

# 发电厂锅炉高温过热器管泄漏原因及防治

孟庆朋

(国能(连江)港电有限公司, 福建 连江 350512)

**摘要** 高温过热器在发电厂锅炉之中属于主要构成部分,若高温过热器在使用过程中出现管道泄漏问题,很可能引发爆炸事故,对人员安全和电厂效益造成直接威胁。为了从根本上解决高温过热器管泄漏问题,本文以某发电厂600MW超临界直流锅炉为例,剖析导致该锅炉高温过热器管泄漏问题的主要原因,根据泄漏原因拟定处理策略,继而指明高温过热器管泄漏问题的检查方法,最后提出科学开展泄漏防治工作的相关要点,旨在为相关人员提供参考。

**关键词** 发电厂锅炉 高温过热器管 泄漏原因 腐蚀 磨损

中图分类号:TK223.3

文献标识码:A

文章编号:1007-0745(2022)10-0037-03

随着我国电力工业建设的快速发展,大量不同类型发电机组的出现,锅炉的结构和运行变得更加复杂。当锅炉在恶劣条件下运行或设计偏离实际状况时,高温过热器管容易出现泄漏问题,既会降低锅炉运行效率,还可能威胁人员身体健康,若想切实解决泄漏问题,发电厂应进一步探究泄漏原因,根据泄漏原因采取针对性处理策略,并做好泄漏问题的防治工作,为锅炉运行效率、安全以及质量予以全方位保障。

## 1 发电厂锅炉高温过热器管的泄漏原因

### 1.1 腐蚀原因

高温过热器管腐蚀可分为以下几类:(1)氧气腐蚀与锅炉水溶液有关,属正常电化学腐蚀;(2)应力腐蚀,主要是在高温下,氯离子质量在锅炉中积累,逐渐形成静拉伸应力。锅炉静置后残余应力仍作用于管路上,这样的腐蚀应力会导致过热器管破裂;(3)高温腐蚀。高温下会产生各种腐蚀性物质,对锅炉影响不大。这三种腐蚀现象与锅炉的日常维护有关,如果不进行日常维护,高温过热器可能会随着时间的推移而发生泄漏和爆炸。

### 1.2 超温原因

超温的主要原因有:(1)火焰中心的位置,火焰中心向上移动会导致容器壁过热和爆炸。导致火焰中心向上偏移的因素包括机组漏气、煤粉颗粒过多、吹扫协调不够和烟温升高,可能导致过热器和再生器过热以及局部管壁磨损。此外,煤质量落差会导致温度升高,主要原因是炉内容易形成煤焦炭,导致火焰中心温度升高。(2)工作介质中的流速较低,该因素引起的过量温度主要发生在阳极过热器中。锅炉启动或小负荷时,由于操作不当和人力流量低,容易发生热泄漏。(3)安装和设计质量是影响温度的重要因素,

如燃烧器通过时间短、单屏管溢出、燃烧器布置不当、管内有异物等。

### 1.3 磨损原因

燃煤时,特别是低级煤燃烧时,锅炉中产生的灰分会带走固体颗粒,直接撞击管道表面,称为飞灰磨损。此外,灰分中往往含有腐蚀成分,在磨损过程中伴随着不同程度的腐蚀。根据分析结果,灰分的三倍流量与管道的磨损速度成正比。随着流量的加速,产生局部堵塞,增加锅炉高温过热器管的泄漏。

### 1.4 监管原因

在电厂锅炉设计过程中,设计人员应充分考虑负荷工件的泄漏情况,对锅炉工件安装的全过程实施严格控制,确保工件安装精度,提高安装质量。由于控制不足,焊接工作不符合要求,最终焊接质量不能满足锅炉运行要求,为后续启动埋下一定的安全隐患。此外,管道的布置既不科学,也不合理。由于管道中有大量的烟雾和气体,持续的烟雾和气体流动会对管道造成相当大的腐蚀。如果不在迎风侧安装防摩擦装置并采取相应的防摩擦措施,就会增加迎风侧的侵蚀和磨损,降低其强度,从长远来看,很容易漏水。

## 2 发电厂锅炉高温过热器管的处理策略

### 2.1 腐蚀处理策略

腐蚀程度与腐蚀物质的温度和剂量密切相关,高温加剧腐蚀。腐蚀剂越大,腐蚀性越大,通常,当允许使用燃料时,选择升华含量较低的煤,以减少过热器管道的腐蚀,不可能将过热器管道温度降低到500℃以下,并且不可能为了避免腐蚀将运输的灰分完全凝固,因此,管壁温度调节是有效的方法之一。此外,应注意防止氧气腐蚀;新窑炉投产时,应进行化学清洗、除锈除垢,并在墙体内部形成均匀的保护膜;在运行

过程中,水质应达到标准,适当降低pH值或增加锅炉氯化硫酸盐含量。

## 2.2 超温处理策略

导致温度升高的因素主要包括管道的热阻、烟侧温度高和管道内工作介质流速低。预防措施包括:炉膛压力不能过大,以免漏气;及时调节管内蒸汽温度;确保炉膛高度,注意空气加速分布和外、外风旋转强度,防止火焰中心向上移动;使用优质煤炭,并监督煤灰焦炭的及时清理,此外,锅炉不能永久过载,所用管道必须满足质量要求。

## 2.3 磨损处理策略

(1) 风扇位于锅炉两侧,一般两台同时工作,耗气量要平衡。在操作过程中,必须保持这样的平衡,以保证烟肉内烟气流速正常,避免因流速高或流速低而使飞灰磨损,导致飞灰停止。(2) 对炉内负压和过量氧气实行严格控制,为了控制烟气流速,减少加热区的磨损。(3) 尽量控制过量氧气。烟雾和气体的流动速度可以通过控制空气量来控制,同时应及时检查各部件的漏气情况,如果发现泄漏,必须在第一时间停止。(4) 减少受飞灰影响的管道数量和速度,或提高管道的耐磨性,以避免飞灰磨损,例如增加过滤器以改变流向和流速;炉内附加粉尘装置;避免局部过热;耐磨盖应安装在易磨损管道表面,还需要选择适合的炉型,以提高煤粉的细度,调节燃烧,保证完全燃烧。

## 2.4 监管处理策略

锅炉高温过热器管焊接工艺有严格要求,焊工必须严格按照实际生产要求,全面控制管道内部组织,并建立完善的质量控制体系,加强对整个运行过程的严格控制。为了保证施工人员的行为和标准,提高设备的安全性,同时,切实保持现场施工质量,明确每名人员的具体职责任务,不断提高操作人员质量安全监督意识,实施动态控制,从根本上避免高温过热器管件泄漏。

## 3 发电厂锅炉高温过热器管的检查方法

### 3.1 微观检查法

通过对渗漏相关结构的检测,发现高温计管有多处细小裂纹,有的地方因高温,孔洞被撕裂,微组织也发生变化,形状变为空腔。过热器管的碳化物也有一定程度的球化作用,用显微镜观察到的过热器管内氧化程度低,也表明短期高温不利于管内壁的氧化。此外,高温过热器的焊缝和管径在形状和粗膨胀形式上都不会发生变化,因此高温过热器管材的焊缝不会因应力剪切而断裂。经过多次检查,发现过热器管焊缝在高温下的焊缝质量在允许规范范围内。对密封箱

内所有焊缝进行X光探伤,没有发现有渣、孔隙度、未焊透等缺陷。

### 3.2 宏观检查法

待锅炉停止运行后,用内窥镜检查热管入口的相关部位,过热器底座上的节流孔和U形弯底均未暴露出任何问题。经过仔细检查,发现过热器管在高温下呈垂直裂纹,呈喇叭形。经多次检查,发现过热器泄漏是粘度断裂损坏造成的,泄漏后管径增加23%,这种现象是由于过热器管在短时间内被高温加热造成的。另外,过热器管路其他部位也存在因受热导致管壁变薄的现象,但管径未发生明显膨胀,管壁厚度仍在技术标准范围内<sup>[1]</sup>。

### 3.3 试验检查法

在对发电厂锅炉高温过热器管泄漏状况进行检查试验时,应着重注意以下几方面:

1. 硬度检查,在外管和弯管内部进行显微维克斯硬度试验(试验结果见表1),直填料和弯管之间的硬度差很小,表明弯管的固溶性和工艺应力的解除。

表1 硬度试验检测结果

硬度试验部位	硬度试验数值
弯头内部	195/HV
弯头中部	195/HV
弯头外部	178/HV
直管	176/HV

2. 成分检查,选择用于分析弯曲化学成分的直接读出光谱仪(试验结果见表2)。由此可知,弯曲的化学成分符合标准要求。

表2 成分试验检测结果

元素	标准/%	结果/%
硅	≤ 1.0	0.35
磷	≤ 0.045	0.03
铬	18	18.27
铌	1.0	0.65
碳	0.07	0.05
锰	≤ 2.0	1.23
金属	11	10.67

## 4 发电厂锅炉高温过热器管的防治要点

### 4.1 拟定检修方案

超临界直流锅炉机组600兆瓦实例,在运行过程中,三级过热器高温段出口管路明显膨胀并不断增大,最终导致破裂,导致严重泄漏。经后期仔细检查,发现过热器第三级膝关节弯曲侧明显厚度,管壁薄。研究

发现,过热器三级锅炉出口的最小弯曲半径只有29毫米。长时间过载后,7-6管内流量增大,电阻增大,最终导致雷管泄漏。故障排除过程中,将弯曲半径从29毫米增加到75毫米,为了最大限度地减少管道中异物堵塞的可能性,还需要定期检查管道的延伸和加厚情况。

如果管道严重损坏,必须立即更换,小直径的接头必须用热处理。更换管道后,严格按照要求进行热处理和焊接。在选择管道时,必须保证其质量符合锅炉运行的实际需要,并避免在运行过程中因加热不均匀而发生氧化剥落,从而进一步堵塞管道,导致超热管爆炸。保证管道质量,避免过热器雷管和源漏,只有结合实际,制定科学的设计维护方案,才能避免安全隐患,排除隐患,避免过热器管件泄漏。

#### 4.2 做好运行预防

锅炉的运行和预防是消除高温过热管泄漏的关键前提,因此,更应在运行过程中做好预防工作。具体可采取以下措施:(1)在锅炉运行过程中,煤灰控制是最重要的环节,也是最难控制的环境。粉尘的过程和循环需要综合考虑。一方面检查操作模式是否正确,设备是否存在隐患,以提高除灰器的工作效率。另一方面,在运行过程中检查除尘器排水是否顺畅,一旦发现堵塞故障,立即关闭阀门。此外,必须定期检查除尘器是否正常工作,例如桶的垂直度,并定期清除锅炉的炉渣。(2)高温过热器的的工作状态是由一个参数决定的,该参数的控制方式可以预先预测和确定是否存在爆炸和泄漏的危险。这里需要引进先进的监测设备,特别是锅炉壁温度的变化以及锅炉内的水压和状态,用这些参数预测事故。锅炉启动和停止时,还应严格遵守启动和停止曲线控制参数。例如:在冷却模式下启动锅炉时,观察温度升高的速度,然后分析不同温度的存在。如果是,则密切观察热应力对焊缝稳定性的影响。(3)锅炉正常运行时,水位处于正常状态,这与合理用水降温密切相关。锅炉运行时,用给水泵调整水位,在泵出口连接冷却水管道。锅炉启动停机乃至发生相关事故时,应观察水位波动,判断是否超过温度,然后合理使用冷却水,以减轻锅炉负荷,保证锅炉在异常温度下不工作。

#### 4.3 运用辅助平台

一旦正确发现泄漏原因就应及时采取补救措施,还必须提供适当的辅助平台来协助工作,以达到事半功倍的效果。平台的核心模块包括:(1)平台运行功能由锅炉运行过程管理模块组成,包括:项目管理、文件存档、记录保存、扩展指令管理、爆炸记录保存、关键岗位降级分析。(2)锅炉加热面的腐蚀和加厚取

决于锅炉的运行状态、除尘器的运行状态、化工水的质量和煤质量的变化。数据管理模块用于收集和汇总与其他平台相关的数据,并用于实时监测、分析和警报。这些数据主要包括金属壁温度数据、操作调整数据、灰尘监测数据、化学水监测数据、煤炭监测数据等。功能层包括:金属壁热控制、运行数据分析、灰分统计分析、水化学分析等功能模块。(3)三维可视化模块基于高精度三维模型,涵盖锅炉四管、各级连接管、各级集热器进出口、分离器、给水管、蒸汽干线等装置。通过三维模型可以直观地了解锅炉结构、材料分布和焊缝位置的基本物理信息。基于三维模型的三维可视化控制模块可实现与基本热表面核算数据、维修信息、爆炸处理信息、金属壁温度监测信息、缺陷分析信息等的链接,通过热表面可以快速获取信息。

#### 4.4 注意预防事项

考虑到现代电厂锅炉运行的安全性和经济性要求,应积极将预防性维护理念引入锅炉过热器的维护管理中。掌握电厂锅炉运行情况,选择合适的钢管进行维修,在焊接管材时注意管材内壁的清洁度和管材内焊的平整度,从而降低管材内流对管材压力的影响,减少管材爆炸。同时,对现场技术指导、控制等人员进行改进,确保锅炉蒸汽过热器控制质量,防止锅炉蒸汽过热器雷管发生。考虑到粉末差异对锅炉蒸汽过热器管道的影响,应根据煤粉在日常运行中的状态调整运行参数,确保燃煤效率与锅炉运行安全一致。参数和运行模式的调节可防止电厂锅炉过热雷管的发生,应用预防性维护和有针对性运行控制的理念,可防止电厂锅炉过热器起爆。

### 5 结语

总而言之,为适应现代电厂锅炉运行的需要,在电厂锅炉运行过程中应注意了解锅炉的运行模式和设计参数。锅炉过热器的维护工作应通过了解锅炉的基本运行条件来确定,应根据过热器管路的使用寿命来确定维护更换方案,以达到预防性维护维修的目的,提高电厂锅炉全过程控制的质量,在质量标准和工艺要求方面,以细致的方法消除萌芽状态下的隐性质量缺陷,提高电厂锅炉运行的安全性和稳定性。

#### 参考文献:

[1] 张鸿武,杨东旭,岳增武,等.某电厂锅炉高温过热器管泄漏原因[J].理化检验:物理分册,2020,56(12):67-70.