



中等职业教育国家规划教材
全国中等职业教育教材审定委员会审定

制冷空调自动化

(制冷和空调设备运用与维修专业)

主编 郑明华



高等教育出版社

中等职业教育国家规划教材
全国中等职业教育教材审定委员会审定

制冷空调自动化

(制冷和空调设备运用与维修专业)

主 编	郑明华
责任主审	匡奕珍
审 稿	单翠霞

高等教育出版社

内容提要

本书是根据教育部 2001 年颁发的《中等职业学校制冷和空调设备运用与维修专业教学指导方案》中主干课程《制冷空调自动化教学基本要求》,并参照有关行业的职业技能鉴定规范及中级技术工人等级标准编写的中等职业教育国家规划教材。

本书以冷库制冷装置和集中式空调系统为控制对象,详细介绍了目前常用的一些自动控制元件和多种控制方式及应用实例。主要内容包括:自动调节的基本知识,制冷空调系统工艺参数的检测与调节仪表,执行机构,制冷机的自动控制,冷库制冷系统的自动控制,空气调节系统的自动控制,制冷空调系统的计算机控制和制冷空调系统的安装、调试及运行管理。全书内容丰富,实用性强,通俗易懂。

本书可为中等职业学校制冷和空调设备运用与维修专业及相关专业的教材,也可作为相关行业岗位培训教材或自学用书。

图书在版编目(CIP)数据

制冷空调自动化/郑明华主编. —北京:高等教育出版社, 2002.7

中等职业学校制冷和空调设备运用与维修专业教材
ISBN 7-04-010918-2

I. 制... II. 郑... III. 制冷-空气调节器-自动控制-专业学校-教材 IV. TB657.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 036957 号

制冷空调自动化

郑明华 主编

出版发行 高等教育出版社

社 址 北京市东城区沙滩后街 55 号

邮政编码 100009

传 真 010-64014048

购书热线 010-64054588

免费咨询 800-810-0598

网 址 <http://www.hep.edu.cn>

<http://www.hep.com.cn>

经 销 新华书店北京发行所

印 刷 煤炭工业出版社印刷厂

开 本 787×1092 1/16

印 张 11.25

字 数 270 000

插 页 1

版 次 2002 年 7 月第 1 版

印 次 2002 年 7 月第 1 次印刷

定 价 14.70 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

中等职业教育国家规划教材出版说明

为了贯彻《中共中央国务院关于深化教育改革全面推进素质教育的决定》精神,落实《面向21世纪教育振兴行动计划》中提出的职业教育课程改革和教材建设规划,根据教育部关于《中等职业教育国家规划教材申报、立项及管理意见》(教职成[2001]1号)的精神,我们组织力量对实现中等职业教育培养目标和保证基本教学规格起保障作用的德育课程、文化基础课程、专业技术基础课程和80个重点建设专业主干课程的教材进行了规划和编写,从2001年秋季开学起,国家规划教材将陆续提供给各类中等职业学校选用。

国家规划教材是根据教育部最新颁布的德育课程、文化基础课程、专业技术基础课程和80个重点建设专业主干课程的教学大纲(课程教学基本要求)编写,并经全国中等职业教育教材审定委员会审定。新教材全面贯彻素质教育思想,从社会发展对高素质劳动者和中初级专门人才需要的实际出发,注重对学生的创新精神和实践能力的培养。新教材在理论体系、组织结构和阐述方法等方面均作了一些新的尝试。新教材实行一纲多本,努力为教材选用提供比较和选择,满足不同学制、不同专业和不同办学条件的教学需要。

希望各地、各部门积极推广和选用国家规划教材,并在使用过程中,注意总结经验,及时提出修改意见和建议,使之不断完善和提高。

教育部职业教育与成人教育司

二〇〇一年十月

前 言

为了更好地培养面向 21 世纪的中等职业技术人才,适应新世纪学生对专业知识的需求,教育部教职成司委托商业职业教育教学指导委员会,由其负责“制冷和空调设备运用与维修”专业各主干专业课程的教学基本要求的开发及教材的编写工作。本教材就是根据“制冷和空调设备运用与维修”专业主干专业课程《制冷空调自动化教学基本要求》编写的。

本教材根据新的《制冷空调自动化教学基本要求》提出的培养高素质劳动者和初、中级专业人才的目標,在内容上强调以应用为主、实用为本、增加广度、降低难度,简化了自动调节理论的叙述,增加了空调自控元件的介绍及多种空调自动控制系统组成及原理的内容,特别是对常用的自动化空调系统,结合实例详细讲解。对在实际中已没有指导意义的内容坚决删除,不片面强调系统性、连续性和完整性,坚持学以致用原则,努力反映新技术、新产品在本专业的应用。计算机在制冷空调系统的应用日益广泛,本教材结合实例作了专门介绍。根据中等职业教育三、四年制并存的原则,本教材以三年制为基础,附加拓宽加深内容,满足四年制的教学需要。在内容的选取上富有弹性,便于各学校根据实际情况进行取舍。加强实践性教学环节,重点介绍制冷空调常用自动化仪表的安装、调试使用、空调系统的操作、维护和管理。

参加本书编写工作的有:安徽省合肥粮食学校韦伯林(第一章、第二章),山东省淄博市商业学校杨士勤(第三章),江西省工业贸易学校徐长华(第四章、第八章)和武汉第二商业学校郑明华(第五章、第六章、第七章)。全书由郑明华负责统稿,并任主编。

本书通过全国中等职业教育教材审定委员会审定,由山东商业职业技术学院匡奕珍教授担任责任主审,辽宁省阜新市财贸学校单翠霞高级讲师审稿。他们对书稿提出了很多宝贵意见,在此表示衷心感谢。

书中不足和不妥之处难免,恳请本行同仁和广大读者批评指正。

编者

2002 年 4 月

郑 重 声 明

高等教育出版社依法对本书享有专有出版权。任何未经许可的复制、销售行为均违反《中华人民共和国著作权法》。行为人将承担相应的民事责任和行政责任,构成犯罪的,将被依法追究刑事责任。社会各界人士如发现上述侵权行为,希望及时举报,本社将奖励举报有功人员。

现公布举报电话及通讯地址:

电 话:(010) 84043279 13801081108

传 真:(010) 64033424

E-mail:dd@hep.com.cn

地 址:北京市东城区沙滩后街 55 号

邮 编:100009

责任编辑	李宇峰
封面设计	王 隼
责任绘图	朱 静
版式设计	马静如
责任校对	杨雪莲
责任印制	张小强

目 录

第一章 自动调节的基本知识	1	第一节 活塞式制冷压缩机的自动控制	88
第一节 自动调节系统概述	1	第二节 螺杆式制冷压缩机的自动控制	97
第二节 自动调节系统的品质指标	4	第三节 离心式制冷压缩机的自动控制	99
第三节 调节对象的特性	6	第四节 溴化锂吸收式机组的自动控制 ...	103
第四节 调节器的分类和调节规律	10	第五章 冷库制冷系统的自动控制	110
第二章 制冷空调系统工艺参数		第一节 库房的自动控制	110
的检测	16	第二节 机房的自动控制	117
第一节 自动化仪表的基本知识	16	第三节 冷库制冷系统自动控制实例	126
第二节 温度的检测与调节仪表	18	第六章 空气调节系统的自动控制	133
第三节 压力的检测与调节仪表	30	第一节 空调用制冷装置的自动控制	133
第四节 湿度的检测与调节仪表	41	第二节 空调用供热系统的自动控制	136
第五节 液位的检测与调节仪表	44	第三节 空气处理设备的自动控制	137
第六节 流量的检测与调节仪表	49	第四节 空调系统自动控制实例	142
第七节 风速检测仪表	52	第七章 制冷空调系统的计算机控制	144
第八节 程序控制器	54	第一节 冷库制冷装置的计算机控制	144
第三章 执行机构	57	第二节 空调系统的计算机控制	146
第一节 导阀	57	第八章 制冷空调系统的安装、调试	
第二节 主阀	61	和运行管理	149
第三节 主阀与导阀的组合	65	第一节 自控部件的安装和调试	149
第四节 电磁阀和电动阀	69	第二节 制冷空调系统的调试	157
第五节 膨胀阀	73	第三节 制冷空调系统的运行管理和	
第六节 其他自控阀	83	常见故障	164
第四章 制冷机的自动控制	88	参考文献	171

第一章 自动调节的基本知识

第一节 自动调节系统概述

一、自动调节系统的组成

为使制冷与空调系统能正常运行并达到工艺要求的指标,常需要对一些参数进行调节,如温度、湿度、压力、流量和液位调节等。利用自动调节系统,可以在无人工直接参与下使被调参数达到给定值,或按照预先给定的规律变化。

自动调节系统是在人工调节的基础上产生和发展起来的。为了说明自动调节原理,先举一个手动调节的例子。图 1-1 所示为冷藏间库温人工调节示意图,其调节过程是:

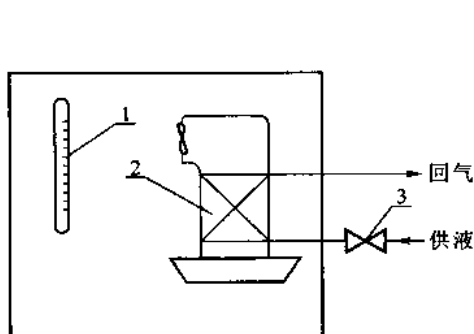


图 1-1 人工调节示意图

1. 温度计 2. 冷风机 3. 节流阀

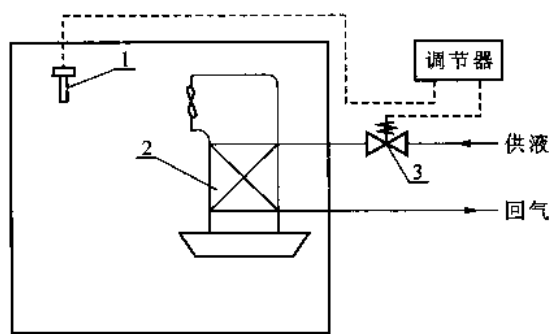


图 1-2 自动调节示意图

1. 铂热电阻 2. 冷风机 3. 电磁阀

(1) 操作人员用眼睛观察温度计指示值;

(2) 将温度计指示值与冷藏间规定的温度比较,得出偏差;

(3) 由偏差的方向决定调节方法:如库房的温度高于规定值就开大供液节流阀,低于规定温度就关小供液节流阀。

上述这种依靠人工完成的调节过程称为人工调节。若用自动调节装置代替人工完成上述调节过程,这种调节称为自动调节。图 1-2 所示为冷藏间与自动调节装置组成的自动调节系统,其调节过程是:

(1) 铂热电阻测出冷藏间温度的变化,并将温度的变化转变成相应的电信号输送给调节器;

(2) 调节器将接收到的信号与给定值进行比较得出偏差,并根据偏差的方向按预定的调节

规律转变成控制信号发送给电磁阀；

(3) 电磁阀根据控制信号来决定其开启或关闭,从而对库温进行自动控制。

由上面的分析可知,自动调节系统由四部分组成:

第一部分,敏感元件(传感器),或称一次仪表、测量元件(如上例中的铂热电阻)。它是用来测量生产过程中需要控制的某些参数(如上例中的温度),并将这些参数成比例地转换成特定信号的仪器。若敏感元件所发出的信号与后面的仪器所要求信号不一致,则需增加一个变送器,将敏感元件的输出信号转换成后面仪器所要求的输入信号。自动调节装置中的敏感元件代替了人工调节中操作人员眼睛的观察。

第二部分,调节器。它是将接收到的敏感元件或变送器送来的信号与生产工艺要求的参数值进行比较,然后将比较结果(一般还要经过放大)按特定的信号(电流、气压、电接点的通断等)发送出去。调节器是自动调节装置中的核心部件,其作用相当于人工调节时人的大脑所做出的分析判断。

第三部分,执行机构(如上例中的电磁阀)。执行机构是动力部件它按照调节器送来的特定信号自动工作,使被调参数保持在生产工艺规定的范围之内。执行机构代替了人工调节中人对手动阀门的调节。

第四部分,调节对象。它是需要进行调节的空间、机器和设备。有时,又把敏感元件、调节器、执行机构合起来称为调节装置,于是自动调节系统也可由调节装置和调节对象两部分组成。

为了便于分析自动调节系统,首先介绍几个常用术语。

(1) 调节对象。在生产工艺中需要进行调节的某空间或机器设备称为调节对象,如上例中的冷藏间。

(2) 被调参数。在生产过程中需要进行调节的、表征生产过程特征参数称为被调参数,如上例中的温度。

(3) 给定值。按生产工艺要求而规定的被调参数值称为给定值。如冻结物冷藏间要求保持的温度为 -18°C ,这个事先规定的 -18°C 就是库温调节系统的给定值。

(4) 干扰,亦称扰动。引起被调参数发生变化而偏离给定值的一切外界因素都称为干扰。在上例中库外温度的变化,库门的开启,货物的进出以及库内照明等都是直接影响库温的干扰。值得注意的是,由于给定值改变而引起被调参数变化,则不称为干扰。

二、自动调节系统的方框图

由于实际的调节系统包括的具体环节种类繁多,为了清楚地表示自动调节系统各组成环节间信号的联系及相互关系,通常用方框图表示系统的组成,如图1-3所示。

每一个方框表示系统的一个环节,方框之间用带箭头的连接线相连,组成一个自动调节系统。方框图中带箭头的连接线仅表示方框之间信号作用的方向,并不代表生产工艺中工质的流向。

在系统中信号沿箭头方向前进,最后又回到原来的起点,形成一个闭合回路,这种系统称为闭环系统。信号不能形成回路的系统称为开环系统。在闭环系统中,系统的输出参数就是被调参数,它通过敏感元件再返回到系统的输入端,并与给定值进行比较,这种将系统的输出信号又引回到输入端的过程称为反馈。反馈的结果减弱了输入信号时称为负反馈;反馈的结果加强了

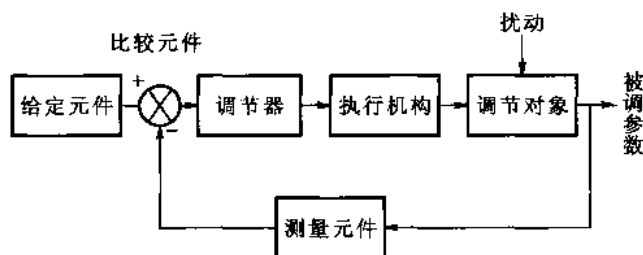


图 1-3 自动调节系统方框图

输入信号则称为正反馈。正反馈和负反馈分别用“+”和“-”表示。圆圈中叉号“×”代表比较元件。

当系统的被调参数受干扰而上升(或下降),则希望通过调节能使其尽快地回到给定值。如采用正反馈,由于它是增强输入信号的,调节的结果只能使被调参数越升越高(或越降越低),使偏差越来越大;这在自动调节系统中是不允许的。一般自动调节系统采用负反馈,因为负反馈的结果是减弱输入信号,使被调参数与给定值的偏差逐渐减小。自动调节系统是一个自动负反馈的闭环系统。

从以上分析可见,不论人工调节还是自动调节,都是基于下述原理,即先测出被调参数对给定值的偏差,根据偏差的性质(正偏差或负偏差)及大小,调节器发出相应信号,指令执行机构动作,使被调参数保持在给定的变化范围内。这种调节系统只有在被调参数与给定值之间出现偏差后才有调节作用,上述调节过程可概括为“检测偏差,纠正偏差”。当然,这样的调节系统只能使偏差尽可能减小,而不能完全消除,因此也叫偏差调节系统。

三、自动调节系统的分类

自动调节系统根据给定值变化规律不同可分为三类。

1. 定值调节系统

定值调节系统的特点是被调参数的给定值是不变的恒量或不超过规定的变化范围。如冷藏间的温度调节,低压循环贮液桶的液位调节,以及空调系统中的恒温、恒湿等都属于定值调节。

2. 程序调节系统

程序调节系统的特点是被调参数的给定值随着某一参数按一定规律变化,即被调参数的给定值是该参数的函数。若被调参数的给定值是时间的某一函数,这种调节系统称为时间程序调节系统,如冷风机的冲霜;若被调参数的给定值是其他参数(如温度、压力等)的函数,则称为参程序调节系统,如压缩机的能量就是根据蒸发温度或蒸发压力进行调节的。

3. 随动调节系统

随动调节系统又称为跟踪调节系统,其特点是被调参数的给定值事先不能确定,取决于系统以外的某一进行着的过程,要求系统的输出量随着给定值变化。如近年来在舒适性空调中,为了节约能量和达到舒适的目的,室温并不要求恒定,而是随着室外温度的变化而变化。

四、干扰分析

影响自动调节系统的被调参数使其偏离给定值的外界因素很多。

冷藏间的干扰主要有库房外界环境温度的变化,库房门的启闭,库房热负荷的大小,库内照明灯的多少,库房工作人员散发的热量,库房的通风换气等;空调房间的干扰主要有室外气温、日照和空气含湿量的变化,外部空气的侵入,室内的人员变动、照明及电气设备的开停,室内散湿量的变化(人的出入、开敞水面的蒸发)和吸湿性产品数量的变动等。

在调节系统中,干扰作用的大小随时间的不同而变化,并且没有固定的形式和规律。为了分析方便和系统安全,常常假设一种对系统最不利的干扰作用形式——阶跃干扰,如图 1-4 所示。

阶跃干扰,即是具有一定幅度的干扰在 t_0 时刻作用于系统以后,干扰量就不再随时间变化,也不再消失。

阶跃干扰对调节系统是最不利的干扰形式,同时又是最容易实现的干扰形式。如果一个调节系统在阶跃干扰下能满足工艺要求,则在其他形式干扰影响下便都能满足要求。因此,在分析调节系统的特性时,常以阶跃干扰为输入来进行调节。

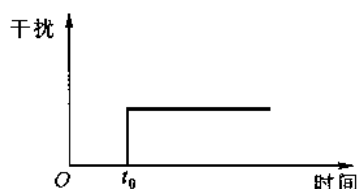


图 1-4 阶跃干扰

第二节 自动调节系统的品质指标

一、自动调节系统的过渡过程

自动调节系统的被调参数不随时间而变化的平衡状态称为自动调节系统的静态。静态并不是静止不动,静态时生产仍在进行,物料或能量仍有进有出,只是流入量与流出量相对平衡,被调参数处于相对稳定状态。例如,当蒸发器的蒸发量等于库房热负荷时,库温保持不变,但传热过程仍在进行。

系统的平衡是相对的、有条件的,不平衡才是绝对的、普遍的。当一个自动调节系统受到干扰作用时,系统的平衡就被破坏。但由于自动调节装置的调节作用,一般能使系统尽快地达到新的平衡。从旧的平衡状态破坏到新的平衡状态的建立,在这整个过程中,自动调节系统各环节和被调参数都处于变动之中,这时系统所处的状态称为自动调节系统的动态。在动态阶段,自动调节系统的被调参数是不断变化的,这种被调参数随时间变化的过程称为自动调节系统的过渡过程。

在自动调节系统中,当系统受到干扰后,了解被调参数能否稳定下来和怎样稳定下来是非常必要的。对自动调节系统施加一个阶跃干扰,根据过渡过程中被调参数随时间的变化规律绘制成的曲线称为过渡过程曲线。不同的过渡过程曲线经归纳和典型化后,大约可以分为图 1-5 所示的几种形式。

图 1-5 中,图(a)所示为衰减振荡过程,被调参数经过一段时间逐渐趋向于给定值,是稳定过程。在多数情况下都希望能得到这种过渡过程曲线。图(b)所示为非周期的过渡过程,称为单调过程。被调参数能一次接近给定值而没有周期的变化,也是稳定的调节过程。图(c)所示为等幅振荡过程,它是一个不稳定过程。对于调节质量要求不高的调节对象,如果被调参数的振荡幅

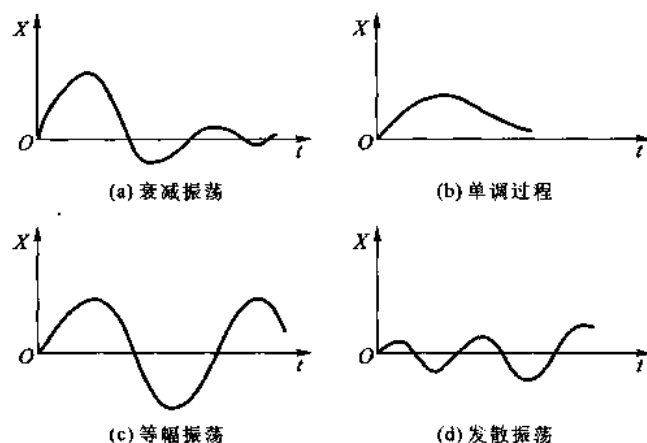


图 1-5 过渡过程曲线

值始终在生产工艺允许的范围之内,而且振荡频率又不太高时可以考虑采用。图(d)所示为发散振荡过程,调节器作用的结果使被调参数的偏差越来越大。显然,这种调节系统不稳定,是不能使用的。

二、自动调节系统的品质指标

评价自动调节系统调节过程质量的好坏,常从分析过渡过程曲线入手。现讨论以下几个标志自动调节系统调节质量的品质指标(见图 1-6)。

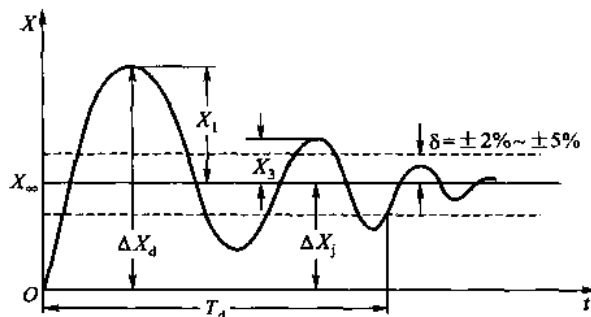


图 1-6 调节过程品质指标图

1. 衰减率

自动调节系统的基本要求是稳定性。稳定性是指自动调节系统在外界干扰作用下,过渡过程能否达到新的稳定状态的性能。稳定程度常用衰减率 ψ 来衡量,即

$$\psi = \frac{X_1 - X_3}{X_1} \quad (1-1)$$

式中, X_1 ——过渡过程曲线第一个峰值;

X_3 ——过渡过程曲线第三个峰值。

衰减率可以用来判断过渡过程曲线是否衰减及衰减程度。当 $\psi > 0$ 时,调节系统是稳定的,过渡过程曲线是衰减的, ψ 越大,衰减得越快,如图 1-5(a)、(b)所示。当 $\psi \leq 0$ 时,调节过程是不稳定的,过渡过程曲线不发生衰减。其中, $\psi = 0$ 时过渡过程曲线为等幅振荡,如图 1-5(c)所示; $\psi < 0$ 时过渡过程曲线是发散的,如图 1-5(d)所示。

通常认为 $\psi = 0.75$ 比较理想。此时调节系统过渡过程收敛快慢适中,过渡过程时间比较合理,系统也比较稳定。

2. 静态偏差 ΔX_j

静态偏差也称为残余偏差,表示自动调节系统受到干扰作用后,从原来的平衡状态过渡到新的平衡状态时,被调参数新稳态值相对于给定值的偏差。

当系统受到干扰后,在调节装置作用下,被调参数能恢复到给定值,此时, $|\Delta X_j| = 0$,这种系统称为无静差调节系统。若 $|\Delta X_j| > 0$,则称为有静差调节系统。

调节系统对静态偏差的要求是由生产工艺决定的。如低温冷藏间允许静态偏差 $|\Delta X_j| \leq 1^\circ\text{C}$;冷却物冷藏间 $|\Delta X_j| \leq 0.5^\circ\text{C}$;船用舒适空调 $|\Delta X_j| \leq 2^\circ\text{C}$ 。

3. 动态偏差 ΔX_d

动态偏差表示在调节过程中被调参数相对于给定值的最大偏差。稳定调节系统的动态偏差常出现在第一个波幅,如图 1-6 所示。根据生产工艺要求,低温冷藏间温度最大瞬时偏差不得超过 5°C ,即要求 $|\Delta X_d| \leq 5^\circ\text{C}$ 。

4. 调节时间 T_d

调节时间又称为过渡过程时间,表示系统受到干扰后,被调参数从发生变化开始,到系统通过自动调节又处于新的稳定状态为止,这一过程所需要的时间。被调参数达到新的稳定状态在理论上需要无限长的时间,一般在被调参数进入稳定值的 $\pm(2\% \sim 5\%)$ 范围时,就可以认为调节系统已进入稳定状态。

对不同的自动调节系统,除了要求稳定性以外,对于其他几项指标,通常都希望它们小一些,但这样需要设置较复杂的自动调节装置。因此,要根据调节对象的特性和生产工艺要求,合理地确定各品质指标。例如冷库制冷系统,由于被调参数(如温度、湿度)的变化都比较缓慢,因而对 ΔX_d 、 T_d 的要求可以适当放宽;而对 ΔX_j 的要求则比较严格。再比如空调系统是为了改善工作与生活条件,往往只对静态偏差提出要求,对其他几项指标的要求也可以放宽。这样可以为自动调节系统的设计和调试带来方便。

第三节 调节对象的特性

自动调节系统性能好坏,不仅与自动调节装置有关,还与调节对象的特性有关。只有弄清调节对象的特性,才能合理地选择调节方案,获得良好的调节质量。

调节对象的特性,是指在无调节器情况下,对象受到阶跃干扰的作用时,被调参数随时间的变化规律。被调参数在变化过程中所表现出来的特性称为动态特性;被调参数在稳定情况下所表现出来的特性称为静态特性。

一、调节对象的容量及容量系数

任何一个调节对象,都能储存一定的能量或物料。对象储存能量或物料的能力称为对象的容量。调节对象之所以具有储存能量或物料的能力,是由于其内部存在着某种阻力,阻碍能量或物料从调节对象中流出。图 1-7 所示的液位调节对象中,输出管路上的阀门是一个阻力元件,阻碍液体从调节对象中流出。这个液位调节对象的容量为容器所能贮存的液体量。其容量 V 为

$$V = AH \quad (1-2)$$

式中, A ——容器截面积;

H ——液位高度。

在图 1-7 所示的对象中,如果容器贮存液体量不变,即容量不变,现将容器竖直安装和横卧安装,并分别加入同样大小的干扰后,液位(被调参数)的变化显然是不同的。可见,容量这个概念并不能确切地反映调节对象受干扰作用后被调参数的变化情况。直接影响被调参数变化的是容量系数。

容量系数是指被调参数改变一个测量单位值时,调节对象容量的改变量。对于图 1-7 所示的液位调节对象,容量系数 C 为

$$C = \frac{dV}{dH} \quad (1-3)$$

式中, dV ——容量的改变量;

dH ——被调参数的改变量。

由式(1-3)可知,如果对象的容量改变量 dV 一定,容量系数 C 越大,被调参数的变化 dH 越小。可见,容量系数是一个表征调节对象惯性的量。容量系数越大,惯性越大,调节对象在受干扰后,其被调参数的波动越小,这对调节是有利的。但一旦被调参数偏离了给定值,容量系数大的调节系统也不容易调回到给定值。

在不同的调节系统中,容量系数可以是常数(如图 1-7 中容器的截面积即为容量系数),也可以是变数(如图 1-7 中的容器横卧安装)。容量系数 C 只与调节过程初始和终了两个状态有关,与调节过程本身无关,故此,容量系数是一个表征调节对象静态特性的量。

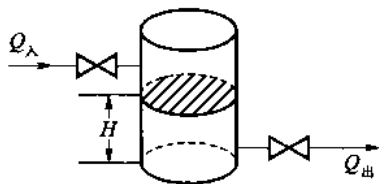


图 1-7 液位调节对象

二、调节对象的自平衡和传递系数

当调节系统受到干扰,平衡遭破坏时,调节对象不借助调节装置的作用而只依靠本身的变化,使系统重新达到平衡,同时被调参数趋向一个新的稳定值。调节对象的这种性能叫调节对象的自平衡。

很多调节对象都具有自平衡能力。比如冷藏间这种调节对象,当库温稳定在 t_1 时,室外流入冷间的热量与制冷剂从冷间带走的热量相等,系统处于平衡状态。如果外界温度突然升高,传入冷间的热量就突然增加,冷间的温度也逐渐升高。由于蒸发器内外温差的增大,制冷剂从冷间带走的热量也增加,同时,传入冷间的热量将因室内外温差的减小而减少。当冷间温度升到某一定值 t_2 后,制冷剂带走的热量等于外界传入的热量,系统重新建立平衡。重新平衡的温度要比

原来的温度高一些。

调节对象自平衡能力的大小常用自平衡系数 ρ 来表示:

$$\rho = \frac{\Delta Q}{t_2 - t_1} \quad (1-4)$$

式中, ρ ——自平衡系数;

t_1 ——干扰前的库温;

t_2 ——干扰后的库温;

ΔQ ——热负荷变化幅度。

自平衡系数的物理意义是被调参数每变化 1 个单位量所能克服的干扰量。

调节对象具有自平衡能力有利于改善调节质量。在相同的扰动下, ρ 值越大的调节对象, 经自平衡后新稳定值的偏差就越小。因此, 对一些要求不高, 调节对象自平衡系数又很大的系统, 可以设置简单的调节器。

自平衡系数的倒数称为调节对象的传递系数, 也称为放大系数。即

$$K = \frac{\theta_{\infty} - \theta_0}{\Delta Q_{\lambda}} \quad (1-5)$$

式中, K 为传递系数, 其数值等于被调参数新旧稳定值之差与干扰幅度之比。

传递系数 K 表征调节对象的静态特性, 与被调参数的变化过程无关, 而只与过程的始态和终态数值有关。

一个调节对象的传递系数 K 值越大, 表示输入信号(干扰)对输出信号(被调参数)的稳态值影响越大; K 值小, 影响亦小。传递系数为常数时的输入、输出关系如图 1-8 所示。传递系数大的对象, 自平衡能力较小, 调节起来比较灵活, 但稳定性差; 传递系数小的对象, 自平衡能力大, 调节不太灵活, 但稳定性好。

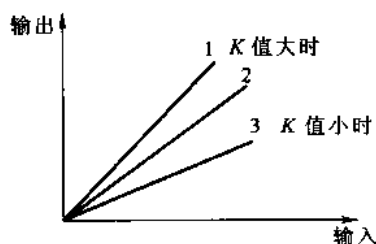


图 1-8 对象静态特性

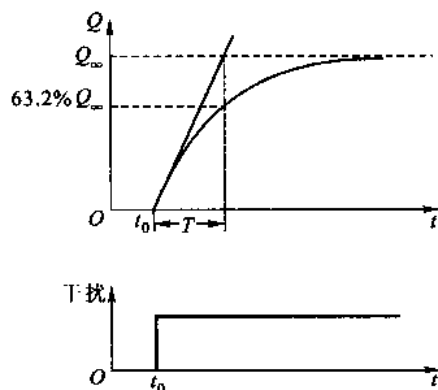


图 1-9 反应曲线与时间常数

三、调节对象的时间常数

调节对象受阶跃干扰后, 被调参数随时间的变化规律可用一条曲线来表示, 这条曲线称为调节对象的反应曲线或飞升曲线。它反映了调节对象的动态特性, 故也称为动态特性曲线。图

1-9 所示为冷藏间在受到阶跃干扰作用后温度随时间的变化曲线。

由温度调节的动态特性曲线可以看出,被调参数的变化速度在初始点最大,以后逐渐下降,最后为零。如果在动态特性曲线的初始点 t_0 作曲线的切线,使其与新稳态值相交,则从 t_0 点到该交点所对应的时间即为调节对象的时间常数 T 。它表示假若被调参数保持以初始的变化速度达到新的稳定值时所需的时间。

温度调节的动态特性曲线是一指数曲线,是时间的非周期函数。即

$$Q_t = Q_{\infty} (1 - e^{-\frac{t}{T}}) \quad (1-6)$$

式中, Q ——被调参数;

t ——时间;

e ——常数,约为 2.718;

T ——时间常数。

由式(1-6)可知,当

$t=0$ 时, $Q=0$;

$t=T$ 时, $Q=63.2\% Q_{\infty}$;

$t=3T$ 时, $Q=95\% Q_{\infty}$;

$t \rightarrow \infty$ 时, $Q = Q_{\infty}$ 。

可见,时间常数 T 在数值上等于对象受到阶跃干扰后被调参数到达新稳定值 Q_{∞} 的 63.2% 所需的时间。在理论上,被调参数到达新稳定值需要无限长的时间,但当 $t=3T$ 时,被调参数已达到新稳定值 Q_{∞} 的 95%。因此,工程上认为,经 $3T \sim 5T$ 的时间后,系统已经进入稳定状态了。

时间常数 T 是表明扰动发生后,被调参数完成其变化过程所需时间的一个重要参数。 T 越大,被调参数变化越缓慢,完成变化过程所需的时间越长,即表明对象惯性越大。反之, T 越小,表明对象惯性越小。

在相同的干扰作用下,对象的时间常数越大,惯性越大,系统越稳定,但调节时间也长;时间常数越小,惯性越小,调节时间越短,但系统的稳定性差。

四、调节对象的时间延迟

在生产实际中,不少调节对象在受到干扰作用或调节作用后,被调参数并不立即随着变化,而要延迟一段时间才发生变化,这段延迟时间称为调节对象的时间延迟(亦称滞后时间),用 τ 来表示。

调节对象的时间延迟有传递延迟和容量延迟两部分。

1. 传递延迟 τ_0 (亦称纯延迟)

传递延迟产生的原因是从调节机构到调节对象、从调节对象到敏感元件之间总会有一段距离,物料或能量的传递需要一定时间。例如,冷藏间的库温控制。电磁阀到蒸发器之间的距离为 L_1 ,制冷剂在管道中流速为 v_1 ,制冷剂从电磁阀流到蒸发器所需的时间为 τ_{01} ;敏感元件到蒸发器的距离为 L_2 ,库内空气的流速为 v_2 ,则需要经过时间 τ_{02} 感温元件才能感受到库温的变化。由于调节系统的布置不同,传递延迟还可能有 $\tau_{03}, \tau_{04}, \dots$ 。总的传递延迟为: $\tau_0 = \tau_{01} + \tau_{02} + \tau_{03} + \tau_{04} + \dots$ 。

2. 容量延迟 τ_c

容量延迟产生的原因是:大多数调节对象具有两个或两个以上的容量,在容量之间总是存在着阻力(如热阻),调节作用总是要克服这些阻力后才能使被调参数发生变化。仍以冷藏间为例,制冷剂要冷却室内空气,必须先克服“制冷剂—金属管壁(中间容量)—空气”之间的热阻,然后才能使被调参数发生变化。因此,室内空气温度的变化总是滞后于制冷却量的变化。

容量延迟是由于多容量之间的阻力造成的。增加中间容量,容量延迟时间 τ_c 也会增加。改变系统运行条件时,如蒸发器管外结霜和管内油垢层等,都会使中间容量增大,传热系数减小,热阻增大,容量延迟时间 τ_c 增大。

传递延迟与容量延迟尽管在本质上不同,但在实际对象中往往两者同时存在,很难严格区分开来,通常把两种延迟合起来称为总时间延迟,即 $\tau = \tau_o + \tau_c$ 。

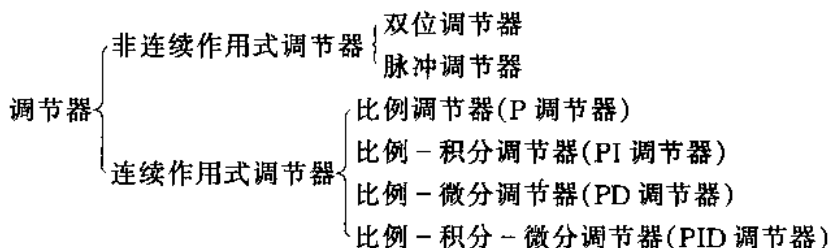
时间延迟 τ 是表示对象受干扰作用后,被调参数发生变化过程中的参数,也属于动态参数。在延迟时间内,调节作用将无法影响被调参数,被调参数与给定值之间的偏差将继续增大,因而使自动调节系统的动态偏差增大,调节时间延长,降低了调节质量。

为了减小时间延迟,在设计安装调节系统时,要设法减小延迟。应选择惯性小且灵敏度高的敏感元件与调节器,并将敏感元件放在被调参数的变化有代表性的位置上,尽量缩短执行机构与调节对象之间的距离;改进换热器等设备的结构,尽量减少中间容量和容量之间的阻力。

第四节 调节器的分类和调节规律

一、调节器的分类

用于制冷和空调的调节器种类很多,按其调节规律可分为以下几种:



一般的制冷和空调系统对调节精度要求不高,被调参数允许在一定范围内变化。因此,采用结构简单、价格低廉的双位调节器和比例调节器就能满足要求。只有在调节精度要求较高的制冷或空调系统时,才采用PI或PID调节器。

二、调节器的调节规律

调节器输出信号随输入信号变化的规律称为调节规律。

1. 双位调节器

(1) 概述。图1-2所示的冻结物冷藏间库温调节系统就是一个双位调节系统。库温要求