第 3 卷◆第 3 期◆版本 1.0◆2025 年
文章类型：论文|刊号（ISSN）：2972-4112(P) / 2972-4120(O)

锅炉“四管”爆漏原因分析与预防措施

李传帅　迟新宇
华电国际邹县发电厂
DOI:10.12238/pe.v3i3.13655

[摘　要] 锅炉“四管”泄漏是造成机组非计划停运的主要因素,其中过热、磨损、腐蚀、拉裂等是造成锅炉“四管”爆漏的主要原因。本文通过对典型爆漏事故进行了剖析,分析了发生爆漏的主要原因,并提出了防止锅炉“四管”爆漏的预防措施。
[关键词] 锅炉；爆漏；原因分析；预防措施
中图分类号：TK229　**文献标识码**：A

Cause analysis and preventive measures of boiler "four tubes" explosion and leakage

Chuanshuai Li　Xinyu Chi
Huadian International Zouxian Power Plant

[Abstract] The leakage of the four main tubes (four major tubes) in boilers is a primary cause of unplanned unit shutdowns. Overheating, wear, corrosion, and cracking are the main causes of these leaks. This paper analyzes typical leakage incidents to identify the primary causes and proposes preventive measures to prevent such leaks in boilers.
[Key words] boiler; Explosion and leakage; Cause analysis; preventive measure

1 前言

由于设计、制造、安装、检修、运行及煤种等多方面因素,锅炉“四管”(水冷壁管、过热器管、再热器管、省煤器管)泄漏成为现代火电厂中常见性、多发性故障,是长期困扰火电厂安全生产的难题,严重影响企业经济效益。据统计,四管泄漏约占年度停运次数的30%,四管泄漏引起的停运时间占年度累计停运时间的近60%,四管泄漏后,停炉处理耗费巨大的人力、财力、物力,企业经济、社会效益损失巨大[1][2]。因此,降低锅炉“四管”泄漏次数是减少锅炉强迫停机时间,提高锅炉运行可靠性和经济性的关键因素。

2 锅炉“四管”爆漏的原因分析

美国电力研究院把爆管原因分为6大类共22种,参考相关文献[3][4],现把锅炉“四管”爆漏的原因类别归纳如下表所示。

表1 锅炉爆管原因分类

类别	爆管原因
蠕变和相变	短时过热、长期过热等
应力失效	应力拉裂、异种钢焊接断裂等
内壁水汽侧腐蚀	点蚀；氢腐蚀；碱性腐蚀；晶间腐蚀等
外壁烟气侧腐蚀	高温腐蚀；低温腐蚀等
磨损	飞灰磨损；吹灰器吹损；机械磨损等
疲劳	热疲劳；腐蚀疲劳；机械疲劳等
质量缺陷	材质质量缺陷；焊接缺陷；维修损伤等

2.1过热

受热面过热后,金属温度超过允许极限温度,内部组织发生变化,管子在高温高压作用下发生塑性变形,导致超温过热爆管。过热包括长期过热、短时过热,多发生在温度和压力较高的过热器和再热器部位。

某电厂#5机组过热器发生“四管泄漏”,检查发现,末级过热器左数第1排前数第3管圈泄漏。对爆口位置检查发现爆口开口较大,宏观上呈现出较大的塑性变形,管段无明显胀粗或减薄,爆口整体上呈现出较明显的短时过热特征。爆口断面为粗糙的颗粒状钝边特征,主爆口的两侧外壁还有较多的平行于爆口的纵向裂纹。对爆口管取样进行化学成分分析、力学性能测试、金相组织检验等试验,各管段化学成分、力学性能及显微组织等均符合标准要求,内外壁也未发现明显缺陷,基本排除管段本身的材质问题。综合分析爆口管为短时过热爆管,锅炉启动过程中过热器底部弯头发生水塞现象,引起管内蒸汽流动受阻,从而引起管段短时超温所致。

2.2腐蚀

锅炉“四管”腐蚀主要是内壁水汽侧腐蚀和外壁烟气侧腐蚀,内壁水汽侧腐蚀包括点蚀、氢腐蚀、碱性腐蚀、晶间腐蚀等,外壁烟气侧腐蚀包括高温腐蚀和低温腐蚀。高温腐蚀主要发生在水冷壁区域,当锅炉燃料含硫量较大时,在水冷壁附近存在还原性气氛时容易发生高温腐蚀。低温腐蚀是指烟气中的硫酸蒸汽在空气预热器、省煤器管壁上冷凝时发生的腐蚀。

Copyright © This work is licensed under a Commons Attibution-Non Commercial 4.0 International License.

图1 爆口管现场照片

某电厂巡检发现#2炉41米层南侧有异音，检查发现右墙标高41米炉后向炉前数第1根壁再弯头外弧面泄漏。泄漏的主要原因是由于壁再弯头底部水平段存在内腐蚀导致泄漏，如图2所示。壁再内壁腐蚀的原因：机组每次停运时，壁再管内部湿度较大形成冷凝水，少量冷凝水残留在壁再弯头底部水平段，对管壁造成溶解氧电化学腐蚀。另外由于机组汽水品质较差，伴随着长期的溶解氧电化学腐蚀，最终导致壁再腐蚀穿孔现象发生，造成壁再泄漏。

图2 壁再内壁弯头腐蚀坑

2.3磨损

锅炉四管中磨损主要有飞灰磨损、吹灰器吹损、检查不到位造成长期机械碰磨等。机械磨损多发生在管屏与夹持管、定位管之间，穿墙管与穿墙孔周围，管子与管夹等有接触部位，如图3所示。因运行中热膨胀不均、变形等因素导致受热面各部件间的间隙较小或接触，各部件之间膨胀、晃动的方向、幅度、频率不一致，相互贴近的部位易发生磨损。

吹灰器吹损减薄泄漏，如图4所示，主要原因是吹灰频次过多、吹灰压力过高、吹灰蒸汽带水、起吹点设置不当以及吹灰器故障等，暴露出受热面检查不到位、防范措施不到位等问题，未针对性做好防磨防爆工作。

2.4拉裂

应力拉裂是因应力原因而造成的断裂。随着机组越来越多的参与调峰，拉裂发生的次数明显增多。应力拉裂导致的泄漏多发生在炉膛四角、水冷壁和侧包覆管相连处和吹灰器管墙箱处等，如图5所示，鳍片焊缝与母材边沿有裂纹，当机组在启停或加减负荷较快时，水冷壁管内汽水波动较大，导致水冷壁管、鳍片热胀冷缩不一致，产生应力开裂延伸至母管。应力拉裂主要原因是由于结构设计不合理、现场安装不当造成膨胀不畅、局部应力集中而拉裂。

图3 机械磨损

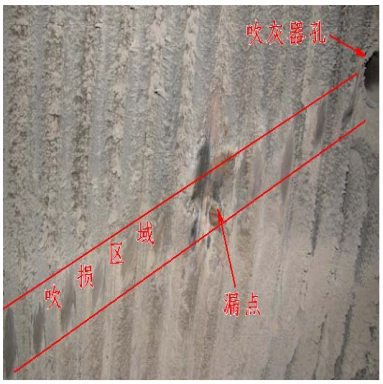

图4 吹灰器吹损

图5 水冷壁管应力拉裂

2.5其它

焊接质量问题，主要原因是由于施工工艺不当、焊接工艺不良造成焊接缺陷，如未熔合、未焊透、气孔、裂纹等。在实际检修过程中，由于焊接过程监督不到位、三级验收不到位、焊后检

Copyright © This work is licensed under a Commons Attibution-Non Commercial 4.0 International License.

查不到位,可能造成未及时发现焊接质量缺陷。

因材质质量问题导致四管泄漏每年都会发生。材质质量问题主要表现为：一是制造加工缺陷；二是材质成分不均或存在原始缺陷；三是材质用错。

3 锅炉“四管”爆漏的预防措施

为减少锅炉“四管”泄漏,要坚持预防为主,质量第一的方针,加强设备的全过程管理,在锅炉选型、设计、制造、安装、运行和检修等各方面加强质量控制,从管理和技术两方面抓好以下几项工作：

3.1加强制度管理

建立健全锅炉防磨防爆管理制度,明确锅炉运行、检修、金属、化学、热工和燃料各专业的责任及专业间的合作,加强锅炉承压部件的金属监督、化学监督管理。固定锅炉防磨防爆检查人员,明确防磨防爆专责人,严格执行相关防磨防爆管理规定。对锅炉设计上和运行中出现的问题,要组织技术攻关,积极协调联系外部相关领域的专家开展试验研究工作,解决生产中的技术难题。

3.2加强运行管理

加强运行人员的培训考核,严格按照运行规程的相关规定操作,认真执行有关安全规程和制度。锅炉启停阶段严格按启停曲线进行操作,严格控制锅炉参数和受热面管壁温度在允许范围内,保证各锅炉参数平稳运行。运行中及时了解近期煤质变化情况,并跟踪做好燃烧调整。加强吹灰和吹灰器管理,防止受热面的积灰结渣,特别要防止形成大渣掉落砸坏冷灰斗水冷壁,并防止吹灰器漏水、漏气和吹损受热面。

3.3加强检修管理

防磨防爆工作应严格执行防磨防爆工作标准,严格落实奖惩管理办法,调动人员积极性。完善防磨防爆项目计划,加强受热面换管施工焊接全过程管控,从管材确认、打坡口、异物控制、焊接、热处理、无损检测等每个环节落实人员责任,做到责任可追溯。根据检查实际情况不断调整优化防磨防爆管理策略,持续加强受热面设备管理和预防性检修,从人才队伍建设、制度化建设、精细化管理着手,结合坚持“趋势分析、超前预防、逢停必查、突出重点、全面覆盖”,全方位提升受热面安全稳定运行可靠性。

4 结束语

锅炉“四管”泄漏是现代火电厂中常见性、多发性的故障,长期威胁火电厂安全生产,影响企业经济效益。通过对锅炉爆管的主要原因分析,便于掌握锅炉“四管”爆漏的不同特征和表现,采取正确的防治措施,有效减少锅炉“四管”爆漏的次数,提高机组安全运行水平。

[参考文献]

[1]徐春.国产600MW超临界机组锅炉受热面典型缺陷与治理[J].锅炉技术,2014,45(5):77-80.

[2]1890t/h锅炉过(再)热器典型缺陷分析与治理[J].发电设备,2014,28(6):448-451.

[3]王丽英.锅炉“四管”爆漏的分析和综合防治措施[J].锅炉技术,1998,(2):22-26.

[4]安连锁,佟鹏,姜根山,等.锅炉“四管”爆漏原因分析[J].热力发电,2008,37(6):42-44.

作者简介：

李传帅(1990--),汉族,山东邹城人,硕士研究生,华电国际邹县发电厂工作,工程师,从事锅炉辅机检修工作。

Copyright © This work is licensed under a Commons Attibution-Non Commercial 4.0 International License.