

中等专业学校教材

# 热工开关量控制系统

饶 纪 杭

1.6

水利电力出版社

## 内 容 提 要

本书介绍火电厂运行控制中开关量信息的处理以及控制的理论和知识,内容包括自动报警、自动保护、联动控制和顺序控制的原理以及设计方法等。本书还分析了火电厂热工自动化系统的构成。

本书为中等专业学校“电厂热工测量及自动化”专业的教材,也可供从事火电厂自动化工作的工程技术人员学习参考。

### 中等专业学校教材 热工开关量控制系统

饶 纪 杭

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

水利电力印刷厂印刷

787×1092毫米 16开本 11印张 244千字 1插页

1985年10月第一版 1985年10月北京第一次印刷

印数0001—5920册 定价2.00元

书号 15143·5870



# 前 言

火电厂热工过程的自动化是由自动检测、自动控制、自动保护和自动报警四部分组成的，其中自动检测（即热工测量与显示）和含有反馈回路的闭环自动控制（即自动调节）均有专门的课程阐述，而其余部分都属于开关量信息处理及控制的内容。随着火电厂热工自动化水平的不断提高，这些部分对保证机组安全经济运行的作用越来越显得重要了。

为了适应这一情况，水利电力部所属各中等专业学校的热自专业均设专门课程讲授这些内容，并于1982年8月召开的“水利电力部中等专业学校电厂热工测量及自动化专业教学计划及课程大纲讨论会”上决定编写本书，作为“热工开关量控制系统”课程的教材。

本书包括火电厂热工自动化系统的结构、自动报警、联动控制、自动保护和顺序控制等五项主要内容，除了着重阐述开关量信息处理和控制的原理外，还提供了某些火电厂中的应用实例。本书内容着重理论联系实际，以便于掌握基本概念，并供实际工程设计中参考。

本书是根据作者1982年在西安电力学校讲课时的讲义并参考了重庆电力学校的有关讲义编写的。由于作者水平有限，在素材收集、内容安排、概念的阐述及文字表达等方面都还相当粗糙，恳切希望读者批评指正。

编 者

1983年11月

# 目 录

## 前 言

|                            |    |
|----------------------------|----|
| 第一章 绪论 .....               | 1  |
| 第二章 火电厂自动化系统的结构 .....      | 4  |
| 第一节 火电厂自动化的发展过程 .....      | 4  |
| 第二节 局部自动化的应用 .....         | 5  |
| 第三节 分级的自动控制系统 .....        | 6  |
| 第四节 分级控制的基础——执行级 .....     | 7  |
| 第五节 分级控制的核心——局部自动控制级 ..... | 8  |
| 第六节 分级控制的首脑——协调级 .....     | 9  |
| 第七节 分级控制系统的特点 .....        | 9  |
| 第八节 分级控制系统的布局及控制室 .....    | 10 |
| 第三章 控制系统的基础部件 .....        | 13 |
| 第一节 变送器 .....              | 13 |
| 第二节 行程开关 .....             | 15 |
| 第三节 压力开关 .....             | 17 |
| 第四节 温度开关 .....             | 19 |
| 第五节 液位开关 .....             | 21 |
| 第六节 流量开关 .....             | 24 |
| 第七节 电量转换开关 .....           | 25 |
| 第八节 火焰转换开关 .....           | 27 |
| 第九节 执行机构 .....             | 27 |
| 第十节 阀门电动装置 .....           | 28 |
| 第十一节 气动和液动执行机构 .....       | 30 |
| 第十二节 电磁阀 .....             | 32 |
| 第四章 自动报警系统 .....           | 36 |
| 第一节 自动报警系统的功能 .....        | 36 |
| 第二节 自动报警装置的结构特性 .....      | 38 |
| 第三节 典型报警装置介绍 .....         | 39 |
| 第四节 报警信息的基本内容 .....        | 43 |
| 第五节 报警信息的处理 .....          | 45 |
| 第六节 厂用电机事故报警 .....         | 50 |
| 第五章 执行级的控制 联动控制 .....      | 51 |
| 第一节 联动控制的基本概念 .....        | 51 |
| 第二节 厂用电机的控制电路 .....        | 52 |
| 第三节 阀门电动装置的控制电路 .....      | 55 |

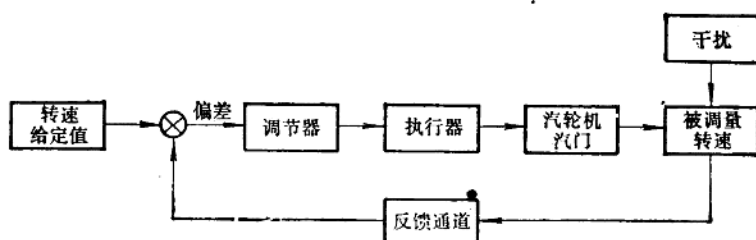
|      |                    |     |
|------|--------------------|-----|
| 第四节  | 气动和液动阀门的控制回路 ..... | 57  |
| 第五节  | 联动控制系统的构成原则 .....  | 60  |
| 第六节  | 两台水泵的联动控制 .....    | 62  |
| 第七节  | 射水抽气系统的联动控制 .....  | 65  |
| 第八节  | 汽轮机润滑油泵的联动控制 ..... | 67  |
| 第九节  | 电动给水泵的联动控制 .....   | 70  |
| 第十节  | 锅炉燃烧系统的联动控制 .....  | 72  |
| 第十一节 | 锅炉送引风机的联动控制 .....  | 74  |
| 第十二节 | 制粉系统的联动控制 .....    | 79  |
| 第十三节 | 凝汽器冷却水的联动控制 .....  | 81  |
| 第十四节 | 联动控制系统的设计 .....    | 84  |
| 第六章  | 自动保护 .....         | 88  |
| 第一节  | 自动保护的基本概念 .....    | 88  |
| 第二节  | 汽轮机的自动保护 .....     | 91  |
| 第三节  | 锅炉的自动保护 .....      | 97  |
| 第四节  | 单元机组的自动保护 .....    | 104 |
| 第五节  | 高压加热器的保护 .....     | 105 |
| 第六节  | 汽轮机本体监视检测装置 .....  | 107 |
| 第七章  | 顺序控制 .....         | 113 |
| 第一节  | 顺序控制的基本概念 .....    | 113 |
| 第二节  | 顺序控制器的特点 .....     | 118 |
| 第三节  | 顺序控制在火电厂中的应用 ..... | 119 |
| 第四节  | 顺序控制的设计 .....      | 122 |
| 第八章  | 固定式顺序控制器 .....     | 126 |
| 第一节  | 顺序控制器的电路特点 .....   | 126 |
| 第二节  | 继电器的逻辑电路 .....     | 127 |
| 第三节  | 半导体逻辑元件 .....      | 131 |
| 第四节  | 顺序控制器电路的设计 .....   | 132 |
| 第五节  | 有触点式顺序控制器的实例 ..... | 136 |
| 第六节  | 无触点式顺序控制器的实例 ..... | 138 |
| 第九章  | 可变式顺序控制器 .....     | 143 |
| 第一节  | 机械步进式顺序控制器 .....   | 143 |
| 第二节  | 矩阵电路的工作原理 .....    | 148 |
| 第三节  | 矩阵式顺序控制器的实例 .....  | 154 |
| 第四节  | 可编程控制器 .....       | 167 |

# 第一章 绪 论

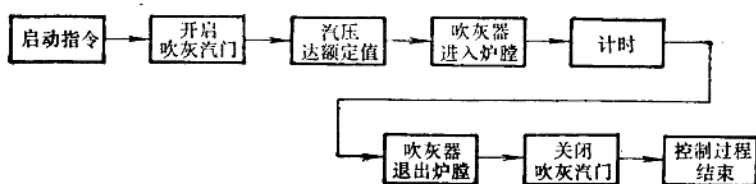
在火电厂中，机组的自动化通常包括四个组成部分，它们就是自动检测、自动控制、自动报警和自动保护。这四个部分分别承担着不同的任务，并且互相密切配合，共同完成保证机组安全、经济运行的总任务。

自动控制有两种不同的类型，例如汽轮机的转速是靠自动控制维持在额定值的，而锅炉的吹灰器也是靠自动控制投入和退出工作的。这两个例子都是靠自动控制去完成特定任务的，然而这两个例子中的自动控制却属于完全不同的两类自动控制。

维持汽轮机转速稳定的这类自动控制，利用反馈的方法将被控制量与给定值进行比较，再根据比较的结果进行必要的控制，最终使被控制量维持在要求值，或者克服外来干扰而保持在原来值，如图1-1中的(a)所示。这类自动控制通常称为自动调节。实现这类自动控制功能的装置称为自动调节器。在自动调节系统中，被调量(被控制量)通过反馈通道引回调节器的输入端，因此也称为反馈控制。



(a)



(b)

图 1-1 两类自动控制  
(a)反馈控制；(b)开关控制

投入和退出锅炉吹灰器的自动控制则为另一类自动控制。这类自动控制，根据热力过程的工况和被控制设备的状态等条件，按照预先规定的顺序去控制所有被控制对象，如图1-1中的(b)所示。在这类控制系统中，检测、运算和控制用的信息全部是仅仅具有“有”和“无”两种状态的信息。这种仅具有两种状态的信息称为开关量信息，亦即数字技术中的二进制信息，所以这类控制称为开关控制。又因为开关量信息是属于数字技术领

域的, 所以也称数字控制。一般机床的数控技术就是指这种类型的自动控制。由于控制动作是按顺序进行的, 所以也称为顺序控制。

顺序控制过去一般称为程序控制。为了避免和自动调节领域内的程序调节(给定值按预定程序改变的自动调节, 也称为程序控制)相混淆, 机械制造部门及其他部门已改用顺序控制这一名称。因此, 在本书中也使用顺序控制一词。

在火电厂中, 对于控制对象数量少的顺序控制, 通常称为联动控制。它的实现方法较简单, 主要用于机组主辅设备的启动和停止过程中。它所控制的对象一般仅有 2~3 个。

自动检测是监视对象工作情况的工具。它使用各种测量变送器, 将火电厂中各类物理量(热工参数和电工参数等)转换为统一的电流形式或电压形式的模拟量信息, 并通过显示仪表或其他显示器供值班人员及时掌握整套机组的运行情况。

自动报警则是监视对象异常情况的工具。它利用灯光(光字牌)和音响(电铃或电喇叭)警告值班人员机组的热工参数、主辅设备或各自动装置已经出现异常情况。自动报警系统使用的信息也是开关量信息。在火电厂中, 自动报警习惯上被称为信号(技术信号或工艺信号)。考虑到信号一词与信息一词有相同的涵义, 而且又不能准确反映报警的功能, 所以在本书中采用了其他工业部门中通用的名词——自动报警。

自动保护是保护机组避免设备损坏事故的自动化手段。当机组出现危险情况而无法制止其发展时, 自动保护将采用最极端的措施, 用停止机组主辅设备运行的方法来保护它们。因此, 自动保护也称为机组的跳闸系统。自动保护采用的检测和控制信息也是开关量信息。事实上, 也可以认为, 自动保护是机组出现危险时专用的开关控制。

上述火电厂自动化的四个组成部分, 除了自动控制中的自动调节和自动检测分别有专门的课程讨论外, 其余部分, 即自动控制中的开关量控制(联动控制和顺序控制)、自动报警和自动保护均属本课程的讨论范围。因此, 本课程的内容是相当繁杂的, 涉及的知识面也较广。

自动化的四个组成部分是互相配合共同完成机组自动化任务的, 它们之间的分工、协调和配合是至关重要的。为了弄清它们之间的关系, 我们首先要讨论单元机组自动化系统的结构。

为了实现自动控制任务, 除了自动装置本身外, 还包括向自动装置提供信息的变送器和执行自动装置控制指令的执行器。这三者必须密切配合, 才能共同完成自动控制的任务, 突出或偏废任何一个环节都会影响整个任务的完成。过去火电厂中某些顺序控制系统不能发挥实效的原因绝大部分是不重视这三者的配合, 不适当地突出自动装置而忽视执行器与变送器所造成的。为此, 我们除了研究自动装置本身外, 还要仔细研究开关量控制系统的变送器和执行器。弄清它们所应具备的性能、它们的典型结构和使用调整时的一系列问题。

对象既接受自动装置的干预, 也向自动装置提供信息, 是整个自动控制系统中的一个重要环节。对象的控制特性和运行方式等都会直接影响自动控制的效果。在某些情况下, 对象的结构或运行方式稍作变动就可以使自动控制系统变得简单和有效。对象能否实现自动化, 在很大程度上是由对象本身决定的, 例如锅炉配用了油燃烧器之后才使锅炉的点火

自动化（燃烧器的顺序控制）得到了实现。由此可见，考虑任何对象的自动化时，都不能只局限在自动装置这一范围内。只有对机组的主辅设备进行深入的了解并和从事这些专业的同志共同努力，才能顺利地实现自动化并使自动化在生产中发挥实效。

自动化工作的全过程应该包括设计、安装、调整和使用四个阶段。每个阶段的工作对于实现自动化都有着直接的影响。其中，特别是设计工作还影响着每个阶段的工作，所以必须给以足够的重视。任何自动化系统和自动装置在设计过程中一经选定，在安装、调整和使用过程中是很难进行较大修改的。因此在设计过程中必需通盘考虑，既要注意选择合理的自动化系统、选用合理的自动装置，还要注意与机组主辅设备的配合。只有精心设计并辅以精心安装和调整，才能保证自动化能满足机组安全、经济运行的要求并在使用过程中取得实效。

## 第二章 火电厂自动化系统的结构

### 第一节 火电厂自动化的发展过程

从五十年代初第一个五年计划开始,我国大规模引进了火力发电机组。这些机组带来了配套的自动化装置。这些自动化装置,除了常规的检测仪表外,还包括锅炉的单回路自动调节器和有限的汽轮机单项自动保护装置。机组的热力系统全部是母管制系统,而机组的监视和控制则全部是分散进行的。每台机组的各个部分,分别由分散地设在就地的若干个控制点进行监视和控制。在每个控制点均设有控制盘,盘上装有显示仪表和控制开关,而每个控制点都设有值班人员负责监视和控制该控制点所辖的机组主辅设备。分散在全厂的各个控制点再由值长进行统一的指挥和必要的协调。分散的控制点包括锅炉本体、汽轮机本体、上煤、除灰、除氧给水、制粉和汽包水位等。值长的工作岗位设在电气的主控制室。他通过直通电话和联系信号等手段指挥所有就地控制点。分散控制的各个控制点都设在被控制设备的附近。各个控制点的控制盘上均设有显示仪表和部分控制开关。虽然采用了部分自动调节器,但大部分的控制任务还是由值班人员在就地靠人工完成的。分散控制灵活性强,控制及时,从局部来看它的控制效果还是比较好的,而且自动化装置的投资少。但是,它却存在着非常严重的缺点,就是各个局部之间的协调不及时,而且依靠人工监视和控制,对于值班人员来说,体力和脑力劳动强度都是比较高的。然而,这些缺点对于中小容量机组和按母管制运行的机组来说还是可以容忍的。

六十年代初,中间再热机组的出现动摇了母管制的运行方式。中间再热机组使单台锅炉和单台汽轮机之间的关系更加密切了,而各台锅炉或汽轮机之间的关系却疏远了,这就形成了单元机组。单元机组要求锅炉和汽轮机的运行工况互相协调,因此再沿用原来的分散控制方式已不能适应运行要求。这样按单元机组作为整体的机炉集中控制方式也就应运而生。由于当时主、辅机的性能还不适应新的运行方式的要求,自动化装置的品种和性能也不能完全适应集中控制的要求,再加以习惯势力的影响,初期的单元机组集中控制还仅仅是原来各个分散控制点的集中。这时,在单元机组的集中控制盘上还不能完成机组正常运行过程中的主要监视和控制。机组启动和停止过程中的监视和控制任务,还必需由现场的值班人员依靠人工去完成。以后,随着自动化系统和装置的不断发展,单元机组的集中控制日益完善。目前,几乎机组的全部监视和控制任务都可以在集中控制盘上完成。

采用单元机组集中控制方式时,机组的全部控制指令均由同一个控制点(集中控制盘)发出。当机组的容量不很大时,这种集中控制是具有控制及时、配合得当等优点的。当机组容量增大时,由于热力系统变得复杂和辅机数量增加,使得控制盘尺寸庞大,盘上的监视和控制设备过多,这就意味着值班人员劳动强度的增大。就英国中央电力局(C.E.G.B)提供的资料来看,一套500MW机组从开始启动直至并入电网,值班人员需要完成900个动作。在这些动作中,有400个是操作开关的动作,有500个是监视仪表的动作。而且

在最紧张时, 5min内就要求值班人员去完成40个动作。从上述数字可以看出, 在机组启停过程中值班人员的劳动强度是相当大的。上述数字并不包括机组启动前的准备工作, 因为这类准备工作主要是由于机组检修时切除了辅机或局部热力系统所造成的, 在机组正常启动或停止过程中是不必进行的, 所以没有必要全部引到集中控制盘。机组启动前的准备工作是由值班人员到就地进行的。尽管如此, 采用了直接集中控制方式后, 大容量单元机组的集中控制盘尺寸仍然是相当庞大的。例如, 300MW单元机组的控制盘和控制台的长度已经接近15m, 盘上的显示仪表和控制设备的数量都已经接近500个。这种大规模的集中控制盘是根本无法由少数值班人员进行监视和控制的, 当然也就很难作到对各个局部的控制互相协调了。

因为人的思维和行动都会受到外部条件的影响和干扰, 所以产生偶然差错是难免的, 特别是在要求较短的时间内处理大量信息并做出决策时, 出现差错的可能性就更大。而在机组启动或停止过程中的任何操作错误又都是可能产生严重后果的。因此, 仅依靠人工进行单元机组的直接集中控制, 投资增加了, 效果却不明显。为此, 必须寻求更合理的解决办法。

## 第二节 局部自动化的应用

为了保证机组的安全、经济运行并尽可能地减轻值班人员的劳动强度(包括脑力劳动和体力劳动的强度), 必须更广泛地应用自动化技术, 以代替人工劳动。

近年来, 在火电厂中, 完成单一任务并且影响面小的局部自动化得到了广泛的应用, 并已取得了实效。这些局部自动化包括单回路的自动调节、单项的联动控制和辅机(或辅助系统)的顺序控制等。

单回路自动调节用于自动维持机组各部分的次要热力参数。这些参数对调节品质的要求并不严格, 而且控制对象对机组的经济性虽有一定影响, 却并不会影响机组的安全运行。因此, 在采用了单回路自动调节后, 这些对象的控制手段也就可以从控制盘上取消。关于这些自动调节装置和被控参数的工作情况, 也没有必要在盘上通过显示仪表来显示, 它们的工作情况完全可以使用报警装置来监视。单回路自动调节多选用气动基地式调节器。基地式调节器通常和执行器以及调节机构——阀门组成一体, 结构简单, 使用方便。通常一套单元机组可以使用几十项单回路自动调节, 例如水箱或加热器的液位调节和转机润滑油温调节等。

联动控制主要用于各个辅机之间以及辅机与各个有关设备之间的联系, 它可以将关系密切的控制项目联系起来自动进行操作, 每个联动控制项目通常仅将几个控制对象联系在一起进行自动控制。联动控制的主要目的是为了提高各个控制对象的安全性。对于备用设备的自启动、故障设备的自动停运、条件不具备时的禁止控制和条件满足时的自行动作等控制功能, 均可利用联动控制来实现。在使用了联动控制后, 控制对象的远方控制手段是否仍应保留在集中控制盘上, 则应通过具体分析后区别对待。例如, 具有联动控制的泵, 因为它的启动和停止还要依靠人工决定, 所以它的远方控制手段必须保留在集中控制盘上。

至于泵的出口阀门，如果采用联动控制，可以按照泵的运行或停止信息自动开启或关闭，完全不需要人工干预，当然也就没有必要一定要在集中控制盘上保留远方控制手段了。通常一套单元机组能够实现的联动控制项目可以达到几百项。

至于顺序控制，则是将关系密切的多个控制对象集中起来按照预先规定的条件和顺序实现自动控制。它不仅可以提高控制这些对象时的安全性，还可以大大降低值班人员的劳动强度。通常顺序控制的范围多限于共同完成同一任务的一组控制对象，例如锅炉油燃烧器的顺序控制，所控制的对象包括点火器、油燃烧器、风挡板、燃油阀门等。在实现了顺序控制以后，它所管辖的控制对象的启动和停止都可以自动进行而不需人工的干预。这些控制对象的独立控制手段和监视手段，一般来说是没有必要再保留在集中控制盘上的。至于顺序控制本身工作情况的监视任务也可以交给自动报警系统去完成。由于每个顺序控制项目所管辖的设备较多，因此一套单元机组上所采用的顺序控制项目的数量还是比较少的，一般不过几项，例如锅炉油燃烧器的顺序控制、锅炉吹灰器的顺序控制、锅炉定期排污的顺序控制、水处理系统的顺序控制和汽轮机的自启停，等等。

这些局部自动化项目由于功能单一，设备较简单，因而工作时的可靠性也就相对地提高了。它们控制范围内的控制对象已不必再由人工进行监视和控制。为了掌握局部自动化的工作情况，只监视控制对象和局部自动装置本身的工作是否出现异常就够了。这一监视任务对于自动报警系统是完全胜任的。因而在采用了局部自动化后就可以大大地减少集中控制盘上的监视手段（显示仪表）和控制手段（控制开关）的数量。当然这也相应地增加了自动报警光字牌的数量，但总起来说集中控制盘的尺寸可以大大缩小。这对于减轻值班人员的劳动强度和减少人工误操作都是十分有利的，显然可以大大提高机组运行的安全性。当然这一优点只有在所有局部自动装置本身工作可靠并且已经取得实效时，才能体现出来。

### 第三节 分级的自动控制系统

为了解决大容量火力发电机组实现集中控制后出现的新问题，亦即在大量显示仪表和操作开关都集中安装在集中控制盘上要求由少数值班人员去监视和控制的情况下，如何在安全经济的前提下保证机组各个部分协调工作的问题。六十年代初期，国外曾经有过两种不同的意见和做法。一种意见认为，当时初露头角的电子计算机具有迅速处理大量信息和准确做出决策的能力，完全能适应在集中控制情况下监视和控制大容量机组的要求。持这种意见的主要是美国人。他们于六十年代中期先后在小吉普赛电厂（Little Gypsy）的一台230MW机组和一台420MW机组上，进行了使用一台电子计算机控制整套单元机组的尝试。但是，由于当时电子计算机的容量、速度和可靠性都还不能适应火电厂大容量机组集中控制的要求，试验未能达到预期效果。

另一种意见正好和前者相反，认为应将任务分散进行。为此，必须发展局部的自动控制，将整套机组的监视和控制任务分散给各个局部的自动控制系统去完成，值班人员的任务只是指挥这些局部的自动控制系统，协调它们之间的工作，并且负担某些重要控制对象

的直接监视和控制任务。这种控制方式可以看作是集中和分散相结合的控制方式，亦即局部性的任务分散给各个局部自动控制系统去执行，而总体的任务则集中进行，故亦称作集散系统。这种控制方式就是分级自动控制系统的基础。

为了分析和研究的方便，通常将单元机组的自动控制系统分成三级，即执行级、局部自动控制级和协调级。执行级是每个控制对象的直接控制手段，局部自动控制级则通过执行级去控制若干个关系密切的控制对象，协调级则用来指挥各个局部自动控制级。分级自动控制系统结构如图2-1所示。

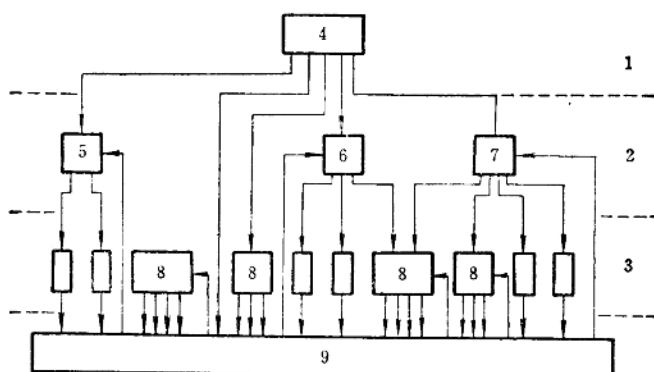


图 2-1 分级自动控制系统结构

1—协调级；2—局部自动控制级；3—执行级；4—值班人员或自动装置(电子计算机)；5—自动调节装置；6—顺序控制装置；7—自动保护装置；8—联动控制；9—生产过程

#### 第四节 分级控制的基础——执行级

执行级的每个单元就是每个控制对象的最基本的远方控制手段。它包括执行机构和控制执行机构的控制电路。对于风机和水泵等转动机械来说，它们的执行级就是拖动风机和水泵的电动机和电动机的控制电路。对于电动阀门来说，它们的执行级就是驱动阀门的电动装置和电动装置的控制电路。对于使用其他能源的阀门，象气动阀门和液动阀门，它们的执行级就是阀门的驱动装置和控制驱动装置的元件（如控制气源或液源的电磁阀和电磁阀的控制电路）。而对于机组的跳闸装置来说，它的执行级就是跳闸用的电磁铁和电磁铁的控制电路。执行级的各类单元都是在机组实现集中控制的初期发展起来的。它们都可以接受人工远方控制，因而才可能实现机组的集中控制。

执行级中的某些单元本身可以具备一定的自动功能。联动控制就是利用执行级单元之间的相互关系将几个执行级的单元联系在一起，自动完成单项控制任务的。它不需配备专用的自动装置，也不需要人工的干预。例如，将水泵电动机已经运行的信息直接送入水泵出口电动阀门的控制电路，就可以实现水泵启动后自动开启出口阀门的功能。因而每一成组设备的联动控制本身就是执行级中的一个大单元。

执行级的绝大多数单元都是接受局部自动控制级指挥而工作的，例如受自动调节装置指挥的执行机构和受顺序控制装置指挥的电动阀门和转动机械等。一般情况下，接受局部

自动控制级指挥的执行级的各个单元都没有必要受人工的干预。因此在集中控制盘上不再设这些执行级的人工远方控制的手段（开关或按钮）。但是，由于各种局部自动控制级的自动装置在工作过程中仍然存在着发生故障并退出工作的可能性，此外在这些自动控制系统的调整和维修过程中还需要单独控制它们所管辖的执行级，因此这些执行级的人工远方控制手段还需要设在局部自动控制装置上或者其他合适的地点。至于对机组的安全运行有直接影响的执行级单元，即使它们是接受局部自动控制装置指挥而工作的，在集中控制盘上仍然要保留它们的远方控制手段。

某些控制对象，由于对机组的安全运行影响较大或者还不能实现自动控制，它们的执行级单元必需直接接受值班人员的指挥，所以在集中控制盘上必需设置这些执行级单元的远方控制手段。

各类执行级单元的控制电路均应具备足够完善的功能，它们不仅能根据值班人员或局部自动控制装置的指令准确无误地完成控制任务，而且还应有拒绝执行错误指令的功能。此外，当执行级单元本身发生故障时，它们除了能及时处理以保护执行级本身外，还应具备向局部自动控制装置或集中控制盘送去报警信息的功能。这一点，对于提高机组安全性和自动装置的利用率都是十分必要的。

## 第五节 分级控制的核心——局部自动控制级

局部自动控制级的各个自动装置都是和它们所指挥的各个执行级单元结合在一起共同完成指定任务的。例如，局部自动控制级的锅炉燃烧自动调节装置与执行级的风量调节挡板、给煤机或燃油阀门等组成锅炉燃烧自动调节系统，共同完成保证锅炉炉膛内燃烧过程经济和稳定的任务。又例如，局部自动控制级的油燃烧器顺序控制装置与执行级的点火器、调风挡板、燃油阀门、吹扫阀门等组成锅炉油燃烧器顺序控制系统，共同完成锅炉油燃烧器的点火任务。

由此可见，局部自动控制级的各个自动装置都是具有特定控制任务的，在整个自动控制系统中它们各自具有不同的功能，因而在欧洲的某些国家中将它们称为功能群（Function group）。而分级自动控制系统也被称为功能群控制系统。局部自动控制级也被称为功能控制级。某些功能群的控制范围较大，又可以分为两级，即功能群和子群（Sub group）。例如，凝结水的自动控制包括两台凝结水泵的控制和低压加热器、除氧器等系统的控制，则可分为凝结水功能群和凝结水系统内各台设备的功能子群。而子群就是执行级的一个单元或几个执行级单元组成的联动控制。

局部自动控制级的各个自动装置接受协调级或值班人员的指挥进行工作，它们各自按照预定的条件和规律指挥它们所管辖的所有执行级单元。因此，在国外（主要是日本等国）也有称局部自动控制级的各个自动装置为子回路（Sub Loop）的，意即这些自动装置都是从属于协调级的。

在火电厂中，局部自动控制级的自动装置一般有三类，即自动调节装置、自动保护装置和顺序控制装置。目前常见的有汽轮机电液调节装置，锅炉自动调节装置（在使用单元

组合仪表组成系统时，锅炉自动调节装置通常分为若干个调节装置），汽轮机自动保护装置，锅炉自动保护装置，锅炉油燃烧器顺序控制装置，锅炉吹灰器顺序控制装置，锅炉定期排污顺序控制装置，制粉系统顺序控制装置，汽轮机自启停顺序控制装置，化学水处理顺序控制装置和输煤系统顺序控制装置等。

为了使局部自动控制级的各个自动装置能接受值班人员的指挥，在集中控制盘上设有每个自动装置的远方控制开关和监视这些自动装置工作情况的显示仪表或信号灯。值班人员在集中控制盘上可以随时掌握这些自动装置的工作情况，并能及时向它们发出指挥信息。

## 第六节 分级控制的首脑——协调级

协调级是整个分级自动控制系统的最髙一级。它的任务是随时监视机组的运行工况和各个自动装置的工作情况，当它们出现异常时，及时分析判断并做出决策，然后向局部自动控制级的自动装置发出指令，指挥机组的整个自动控制系统的工作，以保证机组各个局部之间协调工作。

协调级可以由值班人员担任，也可以由专门的自动装置来担任。目前，在我国绝大多数火电厂中，协调级由值班人员担任；在个别电厂中，协调级的任务由自动装置和人共同完成。

有时为了更好地协调局部自动控制级各个自动装置的工作，还可以将协调级分成两级，即汽轮机部分的自动装置由汽轮机协调级指挥，锅炉部分的自动装置由锅炉协调级指挥，再由单元机组的协调级指挥汽轮机协调级和锅炉协调级。

与直接集中控制进行比较可以看出，作为分级自动控制系统的协调级所需处理的信息和做出的决策显然要少得多了。这样，不仅可以大大缩小集中控制盘的尺寸和减少盘上设备的数量，而且可以大大减少值班人员的体力和脑力劳动强度。这对于保证机组安全经济运行是十分有利的。在这种自动控制系统中，采用电子计算机担任协调级当然就容易取得实效，发挥人所不能及的作用。这种系统称为计算机监控（SCC）。

在国外，近年来微处理器件的发展使分级自动控制系统得到了进一步的发展。使用微处理器件组成的、具有不同功能的自动装置，不仅用作局部自动控制级的自动装置，而且也用作协调级的自动装置。在这一基础上，每个单元机组的协调级还可以进一步通过各级用微处理器件组成的自动装置接受电网调度的直接指挥，从而使自动控制系统形成一个分级的计算机网络。

## 第七节 分级控制系统的特点

（1）分级控制是在执行级各类单元和局部自动控制级各个自动装置的功能均已相当完善时才能实现的。这时，大量的监视和控制任务已由各个自动装置完成，值班人员的劳动强度降低，从而可以最大限度地减少人为误操作的出现并提高机组运行的安全性。

(2) 采用分级控制, 由于部分监视和控制任务已由局部自动控制级的各个自动装置完成, 在机组的集中控制盘上可以取消部分有关的监视手段(显示仪表)和控制手段(控制开关)。这样, 集中控制盘的尺寸可以大大缩小。在此情况下, 即使机组协调级的任务只由值班人员负担也是完全可以胜任的。

(3) 采用分级控制, 与直接集中控制比较虽然增加了局部控制级的自动装置, 但是集中控制盘上的设备减少了。而且局部自动控制级的各个自动装置可以设在被控制对象的附近, 以减少电缆的消耗。因此分级控制的投资并不会比直接集中控制的投资多。

(4) 分级控制系统中局部自动控制级的各个自动装置可以同时工作, 不必区分先后次序, 没有采用集中的电子计算机时的优先中断问题。因此, 对于保证控制的实时性, 缩短机组启动时间, 提高机组运行的安全性和经济性都是有好处的。

(5) 分级控制系统的各个局部发生故障时, 只会影响该局部的的工作, 对于整个机组不会产生严重影响, 因而对保证机组安全运行是有利的。同时, 在建立分级控制系统时, 可以先在任一局部进行试用, 试验成功后再扩大控制范围或转移到另外一个局部。这对于保证自动控制取得实效也是十分有利的。

(6) 在分级控制系统中, 执行级的各类单元是整个系统的基础。因此, 执行级的各类单元的功能尽可能地完善, 将会使整个控制系统的结构更简单和工作更加可靠。

(7) 在采用分级控制时, 为了掌握机组的运行情况和各自动装置的工作情况, 必然会使用更多的报警显示器来代替原来的显示仪表, 因此必须使报警系统的功能更加合理和完善。

(8) 在分级控制系统中, 大量控制对象的运行状态必须由局部自动控制级的自动装置进行监视, 因此必需配备适当的测量变送器。特别是在使用了联动控制和顺序控制后, 必需配备各种能提供开关量信息的测量变送器。

(9) 在分级控制系统中, 完成控制功能的重点在于基础。执行级工作的好坏将直接影响整个控制系统的工作。因此, 应为控制系统配备性能优良并能很容易和系统配套工作的执行机构。

## 第八节 分级控制系统的布局及控制室

从以上所述可以看出: 分级自动化系统是由数量众多的单元所组成的。这些单元包括局部自动控制级的各种自动装置和执行级的所有单元。

为了使分级自动化系统能够真正发挥实效, 确保整套机组的安全和经济运行, 除了应根据机组自动化的要求选用功能完善的执行级和局部自动控制级自动装置外, 还应妥善安排这些自动装置的布局, 以确保它们能协调地工作。

分级自动化系统的指挥中心是机组的集中控制盘。集中控制盘也叫炉机电控制盘(BTG盘)。整套单元机组的主要监视手段及控制手段均设置在集中控制盘上。盘上设有机组主要热工参数的监视仪表, 报警系统中已经过信息处理后的所有光字牌, 辅机和各个联动控制系统的工况监视仪表和总控制开关, 每个自动调节系统的工况监视仪表和控制

开关，每个顺序控制系统的工况监视仪表和控制开关，重要控制对象的直接控制开关以及电子计算机的显示设备等。

集中控制盘通常由控制台及控制屏组成。大尺寸的指示仪表、记录仪表、小型巡测装置、闭路电视的显示器以及全部光字牌均布置在控制屏上。小尺寸的指示仪表、电子计算机的显示设备以及全部控制开关则布置在控制台上。

有时为了更加便于运行人员的监视和操作，还可以将集中控制盘上监视和操作周期较长而重要性又稍低的设备设在另一个辅助盘上，以进一步减小集中控制盘的尺寸。设在辅助盘上的设备，一般为仅仅在启停机组时需要监视的仪表和操作设备，作经济分析用的记录仪表，联动控制系统中尚需保留的单独操作设备，以及正常运行中不需经常操作和监视的设备及仪表。

辅助盘一般采用屏式控制盘。

集中控制盘均设在机组的集中控制室内，辅助盘则可设在集中控制室内或在现场就地布置。

局部自动控制级的自动装置最常用的是：锅炉组装式调节仪表、汽轮机自动调节器、汽轮机顺序控制器、汽轮机本体保护装置、锅炉燃烧器的顺序控制器、锅炉保护装置等。

在具有协调级自动装置的系统中，协调级的自动装置主要用电子计算机。

这些大型自动装置的监视和控制手段均设在集中控制盘上，而自动装置本体则布置在与机组集中控制室比邻的控制装置室中。为了便于维修及调试，控制装置室的门是直接通往集中控制室的。

执行机构都是直接和被控制对象布置在一起的，有的执行机构还和被控制对象组装成一个整体。至于执行级的布置方式，则随执行机构的结构不同而异。对于气动或液动执行机构，操作指令大多是通过电磁阀传递的。这些电磁阀设在执行机构附近，而且通常是将若干个邻近的执行机构用的电磁阀集中布置在一个电磁阀箱中。电磁阀的控制电路则布置在继电器盘或顺序控制装置内。

厂用电动机及电动阀门的执行级控制电路均分别设在各自的配电装置内。高压厂用电机的配电装置是6kV开关柜，每台机组的6kV开关柜集中在6kV开关室中。低压厂用电机和电动阀门的配电装置，开始采用积木式结构的抽屉式配电装置。配电装置的每个单元，也就是每个抽屉，控制一台厂用电动机或一个电动阀门。在抽屉的面板上，设有各个控制对象的工况监视仪表（电流表或阀位表）和直接控制手段（切换开关、控制开关或按钮）。低压配电装置通常分别设置在现场被控制对象较集中的地点。

由执行级组成的联动控制的控制电路，主要是由继电器组成的。通常将机组所有联动控制的继电器集中装设在继电器盘上，而继电器盘则集中布置在一个专门的继电器室内。为了便于维修和调试，继电器室和集中控制室的距离应尽量接近。

测量变送器应该装设在被测参数的测点附近。当环境条件较差时（如粉尘大、温度低等），可以将邻近的变送器集中起来装在变送器保温箱内。

从上述自动化系统各单元的布置可以看出：每个自动控制系统都是由分布在不同部位的各个环节所组成的，例如联动控制系统的指令环节在集中控制盘，检测环节在变送器保

温箱，信息处理环节在继电器盘，而执行级的控制电路则在配电装置内。

集中控制盘是整套机组的指挥中心。为了便于管理，指挥中心应该距离所有被控制对象尽可能近些。每个集中控制室一般控制两台单元机组。集中控制室一般设在运转层两台机组间的适中位置。

控制室内不得有任何工艺管道通过。控制室的下部为电缆夹层。电缆夹层内不得有高温管道通过。每个集中控制室附近应有通往电缆夹层的楼梯。

控制室内应有足够的运行场地。当控制室内有两台机组的控制台并列布置时，控制台前与墙的净空距离一般不小于 5 m。两台机组的控制盘面对面布置时，两机组控制台前的平均净空距离一般不小于 8 m。

为了改善值班人员的工作条件，控制室内除了人工照明外，最好设有大面积的玻璃窗。

图 2-2 为控制两台 250MW 机组的控制室和控制装置室内的布置情况。

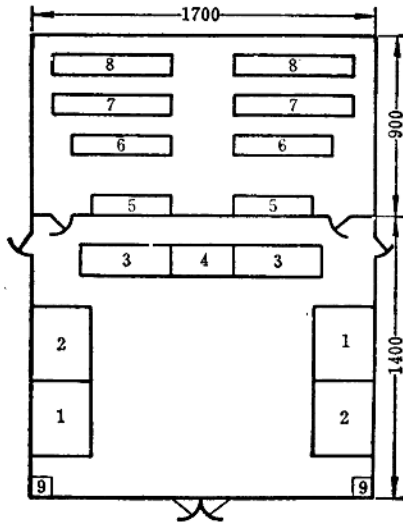


图 2-2 集中控制室和控制装置室内布置

1—锅炉控制盘台；2—汽轮机发电机控制盘台；3—辅助盘；4—两台机组的公用厂用电盘；5—电量变送器盘；6—汽轮机顺序控制装置；7—电子计算机；8—锅炉组调节仪表；9—制表打字机