

热电部除尘脱硫车间烟道换热器管束泄漏原因分析

周李剑

国家电投集团远达环保工程有限公司 重庆 401122

【摘要】：热电部分为8#、9#、10#脱硫塔管式烟气换热器，材质为钦钢。由于供水介质中含有少量氯离子，杂质局部结垢，局部氯浓度增加，发生氯腐蚀，最终导致换热器管束泄漏。设备研究所分析了换热器管束泄漏的原因。

【关键词】：氯腐蚀；原因分析；防腐建议

Analysis of the cause of leakage of flue heat exchanger tube bundle in the dust removal and desulfurization workshop of the thermoelectric department

Lijian Zhou

State Power Investment Group Yuanda Environmental Protection Engineering Co., Ltd. Chongqing 401122

Abstract: The thermoelectric part is 8#, 9#, 10# desulfurization tower tube flue gas heat exchanger, made of neodymium steel. Due to the small amount of chloride ions contained in the water supply medium, the impurities are locally scaled, the local chlorine concentration increases, and chlorine corrosion occurs, which eventually leads to leakage of the heat exchanger tube bundle. The Equipment Research Institute analyzed the causes of leaks in heat exchanger tubes.

Keywords: chlorine corrosion; cause analysis; anti-corrosion recommendations

烟道换热器管束泄漏在使用板式换热器的时候，最担心的就是出现泄露的情况，这样会导致整套装置处于停止状态，不仅直接威胁主机或者其他设备的安全运行，还影响生产的经济性，最严重甚至会引起设备的损害发生事故。目前应用最广泛的一种换热设备，与其它几种间壁换热器相比，单位体积设备所能提供的传热面积要大得多，传热效果也较好。列管换热器内部管系泄漏主要分为管子本身泄漏和管子端口泄漏。列管式换热器在操作时，由于冷、热流体温度不同，使壳体和管壁的温度互有差异。这种差异使壳体和管子的热膨胀不同，当两者温差较大时可能将管子扭弯，或使管子从花板上拉松，甚至毁坏整个换热器。对此，必须在结构上考虑热膨胀的影响，采用各种补偿的方法。换热器在启停过程中温升率、温降率超过规定，使高加的管子和管板受到较大的热应力，使管子和管板相联接的焊缝或胀接处发生损坏，引起端口泄漏。

1 背景介绍

热电装置在8#、9#、10#脱硫塔处配备了烟道热交换器。来自烟气蒸汽冷凝罐的水利用烟气的热量升温产生蒸汽，进入单效加热器，废水蒸发。一台换热器的负荷为整个废水处理系统所需热量的50%，当装置满负荷运行时，两台热交换器运行。换热器采用管束，换热器管的材料为钦钢。烟道热交换器产生的负压蒸汽进入加热器壳体，利用单效加热器烟道热交换器产生的蒸汽加热，后进入烟气蒸汽冷凝罐，通过加湿水泵送至烟道换热器。本泄漏点为10#脱硫塔进口烟道换热器管，烟气热交换器漏磁形式及检漏原则：

1.1 电厂烟道换热器管束泄漏形式

运行中烟道换热器管束泄漏的形式以多样性的方式出现，

主要包括烟道换热器胀口泄漏、烟道换热器管束泄漏、烟道换热器换热管腐蚀泄漏和烟道换热器机械损伤泄漏。目前电厂在烟道钛管进行脱硫，相对以前，铜管之间的连接发生泄漏的可能性较大。用钛管和不锈钢管进行链接，发生泄漏的概况较小。除尘脱硫车间的烟道、换热器管为主要泄漏原因。

1.2 电厂烟道换热器管束检漏原理

除尘脱硫车间热井中的凝结水杂质含量非常少，主要是管板的加工变形及加工时产生的变形，管子与管板相连，管板变形会使管子的端口发生泄漏。一般常用锥形塞焊接堵管。打入锥形塞时用力要适度；捶击力量太大，引起管孔变形，影响邻近管子与管板连接处，会造成损坏而使之出现新的泄漏。焊接过程中，如预热、焊缝位置及尺寸不合适，会造成邻近管子与管板连接处的损坏。采用其他堵管方法，如胀管堵管、爆炸堵管等，如工艺不当，也会引起邻近管口的泄漏。因此应遵循严格的堵管工艺。一种原因是当蒸汽的流动速度较高且汽流中含有大的水滴时，管子外壁受汽、水两相流冲刷，变薄，发生穿孔或受给水压力而鼓破。另一种原因是受到蒸汽或疏水的直接冲击，因防冲板材料和固定方式不合理，在运行中破碎或脱落，失去防冲刷保护作用，防冲板面积不够大，水滴随高速气流运动，撞击防冲板以外的管束；壳体与管束间的距离太小，使入口处的汽流速度很高。

2 电厂烟道换热器管束工艺参数

2.1 电厂烟道换热器管束脱硫进口烟气参数

脱硫进口烟气温度为 $120 \pm 5^\circ\text{C}$ ，本次的换热器入口的烟气温度按不低于 125°C 设计。

2.2 电厂烟道换热器管束宏观检查

管子材质不良,管壁厚薄不均,组装前管子有缺陷,胀口处过胀,管子外侧有拉损伤痕等,在换热器遇到异常工况时,会导致管子大量损坏。管子内部有点蚀坑,局部已发生穿孔。

2.3 电厂烟道换热器管束壁厚检测

对加热管束内部进行壁厚超声波检测,在检测中发现原始壁厚 3mm,加热管束内部在泄漏孔附近检测最小壁厚 2.53mm,加热管束内部最大检测壁厚 3.23mm,未发现明显的均匀减薄现象。检测结果详见表 1。

表 1 超声波壁厚检测结果

测厚位置	序号	测点厚度 (mm)
弯管段检测结果	1-1	2.983.002.793.05
	1-2	2.572.582.902.53
	1-3	3.003.233.353.05
直管段检测结果	1-1	2.792.892.852.71
	1-2	3.002.792.722.77
	1-3	2.702.712.822.80
原始壁厚		3.00

2.4 电厂烟道换热器管束泄漏原因

从宏观检查的结果来看,由于换热管内管材选择不当导致板片腐蚀产生裂纹或穿孔,操作条件不符合设计要求,换热管内冷冲压成型后的残余应力和装配中夹紧尺寸过小造成应力腐蚀,换热管内泄漏槽处有轻微渗漏,造成介质中有害物质浓缩腐蚀换热管内管材,形成内漏。对产生的原因有相对的处理方法。

更换有裂纹或穿孔换热管内管材,在现场用透光法查找换热管内管材裂纹,调整运行参数,使其达到设计条件;换热器维修组装时夹紧尺寸应符合要求,并不是越小越好,换热管内管材材料合理匹配。

2.5 电厂烟道换热器管束运行建议

打压试漏,对泄漏的管束采取堵管处理:将设备结构和材质做较大改动,制造质量差,不符合压力容器规范,设备强度大大降低。焊接质量差,特别是焊接接头处未焊透,又未进行焊缝探伤检查、爆破试验,导致焊接接头泄漏或产生疲劳断裂,进而大量易燃易爆流体溢出,发生爆炸。由于腐蚀(包括应力腐蚀、晶间腐蚀),耐压强度下降,使管束失效或产生严重泄漏,遇明火发生爆炸。换热器做气密性试验时,采用氧气补压或用可燃性精炼气体试漏,引起物理与化学爆炸。操作违章、操作失误,阀门关闭,引起超压爆炸。长期不进行排污,易燃易爆物质(如三氯化氮)积聚过多,加之操作温度过高导致换热器(如液氯换热器)发生猛烈爆炸。换热器设计、制造应符合国家压力容器的规范要求,图纸修改与变动必须经主管部门同意,经验收质量合格。制造换热器时,要保证焊接质量,并对焊缝进行严格检查。流体为腐蚀介质时,提高管材质量和焊接质量,增加管壁厚度或在流体中加入腐蚀抑制剂。换热器做

气密性试验时,必须采用干燥的空气、氮气和其他惰性气体,严禁使用氧气和可燃性气体试漏或补压。严禁违章操作,严格执行操作规程。对于易结垢的流体可定期进行清洗,将结垢清洗掉。严格控制氧的含量。还有一种存在风险就是泄露问题,因腐蚀如蒸汽雾滴、硫化氢、二氧化碳严重,引起列管泄漏。由于开停车频繁,温度变化过大,设备急剧膨胀或收缩,使花板胀管泄漏。换热器本身制造缺陷,焊接接头泄漏。因操作温度升高,螺栓伸长,紧固部位松动,引起法兰泄漏。因管束组装部位松动、管子振动、开停车和紧急停车造成的热冲击,以及定期检修时操作不当产生的机械冲击而引起泄漏。以上情况容易导致换热器泄露,所以定期进行清洗;选择耐蚀管材;流体中加入腐蚀抑制剂;控制管内流速;视泄漏情况决定停车更换或采取堵漏措施,小心操作,控制系统温度不要发生较大的波动,保证焊接质量,对焊缝进行认真检查,尽量减少法兰连接,升温后及时重新紧固螺栓,紧固作业要力求方便,对胀管部位不允许有泄漏的换热器宜采取焊接装配。

3 烟道换热器管束存在问题

3.1 电厂烟道换热器管束投运率低

大多数电厂烟道换热器管束是根据换热场合的需求而定,对于流量小压降大的情况,应该选择阻力小的板型,反之则选用阻力大的板型。根据流体压力和温度的情况,确定选择可拆卸式,还是钎焊式。确定板型时不宜选择电厂烟道换热器管束片,以免电厂烟道换热器管束数量过多,板间流速偏小,传热系数过低,对较大的换热器更应注意这个问题。电厂烟道换热器管束一次侧介质流量不足,导致热侧温差大,压降小。换热器内部结垢严重。冷侧温度低,末端温度低。

3.2 电厂烟道换热器管束检测范围小

首先就是在于温度,温度的急速冷热变化也能造成密封失效。当温度变化过快时,橡胶密封垫的线胀系数与弹性变形量和密封预紧力不相匹配,使密封预紧力下降,造成设备承压能力低于额定设计压力。对此可采用如下办法解决:在操作设备时升压升温应尽量平稳;可在夹紧螺柱上增加预紧弹簧,有效的补偿密封预紧力的变化,防止泄漏。

3.3 烟道换热器管束检漏密封条件差

水样循环切换取样,压力影响可拆卸板式换热器在额定工作压力之内使用时出现泄漏,除设备在制造装配方面的质量因素外,主要与系统中出现的非正常冲击载荷如水锤、气锤有关,这是一般操作者不易观察到的现象。冲击所造成的瞬间压力峰值往往比正常的工作压力高出 1~3 倍,使安装在板式换热器中的橡胶密封垫移位,导致密封失效。由于该种设备的传热组件采用不锈钢薄板制造(厚度 0.5~0.8mm),其密封刚性相对较差且密封周边很长,所以耐冲击力的能力远低于其它类型换热器。

4 烟道换热器管束改进措施

4.1 烟道换热器管束取样方案改进

除尘脱硫车间水室面积较大,遇到泄露问题,原因我们知道,该用什么措施预防这种情况发生,换热器除了制造上应有足够厚度的管板,有良好的管孔加工、堆焊、管子胀接、焊接工艺外,运行上要使换热器在启停时的温升率、温降率不超过规定,水侧要有安全阀防止超压,检修上要有正确的堵管工艺。壁厚至少应在 2.0mm 以上以提高抗冲刷能力。组装前要对每根管子探伤、水压试验等检验;管束应热处理、无直观缺陷;管板管孔应保持一定的粗糙度、公差和同心度,管孔倒角或倒圆应光滑无毛刺。

4.2 烟道换热器管束腐蚀损坏改进

在余热回收中不可或缺的装置便是换热器,烟气余热利用换热器制造开始进入技术创新和突破的新时期。制造和运用更加先进的换热器,更加高效地回收余热,减少能耗,合理高效地利用有限的资源,已成为一个重要的课题。电厂中烟气余热回收的换热器,关于腐蚀,严重的当属酸的腐蚀。电厂尾气中含有二氧化硫,当未除尽的二氧化硫在催化剂的条件下与氧气结合生成三氧化硫,最后与水蒸气结合形成硫酸蒸汽,硫酸蒸汽的存在使烟气的酸露点显著升高,当烟气温度低于酸露点时就会造成烟气结雾,对换热器造成腐蚀,又称为低温腐蚀。低温腐蚀主要对空气预热器造成危害,酸雾会使空气预热器的金

属壁变薄,损坏,使大量的冷风进入空气预热器,而且一同进入的水蒸气会粘在金属壁上,造成空气预热器的堵塞,严重时还可能造成生产事故。这个是各类锅炉和工业炉窑的通病,无论是固体燃料还是液体燃料甚至是气体燃料都会有不同程度的积灰问题,但是固体燃料的烟灰数量更多,这对于以煤炭为主要燃料的电厂是一个重大的问题。锅炉烟灰的腐蚀性会增加维修成本,降低换热器的使用寿命。烟灰可能会堵塞通气管,造成换热器损坏。大量的烟灰还会造成换热器的工作效率大打折扣。烟灰还可能造成结垢,使换热器局部过热和降低工作效率。最后由于烟囱内的空间有限,清理工作也变得十分困难。烟道换热器管束烟气酸露点腐蚀,可回收低温烟气,材质耐高温(260℃左右);管束排布方向和烟道方向平行,烟阻很小,使用时微有震动,不易积灰,且设有清灰装置,以保证换热器正常运行。烟道换热器管束不发生腐蚀、适用性强、创益期长、收益好。选取烟道换热器管束材料自身具有自清洁特性,防沾黏,易清洗,不易结垢,因此维修简单,省事省钱;采用毛细管换热,表壁厚、口径小、抗压高、耐温柔软性好。

5 结语

综上所述,根据烟道换热器管束在检查过程中存在的现有运行模式,需缩小检漏范围,对检查漏洞的判断力与解决困难的能力相对提升,使烟道换热器在检漏过程中高标准、严要求,满足各种参数机组的运行工作。

参考文献:

- [1] 孙振平,褚孝荣,周李军.核电厂除尘脱硫车间检漏系统的取样点设计要求和方案[J].电站辅机,2015,36(3):9-11.
- [2] 何洁,高虎,何鹰.核电站除尘脱硫车间检漏装置的设计及应用[J].装备制造技术,2013(9):146-148.
- [3] 何鹰,顾文献.火力发电厂除尘脱硫车间检漏技术探讨[J].电力自动化设备,1998,66(2):41-43.