

大型火力发电机组 事故处理及案例分析

国电湖南宝庆煤电有限公司 编



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

大型火力发电机组 事故处理及案例分析

国电湖南宝庆煤电有限公司 编



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

内 容 提 要

当前,火力发电已步入大容量、高参数、高自动化时期,而600MW及以上机组已逐渐成为火力发电的主力机组。但由于设计、制造、安装、检修、运行等方面的原因,主要设备故障及机组非计划停运等事件大幅增加,特别是机组投运初期,因人员素质跟不上、培训不到位、运行及检修经验不足等引发的事件尤为突出。针对这些情况,编者在开展生产准备工作的过程中,收集整理了大量大型火力发电机组的典型事故案例,特别是近年来600MW及以上机组的事故案例,并结合自身的运行经验,对这些案例进行了详细的分析和总结。

本书从锅炉、汽轮机、电气、热工、化学这五个专业方向入手,分别介绍了其典型事故案例分析及处理,共分五篇,十九章。考虑篇幅的因素,脱硫、输煤等辅助系统归入锅炉部分。

本书可作为从事600MW及以上火力发电机组设计、安装、测试、运行、检修及管理工作的工程技术人员培训及参考用书,也可供相关专业人员及高等院校相关专业师生参考,尤其对新建机组的生产培训以及运行电厂的安全生产具有指导意义。

图书在版编目(CIP)数据

大型火力发电机组事故处理及案例分析/国电湖南宝庆煤电有限公司编. —北京:中国电力出版社,2009.10

ISBN 978-7-5083-9530-2

I. 大… II. 国… III. 火力发电-发电机-机组-事故处理-案例分析 IV. TM621.3

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第181510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)

航远印刷有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2010年3月第一版 2010年3月北京第一次印刷

787毫米×1092毫米 16开本 23.75印张 578千字

印数0001-3000册 定价42.00元

敬告读者

本书封面贴有防伪标签,加热后中心图案消失
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

《大型火力发电机组典型事故处理与案例分析》

编 委 会

主 任：王忠渠

副 主 任：胡文森 王眉林 刘定军

成 员：李文学 殷培光 刘穆轩 仝 声 任德军

章志平 樊西林 张先德 蔡隆瑞

主 编：蔡隆瑞

主要编写人员：舒忠虎 布 斌 陈绍龙 毛义云 李志勇

邹 刚 刘迎春

序

安全生产是发电企业永恒的主题，是企业效益最大化的前提，是企业可持续发展的基本条件。

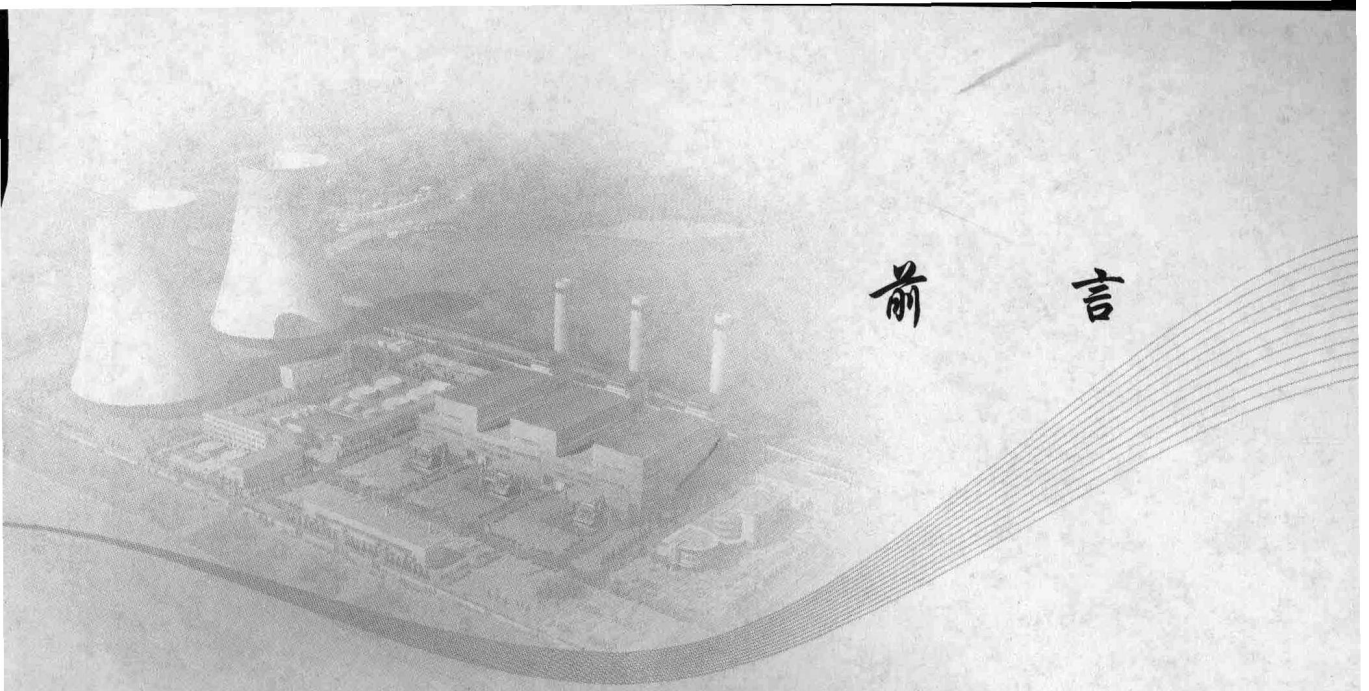
在电力生产中，安全事故形式多样、损失巨大、教训惨痛。究其原因：主要是安全管理存在薄弱环节，安全意识不高，制度不健全，监督不到位，培训未落实，违章作业造成。将典型事故案例作为“教材”，让发电企业的干部员工在事故案例中汲取教训并引以为戒，将对企业的安全生产起到积极的促进作用。通过加强安全管理，强化安全意识，落实安全责任，避免事故发生，使企业做到“以人为本，安全发展”。

目前，我国火电机组占总装机规模的比例约为75%，其中600MW级机组约占60%，火电在未来很长时间里都将是电力供应的中坚力量。因此，确保火力发电机组的生产安全至关重要。本书的编者均从事过多年的大型火电机组生产运行管理工作，有丰富的生产一线工作经验，他们在进行大型机组的生产准备过程中，收集整理了近年来大量大型机组的事故及异常案例，用了近两年的时间，重点从生产安全、稳定运行的角度出发，对各类典型事故进行分析，找出事故发生的原因，并提出了防范措施，对进一步提高火力发电安全生产水平具有重要的参考价值。

安全生产是电力企业一个亘古不变的命题，是电力企业生存和效益的第一管理。虽然事故的发生总是不可能完全避免的，但认真分析和查找事故的原因，以科学的态度加以总结，从中吸取应有的教训，这是不断提高电力安全生产水平的主要内容，也是事故教训留给后人的特殊财富。本书所提供的翔实内容和案例，不仅对电力企业生产人员有直接的借鉴作用，同时，对于广大工程技术和管理人员，以及在校师生和科技人员都是难得的现实教材。

刘吉臻

2010.2.1



前 言

随着国民经济的快速发展和人民生活水平的提高,我国电力工业正在以前所未有的速度发展,大批超临界、超超临界机组的建成投运,标志着我国火电设备制造及运行水平进入新的阶段,火力发电步入大容量、高参数、高自动化时期。600MW 及以上机组逐渐成为火力发电的主力机组。

近几年有大量火电机组建成投产,但由于设计、制造、安装、检修、运行等方面的原因,主要设备故障及机组非停等事件大幅增加,特别是机组投运初期,因人员素质跟不上、培训不到位、运行及检修经验不足等引发的事件尤为突出。针对这些情况,编者在开展生产准备工作的过程中,收集整理了大量大型机组事故异常案例,特别是近年来 600MW 及以上机组的事故案例,并结合自己的运行经验,对这些典型故障进行了详细的分析总结,提出了相应防范措施。“一切事故皆可预防”,编者希望通过学习了解这些事故案例,能有效提高火力发电厂各专业事故预防处理的能力,保障机组运行安全,使企业做到“以人为本,安全发展”。

本书分为锅炉、汽轮机、电气、热工、化学共五个部分,其中脱硫、输煤等辅助系统考虑篇幅因素,归入锅炉部分。全书由蔡隆瑞主编,参加编写的主要人员有:舒忠虎、布斌、陈绍龙、毛义云、李志勇、邹刚、刘迎春。

华北电力大学刘吉臻校长在百忙之中抽出时间为本书作序并提出殷切希望,中国国电集团公司安全生产部王忠渠主任非常关心本书的编写工作,中国国电集团公司安全生产部胡文森副主任对本书的编写提出了很多宝贵的意见和建议,并对本书的审核和出版工作给予了大力支持,国电华中分公司王眉林副总经理对本书的编写给予了大力指导。在编写过程中,还得到上级公司其他有关领导和专家的支持和帮助,在此对所有给予本书编辑出版的领导和专家表示最诚挚的谢意。

在本书编写过程中,参阅了有关正式出版文献及有关电力集团、电厂事故通报,生产运行技术资料等,在收资中得到许多兄弟电厂专业技术人员的大力支持和帮助,在此一并表示衷心感谢。本书编者均从事过多年大型火电机组生产运行工作,具有较丰富的运行生产经验,期望本书能对新建机组的生产培训以及运行电厂的生产安全有一定的指导作用,同时也

可供相关专业的高校师生学习参考。

本书的收资与编写主要是在国电湖南宝庆电厂生产准备期间完成，耗时近两年时间，由于编者水平有限，疏漏错误之处在所难免，恳请读者批评指正。

编 者

2010年2月1日

目 录

序
前言



锅炉及辅助系统事故处理及案例分析

第一章 概述	1
第二章 锅炉典型事故案例及分析	4
第一节 锅炉承压部件泄漏或爆破事故	4
第二节 锅炉承重结构的变形和失稳事故	25
第三节 锅炉灭火放炮及燃烧系统事故	27
第四节 锅炉本体附件的损坏事故	36
第五节 锅炉辅机故障和事故	40
第六节 除尘脱硫设备运行故障和事故	57
第七节 火灾事故	70
第八节 人身伤害事故	73
第三章 锅炉异常运行	77
第一节 汽水系统异常运行	77
第二节 燃烧及风烟系统异常运行	94
第三节 制粉系统异常运行	98
第四节 锅炉辅机及其系统异常运行	104
第四章 燃料运行典型事故	111
第一节 燃料运行典型异常及事故	111
第二节 燃料运行人身伤害事故	115



汽轮机及辅助系统事故处理及案例分析

第一章 汽轮机典型事故及常见故障	118
------------------	-----

第一节	汽轮机超速事故	118
第二节	汽轮机大轴弯曲事故	123
第三节	轴系断裂事故	130
第四节	汽轮机轴承损坏事故	131
第五节	汽轮机通流部分摩擦事故	137
第六节	汽轮机叶片损坏事故	139
第七节	汽轮机水冲击事故	141
第八节	汽轮机轴承振动大故障	143
第九节	汽轮机真空下降故障	148
第十节	油系统着火事故	151
第十一节	汽轮机胀差异常	153
第二章	汽轮机辅助设备常见故障	158
第一节	阀门及管道故障	158
第二节	泵与风机故障	168
第三节	加热器、凝汽器及除氧器故障	178
第三章	汽轮机热力系统及辅助系统异常	184
第一节	主汽系统、抽汽系统及轴封系统异常	184
第二节	汽轮机润滑油系统异常	188
第三节	汽轮机给水系统及凝结水系统异常	195
第四节	调速保安系统异常	199
第五节	循环水系统及冷却水系统异常	206
第六节	发电机定子冷却水系统、密封油系统及氢气系统异常	208
第七节	排放水系统异常	214

第三篇 发电机及辅助系统事故处理及案例分析

第一章	发变组系统故障	217
第一节	发电机故障	217
第二节	变压器故障	233
第三节	励磁系统故障	241
第二章	厂用电系统及配电装置故障	256
第一节	厂用电系统故障	256
第二节	配电装置故障	269
第三章	开关站故障	281
第四章	直流、保安及 UPS 系统故障	290
第五章	继电保护和自动装置故障	300

第四篇 热控设备及系统事故处理及案例分析

第一章	火电厂热工自动化概述及事故防范	310
第二章	测量元件及执行机构故障	314

第一节 测量元件故障	314
第二节 执行机构故障	322
第三章 DCS 分散控制系统故障	326
第一节 控制系统常见故障	326
第二节 防范及监督管理措施	327
第三节 控制系统故障案例	328
第四章 热工电缆故障	343
第一节 热工电缆故障的原因	343
第二节 热工电缆故障案例	344

第五篇

化学设备及系统事故处理及案例分析

第一章 化学水处理系统异常	347
第一节 凝结水精处理系统异常	347
第二节 化学补给水处理系统异常	355
第三节 发电机内冷水系统异常	358
第二章 制氢系统异常	360
第三章 化学监督异常	362
附录 集控跳机事故简要处理	364
参考文献	367

第一篇



锅炉及辅助系统事故处理及案例分析

第一章

概 述

电力工业的安全生产关系国民经济发展与人民生活的安定,同时,也是电力企业取得经济效益的基础。锅炉是火力发电厂三大主机之一,据可靠统计,发电事故总数中,锅炉事故平均占 57% 左右。锅炉的故障停运既造成电厂发电量的损失,又造成机组的启停损失(启停用燃料、电、汽、水)。每次机组启停,机组的承压部件必然发生温度压力交变,导致寿命损耗。其中,直流锅炉水冷壁与分离器可能发生大幅度温度变化,从而在交变应力作用下引起疲劳破坏。锅炉事故发生的原因,除设备本身缺陷外,人为因素也是主要原因之一,如运行人员技术不熟练、责任心不强及管理不善等。

为防止锅炉机组的非计划停运(简称非停)和事故发生,减少机组故障引起的直接与间接损失,必须认真贯彻“安全第一,预防为主”的方针,严格执行《防止电力生产重大事故的二十五项重点要求实施细则》(简称《实施细则》)及各项规程规章制度,对设备精心维护、正确操作。

一、锅炉安全性指标

- (1) 连续运行小时数=两次检修之间运行的小时数。
- (2) 事故率=事故停用小时数/(总运行小时数+事故停用小时数)×100%。
- (3) 可用率=(运行总小时数+备用总小时数)/统计期间总小时数×100%。
- (4) 等效可用系数 EAF。

$$EAF = (AH - EDH) / PH \quad (1-1-1)$$

式中: AH 为机组可用小时数; EDH 为机组运行中降低出力折算到机组全停的等效小时数; PH 为统计期间总小时数。

二、锅炉运行特点

1. 有爆炸危险,破坏力较大

发电厂锅炉发生爆炸主要有两种类型:一种是承压部件的爆破;另一种是锅炉炉膛爆炸。

造成承压部件爆破的原因，一方面是承受压力过高，超过承压部件承受的极限压力；另一方面是承压部件内部缺陷（包括焊口、材质缺陷等），承受不了正常的工作压力而发生的爆破。统计数据表明，锅炉“四管”爆漏是锅炉机组非停的首要原因。

炉膛爆炸有内爆和外爆之分。炉膛灭火时其压力骤降，形成真空，炉墙受到外界大气压力的巨大内向推力而损坏，称为内爆。炉膛灭火后未能及时切断燃料，进入炉内的燃料突然爆燃，炉膛压力骤升，形成正压状态，炉墙、水冷壁受到炉内的巨大外向推力而损坏，称为外爆。

2. 工作条件恶劣，设备易于损坏

锅炉受热面接触烟、火、水、汽、气、煤粉、灰和水垢等，在一定的条件下易造成锅炉承压受热元件的腐蚀和磨损。同时，由于工作温度差异，承压受热元件产生热应力，随着负荷的变化，应力也会随之变化，在交变应力的作用下导致材料的疲劳破坏。另外，由于受热面管内结垢、管外结渣、热偏差等原因也会造成受热面损坏。锅炉炉膛燃烧中心温度高达1600℃以上，平均温度1200~1300℃，炉膛出口温度达1000~1100℃；承压受热元件在高温和应力作用下逐渐产生塑性变形，引起蠕变损伤。

3. 机组自动化程度和可控性要求高

热工保护装置故障或误动易引起锅炉机组跳闸，而保护装置拒动会造成锅炉事故扩大。运行中对锅炉给水、燃料和燃烧工况等的调节要求精确及时，锅炉主参数（汽温、汽压、水位、炉膛负压等）偏差过大可能会造成严重后果。目前，随着机组容量增大，参数测点成倍增加，控制保护系统更加复杂，其故障次数也随之增多，特别是新机组投运初期故障率更高。

4. 现代锅炉大量采用焊接结构，焊口数量多，存在安全隐患

在大型火电机组锅炉的安装过程中，焊口数量多，各种系列锅炉及汽轮机焊口数量如表1-1-1所示。

表 1-1-1

锅炉及汽轮机焊口数量

机组容量 (MW)	锅炉本体焊口数量			汽轮机高压管道焊口数量		
	总数	合金钢焊口数量	合金钢焊口占总焊口的比例(%)	总数	合金钢焊口数量	合金钢焊口占总焊口的比例(%)
200	12 845	3968	30.89	736	305	41.44
300	14 817	8617	58.16	489	327	66.87
600	46 366	41 207	88.87	396	396	100

表1-1-1数据表明，随着机组容量的增大，焊口数量增多，其中合金钢焊口所占的比例越来越大；尤其是耐热不锈钢的采用，高级合金钢焊口和异种钢焊口的焊接要求高，焊接和热处理技术达不到要求，造成锅炉“四管”爆漏事故增多。

三、锅炉事故的分类

锅炉机组在运行中造成设备损坏或异常，导致锅炉停止运行、出力下降或人身伤亡，均称为锅炉事故。从锅炉结构和运行等方面，锅炉机组事故（包括除尘、脱硫装置）大致可分为以下七大类。

（1）锅炉承压部件泄漏和爆破。锅炉的承压部件主要指水冷壁、过热器、再热器、省煤

器及汽包或直流锅炉的汽水分离器等。设计、制造、安装、检修原因及运行调整、操作不当，均会引起锅炉承压部件的泄漏和爆破。

(2) 锅炉承重结构的变形和失稳。由于设计不当或改造时对承重部件（钢架、大梁、刚性梁等）增加载荷及炉膛发生爆炸，都可能导致承重部件变形、失稳，使锅炉严重破坏。

(3) 可燃物爆燃爆炸及燃烧系统故障。可燃物爆燃爆炸包括锅炉炉膛灭火放炮、尾部烟道爆炸、制粉系统爆炸等。燃烧系统故障包括锅炉结焦、燃烧器损坏、一次风管堵塞、风门故障等。

(4) 锅炉本体附件损坏。锅炉本体上安装有水位计、流量计、压力测点的取样管道和阀门，温度测点的套管，化学取样管、排污管及加药管，安全阀和对空排气阀，锅炉本体管道联箱的疏放水阀门。这些附件管径大多很小，一旦发生故障泄漏或爆破，同样会造成锅炉被迫停运，甚至危及人身安全。

锅炉本体附件损坏事故主要有：

- 1) 水位计事故；
- 2) 化学、热工取样管泄漏；
- 3) 主蒸汽、再热蒸汽安全阀误动或拒动、安全阀管座泄漏。

(5) 锅炉辅助设备及系统故障。锅炉主要辅助设备及系统有：制粉系统及设备、各类风机、空气预热器（简称空预器）、锅炉除灰除渣系统等。

(6) 除尘脱硫设备故障。

(7) 锅炉火灾事故。

锅炉典型事故案例及分析

第一节 锅炉承压部件泄漏或爆破事故

大型火力发电机组的非停事故大部分是由于锅炉引起的。随着锅炉机组容量增大,“四管”爆漏事故呈现增多趋势,严重影响锅炉的安全性,对机组运行的经济影响也很大。有的电厂因过热器、再热器管壁长期超温爆管,不得不降低汽温 $5\sim 10^{\circ}\text{C}$ 运行;而主汽温度和再热汽温度每降低 10°C ,机组的供电煤耗将增加 $0.7\sim 1.1\text{g/kWh}$;主蒸汽压力每降低 1MPa ,将影响供电煤耗 2g/kWh 。为了防止锅炉承压部件爆漏事故,必须严格执行《实施细则》中关于防止承压部件爆漏的措施及相关规程制度。

一、锅炉承压部件泄漏或爆破的现象及原因

(一)“四管”爆漏的现象

水冷壁、过热器、再热器、省煤器在承受压力条件下破损,称为爆管。

受热面泄漏时,炉膛或烟道内有爆破或泄漏声,烟气温度降低、两侧烟气温差增大,排烟温度降低,引风机出力增加,炉膛负压指示偏正。

省煤器泄漏时,在省煤器灰斗中可以看到湿灰甚至灰水渗出,给水流量不正常地大于蒸汽流量,泄漏侧空预器热风温度降低;过热器和再热器泄漏时蒸汽压力下降,蒸汽温度不稳定,泄漏处有明显爆漏声;水冷壁爆破时,炉膛内发出强烈响声,炉膛向外冒烟、冒火和冒汽,燃烧不稳定甚至发生锅炉灭火,锅炉炉膛出口温度降低,主汽压、主汽温下降较快,汽包炉的汽包水位明显下降,大量增加给水都难以维持。

受热面炉管泄漏后,发现或停炉不及时往往会冲刷其他管段,造成事故扩大。

(二) 锅炉爆管原因

(1) 锅炉运行中操作不当,炉管受热或冷却不均匀,产生较大的应力。

1) 冷炉进水时,水温或上水速度不符合规定;启动时,升温升压或升负荷速度过快;停炉时冷却过快等。

2) 机组在启停或变工况运行时,工作压力周期性变化导致机械应力周期性变化;同时,高温蒸汽管道和部件由于温度交变产生热应力,两者共同作用造成承压部件发生疲劳破坏。

(2) 运行中汽温超限,使管子过热,蠕变速度加快。

1) 超温与过热。超温是指金属超过额定温度运行。超温分为长期超温和短期超温,长期超温和短期超温是一种相对概念,没有严格的时间界限。超温是指运行而言,过热是针对爆管而言。过热可分为长期过热和短期过热两大类,长期过热爆管是指金属在应力和超温温度的长期作用下导致爆破,其温度水平要比短期过热的温度水平低很多,通常不超过钢的临界点温度。短期过热爆管则是指,在短期内由于管子温度升高在应力作用下爆破,其温度水平较高,通常超过钢的临界点温度,会导致金属组织变化发生相变。

长期过热是一个缓慢的过程,锅炉运行中管子长期处于设计温度以上而低于材料的下临界温度,逐渐发生碳化物球化、管壁氧化减薄、持久强度下降、蠕变速度加快而导致爆管。根据工作应力水平,长期过热爆管可分为三类:高温蠕变型、应力氧化裂纹型和氧化减薄型。高温蠕变型、应力氧化裂纹型过热爆管主要发生在过热器中,氧化减薄型过热爆管主要发生在再热器中。长期过热的主要原因包括热偏差、热力计算失误、错用钢材及异物堵塞。

短期过热是一个突发过程,运行中管子金属温度超过材料的下临界温度,因内部介质的压力作用发生爆裂。短期过热通常发生在水冷壁、过热器和再热器向火面。

长期过热与短期过热爆管特征见表 1-2-1。

表 1-2-1 长期过热与短期过热爆管特征

项目	高温蠕变型	应力氧化型	氧化减薄型	短期过热
蠕胀量	超过金属监督规定值	接近或低于金属监督规定值	不明显	不明显
爆口形状	爆口边缘钝	爆口边缘钝,呈典型唇状	爆口边缘钝	爆口塑性变形大,管径变粗,爆口呈喇叭状薄唇型
氧化皮	爆口周围氧化皮有密集纵向裂纹	爆口周围氧化皮有多条纵向裂纹,由内壁向外壁扩展,内外氧化皮分层	氧化皮厚达 1~1.5mm,管子严重减薄,内外氧化皮分层,均匀氧化	管子外壁呈蓝黑色,爆口附近没有众多纵向裂纹
金相组织	向火面完全球化,爆口周围较大范围内存在蠕变空洞和微裂纹	向火侧和背火侧均严重球化	向火侧完全球化,背火侧球化严重	管壁温度在 A_{cl}^* 以下为拉长铁素体和珠光体; A_{cl} 以上,其组织视喷出蒸汽冷却能力,可为低碳马氏体,贝氏体,珠光体和铁素体

* A_{cl} 指共析钢的奥氏体化温度。

2) 热偏差。影响热偏差的主要因素是热力不均和水力不均。

电厂常用受热面钢管的最高允许温度见表 1-2-2。



表 1-2-2

电厂常用受热面钢管的最高允许温度

锅炉管钢号 (GB 150—2003)	常见钢号	最高使用温度 (℃)
20G	St35.8, St5.8 (德), SA106A (美)	500
15CrMo	15CrMo3, 16CrMo3 (德), T1 (美)	530
12Cr2Mo	10CrMo910 (德), T32 (美)	580~590
12Cr1MoV	12X1MΦ (俄)	580
12Cr2MoWVB (钢研 102)		600
12Cr3MoVSiTiB		600
	X20CrMoV121 (德)	630~650
	T91, T9 (美)	650
1Cr18Ni9	TP304, TP304H (美)	700
1Cr19Ni11Nb	TP347, TP347H (美)	700 (800*)
	TP321 (美)	700 (800*)
	TP316, TP316H (美)	700 (800*)

* 表示作为受热面管子连续使用可达 700℃, 短期使用可达 800℃。

3) 传热恶化。第一类传热恶化也称膜态沸腾, 是指管外热负荷过大, 因管壁形成汽膜导致的沸腾传热恶化。第一类传热恶化所对应的临界热负荷值非常大, 大型电站锅炉一般不会发生。第二类传热恶化即管内环状流动的水膜被撕破或“蒸干”。发生第二类传热恶化的热负荷值低于第一类传热恶化的热负荷值。直流炉因加热、蒸发、过热三阶段无明显分界点, 工质含汽率 x 由 0 逐渐上升到 1, 发生第二类传热恶化不可避免。直流锅炉蒸发受热面的沸腾传热恶化现象主要与工质的质量流速、工作压力、含汽率和管外热负荷有关。

(3) 受热面磨损。受热面磨损是由含灰气流对受热面管子的冲刷撞击造成的。受热面磨损的速度与气流速度的三次方成正比, 与飞灰浓度成正比, 与管子的排列方式、管子的耐磨性能有关; 同时, 飞灰硬度、形状、直径大小也是影响受热面磨损速度的因素。

受热面磨损是省煤器爆管的主要原因。

(4) 受热面腐蚀。

1) 炉管内高温氧化腐蚀。受热面管子中铁离子在一定的温度下氧化, 随着受热面管壁温度升高, 氧化速度不断加快; 当温度高于 580℃ 时, 炉管金属内壁氧化层由 FeO、Fe₂O₃、Fe₃O₄ 三种氧化物构成, 最靠近金属的氧化物 FeO 构成氧化层的主要部分。由于 FeO 的晶体疏松不紧密, 晶体缺陷多, 易造成氧化层脱落, 使金属与氧易于接触而重新氧化, 加速了氧化过程, 产生高温氧化腐蚀破坏。同时, 氧化皮脱落导致受热面发生堵塞, 管子过热爆管。

2) 炉管内结垢、腐蚀。给水品质不良, 炉水品质差, 引起炉管管内结垢, 结垢处易产生垢下腐蚀。同时, 结垢使传热热阻增大, 管壁温度上升, 强度减弱, 发生爆管。

3) 受热面的高温黏结灰和高温腐蚀。在高温烟气环境中, 飞灰沉积在受热面管子表面, 烟气和飞灰中的有害成分 (复合硫酸盐) 会与管子金属发生化学反应, 使管壁减薄、强度降低, 称为高温腐蚀。

(5) 制造、安装、检修质量不良。如管材或管子钢号错误、管子焊口质量不合格、弯头处管壁严重减薄等。

二、承压部件爆破泄漏典型事故

(一) 蒸汽管道爆破

案例 蒸汽管道爆炸事故

该事故为新建锅炉吹管操作过程中高温蒸汽泄漏所致。事故造成3人死亡,8人受伤,一名伤者烧伤面积达99%,全身88%的皮肤为Ⅲ度烧伤,另有一名烧伤面积达98%,全身Ⅲ度烧伤也达80%以上。

1. 事件经过

5月17日23时52分,某电厂三期工程新建机组开始进行第二阶段第八次吹管工作。23时57分,吹管管道头部消音器堵板断裂分开,导致大量高温蒸汽直接喷射到距离消音器约20m的带有防护门窗的化学水处理车间,当场造成正在车间进行设备调试和安装的电厂、电建公司、调试所等单位3人死亡,8人受伤。在18日夜间,受伤的8人中又有1人死亡。

2. 事故原因分析

事故发生后,经现场仔细查看,认真分析,确认消音器存在严重缺陷是事故发生的直接原因。

(1) 消音器堵板设计为平板且平板与筒体“角焊缝”设计为非焊透结构,设计不合理。

(2) 角焊缝的高度偏小,不符合标准要求。

(3) 角焊缝存在严重的未熔合、未焊透等缺陷。

(4) 消音器在长期使用中,由于疲劳应力的反复作用,致使消音器堵板“角焊缝”缺陷处产生裂纹源;在吹管过程中,裂纹源逐渐扩展,造成角焊缝瞬间发生断裂,堵板脱开并被蒸汽吹走,高温蒸汽直吹出去,灼烫造成人员伤亡事故。

因此,消音器堵板与筒体结构角焊缝设计不合理、制造工艺不符合有关标准要求,是事故的主要原因。

3. 暴露的问题

(1) 电建公司租用的消音器,虽在其他建设工地使用过,现场也按《火电工程调整试运质量检验及评定标准》的有关规定进行了外观观察,未发现问题;但由于结构原因,对内部可能存在的缺陷难以发现,暴露出对此类非标设备缺乏有效的检测手段。

(2) 在租赁设备合同管理、非标产品质量检验和使用方面存在制度不健全,管理不规范,措施不到位等问题。

(3) 施工、监理单位安全防范意识不强,对现场风险辨识、危险点分析不够,没有预想到处在吹管系统末端的消音器堵板可能脱落,没有对可能造成的后果采取防范措施。

(4) 施工企业所承揽的工程点多面广、工期紧张、任务繁重,导致其管理、技术力量以及施工资源相对分散,现场安全技术管理相对削弱,在施工组织管理及安全技术保障措施等方面存在漏洞。

(5) 省电力公司对所属施工企业安全生产监督、检查、教育、指导等方面还存在薄弱环节。

(二) 水冷壁爆破

案例一 水冷壁过热爆管

1. 事件经过

某电厂两台容量为1910t/h本生型直流锅炉,锅炉蒸发Ⅰ段采用螺旋围绕水冷壁,蒸发