

二次再热锅炉再热器爆管原因分析及处置

王泽方
(深能合和电力(河源)有限公司 广东 河源 517000)

摘要: 新建百万二次再热燃煤机组,对锅炉受热面管的制造工艺、质量控制、管屏的支吊架安装具有较高的要求,若处理不当将导致管屏受力异常,膨胀受阻,再加上受热制造工艺欠妥,极易导致管屏的薄弱处拉裂爆管,造成机组非停。文章以某电厂二期项目新建3#锅炉为例,分析工程建设期间再热器制造的缺陷、支吊架安装的问题、再热器爆管的原因,为同类机组相关工作提供参考。

关键词: 二次再热锅炉;再热器;爆管;支吊架

1 设备概况

某电厂3#锅炉二次再热出口集箱分左、中、右三段,材料是P92钢,规格为 $\phi 965\text{mm}\times 75\text{mm}$,二次高温再热器进/出口共设计90屏受热面管子,每屏受热面由14根U型管子组成,连接进/出口集箱,如图1所示。锅炉安装过程中,3#锅炉二次再热受热面工地现场安装进口管间为SA-213T91对接,出口管间为SA-213TP310HCbN对接,其余部分为制造厂组对焊接。同时,为减少出口段SA-213T92材料的使用,仅在出口集箱位置使用了80mm的SA-213T92管座。

再热器集箱管屏吊挂装置为1个吊架承载2片管屏的型式,即每2屏间隔1处悬吊结构,二次再热出口90屏受热面共计45处吊杆悬吊装置,管屏均由集箱承重并由集箱吊杆传至大板梁上。二次再热出口集箱下部焊接有45个U型板,每个U型板对应一个吊杆,吊杆上端穿过安装在集箱底部的U型板,由螺帽紧固连接,呈相对自由状态,吊杆下端穿过工装和垫板,由一个螺母紧固,提拉受热面吊板。每根受热面左右两侧出厂前均焊接有弧形卡块,卡块横担在受热面吊板上,最外圈管子弧形卡块左右两侧与受热面吊板点焊固定,如图1、图2所示。现场安装要求吊杆在最终载荷调整

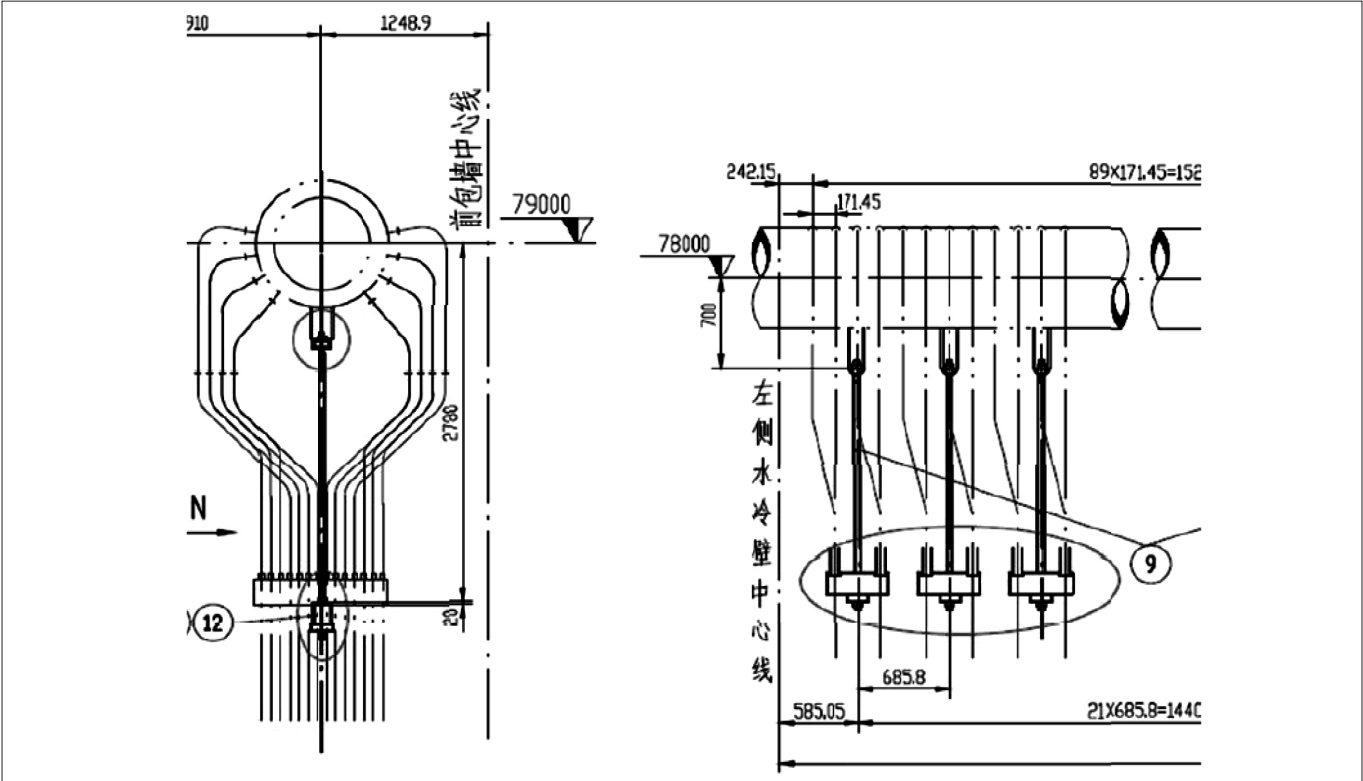


图1 二次再热出口集箱下部受热面吊杆悬吊装置

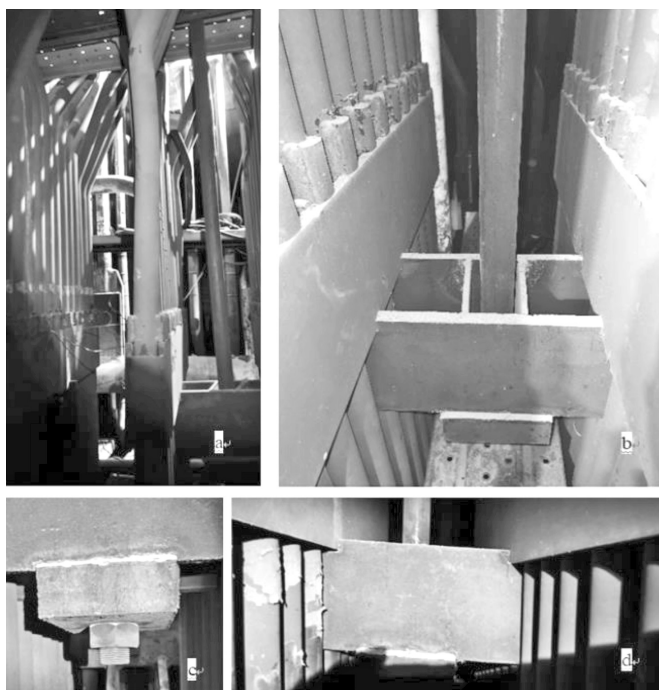


图2 二次再热出口集箱受热面吊杆悬吊装置现场图

后均需要用锁紧螺母或点焊的方式锁紧。点焊方式一般为：点焊焊缝高度 3mm，焊缝最小长度 10mm，焊缝应处于吊杆非受力部位。且每屏受热面最外侧两根管子左右卡块均与吊板间采用点焊连接，每屏共 4 处点焊部位。

2 背景介绍

3 号炉于 2021 年 11 月 9 日发现泄漏报警。根据机组运行情况，分析判断炉顶大包内泄漏概率较大，为防止泄漏进一步扩大，于 2021 年 11 月 10 日向中调申请，打闸停机。

2021 年 11 月 16 日，现场检查发现 3 号炉大包内二次高再出口受热面左数（后面都为左数）第 65 屏，炉后向炉前方向从外向内数第 4 根管（4# 管）内弧发生泄漏，裂纹沿管子周向开裂近 2/3 圈，爆管段材质为 TP310HCbN，邻近第 2、3 根表面被吹损，如图 3 所示。截至爆管时，锅炉运行时间大约 2000h。

进一步检查发现，二次高再出口第 64 屏靠炉前侧第 1 根和第 5 根管管座位置异种钢焊缝处有缺陷、二

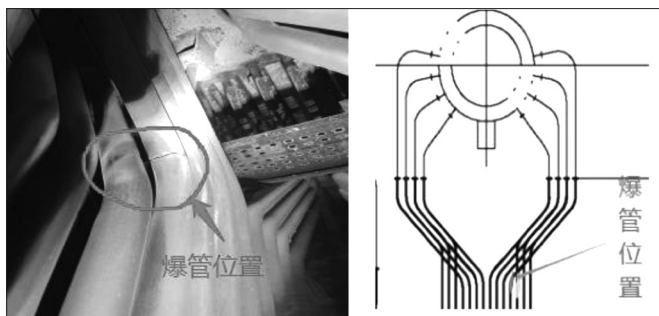


图3 二次再热受热面现场泄漏形貌

次高再出口第 69 屏最外侧管管卡处变形、二次高再出口第 61 屏最外侧管热电偶处变形。同时，二次再热出口集箱受热面管屏间吊架共计 8 处存在失载、承载不足现象，其中 6 处位于炉右侧，爆管所在左数第 65 屏相邻 3 个吊架失载。

3 爆管宏观检查及试验

3.1 宏观检查

4# 管爆管裂纹为沿管子圆周方向的环向裂纹，裂纹长度约为 115mm，该位置管子周长约为 170mm，裂纹约占 2/3 管子周长，端口相对平整，无高温过热现象，壁厚无减薄现象，断裂时材料几乎没有发生过塑性变形，符合脆性断裂特征。从 4# 管的表面宏观形貌可以看出，爆口附近存在多处机械损伤，如图 4 所示。

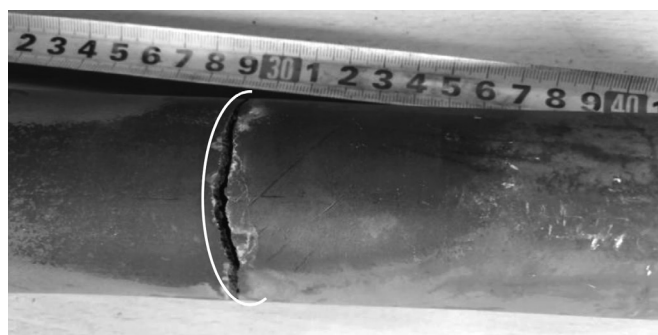


图4 爆口宏观检查图

圆度测量结果：开裂弯头部位弯曲半径为 R170mm，外径为 $\phi 51\text{mm}$ ，最大允许圆度为 10% 超标。65-4# 管弯管中心的测试数据，最大处为 54.82mm，最小处为 49.05mm，计算该管的不圆度为 11.1%，不满足 DL/T 515-2018 标准中冷弯弯管的不圆度不大于 8% 规定，从该管宏观照片和断口截面图片也可以看出，弯管呈较明显的椭圆状，不圆度超出标准规定，也反映出弯管局部变形量较大。

3.2 金相和硬度检测

4# 管弯管位置的硬度高于直段部分，弯管部分在加工过程中形成索晶组织，使弯管部分硬度比直管部分高出较多，有恶化 HR3C 的塑性与韧性的可能。在爆口附近取金相观察，在靠近主裂纹的外壁侧发现较多微裂纹（长 0.1 ~ 0.3mm），微裂纹沿晶扩展，扩展方向与主裂纹平行，从外壁向内壁方向发展，且微裂纹内存在氧化，爆管金相检查如图 5 所示。主裂纹沿晶开裂，晶粒度 4 ~ 5 级。4# 管硬度检测结果：弧面硬度为 224 ~ 295，超出 DL/T 438 要求的 175 ~ 256HB 要求。

4 爆管原因分析

从检测结果看，原材料的化学成分、金相组织、强度正常，弯管位置硬度偏高。现场 4# 管的开裂位于内

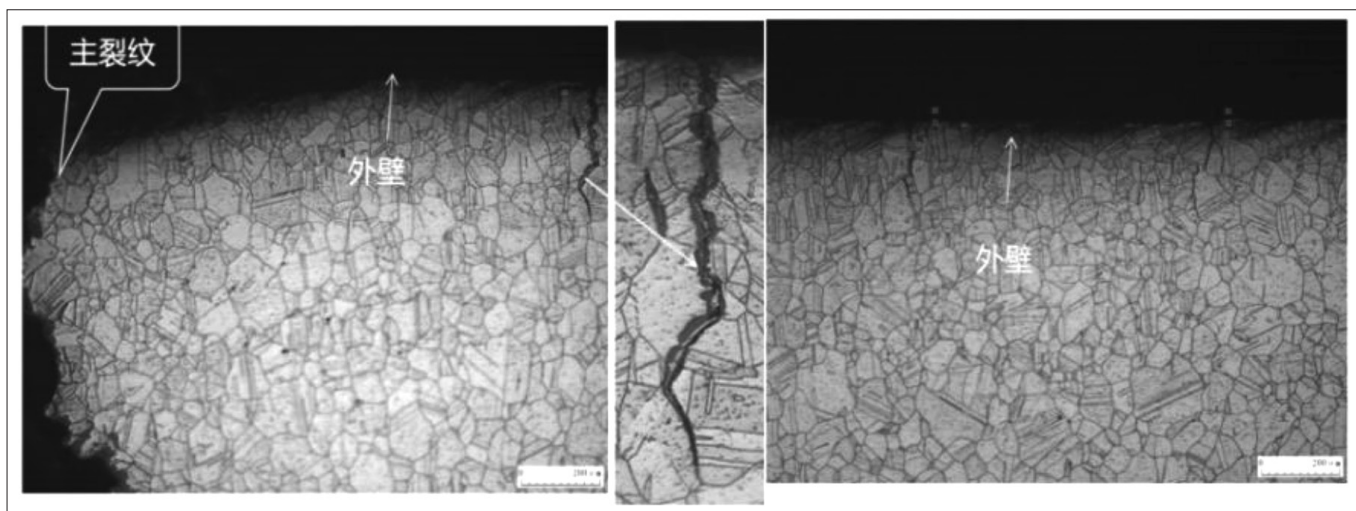


图5 爆管金相检查图

弧面,除4#管无其他开裂管子,未发现弯管制造导致开裂的相关特征。4#管的裂纹位于弯管的内弧面位置,环向开裂,从外壁起裂向内壁扩展。HR3C弯管部分在加工过程中形成朶晶组织,未进行固溶处理(相关规范要求可不做,但宜做),使弯管部分硬度比直管部分高出较多,而4#管弯管材料出现了不圆度和硬度超标情况,恶化了HR3C的塑性与韧性,同时由于表面存在机械损伤导致弯管处晶界产生微裂纹,运行工况下,由于管子的自重在起弯处会产生附加弯矩,在弯管内弧部位产生拉应力。吊架在安装过程中载荷分配存在偏差、吊点发生位移、吊杆松动、承重部位水平度不均等情况,会造成该区域管屏受力异常。热态下爆口管相对吊板向炉前方移动,而2cm的相对位移即可使开裂弯头内弧应力相对自由膨胀状态下提升约1倍。另外,椭圆度达到11%,超出标准要求的情况下,也能使得弯头内弧应力相对自由膨胀状态下提升约1倍。管子在裂纹的垂直方向(上下方向)受到了拉应力作用,在拉应力的作用下最终开裂。

同时,样管断后伸长率低于标准要求,冲击值已不高于10J,管子抵抗变形和冲击的能力较弱。经过冷弯后,抵抗变形和冲击的能力更低。如已形成微裂纹,在内弧弯矩拉应力的作用下,裂纹的形成和扩展会加速。

从现场管屏的现场膨胀和位移分析可知,3#取样管和4#管空间间距较小,较易发生碰撞。由于管材直段部位的冲击功非常低,在这种条件下,只要两弯管交叉部位受外界碰撞冲击,管子在运行过程中的时效脆化特性极易导致管子在此处出现开裂,在外应力作用下加速扩展开裂。

5 防范措施

(1)管子设计和工艺要求需保证合理,如管子间距的设计、固溶处理的工艺要求等。

(2)控制好管子在制造过程中由于人为、机械加工、制造环境等因素影响造成的一些不同程度的设备缺陷,包括:不圆度、砂眼、裂纹;设备在装车、运输、卸车过程中发生碰撞等,造成受热面管屏缺陷,如管子划伤、碰撞凹坑、磨损;受热面管子、焊材材质使用错误。如果有异常受力,极易在此类缺陷处发生爆管。

(3)支吊架的安全需严格按照技术要求进行,安装完后进行调整,并验收。

6 结语

电厂基建期间,引起锅炉受热面泄漏爆管的因素较多,必须从锅炉设备设计制造、设备运输过程、锅炉安装全过程加强管控,才能有效减小机组运行后锅炉受热面爆管的可能。

参考文献:

- [1] 李彦林, 锅炉热管失效分析及预防[M]. 北京: 中国电力出版社, 2006.
- [2] 毛小鹏, 贺卫国. 高温再热器管变形原因分析及处理[J]. 华电技术, 2009(9): 51-52.
- [3] 洪昌少, 段小云. 珠江电厂锅炉“四管”爆漏的原因分析及措施[J]. 陕西电力, 2011, 39(4): 78-81.
- [4] 肖国华, 冯琳杰, 田晓, 等. 起临界机组锅炉高温再热器变形及爆管原因分析[J]. 热力发电, 2013, 42(10): 111-115.
- [5] 秦承鹏, 王亮, 李梁, 等. 超超临界1000MW机组锅炉末级再热器爆管原因分析[J]. 热力发电, 2012, 41(10): 69-72.

作者简介:王泽方(1985-),男,汉族,湖北麻城人,本科,工程师,研究方向:燃煤锅炉。