



锅炉运行故障急修

郭云飞 陈峰 编著

黑龙江科学技术出版社

内 容 提 要

本书比较全面而系统地介绍了锅炉在运行中锅炉本体、安全附件、辅机、供热系统等常见的各种故障和事故,对其产生的原因作了科学的论述和技术性的分析,提出了具体的预防措施和处理办法。对贯彻国务院发布的《锅炉压力容器安全监察暂行条例》及其实施细则、规程、规定、技术标准和《蒸汽锅炉事故报告办法》,划分事故类别,调查分析处理各种事故,保障锅炉安全经济运行有重大的指导意义。

本书深入浅出,通俗易懂,可供从事锅炉安全监察干部、检验人员、锅炉管理工作、司炉工人及有关专业人员参考。

责任编辑:王天青

封面设计:刘金亭

锅 炉 运 行 故 障 急 修

郭云飞 陈峰 编著

黑龙江科学技术出版社出版

(哈尔滨市南岗区建设街35号)

依安印刷厂印刷·黑龙江省新华书店发行

787×1092毫米32开本 8.375印张 170千字

1986年9月第1版·1986年9月第1次印刷

印数:1—29,800册

书号:15217·209

定价:1.50元

前 言

建国以来，随着工农业的迅速发展，我国的锅炉数量不断增加。目前，全国已有低压锅炉二十余万台，广泛应用于工农业生产和人民生活之中。多年来，锅炉事故使我们付出了巨大的代价。为了总结锅炉事故教训，摸索事故规律，消除事故隐患，减少人身伤亡和国家经济损失，促进四化建设，我们编写了《锅炉运行故障急修》一书。全书共分七章，由郭云飞、陈峰同志主编，经姚清穆、郭剑萍、辛广路等同志协助整理、抄写、制图，最后由郭云飞同志审查定稿。

在编写整理过程中，曾得到哈尔滨工业大学，齐齐哈尔市科委、劳动局、锅炉厂，大庆市劳动局等有关同志的大力支持和协助，在此深致谢意。

由于编者水平有限，书中定有不足和错误之处，希读者批评指正。

编著者

目 录

第一章 锅炉运行故障概述.....	(1)
第一节 锅炉运行故障的可能性.....	(1)
第二节 锅炉运行故障的种类.....	(8)
第三节 锅炉运行故障急修的必要性.....	(13)
第四节 锅炉运行故障的一般处理方法.....	(16)
第二章 锅内故障与急修.....	(23)
第一节 汽压过高或过低.....	(23)
第二节 汽温过高或过低.....	(28)
第三节 汽水共腾.....	(33)
第四节 缺水事故.....	(34)
第五节 满水事故.....	(37)
第六节 锅内水击.....	(40)
第七节 锅水泡沫或不洁.....	(41)
第八节 锅内水循环故障.....	(42)
第三章 炉内故障与急修.....	(45)
第一节 锅炉灭火.....	(45)
第二节 炉膛及烟道爆炸.....	(47)
第三节 炉振与炉吼.....	(50)
第四节 二次燃烧.....	(53)
第五节 炉膛结焦.....	(54)
第六节 炉墙烧塌.....	(58)

第四章 锅炉的爆炸征兆与处理.....	(64)
第一节 锅筒与炉胆的鼓包变形.....	(65)
第二节 锅筒、炉胆及管板的开裂.....	(73)
第三节 锅炉爆管.....	(94)
第四节 锅炉水循环故障	(107)
第五节 锅炉爆炸	(116)
第五章 安全附件故障与急修	(145)
第一节 水位表故障与急修	(145)
第二节 安全阀故障与急修	(167)
第三节 压力表故障与急修	(177)
第六章 锅炉辅机故障与急修	(183)
第一节 燃烧设备故障与急修	(183)
第二节 通风设备故障与急修	(193)
第三节 给水设备故障与急修	(198)
第四节 除尘设备故障与急修	(213)
第七章 热水锅炉及其供热系统故障与急修	(221)
第一节 热水锅炉本体故障与急修	(221)
第二节 热水锅炉定压装置故障与急修	(233)
第三节 热网故障与急修	(252)

第一章 锅炉运行故障概述

第一节 锅炉运行故障的可能性

锅炉是承受高温高压的特种设备，同一般设备比较起来，它是很容易发生事故的。

锅炉在运行中事故种类很多，根据国家劳动人事部锅炉安全监察局公布的《蒸汽锅炉事故报告办法》规定，按照设备的损害程度，锅炉事故可以分为三类：

1. 爆炸事故。它是指锅炉的受压元件在承压工作状态下突然破裂，使锅炉压力瞬时降到等于大气压力的摧毁性事故。

这是所有锅炉事故中最严重的、破坏性最大的事故。这是因为在锅炉爆炸的一瞬间，蒸汽由于压力的急剧下降而体积膨胀；锅水由于压力的瞬间下降而使部分饱和水突然自身汽化，体积急剧膨胀使大量汽水混合物几乎全部冲出炉外，形成巨大的冲击波，能将锅炉冲击几十米甚至数百米以外，同时，也能摧毁和震坏建筑物，造成严重的破坏和人身伤亡。因此，我们要特别注意防止这种灾难性的事故。

2. 重大事故。它是指锅炉受压元件烧塌、变形、爆管、附件损坏或炉膛爆炸引起炉墙倒塌、钢架严重变形等造成被迫停炉检修的事故。

这种事故所造成的损失虽然没有爆炸事故那样严重，但是已经使锅炉受压元件或其它重要部位遭到破坏，对连续供汽供热部门造成停工停产，带来很大经济损失，造成操作人员的伤亡。所以，这类破坏事故也应力求避免发生。

3. 一般事故。损坏的程度不严重，不需要停炉修理的事故。

这种事故要求认真处理和及时采取有效措施，否则，将会使事故蔓延和扩大。这就要求司炉操作人员应具备高度的责任感和过硬的操作技术。

就其锅炉结构及运行特性来看，锅炉事故又可以分为：锅内事故、受压部件事故、炉内事故、附件事故、辅机事故、管路事故等等。

运行锅炉之所以容易发生各类事故。一方面是因为锅炉本身工作条件十分恶劣，容易发生元件损坏。锅炉所接触的介质如烟、灰、水、汽等，都有较大的腐蚀性；受热面金属直接接受高温辐射热或高温烟气冲刷，金属壁温较高，易发生变形、过烧等现象；烟气中带有大量的灰粒，对受热面的磨损也相当严重；进入锅炉的水带有一定数量的钙、镁离子，会在受热面上不同程度地结水垢，严重时会造成金属过烧、皴疱变形甚至爆裂；锅炉受压元件受力情况很复杂，有内压力引起的应力，有各部位受热不均、膨胀不一引起的应力，有温度梯度引起的应力，还有制造安装时引起的残余应力，等等。其中一部分应力随着锅炉运行工况的变化在不断变化，而且不少因素在强度计算当中无法考虑进去，这样的应力状态使受压元件工作条件变坏，所以，极容易使其应力超

过元件本身的强度极限而发生破裂。

另一方面，由于锅炉本身的先天性缺陷；安全附件不全或附件失灵；运行失常；不重视定期检修；司炉人员误操作或管理制度混乱等，都容易造成锅炉事故。下面叙述一下这方面的问题。

一、锅炉本身的先天性缺陷

1. 结构不合理。锅炉受压部件如封头、锅筒、炉胆等，采用不合理的角焊连接形式；水管布置得不合理；锅筒开孔峰值应力过高；上升管、下降管、导汽管截面设计不当；顶部水冷壁管倾斜角度不够而造成水循环不良；无人孔、手孔，很难清洗水垢或进行内外部检查；拉撑等加强设置不当或强度不够；锅炉某些部位不能自由膨胀，以致产生裂纹；在蒸汽锅炉改为热水锅炉时其结构上没有做相应改变，锅炉进、出水管设置不当；热水锅炉结构上没有考虑其产生热偏差的可能性，等等。

2. 金属材料不符合质量要求。制造厂在材料入厂时没有把住材料入厂关，没有认真执行材料入厂验收标准，把非锅炉用材或没有经过严格验收的材料投入生产了，以致造成元件强度不够，元件存在夹层和内部夹渣等。

3. 制造工艺不当。如受压元件冷加工的隐藏裂纹；受压部件（如锅筒和封头）间的强力组对焊接；焊接质量不好，焊缝内有不允许存在的缺陷，或焊接工艺不对，焊接程序不合理，焊后产生延迟裂纹或组装应力等。

4. 安装不合理。如最低安全水位低于最高火界；排污

口位置较高，使泥渣无法排尽；应绝热处未绝热；锅炉两端支点均固定，无滑动端；焊接、胀接缺少必要的工艺程序；管路安装不合理，如热水锅炉采暖系统网路排气、膨胀受阻等，如图 1-1 所示。

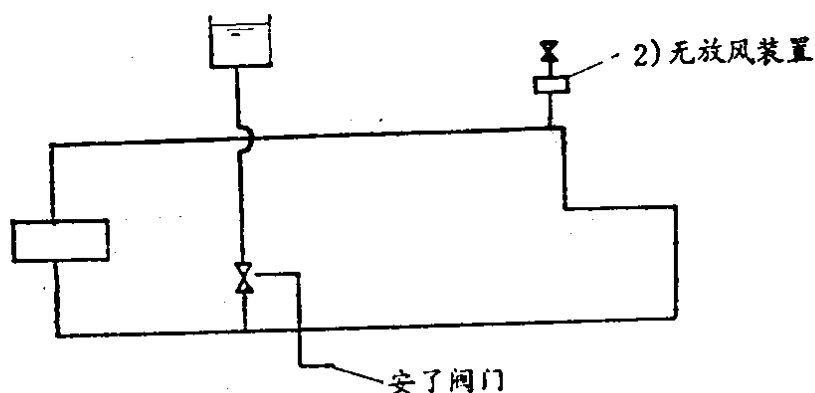


图 1-1 自然循环热水供热系统无排风，膨胀系统安装错误

二、安全附件不全或附件失灵

1. 没有安全阀或安全阀结构不合理，安装和调试不符合要求。有的锅炉对安全阀没有明确规定由专人进行排放试验，致使有的锅炉安全阀从安装上以后没有人动过而使阀芯和阀座粘住失灵。还有的固定压调整不利而使灵。

2. 没有水位表，或水位表的安装、设计和使用不当，造成假水位等现象，如图 1-2 所示。

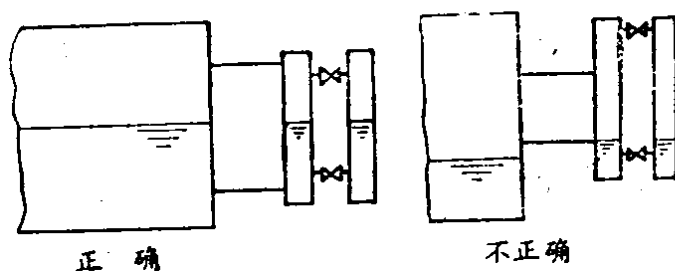


图 1-2 水位表联管的安装图

如汽、水连管由于不经常冲洗而发生堵塞或安装不合理或倾斜等都会造成假水位，以致造成缺水事故。

3. 没有压力表，或压力表不准或失灵，或锅炉常常高水位运行而使压力表管口结垢堵塞导致压力表失灵。

4. 给水设备或给水逆止阀损坏。若给水泵发生故障或给水逆止阀失去作用，则会造成缺水事故。

5. 排污设备损坏。如排污设备关闭不严，泄漏后造成缺水事故。

6. 热水锅炉膨胀水箱冻结，或膨胀管堵塞或设阀门使膨胀受阻，或系统网路排气集气罐、除污器等故障引起热水锅炉事故等，如图 1-1 所示。

三、锅炉运行失常，处理不及时

1. 锅炉水位过低会引起严重缺水事故；锅炉水位过高会引起满水事故。如火管锅炉水位过低时，能烧塌炉胆；水管锅炉水位过高，会使蒸汽带水过多，使过热器结垢而烧坏。另外，锅炉长期高水位运行，最容易使压力表管口结垢而堵塞，使压力表失灵而导致锅炉超压运行，发生灾难性大事故。

2. 水质管理不善，锅炉结垢。如炉水质量不合格，长此下去，受热面结垢太厚；无定期排污制度，则极易使受热面水侧积存泥垢和水垢，热阻太大，而使受热面金属烧坏；给水中如带有油质或给水呈酸性，并且不加除氧，则容易使金属过热和腐蚀；或因碱性过高铆缝或胀口漏水，使钢板产生苛性脆化。

3. 水循环遭到破坏。造成水循环破坏的原因除了上面所说的结垢以外，还和运行操作水平有着密切的关系，如果炉水碱度过高，锅筒内水面起泡沫、汽水共腾而易使水循环遭到破坏；或者主汽管阀门开的过急，使锅筒内汽压急剧降低，如果在15分钟内，汽压波动范围在5个压力以上，就可能使水循环遭到破坏。

如果锅炉在运行中其水循环遭到破坏，锅内水工况紊乱，有的受热面管子将发生倒流或停滞，或者发生“汽塞”，在停滞水流的管内产生泥垢和水垢堵塞，从而烧坏受热面管子或发生爆管事故。

4. 超温运行。由于烟气流偏差或燃烧工况不稳等原因，使锅炉出口汽温过高，使受热面温度过高，使金属过烧或爆管。例如，某电厂中压锅炉规定汽温为450℃，而在480℃时运行延续30分钟，结果使部分管壁金属被烧损而发生爆管事故。

5. 超压运行。如安全阀失灵，或者在重力式自然循环的热水锅炉的膨胀系统发生故障等，都将会使锅炉超压运行，严重时会发生锅炉爆炸事故。

6. 给煤、输油系统机械故障而引起被迫停炉事故；鼓、引风机故障而停止燃烧事故；炉排故障而引起停炉事故等。

四、管理水平低，司炉人员误操作

1. 使用锅炉单位无专人负责管理。锅炉及其附属设备无专人负责，有人负责又不懂技术，锅炉房不能做到文明生

产，管理混乱等。

2. 无规章，无制度。司炉工操作无规程，缺少必要的岗位责任制、设备维修保养制、交接班制、巡回检查制、节煤节能奖励制度、经济核算制、锅炉事故处理和报告办法等。

3. 司炉擅自离岗。司炉工擅自离开岗位去睡觉或做其它工作，未对运行情况及时进行监视调整，也容易发生事故。

4. 司炉工误操作造成锅炉事故。如错把缺水当满水事故，会使锅炉更缺水，使事故扩大，造成严重的后果。当已判定是严重缺水事故或者尚未判断是严重缺水还是轻微缺水，就盲目给锅炉上水，则最容易使烧红的受热面因急冷而发生爆炸。操作规程应有明确规定，如果违反操作规程就容易发生各类事故。

5. 锅炉及其附件、辅机缺乏定期检验和修理。没有设备的检修计划，无保养制度，不进行定期检修和保养，致使设备带病运行，进而发生事故。

6. 错误的检修方法也容易使锅炉在运行中发生事故。如因铆缝渗漏而使钢板发生苛性脆化时，若采用点堆焊接，则最容易使锅炉在运行中发生事故。

总之，不管是设备的原因，还是人为的因素，只要我们在思想上给予重视，加强对锅炉的安全管理，加强对司炉工人的政治思想和业务知识的教育，努力提高他们的责任感和专业技能，就可以杜绝或减少锅炉爆炸事故和重大事故的发生，使国家财产免遭损失。

第二节 锅炉运行故障的种类

锅炉设备是由很多受压部件、附件、辅机、附属设备、锅炉范围内管道等组成。从第一节的分析中，我们知道锅炉在制造、安装、使用、保养等处理不当时，都容易使锅炉发生事故。各种事故按其危害程度分为锅炉爆炸事故、重大事故和一般事故。就其运行过程中发生事故的部位来讲，锅炉事故可能发生在锅本体，即锅内事故；也可能发生在炉的本体，即炉内事故；也可能因附件发生故障而引起的锅炉事故；也可能因辅机或管路发生故障而引起的锅炉事故；还可能因送风和引风系统发生故障等引起的锅炉事故。下面分别介绍一下这些事故。

一、锅 内 事 故

1. 汽水共腾。在水位表内没发现满水的情况下，锅炉蒸汽品质急骤恶化，蒸汽带大量的炉水进入蒸汽管道，在水位表上看不到明显的汽水界限。产生汽水共腾时，过热器易积垢，从而降低传热效果，增加锅炉房回水的含盐量，致使造成恶性循环（即用回水作为锅炉给水的一部分时，又使炉水品质恶化）。对于直接用汽部门，还会影响产品质量。

2. 缺水事故。运行中的锅炉的锅筒内的水位已降到最低安全水位线以下时，称锅炉缺水事故。若水位尚高于锅炉的最高火界（如立式火管锅炉的炉胆顶，或卧式快装锅炉的最顶上一排烟管），这时司炉工通过叫水法，还可以叫出水

来，称为锅炉轻微缺水；若锅炉的实际水位已经低于锅炉的最高火界，司炉工通过叫水法，已叫不出来，称为锅炉严重缺水事故。

锅炉缺水事故，虽说是锅炉的一般事故，但是，若处理不当，往往会造成重大经济损失，严重时会造成锅炉爆炸事故。存水量大而蒸发率低的锅炉，就不太容易出现缺水事故。为了防止锅炉在运行中出现缺水事故，除了司炉人员在运行中要密切监视水位以外，还应采取必要的安全保护设施。对于较大容量的锅炉应装设高低水位警报器，有条件的单位还应该采用自动给水设施，当锅炉水位低于锅炉的最低安全水位时，警报器自动报警，向司炉人员发出信号，同时，自动给水装置投入运行，向锅炉进水；当锅炉水位高于锅炉的最高安全水位，警报器也报警发出信号，同时，给水系统自动停止向锅炉进水或开始锅炉排污，使锅炉水位恢复正常。

3. 满水事故。锅炉满水事故是一种常见的锅炉事故，它是指锅炉在运行中锅筒水位高于锅炉的最高安全水位而言。在没有过热器的锅炉中，当满水时，会降低蒸汽品质，严重时，会使蒸汽管路中出现大量炉水，造成对用汽单位的设备与产品的不同程度的影响和损伤；对装有过热器的锅炉来说，锅炉满水时，会使过热器结垢、淬火与损坏，从而降低过热器蒸汽品质，影响正常供汽。故在锅炉运行中要严格控制锅炉满水事故发生。

4. 水击事故。蒸汽或炉水在水平的管道上或坡度较小的管道内流动时，受到阻塞而发生的撞击或震动现象称为水击事故。严重者会发生爆管或管间连接部分的泄漏。

水击常发生在锅筒、受热面管道、蒸汽管道、给水管、省煤器等部位。

二、炉 内 事 故

1. 炉膛爆炸。炉膛内突然向外喷火或发生气体爆炸的现象叫做炉膛爆炸事故。炉膛内因为缺少空气或者炉膛温度不高，或者通风不良而使燃料中的挥发物与突然送进的空气混合，达到一定浓度，自燃或遇明火燃烧，此时大量的烟气来不及排除，使炉膛产生正压，向外喷出。

2. 二次燃烧。在炉膛内没有完全燃烧的可燃物积聚到锅炉尾部受热面上，而重新再燃烧的现象叫做尾部二次燃烧。当锅炉产生二次燃烧的时候，排烟温度急剧上升，烟道尾部负压急剧下降，烟囱冒黑烟，严重者从烟囱向外冒火星，烟道孔门或引风机的轴封冒火星或烟气。

3. 受热面积灰。受热面积灰燃烧引起烟道爆炸是锅炉常见的事故。出现积灰时，如能及时发现，正确处理就能很快使锅炉正常运行。如不能及时发现，或者发现后没能及时进行吹灰，而是继续进行燃烧运行，就可能引起炉膛冒烟或烟道爆炸，造成很大危害。

4. 炉膛哄鸣。炉膛哄鸣也叫炉鸣，在锅炉运行中，发生吼鸣及振颤的现象叫炉鸣或炉膛哄鸣。

5. 炉膛灭火。锅炉在正常运行时，因炉膛温度过低或燃料、鼓风系统故障而引起锅炉燃烧停止的现象，称为锅炉灭火。锅炉灭火是锅炉常见的事故。出现灭火事故时，如果不能及时发现，或者发现后没有立即切断向炉膛供给燃

料，而是让燃料继续进入高温炉膛或企图用爆燃法来使炉膛恢复燃烧，就可能引起炉膛或烟道爆炸，造成很大危害。

6. 炉膛结焦。锅炉在运行中因燃烧设备调节不当或炉膛设计不合理等原因，使炉膛的四周炉墙结焦。结焦处理不当，将会引起被迫停炉。

三、锅炉承压部件损坏

1. 锅壳爆炸。锅炉内介质因某种原因使其压力升高，锅壳应力超过其强度极限，壳体发生破裂，使锅壳内介质瞬间降压至大气压力而放出大量能量的爆破事故，也称锅炉爆炸事故。

2. 锅炉爆管。锅炉运行中受热面管子破裂。如水冷壁管、主炉管破裂；焊接管口和胀接管口的裂漏；过热器、省煤器管子的破裂。这些管子的爆破大都是由于超压、腐蚀、结垢或水循环故障引起的。

3. 锅炉内管道破坏。大部分是由于安装不合理，无膨胀伸出位置或水击引起的破裂或泄漏。

4. 锅炉受热面元件腐蚀和磨损。大部分是由于燃料成分中含硫量过高，排烟温度控制不合理，还有的因燃烧设备选择不合理，烟气流速选择不当，燃烧方式不当，都极易造成锅炉尾部受热面的腐蚀和严重磨损，尤其是二者叠加作用，易使尾部受热面泄漏。

四、锅炉系统事故和故障

锅炉系统事故和故障包括负荷急剧变化、突然停电、锅

炉及管道水冲击、燃料系统发生故障、热水锅炉采暖系统发生故障（比如当系统排气受阻、系统膨胀受阻、膨胀水箱冻结或回水管冻结等）等等，都必须采取应急措施，快速处理或急修，否则会使事故扩大，有的甚至会发生爆炸事故。

关于附件事故和辅机、管道事故在运行中也会经常遇到，如不及及时发现，及时处理，或处理不当，都将使事故扩大，甚至会引起被迫停炉或锅炉爆炸事故，必须引起高度重视。

锅炉发生事故的原因很多，但不外乎两个方面，一方面是人为造成的责任事故，主要有以下几个方面：运行人员疏忽大意，工作失职；操作不熟，判断、处理有错误，以致扩大事故；不遵守操作规程，违章作业；锅炉使用管理不严。例如，司炉人员不经过技术培训，无操作执照，分工和责任不明，管理混乱等。另一方面是属于设备缺陷造成的，主要表现在锅炉设计不合理，安装和制造有先天性缺陷。例如，锅炉结构不合理，选用钢材不合适或验收不严，钢板厚度不足，强度不够，施工不符合图纸技术要求，铆接、焊接、胀接的质量不佳，锅炉总装质量不良；锅炉在使用、检修、改造和保养过程中有缺陷。例如锅炉不做定期检验和维修或维修质量差，安全附件不全、不灵、不准，水质差，锅炉改造时忽视安全技术要求等。

使用锅炉单位只要从以上两个方面入手，培训司炉操作人员有高度的责任感和过硬的技术本领，锅炉设备管理完好无缺陷，各项制度健全无违章，就可以防止或杜绝锅炉事故。