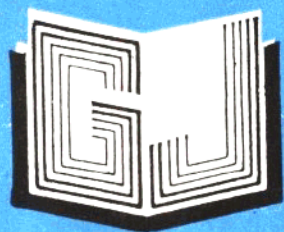


984524



高等学校教材
专科适用

热工保护与顺序控制

上海电力学院 王志祥 主编



高等学校教材

||||| 专 科 适 用 |||||

热工保护与顺序控制

上海电力学院 王志祥 主编

水利电力出版社

内 容 提 要

本书是电力高等学校电厂热工过程自动化专业的专业课教材。全书共分七章，分别为：开关量控制系统的基础知识；锅炉机组的热工保护；汽轮机组的热工保护；单元机组的热工保护；火电机组的顺序控制；自动报警系统；热工控制设计基础。

本书在题材的选择上注重了先进性、实用性和普遍性。本书的素材大多取自引进机组的生产实际。为此，本书不仅可作为有关专业的教材，同时也可供热控工程技术人员学习参考。

高 等 学 校 教 材

(专科适用)

热工保护与顺序控制

上海电力学院 王志祥 主编

水利电力出版社出版

(北京三里河路6号)

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

北京市地矿局印刷厂印刷

787×1092毫米 16开本 15印张 340千字

1995年11月第一版 1995年11月北京第一次印刷

印数 0001—3270册

ISBN 7-120-02419-1/TK·361

定价 11.70元

前 言

本书是根据“能源部高等专科热能动力类专业教学组研究会”上讨论通过的《热工保护与顺序控制》教材编写提纲编写的，作为高等专科学校电厂热工过程自动化专业“热工保护和顺序控制”的必修教材，同时也可供有关人员参考。

大机组热工自动化包括控制、报警、监测和保护等内容，简称 CAMP。热工保护和顺序控制是其中的重要组成部分。本书详细阐述了大型火电机组的热工保护和顺序控制系统的结构、原理及现场应用情况，分析了自动报警系统的工作原理及特点，对电厂热工控制设计也作了简要介绍。

本书在题材的选择上注重了先进性、实用性和普遍性。本书阐述了开关量控制系统的基础理论，重点讨论了火电机组普遍应用的热工保护系统和顺序控制系统。本书从实际工程需要出发，力求理论与实际相联系，内容涉及面较广，使学生能从总体概念、基本工作原理、安装和调试等方面较全面地掌握本课程的基本知识。

本书第六章和第七章由黄伟编写，其它章节均由王志祥编写，并进行了全书统稿。华东电力设计院胡惠源高级工程师主审了全书，提出了许多宝贵意见和建议，谢冰贞同志做了大量具体工作，在此表示衷心的感谢。

由于编者水平有限，加上编写时间短促，书中难免存在缺点和错误之处，敬请使用本书的师生和读者批评指正。

编 者

1994 年 6 月

目 录

前 言	
绪 论	1
第一章 开关量控制系统的基础知识	5
第一节 热工开关量变送器	5
第二节 常用控制电器	12
第三节 气动和液动执行机构	21
第四节 电动门控制回路	22
第五节 电动机控制回路	25
第二章 锅炉机组的热工保护	28
第一节 锅炉汽压保护	28
第二节 锅炉水位保护	32
第三节 直流锅炉断水保护	35
第四节 再热器保护	35
第五节 炉膛安全监控系统	37
第六节 燃烧器管理系统简介	61
第三章 汽轮机组的热工保护	70
第一节 电涡流传感器	71
第二节 轴向位移监视	81
第三节 缸胀和差胀的监视	87
第四节 机组转速监视	90
第五节 振动监视	95
第六节 矢量监视器	101
第七节 偏心度监视	104
第八节 汽轮机监测仪表系统	107
第九节 动态数据管理与故障自诊断	116
第十节 汽轮机防进水保护	121
第十一节 辅助系统监视与保护	126
第十二节 汽轮机紧急跳闸保护系统	127
第十三节 汽轮机数字电液控制系统简介	129
第四章 单元机组的热工保护	133
第一节 炉、机、电大联锁保护	133
第二节 单元机组的旁路控制系统	136
第三节 单元机组分散控制系统简述	143
第五章 火电机组的顺序控制	150

第一节	概述	150
第二节	可编程序控制器	153
第三节	输煤系统顺序控制	170
第四节	吹灰系统顺序控制	176
第五节	化学水处理系统顺序控制	179
第六节	采用分散控制系统实现辅机顺序控制	185
第六章	自动报警系统	193
第一节	概述	193
第二节	自动报警装置	194
第三节	事故记录仪	203
第七章	热工控制设计基础	211
第一节	概述	211
第二节	热工保护系统设计	216
第三节	顺序控制系统设计	221
第四节	控制盘、台和控制室设计简介	229
参考文献		234

绪 论

随着电力事业的飞速发展,火电厂机组容量不断扩大,参数不断提高,如何保护单元机组的安全、经济运行,减少事故,提高设备的可靠性和运行的经济性,是十分重要的问题。大量事实证明,采用先进的热工自动化技术是提高机组安全、经济运行水平的行之有效的措施。自动控制装置在机组启动时,根据启动要求进行控制,启动后按较高的热效率、较低的煤耗和厂用电进行运行。当运行出现异常时,自动控制装置能迅速按照预先规定的顺序进行处理,以尽快恢复正常运行,当故障发展到可能危及设备和人身安全时,采取停炉、停机等保护措施,避免事故进一步扩大。

大型火电机组热工自动化技术,包括以下四个方面:控制(Control)、报警(Alarm)、监测(Monitor)和保护(Protection),简称CAMP。这四个方面的既相互独立,又相互联系。例如,运行参数由监测装置进行自动监视,当参数异常时自动发出报警信号,同时调节装置进行自动调节,而当设备异常或运行参数达到危险值时,保护装置动作,以保证设备及人身安全。

一、控制水平和控制模式

1. 控制水平

机组的控制从早期的手动控制发展到目前的自动控制,从就地控制发展到现在的炉、机、电集中控制。过去,运行人员通过手动操作执行机构和人工记录报表,如今,现代化大型机组普遍采用计算机控制、大屏幕显示和高分辨率的CRT监视操作,从而将复杂的机组运行参数集中处理,并以图表、文字形式实时显示,供运行人员操作指导。由此可见,大机组自动控制不仅可减轻运行人员的劳动强度,而且可减少运行人员,节省劳动力。

我国热工自动控制水平应按照中档适用水平以及满足保证机组安全和基本满足经济运行的要求进行设计,并积极慎重地、有步骤地推广国内外先进技术,以推动我国电厂自动控制水平的提高。

2. 控制模式

我国80年代初从国外引进的热工自动控制,如石横电厂300MW及平圩电厂600MW机组的自动控制装置按美国Ebasco标准设计,采用计算机监视系统与模拟量控制系统的模式。它由电厂计算机(MARC)采集数据,监视生产过程和各大自控装置的信息,主要用作监视和性能计算;由SPEC-200组件仪表作为锅炉模拟量控制,并与其它控制系统配合,完成机组启停和正常运行的自动控制。这种控制模式称为计算机监视管理加模拟量控制模式。

80年代中、后期我国从国外引进的大机组自动控制系统大多为分散控制系统,它能较好地适应火电机组锅炉、汽轮机和发电机以及相应辅机的安装位置分散、功能分开的特点,同时又能满足在集控室集中显示和管理的要求,因而称为分散控制系统(Distributed Con-

trol System), 简称 DCS。我国近年安装的大型机组都采用了分散控制系统模式。

二、控制系统的功能

自动控制系统的功能: 在锅炉点火、汽轮机冲转直至机组正常运行及事故处理的全过程中进行数据采集、参数自动调节、局部系统或辅机的顺序控制、联锁及保护等。

一个完整的自动控制系统应包括以下几个子系统: 计算机监视系统 (Computer Monitoring System, 简称 CMS; 过去习惯称为数据采集系统, 简称 DAS); 模拟量控制系统 (Modulation Control System, 简写 MCS; 过去习惯称为机组协调控制系统, 简称 MCS); 锅炉炉膛安全监控系统 (Furnace Safeguard Supervisory System, 简称 FSSS, 亦有称为燃烧器管理系统, 简称 BMS); 汽轮机控制系统 (Turbine Control System, 简称 TCS, 过去习惯称为汽轮机数字电液调节系统, 简称 DEH); 汽轮机安全监视仪表 (Turbine Supervisory Instrument, 简称 TSI); 旁路控制系统 (By Pass Control System, 简称 BPC); 顺序控制系统 (Sequence Control System, 简称 SCS 或 SEQ); 报警系统 (Annunciator System, 简称 ANN) 和其它一些辅助控制系统。

计算机监视系统能对数百个、甚至上千个运行过程参数进行高速度实时采样, 具有屏幕显示、越限报警、制表打印、操作指导、经济性能分析、事故追忆、事件顺序记录、历史数据记忆和事故分析等功能。

模拟量控制系统的功能是协调锅炉与汽轮机在自动控制状态下的工作, 给锅炉自动调节系统和汽轮机调节系统发出指令, 以适应机组调频调峰的需要。控制系统可接受自动负荷分配指令信号、手动给定负荷指令信号和功率、频差信号, 自动调节锅炉燃料量、空气量、给水量、调整燃烧器倾角等, 使锅炉主蒸汽压力、主蒸汽温度、再热蒸汽温度、炉膛负压及汽包水位等被调量维持在规定值。

炉膛安全监控系统的功能是在锅炉运行的各个阶段, 包括起动和停炉过程的各个阶段提供一套安全联锁及顺序控制, 防止炉膛爆炸事故的发生。对燃烧设备、冷却风、密封风以及炉水循环泵等系统提供顺序控制和联锁保护, 当设备有危险时发出主燃料跳闸指令, 切断所有的燃料及有关设备, 并提供首次跳闸原因, 便于故障分析和事故处理。

汽轮机控制系统的功能是对汽轮机在各种运行工况下进行监视和控制。它作为汽轮机的唯一控制手段, 用来对汽轮机组进行启动, 对并网、带负荷过程中的转速和负荷控制, 并具有阀门管理、监视保护等功能, 当配有汽轮机监视仪表时, 还可监视汽轮机的机械参数。

旁路系统的主要功能是改善机组冷、热、温态的启动特性, 能自动满足机组滑参数启动的要求; 当电网故障时, 能快速 (2~3s 内) 开启旁路阀, 使锅炉保持最低负荷运行, 机组带厂用电或维持空转运行; 汽机跳闸时, 能快速开启旁路阀, 使锅炉维持最低负荷下稳定运行, 达到停机不停炉的目的, 从而使损失减到最小。

顺序控制主要用于主、辅机的自动启停操作和局部工艺系统的运行操作。顺序控制系统能按照预先规定好的顺序、时间或条件, 使生产工艺过程中的设备自动地依次进行一系列操作。顺序控制有时也称为程序控制或开关量控制, 主要用于开关量自动控制, 本书统称为顺序控制。

三、热工保护的作用

热工保护的主要作用是当机组在启停和运行过程中发生危及设备和人身安全的故障时，自动采取保护或联锁措施，防止事故产生和避免事故扩大，从而保证机组的正常启停和安全运行。热工保护是通过设备工作状态和机组运行参数的严密监视，发生异常时，及时发出报警信号，必要时自动启动或切除某些设备或系统，使机组维持原负荷运行或减负荷运行。当发生重大故障而危及机组设备时，停止机组（或某一部分）运行，避免事故进一步扩大。

联锁是一种处理事故的控制技术，属于保护范畴。联锁是将被控对象通过简单的逻辑关系联系起来，使这些被控对象相互牵连，形成联锁反应，从而实现自动保护的一种控制方式。例如：引风机因故障全部跳闸时，引起送风机、排粉机、给煤机、磨煤机等相继依次跳闸；汽轮机润滑油压低时，自动启动交流油泵，油压继续降低时，启动直流油泵停止交流油泵的运行等。前者有时称为闭锁控制，后者有时称为联动控制，统称为联锁控制，都是一种处理事故的控制方式。

热工保护包括锅炉机组的热工保护、汽轮机组的热工保护及炉、机、电大联锁保护三大方面。

1. 锅炉机组的热工保护

锅炉机组的热工保护主要包括锅炉汽压保护、水位保护、直流锅炉断水保护、再热器保护、炉膛安全监视、主燃料跳闸保护和机组快速甩负荷保护等。

2. 汽轮机组热工保护

汽轮机组的热工保护主要包括汽轮机轴向位移保护、缸胀和差胀保护、超速保护、振动保护、主轴弯曲保护、轴承温度高和油压低监视保护、凝汽器真空低监视保护、给水加热器保护和汽轮机进水保护等。

3. 炉、机、电大联锁保护

大型火电机组都采用单元机组运行方式，炉、机、电在生产中组成一个有机的整体，其中某些环节出现故障时，必然会不同程度地影响整个机组的正常运行。例如：当锅炉灭火、送风机或引风机全停、炉膛压力过高或过低时，必须紧急停炉。停炉后蒸汽停止供应，迫使汽轮机和发电机紧急跳闸。又如，当汽轮机超速、轴向位移过大、真空过低、润滑油压低等情况发生时，汽轮机必须紧急停机，同时联锁控制发电机跳闸。此时，必须使锅炉转入最低负荷运行，投入旁路系统或停炉。当电网故障或发电机故障时，机组也必须采取相应的保护措施，以保障有关设备不受损坏。

四、顺序控制的作用

随着机组容量增大，需要监视的测点不断增多，操作项目越来越多，一个大型火电机组需要监视几千个测点，操作项目多达数百个。如果由运行人员进行监视和操作，不仅增加体力和脑力劳动强度，而且引起心理紧张，容易造成误操作。于是将机组的部分操作按热力系统或辅机划分成局部控制系统，按照事先规定的顺序进行自动操作，达到顺序控制的目的。

顺序控制可以是开环的，也可以是闭环的。开环控制时，顺序的转换与动作将取决于

输入信号，而与动作结果无关。闭环控制时，顺序的转换与动作不仅取决于输入信号，而且受生产现场来的回报信号的控制，即与动作的结果有关。

根据火电厂的生产特点，顺序控制的应用范围大致分为以下几部分：煤处理部分，锅炉燃烧部分，汽轮发电机部分和水处理部分。每一部分又分成若干局部顺序控制系统。

五、自动报警系统的应用

自动报警系统是生产过程自动化的一个重要组成部分。它的作用是监视机组运行过程中的各种工况参数和设备状态。当发生参数越限或设备故障时，以声光形式发出报警信号，引起操作人员的注意，及时采取防范措施，保证机组正常运行。

一台 300MW 机组需要监视和报警的项目达 500 多个，而一台 600MW 机组需要监视和报警的项目多达 1000 多个，这些被监视的热工参数，机组主、辅设备和各个自动装置的工作情况处于正常状态时，自动报警系统处于待机状态。而当这些被监视对象出现异常情况时，自动报警系统开始动作，发出音响报警并用灯光显示被监视对象出现异常的内容和部位，以便查找故障及事故处理。

六、大机组自动化与操作人员的关系

大型机组的高度自动化使单元机组的主机与辅机、主系统与辅助系统之间相互渗透、相互牵连，使炉、机、电成为一个有机的整体。同时运行人员监控不能按过去的炉、机、电分别控制，而是只需几个人进行监视和操作，运行人员可以在集控室内实现单元机组的启动、停机、正常运行及事故处理。自动控制系统一般情况下不需人工干预。各主、辅机参数通过数据采集系统进行屏幕显示，能自动制表记录，参数越限或设备异常时能自动报警，运行参数有异时能自动调节，当危及设备安全时，联锁保护装置动作进行自动保护。

自动控制系统毕竟只能按人工预先制定的规律进行工作。由于系统复杂，在控制系统设计、安装、调试过程中免不了存在一些问题。即使投入运行后，由于控制装置的元器件的损坏以及主、辅设备故障，都会产生错综复杂的问题，这就需要运行人员人工干预、维修人员及时抢修。因此，大机组自动化要求运行人员、维修人员具有更高的文化和技术水平，否则是无法胜任本职工作的。

应该说，单元机组自动化现在已发展到较高水平，而大机组自动化如何适应电网自动化的发展要求，使单元机组自动化与调度自动化相协调，从而实现电网自动化，使自动化水平不断提高。

大机组自动化是一项综合性技术。除了仪表控制设备的先进性和可靠性外，还与主、辅机设备的可控性，系统设计、安装、调试的质量，以及运行人员的操作水平和维修人员的技术水平密切相关。总之，只有通过各方面努力，才能把大机组自动化工作搞好。

第一章 开关量控制系统的基础知识

热工保护与顺序控制均属于开关量控制范畴,因而有些书籍称为热工开关量控制系统。在控制系统的工作过程中,信息的传递和变换都是以开关量信号进行的。如信号通过压力、温度等热工开关、位置开关、按钮开关等,将控制信号输入到控制装置,经逻辑处理后通过输出继电器,再去控制有关执行机构。因此,开关量控制系统的基础部件就是提供开关量信息的二位式控制器,经逻辑处理后执行开关量信息的执行机构,以实现开关量控制。下面将分别叙述。

第一节 热工开关量变送器

热工开关量变送器也称逻辑开关或二位式控制器,它的任务是将被测物理量转换成开关形式的电信号。开关形式的信号是仅有两种对立状态的逻辑变量,例如,一对触点的闭合状态或断开状态,用于控制二位式(开关量)控制回路或联锁保护回路。

一、开关特性

当被测物理量在某一范围内变化时,开关量变送器输出一种状态的信息,而当被测物理量达到某一值并继续变化时,开关量变送器输出另一种状态的信息。其输入—输出特性如图 1-1 所示。

对于开关量变送器,其输入量是连续变化的物理量,输出量只有两种突跳状态:开或关,类似于电路中的施密特触发器。

1. 切换差

为了使开关触头不致发生误动作,开关触点的切换是突跳的,即在微动开关中有起突跳作用的簧片。因此,在开关量变送器中总会存在切换差。所谓切换差,是指被测介质的压力、差压、液位、流量或温度等物理量上升时开关动作值与下降时的开关动作值之差。图 1-1 (a) 中, ΔP 为切换差, P_1 为下切换值, $P_1 + \Delta P$ 为上切换值。

这里说的切换差,不同于模拟测量中的误差概念,测量误差应越小越好。但切换差并不是越小越好,而应根据使用要求来确定。例如,要求使用在干扰信号大的场合,一般应选用切换差大的产品;而用于干扰信号小的地方,一般选用切换差小的产品。

2. 设定值调节范围

切换差分为可调与不可调两种,前者切换差可以从某一值连续调到另一值;后者切换差是固定的,用户不能随意变动。

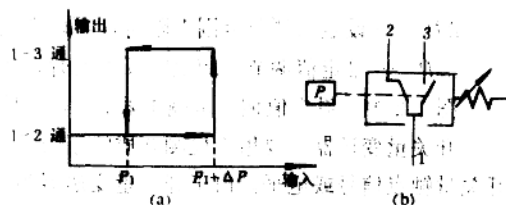


图 1-1 开关量变送器的输入—输出特性

(a) 输入—输出特性; (b) 开关示意图

图 1-2 为设定值调节范围示意图。不论是切换差可调还是不可调, 设定值在规定的调节范围 (ΔP) 内均是连续可调的。图 1-2 (a) 中, 各符号含义如下:

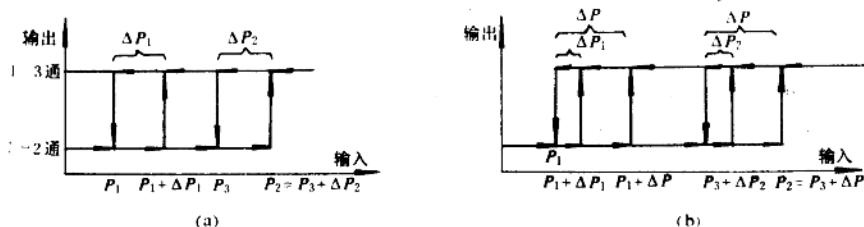


图 1-2 设定值调节范围示意图

(a) 切换差不可调; (b) 切换差可调

P_1 ——设定值调节范围下限 (或称低端);

P_2 ——设定值调节范围上限 (或称高端);

ΔP_1 ——设定值调节范围下限时的切换差;

ΔP_2 ——设定值调节范围上限时的切换差。

图 1-2 (b) 中的 P_1 , P_2 含义同图 1-2 (a), 其余的符号含义如下:

ΔP_1 ——设定值调节范围下限时可调切换差的最小值;

ΔP_2 ——设定值调节范围上限时可调切换差的最小值;

ΔP ——设定值调节范围上限及下限切换差可调的最大值。

图 1-2 中, 设定值调节范围下限 P_1 用于下限报警, 上限 P_2 用于上限报警。

开关量变送器主要用于检测介质的压力、压差、流量、液位和温差等物理量, 输出是开关量触点信号或电平。由于开关量变送器触点的闭合或断开是在瞬间完成的, 具有继电器特性, 因此也可称为继电器。如有压力继电器、温度继电器等。开关量变送器的主要品种有: 压力开关、差压开关、流量开关、液位开关、温度开关和位置开关等。

二、压力开关

1. 工作原理

压力开关用来将被测压力转换为开关信号, 图 1-3 为压力开关的结构示意图。

传感器部分的主要功能是将介质压力或差压转换为力 F_1 , 作用于杠杆 4 的右下端, 设定值调节弹簧的压缩力为 F_2 , 作用于杠杆 4 的右上端。当 F_1 产生的作用力矩小于 F_2 产生的力矩时, 微动开关的 1-2 接通, 如图 1-1 (b) 所示。当 F_1 产生的作用力矩等于或大于 F_2 产生的力矩时, 微动开关的触点突跳, 由原来的 1-2 触点切换到 1-3 触点接通, 于是压力开关发

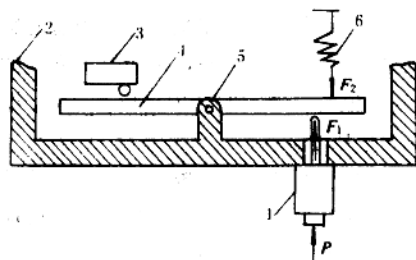


图 1-3 压力开关结构示意图

1—传感器; 2—外壳; 3—微动开关;

4—杠杆; 5—支点; 6—调节弹簧

出动作信号。

2. 压力开关特点

该压力开关具有以下特点：

(1) 传感器产生的作用力与设定值调节弹簧的作用力作用于杠杆的同一端，且距离很近。在工作时杠杆所承受传感器及压缩弹簧的作用力可以较大，而对杠杆产生的力矩并不大。这样可使杠杆与轴承的承受应力减小，抗干扰能力增加。

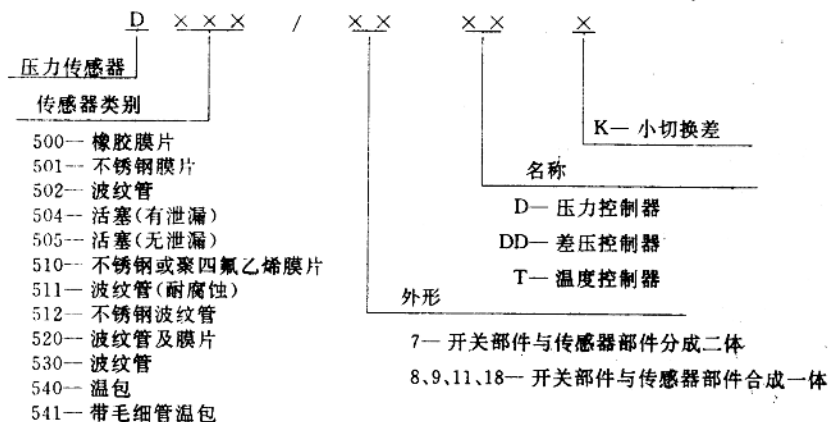
(2) 轴位于杠杆的中心位置，自由端左右对称，这样可减少外界振动的影响，抗振性能提高。

(3) 传感器内部有过载保护装置。

(4) 微动开关接通或断开均为突跳式，因而触点不易烧损，触点容量大、寿命长。

压力开关的制造单位很多，下面以上海远东仪表厂的产品为例作一简介。

二位式控制器的传感器部件有膜片，波纹管 and 活塞三种类型，开关部件有普通和防爆两种类型。通过更换不同传感器及不同开关部件，即可组成十多种型号、数百种规格的产品，并根据实际需要，更换少量零部件，派生出符合各种要求的产品。如小切换差、气动开关、双开关和耐腐蚀产品等，下面列出了产品型号的含义：



3. 高温介质冷却

压力开关的被测介质温度一般不超过 100℃，如果介质温度较高而超过传感器的允许温度，则可使用铜质螺旋管作为散热器，将介质温度冷却后再进入传感器，如图 1-4 所示。

4. 应用实例

下面以空气压缩机的控制为例加以说明。

图 1-5 为空气压缩机的压力控制原理图。

图 1-5 (a) 为空气压缩机的作用原理图。其中压力控制器设定值调节范围的下限设定为 0.7MPa，上限设定为 0.8MPa，切换差 ΔP 为 0.1MPa，见图 1-5 (b)。

由于储气罐的初始压力为零，故压力控制器的触点原为 P (1—2) 接通，见图 1-5 (a)。当按下电动机 M 的启

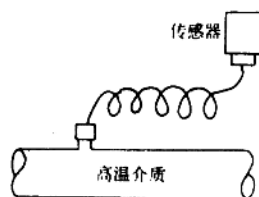


图 1-4 介质冷却示意图

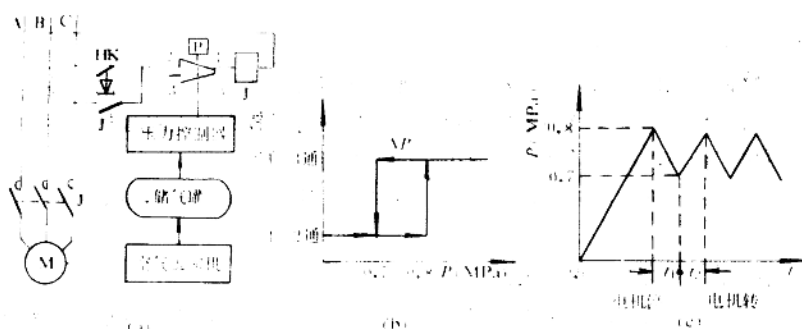


图 1-5 空气压缩机的压力控制原理图

(a) 作用原理图；(b) 压力控制器的输入—输出特性；(c) 储气罐的空气压力与时间关系

动开关 HK 时，接触器 J 励磁动作，常开触点 J 闭合。其中三副主触点闭合，使电动机运转，驱动压缩机转动，于是储气罐的压力上升。

当储气罐的压力升高到上切换值 (0.8 MPa) 时，压力控制器由 P (1—2) 接通突跳到 P (1—3) 接通。接触器 J 失电，J 的常开触点断开，电动机停转，空气压缩机停止运行。

由于空气不断从储气罐输出，压力不断下降，当压力下降至下切换值 (0.7 MPa) 时，压力控制器动作，由 P (1—3) 触点接通突跳到 P (1—2) 触点接通。重复前一过程，周而复始地进行压力控制。由图 1-5 (c) 可见，在压力控制器的作用下，储气罐的空气压力可保持在 0.7~0.8 MPa 范围内，电动机间歇工作。

如果将压力控制器的上切换差调整至 0.71 MPa，即切换差调小 0.01 MPa，则压力控制器的控制特性如图 1-6 (a) 所示。

由图 1-6 (b) 可见，储气罐的气压力虽然被控制在 0.7~0.71 MPa 范围内，可是电动机始终在频繁的启、停过程中，接触器容易损坏，电动机也不能正常运行。

由此可见，二位式控制器的切换差大小应根据工程实际需要而定，并不是切换差越小越好。更不能以切换差大小作为评价控制器的性能指标。因此，切换差与模拟仪表中的回

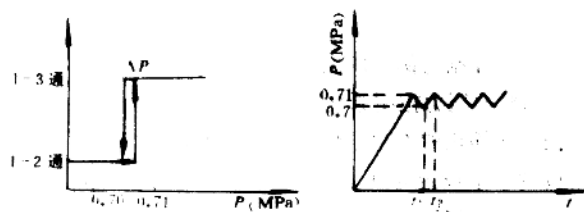


图 1-6 切换差减小时的控制特性

(a) 压力控制器的输入—输出特性；(b) 储气罐的空气压力与时间关系

差、死区是有根本区别的。

三、差压开关

差压开关也称差压控制器或差压继电器，传感器采用膜片或波纹管，使用时将高、低压介质分别引入膜片或波纹管的高、低压侧，其差压 ΔP 作用在敏感元件上，使其发生位移，然后根据力平衡原理推动微动开关，工作原理与压力开关相同。它们的区别仅是：压力开关传感器的测量元件是单室的，而差压开关的测量元件是双室的。差压开关与压力开关一样，选用不同型号的开关，可满足中性、腐蚀性的气体或液体介质的测量需要。

四、流量开关

流量开关也称流量控制器或流量继电器。流量开关的种类很多，按其工作原理来分，可分成差压式、电磁式、活塞式、浮子式、翼板式和叶片式等。

火电厂中，大部分水和蒸汽的流量都是采用差压方法测量的，利用孔板或喷嘴等标准节流装置，将流量信号转换成差压信号，并输入到差压开关，根据节流装置的流量——差压特性整定差压开关的流量动作值，即可得到流量的开关量信号。

道管中滤网前后的差压大小反映滤网的堵塞程度，将滤网前、后的差压信号输入到差压开关。当差压增大时，发出滤网堵塞信号。

火电厂的断煤信号通常是由装在给煤机上的断煤开关提供的。断煤开关由一个可以绕轴摆动的挡板、连在轴端的压板以及微动开关组成。当存在煤流时，挡板被煤推起，带动轴和压板转动，这时微动开关不被压而断开；而当煤断流时，挡板在重力作用下返回，带动压板按压微动开关，输出断煤信号。图 1-7 为断煤开关示意图。

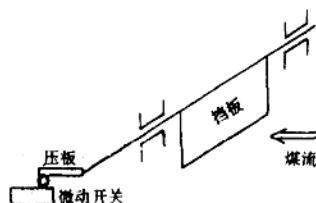


图 1-7 断煤开关示意图

对于管道内水或油的断流信号，可根据被测管道的大小，采用不同的方法来实现。如采用浮子式或挡板式流量开关，流体通过流量开关时，推动浮子或挡板，其位移通过杠杆驱动外部的磁钢使外部的干簧管动作，或微动开关动作，从而发出流量开关信号，以判断管道中的液流是否存在。

五、液位开关

液位开关也称液位控制器或液位继电器。液位开关的种类很多，如浮子式、电接触式、超声波式和电容式等。

1. 浮子式液位控制器

浮子式液位控制器适用于各种容器内液体的液位控制，当液位达到上、下切换值时，发出开关量信号。下面以 UQK 浮子式液位控制器为例加以说明。

图 1-8 为浮子式液位控制器结构示意图。

它由互为隔离的浮球和触点两大部分组成。当被测液位升高或降低时，浮球 1 随之升降，使其端部的磁钢 2 上下摆动，通过磁力作用，推斥安装在外壳 5 内相同磁极的磁钢 3 上下摆动，其另一端的动触点 4 在静触点 1—1 及 2—2 间接通或断开。

2. 电接触式液位控制器

它是利用液体的导电性来测量液位的。一般酸碱溶液的导电率在 1S/cm 以下，凝结水

的导电率在 $1 \times 10^{-6} \text{S/cm}$ 左右, 而炉水的导电率在 $1 \times 10^{-3} \text{S/cm}$ 左右。因此, 只要选用适当的继电器, 就可以利用电极可靠地监测液位信号。

图 1-9 为 UDK 型电接触式液位控制系统示意图。

图中, 电极 c 是公用电极, 电极 b 是低限电极, 电极 a 是高限电极。图中, 液位处于容器的低限位置时, 继电器 J 动作, 使接触器励磁动作, 驱动电动机 M 并使泵运转, 液体进入容器。

当液位上升到高限时, 电极 a 浸没在液体中, 液体的导电性使 a、c 两个电极之间的电阻急剧降低, 继电器 J 释放, 接触器失磁, 电动机 M 停转, 泵停止运行, 以免液体泄漏。

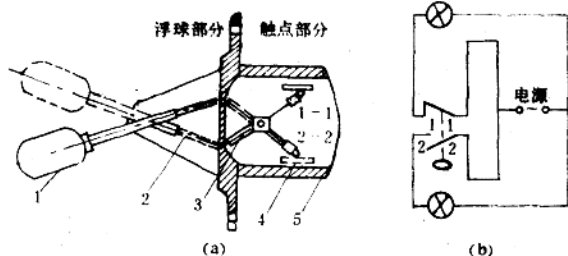


图 1-8 浮子式液位控制器结构示意图

1—浮球；2、3—相同磁极磁钢；4—动触点；5—外壳

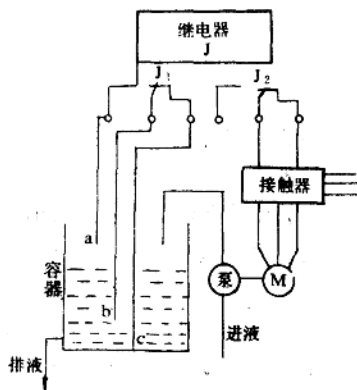


图 1-9 电接触式液位控制系统示意图

由此可见, 电接触式液位控制器是基于电极棒（或接触环）与金属容器壁之间通过导电液体所形成的回路接通或断开而工作的。因此, 它只适用于导电率较高的液体。

高温高压容器内的液位, 通常采用平衡容器输出的差压信号, 配合差压开关而输出液位开关量信号。

六、温度开关

温度测量范围不同, 选用温度开关的结构形式也不同。如测温范围为 $0 \sim 100^\circ\text{C}$, 一般选用固体膨胀式温度开关; 测温范围为 $100 \sim 250^\circ\text{C}$ 时, 通常选用气体膨胀式温度开关; 而对于测温范围在 250°C 以上时, 一般都采用热电阻甚至热电偶温度计, 通过桥路转换或温度变送器转换成模拟量电信号, 再通过转换电路转换成开关量信号。

固体膨胀式温度开关的工作原理是: 利用不同固体受热后长度变化的差别而产生位移, 从而使触点动作, 输出温度开关信号。例如, 有一种温度开关是用双金属片制成的, 将两种具有不同线膨胀系数的薄金属辗压而成。

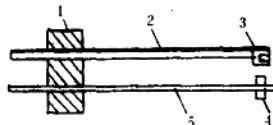


图 1-10 双金属温度控制结构图
1—绝缘子；2—双金属片；3—触点；
4—调节螺钉；5—基片

图 1-10 为双金属温度控制器结构图。

例如, 将黄铜片压在钢钢片上, 构成双金属片, 当温度升高时, 由于黄铜的伸长较钢钢为大, 双金属片的自由

端将下移动而使触点接通，发出温度高的开关信号。

气体膨胀式温度开关是基于查理气体定律，即气体定容时，其绝对压力随气体热力学温度的增加而增加。由于温包、毛细管等的膨胀系数比气体小得多，故可忽略它们受热后容积的变化，即可认为该密闭系统是定容的。

气体膨胀式温度开关由温包和压力开关两部分组成。温包内通常充以氮气，因氮气的化学稳定性高、粘性小、比热低且容易获得，温包通过密封的毛细管将压力传到压力开关的测量元件中。当被测温度改变时，温包内充气的压力跟着相应地改变。压力开关按照温包内充气压力的变化而送出开关量信号。

七、行程开关

行程开关也称限位开关。装在预定的位置上，当运动部件移动到此位置时，装在运动部件上的挡铁碰撞行程开关，使常闭触点断开，电路被切断，设备停止运行。

行程开关是一种主令电器，用来将机械信号转换为电信号，以控制运动部件的行程。

常用的行程开关有滚动式和直动式两种。图 1-11 为滚动式行程开关结构图。当运动部件上的挡铁压到行程开关的滚轮 1 上时，传动杠杆 2 连同转轴 3、凸轮 4 一起转动，并推动撞块 5，当撞压到一定位置时，调节螺钉 6 使微动开关 7 的触点动作，运动部件停止运行或反转；当滚轮离开挡铁后，弹簧力使行程开关各部分复位。

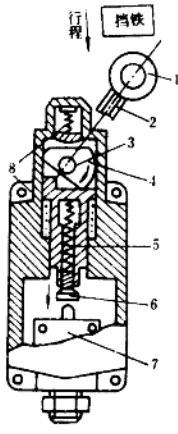


图 1-11 滚动式行程开关

- 1—滚轮；2—杠杆；3—转轴；4—凸轮；5—撞块；6—调节螺钉；7—微动开关；8—复位弹簧

在某些电气控制系统中，还经常采用一种微动开关式行程开关，其结构如图 1-12 所示。

这种行程开关，由于簧片具有杠杆放大作用，推杆 1 只需有较小的压力，便可使触点 3、4 快速动作，故又称微动开关。开关的快速动作是靠弯形片状弹簧 2 中储存的能量得到的。开关的复位由恢复弹簧 5 来完成。

行程开关的种类很多，下面仅举一种类型的行程开关说明其含义，例如：

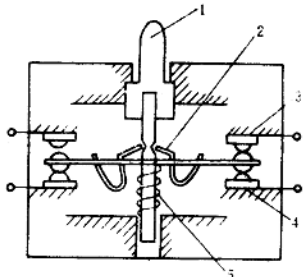
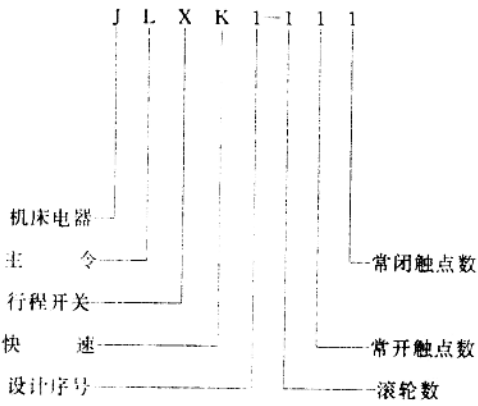


图 1-12 LXW2-11 型微动开关

- 1—推杆；2—弯形片状弹簧；3—常开触点；4—常闭触点；5—恢复弹簧