

# 火电厂锅炉“四管”防磨防爆检查重点部位与应对措施

杨菲菲

华电联合(北京)电力工程有限公司 北京 100000

**摘要:**我国工业企业蓬勃发展,火电厂在发展及运行过程中需要保证锅炉的稳定,锅炉是火电厂运行中重要的使用设备,对于火电厂的安全运营起着非常重要的意义,火电厂锅炉在管理当中,主要对锅炉的冷水壁、锅炉的散热器、锅炉的过热器以及锅炉的省煤气四方面进行使用与维护,对锅炉在使用过程中受到的损耗,以及在锅炉发生泄漏时产生比较严重的故障,结合现有情况与实际经验,经过多重分析,需要严密部署,本文对火电厂安全稳定的运营提出相对的宝贵意见,以供参考。

**关键词:**火电厂;锅炉运行;锅炉四管;防磨防爆;检查重点

## 一、火电厂锅炉“四管”爆漏的原因

在火力发电厂中,锅炉频繁泄露致使电厂生产组织比较被动,针对锅炉四管的磨损、腐蚀、设备结构、生产操作等方面,经过专业技术人员通过讨论分析,锅炉省四管泄露的原因非常复杂,主要有磨损、腐蚀引起。由磨损导致的泄露中,烟气中的飞灰冲刷受热面磨损是主要的原因,影响因素包含飞灰的浓度、烟气流速、飞灰的磨损性能等方面,另外锅炉的结构也会受到不同程度的磨损。飞灰浓度大,表示烟气中含灰量多,灰粒撞击受热面的次数增多,引起磨损加剧。煤质变差、灰分增加,发热量低、燃煤量也增加,造成烟气中飞灰浓度剧增,增加了锅炉的磨损。

### 1. 磨损

在日常的运行中,烟气流速是影响受热面磨损的主要因素。研究表明,烟气流速越高,则锅炉的磨损越严重,原因可以解释为,冲蚀磨损源于灰粒具有动能颗粒动能与其速度的平方成正比,磨损还与浓度、灰粒撞击频率因子和灰粒对被磨损物体的相对速度有关。烟气流速的提高,导致冲蚀磨损的迅猛发展,煤质颗粒大导致飞灰颗粒变大,对省煤器的冲刷加重。所选择锅炉的型号和结构不同,磨损程度也不同。在相同条件下水冷壁管、过热器管、再热器管抗磨性能依次减弱;锅炉水冷壁顺利布置比错列布置磨损轻,过热器管磨损越严重进行错列布置时,大管径鼻小管径的管子磨损轻。

### 2. 长期承受高温

在目前所发生的锅炉事故中,炉内热力管道事故占了三分之二左右。一般来说,发电站锅炉内的多种热力管道,如冷水壁、过热器、再热器、省煤器等,由于其工况不同,在长期运行过程中会出现不同的缺陷。随着

目前锅炉压力及容量的增加,管道事故的发生率也随之上升,而管道事故的发生往往是由于金属被腐蚀所引发的问题。发电站锅炉水冷壁的常见缺陷有鼓包、过热器管、腐蚀、磨损、开裂等,其中最易发生的是腐蚀,而在水冷壁管腐蚀中最常出现且危害最大的就是高温硫腐蚀。高温硫腐蚀中的硫主要是由于煤粉中的黄铁矿在炉膛中融化,其中未进行充分燃烧的部分会回落至水冷壁表面,如果未燃带自身存在一定的缺陷或者开裂,颗粒就有可能直接附着在水冷壁管壁上受热分解,以及烟气中的 $H_2S$ 与 $SO_2$ 反应均会产生游离态的硫原子,而水冷壁管壁温度通常在 $400^\circ C$ 左右,在这个温度下游离态的硫原子会与铁发生硫化作用。后形成的硫化亚铁是一种多孔结构的物质,使得腐蚀可以沿管壁内部延伸,并会在高温状态下继续氧化,反应不断进行时,水冷壁管壁就会不断发生腐蚀减薄,当厚度降低到一定值后将会引起水冷壁的爆管。

### 3. 管排安装质量

降低管道机械性能的常见因素主要有管道焊接这些管道通常采用耐高温的优质低碳钢和各种铬钼合金钢等材料。而事故主要是由于管道的磨损、冲蚀、氧化皮剥落堆积等原因造成,其中造成氧化皮剥落的原因就是管道的还原性腐蚀及氯腐蚀,还原性腐蚀及氯腐蚀均会与管壁上氧化皮发生反应,使其失去对管壁的保护作用,气氛的形成主要是由于煤粉的不充分燃烧导致的局部缺氧,而氯腐蚀中的氯主要是以氯化钠的形式与水、二氧化硫等反应生成氯化氢,再与管壁氧化皮发生反应,当以上的反应发生后,管壁表面的氧化皮被破坏脱落,腐蚀性气体会直接与管壁接触,使得腐蚀更为严重。省煤器主要用于吸收低温烟气的热量,降低烟气的排烟温度,

通常采用外径为30~50mm的碳钢或铸铁管作为排气管道。而引起事故的主要缺陷为氧腐蚀、低温腐蚀和磨损,在锅炉给水通过省煤器管时,给水中存在的氧会与铁发生反应,这就形成了所谓的氧腐蚀。给水温度越高越容易发生省煤器管内氧腐蚀,但由于水中的氧的不断消耗,在高温管段的腐蚀程度反而低于低温管段,氧腐蚀最后在管壁形成的是点状腐蚀坑。

## 二、火电厂锅炉“四管”爆管的危害

如高温过热器泄漏时高出出口蒸汽压力下降,实际负荷降低主汽压力下降蒸汽流量不正常的小于给水流量;炉膛负压突变为正压,引风机动叶投自动时开度不正常增大。水冷壁泄漏时水冷壁出口集箱汽温降低实际负荷降低,主汽压力下降;蒸汽流量不正常的小于给水流量;炉膛负压突变为正压,引风机动叶投自动时开度不正常增大;排烟温度下降。高温再热器泄漏时高再出口蒸汽压力下降;实际负荷降低;主汽压力下降;炉膛负压突变为正压,引风机动叶投自动时开度不正常增大。锅炉管道泄漏时省煤器两侧烟气温差偏大,泄漏侧排烟温度下降,实际负荷降低主汽压力下降;蒸汽流量不正常的小于给水流量炉膛负压突变为正压,引风机动叶投自动时开度不正常增大。

## 三、火电厂锅炉四管防磨防爆检查重点分析

### 1. 针对水冷壁的防磨防爆检查

一般来说,水冷壁建立锅炉承压部件防爆设备台账,制定和落实防磨防爆检查计划。水冷壁过热器、再热器发生泄漏时,应及时停运,防止冲刷扩大损坏其他管段。加强蒸汽吹灰设备的维护与管理,投运前应对吹灰器的位置及角度进行测量、调整,并逐个整定其吹灰压力,避免吹灰压力过高。运行中遇到吹灰器卡涩、进汽阀关闭不严等问题,应及时将吹灰器退出,并关闭进汽阀,避免受热面吹损,及时检修处理。发生四管泄漏时,必须尽快停炉,并通过割管检查、分析材质和腐蚀产物,制定相应措施。

### 2. 针对过热器的防磨防爆检查

首先需要正确认识过热器,其特征判断法是现场确认爆管原因的重要手段。位于何种受热面的具体部位是向火侧还是背火侧,断口面是否垂直于轴向,爆口边缘有无明显变薄情况,是锐边还是钝边,爆口内壁有无积垢,外壁氧化情况,爆口附近宏观裂纹爆口附近的金相:包括相的组成、数量、形态、大小和分布,以及各类金相裂纹(性质、大小、形态、走向及其与显微组织的关系等显微孔洞的大小和分布,珠光体球化程度和石墨化

程度,脱碳、过烧、过等等。长期过热爆管通常爆口不大,破口断面粗糙而不平整,管壁减薄不多,破口边缘是钝边,并不锋利破口附近有众多的平行于破口的管子轴向裂纹。由于长期在高温下运行,爆口附近往往有较厚的黑色氧化皮。从蠕变原理上来说,破口应为塑性断裂,但蠕变爆管往往伴有应力腐蚀,这使爆口表现出脆性断裂的特征。当管子过热时,管子会以加快的蠕变速度发生管径胀粗,通常在爆口的金相图中可以看到明显的蠕变晶间裂纹,伴随有严重的球化现象。由于长期在高温下运行,在裂纹发展的同时,也发生裂纹内部的氧化,结果在裂纹内壁上生成了氧化层,尤其是粗大的蠕变裂纹处,其氧化层更为明显。

### 3. 针对再热器的防磨防爆检查

短期过热是由于管子在严重超温的情况下力学性能严重下降,管子在压力的作用下发生塑性变形以至爆破,瞬时过热爆管破口处呈喇叭状,管子严重减薄胀粗,边缘锋利,为韧性断裂,外表呈蓝黑色氧化组织。破口的内壁由于管内汽水混合物急剧冲出,因此显得十分光洁,管子胀粗严重,管子外壁一般呈蓝黑色;破口附近没有众多平行于破口的轴向裂纹,破口处的组织为羽毛状贝氏体组织,短时直接过热爆管的爆口很大,外形上呈不规则菱形,显微组织碳化物球化,破口边较锋利,破口附近有一定的胀粗并且在离破口较远处管子也有不同程度的胀粗,破口组织为铁素体加块状珠光体,珠光体已有一定程度的球化,小鼓包爆管是局部过热爆破,未爆破部位胀粗不明显,破口处有明显的小鼓包,破口也较锐利、光滑,破口组织为铁素体加块状珠光体,珠光体已有一定程度的球化,晶界上也有渗碳体球,磨损爆破口的爆口特征是爆口附近管壁有明显的减薄,爆口金相无明显变化,属于韧性破裂,爆破边缘呈薄形,飞灰磨损是造成低温受热面磨损、泄漏、爆管的最重要原因之一。

### 4. 针对省煤器的防磨防爆检查

吹灰器的投入会造成管壁磨损问题,吹灰磨损的外形与飞灰磨损较为相象,管壁的金相也相似,通常只是机械性磨损,发生塑性破坏,管壁磨损处明显减薄,一般发生磨损爆管的地方都位于吹灰器的吹灰管排处,煤粒磨损一般是由于三次风嘴烧坏变形,带粉气流冲刷到周围水冷壁而造成的对于煤粒磨损,其破口特征为,爆口沿向火面中心线一侧的壁厚最薄处开裂,然后以向火面另一侧为轴呈掀开状,爆口边缘呈刀刃状,一端撕裂,爆破管及两侧管无胀粗、鼓包,向火面中心线一侧严重

磨损减薄,爆口附近管可能有结渣现象,爆口边缘及相邻管向火侧的金相组织变化不大,爆口边缘的铁素体晶粒无明显拉长现象,说明水冷壁爆破时塑性变形不大,落焦造成磨损实例较少,发生后会在冷灰斗斜面上产生点状穿孔泄漏。

#### 四、火电厂锅炉四管防磨防爆问题的预防措施

##### 1. 提高工作人员的综合素质水平

在电厂的运行过程中进行严格的管理是十分必要的,例如,加强入炉煤快速分析预报工作,为运行人员精心操作、勤调整提供了依据;飞灰测碳在线系统,更有利于炉运人员及时调整一、二次风在工作的过程中,运行人员认真进行燃烧调整,尽量减少烟气处于强还原性气氛而造成对炉管的热腐蚀。认真进行燃烧调整,控制火焰中心不倾斜,严格控制各部件的参数,严禁超限运行,加强受热面吹灰,防止局部结焦超温。加强炉水监督,保证品质合格等。检修加强设备维护检修,认真执行检修项目,作好受热面、喷燃器、吹灰器、减温器及阀门的检修工作,严格检修施工的工艺和工作标准,纠正“小问题不用处理和差不多就行”粗放的工作作风,要求应修必修、修必修好、不留后患。运行及检修人员要定期进行锅炉四管防磨防爆培训,提高锅炉防磨防爆的技术水平。

##### 2. 停炉必检查四管的重要位置

(1) 对锅炉水冷壁下部前后下联箱弯头及左右侧墙之间结合区域进行仔细检查,检查工作主要包括宏观检查水冷壁四角因膨胀不畅,易拉裂的部位;每次锅炉启动中做好水冷壁的膨胀记录,判断膨胀是否正常。对水冷壁燃烧器周围检查结焦情况并进行清理,冷灰斗口上斜坡段要重点检查落焦对管子的砸伤修复。

(2) 每次检修后,应对吹灰器进行投运前的调试,调整好喷嘴进入炉膛的距离、吹灰器枪杆与受热面的垂直度、喷嘴的喷射角度、旋转角度等;运行中,应加强对吹灰器的检查和维修,当遇到吹灰器在炉内、烟道内卡住及吹灰器进汽门漏汽时,应及时退出并切断汽源。

加强对吹灰器疏水调阀的检修维护,保证其吹灰时能够正常开启进行疏水,调整各吹灰器的压力至规定范围。

(3) 每次停炉检查过热器及再热器由于管卡、支吊架松动,定位块脱落,梳型板在运行过程中与管子相互摩擦刮蹭,管壁是否有减薄,做好检查记录,对管壁在减薄范围内的必须更换,过热器和再热器高温段要根据运行壁温检测的曲线检查管子是否有变色老化,对弯头进行抽查是否有内部氧化皮堵塞。

(4) 每次停炉对主要出现在对流受热面的飞灰冲刷,烟气携带灰份颗粒在尾部烟道中造成的冲刷最为严重,吹损部位主要是低温过热器、省煤器、低温过热器。在防磨防爆检查中加强对以上部位的重点检查,尤其是存在烟气走廊的部位,加装防磨罩及其他防磨措施。

要根据锅炉的运行特性针对设备的磨损情况制定防磨计划,利用逢停必检的机会按照防磨防爆检查对照表对锅炉易磨损部位进行跟踪检查。对易飞灰磨损部位采取相应防磨措施,对变形、磨损严重的管子及时更换,提高其耐磨性能;有计划地对锅炉受热面进行整治,充分利用锅炉大修机会对锅炉受热面进行重点检查修复治理,对磨损、胀粗、热腐蚀、超温严重超标的管子及时予以更换,对一些重点防磨或防腐区域涂刷防磨涂料,加防磨护瓦装置或金属喷镀,增强其防磨性能。

#### 五、结束语

总而言之,防止“四管”爆漏是一项综合工程,应从运行、检修、金属监督等方面加强管理和检查、综合考虑。防磨防爆是一项环境差和劳动强度大技术性强的工作,对于防止四管泄漏,运行操作和检修防磨防爆检查小组要高度负责和不断地学习培训,要严格按照防磨防爆措施执行是提高锅炉的安全运行的关键。

#### 参考文献:

- [1]王慧兴.锅炉“四管”防磨防爆检查及预防措施[J].中国设备工程,2019(24):86-87.
- [2]周尚峰.火电厂锅炉四管防磨防爆及预防泄漏措施分析[J].中国新技术新产品,2020(01):142-143.