

锅炉过热器过热减薄原因分析及解决方案

刘 文

新疆生产建设兵团第六师五家渠市特种设备安全检测中心 新疆 五家渠 831300

摘要: 文章对锅炉过热器过热减薄现象产生的原因, 危害和辨识方法进行了深入的研究, 提出了有针对性的解决措施。在对过热器工作环境, 材料特性和运行参数进行分析的基础上, 对过热减薄机理进行了揭示, 并指出影响过热减薄现象的主要因素有锅炉运行参数变化, 燃烧调整和材料老化腐蚀等。

关键词: 锅炉过热器; 过热减薄; 原因分析; 解决方案

引言

在工业领域, 锅炉是能源转换及供应的关键设备, 锅炉的平稳运行对保证生产的连续性及安全性具有重要意义。但在锅炉长期运行中过热器过热减薄现象逐渐突出, 已成为锅炉效能与安全的一大瓶颈。过热器过热减薄不但会造成设备性能降低, 而且会引起爆管、泄漏等一系列安全隐患, 严重时会造成锅炉非计划停运, 从而给企业造成重大经济损失。通过对过热减薄成因的深入剖析, 能够更加准确掌握其产生机制, 并在此基础上提出有针对性的解决措施。

1 锅炉过热器概述

锅炉过热器作为锅炉系统中的一个的关键部件, 它的主要作用是将锅筒中出来的带有水分的饱和蒸汽进一步加热至规定的过热蒸汽温度, 从而达到工业生产或者发电时蒸汽品质的要求。过热器的性能好坏将直接影响锅炉的运行效率, 蒸汽品质和系统整体安全。它对于提高锅炉热效率和稳定性、减少能源消耗和排放物的排放等方面具有重要的作用。

1.1 过热器构造及作用

过热器一般布置在锅炉对流烟道中, 结构一般采用蛇形管式或者屏式, 过热器管通常采用碳钢和耐高温, 高压合金钢无缝钢管弯制而成。过热器结构布置紧凑, 使烟气热量能够得到最大限度利用。过热器主要作用是对汽包中流出的饱和蒸汽做进一步加热而变成过热蒸汽。过热蒸汽焓值较高, 做功能力较好, 所以在汽轮机, 蒸汽动力设备中得到了广泛的应用。过热器设计充分考虑烟气流动特性, 热交换效率和物料耐高温性能等。蛇形管或者屏式管排列, 使烟气在每一根管中都能均匀流动, 达到高效热交换目的。另外, 过热器还配备有支撑件, 包括吊架、支撑板和固定件等, 用于固定和支撑过热器管束, 防止其在高温高压下出现变形或断裂, 保证过热器在高温恶劣环境中稳定安全运行。

1.2 过热器工作环境和特性

过热器运行环境异常恶劣, 要经受高温, 高压及腐蚀性烟气等诸多考验。在锅炉的操作中, 过热器的内部蒸汽温度能够达到几百摄氏度, 而其外部则经常受到高温烟气的冲刷。这一极端温差与压力变化, 给过热器材料性能与结构设计带来苛刻要求。过热器运行环境也受燃料质量, 燃烧调整和锅炉负荷的影响。燃料中的硫(S), 灰分及其它杂质在燃烧时可生成腐蚀性气体及灰渣而腐蚀磨损过热器。同时燃烧调整不合适会造成烟气温度过高或过低从而影响过热器热交换效率及蒸汽品质。锅炉负荷变化还会导致过热器内蒸汽流量及温度波动, 从而影响到过热器的稳定性及安全性。

1.3 过热器的选材及性能要求

过热器材料的选择非常关键, 直接决定着其在高温, 高压及腐蚀性环境中的寿命及安全。在过热器制作工艺中, 需严格控制焊接质量, 热处理工艺及表面处理等关键环节才能保证整体性能可靠。总之, 锅炉过热器它的结构, 功能, 工作环境及材料选择等均与锅炉运行效率及安全性有着直接联系。弄清过热器特性及性能要求, 对防止及解决过热器过热减薄是十分重要的。

2 过热器过热减薄的成因分析

过热器过热减薄现象是锅炉运行过程中普遍存在的一个问题, 涉及多种因素共同影响。下面将详细阐述过热器过热减薄现象的定义及分类, 机理分析和主要影响因素。

2.1 过热减薄的定义与分类

过热减薄即过热器管壁长期处于高温状态, 出现材料性能劣化和管壁厚度下降。这种减薄一般是不均一的, 它可发生于过热器某个局部位置也会波及到整个过热器系统。

过热减薄按其减薄程度与速度可以分为三种类型:

(1) 均匀减薄: 这是过热器管子内壁在高温蒸汽的长期

冲刷下发生的均匀腐蚀现象。由于蒸汽中携带的盐分在管壁上沉积,并在高温下与金属发生化学反应,导致管壁逐渐减薄。这种减薄通常是均匀的,对整个过热器管子的影响较为均匀。(2)局部减薄:这主要是由于管子内壁的某些区域受到严重的腐蚀或机械损伤。例如,管子内壁的沉积物不均匀分布、蒸汽流动中的涡流效应、管子振动等因素都可能导致局部区域的腐蚀速率加快,从而引发局部减薄。这种减薄通常是不均匀的,可能集中在某些特定的区域。(3)突发性减薄:这种减薄通常是由于管子内部或外部突然遭受严重的机械损伤或化学腐蚀导致的。例如,过热器管子内部的沉积物突然脱落、外部飞灰或异物的撞击等都可能引发突发性减薄。这种减薄速度通常很快,对过热器安全性构成严重威胁。

2.2 过热减薄机制分析

过热减薄机理涵盖了金属材料高温后的特性变化,过热器内工质流动和传热特性,外界热环境的作用等诸多方面。一是金属材料在温度较高时会产生一系列的物理及化学变化,例如氧化,蠕变及晶界滑动。这些改变使材料力学性能及化学稳定性降低,进而加快管壁减薄进程。尤其管壁温度高于材料许用温度后,其蠕变现象会更加显著,管壁受应力作用会产生塑性变形,继而造成厚度降低。二是过热器内工质流动和传热特性对于过热减薄同样具有显著作用。若工质流量不充分或者分布不均匀,将造成过热器某些部位温度过高,进而加快此部位管壁变薄^[1]。同时工质内杂质及腐蚀性物质还会腐蚀管壁并进一步加重减薄。另外,过热器受外部热环境影响不可忽略。若锅炉燃烧调节不当或者炉膛温度过高,都将造成过热器热辐射过大、热对流过强,从而引起管壁温度上升,加快减薄进程。同时烟气中灰尘及腐蚀性气体会对过热器产生磨损、腐蚀等作用,从而进一步影响过热器的使用寿命。

2.3 过热器过热和减薄的主要因素

(1)高温环境:过热器管子长期暴露在高温蒸汽环境中,金属材料的原子活动增强,容易发生氧化、腐蚀等反应。高温还会加速材料的蠕变和应力松弛过程,导致管子壁厚减薄。(2)蒸汽品质和流量:蒸汽中的水分、杂质和盐分等会对过热器管子产生腐蚀和磨损作用。特别是在蒸汽流量较大或存在涡流的情况下,机械冲刷作用会加剧,导致管子内壁磨损减薄。(3)材料性能:过热器管子的材料性能对过热和减薄过程具有重要影响。材料的耐高温性能、抗氧化性能、耐腐蚀性能以及机械性能等都会影响管子的使用寿命和安全性。(4)设计和制造质量:过热器的设计和制造质量也会

对过热和减薄过程产生影响。合理的结构设计、材料选择以及制造工艺的控制都可以减少管子过热和减薄的风险。(5)运行和维护水平:过热器的运行和维护水平对管子的过热和减薄过程也有重要影响。合理的运行参数控制、定期的检查和维护、以及及时的处理和修复都能有效减缓管子的过热和减薄速度。(6)外部因素:外部因素如飞灰、异物的撞击等也可能对过热器管子造成损伤,导致过热和减薄。此外,长期的振动和应力作用也可能对管子产生不利影响。综上所述,过热器过热和减薄的主要因素包括高温环境、蒸汽品质和流量、材料性能、设计和制造质量、运行和维护水平以及外部因素等。为了减缓过热和减薄过程,需要综合考虑这些因素,并采取有效的措施来确保过热器的安全运行和长期稳定性。

3 过热器过热减薄危害及鉴别方法

危害;一是安全隐患:过热减薄可能导致过热器管子破裂,进而引发蒸汽泄漏。这种情况不仅会影响锅炉的正常运行,还可能对工作人员和周围环境造成安全威胁。二是效率下降:随着过热器管子的减薄,其传热效率会降低,导致蒸汽温度下降,从而影响整个热力系统的效率。三是维护成本增加:过热减薄需要定期检查和维修,这不仅增加了维护成本,还可能影响锅炉的长期稳定运行。

鉴别方法;一是壁厚测量:通过定期测量过热器管子的壁厚,可以直观地了解管子的减薄情况。一般使用专业的壁厚测量仪器进行测量,如果发现壁厚低于安全限值,应及时采取措施。二是外观检查:观察过热器管子的外观,如果发现管子表面有明显的氧化、腐蚀或磨损痕迹,可能是过热减薄的迹象。三是温度监测:在过热器管子上安装温度监测装置,实时监测管子的温度。如果发现管子温度异常升高,可能是过热减薄导致的。四是性能分析:通过分析过热器的运行数据,如蒸汽温度、流量等,可以间接判断过热器管子的减薄情况。如果发现性能参数异常,可能是过热减薄引起的。

过热器过热减薄存在的危害较大,需要定期检查和鉴别。通过壁厚测量、外观检查、温度监测和性能分析等方法,可以及时发现和处理过热减薄问题,确保过热器的安全运行和长期稳定性。

3.1 过热减薄给锅炉安全运行带来的危害

过热器作为锅炉的关键部件,担负着使饱和蒸汽升温至过热蒸汽从而满足后续过程或者发电需要的任务。过热器一旦出现过热减薄现象,过热器结构完整性及性能稳定性都会受到严重的威胁,继而对锅炉整体的安全

运行产生负面影响。一、过热减薄过热器管壁机械强度减弱,更易受内部蒸汽压力及外部热应力作用而增大管壁破裂危险性。管壁一旦发生破裂,不但会造成蒸汽泄漏,还有可能诱发锅炉熄火,爆管等重大事故,对企业造成重大经济损失。二是过热减薄也影响了过热器传热效率。管壁变薄意味着传热面积减小,会使蒸汽对过热器内加热过程产生影响,蒸汽温度不一定能满足设计要求,从而影响锅炉整体系统热效率及蒸汽品质。时间长了,既造成能源浪费又影响了后续工艺流程稳定及产品质量。另外过热和减薄也会诱发过热器热偏差。由于管壁减薄量不一,各段传热性能会产生差别,造成过热器内蒸汽温度及流量不均匀分布。这种热偏差不但使过热器局部过热、减薄等问题进一步恶化,而且可能使其连接的管道、设备受到热应力的破坏而降低使用寿命。

3.2 过热减薄早期识别方法

为及时发现和应对过热减薄现象,避免发展为严重安全事故,必须采用有效识别方法。当前常见的过热减薄早期辨识方法有基于外观检查辨识,采用无损检测技术辨识和运行参数监测及故障诊断等。以外观检查为依据进行鉴定最为直观。定期目视检查过热器管壁可发现管壁有无明显变形,裂纹和腐蚀痕迹。当检测到上述异常现象时,立即采取措施对损坏的零件予以维修或替换。但此法仅能检测到表面上存在的问题,而对管壁内潜藏的减薄现象束手无策。采用无损检测技术进行鉴定,可弥补外观检查缺陷。无损检测技术例如超声检测和射线检测能检测管壁内是否变薄而不会损伤过热器结构^[2]。这些技术可以精确地测量管壁厚度、检测微小裂纹及缺陷。定期开展过热器无损检测可及时发现和应对可能出现的过热和减薄现象,避免恶化为严重安全事故。

4 针对过热器过热减薄的问题,可以采取的解决方案

4.1 优化运行参数

调整蒸汽温度和流量:根据过热器的设计参数和实际运行状况,合理调整蒸汽的温度和流量,避免过热器管子长期处于高温高压状态。

优化燃烧方式:改进燃烧方式,确保燃料充分燃烧,减少烟气中的有害成分,降低对过热器管子的腐蚀和磨损。

4.2 提高材料性能

选用耐高温材料:选择具有优异耐高温性能的材料制作过热器管子,提高管子的抗氧化、耐腐蚀能力。

增强材料强度:采用高强度材料制作过热器管子,

提高管子的抗蠕变和抗疲劳性能。

4.3 加强维护保养

定期清洗:定期对过热器进行清洗,去除管子内壁和外壁的沉积物、氧化物等,保持管子的清洁和传热效率。

检查维修:定期对过热器进行检查,及时发现和处理管子减薄、裂纹等问题,确保过热器的安全运行。

4.4 改进设计制造

优化结构设计:通过改进过热器的结构设计,减少应力集中和涡流等现象,降低管子磨损和减薄的风险。

提高制造工艺:采用先进的制造工艺和质量控制手段,确保过热器管子的制造质量和使用寿命。

4.5 实施监测与预警

安装监测装置:在过热器管子上安装温度、压力等监测装置,实时监测管子的运行状态,发现异常及时报警。

建立预警系统:根据监测数据,建立过热器过热减薄的预警系统,提前预测和发现管子减薄的趋势,为及时采取措施提供依据。

4.6 运行管理阶段等方面提出了完善措施

锅炉过热器运行管理环节中,有效的改进措施对防止与解决过热减薄也是至关重要的。第一,严格控制锅炉运行参数,是避免过热和减薄现象的关键。通过对蒸汽温度,压力,流量的实时监测与调节,可保证过热器处于安全稳定工况。同时定期开展锅炉热效率测试及性能评估可及时发现和应对可能出现的过热减薄危险。第二,强化燃烧调整和优化同样是减少过热减薄危险的重要途径。通过适当调节燃料-空气配比,优化燃烧器排布方式,改善炉内热负荷分配,可提高锅炉燃烧效率并降低烟气温度及热偏差以缓解过热器热负荷及磨损程度。

5 结语

本论文通过深入的研究和分析后得到如下结论:锅炉过热器超温减薄的原因有很多,其中包括金属材料高温后性能的改变、过热器内工质的流动和传热特性及外界热环境的变化情况。要解决这一难题,必须在设计和制造以及运行管理上采取优化过热器结构设计,改进材料选用标准和制造工艺等综合措施、严格控制锅炉运行参数,强化燃烧调整和优化,并进行定期维护检修等。

参考文献

[1]张学刚.锅炉过热器过热减薄原因分析及解决方案[J].特种设备安全技术,2023,(06):7-8+12.

[2]章平衡,龚俊,金建荣等.生物质锅炉过热器高温腐蚀性能研究及防护措施[J].材料保护,2022,55(11):188-194.