

130016

TK32
1203

高等学校教材

程序控制与热工保护

华北电力学院 张文溥 主编

内 容 提 要

本书讲述火力发电厂程序控制与热工保护方面的基本概念和基本知识。介绍了主要程序控制装置和系统的功能及工作原理,以大型机组常用控制系统为例,选择其中不同类型的程序控制电路进行了较为详细的分析;还介绍了汽轮机组和锅炉机组各种热工保护系统,如较为先进的RMS700系列、7200系列汽轮机监测仪表系统、微机锅炉炉膛安全监控系统的功能及工作原理;此外,还从理论上分析了汽轮机轴向位移、振动等多项特殊参数的测量方法。

本书是作为“火电厂生产过程自动化”专业的选修课教材编写的,同时也可供有关人员参考。

高等学校教材

程序控制与热工保护

华北电力学院 张文涛 主编

北京电力学院出版社

北京三里河路5号

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

(北京市京报印刷厂印)

787×1092毫米 1/32开本 9.375印张 10十字

1991年5月第一版 1991年5月第一次印刷

印数0001—2940册

ISBN 7-120-02200-2/TP·48

定价2.50元

前 言

本书系根据1989年10月能源部教育司制订的“1990~1992年高等学校教材编审出版计划”编写的,作为火电厂生产过程自动化专业的选修课教材,同时也可供有关人员参考。

程序控制与热工保护是大型火电机组自动化工作的重要内容,以此内容开设的选修课是一门实用性很强的专业课。

本书第一章~第三章介绍程序控制的基本概念,主要控制系统的功能和基本工作原理,举例分析了各种不同类型的程序控制电路。第四章~第六章介绍热工保护的基本概念,汽轮机组和锅炉机组主要保护系统的功能和基本工作原理,论述了监视和保护系统中必须研究的各种特殊参量的测量方法。

当前随着大型机组热工自动化水平的不断提高,程序控制与热工保护的应用有了很大的发展。为了能够比较全面地反映这方面的内容,本书从实际工程需要出发,力求理论与实践相联系,内容涉及面较广,对每一部分的叙述重点突出而篇幅缩减,使学生能从总体概念、基本工作原理和基本电路等方面掌握本课程的基本知识。

本书由华北电力学院张文溥(绪论、第一~三章和附录)、上海电力学院王志祥(第四、五章)编写,特邀东北电力学院王满稼编写第六章,由张文溥任主编。能源部华北电力设计院赵祖泽高级工程师主审了全书,提出了许多宝贵的意见和建议。编写过程中还得到一些单位和个人的帮助,在此一并表示衷心的感谢。

本书插图中使用的图形符号和文字符号符合GB4728-85《电气图用图形符号》、GB 5094-85《电气技术中的项目代号》、GB6988-86《电气制图》、GB7159-87《电气技术中的文字符号制订通则》国家标准。由于是初次使用近年新颁布的国家标准,因此可能存在着使用不当之处。限于编者水平,书中错误与不足之处难免,衷心希望读者给予批评指正。

编者

1989年11月



目 录

前 言	
绪 论	1
第一章 程序控制基础	4
第一节 程序控制的基本概念	4
第二节 程序控制系统和装置的分类	7
第三节 开关量发送器基本原理	9
第四节 开闭式阀门的操作及其控制电路	12
第五节 转动机械的操作及其控制电路	16
第二章 程序控制装置的基本工作原理	20
第一节 继电器式程序控制装置	20
第二节 固态逻辑式程序控制装置	22
第三节 矩阵式程序控制装置	24
第四节 可编程式程序控制装置	30
第三章 热工程序控制系统	36
第一节 锅炉定期排污程序控制系统	36
第二节 锅炉吹灰程序控制系统	39
第三节 化学水处理程序控制系统	45
第四节 锅炉燃烧器程序控制系统	48
第五节 汽轮机组自动启停程序控制系统	52
第四章 热工保护概述	58
第一节 热工保护的基本概念	58
第二节 热工保护系统的组成及特点	60
第三节 热工保护信号的摄取方法	61
第五章 汽轮机组的热工保护	66
第一节 轴向位移的监视和保护	66
第二节 缸胀和差胀的监视	77
第三节 转速和零转速监控	80
第四节 振动的监视和保护	84
第五节 偏心度的监视和保护	91
第六节 汽轮机监测仪表系统	93
第七节 轴承温度和油压的监视和保护	97
第八节 凝汽器真空的监视和保护	98
第九节 高压加热器保护	98
第十节 汽轮机进水保护	100

第十一节 单元机组的旁路系统	101
第六章 锅炉机组的热工保护	103
第一节 主汽压力高保护	103
第二节 锅炉水位及断水保护	109
第三节 屏式再热器壁温高保护	112
第四节 锅炉炉膛安全监控系统	113
第五节 锅炉机组减负荷保护系统	133
第六节 炉机电大联锁保护	136
附录 本书使用的电气技术图形符号和文字符号	137
参考文献	144

绪 论

火电厂热力过程是一个非常复杂的生产过程，随着火电机组不断向高参数、大容量方向发展，主辅机及其热力系统相应地越来越复杂，同时对热工自动化控制水平也提出更高的要求。因此在自动化控制工作中必须发挥各种控制技术的功能，并把单元机组作为一个控制整体进行全面有效的监控与管理，才能进一步提高生产效率，降低运行人员的劳动强度，防止发生错误操作，确保设备和人身的安全，为机组达到安全、经济、满发的高质量运行提供可靠的保证。

大型火电机组的自动化控制涉及到理论和实践多方面的广泛内容，其中程序控制与热工保护是两项极为重要的实用性控制技术，分别具有提高机组自动操作水平的功能和保护机组设备安全运行的功能。

程序控制的主要作用是，根据预先规定的顺序和条件，使生产工艺过程中的设备自动地依次进行一系列操作。程序控制也称为顺序控制或开关控制，是一种开关量信号控制技术。在火电厂中程序控制主要用于主辅机的自动启停操作以及局部工艺系统的运行操作。

热工保护的主要作用是，当机组在启停和运行过程中发生了危及设备安全的危险工况时，使其能自动采取保护或连锁措施，防止事故扩大，从而保证机组设备的安全。连锁是一种处理事故的控制方式，是属于保护范畴的控制功能，因此热工保护系统有时也称为连锁保护系统，它也是处理热力过程中开关量信号的控制技术。

如上所述，程序控制与热工保护均属于开关量控制的范畴，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。因此也可以说，程序控制与热工保护技术就是用来处理热力过程中存在的大量开关量信号的一门控制技术。

目前，大型机组的自动化控制系统越来越复杂，采用的自动化装置大量增加，整个机组的控制逐步形成分级控制方式。这种控制一般分为三级，即中央控制级、局部控制级和执行控制级，它们相互配合，协调工作，共同完成机组的总体控制功能。

中央控制级也称为协调级，通常以控制计算机为核心，作为分级控制系统的最高一级，全面对机组的运行工况以及所属局部控制级的工作进行监视，通过分析判断后发出各种控制命令，指挥局部控制级的工作，保证整个单元机组局部工作状态之间的协调。在中央控制级，产生人工控制命令的装置称为中央操作盘，即炉机电（BTG）集控操作盘。该盘还向运行人员显示各种工况信息，因此它是主要的人机联系装置。

局部控制级也称为功能组控制级，它把复杂的生产过程按控制功能分解为许多局部的独立过程并进行控制，各种控制功能相互间具有明显的界限，成为各自能完成某种特定功能的独立控制系统。

局部控制级通常按系统功能分为三大部分，即自动调节系统、程序控制系统和热工保护系统。它们各自包括着许多具有独立功能的所谓功能组，例如自动调节系统中包括机组

协调控制、锅炉给水控制、汽温控制、燃料量和风量控制等功能组。程序控制系统和热工保护系统也包括许多功能组，这些功能组的主要功能和基本工作原理即为“程序控制与热工保护”课程需要讨论的内容。

局部控制级作为分级控制系统的中间级，可以接受计算机的控制，也可以独立地执行控制功能。通常它应向控制计算机汇报所属被控对象的运行工况，由计算机进行综合判断，协调整个机组的运行。它还要接受现场被控对象的工况信息，向执行控制级发出控制命令，使被控对象完成各种预定的控制任务。

执行控制级是分级控制系统的基础，作为最低一级的控制级，直接控制着每个被控对象。它一般接受来自局部控制级的命令，按照不同控制方式使被控对象动作。例如对于给水系统，程序控制系统担负着给水泵及其辅助设备按顺序自动启停的任务；给水泵启动后，由给水自动调节系统控制给水调节阀的开度（或给水泵转速），不断调整给水量；热工保护系统在故障时将使给水泵跳闸以保护设备的安全，并连锁启动备用给水泵。执行控制级还应能接受手动控制命令，在自动控制失效时实现人工控制功能。此外，在执行控制级接受控制命令的电路中，还可以考虑引入必要的逻辑约束条件，它禁止控制命令产生作用，因而使被控对象在此条件下不可能动作，通常称此为“闭锁”作用，这样可以提高控制的可靠性。

在被控对象受控动作后，有关设备状态和过程参数将发生变化，因此还应将这些已发生变化的信息反馈到中央控制级和局部控制级。

综上所述，在大型机组的分级控制系统中，中央控制级的计算机是分级控制的核心，局部控制级的自动调节系统、程序控制系统、热工保护系统则是分级控制的三项主要支柱，而作为执行控制级的执行部件及其控制电路则是分级控制的基础。

下面的一个具体实例可用以进一步阐明大型机组分级控制系统中，各控制级之间互相配合，共同协调完成控制功能的概念。

当机组发生某些故障时（例如一台风机或给水泵跳闸），经常使用的一种处理方式就是缩减燃料量，降低锅炉负荷以维持安全运行。自动处理这样的故障时，首先是由机组热工保护系统接受到来自现场的故障信号，该系统的逻辑电路具有对这些故障进行判断，确定故障性质和应执行哪些操作的功能，并产生相应的控制命令。当命令为部分缩减燃料量时，这个命令送到控制燃烧设备启停的程序控制系统中，有关逻辑电路将根据故障命令到来前投运燃料的情况，切除某些燃烧设备，保留需要的燃烧设备，并启动油系统助燃以使锅炉稳定在低负荷燃烧。对于保持运行的燃烧设备的燃料量，还需根据程序控制系统的控制逻辑向燃烧调节系统发出不同的燃料量设定指令，在燃料量调节系统接受到该指令后将执行燃料量调节，使之符合预先规定的数值，维持锅炉在预定负荷下稳定运行，最终完成自动缩减燃料量处理的过程。当故障的性质已经危及到设备安全时，热工保护系统将直接地综合现场信号，发出命令迅速切除全部燃料，自动进行停炉的各项操作。在故障情况下的上述各个控制系统，在其工作过程中还须将各类故障状态信号，切除和投运设备信号，运行工况信号等反馈到中央控制级，由控制计算机进行机组的综合协调控制，例如对给水系统、旁路系统等进行控制，同时将故障状态打印出来以便事后进行分析。

通过上述自动缩减燃料量的控制过程可见，大型机组自动化水平的提高，将涉及到自动化的各个领域，其中必然也包括程序控制与热工保护技术的发展和运用。在机组分级控制系统中，这些自动化装置和系统既具有各自独立的功能，又需要密切配合、相互关联。今后，随着机组容量的不断增大，必须进行综合考虑，全面规划，才能进一步提高整个机组的自动化水平。

第一章 程序控制基础

第一节 程序控制的基本概念

一、火电厂程序控制技术的发展

1. 就地控制方式

在火电厂中, 50年代至60年代初期, 单机容量较小, 参数也较低, 主要采用母管制运行方式, 对机组所进行的操作基本上为一对一的操作或就地手动操作。

2. 集中控制方式

60年代以后, 机组的容量和参数不断提高, 并且采用了再热机组, 密切了锅炉和汽轮机的联系, 从而形成单元机组的运行方式, 与此相应的控制方式则发展成为集中控制。

在集中控制方式中, 大量阀门和设备的操作都在单元控制室内进行, 形成远方操作方式。对于大容量单元机组, 这些远方操作量急剧增加, 如都采用一对一的操作方式, 一台300MW机组的操作开关和按钮等会多达200~300个, 控制台的长度达15m以上, 这将给机组的操作和监视带来极大的困难, 因此发展了下述的几种操作控制技术。

(1) 成组控制: 把几个有相同操作要求的被控对象, 用一个操作开关同时操作, 可适用于同时开、关某几个阀门, 或开甲门时又关乙门等场合。

(2) 选线控制: 选线控制是针对设备的一对一的操作方式而言的, 它遵循先选线后操作的原则, 对若干个构成一组的被控对象先用一个公共的选线开关进行单个操作对象的选择, 然后再由一个公用的控制开关进行操作, 以减少操作开关的数量。但是这种方式因增加了操作手续(特别是要求迅速处理事故的情况), 应用受到了限制。

(3) 程序控制: 为了解决大型机组众多设备的远方操作问题, 我国在60年代中期将程序控制技术引入火电厂中, 逐步取得了一定的成效。

采用程序控制时, 应将复杂的热力生产过程划分为若干个局部可控系统, 配以适当的程序控制装置, 通过它的逻辑控制电路发出操作命令, 使局部可控系统中的有关被控对象按照启停和运行规律自动地完成操作任务。因此程序控制是按照一定的顺序、条件和时间的要求, 对局部工艺系统中的若干相关设备执行自动操作的一门控制技术。

目前, 程序控制在火电厂中主要应用于机炉辅助系统、水处理系统、输煤系统以及更高一级的锅炉燃烧系统和汽轮机组自动启停系统等。

二、程序控制技术中常用的概念

(1) 功能组: 火电厂的热力生产过程很复杂, 在进行程序控制时, 必须按局部功能将其划分为若干局部可控系统, 每个系统中包括组合在一起的若干关系密切的操作项目, 称为程序控制的功能组。据资料介绍, 西门子(Siemens)公司将燃煤电厂划分为27个程序控制功能组, 如锅炉点火控制系统、汽轮机启停控制系统等, 在英国中央发电管理局

(CEGB)的设计规程中,规定了火电厂应用程序控制技术的范围,主要的功能组被划分为21个。

(2)控制范围:控制范围是指包括在同一个功能组内的被控对象的范围。就火电厂应用程序控制的情况看,控制范围的差别是很大的,小型控制系统仅包括五、六个被控对象,大型控制系统的被控对象可达一、二百个,因此在设计一个程序控制系统时,应首先确定它的控制范围。对于控制范围比较大,包含操作项目数量较多,操作过程较复杂的程序控制,都要设计和配备专门的程序控制装置来完成控制任务。

(3)功能表图^①:功能表图用以全面描述控制系统的控制过程、功能和特性,可适用于电气控制系统,也可用于非电控制系统(如气动、液动和机械的控制系统),而不涉及系统所采用的具体技术。

(4)被控系统:通常一个控制系统可以分为两个相互依赖的部分,即被控系统和施控系统,被控系统包括执行实际过程的操作设备。

(5)施控系统:接受来自操作者、过程等的信号并给被控系统发出命令的设备。施控系统的输入由操作者命令或前级施控系统的命令以及被控制系统的反馈信号组成。输出包括送往操作者或前级施控系统的信号及送至被控制系统的命令。

(6)步(程序步):对于一个过程循环,可以将其分解成若干个清晰的连续的阶段,称为“步”,步和步之间由“转换”分隔。当两步之间的转换条件得到满足时,转换得以实现,即上一步的活动结束而下一步的活动开始。在一个过程循环中,步可以是动作的开始、持续或结束。

(7)活动步与非活动步:在控制过程进展的某一给定时刻,一个步可以是活动的或非活动的。当步处于活动状态时,称作“活动步”,可用二进制变量的逻辑值“1”表示;当步处于非活动状态时,称作“非活动步”,可用二进制变量的逻辑值“0”表示。当一个步处在活动状态时,相应的命令或动作即被执行,对施控系统来说,一个活动步能导致一个或数个命令,而对被控系统,一个活动步则导致一个或数个动作。

(8)有向连线:步之间的进展用有向连线表示,它将步连接到转换并将转换连接到下一步。

(9)转换:步的活动状态的进展,由一个或多个转换的实现来完成,并与控制过程的发展相对应。转换的符号是一根短划线,通过有向连线与有关步符号相连。

(10)转换条件:是指与每个转换相关的逻辑命题。如果存在一个相应的逻辑变量,则当转换条件为“真”时其值等于“1”。转换条件可以采用三种方式表示:文字语句、逻辑表达式和图形符号。

(11)单序列(串行程序):步之间的进展可以有多种基本结构,单序列是最简单的一种,它由一系列相继激活的步组成。作为功能表图的例子,单序列结构如图1-1所示,图中方框是步符号,步03到步04间为有向连线,上面的短划线表明转换,c和d等为转

^①功能表图(Function Charts)的概念系根据GB6988-86《电气制图》所提出。功能表图与过去的逻辑框图在画法上有所区别,但所表述的控制系统的功能则可完全一致。

换条件,长框是命令或动作。该功能表图表明,只有在步03处于活动状态($X_{03}=1$, X 表示二进制变量)并且与转换相关的逻辑转换条件 c 为“真”($c=1$)时,才会发生从步03到步04的进展。

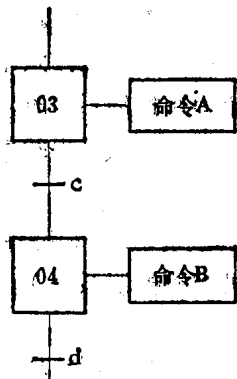


图 1-1 单序列功能表图

(12) 操作条件:也称一次判据,转换条件之一,为某一步活动之前所应具备的各种先决条件。当操作条件满足,就允许施控系统发出操作命令,如启动润滑油泵前,油箱油位必须正常。

(13) 回报信号:也称二次判据,转换条件之一。当某一步为活动步时,被控系统完成该项目操作之后,返回给施控系统的反馈信号,用以检查操作命令的执行情况。并且,在步的转换中,回报信号也有可能作为下一步的转换条件,用以决定步的进展,如润滑油泵启动

后,正常时必有油压存在。

(14) 联锁条件:在被控对象的控制电路中可以接入联锁条件,它是使被控对象进行操作的条件。当联锁条件出现时,应立即操作被控对象,如润滑油压降低过多,应联锁启动辅助润滑油泵。

(15) 闭锁条件:在被控对象的控制电路中也可以接入闭锁条件,它是不允许被控对象进行操作的条件。当闭锁条件存在时,禁止操作被控对象;反过来说,只有当闭锁条件不存在之后,才具备了操作被控对象的可能,如转动机械的润滑油压力低时,不允许启动该转动机械。

(16) 联动控制:也称为联锁操作或简单程控,它根据被控对象之间的简单逻辑关系,利用联锁条件和闭锁条件将被控对象的控制电路按要求互相联系在一起,以形成某些特定的逻辑关系,从而实现自动操作。联动控制适用于控制范围小、操作项目少、操作步少的被控对象。

(17) 信号转换部件:为适应现场各种不同控制的要求而装设的电-电转换(如功率放大)、电-气转换或电-液转换设备。

(18) 执行部件:接受施控系统的操作命令,直接控制被控对象进行操作的执行机构,一般还包括它们的控制电路在内。

(19) 程序控制装置:为施控系统主要自动化装置,它的构成主要有三部分,即输入部分、逻辑控制部分和输出部分。

(20) 程序控制系统:用以完成程序控制过程的所有装置和部件,总称为程序控制系统,简称程控系统,包括施控系统和被控系统。它所具备的两种最基本功能,一是按程序进展由活动步执行所规定的操作项目和操作量,二是在上一步完成后,根据转换条件进行步的转换。

在程序控制系统中,其核心是程序控制装置,它的操作显示部分是主要的人机联系部分。操作条件的检测部件和回报信号的检测部件用于发送开关量信号,并输出到程序控制装置的输入部分。信号转换部件和执行部件用于接受程序控制装置输出的开关量控制信号

(操作命令), 直接操作被控对象按规定的要求动作。除程序控制装置以外, 其余部件一般都装设在现场, 因此通常称为外部设备或现场设备。

由上述可知, 一个程序控制系统所能达到的水平, 主要取决于下列三方面: 主设备(被控对象)的可控性; 外部设备所具备的功能; 程序控制装置所能达到的设计功能水平。总之, 对于一个程序控制系统, 必须对这三方面的工作进行统一而全面的考虑, 才能达到提高控制水平的目的。

第二节 程序控制系统和装置的分类

程序控制在工业生产过程中的应用非常广泛, 各种程序控制系统的构成方式、程序步的转换、逻辑控制原理等有着很大的差别, 程序控制装置的类型以及用来构成控制装置所使用的逻辑元件和器件的种类极为繁多, 各种装置的接线方式和程序可变性也不相同。下面分别从这些方面简介程序控制系统和装置的分类。

一、按系统构成方式分类

(1) 开环工作方式: 在程序控制系统工作的过程中, 施控系统发出操作命令以后, 不需要把被控对象执行后的回报信号反馈给施控系统, 施控系统仍能自动使程序进行下去, 这是开环工作方式。例如, 化学水处理程序控制系统中, 阀门的开闭、水泵的启停通常是按时间顺序操作的, 不需要阀位或过程参数等回报信号。

(2) 闭环工作方式: 施控系统发出操作命令以后, 要求把被控对象执行完成后的回报信号反馈给施控系统, 施控系统必须依据这些输入信号控制程序的进行, 这是闭环工作方式。

二、按程序步转换条件分类

(1) 按时间转换: 根据时间进行程序步转换的控制系统采用开环工作方式。施控系统由时间发讯部件(延时继电器、电气机械式的或电子式的)为主构成, 并按时间顺序发出操作命令, 程序步的转换完全依据时间而定。

(2) 按条件转换: 根据条件进行程序步转换的控制系统采用闭环工作方式。前已述及, 对某一程序步, 操作前应准备充分的条件(称为操作条件), 在条件满足的情况下, 才能够执行该程序步的操作。操作已完成的条件称为回报信号, 回报信号反馈到施控系统, 作为进行下一步操作的判据。因此, 在程序进展过程中, 程序步的转换是依据条件而定的。

(3) 混合式转换: 有的程序控制系统, 其某些程序步的转换是根据时间而定的, 有些程序步的转换则根据条件而定, 为一种混合式转换。混合式转换通常采用闭环工作方式, 时间信号来自计时器, 相当于一个“时间”条件, 计时时间到达的回报信号要求反馈给施控系统。例如, 锅炉吹灰程序控制系统, 吹灰枪伸入炉内是按吹灰汽压这一条件动作的。伸入到位以后, 开始进行吹灰, 吹灰由计时器计时。当吹灰时间到达后, 吹灰枪即退出炉外。

三、按逻辑控制原理分类

(1) 时间程序式: 按照预先设定的时间顺序进行控制, 每一程序步有严格的固定时间, 采用专门的时间发讯部件顺序发出时间信号。

(2) 基本逻辑式: 采用基本的“与”门、“或”门、“非”门、触发电路、延时电路等逻辑电路构成具有一定的逻辑控制功能的电路, 当输入信号符合预定的逻辑运算关系时, 相应的输出信号成立, 即基本逻辑式电路在任何时刻所产生的输出信号仅仅是该时刻电路输入信号的逻辑函数。

(3) 步进式: 整个控制电路分为若干个程序步电路, 在任何时刻只有一个程序步电路在工作。程序步的进展是由程序控制装置内的步进环节(采用步进电路或专用的步进器)实现的, 步进环节根据操作条件、回报信号或设定的时间依次发出程序步的转换信号, 因此程序步的进展具有明显的顺序关系, 即步进式电路的每个程序步所产生的输出信号不仅取决于当时的输入信号, 且与上一步的输出信号有关。

四、按程序可变性分类

(1) 固定程序方式: 根据预定的控制程序将继电器或固态逻辑元件等用硬接线方式连接, 称为固定程序方式, 它仅适用于操作规律不变的程序控制系统, 控制装置是专用的。当要求变更控制程序时, 只能用更换元件和改变接线加以适应, 因此程序的可变性较差。

(2) 矩阵式可变程序方式: 利用二极管矩阵接线方式可以比较容易地改变电路的连接, 以满足不同控制程序的要求, 它适用于不同操作规律的程序控制系统, 控制装置具有一定的灵活性和通用性。当要求变更控制程序时, 只要改变二极管在矩阵上的插焊位置即可适应, 因此程序的改变较为灵活。

(3) 可编程序方式: 可编程序方式使用软件编程, 将程序输入微型机或可编程序控制器, 以满足不同控制程序的要求。它可适用于各种操作规律的程序控制系统, 控制装置具有很大的灵活性和通用性。当要求变更控制程序时, 只要修改所编制的软件程序即可适应, 因此程序的改变十分灵活。

五、按使用逻辑器件分类

(1) 继电器逻辑: 继电器控制逻辑始于40年代, 是一种古老的逻辑控制器件, 可用于构成继电器式程序控制装置。

(2) 晶体管逻辑: 以晶体管分立元件数字逻辑电路为主而构成的程序控制装置。

(3) 集成电路逻辑: 以集成化数字逻辑电路为主而构成的程序控制装置。

(4) 可编程控制逻辑: 控制逻辑以软件实现, 主要的硬件由集成电路和微型计算机(或可编程序控制器)构成。

总的来说, 对于程序控制装置中所使用的逻辑控制器件, 可分为两大类型, 一类为老式的逻辑控制器件继电器, 称为有触点控制逻辑(此后还发展了一类电气机械组合的机电式程序控制器, 亦为有触点控制逻辑, 现已使用得较少); 另一类为随着电子技术的发展而形成的固态逻辑控制器件, 称为无触点控制逻辑。目前, 这两大类器件在火电厂程序控制装置中的应用处在相互并存的阶段。

目前在火电厂中应用比较广泛的程序控制装置和系统的概况为：采用由继电器、固态逻辑器件为主构成的专用控制装置，并逐步发展应用可编程序控制器；逻辑控制原理主要是基本逻辑式的和步进式的；程序步大多按条件进行转换；程序控制系统主要采用闭环工作方式。

第三节 开关量发送器基本原理

一个完整的程序控制系统是将直接测量得到的开关量信号或将由模拟量信号转换来的开关量信号输入到施控系统，施控系统按照生产过程操作规律所规定的逻辑关系，对这些信号进行综合与判断，然后输出开关量信号去指挥被控系统工作，完成生产过程所要求的操作控制。

模拟量由常规测量变送器测量，再经过诸如差值转换器、限幅报警器、累积报警器或二次仪表的触点转换成开关量。在程序控制装置的输入部分设置转换电路（称为鉴幅单元）也可获得开关量信号。

这里只简要介绍直接把热工参量或机械量转化为开关量信号输出的测量设备，即开关量发送器。它是为程序控制装置提供操作条件和回报信号的部件。发送器的结构简单、造价低廉、体积较小、中间转换环节少、可靠性高，因此被广泛地应用在开关量控制系统中。

开关量发送器的基本工作原理是，将被测参数的限定值转换为触点信号，并按程序控制系统的要求给出规定电平（也可由程序控制装置的输入部分转换为规定电平），其电源通常由程序控制装置供给。

开关量发送器的检测量是压力、温度等物理量，输出是开关量触点信号或电平，一般来说，发送器的触点闭合或输出高电平称为有信号状态，触点断开或输出低电平称为无信号状态。由于开关量发送器触点的闭合或断开是在瞬间完成的，具有继电特性，因此也可称它为继电器，如压力继电器、温度继电器等。实质上开关量发送器就是一种受控于压力或温度等参数的开关，因而也可以称为压力开关、温度开关等。

当被测参数上升（或下降）到达某一规定值时，开关量发送器输出触点的状态发生改变，这个规定值称为它的动作值。输出触点的状态改变后，在被测参数重又下降（或上升）到达原动作值或比原动作值稍小（或稍大）的另一个数值时触点恢复原来的状态，这个值称为复原值。输出触点的动作值和复原值之差称为差值。动作值和差值一般可根据需要调整。但是有些发送器的这两个参数在制作时固定了，不能调整。有的发送器不设动作值，如液流发送器只发出液流有无的开关量信号。

开关量发送器主要的品种有：位置开关、压力开关和压差开关、流量开关、液位开关、温度开关等。

一、位置开关

位置开关用于测量机械运动部件行程的极限位置，并送出开关量信号，也称为行程开关、终端开关等。位置开关的结构示意如图1-2(a)所示。

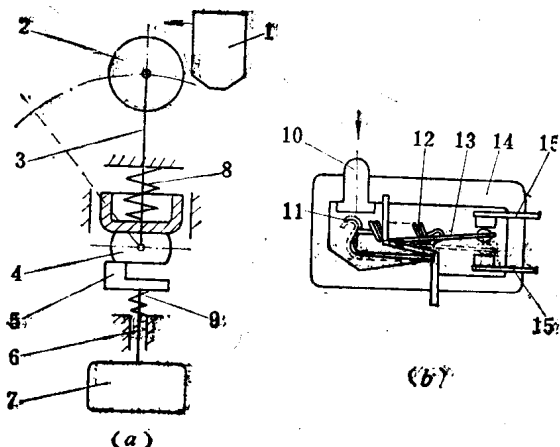


图 1-2 位置开关结构示意图

(a)位置开关; (b)微动开关结构示意图

1—犁子; 2—滚轮; 3—传动杆; 4—凸轮; 5—撞块; 6—推杆; 7—微动开关; 8—复位弹簧; 9, 12—弹簧; 10—操作钮; 11—拉钩; 13—动触点; 14—外壳; 15—静触点

当被测机械运动部件的行程到达极限位置时(如锅炉油枪推进到位),犁子1使滚轮2和传动杆3压向左方,传动杆的转动轴带动凸轮4转动,从而克服复位弹簧8的压力使撞块5去推动推杆6,推杆的下端压到微动开关7的操作钮10上(见图1-2, b),从而使微动开关内部的动触点13瞬时动作,转换与静触点的接通位置。动、静触点的引脚由导线引到位置开关外部,因此动作信号可以转换成电平信号,作为机械运动部件行程的开关量信号发送到程序控制装置。当机

械运动部件后退,犁子脱离滚轮时,复位弹簧起作用,推杆释放,微动开关内部的动触点复位。

图1-3示出了用于检测机械运动部件起始位置或极限位置时的位置开关触点的断合状态,位置开关S1用于检测起始位置,位置开关S2用于检测极限位置。当机械运动部件处于起始位置时,S1触点动作(动合触点闭合、动断触点断开),S2触点不动作。当机械运动部件前进,脱离起始位置,即处于中间位置时,按压不到S1,S1触点复位,S2触点不动作。当机械运动部件前进,到达极限位置时,S2触点动作,S1触点仍为复位状态。

二、压力开关

压力开关用来将被测压力转换为开关量信号,它的工作原理示意如图1-4所示。

被测压力 P 送入测量元件转换为力 F_1 , F_1 加在杠杆的右侧,复位弹簧6产生的拉力 F_2 加在杠杆的左侧,差值弹簧5产生的推力 F_3 也加在杠杆的左侧。但是差值弹簧的推力

位置开关	触点图形	起始位置	中间位置	极限位置
用于检测起始位置 S1	动合	闭合	断开	断开
	动断	断开	闭合	闭合
用于检测极限位置 S2	动合	断开	断开	闭合
	动断	闭合	闭合	断开

/// 触点闭合

== 触点断开

图 1-3 位置开关触点的工作状态

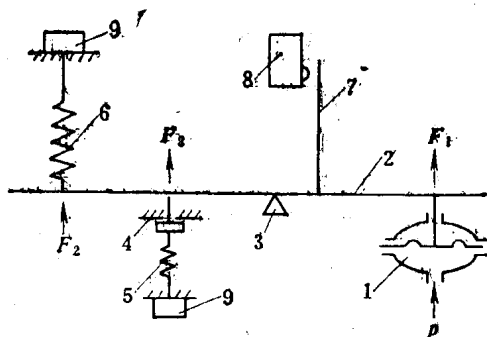


图 1-4 压力开关工作原理示意

1—测量元件; 2—杠杆; 3—支点; 4—限位器; 5—差值弹簧; 6—复位弹簧; 7—顶针簧片; 8—微动开关; 9—调整螺钉

由于受到限位器 4 的限制, 它只能在 $F_1 > F_2$ 时 (分析时略去力臂的作用), 杠杆作反时针方向偏转后才能加到杠杆上, 因此在没有被测压力时, 差值弹簧的上端被限位并与杠杆脱离。

当被测压力上升, 产生的力 F_1 大于复位弹簧力与差值弹簧力之和 $F_2 + F_3$ 时, 杠杆可以继续反时针偏转并使微动开关动作, 送出开关量信号。当被测压力下降, 产生的力 F_1 小于 $F_2 + F_3$ 时, 杠杆顺时针偏转, 偏转一定角度后差值弹簧产生的力不起作用。如果 F_1 继续减小, 当 $F_1 < F_2$ 时, 杠杆继续顺时针偏转, 直至使微动开关复位。

由此可见, 压力开关的动作值等于大于复原值加上差值 ($F_1 \geq F_2 + F_3$), 而复原值则为复位弹簧的力 F_2 ($F_1 \leq F_2$)。调整两个弹簧上面的调整螺钉, 可以改变压力开关的动作压力值和复原压力值。

压力开关有高、中、低和微压压力开关等多种, 测力机构多采用力平衡原理, 测量元件有单膜片、双膜盒、波纹管、弹簧管和大圆形橡胶膜等, 可根据被测压力的高低选用合适的测量元件。

压差开关实际上是压力开关的一个品种, 它和压力开关的区别仅是测量元件为双室的。

三、其它开关量发送器

(1) 流量开关: 在火电厂中, 大部分蒸汽和水的流量都是采用节流方法测量的, 利用孔板和喷嘴等已经标准化了的节流装置将流量值转换为压差值。输出开关量信号的流量开关采用了一个压差开关, 用它测量节流装置转换出的压差值, 并根据节流装置的流量-压差特性整定压差开关的流量动作值, 即可得到流量的开关量信号。用节流装置和压差开关组成的流量开关主要用于精确度要求较高的场合。

此外, 还有许多流体流动的工况并不需要用准确的流量值来反映, 例如管道中所设滤网的堵塞信号、磨煤机的断煤信号、冷却水管道的断流信号、润滑油泵启动后有回油的信号等。这些流量的开关量信号可以采用更简单和更直接的方法取得。

管道中滤网的堵塞反映在滤网前后的压差增大, 因此可以直接使用压差开关测量滤网前后的压差。当压差增大时, 由压差开关送出滤网堵塞的信号。

磨煤机的断煤信号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、连在轴端部的一块压板以及可由压板按压的微动开关组成。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; 当煤断流时, 挡板靠重力返回, 带动压板按压微动开关, 送出断煤信号。

在要区别管道中水或油的流量有无处, 可以采用挡板式或浮子式流量开关, 也称为液流信号器。流体通过流量开关时, 推动挡板或浮子, 它们的位移通过杠杆带动外部的微动开关动作, 或者通过磁钢使外部的舌簧管的触点动作, 从而发出开关量信号, 用以判断管道中的液流是否存在。

(2) 液位开关: 常见的液位开关有两类, 一类是浮子式的, 另一类是电极式的。

浮子式的液位开关是利用液体对浮子的浮力来测量液位的。当液位变动达到一定数值时, 浮子带动的磁钢将使外部的舌簧管触点动作, 触点闭合后可送出开关量信号。

电极式液位开关是利用液体的导电性来测量液位的。开关是一对上下安置的电极，当容器内的液体没有触及上部电极时，电极之间的电阻极大，中间继电器线圈的电路不通，继电器处于释放状态。当液体的液位上升并触及上部电极时，液体的导电性使两个电极之间的电阻急剧降低，中间继电器线圈的电路导通，继电器吸合，它的触点送出液位的开关量信号。

利用平衡容器输出的压差值配合压差开关，可用来测量高温高压容器内的液位，输出开关量信号。

(3) 温度开关：对于不同的温度测量范围，应选用结构不同的温度开关，在 $0\sim 100^{\circ}\text{C}$ 的温度范围内，通常采用固体膨胀式的温度开关，在 $100\sim 250^{\circ}\text{C}$ 的温度范围内，大多采用气体膨胀式的温度开关，对于 250°C 以上的温度范围，则只能采用热电偶或热电阻温度计，经过测量变送器转换为模拟量电信号，再将电信号转换为开关量信号。

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，输出温度的开关量信号。例如，有一种温度开关是用双金属片（黄铜片叠在钢片上）构成的，由于黄铜片的线膨胀系数较钢片大，在受热后，双金属片就会发生弯曲。当达到规定温度时，双金属片的自由端（温度开关的动触点）产生足够的位移，与固定的静触点断开，送出开关量信号。

气体膨胀式温度开关是按气体压力式温度计的原理工作的。它有一个测温包，内充氮气，通过密封毛细管接到压力开关的测量元件中。当被测温度达到规定值时，温包内的充气压力使压力开关动作。

(4) 火焰检测器：火焰检测器用于监视锅炉燃烧器的火焰状况。输入检测探头的火焰信号（强度和频率）通过变换电路处理后成为开关量信号，用以向运行人员显示或向自动装置提供燃烧器火焰存在与否的信号。火焰检测器的种类很多，常见的有火焰导电电极，紫外线火焰检测器和红外线火焰检测器等。火焰检测器是大型锅炉燃烧系统程序控制和安全保护所需要的重要开关量发送器之一。

第四节 开闭式阀门的操作及其控制电路

火电厂中使用得最为广泛的执行部件是电动执行器。在程序控制系统中，控制装置输出的开关量操作命令有相当大一部分是通过电动执行器去控制各种开闭式阀门的。能够接受开关量信号的控制，直接操作阀门自动开闭的电动执行器称为阀门电动装置。

一、火电厂使用的开闭式阀门概况

在火电厂中，配用阀门电动装置进行操作的阀门种类主要有闸阀、截止阀、蝶阀和球阀等。

闸阀的启闭件是闸板形的，闸板沿着与流体流向相垂直的方向作直线运动，截断或开启流体流动的通道，它是火电厂中大口径管道上（ $D_s > 100\text{mm}$ ）使用的主要阀门。

截止阀的启闭件是塞形的阀瓣，阀瓣上下作直线运动，去截断或开启流体流动的通道。它是火电厂中使用得最多的一种阀门， $D_s = 100\text{mm}$ 以下的管道上几乎全部使用截止