

2030t/h 超超临界锅炉防止爆管的经验

张天健, 任 君

(大唐南京发电厂, 江苏 南京 210059)

摘 要: 大唐南京发电厂一期搬迁扩建工程规模为 $2\times 660\text{MW}$ 超超临界燃煤发电机组, 采用哈尔滨锅炉厂 HG-2030/26.15-YM3 型锅炉, 为 Π 型布置、单炉膛、墙式切圆燃烧方式, 炉膛采用内螺旋管垂直上升膜式水冷壁、带再循环系的启动系统、一次中间再热, 是超超临界参数变压运行直流锅炉。由于其结构特点, 极易发生因内部清洁度低而造成的锅炉爆管事故, 该厂通过调研考察, 吸收经验, 在一期工程的建设过程中, 总结出一套预防锅炉爆管的工艺措施。该工程采取的针对性措施和改进, 为同类型燃煤火电机组防止锅炉爆管提供参考。

关键词: 超超临界; 锅炉; 防止爆管; 经验

0 引言

在我国能源发展“十一五”规划中明确指出, 要优化发展火电, 具有更高初参数、更高效率的超临界、超超临界机组如雨后春笋一般发展开来, 该类型机组所配套的锅炉设备因初参数超过了蒸汽的临界点, (22.129MP , 374.15°C) 所以只能采用直流锅炉。当水被加热到相应压力下的相变点(临界温度)时即全部汽化, 因此超临界压力下水变成蒸汽不再存在汽水两相区。变压运行的超超临界直流锅炉在亚临界压力范围内和超临界压力范围内工作时, 都存在工质的热膨胀现象, 考虑到超超临界工况下的汽水特性, 为了达到较高的质量流速, 必然采用小管径。

HG-2030/26.15-YM3 型锅炉, 采用日本三菱技术制造设计, 为了控制受热面的温度偏差和吸热偏差, 装设了水冷壁中间混合集箱、水冷壁入口、分隔屏入口和末过入口集箱入口管段均设置了的节流孔圈, 最小的节流孔圈内径只有 7mm 。

哈尔滨锅炉厂使用日本三菱技术制造的超超临界机组锅炉试运期间或运行不久都不同程度发生了爆管, 主要原因是节流孔圈设计规格与实际水力分布不符以及节流孔圈处堵塞异物, 导致超温爆管。目前国内 600MW 及以上超超临界直流锅炉的在试运行期间爆管问题的防止尚没有系统的措施值得借鉴。而超超临界直流锅炉爆管的原因复杂, 即包括制造、安装工艺, 试运期间的燃烧调整, 又包括异物在截流孔圈、集箱出、入口处堵塞; 水质问题; 还有热力、水力不均超温等等问题。据测算锅炉每

爆管一次经济损失几十万, 多着达上百万, 给企业将造成极大的负面影响。

在基建期间, 采取必要的手段控制内部清洁度的, 已成为减少超超临界锅炉爆管的重点工作, 在大唐南京发电厂 $2\times 660\text{MW}$ 机组的建设调试期间, 通过调研实践总结出一套相对成熟的工艺措施。

1 锅炉本体系统设备

锅炉本体主要指锅炉的汽水系统和燃烧系统。锅炉的“锅”即泛指汽水系统。由水冷系统、过热系统、再热系统、省煤器系统等组成。设备有集箱, 大口径连接管道, 蛇形管道、直管管排、U 形管排、弯管、直管等。其设备特征, 管径小、管壁厚、耐压高、强度大。这部分设备由锅炉厂提供。这些设备内部由于厂家在制造, 储运、转运、施工等环节中带入制造或安装杂物, 若不完全清理, 必将造成受热面管道堵塞过热爆管, 给人身设备安全带来隐患。

2 清理锅炉本体系统设备内部杂质的方法和工艺

应根据不同的阶段, 采取不同的方法和控制措施清理锅炉本体系统设备内部的杂质, 才能保证其系统的内部清洁度, 减少爆管的可能。

2.1 设备监造

将设备质量问题留在制造厂解决, 确保到到场设备质量可靠, 是设备监造的工作任务, 是保证内部清洁度的第一层滤网。需要注意如下几条:

1) 锅炉监造工程师应具有焊接或无损检测方面的经验和能力, 能够较好地监控焊接和无损检测过程;

2) 对锅炉厂的协作分包部件, 特别是重要部件, 要一直跟踪到分包厂家, 对分包商的加工、制造能力和业绩进行检查和评估, 对分包商的过程控制进行了解, 有质疑的要及时反映到监造报告并向锅炉厂反映;

3) 严格按监造大纲要求进行监造, 特别是对每一批次材料的材质, 每一批焊口的无损检测报告等;

4) 设备出厂前应组织在厂内进行压力容器的监督检查, 发现问题在厂内及时解决, 切不可带至现场;

5) 派专业技术人员前往制造车间督促检查。

2.2 安装前检查

安装前检查做为保证清洁度的第二层滤网, 需要注意如下几条:

(1) 加强设备外观质量检查, 注意检查表面的砂眼、裂纹等缺陷, 特别是对承受荷重部件的承力焊缝, 水冷壁、省煤器、过热器和再热器等主要部件的制造焊口进行外观检查。

(2) 加强金属监督, 确保管道材质合格。

(3) 加强受热面厂家焊口质量检查, 增加焊口抽检探伤比例。

(4) 安装前将所有联箱内部清扫干净。对联箱进行内窥镜及数码相机拍照检查, 各接管座须用铁棒或钢丝绳疏通, 无堵塞, 并彻底清除眼镜片(图1)及加工铁屑, 仔细检查联箱接管座的角焊缝的焊接质量。



图1 联箱内的“眼镜片”

(5) 在安装前要做通球试验。

通过这种方法, 能检验管道内部有无堵塞, 是否通畅等情况。同时也能将设备内部的杂物进行清理。通球结束后, 要将管口进行有效的封闭并作好标识, 办理现场签证手续, 并在管件上标示, 以示区别, 避免重复通球和方便质检人员验收检查, 包括受热面散管。

1) 试验用球应采用钢球, 且必须编号和严格管理, 不得将球遗留在管内; 通球后应做好可靠的封闭措施, 并做好记录。

2) 通球压缩空气压力不低于 0.59MPa。

3) 通球的工艺流程, 见图2。

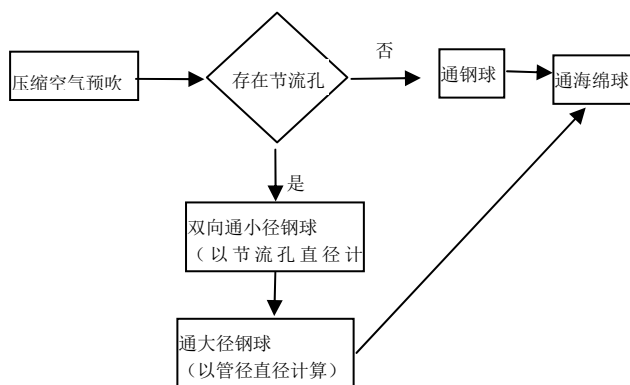


图2 通球的工艺流程

4) 球径的确认, 依据表2。

表2 球径选择表

弯曲半径	管子外径 (mm)		
	D1≥60	32<D1<60	D1≤32
R≥3.5D1	0.85D0	0.80D0	0.70D0
2.5D1<R<3.5D1	0.85D0	0.80D0	0.70D0
1.8D1<R<2.5D1	0.75D0	0.75D0	0.70D0
1.4D1<R<1.8D1	0.75D0	0.70D0	0.70D0
R<1.4D1	0.65D0	0.65D0	0.65D0

注: D0—管子内径 (进口管子 D0 应为实测内径); D1—管子外径; R—弯曲半径。

需注意有的厂家对内径的计算有自己的解释, 如:

图纸中标注“MWT”的管子壁厚为设计最小壁厚, 在任何时候不能低于此壁厚, 而实际壁厚为最小壁厚的 1-1.22 倍。因此管子的名义内径计算方法如下:

$$d = D_w - (2.44/1.1) \times S_{MWT} \text{ (mm)}$$
 (d—管子名义内径; D_w —管子名义外径; S_{MWT} —管子设计最小壁厚)

按照上述方法计算出管子“名义内径”后, 管子通球球径按规定进行选取。对于设计允许的管子壁

厚大于 1.22 倍的情况,可根据管子实际内径计算进行通球。水冷壁内螺纹管的螺纹高度为 0.85mm,计算壁厚时应把此尺寸考虑进去,即计算名义内径时还要减掉 1.7mm。

5) 通球过程中,前一工序的执行完毕方可进行下一步。

6) 对于存在节流孔的管排,需进行双向小径通球以及大径通球,大径通球虽单向无法将球通出,但是通过与节流孔接触后的气流声,可以判断其间是否存在异物。节流孔位若位于管排的末端,也可目视检查是否存在异物。

7) 通海绵球。可将管排内残留的氧化铁粉末及碎屑通出。

8) 设备封堵。无论是组合对口前或是组合对口后,都不能有敞口现象,特别是组合好的设备,管口封堵一定要牢靠,可以用宽胶带缠绕粘牢,防止系统内部二次污染。通球出来的杂物见图 3。



图 3 通球出来的杂物

2.3 锅炉安装中的注意事项

安装中检查做为保证清洁度的第三层滤网,主要是防止二次污染,需要注意如下几条:

1) 设备对口前要确认内部清洁,特别是最后一道死口,要有质检人员的现场见证,确认内部清洁后方可继续进行。

2) 管道对口特别是大、中径管,严禁用焊丝或焊条作为对口间隙调整的工具,施焊前焊口内应无任何铁件,以免铁件熔化落入系统。

3) 焊接注意事项:焊口特别是横口氩弧打底时,要从上方开始,并有旁站人员现场监督,以防铁水(或氧化铁)落入管内。同样,返修口时一方面要用机械切割,禁止火焰切割,防止铁屑进入系统,另一方面要选派技能水平高的焊工进行打底,防止熔化的铁水进入系统,确保内部清洁。

4) 加强安装焊口质量检查,确保 100%探伤检

查合格。

5) 关联系统:再热冷段和给水为汽机进入锅炉的两大管道,根据介质的流向,杂物有可能顺着省煤器和低再进入锅炉系统,其内部是否清洁直接影响到锅炉受热面内部的清洁,极有可能导致锅炉爆管,须引起重视。

6) 确保锅炉水压试验质量。

2.4 锅炉酸洗及酸洗后的打捞

酸洗及酸洗后的打捞做为保证清洁度的第四层滤网,酸洗过程实质上是一个腐蚀内表面层的过程,主要是除去锅炉蒸发受热面内氧化铁、铜垢、铁垢、油污等有机附着物等杂质,需要注意如下几条:

1) 增加启动循环系统参加酸洗,适时开启炉水循环泵,以增大酸洗循环流量和压头,从而提高酸洗效果,尽可能将受热面内细小的杂物冲洗出系统,减少系统正常运行后的污染物。

2) 机组化学清洗之前,应用凝泵、给水泵的前置泵或清洗泵对机组水系统进行大流量变流量的分段冲洗排放,有效地去除系统内的浮锈及杂质,改善死角中的清洁度,提高酸洗的效果。冲洗程序应以凝结水管道开始→低压、高压给水管→炉本体。分区段依次逐段进行,避免炉前系统内的杂质带入炉管内。

3) 对于过热器、再热器受热面,不进行酸洗,充满保护液,防止酸洗液引出奥氏体不锈钢的敏化态晶间应力的腐蚀破裂,水系统酸洗液应彻底排空并冲洗干净,一旦清洗液无彻底排尽将使腐蚀更加严重,从而使高温过热器、再热器管材使用寿命降低。

4) 酸洗后必须彻底排尽炉内的清洗废液。酸洗后若超过 20 天尚不能点火启动时,将会使系统内壁的钝化保护膜失效,致使二次锈蚀再次形成,为此应采取有效防腐措施。

5) 完善锅炉管壁温度测点校验试验,确保数据准确可靠。

6) 优化过热器及再热器减温系统调试,确保减温器喷水系统正常、灵敏可靠。

7) 在酸洗结束后,对酸洗过的所有联箱进行内部检查和杂物打捞,对节流孔全部进行射线检查,检查节流孔是否有杂物,并割管取出。酸洗后打捞时在联箱中发现的异物见图 4。



图4 酸洗后打捞时在联箱中发现的异物

2.5 锅炉冲管及冲管后的打捞

冲管及冲管后的打捞做为保证清洁度的第五层滤网，也是最后一层。需要注意如下几条：

(1) 锅炉点火前采用大流量冲洗措施，避免发生杂物堵塞爆管。

(2) 直流锅炉采用稳压串联方式的吹管，必须投入过热器减温水和再热器入口的事故喷水，将再热冷段气温控制在 400°C 之内，为此在吹管前减温水系统应正常投运。

(3) 吹管结束后对所有节流孔圈拍片检查。对水和蒸汽系统的所有联箱进行割手孔内窥检查，重点检查联箱端部等死区位置有无杂物残留。对发现的所有异物（包括粉末状异物）进行彻底清理。对节流孔全部进行射线检查，检查节流孔是否有杂物。

(4) 割管检查为保证内部清洁度的最后一道有效防线，应引起足够的重视。

1) 目的：系统经过蒸汽吹管，部分微型杂物能够随蒸汽吹出系统，体积稍大一点的仍滞留在系统内，联箱的端部以及节流孔内也容易残留杂物，清除这些杂物，保持内部清洁。

2) 机具要求：采用机械切割，严禁火焰切割，恢复焊口的打磨应在检查前完成，以防系统二次污染。检查时采用内窥镜进行，对于发现的杂物，都必须彻底检查清理干净，决不留下隐患。

3) 割管检查部位：杂物在系统内易堵塞部位如缩孔、变径、弯头、各类集箱端部。

4) 割管检查流程：方案制定→机具准备（包括切割工具、焊口恢复如砂轮机和电焊机等）→技术交底→拆除保温（如有）→割管→焊口打磨→内部检查（眼观或内窥镜）→清除杂物→恢复焊口（包括必要的热处理工艺）→焊口检验合格→恢复保温。

(5) 为保证检查的效果和不被二次污染，应做到：

1) 要安排责任心强和技术水平高的检查人和操作人完成该工作，内窥镜要由专人且经验丰富的人操作。

2) 割管检查现场要安排专人值班，禁止无关人员进入。

3) 单个部位的割管检查应由同一个人负责完成，防止换手造成出现漏洞。

4) 切割管子或手孔的切口一定要与轴向垂直，并保留接管座的长度，必要时更换堵头。

5) 特别注意管口向上的管座或手孔座，要求检查清理完后立即恢复焊口，至少氩弧打底结束。

6) 无论操作难度和强度多大,不能留下任何死角和有怀疑的地方。

7) 横口恢复时要从上方开始焊口(氩弧打底)防止铁水落入管内。

8) 焊口的恢复严格按照焊接和热处理工艺进行,并严格焊口检验制度(100%检验),以免发生焊口质量事故,得不偿失。

9) 工作结束后清点工器具数量,确认无遗留在系统内。

(6) 管排弯头处的检查:对于高温过热器和高温再热器等管排的底部弯头均小于 90° ,更容易堵塞杂物,又不可能把弯头全部割开检查,则可以通过透视拍片的方法,确认管内是否有杂物再确定是否割管清除。

(7) 节流孔处的检查:由于节流孔数量较多,且位置离集箱较远不易直接检查,又不能全部割开检查,也可以采用透视的方法确认该处是否有杂物堵塞。

(8) 炉管泄漏仪在锅炉冲管前应投用。

3 结束语

大唐南京发电厂一期工程2台锅炉在安装之中,重视对其内部清洁度的管理。过程中,多次组

织召开专题会制定针对性强、专业性强、执行力强的质量管理和控制措施。经过监造、施工过程,对水冷壁、省煤器、过热器、再热器等本体设备,进行了100%的通球试验及内部检查,对锅炉设备酸洗后以及冲管后所有联箱两次专业打捞,并对节流孔圈、受热面弯头进行全面的拍片检查,并全程有人跟踪检查每一个环节,确保了两台锅炉168试运一次通过,无爆管事故。通过严格的过程控制,有效地控制了系统的清洁度,汽水品质供给良好,保证了机组安全、经济、平稳地运行。在以后的工作中还将加强燃烧调整、防止出现过大温度偏差、加强对管壁温度的监视、控制好升温速度、避免给水流量和压力低、确保锅炉吹灰器正常投运等方面,做好锅炉“四管”防磨防爆管工作。并将弯头、节流孔圈的全面拍片检查作为例行标准工作,做到“逢停必查”。

作者简介:

张天健(1981—),男,江苏南京人,助理工程师,从事电站锅炉、脱硫脱硝设备管理工作, E-mail: zit_08@163.com;

任君(1966—),男,江苏南京人,工程师,从事电站锅炉、脱硫脱硝设备管理工作。