

全国中等水产学校试用教材

# 冷藏库制冷 装置自动化

河北水产学校主编

制冷专业用

农业出版社

164901

全国中等水产学校试用教材

# 冷藏库制冷装置自动化

河北水产学校主编

制冷专业用



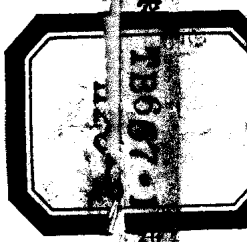
农业出版社

**主编** 河北水产学校 谭宝荣  
**编者** 河北水产学校 沈振华  
连云港水产学校 赵 铮  
**审稿** 上海水产学院 陈邓曼  
上海市第二商业局 邱嘉昌 顾建中  
武汉肉类联合加工厂 方之海  
上海禽蛋公司 赵育川  
山东莱阳肉类联合加工厂 于世洪  
杭州商业技工学校 陈 革

全国中等水产学校试用教材  
**冷藏库制冷装置自动化**  
河北水产学校主编

农业出版社出版 (北京朝内大街130号)  
新华书店北京发行所发行 农业出版社印刷厂印刷

787×1092毫米16开本 12.5印张 1插页 266千字  
1983年5月第1版 1983年5月北京第1次印刷  
印数 1—5,700册  
统一书号 15144·646 定价 1.10元



D316/11

## 编写说明

本书是根据全国中等水产专业学校统编教材教学大纲要求编写的。在编写过程中，考虑到中专教学的特点，文字力求通俗易懂，尽量避免复杂的理论性论述和公式推导，以实用为主，适当增加图表和应用实例。对一般冷库常用的自动化仪表和元件尽可能多做介绍，以利选用。由于中专学生毕业后大多在生产第一线工作，所以本书对冷藏库制冷装置自动化的安装、调试与维修作了较详细的介绍。各校在使用本教材时，可根据教学大纲和本单位教学要求决定取舍。


本书除作为全国中等水产学校教材外，亦可供冷藏库设计人员、冷库工人、工程技术人员、领导干部以及其他有关自动化专业的师生参考。

本书的编写分工如下：河北水产学校谭宝荣编写绪论、第二章第五节至第八节和第四章，沈振华编写第一章、第二章第一节至第四节，连云港水产学校赵铮编写第三章和第五章。

本书编写过程中曾得到商业部设计院、武汉肉类联合加工厂、武汉流量仪表厂、武汉江新仪表厂、上海市第二商业局、上海宝钢食品冷库、黑龙江商学院等单位的大力支持，提供了不少宝贵资料，在此表示感谢。

编者

1981年5月



# 目 录

绪论	1
一、冷藏库制冷装置自动化的意义	1
二、冷藏库制冷装置自动化的发展概况	1
三、本课程设置的目的与要求	2
第一章 冷藏库自动调节的基本概念	3
第一节 自动调节系统概述	3
一、自动调节系统的组成	3
二、自动调节系统的分类	5
第二节 调节系统的质量指标	5
一、动态偏差 ( $\Delta X_{动}$ )	7
二、静态偏差 ( $\Delta X_{静}$ )	7
三、调节过程时间 ( $T_{调}$ )	7
第三节 调节对象的特性	7
一、调节对象的负荷	8
二、调节对象的容量和容量系数	8
三、调节对象的自平衡	9
四、调节对象的时间常数	9
五、调节对象的滞后时间	10
第四节 调节器	11
一、调节器的分类	11
二、调节器的特性	12
第二章 制冷工艺参数检测仪表及控制元件	20
第一节 自动化仪表的基本知识	20
一、自动化仪表的基本原理	20
二、自动化仪表的品质指标	20
三、制冷自动化仪表的分类	22
第二节 温度检测与控制仪表	22
一、测温仪表的分类	22
二、制冷测温仪表和控制器	23
第三节 压力检测仪表和控制器	44
一、压力检测仪表	45
二、压力控制器	48
第四节 压差类控制器	60
一、油压差控制器	60
二、CWK-11型压差控制器	66
第五节 液位检测和控制器	67

一、直读式玻璃管液位计	68
二、浮力式液位计	68
三、电容式液位计	69
四、电感式浮球液位控制器	69
第六节 湿度检测及检测仪表	78
一、HS-1型遥测通风干湿度表	78
二、NSZ-11型电阻式湿度计	80
第七节 程序控制器	83
一、TDF型分级步进调节器	83
二、TDS-04、05型时间程序控制器	87
三、时间继电器	93
第八节 流通类自动控制元件	93
一、电磁阀	93
二、主阀	96
三、恒压阀	99
四、止回阀	107
五、旁通阀	111
六、温度调节阀	114
第三章 冷藏库制冷装置的自动控制	118
第一节 库房温度的自动控制	121
一、冻结物冷藏间的自动控制	121
二、冷却物冷藏间的自动控制	124
三、冻结间的自动控制	130
四、冰库的自动控制	134
第二节 压缩机的自动控制	134
一、压缩机的安全保护装置	134
二、压缩机的能量调节装置	136
第三节 冷凝压力的自动控制	141
一、壳管式冷凝器冷凝压力的自动控制	141
二、蒸发式冷凝器冷凝压力的自动控制	142
第四节 氨泵系统的自动控制	143
一、制冷工艺对氨泵系统的要求	143
二、氨泵系统自动控制原理图	143
三、自动控制分析	144
四、参考电路原理图	147
第五节 放空气器的自动控制	147
一、温度控制法	147
二、液面控制法	149
第六节 油系统的自动控制	149
一、放油的自动控制	149
二、油处理的自动控制	152
第四章 冷藏库制冷装置自动化的调试与维修	156

第一节 阀门元件的安装、单件调试和维修 .....	156
一、电磁阀 .....	156
二、主阀 .....	158
三、恒压阀 .....	159
四、止回阀 .....	161
五、旁通阀 .....	162
六、氨用温度调节阀 .....	162
第二节 制冷装置自动控制的系统调试 .....	164
一、系统调试的目的 .....	164
二、系统调试前的准备 .....	164
三、系统调试的内容及方法 .....	168
第三节 制冷装置自动控制的故障分析 .....	174
一、库房温度控制不准确 .....	174
二、库房温度降不下来 .....	175
三、库房温度在达到下限后继续下降 .....	175
四、氨泵不能启动或在正常运转中突然停止 .....	175
五、低压循环桶、中间冷却器等容器的液位超高或过低 .....	175
六、压缩机启动不起来或启动后立即停车 .....	176
七、压缩机正常运行中突然停车 .....	176
八、压缩机停车后回汽压力回升过快 .....	176
九、压缩机自动开、停(或加载、卸载)过于频繁 .....	176
十、在调定的吸入压力范围内,压缩机的吸入压力偏向上限,不易降下来 .....	177
十一、压缩机曲轴箱油位控制不准确 .....	177
第五章 冷藏库制冷装置自动控制实例 .....	178
一、某万吨冷库制冷系统自控设计 .....	178
二、某500吨冷库制冷系统自控设计 .....	183

## 绪 论

**一、冷藏库制冷装置自动化的意义** 冷藏库由于受室外空气温度变化、食品进出库等外界条件的影响，热负荷经常波动。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，保证各冷间所需的温、湿度数值不超过食品冷藏工艺所允许的波动范围，就必须对整个制冷装置及时地、准确地进行检测和调节。采用人工调节，存在占用劳动力多、劳动条件差、劳动强度大、安全性差等缺点。

若在制冷装置上配置一些自控元件和仪表组成相互联系的自控回路，实现制冷装置自动化以后的优点：

首先，是保证了设备的正常运行和操作人员的安全。如氨压缩机一般均设有高低压保护、油压差保护、断水保护、排气温度保护等；在低压循环桶和中间冷却器上设有高液位保护，一旦出现故障，保护装置能自动切断压缩机电源，保证安全生产。

其次，是改善了工人的劳动条件。制冷装置实现自动控制后，能代替工人许多复杂的手工操作，操作人员也毋须在低温条件下工作，这样就大大减轻了工人劳动强度和节约劳动力，同时提高了制冷效率，降低了水、电等消耗。

第三，由于自控元件对温度、压力、液位等偏离现象的反应远比人工来得灵敏而准确，所以自控冷库的库房温度、湿度比较稳定，十分有利于保持食品的质量，减少食品的干耗。

此外，自控系统还具有很大的适应性，能完成许多人工手动操作几乎难以达到的一些复杂而频繁的操作过程。

制冷装置自动化对保证制冷系统生产安全可靠、经济合理地运行、提高劳动生产率、改善劳动条件、提高冷藏食品的质量都有重要意义。

**二、冷藏库制冷装置自动化的发展概况** 冷藏库制冷装置自动化是现代化技术的一个部分，也是自动化理论在机械制冷中的实际应用。

解放前，我国的制冷事业非常落后，食品冷藏工业寥寥无几，冷藏库总容量不足3万吨，至于冷藏库制冷装置自动化更是空白。解放后，在党的领导下，随着工农业生产的发展，我国的食物冷藏工业迅速壮大。1973年以来，我国自行设计制造了制冷装置自动化专用的仪器仪表和自动阀门元件，并先后在上海、武汉一些冷库进行试用，到目前为止，初步实现了各项主要制冷工艺环节上的自动化。如库房温度的遥测与调节，压缩机的启闭与容量调节，氨泵、水泵与冷却塔的运行，冷风机的融霜和压缩机曲轴箱的加油等等。当前一些冷库的自动控制设施，仅仅是解决制冷装置的自动化，对劳动强度大、劳动条件差的库内装卸运输机械化、自动化，至今尚未解决。

国外，对制冷装置自动化的研制，主要还是近十几年来的事。如日本1965年时还没



有实现自动化,自七十年代起,继美国之后,意大利、日本、澳大利亚、法国等先后建成一批立体式自动化冷库。这是用电子计算机控制的能自动装卸货物和自动控制制冷机械的新型冷库。这种冷库大都是单层的、层高一般在15—30米,库内装有轻型钢制作的多层高位货架,堆放供存放货物的托盘,托盘尺寸一般为 $0.8 \times 1.2$ 米或 $1 \times 1.2$ 米,载重800—1000公斤。托盘装卸主要靠自动巷道式堆垛起重机。这种自动巷道式堆垛起重机能进行水平和垂直输送,在电子计算机指令下将货物送至指定货格上,也可从指定的货格上自动取出货物。同时,库房温度和机器运行也由电子计算机根据热负荷参数的变化自动调节。立体自动化冷库的主要优点是库内装卸作业和制冷系统操作全部自动化,库内不需任何操作人员。装卸作业迅速,吞吐量大,5分钟可从库房任何部位取出或装入8吨货物。此外,这种冷库由电子计算机代替人工科学地管理仓库,可确保库存货物按先进先出的原则出货,减少商品损耗,并且管理人员可减少到最低限度,如意大利一座8000吨立体库只需两名管理人员。因为这种冷库一次投资大,要求维修人员有较高的技术水平,所以对一些吞吐量大进出频繁的冷库比较适用。

我国冷藏库自动化在自动装卸货物方面尚处于试验阶段,即使在制冷装置自动化方面也还存在一些问题。主要问题有如下几点:

1. 一次投资大 一般约占冷库部分总投资的5—10%。

2. 须另附手动操作设备 因考虑设备、元件等检修时的需要和自动化元件失灵、停电等事故状态,在装设自动化系统时,还必须加装一些手动操作的阀门,以便自动系统出故障时能手动操作。

3. 自动化元件价格偏高 有的自动化元件价格偏高,质量差,经常出故障。

4. 维修力量跟不上去 由于自动化元件的结构和原理较复杂,对维修工人要求具备较高的理论知识和实际经验,而一般冷库缺少这样的技术人员和工人。

此外,自动化节省劳动力,但在我国目前情况下,这一点意义并不大。自动化后对领导的业务水平要求提高,如何改进和完善企业管理方法以适应自动化冷库的要求,需要有一段时间和过程。

综上所述,我国制冷装置自动化的进展和普及受到一定影响……。随着我国工农业的迅速发展,技术水平日益提高,工艺设计更加合理,自动化回路进一步完善并简化,自控元件的质量不断提高,价格降低,使制冷装置自动化的投资逐步降低。同时在不具备全部自动化的冷藏库可先根据具体情况搞局部自动或半自动控制,以取得投资少、收效大的效果,然后再逐步过渡到全部自动化。

**三、本课程设置的目的与要求** 冷藏库制冷装置自动化是我们实现冷库技术现代化的重要技术手段,是现代化冷库发展的必然方向。所以,对于从事制冷工艺的技术人员来说,本课程是必修的专业课程之一。

通过本课程的学习,要求掌握冷藏库制冷装置自动化的基本原理;冷藏库中常用的自控仪表和元件的基本构造、工作原理、应用和安装、调试、维修知识,并能比较系统地了解和实施制冷装置自动化的基本方法。

# 第一章 冷藏库自动调节的基本概念

## 第一节 自动调节系统概述

**一、自动调节系统的组成** 任何一个自动调节系统都是由调节对象和调节器组成的闭环系统，它是在人工调节的基础上产生和发展起来的。为了便于了解自动调节系统的概念，我们以冷库中冷藏间温度自动调节系统为例，并与人工调节(图 1—1) 对照进行分析，以便加深理解。冷藏间内货物和冷藏间外的热负荷不断地进入冷藏间内，使冷藏间内温度上升。当操作人员观察到冷藏间内温度计上升并超过了冷藏食品工艺要求的规定值时，应根据超过规定值的多少适当控制供液阀的开启度。操作人员进行的工作是：

1. 观察温度计的指示值。
2. 将指示值与冷藏间规定的温度值加以比较。
3. 当温度比规定值升高时开大供液阀，温度低于冷藏间规定值时则关小供液阀，使供液量与冷藏间内温度成一定的相应关系。
4. 将上述三步工作不断重复使冷藏间内温度恢复到规定的温度范围为止，这个过程叫调节。

这种直接由操作人员进行调节的工作叫人工调节。如果一个自动化装置代替操作人员的工作，使冷藏间内温度也能保持在规定的范围之内，这样的调节叫温度的自动调节。冷藏间和自动化装置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。

自动化装置由三部分组成。第一部分是敏感元件或称一次仪表，又叫测量元件，它是用来感受调节参数并发出信号的元件。这里敏感元件是测量冷藏间内温度高低的装置。如果敏感元件所发出的信号与后面仪器所要求的信号不一致时，则需增加一个将敏感元件发出的信号转变成后面仪器所要求信号的装置，这个装置叫变送器。第二部分是调节器：调节器接受敏感元件发出的信号与工艺上要求的参数加以比较，然后将比较结果用一特定的信号（气压、电流等）发送出去。这里指敏感元件发出的信号与冷藏间规定的温度值进行比较并发出信号的仪器。第三部分是执行调节机构：根据调节器送出的信号能自动地控制阀门开启度的部件，这里是指电磁阀。当温度高于上限位数值时能自动开大阀门供液量增大，使冷藏间内温度降低；当温度低于下限位数值时，自动关闭电磁阀停止供液，防止温

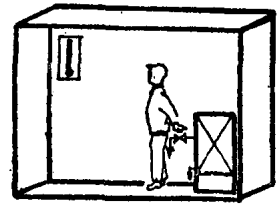


图1—1 人工调节示意图

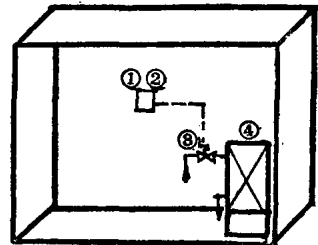


图1—2 自动调节示意图

度继续降低。这样就起到自动调节冷藏间温度的作用。自动调节系统与人工调节系统相比较可以看到：

1. 敏感元件代替了操作人员眼睛的观察。
2. 调节器代替了大脑的分析。
3. 执行调节机构代替了人工手动调节阀门。

采用了自动调节装置既可以提高调节精度，又可以减轻操作人员的劳动强度。

自动调节系统中的工艺设备，例如上例中的冷藏间称为调节对象。生产过程中要求保持的工艺指标，如冷藏间所需维持的温度 $-18^{\circ}\text{C}$ ，这个事先规定的温度数值就是调节系统的给定值。生产过程中需要调节的量，如此例中的温度叫被调节参数。生产中调节参数的实际值与给定值之间经常出现差值，这个差值叫做偏差。如冷藏间温度的给定值为 $-18^{\circ}\text{C}$ ，调节后的温度不是 $-18^{\circ}\text{C}$ 而是 $-17^{\circ}\text{C}$ ，相差 $1^{\circ}\text{C}$ ，这个 $1^{\circ}\text{C}$ 的差值就叫做偏差。凡是能引起调节参数产生偏差的一切因素都叫扰动，又称干扰。如影响冷藏间温度变化的室外温度的变化等。扰动是破坏系统的平衡状态、引起被调参数变化的外界因素，它是不可避免的。扰动的形式是多种多样的，扰动的幅度和频率也是不同的，并且经常没有固定的形式。在分析和设计过程中为安全和方便，常常以阶跃扰动为扰动的最不利形式。它对被调参数影响最大，且一经加上后就持续下去不能消除。如果用纵座标表示扰动，横座标表示时间，阶跃扰动可用图 1—3 表示。

在研究自动调节系统时，经常用方框图表示自动调节系统各个组成环节、相互影响和信号联系。每个方框图代表一个系统组成环节，两个方框图之间用箭头表示相互关系。箭头表示进入还是离开这个方框图，线上的字母表示相互间的作用信号。图 1—1 和图 1—2 可分别用方框图 1—4 和图 1—5 表示。

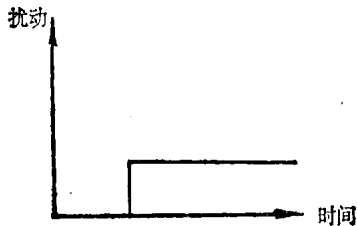


图 1—3 阶跃扰动作用

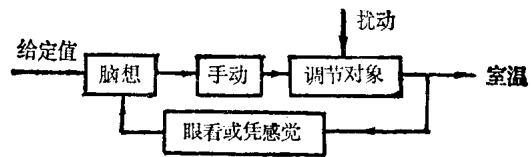


图 1—4 人工调节方框图

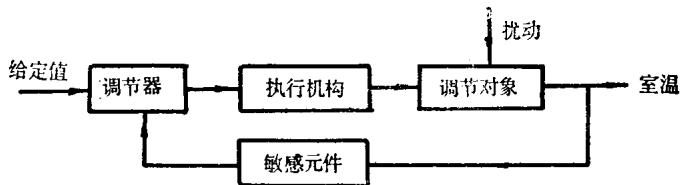


图 1—5 自动调节方框图

应当注意方框图之间的连线并不代表制冷剂的流程。如果调节阀控制的制冷剂流量是进入调节对象，只说明工艺流程和信号作用一致。如图 1—2 电磁阀装在冷风机蒸发排管的进口，那么电磁阀的调节作用正好和流入冷风机的制冷剂方向一致，都是进入调节对象

的，和方框图联接线箭头一致。相反，如果电磁阀装在冷风机蒸发排管的出气口，这时调节阀的调节作用还是输入给调节对象，而制冷剂的流量方向是流出调节对象的，和方框图连接线箭头方向正好相反。

从图 1—5 中我们可以看到，信号沿箭头方向前进，最后又返回原来的起点，信号有一个闭合回路，象这样的系统在自动化系统中叫闭环系统。如果信号没有象图 1—5 那样有一个闭合回路的叫开环系统。在闭环系统中，把系统的输出信号又引回到输入端的做法叫反馈。反馈可分正反馈和负反馈，在自动调节系统中都采用负反馈。即当调节对象受到扰动影响，被调参数高于给定值时，经过比较传给调节器的偏差信号将为负值。在这个负值信号的影响下，执行调节机构的作用为负，也就是使被调参数数值下降，以便起调节作用。如果采用正反馈，一旦有了偏差存在，执行机构调节作用为正，不但不能克服扰动的影响，反而会使偏差越来越大直到发生故障为止。所以，自动调节系统绝不能单独采用正反馈。

**二、自动调节系统的分类** 自动调节系统分类方法很多，但根据给定值参数变化的规律来分可以分为三类。

1. 定值调节系统 所谓定值是指调节参数的给定值是一个恒量或不超过某一变化范围的量值。如冷藏间的温度调节就属于定值调节系统。调节方法是：根据食品冷藏工艺要求，确定被调参数的给定值，再测出被调参数对给定值的偏差，根据偏差的大小，由调节器指挥调节阀作用，使被调参数恢复到给定值。

2. 程序控制系统 在整个生产过程中，调节参数给定值是时间的函数，即给定值按一定的时间程序变化，这种自动程序调节叫做时间程序调节。如冷库冻结间的冲霜，按程序冻结间出货完毕后，自动进行冲霜。还有一种叫参数程序调节。调节参数给定值按着一定的规律随另一参数而变化，也就是说调节参数的给定值是其它参数的函数，如压缩机的能量调节。

3. 随动调节系统 调节系统中被调参数的给定值是变化的，它随另一未知的过程而变化，例如用雷达控制高射炮自动追踪飞机。随动调节系统在制冷中很少应用，但有些环节可以看作是一个随动调节系统。如压力变送器，它的输出值（指示值）可以准确及时快速地随输入值（被测值）而变化。

## 第二节 调节系统的质量指标

一个自动调节系统，当受到外界扰动后，平衡状态受到破坏，但在调节器的作用下，被调参数能够逐渐克服扰动的影响而达到一个新的平衡。调节系统从一个平衡状态变化到另一个平衡状态的过程叫过渡过程。例如，一个冷库冷藏间的温度给定值为  $x_0$ ，但负荷的变化或周围环境温度的突然变化，被调参数  $x$  由于受到扰动的影响会偏离给定值  $x_0$ ，冷藏间的平衡状态被破坏了。由于调节器的调节作用，克服了扰动的影响，使被调参数逐渐趋近给定值。在这一过程中，被调参数是随时间变化的。如果我们用横座标表示时间  $t$ ，用纵座标表示冷藏间温度  $x$ ，可以测出一条受扰动后又达到新的平衡的过渡曲线如图 1—

6. 这条曲线表示一个动态过程，因此也叫调节系统的动态特性曲线。

分析一个调节系统质量的好坏，主要是分析这条“过渡过程”曲线。调节系统受到扰动时，系统的过渡过程一般有四种基本形式，如图 1—7。曲线 (a) 是发散的振荡过程。被调参数随时间逐渐增大，调节器作用的结果不能

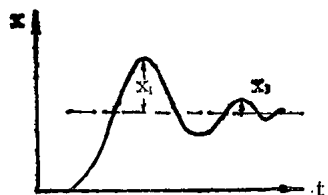


图 1—6 调节系统的过渡过程

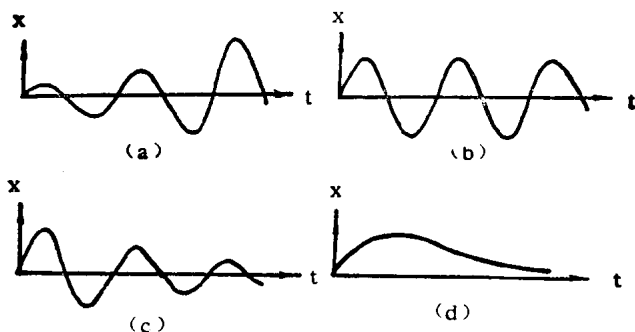


图 1—7 过渡过程的几种基本形式

(a) 发散振荡 (b) 等幅振荡 (c) 衰减振荡 (d) 单调过程

使被调参数逐渐趋于稳定，属于扩散的不稳定过程。曲线 (b) 是等幅振荡过程。系统受到扰动之后，被调参数开始等幅振荡，如果有些生产过程允许被调参数在给定的偏差限度内波动是可以采用的，但一般也是不稳定过程。曲线 (c) 是衰减振荡过程。系统受扰动后，被调参数经过一定时间能逐渐趋向原来的给定值，达到新的平衡状态，所以称为稳定过程。这种过程是可以采用的。曲线 (d) 是非振荡过程。在生产过程中不允许被调参数大量波动的情况下，这种过程可以采用。此调节系统有较大的阻尼作用，调节器对偏差的反应较慢，一般采用较少。它属于非周期衰减过程，是稳定的过渡过程。

在生产过程中，最理想的是希望给定值保持不变。但绝对不变实际上是办不到的，所以我们希望调节参数在自动调节过程中能较快地衰减，并重新达到平衡。换言之，自动调节系统首先要求的是能正常运行，即系统达到稳定。系统的稳定性是自动调节系统的基本要求，没有系统的稳定性，系统的调节质量也就无从谈起。

我们希望得到衰减振荡的过渡过程，但什么样的衰减振荡过程是比较适当的呢？通常用过渡过程的衰减率  $\psi$  来衡量。衰减率  $\psi = \frac{x_1 - x_2}{x_1}$ ，它表示过渡过程曲线上同方向相邻两波幅的递减率，参看图 1—6。通过衰减率可以判断振荡是否衰减及衰减程度。实质上也是判断系统受到扰动后，是否能从一个平衡状态调节到另一个新的平衡状态。从公式中可以看出：当  $\psi > 0$  时，调节系统是稳定的，调节过程属于图 1—7 的 (c)、(d) 衰减振荡和非周期衰减过程；当  $\psi = 0$  时，属于图 1—7 (b) 种等幅振荡过程；当  $\psi < 0$  时，属于图 1—7 的 (a) 种为发散振荡是不稳定的。衰减率一般取  $\psi = 0.75$  为宜。

系统的稳定性要求是首要条件，但只满足稳定性，不考虑调节过程的快慢，振动的次数以及被调参数与给定值的偏差同样不能得到满意的调节过程。这些要求称为系统的品质

指标。

一、动态偏差 ( $\Delta X_{动}$ ) 它表示调节过程中,被调参数相对于新的稳定值的最大偏差。对于稳定系统动态偏差往往就是第一次出现的超调量。从图 1—8 可以看出它是第一个峰值与新稳定值之差。动态偏差是由生产工艺提出要求的。在食品冷藏中,为保证产品质量,冷库冷藏间的动态偏差不能太大。如果某一温度调节系统最大瞬时偏差不超过  $5^{\circ}\text{C}$ ,那么它所要求的动态偏差即为  $\Delta X_{动} \leq 5^{\circ}\text{C}$ 。

二、静态偏差 ( $\Delta X_{静}$ ) 调节系统受到扰动后,原来平衡状态被破坏,在调节器的作用下,系统达到了新的平衡,被调参数相对于原来给定值的偏差即为静态偏差,如图 1—8 所示。

并不是所有系统都具有静态偏差。当系统受扰动后,在调节器的作用下,恢复到原来状态,此时  $\Delta X_{静} = 0$ ,这种调节系统叫无静差调节系统,否则就是有静差调节系统。一般的调节系统只要要求静态偏差在给定的允许范围之内即可。例如,冷藏间的温度波动不允许超过  $\pm 1^{\circ}\text{C}$ ,这就是说  $\Delta X_{静} \leq 1^{\circ}\text{C}$ 。如果超出这个范围,商品质量就会受到影响,造成经济损失。

三、调节过程时间 ( $T_{调}$ ) 调节系统受扰动后平衡将被破坏,在调节器的调节下,经过一定的时间系统达到新的平衡,这个时间就称为调节时间。在食品冷藏工艺中,需要  $T_{调}$  越短越好。调节系统受扰动之后,长时间不能达到平衡,产品质量就会受到影响。

各种不同的自动调节系统,稳定性的要求是必要的,但对其它品质指标如动态偏差  $\Delta X_{动}$ 、静态偏差  $\Delta X_{静}$  和调节时间  $T_{调}$  也应根据需要适当的有所要求。具体情况应具体分析,即不能片面追求调节的品质指标而使系统过于复杂,也不能完全不考虑,否则产品质量将达不到要求。在食品冷藏系统中,由于被调参数(温度、压力)变化比较缓慢,动态偏差增大些对系统的影响不很显著,因此  $\Delta X_{动}$  要求可以低些。静态偏差增大,对冷藏食品质量影响很大,因此  $\Delta X_{静}$  要求可以高些。对调节时间的要求一般不太高。

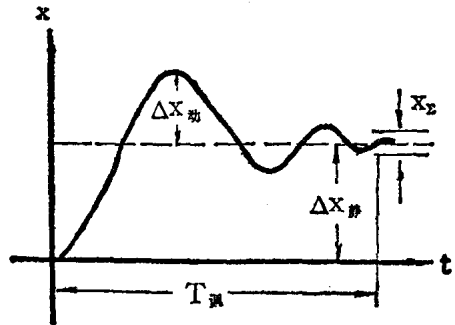


图 1—8 调节过程质量指标

### 第三节 调节对象的特性

自动调节系统由测量元件、调节器、执行调节机构和调节对象四部分组成。系统的调节质量与其各组成部分有直接的关系,其中调节对象的特性对调节对象的影响是很大的。例如,尽管有些系统中对测量元件调节器和执行调节机构选择的质量都很好,精度也很高,但由于对调节对象特性不甚了解,也不能发挥其应有的作用。所以只有对调节对象的特性分析之后,结合工艺对调节质量的要求,选择合理的调节方案,才能达到预期的效果。

所谓调节对象的特性,就是指当对象受到扰动时,被调参数是如何变化的,也就是指输入发生变化时,输出如何变化。

实际工作中调节对象的特性常常从以下几方面考虑:

**一、调节对象的负荷** 对象的负荷是指对象中被调节的工艺过程处于平衡状态下，为了生产而在单位时间内流入对象或者自对象引出的物料或能量。对象的负荷有时也叫对象的生产力。一个要求保持一定温度的冷藏间，单位时间内流入或流出冷藏间的热量就是该冷藏间的热负荷。了解负荷的大小可以正确选择调节器附件的尺寸，例如执行机构和调节机构的能力必须与对象的负荷相适应。

对象的负荷不是经常固定不变的，尤其在制冷系统中，进货出货，外界环境温度的变化都会引起负荷变化。负荷的变化会引起调节参数的改变。所以负荷变化的大小和快慢直接影响调节过程的稳定性。一般说来负荷变动小的，便于自动调节，系统易于稳定；而负荷波动大的自动调节就较难，系统的稳定性就差。

**二、调节对象的容量和容量系数** 调节对象的容量是指被调参数为给定值时，对象能够贮存物料或能量多少的能力。这种贮存能力是由于对象中存有某种阻力，阻碍能量或物质从对象中流出。例如制冷中应用的贮液器，这种阻力就是输出管路上的阀门。由于有阻力存在，才使容器内液面能保持一定的高度，它才具有贮液体工质的能力。

容量概念并不能完全反映容量对调节参数的影响。容量相同并不能说明对调节参数的影响都一样。例如两个容器的容量相同，贮有液体的体积都相等，但是容量变化时，截面积较大的容器被调参数（液体高度）变化就较小，反之则较大。为进一步说明容量对调节参数的影响，引入一个容量系数的概念。

容量系数是指被调参数改变一个测量单位时，调节对象中需要改变物料或能量的多少，常用字母C表示。

$$C = \frac{dw}{dx} \quad \text{或} \quad C = \frac{\Delta w}{\Delta x}$$

式中：dw——容量的变化；

dx——被调参数的变化。

例如有一圆柱形贮液器如图 1—9，平衡时流入容器的流量  $W_{\lambda}$  等于流出容器的流量  $W_{\mu}$ ，即  $W_{\lambda} = W_{\mu}$ ，此时对象的容量（液体的体积）为：

$$W = HF$$

式中：H——液体高度；

F——容器截面积。

当负荷不平衡时  $W_{\lambda} \neq W_{\mu}$ ，容量变化为  $\Delta W$ ，液体高度变化为  $\Delta H$ ，则对象的容量系数为：

$$C = \frac{\Delta W}{\Delta H} = \frac{\Delta HF}{\Delta H} = F$$

这时贮液器的截面积数值为对象的容量系数。截面积越大（容量系数愈大），则在相同负荷变动下，液体升高的数值就愈小。

由于不同的调节对象和调节参数性质各不相同，对象的容量和容量系数的量值也各

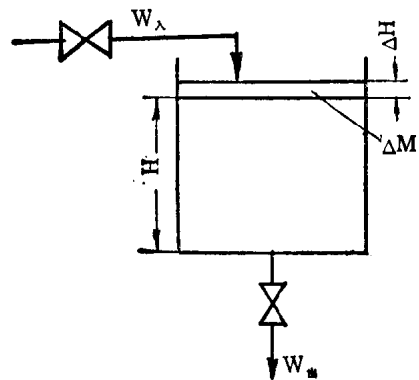


图1—9 对象的容量及确定液体的容量系数

异。

总之可以得出这样结论：当平衡受到破坏时，对象的容量系数越大，参数变化就越小；反之容量系数越小，参数变化就越大。容量系数直接决定被调参数的变化。容量系数是不随工况、负荷和时间而变化的，属于静态特性。

**三、调节对象的自平衡** 调节对象受到扰动后，系统平衡受到破坏，被调参数依靠本身的变化，使系统重新达到平衡，被调参数自动趋向一个新的稳定值，对象的这种性质称为调节对象的自平衡。自平衡能力的大小，一般用自平衡系数  $\rho$  来表示。

在制冷系统中，很多调节对象都有自平衡能力。例如冷库冷藏间需要保持一定的温度，当扰动出现时，传入冷藏间的热量  $Q_{\lambda}$  大于从冷间带走的热量  $Q_{\text{出}}$  即  $Q_{\lambda} > Q_{\text{出}}$ ，此时冷藏间温度由原来的  $x_1$  逐渐升高。由于温度的升高，使得蒸发温度和冷间温度差变大，蒸发器输出的热量  $Q_{\text{出}}$  增大，另一方面由于冷间温度升高，冷间和外界温差减小，渗入热量  $Q_{\lambda}$  也逐渐减小。当冷藏间温度达到一定值  $x_2$  时， $Q_{\lambda} = Q_{\text{出}}$  又达到了新的平衡，不过此时冷藏间温度上升了  $x_2 - x_1$ 。冷藏间自平衡系数：

$$\bar{\rho} = \frac{\Delta Q}{\Delta x}$$

式中： $\Delta Q$ ——热负荷变化量；

$\Delta x$ ——热负荷变化前后温差。

平衡系数是指被调参数变化引起流入量与流出量变化率的大小。

调节对象有自平衡能力，对调节系统来说是一个有利的因素。在相同的扰动作用下，对不同的调节对象，自平衡系数  $\rho$  值越大，经自平衡后新稳定值的偏差就越小。如果扰动的开始作用量  $\Delta Q$  很小，而调节对象的自平衡系数又很大，调节参数最终偏差将很小。如果不超过参数变化的允许范围，这种调节对象就可不设调节器。

调节对象的自平衡系数的倒数称为调节对象的传递系数，用  $\bar{K}$  表示：

$$\bar{K} = \frac{1}{\rho} = \frac{x_2 - x_1}{\Delta Q}$$

从式中可以看出，传递系数  $K$  值与温度变化过程无关，而只与过程的初终态有关。传递系数只表示对象的静态，所以它是对象的静态特性。传递系数又称为放大系数。

传递系数为常数的输入输出的关系可用图1—10表示。从图中可以看出  $K$  值越大，输入对输出的影响越大；反之则越小。

传递系数大的对象，调节起来比较灵敏，但稳定性较差。传递系数小的，调节不大灵敏，但稳定性好。一般负荷增大，放大系数降低。

**四、调节对象的时间常数** 冷藏间受到阶跃扰动后，被调参数温度随时间的变化曲线可用图 1—11 (a) 表示，这条曲线称为对象的动态特性曲线。图 1—11 (b) 是输入与时间的关系。从图中可以看到被调参数温度变化速度在初始点  $t_0$  时为最大，以后逐渐下降，最

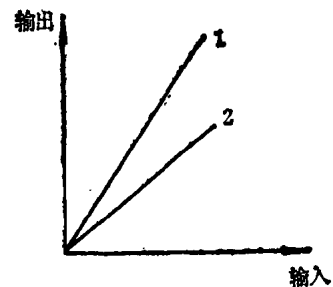


图 1—10 对象静态特性示意图  
1.  $K$  值大时 2.  $K$  值小时



后达到新的平衡时为零。假若被调参数保持以初始的变化速度达到新的稳定值，这时所需的时间就是所谓的时间常数  $T$ 。由于温度的变化速度越来越小，所以达到新的稳定值时所需时间远比时间常数  $T$  长。一般认为当  $t=3T$  时，温度已经变化了 95%，这时可以近似认为动态过程基本结束。所以时间常数是决定对象动态特性的一个特定常数。

时间常数  $T$  可以从动态特性曲线的初始点作一条切线，使其与新稳定值相交，交点所对应的时间即为时间常数。也可以把扰动加入后，被调参数变化到  $0.63\Delta x$  所需时间近似看作时间常数  $T$  见图 1—11(a)。

在相同的扰动作用下，时间常数  $T$  越大，参数变化就越慢，系统就比较稳定，易于控制，但时间要长；相反，时间常数  $T$  越小，参数变化就越快，系统的稳定性就差，也不易控制，调节时间也短。

**五、调节对象的滞后时间** 调节对象受到扰动之后，调节参数并不能立即发生变化，或多或少总要有一定的延迟时间，这一定的延迟时间称为调节对象的滞后时间，用字母  $\tau$  表示。

调节对象的滞后时间是由两种因素造成的。一个是由于传递滞后用  $\tau_0$  表示。另一个是由于过渡滞后，用  $\tau_c$  表示。两种滞后之和称为总滞后  $\tau = \tau_0 + \tau_c$ 。

1. 传递滞后 由于控制系统中，各部件之间总有一定距离，物料或能量传递需要一定的时间，从而引起传递滞后。传递滞后又称“纯滞后”。

以图 1—12 为例，电磁阀到冷风机之间有一段距离为  $l_1$ ，制冷剂流速为  $v_1$ ，它的滞后时间为  $\tau_{01} = \frac{l_1}{v_1}$ ；冷风机到测量元件（铂电阻或感温包）之间的距离为  $l_2$ ，若空气流速为  $v_2$ ，则它的滞后时间为  $\tau_{02} = \frac{l_2}{v_2}$ ，所以传递滞后时间为  $\tau_0 = \tau_{01} + \tau_{02}$ 。从上可以看出，传递滞后随着调节机构至感受元件之间距离的增大而增大，随着物料流速增大而减小。

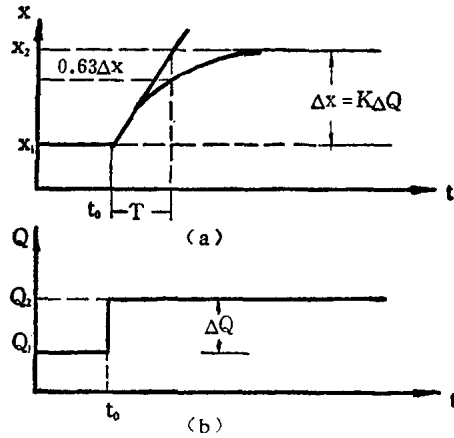


图1—11 温度调节的动态特性曲线

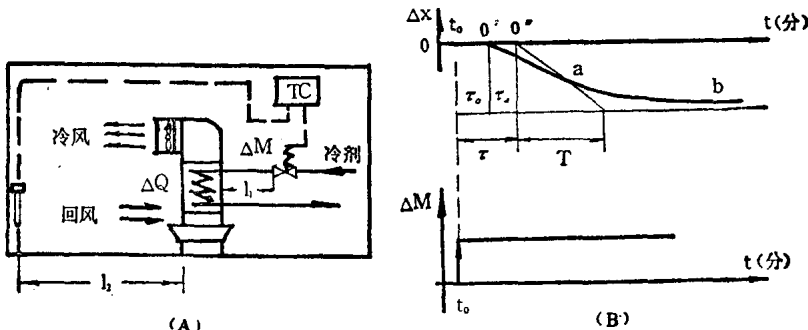


图1—12 调节对象的滞后