



电力工程造价与定额管理总站
CHINA ELECTRIC POWER PROJECT COST ADMINISTRATION

电力工程造价专业执业资格考试与 继续教育培训教材

电气设备安装工程

电力工程造价与定额管理总站 编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS



电力工程造价与定额管理总站
CHINA ELECTRIC POWER PROJECT COST ADMINISTRATION

电力工程造价专业执业资格考试与 继续教育培训教材

电气设备安装工程

电力工程造价与定额管理总站 编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

《电力工程造价专业执业资格考试与继续教育培训教材》根据电力工程造价员执业需要的知识结构要求,结合2013年版电力建设工程定额、费用计算规定及电力建设工程量清单计价规范编写而成。

本册为《电力工程造价专业执业资格考试与继续教育培训教材 电气设备安装工程》,全书分为两篇,共九章。第一章系统介绍了火力发电厂、变电站和换流站电气部分的基础知识;第二章重点介绍了电气设计和安装识图的相关内容;第三章主要介绍了电气设备与材料的型号、规格及作用;第四章主要介绍了电气施工的相关知识;第五章主要介绍了电气设备安装工程概预算文件的编制基本要求;第六章、第七章重点介绍了电气设备安装工程概预算的定额与应用;第八章、第九章重点介绍了调试工程概预算的定额与应用。

本丛书作为电力工程造价专业执业资格考试指定用书,同时作为电力工程建设、设计、施工、监理、咨询等单位的工程造价人员岗位技能学习、继续教育用书,还可作为高校相关专业教学指导用书。

图书在版编目(CIP)数据

电气设备安装工程/电力工程造价与定额管理总站编. —北京:中国电力出版社,2014.8

电力工程造价专业执业资格考试与继续教育培训教材

ISBN 978-7-5123-6290-1

I. ①电… II. ①电… III. ①电力工程-电气设备-设备安装-工程造价-中国-教材②电力工程-电气设备-设备安装-定额管理-中国-教材 IV. ①F426.61

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 164549 号

中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街19号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)

北京市同江印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2014年8月第一版 2014年8月北京第一次印刷

889毫米×1194毫米 16开本 17印张 491千字

印数 0001—8000册 定价 85.00元

敬告读者

本书封底贴有防伪标签,刮开涂层可查询真伪

本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

版 权 专 有 翻 印 必 究

电力工程造价专业执业资格考试与继续教育培训教材

编 委 会

主任委员	魏昭峰				
副主任委员	郭 玮	黄成刚	张天文		
编 委	董士波	解改香	褚得成	任长余	苏朝晖
	陈 洁	李国胜	陈福飏	奚 萍	吕世森
	张 健	刘 薇	文上勇	温卫宁	任兆龙
	何远刚	傅剑鸣	谢文景	罗 涛	李大鹏
	穆 松	刘卫东	于晓彦		

本册编审人员

主 编	徐 辉				
副 主 编	肖 红				
参 编	唐玉根	郭海国	周 慧	杨剑勇	刘靖波
	宫玉琨	张 鸥	孟 森		
主 审	喻玉龙	任兆龙	温卫宁	徐慧超	夏华丽
	税全利	赖启结	王 丽	李 周	

序 言

“十二五”期间是我国全面建设小康社会的关键时期，2014年是调整产业结构、稳定经济增长的起步之年。当前我国宏观经济运行总体平稳，全社会总供给和总需求大体相当，但也存在经济下行的压力。近年来随着城镇化建设进程加快，工业化程度提高，电源结构趋于合理，电网规模不断扩大，电力消费呈现持续增长态势，电力行业发展处于良好的发展时期，但也面临着体制改革、机制创新、不断提升劳动生产率和管理水平等诸多问题和挑战。这些前进中的困难需要我们全行业的同仁们齐心协力，以与时俱进精神，锐意进取，为我国电力事业的发展贡献一己之力。

电力工业之所以成为国民经济重要的基础性行业，是因为电力产品的价格与国家建设和百姓日常生活息息相关，电价的合理与否直接关系到经济的发展和社会的稳定。又因为电价的正确核定有赖于电力建设工程造价的科学合理确定，这就更加凸显出电力工程造价管理的重要性。做好电力工程造价管理工作，一方面要有科学合理的计价依据和计价规范，另一个关键就是要培养和造就一批业务能力强、综合素质高的专业队伍。基于以上两方面的需要，电力工程造价与定额管理总站组织编制了这套教材。该套教材以电力工程造价相关知识为基础，结合国家能源局最新批准的电力定额及费用计算规定、电力建设工程工程量清单计价规范的内容和要求，图文并茂、案例丰富，力求内容全面，知识要点清晰，便于电力工程造价专业人员系统掌握电力工程造价基础理论和专业技能等方面知识，做到能识图、懂工艺、会计算、知管理。

本套教材凝聚了电力行业建设管理、设计、施工、监理和工程咨询等领域和高校几十位专家、学者的智慧和汗水，希望它的出版能为电力工程造价管理工作、电力工程造价从业人员队伍建设的规范化、专业化、系统化建设起到积极的推动作用。

魏晓峰

前 言

为贯彻实施国家人才强国战略，培养电力工程造价管理领域高级技术专业人才，规范电力工程造价管理从业人员专业执业资格考试和持证人员继续教育培训工作，促进相关工作的健康有序与可持续性发展，电力工程造价与定额管理总站组织编写了本套教材。

本套教材在体现国家最新有关电力工程造价管理方面的法律、法规、政策及规程和规范的基础上，还将新近国家能源局批准颁布实施的 2013 版计价定额与费用计算规定、新版电力建设工程工程量清单计价规范一并编入。其内容涵盖了火力发电工程、电网及配电网工程，分为综合知识、电力建筑工程、热力设备安装工程、电气设备安装工程、输电线路工程、通信工程和配电网工程七册。各册教材均采用系统模块化的编写设计，主要内容包括基础知识、设备材料、工程设计、工程施工、计量与计价等。

本套教材编写工作于 2014 年年初启动，成立了编辑委员会，组建了相应的编制组和审查组，由来自于各电力建设管理、设计、施工、监理、咨询以及高校等单位的几十位专家、学者参与了教材策划和编撰工作。经过编制组成员的辛勤努力，在各方的通力合作与密切配合下，历经多次集中编写、审查与审定，并经多方征求意见，历时半年多，完成了教材的编制与出版。

本套教材在充分借鉴以往各版教材精华的前提下，努力创新，增加了诸多亮点板块内容，不仅密切结合电力工程造价管理工程的实际工作，还较为全面地介绍了有关管理理论和专业技术与方法。本教材力求完整、系统，点面结合，强调可操作性，但又不失其深邃性。既可作为电力工程造价执业考试教材，也可兼作专业人员继续教育的培训学习和日常工作的工具用书，同时，还可作为电力行业高校工程经济类教学用书。

本套教材在编撰过程中得到国家电网公司、中国南方电网有限责任公司、中国华能集团公司、中国大唐集团公司、中国华电集团公司、中国国电集团公司、中国电力投资集团公司、神华集团公司、中国电力建设集团公司、中国能源建设集团公司和电力规划设计总院等单位的大力支持，在此一并表示衷心感谢！同时，对为本套教材付出辛苦努力的编写专家、提供基础素材和参与审查的各位领导及所有专家表示诚挚的谢意！

本套教材在编撰过程中，虽有各方大力支持与帮助，编审专家亦十分认真努力，但由于时间紧、任务重，疏漏和不足之处在所难免，恳请广大读者批评指正。

电力工程造价与定额管理总站

2014 年 6 月

目 录

序言

前言

第一篇 基础知识

第一章	概述	3
第一节	火力发电厂	3
第二节	变电站	11
第三节	换流站	18
第二章	电气设计	23
第一节	设计概述	23
第二节	安装识图	39
第三章	电气设备与材料	65
第一节	电气设备	65
第二节	材料	122
第四章	电气施工	140
第一节	施工组织	140
第二节	施工机具	159

第二篇 计量与计价

第五章 电气设备安装工程概预算编制

概述 167

第一节 工程建设预算文件编制 167

第二节 安装工程项目划分 172

第六章 电气设备安装工程预算编制 180

第一节 发电机电气 180

第二节 变压器 182

第三节 配电装置 185

第四节 母线、绝缘子 189

第五节 控制继电保护屏及低压电器 ... 191

第六节 交直流电源 193

第七节 起重设备电气装置 194

第八节 电缆 196

第九节 照明及接地 199

第十节 自动控制装置及仪表 200

第十一节 换流站设备 206

第十二节 其他单体调试 208

第七章 电气设备安装工程概算编制 213

第一节 发电机及除尘器电气 213

第二节 主变压器 215

第三节 配电装置 218

第四节 母线、绝缘子 222

第五节 控制、继电保护屏及低压
电器 224

第六节 交直流电源 225

第七节 起重设备电气装置 226

第八节 电缆 227

第九节 照明及接地 229

第十节 自动控制装置及仪表 230

第十一节 换流站设备	235	第九章 调试工程概算编制.....	258
第八章 调试工程预算编制.....	239	第一节 概述	258
第一节 概述	239	第二节 发电厂调试	258
第二节 发电厂调试	240	第三节 输变电调试	259
第三节 输变电调试	244	第四节 换流站调试	261
第四节 换流站调试	255	参考文献	263

电力工程造价专业执业资格考试与继续教育培训教材

电气设备安装工程

第一篇 基础知识

概 述

第一节 火力发电厂

一、火力发电厂电气系统概述

火力发电厂安装工程一般由热力系统、燃料供应系统、除灰系统、化学水处理系统、供水系统、电气系统、热工控制系统、脱硫脱硝系统及附属生产工程等组成。

电气系统是发电厂的一个重要生产系统，其主要功能是将发电机发出的电能进行合理输送与分配。电能输送主要包括两方面：一是将发电机的出口电压通过主变压器升高至系统电压，向系统输送电能；二是通过厂用变压器或启动/备用变压器为发电厂生产运行提供厂用电。

发电厂电气系统结构示意图如图 1-1 所示。

（一）发电机与励磁机电气

发电机与励磁机电气包括发电机、励磁机的出线间和发电机到主变压器的引出线。发电机发出的电能经过引出线传送给主变压器。

1. 发电机出线间

中、小型发电机组通常设有发电机出线间，一般布置在发电机的正下方。发电机出线间包括发电机引出线的断路器、隔离开关、电压互感器、电流互感器等设备。

200MW 及以上机组一般采用发电机—变压器组接线，不设出线间，发电机出线棒直接通过封闭母线连接到主变压器上 [目前部分机组中间增设发电机出口断路器 (Generator Circuit-Breaker, GCB)]，电流互感器放在封闭母线上，电压互感器、避雷器组成箱柜布置在平台上，中性点设备也装配为箱式结构，布置在发电机出线平台上。

2. 发电机励磁间

每台发电机都有自己的一套励磁系统，在正常运行时，由它供给发电机励磁电流，但是当工作励磁系统发生故障时，为了使发电机继续运行，作为同轴励磁机的事故备用，一般还设有备用励磁系统，备用励磁系统自动投入运行，代替工作励磁系统。励磁系统不仅供给励磁绕组直流电流，而且当电力系统发生突然短路或突加负荷、甩负荷时，对发电机进行强行励磁或强行减磁，以提高电力系统的运行稳定性与可靠性，并当发电机内部出现短路时，对发电机进行灭磁，以避免事故扩大。

励磁方式根据励磁设备的不同可分为直流励磁机励磁系统和晶闸管整流励磁系统。

直流励磁机励磁系统是励磁机和同步发电机装在同一根轴上，用直流发电机作为主励磁机。这种励磁方式运行简单可靠、调节比较稳定。随着同步发电机单机容量的日益加大，制造大电流、高转速的直

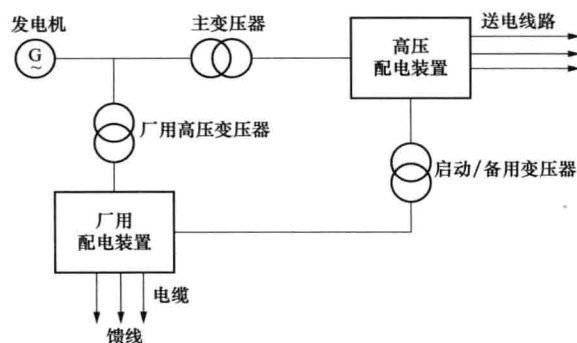


图 1-1 发电厂电气系统的结构示意图



流励磁机越来越困难,而且造价也高,因此,大型同步发电机几乎都采用晶闸管整流励磁,它是把交流电经晶闸管整流后变成直流电源,供给发电机励磁绕组。这种励磁方式反应速度快、调节性能好,励磁容量大、体积小、便于维护,成本也比较低。

一般整流变压器、晶闸管整流装置等设备按一定方式布置在封闭的箱壳内,不需要现场组装,使安装更加方便、简洁。这种励磁方式由于不需要励磁机,可缩短机组长度,减小了主厂房面积,节省投资,在 200MW 及以上机组中已经广泛采用。

带有励磁机的发电机组,通常设有励磁小间,一般布置在发电机下方 0m 处,将励磁盘柜、开关等布置在小间内部。

(二) 主变压器系统

主变压器系统包括主变压器、联络变压器、高压厂用变压器和启动/备用变压器。

(1) 主变压器是发电厂里的升压变压器,发电机出口电压一般为 6.3~27kV,但电流较大,如果直接经电力线传输,电能损耗很大,所以一般采用升高电压及降低电流的方式传送电能。主变压器主要作用是将发电机出口电压升高到电网电压,然后将发出的电并入电网。

(2) 联络变压器是指发电厂升压站中连接有功率交换的两种电压等级的变压器。大容量发电机一般采用发电机双绕组变压器单元接线,以省去价格昂贵的发电机出口断路器。如发电厂升压站有两种电压等级的母线,并有功率交换时,需在升压站增设联络变压器。联络变压器多采用三绕组变压器,变压器的高、中压侧绕组完成升压站高、中压侧母线功率交换的功能,而其低压侧第三绕组可作为平衡绕组消除三次谐波,又可作为厂用电备用电源,或连接限制内部过电压用的并联电抗器等。高、中压侧的电网为中性点直接(或有效)接地系统时,联络变压器可采用自耦变压器。交换功率变化频繁而幅度大时,联络变压器的压降变化也大,联络变压器需配备有载调压装置,以保证升压站两级母线的电压水平。

(3) 启动/备用变压器是在电厂建设期间通过升压站供给厂用电的,直到正式发电为止,所以叫启动/备用变压器。发电厂正式运行期间,厂用电是由高压厂用变压器供电的,启动备用变压器是作为厂用变压器的备用电源,通过厂用电快切或者备自投切换两个变压器。

(三) 高压配电装置

高压配电装置将发电机发出的电能汇集,再将电能分配到不同送电线路。由母线、开关设备、保护电器、测量仪表和其他附件等组成。

(四) 主控及直流系统

为了使发电厂经济可靠运行,通常要对发电厂设备进行监视、保护和控制,控制系统就起到监视、保护、控制和调节的作用。直流系统为厂内直流负荷提供直流电源。

主控及直流系统包括集控楼(室)设备、继电器楼设备、输煤集中控制和直流系统。

(1) 目前大容量机组单元控制室电气控制模式主要有 DCS+集控楼电子室 I/O 柜、DCS+电气现场远程 I/O。以常规 DCS(Distributed Control System,分散控制系统)为主体,某些子系统采用现场总控制系统(Fieldbus Control System, FCS)以及采用独立的电气微机监控系统等几种模式。

(2) 发电厂电气计算机监控系统是能实现对电气系统可靠、合理、完善的监视、测量、控制,并具有遥测、遥信、遥控、遥调等全部的远动功能,具有与调度通信中心计算机系统交换信息的能力。发电厂计算机监控系统宜由站控层和间隔层两部分组成,并用分层、分布、开放式网络系统实现连接。发电厂计算机监控系统网络设备主要包括网络连接装置、光/电转换器、接口设备和网络连接线、电缆、光缆等。

(3) 继电保护装置是指当电力系统中的电力元件(如发电机、线路等)或电力系统本身发生了故障危及电力系统安全运行时,能够向运行值班人员及时发出警告信号,或者直接向所控制的断路器发出跳



闸命令以终止这些事件发展的一种自动化措施和设备。继电保护装置的基本任务如下：

1) 当被保护的电力系统元件发生故障时，应该由该元件的继电保护装置迅速准确地给脱离故障元件最近的断路器发出跳闸命令，使故障元件及时从电力系统中断开，以最大限度地减少对电力系统元件本身的损坏，降低对电力系统安全供电的影响，并满足电力系统的某些特定要求（如保持电力系统的暂态稳定性等）。

2) 反应电气设备的不正常工作情况，并根据不正常工作情况和设备运行维护条件的不同（例如有无经常值班人员）发出信号，以便值班人员进行处理，或由装置自动地进行调整，或将那些继续运行会引起事故的电气设备予以切除。反应不正常工作情况的继电保护装置允许带一定的延时动作。电厂高压系统中常见的保护有变压器保护、线路保护、母线保护、母联保护、电容器保护和电抗器保护等。

(4) 在发电厂中，直流电源用来提供给控制、信号、保护、自动装置、事故照明、直流油泵和交流不停电电源等重要回路和辅机的用电。在发电厂中通常采用蓄电池组为主体的直流系统作为直流电源。

蓄电池组直流系统是一种独立的直流电源，由蓄电池组、充电设备、直流母线、监察设备和直流供电网组成。

(五) 厂用电系统

为发电厂的主机（锅炉、汽轮机、发电机等）和辅助设备服务的各类电动机以及全厂的运行操作、热工和电气试验、机械修配、电气照明等用电设备提供电力的供电系统，统称为厂用电系统。

厂用电率是发电厂的一项重要的经济运行指标，其值的大小是机炉发电和供热所需的自用电量消耗量分别与同一时期对应机组发电量和供热量的比值。

为了保证厂用电的连续供电，保证机组安全、经济的运行，厂用电接线应满足：①安全可靠、运行灵活；②投资少，接线简单、清晰，运行费用低；③供电的对应性；④系统的整体性。

根据火力发电厂内厂用负荷的重要性不同可将厂用负荷分为Ⅰ类负荷、Ⅱ类负荷、Ⅲ类负荷和事故保安负荷。

在我国火力发电厂中，厂用电一般采用高压和低压两种电压等级供电。高压厂用电电压一般采用 3、6kV 和 10kV。低压厂用电电压一般采用 220/380V。

高压厂用电电压的选择，一般可按下列原则考虑：

(1) 容量为 60MW 及以下的机组，发电机电压为 10.5kV 时，可采用 3kV。

(2) 容量为 100~300MW 的机组宜采用 6kV。

(3) 容量为 300MW 以上的机组，当技术经济合理时，也可采用两种高压厂用电电压。

发电厂厂用负荷除应具有正常工作电源外，还应设置备用电源。对单机容量在 200MW 及以上的电厂，还应考虑设置启动电源、事故保安电源和交流不停电电源。

发电厂的厂用工作电源是保证发电机正常运行的最基本电源。

厂用高压工作电源的引接方式通常是：当主接线具有发电机电压母线时，高压厂用工作电源一般直接由发电机电压母线上引接，供给接在该母线段机组的厂用负荷；在大容量机组的发电厂中，采用发电机—变压器组单元接线时，高压厂用工作变压器均从发电机至主变压器的封闭母线上引接。如果发电机出口装有断路器，则厂用工作电源接至断路器与变压器之间。

厂用低压工作电源，一般由高压厂用母线段上引接，供给厂用低压动力设备、照明和其他负荷用电。当无高压厂用母线段时，可从发电机电压母线或发电机出口经厂用变压器或电抗器获得厂用低压工作电源。

厂用备用电源主要用于事故情况失去工作电源时起后备作用。对于 200MW 及以上大容量机组，为了保证大容量机组的启动和停机的负荷用电，设置启动电源并兼作事故备用电源。

备用电源或启动/备用电源的引接应保证其独立性，避免与厂用工作电源由同一电源处引接，引接



点处电源数量应有两个以上，并且具有足够的电源容量。最好能与电力系统紧密联系，在全厂停电情况下仍能从电力系统获得厂用电源。高压厂用备用或启动/备用电源常用的引接方式如下：

(1) 当有发电机电压母线时，一般由该母线引接一个备用电源。

(2) 当采用发电机—变压器组单元接线时，一般由升高电压母线中电源可靠的最低一级电压母线或由联络变压器的第三（低压）绕组引接。

(3) 当技术经济合理时，也可由外部电网引接专用线路供给。

备用电源的设置方式，一般分为明备用和暗备用两种。

大型火力发电厂中，事故保安电源的作用是当厂用工作电源和备用电源都消失时，确保在事故状态下向事故保安负荷连续供电。目前，在大容量机组的发电厂中，事故保安电源有下列三种类型。

(1) 快速启动的柴油发电机。

(2) 可靠的外部独立电源。

(3) 由蓄电池组供电的逆变装置。

交流不停电电源用于在大容量发电厂整个正常或异常运行期间里，对不允许间断供电的交流负荷提供电源。根据采用的逆变装置不同，交流不停电电源系统分为晶闸管逆变器型和逆变器组型。

交流不停电电源系统包括不停电电源系统、配电系统和必要的控制系统及测试设备。

在火力发电厂中，厂用电系统接线通常采用单母线接线，并将厂用电母线按照锅炉的台数分成若干的独立段，各独立母线段分别由工作电源和备用电源供电。

在厂用电系统中运行的电动机，当断开电源或厂用电压降低时，电动机将进入惰行状态。在短时间内，当电源恢复时，电动机惰行尚未结束，又自动启动恢复到稳定状态运行，这一过程称为电动机的自启动。

根据电动机运行状态的不同，自启动可分为三种类型：①失压自启动；②空载自启动；③带负荷自启动。

为了保证电动机自启动时厂用母线电压不低于最低限值，应当进行厂用电机的自启动电压校验，包括单台电动机自启动电压校验、成组电动机自启动电压校验，以及高/低压厂用变压器串接自启动电压校验。

根据厂用母线最低允许自启动电压的要求，可以计算出自启动时最大允许电动机总容量。当同时自启动的电动机容量超过允许值时，为保证重要厂用机械电动机能够自启动，可以采取的措施包括：①限制参加自启动的电动机数量；②对负载转矩为定值的重要设备电动机，不参加自启动；③对重要的机械设备，应选用具有高启动转矩和允许过载倍数较大的电动机；④在不得已的情况下，增大厂用变压器的容量。

(六) 全厂电缆及接地

电缆是作为设备与设备之间的连线，电气系统电缆分为电力电缆和控制电缆，其中电力电缆是传输电能的媒介，控制电缆是发送接收电气控制信号的媒介。

接地是为了保证设备、人身安全及自动化装置防干扰而设置的保护装置。

(七) 全厂通信

通信系统是用来保证安全发电、供电的一个重要系统。正常运行时，它是指调度生产的工具；故障情况下，则是排除事故、尽快恢复正常运行的纽带。

二、热工控制系统

热工控制系统是用以确保机组的安全、经济运行，并为改善人员的劳动条件、提高劳动生产率创造必要的条件。热工控制系统包括检测显示、自动调节、操作控制、信号保护等系统，范围覆盖整个电厂热力设备的监视控制系统，而目前大部分控制系统都可以通过 DCS 控制系统来实现。另外，广义上的



热工控制系统还包括厂级监控系统和电厂管理信息系统的相关内容。

(一) 热工控制系统分类

1. 按主要功能分类

热工控制系统按主要功能可划分为数据采集和处理系统、顺序控制系统、模拟量控制系统、协调控制系统、燃烧器管理系统、数字电液控制系统、给水泵汽机电液控制系统、汽轮机旁路控制系统、汽轮机紧急跳闸系统、汽轮机检测和分析仪表等。

2. 按区域划分

(1) 主厂房内控制系统及仪表。主厂房内控制系统是指在主控制室内控制的系统，主要是对锅炉、汽轮发电机组的自动化测量及控制。

(2) 辅助车间控制系统及仪表。辅助车间控制系统包括输煤、除灰、化水、除尘、脱硫脱硝及附属生产工程的自动化控制。

(3) 厂级自动化系统。厂级自动化系统由厂级监控系统和厂级管理信息系统组成。

1) 厂级监控信息系统 (Supervisory Information System in plant level, SIS)。厂级监控信息系统是为厂级生产过程自动化服务的，一方面满足全厂生产过程综合自动化的需要和向厂内 MIS 信息管理系统提供实时数据；另一方面满足电网实时调度的需要，是厂内单元机组和公用辅助车间级自动化系统的上一级系统。SIS 主要处理全厂的实时数据，完成厂级生产过程的监控和管理、厂级事故诊断、厂级性能计算、经济调度等，与热工自动化密切相关。

2) 电厂管理信息系统 (Management Information System in plant level, MIS)。电厂管理信息系统是为电厂现代化服务的，主要任务是厂内管理和向上级部门发送管理和生产信息 [包括设备检修管理、财务管理、经营管理 (电力市场报价) 等]。

(二) 分散控制系统的构成

分散控制系统是 20 世纪 70 年代中期发展起来的控制系统，它是以微处理器为基础，将计算机技术、数据通信技术、自动控制技术有机地结合起来，形成一种新的控制系统。20 世纪 80 年代初，由于微处理技术、通信技术、显示技术和控制技术的迅速发展，电厂开始采用它能较好地适应锅炉、汽轮机、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。

1. 分散控制系统的主要设备

分散控制系统主要由现场控制站、监视操作站、数据通信装置和上位计算机管理站等四部分组成。

(1) 现场控制站 (也称过程控制站)。现场控制站对生产现场的各种变量、状态进行数据处理对各种工艺设备进行控制。每个现场控制站都执行某一项具体功能，如数据采集、开环控制、闭环控制等，用户根据它们所承担的控制任务赋以具体的站名。

(2) 监视操作站 (也称显示操作站)。监视操作站是人机的接口设备。操作人员通过操作站对生产过程进行集中监视操作。监视操作站由数据库、显示器、打印设备及“智能化”操作台等组成。监视操作站的作用是通过数据通信装置汇集各现场控制站的信息，对过程参数、设备状态等进行集中监视、操作 (调整、切换、输入程序或修改程序) 及数据与程序的保存等。

分散控制系统的人机接口采用分层设计。大型控制系统为了在集控室里实现高度集中的监视操作，设置了多台操作员操作站和工程师操作站，采用多功能彩色显示器及其他外设，实现优越的人机联系。此外，现场控制站可以设置简易操作台或操作面板，实现就地操作监视。各控制回路还设有回路显示操作器，实现控制回路的监视操作或后备。这种分层化设计，能提高系统安全性和操作性。

(3) 数据通信装置。数据通信装置包括数据通信控制器及数据通信总线，其作用是进行系统内部的

信息交换。分散系统的数据通信采用数据公路，数据公路是用一条（至少一条）信道线路连接多个站，实现相互间的通信。由于多个设备共用一条信息线路，好像公路一样，故称为数据公路（data highway）。

作为数据通信除了接通线路传送信号外，对通信内容的理解是十分重要的。为了正确理解通信内容，必须对发信侧与收信侧之间有一定的约定，这种关于通信的约定称为协议。作为通信协议，包括对收发信数据格式的规定、传送错误怎样检查的规定及通信顺序的规定等。为了提高信息传输的可靠性，采用了多种校验错技术、通信线路双重化设置，提高了控制系统的安全可靠性。

（4）上位计算机。上位计算机又称监控计算机，对整个控制系统进行监督控制和集中管理。上位计算机的主要作用如下：

- 1) 进行数据处理，建立各种数据库；
- 2) 进行日报、月报等各种作业报告及事故分析报告；
- 3) 对过程参数及设备状态进行趋势分析；
- 4) 为操作运行人员提供操作指导；
- 5) 对程序进行修改、调整或对系统进行监控管理，实现过程的最佳控制。

上位计算机可选用功能强的小型计算机，但是有些系统没有上位计算机，而是将原先的上位计算机功能分散到各个站中，从而使系统简化。

2. 分散控制系统的工作原理

DCS的控制功能通常包括数据采集系统（Data Acquisition System, DAS）、模拟是控制系统（Master Control System, MCS）、锅炉炉膛安全监控系统（Furnace Safety Supervision System, FSSS）、顺序控制系统（Sequence Control System, SCS）、汽轮机数字电液控制系统（Digital Electric Hydraulic Control System, DEH）、汽轮机监视仪表系统（Turbine Supervisory Instrumentation, TSI）和旁路控制系统（Bypass Control System, BPS）。图 1-2 的上层配置着程序计算机，执行的数据采集处理及生产管理等任务，在机组操作盘上配置了工程师站和多台操作员站。工程师站为系统的开发、编制和维护提供了所需要的所有软件和硬件设备。操作员通过多台显示器显示各种图表、菜单、变化趋势、报警、矢量图等，为运行人员提供报警、打印、启动曲线、趋势显示、模拟图显示、事故追忆和效率计算等。

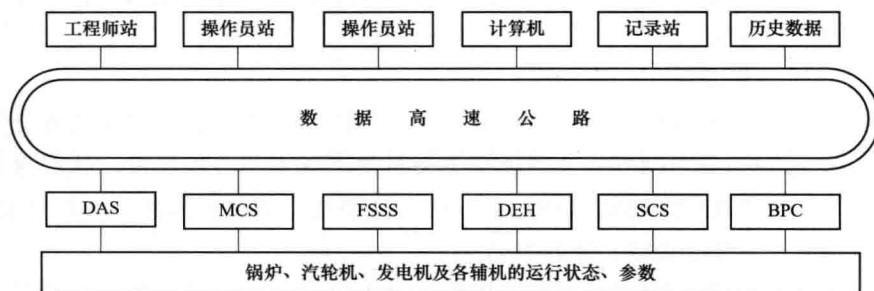


图 1-2 分散控制系统模式框图

记录站由若干打印机组成，提供各种打印记录。历史数据站通过高速公路获取各种数据，供数据存储和档案检索。

各过程站、程序计算机、工程师站和操作员站等都挂在数据高速公路上，进行数据通信。因此，DCS在功能上是“分散控制、集中操作管理”，在结构上是“横向分散、纵向分级”的控制。

3. 分散控制系统模式和传统的数据采集与模拟控制系统模式的主要区别

（1）系统的监控和处理功能分散在各个站中，系统既可实现功能分散，又可实现地理位置的分散，每个站共享系统的资源，因而 DCS 具有更优越的监控功能。



(2) 具有选型单一的标准硬件模块和各种标准的控制、处理软件功能块, DCS 组态非常灵活, I/O 组件的增减比较方便。

(3) 具有标准的算法和面向问题的软件, 系统功能的建立、调整、修改都更为方便。

(4) DCS 的全微机化和总体结构的整体化, 不仅避免了数据采集与模拟控制系统模式的各子系统之间的功能重叠, 消除了各子系统控制方式上的差异, 而且使整个机组联系起来进行综合处理, 提高了控制的质量。

(5) DCS 将诸多功能用软件实现, 从而减少了硬件品种, 便于维修和使用。

总之, DCS 控制模式不论在系统结构、技术性能和安全可靠性方面, 还是投资、安装、调试方面均比与传统的采集与模拟控制系统模式更优越。

(三) 热工控制主要功能介绍

1. 数据采集系统

数据采集系统 (DAS) 是整个单元机组的信息和操作中心, 其主要功能如下:

(1) 过程变量的采集和处理。过程变量分为两类: 一类是模拟信号, 如各种热电偶、热电阻测得的温度信号, 压力、差压传感器测出的压力、差压、流量、液位信号等, 这些信号经过各种变送器进入 I/O 过程通道; 另一类是开关量信号, 又称为二进制信号, 如各风门、阀门的位置开关信号、各种辅机的启停信号及由生产过程中采集到的其他脉冲信号。DAS 对整个机组的过程变量进行周期性扫描采样。数据采集是运行人员监视机组运行状况和自动控制器控制的依据, 采样精度和信号质量至关重要。

过程变量的处理包括数字滤波、流量开方、非线性补偿、工程量转换、上下限判断、信号质量判断等。

(2) 显示器显示/操作。显示器是运行人员与机组联系的重要接口。DAS 通过显示器实现参数和画面显示, 包括参数显示、成组参数显示、热力系统显示、报警显示、棒图显示、过程曲线显示、人机对话画面显示等。

(3) 报警监视。通过上下限判断, 对过程变量进行越限检查, 一旦越限, 即在显示器上闪烁显示, 若连接打印机, 则打印。待运行人员确认后, 不再闪烁, 恢复后, 报警切除。报警限值可以是变量上下限, 也可以是变化率。报警限值一般由电厂方提供。

(4) 打印。打印的内容和打印格式根据用户的要求编制。打印的格式可分为定时打印、周期打印、随机请求打印。打印的内容主要包括周期报表、操作员操作记录、报警记录、事故追忆数据或曲线等。

(5) 性能计算。如锅炉效率、汽轮机效率、发电机效率、煤耗等。

(6) 历史数据存储与检索。

2. 顺序控制系统

顺序控制系统又称为开关量控制或二进制控制系统。主要任务是对单元机组的主要辅机或功能组进行启停控制和连锁保护, 以简化运行人员的操作, 确保机组启停和运行安全。

主要辅机有送引风机、给水泵、磨煤机等, 每一辅机的启停都有一定的顺序和逻辑条件。为了实现机组的自启停, 一般按生产流程将机组的附属设备和系统划分为若干个执行某一特定功能的组, 称为功能组。

大型火电机组 SCS 功能组主要有: ①送风机系统; ②引风机系统; ③一次风机系统; ④给水泵系统; ⑤循环水系统; ⑥汽轮机疏水系统; ⑦冷凝器真空系统; ⑧汽轮机油系统等。

3. 模拟量控制系统

模拟量控制系统 (MCS) 属于闭环控制, 是保证机组经济运行、最大限度地减轻运行人员的劳动强度、机组投入协调控制的重要组成部分。热工参数经 I/O 通道输入到 DCS, 与定值比较后, 按预先设定