



特种设备 剖析

事故防范与案例

主编 林志宏 刘新宇



中国计量出版社

特 种 设 备 事故防范与案例剖析

主编 林志宏 刘新宇

中国计量出版社

图书在版编目. (CIP) 数据

特种设备事故防范与案例剖析/林志宏, 刘新宇主编.

—北京: 中国计量出版社, 2008. 4

ISBN 978—7—5026—2800—0

I. 特… II. ①林…②刘… III. ①设备—事故—预防
②设备—事故—案例—分析—世界 IV. X931

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 034168 号

内 容 提 要

本书收集并编撰了近半个世纪以来国内外发生的锅炉、压力容器、气瓶、医用氧舱、压力管道、起重机械、电梯、客运索道、大型游乐设施和厂内机动车辆等各类特种设备的重特大典型事故案例 (国内事故案例 228 起、国外事故案例 115 起), 剖析并披露了每起事故发生的原因、造成的惨重后果及沉痛教训, 并按照特种设备类别划分, 提出了事故防范对策和措施。书中还介绍了事故应急救援和事故调查处理的相关知识、事故调查的程序和法律依据等。本书是生产经营单位对员工进行安全教育与培训的鲜活教材, 更适用于从事安全生产监督管理和特种设备生产 (含设计、制造、安装、改造、维修) 使用、检验检测、安全监察及安全管理工作的专业技术人员借鉴和参考。

中国计量出版社出版

北京和平里西街甲 2 号

邮政编码 100013

电话: 010—64275360

<http://www.zgjl.com.cn>

北京金马印刷厂印刷

中国锅炉压力容器安全杂志社发行

电话: 010—84279798

<http://www.csespub.org.cn>

版权所有 不得翻印

*

787mm × 1092mm 16 开本 17.375 印张 字数 420 千字

2008 年 4 月第 1 版 2008 年 4 月第 1 次印刷

印数 1—3000 册 定价: 45.00 元

前 言

伴随着人类社会的发展进步，安全——这个既古老而内涵又不断丰富的词语，越来越受到极大的重视和广泛的关注。党中央、国务院对安全生产工作高度重视，历来倡导“以人为本”的理念，党的十七大报告强调“坚持安全发展，强化安全生产管理和监督，有效遏制重特大安全事故。”

诚然，有生产经营活动就存在发生事故的可能。特种设备之“特”，就在于这种设备涉及生命安全、危险性较大，一旦发生事故可能造成群死群伤、祸国殃民的严重后果。但是，究其每一起事故（自然灾害除外）的发生，无不由于物的不安全状态、人的不安全行为和管理上的疏漏所造成的；反之，如果做到了物的本质安全、人的高度警觉和科学严密的管理，事故是可以控制和预防的。

还是让事实来作证：进入 21 世纪以来，由于各级政府有关部门卓有成效的工作和方方面面人员的通力协作，我国特种设备的年万台事故起数稳中有降，2001 年为 1.21，2002 年为 1.19，2003 年为 0.95，2004 年为 0.92，2005 年为 0.87，2006 年为 0.83，持续 6 年呈下降趋势。

当然，安全生产由于有着不确定因素，因而不同于其他事情，要慎言成绩，不轻信好转，任何时候都必须保持清醒头脑，在努力做好工作的同时，切不可淡忘那些曾经发生过的事故。

为了坚持“安全第一、预防为主、综合治理”的安全生产管理方针，按照“四不放过”的原则（事故调查处理在事故原因未查清、责任人员未得到处理、整改措施未落实、有关人员未受到教育之前绝不放过）深刻汲取用鲜血和生命换来的教训，达到少发生乃至实现事故为零的目的，我们编写了本书作为“安全警示篇”，奉献给从事各行各业生产经营活动的管理者、劳动者和科技工作者，愿大家都来从我做起、从自己的周边做起、从点滴做起，真正做到在生产经营活动中不伤害自己、不伤害他人、不被他人伤害、保护他人不被伤害，为人类健康长寿、为建设美好家园、为构建安全和谐社会，共同尽职、尽责、尽心、尽力。

作者衷心企盼，本书对提高生产经营单位的安全管理水平、增强生产经营者的安全意识、充实从业人员的安全知识和技能，会起到积极的促进作用。

本书的编写得到了高级工程师、职业安全健康管理体系（OSHMS）审核员、国家首批注册安全工程师沙均兆先生以及北京聚能新典文化传播中心、辽阳市锅炉压力容器检验研究所、辽阳市特种设备监督检验所的大力支持与帮助；本书的编辑出版及发行得到了中国锅炉压力容器安全杂志社的大力支持与帮助，在此谨致以诚挚的谢意！同时向被引用事故案例和相关资料的单位、作者致谢，并恳请广大读者对书中的差错提出批评指正。

编 者

2007 年 10 月

组织编写单位

北京聚能新典文化传播中心
辽阳市锅炉压力容器检验研究所
辽阳市特种设备监督检验所

编辑委员会

主 审	孙 凯	詹克让			
主 编	林志宏	刘新宇			
副主编	刘铁勇	王庆云	王文斌	张 辉	杨宏钰
编 委	李 科	孙铁英	卢宝义	胡冷夫	
	王默寒	杨 勇	刘邦俊	隋先贵	
	李可平	苍 明	许博威	林伟光	

目 录

第一章 术语和定义	(1)
第二章 特种设备事故案例	(4)
第一节 锅炉事故案例	(4)
一、电站锅炉事故案例	(4)
二、蒸汽锅炉事故案例	(10)
三、热水锅炉事故案例	(18)
四、小型和常压热水锅炉事故案例	(20)
五、土锅炉事故案例	(22)
六、有机热载体炉事故案例	(25)
第二节 压力容器事故案例	(27)
一、反应压力容器事故案例	(27)
二、换热压力容器事故案例	(39)
三、分离压力容器事故案例	(43)
四、储存压力容器事故案例	(50)
五、球形储罐事故案例	(57)
六、管壳式余热锅炉事故案例	(63)
七、移动式压力容器事故案例	(65)
第三节 气瓶事故案例	(71)
一、液化气体气瓶事故案例	(71)
二、液化石油气钢瓶事故案例	(76)
三、永久气体气瓶事故案例	(79)
四、溶解乙炔气瓶事故案例	(84)
五、车用气瓶事故案例	(86)
第四节 医用氧舱事故案例	(89)
第五节 压力管道事故案例	(91)
一、工业管道事故案例	(91)
二、公用管道事故案例	(102)
第六节 电梯事故案例	(110)
第七节 起重机械事故案例	(119)
一、生产装卸起重机械事故案例	(119)
二、建筑施工起重机械事故案例	(127)
三、架桥起重机械事故案例	(149)
四、移动式起重机械事故案例	(152)
第八节 客运索道事故案例	(153)

第九节 大型游乐设施事故案例·····	(160)
第十节 厂内机动车辆事故案例·····	(169)
第十一节 国外事故简介·····	(173)
一、国外锅炉事故·····	(173)
二、国外压力容器事故·····	(176)
三、国外气瓶事故·····	(183)
四、国外压力管道事故·····	(185)
五、国外电梯事故·····	(192)
六、国外起重机械事故·····	(192)
七、国外客运索道事故·····	(194)
八、国外大型游乐设施事故·····	(198)
第三章 事故应急救援 ·····	(206)
第一节 事故应急救援的法律依据·····	(206)
第二节 事故应急救援的管理过程·····	(207)
第三节 事故应急救援的目标与基本任务·····	(207)
第四节 单位应急救援预案的基本内容·····	(208)
第五节 事故应急救援预案演练·····	(209)
第六节 某液化石油气充装站事故应急救援预案（参考件）·····	(209)
第四章 事故调查处理 ·····	(215)
第一节 特种设备事故分类·····	(215)
第二节 特种设备事故报告·····	(216)
第三节 事故调查原则及调查组组成·····	(216)
第四节 事故调查程序·····	(218)
第五节 事故原因与责任分析·····	(219)
第六节 事故责任追究·····	(220)
第五章 特种设备事故防范 ·····	(223)
第一节 锅炉事故防范要点·····	(223)
第二节 有机热载体炉事故防范要点·····	(226)
第三节 压力容器事故防范要点·····	(227)
第四节 气瓶事故防范要点·····	(229)
第五节 医用氧舱事故防范要点·····	(231)
第六节 压力管道事故防范要点·····	(232)
第七节 电梯事故防范要点·····	(233)
第八节 起重机械事故防范要点·····	(234)
第九节 客运索道事故防范要点·····	(236)
第十节 大型游乐设施事故防范要点·····	(237)
第十一节 厂内机动车辆事故防范要点·····	(238)
附录一 相关法规、规范和标准目录 ·····	(241)
一、法律、法规、规章·····	(241)

二、规范性文件·····	(241)
三、技术规范·····	(242)
四、标准·····	(245)
附录二 特种设备安全监察条例（国务院令第 373 号） ·····	(248)
第一章 总则·····	(248)
第二章 特种设备的生产·····	(249)
第三章 特种设备的使用·····	(250)
第四章 检验检测·····	(252)
第五章 监督检查·····	(253)
第六章 法律责任·····	(255)
第七章 附则·····	(259)
附录三 生产安全事故报告和调查处理条例（国务院令第 493 号） ·····	(260)
第一章 总则·····	(260)
第二章 事故报告·····	(261)
第三章 事故调查·····	(262)
第四章 事故处理·····	(264)
第五章 法律责任·····	(264)
第六章 附则·····	(265)
附录四 锅炉压力容器压力管道特种设备事故处理规定（国家质检总局令第 2 号） ·····	(267)
第一章 总则·····	(267)
第二章 事故报告·····	(268)
第三章 事故调查·····	(269)
第四章 事故处理·····	(270)
第五章 事故统计分析·····	(270)
第六章 罚则·····	(270)
第七章 附则·····	(271)
主要参考文献 ·····	(272)

第一章 术语和定义

一、特种设备安全监察条例

指国务院颁布的特种设备安全监察行政法规。特种设备的生产（含设计、制造、安装、改造、维修）、使用、检验检测及其监督检查，应当遵守该条例。

二、生产安全事故报告和调查处理条例

指国务院颁布的生产安全事故报告和调查处理行政法规。适用于生产经营活动中发生的造成人员伤亡或者直接经济损失的生产安全事故的报告和调查处理。

三、锅炉压力容器压力管道特种设备事故处理规定

指国家质量监督检验检疫总局颁布的特种设备事故处理行政规章。适用于特种设备（含锅炉、压力容器、压力管道、电梯、起重机械、客运索道、游乐设施、厂内机动车辆）发生事故的报告、调查、处理以及事故的统计、分析。

四、特种设备

指涉及生命安全、危险性较大的设备。特种设备的目录由国务院负责特种设备安全监督管理的部门——国家质量监督检验检疫总局（以下简称国家质检总局）制定，报国务院批准后执行。现行特种设备目录包括承压类特种设备（锅炉、压力容器和压力管道）和机电类特种设备（电梯、起重机械、客运索道、大型游乐设施和厂内机动车辆）两大类，并包括其附属的安全附件、安全保护装置和与安全保护装置相关的设施，由各级人民政府质量技术监督行政部门对本行政区域内的特种设备依法实施安全监察。

五、锅炉

指利用各种燃料、电或者其他能源，将所盛装的液体加热到一定的参数，并承载一定压力的密闭设备，其范围规定为容积大于或者等于 30 L 的承压蒸汽锅炉；出口水压大于或者等于 0.1 MPa（表压），且额定功率大于或者等于 0.1 MW 的承压热水锅炉；有机热载体锅炉。

六、压力容器

指盛装气体或者液体，承载一定压力的密闭设备，其范围规定为最高工作压力大于或者等于 0.1 MPa（表压），且压力与容积的乘积大于或者等于 2.5 MPa·L 的气体、液化气体和最高工作温度高于或者等于标准沸点的液体的固定式容器（包括反应压力容器、换热压力容器、分离压力容器和储存压力容器）和移动式容器（包括铁路罐车和汽车罐车）；盛装公称工作压力大于或者等于 0.2 MPa（表压），且压力与容积的乘积大于或者等于 1.0 MPa·L 的气体、液化气体和标准沸点等于或者低于 60℃ 液体的气瓶（包括民用气瓶、工业用气瓶、车用气瓶、呼吸用气瓶、灭火用气瓶、非重复充装气瓶和进口各类气瓶）；氧舱（包括医疗用空气加压舱、氧气加压舱、兼作高压氧治疗用途的多功能载人压力舱）等。

七、压力管道

指利用一定的压力，用于输送气体或者液体的管状设备，其范围规定为最高工作压力大于或者等于 0.1 MPa（表压）的气体、液化气体、蒸汽介质或者可燃、易爆、有毒、有腐蚀

性、最高工作温度高于或者等于标准沸点的液体介质，且公称直径大于 25 mm 的管道，包括工业管道、公用管道（燃气管道、热力管道）和长输管道。

八、电梯

指动力驱动，利用沿刚性导轨运行的箱体或者沿固定线路运行的梯级（踏步），进行升降或者平行运送人、货物的机电设备，包括载乘客电梯、载货电梯、客货电梯、病床电梯、液压电梯、杂物电梯、特殊类电梯、进口各类电梯，以及自动扶梯、自动人行道等。

九、起重机械

指用于垂直升降或者垂直升降并水平移动重物的机电设备，其范围规定为额定起重量大于或者等于 0.5t 的升降机；额定起重量大于或者等于 1t，且提升高度大于或者等于 2m 的起重机（包括桥式起重机、门式起重机、塔式起重机、流动式起重机、铁路起重机、门座式起重机、缆索起重机、桅杆起重机、旋臂式起重机、升降机、轻小型起重机、机械式停车设备、超大型起重机械、特殊类起重机械和进口各类起重机械）和承重形式固定的电动葫芦等。

十、客运索道

指动力驱动，利用柔性绳索牵引箱体等运载工具运送人员的机电设备，包括客运架空索道、客运缆车、客运拖牵索道和进口各类客运索道等。

十一、大型游乐设施

指用于经营目的，承载乘客游乐的设施，其范围规定为设计最大运行线速度大于或者等于 2m/s，或者运行高度距地面高于或者等于 2m 的载人大型游乐设施，包括观览车类、滑行车类、架空游览车类、陀螺类飞行塔类、转马类、自控飞机类、赛车类、小火车类、碰碰车类、电池车类、观光车类、水上游乐设施和进口各类游乐设施等。

十二、厂内机动车辆

指在工厂作业区域内、施工场地等（含客运码头、货场）临时使用或者在开放式作业区域内以及民航机场指定作业区域内使用，并且不在公安和农机行政部门管辖范围内的机动车辆，包括牵引车、推顶车、搬运车、蓄电池车、手扶式三轮机动车、手扶拖拉机、方向盘轮式拖拉机、装载机、挖掘机、挖掘装载机、铲运机和进口各类厂内机动车辆等。

十三、生产安全

指在生产经营活动中从业人员免遭不可承受危险的伤害，即“无危则安、无缺则全”。

十四、本质安全

指设备、设施或者技术工艺含有内在的能够从根本上防止发生事故的功能。本质安全是安全生产管理预防为主的根本体现，也是安全生产管理的最高境界。

十五、安全生产方针

指引导安全生产管理工作前进的方向和奋斗的目标，应当坚持“安全第一、预防为主、综合治理”的方针。

十六、事故

指在进行有目的的行动过程中发生的意外事件，其后果是使正常活动中断，造成人员伤亡或者经济损失。

十七、特种设备事故

指特种设备在制造、安装、改造、维修、使用和检验检测过程中发生损坏（如泄漏、变

形、破裂和爆炸等),造成人员伤亡或者经济损失。

十八、事故防范

指采用技术、教育、管理等综合对策,防止事故发生;或者当事故发生后,使事故造成的损害尽可能降到最低程度。

十九、特种设备安全技术规范

指国家质检总局依据《特种设备安全监察条例》,制定颁布的对特种设备的安全性能和相应的设计、制造、安装、改造、维修、使用、检验检测等活动有强制性的规定。

二十、标准

指衡量事物的准则。对需要在全国范围内统一的技术要求,应当制定国家标准;对没有国家标准而又需要在全国某个行业范围内统一的技术要求,可以制定行业标准。国家标准和行业标准均需经国家质检总局批准后实施。

二十一、特种设备法定检验检测

指依据《特种设备安全监察条例》的规定,由经国务院特种设备安全监督管理部门——国家质检总局核准的检验检测机构按照安全技术规范和标准的要求,对特种设备的安全性能强制进行的检验检测。

第二章 特种设备事故案例

特种设备承受压力静载荷、力矩载荷、温度载荷、交变载荷、动载荷和运动载荷，例如承压类特种设备是以承受介质压力为主要载荷的设备；机电类特种设备是以承受重量载荷和运动载荷为主要载荷的机电驱动设备。所有特种设备均由各种受力结构元件、安全指示装置、安全报警装置及安全连锁装置构成，一旦发生受力元件材料腐蚀、老化，或承载结构受力状态改变，或载荷突变，或安全装置失效，都容易发生设备事故，造成人员和财产损失，事故的危害性较大。

本章介绍的特种设备事故是具有代表性的真实案例，既有设备本质安全方面的隐患所致事故，也有设备管理存在隐患导致事故，还有操作失误造成的事故。列举这些事故案例绝无渲染之意（事故单位的名称或地名隐去），其目的在于告诫大家举一反三，从中汲取经验教训，提高企业管理者及特种设备安全管理人员、操作人员、检验检测人员和维修人员对特种设备安全的认识，从特种设备设计、制造、安装、维修、改造、使用、检验检测和安全监督管理等诸方面把特种设备的安全隐患消灭在萌芽状态，减少和杜绝特种设备事故的发生。

第一节 锅炉事故案例

锅炉是特种设备中以消耗能源、提供动力为主的承压设备，因其压力、温度、容量等工作参数较高，所以危险性较大，相对事故几率比较高，发生事故的破坏性严重。

一、电站锅炉事故案例

1. 内蒙古某电厂锅炉爆炸事故

事故概况

1975年6月3日，内蒙古某电厂1台英制拔伯葛型（即单锅筒、分联箱、直水管结构）锅炉，设计蒸发量7t/h、工作压力1.03MPa，运行40余年后由异地拆迁到该厂，并增加了受热面，使锅炉蒸发量提高到12t/h、最高使用压力改为1.37MPa。

当该台锅炉改造后使用2368h，即在运行中突然发生爆炸，右侧锅筒飞出45m远，全部过热器管子及部分排管被砸弯变形，锅炉钢架及锅筒横梁全部变形弯曲，两侧墙及前后拱损坏，锅炉车间厂房大部分倒塌，附近厂房及办公室也遭爆炸冲击波破坏。

事故原因

(1) 宏观检查

该锅炉锅筒由三段筒体加两个封头铆接而成，爆炸后锅筒前段有一个贯穿性爆破口，全长1571mm，锅筒前封头与筒体的连接铆钉被切断后落在厂房内。锅筒铆钉孔因剪切挤压产生的塑性变形而呈现椭圆形，椭圆度达1.17%，并有束状裂纹。主爆破口区的铆缝搭接结合面上有白色盐垢，积垢区占爆口总长71.9%；主爆破口区的铆钉孔有放射性裂纹，在半个孔周上裂纹数量有的多达7条，最长的裂纹可达44mm，铆钉断口陈旧、呈赤褐色，有明显的层断纹络，属无塑性变形的平齐断口。筒体壁厚未发现有减薄现象，可基本定为脆性

断口，在断口上还可看到白色盐垢。

(2) 金相检查

对主爆破口区的铆钉孔取样做显微检查，发现裂纹边缘齐钝，裂区和非裂区的金相组织均为珠光体加铁素体，其晶粒度均为 8 级，未发现有过热或淬硬性组织存在。在裂纹的延伸方向上有许多二次分枝，沿铁素体晶粒边界扩展，形成网络状晶间裂纹，大大减弱了金属内部晶粒之间的联系，而裂纹末梢特别尖锐，有明显的晶间发展趋势亦属晶间裂纹。个别穿透晶粒形成混合裂纹，在裂纹主干的两侧和二次分枝主干上，均可见到有断续的腐蚀情况。非裂区试样虽未见明显的晶间裂纹，但晶粒间的内部联系已有减弱趋势。

(3) 化学成分分析

在锅筒前段的裂区和非裂区取样进行化学分析，结果表明材料化学成分基本无变化。

(4) 力学性能试验

对裂区和非裂区进行硬度测试和取样进行冲击试验，结果表明材料的力学性能也基本未变。

综上所述，这次事故系由锅炉材料苛性脆化（高应力与高碱性迭加）所致，主要原因有：

(1) 私自提高锅炉工作压力

该厂仅从生产用汽要求出发，未经校核擅自将工作压力从 1.03MPa 提高到 1.37MPa。事故发生后，经应力测试，当工作压力提高到 1.37MPa 时，锅筒内应力提高了 35%，筒体应力接近材料的屈服点。

(2) 炉水相对碱度过高

经化验，该锅炉移装运行后，炉水相对碱度高达 43%，超过标准一倍以上，为锅炉铆缝产生苛性脆化提供了必要条件。

(3) 锅筒铆缝渗漏

该锅炉在大修时曾发现锅筒铆缝有两处渗漏，但未予消除；检修后又两次违章进行水压试验，试验压力高达 1.72MPa，加速了铆缝的渗漏。

(4) 违章操作，运行不正常

由于个别操作人员责任心差，常使汽压在 1.27MPa~1.47MPa 范围内波动，有时甚至达到 1.57MPa 以上；当锅炉遇到故障时，汽压又突然降到 0.196MPa。由于锅炉压力升降太快，加之缺水事故经常发生，处理又往往不当，致使锅筒温差变化太快，应力变动频繁。

预防措施

(1) 锅炉及其受压元件的改造，必须符合锅炉专业技术标准和有关技术规定；尤其是提高锅炉运行参数的技术改造，必须经过必要的强度和热力计算。

(2) 锅炉因结构和运行参数的改变，其水处理措施和安全附件应当与新参数相适应。

(3) 锅炉在运行时应能按设计预定方向自由膨胀，当发现受压元件不能自由膨胀或者泄漏时，应当停止锅炉运行查找原因，消除隐患。

(4) 锅炉安全管理、司炉和水处理作业人员应当经过培训考核合格，取得《特种设备作业人员证》后方可上岗作业。

2. 天津某电厂锅炉炉膛爆炸事故

事故概况

1979年3月1日,天津某电厂 TOSI 1025-178/540/540 型锅炉在运行中发生炉膛爆炸,造成经济损失达 40 万元。

事故发生后,经检查发现锅炉两侧燃烧器、风箱的风道均被炸开,烟气再循环入口烟道和部分伸缩节损坏,燃油变压器电缆和电缆沟亦有不同程度破坏。

事故原因

这次事故的直接原因是烟道出口挡板在运行中自行关闭,造成燃烧恶化以致灭火后发生二次爆燃。

(1) 锅炉烟道出口挡板安装后既无操作机构,又无定位装置。由于烟道有振动,当烟气流动时对挡板有关闭的趋势,同时,挡板结构上 10 个中轴的曲臂和公共连杆自重较大,也对挡板产生关闭力矩,迫使挡板自行关闭。由于烟气通道被堵死,烟气排不出去,造成炉膛压力升高,燃烧恶化,锅炉压力下降;而自动控制系统却加大风量和供油量,更加恶化炉内燃烧情况,直至造成灭火。但此时第一层燃烧器点火装置继续运行,因而产生灭火后的二次爆燃,引起炉膛爆炸。

(2) 锅炉联动保护装置从试运行到事故发生前一直未投入使用。当炉膛压力超过保护跳闸规定值 (5.9kPa) 时,无法自我保护。因此,当烟道出口挡板自行关闭后,炉膛压力升高,即使超过保护值时,锅炉保护装置也不能跳闸。

(3) 燃烧器的火焰扫描器灵敏度未进行调整,不能反映燃烧器的运行状态。当炉膛内恶化燃烧,监视器显示无火焰时,火焰扫描指示灯仍正常明亮,锅炉灭火保护不能动作。而此时第一层燃烧器点火器继续运行,以致造成灭火爆炸。

(4) 操作人员错误判断事故由送风机挡板失灵所致。当炉膛压力超过保护跳闸规定值 (5.9kPa) 时,未能及时按下事故按钮进行紧急停炉。

预防措施

(1) 用粉煤、燃油或气体作燃料的锅炉,必须装设联锁保护的点火控制程序和熄火保护装置,且在锅炉运行过程中确保灵敏可靠。

(2) 几台锅炉共用一个总烟道时,在每台锅炉的支烟道内应装设烟道挡板;挡板应有可靠的固定装置,以保证锅炉运行时,挡板处在全开启位置,不能自行关闭。

3. 循环流化床锅炉风室及尾部烟道爆炸事故

事故概况

循环流化床锅炉(简称 CFBCB)是一种洁净燃煤设备,具有节能效果。因此,在国内得到广泛应用。

但是这种锅炉问世初期在设计上对安全性能考虑尚不充分,加上操作上的疏漏,因而在启动时容易造成风室、风道和尾部烟道内的可燃气体及积灰中的炭粉爆炸。

(1) 1992 年 11 月,新疆某发电厂 1 台蒸发量 10 t/h 低压沸腾床锅炉(除无燃料循环系统外,其余结构与 CFBCB 相同)尾部烟道爆炸,将尾部全部人孔门炸开。

(2) 1995 年上半年,山东某煤矿电厂和河北某煤矿电厂的蒸发量 75 t/h 中压 CFBCB 在热启动过程中,分别发生了风室和风道爆炸。

(3) 1996 年 4 月,山东某煤矿热电厂 1 台日本生产的蒸发量 30 t/h 床下点火 CFBCB 风室爆炸,将风室和下部水冷壁炸坏。

(4) 1996 年 10 月,山东临沂某热电公司 1 台蒸发量 75 t/h 中压 CFBCB 在热启动过程

中，尾部烟道突然爆炸，将左侧炉墙炸塌，造成 1 人受伤。

事故原因

(1) 可燃气体引起爆炸

在锅炉运行中处理一些应急问题时，CFBCB 可做临时压火处理，压火时间最长可达 24h，在压火过程中，床体物料温度保持在 900℃ 以上。由于压火的需要，整个锅炉封闭严密，床体上大量的碳在高温缺氧的情况下生成可燃气体 CO。随着压火时间的延长，炉膛内的 CO 浓度也逐渐提高。

在压火过程中，可燃气体 CO 逐渐扩散到烟道和风室、风道内并达到较高的浓度。在锅炉热启动时，虽然引风机提前启动能排除炉膛和烟道内的部分气体，但是由于床体内厚度为 450mm~550mm 物料层的阻隔，风室及风道内的可燃气体被引风机抽出的极少，可燃气体浓度会保持较高的水平。当一次风机启动时，若可燃气体和一次风中的氧形成的混合气体浓度在爆炸浓度范围内，当其遇到床体 900℃ 的高温物料时就会发生爆炸。

(2) 残存点火油引起爆炸

采用风室内预热烟气方式点火的 CFBCB，点火油枪布置在风室内，如果点火不成功，就会有一部分点火油沉积在风室内。此时如果没有及时清除残油，则其在风室内逐渐挥发，形成可燃油蒸气；当再次点燃时，即造成爆炸。

(3) 锅炉尾部积灰中的炭粉引起爆炸

锅炉运行过程中，尾部烟道常有大量积灰，特别是 II 形布置的锅炉水平烟道部位更易积灰。积灰中的含碳量可达 10 %~18 %（新疆某发电厂所使用的沸腾炉，尾部烟道爆炸时积灰含碳量高达 25 %），遇可燃气体引燃时即造成爆炸。

预防措施

(1) 爆炸是一种急剧氧化的过程，它需要温度、氧气和快速氧化反应的可燃物三个条件。在 CFBCB 热态启动时，温度和氧气是必不可少的。为了预防爆炸，只有将快速氧化反应的可燃物（CO、煤的挥发分、油蒸气等）在启动前清除掉，才能消除爆炸隐患。

(2) 用煤粉、燃油或气体作燃料的锅炉，必须装设可靠的点火程序控制和熄火保护装置。在点火程序控制中，点火前的总通风量应当不小于 3 倍的炉膛到烟囱入口烟道总容积量，且通风时间对于水管锅炉至少应持续 1min，对于发电用锅炉一般应持续 3min 以上。

4. 浙江省宁波某电厂锅炉炉膛爆炸特大事故

事故概况

1993 年 3 月 10 日 14 时 7 分，宁波某发电厂 1 台与 1 号机组配套的锅炉发生炉膛爆炸，造成死亡 23 人、重伤 8 人、轻伤 16 人、直接经济损失 780 万元的特大事故。

爆炸后，锅炉标高 21m 以下损坏程度自上而下趋于严重，冷灰斗向炉后侧塌倒呈现开放性破口，侧墙与冷灰斗交界处撕裂水冷壁管 31 根；立柱不同程度扭曲，刚性梁拉裂；水冷壁管严重损坏，有 66 根开裂。炉右侧标高 21m 以下刚性梁严重变形；标高 0 m 炉后侧基本被热焦堵至冷灰斗，3 台碎渣机及喷射水泵等全部埋没在内。事故后，清除的灰渣堆容积为 934 m³，停炉抢修 132 天。

该锅炉是由美国 ABB—CE 公司于 1989 年制造的亚临界一次再热强制循环汽包炉，额定主蒸汽压为 18.2MPa、主蒸汽温度 540℃、主蒸汽流量 2008 t/h，1991 年 10 月 30 日投入试生产。

事故原因

(1) 锅炉严重结渣。由于严重结渣造成的静载加上大块焦渣下落的动载，使冷灰斗局部失稳，将侧墙与冷灰斗连接处的水冷壁管撕裂；裂口向炉内喷出的水、汽工质与落渣入水产生的水汽升温膨胀，使炉内压力大增，并使冷灰斗塌陷扩展；炉膛水冷壁的包角管先后断裂，喷出的工质数量大增，炉膛压力陡升。在渣的静载、动载和工质迅速扩容压力的共同作用下，造成锅炉标高 21m 以下严重破坏和现场人员重大伤亡。

(2) 锅炉炉膛结构设计、燃用煤种、受热面布置不完善以及运行指导失当。此外，电厂安全管理方面也有疏漏。

预防措施

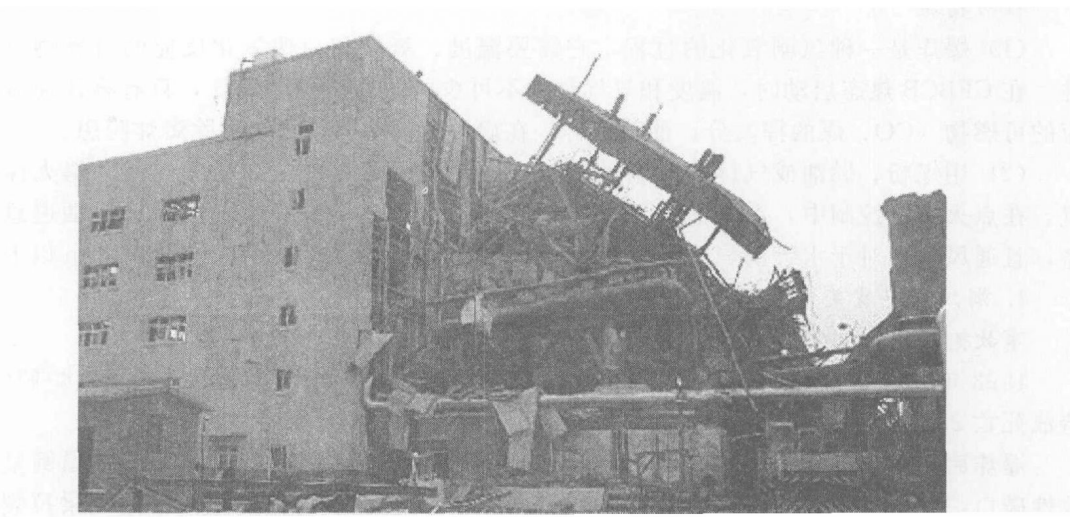
(1) 锅炉的设计必须符合安全、可靠的要求。水冷壁炉膛的结构应当有足够的承载能力；燃煤粉的锅炉，其炉膛和燃烧器的结构及布置应当与所设计的煤种相适应，并且防止炉膛结渣或结焦。

(2) 锅炉安全管理和操作人员，应当经过培训考核合格，取得《特种设备作业人员证》后方可上岗作业。锅炉运行时，操作人员必须严格执行安全操作规程，对出现的异常情况应当及时果断妥善处理。

5. 河北省某铸管有限责任公司燃气锅炉炉膛爆炸特大事故

事故概况

2004 年 9 月 23 日 16 时左右，河北省某铸管有限责任公司在建电厂 1 台新安装的燃气锅炉在完成烘炉、煮炉后，进入蒸汽吹管阶段。就在锅炉点火瞬间，炉膛及排烟系统发生爆炸，造成 13 人死亡、8 人受伤、直接经济损失 630 余万元的特大事故。

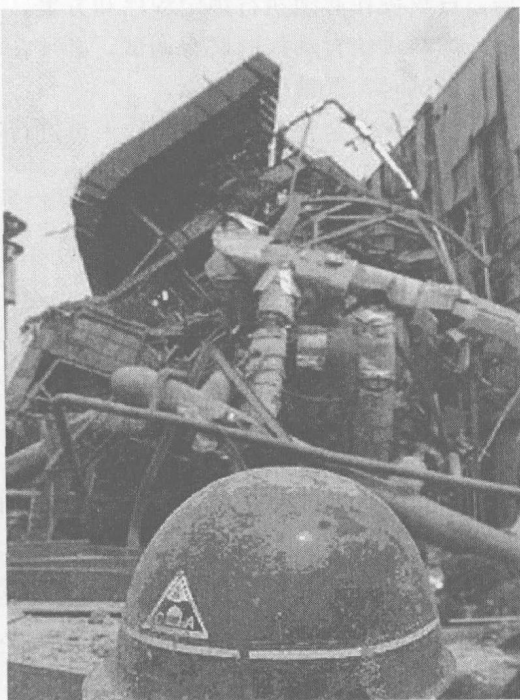


炸毁的锅炉和锅炉房

事故锅炉型号为 JG-75/3.82-Q：额定蒸发量 75t/h、额定蒸汽压力 3.82MPa、额定蒸汽温度 450℃，为 12MW 汽轮发电机组配套。锅炉采用露天布置，燃料为焦炉煤气和高炉煤气，在调试阶段使用焦炉煤气。事故造成锅炉钢梁扭曲，锅筒严重位移，前墙水冷壁呈 S 形向炉膛内侧成排弯曲，后墙水冷壁呈 V 形弯曲，左右侧水冷壁扭曲呈撕裂状；左侧第三层平台步道飞出约 20m，砸在烟囱南侧平房东南铁栏杆后散落到地面，其他平台和扶梯扭曲



炸毁的锅炉和管道



锅炉房被炸毁

变形悬挂在空中；尾部烟道（含省煤器、空气预热器）整体向东倾斜约 30° ，连接管道全部扭曲；鼓引风机损坏，引风机外壳上部飞出约 10m，送风管道变形撕裂；电控柜位移，主控室和汽机房门窗玻璃全部损坏，塑钢窗掉落；锅炉左右侧燃气管道扭曲严重，多处破裂。

事故原因

(1) 该炉的燃烧系统在调试时采用人工点火，未设计自动点火燃烧系统，燃气阀门开启控制状况混乱，手动与自动两套阀门控制系统无限定转换装置，形成误操作的条件。

事故当日锅炉点火前，操作人员打开 DN400 焦炉气主切断阀，检查、校验燃烧器前的 20 个电动闸阀（共分 4 组，每组 5 个 DN65）时间长达 15min~20min。期间，左前 2 号、3 号，左后 3 号电动闸阀处于全开启状态，致使大量燃气通过该 3 个电动闸阀进入并充满炉膛、烟道、烟囱，且达到爆炸极限，16 时左右在点火试运行引起爆炸。

(2) 锅炉不具备点火运行条件。燃气管道上电动阀门近台控制系统和远程集中控制系统（DCS）尚未调试合格，不应转入锅炉点火程序；且在点火前，未按规定检测炉内可燃气体的浓度，因而未能及时发现炉膛烟道内存在可燃气体的隐患。

(3) 现场管理混乱。现场多个单位同时施工却无有效组织，导致点火时其他施工人员未能及时撤离现场，扩大了人员伤亡。

预防措施

(1) 用煤粉、燃油或气体作燃料的锅炉，必须装设可靠的点火程序控制和熄火保护装置。在点火程序控制中点火前的总通风量应当不小于 3 倍的从炉膛到烟囱入口烟道总容积，且通风时间对于发电锅炉一般应持续 3min 以上。

(2) 严格执行锅炉调试现场责任制度，指挥者必须履行职责不得脱岗，无关人员不得进