合之后, 执行机构的输出 (μ) 却是连续信号, 并且该信号按比例积分规律变化。在阶跃输入作用

下，各环节的输出特性如图5-15所示。

在 Δu 作用下，若调节器输出使 K_1 得电，初次得电时间(t_1)内为比例调节，其后为积分作用。比例带(P)和积分时间(T_I)的大小可以调整。如图5-14(b)，调节 R_p 值，即可改变电容 C_1 的充电时间常数($R_p C_1$)，当 R_p 调小时， t_1 变小，则比例带 P 增大。如果调节 R_i 的大小，即可改变电容 C_1 放电时间常数($R_i C_1$)，若 R_i 愈大，积分时间愈长。三位PI调节器的比例带和积分时间都具有一定的调节范围，其 P 、 T_I 的取值，在空调系统运行调试中，进行调节器参数整定时确定最佳值。

5.2.4 连续比例积分微分(PID)室温调节

当温度波动范围在 $\pm 0.5^\circ\text{C}$ 以下时，应采用连续PID调节系统。下面以某集中空调系统多工况温(湿)度调节为例，介绍温度调节过程及PID调节特点。

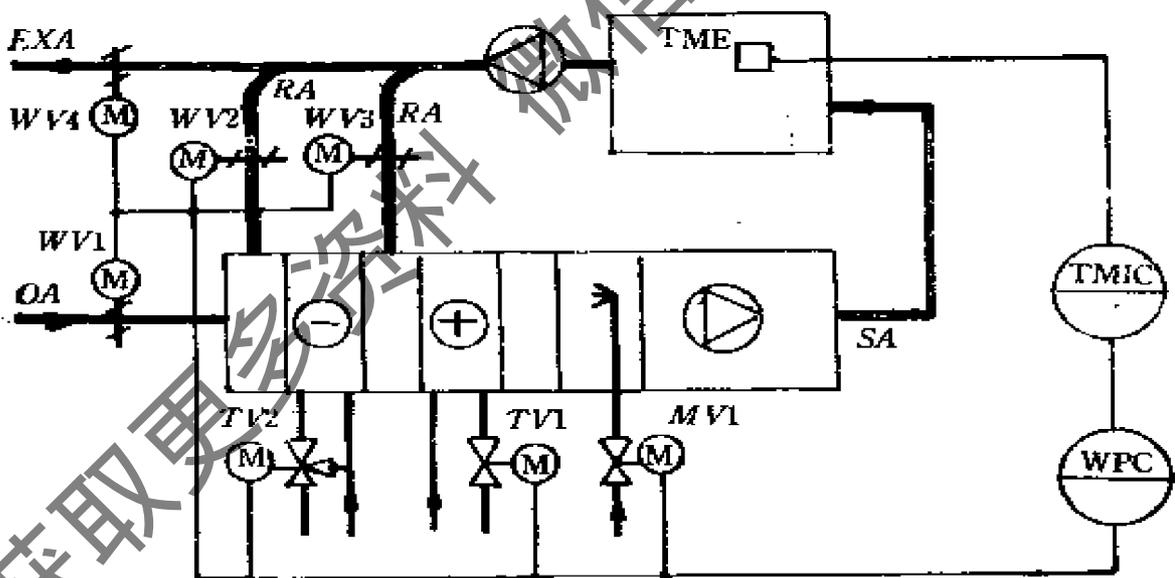


图 5-16 室内温(湿)度调节流程图

如图5-16所示，空调系统采用一、二次回风，空气处理设备有表冷器、加热器、加湿器及其它部分。根据全年的气象条件划分为六个工况，并按室外参数及各执行机构的动作极限位置进行自动转换。温湿度传感器TME将测量信号送入PID温湿度调节

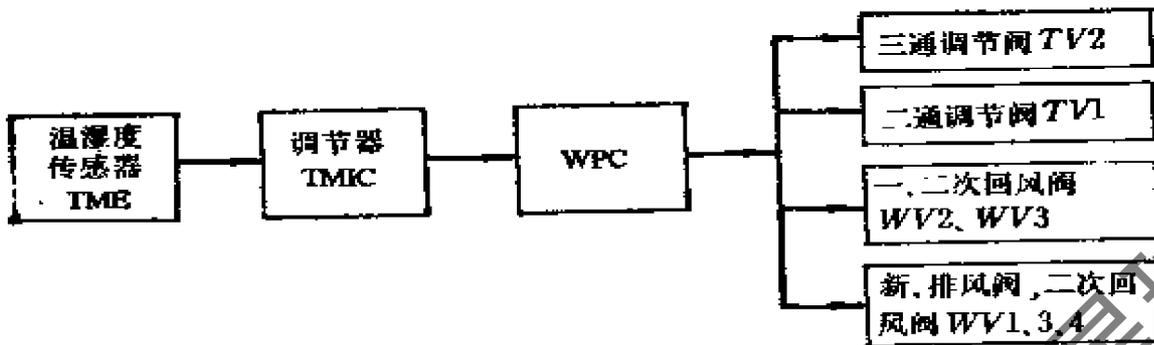


图 5-17 室温调节系统结构框图

器，温、湿度两个通道的输出信号经多工况转换装置WPC后，将温、湿度调节信号输出至对应的各调节执行机构。温度通道输出所控制的各执行机构框图见图5-17。图中TMIC是全程显示的PID调节器，各调节阀和风阀都是由电动执行机构驱动。室温调节系统的动态框图见图5-18。

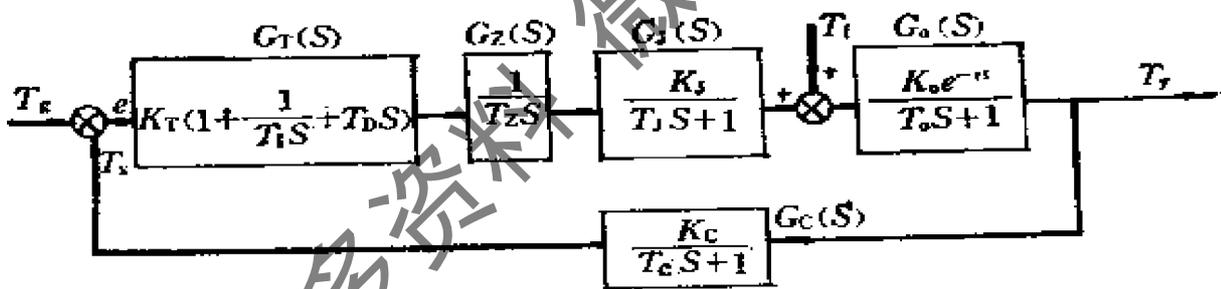


图 5-18 室温调节系统动态方框图

- 图中 $G_O(S)$ —— 恒温室传递函数；
 $G_C(S)$ —— 感温元件传递函数；
 $G_T(S)$ —— PID调节器传递函数；
 $G_Z(S)$ —— 执行机构传递函数；
 $G_H(S)$ —— 加热器传递函数。

PID调节器的调节规律具有比例作用 (P)，积分作用 (I)，微分作用 (D)，常称为三作用调节器。由于综合三种控制作用的特点，增强了抗干扰的能力，对克服容量滞后有显著效果，而

且具有调节周期短，消除静差，系统稳定等优点，在空调自控中广为应用。

PID调节器的数学表达式为：

$$P = K_T \left(e + \frac{1}{T_I} \int_0^t e dt + T_D \frac{de}{dt} \right)$$

式中 P ——调节器输出；

K_T ——调节器的放大系数；

T_I ——调节器的积分时间；

T_D ——调节器的微分时间；

e ——给定值与被调量的偏差。

PID调节器在阶跃输入作用下的动态特性如图5-19所示。

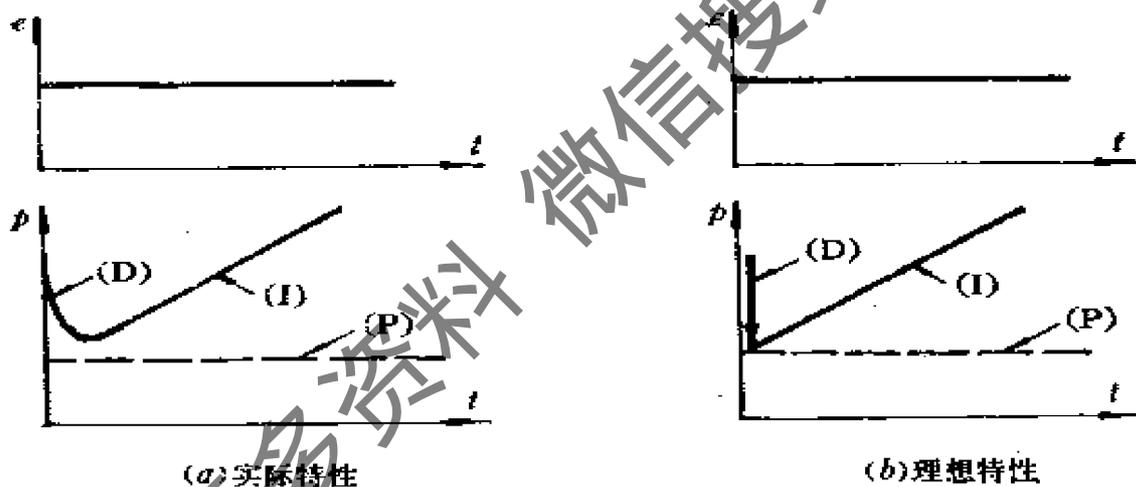


图 5-19 PID调节器动态特性

PID调节器的动态特性实际上是由三部分综合作用的反应曲线组成的。

为了分析P、I、D各控制作用对调节过程的影响，下面首先讨论自动调节系统过渡过程的特点及品质指标。

衡量自动调节系统（如温度调节）工作质量的主要指标是系统过渡过程中的稳定性和达到稳定后的静差大小。系统输入阶跃扰动时的过渡过程一般有图5-20的几种基本形式。（a）是发散

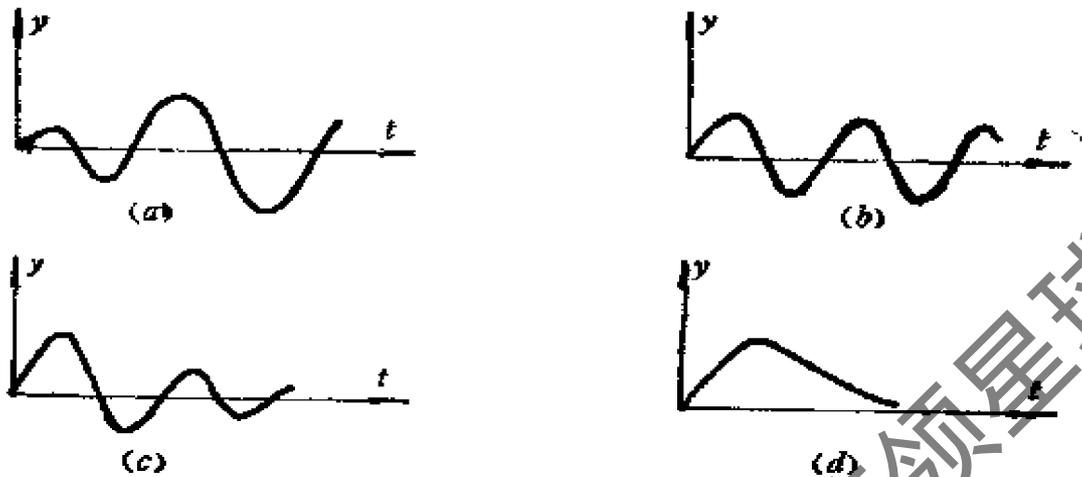


图 5-20 过渡过程的几种形式

振荡过程，这是在控制中必须避免的不稳定过程；(b) 是等幅振荡过程，也属不稳定过程，如果对温湿度度的要求允许在某一范围内波动，采用双位调节系统时，其过渡过程就是这样；(c) 为衰减振荡过程，即在空调温湿度调节中应用最多的稳定过渡过程；(d) 为非振荡单调过程，对于系统不允许波动的情况下才采用（在空调自控中一般不采用）。

下面，以应用最为广泛的图5-20 (c) 衰减振荡过程为例来分析在输入一个单位阶跃扰动下，调节系统的过渡过程及自动调节的品质指标（如图5-21所示）。

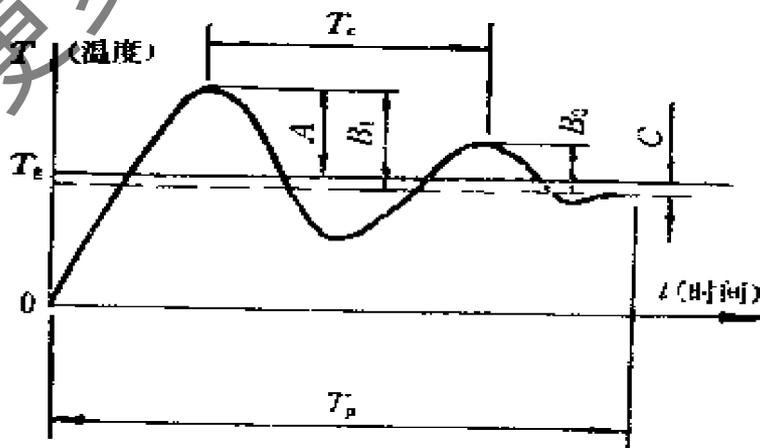


图 5-21 自动调节过渡过程曲线

评价一个自动调节系统工作的优劣,不仅要看它的静态特性,还要看它的动态特性。为了表征空调自动调节系统过渡过程的优劣,通常用以下几个指标。

● 衰减比

衰减比是表示衰减程度的指标。如图5-21所示,它是前后两个波峰之比,即 $n = \frac{B_1}{B_2}$ 。当 $n < 1$ 时,过渡过程曲线是发散的,

$n = 1$ 时为等幅振荡, $n < 1$ 或 $n = 1$ 时均属不稳定系统。当 n 很大时,则过渡过程接近非周期的单调过程。 n 值一般在4~10之间为宜。

● 最大偏差

最大偏差就是被调参数偏离给定值的最大短时偏差,出现在第一个波峰,如图中 A 值。 A 值不宜大。

● 静差

静差是指过渡过程终了时,被调参数与给定值之间的残余偏差,也称余差,即图中 C 值。 C 值可正可负。静差的大小应满足工艺要求,静差愈小,系统调节品质愈好。

● 超调量

超调量表示被调参数与新的稳态值之间的最大偏离值,出现在第一个波峰,如图中 B 值。

● 振荡周期

振荡周期是过渡过程中第一个波峰到第二个波峰之间的时间,即图中的 T 。

● 过渡过程时间

过渡过程时间是指从阶跃信号输入到被调参数达到新的稳态时所需时间,即图中 T_s 。从理论上来说,被调量完全达到新的所需稳定状态需要无限长的时间,但实际上由于仪表灵敏度的限制,当被调量接近稳定值时,仪表指示值基本不变了。因此,通常规定当被调量的波动已在稳定值的5%的范围内时,则认为被调量已经达到了稳定值。显然,稳定时间愈短,说明过渡过程愈迅速,克服干扰影响的时间愈短,系统的调节质量高。

影响系统过渡过程品质的因素很多，概括起来有如下几个方面：一是调节对象的特性；二是干扰作用的形式和大小；此外就是自动调节装置的性能及参数的整定情况。前两方面是空调系统本身固有的，而自动调节装置及参数整定则是设计应考虑的重点及调试中应十分重视的问题。对空调温度调节除了在对象的纯滞后很严重或者 $\tau/T_0 > 1$ 的情况下采用采样调节或复杂调节系统外，一般采用PID调节即可满足调节要求。

下面分析一下PID调节器中比例作用、积分作用和微分作用对调节质量的影响，亦即比例带、积分时间、微分时间的大小对过渡过程的影响。

● 比例带 P 的影响

比例控制作用的强弱是由放大系数 K_T 决定的。但在实际调节器中，比例作用不是用放大系数刻度，而是用比例带 P 来刻度的。比例带的定义是输出信号作全范围变化时所需输入信号变化占全量程的百分数。比例带可用下式表示。

$$P = \frac{\Delta e / (e_{\max} - e_{\min})}{\Delta P / (P_{\max} - P_{\min})} \cdot 100\%$$

式中 $(e_{\max} - e_{\min})$ —— 调节器输入量程范围；

$(P_{\max} - P_{\min})$ —— 调节器输出量程范围。

对输入、输出采用标准信号时，则

$$\frac{e_{\max} - e_{\min}}{P_{\max} - P_{\min}} = 1$$

所以
$$P = \frac{\Delta e}{\Delta P} \cdot 100\%。$$

此外
$$K_T = \frac{\Delta P}{\Delta e}，所以 P = \frac{1}{K_T}，则：$$

$$P = \frac{1}{K_T} \cdot 100\%$$

例如，一台DDZ-S型调节器，若输入从6mA~10mA DC，

调节器相应地输出 $8\text{mA} \sim 16\text{mA DC}$ 时，则调节器的比例带为：

$$P = \frac{10 - 6}{16 - 8} \times 100\% = 50\%;$$

即调节器输入偏差在 $\pm 25\%$ 变化时，输出在 $\pm 50\%$ 变化，即全程变化。如果 $P = 200\%$ ，则表示输入偏差在 100% （即全程）变化时，调节器输出只作 50% 的变化。显然， P 愈小，比例控制作用愈强。

如果不是单元组合式仪表，比如调节器满量程刻度 $0 \sim 40^\circ\text{C}$ ， $\Delta e = 2^\circ\text{C}$ ，调节器输出变化 $\Delta P = 4\text{mA DC}$ ，满量程 $4 \sim 20\text{mA DC}$ ，则比例带为 20% 。 P 值小，被调量变化快，但是若太快，则易出现振荡，当 P 减小到临界比例带时，系统出现等幅振荡；如果 P 再继续减小，就将出现发散振荡。 P 值大，系统稳定，但 P 值不能取得太大，否则控制作用弱，还会使系统静差增大（没有积分作用时）。对于温度控制，一般取 P 值在 $20\% \sim 60\%$ 范围内。

空调中温度调节对象的滞后愈大，时间常数愈小；放大系数愈大，系统愈不稳定；而这些特性参数是由被调对象本身确定的，难以改变。在调节过程中，主要是靠改变调节器的特性（例如比例带的调整）来改善调节质量。

● 积分时间 T_I 对调节过程的影响

积分作用可消除静差，其积分作用的大小与 T_I 成反比关系，当 $T_I \rightarrow \infty$ ，积分作用趋于零，反之， $T_I \downarrow$ ，积分作用十分显著。但是， T_I 太小，过渡过程振荡剧烈，稳定程度差；当波峰出现 $2 \sim 3$ 个后，系统趋于稳定，此时的积分时间 T_I 较适中。

● 微分时间 T_D 的影响

T_D 过大或太小均不合适。 T_D 过大，会使超调增大；而 T_D 过小，超前作用不显著，这对温度调节系统因惯性大而采取的微分作用就失去意义。

5.2.5 高精度室温自动调节及辅助控制

前面讨论的空调常用温度调节方式可满足一般精度要求的恒温室。但是对高精度要求的恒温室仅仅采用一级简单的单回路调

节往往是不够的，通常采用两级调节或复杂调节。如高精度恒温调节，第一级进行送风温度自动调节，尽量消除送风温度波动的干扰（定风量系统），这一级作为室温调节的粗调，或收敛调节。第二级室温调节是根据室内温度的变化进行恒值反馈调节，以消除送风温度之外的各种干扰影响，使室温恒定，并具有很高调节精度，这一级为精调。通常采用的加热器为安装在恒温室送风口的电热器，而且应采用连续PID调节，或晶闸管电力控制器或可控硅调压器与PID调节器配套连续调节电加热。对于在其外面设置空气套间的高精度恒温室应采取温度前馈与反馈调节，对套间温度进行前馈调节，以补偿由于围护结构热干扰对室温的影响，同时，采用室温反馈调节消除其它干扰的影响，这样可得到较高的调节质量。有时也采取串级温度调节，以恒温室温度调节为主环，送风温度调节为副环，根据室温变化，调整送风温度，这种调节也可获得较高的调节质量。

对于高精度的温度调节采取上述方案是必要的，但是空调控制过程中影响室温变化的干扰很多，从自控角度说，应对具有可控性干扰都应分别进行预先控制，这对提高温度调节质量来说虽然是辅助的措施，但具有一定意义，也是空调自控设计时应重视的问题。例如在寒冷地区需要设置一次加热器。如果以最低室外空气温度（最寒冷的夜间）设计一次加热器，而当室外温度升高时仍使用这一加热器，则很难控制。这时，应该把一次加热器分段控制。即分为预热段和调节段，使调节段在小范围内工作，这对调节系统的稳定和调节质量的提高都有益。并且对预热段也应采用自动或手动温度预调及连锁控制。

对于二次加热，若也采用电加热，当电源电压波动较大时要采取稳压措施。否则，该波动将成为温度调节系统的外扰而影响调节质量，甚至使系统不能正常工作。若采用热水或蒸汽加热，则要对热水或蒸汽源进行稳压控制，而且对热水还要进行温度调节，使水温恒定。

夏季供冷水时，要保证供水压力稳定，尤其是几套空调系统

对温度调节不作过多的讨论。下面以图5-23为例分析定露点相对湿度调节系统的一般方案及工作过程。

图5-23是带有一次加热器（预热器）和一次回风的空调系统。

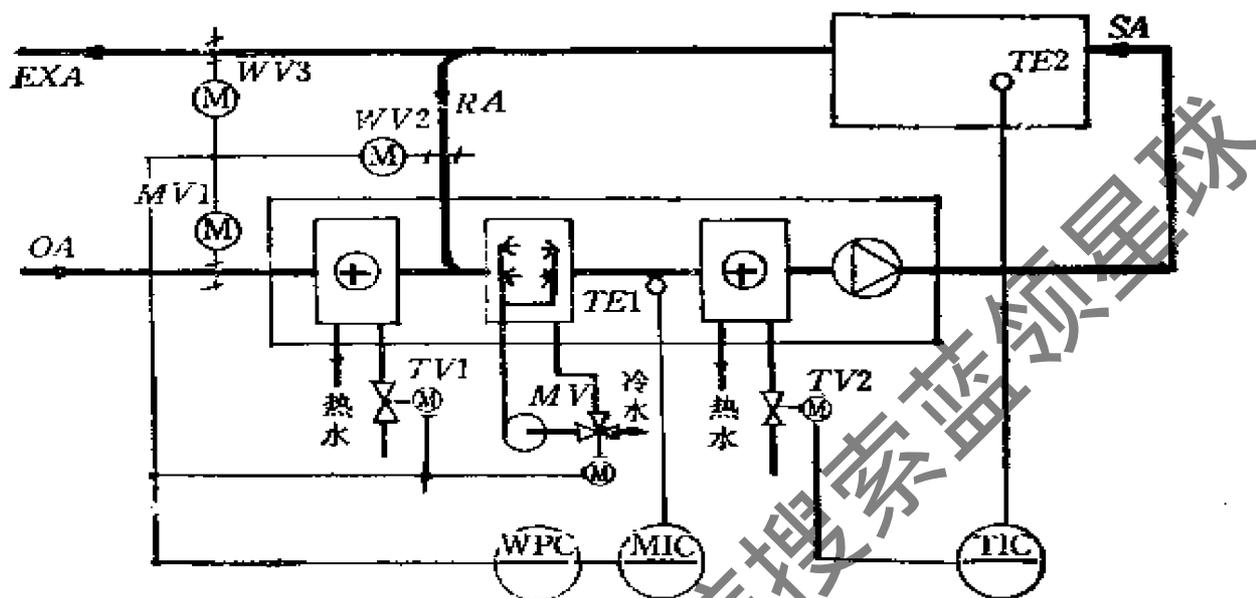


图 5-23 定露点法相对湿度调节系统图

空气处理过程在*i-d*图上表示如图5-24。

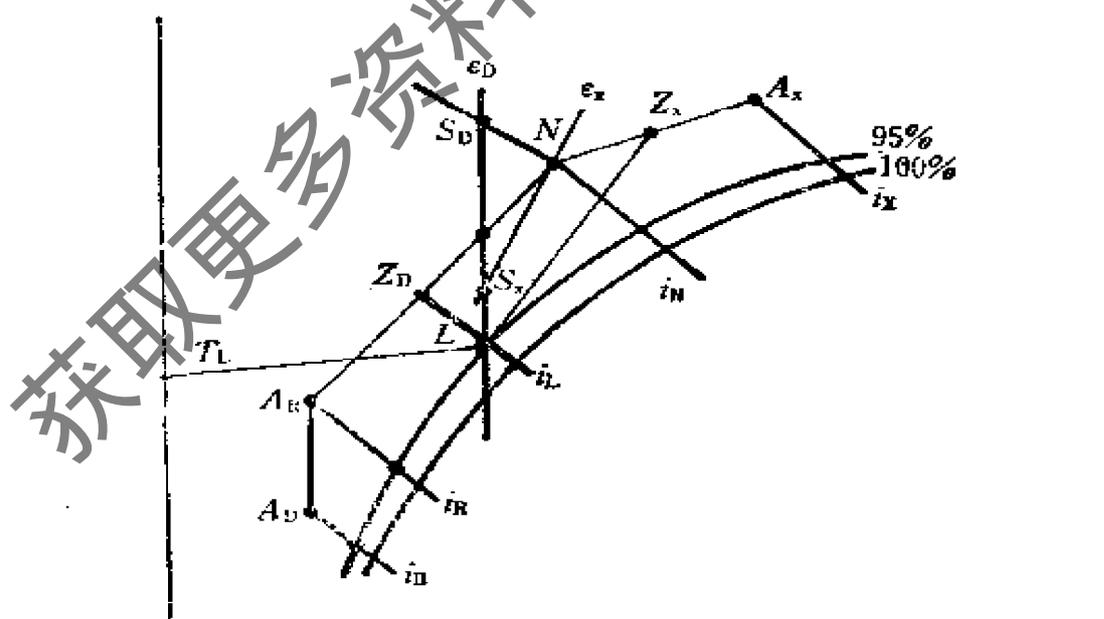


图 5-24 空气处理过程

当冬季室外气温很低时，若空气状态点在 A_D ，则投入一次加热器升温至 A_R 点，然后与回风混合后变化至 Z_D ，此时进行等焓加湿到机器露点 L ，然后再二次加热使送风状态点达到 S_D ，进入室内的送风与室内空气混合后的状态点为 N ， N 点即为室内要求的空气状态点。同理，夏季时的室外空气状态点 A_x 与回风混合后，其状态点为 Z_x ，经冷却降温达到 L 点，再等湿加热至 S_x 点与 e_x 相交， S_x 即为送风状态点，于是又使室内温、湿度保持恒定。在过渡季节关掉一次加热器，根据室外空气的焓值变化，调节新、回风量比例，并进行相应的处理过程，即可达到同样的结果。

根据上述空气处理过程，即 L 点状态不变，亦即露点温度 T_L 是恒定的。因此，自控设计即为建立露点温度自动调节系统。

露点温度检测点的位置在淋水室档水板之后，测温元件 $TE1$ 将露点信号传送给调节器 MIC ，调节器根据工况转换装置 WPC 分别控制相应的执行机构，使露点温度保持不变；同时，用室内温度检测元件 $TE2$ 检测送风温度并经调节器 TIC 进行二次加热量调节，使送风状态按图5-24中要求来进行。

下面分工况具体讨论露点温度的调节过程。按图5-24所示的空气处理过程可划分为四个工况进行控制。其工况划分及相应调节如下表。

露点温度工况控制表

工况	工况条件	调节内容	执行器动作情况			
			$TV1$	MV	$WV1, WV3$	$WV2$
I	$i_D \leq i_A < i_R$	一次加热器加热量	√	循环水	最小	最大
II	$i_R \leq i_A < i_L$	新、回风比	关闭	循环水	√	√
III	$i_L \leq i_A < i_N$	淋水温度	关闭	√冷水	最大	关闭
IV	$i_N \leq i_A < i_X$	淋水温度	关闭	√冷水	最小	最大

√——表示根据 T_L 的变化进行相应的调节

露点温度的调节过程如下。

I 工况：该工况为冬季工作制。

室外空气焓值 i_a 较低，当 T_L 低于设定值时，调节一次加热器的热水调节阀，此时，新风阀按卫生要求开至最小，同时回风阀反向联动开到最大，因排风量与新风量相等，因此使总风量维持恒定。淋水室喷循环水，对空气进行绝热加湿处理。这样，根据露点温度变化，调节一次加热调节阀的开度，使 T_L 保持在设定值上。

II 工况：该工况为过渡季（一）工作制。

当室外空气焓值不断增加，进入表中所示 II 工况时，一次加热器已停，这时露点温度的调节靠改变新回风比例即可达到。此时调节器 MIC 调节各风阀，而淋水室仍喷淋循环水。

III 工况：该工况为过渡季（二）工作制。

如果室外空气焓值继续增大，室外新风焓值 $i_a = i_L$ 时，全部采用新风，回风关闭，这时不开冷水已不能使 T_L 保持在设定值上，于是三通阀动作，调节冷水量改变喷淋水温使 T_L 回到给定值。

IV 工况：此工况为夏季工作制。

当室外空气焓值比室内空气焓值还高时，将新风开至最小，回风开至最大，充分利用回风，节省能量；同时开大冷水量，使露点仍保持在设定值上。

以上是露点温度自动调节过程，当露点恒定后，根据室内温度变化调节二次加热调节阀，根据室内湿热比的变化改变送风状态，这样就能使室温恒定，并在此温度下的相对湿度因露点恒定亦恒定。

上例讨论的是用定露点法进行相对湿度调节。如果要求高精度室内温度调节时，则温度控制方案应为以二次加热调节送风温度，以三次加热精调室内温度，而且温度调节的精度愈高，对相对湿度影响也愈小。

定露点法相对湿度调节是过去采用较多的湿度调节方式，但这种方式有不足之处。首先，这种方式只适于室内余热量变化而余湿基本不变的情况；其次，简单的定露点法相对湿度调节系统，调节精度不高。在露点温度变化时，相对湿度也跟着变化。一般

情况下，露点温度变化 1°C ，会引起相对湿度变化4%左右。因此露点温度调节应采用较高质量的调节方式。此外，由处理过程可以看出，定露点式相对湿度调节有冷热抵消现象，这是不节能的，为此有时采用二次回风来减少二次加热能耗，这样，将使系统复杂和设备投资增加。如果采用变淋水温度和变水量控制使淋水室的空气状态点直接处理到送风状态点，就会使冷热抵消最少，而且系统可简化。变流量可通过淋水泵电机变频调速的方法来完成，这将进一步获得节能的效果。

5.3.2 变露点法相对湿度调节

在空调房间余热及余湿量都有变化或者对相对湿度精度要求较高时应采用变露点法相对湿度调节。因为余湿变化时若露点仍恒定不变，则房间内的相对湿度就会发生较大偏差。例如，当室内余热量恒定而余湿量变化时，引起热湿比 ϵ 的变化，如图5-25，

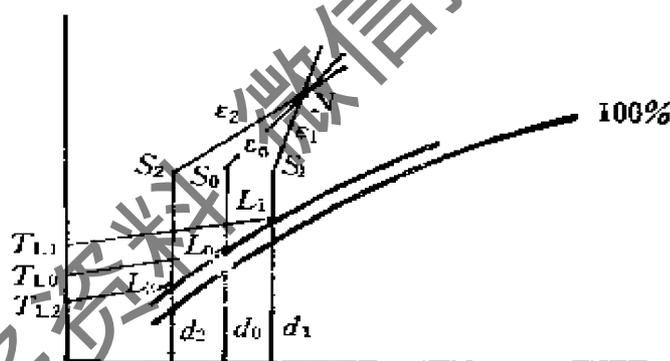


图 5-25 余湿量变化的情况

当热湿比为 ϵ_0 时，送风状态点为 S_0 ，露点为 L_0 。当余湿增加，热湿比减少至 ϵ_2 时，则送风应减少含湿量，相对的露点温度降低为 L_2 。反之则为 L_1 。显然，在空调房间余湿变化时，改变送风状态露点温度才能满足室内变化的热湿比要求。

下面以图5-26、5-27为例说明变露点法相对湿度调节系统方案。

图5-26系统中，温湿度检测是采用温湿度传感器 TME 将温

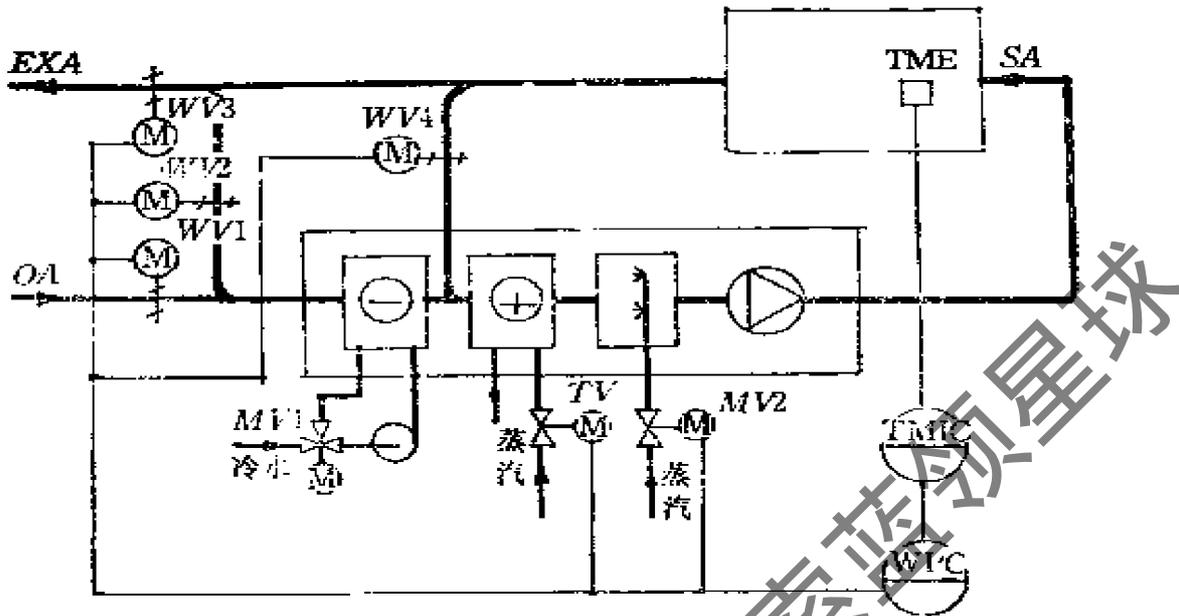


图 5-26 变露点法相对湿度自动调节系统图

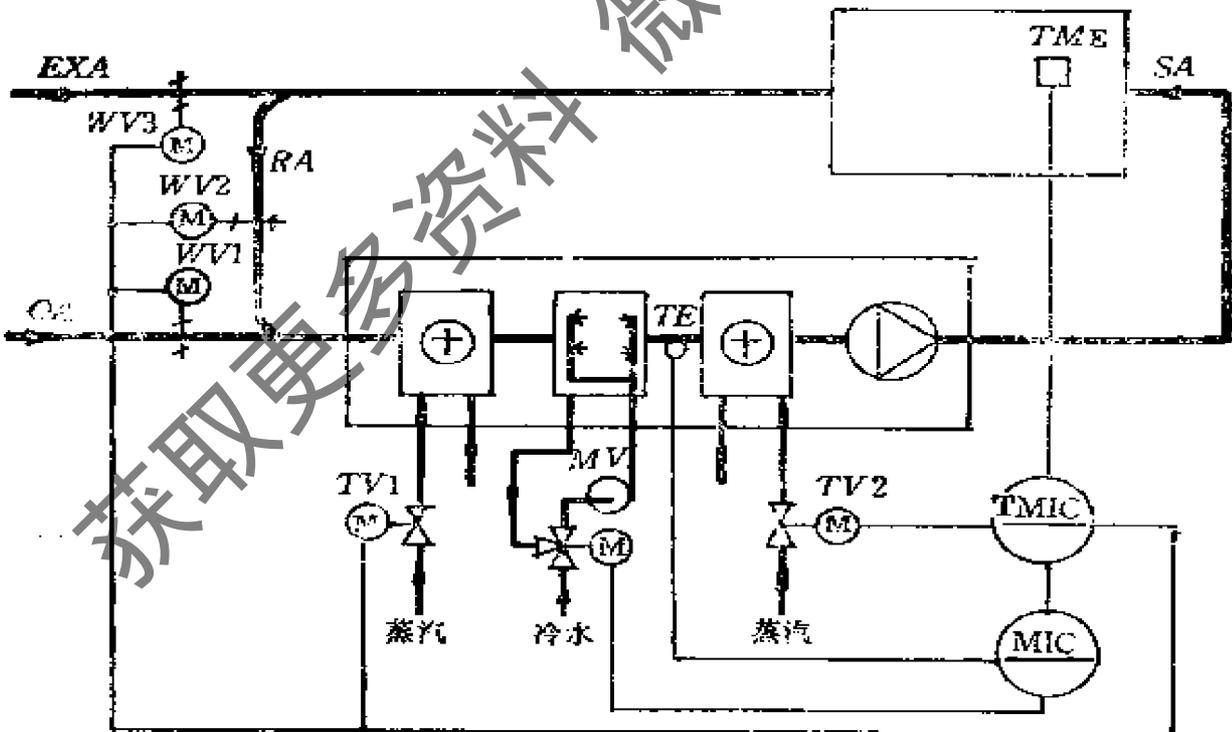


图 5-27 变露点相对湿度串级调节系统

湿度信号送到调节器TMIC，TMIC根据温度和相对湿度两路调节信号，按照划分的工况分程控制各执行器。相对湿度调节是根据室内相对湿度偏离设定值的变化分别按工况调节蒸汽加湿阀MV2或三通冷水阀MV1，冷却降湿，使室内始终保持要求的相对湿度。

另一种变露点法相对湿度的调节方案如图5-27所示。相对湿度调节是根据室内相对湿度变化，由温湿度调节器TMIC湿度调节通道输出的PID调节信号作为露点温度调节器MIC的设定值，组成变露点相对湿度串级调节系统，如5-28框图所示。温度调节在图中已表明，故不详述。图5-28串级调节系统可获得相对湿度较高精度的调节效果。

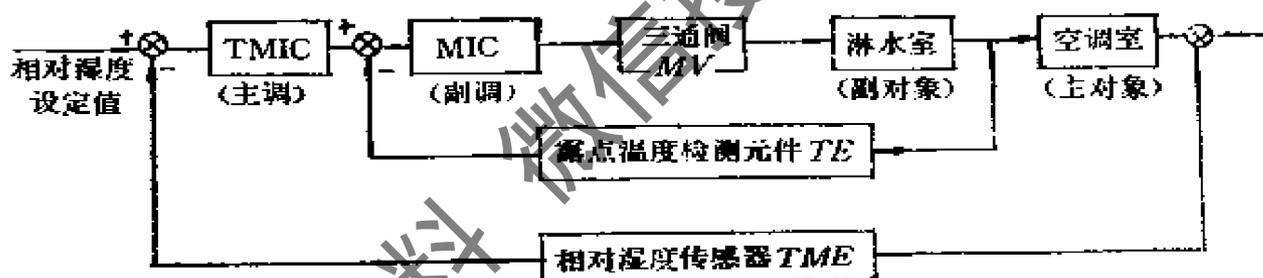


图 5-28 变露点相对湿度串级调节系统方框图

以上介绍的是相对湿度调节的两类调节方法，各类方法的调节系统方案见第六章图例部分。

5.4 空调工况转换的自动控制

对于全年运行的空调系统，为了既获得较高的调节质量又能达到节能的目的，自动调节系统必须根据空调工艺设计的要求进行多工况转换控制。工况的划分取决于不同地区的室外气象条件和空调系统的不同结构及其工艺的不同要求等。工况少至三个，

多至七、八个，而每个工况在空气处理过程中都相应地控制不同的执行器，达到既可满足空调工艺要求又能充分发挥设备的潜力和节能的目的。

工况转换是根据空调参数和各执行器终端位置信号来实现的。

工况转换的空调参数一般是指在*i-d*图上划分各工况的界线参数，包括各界线温度值和焓值。通过将室外新风温度值或焓值与各界线参数进行比较，确定空调系统进入哪个工况运行。由于焓值是空气温度和相对湿度的函数，即 $i=f(T, \varphi)$ 。目前国内尚无直接测量焓值的仪表，但从*i-d*图可以看出，空气的湿球温度与焓值相对应，所以通常以空气湿球温度来作为转换的比较和判断条件。

工况转换的位置条件不外乎新风阀及一、二次回风阀和一、二次加热器调节阀及冷水调节阀等开足，关足的终端位置极限开关信号。这些信号往往用来作为工况转换的指令信号。

工况转换可以通过手动或自动方式实现。对于复杂的多工况往往采用自动转换。工况转换自控设计就是根据空调工艺提出的各工况转换条件，对各参数和位置信号进行自动检测，并转换为对应状态的开关量信号，再将其开关量信号进行逻辑运算后，输出不同工况下的控制信号，使温湿度调节器接着转入的工况控制各对应的执行器。

根据实践经验和节能效果分析，工况划分区不宜过于复杂，能简化的则简化。对于三、四个工况系统，一般采用简单的继电器逻辑线路控制来完成分程调节是一种简单的工况转换。当使用单回路数字调节器时可利用本仪表的开关量逻辑运算功能所实现的工况转换更为简便、经济。对于较复杂的多工况转换应采用功能强、可靠性高的可编程控制器（PLC）完成。如果采用工业控制机进行空调控制时，工况转换自然靠控制机实行。无论采用哪一种方式，自控设计中，在满足空调工艺要求的前提下，应力求使控制系统既简单又可靠。

5.5 空调常用执行器及其选择

执行器由执行机构和调节机构组成，它接受来自调节器的调节信号，由执行机构转换成角位移或线位移输出，再驱动调节机构改变被调介质的物质量（或能量），以达到要求的状态。在空调中，执行器不仅是空调系统的组成部分，也是空调自动调节系统的重要环节。若执行器选择不恰当，不仅影响调节质量，有时甚至影响系统无法正常运行。因此在设计时应予以十分重视。

在空调中使用的执行器一般有电动执行器和气动执行器两类，在使用气动执行器时，往往习惯于使用电动调节器，经电/气转换器或电/气转换阀门定位器与气动执行器配套。

5.5.1 电动执行器

空调控制中常用的电动执行器有以下几种。

1. 电动调节阀

电动调节阀（含两通及三通电动调节阀）在空调控制中使用比较普遍。其基本结构由电动执行机构和调节阀两大部分组成。

● 电动执行机构

目前国内这类产品（包括引进产品）品种很多。例如有结构简单、体积小的ZAZ直行程型及ZAJ角行程型；有DDZ-Ⅱ或DDZ-Ⅲ型的DKZ（直行程）和DKJ（角行程）电动执行机构；还有SKZ（直行程）及SKJ（角行程）智能型高精度电动执行机构；3610L（R）型电子式及SKD型多转电动执行机构等。这些电动执行机构都可以与其相对应的调节阀门配套组成电动调节阀。

各类执行机构尽管在结构上不完全相同，但基本结构都包括有可逆电机、减速装置、推力机构、机械限位组件、弹性联轴器、位置反馈等部件。

电动执行机构一般需要与伺服放大器配套，接收调节器的信号，该信号经伺服放大器放大后转换为三位继电信号控制可逆电

机正转或反转，带动调节阀门开大或关小。因此对于三位式输出的调节可直接控制某些电动执行机构动作。此外，有一些电动执行机构[例如3610L(R)]和电子式电动执行机构中本身带有伺服放大器，不需外设，使用上更为方便。

● 调节阀

调节阀因结构、安装方式及阀芯型式不同，可分为多种类型。以阀芯型式分类，有平板形，柱塞形，窗口形和套筒形等。不同的阀芯结构，其调节阀的流量特性也不一样。

在空调中的调节介质为水和蒸汽，压力较低，使用情况单一，故可采用一般型式的两通阀和三通阀。结构型式如图5-29和5-30所示。

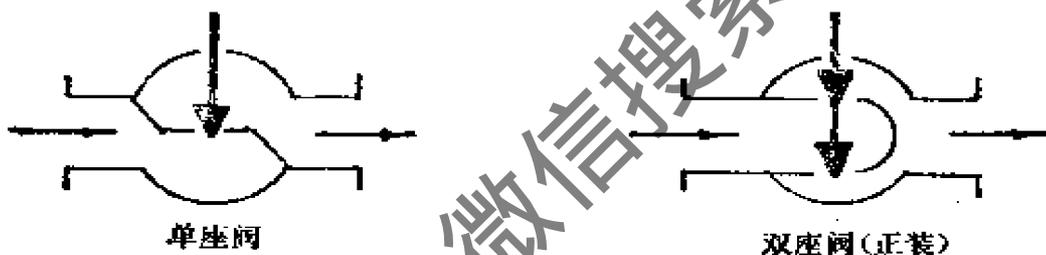


图 5-29 两通(直通)阀门结构示意图

两通阀：两通阀有直通单座和直通双座两种型式。调节阀主要由上下阀盖、阀体、阀芯、阀座、填料及压板等部件组成。单座阀的特点是结构简单，价廉，关闭时泄漏量很小，但由于阀座前后存在的压差对阀芯产生的不平衡力较大，所以单座阀适于低压差的场合。

双座阀有两个阀芯阀座，结构复杂，流体作用于上下阀芯上方向相反的两个推力近于相等，两个力大致相互抵消，所以阀芯所受的不平衡力非常小，适于使用在阀前后压差较大的场合。当双座阀与单座阀的口径相同时，前者流通能力大。

由于流过空调用的调节阀的介质均为水或蒸汽，故阀的材质用普通碳钢即可。

三通阀：三通调节阀在空调中用得较多。该种阀有三个出

入口与三条管道连接。按作用方式分为合流式和分流式两种。合流式是两路流体汇合成一路，即 $\begin{matrix} A \\ B \end{matrix} \rightarrow C$ ($A+B=C$)。而分流式则由一路流体分为二路流出，即 $C \rightarrow \begin{matrix} A \\ B \end{matrix}$ ($C-A=B$ ，或 $C-B=A$)。其阀门的结构形式见图5-30。

三通调节阀有对称型和非对称型。对称型是指上、下两阀流量特性一致，如目前国内产品均为直线型、等百分比型。非对称型是上、下两阀为直线——等百分比型，两阀流量特性不一致。

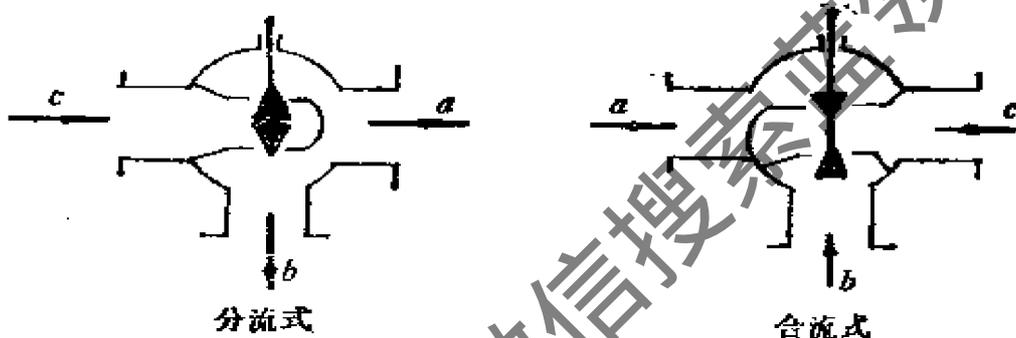


图 5-30 三通阀门结构示意图

在空调中使用合流式三通阀时，是将两种不同温度的水混合成调节中所需要的介于两种水温之间的某一温度的水，以供温湿度调节用。这种三通阀有两个入口，一个出口，当两个阀芯同时上、下移动时，使一路流量增加，同时使另一路流量减少，相当于两个阀门反并联，并联动工作，一个朝开的方向动作的同时，另一个则朝关的方向动作。

在选取电动调节阀时，可选取不同的电动执行机构与调节阀组合；也可以选择定型的电动调节阀，如ZKZ、ZAP、ZAX等；还可以选择ZDL系列电子式调节阀直接接收调节器发送的 $4\sim 20\text{mA DC}$ 或 $1\sim 5\text{VDC}$ 信号；或者选用与空调专用仪表配套的，输入信号为 $0\sim 10\text{VDC}$ 的J691R及J691C型电动调节阀及EGSVD型、V1W、V1W…S，B1W、B1W…S型电动调节阀。

2. 电动调节风阀

电动调节风阀是空调中必不可少的设备，可以手动操作，也可实行自动调节。自动控制时，风阀则成了调节系统的重要环节。风阀也是由电动机执行机构和风阀组成。

风阀有多叶型和单叶型。多叶风阀又分为平行叶片式和对开叶片式及菱形式等。如图5-31所示。

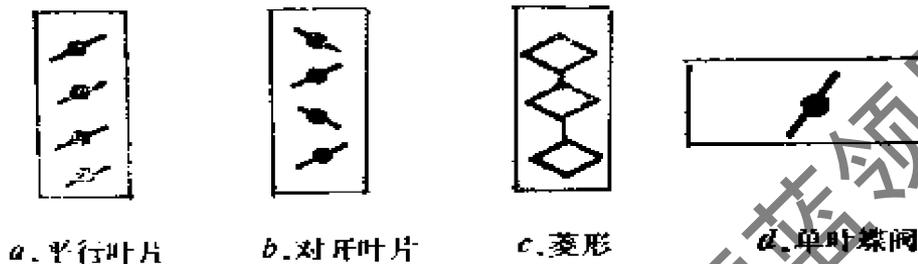


图 5-31 风阀结构示意图

平行叶片式和对开叶片式风阀是通过叶片转角大小来调节风量的。菱形风阀是利用改变菱形叶片的张角来调节风量。单叶式蝶阀结构简单，密封性能好；目前国内不仅有在圆风道上安装的蝶阀，而且也有在方形风道上安装的单叶蝶阀。

3. 电加热器的控制设备

在采用电加热的空调温度自动调节系统中，执行元件是电气控制设备，如采用位式调节则为继电器、接触器或晶闸管（可控硅SCR）交流开关等。由于晶闸管的特性近于开关特性，所以采用双向晶闸管或者两个反并联的普通晶闸管组成交流开关基本电路很容易。而且，晶闸管交流开关具有无触点，动作迅速，寿命长和几乎不用维护等优点；又没有通常电磁式开关的拉弧、噪声和机械疲劳等缺点，所以晶闸管交流开关已获得广泛应用。如下图5-32就是一个简单的示例。

目前，固态继电器和接触器的固体开关产品已越来越多，它的输入端相当于继电器（接触器）的线圈，输出端相当于触点与负载串联后接到交流电源上，使用十分方便，而且固封为一体，体积小，工作频率高，对工作环境适应性也强。

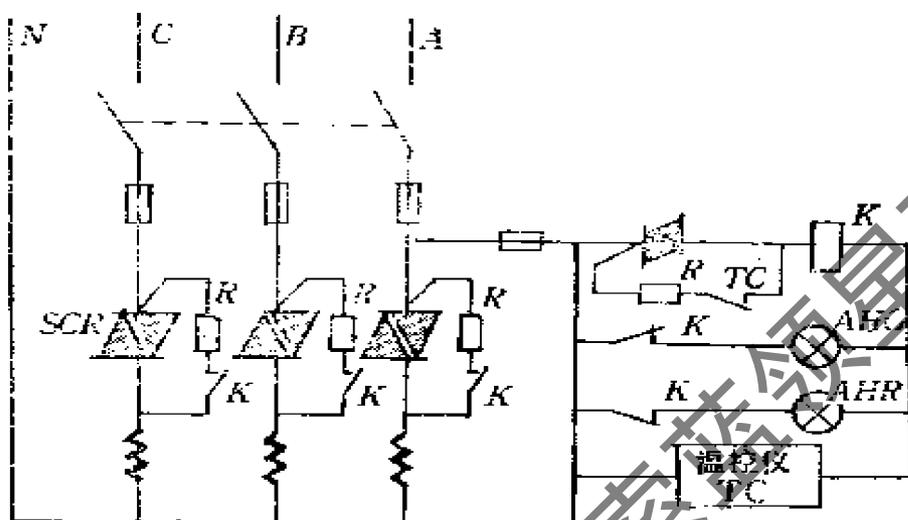


图 5-32 晶闸管交流开关控制三相电加热原理图

对于连续温度自动调节的电加热电气控制设备，根据晶闸管的触发方式不同，通常有晶闸管交流调压器和调功器两种。根据功率要求可选用单相或三相交流调压器或调功器与常规调节器或计算机控制装置配套，接收 $0\sim 10\text{mADC}$ 或 $4\sim 20\text{mADC}$ ($1\sim 5\text{VDC}$) 控制信号，改变晶闸管的导通状态，以控制电加热的功率，实现温度自动调节。下面分别讨论晶闸管交流调压器和调功器的基本工作原理。

交流调压器是采用移相触发方式，通过改变晶闸管的控制角 α ，达到交流调压。下面以单相交流调压为例，如图5-33所示。由上图可以看出，在电源正半周 α 时刻，SCR1导通，过零时自然关断；在电源负半周 α 时刻SCR2导通，输出波形如上图所示为正负半周缺角相同的正弦电压。当控制角 α 从 $0^\circ\sim 180^\circ$ 时，负载上的交流电压有效值从最大值（若忽略晶闸管导通时的压降）下降到零。负载上交流电压有效值 U_L 与控制角 α 的关系为：

$$U_L = \sqrt{\frac{1}{\pi} \int_{\alpha}^{\pi} (\sqrt{2} U \sin \omega t)^2 d\omega t}$$

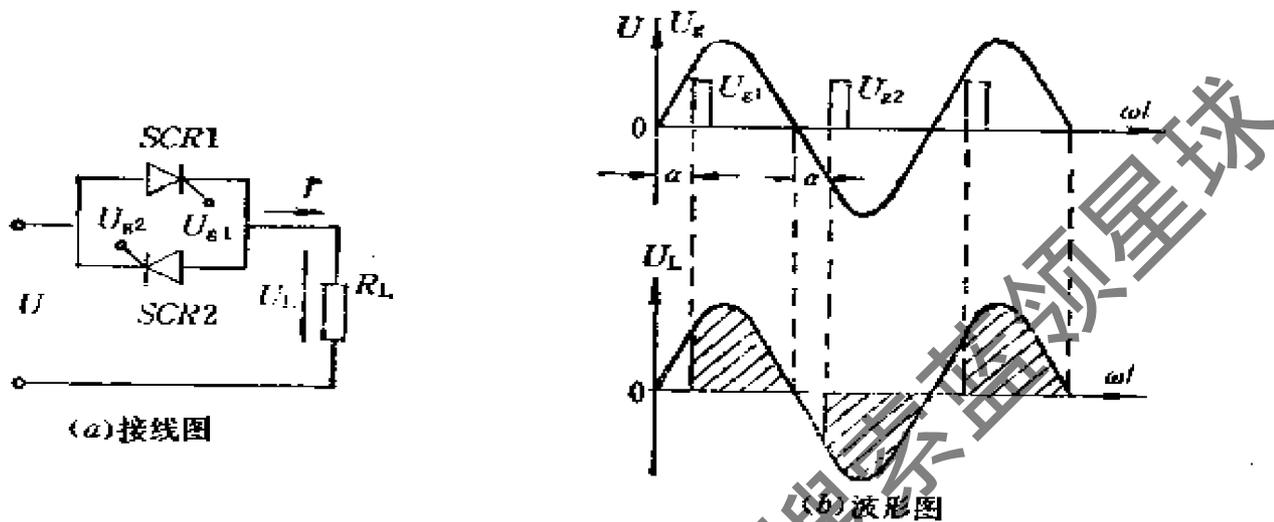


图 5-33 单相交流调压

$$= U \sqrt{\frac{1}{2\pi} \sin 2\alpha + \frac{\pi - \alpha}{\pi}}$$

当交流功率调节容量较大时，可采用三相交流调压。三相交流调压根据不同的接线方式，控制角移相范围，晶闸管工作电流及线路特点是不同的。设计时可据具体条件考虑。

目前，国内定型晶闸管交流调压器产品较多，如ZK系列，ZDZ系列，KT系列的单相或三相交流调压器，有各种规格供用户选用。

交流调功器。上述晶闸管交流调压器是采用移相触发控制，这种触发方式使通过晶闸管的电压输出呈缺角的正弦波，因而包含高次谐波，产生射频干扰，会通过电网传送到较远距离，给电力系统造成公害。如采用过零触发控制方式则克服了上述缺点，抑制了晶闸管导通时产生干扰的影响，所以目前推广使用这种晶闸管触发控制方式。它的基本工作原理是在晶闸管交流开关电路中，

采用由晶闸管组成的“零电压开关”，使开关电路在电压为零的瞬间闭合，利用晶闸管的掣住特性，不管负载功率因数的大小，只能在电流接近于零时才关断，这样将有最小的电磁干扰。在调节电压或功率时，利用晶闸管的开关特性，在设定的周期范围，根据调节信号的大小，改变电路接通数个周波后再断开数个周波，即改变晶闸管在设定周期内导通与断开的的时间比，达到调节负载两端交流平均电压亦即负载功率的目的。所以这种装置通常被称为交流调功器，又称为周波控制器。

交流调功器是在电源电压过零时触发晶闸管导通（实际是 $3^\circ\sim 5^\circ$ ），所以负载上得到的是完整的正弦波。如在设定周期 T_c 内，通过的周波数为 n ，对交流50Hz，每个周波的周期为 T （20ms），则调功器输出功率为：

$$P_L = \frac{nT}{T_c} P$$

调功器输出电压有效值为：

$$U_L = \sqrt{\frac{nT}{T_c}} U$$

上式中 P 、 U 为设定周期 T_c 内全导通时调功器输出功率及电压有效值。从以上两个公式中可以看出，在设定的周期内，改变晶闸管导通周波数 n 即可改变电压及功率。实现晶闸管过零触发控制，在模拟控制系统中，采用零电压开关电路或某些专用集

成电路如SL443A、 $\mu A A 1016B$ 等来实现。调功器采用双向晶闸管或两个普通晶闸管反并联作为开关元件。调功器输出波形有连续输出和间隔输出两种形式，连续输出波形如图5-34所示。

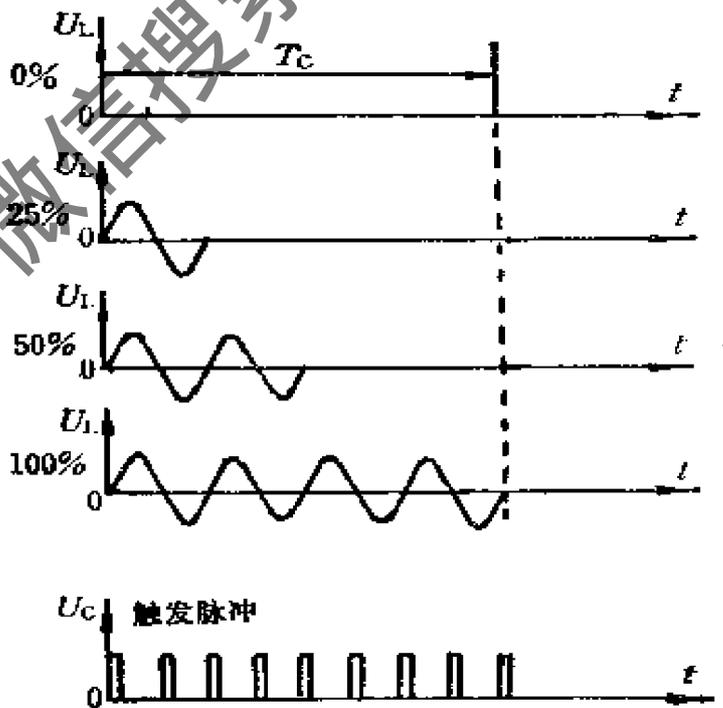


图 5-34 调功器过零触发连续输出电压波形

国内定型产品的晶闸管调功器，如KT1(3)-Z系列有单相、三相两种，额定电流最大可达800A。主回路采用晶闸管和二极管组成的组件或绝缘型模块结构，控制回路集成化并采用了专用厚膜电路。输入控制信号为0~10mADC，4~20mADC(1~5VDC)，与调节器或计算机控制时的D/A转换器直接配套，使用十分方便。该装置具有过流、短路及过热保护和故障报警输出。根据使用要求可任意调节输出斜率和输出下设点设定如下图所示。

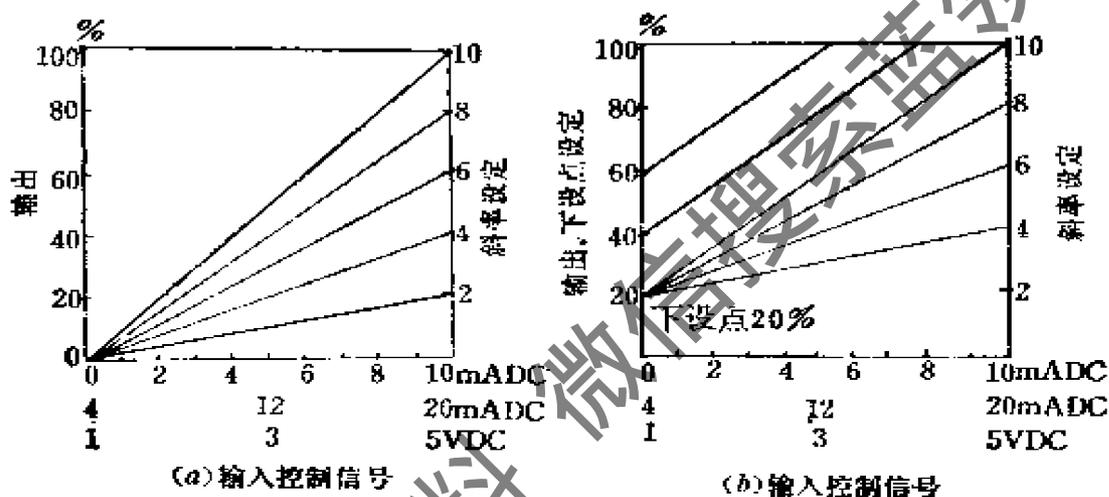


图 5-35 调功器输出特性

如果设计微机温度控制系统，而采用数字实现晶闸管过零控制时，需要实现工频电压的正负过零检测，并在过零时产生脉冲信号，而且过零脉冲信号必须受CPU输出控制信号控制，从而控制晶闸管过零触发脉冲的个数，工频电压过零的同步信号接CPU的INT1端。然后通过软件识别工频的过零时刻，并在过零时刻开启和关闭控制门，以保证晶闸管主回路产生完整的正弦全波。另外通过软件保证门控电路的打开时间正比于CPU输出控制量。以单片机温度控制系统为例，实现晶闸管过零控制如图5-36所示。

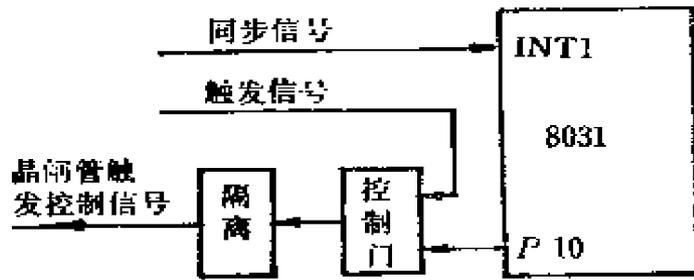


图 5-36 微机控制晶闸管过零触发原理图

4. 伺服放大器

当电动调节阀接受由调节器输出的 $0\sim 10\text{mA DC}$ 或 $4\sim 20\text{mA DC}$ 连续调节信号时，经伺服放大器转换为三位继电器开关信号后，控制电动执行机构中的可逆电机正转或反转，带动调节机构，使阀开大或关小。通常使用时，将伺服放大器与电动执行机构组成如图5-37所示的系统。

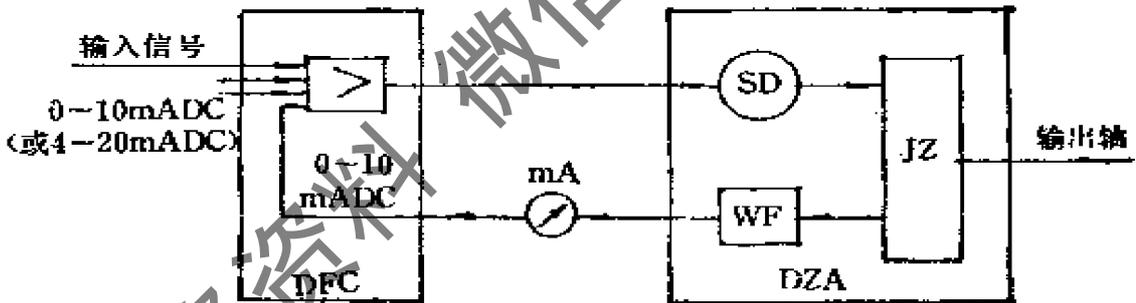


图 5-37 伺服放大器与电动执行机构连接框图

DFC—伺服放大器；SD—伺服电机；JZ—减速装置；WF—位置发送器，mA—阀位指示表

传统的伺服放大器结构框图如图5-38所示。

前置放大器的输入信号是来自调节器的 $0\sim 10\text{mA DC}$ 信号及执行机构位置反馈信号，当两个信号不相等时，其偏差由放大器放大后，根据偏差的正、负极性分别使触发器 I 或 II 动作，使晶闸管 $T1$ 或 $T2$ 导通，接通对应的主回路，使执行机构的伺服电机正转或反转，从而驱动调节阀开大或关小。与此同时，位置反

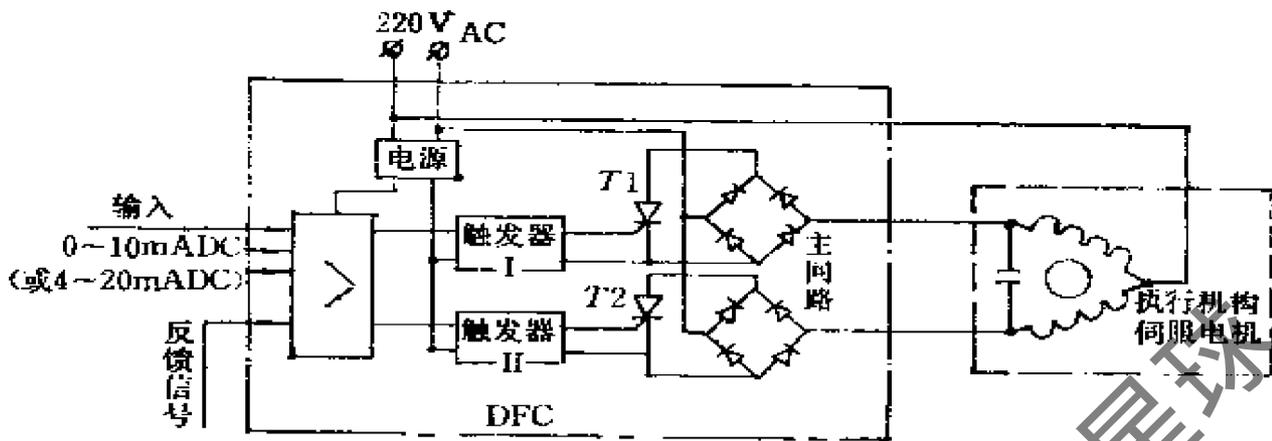


图 5-38 伺服放大器结构框图

反馈信号随之变化，当反馈信号与输入的调节信号相等时，则偏差信号为零，前置放大器无输出，则主回路电路未接通，伺服电机停止转动，调节阀则处于要求位置。

5.5.2 气动执行器

气动执行器也就是指气动调节阀。气动调节阀由于受气源的限制，在空调中不如电动调节阀应用普遍。气动调节阀具有结构简单、动作可靠、性能稳定、安全价廉以及维修方便等特点。它可以经电/气转换器或电/气转换阀门定位器与电动调节器配套使用。

气动执行器也是由执行机构和调节阀两部分组成的。气动执行机构有气动薄膜式和活塞式两种。活塞式输出力大，适用于高静压、高压差、大口径等场合。在空调中适于使用薄膜式调节阀。薄膜式执行机构示意图如图5-39所示。

气动薄膜执行机构主要由薄膜和弹簧、推杆、气室等组成。它接受由气动调节器或电/气转换器来的20~100kPa标准压力信号并转换成推力，以驱动调节阀开或关。按推力作用方式分正作用和反作用型，如图5-39所示。

气动薄膜执行机构的输出是位移，它与输入信号压力的关系为：

$$PA=KL$$

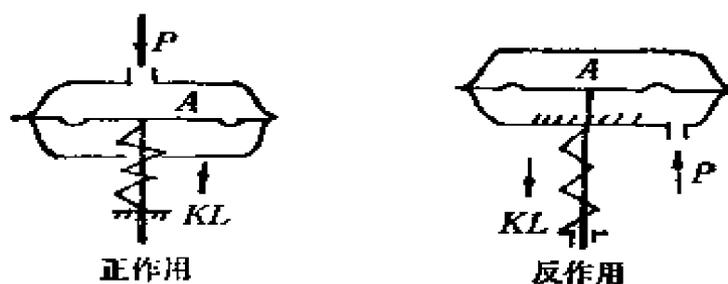


图 5-39 气动薄膜执行机构示意图

式中 P ——输入气室的信号压力；
 A ——波纹膜片的有效面积；
 K ——弹簧的刚度；
 L ——执行机构的推杆位移。

由上式可得

$$L = \frac{A}{K} P$$

当执行机构的规格确定后， A 和 K 都是常数，所以执行机构的位移与输入信号的压力成正比关系。当输入信号压力从 20~100 kPa 变化时，则执行机构使阀门全开（或全关）到全关（或全开）。

与执行机构配套的调节阀有气开式和气关式两种。气开式即气动信号压力增大时，阀开启；气关式即在气动信号压力增大时，阀关闭。气开式和气关式是由执行机构的正、反作用及调节阀的正、反安装方式决定的。

5.5.3 调节阀流量特性

在空调中，调节阀是主要的调节机构，在设计时对调节阀特性及口径的选择正确与否直接影响调节系统的稳定性和调节质量。

1. 调节阀的工作原理

根据流体力学可知，调节阀是一个局部阻力可调的节流元件。对不可压缩的流体，调节阀的流量可用下式表示。

$$F_v = \frac{S}{\sqrt{\xi}} = \frac{A}{\sqrt{\xi}} \sqrt{\frac{2(P_1 - P_2)}{\rho}}$$

式中 F_v ——调节阀流量；
 P_1 ——调节阀前压力；
 P_2 ——调节阀后压力；
 S ——接管截面积；
 ξ ——调节阀阻力系数；
 ρ ——流体的密度。

由上式可见，当 S 一定， $\Delta P = P_1 - P_2$ 也恒定时，则通过阀的流量 F_v 随阻力系数 ξ 变化，即阻力系数 ξ 愈大，则流量愈小。而阻力系数 ξ 与阀的结构和开度有关。所以调节器输出信号控制阀门的开或关时，改变阀的阻力系数，即可改变被调介质的流量。

2. 调节阀的流量特性

调节阀的流量特性是指被调介质流过调节阀的相对流量与调节阀的相对开度之间的关系，即

$$\frac{F_v}{F_{vmax}} = f\left(\frac{l}{l_{max}}\right)$$

式中 $\frac{F_v}{F_{vmax}}$ ——相对流量，调节阀某一开度的流量与全开时流量之比；

$\frac{l}{l_{max}}$ ——相对开度，调节阀某一开度的行程与全开时行程之比。

调节阀流量特性指理想流量特性和工作流量特性。

(1) 理想流量特性

理想流量特性是指调节阀在前后压差固定不变情况下的流量特性。理想流量特性有直线、等百分比、抛物线、快开特性四种。

各种特性主要取决于阀芯曲面的形状，如图5-40所示。

● 直线流量特性

直线流量特性是指调节阀的相对流量与相对开度成直线关系，即单位相对行程变化引起的相对流量变化是一个常数，用数

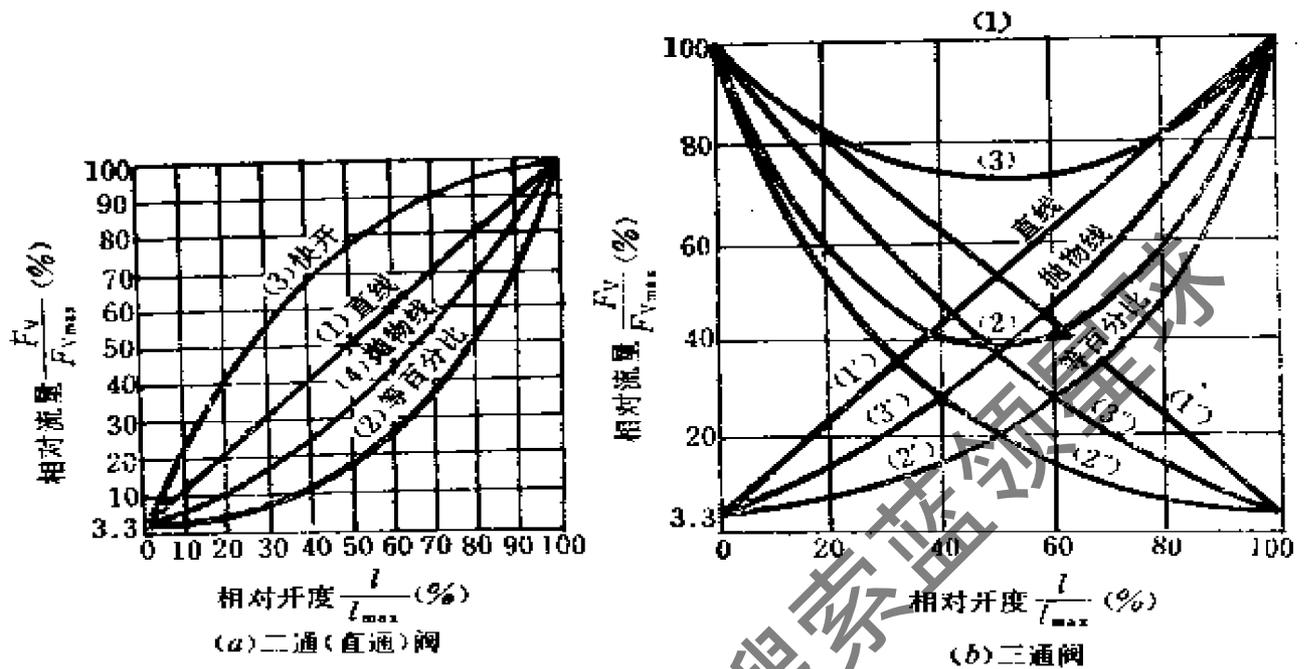


图 5-40 调节阀理想流量特性 ($R=30$)

学式表达为:

$$d \frac{F_v}{F_{vmax}} / d \frac{l}{l_{max}} = K$$

式中 K 为常数, 即调节阀的放大系数。由特性曲线上可以看出, 不论行程处于什么位置, 只要行程 (l) 变化相同时, 流量 (F_v) 变化数值也大致相同, 但对应于不同行程位置时, 流量相对值变化是不同的, 在流量小时, 流量变化的相对值大, 而流量大时, 其流量变化的相对值小, 这就是说, 阀在小开度时, 流量控制作用强, 易使系统造成振荡, 而在大开度时, 流量控制作用弱, 不灵敏。

● 等百分比流量特性

等百分比流量特性又称对数特性。它是指单位相对行程的变化引起的相对流量变化与此点相对流量成正比关系。用数学表达式表示为:

$$d \frac{F_v}{F_{vmax}} / d \frac{l}{l_{max}} = K \frac{F}{F_{max}}$$

从特性曲线上可以看出，如行程10%，50%，80%三点处，行程均变化10%，则流量相对值变化都是40%，即阀的开度变化相同时所引起的流量变化的百分比相等。如果对上式进行积分，则：

$$\int d \frac{F_v}{F_{vmax}} / \int d \frac{l}{l_{max}} = \int K \frac{F}{F_{max}},$$

即 $\int \left(\frac{F_v}{F_{vmax}} \right)^{-1} d \frac{F_v}{F_{vmax}} = K \int d \frac{l}{l_{max}},$

得 $\ln \frac{F_v}{F_{vmax}} = K \frac{l}{l_{max}} + C$

这就表明相对流量 $\frac{F_v}{F_{vmax}}$ 的对数值与相对行程 $\frac{l}{l_{max}}$ 成线性关系，所以等百分比特性又称为对数特性。

由特性曲线可见，具有等百分比特性的阀，它的放大系数（即曲线斜率）随阀行程增大而递增。同样的行程变化，在小开度时，相对流量变化小，而在大开度时，相对流量变化也大，所以等百分比特性的阀在接近全关时工作缓和平稳，在接近全开时，工作仍然灵敏有效。

● 抛物线特性

该抛物线特性介于直线特性与等百分比特性之间，使用上常以等百分比特性代之。

● 快开流量特性

快开流量特性是在阀行程较小时，流量就比较大，随着行程的增加，流量很快达到最大，因此称为快开流量特性。在位式控制时使用具有该特性的阀。

● 三通阀的流量特性

三通阀的流量特性及数学表达式符合上述直通阀理想特性的

一般规律。对于直线特性的三通阀，任何开度时，两支路流量之和即总流量不变。对数特性调节阀总流量是变化的，在行程50%时，两支路流量相等而总流量最小。在可调范围相同时，直线特性的三通阀比对数特性的三通阀总流量大。

(2) 工作流量特性

调节阀的理想流量特性是假设阀前后压差不变的条件下得到的，但在实际使用时，阀安装在具有阻力的管道系统上，系统中还串联其它设备，有时还并联旁路，因此调节阀在实际工作中阀前后压差是不可能保持恒定的，在这种情况下阀的流量特性就是工作流量特性。下面讨论工作流量特性的情况。

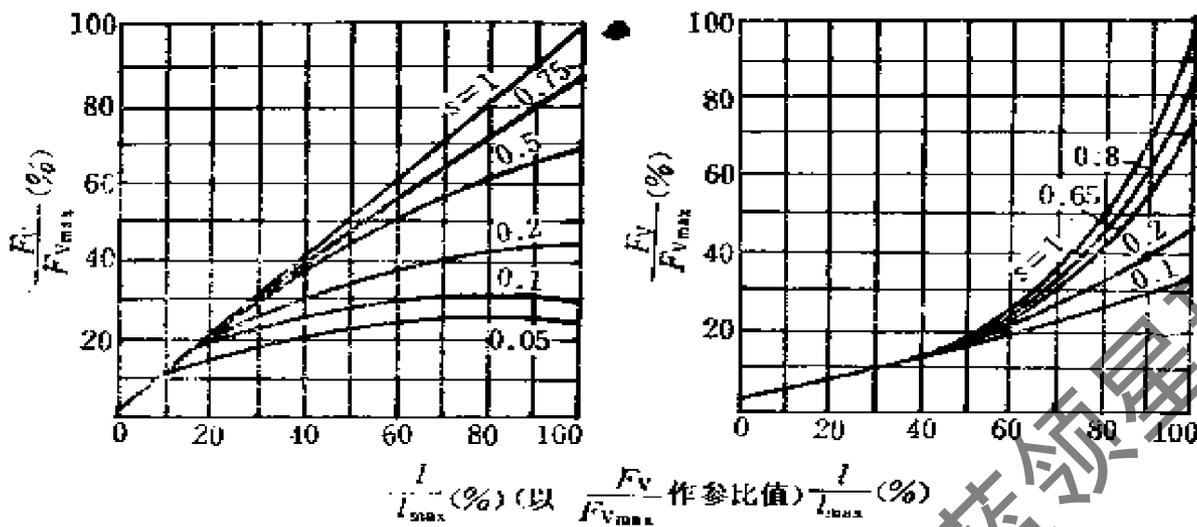
● 串联管道上的直通阀的工作流量特性

由流体力学可知，管道系统的阻力与通过管道的流量成平方关系。若系统总压差一定，调节阀动作时，流量便相应变化。例如流量增大，则管道上的阻力增大，即压降增大，于是使调节阀上的压差减小，结果引起调节阀流量特性改变。如果设系统的总压差为 ΔP_1 ，阀上压差为 ΔP_v ，系统其它部分的压差为 ΔP_2 ，阀全开时的压差为 ΔP_{v0} ，则有：

$$S = \frac{\Delta P_{v0}}{\Delta P_1} = \frac{\Delta P_{v0}}{\Delta P_{v0} + \Delta P_2}$$

从上式可见，若管道及设备等无阻力损失，即 $\Delta P_2 = 0$ ，则 $S = 1$ ，这表明阀的工作流量特性与理想流量特性一致。假设在 $\Delta P_2 = 0$ 时阀全开的流量为 F_0 ； $\Delta P_2 \neq 0$ 时阀全开的流量为 F_v ，则 F_v 可表示为： $F_v = \sqrt{S} F_0$ 。显然， S 值愈小， F_v 愈小，实际流量特性偏离理想流量特性也就愈严重。不同 S 值下的工作特性如图5-41。随着 S 值的减小，则 F_v 也逐渐减小，所以阀的实际可调比 $R(R = \frac{F_{vmax}}{F_{vmin}})$ 也将逐渐减小。 S 值减小使流量特性曲线发生

畸变，原来直线特性的趋于快开特性，等百分比特性的趋于直线特性。这样一来，就使得小开度时控制不稳定，而大开度时控制作用不灵敏，影响整个调节系统的调节质量。为此，在实际使用



(a) 直线流量特性

(b) 等百分比流量特性

图 5-41 串联管道时调节阀的工作特性

中要求 S 不能低于 $0.3 \sim 0.5$ 。

●三通阀的工作流量特性

三通阀每一支路都与工艺管道或设备相连接，存在阻力降，其工作流量特性与二通（直通）阀串联在管道时的情况一样取决于理想特性和 S 值。在使用中希望三通阀的总流量不变。由于三通阀上的压降比起系统总压降来说比较小，所以总流量基本取决于管路系统的阻力，而三通阀动作时影响很小。因此一般情况下可认为总流量基本不变。

5.5.4 调节阀选择

1. 流量特性选择

流量特性的选择方法一般有数学计算分析法和经验法，在实际工程中因前者既复杂又费时，甚至无法进行，所以在工程上基本上采用经验法。即从如下几个方面来考虑。

●从自动调节系统的调节品质来分析

空调自动调节系统，如室温自动调节系统，是由恒温室，检测变送元件、调节器、执行机构——调节阀、加热器（或冷却器）等环节组成的。为了使系统保持良好的调节品质，希望开环总放

大系数——各环节放大系数之积保持为常数。一般情况下，除加热（冷却）器和阀的放大系数外，其它环节的放大系数（调节器已整定好）基本不变。这样，如果能通过改变阀的放大系数来补偿加热（冷却）器的放大系数的变化，就能使系统总放大系数不变。如图 5-42 所示。

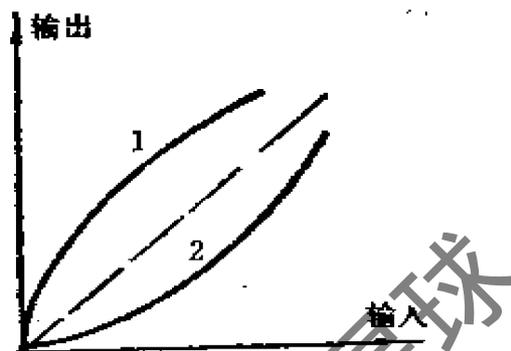


图 5-42 改变阀的放大系数使系统总的放大系数不变

当加热器放大系数随负荷增加而变小时，如图中曲线1所示的热水加热器特性，则应选类似曲线2等百分比流量特性的调节阀。若加热器特性是直线特性时，应选择直线流量特性的调节阀。

●根据管道系统压降变化情况进行选择。见下表

配管状态	$S=1\sim0.6$		$S=0.6\sim0.3$		$S<0.3$
实际工作流量特性	直线	等百分比	直线	等百分比	调节不适宜
所选流量特性	直线	等百分比	等百分比	等百分比	

●根据负荷变化情况进行选择

当系统负荷变化幅度大时，选择等百分比特性的调节阀；当所选调节阀经常工作在小开度时，也宜选等百分比特性的调节阀，便于微调，不易引起振荡。当系统很稳定，而阀位移动范围较小，阀的特性对系统影响很小时，可选直线特性或等百分比特性阀。显然，等百分比特性比直线特性的阀适用范围广。

●三通阀选择

三通阀流量特性选择原则同直通阀，要考虑总流量波动时与 S 值选定有关，对总流量波动要求不严格而稳定性要求高时，宜选 S 值在 $0.3\sim0.5$ 等百分比特性阀。

●调节阀口径选择

调节阀口径是根据工艺要求的流通能力确定的。因此要根据提供的工艺条件计算出调节阀的流通能力，再依据其流通能力选择调节阀的口径。

流通能力是指当调节阀全开，阀两端压差为 $9.81 \times 10^4 \text{Pa}$ （相当于 1kgf/cm^2 ），流体的密度为 1g/cm^3 时，每小时流经调节阀的流量值，以 m^3/h 或 t/h 计。流通能力 C 值取决于调节阀的公称口径 DN 和阻力系数 ξ 。阻力系数主要是由阀体的结构所决定。因此相同的公称口径，由于结构不同， C 值也不一样。

由于空调中流过调节阀的介质是水和蒸汽（饱和蒸汽），所以本文只介绍水和蒸汽介质使用调节阀的 C 值计算公式。

$$F_v = \frac{S}{\sqrt{\xi}} \sqrt{\frac{2(P_1 - P_2)}{\rho}}$$

令 $C = \frac{S}{\sqrt{\xi}} \sqrt{2}$ ，则

$$F_v = C \sqrt{\frac{P_1 - P_2}{\rho}}$$

上式中的 C 即为调节阀的流通能力。

如果设 F_v 和 P_1 、 P_2 及 ρ 的单位分别为 m^3/h 、 Pa 、及 g/cm^3 ，则上式为：

$$F_v = \frac{C}{316} \sqrt{\frac{\Delta P}{\rho}}$$

●用于一般液体（如水等非高粘度液体）时，调节阀流通能力 C ：

$$C = \frac{316 F_v}{\sqrt{\frac{\Delta P}{\rho}}} \quad (\text{m}^3/\text{h})$$

或 $C = \frac{316 F_G}{\sqrt{(P_1 - P_2) \rho}} \quad (\text{t/h})$

式中 F_G ——质量流量(t/h)。

●用于蒸汽时，调节阀流通能力 C ：

蒸汽被压缩后将引起密度变化。关于用在蒸汽方面的调节阀流通能力 C 的计算方法有阀前密度法，阀后密度法，平均密度法和压缩系数法。一般采用阀后密度法。这种方法的精度也较高。空调中使用饱和蒸汽调节阀的流通能力计算公式为：

$$\text{当 } P_2 > 0.5P_1 \text{ 时, } C = \frac{10F_G}{\sqrt{\rho_2(P_1 - P_2)}}$$

式中 F_G ——蒸汽质量流量(kg/h)；
 P_1 ——阀前蒸汽绝对压力(Pa)；
 P_2 ——阀后蒸汽绝对压力(Pa)；
 ρ_2 ——阀后蒸汽密度(kg/m³)。

当 $\frac{P_2}{P_1} < 0.5$ 时，蒸汽处于超临界流动状态，阀出口截面上的蒸汽绝对压力 P'_2 保持不变， $P'_2 = P_1/2$ ，阀出口截面上的蒸汽密度 ρ'_2 也保持不变，因此 C 按公式计算：

$$C = \frac{10F_G}{\sqrt{\rho'_2(P_1 - P_2)}} = \frac{10F_G}{\sqrt{\rho'_2(P_1 - \frac{P_1}{2})}} = \frac{14.14F_G}{\sqrt{\rho'_2 P_1}}$$

式中 ρ'_2 ——阀出口截面上的蒸汽密度(kg/m³)，可根据 $\rho'_2 = \frac{P_1}{2}$ 和蒸汽温度查表得到。

国外及国内引进的调节阀（如吴忠仪表厂引进生产的调节阀）流通能力用 C_v 表示。 C_v 的定义为：当阀流通60°F的清水，阀的进出口压差为1b/in²时，每分钟流过阀门的流量。单位为gal/min。 C_v 与 C 的换算为： $C_v = 1.167C$ 。所以，用户在选用调节阀时，应根据不同产品规定的流通能力及物理意义和单位进行计算或换算。

●三通调节阀 C 值计算：首先选取 S 值，根据 S 值求出阀门计算压差 ΔP_v ， $\Delta P_v = \frac{S}{1-S} \Delta P_s$ ， ΔP_s 为调节流量系统中的压力损失总和（在最大流量时）。

$$C = \frac{316 F_{v,m}}{\sqrt{\frac{\Delta P_v}{\rho}}}$$

式中 $F_{v,m}$ ——最大进水流量 (m^3/h)。

C值求得后，则选取相近于C值的三通调节阀。

5.6 空调用制冷装置的自控设计

空调工程中所用冷源有天然冷源（地下水，山涧水等）和人工冷源。由于用户条件限制，基本上都是采用人工冷源。人工制冷目前采用较多的是传统式方法，即压缩式制冷。另外还有吸收式制冷，如溴化锂-水吸收式制冷，蒸汽喷射式制冷。人工制冷都是以消耗一定的外界能量实现的。蒸汽喷射制冷需要利用高压蒸汽，消耗蒸汽和冷却水量较大。压缩式制冷要消耗大量的电能。溴化锂吸收式制冷可采用低能热源，可用高温冷却水（如 $37\sim 38^\circ\text{C}$ 以下的水），结构较简单，操作管理方便，安全，噪声小，还可利用其废热，但消耗冷却水比压缩式制冷要多。由于溴化锂吸收式制冷具有一定的优点，所以目前使用越来越多。下面主要介绍溴化锂吸收式制冷的工作基本原理及自动控制。

5.6.1 溴化锂吸收式工作原理

在吸收式制冷机内部采用的工质有吸收剂和制冷剂。制冷剂蒸发温度较低，吸收剂蒸发温度较高。溴化锂吸收式制冷装置中的吸收剂是溴化锂水溶液，制冷剂为水。在常温下，溴化锂水溶液吸收水蒸汽的能力很强，而在高温下又能将所吸收的水分释放出来（水的蒸发温度低）。利用制冷剂——水在低压下汽化时要吸收周围介质的热量这一特性来实现制冷。

5.6.2 蒸汽两效溴化锂吸收式制冷工作原理及过程自动控制

蒸汽两效溴化锂吸收式制冷工作原理及过程自动控制如图5-43所示。吸收器出口稀LiBr溶液，由发生器泵输送，分别经过

高、低温热交换器及凝水热交换器后进入高、低压发生器。在高压发生器中，稀溶液被管内流动的工作蒸汽加热而沸腾，产生冷剂蒸汽，溶液被浓缩。低压发生器中的稀溶液则被低压发生器管内流动的冷剂蒸汽加热而沸腾，同样产生冷剂蒸汽，溶液被浓缩。

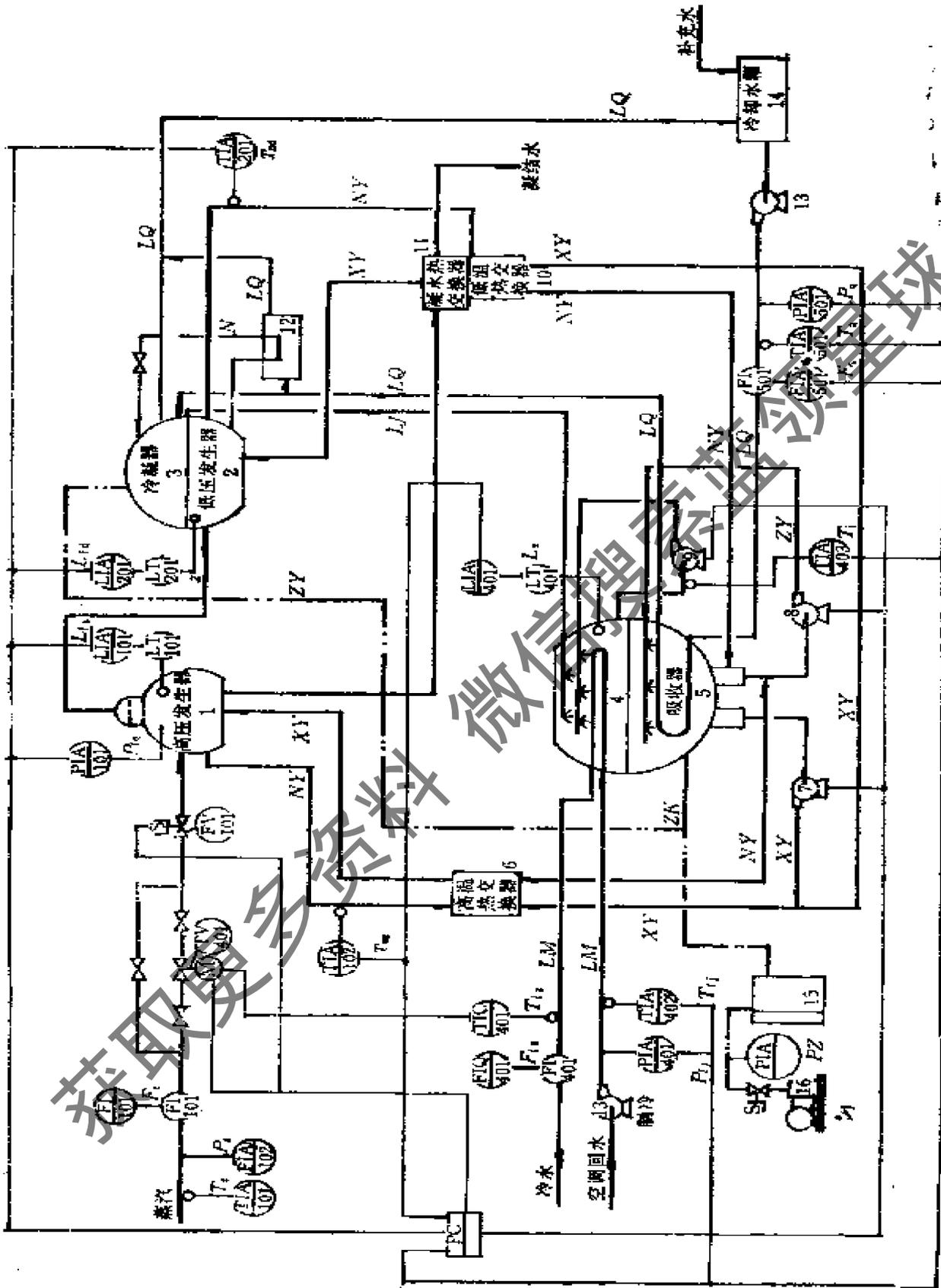
高压发生器中产生的冷剂蒸汽加热低压发生器中的溶液后，凝结成冷剂水，经节流后，压力降低，进入冷凝器，并与低压发生器中产生的冷剂蒸汽一起被冷凝器管内流动的冷却水所冷却而成为冷剂水。聚集在冷凝器中的冷剂水进入蒸发器。由于蒸发器中的压力很低，便有部分冷剂水蒸发，而大部分冷剂水经蒸发器泵输送，喷淋在蒸发器管簇上，吸收在管内流动的由空调系统中返回的冷水的热量而蒸发，这就使冷水温度降低，从而达到制冷的目的，该冷水送空调使用。

由高、低压发生器出来的浓溶液分别经高、低温热交换器降温后，进入吸收器，并与吸收器中的稀溶液混合，再由吸收器泵输送，喷淋在吸收器管簇上，被在管内流动的冷却水冷却，温度降低后，吸收来自蒸发器的冷剂蒸汽成为稀溶液。这样，喷淋溶液不断地吸收蒸发器中冷剂水产生的冷剂蒸汽，使蒸发器中的制冷过程不断地进行。因吸收蒸发器中冷剂蒸汽而变稀的溴化锂溶液再由发生器泵分别送往高、低压发生器内沸腾和浓缩。这样，便完成一个制冷循环。制冷过程循环不息，蒸发器就能不断地输出低温冷水，以供空调使用。

5.6.3 蒸汽两效溴化锂制冷装置的自控设计

过程检测与控制主要包括冷量控制、自动分程启停及安全保护等方面。

冷量自动控制，目前都采取蒸发器制冷水出口温度自动控制以满足用户负荷的变化。控制系统的组成是以调节加热蒸汽量来调节蒸发器出口冷水温度。自动检测的参数有：蒸发器冷水进、出口温度，蒸发器冷剂水温度，高压发生器浓溶液温度，低压发生器浓溶液温度，总冷却水温度，总蒸汽温度，总蒸汽压力，高



压发生器压力，蒸发器进口冷水压力，总冷却水压力，总蒸汽流量，蒸发器出口冷水量，总冷却水流量，高、低压发生器溶液液位，蒸发器冷剂水液位，真空度等。

自动安全保护包括如下内容。

● 高压发生器浓溶液防结晶保护：即溶液温度高于某一温度时报警并关闭加热蒸汽。

● 低压发生器浓溶液防结晶保护：即溶液温度高于某一温度时报警并关闭加热蒸汽。

● 冷水防冻保护：蒸发器进口冷水低于某一温度时发生报警，吸收器泵停止运行，并关闭加热蒸汽。

● 蒸发器进口冷水断水或压力过低时报警，并关闭吸收器泵及关闭加热蒸汽。

● 冷却水断水或压力过低时报警，并关闭加热蒸汽。

● 高、低压发生器溶液液位过高时发出报警，并关闭发生器泵。

● 高压发生器内压力高于某一值时报警，并中止加热蒸汽。

● 发生器泵、吸收器泵、蒸发器泵等过载保护：任一泵工作出故障时，均应发出报警信号，并停止加热蒸汽，迅速作停机处理。

溴化锂吸收式制冷机组的启动、运行程序和停机程序分别见图5-44和图5-45。

以上介绍了蒸汽两效溴化锂吸收式制冷机组的制冷工作原理及启动、运行、停机的控制的基本程序过程。对于不同机组，要求也不尽相同，自控设计时按工艺要求进行。

图 5-43 蒸汽两效溴化锂吸收式制冷过程检测与控制流程图

1—高压发生器；2—低压发生器；3—冷凝器；4—蒸发器；5—吸收器；6—高温热交换器；7—发生器泵；8—吸收器泵；9—蒸发器泵；10—低温热交换器；11—凝水热交换器；12—过冷器；13—冷却水泵；14—冷却水箱；15—冷剂分离器；16—真空泵；NY—LiBr浓溶液；XY—LiBr稀溶液；LJ—冷剂水；LQ—冷却水；ZY—冷剂蒸汽；ZK—真空

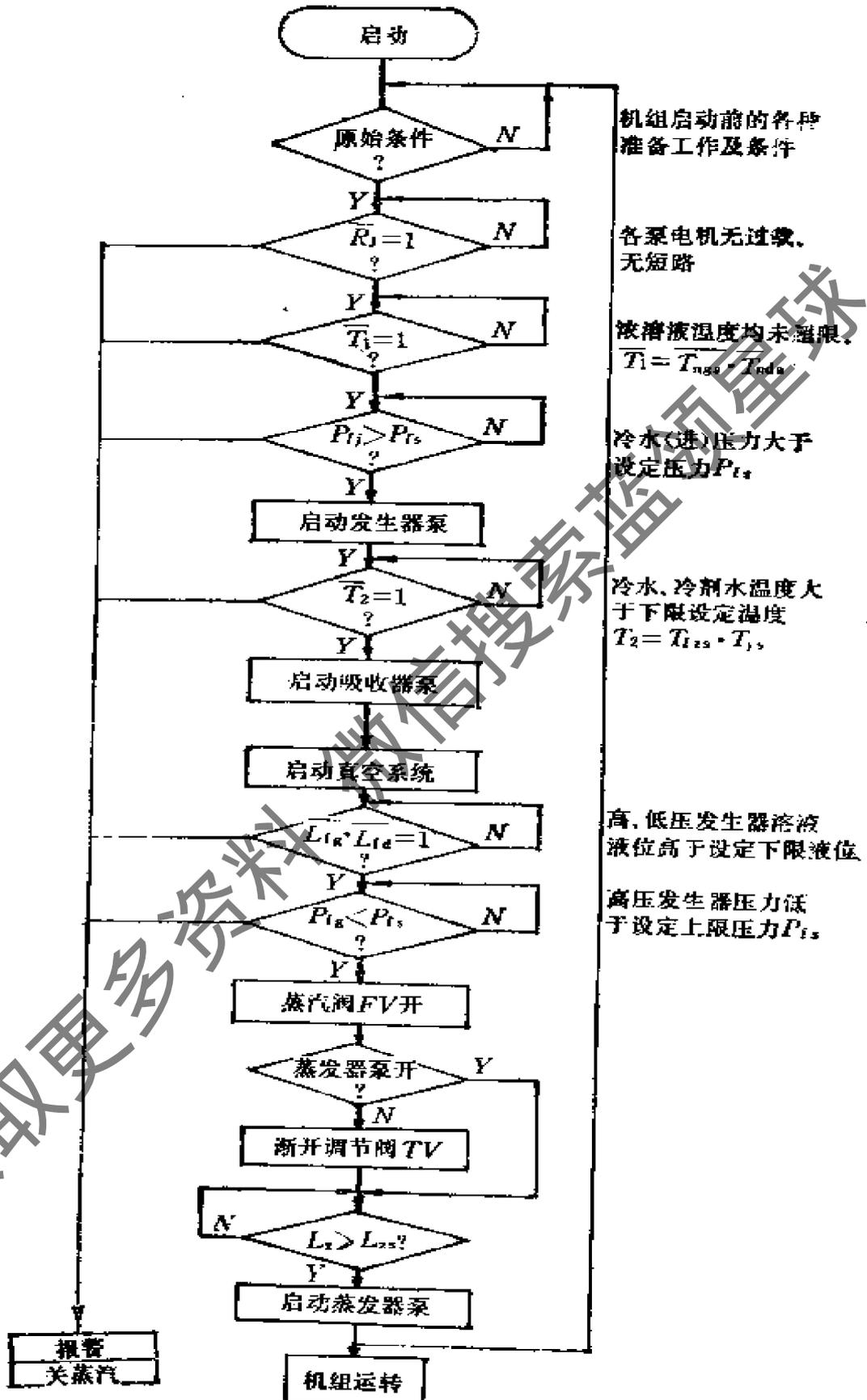


图 5-44 蒸汽两效溴化锂吸收式制冷机组启动、运转程序原理框图

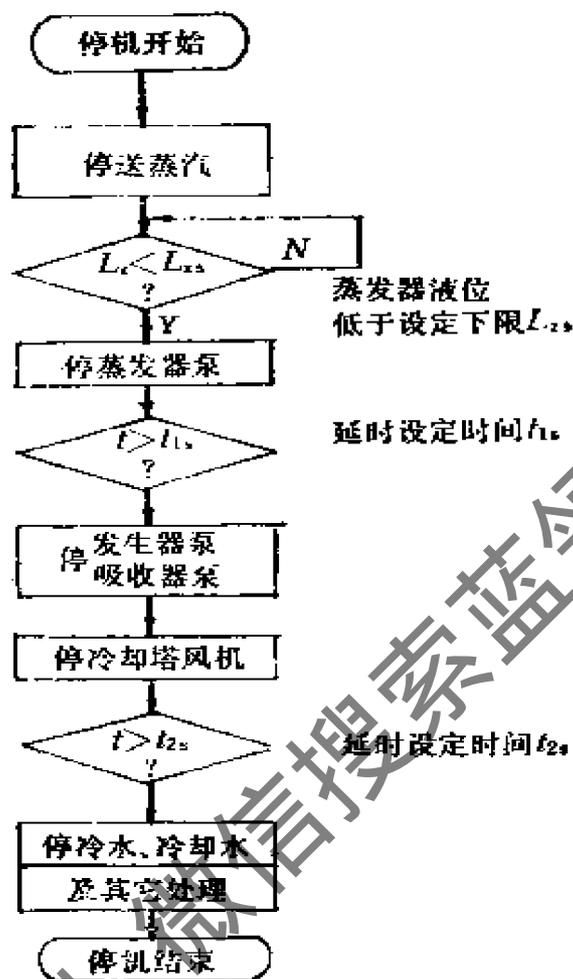


图 5-45 蒸汽两效溴化锂吸收式制冷机组停机程序原理框图

5.7 空调节能控制

空调工程的节能是十分重要的。而自动控制是达到节能目的的主要手段。下面就自控设计中考虑节能的几个方面进行讨论。

1. 采用节能型仪表，尤其是流量测量应尽量不采用节流式测量装置。

2. 室内温、湿度变设定值控制。在空调中除一部分工艺性空调需要全年按不变温、湿度设定值控制外，有不少工艺性空调及舒适性空调都不要固定设定值恒温恒湿控制。例如不少用户只

要求相对湿度不大于某一数值。则冬季就不必增设加湿控制,如果从工作条件为主考虑的空调要求及一般舒适性空调,若冬季温度设定值适当降低,夏季适当提高,不仅减轻了人对室内外温差大的不适应感,而且可获得明显的节能效果。据有关资料介绍,当夏季室温设定值从 26°C 提高到 28°C 时,可节省冷负荷 $21\sim 23\%$;冬季室温从 22°C 降低到 20°C 时,可减少热负荷 $26\sim 31\%$ 。

变设定值控制既可手动调节,也可自动调节。

3. 分程调节。分程调节有时也是工况转换的手段,分程调节可实现最大限度的节能。

4. 采用新风补偿调节。在夏季随室外温度升高,室温设定值相应提高,这不仅减少室内外温差造成的冷热冲击而提高人的适应感,而且可获得节能效果。设计时可采用带新风补偿特性的专用空调控制。

5. 按昼夜不同时间变设定值温度调节。该种调节可调整工作人员的精神情绪和人体的舒适性。采用时间程序变设定值调节仪进行温度调节是十分容易的。

6. 舒适性空调无人变设定值调节,室内外温度跟踪调节等具有明显的节能效果。目前已有专用或通用仪表可提供使用。

7. 输送系统的节能控制。当风机的风量与负荷相适应时,这是节能的运行工况。如果流量过大,压头过高时,则应进行调节。调节方法一是改变系统的特性,依靠调节管道中阀门的开度进行节流调节,靠增减管道阻力的大小来改变管道系统的阻力特性,建立新的工况点,实现流量调节。这样调节虽然易实现,但将造成无谓的节流损失,浪费电力。另一种方法是采用改变风机特性的方法。例如控制风机入口导叶片开度,改变风机叶片节距(轴流式),改变风机转速等来改变风机特性。这些方式以变转速调节节能效果最佳。各种不同调节风量的耗能情况如图5-46所示。

传统的风量控制是自动或手动调节阀门的开度,其功率损耗见图5-47;如果采用变转速调节流量的节能情况见图5-48。

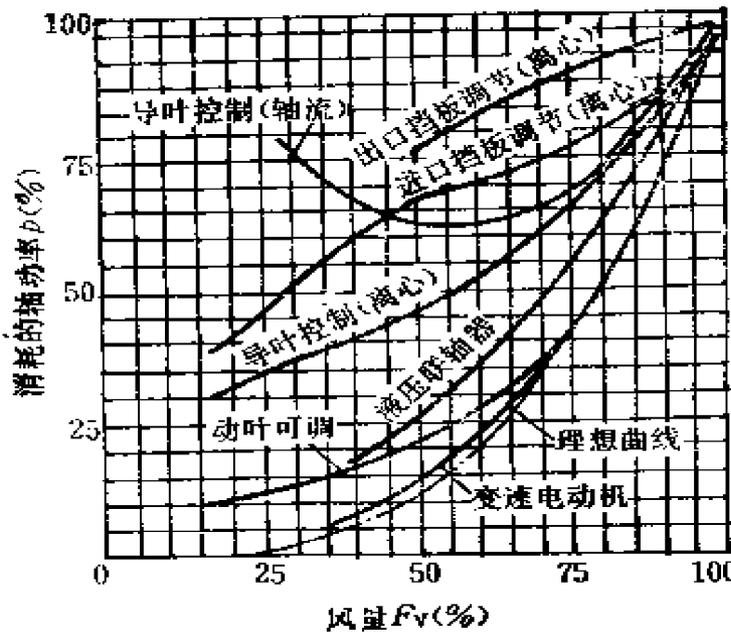


图 5-46 风机在各种调节方式下轴功率的对比

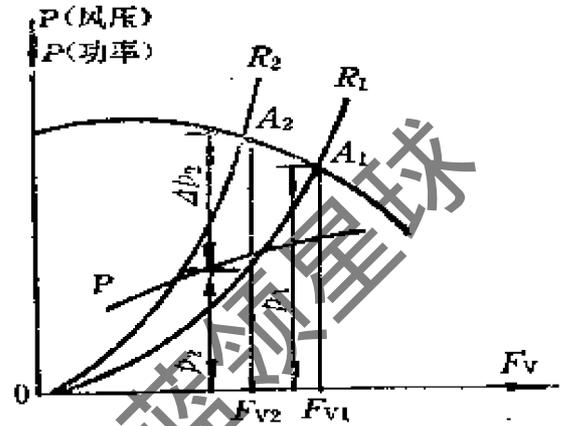


图 5-47 节流调节损失的功率

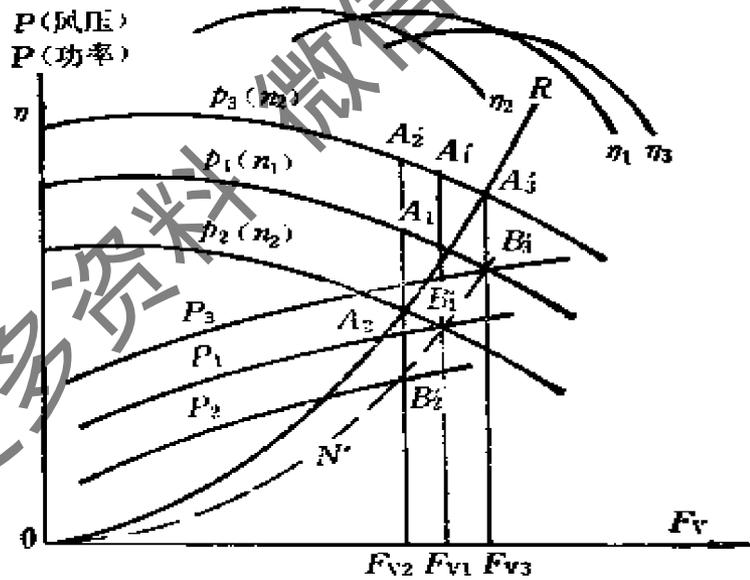


图 5-48 泵与风机的变转速节能图

由上面图5-47和图5-48可见，采用变风量调节比起采用调节阀节流调节的节能效果更显著。因为管道系统的阻力（ R ）不变时，改变转速 n ，则风压与流量，轴功率与流量特性曲线都随之变化，而且具有以下关系：

$$F_v = K_F n, \quad p = K_P n^2, \quad P = K_P n^3。$$

一般来说，不同流量时，效率 η 相差无几，而工况点沿 R 曲线移动（ A_1, A_2, A_3 ），如果所需风量 \downarrow ，则 $n \downarrow$ ， $P \downarrow$ ，所以，采用变转速调节是节能的有效手段，这也是自控设计实现节能的着眼点。对于变风量空调系统采用变转速调节风量来实现室温恒定，同样可获得十分好的效果。

水泵的调节情况与上述类似。水流量的调节长期以来都是采用调节阀节流调节。如果空调系统是以一泵对一调节系统时，应考虑采用调转速方式，以实现节能。

风机与水泵的变速调节的调节效果最佳。轴功率消耗最低。泵和风机变速调节因变速拖动方式而有多种方法。第一类拖动方式是原动机转速不变，靠耦合器实现变速，在工程上液力耦合器与电磁耦合器应用广泛。第二类拖动方式是原动机（汽轮机，燃气轮机等）或电动机变速带动风机或泵一起变速。在空调中使用的风机或水泵均是由交流电机拖动的，从实现自动控制来说，变速调节流量采用目前国内研制或引进的晶闸管串级调速控制装置（绕线式交流电机）和变频调速控制装置最为方便。它们都能直接接收调节器送来的 $0 \sim 10 \text{mADC}$ 或 $4 \sim 20 \text{mADC}$ 调节信号而使泵与风机变速调节流量。对于变频调速，其控制器不仅可用于泵出口流量调节，还可以用于泵出口压力恒定的调节。该调节方式平稳，调节质量高，所以在空调自控设计中也应推广应用。

第六章 空调自动控制系统图例

图形符号及文字代号说明

一、图例中的主要图形符号说明

序 号	图 例	名 称
1		空气加热器
2		空气冷却器
3		电加热器
4		蒸汽加湿器
5		空气过滤器
6		喷淋室
7		风 机
8		水 泵

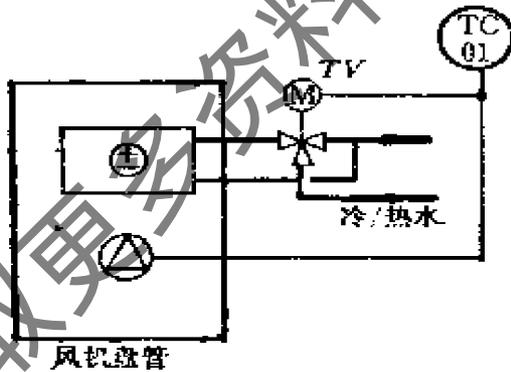
续表

序 号	图 例	名 称
9		空气加热/冷却器
10		两通电动调节阀
11		三通电动调节阀
12		电动风阀
13		电磁阀（两通、三通）
14		气动薄膜两通调节阀
15		气动薄膜三通调节阀
16		温度传感器
17		湿度或温湿度传感器
18		就地安装仪表
19		盘上安装仪表及控制装置
20		风 管
21		冷/热水、蒸汽管线
22		气动信号线
23		电信号线

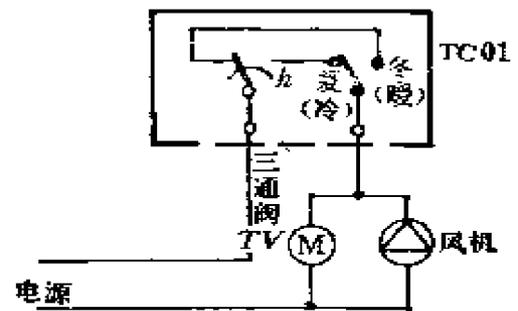
二、图例中的主要文字代号说明

序号	文字代号	第一位字母意义	后继字母意义或功能
1	O.1	新风	
2	S.4	送风	
3	R.4	回风	
4	EX.1	排风	
5	T	温度	变送器
6	M	湿度	
7	F	流量	
8	L	液位	
9	P	压力	
10	Pa	压差	
11	A	分压	信号报警
12	E	电压	传感器、检测元件
13	I	焓	指示
14	C		调节(控制)
15	Q	热量	
16	S	速度、选择器	联锁、开关
17	V		调节阀、风阀、电磁阀

例1: 冷/热媒定流量式恒温控制



(a)



(b)

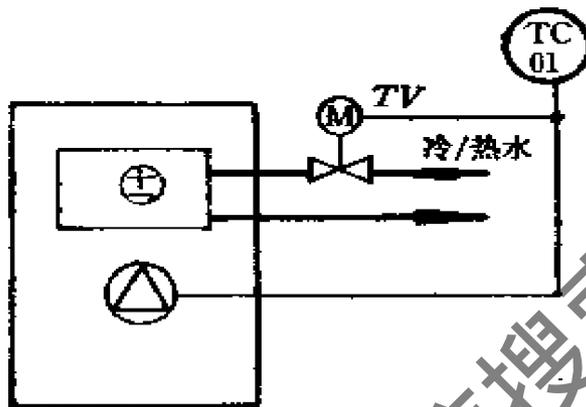
●工作说明

室内温度控制器TC01根据室内温度变化,控制三通电动调节阀TV,使室温保持恒定。TC01按夏/冬季切换供冷/热工作方式。

●参考仪表及设备

编 号	名 称	型 号	备 注
TC01	室内温度控制器	VRS-C134SN	位式10~35°C
TV	三通电动调节阀	J691C	

例2 冷/热媒变流量式恒温控制



●工作说明

室内温度控制器TC01根据室内温度变化，按冬/夏季工作方式对三通电动调节阀TV进行控制。风机停止时，三通阀TV关闭。

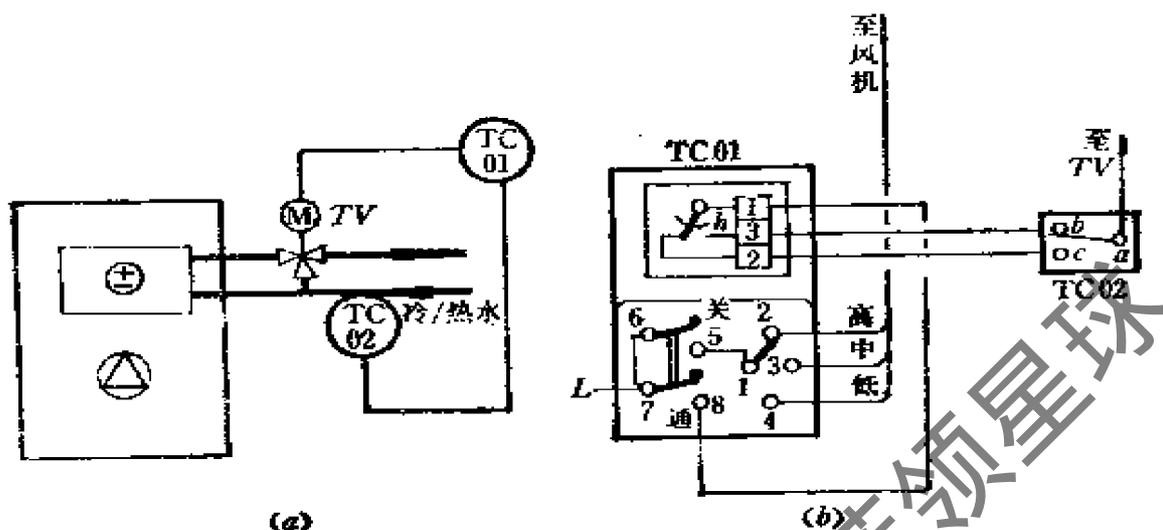
●参考仪表和设备

编 号	名 称	型 号	备 注
TC01	室内温度控制器	VRS-C134SN	位式 10~35°C
TV	三通电动调节阀	J691R	

例3 带风机变速并按供水温度自动转换工作方式的恒温控制

●工作说明

TC01是带复合开关的室内恒温控制器，装在室内。TC01内的转换开关是用来对风机及系统进行切换的手动开关。TC02是安装在管道上的温度控制器，其作用是对系统所供给的冷/热水温度进行检测，并根据检测结果自动地将系统转换至所需的方式



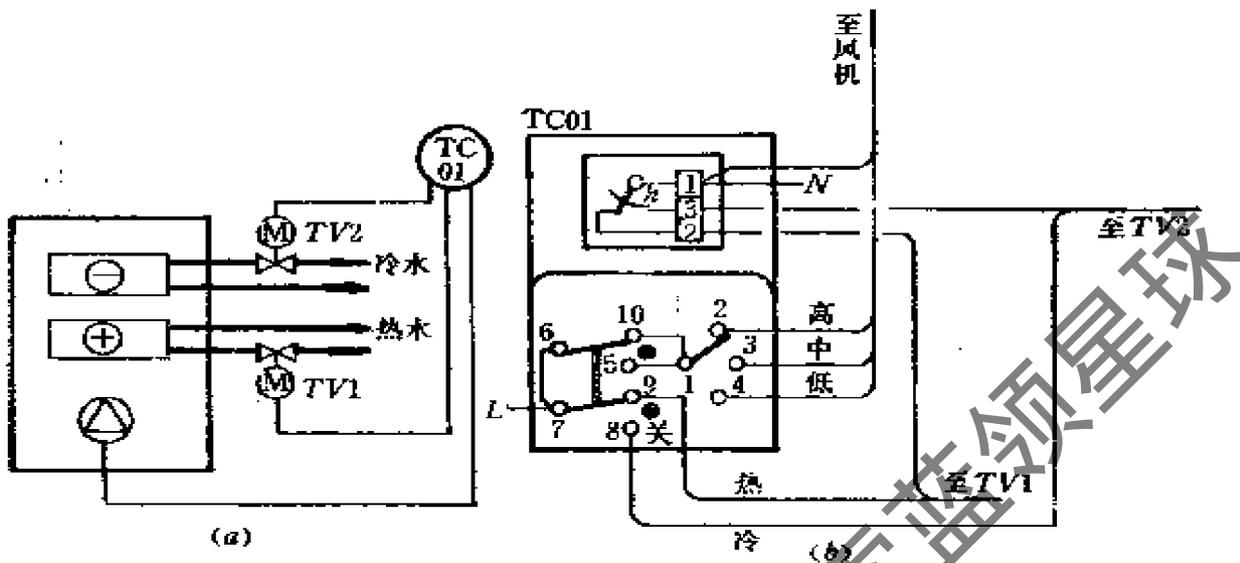
下工作。如图 (b) 所示, 夏季时, 对系统供给 15°C 或低于 15°C 的冷水, 此时 $TC02$ 的触点 a 和 b 接通。当室温升高并超过其室内温度设定值时, $TC01$ 内的触点 1 和 3 接通, 电动调节阀 TV 被打开, 使室温降低, 回到控制范围内。冬季时, 对系统供给的是 31°C 或高于 31°C 的热水, 此时 $TC02$ 的触点 a 和 b 接通。若室温低于设定值时, $TC01$ 内的触点 1 和 2 接通, 电动调节阀 TV 被打开, 系统对室内供热, 使室温上升, 回到控制范围内。

当 $TC01$ 内的转换开关置于“关”档时, 电动阀因失电而关闭, 风机也停止运转 (本控制仅适用于三通阀)。

●参考仪表及设备

编 号	名 称	型 号	备 注
$TC01$	带风机及系统转换开关的室内恒温控制器	T-151	带二位式温度控制开关并带风机高、中、低三速开关, 温度可调范围 $5\sim 30^{\circ}\text{C}$
$TC02$	罐型恒温控制器	A190HK	温度控制值 $t_{\text{高}} > 31^{\circ}\text{C}$ 或 $t_{\text{低}} < 15^{\circ}\text{C}$
TV	三通电动调节阀	J691C	

例4 冷/热盘管分设的恒温控制



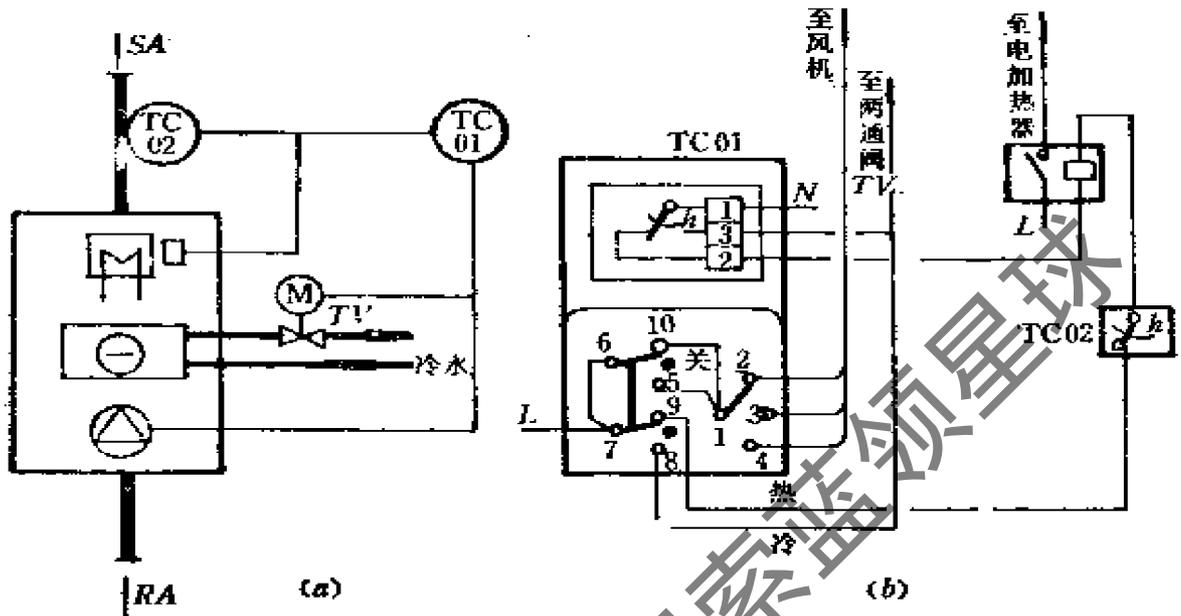
●工作说明

TC01是带有风机复合开关的室内恒温控制器，装设于温度需要加以控制的场所内。当转换开关置于“冷”档或“热”档时，恒温控制器可控制电动阀TV1、TV2动作，使室温保持恒定。当夏季运行时，转换开关置于“冷”档，触点5和6、7和8接通，当室温超过设定点温度时，恒温控制器的1和3接通，冷水电动调节阀TV2被打开，系统对盘管供冷水，并通过风机对室内供冷气。冬季运行时，转换开关置于“热”档，触点6和10，7和9接通，当室温下降时，恒温控制器触点1和2接通，电动调节阀TV1被打开，系统对盘管供热水，并通过风机对室内供热风。当转换开关置于“关”档时，电动阀TV1、TV2和风机停止工作。

●参考仪表及设备

编号	名称	型号	备注
TC01	带风机及系统转换开关的室内恒温控制器	T-151	带二位式温度开关并带风机高、中、低、三速开关。温度可调范围5~30℃
TV1、TV2	两通电动调节阀	J691c	

例5 采用电加热的恒温控制



●工作说明

TC01是带复合开关的室内恒温控制器，装设于温度需要加以控制的室内。TC01上的转换开关是用来对风机及系统进行切换的手动开关。夏季时，转换开关置于“冷”档，电加热器电路被切断，此时恒温控制器对冷水两通电动调节阀TV进行控制。冬季时，转换开关置于“热”档，冷水两通电动调节阀因失电处于常闭状态，而恒温控制器则对电加热器进行控制，从而使室温保持恒定。

当转换开关置于“关”档时，电动调节阀失电失闭，电加热器及风机电源亦同时被切断。

TC02温度控制器的作用是送风超温保护。当送风温度超过设定值时，TC02触点断开，电加热器因失电停止加热。

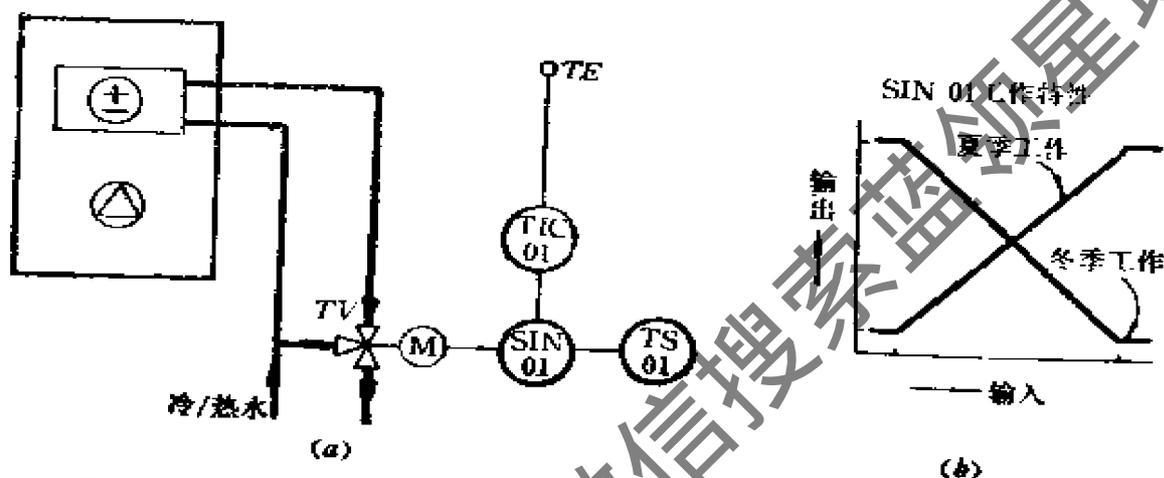
●参考仪表及设备

编号	名称	型号	备注
TC01	带风机及系统转换开关的室内恒温控制器	T-151	带二位式温度控制开关、并带风机高、中、低三速开关。温度可

续表

编 号	名 称	型 号	备 注
TC02	带手动复位的温度 控制器	A250HK	调范围5~30℃
TV	两通电动调节阀	J691C	

例6 比例式恒温控制



●工作说明

装于室内的温度传感器 TE 将温度信号送至调节器 $TIC01$ ， $TIC01$ 根据室内温度的变化，对冷/热水三通电动调节阀 TV 进行比例调节控制，使室温保持恒定。

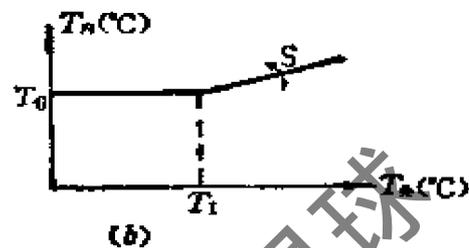
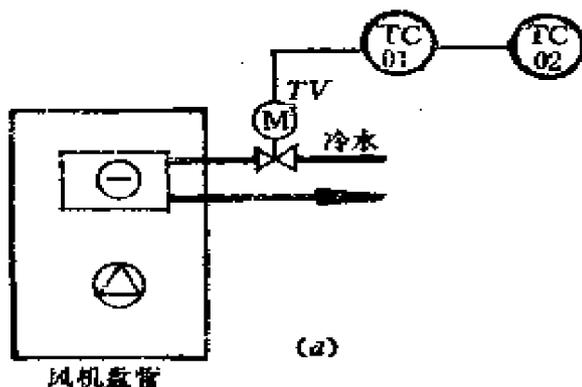
冬/夏季工作方式切换是通过切换开关 $TS01$ 及信号倒相器 $SIN01$ 实现的。

●参考仪表及设备

编 号	名 称	型 号	备 注
TE	室内温度传感器	AEK-01R001	0~70℃ 比例式、带显示
$TIC01$	温度调节器	JPF-62-50-RCY	
$TS01$	切换开关	SAK-522W	
$SIN01$	信号倒相器	IXK-A71	
TV	三通电动调节阀	WGK-701A	

例7 室内外跟踪舒适节能温度控制

●工作说明

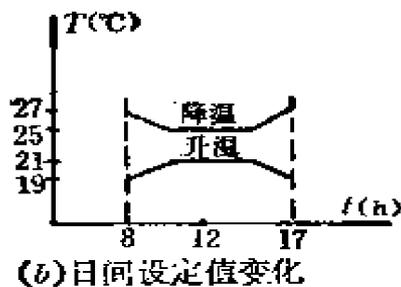
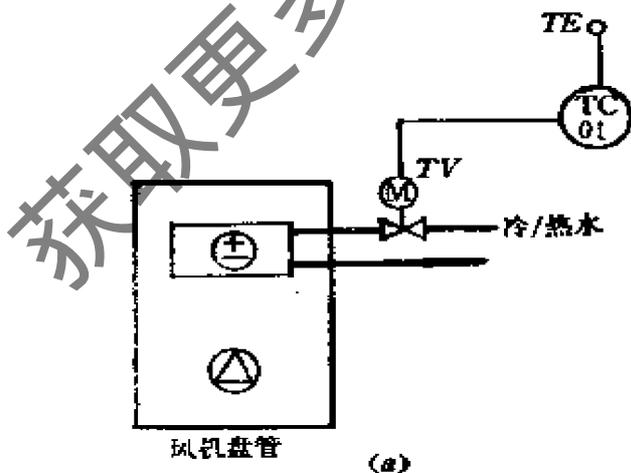


室外温度由调节器 $TC02$ 测量，并根据设定值 T_i 及跟踪斜率将输出信号送到室内温度调节器 $TC01$ ，并与 $TC01$ 设定值 T_0 比较，根据偏差信号控制 TV ，从而使室内的温度跟随室外温度的变化，根据 T_i 和斜率 S 而相应变化，使之在夏天保持室内舒适的温度而又实现节能。 T_i 和 S 在 $TC02$ 上设定。

●参考仪表及设备

编 号	名 称	型 号	备 注
$TC01$	室内温度调节器	ERT80	PI 开关输出
$TC02$	管道温度调节器	ERTK800	P
TV	两通电动调节阀	V1W	

例 8 日间变设定值温度程序控制



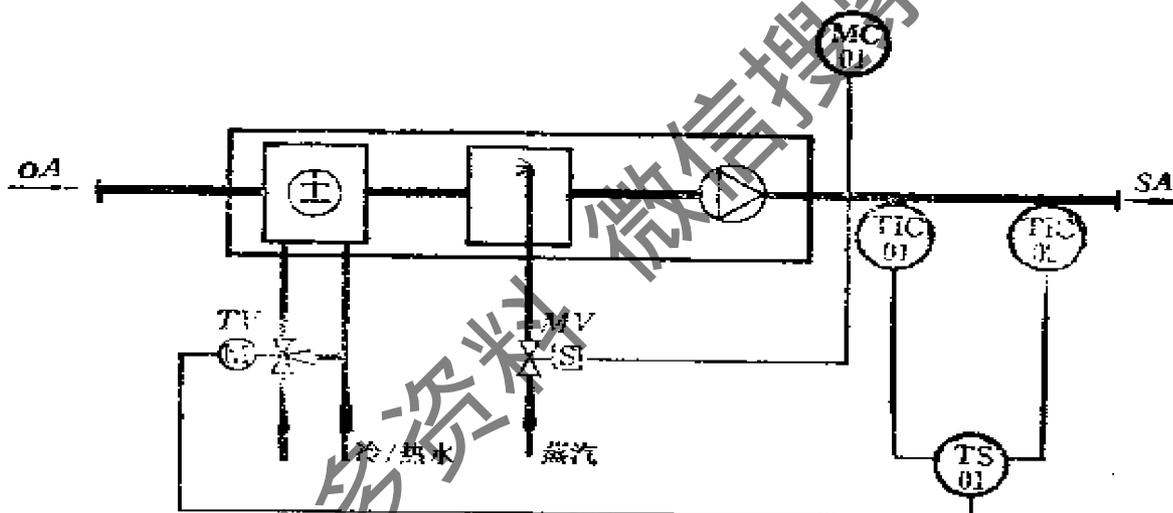
●工作说明

根据室内温度在小范围内变化，对人员的情绪和舒适有益的特点，采用温度程控调节器TC01，按冬、夏不同季节，自动定时在中午升（降）温度。而早晨、晚上适应于室外温度情况的温度自动程控。实现节能、舒适调节。

● 参考仪表及设备

编 号	名 称	型 号	备 注
TE	铂热电阻	WZP	Pt100
TC01	智能温度程控仪	TCW	连续PID输出4~20mA DC
TV	电子式电动调节阀	ZDLP	输入4~20mA DC

例 9 冷/热盘管合设新风处理控制



● 工作说明

温度：通过切换开关TS01切换冬/夏季插入式风道温度控制器TIC01、02。当切换至夏季时，TIC01（或TIC02）比例控制三通电动调节阀TV，调节冷水流量。当切换至冬季时，TIC02（或TIC01）比例控制三通电动调节阀TV，调节热水流量。这样，使送风保持所要求的温度。

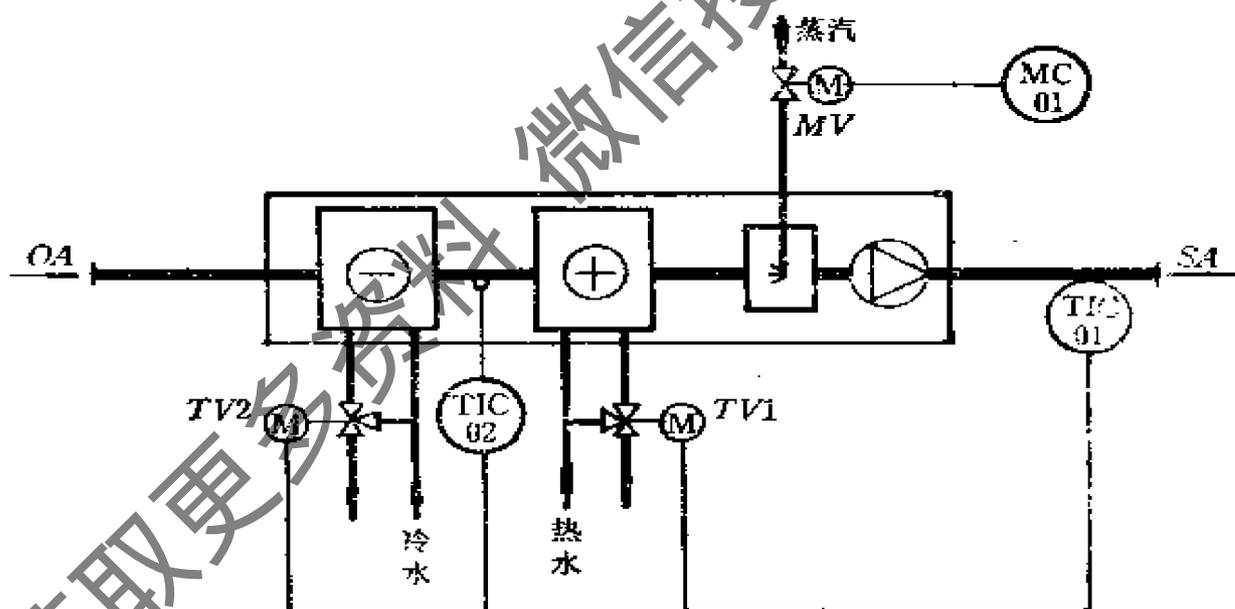
湿度：利用带室内湿度传感器的湿度控制器MC01，根据室内相对湿度的变化，对蒸汽加湿两通电磁阀MV进行位式控制。

当室内相对湿度降低时，电磁阀 MV 打开加湿，使湿度保持在某一范围内。

●参考仪表及设备

编 号	名 称	型 号	备 注
$MC01$	带传感器的湿度控制器	VHS-C1090N	位式10~90%RH
$TIC01、02$	插入式风道温度控制器	TDK-7034A	比例，带传感器—10 35℃
$TS01$	切换开关	SAK-100	
TV	三通电动调节阀	WGK-N700A	
MV	两通电磁阀	RWV-2512GXWA1U	

例10 冷/热盘管分设新风处理控制



●工作说明

温度：冬季时，插入式风道控制器 $TIC01$ 根据送风温度控制热水三通阀 $TV1$ 。夏季时， $TIC02$ 根据冷却盘管出口温度的变化，比例控制冷水三通阀 $TV2$ 。这样，使送风温度保持在所要求的范围内。

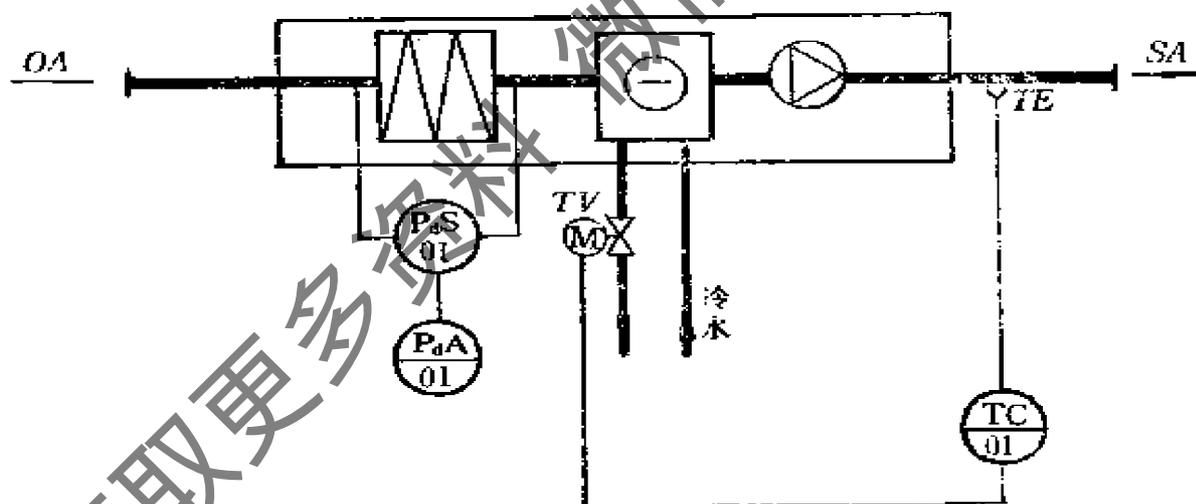
湿度：带室内湿度传感器的湿度控制器 $MC01$ 根据室内湿度

变化，控制电动调节阀 MV 动作，当室内湿度低于 $MC01$ 的设定值时，加湿电动调节阀 MV 开度开大，使室内湿度保持在所要求的范围内。

●参考仪表及设备

编 号	名 称	型 号	备 注
$MC01$	室内湿度控制器	VHS-C1090N	位式、带湿度 10~90%RH
$TIC01$	插入式风道温度控 制器	TDK-7034A	比例式、带温度传感 器-10~35℃
$TIC02$	插入式冷却盘管出 口温度控制器	TDK-7034A	比例式、带温度传感 器-10~35℃
$TV1$ 、 $TV2$	三通电动调节阀	WGK-N700A	
MV	两通电动调节阀	V-5063A	

例11 带过滤器差压报警的新风温度控制



●工作说明

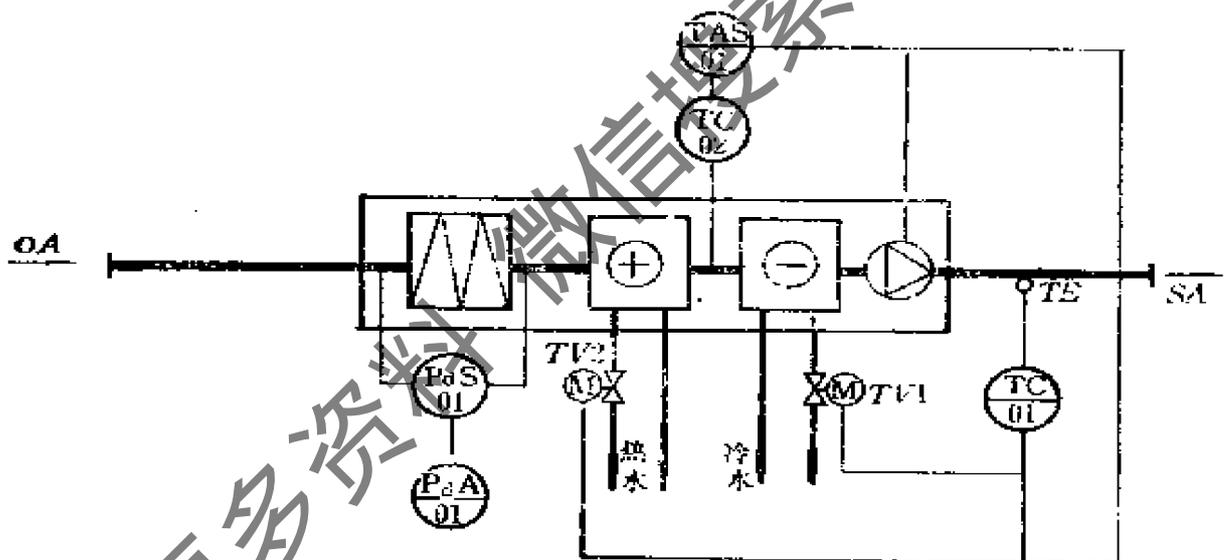
利用风道温度传感器 TE 检测出送风温度，并将其信号送至温度调节器 $TC01$ 。 $TC01$ 将测得的风温信号与设定值进行比较，并输出相应的控制信号，控制冷水电动调节阀 TV ，使送风温度保持所要求的温度值。

压差开关 P_dS01 检测过滤器两侧之压差，当其压差超过规定值时， P_dA01 发出报警信号。

● 参考仪表及设备

编 号	名 称	型 号	备 注
TE	风道温度传感器	TE-8800	$0\sim 50^{\circ}\text{C}/-20\sim 40^{\circ}\text{C}$
$TC01$	温度调节器	TC-8303	PI
TV	两通电动调节阀	VB-7216	
P_dS01	压差开关	P33	设置于控制盘上的
P_dA01	压差超限报警		声、光报警

例12 带有热风低温联锁报警的新风温度控制



● 工作说明

利用风道温度传感器 TE 检测送风温度，其温度信号与温度调节器 $TC01$ 的设定值进行比较， $TC01$ 输出相应的控制信号，控制冷/热水调节阀 $TV1$ 、 $TV2$ 动作，使送风温度保持所要求的温度。

$TV2$ 至 $TV1$ 的转换，即冬/夏季工作转换是通过控制阀操作器的末端开关来实现的。末端开关的功能是确保供热和供冷方式不会同时发生。

压差开关 P_dS01 检测过滤器两侧之压差，当其压差超过规定值时，发出报警信号，并由 P_dA01 进行报警。

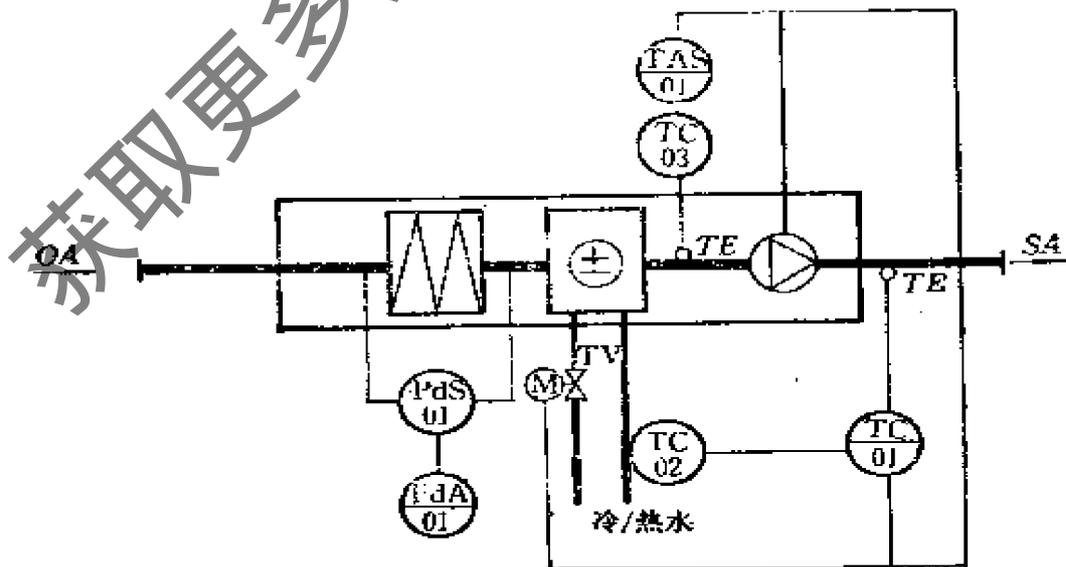
电动调节阀 $TV1$ 、 $TV2$ 与风机联锁，当风机停止时， $TV1$ 、 $TV2$ 关闭。

安装于热水盘管出口处带有手动复位开关的低温断路控制器 $TC02$ 的功能是在热水盘管出口送风温度低于某一限定值时，及时切断风机电路，风机停止运转，并发出报警。

● 参考仪表及设备

编 号	名 称	型 号	备 注
TE	风道温度传感器	TE-8800	0~50℃
$TC01$	温度调节器	TC-8803	PI带冬/夏切换开关
$TC02$	低温断路控制器	A11D	2~7℃可调，带手动复位开关
P_dS01	压差开关	P_{38}	
P_dA01	压差超限报警		设置于控制盘上的声、光报警
$TAS01$	低温超限报警、联锁装置		
$TV1$ 、 $TV2$	两通电动调节阀	VB-7216	

例13 带低温断路联锁、冬/夏自动切换的新风温度控制



●工作说明

利用风道温度传感器 TE 检测送风温度，通过调节器 $TC01$ 输出相应的控制信号，以控制冷/热水电动调节阀 TV 动作，使送风温度保持恒定。

装于冷/热水总管上的温度控制器 $TC02$ ，通过冬/夏季转换，将信号送至温度调节器 $TC01$ 。若在夏季运行时，系统供冷水， $TC02$ 控制触点断开，当送风温度超过设定值时，电动阀 TV 开大，使送风温度下降。冬季工作时，系统供热水， $TC02$ 控制触点闭合，当送风温度低于设定值时，电动阀 TV 开大，使送风温度上升。 $TC02$ 配合 $TC01$ 完成季节转换，实现送风温度自动调节。

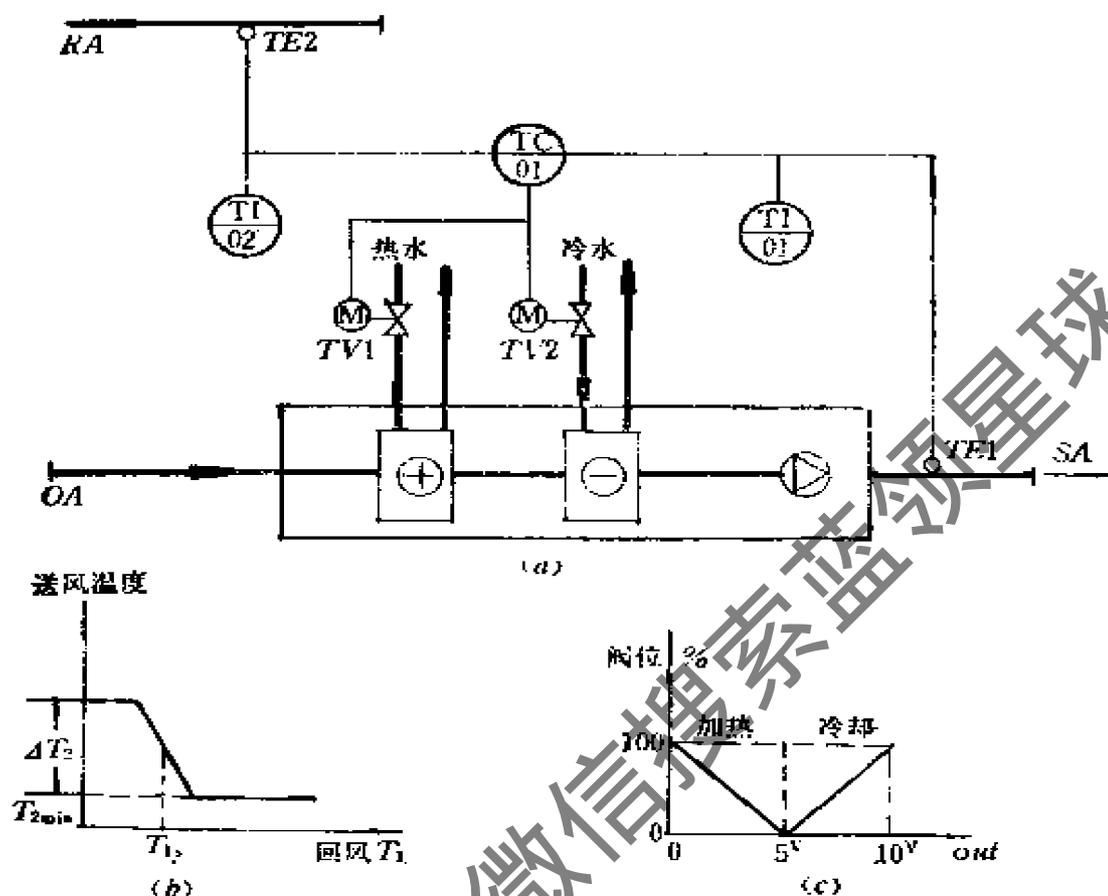
压差开关 P_dS01 检测过滤器两侧之压差，当其压差超过规定值时，压差开关 P_dS01 发出报警信号，并由 P_dA01 进行报警。

安装于盘管出口侧带有手动复位开关的低温断路控制器 $TC03$ 的功能是在盘管出口送风温度低于某一限定值时，将及时切断风机电路，风机停止运转，并由联锁装置使电动调节阀 TV 关闭，然后进行相应处理。

●参考仪表及设备

编 号	名 称	型 号	备 注
TE	风道温度传感器	$TE-8800$	$0\sim 50^{\circ}\text{C}$
$TC01$	温度调节器	$TC-8803$	PI
$TC02$	旋钮温度控制器	$A19DAC$	位式
$TC03$	低温断路控制器	$A11D$	
P_dS01	压差开关	$P33$	
TV	两通电动调节阀	$VB-7216$	
P_dA01	压差超限报警		设置于控制盘上的声光报警
T_dS01	低温超限报警、联锁装置		

例14 送、回风温度串级调节的新风温度控制



●工作说明

根据冬/夏季节，利用回风和送风管道温度传感器 $TE1$ 、 $TE2$ 检测温度，并通过调节器 $TC01$ 分别控制冷/热水电动调节阀，以实现串级调节，使回风温度稳定在 T_{1s} 上。

T_{2min} 送风温度最低限值

ΔT_2 为副调给定值范围

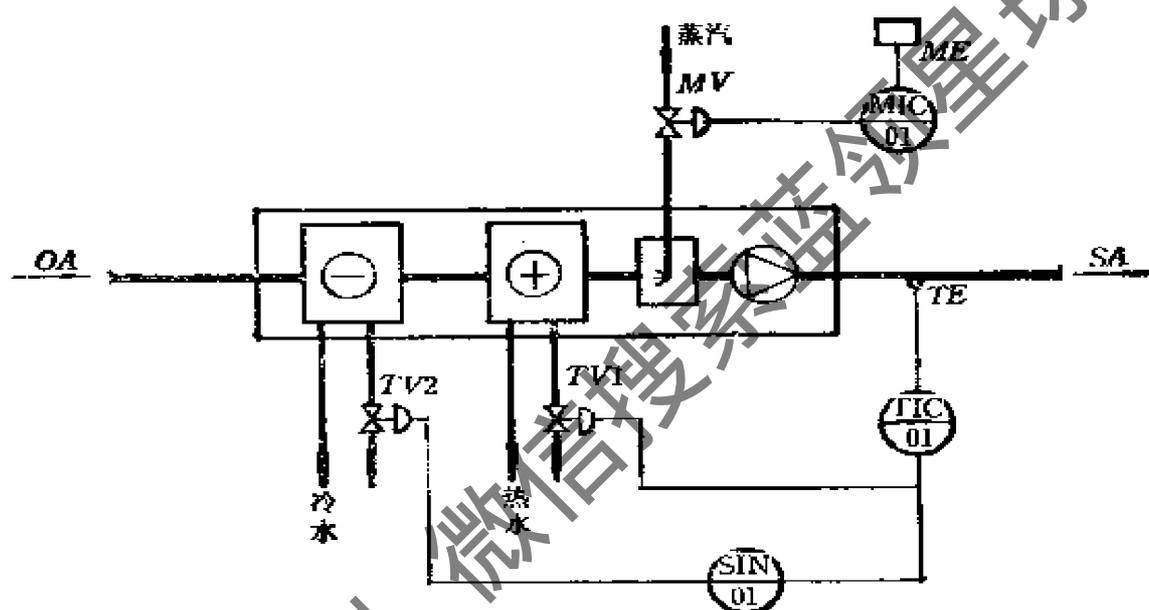
●参考仪表及设备

编 号	名 称	型 号	备 注
$TE1$ 、 $TE2$	管道温度传感器	EKF020/40	$-20\sim 40\text{ }^{\circ}\text{C}$
$TC01$	温度调节器	ESRL31	
$TI01$ 、 $TI02$	温度显示器	EAKT020/40	
$TV1$	带有定位装置的电动调节阀	EGSVD	反作用工作范围 (0~50)%

续表

编 号	名 称	型 号	备 注
TV2	带有定位装置的电 动调节阀	EGSVD	正作用工作范围 (50~100) %

例15 根据室内湿度控制加湿的新风温度控制



●工作说明

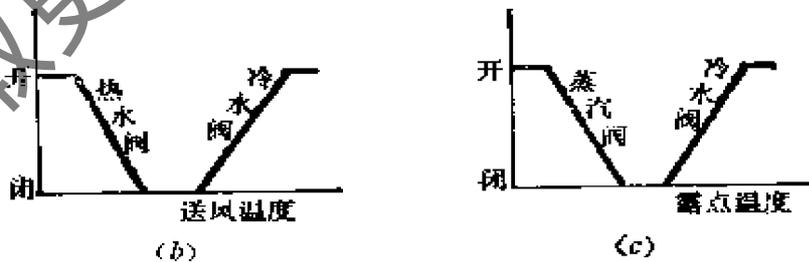
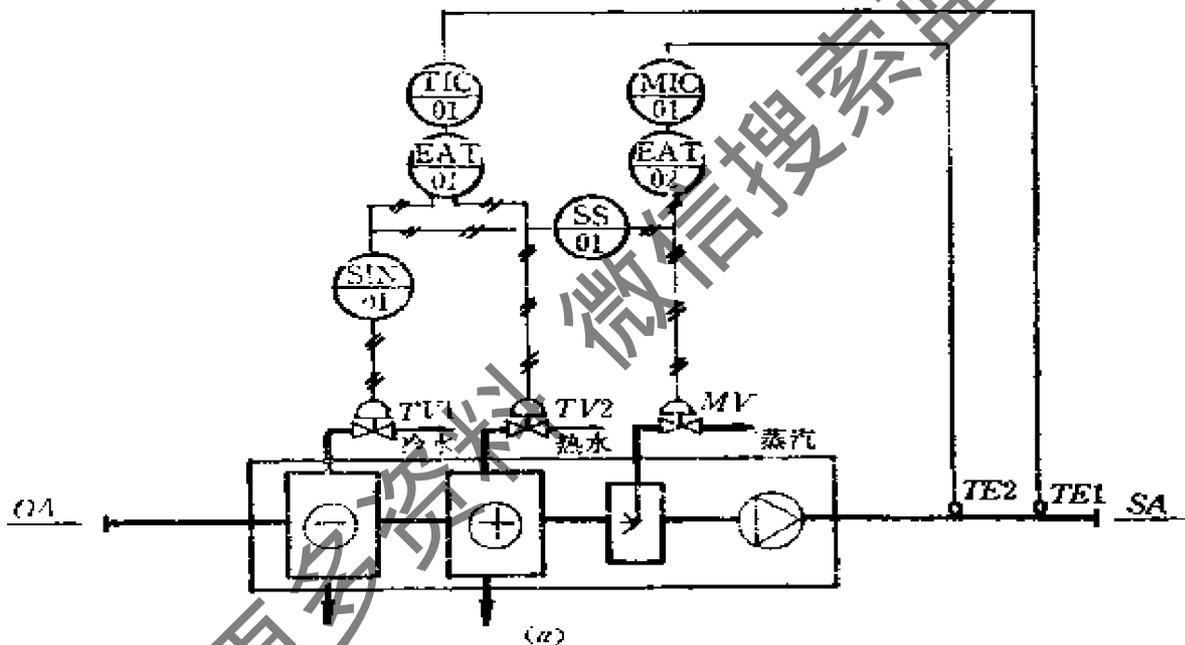
温度：温度传感器 TE 检测出送风温度，其温度信号送至气动式温度调节器 $TIC01$ 。 $TIC01$ 输出信号控制冷/热水气动薄膜两通调节阀 $TV1$ 、 $TV2$ 。冬季时， $TIC01$ 的输出直接控制热水阀 $TV1$ 。夏季时，调节器 $TIC01$ 输出的控制信号经倒相器 $SIN01$ 后，控制冷水阀 $TV2$ 。这样，在冬夏季均可保持送风温度在要求的范围内。

湿度：利用室内湿度传感器 ME 检测室内湿度，其信号送至湿度调节器 $MIC01$ ， $MIC01$ 根据室内湿度变化，输出气动控制信号，使气动调节阀 MV 动作。若室内湿度低于 $MIC01$ 的设定值时，加湿阀开度开大，使室内湿度保持在所要求的范围内。

●参考仪表及设备

编号	名称	型号	备注
TE	插入式温度传感器	T-5210	10~35℃
MIC01	气动式湿度调节器	T-9110	比例式
TIC01	气动式温度调节器	T-9011	比例式
SIN01	信号倒相器	PS-3030	
TV1、TV2	气动式薄膜两通调节阀	V-5410	
MV	气动式薄膜两通调节阀	V-5416	
MI	室内湿度传感器	H-5100	30~80%RH

例16 根据送风温度及露点温度实现送风温、湿度气动控制



●工作说明

温度：利用风道温度传感器TE1检测送风温度，并通过温度调节器TIC01，再经电—气转换器EAT01后，控制冷/热水用的

气动薄膜调节阀 $TV1$ 、 $TV2$ 。在冬季，若 $TE1$ 检测的送风温度低于 $TIC01$ 的设定值时， $TIC01$ 输出信号增大，并经电—气转换器 $EAT01$ 变成气动信号，使 $TV2$ 开大；反之，关小。在夏季，若送风温度高于设定温度时， $TIC01$ 的输出信号增大，并经电—气转换器 $EAT01$ 及信号倒相器 $SIN01$ ，使 $TV1$ 开大；反之，关小。

湿度：当露点温度传感器 $TE2$ 检测的送风露点温度低于湿度调节器 $MIC01$ 的设定值时， $MIC01$ 输出信号经电—气转换器 $EAT02$ ，输出压力变化，调节蒸汽加湿阀 MV 的开度。当 MV 全关后，露点温度仍升高时，则控制信号通过信号选择器 $SS01$ 及信号倒相器 $SIN01$ ，使冷水阀 $TV1$ 开大，以控制露点温度恒定，从而保证湿度在所要求的范围内。

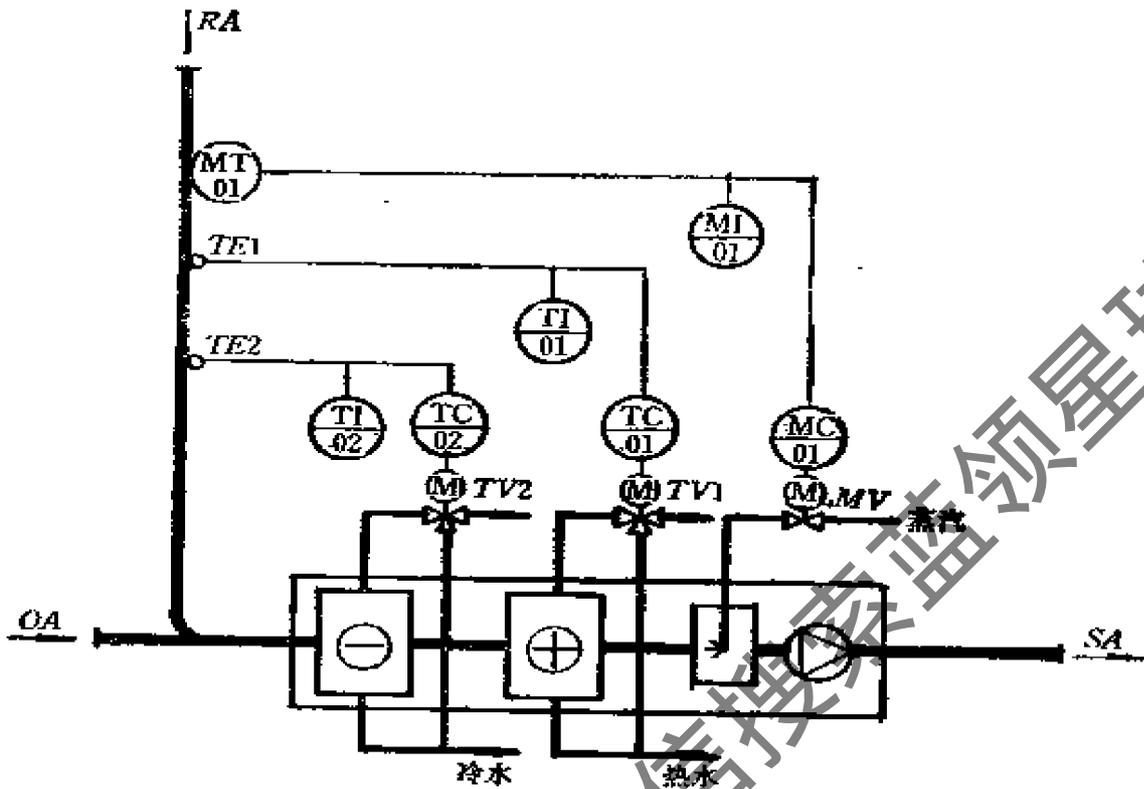
●参考仪表及设备

编 号	名 称	型 号	备 注
$TE1$	风道温度传感器	AEK—01K001	$0\sim 70^{\circ}\text{C}$
$TE2$	风道露点温度传感器	ZEG—D0001	
$TIC01$	温度调节器	JPF—62—D50R —RC—Y	PID
$MIC01$	湿度调节器	JPF—62—D51R	
$EAT01$	电—气转换器	EP—1110	
$EAT02$	电—气转换器	EP—1110	
$SS01$	信号选择器	C—5226	
$SIN01$	信号倒相器	PS—3030	
$TV1$ 、 $TV2$	气动薄膜两通调节阀	V—5410	
MV	气动薄膜两通调节阀	V—5416	

例17 根据回风状态进行送风温、湿度控制

●工作说明

温度：冬季时，根据插入式温度传感器 $TE1$ 检测回风温度，并经温度调节器 $TC01$ 控制热水阀 $TV1$ 。当回风温度低于设定温度值时， $TC01$ 控制电动三通阀 $TV1$ 开大；反之，关小。夏季时，



插入式温度传感器 $TE2$ 检测回风温度，并经温度调节器 $TC02$ 控制冷水阀 $TV2$ ，当回风温度高于设定的温度时，通过 $TC02$ 控制三通电动阀 $TV2$ 开大；反之，关小。这样，保证了送风温度达到要求值。

湿度：利用风道湿度变送器 $MT01$ 检测出回风相对湿度，并将测得的湿度信号送至湿度调节器 $MC01$ 。 $MC01$ 根据湿度的变化作位式控制。当回风湿度低于需要的湿度时， MV 打开加湿；反之， MV 关闭。

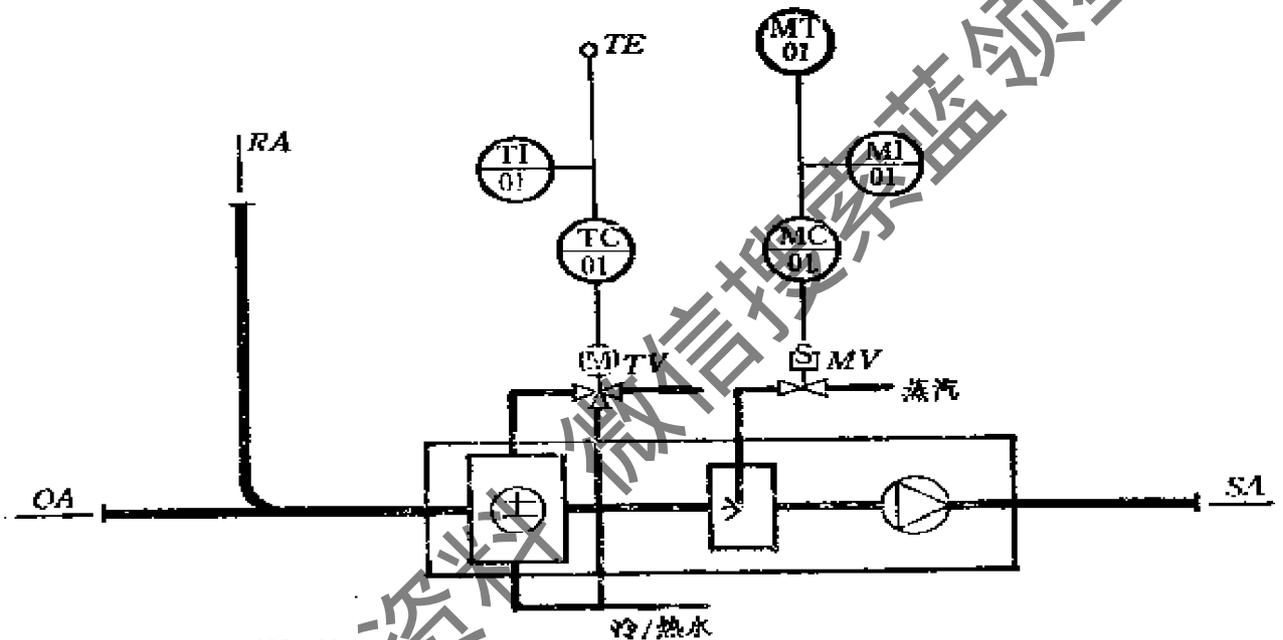
● 参考仪表及设备

编号	名称	型号	备注
$TE1, TE2$	风道温度传感器	EKF020/40	$-20 \sim 40^\circ\text{C}$
$MT01$	风道湿度变送器	EKFM	$10 \sim 85\% \text{RH}$
$MI01$	湿度显示器	EAE0/100	$0 \sim 100\%$
$TI01$	温度显示器	EAT020/40	$-20 \sim 40^\circ\text{C}$

续表

编 号	名 称	型 号	备 注
TC01	温度调节器	ESRL11	PJ
TC02			
MC01	湿度调节器	W61	位式
TV1、TV2	三通电动调节阀	EGSVD	
MV	两通电动调节阀	ZCLF	

例18 共用冷/热盘管的室内温、湿度控制



●工作说明

温度：利用室内温度传感器 TE 检测出室内温度，并经温度调节器 $TC01$ 控制冷/热水阀 TV 。冬季时，将 $TC01$ 上冬/夏切换开关置于“冬”档，当室内温度降低时， $TC01$ 控制 TV 阀开大；反之，关小。夏季时，将 $TC01$ 上冬/夏切换开关置于“夏”档，当室内温度升高时， $TC01$ 控制 TV 阀开大；反之，关小。这样，使室内温度保持在所要求的范围内。

湿度：利用室内湿度变送器 $MT01$ 检测出室内相对湿度，当室内湿度低于设定湿度时，通过湿度调节器 $MC01$ 输出开关信号，使蒸汽加湿阀 MV 打开；反之，将 MV 关闭。

●参考仪表及设备

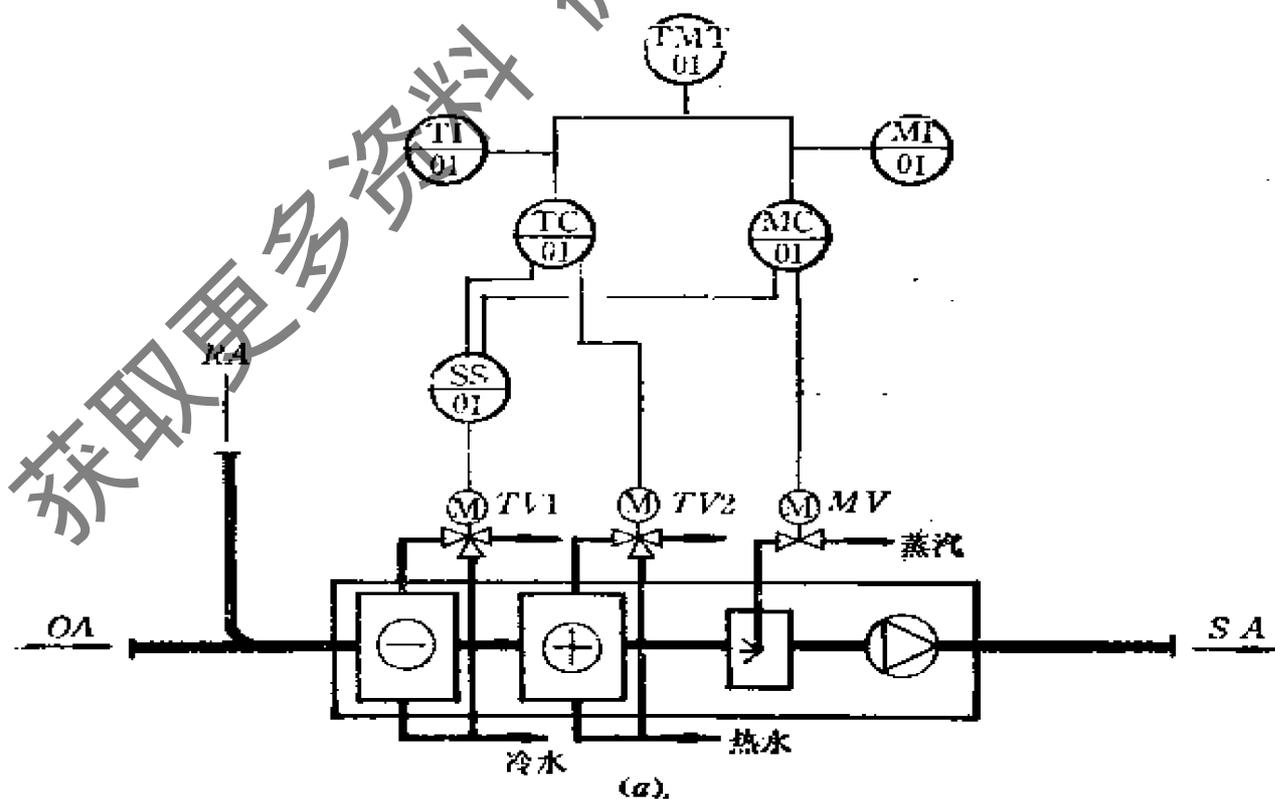
节器TC01使冷水调节阀开大；反之，关小。这样，使室内温度保持在要求的范围内。

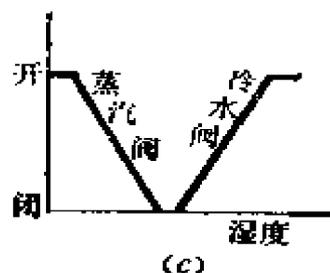
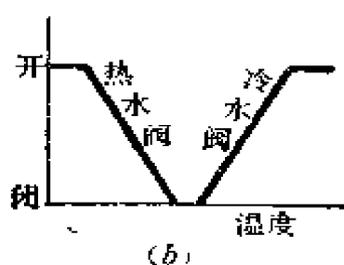
湿度：利用室内温湿度变送器TMT01检测室内湿度，测量信号经湿度调节器MC01控制蒸汽加湿调节阀MV。当室内湿度低于设定湿度时，湿度调节器MC01的输出控制蒸汽加湿调节阀开大；反之，关小。

● 参考仪表及设备

编号	名称	型号	备注
TMT01	带温度传感器的湿度变送器	ERFM020/40	-20~40°C 10~95%RH
MI01	湿度显示器	EAE0/100	0~100%RH
TI01	温度显示器	EAT020/40	-20~40°C
MC01	湿度调节器	ESRL15	PI
TC01	温度调节器	ESRL11	PI
TV1、TV2	三通电动调节阀	EGSVD	
MV	两通电动调节阀	EGSVD	

例20 带信号选择器的室内温、湿度控制





●工作说明

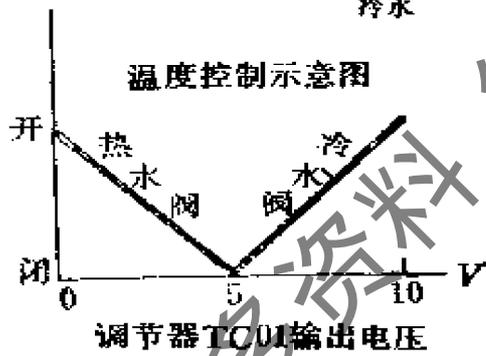
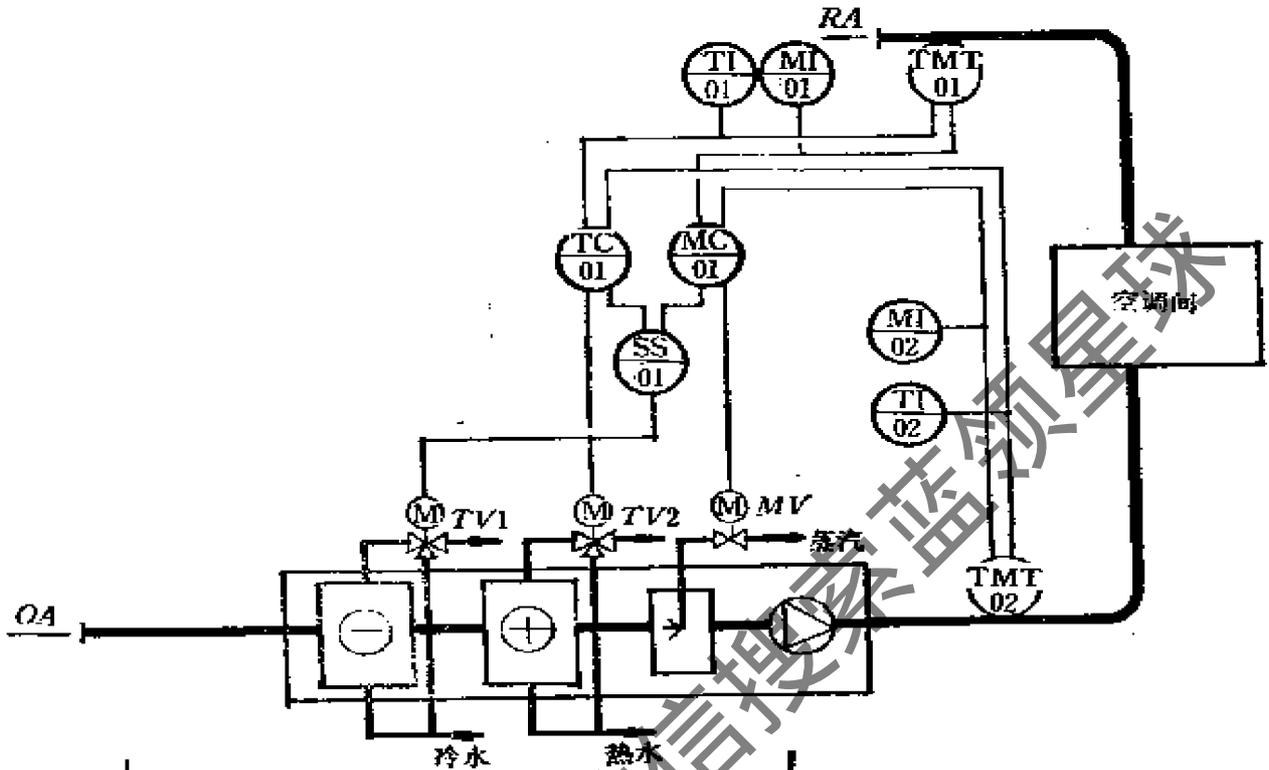
温度：利用室内温湿度变送器 $TMT01$ 检测室内温度，并经温度调节器 $TC01$ 控制冷/热水阀。冬季时，将 $TC01$ 上的冬/夏切换开关置于“冬”档，若室内温度高于设定温度时， $TC01$ 将控制热水调节阀 $TV2$ 关小；反之，开大。夏季时，将 $TC01$ 上的冬/夏切换开关置于“夏”档，若室内温度高于设定温度时，和经 $TC01$ 信号选择器 $SS01$ 后，控制冷水调节阀 $TV1$ 开大；反之，关小，

湿度：利用室内温湿度变送器 $TMT01$ 检测室内湿度，并通过调节器 $MC01$ 控制蒸汽加湿调节阀 MV 或冷水阀 $TV1$ 。冬季时，将 $MC01$ 上冬/夏切换开关置于“冬”档，若室内湿度低于设定湿度时， $MC01$ 控制蒸汽调节阀 MV 开大；反之，关小。当 MV 全关后，室内湿度仍高于设定湿度时， $MC01$ 的控制信号通过信号选择器 $SS01$ 与 $TC01$ 控制信号进行比较，当除湿信号电压高于温度控制信号电压时，则由湿度调节器 $MC01$ 控制冷水调节阀开大，进行除湿。

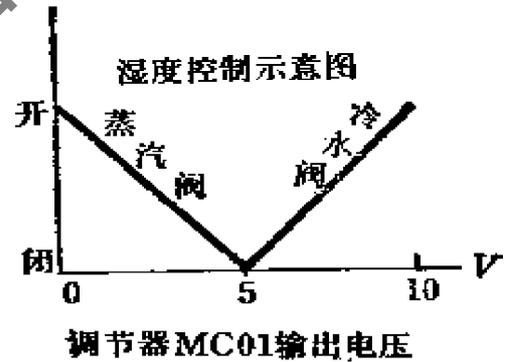
●参考仪表及设备

编 号	名 称	型 号	备 注
$TMT01$	带温度传感器的湿度变送器	ERFM020/40	$-20\sim 40^{\circ}\text{C}$ $10\sim 95\% \text{RH}$
$MT01$	湿度显示器	EAE0/100	$0\sim 100\% \text{RH}$
$TI01$	温度显示器	EAT020/40	$-20\sim 40^{\circ}\text{C}$
$MC01$	湿度调节器	ESRL15	PI
$TC01$	温度调节器	ESRL11	PI
$SS01$	信号选择器	DFC-1400	
MV	两通电动调节阀	EGSVD	
$TV1、TV2$	三通电动调节阀	EGSVD	

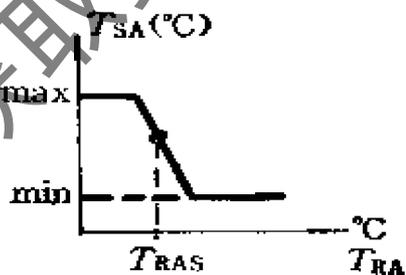
例21 温、湿度串级调节并执行机构分程控制



(b)

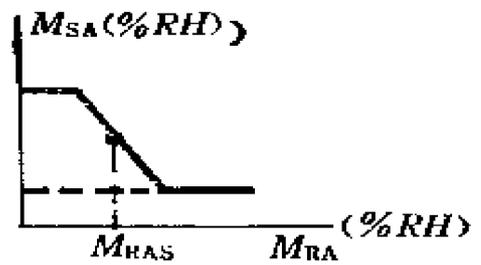


(c)



T_{SA} : 送风温度
 T_{RA} : 回风温度
 T_{RAS} : 回风设定温度

(d)



M_{SA} : 送风相对湿度
 M_{RA} : 回风相对湿度
 M_{RAS} : 回风设定相对湿度

(e)

●工作说明

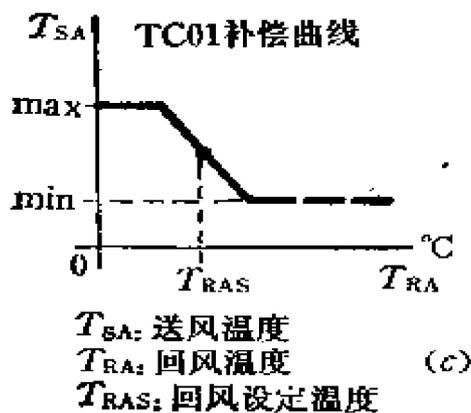
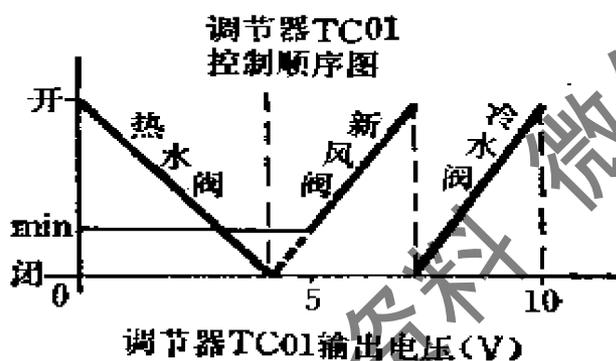
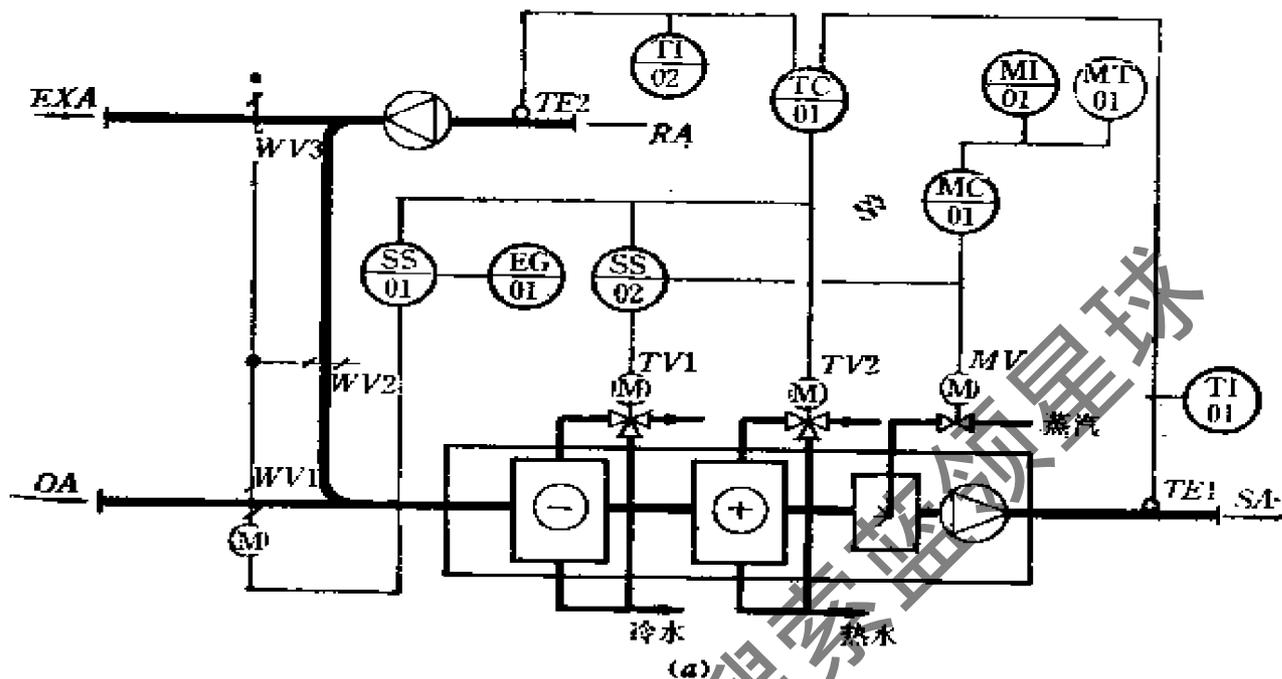
温度：利用 $TMT01$ 、 $TMT02$ 分别测得回风和送风温度，并通过温度调节器 $TC01$ 控制冷/热水调节阀 $TV1$ 、 $TV2$ ，调节器 $TC01$ 以回风温度为主调参数，送风温度为副调参数，用回风温度重调送风温度给定值。冬季时，若回风温度低于给定温度值时，热水调节阀 $TV2$ 开大，提高送风温度；反之， $TV2$ 关小，降低送风温度。夏季时，若回风温度高于给定温度值时，冷水调节阀 $TV1$ 开大，使送风温度降低；反之， $TV1$ 关小，提高送风温度，使室内温度保持在所要求的范围内（见图 b 、 d ）。

湿度：利用 $TMT01$ 、 $TMT02$ 分别测得回风和送风湿度，并将湿度变换成 $0\sim 10V$ 直流电压信号送至湿度调节器 $MC01$ 。 $MC01$ 根据回风湿度的变化控制蒸汽加湿调节阀 MV 和冷水调节阀 $TV1$ ，调节送风湿度。冬季时，当回风湿度低于给定湿度值时，蒸汽加湿调节阀 MV 开大，提高送风湿度；反之， MV 关小。当 MV 全关后，回风湿度仍然高于设定时， $MC01$ 输出信号，经信号选择器 $SS01$ 后（若 $MC01$ 的信号电压高于 $TC01$ 的信号电压），控制冷水阀 $TV1$ 开大降湿。

●参考仪表及设备

编 号	名 称	型 号	备 注
$TI01$ 、 $TI02$	温度显示器	EAT020/40	$-20\sim 40^{\circ}C$
$TMT01$ 、 $TMT02$	带温度传感器的湿度变送器	EKFM020/40	$-20\sim 40^{\circ}C$ $10\sim 85\%RH$
$MI01$ 、 $MI02$	湿度显示器	EAE0/100	$0\sim 100\%RH$
$TC01$	温度调节器	ESRL31	PI
$MC01$	湿度调节器	ESRL35	PI
$SS01$	信号选择器	二极管电路	
$TV1$ 、 $TV2$	三通电动调节阀	EGSVD	
MV	阀两通电动调节	EGSVD	

例22 送、回风温度串级调节和湿度选择控制



● 工作说明

温度：风道温度传感器 $TE1$ 、 $TE2$ 分别检测送风和回风温度，并将信号送至温度调节器 $TC01$ 。 $TC01$ 以回风温度为主调参数，送风温度为副调参数，用回风温度重调送风温度给定值。送风温度是在某一最高和最低温度值内由回风温度按照图C的补偿曲线进行补偿。 $TC01$ 温度调节器根据送风、回风温度按顺序控制热水调节阀 $TV2$ 、新风阀 $WV1$ 和冷水调节阀 $TV1$ （见图b）。

电压给定器 $EG01$ 的功能是设定新风阀的最小开度， $EG01$

和 $TC01$ 的信号同时送至信号选择器 $SS01$ ，当 $EG01$ 的给定电压高于 $TC01$ 的输出电压时，新风阀由 $EG01$ 控制在最小开度。

湿度：利用室内湿度变送器 $MT01$ 检测室内湿度，并转换成 $0\sim 10VDC$ 信号送至湿度调节器 $MC01$ 。 $MC01$ 根据室内湿度的变化控制蒸汽加湿调节阀 MV 和冷水调节阀 $TV1$ 。当室内湿度低于设定值时， MV 开大加湿；反之，关小。当 MV 全关后，室内湿度仍然超过设定值时， $MC01$ 输出信号至信号选择器 $SS02$ 。当 $MC01$ 的输出信号电压高于 $TC01$ 的输出电压时，则 $MC01$ 控制冷水调节阀 $TV1$ 开大降湿，使室内湿度保持在所要求的范围内。

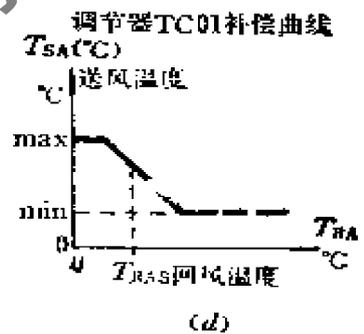
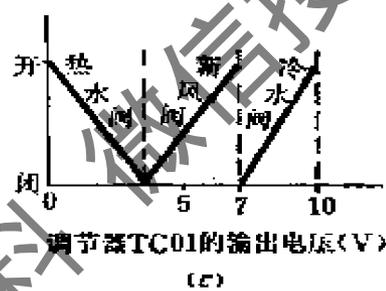
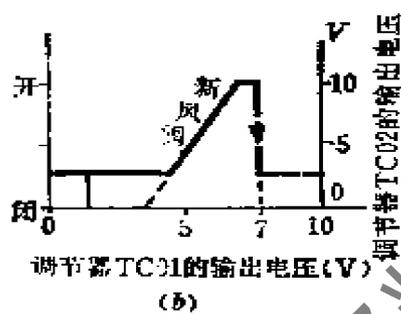
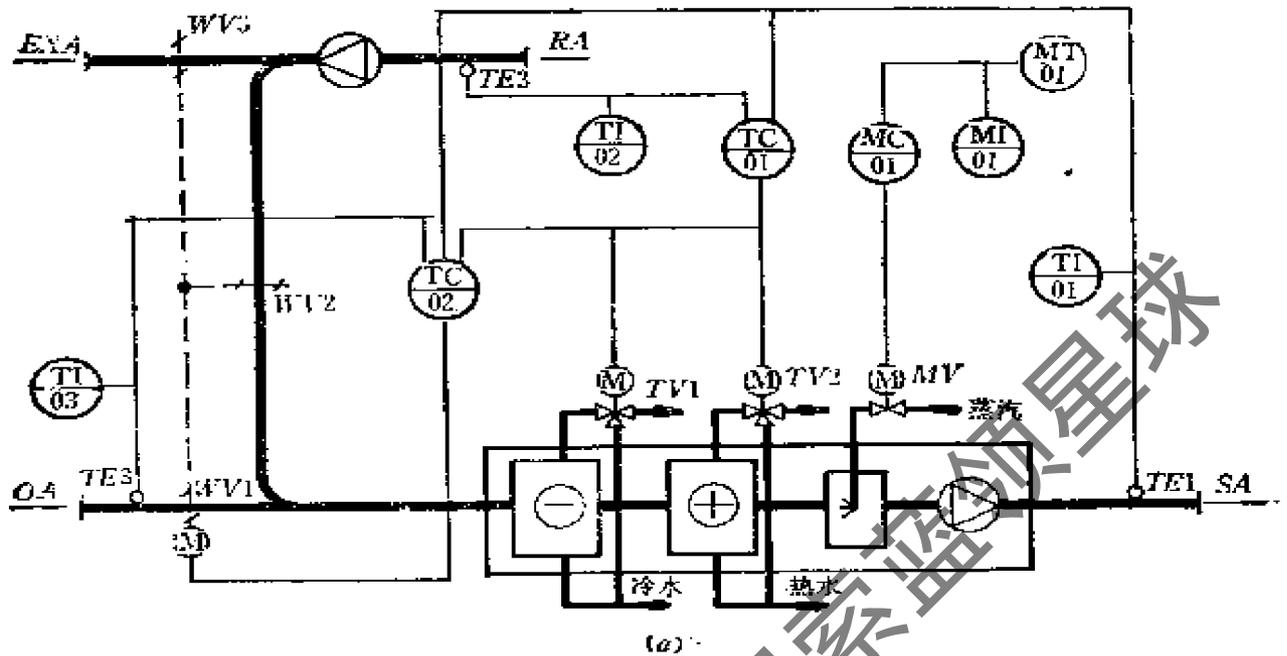
●参考仪表及设备

编 号	名 称	型 号	备 注
$TE1$ 、 $TE2$	风道温度传感器	EKF020/40	$-20\sim 40^{\circ}C$
$TJ01$ 、 $TJ02$	温度显示器	EAT020/40	$-20\sim 40^{\circ}C$
$MJ01$	湿度显示器	EAE0/100	$0\sim 100\%RH$
$MC01$	湿度调节器	ESRL15	PI
$MT01$	湿度变送器	ERFM	$10\sim 85\%RH$
$SS01$ $SS02$	信号选择器	二极管电路	
$EG01$	电压给定器	ESTS	$0\sim 10VDC$
$TC01$	温度调节器	ESRL31	PI
$TV1$ 、 $TV2$	三通电动调节阀	EGSVD	
MV	两通电动调节阀	EGSVD	
$EV1\sim EV3$	电动风阀 风阀执行器	D ₄ 系列 SM24SRS	

例23 按新风温度选择风阀开度的送、回风温度串级调节

●工作说明

温度：利用风道温度传感器 $TE1$ 和 $TE2$ 分别测得送风和回风温度，并将信号送至温度调节器 $TC01$ 。 $TC01$ 以回风温度为主调参数，送风温度为副调参数，以回风温度重调送风温度给定点（见图d）。调节器 $TC01$ 的输出按顺序控制热水调节阀、新风阀



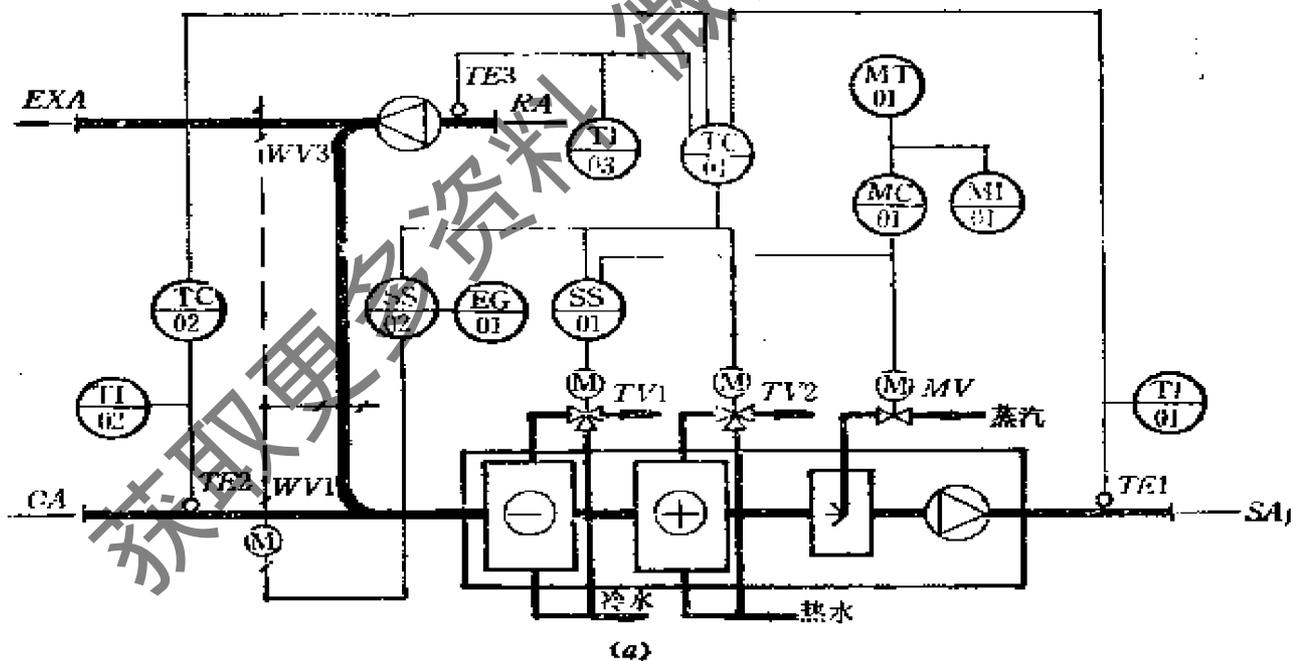
和冷水调节阀（见图c）， $TE3$ 检测新风温度，并将其信号和送风温度信号及 $TC01$ 调节器输出信号同时送至 $TC02$ 。 $TC02$ 根据这些控制信号调节新风阀 $WV1$ 的开度。冬季时，新风阀控制在最小开度，过渡季节时，新风阀按一定比例开大或关小；夏季时，新风阀控制在最小开度（见图b）。

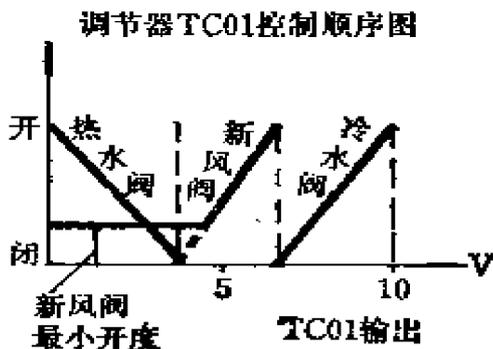
湿度：利用室内湿度变送器 $MT01$ 检测室内湿度，并将测量信号送至湿度调节器 $MC01$ 。 $MC01$ 的输出控制蒸汽加湿调节阀 MV 。当室内湿度低于设定值时， MV 开大加湿；反之， MV 关小。

● 参考仪表及设备

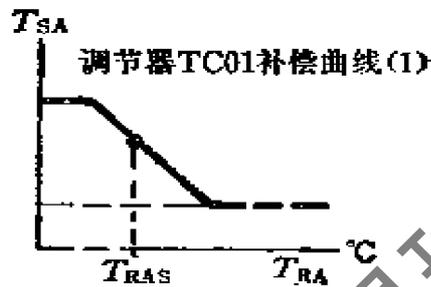
编 号	名 称	型 号	备 注
TE1~TE3	风道温度传感器	EKF020/40	-20~40℃
MT01	室内湿度变送器	ERFM	10~85%RH
MT01	湿度显示器	EAE0/100	0~100%RH
MC01	湿度调节器	ESRL15	PI
TC01	温度调节器	ESRL31	串级
TC02	温度调节器	ESRL41	
TI01~TI03	温度显示器	EAT020/40	-20~40℃
TV1、TV2	三通电动调节阀	EGSVD	
MV	两通电动调节阀	EGSVD	
WV1~WV3	电动风阀	D ₂ 系列	
	风阀执行器	SM24SRS	

例24 新风补偿，送、回风温、湿度控制



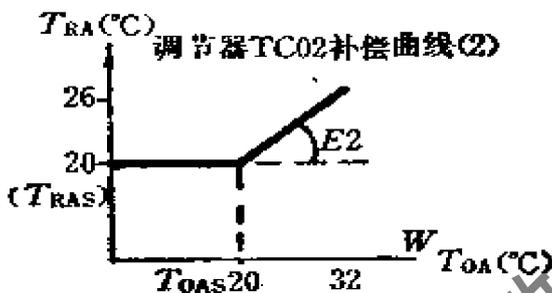


(b)



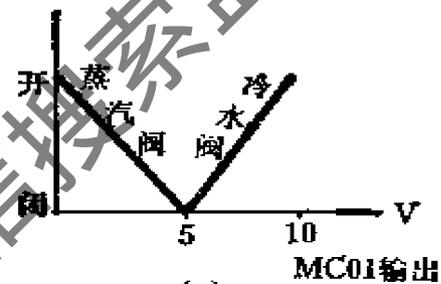
T_{SA} : 送风温度
 T_{RA} : 回风温度
 T_{RAS} : 回风设定温度

(c)



T_{RA} : 回风温度
 T_{RAS} : 回风设定温度
 T_{OA} : 新风温度
 T_{OAS} : 新风设定温度

(d)



(e)

●工作说明

温度：利用风道温度传感器 $TE1$ 、 $TE3$ 分别测得送风和回风温度，并将信号送至温度调节器 $TC01$ ，并由回风温度重调送风温度给定值。调节器 $TC01$ 的输出电压分程控制热水调节阀、新风阀和冷水调节阀（见图 b ）。利用风道温度传感器 $TE2$ 检测新风温度，经调节器 $TC02$ ，输出信号给 $TC01$ ，则新风补偿调节情况如图 d 。补偿曲线(2)，显示了调节器 $TC02$ 的输出电压所对应的温度在 $20 \sim 32^{\circ}C$ 之间变化，而回风温度在 $20 \sim 26^{\circ}C$ 之间变化。

电压给定器 $EG01$ 给出某一恒定电压至选择器 $SS02$ ，当 $TC01$ 输出低于该电压时，使 $WV1$ 处于最小开度。

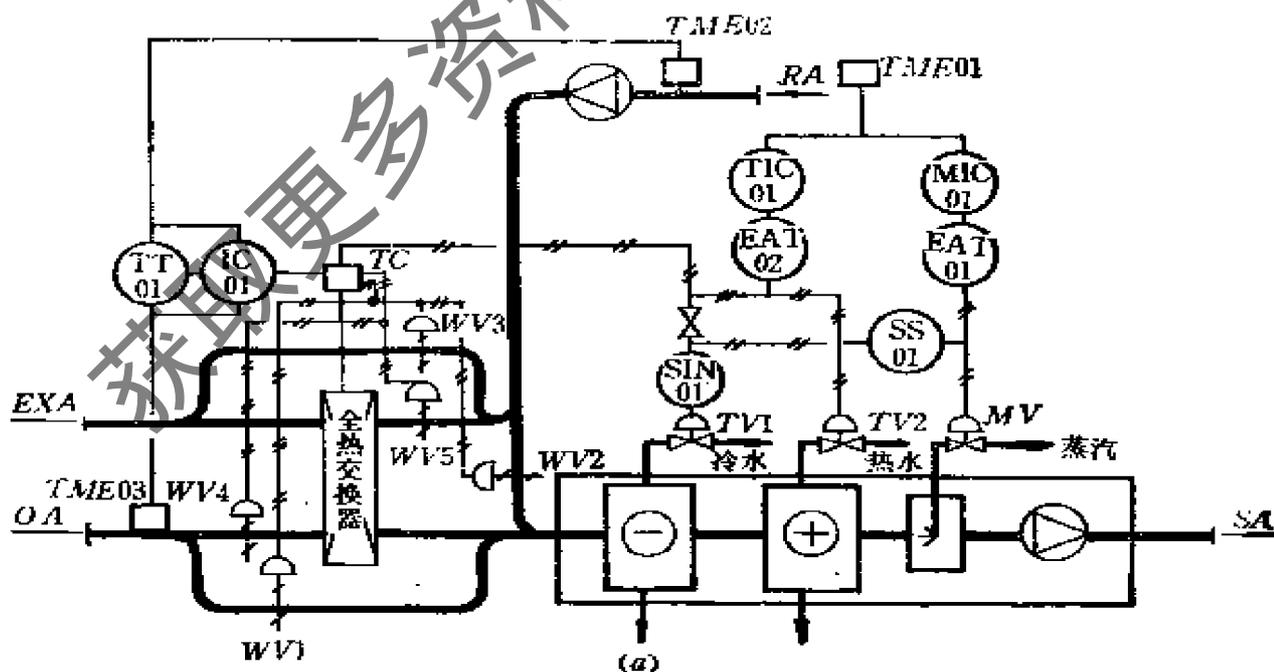
湿度：利用室内湿度变送器 $MT01$ 检测室内湿度，测量信号

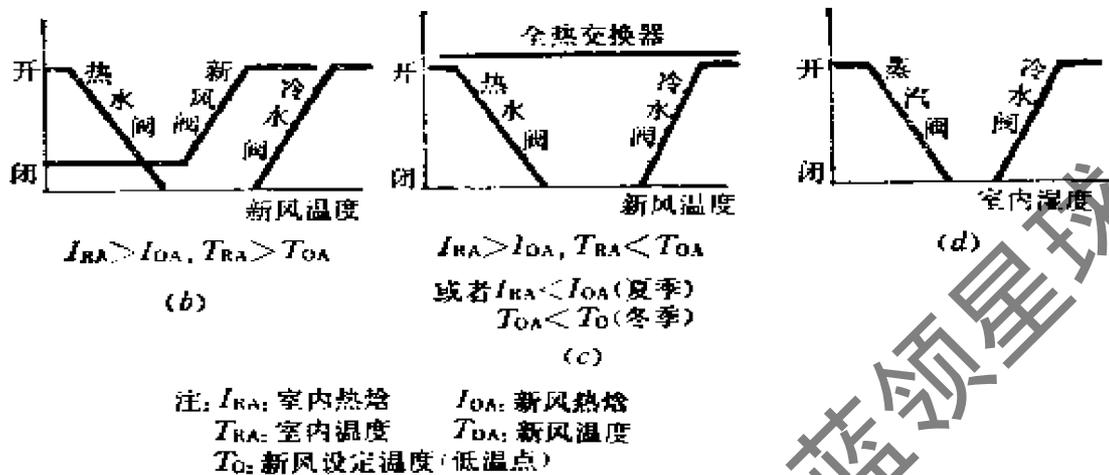
送至湿度调节器MC01。当室内湿度变化时，MC01按图e所示，分程控制蒸汽加湿调节阀MV和冷水调节阀TV1。

● 参考仪表及设备

编号	名称	型号	备注
MT01	室内湿度变送器	ERFM	10~85%RH
MC01	湿度调节器	ESRL15	PI
MI01	湿度显示器	EAE0/100	0~100%RH
TI01~TI03	温度显示器	EAT020/40	-20~40°C
SS01	信号选择器	二极管电路	
EG01	电压给定器	ESTS	0~10VDC
TE1~TE3	风道温度传感器	EKF020/40	-20~40°C
TC01	温度调节器	ESRL11	PI
TC02	温度调节器	ESRL11	PI
WV1~WV3	电动风阀	D ₂ 系列	
	风阀执行器	SM24SRS	
TV1、TV2	三通电动调节阀	VB5×16	
MV	两通电动调节阀	VB5×16	

例25 按新、回风焓值进行室内温度控制





●工作说明

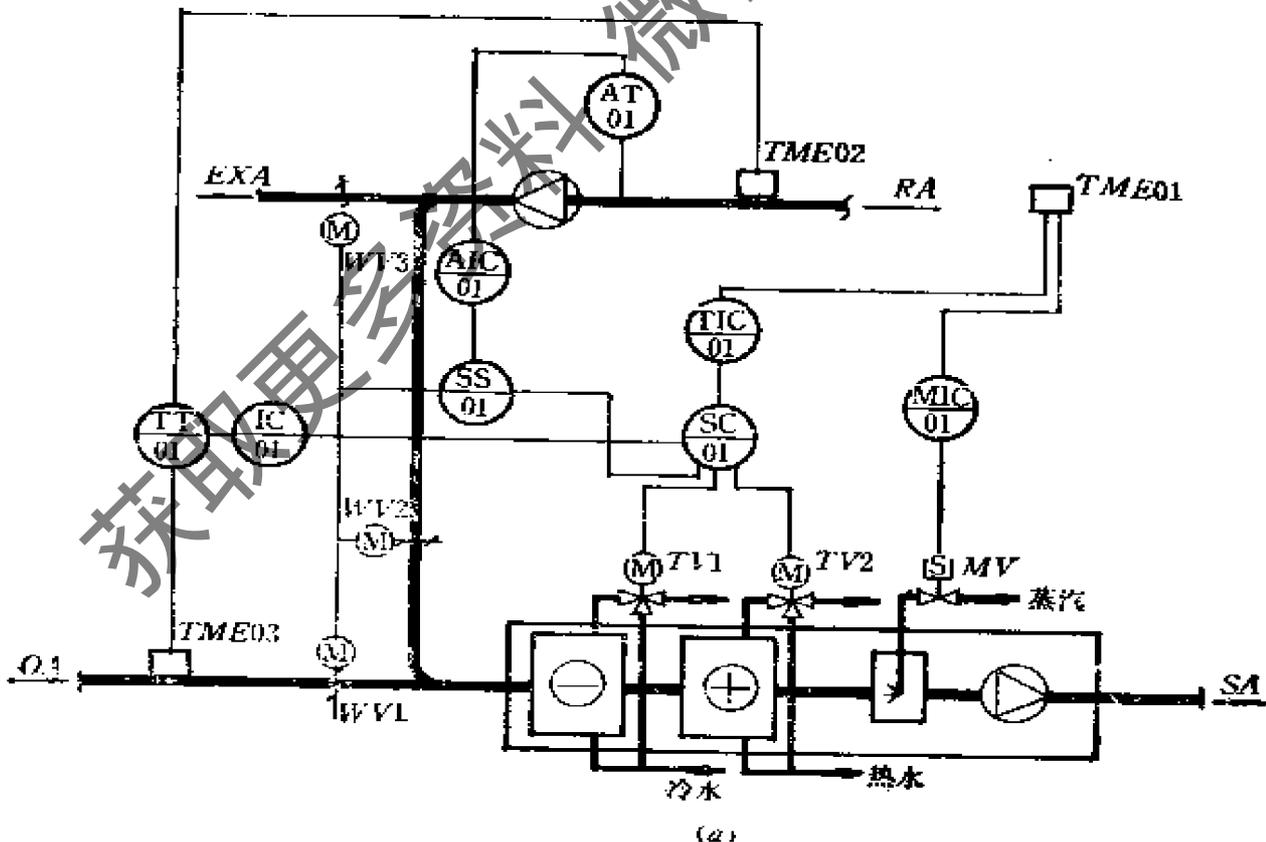
温度: 利用插入式风道温湿度传感器 $TME02$ 、 $TME03$ 分别检测回风和新风的温湿度, 并将其信号送至变送器 $TTO1$, 再经热焓比较器 $IC01$ 后, 输出位式接点控制切换回路 TC , 并通过 TC 控制各风阀。当新风热焓 I_{OA} 比室内热焓低, 而且新风温度比室内温度低时, $IC01$ 输出的接点接通, 经切换回路 TC 将旁路风阀 $WV1 \sim WV3$ 打开, 并由温度调节器 $TIC01$ 分程控制冷/热水调节阀及新风阀 (见图 b)。当新风热焓比室内热焓高时, 并在新风温度降至最低设定点 T_0 的状态下, $IC01$ 输出接点断开, 切换回路 TC 使风阀 $WV1 \sim WV3$ 关闭; 同时, 控制 $MV4$ 、 $MV5$ 打开, 全热交换器投入运行; 另外, 温度调节器 $TIC01$ 仍根据室内温湿度变化对冷/热水阀进行控制 (见图 c)。

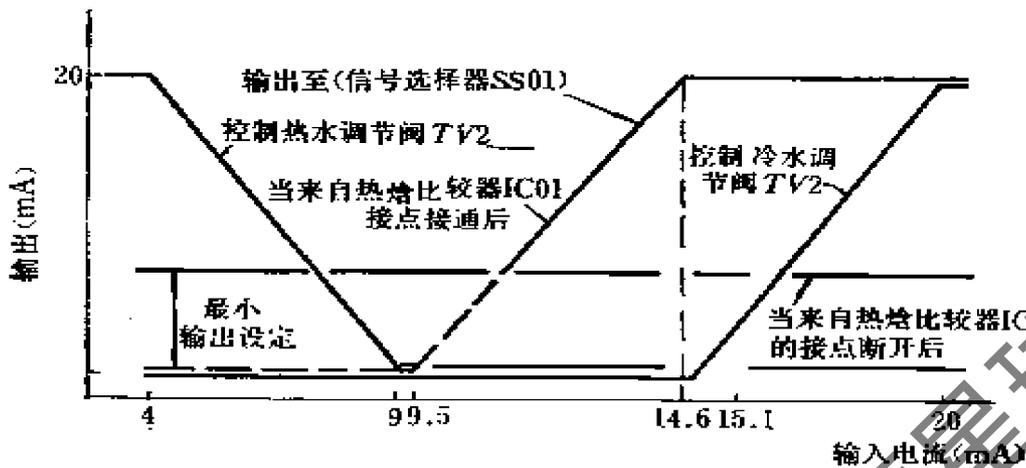
湿度: 利用室内温湿度传感器 $TME01$ 检测室内湿度, 当室内湿度低于设定值时, 湿度调节器 $MIC01$ 控制蒸汽加湿阀 MV 开大加湿。当室内湿度增大时, $MIC01$ 控制 MV 关小, 当全关后湿度仍然增大时, 则 $MIC01$ 控制信号通过 $SS01$ 选择器控制冷水阀开大除湿 (见图 d)。

●参考仪表及设备

编 号	名 称	型 号	备 注
TME01	室内温湿度传感器	JHD-102	10~40 °C 30~90%RH
TME02	插入式风道温湿度	JHD-102D	10~40 °C 30~90%RH
TME03	传感器		
TIC01	温度调节器	JPF-62-D50R-RC	PID
MIC01	湿度调节器	JPF-62-D50R-I	PID
EAT01	电—气转换器	EP-1110	
EAT02			
SIN01	信号倒相器	PS-3030	
TT01	温度变送器	TEG-C4A7B2	
SS01	信号选择器	C-5226	
IC01	热焓比较器	TXK-A7321	
TV1、TV2	气动薄膜调节阀	V-5410	
MV	气动薄膜调节阀	V-5416	
WV1~WV3	气动风阀	D-3153/PP	
WV4、WV5	气动风阀	D-3153	

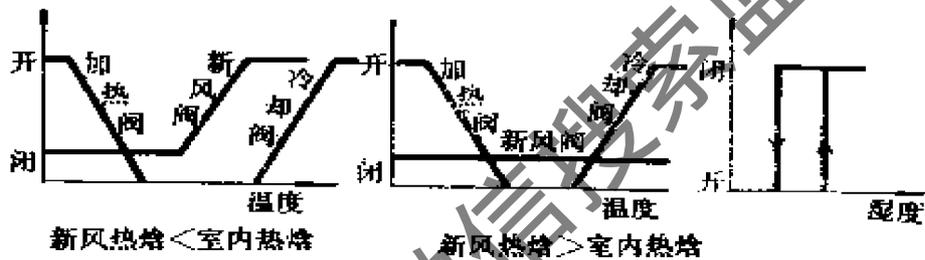
例26 利用回风CO₂含量校正新风量的温、湿度控制





顺控器(SC01)工作特性

(b)



(c)

(d)

(e)

●工作说明

温度：利用室内温湿度传感器 $TME01$ 检测室内温度，并通过温度调节器 $TIC01$ 及顺控器 $SC01$ 控制冷/热水三通电动调节阀 $TV1$ 、 $TV2$ 。另外，用插入式风道温湿度传感器 $TME02$ 、 $TME03$ 分别测得回风及新风的温度和相对湿度，并经温度变换器 $TT01$ 、热焓比较器 $IC01$ 进行比较；当新风热焓比室内热焓低时，则通过顺控器 $SC01$ 和信号选择器 $SS01$ 后，控制电动风阀 $WV1 \sim WV3$ ，对新风进行调节（见图 c ）；当新风热焓比室内热焓高时，则将电动风阀 $WV1$ 控制在设计所需最小新风的开度（见图 d ）。同时，利用 $AT01$ 检测回风 CO_2 的浓度，当其浓度超过设定值时，经 $AIC01$ 调节器的输出高于 $SC01$ 的输出时，经选择器 $SS01$ 的输出控制信号使新风阀 $WV1$ 开大。

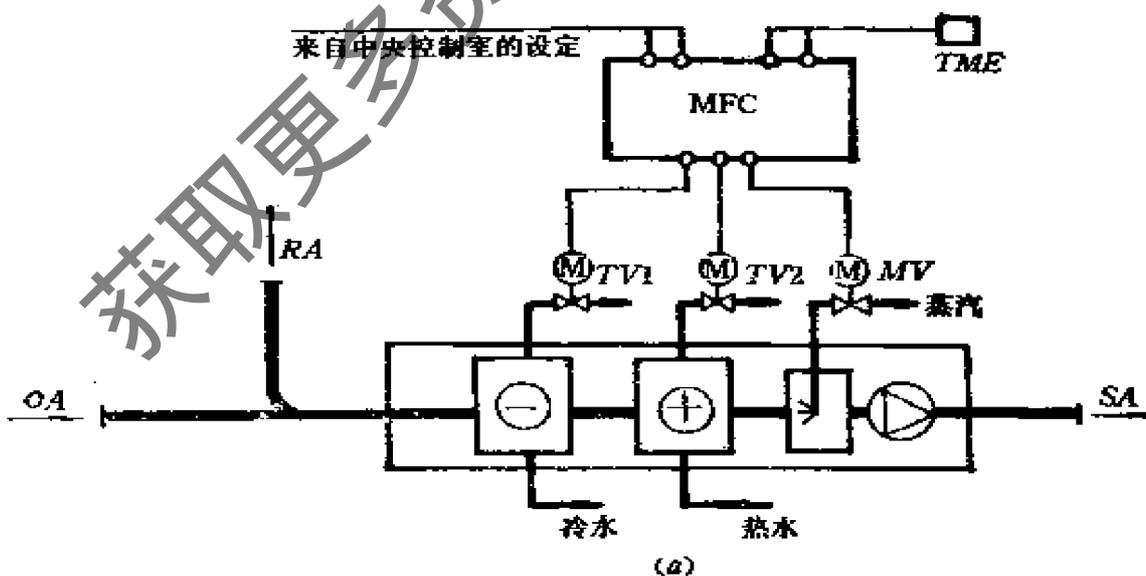
湿度：利用室内温湿度传感器 $TME01$ 检测室内相对湿度，并经湿度调节器 $MIC01$ 对蒸汽加湿阀进行控制。当室内湿度低于

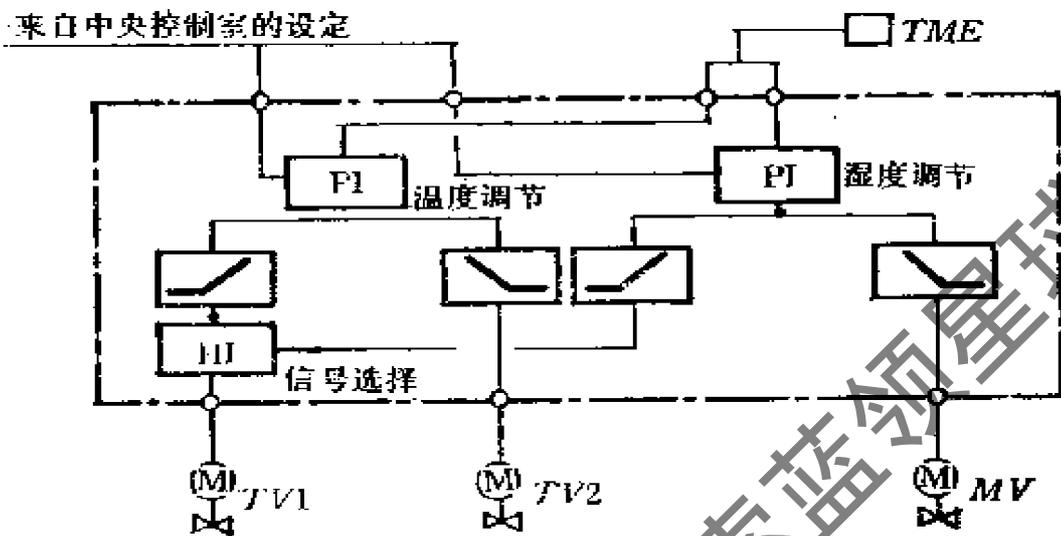
所要求的湿度时，经MIC01打开电磁阀MV，并加湿（见图e）。

●参考仪表及设备

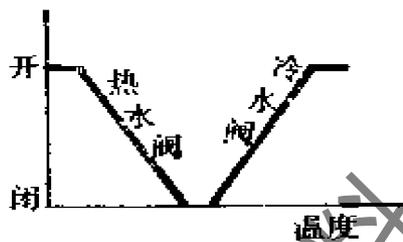
编 号	名 称	型 号	备 注
TME01	室内温湿度传感器	JHD—102	10~40℃ 20~90%RH
TME02	插入式风道温湿度传感器	JHD—100	10~40℃
TME03			20~90%RH
AT01	CO ₂ 浓度计	JIR—51	0~2000ppm
MIC01	湿度调节器	JPN-6-D11M-RC	位式
TIC01	温度调节器	JPN-62-D50R—RC	PID
SC01	顺控器	EXK—A71	
AIC01	电子式指示调节器	JPF-62-D51R	PID
SS01	信号选择器	HXK—A71H	
IC01	热焓比较器	TXK—A7321	
TT01	温度变换器	TEG—C4A7B2	
TV1、TV2	三通电动调节阀	V—5065A	
MV	两通电磁阀	RMV—2512GXS	
WV1~WV3	电动风阀	Q605A	

例27 采用多功能调节器外设定温、湿度控制

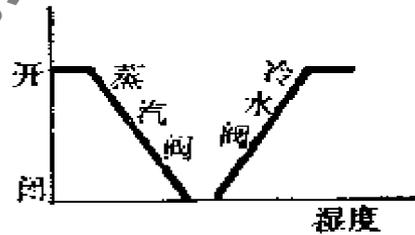




多功能调节器MFC内部装置及与本系统的外部连接图
(b)



(c)



(d)

●工作说明

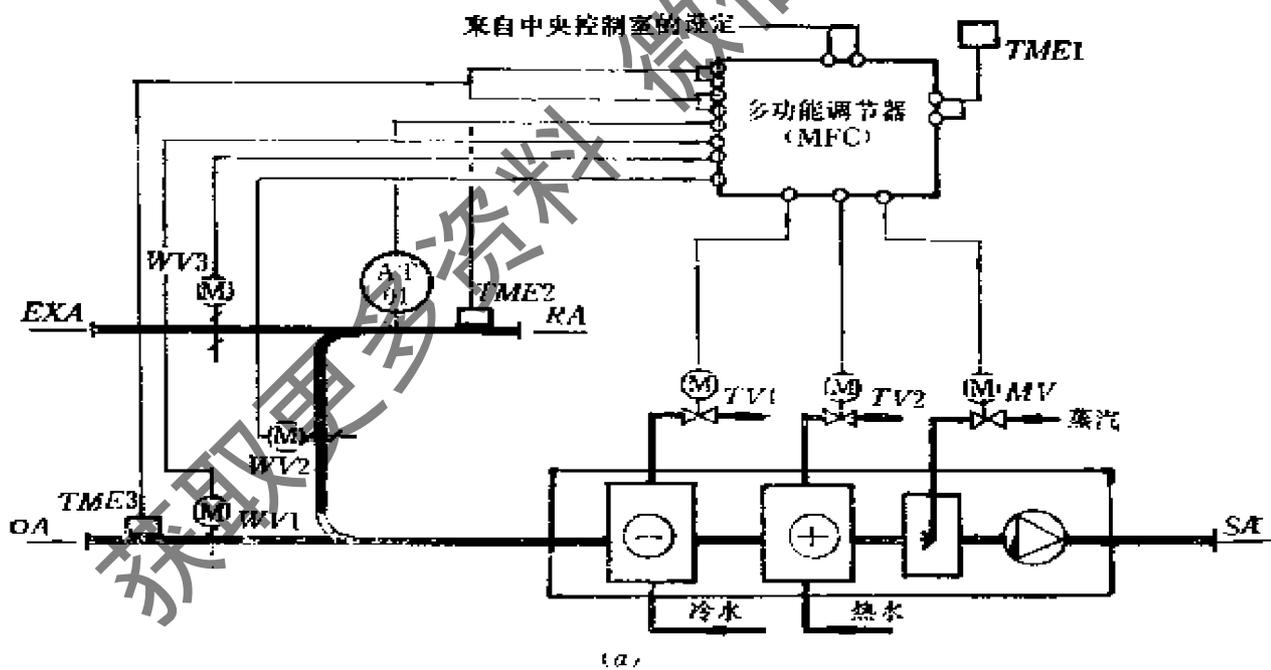
温度：利用室内温湿度传感器 TME 检测室内温度，并将其信号送至多功能调节器 MFC 。 MFC 根据室温变化分程控制冷/热水调节阀 $TV1$ 、 $TV2$ 。冬季时，一旦室内温度低于由中央控制室所设定的温度， $TV2$ 开大；反之，关小。在夏季，当室内温度高于设定的温度时， $TV1$ 开大；反之，关小。

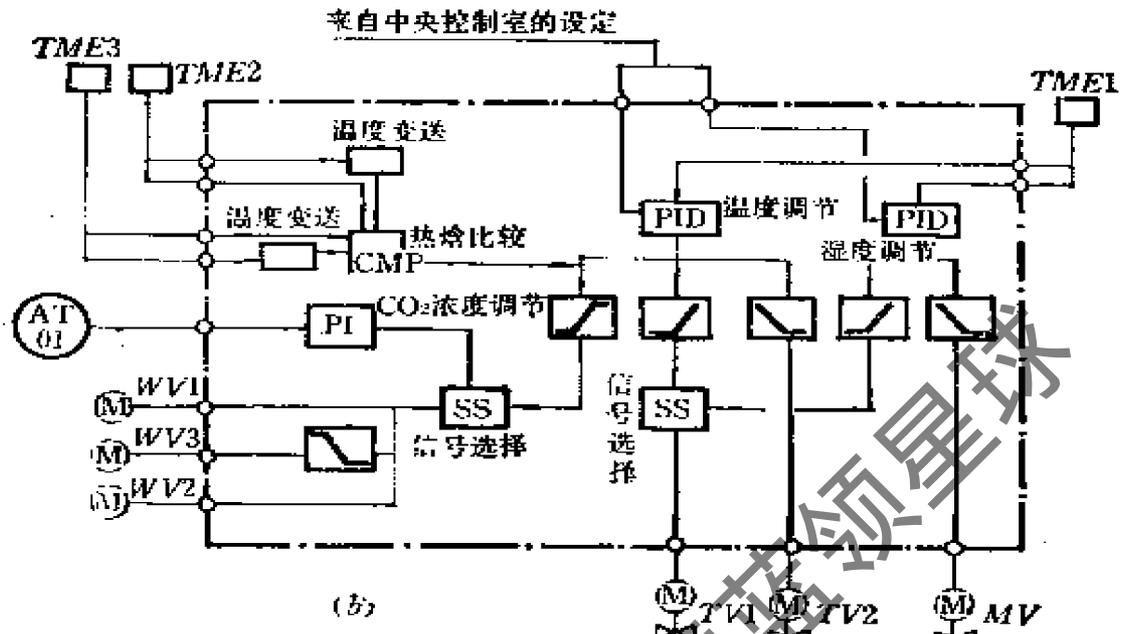
湿度：利用室内温湿度传感器 TME 检测室内湿度，并将其信号送至 MFC 。 MFC 根据室内湿度变化分程控制蒸汽调节阀 MV 和冷水调节阀 $TV1$ 。当室内湿度高于由中央控制室所设定的湿度时， MV 关小，当 MV 全关闭后，而室内湿度仍增大时， MFC 控制冷水调节阀 $TV1$ 开大降湿。

● 参考仪表及设备

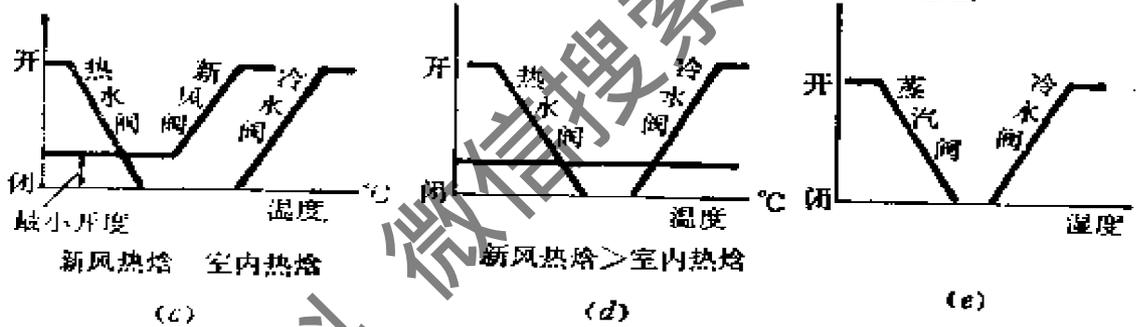
编 号	名 称	范 号	备 注
TME	室内温湿度传感器	JHD—102	
MFC	多功能调节器	MLC—001	
TV1、TV2	两通电动调节阀	V—5036A	
MV	两通电动调节阀	V—5036A	

例28 采用多功能调节器，并按回风CO₂含量控制新风量的温、湿度控制





(b) 多功能调节器(MFC)内部装置及与本系统的外部连接示意图



●工作说明

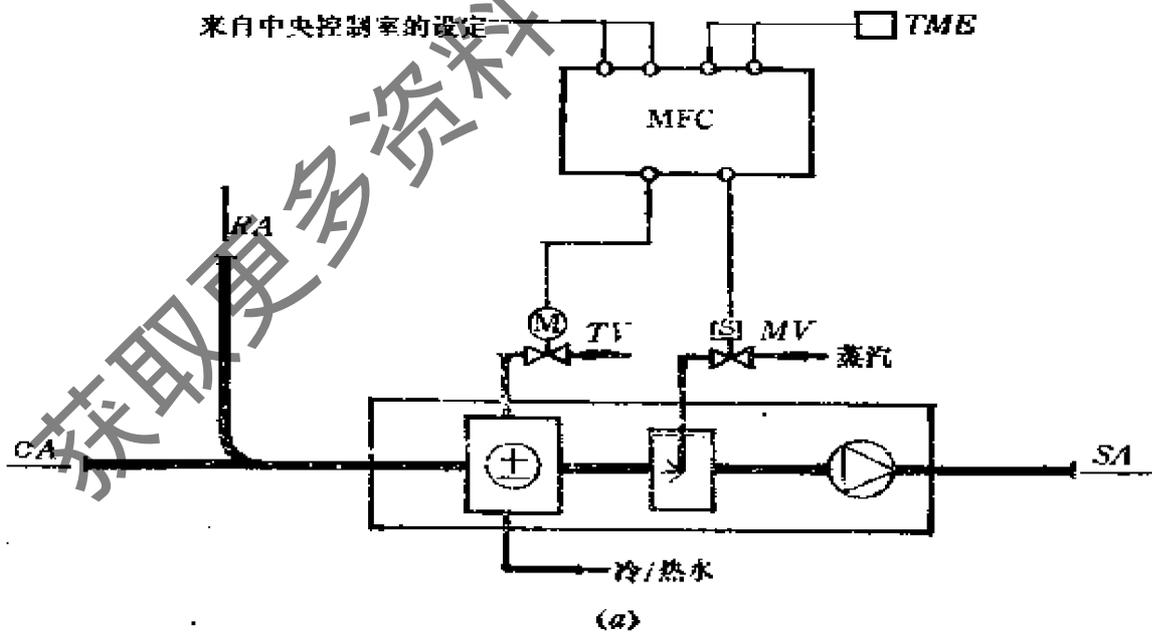
温度：利用室内温湿度传感器 $TME1$ 和插入式风道温湿度传感器 $TME2$ 、 $TME3$ 分别测得室内、回风、新风的温湿度，用 CO_2 浓度计 $AT01$ 测得回风 CO_2 浓度，将这些温湿度信号及 CO_2 浓度信号送至多功能调节器 MFC 。并且根据新风热焓大于或小于室内热焓的不同情况分程控制热水阀、新风阀、冷水阀的开启。当回风 CO_2 浓度增高时，将新风阀开大。

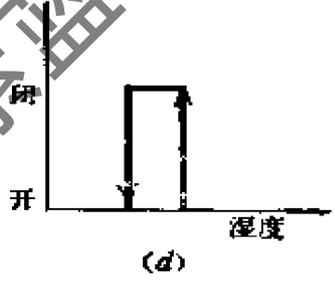
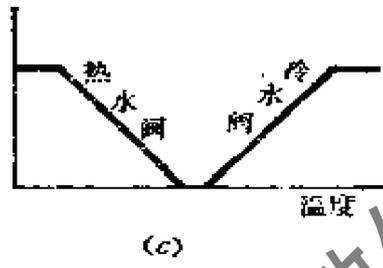
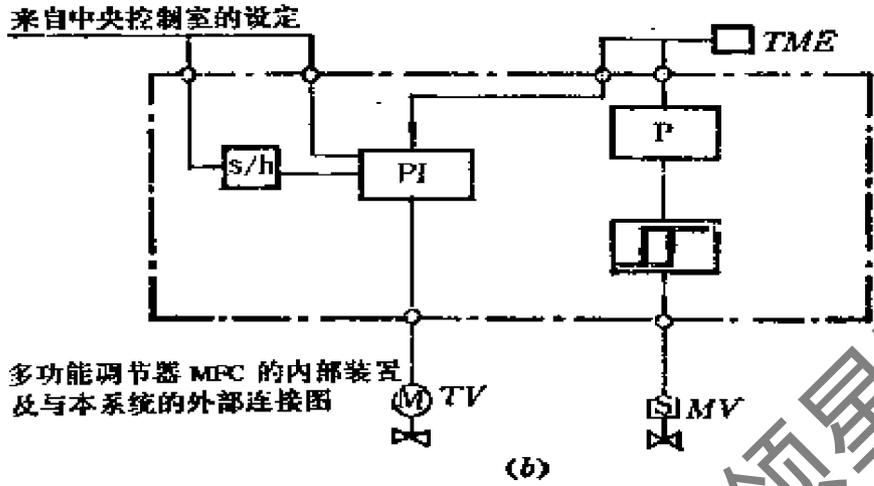
湿度：利用室内温湿度传感器 $TME1$ 检测室内湿度，并通过 MFC 控制蒸汽调节阀和冷水调节阀。当室内湿度高于设定值时，蒸汽加湿调节阀关小。当室内湿度仍增加， MV 全关后，若室内湿度仍高于设定值时，则 MFC 控制冷水调节阀 $TV1$ 开大降湿。

● 参考仪表及设备

编 号	名 称	型 号	备 注
TME1	室内温湿度传感器	JHD-102	10~40°C 20~90%RH
TME2、 TME3	风道温湿度传感器	JHD-100	10~40°C 20~90%RH
AT01	CO ₂ 浓度计	JIR-51	0~2000ppm
MFC	多功能调节器	FCM	
WV1~WV3	电动风阀	Q695A	
TV1、TV2	两通电动调节阀	V-5063A	
MV	两通电动调节阀	V-5063A	

例29 采用多功能调节器，并按室内温、湿度进行温、湿度控制





● 工作说明

温度：利用室内温湿度传感器 TME 检测室内温度，并通过多功能调节器 MFC 控制冷/热水阀 TV 。冬季时，一旦室内温度低于由中央控制室所设定的温度时， MFC 控制两通电动调节阀 TV （热水）开大；反之，关小。夏季时，若室内温度升高， MFC 控制 TV （冷水）调节阀开大；反之，关小。

湿度：利用室内温湿度传感器 TME 检测室内湿度，并通过多功能调节器 MFC 控制蒸汽加湿阀 MV ，当室内湿度低于由中央控制室所设定的湿度时， MV 打开；反之，关闭。

● 参考仪表及设备

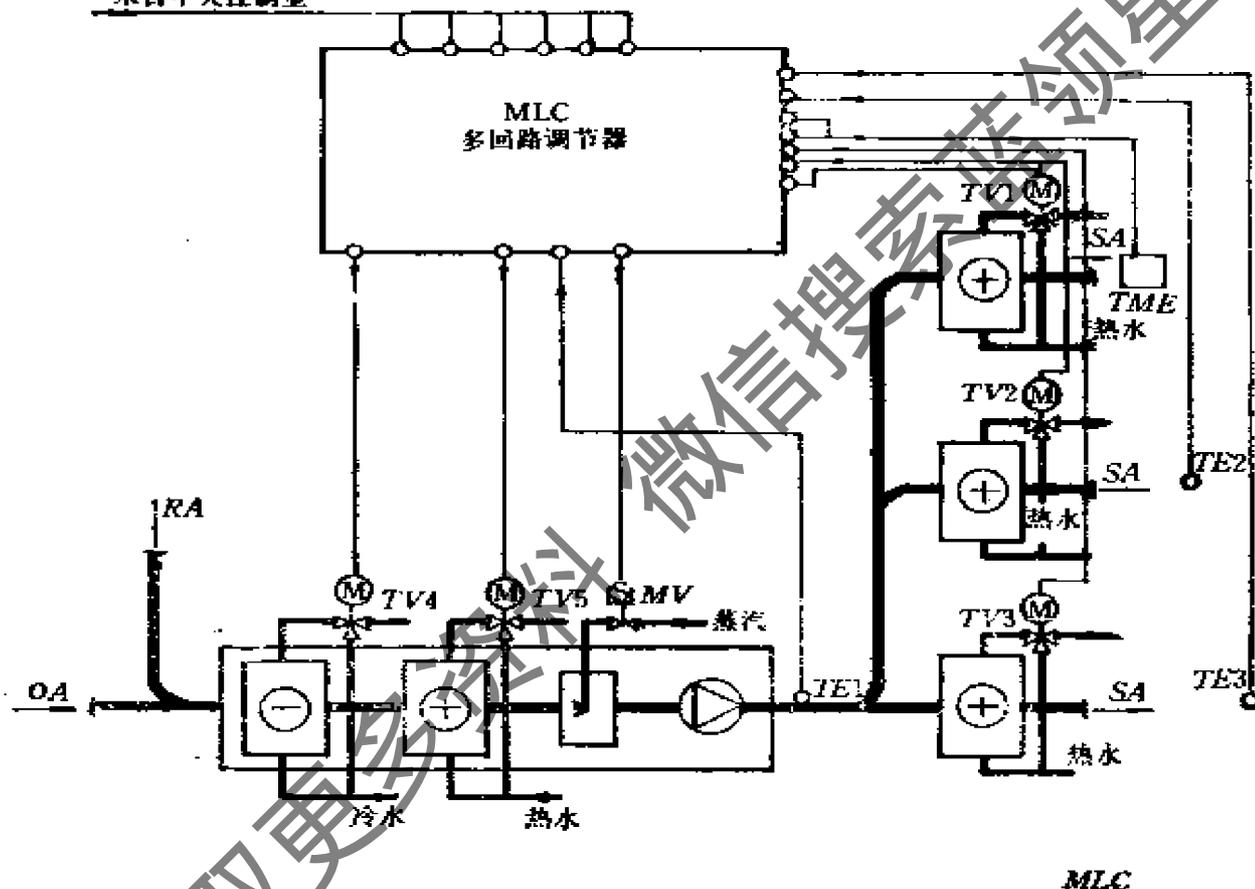
编号	名称	型号	备注
TME	室内温湿度传感器	JHD—102	10~40℃ 20~90%RH

续表

编号	名称	型号	备注
<i>MLC</i>	多功能调节器	MLC-002	<i>PI</i>
<i>TV</i>	两通电动调节阀	V-5063	
<i>MV</i>	两通电磁阀	RMV-2512GXS	

例30 利用多回路调节器的多区域二次加热控制

来自中央控制室



工作说明

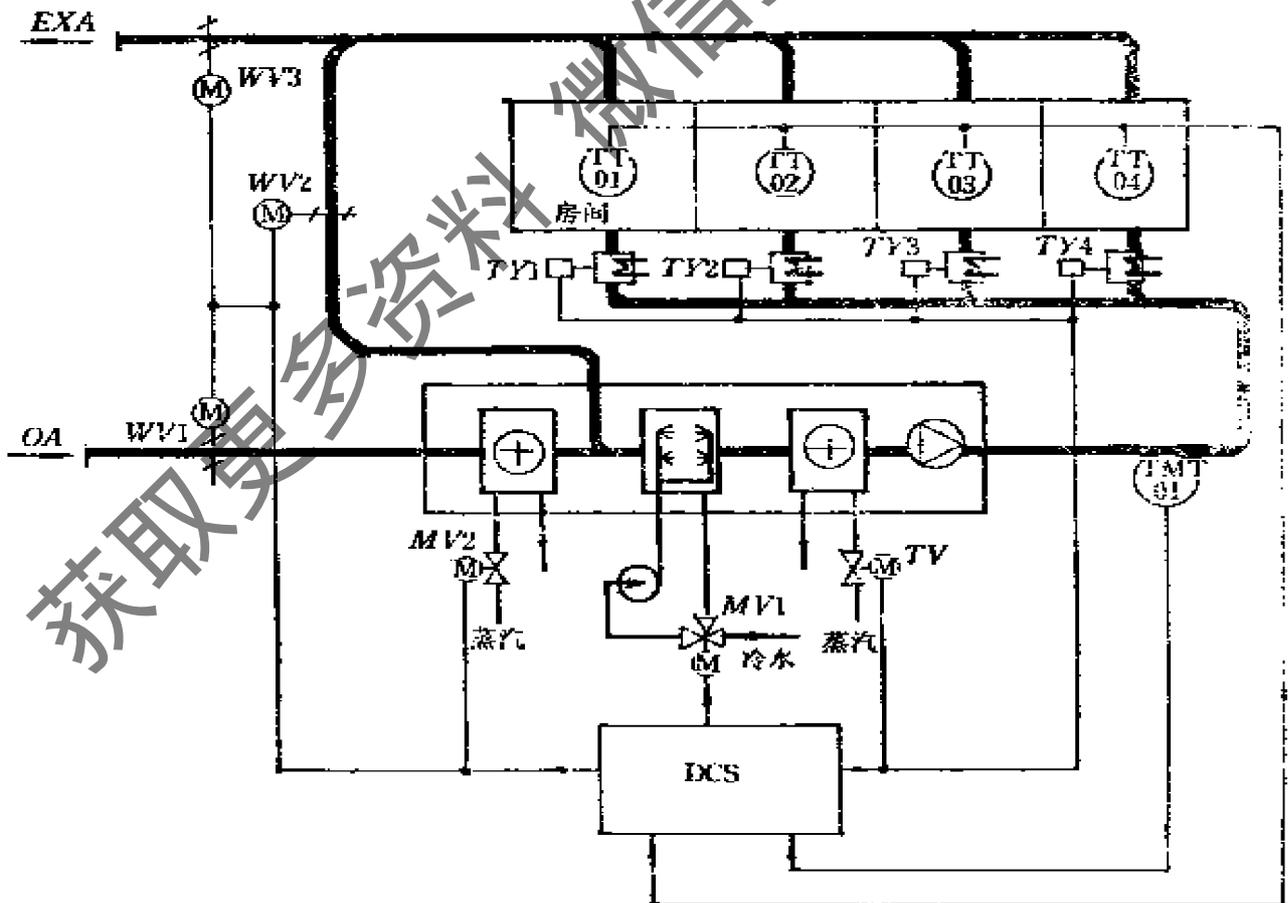
温度：利用风道温度传感器 $TE1$ 检测一次送风温度，并将其信号送至多回路调节器 MLC ，该信号与来自中央控制室的远程设定值 T_0 比较，经 MLC 进行 PID 运算后，分程控制冷/热水三通调节阀，使一次送风温度恒定。另外，利用 TME 、 $TE2$ 、 $TE3$ 检测出各区域的室温，经 MLC 作 PI 运算，控制各区域二次加热三通调节阀，使室内温度保持在所要求的范围内。

湿度：室内温湿度传感器 TME 检测的室内湿度信号与远程设定值比较，经 MLC 进行 PI 运算，控制加湿用的两通电磁阀，使室内湿度满足设计要求。

●参考仪表及设备

编号	名称	型号	备注
$TE1$	风道温度传感器	$AEK-01K001$	$10\sim35^{\circ}\text{C}$
$TE2, TE3$	室内温度传感器	$AEK-01R001$	$10\sim35^{\circ}\text{C}$
TVE	室内温湿度传感器	$JHD-102$	$20\sim80\%RH$
$TV4, TV5$	三通电动调节阀	$NVK-M$	
$TV1\sim TV3$	三通电动调节阀	$NVK-M$	
MV	两通电磁阀	WEV	
MLC	多回路调节器	MLC	

例31 采用小型集散系统的多房间高精度温度控制



●工作说明

此系统对相对湿度要求不高，而对温度要求较高，空调房间面积不大而数量较多，采用小型计算机集散系统DCS完成所有空调参数检测和调节以及工况转换及其它水泵，风机启停及其连锁控制。

温度：送风温度调节二次加热阀TV，室内温度参数控制精调加热器的电力控制器（调功器）（TY1~TY4）进行PID调节，使室温保持恒定。

湿度：按工况分别控制新、回风比例及一次加热调节阀MV2及喷淋水调节阀MV1，使送风相对湿度恒定。

工况转换由DCS实现。

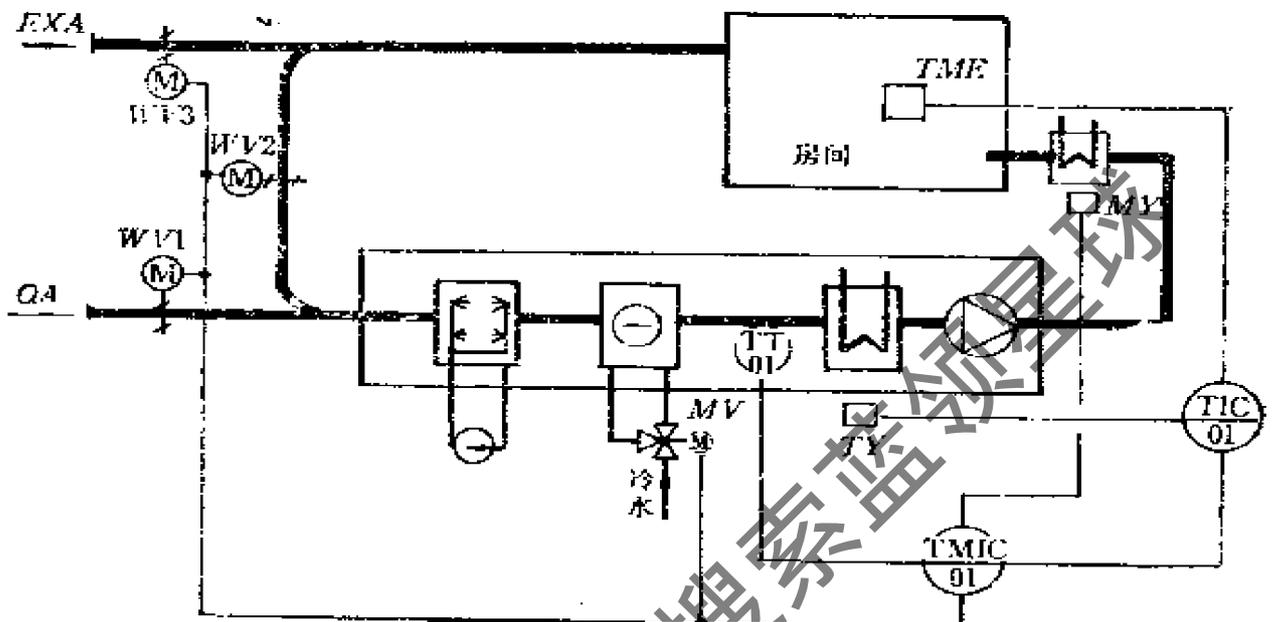
●参考仪表及设备

编 号	名 称	型 号	备 注
TMF01	风道温湿度变送器	WSB-005	双回路输出 4~20mA DC
TT01~ TT04	室内温度变送器	WSB-004	
TY1~TY4	晶闸管电力控制器	TK1-Z	输入4~20mA DC
DCS	小型计算机集散控制系统	PRS-80	
TV、MV2	电子式两通电动调节阀	ZDLP (N)	输入4~20mA DC
MV1	电子式三通电动调节阀	执行器3610L	输入4~20mA DC 配三通阀
WV1~WV3	电动风阀	执行器DKJ	带伺服放大器，配菱形风阀

例32 利用可编程数字调节器的高精度湿度控制

●工作说明

温度：利用室内温湿度传感器TME及温湿度调节器TIC01，将温度信号4~20mA DC输入可编程数字调节器TMIC01进行



*PID*调节，并控制二次加热的电力控制器*TY*，使室温保持在要求范围内。

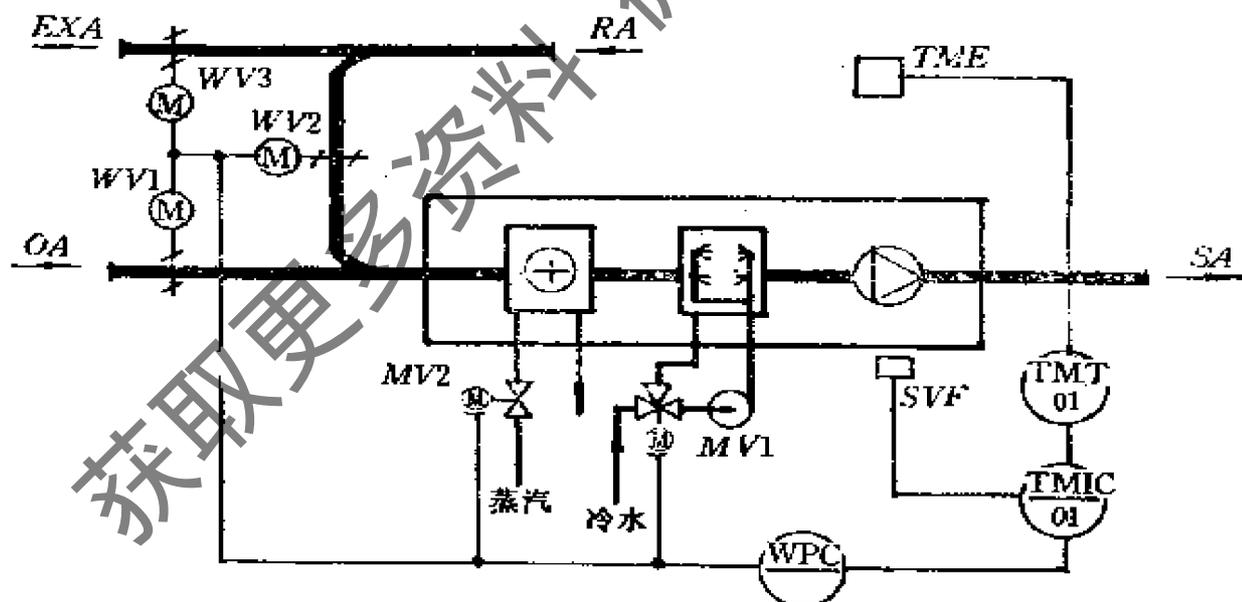
湿度：进行二级控制。一级是粗调，露点温度变送器*TT 01*将露点温度信号4~20mA DC输入可编程双回路调节器*TMIC 01*，并根据工艺工况编程，分别调节新、回风、排风网及表冷器的三通阀*MV*，使露点恒定。二级精调是根据室内相对湿度变化，微调精加热器的电力控制器*MY*。由于相对湿度和温度是相关参数，从*i-d*图可看出，当温度变化1℃时，相对湿度变化大约4%左右，所以若把湿度传感器如氯化锂传感器作特殊处理，使其精度可达±1%RH，这样以相对湿度调节微加热电力控制器*MY*，可达到高精度湿度控制，而对温度的影响小于±1℃

工况自动转换可由*TMIC 01*编程实现。

● 参考仪表及设备

编号	名称	型号	备注
TME	温湿度传感器	DWS—P	相对湿度±1%RH
TIC01	温湿度调节器	DTWS—43B	温湿度双通道PID调节器 输出0~10mADC
TMIC01	可编程双回路调节器	MI—1A	
TY	晶闸管交流电力控制器	TK3—Z	输入4~20mADC
TY	晶闸管交流电力控制器	TK1—Z	输入4~20mADC
3V	电子式三通电动调节阀	执行器3010L	输入4~20mADC 三通阀
WV1~WV3	电动风阀	执行器DK1	带伺服放大器，配菱形风阀

例33 变频调速变风量温度及湿度控制



●工作说明

温度, 利用室内温湿度传感器TME和温湿度变送器TMT01检测的温湿度信号输入到可编程双回路调节器TMIC01, 其中一

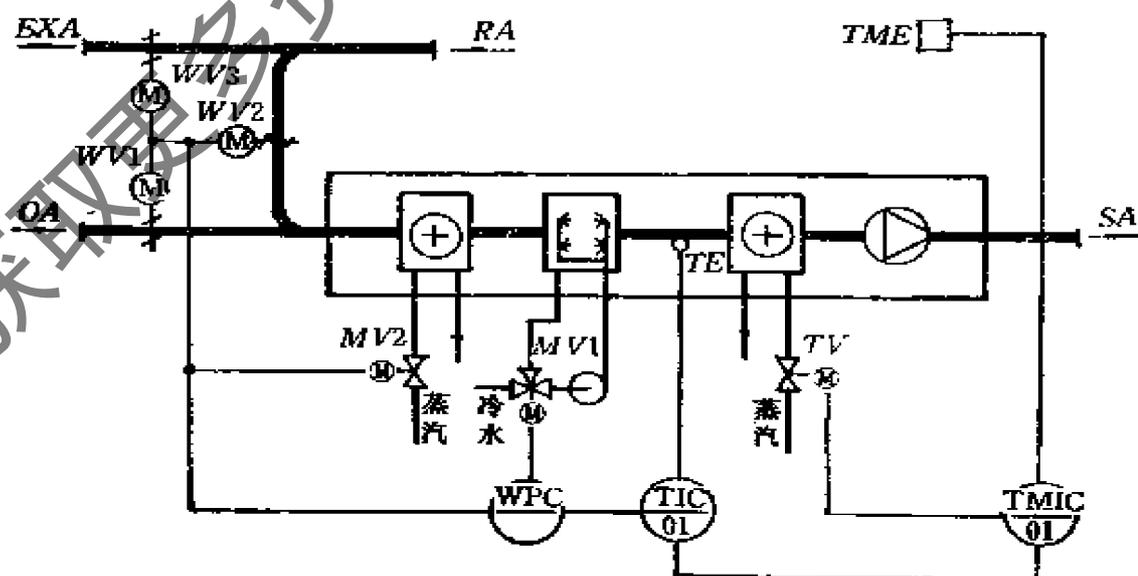
个回路作PID调节，控制信号输入到变频调速器SVF，控制风机转速，实现室内温度控制。

湿度：由TMT01输出的湿度信号送入TMIC01，TMIC01的输出除一回路控制SVF外，另一回路送至工况转换控制系统WPC。WPC根据工艺工况要求，自动转换工况，并分别控制新、回风阀WV1~WV3、一次加热阀MV2及喷淋水三通调节阀MV1(夏季)，使室内相对湿度恒定。

● 参考仪表及设备

编号	名称	型号	备注
TME	温湿度传感器	DWS-P	
TMT01	温湿度变送器	DBWS-13A	输出二路4~20mA DC
TMIC01	可编程双回路调节器	MI-1A	
SVF	交流变频调速器	SVF	
MV2	电子式两通电动调节阀	ZDLP(N)	输入4~20mA DC
MV1	电子式三通电动调节阀	执行器3610L	输入4~20mA DC
WV1~WV3	电动风阀	执行器DKJ	配合流式三通阀 带伺服放大器、 配菱形风阀
WPC	工况转换系统		按工艺要求设计

例34 变露点相对湿度串级控制



●工作说明

温度：由室内温湿度传感器 TME 将温湿度信号输入到温湿度调节器 $TMIC01$ 进行温度 PID 调节，控制二次加热调节阀 TV ，使室温恒定。

湿度：以室内相对湿度为主参数，喷水后的空气露点温度为副参数，组成串级调节系统。根据工艺确定的工况，自动转换其工况。在冬季，新、回风混合一次加热，喷水绝热加湿，并在二次加热后送至室内，并以温湿度调节器 $TMIC01$ 的相对湿度输出信号作为露点温度调节器 $TIC01$ 的串级输入信号，控制一次加热阀 $MV2$ 的开度，使室内相对湿度恒定。过渡季，对新、回风阀进行控制，绝热加湿。夏季时，主要调节冷水调节阀 $MV1$ 的喷水温度冷却降湿，最终使室内相对湿度恒定。

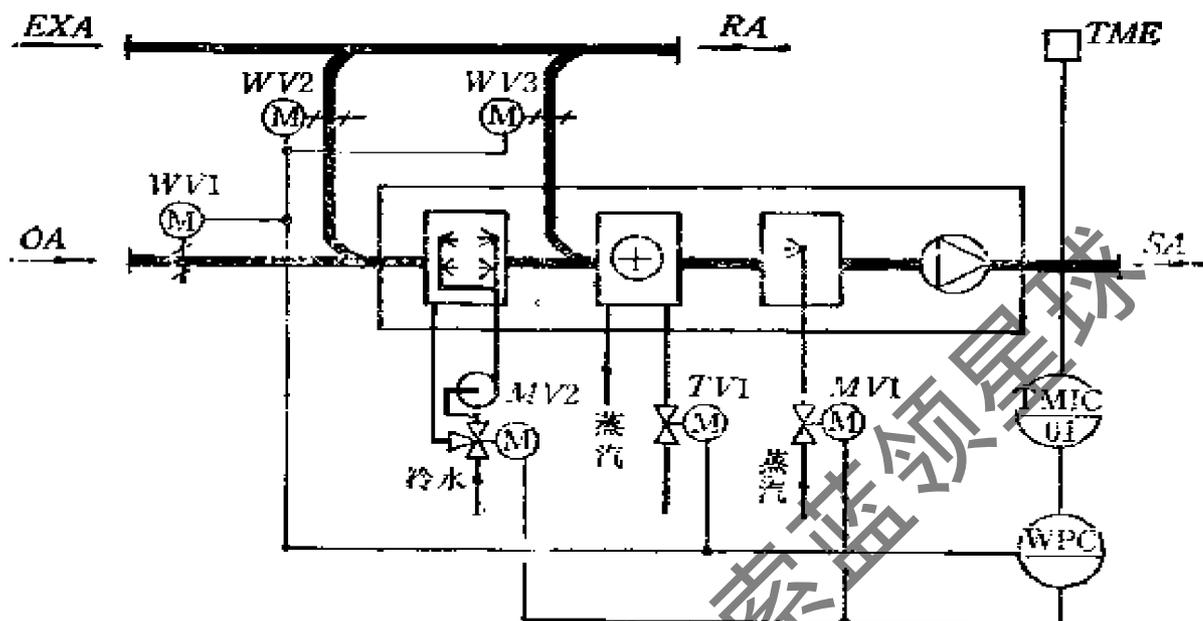
●参考仪表及设备

编 号	名 称	型 号	备 注
TE	铠装铂热电阻	WZPK	Pt100
TME	温湿度传感器	DWS—P	
$TMIC01$	温湿度调节器	DTWS—43B	温湿度双通道 PID 调节输出 $0\sim10mADC$
$TIC01$	数显调节器	XMT	PID 输入Pt100
TV 、 $MV2$	两通电动调节阀	ZAP	
$MV1$	三通电动调节阀	ZAX	
$WV1\sim WV3$	电动风阀	ZAJ	配菱形风阀
WPC	工况转换系统		按工艺要求设计

例35 带喷淋室及一、二次回风的室内温、湿度控制

●工作说明

温度：根据工艺划分的空调工况，由工况转换系统 WPC 完成工况自动转换。由室内温湿度传感器 TME 将温度信号输入温湿度调节器 $TMIC01$ ，其中温度通道调节信号经 WPC 分程控制二次加热调节阀 $TV1$ 或新、回风（一次、二次）阀 $WV1\sim WV3$ ，



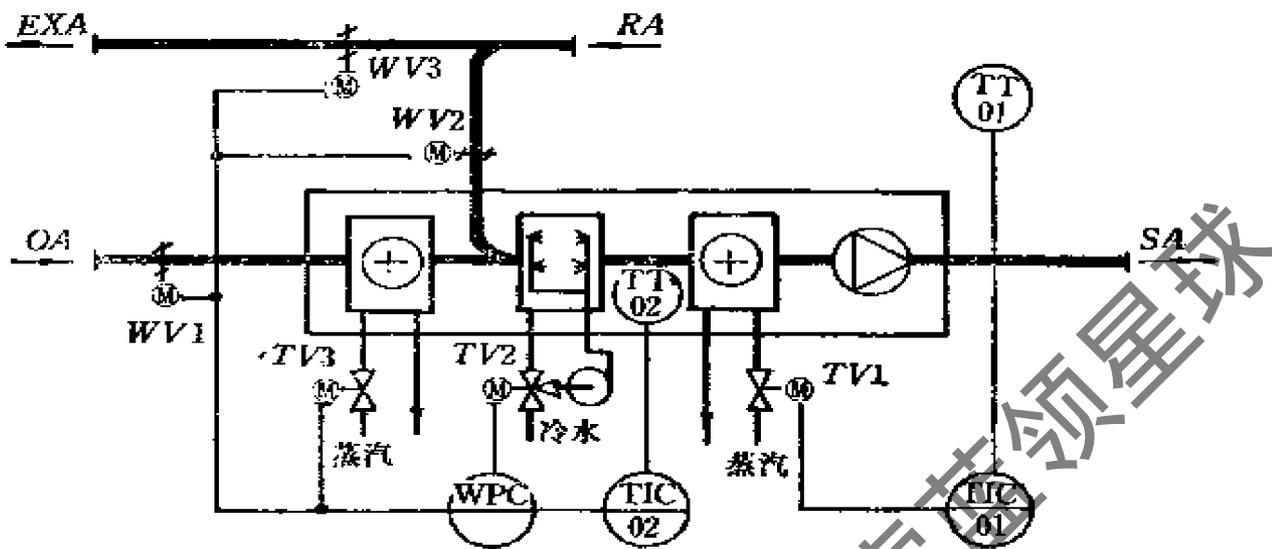
使室内温度恒定。

湿度： TME 将湿度信号输入 $TMIC01$ ，湿度调节信号经 WPC 控制冬季加湿调节阀 $MV1$ ，夏季控制喷淋水温度进行冷却降湿而调节三通调节阀 $MV2$ ，改变冷水与循环水的混合比，从而使室内的相对湿度恒定。

● 参考仪表及设备

编 号	名 称	型 号	备 注
TME $TMIC01$	温湿度传感器 温湿度调节器	DWS—P DTWS—43B	温湿度双通道PID 调节 输出0~10 mA DC
WPC $TV1、MV1$ $WV1\sim WV3$ $MV2$	工况转换系统 两通电动调节阀 电动风阀 三通电动调节阀	ZAP ZAJ ZAX	接工艺要求设计 配变形风阀

例36 固定露点的湿度控制



●工作说明

温度：室内温度由一体化温度变送器 $TT01$ 检测变送，经温度调节器 $TIC01$ 调节二次加热调节阀 $TV1$ 进行 PID 温控，使室温恒定。

湿度：本控制系统按工艺确定的工况，可自动进行工况转换。在冬季，室外温度较低，空调系统处于冬季工况，露点温度由一体化温度变送器检测变送，经温度调节器 $TIC02$ 分别控制一次加热线 $TV3$ 、循环水喷淋阀 $TV2$ 及各风阀 $WV1\sim WV3$ ，使新风关至最小。过渡季工况，停止一次加热，调节新、回风比例，即 $WV1$ 、 $WV2$ 的开度。夏季，新风开至最小，供冷水，并根据露点温度调节喷淋水温度，使露点温度恒定，进而使室内相对湿度保持在要求的范围内。

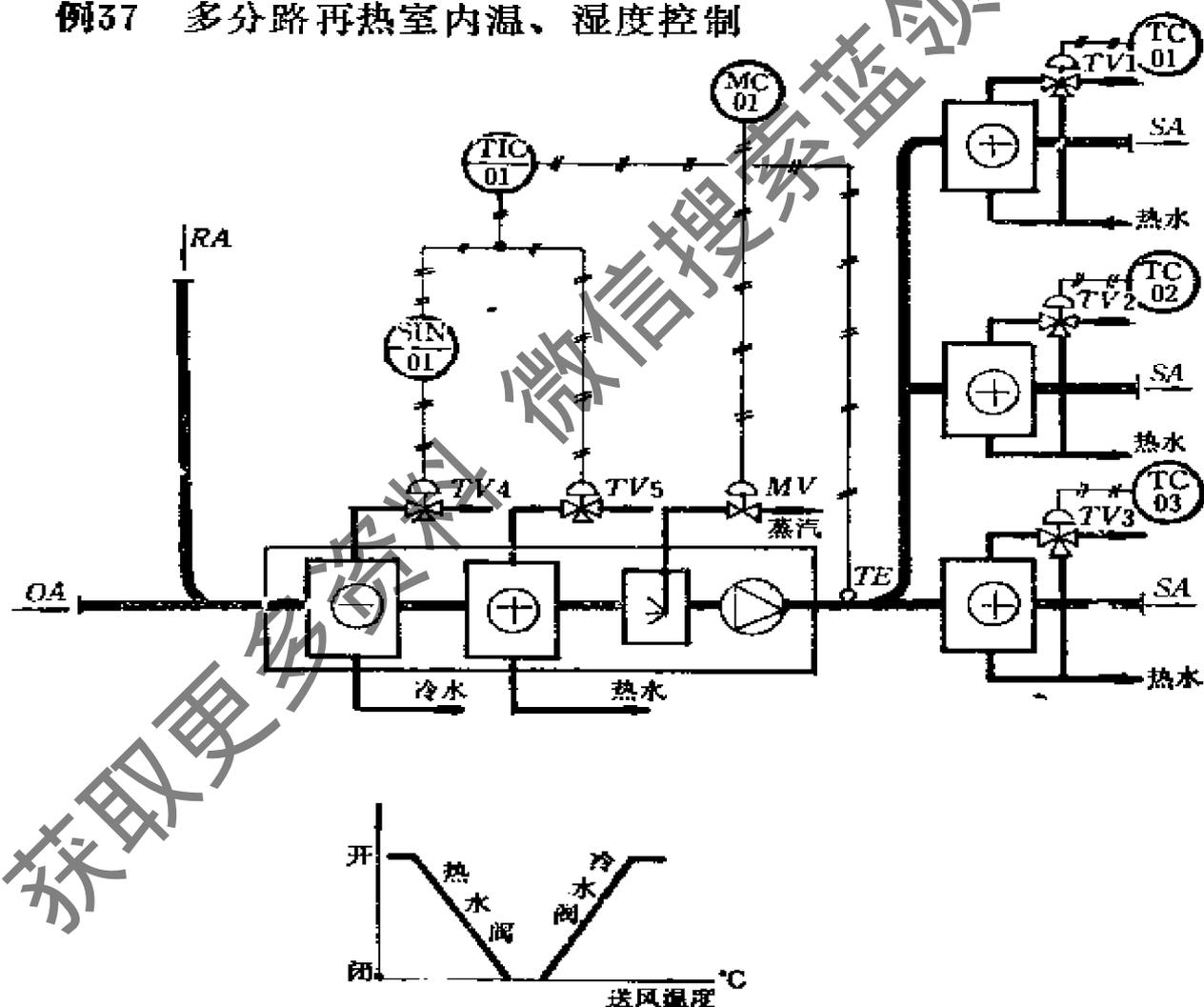
●参考仪表及设备

编 号	名 称	型 号	备 注
$TT01$ 、 $TT02$	一体化温度变送器	RTT	Pt100 输出4~20 mA DC
$TIC01$ 、 $TIC02$	DDZ—Ⅱ电子调节器	DTZ—2100	输入1~5VDC 输出4~20mA DC

续表

编 号	名 称	型 号	备 注
TV1、TV3	电子式两通电动调节阀	ZDLP(N)	输入4~20mA DC
TV2	电子式三通电动调节阀	执行器3610L	输入4~20mA DC 配三通阀
WV1~WV3	电动风阀	执行器DKJ	带伺服放大器, 配 菱形风阀
WPC	工况转换系统		按工艺要求设计

例37 多分路再热室内温、湿度控制



●工作说明

温度：利用气动式风道温度传感器TE检测送风温度，并经气动式温度调节器TIC01控制冷/热水调节阀TV4、TV5。冬季

时, $TIC01$ 的输出直接控制气动式薄膜调节阀 $TV5$ 。夏季时, $TIC01$ 的输出信号经信号倒相器 $SIN01$ 后控制冷水调节阀 $TV4$, 使送风温度保持恒定。另外, $TC01 \sim TC03$ 检测各自区域 (室内) 的温度, 并根据其温度的变化控制热水阀 ($TV1 \sim TV3$), 使室内温度保持在所要求的范围内。

湿度: 利用气动式室内湿度控制器 $MC01$ 检测相对湿度并控制蒸汽加湿调节阀 MV 。当室内湿度低于设定湿度值时, MV 开大; 反之, 关小。

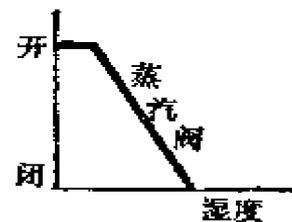
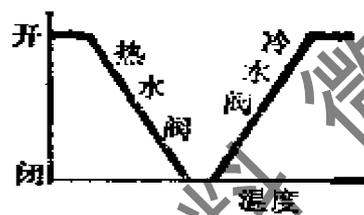
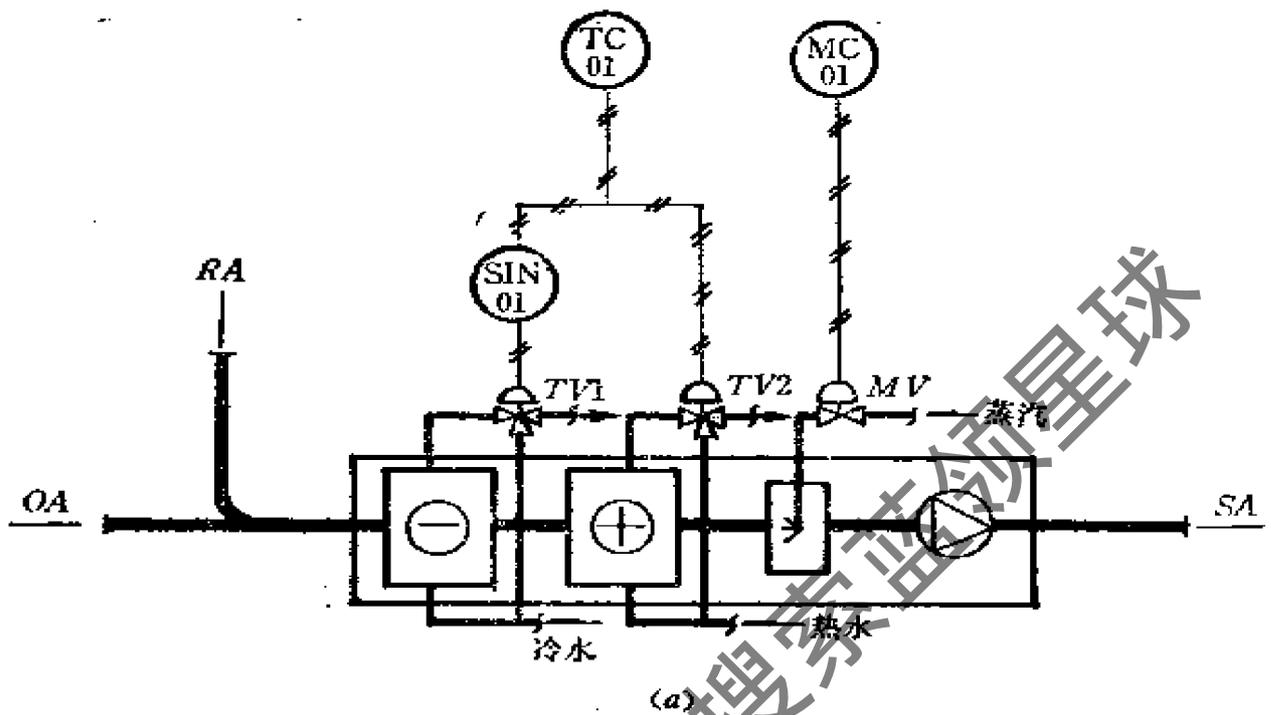
● 参考仪表及设备

编 号	名 称	型 号	备 注
TE	气动式风道温度传感器	$T-5210$	$10 \sim 35^{\circ}\text{C}$
$TC01 \sim TC03$	气动式室内温度控制器	$T-4002$	比例式、带传感器 $12 \sim 30^{\circ}\text{C}$
$MC01$	气动式室内湿度控制器	$H-4100$	比例式、带传感器 $10 \sim 95\% \text{RH}$
$TIC01$	气动式温度调节器	$T-9110$	PI
$TV1 \sim TV3$	气动薄膜三通调节阀	$V-5810$	
$SIN01$	信号倒相器	$PS-3030$	
$TV4, TV5$	气动薄膜三通调节阀	$V-5816$	
MV	气动薄膜两通调节阀	$V-5410$	

例38 室内温、湿度气动控制

● 工作说明

温度: 利用带传感器的气动式温度调节器 $TC01$ 控制气动薄膜冷/热水调节阀。冬季时, 将 $TC01$ 上的冷/热切换开关置于“热”档, 当室内温度超过设定值时, $TC01$ 的输出信号减小, 热水阀 $TV2$ 关小; 反之, 开大。夏季时, 将 $TC01$ 上的冷/热切换开关置于“冷”档, 当室内温度超过设定值时, $TC01$ 输出信号经信号倒相器 $SIN01$ 后, 输出信号增大, 使冷水调节阀 $TV1$ 开



大；反之，关小。这样，保证了室内温度在所要求的范围内。

湿度：利用气动式湿度调节器 $MC01$ 比例控制蒸汽加湿用的气动薄膜调节阀 MV 。当室内湿度低于所要求的湿度时， $MC01$ 输出信号增大， MV 开大；反之，关小。

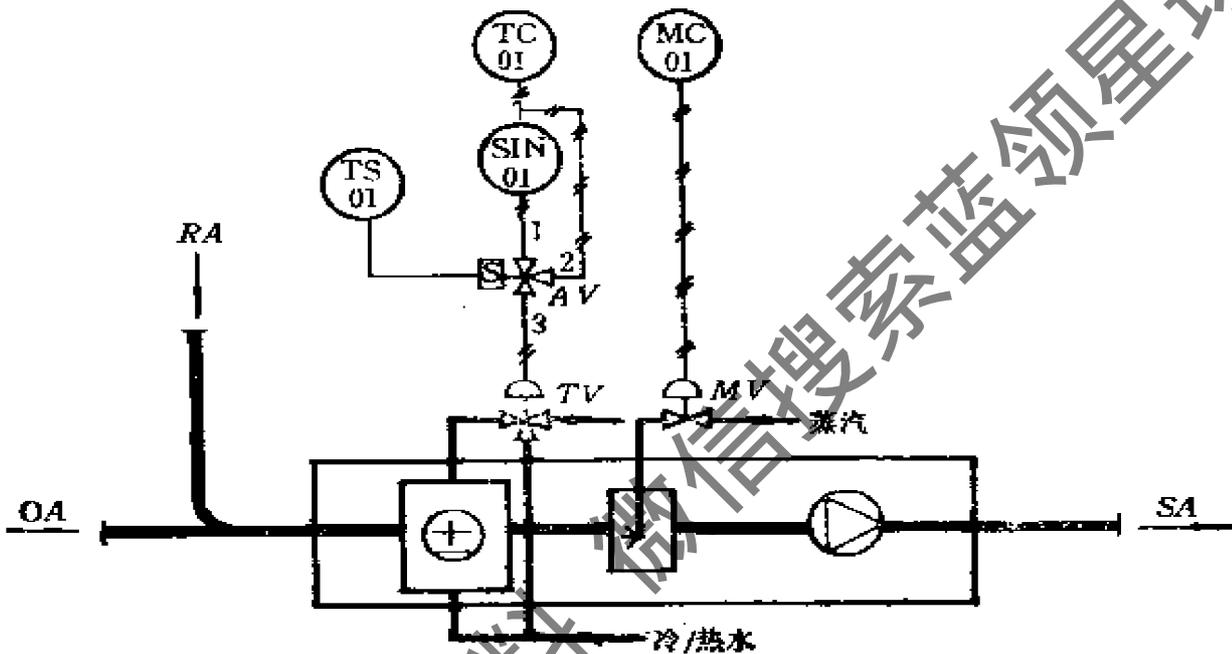
●参考仪表及设备

编号	名称	型号	备注
$TC01$	气动式温度调节器	II-4100	比例式 $12 \sim 30^{\circ}\text{C}$
$MC01$	气动式湿度调节器	T-4756	比例式 $10 \sim 95\%$ RH
$SIN01$	信号倒相器	PS-3030	
$TV1, TV2$	气动薄膜三通调节阀	V-5410	

续表

编 号	名 称	型 号	备 注
MV	气动薄膜两通调节阀	V—5416	

例39 带冬/夏外转换的气动温、湿度控制



●工作说明

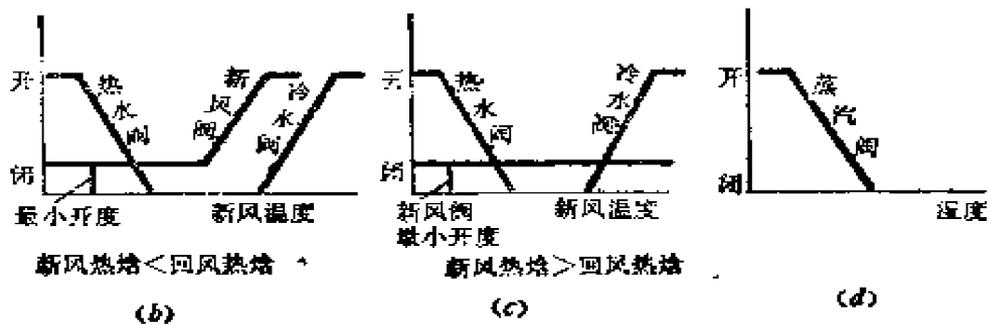
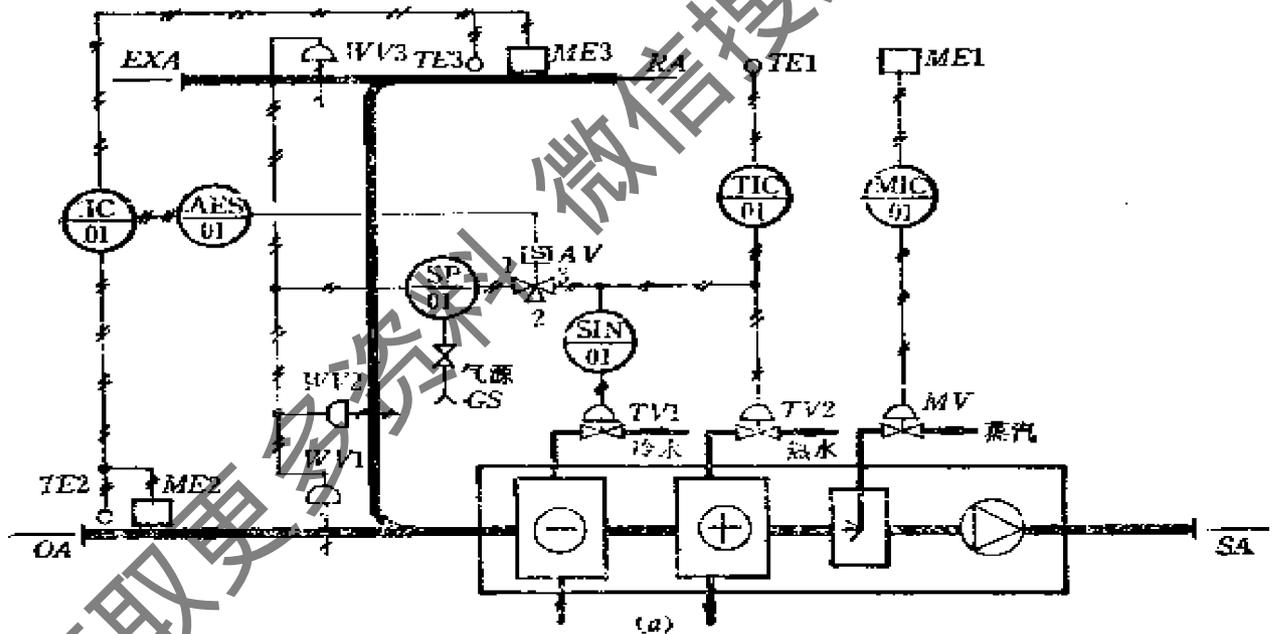
温度：利用带温度传感器的温度调节器TC01按温度变化控制冷/热水调节阀。冬季时，TS01切换开关的动作使三通电磁阀AV的1—3通，调节器TC01的输出控制信号经SIN01控制TV（热水）。当室内温度低于设定温度值时，TV开大（热水）；反之，关小。夏季时，TS01切换开关的动作使AV的2—3通，调节器TC01的输出控制信号直接控制TV（冷水），当室内温度高于设定温度时，TV开大；反之，关小。

湿度：利用带湿度传感器的湿度调节器MC01控制蒸汽加湿调节阀MV。当室内湿度低于设定的湿度时，蒸汽加湿调节阀MV开大；反之，关小。

●参考仪表及设备

编 号	名 称	型 号	备 注
TC01	气动式室内温度调节器	T-4002	比例式、带传感器 12~30℃
MC01	气动式室内湿度调节器	H-4100	比例式、带传感器 10~95%RH
SIN01	信号倒相器	PS-3030	
AV	三通电磁阀	JVT-301K	
TS01	切换开关	SAK-122	
TV	气动薄膜三通调节阀	V-5810	
MV	气动薄膜两通调节阀	V-5416	

例40 按新风焓值转换的室内温、湿度气动控制



●工作说明

温度：利用插入式风道温湿度传感器 $TE2$ 、 $ME2$ 和 $TE3$ 、 $ME3$ 分别检测新风和回风的温湿度，其信号均送至热焓比较器 $JC01$ 。当新风热焓比回风热焓低时，通过 $AES01$ 使三通电磁阀 $AV1-3$ 通；利用室内温度传感器 $TE1$ 检测室内温度，并经温度调节器 $TIC01$ 分程控制热水调节阀、风阀及冷水调节阀(见图b)。当新风热焓比回风热焓高时，通过气—电开关 $AES01$ ，使三通电磁阀 $AV1-2$ 通，各风阀按远程设定器 $SP01$ 设定的开度打开。温度控制仍通过温度调节器 $TIC01$ 分程控制冷/热水调节阀(见图c)。

湿度：利用室内湿度传感器 $ME1$ 检测室内相对湿度，并经湿度调节器 $MIC01$ 比例控制蒸汽加湿调节阀 MV 。当室内湿度低于设定湿度时， MV 开大加湿；反之， MV 关小。

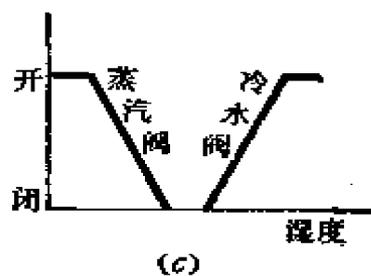
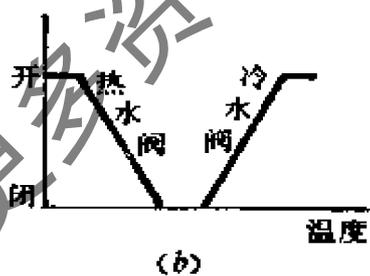
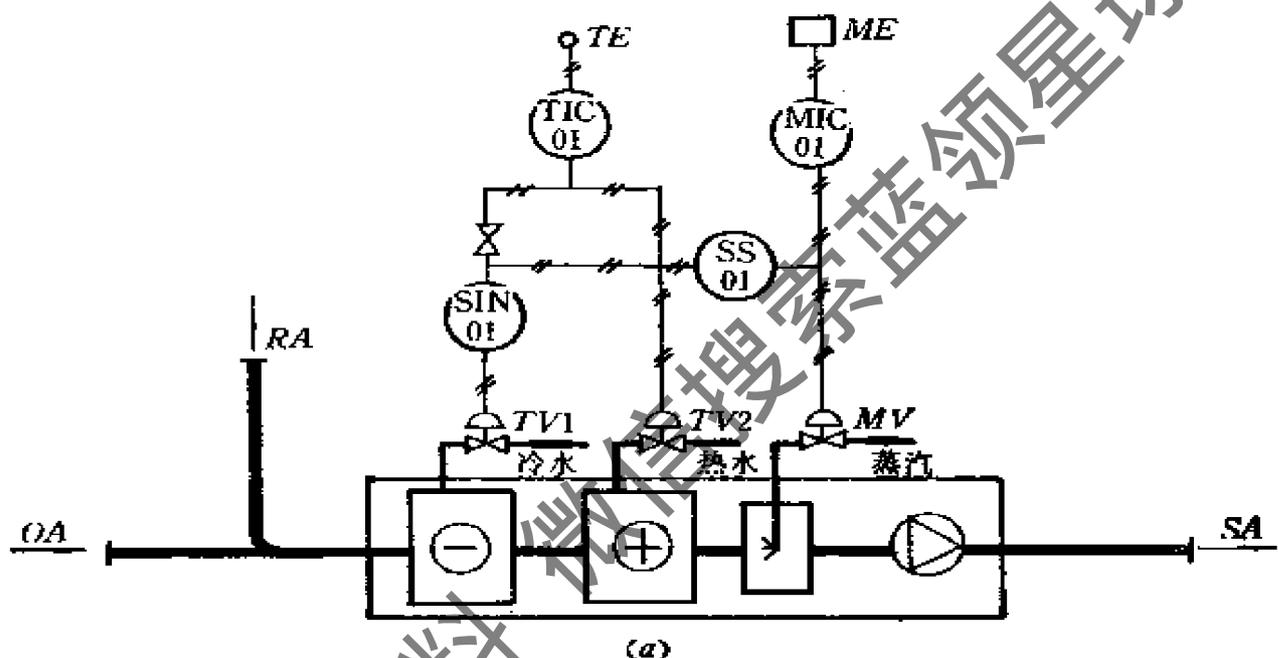
●参考仪表及设备

编 号	名 称	型 号	备 注
$TE1$	气动式室内温度传感器	T—5002	10~35℃
$ME1$	气动式室内湿度传感器	H—5100	30~80%RH
$TE2$ 、 $TE3$	气动式风道温度传感器	T—5210	10~35℃
$ME2$ 、 $ME3$	气动式风道湿度传感器	H—5210	0~100%RH
$TIC01$	气动式温度调节器	T—9011	比例式
$MIC01$	气动式湿度调节器	H—9011	比例式
$SIN01$	信号倒相器	PS—3030	
AV	三通电磁阀	JVT—301K	
$SP01$	远程设定器	SP970A	
$AES01$	气—电开关	P—7100	
$JC01$	热焓比较器	N—9000	
$TV1$ 、 $TV2$	气动薄膜两通调节阀	V—5410	

续表

编 号	名 称	型 号	备 注
MV	气动薄膜两通调节阀	V—5416	
WV1~WV3	气动风阀	D—3153	

例41 室内温、湿度选择气动控制



●工作说明

温度：利用气动式温度传感器TE检测室内温度，并经温度调节器TIC01控制冷/热水调节阀。冬季时，TIC01的反作用输出控制信号直接控制热水调节阀TV2，若室内温度低于设定的温度值时，TV2开大；反之，关小。夏季时，TIC01的压力信号经信号倒相器SIN01后，控制冷水阀TV1，若室内温度升高时，

*TV1*开大；反之，关小。

湿度：利用气动式湿度传感器*ME*检测室内相对湿度，并经湿度调节器*MIC01*控制加湿调节阀和冷水调节阀。当室内湿度低于设定湿度值时，湿度控制器*MIC01*的输出直接控制加湿调节阀开大加湿。当室内湿度高于设定湿度值时，*MIC01*的输出信号控制*MV*关小。当全关后，湿度仍增加时，则*MIC01*输出的控制信号经信号选择器*SS01*，并经信号倒相器*SIN01*后开大冷水调节阀降湿。

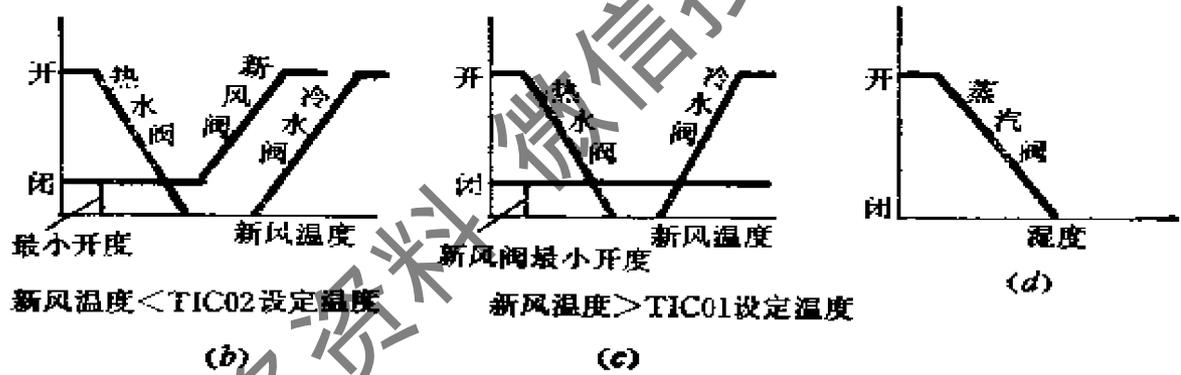
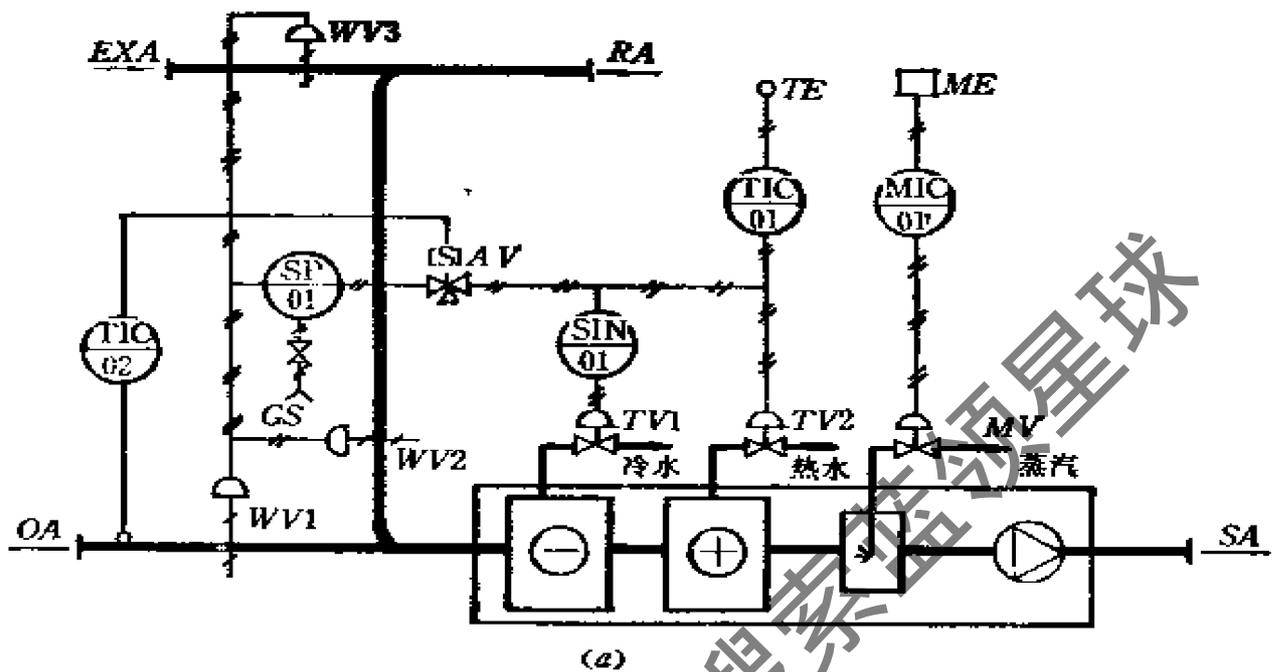
●参考仪表及设备

编 号	名 称	型 号	备 注
<i>TE</i>	气动式温度传感器	T-5002	10~35℃
<i>ME</i>	气动式湿度传感器	H-5100	30~80%RH
<i>TIC01</i>	气动式温度调节器	T-9011	比例式
<i>MIC01</i>	气动式湿度调节器	T-9001	比例式
<i>SS01</i>	信号选择器	C-5226	
<i>SIN10</i>	信号倒相器	PS-3030	
<i>TV1</i> 、 <i>TV2</i>	气动薄膜两通调节阀	V-5410	
<i>MV</i>	气动薄膜两通调节阀	V-5416	

例42 按新风温度切换的室内温、湿度气动控制

●工作说明

温度：当新风温度低于插入式风道温度控制器*TIC02*所设定的温度时，利用室内温度传感器*TE*检测室内温度，并通过气动式温度调节器*TIC01*分程控制热水调节阀*TV2*、气动风阀及冷水调节阀*TV1*（见图*b*）。如当新风温度高于插入式风道温度控制器*TIC02*所设定的温度时，*TIC02*控制电磁阀*AV*关闭直通，新风阀*WV1*的控制由气源*GS*并经节流阀和远程设定器*SP01*之后，使*WV1*打开至最小开度；温度控制仍由温度调节器*TIC01*分程控制冷/热水调节阀*TV1*、*TV2*（见图*c*）。



湿度：利用室内湿度传感器ME检测室内湿度，并经湿度调节器MIC01控制蒸汽加湿调节阀MV。当室内湿度低于所要求的相对湿度时，MV开大；反之，关小。

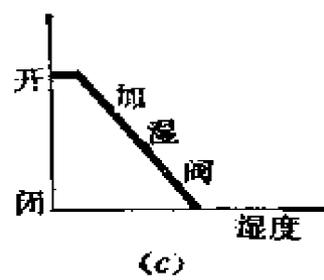
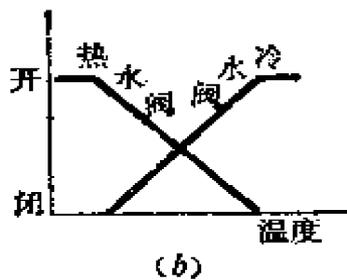
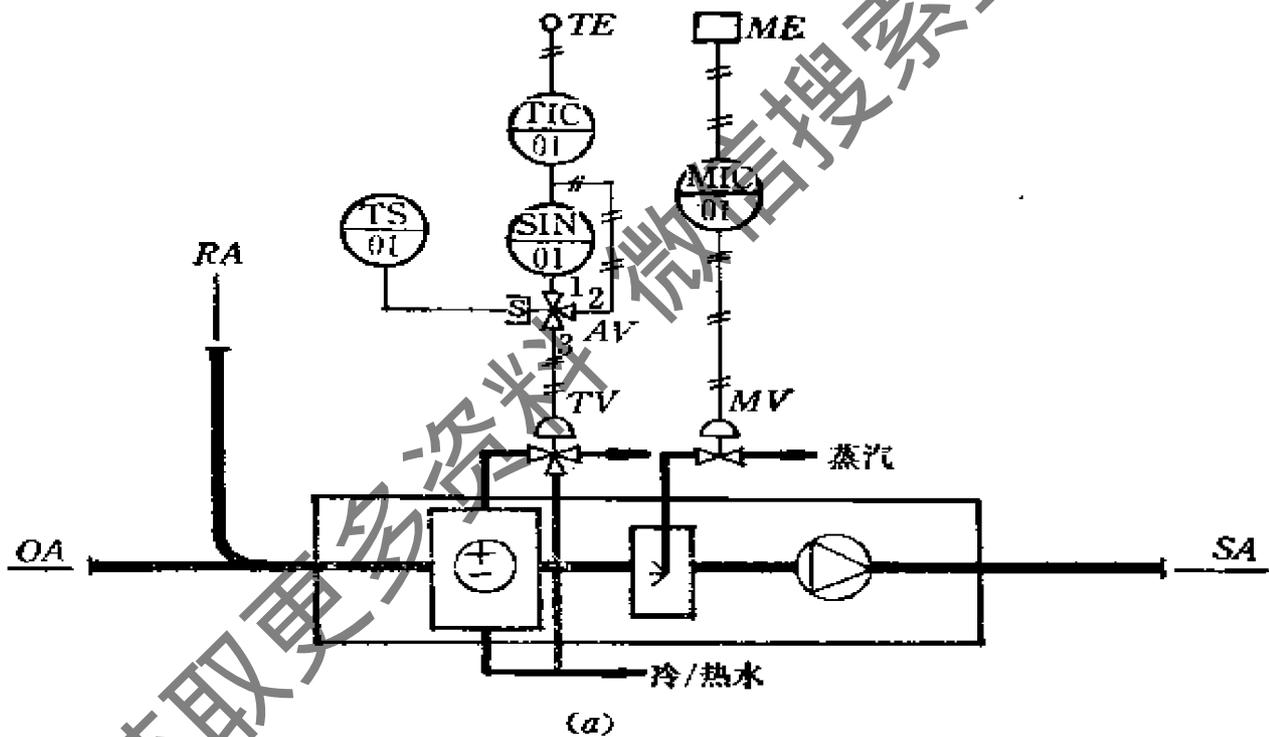
●参考仪表及设备

编号	名称	型号	备注
TE	气动式温度传感器	T-5002	10~35℃
ME	气动式湿度传感器	H-5100	30~80%RH
TIC01	气动式温度调节器	T-9011	比例式

续表

编 号	名 称	型 号	备 注
TIC02	气动式温度控制器	TNS—C134	位式、带传感器 0~35℃
MIC01	气动式湿度调节器	T—9011	比例式
SIN01	信号倒相器	PS—3030	
SP01	远程设定器	SP970A	
AV	气动式三通电磁阀	JVT—301K	
TV1、 TV2	气动式薄膜两通调 节阀	V—5410	
MV	气动式薄膜两通调 节阀	V—5416	
WP1~WP3	气动风阀	D—3153	

例43 全气动室内温、湿度控制



●工作说明

温度：利用气动式室内温度传感器 TE 检测室内温度，并经气动式温度调节器 $TIC01$ 控制气动薄膜冷/热水调节阀 TV 。冬季时，切换开关 $TS01$ 使三通电磁阀 $AV1-3$ 通，调节器 $TIC01$ 的输出控制信号经信号倒相器 $SIN01$ 之后，控制调节阀 TV 。当室内湿度低于设定温度值时， TV 开大；反之，关小。夏季时，切换开关的动作使 AV 的2—3通，调节器 $TIC01$ 的输出控制信号直接控制 TV 。当室内温度高于设定温度时， TV 开大；反之，关小。

湿度：利用气动式室内湿度传感器 ME 检测室内相对湿度，并经湿度调节器 $MIC01$ 控制蒸汽加湿调节阀 MV ，当室内湿度低于设定的湿度值时，蒸汽加湿调节阀 MV 开大；反之，关小。

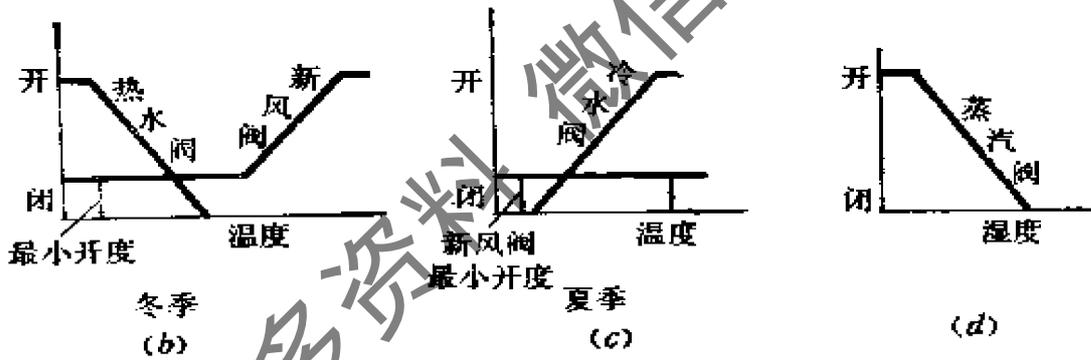
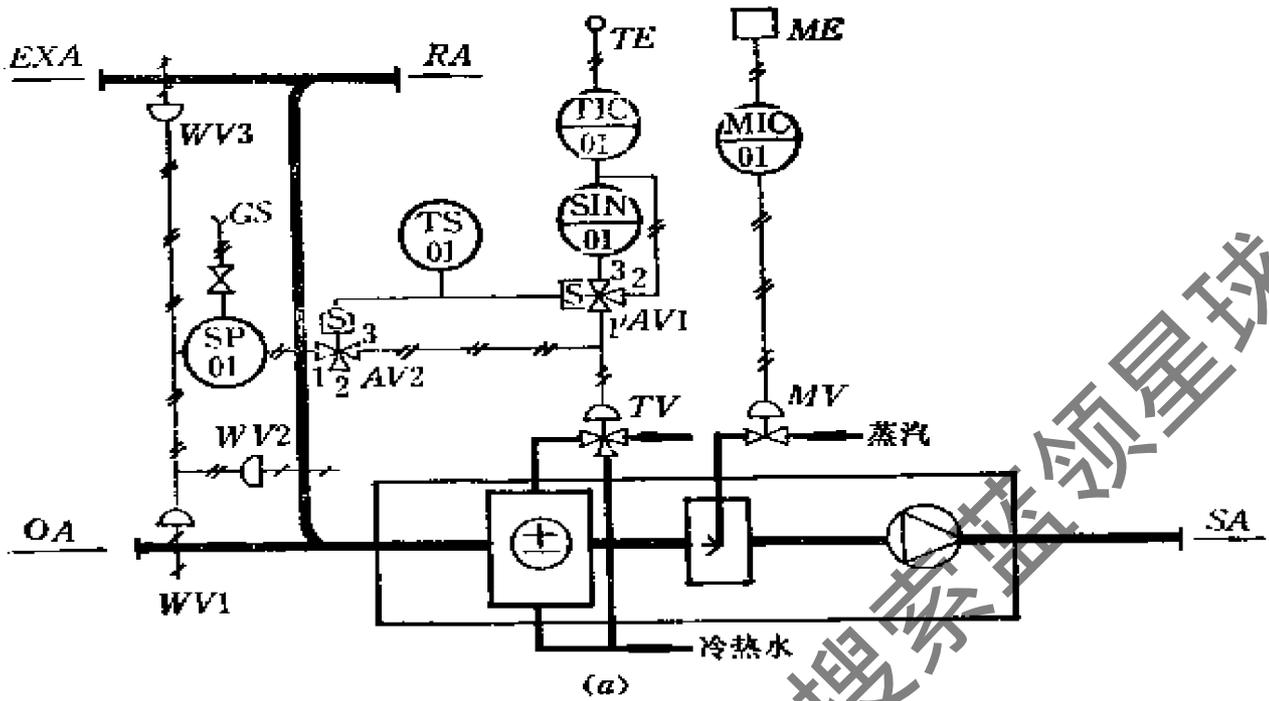
●参考仪表及控制

编 号	名 称	型 号	备 注
TE	气动式温度传感器	T—4756	12~30℃
ME	气动式湿度传感器	H—5100	30~80%RH
$TIC01$	气动式温度调节器	T—9110	PJ
$MIC01$	气动式湿度调节器	T—9110	PI
$SIN01$	信号倒相器	PS—3030	
AV	三通电磁阀	JVT—301K	
$TS01$	切换开关	SAK—122	
TV	气动薄膜两通调节阀	V—5810	
MV	气动薄膜两通调节阀	V—5416	

例44 带一次回风冷/热盘管合用系统的室内温、湿度气动控制

●工作说明

温度：利用切换开关 $TS01$ 使三通电磁阀 $AV1$ 、 $AV2$ 动作，进行冬/夏季工作方式切换。冬季时， $TS01$ 使 $AV1$ 、 $AV2$ 1—3通，室内温度传感器 TE 检测室内温度，并通过温度调节器 $TIC01$ 和



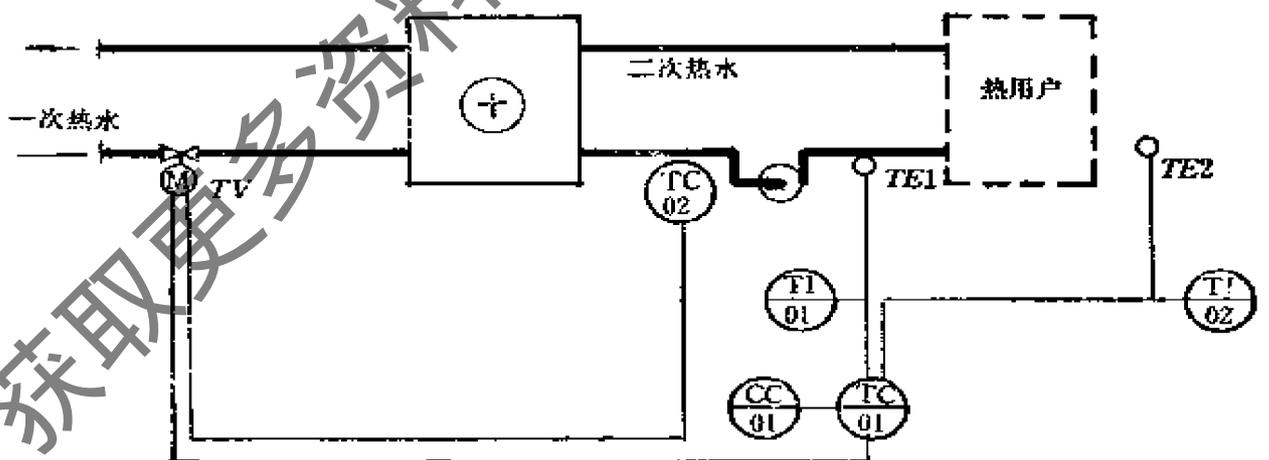
信号倒相器SIN01，分程控制气动薄膜调节阀TV和各风阀（见图b）。夏季时，TS01使AV1、AV2 1—2通，新风阀WV1的控制由气源GS经节流阀和远程设定器SP01之后，使WV1打开至最小开度；温度通过温度调节器TIC01控制冷水调节阀TV（见图c）。

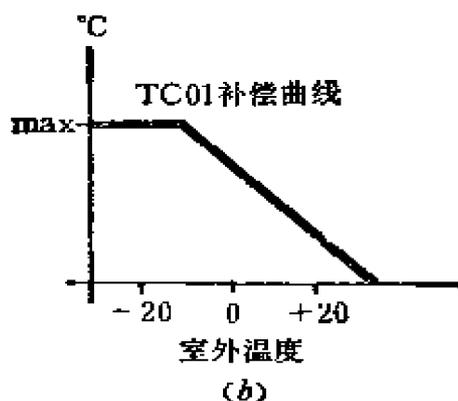
湿度：利用室内湿度传感器ME检测湿度，并经湿度调节器MIC01控制蒸汽加湿调节阀MV。当室内湿度低于设定湿度时，湿度调节器MIC01的输出控制加湿调节阀MV开大；反之，关小。

● 参考仪表及设备

编 号	名 称	型 号	备 注
TE	气动式温度传感器	T-5002	10~35℃
ME	气动式湿度传感器	H-5100	30~80%RH
MIC01	气动式湿度调节器	T-9011	比例式
TIC01	气动式温度调节器	T-9011	比例式
SIN01	信号倒相器	PS-3030	
TS01	切换开关	SAK-122	
SP01	远程设定器	SP970A	
AV1、AV2	气动式三通电磁阀	JVT-301K	
TV	气动式薄膜两通调节阀	V-5410	
MV	气动式薄膜两通调节阀	V-5416	
WV1~WV3	气动风阀	D-3153	

例45 热交换器控制





●工作说明

水温传感器 $TE1$ 测量二次热水水温，室外温度由温度传感器 $TE2$ 测量，从补偿曲线可以看出当室外温度降低时，热水温度升高。温度调节器 $TC01$ 的输出可根据要求对一次热水回路中的电动调节阀 TV 进行控制。当供水温度超过热用户所要求的温度值时， TV 关小；反之，开大。

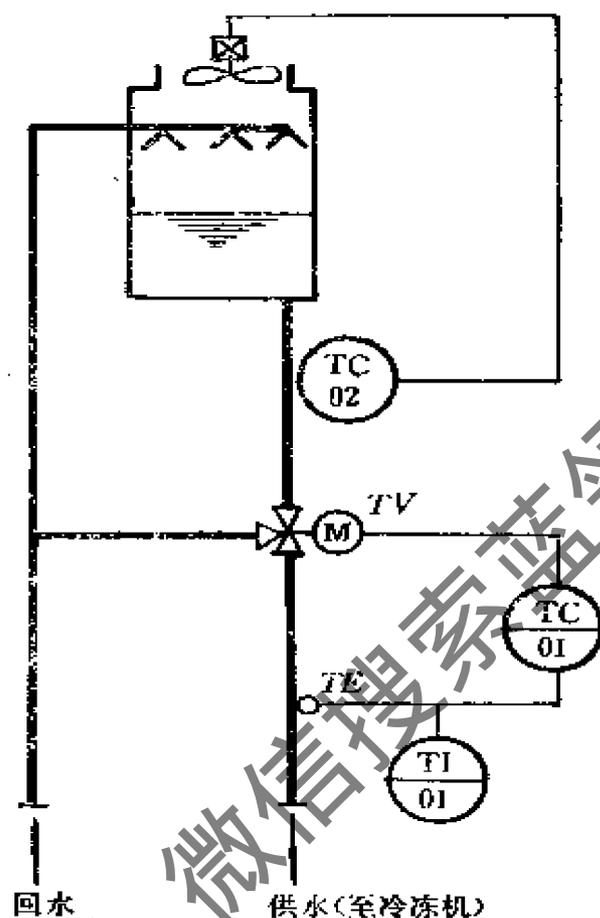
高限温控器 $TC02$ 在水温超过所设定的最高温度时可自动关闭一次热水阀 TV 。

通过时钟控制器 $CC01$ ，水温可根据一天不同的时间重新调整设定。

●参考仪表及设备

编 号	名 称	型 号	备 注
$TE1$	供水温度传感器	$EVF20/120$	$+20\sim 120^{\circ}\text{C}$
$TC01$	温度调节器	$ESRL21$	比例式
$TC02$	高限温控器	$A19$	位式、温度控制值 $t_{\text{限}} > 31^{\circ}\text{C}$
$TE2$	室外温度传感器	$EAF020/40$	$-20\sim 40^{\circ}\text{C}$
$TI01$	温度显示器	$EAT20/120$	$20\sim 120^{\circ}\text{C}$
$TI02$	温度显示器	$EAT020/40$	$-20\sim 40^{\circ}\text{C}$
$CC01$	时钟控制器	$STD1$	
TV	两通电动调节阀	$EGSVD$	

例46 冷却塔控制



●工作说明

利用带温度传感器的温度控制器 $TC02$ 检测冷却塔出水温度，并控制风机的启停。当出水温度达到或低于设定温度时，风机停止；反之，风机投入运行。

插入式温度传感器 TE 检测供水温度，并通过温度调节器 $TC01$ 控制三通电动调节阀 TV 。当供水温度低于设定值时， TV 关小；反之，开大，使供水温度保持在要求的范围内。

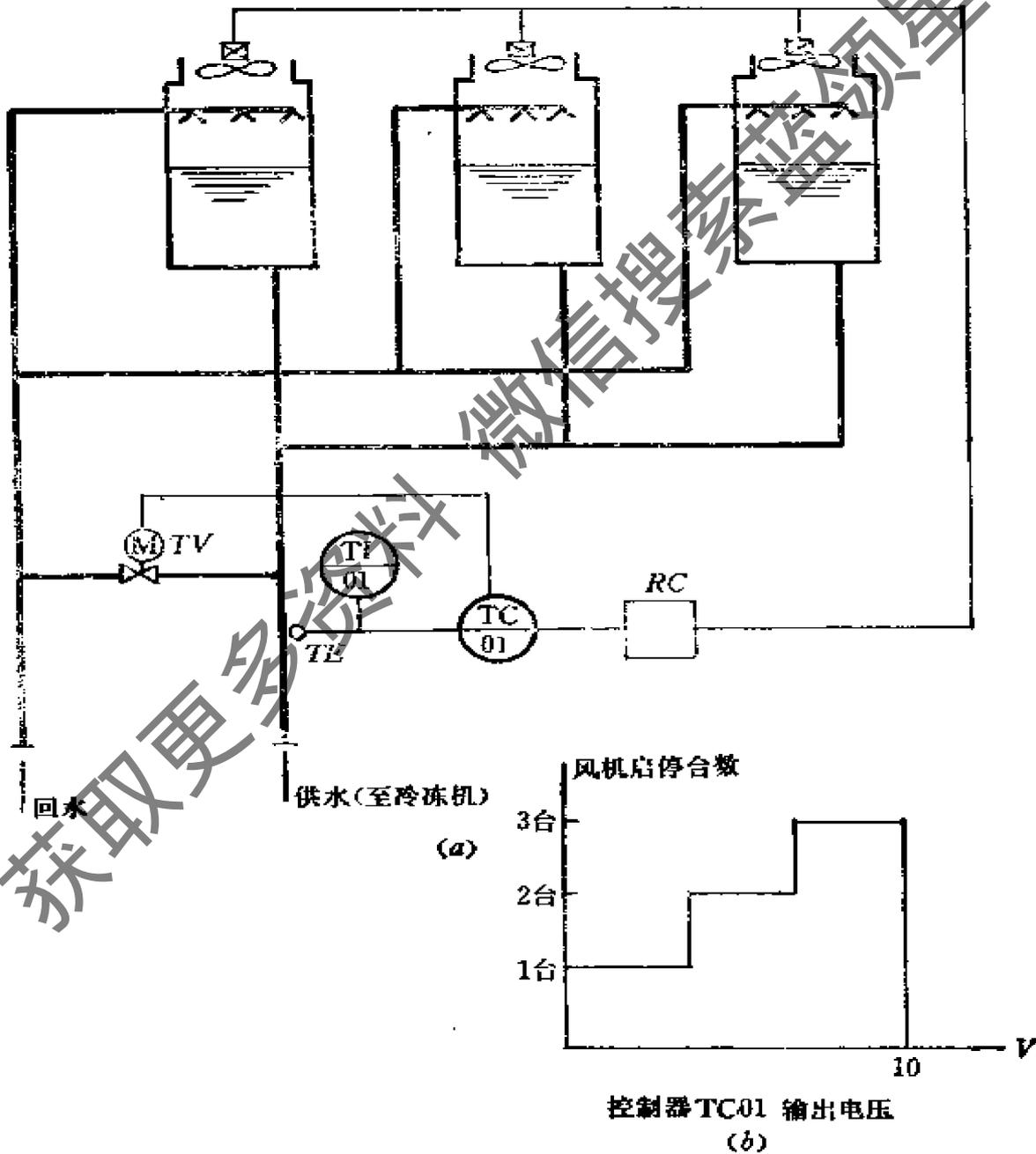
●参考仪表及设备

编 号	名 称	型 号	备 注
$TC01$	温度调节器	ESRL11	PI
$TC02$	插入式带温度传感器的水温控制器	WTQK—11	$0\sim 40^{\circ}\text{C}$

续表

编 号	名 称	型 号	备 注
T/01	温度显示器	EAT020/40	-20~40℃
TE	插入式水温传感器	EVF020/40	-20~40℃
TV	三通电动调节阀	EGSYD	

例47 多台冷却塔控制



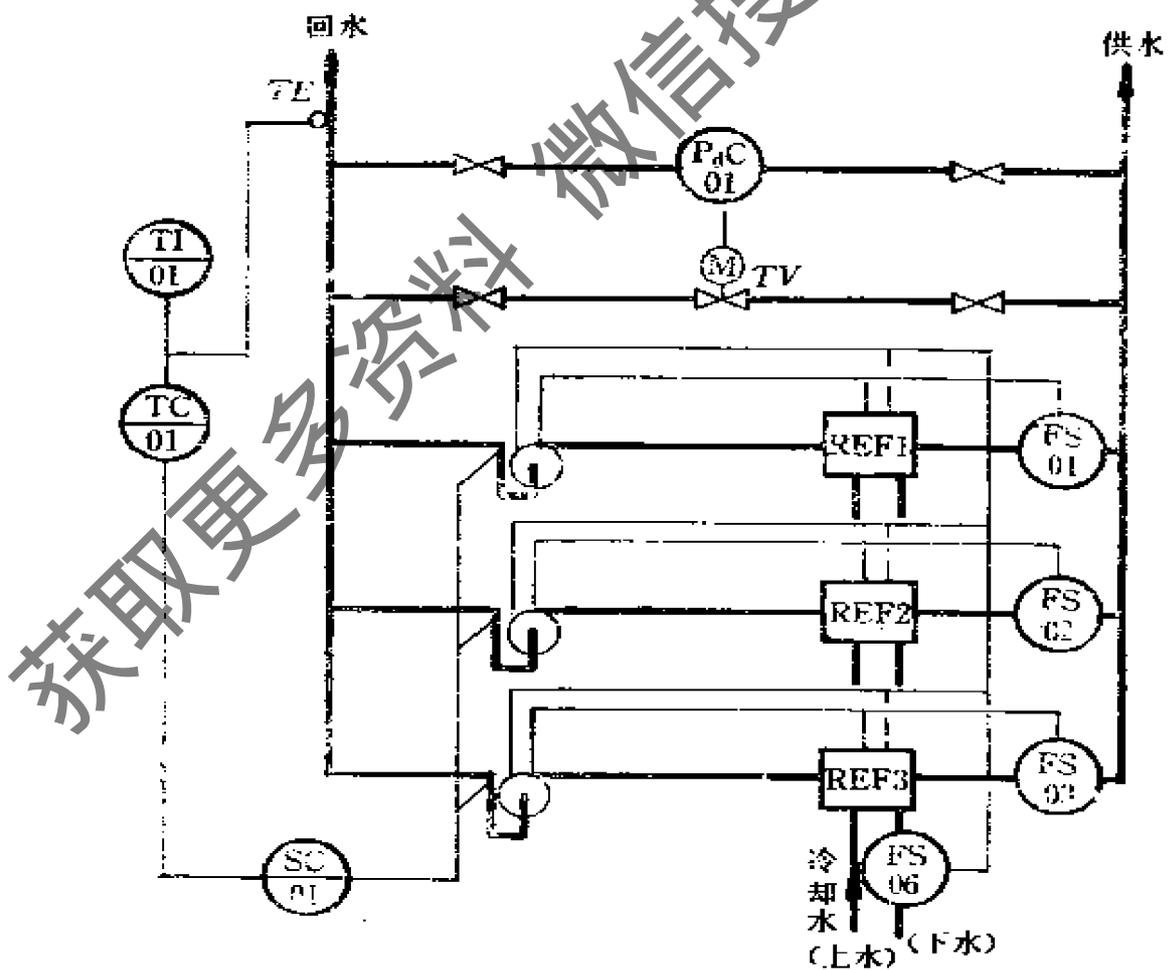
● 工作说明

利用插入式温度传感器 TE 测量供水温度，并将信号送至调节器 $TC01$ 。调节器的输出控制步进继电器 RC ， RC 按三步启停冷却塔风机（见图6），同时， $TC01$ 控制旁通阀 TV ，当供水温度低于设定温度时， TV 开大；反之，关小。

● 参考仪表及设备

编号	名称	型号	备注
TE	插入式水温传感器	$EVF020/40$	$-20\sim40^{\circ}\text{C}$
$TC01$	温度调节器	$ESRL11$	PI
$TI01$	温度显示器	$EAT020/40$	$-20\sim40^{\circ}\text{C}$
RC	三步继电器控制器	EDR	
TV	两通电动调节阀	$EGSVD$	

例48 冷冻机台数控制



●工作说明

利用插入式温度传感器 TE 检测回水温度，并将其信号送至温度调节器 $TC01$ ，根据回水温度变化，调节器 $TC01$ 的输出信号经三步继电器控制器 $SC01$ 控制冷水机组 REF 及冷冻水泵的启停。

压差控制器 P_dC01 检测系统供、回水之间的压差，并控制旁通管的旁通阀 TV ，使系统稳定。

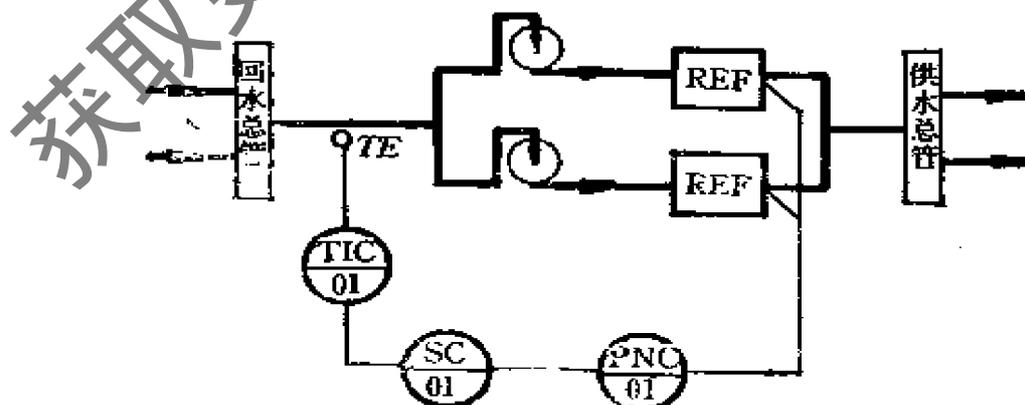
$FS01\sim FS03$ 为水流开关，作安全保护用，当冷冻机出口流量低于设定的最小流量或无水时，则使冷冻机组和水泵停止运行。

$FS06$ 是检测冷冻机冷却水用的水流开关（ $REF1$ 、 $REF2$ 冷却水水流开关未画出），当冷却水流量低于设定的最小流量或无水时，则通过 $FS04\sim FS06$ 使冷冻机组和冷冻水泵停止工作。

●参考仪表及设备

编 号	名 称	型 号	备 注
P_dC01	压差控制器	P74JA-3	
$FS01\sim FS03$	水流开关	F61KB-9001	
$T101$	温度显示器	EAT020/40	
TE	插入式水温传感器	EVF020/40	
$TC01$	温度调节器	ESRL11	
$SC01$	三步继电器控制器	EDR	
TV	两通电动调节阀	EGSVD	

例49 冷冻机台数控制



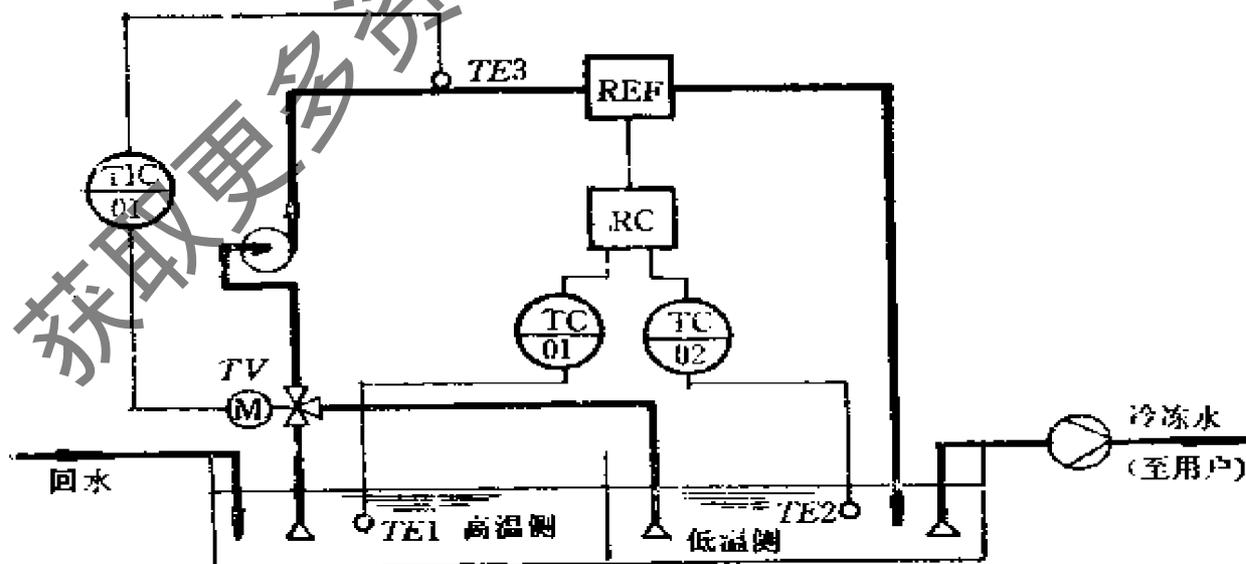
● 工作说明

利用插入式水温传感器 TE 检测回水水温，并将其信号送至温度调节器 $TIC01$ 。 $TIC01$ 根据温度的变化输出 $4\sim 20\text{mA DC}$ 的信号至步进控制器 $SC01$ ， $SC01$ 将 $4\sim 20\text{mA DC}$ 电流信号转换为接点信号送到台数控制器 $PNC01$ 。 $PNC01$ 根据接点的开、闭控制冷冻机的台数。

● 参考仪表及设备

编号	名称	型号	备注
TE	插入式水温传感器	$\Delta EK-01AR-021$	$-20\sim 100^{\circ}\text{C}$
$TIC01$	温度调节器	$JFF-62-D50R-RC$	PID
$SC01$	步进控制器	$SXK-A71P$	
$PNC01$	台数控制器	AAE	

例50 冷冻机入口温度的控制及自动启停



●工作说明

利用浸入式水温传感器 $TE1$ 、 $TE2$ 分别测得高温侧和低温侧的水温,并将其信号分别送至 $TC01$ 、 $TC02$ 。 $TC01$ 和 $TC02$ 根据高温侧、低温侧水温的变化,通过继电器回路 RC 控制冷冻机的启停。当高温侧水温高于设定值时,冷冻机投入运行。否则,停止运行。当低温侧水温低于设定值时,冷冻机停止运行;反之,投入运行。

利用插入式水温传感器 $TE3$ 检测冷冻机入口水温度,并通过温度调节器 $TIC01$ 控制三通电动调节阀 TV ,当入口水温度高于设定温度时, $TIC01$ 控制 TV 关小;反之,开大。

●参考仪表及设备

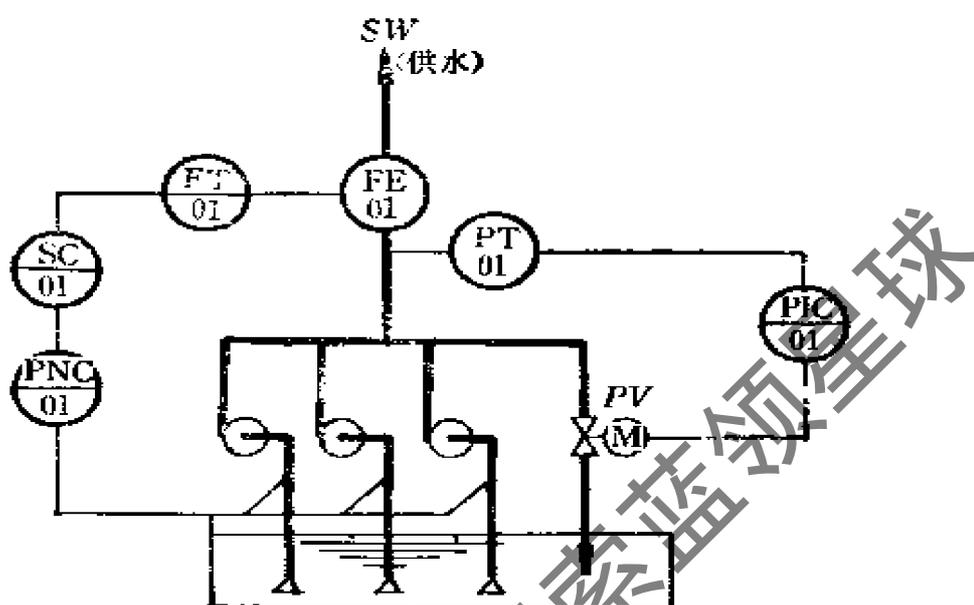
序号	名称	型号	备注
$TE1$ 、 $TE2$	浸入式水温传感器	AEK—01AC— 101	$-20\sim 100^{\circ}\text{C}$
$TE3$	插入式水温传感器	AEK—01AR— 021	$-20\sim 100^{\circ}\text{C}$
$TIC01$	温度调节器	JPF—62—D50R —RC	PID
$TC01$ 、 $TC02$	温度控制器	JPF—6—D11M— RC—Y	位式
RC	继电器回路		
TV	三通电动调节阀	V—5065A	

例51 冷冻水泵台数控制

●工作说明

利用流量计 $FE01$ 检测供水总管流量,并将流量信号送至流量变换器 $FT01$, $FT01$ 根据流量的变化输出 $4\sim 20\text{mA DC}$ 的控制信号,并将其信号送至步进控制器 $SC01$, $SC01$ 分三步输出开关信号至泵台数控制装置 $PNC01$,并经 $PNC01$ 控制泵的启停台数。

利用带压力检测的压力变送器 $PT01$ 检测供水总管的压力并将其压力转换成 $4\sim 20\text{mA DC}$ 信号送至压力调节器 $PIC01$,



*PIC01*根据压力的变化控制电动调节阀*PV*。

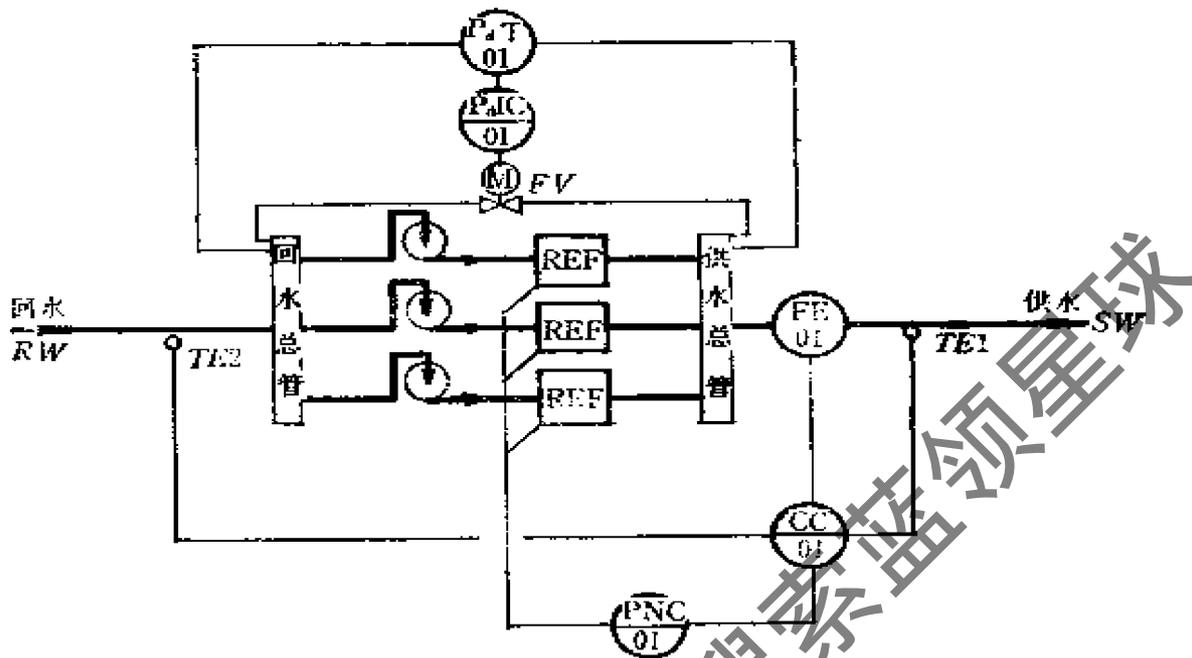
●参考仪表及设备

编 号	名 称	型 号	备 注
<i>FE01</i>	电磁流量计	YMZ00	
<i>FT01</i>	流量变换器	YMA11	
<i>SC01</i>	步进控制器	SXK—A71P	
<i>PNC01</i>	台数控制器	AAE	
<i>PIC01</i>	压力调节器	JPF—62—D51R—1	
<i>PV</i>	两通电动调节阀	V—5063A	
<i>PT01</i>	压力变送器	JKH—51	

例52 冷冻机台数控制

●工作说明

利用流量计*FE01*检测流量，插入式水温传感器*TE1*、*TE2*分别测得供水和回水温度，将这些温度及流量信号送至热量运算器*CC01*。*CC01*输出开关信号至台数控制器*PNC01*，并通过*PNC01*控制冷冻机的启停台数。



利用带检测装置的差压变送器 $P_{\Delta}T01$ 检测差压信号，并将其差压信号转换成 $4\sim 20\text{mA}$ DC 信号至调节器 $P_{\Delta}IC01$ 。 $P_{\Delta}IC01$ 根据差压的变化控制旁通管流量调节阀 FV ，进行水量调节，使系统稳定。

● 参考仪表及设备

编 号	名 称	型 号	备 注
$P_{\Delta}T01$	差压变送器	KDI23	输出 $4\sim 20\text{mA}$ DC 比例式 $-20\sim 100^{\circ}\text{C}$
$P_{\Delta}IC01$	电子式压力调节器	R-7372	
$TE1$ 、 $TE2$	插入式水温传感器	$\Delta EK-01AR-021$	
$FV01$	电磁流量计	YMA11	
$CC01$	热量运算器	KY7900A	
$PNC01$	台数控制器	AAE	
FV	三通电动调节阀	V-5064	