

内蒙古自治区地方标准

DB 15/T 654—2013

公路波纹钢管（板）桥涵 设计与施工规范

Specification for Design and Construction of
Corrugated Steel Pipe and Plate for Highway Bridges and Culverts

2013-11-20 发布

2014-01-20 实施

内蒙古自治区质量技术监督局 发布

轮机自动化

◎ 孙 超 主编



 **北京理工大学出版社**
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内 容 简 介

本教材基于工作过程的理念,按照最新的任务化教学方案编制,凭借大量教育实践积累和多年船舶修造中的生产经验,以轮机设备自动化和船舶设备调试的实际工作任务为载体安排了八个实训化任务。

本教材科学地阐明了差压变送器的使用、调节器的参数整定、冷却水温度的自动控制、燃油黏度的自动控制、辅锅炉的自动控制、自清洗滤器的自动控制、主机遥控、机舱集中监视与报警等方面直接需要的理论、工艺技术要点和质量标准,操作性极强,使学生能更快、更顺利地适应轮机工程技术生产岗位。本教材是针对轮机工程技术(船舶动力方向)专业编写的,同时,本教材还适用于从事轮机修造从业人员自学。

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

轮机自动化/孙超主编. —北京:北京理工大学出版社, 2014. 9

ISBN 978 - 7 - 5640 - 9125 - 5

I. ①轮… II. ①孙… III. ①轮机 - 自动化 IV. ①U664. 1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 075699 号

出版发行 / 北京理工大学出版社有限责任公司

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010) 68914775 (总编室)
82562903 (教材售后服务热线)
68948351 (其他图书服务热线)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 三河市天利华印刷装订有限公司

开 本 / 787 毫米 × 1092 毫米 1/16

印 张 / 12. 25

字 数 / 285 千字

版 次 / 2014 年 9 月第 1 版 2014 年 9 月第 1 次印刷

定 价 / 45. 00 元

责任编辑 / 陈莉华

文案编辑 / 张慧峰

责任校对 / 周瑞红

责任印制 / 马振武

图书出现印装质量问题,请拨打售后服务热线,本社负责调换

前 言

本教材以就业为导向，以能力为本位，面向市场，面向社会，体现了高等应用教育的特色，可满足高素质技能型轮机工程专业高等技术人才培养的需要。本教材在编写过程中，形成了如下特色：

1. 教学内容按技术领域任务化，取材于工作实际，有企业专家和来自企业的教学专家共同参与，体现校企合作、工学结合。
2. 知识结构按工作过程系统化，教学过程体现以学生行动为主体的指导思想。
3. 明确教学方法，以培养学生能力为目标。
4. 理论性知识总量适度够用且反映新技术、新工艺。
5. 任务引领设计具体，可操作性强，能方便地按岗位工作实际设计教学情境。

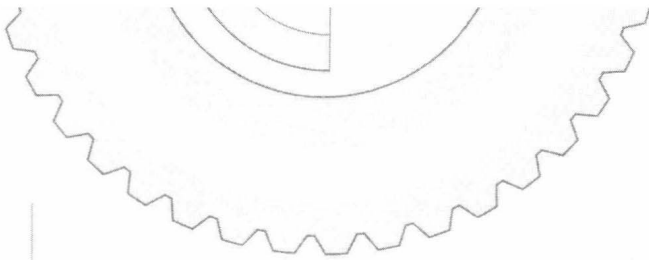
本教材是针对船舶动力装置技术专业编写的，同时，本教材还适用于从事轮机修造从业人员自学。

《轮机自动化》教材按照基于工作过程的理念，以“工学结合”为目标，以船舶修造过程中轮机设备自动化和调试的实际工作任务为载体，系统介绍了各种通用船舶机械及系统的自动化控制原理和典型结构，特别着重介绍了船舶设备调试过程中的基本步骤和操作要点。本教材共分八个任务，内容包括：差压变送器的使用、调节器的参数整定、冷却水温度的自动控制、燃油黏度的自动控制、辅锅炉的自动控制、自清洗滤器的自动控制、主机遥控、机舱集中监视与报警。

孙超编写任务一、任务二、任务三、任务四的内容并进行全书统稿；刘孝刚参与编写任务五、任务六的内容；许宝森参与编写任务七的内容；刘欢参与编写任务八的内容；孟宪东参与编写任务实施实训内容；渤海船舶重工集团有限责任公司的高级工程师毕坚裔主审了本书的全部内容。

由于编者水平有限，教材中难免出现疏漏及不足之处，敬请读者批评指正。

编 者

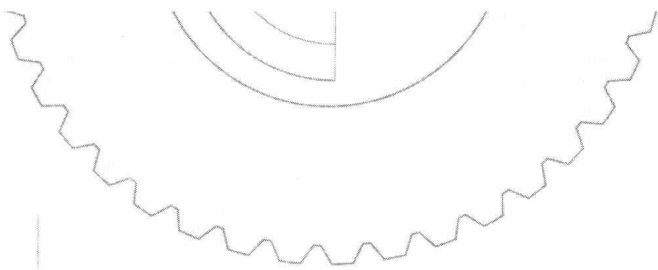


《《《 目 录

任务一 差压变送器的使用	1
【任务描述】	1
【背景知识】	1
一、反馈控制系统	1
二、气动差压变送器的结构和工作原理	6
三、气动差压变送器的调试	7
四、气动压力定值器	7
五、电动差压变送器的结构和工作原理	8
【任务实施】	9
一、气动差压变送器调整	9
二、电动差压变送器调整	11
【拓展知识】	13
一、气动仪表基本元件	13
二、气动差压变送器迁移举例	17
三、差压变送器使用时的保护	18
四、常见的故障分析及排除	18
任务二 调节器的参数整定	19
【任务描述】	19
【背景知识】	19
一、常见的调节规律	19
二、调节器参数的整定	25
【任务实施】	26
XMTA (H) - 7000 智能数显调节仪的参数整定	26
【拓展知识】	29
一、四种参数整定方法	29
二、检测仪表的基本技术性能指标	31
三、常见气动调节器实例	33
四、常见气动显示仪表	39

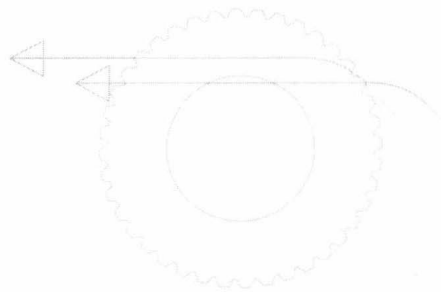
目 录 >>>

任务三 冷却水温度的自动控制	41
【项目描述】	41
【背景知识】	41
一、概论	41
二、OMRON 型电动温度控制系统	42
三、热电阻式温度传感器	43
四、主机缸套淡水预加热器	43
【任务实施】	45
船舶柴油机缸套冷却水温度自动控制模拟实训	45
【拓展知识】	47
一、直接式冷却水温度控制系统	47
二、间接式气动冷却水温度控制系统	49
任务四 燃油黏度的自动控制	53
【任务描述】	53
【背景知识】	53
燃油黏度控制系统的组成及功能	54
【任务实施】	60
燃油黏度自动控制模拟实训	60
【拓展知识】	62
一、NAKAKITA 型燃油黏度自动控制系统	62
二、VAF 燃油黏度自动控制系统简介	66
三、阀门定位器	69
任务五 辅锅炉的自动控制	70
【任务描述】	70
【背景知识】	70
一、船用辅锅炉自动控制	70
二、辅锅炉燃烧时序控制	73
【任务实施】	77



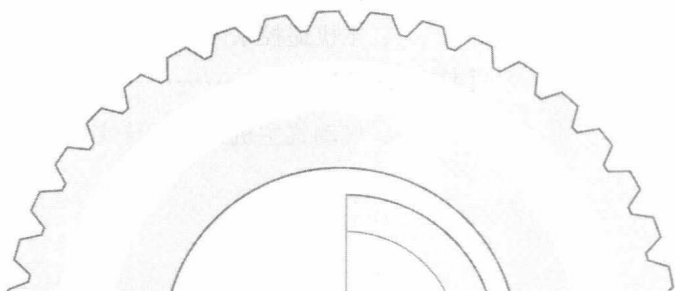
《《《 目 录

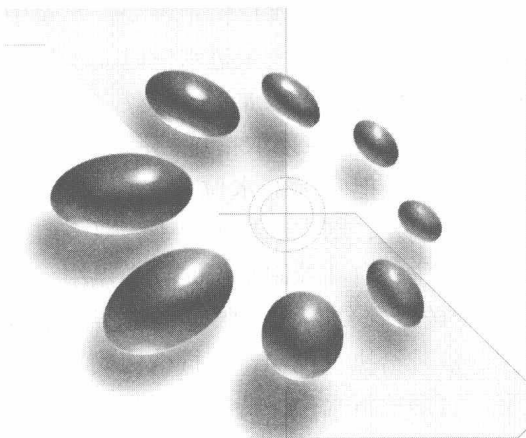
辅锅炉燃烧自动控制系统操作	77
【拓展知识】	82
一、锅炉汽压双位一比例调节	82
二、浮子式锅炉水位控制系统	83
三、无触点时序控制器	84
四、PLC 在船用辅锅炉燃烧控制系统中的应用	84
五、压力开关	89
任务六 自清洗滤器的自动控制	91
【任务描述】	91
【背景知识】	91
【任务实施】	94
自清洗滤器的自动控制实训	94
【拓展知识】	98
一、FOPX 型分油机的工作原理	98
二、FOPX 分油机基本控制过程	102
三、水分传感器信号处理电路的基本工作原理	103
四、FOPX 分油机状态监视和参数测试	105
任务七 主机遥控	108
【任务描述】	108
【背景知识】	108
一、主机遥控系统简介	108
二、主机遥控系统常用的气动阀件认识	110
三、MAN - B&W - S - MC/MCE 型气动主机遥控系统	117
【任务实施】	123
一、主机备车与启动	123
二、主推进装置的运行管理	125
三、主机遥控系统的运行及管理	126
【拓展知识】	128
一、气动式主机遥控系统实例	128



目 录 >>>>

二、电动式主机遥控系统实例	139
三、电 - 气结合主机遥控系统	143
任务八 机舱集中监视与报警	149
【任务描述】	149
【背景知识】	149
一、监视与报警系统的组成	150
二、监视与报警系统的功能	150
【任务实施】	153
认识 K - Chief500 监视与报警系统	153
【拓展知识】	171
一、监视与报警系统的种类	171
二、报警控制单元的组成原理及功能	172
三、认识机舱中常用的传感器	177
参考文献	186





任务一 差压变送器的使用



【任务描述】

变送器是单元组合式仪表中的测量仪表，它在自动控制系统中的作用是将各种被测参数（如温度、压力、黏度、液位、流量等）转换成标准的信号，然后将这些信号送至调节器和显示仪表。根据被测参数的不同，变送器可分为温度变送器、压力变送器、差压变送器等。虽然变送器的类型、品种很多，但在结构上不管哪种变送器都是由测量和气动转换两部分组成。不同被测参数的变送器，有着共同的气动转换部分，不同的只是测量部分。本任务要达到的任务目标如下：

一、知识目标

1. 掌握反馈控制系统基本知识。
2. 掌握气动差压变送器的结构、工作原理。
3. 掌握差压变送器调零和调量程的方法及在调零与调量程时的注意事项。
4. 掌握气动定值器的结构和工作原理。
5. 掌握电动差压变送器的结构、工作原理。

二、能力目标

1. 具有进行变送器调零、调量程和迁移的能力。
2. 具有电动差压变送器调整的能力。



【背景知识】

一、反馈控制系统

1. 反馈控制系统的组成

自动控制系统种类繁多，但其基本组成是相同的。下面我们以水位控制系统为例，说明

自动控制系统的组成并阐述一些基本概念。

(1) 如图 1-1 所示是一个水箱水位控制的示意图。水经进水阀进入水箱，经出水阀流出水箱，供用户使用。用户希望水源压力不变，因此就要求水箱中的水位恒定不变。水箱中的水位受进水和出水量的影响，当二者相等时，水位不变，当出水量大于进水量时，水位下降；反之，水位上升。在使用过程中，用户的用水量（即水箱的出水量）是经常变化的，因而水位也是经常变化的。所以当水位偏离要求的高度时，就应该采取措施控制水位的变化。人工（手动）控制水位时，操作者用眼睛观察水位表，把实际的水位值报告给大脑，大脑将实际水位与脑中的要求水位作比较，如果二者出现偏差，则大脑指挥双手，双手改变进水阀的开度，改变进水量，使水位逐渐恢复到要求的水位；自动控制水位时，必须用一些自动化仪表来代替人的器官。比如用测量仪表（液位变送器）代替人的眼睛，将实际水位传给调节器，调节器对水位进行分析、比较并输出控制信号给执行机构，执行机构代替人的双手，去改变进水阀的开度，改变流入水箱的进水量，自动地将水位保持在要求的水位。

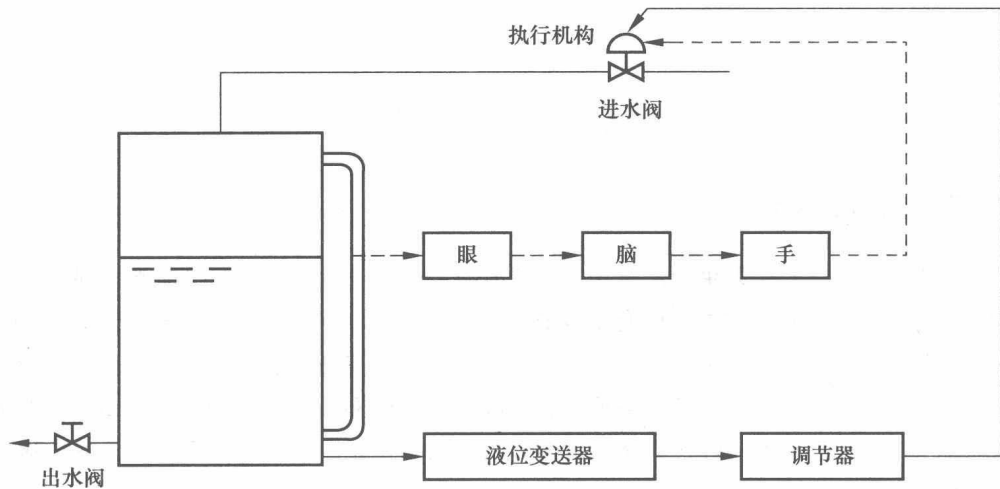


图 1-1 水箱水位控制示意图

(2) 组成反馈控制系统的基本单元。

① 控制对象。被控制的机器设备或装置称为控制对象。所要控制的运行参数叫被控量或被调参数。上例中，水箱就是被控对象，水箱中的水位即为被控量。

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 ~ 0.10 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 ~ 20 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。

③ 调节单元。调节单元是指具有各种调节作用的调节器。通常把运行参数所希望控制的最好值叫给定值，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(正偏差还是负偏差)和方向, 依据某种调节控制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, 根据控制对象的不同特性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对负荷的要求, 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动机或三相交流伺服电动机。

以上四个单元在组成反馈控制系统时是缺一不可的。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框图

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, 如图 1-2 所示。它适用于各种运行参数的自动控制系统, 具有普遍性。

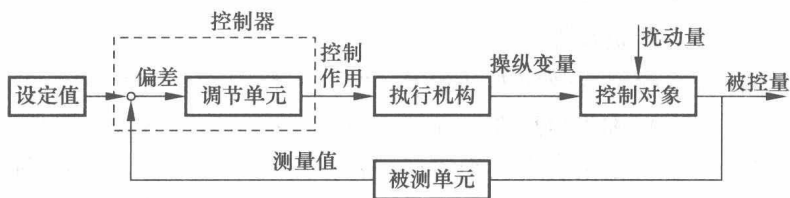


图 1-2 反馈控制系统传递方框图

(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), 方框内填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。

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。

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。

系统中的每一个环节都用一个方框来表示, 其中被控对象(水箱)用来测量给水流量变化引起的水箱水位变化, 给水流量(操纵变量)作为输入信号作用于被控对象, 水箱水位(被控量)则作为被控对象的输出信号, 而引起被控量(水箱水位)偏离设定值的因素包括用水量和给水管压力的变化等扰动量, 它们也作为输入信号作用于被控对象。

(2) 传递方框图要建立以下几个概念。

① 环节。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。每个环节必定有输入量和输出量，并用带箭头的信号线表示。环节输出量的变化取决于输入量的变化和环节特性，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。

② 扰动。要把控制对象看作一个环节，它的输出量就是被控量。引起被控量变化的一切因素统称为扰动或扰动量。扰动量分两类，一类是外界用水量的变化，这是管理人员无法控制的，称为外部扰动；另一类是改变给水阀的开度，即改变给定值，这种扰动管理人员是可以控制的，称为基本扰动。

③ 闭环系统。在控制系统传递方框图中，前一环节的输出就是后一环节的输入，这样，控制系统就形成一个闭合回路，称为闭环系统，反馈控制系统必定是闭环系统。如果在某处把回路断开，系统就由闭环系统变为开环系统，开环系统不再是反馈控制系统，也就不能对被控量进行自动控制。

④ 反馈。在传递方框图中，符号“○”是比较环节（它不是一个独立的单元，而是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 γ 与被控量的测量值 Z 相比较得到偏差值 e 。 e 是调节器的输入量，调节器的输出量经执行机构推动调节阀，目的是控制被控量。而被控量的变化又经测量单元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，也就是改变流入控制对象的物质或能量流量，直到测量值回到给定值偏差 $e=0$ 为止，这时调节器的输出不再变化，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。

在反馈中，有正反馈和负反馈之分。

经反馈能加强闭环系统输入效应的（偏差 e 增大）称为正反馈。经反馈能减弱闭环系统输入效应的（偏差 e 减小）称为负反馈。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。但是，在自动化仪表中，为实现某种作用规律和功能，常采用较复杂的正、负反馈回路。

3. 过程控制系统的主要类型

按系统功能分类：有温度控制系统、压力控制系统、位置控制系统、流量控制系统等；

按系统性能分类：有线性系统和非线性系统、连续系统和离散系统、定常系统和时变系统；

按被控变量的数量分类：有单变量控制系统和多变量控制系统；

按采用的控制装置分类：有常规仪表控制系统和计算机控制系统；

按控制系统基本结构形式分类：有闭环控制系统和开环控制系统。

(1) 闭环控制系统。

闭环控制系统是指控制器与被控对象之间既有顺向控制又有反向控制的控制系统。

优点：不管任何扰动引起被控变量偏离设定值，都会产生控制作用去克服被控变量与设定值的偏差。因此闭环控制系统有较高的控制精度和较好的适应能力，其应用范围非常广泛。

缺点：闭环控制系统的控制作用只有在偏差出现后才产生，当系统的惯性滞后和纯滞后较大时，控制作用对扰动的克服不及时，从而使其控制质量大大降低。

在闭环控制系统中, 根据设定值的不同形式, 又可分为定值控制系统、程序控制系统、随动控制系统。

① 定值控制系统。系统的给定值是某一确定值, 希望系统的被控量也保持定值。船舶主辅机热工参数的自动控制系统大多属于这一类系统。

特点: 设定值是固定不变。

作用: 保证在扰动作用下被控变量始终保持在设定值上。

② 程序控制系统。系统的给定值按某一预先确定的规律变化。例如在船舶主机自动遥控系统的调速系统中, 柴油机增减负荷的控制过程是按预先规定的变化规律来改变转速的给定值, 以防止柴油机气缸中出现不应有的热应力变化, 这便是程序控制系统。

特点: 设定值是一个按一定程序变化的函数 (可以是时间, 也可以是数值)。

作用: 保证在各种条件下系统的输出 (被控变量) 以一定的精度跟随设定值的变化而变化。

③ 随动控制系统。系统的给定值预先不能确定, 它取决于系统外的某一进程。如随动操舵系统, 其舵角给定值完全取决于当时的航行情况, 其他如参数的自动测量和自动记录系统也属于随动控制系统。

特点: 设定值是一个未知的变化量。

作用: 保证在各种条件下系统的输出 (被控变量) 以一定的精度跟随设定值的变化而变化。

(2) 开环控制系统。

开环控制系统是指控制器与被控对象之间只有顺向控制而没有反向联系的控制系统。操纵变量可以通过控制对象去影响被控变量, 但被控变量不会通过控制装置去影响操纵变量。

从信号传递关系上看, 该类系统未构成闭合回路。如图 1-3 所示为一水箱水位开环控制系统, 其方框图如图 1-4 所示。

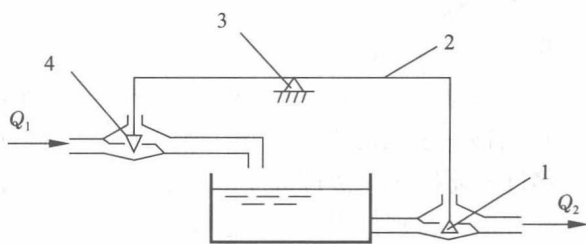


图 1-3 水箱水位开环控制系统

1 - 出水阀芯; 2 - 杠杆; 3 - 支点; 4 - 调节阀芯

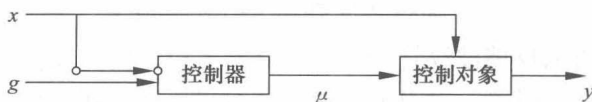


图 1-4 开环系统方框图

优点: 动作及时, 当扰动还没有使被控量发生变化时, 就已使控制器产生控制作用。

缺点: 没有反馈, 因而控制精度低, 只应用在控制精度要求不高的场合。

二、气动差压变送器的结构和工作原理

差压变送器是测量差压的仪表。具体应用时，除了可以直接测量差压外，它还可以间接测量液位、流量、黏度等参数。气动差压变送器的结构形式很多，本任务介绍其中的单杠杆差压变送器，其结构如图 1-5 所示。

差压变送器由测量和气动转换两部分组成。测量部分由正压室、负压室、测量膜盒、主杠杆、密封簧片等组成。它的作用是把被测的差压信号变成挡板的微小位移。气动转换部分由主杠杆、喷嘴挡板机构、功率放大器、反馈波纹管、调零和迁移弹簧等组成。它的作用是把测量部分输出的挡板微小位移转换成 $0.02 \sim 0.10 \text{ MPa}$ 的气压信号作为差压变送器的输出。测量膜盒是把金属膜片焊接在硬芯和基座上，制造时膜盒内先抽成真空，然后充注硅油。硅油是一种低凝固点和膨胀系数较小的有机硅化合物，它在膜盒内作为传递压力的介质使膜片的运动受到阻尼，防止膜片及变送器振荡。单向过载保护圈和硅油可防止膜盒在单向受力时被压坏。在正常工作时，膜盒左右腔内的硅油是彼此相通的，一旦操作错误，就会造成膜盒单方向受力过大，这时由于硅油的阻尼作用，膜片缓慢位移，当硬芯与单向过载保护密封圈接触时，硅油的通路被阻塞不能左右流动，又因硅油是不可压缩的液体，所以膜片不再有位移，过大的单向作用力则由膜片经硅油全部被膜盒基座所承受，这样就防止了膜片位移过大而损坏。密封簧片是测量室的密封装置，同时又是主杠杆转动的弹性支点，所以要求既有良好的密封性和耐腐蚀性，又要有良好的弹性和机械强度。

差压变送器是按力矩平衡原理工作的。当测量膜盒两侧的压力差 ($\Delta p = p_1 - p_2$) 增大时，在膜盒上产生一个轴向推力，膜片受力向左移动，因膜片和主杠杆是连接的，所以主杠杆就受到一个以密封簧片为支点的顺时针方向的测量力矩。主杠杆绕支点顺时针转动，使挡板有一个微小的靠近喷嘴的位移，喷嘴背压升高，经功率放大器放大后作为差压变送器的输出 $p_{\text{出}}$ 。与此同时， $p_{\text{出}}$ 进入反馈波纹管产生一个反馈力矩，使比较杠杆受到一个以密封簧片为支点的逆时针方向的反馈力矩。当作用在杠杆上的两个力矩平衡时，主杠杆不再转动，稳定在一个新的位置上，喷嘴挡板间的开度不再变化，此时差压变送器的输出压力就稳定在比原来大的值上，变送器又处于新的平衡状态。当压差值减小时，同样会使输出压力相应的减小。总之，差压变送器的输出压力与其输入压差之间具有一一对应的关系。

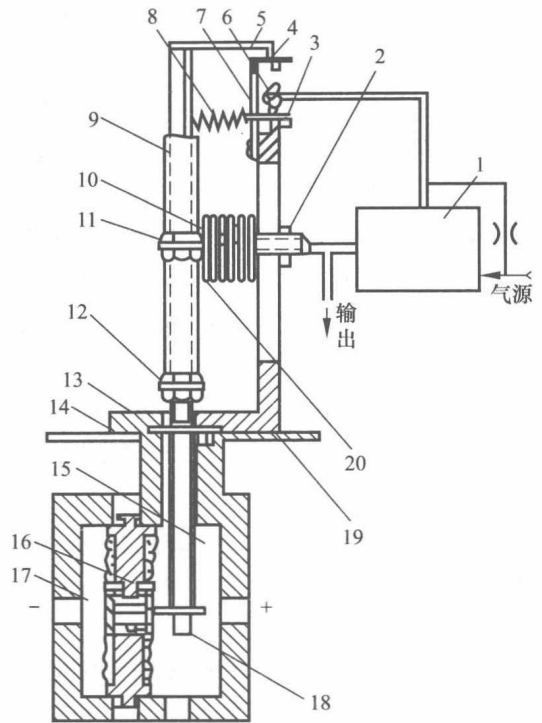


图 1-5 单杠杆差压变送器结构原理图

- 1 - 功率放大器；2 - 锁紧螺钉；3 - 迁移螺钉；
 4 - 顶针；5 - 顶针架；6 - 喷嘴；7 - 挡板；8 - 迁移弹簧；9 - 主杠杆；10 - 反馈波纹管；11 - 锁紧螺母；
 12 - 静压误差调节螺母；13 - 密封簧片；14 - 支架；
 15 - 正压室；16 - 测量膜盒；17 - 负压室；
 18 - 锁紧螺母；19 - 底板；20 - 量程调节支点

三、气动差压变送器的调试

1. 调零和调量程

在差压变送器初次投入工作前,必须先根据测量信号 Δp 的最大变化范围调好零点和量程。所谓调零点,就是当测量信号 $\Delta p=0$ 时,使差压变送器的输出 $p_{\text{出}}=0.02\text{ MPa}$ 。若输出不等于 0.02 MPa ,可调整调零弹簧的拉力,改变挡板与喷嘴之间的初始开度,使 $p_{\text{出}}=0.02\text{ MPa}$ 。所谓调量程,就是当测量信号到达最大值时,使输出 $p_{\text{出}}=0.10\text{ MPa}$ 。若输出不等于 0.10 MPa ,可改变量程支点的位置(即反馈波纹管的上下位置)或反馈波纹管的有效面积,使 $p_{\text{出}}=0.10\text{ MPa}$ 。

下面以测量信号 Δp 最大变化范围是 $0\sim 1\ 000\text{ mm}$ 的水柱输入为例说明调零和调量程的过程。首先调零,先把量程支点固定在某一位置,把 0.14 MPa 的气源送入变送器,然后让变送器的正压室和负压室均通大气, $\Delta p=0$,观察变送器的输出压力表是否指示在 0.02 MPa 上。若零点不对,可旋转相应的螺钉改变调零弹簧的拉力,直到输出压力 $p_{\text{出}}=0.02\text{ MPa}$ 为止。零点调好后,接下来调量程。逐渐增大正压室的压力,也即增大 Δp ,直到 $p_{\text{出}}=0.10\text{ MPa}$ 为止,观察正压室压力是否为 $1\ 000\text{ mm}$ 水柱。若不是,例如低于 $1\ 000\text{ mm}$ 水柱,则说明量程小了,这时可松开量程调节支点(反馈波纹管)的锁紧螺母,将反馈波纹管上移后,再把螺母锁紧。因为支点上移后反馈力矩增大了,必须增大输入 Δp 才能使杠杆平衡,亦即增加了量程。但反馈波纹管移动后,零点也随着变化了,所以需要重新调零。重新调零后,再检查量程是否符合要求,若仍不符合,可再次改变量程支点。重复上述操作,直到调好为止。一般需要进行 $2\sim 3$ 次,每次移动量程支点后都要把螺母锁紧,并重新调整零点。

2. 迁移原理

所谓迁移,就是根据实际需要,将变送器量程的起点从零迁移到某一数值。迁移后量程起点和终点均改变了,但量程保持不变。迁移可分为正迁移和负迁移两种形式,正迁移是将量程的起点从零迁移到某个正值,负迁移是将量程的起点由零迁移到某个负值。迁移举例见拓展知识。

四、气动压力定值器

差压变送器实训管路连接中的给定压力是由给定定值器输出的标准气压信号。气动压力定值器的原理如图1-6所示。气源进入后分两路,一路由气源气室A经球阀到输出,另一路经恒气阻到D室,再经喷嘴到E室,后者与输出接通。当旋转手柄旋钮1时,压紧定值弹簧3,使平膜片5连同作为挡板用的球阀4下降而盖住喷嘴6。背压气室D的背压增高,作用在可动硬芯7及其周围的膜片上,使可动硬芯向下移动,打开球阀9,使A室的气流入B室,从而使输出压力增大。定值器是按力平衡原理工作的。输出增大的同时,负反馈气室E的压力也增大,又使E室上的平膜片和挡板球阀向上移动到平衡,增大了弹簧力,最后在新的位置上平衡。此时喷嘴挡板间隙保持一定,背压不再变化。输出压力总与定值弹簧力平衡,因此可用旋钮改变给定压力。可以看出定值器的工作原理与我们前面介绍的减压阀类似,只是定值器中尚有喷嘴挡板放大器,因此定值精度比减压阀高。定值器的气源压力为 0.14 MPa ,输出压力为 $0.02\sim 0.10\text{ MPa}$ 。

五、电动差压变送器的结构和工作原理

电动差压变送器是电动单元组合仪表的测量单元，它的作用是检测各种参数并将被测参数转换成与之成比例的统一标准的电流信号（分为 $0 \sim 10 \text{ mA}$ 和 $4 \sim 20 \text{ mA}$ 两种）。

如图 1-7 所示是典型电动差压变送器的示意图，它是按力矩平衡原理进行工作的。它的机械部分与气动差压变送器基本相同。当被测差压 $\Delta p = p_1 - p_2$ 增大时，测量膜片（或膜盒）1 左移，主杠杆 2 绕轴封膜片支点 O_1 顺时针偏转，通过连接簧片 6 使副杠杆 7 绕支点 O_2 逆时针旋转，位移检测铝片 4 靠近位移检测线圈 5，使得线圈的电感量增大。其变化的感应电流经放大器 11 放大为 $4 \sim 20 \text{ mA}$ 的直流电流 I_0 ，此 I_0 一方面输出到负载 R_L ，另一方面又流经处于永久磁铁 8 内的反馈线圈 9，使得反馈线圈受到的电磁力（即反馈力）增大，阻碍副杠杆继续偏转。当反馈力输入差压与所产生的输入力矩相等时，副杠杆与位移检测铝片停止运动，输出电流 I_0 稳定。此变送器的输出电流 I_0 与输入差压 Δp 成正比。

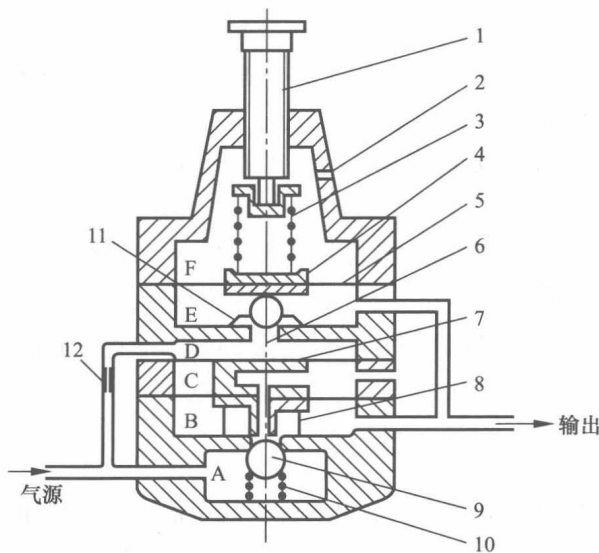


图 1-6 气动压力定值器

1-手柄；2-通气孔；3-定值弹簧；4-挡板（球阀）；5-平膜片；6-喷嘴；7-可动硬芯；8, 10-弹簧；9-球阀；11-三脚弹簧片；12-恒气阻

A-气源气室；B-输出气室；C, F-通大气；

D-背压气室；E-负反馈气室

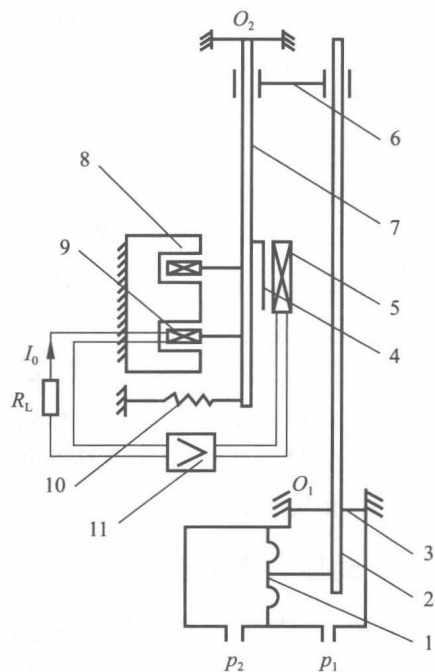


图 1-7 电动差压变送器示意图

1-测量膜片；2-主杠杆；3-轴封膜片；4-位移检测铝片；5-位移检测线圈；6-主副杠杆连接簧片；7-副杠杆；8-永久磁铁；9-反馈线圈；10-调零弹簧；11-放大器

为了平衡变送器在安装时其他元件所造成的附加力矩，利用调零弹簧 10 进行零点的调试。方法是：当 $\Delta p = 0$ 时，调节放大器 11 使得 $I_0 = 4 \text{ mA}$ 。

移动连接簧片 6，即改变反馈力矩的大小，可以调整变送器的量程。上移连接簧片 6，则量程扩大；反之，量程减小。方法是：施加相当于满量程的差压信号，上下移动连接簧片 6，使 $I_0 = 20 \text{ mA}$ 。调零和调量程应反复进行，直到二者都符合要求为止。



【任务实施】

一、气动差压变送器调整

变送器是反馈控制系统的测量单元，随工作时间的增长，其性能会有所下降。因此，在实际管理中，要经常进行调整以保证控制系统的正确运行。通过本实训，学生能掌握变送器的调零、调量程及进行迁移的基本操作。这对学生将来管好用好反馈控制系统并使之始终处于良好工作状态都具有十分重要的意义。

(一) 实训目的

(1) 本实训要求正确接通差压变送器的气源及输入和输出信号，熟练掌握对差压变送器进行调零、调量程及进行正、负迁移的操作技术。

(2) 进一步掌握单杠杆差压变送器的结构和工作原理，绘出变送器输出随输入而变化的曲线，分析其线性度。

(二) 实训准备

1. 设备和工具准备

本实训在气动实训台上进行，所需的主要设备和工具有：

- (1) QBC-41B 型气动单杠杆差压变送器一台。
- (2) 快速连接气管若干，螺丝刀一个。

2. 实训前的准备工作

(1) 按如图 1-8 所示线路接通气动差压变送器气源，并调整减压阀使气源压力稳定在 0.14 MPa 上（观察气源压力表）。

(2) 变送器输出端接标准压力表，输入端的正、负压室（测量信号）由气源经定值器接入，并分别接标准压力表，以反映正、负压室的气压信号。

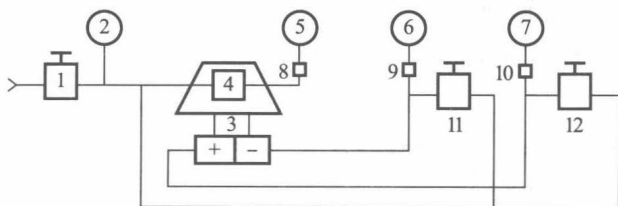


图 1-8 气动差压变送器气路连接图

1 - 减压阀；2 - 气源压力表；3 - 差压变送器；4 - 气动功率放大器；5 - 输出压力表；6 - 正压室压力表；7 - 负压室压力表；8, 9, 10 - 气动接头；11, 12 - 压力定值器