

火力发电机组过程控制工程师培训教材

机组联锁 保护系统

第三册

江苏省电力科学研究院有限公司 组编
高峰 编



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

火力发电机组过程控制工程师培训教材

机组联锁

保护系统

(第三册)

江苏省电力科学研究院有限公司 组编
高峰 编



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

内 容 提 要

本书是《火力发电机组过程控制工程师培训教材》丛书的第三分册。本书全面系统地介绍了火力发电机组联锁、保护系统的控制理论,并以容量 300MW 火力发电单元机组为控制对象,重点对机组的顺序控制系统及锅炉燃烧器管理系统进行了讨论。全书共分十三章,内容包括:顺序控制系统的设计原则、300MW 机组锅炉风烟系统、主蒸汽和再热蒸汽系统、高压加热器系统、除氧器系统、给水系统及凝结水系统、其他系统的顺序控制、燃烧系统及设备、锅炉燃烧器管理系统逻辑程序及调试经验等。本书所讨论内容同样适用于 300MW 以上的其他机组。

本书内容丰富,系统性及实用性强。可作为火力发电机组过程控制工程师培训教材,也可供相关专业技术人员、管理人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

机组联锁、保护系统/江苏省电力科学研究院有限公司组编;高峰编. —北京:中国电力出版社,2004
火力发电机组过程控制工程师培训教材
ISBN 7-5083-2552-4

I. 机… II. ①江… ②高… III. 火力发电-发电
机-机组-控制技术-技术培训-教材 IV. TM621.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 086045 号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路 6 号 100044 <http://www.cepp.com.cn>)

北京同江印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2004 年 12 月第一版 2004 年 12 月北京第一次印刷

850 毫米×1168 毫米 32 开本 5.75 印张 146 千字 2 插页

印数 0001—3000 册 定价 12.00 元

版 权 专 有 翻 印 必 究

(本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换)

编审委员会

主任委员 王海林

副主任委员 蒯狄正

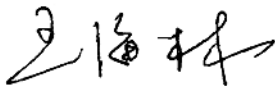
委 员 张红光 鲁松林 张 斌 陈 斌
王 继

火力发电机组过程控制系统是随着现代大型工业生产自动化的不断兴起和过程控制要求的日益复杂应运而生的综合控制系统，它是计算机技术、系统控制技术、网络通信技术和多媒体技术相结合的产物，是完成过程控制、过程管理的现代化设备。现代化的电力企业已经大规模地使用集散控制系统作为企业生产过程的自动化控制。

先进的控制技术带来的好处是显而易见的，但也要求电力企业员工特别是过程控制工程师有很高的人力素质（包括专业技能），现在电力企业的经营，人力素质的提升成为企业竞争中最重要经营策略之一。提升人力素质就是提高电力企业各方面品质，就是提高生产力，就是提高竞争力。而提高人力素质最直接、最有效而成本最低的方法就是教育培训。

随着自动控制技术的发展，在发电企业中过程控制的重要性被逐渐体现出来，为了使发电机组安全、稳定的运行在电网中，发电企业需要一大批有相当专业技能和很高人力素质的过程控制技术及其过程控制技术管理人员。过程控制工程师培训就是针对火力发电机组生产过程的热工控制专业技能的一种提高方式。

因此，江苏省电力科学研究院有限公司（江苏省电力公司技术中心）在培训讲义基础上组织编写了本套培训教材，它得到了江苏省电力公司、东南大学动力系及有关发电企业的各位领导和同仁的指导和帮助，谨向他们表示诚挚的谢意。



2004年7月6日

近年来,随着我国不断加快的经济发展步伐,电力工业也在发生翻天覆地的变化,300MW 机组已经成为中国各大电网中的主力机组。随着自动控制技术的发展,在发电企业中过程控制的重要性被逐渐体现出来,而过程控制中,联锁、保护功能的完善性是发电机组安全、稳定运行的基础。300MW 机组联锁、保护系统包括两大系统:一是顺序控制系统,另一是燃烧器管理系统。

本书介绍了火电机组联锁、保护系统的控制理论,并以 300MW 火力发电单元机组为控制对象,重点对机组的顺序控制系统及锅炉燃烧器管理系统进行了讨论,内容包括被控设备的工艺流程、控制系统的任务、被控对象的控制逻辑的设计等,并对实际运行中的一些细节问题进行了剖析。

本书有两大方面的内容。一方面是顺序控制系统,内容包括顺序控制系统的概况及设计原则,300MW 机组锅炉风烟系统、主蒸汽和再热蒸汽系统、高压加热器系统、除氧器系统、给水系统及凝结水系统、其他系统的顺序控制。另一方面是锅炉燃烧器管理系统,内容包括燃烧系统及设备的概述、逻辑程序及调试经验。本书注重它的实用性和可操作性,根据以往 300MW 机组的联锁、保护系统的调试经验,提出了一些意见供读者参考和借鉴。本书所讨论的内容也适用于 300MW 以上的其他机组。

由于作者水平有限,加之编写时间仓促,书中的描述也不够详细,谬误和不妥之处也在所难免,敬请读者批评指正。

高峰

2004 年 6 月

序

前言

第一章	顺序控制系统 (SCS) 概况	1
第二章	SCS 系统的设计原则	3
第一节	SCS 系统子组级和设备级的基本逻辑设计原则	3
第二节	SCS 系统其他设计	7
第三章	300MW 机组锅炉风烟系统顺序控制	12
第一节	风烟系统概述	12
第二节	空气预热器 A 子功能组顺序控制	17
第三节	吸风机 A 子功能组顺序控制	22
第四节	送风机 A 子功能组顺序控制	30
第五节	一次风机 A 子功能组顺序控制	33
第四章	主蒸汽和再热蒸汽系统顺序控制	37
第一节	主蒸汽和再热蒸汽系统概述	37
第二节	主蒸汽和再热蒸汽系统顺序控制	42
第五章	高压加热器系统顺序控制	47
第一节	高压加热器系统概述	47
第二节	高压加热器运行	49
第三节	高压加热器顺序控制	50

第六章	除氧器系统的顺序控制	57
第一节	除氧器系统概述	57
第二节	除氧器运行	59
第三节	除氧器设备级控制	60
第七章	给水系统顺序控制	63
第一节	给水系统概述	63
第二节	给水系统运行	67
第三节	锅炉电动给水泵子组顺序控制	71
第四节	汽动给水泵顺序控制	75
第八章	凝结水系统顺序控制	79
第一节	凝结水系统概述	79
第二节	凝结水系统运行	81
第三节	凝结水系统顺序控制	83
第九章	其他顺序控制系统	89
第一节	辅助蒸汽系统顺序控制	89
第二节	润滑油系统顺序控制	92
第三节	开式循环冷却水系统和闭式循环冷却水系统顺序控制	95
第四节	真空系统逻辑控制	101
第十章	锅炉燃烧器管理系统概述	103
第一节	锅炉燃烧器管理系统设计概念	103
第二节	形成炉膛爆炸的原因和防止措施	108
第三节	炉膛安全监控系统的主要安全功能	111
第十一章	燃烧系统及设备	114
第一节	风烟系统	114
第二节	煤粉制备系统	115

第十二章	BMS 系统的逻辑程序	122
第一节	炉膛吹扫	122
第二节	主燃料跳闸与油燃料跳闸	124
第三节	燃烧器系统公用逻辑	130
第四节	点火油枪控制	134
第五节	磨煤机组控制	141
第六节	锅炉炉水循环泵控制	156
第十三章	BMS 系统的调试经验	158
第一节	关于锅炉灭火保护的的经验	158
第二节	燃烧器管理的经验	168

顺序控制系统（SCS）概况

顺序控制系统是指 300MW 及以上机组的辅机顺序控制系统，简称为 SCS（sequence control system），它的任务主要是对大型单元机组的辅机包括电动机、阀门、挡板等设备的启停或开关进行自动控制。它可以根据生产过程的工况和被控制设备的状态等条件，按照控制系统中所预先设定的顺序实现被控设备的启停或开关。

SCS 所采用的顺序控制策略是根据 300MW 及以上机组运行的客观规律的要求而制定的，它是将电厂的辅机运行规程采用顺序控制系统的逻辑实现。采用顺序控制系统后，只需通过控制画面的单按钮操作辅机及相关设备的启停，开关就会按照设备安全启停的规定顺序和一定的时间间隔自动动作，而运行人员可通过监视器监视各控制步序的执行情况，无须人为干涉，减少了大量繁琐的操作。同时在顺序控制系统的设计中，各设备的动作都设计了安全联锁条件，只要设备的动作条件不满足，设备动作将被闭锁，这样可避免运行人员的误操作，保证设备的安全运行。

顺序控制系统一般分为三级：机组级、功能组（子组）级和设备级。

（1）机组级是最高一级控制，它是在少数人为干预下自动地完成整个机组由起始状态到高负荷，甚至是 100% 负荷的启停控制。在实现机组级的控制时，各功能组均处于自动状态，每个功能组接受机组级控制命令执行操作程序，完成后向机组级反馈完成信息，由机组级向下一个功能组发送启动命令。

（2）功能组（子组）级是实现顺序控制的核心部分，设备的

顺序控制逻辑及步序设置均在此实现，当操作人员发出功能组启动指令时，同一功能组的辅机及相关设备都将按照预定的设备安全操作顺序和一定的时间间隔实现自动启动。

(3) 设备级是顺序控制系统的基础级，它对就地控制设备直接进行控制，所有的辅机等设备的联锁逻辑的最终实现也在设备级。

根据我国现有的国产 300MW 及以上机组的可控性水平的实际情况，机组级在实际运行使用上还不能完全实现，一般在顺序控制系统的设计中只考虑功能组级和设备级两种模式。

SCS系统的设计原则

SCS 系统是火力发电厂中那些互相之间操作关系较为复杂，而且具有一定控制规律可循的机组辅助设备启动、停止运行的顺序控制系统。根据 SCS 系统分级控制的基本原则，可分为：机组级、功能组（子组）级和设备级。目前，由于机组级控制复杂、影响因素众多而难以投入，因此，我国大型机组的 SCS 系统一般只设计子组级和设备级两级控制。大型机组普遍采用分散控制系统 DCS（distributed control system）作为主要控制系统，根据 DCS 系统自身特点以及用户对 SCS 系统的控制水平要求的不同，两级控制的设计方法也是不尽相同的。SCS 系统的逻辑回路既可以设计得非常复杂，也可以设计得很简单。较为合理的 SCS 系统逻辑回路设计必须兼顾到技术和经济两方面的问题，控制逻辑设计应该基于满足设备控制要求的前提下，使用尽量少的 I/O 点数，以使 DCS 系统具有最合理的性能和价格比。

发电机组能否安全、稳定的运行，SCS 系统在其中起着十分重要的作用，而优良的设计是 SCS 系统正常运转的关键。因此在设计中，必须了解被控设备及其运行情况，并与调试人员、运行人员共同商讨，使设计方案尽可能符合实际工况，为机组的安全、经济、稳定运行创造条件。

第一节 SCS 系统子组级和设备级的基本逻辑设计原则

根据被控设备的控制方式及热力系统的运行规律，子组级和

设备级的控制逻辑可分为基本逻辑和可变逻辑两种。可变逻辑是与热力系统运行相关的逻辑，根据热力系统运行方式的不同而改变；基本逻辑是接受 SCS 系统被控设备典型的及固有的控制方式和相对固定的动作逻辑，每种被控设备都有相对应的基本逻辑。把可变逻辑和基本逻辑有机地结合起来，才能实现对被控设备运行的顺序控制，其中基本逻辑是 SCS 系统控制的基础，就像组成自动调节系统的 PID 调节器一样，基本逻辑是组成 SCS 系统控制逻辑的基本单元。

一、基本逻辑分类及相互关系

1. 子组级基本逻辑

受设备级控制的设备除了其自身的基本逻辑外，当它们结合到工艺系统中，往往有一些动作逻辑是相对固定不变的，这就是设备级的上一级——子组级的基本逻辑。根据工艺系统设备的动作规律，子组级基本逻辑可分为：子组启动/停止基本逻辑；互为备用型基本逻辑；选线控制基本逻辑等。

2. 设备级基本逻辑

SCS 系统所控制的就地设备主要有：电动机、电动门、电磁阀、电加热器等，它们是设备级直接控制的设备。根据各自控制方式的不同，设备级的基本逻辑可分为：不可调整电动门基本逻辑；可调整电动门基本逻辑；高电压电动机基本逻辑；低电压电动机基本逻辑；双线圈电磁阀基本逻辑；单线圈电磁阀基本逻辑；电加热器基本逻辑等。

子组级和设备级两者既是相互独立的，又具有一定的关系，它们之间的关系如图 2-1 所示。

二、基本逻辑的组成及功能

1. 子组级

子组级基本逻辑由信号及指令处理逻辑和状态显示逻辑两部分组成，如图 2-2 虚线框内所示。

信号及指令处理逻辑是对外部现场信号、来自其他子组级或设备级的联系信号、键盘操作指令等进行逻辑处理，确定各个指

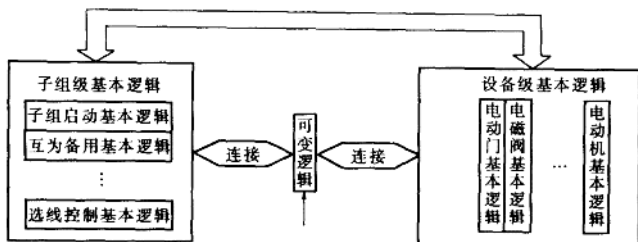


图 2-1 子组级和设备级基本逻辑的相互关系

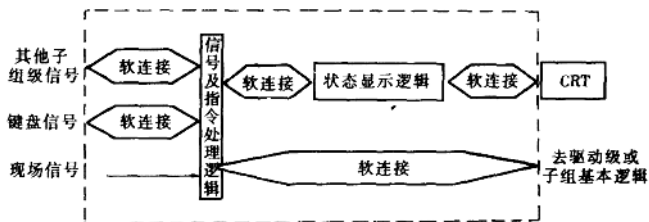


图 2-2 子组级基本逻辑

令的优先等级，形成有条件的最终控制的指令形式。

状态显示逻辑是把信号及指令处理逻辑送来的状态信号经过逻辑处理、运用色彩变化、闪光/平光、文字指示、音响提示等显示处理方法在显示器 CRT 上为运行人员提供子组设备的运行状态。

2. 设备级

设备级基本逻辑一般由外部现场信号及指令处理逻辑、控制指令形成逻辑、状态显示逻辑三部分组成，如图 2-3 所示。

信号及指令处理逻辑对外部现场信号、其他设备联系信号、后备手操信号、键盘指令等进行逻辑处理，确定各指令的优先等级，形成对设备级的控制指令。

控制指令形成逻辑对信号及指令处理逻辑送来的设备级控制

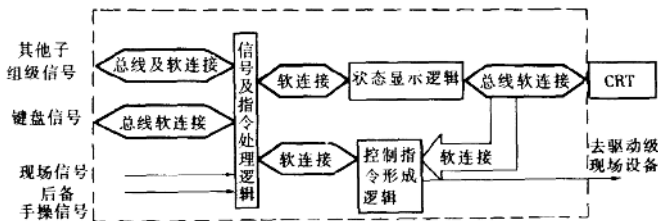


图 2-3 设备级基本逻辑

指令，针对每个被控设备控制方式，控制该被控设备具体的动作过程，最终转换成被控设备能够接受的具体指令信号，并通过被控设备的反馈信号对动作过程的正确和错误作出判断。如发长脉冲还是短脉冲指令信号，动作过程正在进行还是已经完成，动作完成后取消还是保持控制指令等逻辑。

状态显示逻辑把信号及指令处理逻辑和控制指令形成逻辑送来的状态信号，经过逻辑处理，运用色彩变化、闪光/平光、文字指示、音响提示等显示处理方法，在 CRT 上为运行人员提供本设备级的设备运行状况。如一台电动门动作显示通常用慢闪光表示正在开启或正在关闭，用平光显示已经打开或已经关闭，用黄色快闪光表示打开无效、关闭无效或电动门故障等状态显示。

3. 举例说明

下面以“送风机顺序控制系统”为例，说明基本逻辑在 SCS 系统中的具体运用方法及特点。

送风机顺序控制系统由以下被控设备组成：送风机电动机、送风机出、入口不可调整电动挡板、送风机润滑油泵电动机组。根据这些设备的控制方式，采用以下几种基本逻辑可以完成该系统的控制：子组级启、停基本逻辑；高电压电动机基本逻辑（用于送风机）；互为备用基本逻辑（用于送风机润滑油泵组）；低电压电动机基本逻辑（用于每台风机润滑油泵）；不可调整电动门基本逻辑（用于出、入口门）。

该系统如图 2-4 所示。选用以上基本逻辑，再根据送风机

在工艺系统中的启、停正常运行的发生，设计相应的控制系统的可变逻辑，并将基本逻辑和可变逻辑相互有机的结合起来，即构成了完整的送风机顺序控制系统。

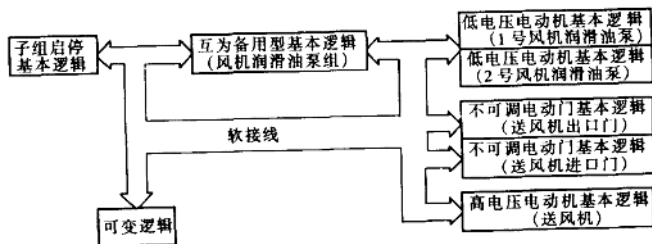


图 2-4 送风机启停逻辑构成

从上面例子可以看出，运用控制基本逻辑，使 SCS 系统具有以下四个特点：

- (1) 控制标准化程度较高，控制界面较清晰。
- (2) 控制逻辑编程工作简化，主要工作是设计控制可变逻辑，做好基本逻辑的接口工作。
- (3) 控制逻辑易于修改和扩展，相互影响小。
- (4) 可适用于硬件结构不同的各种 DCS 系统。

SCS 系统是大型机组控制的重要组成部分，基本逻辑则是 SCS 系统的基础，在此基础上，还需结合工程中每个机组具体的实际情况，注重从整体出发完善 SCS 系统控制逻辑的设计，合理的利用基本逻辑的功能，设计出实用的 SCS 系统，从而提高机组的自动化水平。

第二节 SCS 系统其他设计

一、工艺联锁开关的设置

大型机组 SCS 系统的被控对象十分多且彼此之间相互关联，若各被控对象间的工艺保护联锁逻辑关系不正常，会带来许多不

利影响。工艺保护联锁信号均为电平信号，在常规 SCS 系统中，一经接上将不能变动。通常机组的一些主重要辅机联锁逻辑都没有工艺联锁开关，可根据系统情况投/切联锁开关，但大量挡板、阀门等设备在实际运行中仍会出现“咬尾巴”现象。如风烟系统调试或检修后，运行人员希望在启动前对所有挡板、阀门逐个进行操作，这样就变得相当困难，更无法在集控室内完成。

应用 DCS 设计构成 SCS 系统，可摆脱常规方式操作的约束，充分利用计算机软件优势，结合 CRT 显示功能实现常规方式无法或难以实现的功能。为了方便分步调试或检修后的试验，在每个被控对象的设备级均可设置一个软联锁开关。软联锁开关可按功能子组划分，集中在 CRT 画面上进行显示、操作，可实现成组、单个投切，也可自动投、手动投/切，但切除软联锁开关需加以确认。采用设置这种软联锁开关的方法，在设备需退出运行时，某一个功能子组软联锁开关切除，该功能子组的各个被控对象被分解为独立的设备，可随意操作。为确保机组运行过程中所有对象的软联锁开关都在投入状态，任何一个功能子组投入自动后，将自动将该功能子组内的所有对象软联锁开关合上并保持，任何一个对象的软联锁开关未投，都将在 CRT 上的报警框内产生闪光报警，仅当所有对象的软联锁开关全部投入，闪光报警方能自动解除。

二、报警信息的处理

采用 DCS 后，所有需报警的信息（模拟量、开关量）均已进入 DCS，一方面充分利用 DCS 软件的运算及逻辑综合功能，使得在 CRT 报警显示方面的功能大大增强；另一方面可减少常规信号报警点数，突出重点地只将少数重要报警对象放在常规报警光字牌上显示，减少了因报警频繁、声/光交错对运行人员的干扰。在某些 DCS 的顺序控制设计中，也有要求 DCS 的顺序控制输出对象有报警信息的功能，主要基于 DCS 内部易于综合输出报警信号。但每输出一个这样的信号，需占用一个 I/O 通道，代价较大。通常各 DCS 的平均价格约为 350~450 美元/点。