



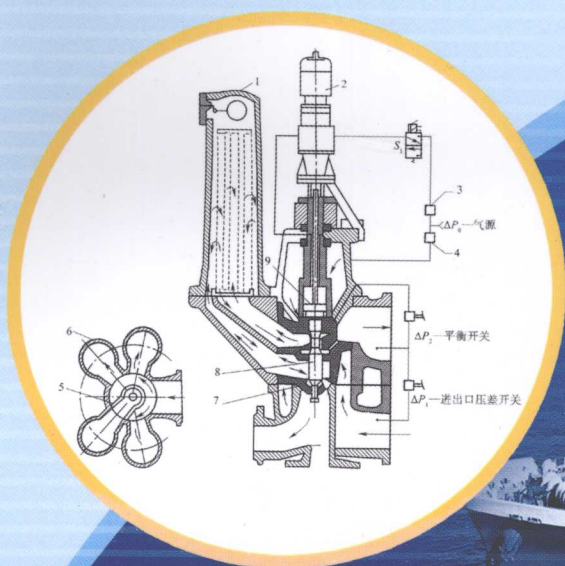
国家示范性高等职业院校重点建设专业教材

轮机工程技术专业

轮机自动化

◎主编 陈清彬

◎主审 李碧桃 [福建马尾造船股份有限公司]



人民交通出版社
China Communications Press

国家示范性高等职业院校重点建设专业教材

Lunji Zidonghua

轮机自动化

(轮机工程技术专业)

主 编 陈清彬

主 审 李碧桃[福建马尾造船股份有限公司]

人民交通出版社

内 容 提 要

本书是国家示范性高等职业院校重点建设专业教材。全书共包括6个模块,分别是:自动化仪表、船舶自动控制系统、主机遥控系统、机舱监视与报警系统、船舶电站自动化、可编程序控制器认识。每个模块后均附有相应的模拟练习题。

本书既可以作为高职院校轮机工程专业学生的教材,也可以作为有关人员的参考读物。

图书在版编目(CIP)数据

轮机自动化/陈清彬主编. —北京:人民交通出版社,
2009. 8

ISBN 978-7-114-07903-0

I. 轮… II. 陈… III. 轮机—自动化—高等学校:技术
学校—教材 IV. U664. 1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 121238 号

国家示范性高等职业院校重点建设专业教材

书 名: 轮机自动化

著 作 者: 陈清彬

责任编辑: 张 淼

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.cpress.com.cn>

销售电话: (010) 59757969, 59757973

总 经 销: 北京中交盛世书刊有限公司

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京交通印务实业公司

开 本: 787×1092 1/16

印 张: 20

插 页: 1

字 数: 496千

版 次: 2009年8月 第1版

印 次: 2009年8月 第1次印刷

书 号: ISBN 978-7-114-07903-0

定 价: 50.00元

(如有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)

序

2006年是中国高等职业教育的春天。这一年,我国教育部、财政部启动了国家示范性高等职业院校建设计划,高等职业教育首次被定性为中国高等教育发展的一种类型。时代赋予了高等职业教育非常广阔的发展空间。

2006年也是福建交通职业技术学院发展的春天。同年12月,这所有着140多年办学历史的百年老校,被确定为全国首批国家示范性高等职业院校建设单位。这对学校而言,是荣誉更是责任,是挑战更是压力。

国家示范性院校建设的核心是专业建设,而课程和教材又是专业建设的重要内容之一。如何通过课程的建构来推动人才培养模式的改革和创新?教材编写工作又如何与学校人才培养模式和课程体系改革相结合?如何实现课程内容适合高素质技能型人才的培养?这均是我校示范性建设中的重要命题。


难能可贵的是,3年来,在全体教职员工的不懈努力下,我校8个重点建设专业(6个为中央财政支持的重点建设专业)在实验实训条件建设、师资队伍建设、人才培养模式与课程体系改革等方面,都取得了突破性的进展。

更令人欣慰的是,我院教师历经3年的不断探索和实践,为我院的教材建设作出了功不可没的成绩。一系列即将在人民交通出版社出版的国家示范性高等职业院校重点建设专业教材,就是我院部分成果的体现。在这些教材中,既有工学结合的核心课程教材,也有专业基础课程教材。无论是哪种类型的教材,在编写中,我院都强调对教材内容的改革与创新,强调示范性院校专业建设成果在教材中的固化,强调教材为高素质技能型人才培养服务,强调教材的职业适应性。因为新教材的使用,必须根植于教学改革成果之上,反过来又促进教学改革目标的实现,推进高职教育人才培养模式改革。

培养社会所需要的人,是我院一直不懈的努力方向,而这些教材就是我们努力前行的足迹。

在这些教材的编写过程中,也倾注了相关企业有关专家的大量心血和辛勤劳动,在此谨向他们表示衷心的感谢!

福建交通职业技术学院院长
福州大学博士生导师



前 言

根据国家示范性高职院校建设精神,按照福建交通职业技术学院轮机工程专业人才培养和教学模式改革方案的要求,为了培养学生的岗位职业核心能力,我们尝试编写了这本具有校企合作性质的工学结合核心课程教材。

本书编写目的只是起抛砖引玉的作用,根据《中华人民共和国海船船员适任考试大纲》和《STCW78/95 公约》的要求,结合航海类高职院校教学的特点,按照编者组织的思路,简单、系统地对相关内容进行编写。填补了《轮机自动化》课程教材编写的空白,比较适合高职学生使用。

《轮机自动化》课程理论性和实践性要求都很强,本着航海类高职高专技能培养的需要,以“好用、实用、管用”为度,培养学生岗位职业能力,使之具有更强的适任能力。

本教材共有六个知识能力模块及附录部分,其中第一至四、第六知识能力模块及附录部分由福建交通职业技术学院陈清彬副教授编写,第五知识能力模块由福州港务集团高级工程师林金英编写。

全书由福建马尾造船股份有限公司高级工程师李碧桃主审。在编写过程中还得到许多航运公司的朋友们和多位老师的帮助,在此表示衷心的感谢!书中的部分实训项目,参考了大连海事大学林叶锦的《自动控制实验讲义》和武汉理工大学的《轮机模拟器实训指南》。在此也表示衷心的感谢!

由于编者水平有限,书中难免存在不妥之处,恳请各位专家批评指正。

编 者

2009年6月

目 录

模块一 自动化仪表	1
任务一 认识自动化仪表	1
一、教学目标	1
二、基本概念	1
三、反馈控制系统	7
四、实训环节	14
实训 压力控制器调整	14
五、调节器作用规律	15
任务二 气动差压变送器的使用与调整	24
一、教学目标	24
二、基本概念	24
三、气动差压变送器结构及原理	26
四、实训环节	30
实训一 气动差压变送器调整	30
实训二 电动差压变送器调整	32
五、控制对象特性	34
任务三 气动调节器的使用与调整	36
一、教学目标	36
二、基本概念	36
三、气动调节器及显示仪表的结构和原理	37
四、实训环节	44
实训 气动 PID 调节器的参数调整	44
五、调节器参数整定的一般原则	46
模拟练习	49
模块二 船舶自动控制系统	68
任务一 冷却水温度控制系统的操作与管理	68
一、教学目标	68
二、柴油机气缸冷却水温度自动控制系统	68
三、实训环节	71
实训 船舶柴油机缸套冷却水温度控制	71
四、MR-II 型电动冷却水温度自动控制系统简介	73
任务二 燃油黏度控制系统的操作与管理	75
一、教学目标	75
二、NAKAKITA 型燃油黏度自动控制系统	75
三、实训环节	79
实训 燃油黏度控制模拟实训系统	79

四、VAF 燃油黏度自动控制系统简介	84
任务三 辅锅炉的自动控制	85
一、教学目标	85
二、船用辅锅炉自动控制	86
三、实训环节	93
实训 辅锅炉燃烧自动控制系统实例	93
四、PLC 在船用辅锅炉燃烧控制系统中的应用	96
任务四 自清洗滤器的操作与管理	101
一、教学目标	101
二、自清洗滤器结构及控制原理	101
三、实训环节	103
实训 滑油系统的管理和自清洗滤器的使用	103
四、FOPX 型分油机自动控制系统	105
模拟练习	108
模块三 主机遥控系统	122
任务一 主机遥控系统的逻辑与控制回路认识	122
一、教学目标	122
二、主机遥控系统常用的气动阀件认识	122
三、主机遥控系统的逻辑与控制回路	126
四、实训环节	145
实训 WMS2004 远洋船舶轮机模拟器认识	145
任务二 主机遥控系统实例	150
一、教学目标	150
二、气动主机遥控系统	151
三、实训环节	165
实训一 主机备车与启动	165
实训二 主推进装置的运行管理	166
实训三 主机遥控系统的运行及管理	167
实训四 CHQ—II 型船用主机气动遥控系统操作及维护	170
模拟练习	174
模块四 机舱监视与报警系统	198
任务一 认识机舱中常用的传感器	198
一、教学目标	198
二、传感器结构及原理	198
三、实训环节	205
实训一 LD-B10-10F 型仪表使用操作	205
实训二 曲柄箱油雾浓度监视报警器	208
任务二 熟悉机舱集中监视与报警系统	212
一、教学目标	212
二、机舱集中监视与报警系统结构及原理	212
三、实训环节	221

实训一 机舱集中监视与报警系统的组成及使用	221
实训二 分组延伸报警系统的组成及使用	222
实训三 对 SMA-02 型报警系统的 PLC 改造	223
模拟练习	225
模块五 船舶电站自动化	237
任务一 船舶发电机的自动启动、并车及停机	237
一、教学目标	237
二、基本概念	237
三、船舶发电机组的自动启动与停机	239
四、实训环节	243
实训一 发电机应急操作	243
实训二 发电机手动准同步并车操作	245
任务二 功率的自动调节	245
一、教学目标	245
二、功率的自动调节	245
三、实训环节	248
实训 发电机组操作	248
任务三 船舶电力系统的综合保护	249
一、教学目标	249
二、船舶电力系统的综合保护	249
三、实训环节	255
实训一 查找和排除船舶电网绝缘能力降低的故障	255
实训二 常规电站运行时主要故障的判断和处理	256
模拟练习	257
模块六 可编程序控制器认识	264
任务一 认识可编程序控制器基本指令	264
一、教学目标	264
二、基本概念	264
三、可编程序控制器基本指令	269
四、实训环节	274
实训 继电器控制电路的 PLC 改造	274
任务二 认识可编程序控制器功能指令	275
一、教学目标	275
二、功能指令的基本格式	275
三、常有的功能指令简介	277
四、实训环节	280
实训 用 PLC 控制洗衣机	280
五、FX 系列 PLC 功能指令一览表	282
附录一 MAN-V-40/54A 主机气动遥控系统图	插页
附录二 轮机模拟器中英文对照表	287
参考文献	310

模块一 自动化仪表

任务一 认识自动化仪表

一、教学目标

- (1)掌握气动仪表的气动元部件及组成原理。
- (2)掌握自动化仪表的主要品质指标。
- (3)掌握反馈控制系统的基本概念。
- (4)掌握单容控制对象特性。
- (5)掌握双位及 PID 调节规律。

二、基本概念

1. 自动化仪表

自动化仪表在工业生产中应用极为广泛,用以构成多种过程控制系统。在船舶应用技术中,主要用于自动检测和自动控制。自动化仪表种类很多,按能源分类,有电动、气动和液动仪表三类;按功能分类,有检测、显示、调节和执行等仪表;按结构形式分类,有基地式和单元组合式两类仪表。基地式仪表是将测量、调节和显示等功能单元组合在同一个壳体内,构成不可分离的整体。而单元组合式仪表是把各功能单元分别做成一台独立的仪表,各个单元仪表之间用统一的标准信号相联系(气动仪表为 $0.02 \sim 0.1 \text{ MPa}$;电动仪表为 $0 \sim 10 \text{ mA}$,或 $4 \sim 20 \text{ mA}$,现在 $4 \sim 20 \text{ mA}$ 居多)。

因为气动仪表具有可靠性高、稳定性好、防火防爆等特点,所以在船上用得较多。

2. 气动仪表基本元件

气动仪表的种类和结构形式虽然很多,但构成它们的基本元部件数并不多,主要有弹性元件、节流元件、气容、喷嘴挡板和功率放大器等。

1) 弹性元件

弹性元件可分为弹性敏感元件和弹性支承元件两类,其中常见的如图 1-1-1 所示。

图中的螺旋弹簧和片簧是属于支承元件,用于支承、平衡或增强敏感元件的刚度。波纹管 and 膜片及图中未画出的金属膜盒和弹簧管等都属于弹性敏感元件,它们都能将压力转换成位移。

在气动仪表中,弹性元件的变形范围都很小,通常在其弹性变形范围之内。故气动仪表中的弹性元件可视为比例元件。为增加弹性元件的线性范围,可用的措施有:金属膜片制成波纹状;波纹管采取预压缩安装;弹簧管采用多圈式。

2) 节流元件

节流元件又称气阻,在气路中,起阻碍气体流动的作用。它可以产生压降和改变气体的流量。按其工作特点,可分为恒节流孔和变节流孔两种类型。

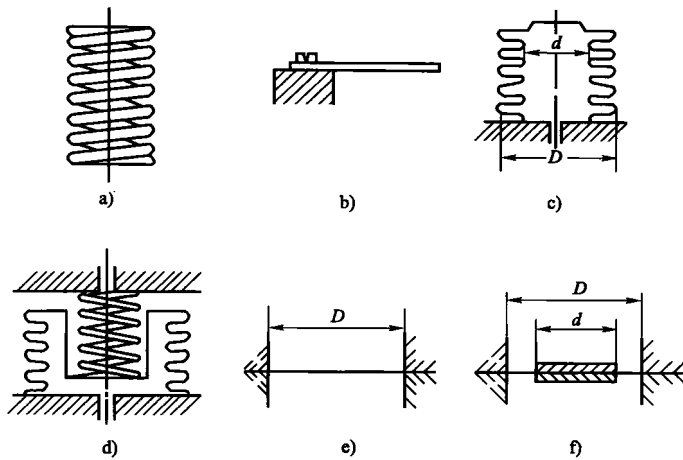
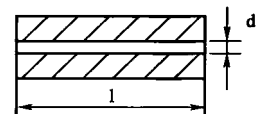


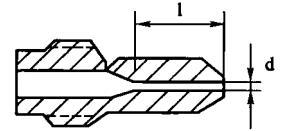
图 1-1-1 弹性元件

a)螺旋弹簧;b)片簧;c)波纹管;d)带弹簧的波纹管;e)金属膜片;f)橡胶膜片

(1)恒节流孔。又称恒气阻,它的流通截面积不能改变,气阻值不能调整。常见的恒节流孔有毛细管式和小孔式两种形式,如图 1-1-2 所示。毛细管的直径为 0.18~0.30mm,小孔的直径有 0.25、0.3、0.5mm 三种规格。



(2)变节流孔。又称可调气阻,它的流通截面积是可以改变的,所以其气阻值可以按需要进行调整。



常见的变节流孔分为三种类型:圆锥-圆锥型;圆柱-圆锥型;圆球-圆锥型;如图 1-1-3 所示。变节流孔实际上是可调型节流阀,通常把阀杆和阀芯设计成弹性连接,这样可保证关闭时阀芯与阀座的密封并防止接触表面被压坏。另外在关闭时,具有自动对中的良好特性。

图 1-1-2 恒节流孔

3)气容

气体容室简称气容,它在气动仪表中能储存或放出气体,对气压变化起惯性作用。常用的有固定气容和弹性气容两种类型,如图 1-1-4 所示。

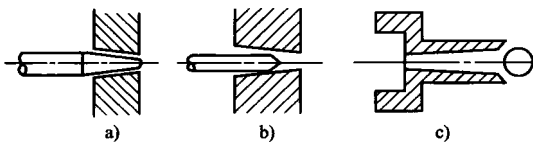


图 1-1-3 变恒节流孔

a)圆锥-圆锥型;b)圆柱-圆锥型;c)圆球-圆锥型

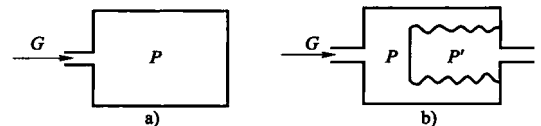


图 1-1-4 气容示意图

a)定容气室;b)弹性气室

固定气容(或称定容气室)是指容积固定不变的气室,而弹性气容(或称弹性气室)则是指容积可以改变的气室。

以上两类气容的特点是,定容气容的容积大小和压力变化无关,因此压力变化不会改变刚性气容的容积;弹性气容的容积不仅和它的气室初始容积有关,而且和压力变化时引起的容积变化有关。

4)喷嘴挡板机构

它是气动仪表中最基本的元件,其功能是把挡板的微小位移量(输入)转换成对应的气压信号输出。

(1) 喷嘴挡板机构。喷嘴挡板机构由恒节流孔 1, 背压室 2, 喷嘴 3 和挡板 4 组成, 如图 1-1-5 所示。喷嘴的孔径应比恒节流孔直径大, 通常 $D = (4 \sim 6)d$, 以保证在挡板全开时背压室的压力降到接近于大气压力。为了保证喷嘴挡板机构能正常工作, 气源中不能有油、水和杂物。喷嘴的轴心线必须与挡板平面垂直, 在挡板靠上喷嘴时, 有良好的密封性。

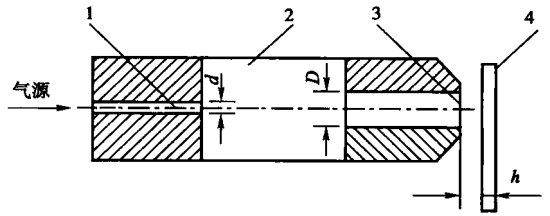


图 1-1-5 喷嘴挡板机构

1-恒节流孔;2-背压室;3-喷嘴;4-挡板

(2) 喷嘴挡板静特性。将 0.14MPa 的气源连接到喷嘴挡板机构的入口, 经恒节流孔进入背压室, 再由喷嘴与挡板之间的缝隙排入大气。当挡板靠近喷嘴, 即挡板开度 h 减小时, 气阻加大, 使背压室的压力 P_D 增大; 反之, 若挡板开度 h 加大时, 气阻减小, 使背压室压力 P_D 减小。可见, 喷嘴挡板起到了变气阻的作用。不同的挡板开度对应不同的背压室压力。在稳定工况下 (即恒节流孔的流量与喷嘴的流量相平衡, 背压室内压力稳定不变), 背压室压力 P_D 与挡板开度 h 之间的对应关系称为喷嘴挡板机构的静特性, 经实验测得的曲线如图 1-1-6 所示。

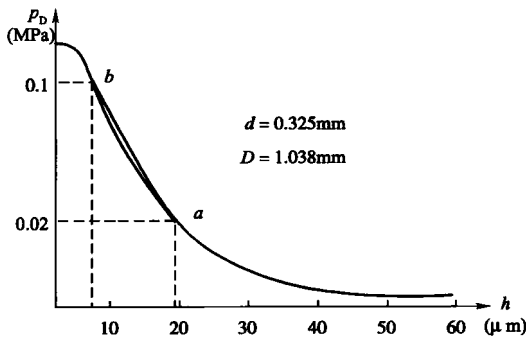


图 1-1-6 喷嘴挡板机构的静特性

可见, P_D 随 h 增大而下降的过程是两头慢、中间快。特性曲线上各点的斜率不同。在曲线的中间段 ab 之间, 背压变化较快, 若用直线 ab 代替曲线 ab , 其误差很小, 这样喷嘴背压变化量 ΔP_D 与挡板开度的变化量 Δh 呈线性关系, 喷嘴挡板机构的实际工作范围 ab 段, 通常称为工作段。由于工作段的线性度较好且斜率大, 它比工作在其他范围内的精度和灵敏度要高。在工作段内喷嘴挡板机构可看做是一个比例环节。

它有以下三个特点:

①当挡板处于全关状态时 (即 $h = 0$), 由于喷嘴挡板的加工与装配精度所限, 难免漏气, 因此背压 P_D 只能接近于气源压力。

②当挡板全开时, 由于喷嘴的孔径远大于恒节流孔孔径, 所以空气的压降主要降在恒节流孔上, 使背压 P_D 接近大气压力 (即为零)。

③当挡板从全关移到全开时, 背压 P_D 随挡板开度 h 增大而迅速下降, 当 h 增大到喷嘴孔径的 1/4 时, 背压 P_D 不再明显变化。从静特性曲线可见,

5) 气动功率放大器

在喷嘴挡板机构中, 恒节流孔的孔径很小 ($d = 0.15 \sim 0.3\text{mm}$), 工作时输出的空气量较小, 不能直接用来推动执行机构, 也很难传送较远的距离。因此, 几乎所有的气动仪表都在喷嘴挡板机构的输出端串联一个功率放大器, 进行流量放大或压力放大, 即功率放大, 以增强其驱动能力和实现信息的远距离传递。在结构上两者往往是连成一体的, 所以又合称为二级功率放大器。

功率放大器种类繁多, 结构各异, 图 1-1-7 是一种耗气型气动功率放大器, 它能起流量和压力放大作用。

功率放大器由放大气路和弹性组件构成。放大气路

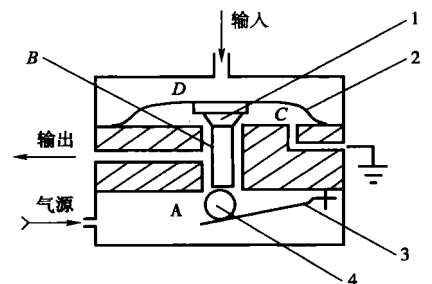


图 1-1-7 耗气型气动功率放大器

1-锥阀;2-金属膜片;3-弹簧片;4-球阀

由两个变节流阀串联构成,一个是球阀4,另一个是锥阀1,它们各起不同的作用。球阀4控制来自气源的进气量,因球阀的微小位移会引起进气量很大的变化,故能满足流量较大的要求。锥阀1用来控制排气量。这两个阀经阀杆结成一个整体。弹性组件由金属膜片2和弹簧片3组成,它能使阀杆产生位移。

当输入压力增大时,在金属膜片2上形成的推力也增大,克服膜片2和弹簧的刚度、使阀杆下移,开大球阀关小锥阀,使进气量大于排气量,这时B室压力增大,即放大器的输出压力增大。反之,当输入压力减小时,放大器的输出压力就下降。由此可知,阀杆的位移决定了放大器输出压力的大小。设输入压力为 P_D ,金属膜片的有效面积为 F ,当输入压力从零开始增加时,金属膜片的位移 S 与轴向推力 $P_D F$ 之间的关系如图1-1-8所示。

由图1-1-8可知,弹性组件的整个工作过程可分为三个阶段。

第I阶段(图1-1-8中直线段I):

由于装配上的原因,使得膜片与阀件之间存在一个间隙 S_0 ,当 P_D 从零开始增加时,金属膜片的位移使 S_0 逐渐减小。当输入压力等于 P_0 时,膜片刚好接触阀杆,即 $S_0 = 0$,在这一阶段中,阀杆没有位移。

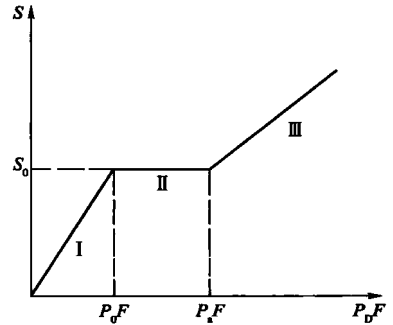


图 1-1-8 推力与膜片位移的关系

第II阶段(图1-1-8中直线段II):

当输入压力从 P_0 继续增加时,由于作用在金属膜片上的轴向推力不足以克服弹簧片3的预紧力和气源向上的作用力,所以金属膜片和阀杆都没有位移。

第III阶段(图1-1-8中直线段III):

当输入压力增加到 P_a 后,阀杆开始有位移,放大器开始有输出。 P_a 称为放大器的起步压力,调换不同刚度的金属膜片和弹簧片可调整放大器的起步压力。当输入压力从 P_a 继续增加时,膜片和阀杆的位移增量 ΔS 与输入压力的增量 ΔP_D 成比例变化,因此这一阶段是放大器的工作段。在工作段上,输出压力的增量和输入压力的增量可近似看为比例关系。因此,气动功率放大器是一个比例环节。该放大器不但放大了压力信号,而且因为进气球阀的流通面积远大于喷嘴挡板机构中的恒节流孔,使流量也放大了很多倍,即实现了压力和流量的同时放大。

当功率放大器与喷嘴挡板机构串联使用时,起步压力的大小决定了喷嘴挡板机构的工作区域,合适的起步压力才能使喷嘴挡板机构工作在静特性曲线的线性段,从而保证仪表具有较高的灵敏度和精度。实践证明,放大器的起步压力通常调整在27~33kPa,可保证仪表工作在喷嘴挡板机构的线性段。

起步压力大小与金属膜片和弹簧片的刚度、膜片与阀杆间隙及弹簧片的预紧力有关。调换不同刚度的金属膜片和弹簧片,或调整弹簧片的预紧力,可以改变放大器的起步压力。

3. 压力开关

图1-1-9是一个船舶机舱系统中常用的压力开关的结构原理图,它多用于辅锅炉气压或空气压缩机的自动启动的双位控制系统中。

作用在杠杆上有三个力:①被测压力信号经测量波纹管形成的向上推力,它对支点产生了逆时针的测量力矩。②给定弹簧的拉力,它产生了顺时针的给定力矩。③幅差弹簧的顶力,它产生了幅差力矩,也是顺时针力矩。

当测量力矩大于给定力矩与幅差力矩之和时,杠杆绕支点逆时针旋转。反之,则杠杆绕支

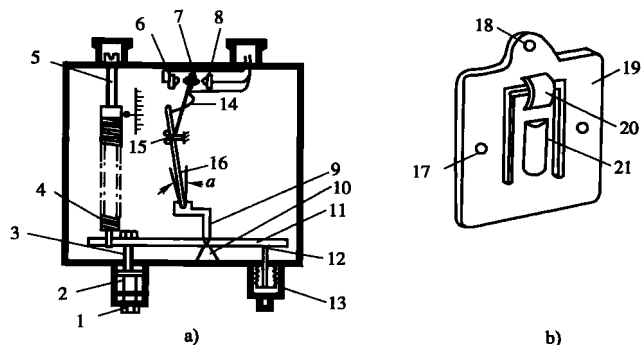


图 1-1-9 压力开关结构图

1-幅差调整旋钮;2-幅差弹簧;3-螺钉;4-给定弹簧;5-给定值调整螺钉;6-静触头;7-动触头;8-静触头;9-拨叉;10-支点;11-杠杆;12-顶杆;13-测量波纹管;14-跳簧;15-螺钉;16-簧片;17-螺钉孔;18-动触头;19-簧片;20-跳簧;21-舌形片
点顺时针旋转。当杠杆旋转时,它会带动拨叉移动,并使簧片和跳簧变形。当被测压力上升到上限或下降到下限时,跳簧的变形达到极限,它会突然动作,使动触头从一个静触头突然跳到另一个。从而使控制电路的接通或断开状态突然改变,即调节器的输出状态突然跳变。而当被测压力在上下限之间时,动触头的位置不变,即调节器的输出状态不变。

被测压力上、下限的值,可通过调整幅差弹簧和给定弹簧的预紧力来实现,而上下限之间的差值称为幅差(或称开关差)。调整给定弹簧的螺钉可设定下限值 $P_{\text{下}}$,由给定值指针在标尺上指示出来。调整幅差弹簧的旋钮可设定上限值 $P_{\text{上}}$ 。在旋钮上有 10 个刻度,按幅差值可求出对应的刻度值,转动旋钮使该刻度对准红色的基准标记线即可。例如,某压力开关的幅差可调范围为 $0.07 \sim 0.25\text{MPa}$,则不同刻度所对应的幅差为

$$\Delta P = 0.07 + (0.25 - 0.07) \cdot X/10$$

式中: X ——幅差刻度值。

若已知被测压力的下限值为 0.4MPa ,上限为 0.6MPa ,则调整步骤为

①调整给定值螺钉,使指针指在 0.4MPa 上。

②计算幅差刻度 X ;

其幅差为

$$\Delta P = 0.6 - 0.4 = 0.2\text{MPa}$$

按上式有

$$0.2 = 0.07 + (0.25 - 0.07) \cdot X/10$$

可求得 $X = 7.2$,调整幅差旋钮,使刻度 7.2 对准红色标记即可。

由于机械仪表的误差较大,实际使用中可按如下方法调整上、下限值:

调整给定弹簧螺钉,将给定值标尺调在欲设定的下限值上,调整幅差旋钮在适当的位置上。在输入端送入可调气压信号,并用气压表显示。缓慢调高输入气压,当听到微动开关“喀哒”的动作声时,停止调节,此时压力表指示值即为上限值;然后再逐步调低气压信号,听到微动开关再次的“喀哒”声时,停止调节,此时压力表指示值即为下限值。如上、下限值不符合要求,则调整给定弹簧螺钉和幅差旋钮后,重复上述过程,直至达到设定值。

4. 自动化仪表的主要品质指标

1) 检测过程及误差

(1) 检测过程。检测过程的实质在于被测参数都要经过能量形式的一次或多次转换,最后得到便于测量的信号形式,然后与相应的测量单位进行比较,由指针位移或数字形式显示

出来。

(2)检测误差。误差是测量值和真实值之间的差值。

误差产生的原因:选用的仪表精确度有限、实验手段不够完善、环境中存在各种干扰因素以及检测技术水平的限制等原因,根据误差的性质及产生的原因,误差分为三类。

①系统误差。在同一测量条件下,对同一被测参数进行多次重复测量时,误差的大小和符号保持不变或按一定规律变化。

特点:有一定规律的,一般可通过实验或分析的方法找出其规律和影响因素,引入相应的校正补偿措施,便可以消除或大大减小。

误差产生的原因:系统误差主要是由于检测仪表本身的结构不完善、检测中使用仪表的方法不正确以及测量者固有的不良习惯等引起的。

②疏忽误差。明显地歪曲测量结果的误差,又称粗差。

特点:无任何规律可循。

误差产生的原因:引起的原因主要是由于操作者的粗心(如读错、算错数据等)、不正确操作、实验条件的突变或实验状况尚未达到预想的要求而匆忙测试等原因所造成的。

③随机误差。在相同条件下多次重复测量同一量时,误差的大小、符号均为无规律变化,又称偶然误差。

特点:变化难以预测,无法修正。

误差产生的原因:随机误差主要是由于测量过程中某种尚未认识的或无法控制的各种随机因素(如空气扰动、噪声扰动、电磁场等)所引起的综合结果。

随机误差在多次测量的总体上服从一定统计规律,可利用概率论和数理统计的方法来估计其影响。

2)检测仪表的基本技术性能指标

(1)精度。检测仪表的精度反映测量值接近真实值的准确程度,一般用一系列误差来衡量。

①绝对误差。指仪表指示值与被测参数真值之间的差值,即

$$\Delta x = x - x_i$$

实际上通常采用多次测量结果的算术平均值或用精度较高的标准表的指示值作为约定真值。则绝对误差可用下式表示

$$\Delta x = x - x_0$$

②相对误差。是测量的绝对误差与被测量(约定)真值之比,乘以100所得的数值,以百分数表示。

③引用误差。是测量的绝对误差与仪表的满量程值之比,称为仪表的引用误差,它常以百分数表示。比较相对误差和引用误差可知,引用误差是相对误差的一种特殊形式,用满量程值 L 代替真值,在使用上方便多了。然而,实践证明,在仪表测量范围内的每个示值的绝对误差 Δ 都是不同的,因此引用误差仍与仪表的具体示值有关,使用仍不方便。为此,又引入最大引用误差的概念,它既能克服上述的不足,又更好地说明了误差的测量精度。所以常被用来确定仪表的精度等级。

在规定条件下,当被测量平稳增加或减少时,在仪表全量程内所测得各示值的绝对误差(取绝对值)的最大者与满量程值的比值的百分数,称为仪表的最大引用误差。

最大引用误差是仪表基本误差的主要形式,它能更可靠地表明仪表的测量精确度,是仪表

最主要的质量指标。

$$\delta = \frac{x - x_0}{\text{标尺上限值} - \text{标尺下限值}} \times 100\% = \frac{\Delta x}{M} \times 100\%$$

④精度等级。按仪表工业规定,去掉最大引用误差的“±”号和“%”号,称为仪表的精度等级,目前已系列化。只能从下列数系中选取最接近的合适数值作为精度等级,即0.005,0.02,0.05,0.1,0.2,0.4,0.5,1.0,1.5,2.5,4.0等。

例 1-1-1 有两台测温仪表,它们的测温范围分别为0~100℃和100~300℃,校验表时得到它们的最大绝对误差均为2℃,试确定这两台仪表的精度等级。

解:这两台仪表的最大引用误差分别为

$$\delta_1 = \frac{2}{100 - 0} \times 100\% = 2\%$$

$$\delta_2 = \frac{2}{300 - 100} \times 100\% = 1\%$$

去掉最大引用误差的“%”号,其数值分别为2和1,由于国家规定的精度等级中没有2级仪表,同时该仪表的误差超过了1级仪表所允许的最大误差,所以这台仪表的精度等级为2.5级,而另一台仪表的精度等级正好为1级。由此可见,两台测量范围不同的仪表,即使它们的绝对误差相等,它们的精度等级也不相同,测量范围大的仪表精度等级比测量范围小的高。

例 1-1-2 某台测温仪表的工作范围为0~500℃,工艺要求测温时测量误差不超过±4℃,试问如何选择仪表的精度等级才能满足要求?

解:根据工艺要求,仪表的最大引用误差为

$$\delta_{\max} = \pm \frac{4}{500 - 0} \times 100\% = \pm 0.8\%$$

去掉最大引用误差的“±”号和“%”号,其数值为0.8,介于0.5~1.0之间,若选择精度等级为1.0级的仪表,其最大绝对误差为±5℃,超过了工艺上允许的数值,故应选择0.5级的仪表才能满足要求。

(2)灵敏度与灵敏限:

①灵敏度。表示仪表对被测参数变化反应的能力,是指仪表达到稳态后输出增量与输入增量之比,即

$$S = \frac{\Delta y}{\Delta x}$$

②灵敏限。是指引起仪表指针发生可见变化的被测参数的最小变化量。一般,仪表的灵敏限数值不大于仪表允许误差绝对值的1/2。

③回差。在外界条件不变的情况下,当被测参数从小到大(正行程)和从大到小(反行程)时,同一输入的两个相应输出值常常不相等。两者绝对值之差的极大值和仪表量程M之比的百分数称为回差,也称变差。

回差产生原因:由于传动机构的间隙、运动件的摩擦、弹性元件的弹性滞后等。回差越小,仪表的重复性和稳定性越好。应当注意,仪表的回差不能超过仪表引用误差,否则应当检修。

三、反馈控制系统

1. 反馈控制系统的组成

在锅炉正常运行中,汽包水位是一个重要的参数,其高低直接影响着蒸汽的品质及锅炉的

安全。水位过低,当负荷很大时,汽化速度很快,汽包内的液体将全部汽化,导致锅炉烧干甚至会引起爆炸;水位过高会影响汽包的汽水分离,产生蒸汽带液现象,降低了蒸汽的质量和产量,严重时损坏后续设备,见图1-1-10。

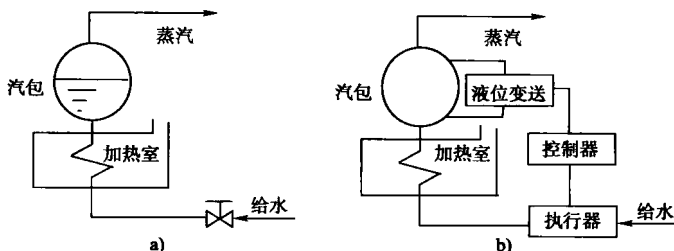


图 1-1-10 锅炉汽包水位控制示意图

1) 锅炉水位控制

(1) 手动控制水位。人要用眼睛观察水位表,把实际水位值传给大脑,大脑要对实际水位进行分析、判断和计算,然后输出一个控制命令给双手,用手来改变给水阀的开度,改变流入锅炉给水量,使水位逐渐恢复到最佳水位。

(2) 自动控制水位。由于不需要人来干预控制过程,因此必须用各种自动化仪表来代替人的感觉。比如用测量仪表(本例中的水位发信器和变送器)代替人的眼睛,随时测量水位的实际值并把该值送给调节器,调节器代替人的大脑对水位进行分析、判断和运算,然后输出控制信号给执行机构,执行机构代替人的双手来改变给水阀的开度,改变流入锅炉的给水量,使水位逐渐回到最佳水位上来。

2) 组成反馈控制系统的基本单元

(1) 控制对象。控制对象是指所要控制的机器、设备或装置。把所要控制的运行参数叫做被控量。例如,在锅炉水位自动控制系统中,锅炉是控制对象,水位是被控量;在锅炉蒸气压力自动控制系统中,锅炉是控制对象,蒸气压力是被控量;在柴油机气缸冷却水温度自动控制系统中,淡水冷却器是控制对象,冷却水温度是被控量;在燃油黏度自动控制系统中,燃油加热器是控制对象,燃油黏度是被控量;在空气压力的自动控制系统中,空气瓶是控制对象,空气压力是被控量;在柴油机转速的控制系统中,柴油机是控制对象,转速是被控量等。

不同对象的结构复杂程度不同,工作过程所遵循的物理学定律不同,因而它们的工作原理也各不相同。但是,从影响被控量变化的基本因素来看,各种控制对象又有共同之处,这就是,所有的控制对象都有存储物质或能量的能力,且当控制系统受到扰动后,会伴随有物质或能量流入或(和)流出;物质或能量在流动过程中会受到阻力;物质或能量在流动过程中或信号在传递过程,会存在时间上的迟延。所以必须了解控制对象的特性,以选择适当的调节规律和参数,达到预期的控制目的。

(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信号。在气动控制系统中,对应被控量的满量程,其统一的标准气压信号是 $0.02 \sim 0.1 \text{ MPa}$;在电动控制系统中,对应被控量的满量程,其统一的标准电流信号是 $4 \sim 20 \text{ mA}$ 。在温度自动控制系统中,测量单元常采用温度传感器和温度变送器;在压力自动控制系统中,测量单元常采用压力传感器和压力变送器;在锅炉水位控制系统中,测量单元常采用电极水位发讯器和差压变送器等。

(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。通常把运行参数所希望

控制的最佳值叫给定值,用 γ 表示;被控量的测量值用 Z 表示。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 $e = \gamma - Z$ 。

$e > 0$,说明测量值低于给定值,叫正偏差;

$e < 0$,说明测量值大于给定值,叫负偏差;

$e = 0$,说明测量值等于给定值,为无偏差。

调节器首先接收测量单元送来的被控量的测量信号,并与被控量的给定信号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。在实际应用中,调节单元有位式调节器、比例调节器、比例积分调节器、比例微分调节器、比例积分微分调节器五种,根据控制对象的特性不同及对被控量控制精度的要求,其控制系统可选用不同调节作用规律的调节器。

(4)执行机构。执行机构的输入是调节单元输出的控制信号,执行机构的输出作用到控制对象,从而可改变流入控制对象的物质或能量流量,使之能符合控制对象负荷的要求,使被控量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。在气动控制系统中,执行机构一般是气动薄膜调节阀或气动活塞式调节阀;在电动控制系统中,一般采用可逆转伺服电机或三相交流伺服电机。

以上四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来说,一般都设有显示单元,用来指示被控量的给定值和测量值。同时,对气动控制系统来说,应设有气源装置和定值器;对电动控制系统尚需设稳压电源等辅助装置。

2. 反馈控制系统传递方程图

为了清楚表明各单元在控制系统中的地位和作用,以及各单元之间的信号传递关系,每个单元都用一个方框来表示,各方框之间用带箭头的信号线连接起来,就构成了反馈控制系统传递方框图。它适用各种运行参数的自动控制系统,具有普遍性。

1) 方框图组成

(1)方框:每一个方框表示系统中的一个组成部分(也称为环节),方框内添入表示其自身特性的数学表达式或文字说明。

(2)信号线:信号线是带有箭头的直线段,用来表示环节间的相互关系和信号的流向;作用于方框上的信号为该环节的输入信号,由方框送出的信号称为该环节的输出信号,见图1-1-11a)。

(3)比较点:比较点表示对两个或两个以上信号进行加减运算,“+”号表示相加,“-”号表示相减,见图1-1-11b)。

(4)引出点:表示信号引出,从同一位置引出的信号在数值和性质方面完全相同,见图1-1-11c)。

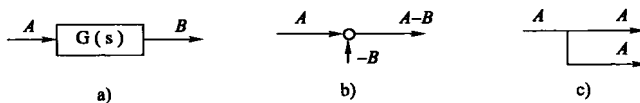


图 1-1-11 方框的组成单元示意图

a) 带有输入输出信号的方框; b) 比较点; c) 引出点

系统中的每一个环节用一个方框来表示,四个方框分别表示:被控对象(锅炉汽包)、测量单元、调节单元和执行机构。每个方框都分别标出各自的输入、输出变量。如被控对象环节,