

发电工程设计项目经理（设总）培训课题

第二部分：专业设计基础知识

## 第十三章：热控专业设计基础知识

华北电力设计院工程有限公司

2012 年 8 月 北京

编写：李 英

校审：马欣欣

# 目 录

说明 .....	1
1 热控专业设计的基本工作.....	2
1.1 热控专业设计的任务.....	2
1.2 热控专业设计的范围.....	2
1.3 热控专业设计的主要内容.....	3
2 热控专业设计的主要原则.....	5
2.1 自动化水平.....	5
2.2 控制方式及控制室.....	6
2.3 检测及仪表.....	7
2.4 报警.....	8
2.5 保护.....	9
2.6 开关量控制.....	9
2.7 模拟量控制.....	11
2.8 单元机组控制系统.....	11
2.9 辅助车间控制系统.....	13
2.10 仪表与控制电源及气源.....	16
2.11 仪表导管和阀门.....	17
2.12 信息系统.....	17
3 热控专业主要设计方案.....	20
3.1 分散控制系统简介.....	20
3.2 控制系统物理分散.....	22
3.3 单元控制室和电子设备间布置.....	24
3.4 电缆夹层.....	30
3.5 控制系统网络规划.....	31
4 主要控制系统和设备选型.....	34
4.1 单元机组控制系统选型.....	34
4.2 辅助车间控制系统选型.....	37
4.3 重要保护系统选型.....	37

5 优化控制软件（系统）应用.....	39
6 设计和审查中常遇到的问题.....	40
6.1 设计深度不满足规定的要求.....	40
6.2 单元控制室布置方案问题.....	41
6.3 电子设备间下电缆托架布置设计问题.....	42
7 专业配合问题的探讨.....	42
7.1 热控/水工/结构专业在电缆夹层托架布置和消防管网设计中的配合.....	42
7.2 电气/热控专业 ECMS-DCS 之间的接口和信息量的配合.....	44
7.3 主厂房布置方案优化与电子机柜物理分散协调、统一.....	45
7.4 单元机组控制室与主厂房纵向温度伸缩缝位置的协调.....	46
8 控制工程造价措施.....	47
8.1 积极采用控制系统物理分散方案.....	47
8.2 积极选用国产 DCS 作为辅助车间主要控制系统.....	49
9 热控专业常用名词和术语.....	49
附图 .....	59

## 说明

1) 原“火力发电厂设计技术规程”2000版中,将热控专业设计部分称为“热工自动化”。十年来随着计算机技术和通信技术的发展以及火力发电厂信息化管理的需要,热控专业增加了“信息系统”设计内容,另外根据与国际接轨的要求将“热工自动化”改为“仪表与控制”,故“新火规”及“火力发电厂初步设计文件内容深度规定”2009版将“热工自动化”改为“仪表与控制”和“信息系统”两部分内容。本教材在条款内容和标题上力求符合“新火规”和“初设深度规定”的编排。“火力发电厂可行性研究报告内容深度规定”2008版中仍按“热工自动化”称谓编写,为了与现行规定一致,本教材在可研阶段工作内容一节中仍沿用可研深度规定”2008版的“热工自动化”称谓编写。

2) 教材中“热控专业设计原则”一节内容,主要的依据是已经颁布的“新火规”,教材仅选择了项目经理需要了解的设计原则内容进行介绍,非常专业的细节被省略。

3) 教材中“单元控制室和电子设备间布置”一节着重介绍控制室和电子设备间本身的布置设计,单元控制室和电子设备间的位置须与主厂房布置方案进行整体优化,建议由项目经理牵头组织有关专业共同研讨主厂房布置方案优化问题。

## 1 热控专业设计的基本工作

### 1.1 热控专业设计的任务

热控专业设计的任务是：遵照国家、行业、企业的现行标准和规定，并根据火力发电机组的运行和管理要求，为电厂热力生产过程涉及的所有主、辅设备和系统以及辅助车间设置一套具有检测显示、信号保护、操作控制、自动调节等功能的装置和完整的监视控制网络；在发电企业统一规划的框架下对全厂信息系统进行规划和配置，在此基础上完成仪表与控制系统、信息系统的系统和布置设计工作。

### 1.2 热控专业设计的范围

根据我院专业设计分工规定，热控专业设计的范围如下：

- a) 锅炉及辅助系统监控
- b) 烟气脱硫系统监控
- c) 烟气脱硝系统监控
- d) 汽轮机及辅助系统监控
- e) 空冷凝汽器系统监控
- f) 发电机辅助系统(氢、油、水)监控
- g) 除氧给水系统监控
- h) 减温、减压及热网系统监控
- i) 凝结水精处理系统监控
- j) 锅炉补给水处理系统监控
- k) 生活污水、工业废水处理系统监控
- l) 循环水处理系统监控
- m) 循环水泵房监控
- n) 氢气制备系统监控
- o) 锅炉除灰、除渣系统监控
- p) 燃油泵房监控
- q) 厂用、仪用压缩空气系统监控
- r) 启动锅炉房监控
- s) 采暖、通风系统监控

- t) 海水淡化系统监控
- u) 厂级监控信息系统
- v) 管理信息系统（包括综合布线系统）
- w) 视频监视系统
- x) 门禁系统
- y) 培训仿真机

### 1.3 热控专业设计的主要内容

根据火力发电厂各设计阶段内容深度规定的要求, 现将各设计阶段中与热控专业有关的主要设计内容归纳如下:

#### 1.3.1 可行性研究阶段

该阶段设计院编写的可行性研究报告主要是为项目决策提供科学依据; 报告的内容还应满足项目投资估算和财务分析的要求、满足主机招标的要求。根据上述要求, 该阶段热控专业设计包括以下几方面的内容:

a) 在可行性研究报告的“工程设想—主机技术条件”章节中, 说明随主设备配套提供的热工自动化系统或仪表的范围、规模和主要技术要求。

b) 可行性研究报告的“工程设想—热工自动化部分”章节中应包括以下三方面内容

1) 提出拟采用的主要控制方式和控制水平, 全厂热工自动化系统规划方案。

2) 说明管理信息系统 MIS (含基建 MIS)、监控信息系统 SIS 的设想。

3) 对拟采用的编码系统进行说明。

c) 在可行性研究报告的“烟气脱硫与脱硝”章节中, 简要说明热工自动化水平和设计原则; 并根据烟气脱硫与脱硝工程设备及建设特点, 提出招标书中热工自动化部分的编制原则 (包括供货范围、进口范围的建议)

d) 绘制全厂自动化系统规划图。

e) 收集和/或接受外单位、外专业相关资料; 提交外单位、外专业相关资料。

#### 1.3.2 初步设计阶段

该阶段热控专业设计的主要内容是确定设计原则和设计方案、编制主要设备

和材料清册。设计成品包括说明书、专题报告、图纸、主要设备和材料清册。该阶段热控专业设计内容包括仪表与控制及信息系统及安全防护两部分。

### 1.3.2.1 仪表与控制部分

a) 初步设计说明书 包括自动化水平和控制方式、控制室 / 电子设备间布置, 仪表与控制系统及装置功能, 仪表与控制系统及设备配置, 控制系统的可靠性及实时性, 电源和气源, 仪表与控制系统及设备材料选型, 仪表与控制试验室等内容。

b) 专题报告 专题报告是初设说明书的补充和深化, 主要用于论述设计中所采用的新技术/新设备的先进性、经济性和可行性; 另外一项重要的内容是对热工自动化设计方案进行优化比选, 并提出推荐方案供审批确定。具体的项目和内容需根据各工程的实际情况确定。

#### c) 图纸

- 1) 单元控制室、电子设备间布置图;
- 2) 控制系统网络规划图;
- 3) 主要工艺系统 P&ID (在工艺专业提出的流程图基础上绘制);
- 4) 主厂房电缆桥架主通道示意图;

#### d) 热控专业主要设备和材料清册

e) 收集和/或接受外单位、外专业相关资料; 提交外单位、外专业相关资料。

### 1.3.2.2 信息系统及安全防护部分

a) 初步设计说明书 首先对信息系统进行简单描述, 说明基于网络化的控制方式和管理模式的设计理念, 然后对信息系统网络规划、接口、厂级监控信息系统 SIS、管理信息系统 MIS、全厂闭路电视系统及安防系统、信息安全防护等的设计原则、系统配置以及信息分类与编码进行说明。

#### b) 图纸

- 1) 信息系统网络图;
- 2) 信息中心机房平面布置示意图;

### 1.3.3 施工图设计阶段

施工图设计是将所确定的自动化方案和设置的自动化系统全部具体化, 用系



统图、布置图、原理接线图、安装接线图以及清册等逐一表示出来，作为施工、订货、调试、运行、和维护的主要依据。

### 1.3.3.1 仪表与控制部分

一般情况下，施工图纸可分为以下一些类型：

- a) 说明书；
- b) 设备和材料清册；
- c) 控制室布置图、控制盘/台正面图；
- d) 测量和控制系统图；
- e) 自动调节系统框图；
- f) 输入/输出测点表；
- g) 保护、连锁、程序控制框图（逻辑图）；
- h) 仪表与控制信号原理图(如有)；
- i) 仪表与控制电源系统图（或表）、热控配电箱原理接线图；
- j) 仪表与控制气源系统图（或表）；
- k) 仪表管路、电缆连接表；
- l) 单元接线图；
- m) 控制盘、柜内部安装接线图；
- n) 端子排接线图；
- o) 仪表与控制主要设备位置及电缆主通道图。

### 1.3.3.2 信息系统及安全防护部分

- a) 管理信息系统综合布线图；
- b) 厂级监控信息系统施工图；
- c) 视频监视系统施工图；
- d) 门禁系统施工图。

## 2 热控专业设计的主要原则

### 2.1 自动化水平

#### 2.1.1 自动化水平的含义

电厂的自动化水平是指实时生产过程实现自动控制所达到的程度。其中包括参数监测、数据处理、自动控制、顺序控制、报警、连锁保护及其系统的完善程

度，最终应体现在值班员的数量和过程安全、经济运行的实际效果上。

火力发电厂的自动化水平，应通过控制方式、控制室布置、控制系统的配置与功能、辅机设备可控性、运行组织管理等多个方面体现。

### 2.1.2 设计原则

a) 单元机组应能在就地人员的巡回检查和少量操作配合下，在集中控制室内实现机组的启停、运行工况监视和调整、事故处理等。

b) 母管制机组主要用于自备电站（动力车间）且大多为供热机组，机组容量虽然不大，但对热负荷的可靠性和品质要求较高。这类电厂的自动化水平除考虑机组的容量和特点外，还应与项目单位对相关工业区整体的运行管理水平要求协调一致。目前这类电厂大多设计为具有较高的自动化水平：能在就地人员的巡回检查和少量操作配合下，在控制室内实现炉/机/电等的启停、运行工况监视和调整、事故处理等。

c) 辅助车间的自动化水平宜与机组自动化水平相协调，并应根据电厂的运行管理模式确定。

辅助车间运行人员应能在巡检人员的配合下，在集中控制室或辅助车间控制室内通过操作员站实现辅助车间工艺系统的启停、运行工况监视和调整、事故处理等。

## 2.2 控制方式及控制室

### 2.2.1 设计基本原则

控制方式和控制室设计应兼顾前期、立足本期、考虑后期工程，并应与电厂自动化水平、运行管理模式相适应。

### 2.2.2 机组控制方式及控制室设计原则

a) 单元机组应采用炉、机、电集中控制方式（一般每台机组设置一主、两辅三名值班人员），实现炉机电全能值班的运行管理模式。

b) 根据机组的建设规模、自动化水平和电厂实际运行管理模式，确定集控室内单元机组的台数。当同期建设两台单元机组时，宜两台单元机组合设一个集中控制室；当同期建设两台以上单元机组时，宜多台机组合设一个集中控制室（如三机一控、四机一控）。当两期工程连续建设、机组类型相同时，也可根据电力企业的要求采用两期工程的机组合设一个集中控制室的多机一控方案。

c) 母管制机组, 根据机组的建设规模、自动化水平和电厂实际运行管理模式, 也宜采用炉、机、电集中控制方式, 多台机组合设一个控制室, 按炉、机、电车间分别集中运行管理。

d) 空冷机组的空冷系统宜在集中控制室控制。

e) 湿冷机组的循环水泵房、空冷机组的辅机冷却水泵房等与机组运行关系密切的辅助车间系统宜在集中控制室进行控制。

### 2.2.3 辅助车间控制方式及控制室设计原则

a) 辅助车间按照物理位置相邻或系统性质相近的原则合并控制系统及控制点, 合并后的辅助车间监控点不宜超过三个(如水系统、灰系统、煤系统)。

b) 根据电厂预期自动化水平和管理水平要求, 全厂辅助车间可在合并控制系统、合并监控点(如水、灰、煤三个就地监控点)的基础上采用全部集中控制方式, 只设置一个监控点, 实现辅助车间系统全能值班的运行管理模式。辅助车间集中监控点可并入集中控制室, 也可独立设置。

当全厂辅助车间采用集中控制方式时, 水、煤、灰就地监控点仅作为系统调试、运行初期、故障和巡检时使用, 输煤车间是否长期保留就地监控点可根据电厂实际运行管理模式而定, 例如: 当电厂的输煤车间采取特许经营方式时(由某个公司承包经营), 其监控点宜按长期设置考虑。

c) 脱硫系统应根据脱硫方式和电厂的运行管理模式进行选择, 可在集中控制室控制, 也可在位置相邻或性质相近的辅助车间控制室控制(如除灰就地控制室)。当电厂的脱硫系统采取特许经营方式时, 可单独设置长期使用的监控点。

d) SCR 或 SNCR 脱硝反应系统应在集中控制室控制, 脱硝还原剂储存和供应系统可在集中控制室控制, 也可在位置相邻或性质相近的辅助车间控制室控制。

e) 供应城市采暖和工业用汽的热电联产电厂, 热网系统(首站)可按需要在集中控制室控制或设单独的热网控制室。

f) 海水淡化系统宜在辅助车间集中控制点或水系统控制点控制。

g) 启动锅炉房可在就地单独控制。

## 2.3 检测及仪表

### 2.3.1 热工检测的任务

对热力生产过程中的各种参数和设备进行检查、测量，使值班员及时了解主、辅设备及系统的运行情况；为热力过程控制、保护、调节提供实时的基础数据；同时也是电厂进行经济核算的主要依据。因此，热工检测是热力系统和设备安全、经济运行的基本保证，是实现热工自动化的先决条件。

### 2.3.2 检测仪表设计原则

- a) 供运行人员现场检查 and 就地操作所必需的参数应设置就地显示仪表；
- b) 机组及辅助车间控制室内原则上不设置常规显示仪表，运行人员以操作员站作为对机组及辅助车间系统的主要监视手段。
- c) 测量油、水、蒸汽等的一次仪表不应引入控制室；
- d) 测量爆炸危险气体的一次仪表严禁引入控制室；
- e) 为提高监视水平、减少运行人员的视觉疲劳，机组及辅助车间控制室内可设置适当数量大尺寸的屏幕显示器，该显示器应具有操作员站显示器的全部功能。

### 2.3.3 检测装置的设置原则：

- a) 煤粉锅炉宜设置监视炉膛火焰的工业电视；循环流化床锅炉不宜装设炉膛火焰监视工业电视。
- b) 汽轮发电机组以及容量为 300MW 及以上机组的给水泵汽轮机，宜装设振动检测和故障诊断系统。
- c) 煤粉锅炉宜设置炉管泄漏监测系统，循环流化床锅炉不宜设置炉管泄漏监测系统。
- d) 煤粉锅炉宜装设飞灰含碳量测量装置。
- e) 对挥发份高和自燃倾向性高的烟煤和褐煤，采用中速磨或双进双出钢球磨直吹式制粉系统时，宜设置 CO 监测装置。
- f) 汽包锅炉应设置监视汽包水位的工业电视。

## 2.4 报警

### 2.4.1 报警系统的作用

生产过程中，当被检测的参数达到或超过允许的极限数值，或出现某些异常的运行工况和事故状态时，报警系统发出音响和醒目的显示等报警信号，提醒运行人员注意，以便及时采取相应的措施，避免发生事故或防止事故扩大。因此，

报警起到了辅助运行人员耳目的作用，是热工自动化的重要组成部分。

#### 2.4.2 报警系统的形式和功能

报警包括控制系统报警和常规光字牌报警两种形式。报警系统应具有自动闪光、音响和人工确认等功能。

#### 2.4.3 报警系统的设计原则

机组和辅助车间报警宜由控制系统的报警功能完成，一般不设置常规光字牌报警装置。必要时，每台机组可按下列项目设置不超过 20 个光字牌报警窗口：

- a) 重要参数偏离正常值；
- b) 单元机组主要保护跳闸；
- c) 重要控制装置电源故障。

### 2.5 保护

#### 2.5.1 保护的作用

当热力生产过程中出现异常情况或事故时，根据事故的性质和程度，按照预定的处理程序自动地对个别或部分设备乃至一个系统进行操作，以消除异常和防止事故扩大，保证工艺系统中的有关设备以及人身安全。

#### 2.5.2 保护的分类

按保护的作用程度保护可分为以下三类：

- a) 停止单元机组运行的保护；
- b) 切除个别系统，改变机组运行方式的保护；
- c) 进行局部操作（关/停或开/启个别设备）的保护。

#### 2.5.3 事故停机保护设计原则

停止单元机组运行的保护应按以下原则设置：

- a) 锅炉事故停炉，停止单元机组的运行；
- b) 单元机组不具备快速切负荷功能（FCB）且汽轮机旁路系统不具备快开功能或旁路容量不够时，发生下列情况之一也应停止单元机组的运行：
  - 1) 外部系统故障引起发电机解列；
  - 2) 汽轮机事故停机；
  - 3) 发电机主保护动作。

### 2.6 开关量控制

### 2.6.1 开关量控制的作用

采用二进制控制方式实现热力生产过程中主、辅助设备起、停或开、关操作的统称为开关量控制。开关量控制是实现热工自动化的基础，其控制范围和作用的程度是控制水平的集中体现。

### 2.6.2 顺序控制

顺序控制也称作程序控制，是指按照规定的时间和/或逻辑的顺序，对某一工艺系统或主要辅机的多个终端控制元件进行一系列操作的开关量控制。按照顺序控制作用的范围可分为子功能组控制、功能组控制和单元机组自启停控制三个级别。

a) 子功能组控制 把某一辅机及其附属系统/设备或某一局部工艺系统看作一个整体的控制叫做子功能组控制。例如送风机、引风机、凝结水泵等子功能组控制。

b) 功能组控制 把工艺上互相联系并具有连续不断的顺序控制特征的设备 and 系统看作一个整体的控制叫做功能组控制。例如锅炉通风控制(包括送风机、引风机及其相关系统)等。

c) 单元机组自启停控制 对包括锅炉、汽轮发电机组及相应辅助系统和辅助设备在内的单元机组，按启、停的操作规律实现自动启动和停止的控制叫做单元机组自启停控制。

### 2.6.3 顺序控制系统的设计原则

顺序控制系统应按照驱动级(单个操作)、子功能组级、功能组级三级水平设计。600MW及以上容量的机组可根据发电企业的要求并结合工程的实际需要设置带断点的单元机组自启停控制。对于需要设计单元机组自启停控制功能的工程项目，一般应在工程项目可行性研究阶段明确该要求，并在锅炉、汽轮机等主辅设备招标时提出相应的自动化水平技术要求；同时在初步设计和施工图设计阶段，各相关专业(热机、电气、热控等)均要按照工程确定的自动化水平进行设计和提资。

注：“带断点”是指当顺序控制进行到事先设定好的某些重要步序时，自动中断，等待人工确认后方能继续进行。断点及数量可根据需要设置，一般不超过10个。

## 2.7 模拟量控制

### 2.7.1 模拟量控制的作用

模拟量控制又称自动调节或闭环控制。是指对锅炉、汽机及辅助系统的有关模拟量参数进行连续闭环控制,使被控模拟量参数值维持在设定范围或按预期目标变化的自动控制。

在机组正常运行、连续生产情况下,模拟量控制是经常和连续不断起作用的一种自动化功能,对机组安全、经济运行至关重要,因此,模拟量控制系统的完善程度和投入率是衡量电厂自动化水平的重要指标。

### 2.7.2 模拟量控制系统的设计原则

a) 各种容量的机组都应设置较完善的模拟量控制系统;单元制机组宜采用机、炉协调控制。

b) 机、炉协调控制系统宜包括以下可选择的几种控制方式,各种控制方式之间应设切换逻辑并具有双向无扰切换功能。

- 1) 机、炉协调控制;
- 2) 汽轮机跟随控制;
- 3) 锅炉跟随控制;
- 4) 手动控制。

c) 模拟量控制系统的设计应尽可能适应机组在启动过程及不同负荷阶段时机组安全经济运行的需要;在主辅设备可控性较好的情况下,宜考虑部分模拟量控制系统实现全程控制。

d) 单元机组应具备 AGC 功能,当 AGC 功能投入时,机组应能参与电网闭环自动发电控制。

e) 经应用实践证明效益明显且经济实用的优化控制软件,可适当采用。

注:“双向无扰切换”指两种控制方式相互切换的过程是平稳的,不会对控制过程造成扰动。

## 2.8 单元机组控制系统

### 2.8.1 单元机组控制系统的组成

单元机组控制系统主要由以下几部分组成:

- 1) 机组控制系统;

- 2) 汽轮机数字电液控制系统 (DEH);
- 3) 给水泵汽轮机数字电液控制系统 (MEH);
- 4) 发电厂电气监控管理系统 (ECMS) (属电气专业设计范围);
- 5) 发电机励磁系统自动电压调整器、自动准同期装置、继电保护、故障录波及厂用电源自动切换装置 (属电气专业设计范围);
- 6) 随主设备配套的其他控制系统。

## 2.8.2 单元机组控制系统设计原则

a) 单元机组控制系统应按由机组全能值班员统一集中控制的原则设计;值班员以操作员站作为对机组的主要监控手段,不设置常规仪表和后备操作器。

b) 机组控制系统宜采用分散控制系统(以下简称机组分散控制系统)控制。当技术经济论证合理时,也可采用基于现场总线的分散控制系统(见註)。分散控制系统的功能包括数据采集与处理、模拟量控制、顺序控制、锅炉炉膛安全监控等。

由单元机组值班员控制的公用系统较多时,宜设置公用控制网络,将这些系统的控制纳入机组分散控制系统公用控制网络。

c) 单元机组的发电机-变压器组和厂用电源系统的顺序控制系统宜纳入机组分散控制系统。

d) 汽轮机数字电液控制系统(DEH)、给水泵汽轮机数字电液控制系统(MEH)应由汽轮机厂负责,其选型应符合成熟、可靠的原则,宜与机组分散控制系统选型一致。当选型不一致时,应与机组分散控制系统设冗余的通信接口,实现控制系统间的信息交换。

e) 根据《大中型火力发电厂设计规范》(GB 50660-2011),锅炉和汽轮机的保护系统(FSS和ETS)宜采用符合国标且经过认证的功能安全系统。

f) 空冷系统(包括直冷和间冷)的控制宜纳入机组分散控制系统。

g) 当锅炉烟气脱硫采用海水脱硫方式时,其控制宜纳入机组分散控制系统;若采用石灰石-湿法脱硫方式且烟气系统不设旁路时、采用烟塔合一布置方式时,其控制也宜纳入机组分散控制系统。脱硫公用系统可纳入机组分散控制系统,也可并入辅助车间控制系统。

h) SCR或SNCR脱硝反应系统的控制宜纳入机组分散控制系统,其还原剂



储存和供应系统可纳入机组分散控制系统，也可并入辅助车间控制系统。

i) 供热机组的热网首站控制宜纳入机组分散控制系统(分散控制系统公用网络)。

j) 锅炉干式除渣系统宜纳入机组分散控制系统；

k) 当机组控制系统发生全局性或重大故障时，为确保机组紧急安全停机，应设置下列独立于控制系统的硬接线后备操作手段：

- 1) 汽机跳闸；
- 2) 总燃料跳闸（循环流化床锅炉为锅炉跳闸）；
- 3) 发电机或发电机-变压器组跳闸；
- 4) 锅炉安全门开；
- 5) 汽包事故放水门开；
- 6) 汽轮机真空破坏门开；
- 7) 直流润滑油泵启动；
- 8) 交流润滑油泵启动；
- 9) 发电机灭磁开关跳闸；
- 10) 柴油发电机启动；
- 11) 紧急补给水系统投入（当循环流化床锅炉设置该系统时）。

注：“基于现场总线的分散控制系统”指在现场仪表和设备层采用现场总线技术，而控制层仍采用分散控制系统。

## 2.9 辅助车间控制系统

### 2.9.1 辅助车间控制系统设计基本原则

a) 辅助车间控制系统可采用可编程序控制器(PLC)，也可采用分散控制系统；当技术经济论证合理时，也可采用基于现场总线的可编程序控系统。；

b) 辅助车间控制系统宜按车间进行配置；

c) 各辅助车间控制系统的选型尽可能一致；

d) 辅助车间值班员以操作员站作为主要监控手段，控制室内不设置常规仪表和后备操作器。

### 2.9.2 主要辅助车间控制系统设计方案

a) 石灰石-石膏湿法烟气脱硫系统(设旁路烟道)

1) 当采用一炉一塔时, 每台机组可设置一套分散控制系统, 也可两台机组的操作员站、工程师站、上层通信网络合设一套, 但控制器(站)、I/O 机柜仍按单元机组及公用系统分别设置。

2) 当采用两炉一塔时, 两台机组设置一套分散控制系统;

3) 当石灰石浆液制备或脱硫石膏浆液处理系统供厂内三台及以上机组公用时, 应结合工程具体情况进行经济技术论证, 确定是否设置脱硫公用分散控制系统;

4) 当脱硫控制系统采用可编程序控制器时, 宜每台机组脱硫系统设置一套控制系统, 两套脱硫装置的公用系统宜单独设置控制系统。

#### b) 除灰系统

1) 两台机组的除灰系统宜设置一套控制系统, 但每台机组除灰系统宜配置独立的控制器, 两台机组除灰公用系统宜单独设置冗余的控制器。

2) 当除灰系统设就地控制室时, 控制室内宜设置冗余的操作员站, 其中一台具有工程师站功能。

#### c) 锅炉补给水处理系统

1) 新建电厂的锅炉补给水处理系统宜全厂设置一套控制系统; 并应根据电厂的规划容量, 为后期扩建工程的控制系统预留安装位置和控制系统间的接口。

2) 扩建电厂的锅炉补给水处理系统宜选用与厂内原有控制系统硬件一致的控制设备, 并于原有锅炉补给水处理系统合并集中监控。

3) 当锅炉补给水处理系统设就地控制室时, 控制室内宜设置冗余的操作员站, 其中一台具有工程师站功能。

### 2.9.3 辅助车间集中控制网络

根据集中控制的程度, 辅助车间集中控制可分为两种类型: 按照物理位置相邻或系统性质相近的原则适当合并控制系统及控制点方式; 全厂辅助车间集中控制方式。对应上述两种控制方式, 辅助车间集中控制网络可按以下原则设置:

a) 当采用前一种集中控制方式时, 应根据合并的控制系统及控制点相应设置集中控制网络。一般情况下, 设置水系统集中控制网络、灰系统集中控制网络、燃料(煤、燃油)系统集中控制网络。

水系统集中控制网络宜包括：

- 1) 锅炉补给水处理控制系统；
- 2) 凝结水精处理控制系统；
- 3) 生活污水、工业废水处理控制系统；
- 4) 循环水处理控制系统；
- 5) 制氢站控制系统；
- 6) 海水淡化控制系统。

灰系统集中控制网络宜包括：

- 1) 锅炉除灰、除渣控制系统；
- 2) 锅炉电除尘控制系统。（电气专业设计）

燃料系统集中控制网络宜包括：

- 1) 输煤控制系统；
- 2) 燃油泵房控制系统（也可纳入机组分散控制系统公用网）

b) 全厂辅助车间集中控制网络

当采用全厂辅助车间集中控制方式时，应设置全厂辅助车间集中控制网络，该控制网络将上述水、灰、燃料等集中控制网络有机链接在一起，组成上一级控制管理网。

由于各电厂的规划容量不同，全厂辅助车间集中控制网络又可按以下原则划分：

1) 规划容量为两台及以下机组的电厂，宜设置一个全厂辅助车间集中控制网络，该网络连接厂内各辅助车间控制网络。

2) 规划容量为两台以上机组的电厂，应根据工艺系统的配置和划分原则确定全厂辅助车间集中控制网络的配置。一般情况下，每两台机组设置一个集中控制网络，该网络仅连接与这两台机组有关的各辅助车间控制网络；全厂公用的辅助车间控制系统，纳入 1、2 号机组辅助车间集中控制网络。

c) 辅助车间集中控制网络的网络结构、通信速率、应用功能等设计方案，应满足辅助车间各系统对监控功能、实时性的要求，并应考虑各辅助车间距离较远且分散等特点。

d) 辅助车间操作员站、工程师站的设置，可根据各辅助车间监控功能的要

求设计。对于设有全厂辅控网的电厂，一般在全厂辅助车间集中控制点设置 2—3 个操作员站，一个工程师站，同时可在水、灰、燃料、脱硫系统就地监控点设置操作员站（监工程师站）。

e) 各辅助车间集中控制网络（当采用全厂辅助车间集中控制方式时则为全厂辅助车间集中控制网络）应能与厂级监控信息系统进行通信。

注：“基于现场总线的可编程序控制器系统”指在现场仪表和设备层采用现场总线技术，而控制层仍采用可编程序控制器系统。

## 2.10 仪表与控制电源及气源

### 2.10.1 仪表与控制电源

仪表控制电源指：为保证自动化系统（包括系统内所有器件、设备、装置、网络、盘柜等）安全、可靠、连续运行所需要的各种类型电源。

a) 仪表与控制电源的种类 根据自动化系统中各种设备不同供电要求，仪表控制电源可分为交流 220V 不间断电源（UPS）、交流电源、直流电源、保安电源和低压电源等五种类型。

b) 仪表控制电源设计的主要原则

1) 每组交流动力电源配电箱应有两路输入电源，分别引自厂用低压母线的不同段；在有事故保安电源的发电厂中，其中一路输入电源应引自厂用事故保安电源段。两路电源互为备用，可设置自动切投装置。

2) 分散控制系统、汽机数字电液控制系统、汽轮机跳闸保护系统、锅炉保护系统、火检装置等的供电电源应有两路，一路应采用交流不间断电源，另一路采用厂用事故保安电源或交流不间断电源，两路电源应互为备用。

3) 控制柜（盘）进线电源的电压等级不应超过 220V。进入控制柜（盘）的交流、直流电源，除停电一段时间不影响安全的以外，其余均应各有两路，且互为备用。当工作电源故障需及时切换至另一路电源时，宜在控制柜（盘）内设自动切投装置。

4) 辅助车间集中控制网络应有两路供电电源，分别引自不同机组的交流不间断电源，各辅助车间控制系统均应有两路供电电源，该电源宜引自各辅助车间配电柜。

### 2.10.2 仪表控制气源

a) 供气对象 仪表控制气源（以下简称仪用气源）的供气对象为对气源品质要求较高且需连续可靠供气的气动仪表或控制设备。

对气源品质要求不高的其它设备用气（如吹气式液位测量、仪表管路吹扫等）可取自厂用气源。

b) 仪用气源可靠性要求：当全部空气压缩机停运时，仪用压缩空气系统的储气罐容量应能维持不小于 5min 的耗气量；气动保护设备和远离空气压缩机房的用气点，宜设置专用稳压储气罐。

## 2.11 仪表导管和阀门

超临界、超超临界机组中高温、高压（过热蒸汽、再热蒸汽）仪表的一次门宜选用工艺阀门；上述仪表的取样短管材质应与相应工艺管道材质相同。

## 2.12 信息系统

火力发电厂信息系统指：根据“计算机化企业”的理论和方法，以当代的数据库系统为基础，建立计算机化的电力企业管理系统。

发电厂信息系统主要包括厂级监控信息系统 SIS、管理信息系统 MIS、视频监视系统、视频会议系统和门禁管理系统。

### 2.12.1 信息系统设计的基本原则。

a) 应对全厂信息系统进行统一规划与建设，做到技术先进、经济合理，满足电厂建设与运行的实际需要；全厂信息系统的总体规划与建设应在所属发电企业统一规划的框架下进行。

b) 全厂信息系统的总体规划应兼顾现状、立足本期、考虑发展。对新建电厂应预留规划容量下后期扩建机组所需的扩容能力；对于扩建电厂，应充分利用已有信息系统的资源，必要时可对其进行改造或重新建设。

c) 以计算机为基础的不同信息系统，在满足安全、可靠的前提下，宜采用统一的网络和硬件。当网络或硬件不一致时，应尽量避免软件及功能配置的相互交叉和重复。

d) 全厂信息系统的总体规划应充分利用全厂所有控制系统的实时生产信息，通过安全可靠的网络接口和数据库设置，将全厂各控制系统和信息系统进行有效集成。

e) 全厂信息系统的总体规划应考虑与发电企业、调度部门、监管部门的信

息交换接口。

f) 发电厂各信息系统的设计均要考虑安全防范措施,有效防止病毒感染和黑客入侵。

g) 实时系统与非实时系统之间的数据流向应为单向传输,并采取有效的隔离措施。

#### 2.12.2 管理信息系统 MIS

管理信息系统指:由人和计算机网络集成的人机系统,它能提供企业管理所需信息以支持企业的生产经营和决策。

a) 发电厂应设置管理信息系统,系统的规模与配置根据发电企业的总体规划和电厂的实际需求确定。

b) 电厂管理信息系统应包括建设期管理信息系统和生产期管理信息系统两部分。

建设期管理信息系统的功能至少包括:进度管理、质量管理、物资管理、费用管理、安全环境管理、图纸文档管理、综合查询、系统维护等。

生产期管理信息系统功能至少包括:生产管理、设备管理、燃料管理、经营管理、行政管理、综合查询、系统维护等。

c) 建设期管理信息系统和生产期管理信息系统应统一规划、合理过渡,包括系统的软硬件过渡、系统的数据过渡和系统的功能过渡。

#### 2.12.3 厂级监控信息系统 SIS

厂级监控信息系统指:为火力发电厂建立全厂生产过程实时/历史数据库平台,为全厂实时生产过程综合优化服务的实时生产过程监控和管理信息系统。

a) 应根据发电企业的总体规划和发电厂实际需求确定是否设置厂级监控信息系统,厂级监控信息系统宜与管理信息系统合并网络。

b) 厂级监控信息系统应统一规划、分阶段实施,基本功能包括:实时数据采集与监视,数据压缩、存储与检索,厂级性能计算与分析。在电网明确有非直调方式且应用软件成熟的前提下,可以设置负荷调度分配功能。设备故障诊断功能、寿命管理功能、控制系统优化功能等应根据投资方的要求并综合考虑电厂实际情况确定是否设置。

#### 2.12.4 报价系统

报价系统指：根据电力市场电网侧负荷需求和电厂侧发电能力、机组状况、发电成本等信息的综合分析、评估，做出电厂销售电能数量以及对应价格的决策；并按照电力市场运营模式和运行规则，向市场运营中心提出申报的经营管理系统。它是电力市场技术支持系统的重要组成部分。

发电厂在根据电力市场交易系统的要求设置发电侧报价系统时，宜与管理信息系统共用网络平台，共享资源。

#### 2.12.5 视频监视系统

a) 发电厂可根据需要设置全厂视频监视系统，视频监视系统包括保安视频监视系统和生产视频监视系统两部分，也可将这两个系统合并设置。

b) 保安视频监视系统的监视范围宜包括：设备/材料库、电厂大门、综合楼等。

c) 生产视频监视系统的监视范围宜包括：

1) 主厂房内的危险区域（如汽轮机油系统区域、制粉系统区域、炉前油燃烧器区域、电缆夹层等）；

2) 重要设备区域（如高/低压配电间、高压配电装置、冷却塔/空冷系统、送/引风机区域、炉后脱硫除尘系统、运煤系统、除灰渣系统等）；

3) 无人值班的辅助车间（如锅炉补给水处理车间、循环水处理车间、车间等）；

4) 汽机房。

d) 视频监视系统的功能宜包括：实时监视、动态存储、实时报警、历史画面回放、网络传输等。

e) 视频监视系统应设置与管理信息系统的接口。

#### 2.12.6 视频会议系统

a) 发电厂在建设期和生产期可根据需要设置视频会议系统。

b) 视频会议系统宜与发电企业总部实现远程传输，可召开点对点会议、多点会议、同时多个会议等。

#### 2.12.7 门禁管理系统

a) 发电厂可根据需要设置门禁管理系统。

b) 门禁管理系统的应用范围宜包括：主厂房内的重要设备区域（如电子设

备间、高/低压配电间、计算机房等), 无人值班的辅助车间, 生产综合楼区域的重要房间(如试验室、信息系统机房等)。

c) 门禁管理系统的功能宜包括: 实时监控、进出权限管理、记录、报警、消防报警联动等功能。

d) 门禁管理系统应考虑与管理信息系统的接口。

#### 2.12.8 培训仿真机

a) 600MW 以上容量机组的培训仿真机, 应由发电企业根据地区协作的原则研究是否设置。

b) 按地区建设的国内首台套新型机组的培训仿真机可按全范围、全过程进行仿真, 次要系统可以简化。

c) 培训仿真机提供的培训功能宜包括参考机组的正常运行工况和故障处理工况。

### 3 热控专业主要设计方案

根据项目经理工作需要, 本章主要介绍热控专业设计中单元控制室、电子设备间、电缆夹层布置方案, 全厂控制和信息系统网络规划方案两部分内容。为了便于对这两部分内容的理解, 首先对分散控制系统和控制系统物理分散两个概念作一简要说明。

#### 3.1 分散控制系统简介

各种型号的分散控制系统结构基本相同, 都由工作站和通信网络两大部分组成。

a) 工作站(节点) 包括过程控制采集站、操作管理站或上位机等, 完成分散控制系统的控制功能、窗口(信息显示)功能和管理功能。

1) 过程控制采集站 用以完成数据采集与处理、模拟量控制、顺序控制、逻辑控制等功能。其控制功能通过组态来实现。过程控制采集站是分散控制系统的核心部分。

2) 操作管理站 用于分散控制系统的智能显示、操作和组态等。一般可以分为操作员站和工程师站。

操作员站 通过调看操作员站显示屏上的各种画面来监视整个生产过程和控制回路的实际参数及状态, 并可通过键盘操作切换运行方式, 改变控制



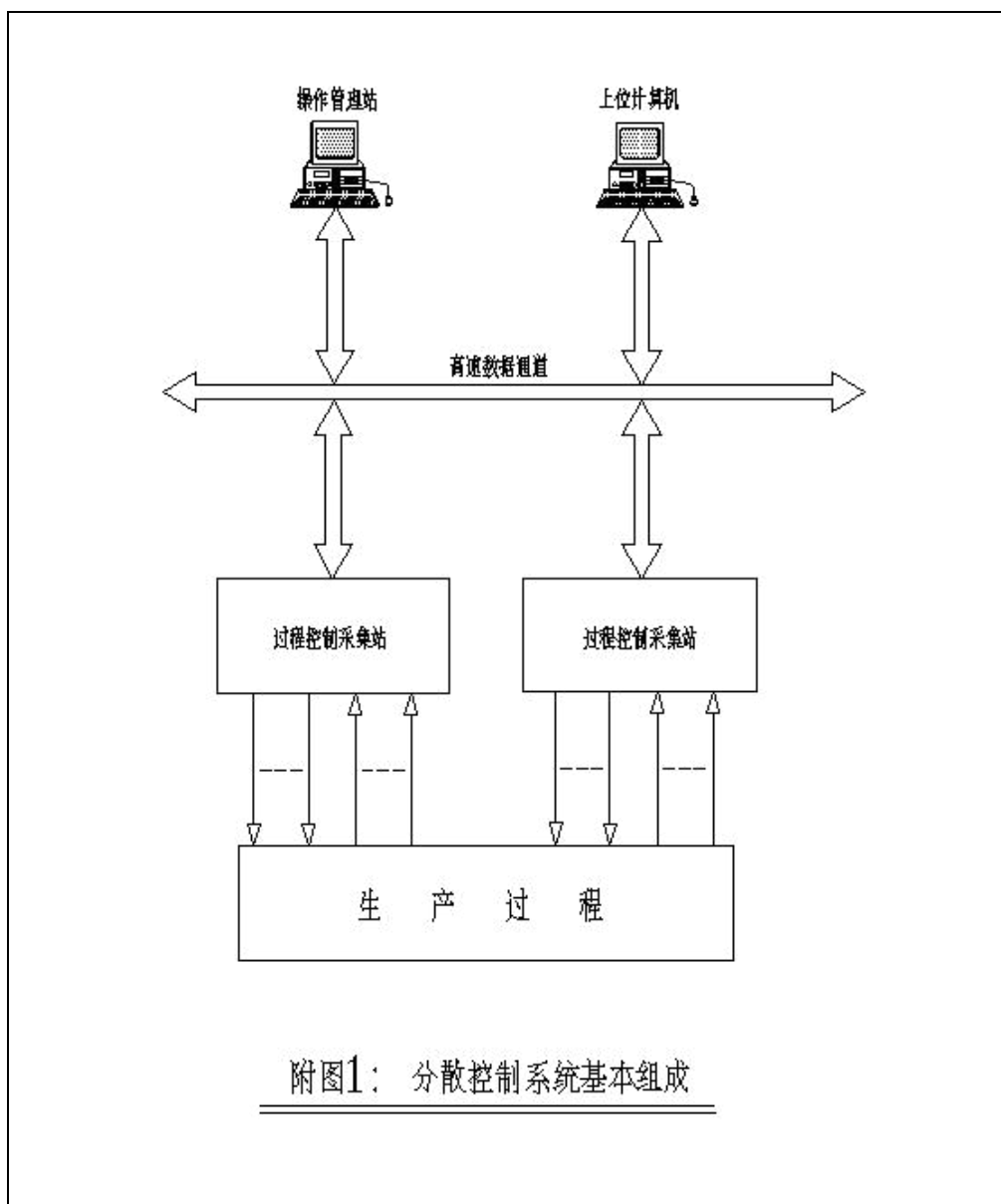
器设定值或参数，由软手操控制输出等。操作员站是操作和管理的窗口（也称人一机接口）。

工程师站 离线或在线对系统进行组态的定义，以及开发、修改应用软件，也是测试、诊断系统的工具。根据授权工程师站可兼有操作员站所具有的功能，在线监控生产过程。

3) 上位机 有的分散控制系统允许选用小型计算机作为上位机，实现高级、复杂的控制和对生产过程进行优化管理、性能计算和历史数据库存储等功能。上位机也称为服务器。

b) 通信网络 分散控制系统的信息传输系统。它以地理位置和功能分散的工作站为节点，按一定的拓扑结构互连，根据分层的通信协议，在传输介质上用确定的网络控制方法传输信息，使各工作站共享系统的数据资源。通信网络是分散控制系统的神经中枢，对保证系统的实时性和可靠性至关重要。

分散控制系统的基本结构见下图



### 3.2 控制系统物理分散

分散控制系统又称集散控制系统，从名称上不难看出它有两层含义：一是集中监视、管理，二是分散控制。分散控制又有两种方式，一是控制功能分散，二是控制系统物理分散。控制功能分散主要指控制器在功能分配上按分散的原则设置，以减少故障引起的风险，这在以往的工程设计中都有充分考虑；物理分散则是指：控制系统硬件在物理位置上分散布置到现场，以减少信号、控制电缆长度。下面就物理分散做一简要介绍。

#### 3.2.1 单元机组 DCS 物理分散

单元机组 DCS 物理分散指：将 DCS 硬件尽量靠近生产过程（被控对象）布置，

缩短控制系统输入/输出信号处理装置与现场信号发送/接受设备间的距离,从而减少硬接线信号传输电缆。

单元机组 DCS 物理分散可采用以下几种方式:

a) 过程通道物理分散 过程通道是 DCS 与被控对象相互交换信息的硬件设备,根据信息的类别分为输入通道和输出通道,简称 I/O 通道。DCS 产品中,过程通道通常是作为过程采集控制站的一部分,布置在电子机柜中。但 DCS 还有另外一种类型产品叫做“远程 I/O”,即:过程通道单独安装在远程 I/O 柜中,经通信电缆与控制站相连,该远程 I/O 柜具备现场安装条件。

过程通道物理分散就是采用 DCS 的远程 I/O 产品,并将远程 I/O 柜布置在现场测点/执行设备相对集中的地方,将从现场仪控设备采集的信号或发送到现场仪控设备的信号经通信电缆接入 DCS 控制站,从而达到了节省电缆的目的。

b) 电子机柜物理分散 根据工艺系统和设备布置的具体情况,将电子机柜相对分散布置在锅炉、汽轮发电机等生产运行区域附近的电子设备小间内,运行区内的现场信号就近接入相关电子机柜,从而缩短了信号传输电缆的距离。就地电子机柜通过冗余高速通信总线与控制室内操作员站通信。

c) 采用现场总线系统 采用工业控制现场总线连接现场智能仪表及执行设备,然后与分散控制系统进行双向、全数字、串行通信。这种方式与远程 I/O 最本质的区别是:传输到控制和管理系统的信息不仅是现场设备的实时信息,还有大量非实时信息,因此,在节省控制电缆的同时还可提高电厂管理质量、提高设备运行安全性。有关这方面的内容还将在主要控制系统和设备选型一节中论述。

### 3.2.2 产生的效益

a) 减少控制/信号电缆和电缆桥架用量,同时也减少了相应的安装工作量,不但节省工程费用,而且减少了传输过程环境对信号的干扰。

b) 电子机柜物理分散布置后,集控制楼可以取消,从而降低工程造价,同时也为主厂房布置优化创造了条件。

c) 应用现场总线提高了现场设备级信息化水平,尤其在设备诊断、故障预测和远程调校方面具有明显的优势。

### 3.2.3 工程应用

a) 分散控制系统远程 I/O 已被广泛应用监控离主厂房较远的辅助车间（如循环水泵房、燃油泵房和空压机系统等）和锅炉、汽机、发电机等金属温度测量方面。

b) 电子机柜物理分散 电规院《2000 年电厂仪表控制系统设计原则》中明确提出采用电子机柜物理分散布置方案，并着手进行工程试点，随着试点工程应用成功，国内不少电厂相继采用了把锅炉、汽机电子机柜分别布置在锅炉房、汽机房的分散布置方案，同时也取消了集控楼。

当电子机柜物理分散布置时，为了满足电子产品对温度、湿度、灰尘、防电磁干扰等方面的要求，绝大多数都在相应车间设置了电子设备小间。

c) 采用现场总线系统 由于国际上制定现场总线统一标准的工作进展缓慢，形成了现在多种类型现场总线同时并存的局面，而分散控制系统、智能变送器和执行设备只能支持特定的现场总线，选择余地很小，所以在工程中全面采用现场总线系统还只是处于试点阶段，但一些电厂在辅助系统或辅助车间采用现场总线系统已经取得了成功的使用经验，例如华能玉环电厂 4\*1000MW 超超临界机组水处理控制系统采用 Profibus 现场总线控制系统，并已于 2006 年投入稳定、长期运行。

### 3.3 单元控制室和电子设备间布置

#### 3.3.1 单元控制室布置原则

a) 当同期建设 2 台机组时，宜 2 台机组合设一个单元控制室；控制室宜布置在两台机组适中的位置，或位于两台锅炉之间的控制楼内。

b) 当同期建设 2 台以上机组时，根据电厂的运行管理模式宜采用多台机组合设一个控制室（即多机一控）的布置方案。控制室的位置有以下几种方案可供选择：

- 1) 布置在主厂房 A 列外控制楼内；
- 2) 布置在汽机房固定端控制楼内；
- 3) 布置在汽机房内；
- 4) 布置在主厂房多台机组适中位置的控制楼内。

具体位置应结合主厂房布置方案进行优化比选后确定。

c) 控制室内主要布置以下设备：单元机组操作员站、电气网络操作员站、

辅助车间操作员站、闭路电视操作员站、辅助监视盘、火灾报警及消防控制盘、单元值班长台、通讯台、五防监视站以及打印机等。

d) 控制室的面积应根据机组台数、集中控制程度（如辅助车间是否在单元机组控制室控制），并结合发电企业的具体要求确定，一般二机一控的单元控制室面积为 150~250 平方米；四机一控的单元控制室面积为 350~450 平方米。

e) 控制室宜与主厂房运转层标高一致，至少应设有两个通往汽机房和锅炉房的通道，并设有双层门以防噪声干扰。控制室内净空高度应与台前运行区的长、宽比例协调，但一般不小于 3.6 米。控制室应是封闭的，有采暖通风、隔音、防尘、防振、防强磁场干扰等设施，并符合有关标准。

f) 控制室内机组盘、台相对位置有多种可供选择的方式，如相对（面对面）布置，相背（背对背）布置，顺列（并排）布置等。各机组的盘台布置形式也是多样的，如弧形布置、折线布置、直线布置等。

g) 控制室周边应设置必要的辅助生产房间，包括：各控制系统的工程师站、SIS 工作站、运行人员交接班室/现场会议室以及卫生间等。

单元控制室是电厂的监控中心，是生产一线人员长期工作的地方，单元控制室和辅助生产房间的布置应采取人性化设计，充分考虑辅助功能和生产运行的需要，为运行人员创造良好的工作环境。当采用多机一控方案时，应特别注意运行区域划分和调试、检修等相互干扰的问题。

单元控制室布置是发电企业领导和运行人员都关心的问题，在布置方案策划前，应与发电企业充分沟通，了解用户的想法和要求，然后结合主厂房布置进行多方案优化比选，最终提供给用户一个先进、合理的满意方案。

### 3.3.2 电子设备间布置原则

a) 电子机柜集中布置 国内火电厂自八十年代开始采用分散控制系统以来，受通信网络技术限制，加之缺乏分散控制系统运行、维护等方面经验，控制系统的电子机柜大多采用集中布置方式，且布置在单元控制室附近。这就形成了上个世纪国内火电厂普遍采用的“两炉之间设集控楼，单元机组控制室和电子设备间布置在集控楼内与机组运转层标高相同位置”的设计方案。到目前为止这种电子机柜集中布置方案仍被很多工程所采用。

b) 电子机柜分散布置 根据 2000 年燃煤示范电厂设计新思路的精神，工

艺专业改进主厂房设计方法，用三维模型手段，优化布置。为缩小主厂房体积、缩短施工周期、降低工程造价，提出取消集控楼的设想。

随着通讯网络技术、计算机技术的发展和工业用户的普遍需求，分散控制系统网络趋向标准化和通用化，控制系统主干通讯网大多支持光纤介质，通讯网络上两个节点（工作站）间的距离均可达到 1 公里以上，因此，控制机柜间拉开距离、分散布置已不成问题。另外，通过二十多年的分散控制系统应用实践，电厂对分散控制系统调试、运行、维护等已经非常熟悉并掌握，这也为电子机柜分散布置、取消集控楼创造了条件。

目前，国内不少电厂根据主厂房布置优化方案的总体要求，将控制系统的电子机柜分散到相应车间，在相应车间内设电子设备小间，从而取消了集控楼。

对于采用多机一控的电厂，由于多台机组主厂房横向距离较长，集中控制室距离某台机组就地控制设备相对较远，因此，各机组电子设备间适度采取物理分散的原则，将单元机组电子设备间与集中控制室分开布置就成为首选方案。就地电子设备间可按照锅炉就地电子设备间及汽机就地电子设备间分别设置。一般可将锅炉就地电子设备间及汽机电子设备间分别布置在锅炉房和汽机房运转层。对于三级一控的机组，可布置在 1、2 号机组之间和 2、3 号机组之间；对于四级一控的机组，可布置在 1、2 号机组之间和 3、4 号机组之间。

c) 电子设备间内主要布置以下装置：分散控制系统机柜、DEH/MEH 机柜、汽机旁路控制系统机柜、吹灰控制柜、汽机和给水泵汽轮机 TSI 机柜、TDM 机柜、炉管泄漏检测柜、闭路电视柜、电源柜、继电器柜、电气机柜、系统机柜等。当电子机柜分散布置时，上述装置则布置在相应车间的电子设备小间内。

d) 电子设备间的面积应满足布置上述装置并有足够的维护运行通道。

e) 当电子机柜集中布置时，电子设备间下电缆数量非常多，因此，电子设备间下应设电缆夹层。

f) 电子设备间至少有两个向外的通道和门。外部环境不好时宜设门斗。

g) 电子设备间内应有满足机柜运行、维护要求的照明、空调系统和防强电磁干扰措施。

h) 电子设备间内不允许油、易燃易爆气体及热力管道穿过；应有防滴漏、防溅设施。

i) 电子设备间宜避开强烈振动的工艺设备和系统。

### 3.3.3 单元控制室和电子设备间布置图例

a) 轩岗 2×660MW 机组集中控制室布置图（见附图 1）

附图说明：

1) 主厂房布置特点：侧煤仓、单框架，不设集控楼，电子机柜采取物理分散布置方案。

两台机组合设一个集中控制室，集中控制室布置在 B—C 列两机之间的 13.7 米层，面积约 180 平米。毗邻控制室布置有两台机组的工程师站（面积约 32 平米）、交接班室（面积约 20 平米）。

汽机电子设备间分别布置在 C 列相应的炉前通道处；锅炉电子设备间分别布置在煤仓与炉内侧之间的——米平台上。

2) 集中控制室布置特点：两台机组控制盘台采取顺列、直线布置方式；集控室内布置两台单元机组的操作员站、闭路电视操作员站，机组及闭路电视显示屏，网控操作员站、五防监视站、值长站、通讯台，消防盘和操作员站打印机。

b) 天津北疆 2×1000MW 机组集中控制室布置图（见附图 2）

附图说明：

1) 主厂房布置特点：前煤仓、双框架，设集控楼，电子机柜采取集中布置方案。

两台机组合设一个集中控制室，集中控制室布置在两炉之间控制楼的 17 米层（C—D 列），面积约 240 平米。毗邻控制室布置有会议室 / 参观室（面积约 60 平米）、左 / 右侧门斗各一个（面积约 2×40 平米）。电子设备间紧靠控制室后布置，工程师站布置在电子设备间内（面积约 2×30 平米）。

2) 集中控制室布置特点：两台机组控制盘台采取顺列、直线布置方式；集控室内布置两台单元机组的操作员站、DEH 操作员站（DEH 与 DCS 硬件不相同）、辅助车间操作员站、闭路电视操作员站，机组、辅助车间及闭路电视显示屏，网控操作员站、值长站、通讯台，消防盘。操作员站打印机放在工程师室内。

c) 神华胜利 2×600MW+2×600MW 机组集中控制室布置图（见附图 7）

附图说明：

1) 主厂房布置特点：侧煤仓、单框架，设控制设备楼，电子机柜采取

集中布置方案。

本期工程虽然仅建设两台机组，但根据业主要求采用四机一控方案，将下期扩建的两台机组也放在该控制室监控。集中控制室位于主厂房固定端外侧的集中控制楼 13.7 米层，面积约为 325 平米。毗邻控制室布置有 1 / 2 号和 3 / 4 号机组的工程师室（面积约 2 \* 33 平米）、交换机室（面积约 70 平米）、会议室（面积约 45 平米）、交接班室（面积约 54 平米）以及卫生间和更衣室。在集控室一侧还布置了约 90 平米的运行人员休息区。

1、2 号机组和 3、4 号机组电子设备间分别布置在 1、2 炉和 3、4 号炉间的控制设备楼内。

2) 集中控制室布置特点：四台机组控制盘台采取相对、弧形和直线型相结合的布置方案。集控室布置有四台单元机组的操作员站、辅助车间操作员站、脱硫系统操作员站、闭路电视操作站，布置成 U 型；网控操作员站、值长站、通讯台放在 U 型的中心。此外，还布置了机组、辅助车间和闭路电视显示器屏，消防盘和操作员站打印机。

d) 华能玉环电厂 4\*1000MW 机组集中控制室布置图（见附图 3、附图 4）

附图说明：

1) 主机为：哈锅生产的超超临界变压运行直管水冷壁直流炉，采用无分隔墙八角反向双切圆燃烧方式；上汽生产的超超临界一次中间再热、单轴、四缸四排汽双倍压、凝汽式汽轮机；上电生产的发电机。

2) 华能玉环电厂 4\*1000MW 超超临界机组分两期连续建设，采取四机一控方式。集控室与生产办公楼合为一栋建筑，布置在靠近主厂房固定端 1 轴，与固定端脱开 3 米，一期工程中一次建成。

两台机组设一个电控楼，电控楼位于两炉之间，电子设备间分别布置在相应的电控楼内。

3) 控制室外形为椭圆形，布置在集控楼内与汽机房运转层同一标高的 17.0 米层，通过天桥与汽机房相连。集控室下边分别布置 MIS、SIS 室、网控设备室、暖通机房、电缆夹层、热工试验室、值班室层及生产检修间、办公室等。

4) 集控室靠海侧布置 1、3 号机组控制盘台，靠汽机房侧布置 2、4 号机组控制盘台，盘台两侧布置网控、辅控操作台。操作员站为弧型布置。2、4



号机组操作员站中间留有足够宽敞的通道，可直接通向汽机运转层平台。控制室中心布置值长台。

e) 国华宁海 4\*600MW 机组集中控制室布置图（见附图 5）

附图说明：

1) 主机为：上锅生产的亚临界强制循环炉，采用单炉膛、四角切向燃烧、摆动火嘴调温、全钢架悬吊露天布置；上汽生产的亚临界、一次中间再热、反动式、单轴、四缸四排气、凝汽式汽轮机、上电生产的发电机。

2) 国华宁海 4\*600MW 亚临界机组分两期连续建设，采取四机一控方式。集控楼布置在主厂房 A 列外 2、3 号机组之间的位置。

两台机组设一个电控楼，电控楼位于两炉之间，电子设备间分别布置在相应的电控楼内。

3) 集控楼建筑造型为方形，共分为 3 层：0 米架空；6.4 米层布置有暖通空调机房、蓄电池室、电气 MCC 室、会议室、交接班室、消防室、更衣室等；集控室布置在 13.7 米层，通过天桥与汽机房运转层相连。

4) 集控室内四台机组的操作员站采用“一字排开”大弧形布置。控制室面积约为 450m<sup>2</sup>。

f) 广东台山 3\*600MW 机组集中控制室布置图（见附图 6）

附图说明：

1) 主机为：上锅生产的亚临界汽包炉，采用单炉膛倒 U 型布置、四角同心反切向燃烧、平衡通风、固态排渣露天布置锅炉；上汽生产的亚临界一次中间再热、单轴、四缸四排气、凝汽式汽轮机；上电生产的发电机。

2) 广东台山电厂一期工程装机容量为 5 台 600MW 机组，1、2 号机组采用“两机一控”方式，3、4、5 号机组采用“三机一控”方式，控制室设在 3、4 号炉间的集控楼 13.7 米层，与汽机运转层标高一致。

3、4 号机组的电子机柜布置在单元控制室后的电子设备间内；5 号机组的电子机柜及工程师站布置在综合楼内的 14 米层（毗邻 5 号机组）。

3) 集控室内三台机组的操作员站采用“一字排开”大弧形布置。控制室面积约为 450m<sup>2</sup>。4 号机组操作员站前面的中间位置，布置值长台和 500KV 网控操作员站。

### 3.4 电缆夹层

#### 3.4.1 电缆夹层设计原则

根据《电力工程电缆设计规范》5.2.8 条规定：电缆数量较多的控制室（电子设备间）、继电保护室，宜在下部设电缆夹层；电缆数量较少时，也可采用有活动盖板的电缆层。目前，国内电子机柜集中布置的电厂，电子设备间下都设有电缆夹层。

根据《电力工程电缆设计规范》、《火力发电厂与变电站设计防火规范》、《火力发电厂热工自动化电缆设计技术规定》的要求，电缆夹层应按以下原则设计：

- 1) 电缆夹层的尺寸应无碍安全运行，满足施工作业与维护、巡视所需的空间。
- 2) 夹层的净高不得小于 2 米，但不宜大于 3 米，供运行人员活动的短距离空间不得小于 1.4 米。
- 3) 电缆夹层不得布置热力管道、油气管以及其它可能引起着火的管道和设备。
- 4) 电缆夹层的内墙应采用耐火极限不小于 1 小时的不燃烧体，电缆夹层的承重件构，其耐火极限不应小于 1 小时。
- 5) 进入夹层的电缆主通道应畅通，电缆主通道进入夹层处宜设置防火墙。
- 6) 对于两机一控的电缆夹层，宜有防火隔墙将两台机组的夹层隔开。
- 7) 电缆夹层应有两个出入口，单元控制室/电子设备间附近应有至电缆夹层的通道。
- 8) 电缆夹层应有完善的火灾报警和消防设施，应为运行和维护提供充份、可靠的照明。

#### 3.4.2 电子机柜物理分散布置时电缆敷设设计需要注意的问题

a) 现状 目前国内采用电子机柜物理分散布置的电厂，大多采取将各台机组的锅炉、汽轮机机柜分别布置在相应车间内的分散方案。粗略估计接入每个电子设备小间机柜的电缆数量都在 1500 根以上，应该说这是一个不小的数字。根据《电力工程电缆设计规范》5.2.8 条规定：电缆数量较多的控制室（电子设备间）、继电保护室，宜在下部设电缆夹层。但从主厂房布置来看，这些电子设备

小间的下方基本不具备设置电缆夹层的条件，因此目前采用电子机柜物理分散布置的电厂都没有设电缆夹层。

b) 电缆敷设设计需要注意的问题 在电子设备间下设电缆夹层的主要目地有两个：一是为施工、运行维护、检修提供方便；二是避免或减少电缆着火、延燃造成的危害。当没有条件设夹层时，则应采取必要措施，尽可能使上述问题得到较好的解决。

1) 电子设备间下应有足够的空间供敷设电缆桥架和电缆，此外，还应留出供施工和维护人员方便行走和安全进行作业的步伐和空间；

2) 电子设备间附近应设有进入电缆桥架层的通道；

3) 电子设备间下不应有汽、水、油、可燃气体和腐蚀性介质管道穿过电缆桥架；

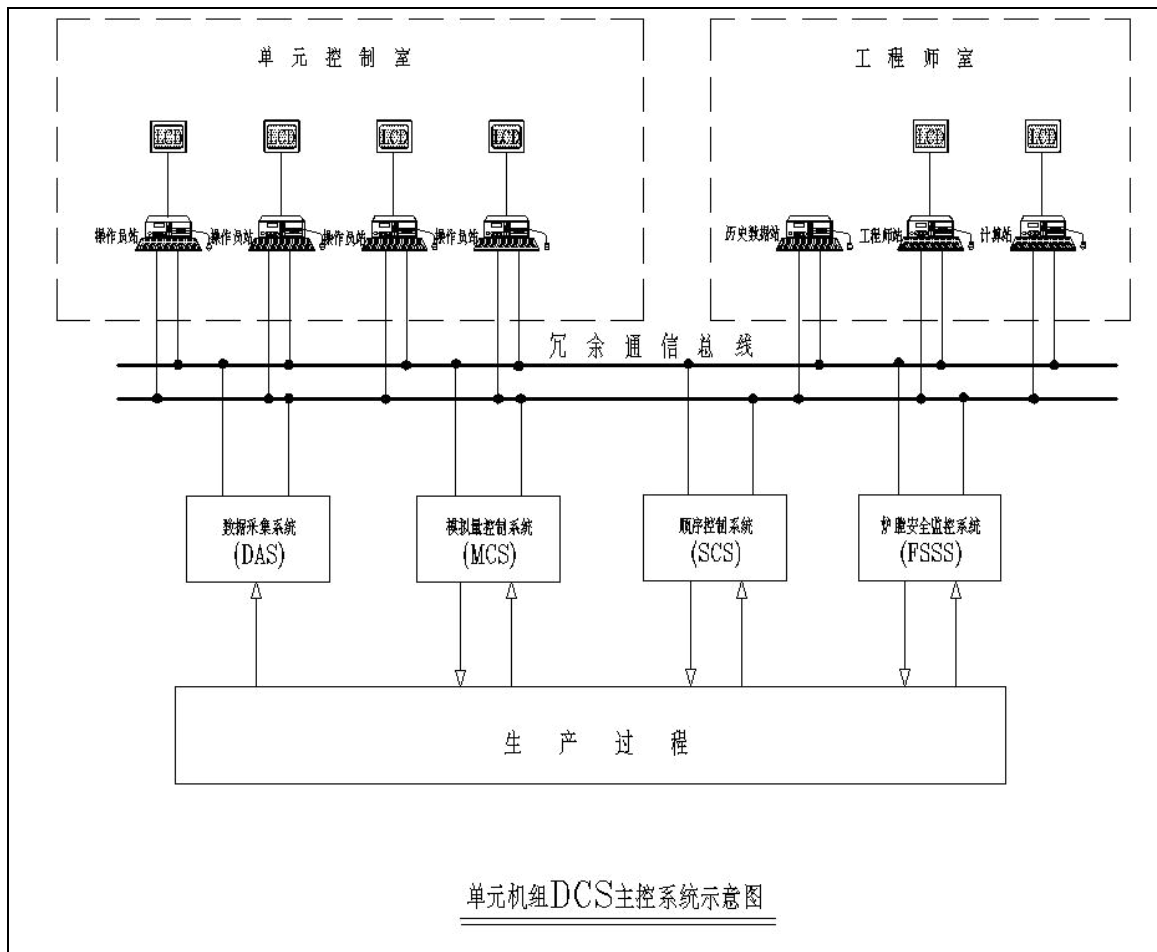
4) 电子设备间的电缆孔洞应严密封堵，电缆桥架层应设有可靠的火灾报警装置和消防设施；

5) 对于易积粉尘的环境，电缆桥架应有封闭措施，其电缆不应紧密排列。

### **3.5 控制系统网络规划**

#### **3.5.1 单元机组分散控制系统网络结构**

采用分散控制系统对单元机组炉、机、电和主要辅机进行监视、控制和保护的单元机组分散控制系统示意图如下：



单元机组的数据采集系统（DAS）、模拟量控制系统（MCS）、顺序控制系统（SCS）、锅炉炉膛安全监控系统（FSSS）等功能子系统由分散控制系统的过程控制采集站实现，对机组的监控和管理由分散控制系统的操作管理站实现，各工作站通过高速数据通道联网，进行信息交换、共享数据。

### 3.5.2 全厂控制和信息系统网络规划原则

a) 机组控制系统网络规划原则：监控单元机组的控制系统，宜以机组分散控制系统为中心进行集成；监控机组间公用系统的控制系统，宜以两台或多台机组的分散控制系统公用网络为中心进行集成。

b) 辅助车间控制系统网络规划原则：分别以水集中控制网络、灰集中控制网络、煤集中控制网络为中心进行集成。当条件具备时，可在上述水、灰、煤控制网络的基础上进一步集成为辅助车间集中控制网络。

c) 全厂控制和信息系统网络规划原则：在满足不同网络安全等级要求的前提下，通过安全、可靠的网络接口和数据库设置，将全厂各控制系统和信息系统按不同层次有效地进行集成，充分利用所有控制系统的实时生产信息以及各种实

用的优化控制和先进管理软件，提高电厂控制和管理水平，实现全厂管理、控制一体化。

### 3.5.3 控制和信息系统网络规划方案

#### a) 同煤塔山 2×600MW 机组控制和信息系统网络规划方案（见附图 8）

附图说明：

1) 设厂级监控信息系统 SIS 和管理信息系统 MIS，SIS 与 MIS 之间经安全的通信接口相连，数据仅由 SIS 向 MIS 单向传送。

2) 每台机组采用一套 DCS，DCS 的功能包括 DAS、MCS、SCS（含电气）、FSSS；空冷系统的监控纳入机组 DCS；DEH 与 DCS 采用相同的硬件，与机组 DCS 无缝连接；随主设备成套供货的局部控制系统，如吹灰控制系统等经通信接口与机组 DCS 相连。单元机组 DCS 与 SIS 经安全的通信接口相连，数据仅由 DCS 向 SIS 单向传送。

3) 两台机组 DCS 间设公用网络，监控电气公用系统、辅机循环水等两台机组公用系统。DCS 公用网经网关分别与两台机组 DCS 相连，公用系统能在两台机组 DCS 的操作员站上进行监视和控制，并确保任何时候仅有一台机组能发出有效操作指令。

4) 辅助车间控制系统采用可编程控制器 PLC。在分别设置全厂公用水系统，全厂公用燃料系统，1、2 号机组共用灰系统控制网络基础上，设置辅助车间集中控制网络，空压机、集中空调、凝结水精处理和启动锅炉房控制系统直接接入该辅控网。辅助车间集中控制网络与 SIS 经安全的通信接口相连，数据仅由辅助车间集中控制网络向 SIS 单向传送。

5) 脱硫系统采用 PLC 监控，并接入辅助车间集中控制网络。

6) 电气网络控制系统 NCS 与 SIS 经安全的通信接口相连，数据仅由 NCS 向 SIS 单向传送。

7) 设全厂闭路电视监视系统，该系统与 MIS 经通信接口相连。

#### b) 神华胜利 2×600MW 机组控制网络规划方案（见附图 9）

附图说明：

1) 设厂级监控信息系统 SIS 和管理信息系统 MIS，SIS 与 MIS 之间经安全通信接口相连，数据仅由 SIS 向 MIS 单向传送。

2) 每台机组采用一套 DCS, DCS 的功能包括 DAS、MCS、SCS (含电气)、FSSS; 空冷系统的监控纳入机组 DCS; DEH 与 DCS 采用相同的硬件, 与机组 DCS 无缝连接; 随主设备成套供货的局部控制系统, 如吹灰控制系统等经通信接口与机组 DCS 相连。单元机组 DCS 与 SIS 经安全的通信接口相连, 数据仅由 DCS 向 SIS 单向传送。

3) 两台机组 DCS 间设公用网络, 监控电气公用系统、辅机循环水等两台机组公用系统。DCS 公用网经网关分别与两台机组 DCS 相连, 公用系统能在两台机组 DCS 的操作员站上进行监视和控制, 并确保任何时候仅有一台机组能发出有效操作指令。

4) 辅助车间控制系统采用可编程控制器 PLC。在分别设置全厂公用水系统, 全厂公用燃料系统控制网络基础上, 设置辅助车间集中控制网络; 1、2 号机组公用的除灰渣、电除尘、空压机、集中空调、凝结水精处理系统, 其控制系统直接接入该辅控网。辅助车间集中控制网络与 SIS 经安全的通信接口相连, 数据仅由辅助车间集中控制网络向 SIS 单向传送。

5) 脱硫控制系统采用与机组 DCS 相同的硬件, 两台机组脱硫设置一套分散控制系统, 但控制器、I/O 柜按单元机组及公用系统分别设置。脱硫控制系统与 SIS 经安全的通信接口相连, 数据仅由脱硫控制系统向 SIS 单向传送。

6) 电气网络控制系统 NCS 与 SIS 经安全的通信接口相连, 数据仅由 NCS 向 SIS 单向传送。

7) 设全厂闭路电视监视系统, 该系统与 MIS 经通信接口相连。

## **4 主要控制系统和设备选型**

### **4.1 单元机组控制系统选型**

#### **4.1.1 分散控制系统在单元机组控制系统中的应用**

我国大、中型火力发电厂采用分散控制系统 (以下简称 DCS) 实现机组监控已有二十多年的历史了。运行实践充分证明 DCS 具有以下优点:

a) DCS 将连续控制、断续控制、逻辑控制和监控功能集中统一于系统中, 由品种不多的硬件、功能丰富的软件和可靠的通信来实现综合控制, 既节省投资又提高了系统的可靠性、可操作性和可维护性。

b) DCS 可按控制功能、工艺系统、可靠性要求, 由功能和地理位置不同的

各工作站组成控制系统。系统结构灵活，一个站的故障不会影响其他站的正常运行，这种灵活的结构也充分体现了监视集中，功能、设备分散的理念。

c) 各种监视、控制功能均由软件模块来完成，组态、修改方便，且易于实现高级的控制策略。

二十多年的成功使用业绩，使得单元机组控制系统采用 DCS 成为一个不争的事实。

#### 4.1.2 DCS 国产化

我国火力发电机组，特别是大、中型机组的 DCS 市场，很长一段时间被国外几大主要自动化企业控制和垄断，其市场价格也高居不下。与此同时，我国也有一批专业的自动化装备企业，经过多年的努力和发展，目前已经能生产满足电站需要的 DCS 产品，其性能和技术水平已与国外产品接近，部分核心技术基本与国际先进水平同步，有的还成功应用于 600MW 超临界机组，并正准备在 1000MW 超超临界机组上应用；其市场价格与进口产品相比有绝对的竞争力。

前一段时间，国家又出台了从市场侧支持本国自动化装备企业自主创新的政策，从消除限制本国创新产品、推动建立产业联盟机制等方面推动 DCS 国产化进程。

目前，机组控制系统通过招标选用国产 DCS 的比例逐渐增加，由于进口与国产 DCS 在市场上的激烈竞争，DCS 的价格也有大幅度的下降。

#### 4.1.3 积极进行基于现场总线的分散控制系统试点

即将发布的新火规中，对于机组控制系统选型做了以下规定：机组控制系统宜采用分散控制系统。当技术经济论证合理时，也可采用基于现场总线的分散控制系统，在现场仪表和设备层采用现场总线。

“基于现场总线的分散控制系统”是分散控制系统与现场总线技术相结合的一种方式，利用现场总线将分散控制系统和现场智能仪表及执行设备连接起来，使之进行双向、全数字、串行通信。这种方案最大的特点就是：突破了传统的控制系统与现场设备间“点对点”信号传输模式，以现场设备数字化（智能仪表和执行设备）为基础，将现场实时信息以及设备故障预测、诊断、状态检修和远程调校等所需的大量非实时信息，通过现场总线传输到控制和管理系统，同时也将控制系统下达的实时控制信息以及参数调整、组态修改等非实时信息传输到现场

仪表和执行设备。这样就使控制系统的调试、运行、维护达到了现场级水平，同时也为实现状态检修、设备管理和优化控制奠定了可靠的数据基础。因此，采用基于现场总线的分散控制系统将大大提高电厂信息化水平，它必将促进电厂信息管理、设备管理、优化控制软件的开发、应用和发展，使电厂的管理、决策达到科学、实时的新高度。

采用基于现场总线的分散控制系统必须具备两个基本条件：一 现场仪表和执行设备应是智能型的，并与现场总线有相应的通信接口和统一的通信规约。二 分散控制系统也应与现场总线有相应的通信接口和统一的通信规约。

目前，火电厂控制和管理系统中，厂级（SIS、MIS）、机组级（DCS）已基本实现数字化，而采用现场总线系统将现场仪表和执行设备选择智能型，则把“电厂数字化”扩展到了现场设备级，即实现了电厂设备、控制、管理系统全面数字化。众所周知，信息化的基础是数字化，即通过数字技术将尽可能多的有用信息采集进来，分析、加工成为更加智能的有用信息。而电厂设备、控制、管理系统全面数字化则为电厂信息化建设构筑了一个坚实的平台，为实现生产过程高度自动化、管理现代化、投资效益最大化创造良好条件。

长期以来国际上制定现场总线标准的工作进展缓慢，这使得分散控制系统/智能仪表和执行设备难与多种类型的现场总线匹配连接，大多只能支持特定的现场总线，选择余地较少。另外，同一品牌的智能变送器和执行设备种类不全，在工程中大范围选用还有一定困难。就现场总线本身而言，网络冗余、可靠性等还需通过实践充分验证。鉴于上述的这些情况，全面采用基于现场总线的分散控制系统目前还处于工程试点阶段，但一些电厂在辅助系统或辅助车间应用现场总线已经取得了成功的经验。我院负责设计的神华胜利电厂正在进行全面采用现场总线系统的试点，期望通过工程实践总结经验，进一步提升华北院设计水平。

电厂应用现场总线技术，相对于单纯的分散控制系统来说，提出了一些新的理念和要求，主要表现在系统设计、施工图设计、应用软件设计、安装和调试等方面。下面仅就与设计有关的前两项做一简要说明。

1) 网络设计是系统设计的重点，要根据设备的地理分布、功能的相关性等因素，设计网络的覆盖范围、支路的数量、支路以及分支路的长度、各支路的设备数量等，这些设计对系统的性能、硬件配置都有重要影响。



2) 施工图设计中端子接线图、电缆连接图、电缆敷设等设计工作量减少,但仪表、执行设备的位置、电缆桥架的走向等设计工作量加大,而且需要在施工图设计前期完成这些设计图纸。根据这些图纸再设计各支路连接的设备、设备排列的顺序、通讯设备机箱的位置等,这样就可以使系统设计进一步得到优化。

目前,火电厂采用以现场总线为基础的分散控制系统对热控专业来说还处于一个需要熟悉、掌握和积累的阶段,设总应在专业协调配合以及图纸进度安排等方面给与大力支持,使这项新的设计技术能够在工程中顺利实施。

## 4.2 辅助车间控制系统选型

从工艺系统的复杂性和对系统运行连续性、可靠性要求等方面比较,辅助车间与单元机组相差很多。根据系统的特点,并综合考虑投资等因素,长期以来绝大多数电厂的辅助车间控制系统都采用价格较低(比 DCS)的可编程控制器(PLC)。由于 PLC 对环境要求不高,系统维护工作量较少,而且功能上也完全满足辅助车间以顺序控制为主的监控要求,所以各厂运行、维护人员对 PLC 的评价不错。

随着国产 DCS 品牌不断增加,近些年来 DCS 的市场竞争越发激烈,使得 DCS 的价格不断降低。至今,进口 DCS 与进口 PLC 价格已基本持平,而国产 DCS 的价格还低于进口 PLC。另外,从性能上比较,DCS 的人-机界面友好程度,维护组态方便程度都优于 PLC,所以不少电厂已经尝试辅助车间控制系统采用国产 DCS。当机组控制系统也选用国产 DCS 时,辅助车间控制系统的 DCS 应与机组 DCS 选型一致,以方便对系统的维护和减少系统的备品、备件。

## 4.3 重要保护系统选型

即将发布的新火规中对保护系统选型作了如下规定:发电厂的锅炉和汽轮机保护系统,可采用电子逻辑系统或采用继电器硬逻辑系统。系统宜采用经认证的、SIL3 级及以上的安全相关系统。安全相关系统应符合《电气 / 电子 / 可编程电子安全相关系统的功能安全》和《过程工业领域安全仪表系统的功能安全》标准要求。

### 4.3.1 功能安全问题的提出

最近几年,国际上过程工业领域的安全问题引起了高度重视,以国际电工委员会(IEC)为首的国际标准化组织分别于 1998 年和 2003 年发布了国际标准《电气/电子/可编程安全相关系统的功能安全》(IEC61508)和《过程工业领域安全

仪表系统的功能安全》(IEC61511), 标准中首次提出对安全仪表系统的仪表安全功能的安全完整性要求, 并规定了安全完整性等级(SIL)。目前, 我国工业过程测量与控制标准化技术委员会也紧跟国际工业安全标准的进程, 制定了等同于 IEC61508 和 IEC61511 的国家标准, 并在相关领域积极开展宣讲和培训工作。

#### 4.3.2. 功能安全和安全完整性等级的相关概念

说明功能安全之前首先要解释一下安全仪表系统和安全功能两个概念。

安全仪表系统(SIS): 用来实现安全功能的仪表系统。它通常由传感器、逻辑解算器和执行部件组成。

安全功能: 针对特定的危险事件, 使工业过程处于安全状态的功能。

上述两个概念合起来所表述的意思就是: 当发生危险工况时, 通过安全仪表系统使过程处于安全状态。

IEC61508 和 IEC61511 标准提出了一个非常重要的“功能安全”概念, 功能安全被定义为: 安全仪表系统正确执行安全功能的可靠程度。即对安全仪表系统的可靠性做出规定。“标准”用安全完整性等级来表示可靠性要求的程度, 安全完整性共分为四级, SIL1-SIL4, SIL4 是安全完整性最高级别, SIL1 则为最低级。不难看出, “功能安全”标准的核心是: 通过建立对安全功能可靠性要求的规定, 有效防止或降低安全仪表系统功能失效所导致的风险。

#### 4.3.3 电厂热工自动化设计中如何贯彻“功能安全”标准

随着 DCS 在电厂中的广泛应用, 以及控制和保护技术逐步完善, 我国大中型火电机组的安全状况有了很大改善, 但同时还应看到近些年来汽机超速、炉膛或烟道爆炸、汽包满水/缺水导致锅炉爆管和汽机进水、大轴弯曲等事故时有发生, 因热工自动化系统失灵造成的机组非计划停机事故并不鲜见。因此, 我们仍应对火电厂的安全问题给与高度重视, 提高保护系统的可靠性, 从源头上减少保护系统故障率。

在火力发电厂中, 锅炉炉膛安全系统(FSS)、汽轮机紧急跳闸系统(ETS)等则属于“标准”所定义的安全仪表系统, 他们承担着锅炉、汽轮机的保护功能。例如, 当汽轮机发生严重危险工况(轴承润滑油压过低或汽机转速过高等)时, 汽机紧急跳闸系统立即动作, 停止汽轮机运行, 以避免发生汽机轴瓦钨金磨损和引起汽机振动、汽机严重超速造成飞车等恶性事故发生。

根据国家对过程工业领域全仪表系统的功能安全要求，并结合火力发电厂目前的具体情况，新火规中对锅炉、汽轮机最重要的保护系统 FSS、ETS 的选型提出了 4.3 节中所表述的要求。当然，为满足“安全”而设计的自动化产品，其结构会比原来只考虑功能结构时要复杂，成本也会增加，所以选用满足功能安全要求的保护系统其设备费用也会相应提高。据了解每套 ETS 的价格将增加 50~80 万；每套 FSS 的价格将增加 80~100 万。但相对于安全功能丧失造成的巨大损失来说，增加这点投资还是值得的。

## 5 优化控制软件（系统）应用

“积极采用已经取得成功经验、安全、经济效益明显的优化控制软件”是《2000 年仪表控制设计基本原则》的重要内容之一。

优化控制是建立在控制理论、模型算法、计算机技术和通信技术迅速发展基础上，为适应生产过程向大型化、连续化发展中，过程非线性、关联性和时变性越发显现的特点提出的高级控制策略。

优化控制软件具有良好的性/价比，因此受到以优质、高效经济管理模式为企业追求目标的管理者们的欢迎。优化控制软件所产生的显著节能、环保效果，也是电力建设遵循合理利用有限资源，最大限度地减少对环境污染，实现可持续发展原则的具体体现。

近些年来，国外电厂优化控制软件发展较快，不少著名的大公司相继推出了各具特色的优化控制方案，并在实际应用中取得了很好的效果。我国这方面起步较晚，在软件的研发和工程应用上都还处于初级阶段，但通过各方面的努力，已经初见成效。例如，中电投所属的平圩电厂 2 号锅炉采用了“智能燃烧优化控制”，该系统自 2006 年 10 月投运以来运行稳定可靠，实际测试表明，该系统对提高锅炉效率及降低 NO<sub>x</sub> 排放效果十分明显。由于有了上述成功经验，中电国际在所属神头“上大压小”工程中，决定仍采用该优化控制系统。

优化控制在自动化领域属于一项新的技术，国内火力发电厂应用的时间不长，缺乏使用经验。因此我们应持积极、审慎的态度来确定优化控制软件的应用方案。

建议：

- a) 根据投资方的要求，并结合电厂的实际情况确定是否采用优化控制软

件；

b) 工程建设中采取 “试点-总结-推广” 的分步实施原则进行优化控制软件应用设计；

c) 选择成熟的、有良好业绩的，经济环保效益显著的优化控制软件；

d) 对于由 DCS 组态实现优化功能的软件，宜在 DCS 招标时统一考虑。

## 6 设计和审查中常遇到的问题

### 6.1 设计深度不满足规定的要求

a) 根据 “火力发电厂可行性研究报告内容深度规定” DL/T5375-2008 第 4.6.10-3 条的要求，热控专业在可研阶段应对拟采用的编码系统进行说明；在“电厂信息管理系统设计内容深度规定” DLGJ164-2003 第一部分对此也有明确要求：可研阶段应确定能满足设计、基建和运行各阶段要求的电厂标识系统。提出所采用的电厂标识系统的编制原则（包括编码范围、编码深度和编码方式）和电厂主要工艺系统的编码。标识系统的内容深度应能满足初步设计与三大主机（含主要辅机）招标的要求，并在招标中对厂商提出要求。但不少设计院编制的可研报告不满足 “深度” 规定的要求，仅在可研报告总的部分用 “本工程电厂设备标识系统采用 KKS 编码” 一句话概括，并没有作任何进一步说明。

实际上，电厂设备标识系统并不只是热控一个专业涉及的内容，它是整个设计过程中各个专业都要遵守的原则，所以应该由项目经理牵头，组织各专业共同完成该项工作。对拟采用的编码系统说明是放在可研报告总的部分，还是放在热控专业的 MIS 部分，可由项目经理决定。

目前，国内建设的火力发电厂绝大多数都采用 KKS 标识系统，而且国家标准《电厂标识系统编码标准》（GB/T 50549-2010）已经颁布，规定的条文可操作性很强，所以各工程在可研阶段按深度规定要求对拟采用的编码系统进行说明并不困难，也不需要很大的工作量。

b) 电厂管理信息系统是近十年来才在工程中广泛应用的，在 92 版的 “火力发电厂初步设计文件内容深度规定” 中还没有包括这部分内容，但前面提到的 DLGJ164-2003 第二部分内容对此进行了补充。近期国家能源局发布了 2009 年版的《火力发电厂初步设计文件内容深度规定》，规定要求在初步设计中应对电厂管理信息系统的需求、系统构成、系统配置、信息分类与编码、系统安全进行说

明，并应列出软硬件汇总表，绘制电厂信息系统网络图和信息中心机房布置图。

以往接触过的很多项目中，大多数设计院初设文件都包括管理信息系统的专门说明书，详细描述管理信息系统的设计原则。据了解，这些设计院都有专门负责“管理信息系统”设计的部门。而管理信息系统设计长期以来是我院的一个弱项，没有专门的人力去做这方面的工作，因此在一些工程中出现内容深度不够的问题。实际上，管理信息系统的相关资料很多，而且各大电力企业对所属电厂的管理信息系统都有具体要求和规定，只要对这项工作给与足够的重视，问题不难解决，建议我院今后加强这方面的投入。

## 6.2 单元控制室布置方案问题

对于热控专业，乃至整个工程来说，单元控制室布置方案是初步设计需要确定的重大原则问题，也是初步设计中主厂房布置方案优化的重点内容之一。它的重要性不仅是方案本身，而且与整个主厂房的布置格局有很大关系，一旦审查中方案有较大变化，则会引起相关专业的较大返工量。以往审查中曾多次出现审查单位（包括业主在内）对设计院提出的单元控制室布置方案不满意，要求配合主厂房的布置进一步优化。因此，单元控制室布置方案策划时一定要从多角度、多方面思考，并在此基础上制定出多个可行的方案进行优化比选，然后提出推荐方案，供审查和业主选择。

建议：

a) 控制室布置要与主厂房布置方案协调，每一个主厂房布置方案都应有相对应的控制室布置方案，室内布置格局也宜有区别。

b) 根据已经发布的新火规中对控制室控制机组台数的建议、充分考虑各大电力企业制定的“火电工程设计导则”中对控制室布局的要求、结合工程的具体情况，对多机一控方案进一步研究。方案策划前一定要与建设单位沟通，充分交换意见，力争我们的设计方案合理、先进又满足建设单位的需要。

c) 集中控制室的面积应适中，应与自动化水平和控制方式相适应。特别是单元机组、辅助车间、开关站的控制都集中在一个控制室时，监控的对象和运行人员都比较多，集中控制室面积不宜过小。在控制室和周边辅助生产房间的设置上应考虑人性化设计，充分考虑辅助功能，为运行人员创造良好的工作环境。据了解，近期有些电力企业在其新的设计导则中对此已提出了相关的要求，设计院

应充分考虑业主的需要，改进我们的设计方案。与此同时也要注意，不能因为考虑辅助功能而使辅助生产用房面积和控制室主监控区面积比例失调。例如对于新建工程，不能因为启动、调试参与人数较多，就设置面积很大的永久性会议室；也不必要专门在控制室前设置宽敞的参观走廊；会议室、交接班室在功能分区上宜兼顾考虑。总之应该把主厂房内核心运行区这块地方充分、合理的利用好，使之有效地发挥作用。

#### d) 集中控制室应尽量避免主厂房纵向温度伸缩缝

工程审查中不止一次地发现设计院将控制室内的盘、台布置在主厂房纵向温度伸缩缝位置上。当然，出现这样的问题不是热控专业本身造成的，往往是主厂工艺设备布置以及结构梁柱布置使得集中控制室难以避开温度伸缩缝。因此，必须由设总牵头，组织相关专业协调配合，才能使问题得到很好解决。关于集中控制室避开主厂房纵向温度伸缩缝的问题，本文将在 7.4 节中进一步论述。

### 6.3 电子设备间下电缆托架布置设计问题

根据工程审查、设计回访、项目后评价等多方面了解到的情况，很多工程都不同程度地存在电子设备间下电缆夹层托架布置拥挤、通道不畅，不便施工和运行维护的问题；还有不少工程的电缆夹层中，各机组间电缆托架没有进行防火分隔，对防止电缆着火延燃、防止扩大火灾事故极为不利。要解决上述问题，除热控专业应严格按照相关规定进行电缆托架敷设设计外，项目经理在与相关专业协调整个控制楼的布局时，一定要按照 GB50217-2007 电力工程电缆设计规范 5.5.1 条的要求，为电缆夹层留出净高不小于 2 米的空间。关于电缆夹层托架布置的问题，本文将在 7.1 节中进一步论述。

## 7 专业配合问题的探讨

### 7.1 热控/水工/结构专业在电缆夹层托架布置和消防管网设计中的配合

本节主要是针对电厂设集控楼、电子机柜采取集中布置方案时，集控室和电子设备间下电缆夹层的电缆托架布置所涉及的一些专业配合问题进行讨论。

众所周知，集中控制室是电力生产过程的控制中心，电子机柜则像人的中枢神经一样，通过成千上万根电缆收集热力生产过程的各种信息，经分析、判断后发出操作、控制指令，以保证机安全、经济运行。随着机组容量增大和自动化水平提高，接入电子机柜的电缆数量也相应增多，据不完全统计：

两台容量为 300MW 等级的燃煤机组，电缆夹层内电缆的数量约为 6000 根；  
两台容量为 600MW 等级的燃煤机组，电缆夹层内电缆的数量约为 8000 根；  
两台容量为 1000MW 等级的燃煤机组，电缆夹层内电缆的数量约为 10000 根。

要把上述众多电缆井井有条地敷设在电缆夹层的托架上，必须要做好电缆桥架的规划和设计。在国家标准：《电力工程电缆设计规范》和行业标准：《火力发电厂热工自动化就地设备安装、管路及电缆设计技术规定》中，对电缆夹层中电缆托架的规划和设计原则作了明确规定：

- 1) 电缆通道路径选择应便于安装、维护；
- 2) 路径应尽量短，并保证有足够断面；
- 3) 电缆桥架层间净距 $\geq 150\text{mm}$ ；
- 4) 最上一层桥架至梁底距离 $\geq 200\text{mm}$ ，并满足电缆弯曲半径的要求；
- 5) 电缆桥架的两侧中至少有一侧应有 $\geq 800\text{mm}$  宽的空间；
- 6) 最下一层距电缆夹层地坪 $\geq 200\text{mm}$ （但至少在一侧不小于 800mm 宽的通道处应 $\geq 1400\text{mm}$ ）。

不难看出，这些设计原则的核心是：电缆夹层应有供电缆敷设的足够空间。根据多年的设计经验和教训，对电缆夹层空间的要求中，电缆夹层的高度是主要矛盾。通常：

300MW 级机组的电缆夹层高度为  $12.6 - \boxed{10.0} = 2.6$  米；

600MW 级机组的电缆夹层高度为  $13.7 - \boxed{11.0} = 2.7$  米；

1000MW 级机组的电缆夹层高度为  $17.0 - \boxed{14.0} = 3$  米。

而近些年来电厂的集控楼大多采用钢筋混凝土结构，电缆夹层的纵/横梁断面高度都在 800mm 以上，留给布置电缆托架的空间高度已相当紧张，不少工程的电缆托架不得不采取局部（过梁处）压缩层间距，密集布置。就这样，还是有不少工程由于电缆夹层空间高度不够 迫使最下层电缆托架距地不足一米，维护人员弯腰也过不去，只好设置爬梯从电缆托架上方低头、弯腰勉强通过，很不方便。

根据消防设计的要求，电缆夹层内还要布置气体消防管网，电缆夹层内的消防管网敷设应尽量减少弯头，以减少阻力损失；另外，为使消防区内灭火气体喷洒均匀、不留死角，消防管网应水平、对称布置。因此，各工程设计中都把消防

管网敷设在电缆夹层梁下和电缆托架之间的水平面上，并与托架有一定距离。这样一来，使得本就紧张的电缆托架敷设空间不得不再进行压缩，因此，造成电缆夹层内托架布置不合理，没有足够的通道和检修空间，对施工和运行维护极为不便。在各院的设计和电厂的实际调查中这种情况屡见不鲜。

要解决上述问题，一方面要求热控专业设计人员在现有基础上进一步优化电缆夹层托架敷设设计方案外，还可以同时从以下两方面改进设计：一是与集控楼有关的各专业，从专业的角度优化设计，使集控楼各层布局既紧凑、又合理，为电缆夹层留出足够的空间；二是请项目经理组织土建、水工、热控专业协调配合，对电缆夹层布置方案进行综合优化：研究是否能采用消防管网穿过电缆夹层结构梁水平敷设的方案。该方案要求土建结构专业设计时，要根据水工专业提供的资料在相关梁内预埋钢管，施工时，消防管道将穿过这些埋管在梁内水平敷设。这样，电缆桥架敷设的空间高度就有所改善；对消防管网来说，这种敷设方式不但减少了弯头，还简化了管网系统；对土建结构专业来说，梁内局部预埋钢管不会影响承载力，只是增加了设计工作量。综上所述，我认为这种消防管网穿梁的设计方案是合理的，在技术上是可行的。

## **7.2 电气/热控专业 ECMS-DCS 之间的接口和信息量的配合**

### **7.2.1 问题的提出**

自上个世纪末至今的十几年来，火发电机组的炉、机、电全面采用分散控制系统，使单元机组的整体自动化水平迅速提高。国内不少大型电厂基本上实现了由一主、两辅运行人员对单元机组的炉、机、电进行统一监控的全能值班运行管理模式。

随着电子技术和通信技术的发展，现场总线系统和智能现场仪控设备开始进入自动化设备市场。各过程工业控制领域为适应行业信息化发展要求，纷纷采用这种新技术和新设备。电力行业由于其工艺流程的特点，使行业内部在现场总线应用上存在一定差距，例如：电力生产过程中电气系统控制和热力过程控制在控制功能上有较大区别，电气控制系统的主要功能是开关量控制，加之国内很多生产商相继推出了专门用于电气控制的各种类型智能现场设备，例如测控单元、综合保护装置等等，所以使得电气监控管理系统 ECMS 逐步在电厂中得到应用和推广。而电厂热力过程控制（主要指锅炉、汽轮机等控制）中，由于控制系统较为



复杂、系统关联性很强，加之 4.1.3 节所述的一些原因，使热力控制系统全面采用现场总线的计划进展较为缓慢。

由于电气控制系统和热力控制系统选型不同，随即产生了 ECMS 与 DCS 之间联络、配合问题，由此引深到单元机组究竟应该采取怎样的控制方式更合理的思考。

註： ECMS 是电气监控管理系统的英文缩写，指应用现场总线和通信技术，对发电厂电气系统进行监控和运行维护管理的计算机系统。

### 7.2.2 解决问题方案

开始各设计院热控专业和电气专业对这些问题的看法不一致，因此出现了各种各样的设计方案，甚至有些工程把电气控制完全独立起来，自成体系。经过一段工程实践后，我国电力行业技术管理部门通过总结经验、统一看法，做出解决上述问题比较具体的规定，这体现在近期颁布的《发电厂电气系统监控和运行维护管理系统设计导则》和已经颁布的国家标准《大中型火力发电厂设计规范》（GB50660-2011）两个标准中。在“新火规”的机组控制系统一节中明确规定：“机组控制系统宜选用分散控制系统。单元机组的发电机变压器组和厂用电源系统的顺序控制宜纳入机组控制系统。发电机励磁系统、自动电压调整、继电保护、故障录波及厂用电源切换功能应由专用装置实现”。也就是说，新火规中把单元机组作为一个整体，应首先选择锅炉、汽轮机、发变组及厂用电源系统全部采用 DCS，以实现单元机组的统一监控。在“导则”的 4.2.1 条中明确规定了当电气设备的控制由 DCS 实现时，ECMS 与 DCS 的两种接口方式，但无论采取哪种方式，发电机-变压器组都采取硬接线方式接入 DCS，与锅炉、汽轮机作为一个整体控制。而 DCS 对厂用系统的电源开关的控制，则可选择硬接线或通过 ECMS 通信实现。同时“导则”还对 DCS 完成电气设备控制所需的硬接线 I/O 点数和/或通信信息量做出具体规定。这样，热控和电气专业今后有了共同遵守的标准，可以按照上述两个规定确定的原则进行设计和互提资料，也避免了专业间扯皮。

### 7.3 主厂房布置方案优化与电子机柜物理分散协调、统一

自电规院提出“2000 年燃煤示范电厂”的设计新思路以来，国内各设计单位积极配合各大电力企业“在安全可靠的前提下以经济效益为中心”的建厂要求，在工程设计中用三维模型手段，对主厂房布置进行优化设计，以期达到设备布置紧凑，工艺流程短捷，高压管道和电缆长度缩短，建筑体积小，土建工程量小，

建设周期加快，工程投资省的目的。通过几年的工程实践，充分证明这是一项行之有效且效果显著的措施。

主厂房优化设计的一项重要内容是取消集控楼，将控制系统的电子机柜物理分散布置。在前面的章节中已经简单说明了工程中通常采用的分散布置方式，但是，在确定布置位置时，热控专业大多是被动的，通俗的说就是哪里有空就放在那里。这样一来，使得分散后的电子设备小间在空间和环境条件方面往往存在一些不足，例如：空间小，粉尘大、振动大，距离热力管道近等等，这对控制系统安全运行和维护都很不利。建议项目经理在主厂房布置方案优化过程中，注意协调专业之间的配合，通盘考虑各个专业的要求，按主、次合理调配，使得主厂房布置方案能最有效、合理地利用空间，既保证安全运行、方便维护又减少建筑体积、节省投资。

#### 7.4 单元机组控制室与主厂房纵向温度伸缩缝位置的协调

目前国内火力发电工程的机组控制方式大多采用“两机一控”，特别是当同期建设两台机组时，绝大部分都是将控制室（包括一些与控制室关系密切的辅助生产房间）布置在主厂房运转层两台机组之间的 B-C-D 列框架内。

根据《火力发电厂设计规范》中主厂房结构设计一节的规定：主厂房纵向温度伸缩缝最大间距，对现浇钢筋混凝土结构，不宜超过 75 米；对装配式钢筋混凝土结构，不宜超过 100 米；对钢结构，不宜超过 150 米。

目前电厂采用的大多为现浇混凝土结构，因此，无论是 300MW 或 600MW 等级的机组，在主厂房布置方案设计时都有可能遇到单元机组集中控制室与主厂房纵向温度伸缩缝位置重合的问题。当出现上述问题时，项目经理组应组织相关专业（包括结构、建筑、热控、电气、热机等专业）进行协调、配合，以使上述问题能得到一个合理的解决方案。下面提出几点建议供项目经理进行专业协调时参考：

1) 主厂房纵向“温度伸缩缝”是为吸收主厂房内两个相邻结构体由于温度变化产生变形所造成的间隙变化而做的结构设计，此外还考虑了结构体基础沉降不均、地震等各种因素。因此，伸缩缝的纵、深距离随着温度变化等情况的发生肯定会或多或少的有所改变。尽管建筑设计时考虑了一些弥补的方案，但毕竟是两个结构体的动态链接，与一个整体结构相比在工艺设备布置、建筑的美观、防水等方面总会有不同程度的差异（不足）。所以在主厂房布置设计时一定要重视“温度伸缩缝”这一问题，项目经理要处理好专业之间的矛盾，做好相关专业的协调工作。

2) 单元机组集中控制室是全厂的控制中心,是运行人员长期工作的场所,也是各级领导视查和外单位参观常来的地方。所以集中控制室的位置、布局、内部装饰环境和控制设备安全运行就显得十分重要。因此,集中控制室应尽量避免“温度伸缩缝”布置。

前面已经谈到,从运行、管理、维护的角度,控制室布置在主厂房 B-C-D 列运转层两台机组之间是比较合理的,所以土建结构专业在做主厂房结构设计时,要充分考虑热控专业对集中控制室布置位置的合理要求,在规程、规定允许的范围内,尽量使“温度伸缩缝”不设计在集中控制室内。

3) 当出现由“温度伸缩缝”引起的其他专业设备布置问题时,项目经理应召开专业协调会,研究解决方案。例如:当热机专业在布置加热器或除氧器时恰好遇到“温度伸缩缝”,则可以研究将设备的滑动支撑点设在靠近“温度伸缩缝”侧的方案是否可行,如果设备、管道布置以及检修空间等都能满足要求,那么方案可行,问题也就解决了。

4) 当其他专业因“温度伸缩缝”引起的设备布置问题无法解决或使得布置方案很不合理,则建议采取将 C-D 列框架中两台机组中间的两根柱子拔掉,把控制楼推进主厂房框架内的设计方案。如果该工程主厂房采取三列式(即单框架)布置,按“新土规”的要求主厂房结构框架内的柱子不能取消,控制楼不能推进到主厂房框架内,则建议把控制楼向锅炉侧移,脱离开主厂房框架。当然,该方案还涉及到控制楼后是否有空间等一系列问题,需要相关专业一起研究。

5) 如果集中控制室与“温度伸缩缝”的矛盾实在解决不了,则热控专业应认真考虑控制室内的盘、台布置方案,一定不能把盘、台、柜布置在“温度伸缩缝”上。

## **8 控制工程造价措施**

### **8.1 积极采用控制系统物理分散方案**

结合主厂房布置方案优化,积极采用 DCS 电子机柜物理分散布置方案,使机柜靠近现场仪表和控制设备,缩短信号传输距离,大大节省信号和控制电缆。另外,电子机柜物理分散布置后,可取消集控楼,将控制室布置在主厂房框架内,减少主厂房容积比和安装材料及安装工作量。

现以两个设计院对各自设计的两台 600MW 机组采取物理分散布置方案所作的经济比较为例,说明其经济效果。

工程一:将锅炉电子设备间布置在两炉之间 13.7 米层平台上,汽机电子设

备间分别布置在汽机运转层固定端/扩建端紧靠 B 列处。

主厂房内控制电缆及桥架比较表

比较项目	本工程方案	集中布置（定额）
锅炉控制电缆数量/平均长度	5280 根/75 米	5280 根/135 米
汽机控制电缆数量/平均长度	3520 根/80 米	3520 根/110 米
主厂房控制电缆数量/总长度	677.6 公里	1100 公里
主厂房控制电缆总价（12 元/米）	813 万元	1320 万元
主厂房控制电缆总价（限额单价）	1164 万元	1890 万元
电缆桥架数量（按全厂 20%计）	231.2 吨	272 吨
电缆桥架总价（8000 元/吨）	158 万元	217.6 万元
主厂房电缆桥架材料总价	1349 万元	2107.6 万元
主厂房电缆桥架施工总费用	2158 万元	3372 万元

不难看出，工程一采用物理分散布置方案后，控制电缆可节省 726 万元，电缆桥架可节省 32.6 万元，电缆及桥架施工费用可相应节省 1214 万元，具有明显的经济效益。

工程二：锅炉电子设备间布置与工程一相近，汽机电子设备间布置在靠近 C 列的 6.9 米层。分散布置后就地设备至电子设备间的通道平均缩短~30 米，这样，主厂房控制电缆比设控制楼、电子机柜集中布置时节省~25%，电缆托架用量也相应减少 15%。

主厂房内控制电缆及桥架节省量表

电缆种类	数量	单价（元）	金额（万元）
阻燃计算机屏蔽电缆	180km	15	270
阻燃控制电缆	150km	11	165
阻燃补偿电缆	30km	40	120
电缆桥架	100t	8700	87

不难看出，物理分散布置方案控制电缆可节省~555 万元，电缆桥架可节省 87 万元，电缆及桥架施工费用可相应节省 1027.2 万元，经济效益也很明显。

当然，上述两个例子都是设计过程中初步估算，可能与实施后的实际统计数字有一定差距，但节省投资的结论是肯定的，不容置疑。另外，取消控制楼，分

别在汽机、锅炉房设电子小间，在土建、暖通、消防等方面也会节省材料和施工费用，这里就不详细比较了。

8.2 积极选用国产 DCS 作为辅助车间主要控制系统

在 4.2 节辅助车间控制系统选型中已对该问题进行了阐述，这里仅以新建两台 600MW 机组工程为例，对辅助车间控制系统选用 PLC 和选用国产 DCS 两种方案设备费用的差价进行比较。

辅助车间 I/O 点数估算为：	水处理系统	4000 点
	除灰渣、除尘系统	2000 点
	输煤系统	2000 点
		<hr/>
	总计	8000 点

根据《火电工程限额设计参考造价指标》，国产 DCS 平均每点价格为 600 元，进口 PLC 平均每点价格为 800 元。按照这个价位计算，辅助车间控制系统选用 PLC 设备费用为 640 万元；选用国产 DCS 设备费用为 480 万元。显然后者可以节省投资。

9 热控专业常用名词和术语

仪表与控制设计

火力发电厂热力生产过程的控制方式、仪表控制系统及设备安装布置设计的总称。

仪表控制系统安装

与热力设备及其系统有关的热工仪表和控制装置的校验、安装、调试工作的总称。

热工技术监督

电力行业的九项技术监督之一。主要任务是：执行有关技术标准、法规；建立计量标准，做好量值传递和建标考核；对标准计量器周期检定，对热工仪表及控制装置周期校验和质量管理；组织专业技术交流和专业技术培训；对仪表准确率和自动投入率进行统计评比等。

火力发电厂热工自动化

采用并通过各种自动化仪表和装置（包括计算机系统）对火力发电厂的热力生

产过程进行开环的和/或闭环的监视、控制，使之安全、经济、高效运行的技术。

### 自动化水平

一个电厂实时生产过程实现自动控制所达到的程度。其中包括参数检测、数据处理、自动控制、顺序控制、报警和联锁保护及其系统的完善程度，最终应体现在值班员的数量和过程安全、经济运行的实际效果上。

### 控制方式

值班员监视和控制机组或其它辅助系统运行所采取的形式，主要包括监控地点和所能完成的监控任务两方面内容。

### 单元集中控制方式

将锅炉、汽轮发电机组的控制盘、台按单元机组集中组合布置在控制室内，并把单元机组作为一整体进行监视和控制的一种方式。

### 单元控制室

集中布置值班人员监视控制单元机组运行直接需要的监控装置的建筑物，是单元制机组的控制中心、值班员进行监视操作以保证机组安全经济运行的场所。

### 电缆夹层

供敷设进入控制室和/或电子设备间内仪表、控制装置、盘、台、柜电缆的结构层。

### 电子设备间

安装除值班人员监视控制直接需要的监控装置外的电子（电气）设备（包括计算机、控制保护机柜及相关电源配供装置等）的房间。

### 热工检测

以确定热工过程有关参数量值为目的的一组操作。热工参数通常是指温度、压力（差压）、流量、物位（液位及料位）、化学成分（包括烟气成分）以及热力设备必须检测的机械量。

### 热工检测仪表

专供采集和测量与热工过程有关的参数的仪表。热工检测仪表可根据功能划分为传感器、转换器、变送器、显示仪表或自身兼有检测元件和显示装置的仪表等类型。

### 一次仪表

直接安装在工艺管道或设备上，或者安装在测量点附近但与被测介质有接触，测量并显示过程工艺参数或者发送参数信号至二次仪表的表计。

#### 二次仪表

接受由变送器、转换器、传感器（包括热电偶、热电阻）等送来的电或气信号，并指示所检测的过程工艺参数量值的表计。

#### 火焰检测器

检测燃烧室或燃烧器火焰强度的装置，主要由探头和信号处理器两部分组成，输出表示火焰强度的模拟量信号、表示有无火焰的开关量信号和/或表示火焰强度的视频信号。

#### 炉管泄漏监测系统

利用声学监测原理实时检测炉内水冷壁、过热器、再热器、省煤器受热面管道的早期泄漏的监测系统。主要由声波导管、声波传感器和监测报警系统（主机系统）组成。

烟气连续监测系统 continuous emissions monitoring system of flue gas, (CEMS)

通过采样方式或直接测量方式实时、连续地测定火电厂排放的烟气中各种污染物浓度的监测系统。全面的锅炉烟气连续监测系统主要由烟尘监测子系统、气态污染物监测子系统、烟气排放参数监测子系统、系统控制及数据采集处理子系统组成。

#### 工业电视

用于监视工业生产过程的电视系统。该系统主要由摄像机、传输通道、控制器和监视器组成。它应用在电力生产过程实时监视（如锅炉汽包水位监视、燃烧室火焰监视）。

#### 热工报警系统

具有声、光信号输出，以表明热力设备或控制系统不正常或工艺系统参数超出规定值的自动化系统。

#### 报警抑制

对报警信息的一种处理方法，如在某些工况（如启动）下，介质参数虽然达到报警限值，但并不属于异常现象，为不影响正常监视而闭锁报警的措施。

### 首出原因

引起保护动作的第一原因。保护动作后，可通过信号处理装置发出声、光信号。

### 热工保护

热力生产过程中出现异常情况或事故时，根据事故的性质和程度，按照预定的处理程序自动地对相关设备进行操作，以消除异常和防止事故扩大，保证人身和设备安全。

### 单元机组保护

当单元机组运行过程中锅炉或汽轮发电机组发生紧急事故时，根据事故情况迅速将单元机组按预定的保护程序减负荷或停机。

### 炉膛安全监控系统 furnace safety supervisory system (FSSS)

使锅炉燃烧系统中各设备按规定的操作顺序和条件安全起（投）、停（切），并能在危急工况下迅速切断进入锅炉炉膛的全部燃料（包括点火燃料），防止爆燃、爆炸等破坏性事故发生，以保证炉膛安全的保护和控制系统。炉膛安全监控系统包括炉膛安全系统和燃烧器控制系统。

### 炉膛安全系统 furnace safety system (FSS)

防止炉膛内燃料和空气混合物产生不安全工况，并能在危急工况下迅速切断进入锅炉炉膛的全部燃料（包括点火燃料），防止爆燃、爆炸等破坏性事故发生，以保证炉膛安全的保护系统。

### 燃烧器控制系统 burner control system (BCS)

根据指令或锅炉负荷变化的要求，按照规定的操作顺序和条件起（投）、停（切）锅炉点火系统和/或燃烧器的控制系统。在中间储仓式制粉系统中是单个或成对地投切燃烧器；在直吹式制粉系统中是一台磨煤机及辅助设备的起停。

### 炉膛外爆保护 furnace explosion protection

防止炉膛或与炉膛相连的后部烟道受限空间内由于燃料和空气混合物产生爆燃，压力瞬间升高，乃至损坏炉膛及烟道的保护措施。

### 炉膛内爆保护 furnace implosion protection

防止因炉膛负压过大使炉墙内、外的压差超过炉墙所能承受的压力，导致炉墙向内爆裂的保护措施。



总燃料跳闸 master fuel trip (MFT)

由人工操作或保护信号动作，切除进入锅炉炉膛的所有燃料。

辅机故障减负荷 runback (RB)

当主要辅机（如给水泵、送风机、引风机）发生故障部分退出工作使机组不能带额定负荷时，快速降低机组负荷的控制措施。

机组快速切负荷 fast cutback (FCB)

当汽轮机或发电机甩负荷时，使锅炉不停运的一种控制措施。根据 FCB 后机组的不同运行要求，可分为以下两种运行方式：

- a) 5%FCB，是机组带厂用电单独运行的方式。
- b) 0%FCB，是停机不停炉的运行方式。

气轮机紧急跳闸系统 emergency trip system (ETS)

当汽轮机运行过程中出现异常时，能采取必要措施进行处理，并在异常情况继续发展到可能危及设备安全时，采取紧急措施停止汽轮机运行的保护系统。

开关量控制系统 on-off control system (OCS); binary control system

采用二进制控制方式实现生产过程中主、辅助设备起、停或开、关操作的控制系统的总称。

顺序控制系统 sequence control system (SCS)

按照规定的时间或逻辑的顺序，对（某一工艺系统或主要辅机的）多个终端控制元件进行一系列操作的控制系统。

单元机组自启停控制

对包括锅炉、汽轮发电机组及相应辅助系统和辅助设备的单元机组，按起停的操作规律实现自动起动和停止的控制。

汽轮机自启停控制系统 automatic turbine start-up or shutdown control system (ATC)

根据汽轮机的热应力或其它设定参数，指挥汽轮机控制系统完成汽轮机的起动、并网带负荷或停止运行的自动控制系统。通常，该系统包括在由汽轮机厂成套提供的 DEH 系统中。

功能组级控制

把工艺上互相联系并具有连续不断的顺序控制特征的设备作为一个整体的

控制，如锅炉通风控制。

子功能组级控制

把某一辅机及其附属设备或某一局部工艺系统看作一个整体的控制，如送风机、引风机、给水泵等的控制。

单个操作

每个控制开关（或按钮）对应一个被控对象（执行机构、电动门或辅机电动机等），并由它直接对其进行操作。

模拟量控制系统 modulating control system (MCS)

又称自动调节系统或闭环控制系统。对锅炉、汽轮机及辅助系统的有关模拟量参数进行连续闭环控制，使被控模拟量参数值维持在设定范围或按预期目标变化的自动控制系统的总称。

自动发电控制 automatic generation control (AGC)

根据电网负荷自动控制机组功率的控制方式。

单元机组协调控制系统 unit coordinated control system (CCS)

将单元机组的锅炉控制和汽轮机控制两个子系统作为一个整体、互相协调配合的进行控制，使锅炉和汽机尽快的共同适应电网负荷变化的需要，又共同保持机组安全稳定运行的控制系统，可以有锅炉跟踪、汽轮机跟踪和协调控制三种控制方式。

锅炉跟踪方式 boil follow mode (BF)

汽轮机控制功率，锅炉控制汽压，使锅炉的负荷适应汽轮机负荷变化需要的一种控制方式。

汽机跟踪方式 turbine follow mode (TF)

锅炉控制功率，汽轮机控制汽压，使机前汽压保持稳定的一种控制方式。

协调控制方式

协调控制系统中控制负荷的子系统接受汽压变化的限制，控制汽压的子系统超前接受反映负荷变化需要的指令，使锅炉、汽轮机互相协调配合地控制功率和汽压的控制方式。

分散控制系统 distributed control system (DCS)

又称“集散控制系统”。由多个（对）以微处理器为核心的过程控制采集站，

分别分散地对各部分工艺流程进行数据采集和控制，又通过数据通信系统与中央控制室各监控操作站连网，对生产过程进行集中监视和操作的控制系统。

#### 工程师站

供工业过程控制工程师使用的，对计算机系统进行组态、编程、修改等的工作站。

#### 操作员站

在分散控制系统中作为操作员操作台使用的人机接口设备，包括显示器、主机、键盘、鼠标或光笔等。

#### 汽轮机控制系统

使汽轮机适应各种运行工况的控制系统总称，包括汽轮机调节系统、液压伺服系统，还包括超速保护、热应力计算、自起停和负荷自动控制、操作监视等子系统。

数字式电液控制系统 digital electro-hydraulic control system (DEH)

简称“数字电调”。由按电气原理设计的敏感元件、数字电路（计算机）、以及按液压原理设计的放大元件和液压伺服机构构成的汽轮机控制系统。

给水泵汽轮机数字式电液控制系统 micro-electro-hydraulic control system (MEH)

用微型计算机及液压伺服机构实现给水泵汽轮机各项控制功能的控制系统。该系统也是数字电液控制系统，但为了与主汽轮机的 DEH 相区别，习惯上称为 MEH。

旁路控制系统 bypass control system (BPC)

汽轮机旁路系统的自动投、切控制及旁路出口蒸汽压力、温度自动控制系统的总称。

汽轮机（旋转机械）故障诊断系统 automated diagnostics for turbine (rotating equipment) (ADRE)

又称瞬态数据管理系统 (TDM)。采集汽轮机(旋转机械)各轴承振动等数据，通过专家系统软件综合分析汽轮机（旋转机械）运行状况，对存在的隐患进行判断、预告或处理的专用装置。

厂级监控信息系统 plant level supervisory information system (SIS)

为火力发电厂建立全厂生产过程实时/历史数据库平台，为全厂实时生产过程综合优化服务的实时生产过程监控和管理信息系统。

#### 寿命在线监测

在运行中利用安全状态检测系统对火力发电机组的设备或构件进行剩余寿命实时监测的技术。

#### 工艺设备状态检测

采集和监视主机及主要辅机设备运行状态及参数，并将其存入数据库，作为实现电厂状态检修功能和设备故障诊断的基础数据。

#### 机组性能计算

用数据采集系统中检测和处理的数据，按预定的公式计算机组运行性能，如厂用电率、锅炉效率、汽轮机效率、机组效率、煤耗、热耗等。

#### 厂级性能计算

用电厂各机组和各辅助生产车间仪表控制系统采集、处理和计算的相关数据，按预定的公式计算全厂生产运行各项经济性能，如全厂供电煤耗、全厂发电煤耗、全厂厂用电率、全厂供电量、全厂发电量、全厂燃煤量、全厂燃油量、全厂补给水量、全厂辅助用汽量等。

#### 机组运行优化指导

依据厂级和机组级性能计算和分析结果，以运行效率最高、煤耗率最低为目标，提出机组优化运行方式、优化运行参数等指导意见，使机组运行在最佳工况。

#### 负荷优化分配

根据全厂主、辅机投运状况和各台机组运行效率及煤耗，在保证电网安全的条件下，以全厂最大收益为目标，进行最优化的负荷分配。

#### 管理信息系统 management information system (MIS)

由人和计算机网络集成的人机系统，它能提供企业管理所需信息以支持企业的生产经营和决策，主要功能包括经营管理、资产管理、生产管理、行政管理和系统维护等。

#### 视频会议系统

一种电信远程会议系统。参加会议的人位于不同地理位置，并且传输的是视

频图像，每个会议地点通常需安装一个视频摄像机、屏幕显示器、扩音器和一台计算机。

#### 门禁系统

采用电子识别技术和通信网络，对电厂重要生产、办公区内主要出入通道，重要房间出入口等进行戒备、防范的自动智能管理系统。

#### 工业控制系统用现场总线

用于控制系统和工业现场传感器、执行器等设备之间进行数字、串行通信的通信系统。

#### 物理分散

将控制系统尽量靠近被控对象（生产过程）布置，缩短控制系统输入/输出信号采集处理装置与现场信号发送/接受设备间的距离，从而减少硬接线信号传输电缆。

#### 数字化电厂（目前还没有统一定义）

对整个物理电厂的数字化描述和建立在现场设备数字化、机组（车间）监控数字化、厂级经营管理数字化基础上的电厂控制、管理系统全面数字化。数字化电厂是火力发电厂信息化的基础。

#### 安全仪表系统 safety instrumented system (SIS)

用来实现一个或几个仪表安全功能的仪表系统。SIS 可以由传感器、逻辑解算器和终端元件的任何组合组成。

#### 安全功能 safety function

针对特定的危险事件，为达到或保持过程的安全状态，由 SIS、其它技术安全相关系统或外部风险降低设施实现的功能。

#### 功能安全 functional safety

安全仪表系统正确执行安全功能的可靠程度。

#### 安全完整性 safety integrity

安全仪表系统在规定时段内、在所有规定条件下满意执行要求的仪表安全功能的平均概率。

#### 安全完整性等级 safety integrity level (SIL)

用来规定分配给安全仪表系统的仪表安全功能的安全完整性要求的离散等

级（4 个等级中的一个）。SIL4 是安全完整性的最高等级，SIL1 为最低等级。

#### 火电厂仿真机

利用计算机仿真技术，演示与真实情况相同或相近的发电机组各种运行方式的状态，并可对其进行离线控制，为机组运行值班员进行培训的计算机系统。

#### 调节品质

对模拟量控制系统工作质量的一种评价。根据热力生产过程的要求，评价调节品质主要有稳定性、准确性、和快速性三个指标。

#### 模拟量控制系统投入率

满足规定投入时间要求的模拟量控制系统套数与设计的模拟量控制系统总套数之比，通常用百分数表示。

#### 保护系统投入率

已投入使用的保护系统套数与设计的保护系统总套数之比，通常用百分数表示。

#### 报价系统

根据电力市场电网侧负荷需求和电厂侧发电能力、机组状况、发电成本等信息的综合分析、评估，做出电厂销售电能数量以及对应价格的决策；并按照电力市场运营模式和运行规则，向市场运营中心提出申报的经营管理系统。它是电力市场技术支持系统的重要组成部分。

发电厂电气监控系统 electrical control and management system (ECMS)

应用现场总线和通信技术，对发电厂电气系统进行监控和运行维护管理的计算机系统。

附图

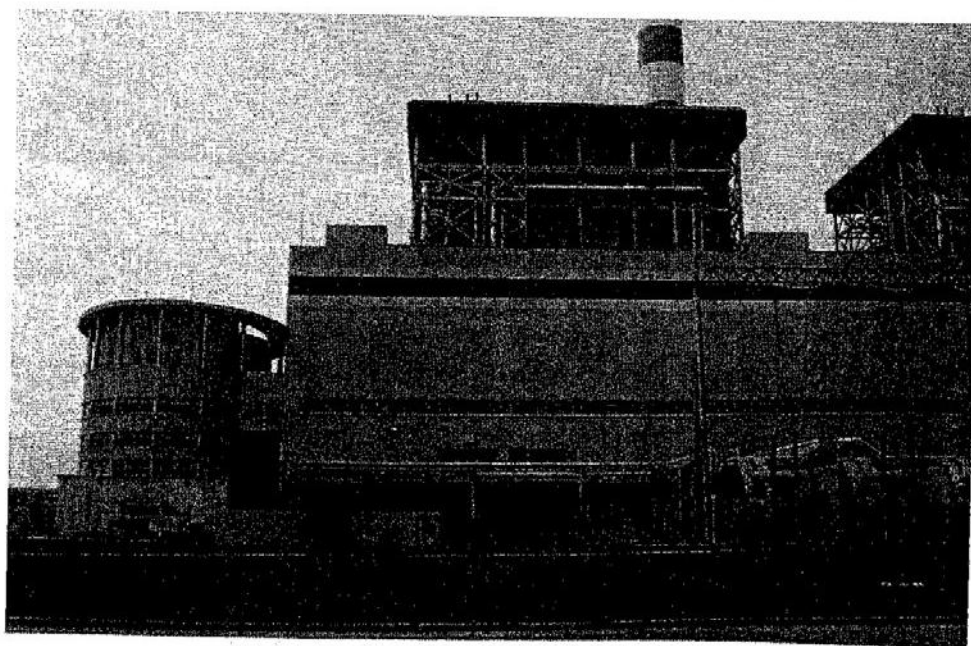


图3 华能玉环电厂“四机一控”控制室与主厂房布置外景



图4 华能玉环电厂“四机一控”控制室布置

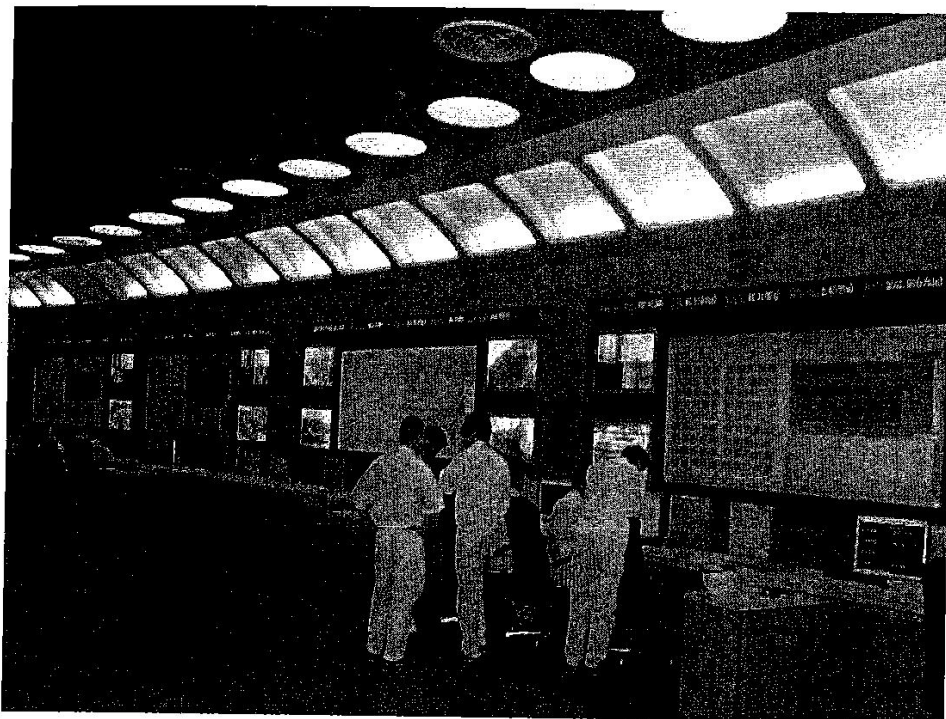


图 5 宁海电厂一期工程“四一控”控制室布置



图 6 广东台山电厂“三机一控”控制室布置