



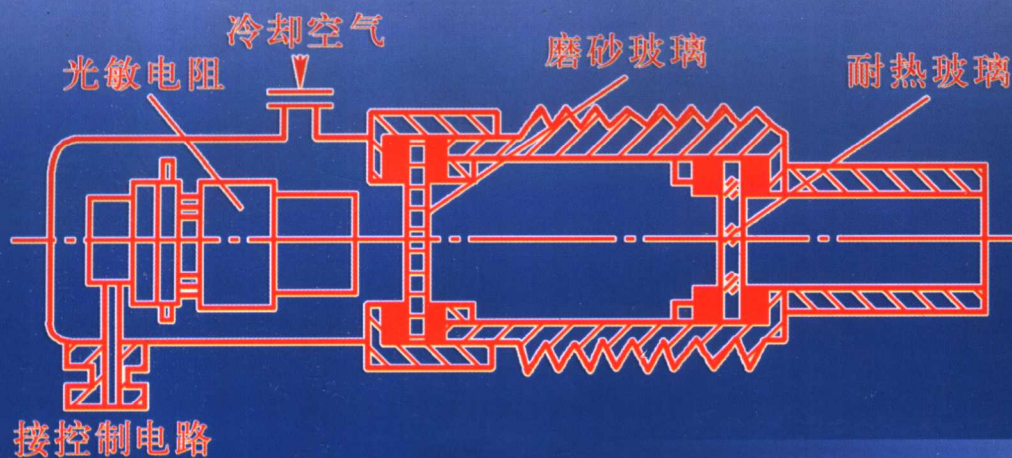
交通职业教育教学指导委员会推荐教材
中等职业学校水运类专业教学用书

中等职业教育规划教材

轮机自动化常识

轮机工程技术专业

王同庆 主编
吕建明 主审



人民交通出版社

China Communications Press



交通职业教育教学指导委员会推荐教材
中等职业学校水运类专业教学用书

中等职业教育规划教材

轮机自动化常识

LUNJI ZIDONGHUA CHANGSHI

轮机工程技术专业

王同庆 主编
吕建明 主审



人民交通出版社

China Communications Press

(本书责任编辑由本社图书馆员担任)

内 容 提 要

本书是中等职业教育水运类轮机工程技术专业交通职业教育教学指导委员会规划教材之一,按照《轮机自动化常识》教学大纲的要求而编写的。

本书共分六单元,内容包括:轮机自动化基础知识;船用自动化仪表;机舱自动控制系统;柴油机主机遥控系统;机舱集中监视与报警系统;船舶电站自动化基本知识。

本书是针对三年制中等职业教育编写的,两年制的也可参考使用。同时,本书还适用于船员的考证培训和其他形式的职业教育。

图书在版编目(CIP)数据

轮机自动化常识/王同庆主编. —北京:人民交通出版社, 2007.9

ISBN 978 - 7 - 114 - 06506 - 4

I. 轮… II. 王… III. 轮机 - 自动化 - 基本知识 IV. U664.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 051678 号

书 名: 轮机自动化常识

著 作 者: 王同庆

责任编辑: 蔡培荣

出版发行: 人民交通出版社

地 址: (100011) 北京市朝阳区安定门外外馆斜街 3 号

网 址: <http://www.ccpres.com.cn>

销售电话: (010) 85285838, 85285995

总 经 销: 北京中文盛世书刊有限公司

经 销: 各地新华书店

印 刷: 廊坊市长虹印刷有限公司

开 本: 787 × 1092 1/16

印 张: 10

字 数: 228 千

版 次: 2007 年 9 月 第 1 版

印 次: 2007 年 9 月 第 1 次印刷

书 号: ISBN 978 - 7 - 114 - 06506 - 4

定 价: 18.00 元

(如有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)

交通职业教育教学指导委员会

航海类专业指导委员会委员名单

主 任: 孙欣欣

副主任: 季永青 王同庆

秘 书: 胡一民

委 员: 尤庆华 王 捷 王景代 孙捍民 汤荣生 张 宏
张玉良 张亦丁 杨新宅 陆卫东 陈 宏 陈明达
周明顺 林 敏 金南东 施祝斌 凌 整 梅德泉
黄琼念 韩雪峰 魏 滨

前言

QIANYAN

随着航运业的迅速发展,江海直达运输方式的出现,对水运学校的现有培养模式提出了新的更高要求。为深入贯彻《国务院关于大力发展职业教育的决定》,积极推进课程改革和教材建设,为职业教育教学和培训提供更加丰富、多样和实用的教材,更好地满足我国航运业快速发展的需要,交通职业教育教学指导委员会航海类专业指导委员会与交通职业教育研究会交通技工教育分会航运专业联络处联合组织有关中等职业学校及其骨干教师,按照交通职业教育教学指导委员会颁布的内河《船舶轮机专业》、航海《轮机工程技术专业》教学计划与大纲以及《中华人民共和国值班机工、值班水手培训大纲》的要求,编写了中等职业教育水运类轮机工程技术专业规划教材。

本系列教材注重以就业为导向,以能力为本位,面向市场,面向社会,体现了职业教育的特色,满足了高素质的实用型、技能型轮机专业中等职业人才培养的需要。本系列教材在组织编写过程中,形成了以下特色:

1. 打破内河和航海教育的界限,涵盖了二者的教学大纲要求,符合国际公约和国家法律法规对船员的要求,与培养目标紧密联系。
2. 遵从教学规律,强调循序渐进,由浅入深,师生互动,图文并茂的直观表达方式,学生易于接受。
3. 突出职业教育特点,基础理论以“够用为度”为原则,在保证课程理论的系统性和严谨性的同时,更注重知识的实用性。
4. 紧跟时代步伐,注重新知识的引进,力求反映航运发展的现状和趋势。

本书是针对三年制中等职业教育编写的,两年制的也可参考使用。同时,本书还适用于船员的考证培训和其他形式的职业教育。

《轮机自动化常识》是中等职业教育水运类轮机工程技术专业规划教材之一,按照《轮机自动化常识》教学大纲的要求编写。内容包括:轮机自动化基础知识;船用自动化仪表;机舱自动控制系统;柴油机主机遥控系统;机舱集中监视与报警系统;船舶电站自动化基本知识。

本书编写与分工:主编湖北航运学校王同庆(编写第一、六单元),参编湖北航运学校杨松(编写第二、五单元)、天津海员学校鲁世春(编写第三、四单元)。本书由天津海员学校吕建明担任主审。

限于编者经历和水平,教材内容难以覆盖全国各地的实际情况,希望各教学单位在积极选用和推广本系列教材的同时,注重总结经验,及时提出修改意见和建议,以便再版修订时改正。

交通职业教育教学指导委员会航海类专业指导委员会

二〇〇六年十月

目录

MULU

第一单元 轮机自动化基本知识	1
课题一 反馈控制系统	1
课题二 调节器的作用规律	3
第二单元 船用自动化仪表	10
课题一 气动仪表的基本知识	10
课题二 气动变送器	17
课题三 气动显示仪表	21
课题四 气动调节器	24
课题五 气动执行器	26
课题六 气动仪表的管理要点	28
第三单元 机舱自动控制系统	30
课题一 柴油机冷却水温度控制系统	30
课题二 燃油黏度控制系统	32
课题三 船用辅锅炉自动控制	38
课题四 油水分离器自动控制	49
课题五 分油机自动控制	51
课题六 自清滤器自动控制	55
第四单元 柴油机主机遥控系统	59
课题一 主机遥控系统的组成与功能	59
课题二 主机遥控系统常用气动阀件	61
课题三 启动逻辑回路控制	70
课题四 换向与制动逻辑回路	77
课题五 转速与负荷控制回路	83
课题六 PGA 调速器	94
课题七 无触点电-气结合主机遥控系统	101

第五单元	机舱集中监视与报警系统	112
课题一	概述	112
课题二	常用的传感器	116
课题三	曲柄箱油雾浓度监视报警器	126
课题四	报警系统	129
课题五	微型计算机控制的巡回监视装置	132
第六单元	船舶电站自动化基本知识	136
课题一	发电机组的自动启动	136
课题二	同步发电机的自动并车	138
课题三	频率与有功功率的自动调节	141
课题四	电压与无功功率的自动调节	143
课题五	船舶电站的综合保护	147
参考文献		150

第一单元

轮机自动化基本知识

课题一 反馈控制系统

实验 锅炉水位控制

锅炉水位控制示意图如图 1-1 所示。

在此实验中,水位发信器和变送器可代替人的眼睛测量水位,并把测量值送给调节器。调节器代替人的大脑对水位的测量值与给定值比较,并按某一规定输出控制信号给执行机构。执行机构则代替人的双手改变给水阀的开度。

1 自动控制常用术语

由上述实验,可以得出反馈控制系统的基本原理,现将常用术语介绍如下。

(1)控制对象:控制对象是指所要控制的机器、设备或装置。在锅炉水位自动控制系统中,锅炉是控制对象;在柴油机转速的控制系统中,柴油机是控制对象。

(2)被调参数:也叫被控量,指所要控制的运行参数。控制对象的输出量就是控制系统的输出量(被控量)。例如压力、温度、转速、水位等。在锅炉水位自动控制系统中,水位是被控量。

(3)给定值:把运行参数希望控制的值叫做给定值,用 r 表示。

(4)测量值:实际测出的被控量的值,用 z 表示。其输出信号叫做测量信号。

(5)偏差:把被控量的测量值离开给定值的数量叫偏差值,用 e 表示。显然 $e = r - z$ 。

(6)扰动:引起被控量变化的一切因素统称为扰动或扰动量。扰动量是控制对象的输入量。扰动量可分为两类:一类是人无法控制的扰动,称为外部扰动;另一类是人可以控制的扰动,称为基本扰动。

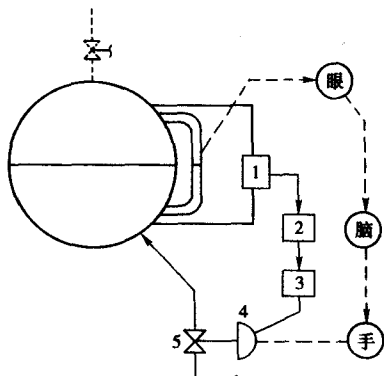


图 1-1 锅炉水位控制示意图

1-水位发信器;2-变送器;3-调节器;4-执行机构;5-给水阀

2 反馈控制系统传递方框图

本实验虽然只是针对锅炉水位调节,但是可以看出,一个自动控制系统一般由控制对象、测量单元、调节单元及执行机构等基本单元组成,各单元由一定的连接关系构成一个有机的整

体,实现有目的的自动控制。现用方框和带箭头的信号线将自动控制基本单元连接起来,如图1-2所示。

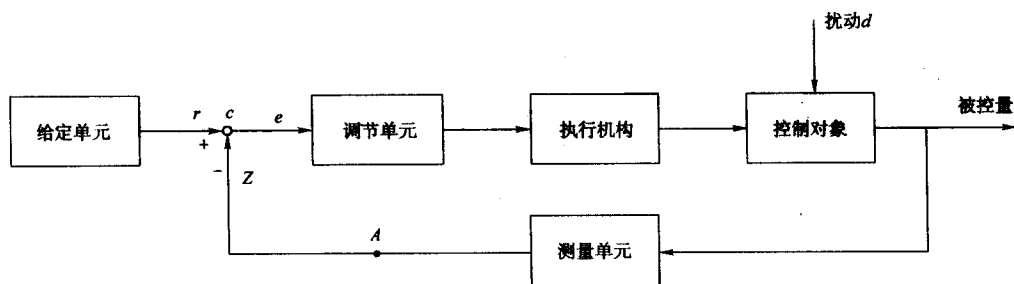


图 1-2 反馈控制系统传递方框图

通过传递方框图,我们首先要明确各单元的作用。

(1)控制对象:如前述控制对象是指所要控制的机器、设备或装置。在锅炉水位自动控制系统中,锅炉是控制对象;在柴油机转速的控制系统中,柴油机是控制对象。

(2)测量单元:测量单元的作用是检测被控量的实际值,并把它转换成标准的统一信号,该信号叫被控量的测量值。

(3)调节单元:调节单元是指具有各种调节作用规律的调节器。调节器首先接收测量单元送来的被控量的测量信号,并与被控量的给定值相比较得到偏差信号,再根据偏差信号的大小和方向(正偏差还是负偏差),依据某种调节作用规律输出一个控制信号,对被控量施加控制作用,直到偏差等于零或接近零为止。

(4)执行机构:调节单元输出的控制信号经执行机构直接改变调节阀的开度,使之能符合控制对象负荷的要求,被控量会逐渐回到给定值或给定值附近,系统将会达到一个新的平衡。

以上4个单元在组成反馈控制系统中是缺一不可的。但对一个完整的控制系统,一般都设有显示单元,用来指示被控量的给定值和测量值。

在传递方框图中,代表实际单元的每个小方框称为一个环节。作为一个环节必须满足两个条件:其一是,必定有输入量和输出量,并用带箭头的信号线来表示。其中箭头指向该环节的信号线为输入量,箭头离开该环节的信号线为输出量,在信号线上可标明输入量和输出量的名称,也可以不写。其二是,任何环节输出量的变化均取决于输入量的变化及该环节的特性,而输出量的变化不会直接影响输入量,这就是信号传递的单向性。

在传递方框图中,符号“○”是比较环节(为调节器中的一个组成部分,为清楚起见,单独画出)。它随时对被控量的给定值 r (旁标“+”号)与被控量的测量值 z (旁标“-”号)相比较,得到偏差值 e 。 e 就是调节器的输入量,调节器的输出量经执行机构改变调节阀的开度,目的是控制被控量。而被控量的变化经测量单元又反送到调节器的输入端,这个过程叫反馈。只有反馈才能随时对被控量的给定值和测量值进行比较,只要存在偏差,调节器就会指挥调节阀改变开度,直到测量值回到给定值使偏差 $e=0$ 为止。这时调节器输出不再改变,调节阀的开度正好适应负荷的要求,控制系统达到一个新的平衡状态。可见,对运行参数的自动控制必须要有反馈过程,这就是把运行参数的自动控制系统称为反馈控制系统的原因。

反馈有正反馈和负反馈之分。正反馈是指经反馈能加强闭环系统输入效应,即使偏差 e

增大。负反馈是指经反馈能减弱闭环系统输入效应,即使偏差 e 减小。显然,按偏差控制运行参数的控制系统,必定是负反馈控制系统。

现在,可用前面介绍的名词和概念,来描述反馈控制系统的工作过程:系统在初始平衡(受到扰动前,系统稳定运行)状态时,突然受到一个扰动(控制对象受到的扰动,也可以看做是系统受到的扰动),被控量将离开初始稳定值发生变化,测量单元将把被控量的实际值检测下来,并转变成统一的标准信号送至调节器的输入端。调节器随时对被控量的给定值与测量值进行比较,得到偏差值 e ,并作为调节器的输入量,调节器依据某种调节作用规律输出一个控制信号,从而改变调节阀的开度,也就是改变流入控制对象的物质或能量流量,从而可以克服扰动,逐渐消除偏差,最终使被控量又回到给定值或给定值附近,系统达到一个新的平衡状态。

课题二 调节器的作用规律

在自动控制系统中,调节器是组成反馈控制系统的主要单元。调节器的输入是被控量的偏差值 e ,会引起调节阀的动作;调节器的输出是调节阀的开度 P ,是调节阀动作后控制作用的输出变化量,也就是执行机构的输入。调节器的作用规律是指,给调节器施加一个输入信号后,其输出量是按何种方式变化,即调节器的输出量 P 与输入量 e 之间保持怎样的函数关系,可得 $P=f(e)$ 。调节器就对控制系统的动态过程品质起着决定性的影响。现广泛应用的调节器的作用规律有:双位式作用规律、比例作用规律、比例积分作用规律、比例微分作用规律、比例积分微分作用规律5种。

实验一 双位式作用规律(辅锅炉浮子式水位双位控制系统)

双位式作用规律的特点是调节器对被控量设有两个极限位置,而不是使被控量稳定在某个值上,所以称为双位式。调节器输出只有两个状态,当被控量变化到上、下限值时,调节器的输出作出相应的动作,当被控量在上、下限之间变化时,调节器输出状态不变。在这一控制中,不管输入如何变化,控制装置的输出只有两个位置或两种状态,没有中间状态,称为双位式控制作用规律。

1 浮子式水位双位调节器工作原理图

浮子式水位双位调节器工作原理如图1-3所示。

2 结构及工作原理

在锅炉外面的浮子室中有汽管和水管,分别与锅炉的汽空间和水空间相通,故浮子室内水位与锅炉水位一致。浮子与水位同步变化,浮子杆绕枢纽转动。当水位上升达到上限值时,浮子杆与上面的销钉相接触,并带动调节板及永久磁铁绕枢轴顺时针转动。由于磁极间的相互作用,动触头立即与静触头断开,切断机电源,给水泵停转,停止向锅炉供水。当水位不断降低时,浮子连同浮子杆绕枢轴逆时针转动,但调节板暂时不动。只有当水位下降到下限值时,两同极性的永久磁铁正好相遇并互相排斥,动触头立即与静触头相接触,接通机电源,并带动给水泵向锅炉供水。之后,重复上述过程。可见,只有水位处在上、下限值时,调节器输出状

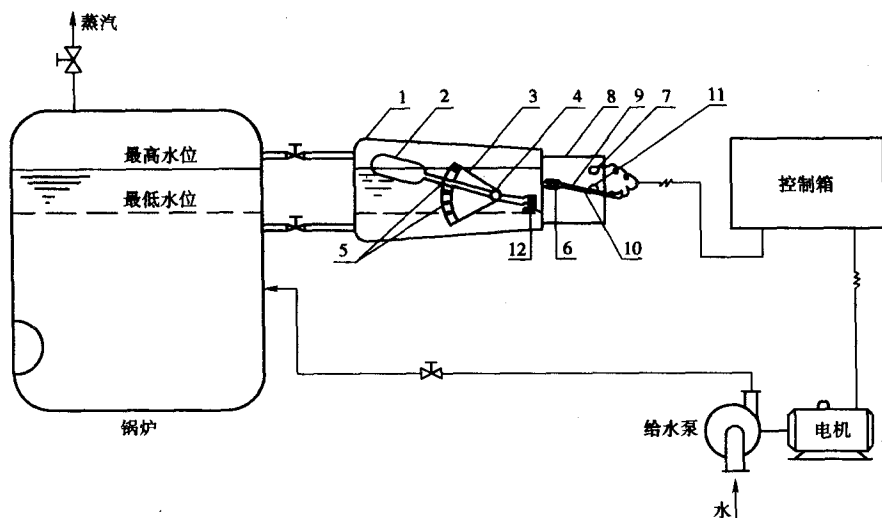


图 1-3 浮子式水位双位调节器

1-浮子室;2-浮子;3-调节板框架;4-枢轴;5-上、下限销钉;6、12-同极性永久磁铁;7-静触点;8-开关箱;9-转轴;10-转杆;11-动触点

态才改变,水位在上、下限之间变化时,调节器输出状态不变。即此种控制装置只有两种工作状态,没有中间状态,称为双位控制。

双位调节器只有在输入信号处于上、下限值时才动作,此上、下限值之差称为幅差。存在幅差是双位调节控制的一个重要特征,幅差的大小反映了双位控制的质量高低。幅差小,被控量波动范围小,自动控制精度高,但调节动作过于频繁,容易降低元件寿命。

由于双位调节器的输出只有两个位置,使得被控量在给定值附近上下变化。所以,它具有偏差大、精度低等特点。但是双位控制装置结构简单,价格便宜,维修保养方便,因此在船上一些控制精度不太高的场合,如燃油、水柜液位控制,空气瓶压力控制,冷库的温度控制等,一般均采用双位控制。

实验二 比例作用规律 P (浮子式水位控制系统)

比例作用规律是调节器的输出量 $P(t)$ (调节阀开度的变化量)与输入量 $e(t)$ (被控量的偏差值)成比例变化,其输出与输入之间的函数关系是 $P(t) = K \cdot e(t)$ 。其中, K 是比例调节器的放大倍数。 K 大,在输入相同偏差 $e(t)$ 信号时,调节器输出量 $P(t)$ 大,也就是调节器指挥调节阀开度的变化量大,它的比例作用强。反之, K 小,其比例作用弱。用比例作用规律制成的调节器,称为比例调节器。

1 浮子式水位控制系统结构图

浮子式水位控制系统结构如图 1-4 所示。

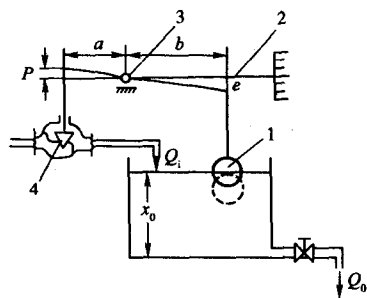


图 1-4 浮子式水位控制系统

1-浮子;2-杠杆;3-可调支点;4-调节阀芯

2 比例作用的控制过程及原理

图 1-4 所示为水箱水位按比例作用规律进行自动控制的一个最简单的例子,它揭示的比例作用规律和特点具有普遍意义。

在图 1-4 中,水箱中的实际水位 x 是被控量,其给定值是 x_0 。给水阀开度是 P 。在初始平衡状态下,给水流量 Q_i 与出水流量 Q_o 相等,水位稳定在 x_0 上,偏差 $e=0$ 。在初始平衡状态,水箱的出水流量 Q_o 应是额定负荷,其调节阀开度 P 应是全开的一半左右。这样,不论负荷怎样变化,调节阀开度都有变化的余地,能对给水流量加以控制。如果在初始平衡状态下,突然开大出水阀,出水流量阶跃增大(增大水箱的负荷)。由于给水流量 Q_i 暂时未变,水位会连同浮子和浮子杆一起下移,杠杆 2 绕支点 3 顺时针转动,开大给水调节阀,增加对水箱的给水流量 Q_i ,直到 $Q_i = Q_o$ 为止,水位才会稳定在比给定水位 x_0 略低的值上。相反,若突然关小出水阀,出水流量阶跃减小(降低水箱负荷),水位连同浮子和浮子杆一起上移,通过杠杆作用使调节阀关小,减少给水流量 Q_i ,直到 $Q_i = Q_o$ 为止,水位又会稳定在比给定值 x_0 略高的值上。由此可见,浮子的位置反映了水位的实际值。当对水箱施加扰动(出水阀开度变化)后,水位的实际值(浮子值的位置) X 偏离给定水位 x_0 的数值就是偏差 e 。从图 1-4 中可见, P 与 e 的关系是:

$$P(t) = a/b \cdot e(t) = K \cdot e(t)$$

式中: K ——是比例调节器放大倍数,是衡量比例作用强弱的参数, $K = a/b$ 。

其中: a/b ——杠杆长度比。

改变 K 值,可以通过改变 a/b 实现。左移可调支点, a 减小, b 增大,则 K 减小。反之,右移可调支点, a 增大, b 减小,则 K 增大。 K 若大,系统出现一个较小的偏差 $e(t)$ 时,杠杆(即调节器)就能使调节阀开度 $P(t)$ 有一个较大的变化,给水流量的变化量也比较大,克服扰动的能力强,其比例作用强。 K 若小,被控量出现较大偏差 $e(t)$ 时,调节器指挥调节阀开度变化不大,克服扰动的能力弱,即比例作用弱。

3 比例作用规律的优、缺点

调节阀开度成比例变化,能较及时地反映控制对象负荷的大小,负荷变化大,偏差 $e(t)$ 就大,对被控量控制比较及时。正因为如此,比例作用的调节器应用比较广泛,它也是其他作用规律(双位式作用规律除外)的基础。但是,比例作用规律存在的缺点也是明显的。当控制对象受到扰动后,在比例调节器的控制作用下,被控量不能完全回到给定值上来,只能恢复到给定值附近。被控量的稳态值与给定值之间必定存在一个较小的静态偏差,这是比例作用存在的固有的、不可克服的缺点。实际上,比例控制系统正是靠静态偏差来适应不同负荷的要求。比例作用放大倍数 K 越大(比例作用越强),稳态时静态偏差越小。比例控制系统中有自平衡能力的控制对象受到扰动后,被控量自行稳定在新稳态值上的动态过程进行得很快。因此,对被控量稳态精度要求不是很高的控制系统中,采用结构比较简单的比例调节器较为普遍。

4 比例带 PB

比例带是一个无量纲的参数,用来衡量比例作用强弱,用 PB 表示,也叫比例度 δ ,它是一

个百分数。比例带 PB 是指假定调节器指挥调节阀开度变化全行程(从全关到全开或从全开到全关)为全量程,需要被控量的变化量占全量程的百分数就是比例带,即

$$PB(\delta) = R/K \cdot 100\%$$

式中: R ——量程系数, $R = P_{\max}/\Delta X_{\max}$ 。

其中: $P_{\max}$ ——调节阀开度的最大变化量,即调节阀从全关到全开或全开到全关叫全行程;

$\Delta X_{\max}$ ——被控量允许变化的最大范围,叫全量程。

所以比例带 PB 就是调节器的相对输入量与相对输出量之比的百分数。

例如 $PB = 100\%$,说明被控量变化全量程的 100% ,即变化全量程,调节器使调节阀开度变化全行程,若 $PB = 50\%$,说明被控量变化全量程的一半,调节器就能使调节阀开度变化全行程。若 $PB = 200\%$,说明被控量变化了全量程,调节阀的开度只变化了全行程的一半。换句话说,控制系统受到扰动后,被控量要离开给定值出现偏差,调节器将使调节阀的开度成比例地变化。偏差越大,调节阀开度的变化量越大,当偏差大到使调节器控制调节阀开度变化全行程时,该偏差占全量程的百分数就是比例带。可见,比例带 PB 越小,在被控量偏差占全量程百分数相同的情况下,调节阀开度的变化量越大,克服扰动能力越强,比例作用也就越强;反之,比例带 PB 越大,比例作用越弱。

比例带是比例作用极为重要的参数。当组成控制系统的控制对象确定以后,比例带 PB 的大小,对控制系统动态过程品质好坏起着决定性的影响。因此,对一个实际控制系统来说,要根据控制对象的特性,调定合适的比例带 PB ,以保证一个控制系统具有最佳的动态过程。在一般情况下,控制对象惯性大的控制系统,要使比例带 PB 小一点,如温度、黏度等控制系统,其控制对象惯性比较大,可选定 $PB = 50\%$ 左右。控制对象惯性小的控制系统,比例带可适当选定大一点,如液位控制系统,其控制对象惯性都比较小,可选定 $PB = 70\% \sim 80\%$ 。在调节器上装有比例带调整旋钮,用来设定比例带。比例带的可调范围,对不同类型的调节器不尽相同,一般是在 $5\% \sim 300\%$ 之内。

实验三 比例积分作用规律 PI

比例积分作用规律,是指调节器的输出量随输入量作比例积分变化。按这种规律制造的调节器叫比例积分调节器,简称 PI 调节器。

在手动控制中,积分作用与比例作用不同。在比例作用中,管理人员是根据偏差的大小成比例地改变调节阀的开度。在积分作用中,管理人员是根据偏差的大小来改变调节阀开度的变化速度。偏差越大,调节阀动作越快。偏差小,调节阀动作慢,只要存在偏差,调节阀就动作不止,直到消除偏差为止。可见,积分作用规律是调节器输出的变化速度(调节阀开度的变化速度)与偏差成比例,即:

$$dP(t)/dt = S_0 e(t); \text{即 } P = S_0 \int e dt$$

式中: $dP(t)/dt$ ——调节器输出的变化速度;

e ——被控量的偏差值;

S_0 ——比例系数,称为积分速度。

积分输出取决于两个因素:一个是偏差 e 的大小,另一个是偏差存在时间的长短。换言

之,积分作用的输出是与被控量的偏差值随时间的积累成比例,只要存在偏差,偏差随时间的积累就不能停止,调节器输出就有变化,直到偏差等于零,这时积累才能停止,系统重新建立平衡,调节阀的开度不再变化。因此,控制系统采用具有积分作用规律的调节器,被控量最终必定能稳定在给定值上,消除静态偏差,这是积分作用规律的突出优点。但是,与比例作用规律相比较,其缺点也是很明显的。比如,在控制系统处于初始平衡状态下,突然受到一个较大的扰动,被控量会较快的出现偏差。但由于偏差存在的时间很短,调节器输出的变化量很小,不足以克服扰动,使偏差越来越大。可见,积分作用规律对被控量的控制是很不及时的,以后由于偏差不断增大以及偏差存在的时间不断增长,积分作用的输出才越来越大,致使调节阀开度过大,使被控量出现反向偏差时,积分作用的输出反方向积累,这就造成了被控量的大起大落,大大加剧了控制系统动态过程的振荡倾向,降低了控制系统的稳定性。因此,实际控制中极少采用纯积分作用调节器,而采用比例加积分作用规律调节器,即 PI 调节器。

在 PI 调节器中,比例作用是主要的,它使调节阀的开度随时适应扰动的变化,有控制比较及时的优点,获得较好的动态稳定性。积分作用是辅助的,用它来消除静态偏差。这样,衡量比例积分作用强弱的参数就有两个,即比例积分作用的比例放大倍数 K 和积分时间 T_i 。放大倍数 K 是衡量比例作用强弱的参数,在实际控制系统中,一般不用 K 而是用比例带 PB 。积分时间是衡量积分作用强弱的参数,具有时间(s 或 min)的量纲。积分时间 T_i 的物理意义是,在给 PI 调节器输入一个阶跃偏差信号时,积分输出等于比例输出所需的时间就是积分时间 T_i 。

在 PI 调节器上都设有两个旋钮,一个用于整定比例带 PB ,一个用于整定积分时间 T_i 。在整定 T_i 值时,切忌把 T_i 值整定太小,否则由于积分作用太强,系统动态过程振荡激烈,被控量长时间稳定不下来。如果 T_i 值不能进行准确地整定,那么选取 T_i 值时,要宁大勿小。 T_i 值偏大一些,积分作用偏弱,只是消除静态偏差时间稍长一些而别无它害。积分时间 T_i 的整定范围是 $3s \sim 20min$ 。

比例积分调节器是在实际控制系统中应用最广泛的一种调节器。

实验四 比例微分作用规律 PD

前面提到,比例作用对系统的控制比较及时,调节阀的开度能适应负荷的变化。但这只是相对的。在控制对象受到很大扰动时,特别是在控制对象惯性又比较大的情况下,在短时间内,被控量不可能出现较大的偏差 e ,而比例控制又是根据偏差大小来改变调节阀的开度的,因此在短时间内,调节阀的开度不可能适应扰动的要求。这样,被控量会出现较大的偏差。在这种情况下,比例控制作用就显得不够及时了。控制对象惯性越大,这种现象越严重。

控制对象受到扰动大小不同,尽管在短时间内,偏差的绝对值很小,但偏差的变化速度不同。如果调节阀的开度能与偏差的变化速度成比例,那么这种作用就是微分作用规律,微分作用能预示控制对象受扰动的猛烈程度,同时能在偏差出现之前,提前改变调节阀的开度。因此,微分作用有超前控制的能力,能及时克服扰动,使被控量不会出现大的偏差。

微分作用虽然有上述优点,但在控制系统中,不能用纯微分作用的调节器。这种作用规律在气动仪表中是不可能实现的,就是能实现也是没有用处。因此,在调节器中微分作用都是采用实际微分环节。给实际微分环节施加一个阶跃的偏差输入信号后,它先有一个较大的阶跃输出,起到超前控制作用。以后不管扰动是否克服,被控量是否回到给定值,其微分输出会逐

渐消失,最后输出消失在零上。

因此,实际微分作用也不能单独制成调节器用于控制系统,它只能与比例作用或比例积分作用合在一起,组成比例微分调节器或比例积分微分调节器。比例微分作用是指在比例作用的基础上,加进微分作用(实际微分作用)。其中,比例作用是主要的,它最终决定调节阀开度的变化量,微分作用是辅助的,它只起超前控制作用。

在实际调节器中,用 PB 来表示 PD 调节器比例作用强弱,用微分时间 T_d 的大小衡量微分作用的强弱。微分时间 T_d 表示微分输出消失的快慢或微分输出保留得时间长短,若 T_d 大,说明微分作用消失慢或微分作用保留时间长,则微分作用强。若 T_d 小,说明微分作用消失得快或微分作用保留时间短,则微分作用弱。因此,在 PD 调节器上有两个旋钮,一个是比例带 PB 调整旋钮,另一个是微分时间 T_d 调整旋钮。如果把微分时间旋钮调整到 $T_d = 0$,相当于切除微分作用,这时调节器就成为纯比例调节器。一般来说,控制对象惯性很小的控制系统,其所采用的调节器可不加微分作用。而控制对象惯性大的控制系统,调节器加进微分作用,其控制效果的改进是很明显的。在 PD 调节器中,加进微分作用后,其比例带 PB 可比纯比例控制的比例带 PB 小一点。因为微分作用能实现超前控制,具有抵制偏差出现的能力,尽管 PB 小一些,也能保证系统动态过程的稳定性,且 PB 小一些,稳态时,静态偏差会减小。因为 PD 调节器与比例调节器一样,是不能消除静态偏差的。

实验五 比例积分微分作用规律 PID

把比例、积分和微分作用组合在一起,可构成比例积分微分作用规律,常用 PID 表示。在这种作用规律中,仍以比例作用为主,吸收积分作用能消除静态偏差,微分作用能实现超前控制的优点。这是目前最完善的作用规律,用这种作用规律制成的调节器,叫做比例积分微分调节器,或叫 PID 调节器,或叫三作用调节器。

PID 调节器的输出特性是,当对 PID 调节器施加一个阶跃的偏差输入信号后,它首先有一个较大的比例加微分的阶跃输出,然后微分输出逐渐消失。微分输出消失到接近比例输出时,积分输出才不断地显露出来,使其输出不断增加。

在实际系统中,仍然是用 PB 来衡量比例作用的强弱。 T_i 是积分时间, T_d 是微分时间。在 PID 调节器中,如果能把 PB 、 T_i 和 T_d 3 个参数整定得合适,控制系统就能达到最佳的动态过程品质。由于微分作用能实现超前控制,具有抵制出现偏差的能力,因此控制系统的最大动态偏差 $e_{\max}$ 较小,动态精度高,同时也提高了系统的稳定性,被控量波动 2~3 次就能稳定下来。由于比例作用能使调节阀的开度适应控制对象负荷的变化,因此比例作用能根据负荷的要求决定调节阀的开度。最后,由积分作用来修正调节阀的开度,使被控量回到给定值,消除静态偏差。可见, PID 调节器是控制系统中最理想的调节单元。

但是, PID 调节器结构比较复杂,在有些控制系统中,控制对象惯性不大,对被控量的静态精度要求不是很高的情况下,就没有必要用 PID 三作用调节器。特别是在机舱中的液位控制系统中,如锅炉水位的控制系统中,微分作用对于扰信号是非常敏感的。比如,系统本来处于平衡状态,被控量稳定在给定值上,若出现干扰信号,微分作用马上会有一个较大的阶跃输出,使调节阀突然有一个较大的开度变化,这就打破了系统的平衡。这是因为特别是周期性干扰信号,这种现象尤为严重。在机舱中,液位控制对象中的液位,因船舶的摇摆产生的干扰,会由

于微分作用使调节阀的开度忽而大开,忽而大关,使系统误动作。所以,在这样的控制系统中采用的调节器就不允许加微分作用,即不能采用 PD 调节器和 PID 调节器。

在 PID 调节器上有 3 个旋钮,分别用于整定比例带 PB 、积分时间 T_i 和微分时间 T_d ,在使用中,往往把积分时间 T_i 整定得比微分时间 T_d 长,它们之间的关系大致为 $T_i = (4 \sim 5) T_d$ 。在 PID 调节器中,如果把积分时间整定为了 $T_i \rightarrow \infty$;把微分时间整定为 $T_d = 0$,则相当于切除积分和微分作用,成为纯比例作用调节器。若调节器用于控制系统对被控量的稳态精度要求很高的情况,调节器中要加进积分作用。若控制系统中控制对象惯性较大时,调节器应加进微分作用。加进微分作用后,原来整定的比例带 PB 和积分时间都可以减小一点,这样既能减小最大动态偏差,保证系统的稳定性,又能加快系统的反应速度,使过渡过程时间进一步缩短。

第二单元

船用自动化仪表

自动化仪表的作用是在反馈控制系统中对运行参数进行自动控制,同时也能对运行参数进行测量和显示。自动化仪表按用途分类,有测量仪表、显示仪表、调节器和执行机构;按使用能源分类,有气动仪表和电动仪表;按结构形式分类,有基地式仪表和单元组合式仪表。本单元重点介绍气动单元组合仪表。

课题一 气动仪表的基本知识

气动仪表的种类繁多,功能相同仪表的结构也是千差万别的。但是,构成这些仪表的元部件为数并不多,主要有弹性元件、节流元件、气体容室、喷嘴挡板机构和功率放大器等。

实验一 了解弹性元件的结构和工作原理

弹性元件有弹性支承元件和弹性敏感元件两类。

弹性敏感元件有波纹管、金属膜片、橡胶膜片、弹簧管和金属膜盒等。弹性敏感元件的作用是将承受的压力或轴向推力转变成位移信号,其刚度较小,灵敏度较大,对轴向推力的变化反应敏感。

如图 2-1 所示,波纹管是一种金属的薄壁圆筒形结构,具有良好的弹性特征,可以有较大的变形量,一般用做气动自动化仪表及自动装置中的压敏性元件,用来感受压力和差压。假

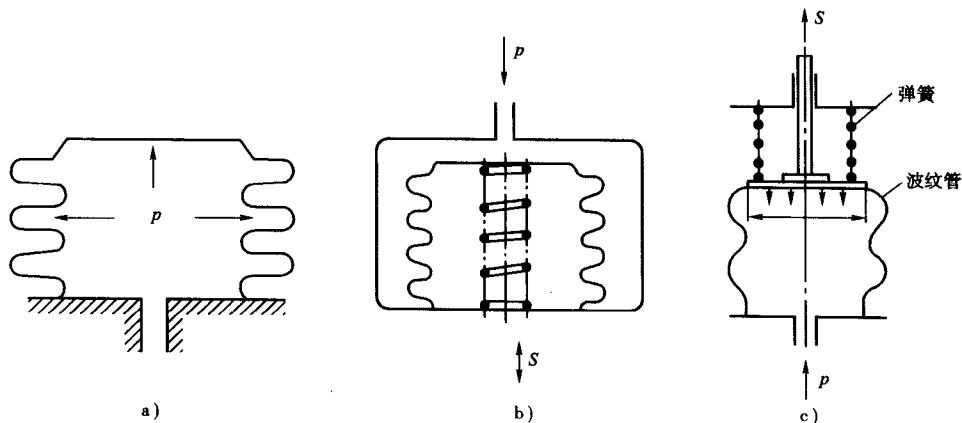


图 2-1 波纹管

a) 波纹管; b) 带弹簧的波纹管; c) 波纹管的信号传递