

浅析高温高压燃油燃气锅炉制造及安装优化措施

王小彪

(中海油惠州石化有限公司 广东 惠州 516080)

摘要: 炼油厂高温高压燃油燃气蒸汽锅炉是生产蒸汽的主要装置,是为炼油厂生产提供蒸汽的动力站,主要包括给水系统、烟风系统、燃料系统、吹灰系统和蒸汽系统等。锅炉出口过热蒸汽质量应符合国家标准 GB/T 12145-1999《火力发电机组及蒸汽动力设备水汽质量》。

关键词: 锅炉; 水冷壁; 蒸汽; 优化措施

0 引言

动力站型号为 HG-130/9.8-YQ11 型锅炉为平衡通风,单锅筒、自然循环、集中下降管和 TT 形布置的燃油燃气锅炉。锅炉前部为炉膛,四周布满膜式水冷壁,炉膛出口处布置屏式过热器。水平烟道装设了一级高温过热器,炉顶、水平烟道转向室和尾部包墙均采用膜式管包敷,尾部竖井烟道中布置一级低温过热器、两级省煤器(分高温、低温两段)和两级卧式管式空气预热器。锅炉空气预热器能满足锅炉低负荷下运行不腐蚀,采用外搪瓷管,采用错列布置。锅炉选用专业燃烧器生产厂家生产的先进的油气两用双燃料燃烧器。每台锅炉配 4 个燃烧器分两层布置在锅炉前墙,每层 2 个。烟风系统采用负压燃烧平衡通风方式,每台炉采用 $2 \times 55\%$ 容量离心式送风机。送风机采用磁偶调速,进口均装有电动调节门,出口均装有电动挡板门。为了减少噪声,在送风机吸风道设有消声器。燃烧器的冷却风由送风机出口冷风道引接一根风管至炉前,再分成 4 根支管分别接至 4 个燃烧器^[1]。

1 蒸汽锅炉流程概述

1.1 汽水流程

动力站燃油燃气锅炉所需锅炉给水由布置在动力站内的高压除氧器提供;除氧后的水经高压锅炉给水泵加压后,经给水平台进入锅炉的省煤器,水被预热后进入锅筒;锅筒内的给水通过锅筒下部的下降管进入水冷壁,吸热后上升进入锅筒进行汽水分离;分离后饱和水再进入下降管,而饱和蒸汽从锅筒上部引至过热器;采用辐射和对流相结合、多次交叉混合、两级喷水调温的过热器系统,整个过热器由顶棚管、包墙管、屏式过热器和两级对流过热器组成;两级汽温调节均采用给水喷水减温,一级作为粗调,二级作为细调,一级减温 24°C ,二级减温 20°C 。

1.2 烟风流程

锅炉采用微正压燃烧技术,燃烧所需空气由鼓风机提供;每台锅炉设有送风机两台,不设引风机,正常工况下两台送风机全部运行;考虑到锅炉正常运行在约 50% 的低负荷,送风机的正常运行负荷也较低,为提高风机效率,采用变频风机进行风量调节,以达到满足燃烧和节能的目的,在变频器故障风机改为工频运行时,可以采用调节入口风门方式来调节风量。

为降低锅炉排烟温度,提高锅炉效率,送风机送入的空气先经过锅炉的空气预热器加热,再经锅炉环形风道送往各个燃烧器参加燃烧;额定负荷时空气预热器出口风温为 110°C ,为降低送风机入口噪声,在入口设有消声器。

炉膛产生的高温烟气由炉膛出口进入尾部烟道后,自上而下依次冲刷高低温过热器、省煤器和空气预热器,最后经尾部烟道排入烟囱排到大气中;额定负荷状态下排烟温度约为 135°C 左右。在每台锅炉烟道上布置挡板,主要在锅炉开停工时使用。

1.3 燃料系统

燃油燃气锅炉正常情况下使用的燃料为动力站外供过来的燃料油和燃料气,首次开工采用天然气调压站送来的天然气;锅炉的燃烧器选用油、气两用燃烧器;燃料油经燃料油母管送至炉前,再分成两条支管分别送入两台锅炉;为控制进油量及保持燃料油母管油压稳定,在燃料油母管上设置了回油管道,在回油母管上设置了调节阀,通过调节阀的开度在油量变化时维持母管油压稳定;并使整个供油管路形成循环系统,防止管道堵塞;在接往每台锅炉的燃料油支管上设有速关阀,在事故状态时可迅速切断管路。支管上还设有调节阀,用于调节每台锅炉的燃油负荷。

燃料气由动力站外燃料气管道接入,先经过燃料气分液罐分离出燃料气中的凝析液体和杂质,同时通过向分液罐中引入低压蒸汽来加热燃料气达到燃烧器进气所

需温度；分液罐后的主燃料气管设有一组调节阀，以稳定燃料气管网压力；在接往每台锅炉的供气支管上，设有速关阀和调节阀^[2]。

1.4 吹灰系统

为能及时清除受热面的积灰，以保证锅炉的效率，在高温过热器区设置 6 台长伸缩式蒸汽吹灰器；在尾部受热面上装设 10 台固定旋转式蒸汽吹灰器，布置在低温过热器区域和省煤器区域、空气预热器区域。吹灰器要经常投用，以保证受热面的清洁。省煤器出口烟温过高或出现不稳定的气温调节表明需要进行吹灰。通过对代表性燃料不同负荷下排烟温度与炉膛工况的记录和比较，综合得到一个合适的吹灰周期表，进行定期吹灰。

1.5 蒸汽流程

饱和蒸汽自锅筒顶部由连接管引入顶棚管入口集箱，然后经顶棚管流至后包墙下集箱，形成顶棚和后包墙，再经后包墙下集箱两端的锻造直角弯头进入侧包墙管下集箱，然后再经侧包墙两侧管子上流至两侧包墙管上集箱，最后再用连接管把蒸汽引入低温过热器入口集箱。蒸汽以逆流方式通过低温过热器蛇形管，然后从低温过热器出口集箱两端引出，在管道内进行一级喷水减温后进入屏式过热器。蒸汽顺流流过屏式过热器后，从屏过集箱上端引出连接管左右交叉后分别进入高温过热器冷段（末级过热器一，各占烟道宽度的 1/4）逆流冷段管束，然后进入二级喷水减温器。减温后，经左右交叉混合，蒸汽再顺流通过位于烟道中部（占烟道宽度的 1/2）的高温过热器热段（末级过热器二）至出口集箱，最后用连接管引入集汽集箱，达到 525℃ 的过热蒸汽由集汽集箱单侧引出。

2 蒸汽锅炉制造方面需优化的措施

2.1 锅炉炉墙组成

锅炉炉墙主要由三层组成，第一层（贴近管子）为梳形耐火纤维板，使用温度高，具有良好的密封性，透气率较小，有效地起到了隔热作用；第二层为耐高温玻璃棉板，保温性能佳；第三层为铁丝网+抹面层，抹面层有效地隔断了保温针和铁丝网的散热，减少了炉墙的散热损失。

炉膛水冷壁处炉墙厚度为 200mm，一层梳形耐火纤维板，两层耐高温玻璃板，外面敷设铁丝网，最外层为抹面面层。

炉膛顶棚及包墙顶棚处，炉墙总厚度为 260mm，一层耐火可塑料，一层平板耐火纤维板，两层耐高温玻璃棉板，一层珍珠岩板，外面敷设铁丝网、抹面层。

包墙管四周，炉墙总厚度为 200mm，一层梳形耐火纤维板，两层耐高温玻璃板，外面敷设铁丝网，最外层

为抹面面层。

2.2 锅炉炉墙支撑

炉膛水冷壁、炉膛顶棚及包墙顶棚处、包墙管四周保温材料是通过焊接在鳍片或密封盒的保温针固定，每平方米约 11 个，大部分保温针直接焊接在水冷壁鳍片上。

2.3 外护板支撑

外护板支撑角钢 L40×40×4 及 $\phi 10$ 圆钢焊接在水冷壁管子上或鳍片上。

2.4 支撑件焊接在水冷壁管子上或鳍片上的安全隐患

锅炉水冷壁管子为 $\phi 42 \times 5\text{mm}$ ，材质为 20G 的管子制造，壁厚仅为 5mm，角钢（L40×40×4）及 $\phi 10$ 圆钢直接在 5mm 厚的管子上进行焊接，容易出现因焊接电流、焊接温度控制不稳定，易造成母材（水冷壁管子）受伤，给水冷壁管子上二次焊接部件部位造成质量缺陷，影响水冷壁管子使用寿命，甚至会出现锅炉运行一段周期后，水冷壁管子二次焊接部件部位发生泄漏事件，造成锅炉运行过程被迫停工检修。锅炉在安装过程或运行一定周期后，停工检修过程，因人为失误或施工过程意外发生材料坠落碰撞到和水冷壁直接焊接的角钢（L40×40×4）及 $\phi 10$ 圆钢，易造成水冷壁管子上二次焊接部件部位母材受损，影响水冷壁管子使用寿命，给锅炉投产后安全长周期运行留下安全隐患，甚至会出现锅炉运行一段周期后，水冷壁管子二次焊接部件部位发生泄漏事件，造成锅炉运行过程被迫停工检修。

焊接在鳍片上的保温针每平方米约 11 个，整个锅炉大约有上千个保温针焊接在锅炉鳍片上，大量的保温针集中在水冷壁上焊接，因焊接量大，焊接时间长，易发生焊工工作失误，造成保温针焊接过程伤及水冷壁管子，给锅炉留下质量缺陷，影响锅炉水冷壁管子使用寿命。

2.5 锅炉炉墙支撑件制造改进措施

（1）锅炉部件出厂前，需要焊接保温支撑件部位，在工厂焊接好垫板，现场保温支撑件焊接在垫板上，可避免现场锅炉安装过程焊接保温支撑件直接同水冷壁管子焊接伤及水冷壁管子；

（2）需要在水冷壁管子上焊接角钢（L40×40×4）及 $\phi 10$ 圆钢的部位，锅炉部件出厂前，在工厂制造部件时安装抱箍卡，抱箍卡再同角钢（L40×40×4）及 $\phi 10$ 圆钢焊接，避免直接在水冷壁管子上焊接伤及母材，保证锅炉投产后安全长周期运行；

（3）锅炉部件出厂前，在需要焊接保温针的鳍片处焊接螺母，螺母尺寸同保温针直径相匹配，保温针一端加工丝扣，保温针同鳍片连接由焊接改为螺母和螺柱方式连接，避免大量的保温针在鳍片上焊接伤及水冷壁管子^[3]。

3 锅炉钢架、高温省煤器现场安装工序

钢架是锅炉的承重结构,为了保证安装质量,减少高空作业,此次钢架安装拟采用8片地面组对,分8次吊装就位的安装方法。锅筒及主要受热面悬挂在炉顶的顶板上,其余部件载荷分布于相应的横梁、斜杆及立柱上,为减少高空作业,钢架立柱分8片在地面组合,然后用履带吊车吊装,两根立柱组装成一片,组合时后部梁架留出空预器、省煤器安装的进口位置。顶部钢架及中间梁散装。

高温省煤器采用快速卷扬机吊装,逐片由里到外进行安装,安装时注意相互之间的排列顺序,不得错装。省煤器吊进炉膛靠在一侧,从另一侧组对焊接,焊接时应找正每片省煤器,省煤器两端同时组焊。省煤器安装前应尽量在地面安装好防磨罩,省煤器组焊后安装省煤器之间的固定板。省煤器防磨盖板装焊时,必须对准管子中心线不得偏向一边,以防局部管子磨损。管排与前后墙之间的距离按图施工,不得过大形成烟气走廊,造成管片磨损。省煤器集箱安装时找平找正固定好,待焊接完毕后检查集箱的膨胀方向是否符合设计要求。省煤器全部安装完毕后,进行两端密封板的焊接,密封板焊接时应将每道板调整到一个平面上,焊接按图纸要求进行,焊接时注意膨胀变形^[4]。

4 锅炉现场安装过程改进措施

4.1 锅炉钢结构安装改进措施

锅炉构架是钢制构架,高度较高,空间狭小,在施工中为减少高空作业,采取钢架地面组装工艺,搭设稳固的型钢组合架,把分段的柱子放在组装架上,每段用水平管找平在同水平面上,用水准仪及拉钢丝相结合的方法从头到底部测量出弯曲情况,将立柱对接的几段调整到同一水平面上,立柱对接处用电焊点焊固定后,再测量一次立柱总长,托架标高的尺寸确认无误后可进行正式焊接。

为尽量减少因焊接后的变形,应采取对称焊的方法,焊工应对称布置,每对焊工焊接速度基本相同,从锅炉一侧向另一侧依次焊接,不得采用过大电流。

钢结构安装前预制过程将平台支撑和横梁下方三角撑按图纸要求焊接完毕,横梁连接完毕钢架形成一个稳固的井字框架后,平台及栏杆同步安装,降低了高空作业风险。

4.2 高温省煤器安装改进措施

高温省煤器的蛇形管每片与相邻的管排设计中心距离为40mm,管子口径为32mm,每片蛇形管中间吊挂板和10mm厚的圆钢段,蛇形管安装间距较小,安装难度较大,且高温省煤器与低温过热器由于设计较紧密,包墙的内部角焊缝焊接困难,安装过程及时与设计人员沟通,调整安装顺序,分片进行安装,包墙内部角焊缝采用提升管束和下沉管束的方法进行焊接,保证了质量,提高了劳动效率,降低了成本。

5 结语

本文通过对锅炉部件工厂制造和现场安装过程实际情况,以及锅炉制造和现场安装过程中存在影响锅炉安全长周期运行的情况分析,提出了有效的预防措施和改进施工的方法,能有效地提高锅炉制造和安装过程中的质量控制,为锅炉安全长周期运行提供保障。文中的内容均为现场施工中存在的问题,通过采取有效的办法进行了预防和改进,取得了良好的效果,可在类似的锅炉制造和安装施工中借鉴。

参考文献:

- [1] 中国特种设备检测研究院. 锅炉监督检验规则:TSG G7 001-2015[S]. 北京:中国标准出版社,2015.
- [2] 电力行业火电建设标准化技术委员会. 电力建设施工技术规范 第2部分:锅炉机组:DL 5190.2-2012[S]. 北京:中国标准出版社,2012.
- [3] 中国电力科学研究院. 火力发电厂焊接技术规程:DL/T 869-2012[S]. 北京:中国标准出版社,2012.
- [4] 中国机械工业联合会. 锅炉安装工程施工及验收规范:GB 50273-2009[S]. 北京:中国计划出版社,2009.

作者简介:王小彪(1980.11-),男,汉族,甘肃人,本科,工程师,研究方向:石油化工装置施工管理。