



全国高等农业院校教材

全国高等农业院校教材指导委员会审定



制冷装置自动化

● 陈忠忍 主编

● 制冷与冷藏技术专业用



中国农业出版社

全国高等农业院校教材

制冷装置自动化

陈忠忍 主编

制冷与冷藏技术专业用

中国农业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

制冷装置自动化/陈忠忍主编. - 北京: 中国农业出版社, 1996.10 (2000.12 重印)

全国高等农业院校教材

ISBN 7-109-03870-X

I. 制... II. 陈... III. 制冷装置-自动控制-高等学校-教材 IV. TB 663

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2000) 第 45683 号

出 版 人	沈镇昭
责任编辑	彭明喜
出 版	中国农业出版社 (北京市朝阳区农展馆北路 2 号)
发 行	新华书店北京发行所
印 刷	中国农业出版社印刷厂
	* * *
开 本	787mm×1092mm 16 开本
印 张	12.75 字数 288 千字
版、印次	1996 年 10 月第 1 版 2000 年 10 月北京第 2 次印刷
印 数	2 001 - 4 000 册 定价 15.90 元

书 号 ISBN 7-109-03870-X/TM·24

内 容 简 介

本书介绍制冷装置自动化的基本原理、典型回路及系统调试方法。全书分为五章。第一章为自动调节的基本原理；第二章为制冷装置自动控制元件，介绍制冷装置常用自控仪表元件的工作原理、结构、性能及选用；第三章为制冷装置自动控制，介绍制冷装置各典型回路如何实现自动控制及典型回路分析；第四章为顺序控制及应用；第五章为制冷装置自动化的调试和维修。

本书基础理论深浅度恰当，体系完整，概念清晰；典型回路分析紧密结合制冷装置的实际系统，实用性强；对目前国内外的发展方向及新技术的应用作了适当的介绍，便于读者在实践中开拓新技术。

本书为制冷与冷藏技术专业本科的基本教材。也可供从事制冷、空调、食品工程专业的技术人员阅读。

前 言

本书是高等农业院校“制冷与冷藏技术”专业《制冷装置自动化》课程的基本教材。

在制冷与冷藏技术的发展过程中，制冷装置自动化起着重要的作用。目前，它已日益成为制冷与冷藏技术中不可缺少的组成部分。因此，制冷与冷藏技术专业的工程技术人员和科研工作者，都必须具备有一定的制冷装置自动化的知识。冷藏事业的发展，一方面表现为库容量的增长，另一方面表现为冷库的现代化。冷库制冷系统自动化是冷库现代化的标志之一。因此，制冷装置目前正朝着自动化、机组化、成套化发展，现代制冷设备的自动化水平已成为和制冷设备性能指标、重量指标及使用寿命同等重要的评定因素。为此，要求本专业学生通过学习能较好掌握这方面的知识，以便在四个现代化建设中具有一定的开拓能力。

本书以厦门水产学院制冷与冷藏技术专业多年来使用的教材为基础，编写大纲经全国高等农业院校教材指导委员会审定。全书分五章，按50学时编写，各校使用本教材时，可按实际的教学时数决定取舍。教材中打“•”号为选学内容。

本书的编写大纲是按制冷与冷藏技术专业设有“制冷测试技术”课程来考虑的，有关制冷工艺参数的自动检测内容，在该课程中解决。

本书由上海交通大学石家泰教授主审，大连水产学院蒋志凯参审。在审定时，对本书提出许多宝贵的意见，特此表示衷心的感谢。

由于编者水平有限，谬误之处在所难免，敬请读者批评指正。

编 者

目 录

绪论.....	1
第一章 自动调节的基本原理.....	4
第一节 自动调节系统及其组成.....	4
一、人工调节与自动调节.....	4
二、自动调节系统的组成.....	5
第二节 自动调节系统的分类.....	7
一、定值调节系统.....	7
二、程序调节系统.....	7
三、随动调节系统.....	7
第三节 自动调节系统的过渡过程.....	8
一、过渡过程的基本形式.....	8
二、过渡过程的品质指标.....	9
第四节 调节对象的特性.....	10
一、对象的负荷.....	10
二、对象的容量及容量系数.....	10
三、对象的自平衡.....	11
四、对象的反应曲线.....	11
五、对象的特性参数.....	12
六、冷库冷藏间(对象)的微分方程.....	14
第五节 测量元件及变送器的特性.....	17
一、测量元件的特性.....	17
二、变送器的特性.....	19
第六节 调节器的特性.....	19
一、双位调节的特性.....	19
二、比例调节的特性.....	21
三、比例积分调节的特性.....	22
四、比例微分调节的特性.....	23
五、比例积分微分调节的特性.....	23
第七节 执行器的特性.....	24
一、气动薄膜调节阀的特性.....	24
二、执行机构的特性.....	26
第八节 调节系统的特性.....	28
一、系统微分方程式的列写.....	28
二、系统微分方程式的求解.....	31
第九节 各种调节过程的分析.....	33

一、二位调节过程的分析	33
二、比例、积分、微分调节规律对调节过程的影响	35
三、广义对象的特性对调节过程的影响	40
*第十节 拉氏变换	40
一、拉氏变换的概念	40
二、拉氏变换的基本定理	42
三、拉氏反变换	44
四、用拉氏变换解微分方程	45
*第十一节 传递函数	47
一、传递函数的定义	47
二、反馈系统的传递函数	49
三、具有干扰作用时自动调节系统的传递函数	50
第二章 制冷装置自动控制元件	53
第一节 流通控制阀件	53
一、电磁阀	53
二、主阀	54
三、恒压阀	57
四、组合式主阀	59
五、止回阀	63
六、自动旁通阀	63
七、水电磁阀	64
第二节 压力控制器	65
一、压力控制器	65
二、压差控制器	68
第三节 温度控制器	69
一、蒸气压力式温度控制器	69
二、电阻式温度控制器	73
第四节 时间程序控制器	74
一、概述	74
二、结构和工作原理	75
三、控制器的调整	76
第五节 能量调节器	77
一、分级步进调节器的工作原理	77
二、分级步进调节器的组成	78
第六节 热力膨胀阀	79
一、热力膨胀阀的结构	79
二、热力膨胀阀的工作原理	80
三、热力膨胀阀的选用	82
第七节 液位控制器	84
一、电感式浮球液位控制器	84
二、无触点式浮子液位控制器	85
三、电容式液位控制器	88

第三章 制冷装置自动控制	96
第一节 概述	90
第二节 库温的自动控制	92
一、冻结物冷藏间温度的自动控制	93
二、冷却物冷藏间的自动控制	94
三、冻结间的自动控制	97
四、背压调节	101
第三节 供液和回液的自动控制	102
一、供液的自动控制	102
二、回液的自动控制	104
第四节 压缩机的自动开、停车及能量调节	106
一、活塞式制冷压缩机的自动开、停车	106
二、活塞式制冷压缩机的能量调节	110
三、螺杆式制冷压缩机的自动控制	115
四、溴化锂吸收式制冷机的自动控制	118
第五节 冷凝压力的自动调节	120
一、水冷却冷凝器冷凝压力的调节	120
二、蒸发式冷凝器的冷凝压力调节	122
三、冷凝压力自动调节实例	123
第六节 制冷装置油路系统的自动控制	124
一、放油的自动控制	124
二、压缩机的自动加油	126
第七节 放空气器的自动控制	127
第八节 制冷装置的安全保护和信号装置	128
一、制冷装置的安全保护	128
二、制冷装置的自动信号装置	130
*第九节 微机在制冷装置自动控制中的应用	131
一、概述	131
二、微机控制的组成	132
三、模拟量输入通道	133
四、开关量输入、输出通道	134
第四章 顺序控制及其应用	137
第一节 概述	137
第二节 逻辑式顺序控制	138
一、逻辑式顺序控制原理	138
二、逻辑式顺序控制器组成部件	143
三、逻辑式顺序控制程序编制方法	150
第三节 步进式顺序控制	154
一、步进式顺序控制原理	154
二、步进式顺序控制器的组成部件	156
三、步进式顺序控制器的控制功能	160
四、步进式顺序控制的程序编制	164

第四节 可编顺序控制	165
一、可编顺序控制原理	165
二、可编顺序控制器的主要特点	167
三、微型可编顺控器	168
*第五节 顺序控制技术在制冷装置自控的应用	172
〔例一〕 某5000t肉联厂冻结回路顺序控制	173
〔例二〕 顺序控制器在自动化立体冷库中的应用	174
第五章 制冷装置自动化的调试和维修	176
第一节 自控元件的安装和单件调试	176
一、阀门部件	176
二、压力控制元件	178
三、温度控制元件	178
四、液位控制元件	178
第二节 制冷装置自动化的系统调试	178
一、系统调试的目的	178
二、系统调试前的准备	179
三、调试内容与方法	179
第三节 制冷自控装置的故障分析与维修	181
一、制冷自控装置的故障和成因	181
二、自控元件常见的故障和维修	183
附录 目前生产中常用制冷压缩机起动控制箱的线路	187
一、XJ01系列自耦减压起动控制箱	187
二、XJ1系列低压起动控制箱	189
三、12.5系列制冷压缩机JR型电动机的频敏变阻器起动控制箱	191

绪 论

在制冷生产过程的设备上，配上自动化装置，用以代替操作人员的部分直接劳动和智力功能，使生产在不同程度上自动地进行，这种用自动化装置来控制和管理制冷生产过程的方法，称为制冷装置自动化。

一个制冷系统，如果热负荷是很稳定的，而且与制冷装置的产冷量是完全一致的，在装置运转期间，显然就不要任何手动或自动的调节。而实际生产运行中则不然，由于外界条件的变化，使热负荷不断地波动。因此，冷库的设计和计算就必须按照冷库的最大耗冷量来考虑，此外，还要给予一定的安全系数以补偿不可预见的能量损失。冻结间还必须考虑冲霜时间和货物进出的时间，于是，每昼夜制冷装置的运转时间就不足 24h，而是按 20h 计算，这样就相应地增加单位小时的热负荷。由于上述种种原因，冷库制冷装置的产冷量一般都比实际耗冷量大，在运行中，系统的回气压力和温度总是趋向低于需要的回气压力和温度。这种情况就需要制冷系统的手动或自动调节。

在冷库热负荷不断波动的情况下，要使制冷装置的产冷量和冷库的耗冷量不断趋于或达到平衡，就必须对整个制冷装置进行及时地、准确地调节，才能保证制冷装置在安全、准确和经济合理的条件下运行。通过直观的检测和显示仪表（如压力表、温度计、液位计等）进行人工调节，这就需要比较熟练的操作工才能达到这一目的。制冷系统实现自动化的意义就在于，不需要熟练的操作工就能达到比人工操作更安全、更准确、更经济合理的操作运转。

从安全角度来看，在自动化系统中，制冷压缩机一般设有高、低压保护，油压差保护，断水保护，排气温度过高保护和电动机过载保护等。制冷系统的低压循环桶和中间冷却器还设有液位超高保护，氨泵设有气蚀保护……。其中任何一项出现故障，就能自动切断压缩机电源，立即停止压缩机运转，并发出报警信号。而且，由于自动控制元件对温度、压力、液位、电流等偏离现象的反应远远比人工操作靠眼观、耳听、手摸来得灵敏、准确。因此，自动控制能确保制冷装置的安全运行。从调节精度来看，稳定库房的温度，对保持冷藏食品的质量和降低食品干耗量起着决定性的作用。尤其对非包装食品影响更大。手动操作依靠设在库内的温度计和设在系统上的回气压力表来调节阀门和压缩机的开启台数，要达到上述要求是比较麻烦的，而自动控制系统依靠自动化仪表元件就比较容易、准确地实现这些要求。从制冷装置机器和设备的合理使用来看，自动控制系统也具有明显的优越性。在手动操作系统中，往往有的库房温度已降至给定温度还在继续降温，有的却不能及时地降温，同时延长了不必要的运转时间，增加了电耗。而在自动控制系统中，库房的供液和回气是由温度调节的，按给定值控制的，能严格根据设计要求及时地开关阀门。不仅如此，压缩机的能量也可根据回气压力或制冷剂液体温度等参数来调节，使压缩机能量比较接近于库房热负荷，这样就合理地使用了机器，又节约用电。从降低经营管理费用来看，

制冷装置自动化是有其积极意义的。表现在：

- (1) 防止事故发生，保障人身安全是冷库经营管理最大的节约；
- (2) 严格控制库温，降低食品干耗，也是一项重要的节约措施；
- (3) 合理操作，合理使用制冷设备，改善机器的工作条件，可以大大降低电耗、油耗和水耗，从而降低产品的成本；
- (4) 减少人员工资。

以上从几方面阐明了制冷装置实现自动化的意义，然而，事物总是一分为二的，它的不足之处表现在：

- (1) 一次性投资比手动操作的有所增加，据统计，一般增加5%；
- (2) 维护检修复杂化。

自动化技术是现代最先进的科学技术之一，在工农业生产过程、科学研究和国防军事领域等的发展过程中，它起着极为重要的作用。因此，它是生产过程中重要而不可缺少的组成部分。

自动化技术一般包括三个主要组成部分，即自动检测、自动操纵和自动调节。为了控制生产过程，首先必须随时了解生产过程中各工艺参数的变化情况，为此，人们利用各种仪表对表征生产过程情况的某些参数自动进行检查和测量，它是完善控制和调节生产过程的必要条件。这种自动化形式就是自动检测。自动操纵是根据预先规定的程序（步骤），自动地对生产设备进行某种周期性（或某种规律性）的操作。以上两种自动化形式，都属于开环系统，即系统的输出量对系统的控制作用没有影响。检测的结果或操纵的结果，如果偏离了工艺条件，装置本身不能起调节生产过程的作用，所以都不是完善的自动化系统。

自动调节是不需人直接参与，而使生产过程中某一参数保持恒定或按一定规律变化的过程。它是一种比较完善的自动化系统，系统的组成是闭环的，即系统输出信号对控制作用有直接影响。

除上述三种基本形式以外，一个完善的自动化系统还包括有信号自动联锁装置。

制冷装置自动化技术在我国正处于发展之中，根据自动化技术在制冷系统中应用的程度不同，大致可分为五级（类）：

第一级：安全保护装置。它包括压缩机安全保护、系统超压旁通、系统容器高限液位保护和液泵安全保护等。

第二级：局部自动控制。它是在实现安全保护的基础上，增加液泵回路和库房回路的自动控制。

第三级：半自动控制。除实现局部自动控制外，还增加制冷压缩机自动开、停车及能量自动调节内容。

第四级：全自动控制。除半自动控制内容外，还实现辅助设备（如自动加油、自动放油、自动放空气）及湿度自动控制等。

第五级：最佳工况调节。在实现全自动控制的基础上，一般都引入计算机实现系统的最佳工况运行，即使制冷系统保持在最经济、最合理的工况下运行。通过最佳工况调节，使食品在冷加工和冷藏过程中保持最好的质量，食品干耗降低到最小幅度。同时使制冷装置的耗电量、耗水量和耗油量降低到最小限度，从而达到经营管理费用最低的目的。

在确定一座冷库的自动化程度时，必须全面考虑各种因素，进行可行性分析。既要考虑因采用自动化而增加的一次投资和维护检修费，又要考虑因采用自动化而降低的费用。通过长期积累的资料，进行综合分析，就可找到经济的自动化程度。

制冷装置自动化在60年代以前，世界各发达国家基本上均处在单机局部自动控制的水平。即从单机自动保护，发展为单机自动运转，进而发展为机组的自动控制。进入60年代以后，由于电子技术的迅猛发展，为制冷装置自动化的发展提供了有利的条件。一些发达国家（如日本、德国等）开始大量把电子技术应用到制冷自动控制方面，使制冷装置自动化从单机局部自动控制向全自动控制、集中监视和遥控方向发展。有的国家不仅一个冷冻厂实现全自动控制，而且把一个地区的几个冷冻厂都由集中的遥控中心统一调度。一般大型冷库也仅需一个人监视仪表，夜间甚至不需人看管。

随着电子计算机技术的发展，冷库现代化水平的一个新发展就是立体式高货架全自动化冷库。1962年美国首先建成世界上第一座立体冷库，随后澳大利亚、意大利、日本、法国等国家，也先后建成多座这种类型的冷库。这种冷库不仅制冷系统实现全自动控制，更重要的是解决了货物进出库的繁重体力劳动，实现库内运输自动化。此外，由于采用高货架方式，使库房管理也现代化了，它借助计算机来完成库房管理的数据处理工作。

我国制冷装置自动化发展比较迟，直至70年代中期才完成冷库自动控制的各种专用仪表元件的研制。所以，冷库的制冷工艺实现不同程度的自动控制也从这个时候开始发展。初期基本上都是继电器控制系统为主，随后就逐步开始应用顺序控制器及微型计算机，目前已有不少冷库采用微型计算机作为制冷系统的控制和库房管理。因此，虽然我国制冷装置自动化起步晚，但发展速度也是快的。在新的历史时期，结合我国的国情，将会有更大的发展。

第一章 自动调节的基本原理

在工程和科学的发展过程中，自动控制起着重要的作用。制冷装置也不例外，它能代替许多复杂的手动操作过程，提高操作的可靠性、准确性和合理性。因此，制冷装置自动化已成为现代化制冷生产过程中不可缺少的组成部分。

本章是自动调节原理的一般性介绍，从定性的角度讨论了自动调节系统的组成和过渡过程等，从中引出自动调节的基本概念，并分析了自动调节系统中各个环节的特性及其对调节质量的影响。以此作为一个入门，为学习其后各章打下一定的基础。

第一节 自动调节系统及其组成

一、人工调节与自动调节

自动调节系统是在人工调节的基础上产生发展起来的。在开始介绍自动调节的时候，先分析一下人工调节是怎样进行的，人在这里面究竟起哪些作用，然后与自动调节加以比较，对了解和分析自动调节系统是有裨益的。

图1—1为冷藏库室温人工调节示意图。风机将室内热空气抽入冷风机(或称空气冷却器)中，经制冷剂冷却排管吸热而被冷却送出，藉以维持库房温度为要求的数值上或在一定范围内变化。

显然，一定温度、一定容积的热空气量对应地需要一定数量的制冷剂量冷却，以维持热量平衡，才能使库温保持在某一稳定值。也就是说库内回风在冷风机中放出的热量 $Q_{入}$ 必须和冷却排管中制冷剂带走的热量 $Q_{出}$ 经常相协调，否则库温将发生变化。这里要使 $Q_{入}$ 和 $Q_{出}$ 经常保持平衡，可以用调节制冷剂供液阀的开启度 ΔM ，从而改变制冷剂流量的办法来达到。供液阀开启度变化 ΔM ，冷量变化 ΔQ ，则相应的空气温度可以变化 $\Delta \theta$ 。

在人工调节时，操作人员所进行的工作是：

- (1) 用眼睛观察库房内温度计的指示值；
- (2) 将指示值与所要求的温度值进行比较，并算出两者的差值；
- (3) 当指示值偏高时，则开大供液阀门，而在指示值偏低时，关小供液阀门，使阀门的开启度适应库温的要求。

将上述三步工作不断重复进行，直至温度保持在某一稳定值为止。这种由人来直接进

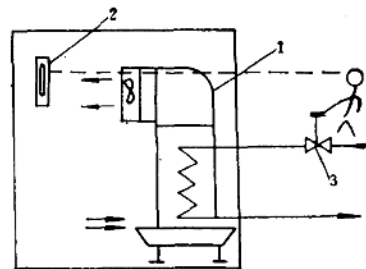


图1—1 人工调节示意图
1.冷风机 2.温度计 3.供液阀

行的调节就叫做人工调节。显然，以人工去完成这项工作将非常劳累，且很难使库温稳定。假若由一台温度自动调节器来控制供液阀完成这一工作，就叫做自动调节。冷藏库内的冷风机和自动调节器一起的全部设备，就构成了一个自动调节系统，如图1—2所示。由图可知，自动调节器包括三部分：第一部分是测量库房温度并能将温度的高低用一种特定的信号

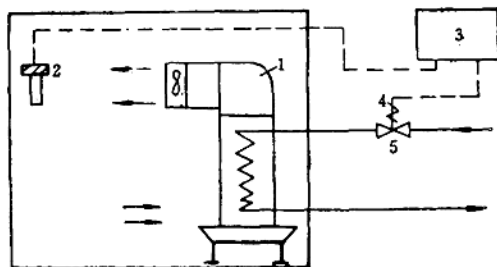


图1—2 自动调节示意图

1.冷风机 2.测量元件 3.调节器 4.执行机构 5.调节阀

（如气压、电流或机械位移等）表示出来的仪器，这个仪器叫做测量元件或变送器。测量元件（或称敏感元件）是指测量或感受温度高低的器件。假若测量元件发出的信号与后续器件所要求的信号不相符合时，则需增加一个将测量信号转换为后续器件所需信号类型的器件，叫做变送器（或称转换元件）；第二部分是调节器，即根据测量元件或变送器送来的信号，与工艺上需要保持的温度高低加以比较，按已经设计好的运算规律算出结果，然后将此结果用特定的信号（气压、电流等）发送出去；第三部分是调节阀和执行机构，它能自动根据调节器送出来的信号值改变阀门的开启度，以实现自动调节任务。

显然，在自动调节时，调节器将测量元件反映的库温测量值与要求值进行比较和运算，用以控制执行机构和调节阀，使 $Q_{入}$ 与 $Q_{出}$ 保持平衡，以实现库温的自动调节。

从上述人工调节与自动调节过程的分析来看，测量元件相当于人工调节的温度计，调节器代替人的眼睛和大脑，对库温的实际值与要求值进行比较和运算，执行机构相当于人的双手。在人工调节时，操作人员通过眼、脑、手三个器官分别发挥观察、思考、操作三种功能，从而完成温度调节的任务，其效果在很大程度上取决于其经验的正确与否。而在自动调节中，调节器是根据偏差信号，按一定规律去控制调节阀的，其效果在很大程度上决定于调节器的调节规律的选用是否恰当。不管所用自动调节装置的结构复杂程度如何，也不论采用的是哪种工作能源，就其本质和作用来说，自动调节装置完成的测量、运算、执行等职能和人工调节时人所发挥的观察、思考、操作等功能是完全一致的，可以说前者就是对后者的直接模拟。

二、自动调节系统的组成

图1—2所示的库温自动调节系统，是由冷藏室、冷风机、测量元件、调节器、执行机构和调节阀（调节机构）所组成的。其中冷风机和冷藏室组成调节对象，简称对象。所谓调节对象是指被调参数按照给定规律变化的房间、设备、器械、容器等。在某些制冷自控工程中除上述房间和热交换器所组成的对象外，制冷压缩机、贮液桶等都是对象。有时，为了研究问题方便，把冷藏室、冷风机、测量元件、执行机构和调节机构并在一起叫做调节对象（广义对象）。这样，自动调节系统就只有调节对象和调节器两部分组成。

为了能更清楚地表示一个自动调节系统各组成部分（或称环节）之间的相互影响和信号联系，一般都用方块图（或称方框图）来表示调节系统的组成。例如图1—2的自动调节

系统可以用图1—3的方块图来表示。

每一方块（框）表示系统的一个环节，用带有箭头的线条表示环节之间的联系和信号的传递方向，在线上用字母表示作用信号。

图1—2中的冷藏室和冷风机可用一个对象方块来表示。室温就是工艺上要求稳定的参数，在自动调节系统中称为被调参数（或称被调量），用 θ_a 表示。

在方块图中，被调参数就是对象的输出信号。对被调参数规定数值称为给定值（或设定值），用 θ_a 表示。

调节对象须通过被调参数表示其内部的物理变化过程，例如，冷藏库对象须以其中的空气温度、湿度来反映其内部过程。如果没有调节器加以控制，则外负荷变化时，被调参数将按调节对象本身的性能（热量平衡、流量平衡……）自由变化。

在上例中，库外气温的变化，库内热负荷的变化等，都会使室温发生变化，使室温的实际值与给定值之间产生偏差。这些引起室温产生偏差的外界因素，在自动调节系统中称为干扰（或称扰动），用 f 表示。上例中导致室温变化的另一因素是冷风机制冷剂供液流量 q 的变化，它往往是调节阀动作的结果，是自动调节系统赖以补偿干扰的作用，也就是使被调量保持在给定值上的调节参数（或称调节量）。调节量 q 和干扰 f 对对象的作用方向是相反的。

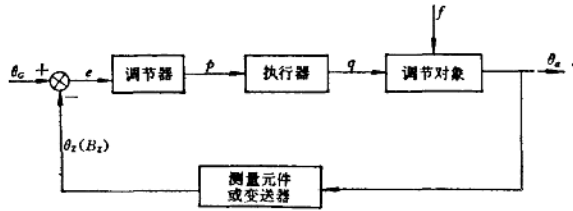


图 1—3 自动调节系统的方块图

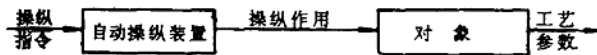
图1—3中符号 $\begin{matrix} + \\ \circlearrowleft \\ - \end{matrix}$ 表示比较元件，它往往是调节器的一个组成部分，在图中把

它单独画出来为的是说明其比较作用。在这种元件上常常作用着几个输入量和一个输出量，输出量等于输入量的代数和。被调量实测值可以由测量元件直接输出，但当测量元件输出信号 θ_z 与调节器比较元件的信号的类型不相一致时，则需将测量元件发出的信号通过变送器变送为信号 B_z 。由 θ_z （或 B_z ）与给定值 θ_a 相比较得到的室温偏差值 e 作用在温度调节器上，使调节器输出一控制信号 p ，而 p 则作用在执行机构上，改变调节阀的开度，控制调节量 q 。

由图1—3的方块图可以看出，从信号传送的角度来说，室温自动调节系统是一个闭合的回路，所以叫做闭环系统。还可看出，系统的输出参数是被调参数，但是它经过测量元件或变送器后，又返回作用到调节器的输入端。这种把系统的输出信号又引到系统输入端的做法叫做反馈。如果反馈信号使被调参数变化减小，称为负反馈，反之，称为正反馈。在自动调节系统中一般都采用负反馈，其符号标法如图1—3所示。负反馈信号（测量值） θ_z 进入比较元件时取负值，用“-”号，而给定值取正值，用“+”号，偏差值 $e = \theta_a - \theta_z$ 。

图1—3的方块图是一种基本的形式，代表单参数或简单调节系统。而多参数调节系统的方块图比较复杂一些。

方块图中的每一个方块都代表一个环节。有的方块是单方向作用的，也就是方块的输入会影响输出，但输出不会反过来影响输入，如测量元件、变送器及执行器等方块都是这样。值得指出的是一个自动调节系统中，只要有一个方块是单方向性的，那么整个系统就是具有单方向性。所以自动调节系统都是不能逆向动作的。还需要注意的是，方块与方块之间的联接线，只是代表方块之间的联接信号，并不代表方块之间的物料联系。方块之间联接线的箭头也只是代表信号作用的方向，与工艺流程图上的不同。工艺图上的线条是代表物料从一个设备流到另一个设备。对于调节阀来说，它控制着流体的流量（即调节参数），从而把调节作用送到调节对象去克服干扰的影响，以维持被调参数在给定值上，调节阀所控制的流体可能是流入对象，也可能是流出对象的。



还应该指出的是，自动调节系统具有被调参数负反馈的闭环系统，它与自动检测、自动操纵和自动信号报警等开环系统有着本质的差别，关键就在于调节系统有负反馈。图 1—4 所示是一个开环系统的方块图。在这个系统中输出端和输入端之间没有反馈回路，所以开环系统不对被调参数进行测量和反馈，一般皆只是根据人的意志依一定的程序或规律来控制 and 调节被调参数。

第二节 自动调节系统的分类

自动调节系统分类方法很多，按给定值不同，自动调节系统可分为三类，即定值调节系统、程序调节系统和随动调节系统。

一、定值调节系统

在定值调节系统中被调参数的给定值是恒定的，干扰作用来自系统中的负荷干扰，其调节过程是克服负荷干扰。如贮液桶的液位调节中液位的给定值和恒温、恒湿工程中的温湿度给定值要求恒定。制冷和空气调节的自动调节系统，大多数属于这种类型，因此，本课程重点讨论定值调节系统。

二、程序调节系统

程序调节系统的给定值是变化的，它往往是一个已知的时间函数，其调节过程是使被调参数符合给定值的要求实现程序调节。例如，环境试验室的温度、湿度自动调节系统，一般把温湿度要求按时间编成程序来进行控制。

三、随动调节系统

在随动调节系统中，被调参数的给定值也是变化的，它是某一未知变量的函数，而且这个变量的变化规律是随机的、事先是不知道的。调节过程是使系统的输出严格地及时地

跟随着变化。如各种变送器均可看作一个随动系统。

除按上述分类外，还有其它的分类方法，如按工艺参数来分，可分为温度自动调节系统、湿度自动调节系统、液位自动调节系统等；按系统的结构特点来分，可分为反馈自动调节系统、前馈自动调节系统和复合自动调节系统；按自动调节装置实现的调节动作与时间的关系来分，可分为连续调节系统和断续调节系统等。

第三节 自动调节系统的过渡过程

为了分析自动调节系统的品质指标，首先得分析自动调节系统的过渡过程。假定图1—2中的室温自动调节系统原来处于一个稳定平衡状态，即 $Q_{\lambda} = Q_{\text{出}}$ ，室温将稳定在某个数值上。如果在某个时刻，库房进入一批热货，即流入室内的热量突然增加了，破坏了这种平衡状态，室温就会变化。自动调节的作用就在于克服干扰的影响。从干扰的发生、经过调节，直到系统重新建立平衡，在这一段时间中整个系统的各个环节和参数都处于变动状态之中，这种变动状态叫做动态。干扰作用前后的稳定平衡状态就叫做静态。了解系统的静态固然重要，但了解系统的动态更为重要。当调节系统处在动态阶段中，被调参数是不断变化的，这一随时间而变化的过程称为过渡过程，也就是系统从一个平衡状态过渡到另一个平衡状态的过程。

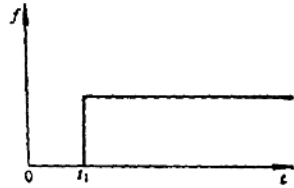


图 1-5 阶跃干扰

自动调节系统所要克服的干扰有大有小，有的变化很快，有的变化比较缓慢。一般说来，缓慢的干扰总是比突然的干扰更容易克服些。我们常把一种突然地从一数值变化到另一数值，而且一经加上就持续下去不再消除的干扰称为阶跃干扰，如图1—5所示。阶跃干扰是最不利的干扰形式，如果一个调节系统能很好地克服阶跃干扰的影响，那么它对于其它形式的干扰，也就不难克服。所以，我们常把对阶跃干扰的反应作为判别系统抗干扰能力好坏的标准。

一、过渡过程的基本形式

当系统受到阶跃干扰作用时，系统的过渡过程有以下几种基本形式，如图1—6所示。

图中曲线(a)是发散的振荡过程，被调参数的变化幅度愈来愈大，这是一种不稳定的过程，在自动调节系统中是应该避免的。曲线(b)是等幅振荡过程，在连续调节系统中一般认为它是不稳定和不允许的。但在双位调节系统中，只要被调

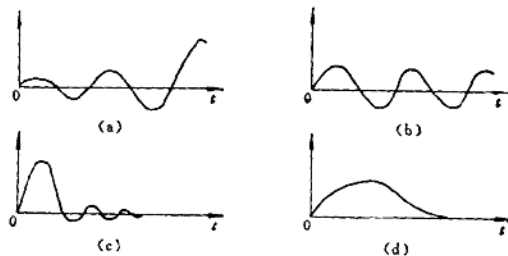


图 1-6 过渡过程的几种基本形式

(a) 发散振荡 (b) 等幅振荡 (c) 衰减振荡 (d) 单调过程