

火电厂安全生产系列读本



热控设备 事件及预防

浙能嘉兴发电有限公司 编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

火电厂安全生产系列读本



热控设备 事件及预防

浙江浙能嘉兴发电有限公司 编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

为了总结多年来火力发电厂在运行方面及锅炉、汽轮机、电气、热控、外围设备相关的事件,对产生的问题进行分析及预防,提高我国火力发电企业的安全生产水平,中国电力出版社特约浙江浙能嘉兴发电有限公司相关技术人员编制了《火电厂安全生产系列读本》。本系列读本是结合火力发电厂在300、600、1000MW机组实际运行中发生的事件及火电厂系统情况编写而成。

《热控设备事件及预防》是本丛书之一,主要内容包括DCS控制系统典型故障及预防、DEH控制系统典型故障及预防等内容。

本书可供火电厂新、老员工培训学习,也可供设计、安装、试验调试相关人员借鉴,并可供大专院校相关专业师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

热控设备事件及预防/浙江浙能嘉兴发电有限公司编. —北京:
中国电力出版社, 2015. 3

(火电厂安全生产系列读本)

ISBN 978-7-5123-4673-4

I. ①热… II. ①浙… III. ①热控设备—事故预防 IV. ①TM621

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 154198 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>)

北京丰源印刷厂印刷

各地新华书店经售

2015 年 3 月第一版 — 2015 年 3 月北京第一次印刷
850 毫米×1168 毫米 32 开本 13.5 印张 355 千字
印数 0001—3000 册 定价 45.00 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

《火电厂安全生产系列读本》

编 委 会

主任委员 戚国水

副主任委员 倪 震 刘为民 沈寿延 张建龙
陈小飞

顾 问 卢建明 王 毅 徐绍平

委 员 董 磊 王亨海 刘宏芳 戴中林
郭向健

丛书主编 吴孚辉

本册编写人员

主 编 胡伯勇

副 主 编 杨 桦 俞 刚 华国钧

参 编 崔 巍 楼乃华 沈路明 宋振明
俞友群 徐 伟 陆剑峰 蒋雄杰
庄林家 周姚芳 韦 旭 张 杰
沈恒芳 沙万里



安全生产是火力发电企业的重中之重，事关企业从业人员的人身安全和设备财产安全。坚持贯彻“安全第一，预防为主，综合治理”的方针，是火力发电企业安全可靠稳定运行，以及取得经济效益、社会效益和可持续发展的根本保证。

浙江浙能嘉兴发电有限公司（简称浙能嘉电公司）管理和运行维护的机组占浙江省能源集团有限公司总装机容量的近 1/4，且机组类型多，安全管理工作一直是浙能嘉电公司工作的重要内容。自建厂以来，浙能嘉电公司始终坚持“四不放过”的原则，对每一起不安全事件均进行认真分析并采取有效的防范措施，避免不安全事件的重复发生，取得了较好的经济效益和社会效益。近几年来，随着火力发电装机容量的不断增加，机组向更大容量、更高参数和高度自动化方向发展，大量的新系统、新设备、新技术、新材料投入使用，而发电企业员工新老交替问题突出，一批批新员工走向工作岗位，大量的外来检修人员缺乏安全经验和技能，这些人员都迫切需要提高安全意识，加强理论学习、技能训练和实践经验的积累，以切实保障安全生产；同时需要通过案例来提高各级生产人员防范不安全事件的能力，坚决杜绝事故的发生。

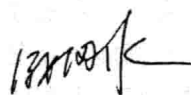
浙能嘉电公司各级生产管理人员结合专业特点，借助本单位及行业内历年来发生的不安全事件的教训，编辑了本套系列读本，其中的案例均来自生产实际，具有较强的针对性和实用性。安全生产，永无止境。编写人员结合专业特点和个人工作经验，

把事件与预防的经验毫无保留地奉献给广大读者，旨在抛砖引玉，为火力发电企业和广大读者提供借鉴。

浙能嘉电公司编写的这套系列读本，专业全面，分析、预防措施有一定深度，涵盖了锅炉、汽轮机、电气、热控、机组运行及外围的化学水处理、燃料、除灰、脱硫、脱硝等专业。本套系列读本是对浙能嘉电公司多年来安全管理及不安全事件进行科学总结和提炼的结果，也是浙能嘉电公司在实践安全生产标准化基础上的又一成果。

相信本套系列读本的出版，一定会给读者带来启发、借鉴和提高。

浙江浙能嘉兴发电有限公司董事长



2014 年 12 月



前言

火力发电（火电）占我国发电装机容量的近 80%，火力发电机组的安全可靠运行对电网的稳定运行起着重大的作用。然而由于火电机组在设计、选型、安装、调试、运行、维护、检修、改造等过程中存在一些隐患，对机组的安全可靠运行带来一些风险，风险没能及时化解就会产生火电机组、系统或设备的不安全事件，不安全事件轻则损坏设备或停运局部系统，重则损坏主要设备、全厂停电等，对企业和社会造成损失。为此，安全生产过程中控制并化解不安全事件是一项优先考虑的任务，火电机组安全生产始终处于“可控、在控”的状态是每个火力发电企业的不懈追求。

浙能嘉电公司，拥有 2 台国产引进型 300MW 机组，运行维护着 4 台 600MW 机组和 2 台 1000MW 超超临界机组，从 1995 年 2 台 300MW 机组建成投产以来，就非常重视对机组、系统或设备上发生的不安全事件的分析，每年年底对全年不安全事件进行汇编，印发供相关人员学习。前事不忘，后事之师。通过学习和反思，举一反三，认真吸取教训，防止类似不安全情况的再次发生。这些分析汇总为本系列读本的编写提供了丰富而有力的素材，也使不安全事件的学习和借鉴更有针对性和实用性。

本系列读本分《汽轮机设备事件及预防》《锅炉设备事件及预防》《电气设备事件及预防》《热控设备事件及预防》《火

电厂外围设备事件及预防》《运行事件及预防》六册；为了有利于学习，每分册均对火力发电的相关设备作了简要介绍，重点对不安全事件的经过、原因及措施进行分析，同时结合实际案例来提高读者对不安全事件的认识和防范。

本系列读本专业分布全面、条理清晰、分析到位、案例实际，有利于广大生产运行人员学习、借鉴和提高。本系列读本可供火电厂新、老员工培训，也可供设计、安装、试验调试相关人员借鉴，并可供大专院校相关专业师生参考。

本系列读本的编写者均是火力发电厂生产一线的专业带头人、技术人员、管理人员和公司级专家等，他们根据设备情况、操作经验，以及检修、运行中的历年不安全事件的经验教训，学习并借鉴了一些同类火力发电厂的不安全事件，查找了一些资料，使本系列读本达到学习和借鉴的有机结合，为读者提高安全生产意识、防范不安全事件的发生具有很好的指导作用。

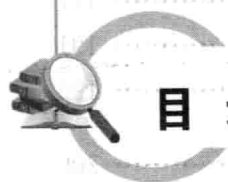
本分册为《热控设备事件及预防》，主要包括 DEH 控制系统、ETS 控制系统、TSI 控制系统等内容。本书由胡伯勇主编，杨桦、俞刚、华国钧副主编，崔巍、楼乃华、沈路明、宋振明、俞友群、徐伟、陆剑峰、蒋雄杰、庄林家、周姚芳、韦旭、张杰、沈恒芳、沙万里等参加编写。

在本系列读本的编写过程中，得到了浙能集团公司的大力支持，得到了有关领导和专家的悉心指导和帮助，在此一并表示感谢。

由于水平有限，书中难免有所疏漏，恳请广大读者批评指正。

编者

2014 年 12 月



目 录

序

前言

第一章 概述	1
第一节 电厂热工信号的分类	1
第二节 电厂控制系统的发展概况	3
第二章 DCS 控制系统典型故障及预防	15
第一节 DCS 控制系统设备	15
第二节 DCS 控制系统典型故障及预防	40
第三节 DCS 控制系统故障典型案例分析	57
第三章 DEH 控制系统典型故障及预防	73
第一节 DEH 控制系统功能概述	73
第二节 DEH 控制系统基本组成	75
第三节 DEH 控制系统典型故障及预防	89
第四节 DEH 控制系统故障典型案例分析	118
第四章 危急遮断系统 (ETS) 典型故障及预防	132
第一节 ETS 控制系统设备概述	132
第二节 ETS 控制系统的组成	133
第三节 ETS 控制系统设备事件及预防	147
第四节 ETS 控制系统故障典型案例分析	166

第五章 TSI 控制系统典型故障及预防	177
第一节 TSI 系统设备	177
第二节 TSI 控制系统典型故障及预防	191
第三节 TSI 控制系统故障典型案例分析	195
第六章 旁路控制系统典型故障及预防	209
第一节 旁路控制系统设备	209
第二节 旁路控制系统典型故障及预防	229
第三节 旁路控制系统故障典型案例分析	240
第七章 脱硫控制系统典型故障及预防	251
第一节 脱硫控制系统设备	251
第二节 脱硫控制系统典型故障及预防	261
第三节 CEMS 系统设备	266
第四节 CEMS 系统故障及处理	291
第五节 脱硫控制系统故障典型案例分析	297
第八章 炉膛安全监控系统典型故障及预防	312
第一节 炉膛安全监控系统基本功能和逻辑	312
第二节 微油点火	321
第三节 火焰检测控制系统设备	325
第四节 火焰检测系统常见故障及处理	335
第五节 炉膛安全监控系统故障典型案例分析	348
第六节 火检系统故障典型案例分析	354
第九章 PLC 控制系统（精处理、化补水、出灰、出渣等） 典型故障及预防	359
第一节 PLC 控制系统	359
第二节 PLC 控制系统（精处理、化补水、出灰、 出渣等）典型故障及预防	381
第三节 PLC 控制系统故障典型案例分析	397

第十章 热工设备的防护.....	410
第一节 控制室的防护要求.....	410
第二节 安全防护与接地.....	411
第三节 热工设备环境及防护措施.....	416
参考文献.....	418



第一章

概 述

第一节 电厂热工信号的分类

一、电厂热工信号的分类

在火力发电厂中，热工信号是指在机组启停或运行过程中，根据热力设备的运行状态，监视热力系统中的各个参数，为运行人员提供操作的依据，同时为热工自动控制系统和装置准确、及时地提供所需的参数，并且当某些参数超出安全界限，或设备、自动装置出现异常情况时，提醒运行人员或向运行人员发出报警的一种信号。因此，热工信号是保证热力设备安全、经济运行及实现自动控制（自动化）的必要手段和必要条件。

1. 根据热工信号的性质分类

(1) 状态信号。用来表示热力系统中的设备所处的状态，如“运行”、“停运”等。

(2) 越限报警信号。热力系统中设备和介质的状态参数值必须保持在一定的安全范围之内，而“安全范围”按其实际情况可以是一个规定值，也可能是Ⅰ值与Ⅱ值，一旦超出规定范围，必须及时发现和处理。“越限报警”是热力参数值超出安全界限而发出的报警信号，如“蒸汽压力高”、“蒸汽温度低”等。

(3) 趋势报警信号。用来表示系统中状态参数的变化速率。



变化速率本身是一个代数值。速率为正值时，表示状态参数在升高；速率为负值时，表示状态参数在降低。

(4) 偏差报警信号。热力系统中为了确保某些参数正确无误，通常采用双系统进行测量，而热工信号系统则间接监视这两套测量系统之间的差值。当这一差值超过某个允许的限度时，便发出报警，提示运行人员，测量系统已发生故障，测量值已不可靠。

2. 根据报警的严重程度的分类

(1) 一般报警信号。非主要辅助设备故障信号，如“疏水箱水位低”信号，或者是系统中某些状态信息，如“辅助设备的正常主启停”、“阀门关闭”等。

(2) 严重报警信号。系统中某状态参数已严重偏离规定值，需要运行人员必须认真采取对策时发出的信号。

(3) 机组跳闸信号。热机主设备保护已动作的情况下发出的信号。

3. 热工测量仪表的分类

(1) 按被测参数分类。压力、温度、流量、液位、料位分析仪表。

(2) 按显示功能分类。指示仪、记录仪、积算仪、数字式及屏幕式仪表。

4. 热工测量仪表的质量指标

热工测量仪表的质量指标是评估仪表质量优劣的标准，与仪表的设计和制造质量有关，是正确选择和使用仪表的重要依据，也是仪表工校验、判断仪表是否合格的重要依据。热工测量仪表的质量指标介绍如下。

(1) 仪表的准确度（精确度）等级及允许误差。

(2) 仪表的基本误差和附加误差。

(3) 变差（滞后误差或回差）。

(4) 重复性。

(5) 灵敏度和不灵敏区。



(6) 漂移。

二、热工信号的作用

热工信号是指在机组启停或运行过程中,根据热力设备的运行状态监视热力系统中的各个参数,当某些参数越出安全界限,或设备、自动装置出现异常情况时,提醒运行人员或向运行人员发出报警的一种信号,或者直接联动备用设备以及保护停运故障设备。

热工信号按用途可分为显示(CRT显示、表计显示)信号、报警(CRT报警、光字牌报警)信号、连锁(硬连锁、软连锁)信号、保护信号(硬保护、软保护)、自动信号。

当异常事件发生时,都是通过热工信号来分析其产生原因,具体可以通过事件追忆、报警记录以及历史数据这三方面热工信号数据来分析。热工的重点工作就是如何确保热工信号的正确可靠,预防措施也是围绕确保热工信号的可靠性来开展工作。

第二节 电厂控制系统的发展概况

随着科技的飞速发展和我国机组容量的快速提高,电厂热工自动化技术不断地从相关学科中吸取最新成果而迅速发展和完善,近几年更是日新月异,一方面,作为机组主要控制系统的DCS(集散控制系统),已在控制结构和控制范围上发生了巨大的变化;另一方面,随着厂级监控和管理信息系统(SIS)、现场总线技术和基于现代控制理论的控制技术的应用,给热工自动化系统注入了新的活力。

一、当前电力行业热工自动化技术的发展

(一) DCS 的应用与发展

火电厂热工自动化系统的发展变化,在20世纪给人耳目一新的是DCS系统的应用,而当今则是DCS的应用范围和功能的迅速扩展。

1. DCS 的应用范围的迅速扩展

20世纪末,DCS在国内燃煤机组上应用时,其监控功能覆



盖范围还仅限 DAS、MCS、FSSS 和 SCS 四项。即使在 2004 年发布的 Q/DG1—K401—2004《火力发电厂分散控制系统(DCS)技术规范书》中,DCS 应用的主要功能子系统仍然还是以上四项,但实际上近几年 DCS 的应用范围迅速扩展,除了一大批高参数、大容量、不同控制结构的燃煤火电机组(如浙江玉环电厂 1000MW 机组)的各个控制子系统全面应用外,脱硫系统、脱硝系统、空冷系统、大型循环流化床(CFB)锅炉等新工艺上都已成功应用。可以说,凡是工艺上能够实现的系统,DCS 都能实现对其进行可靠控制。

2. 单元机组控制系统一体化的崛起

随着一些电厂将电气发电机—变压器组和厂用电系统的控制(ECS)功能纳入 DCS 的 SCS 控制功能范围,ETS 控制功能改由 DCS 模件构成,DEH 与 DCS 的软硬件合二为一,以及一些机组的烟气湿法脱硫控制直接进入单元机组 DCS 控制的成功运行,标志着控制系统一体化,在 DCS 技术的发展推动下走向成熟。

由于一体化减少了信号间的连接接口以及因接口及线路异常带来的传递过程故障,减少了备品备件的品种和数量,降低了维护工作量和费用,因此,近几年一体化控制系统在不同容量的新建机组中逐渐得到应用,如浙江华能玉环电厂 $4 \times 1000\text{MW}$ 机组、台州电厂 $2 \times 300\text{MW}$ 机组和安徽凤台电厂 $4 \times 600\text{MW}$ 机组均全厂采用西屋 Ovation 系统,国华浙能宁海电厂 $4 \times 600\text{MW}$ 机组全厂采用西门子公司的 T-XP 系统,大唐乌沙山电厂 $4 \times 600\text{MW}$ 机组全厂采用福克斯波罗公司的 I/A 系统,浙江乐清电厂 $4 \times 600\text{MW}$ 机组全厂采用 ABB 公司的 SYMPHONY 系统等。

控制系统一体化的实现,是电力行业 DCS 应用功能快速发展的体现。排除人为因素,控制系统一体化将被越来越多的电厂所采用。

3. DCS 结构变化,应用技术得到快速发展

随着电子技术的发展,近年来 DCS 系统在结构上不断发生变化。过去强调的是控制功能尽可能分散,由此带来的是使用过



多的控制器和接口间连接。过多的控制器和接口间连接，不一定能提高系统运行可靠性，相反有可能导致故障停机的概率增加。单元机组各个控制系统间的信号联系千丝万缕，互相牵连，一对控制器故障就可能导致机组停机，即使没有直接导致停机，也会影响其他控制器因失去正确的信号而不能正常工作。因此，随着控制器功能与容量的成倍增加，更多安全措施（包括采用安全性控制器）、冗余技术的采用（有的 DCS 的核心部件 CPU，采用 2×2 冗余方式）以及速度与可靠性的提高，目前 DCS 正在转向适度集中，将相互联系密切的多个控制系统和非常复杂的控制功能集中在一对控制器中，以及上述所说的单元机组采用一体化控制系统，正成为 DCS 应用技术发展的新方向，这不但减少了故障环节，还因内部信息交换方便和信息传递途径的减少而提高了可靠性。

此外，随着近几年 DCS 应用技术的发展，如采用通用化的硬件平台、独立的应用软件体系、标准化的通信协议、PLC 控制器的融入、FCS 功能的实现、一键启动技术的成功应用等，都为 DCS 增添了新的活力，使 DCS 功能进一步提高，应用范围更加宽广。

（二）全厂辅控系统走向集中监控

一个火电厂有 10 多个辅助车间，国内过去通常都是由 PLC 和上位机构成各自的网络，在各车间控制室内单独控制，因此，需配备大量的运行人员。为了提高外围设备控制水平和劳动生产率，达到减员增效的目的，随着 DCS 技术和网络通信功能的提高，目前各个辅助车间的控制已趋向适度集中，向一个辅控网（Balance of Plant, BOP）方向发展，即将相互独立的各个外围辅助系统，利用计算机及网络技术进行集成，在全厂 IT 系统上进行运行状况监控，实现外围控制少人值班或无人值班。

近几年新建工程迅速向这个方向发展。例如，国华浙能宁海电厂一期工程（ $4 \times 600\text{MW}$ ）燃煤机组 BOP 覆盖了水、煤、灰等共 13 个辅助车间子系统的监控，下设水、煤、灰 3 个监控点，



集中监控点设在四机一控室里，打破了传统的全厂辅助车间运行管理模式，不但比常规减员 30%，还提升了全厂运行管理水平。整个辅控网的硬件和软件的统一，减少了库存备品备件及日常管理维护费用。由于取消了多个就地控制室，基建费用和今后的维护费用都将减少。一些老厂的辅助车间也在进行 BOP 改造，浙江省第一家完成改造的是嘉兴发电厂 $2 \times 300\text{MW}$ 机组，取得了较好效果。

（三）变频技术的普及应用与发展

变频器作为控制系统的一个重要功率变换部件，以提供高性能变压变频可控的交流电源的特点，前些年在火电厂小型电机（如给粉机、凝结水泵）等控制上的应用得到了迅猛发展。变频调速不但在调速范围和精度、动态响应速度、低速转动转矩、工作效率、方便使用方面表现出优越性，更重要的是，节能效果在经济及社会效益上产生的显著效应，因此继一些中小型电机上普遍应用后，近年来交流变频调速技术，扩展到一些高压电机的控制上试用，如送、引风机和给水泵电机转速的控制等。

因为变频技术蕴藏着巨大的节能潜力，可以预见，随着高压变频器可靠性的提高、一次性投资降低和对电网的谐波干扰减少，更多机组的风机、水泵上的大电机将走向变频调速控制，在一段时间内，变频技术将继续在火电厂节能工作中扮演重要角色。

（四）局部系统应用现场总线

自动化技术的发展，带来新型自动化仪表的涌现，现场总线系统（FCS）是其中一种。它和 DCS 紧密结合，可提高控制信号传输的准确性、实时性、快速性和机组运行的安全可靠，解决现场设备的现代化管理以及降低工程投资等的一项先进的和有效的组合。目前在西方发达国家，现场总线已应用到各个行业，其中电力行业最典型的是德国尼德豪森电厂 $2 \times 950\text{MW}$ 机组的控制系统，采用的就是 PROFIBUS 现场总线。

我国政府从“九五”计划起，开始投资支持现场总线的开