

大型硫酸装置转化器现场组焊施工

周生虎 孔庆富

中石化南京工程有限公司 江苏 南京 210000

摘要: 本文以2016年沙特矿产公司Saudi Arabian mining company (Ma'aden) 硫酸装置中的转化器施工为例,介绍了转化器现场组焊施工全过程,优化后的施工流程,有效解决了高空作业多、脚手架施工深度交叉等诸多问题,提高了施工效率,降低了施工成本,缩短了施工工期,取得了明显的经济效益和社会效益。

关键词: 硫酸装置; 转化器; 75°锥体支撑板; 格栅板; 中心换热器

1 概况

1.1 施工工序流程

执行装置中转化器主体由内、中、外三个筒节组成,其中内筒规格:φ7600×27000×12/10,中筒规格:φ13700×25000×16/14,外筒规格:φ19100×23000×18/16/12,材质为304H,现场进行组焊。转化器从上到下用隔板隔离成4个独立的空间进行4次反应,其中用于支撑隔板和安放催化剂格栅板的支撑板设计成75°锥体,没有任何加固板,且98吨重的中心换热器支撑点就是内筒的两层锥体支撑,这是一个很有特色的设计。

转化器施工工序流程

1.2 主要工作原理:

在催化剂作用下,SO₂转化成SO₃。烟气从焚硫炉出来经过废热炉管层,然后进入转化器的第一阶段。中间过程中经过的换热器、烟道、阀门进行控制转化器内的反应温度控制。从下往上依次:

1阶段-冷却-超热1B

3阶段-冷却-1级/2级冷却器,省煤器3B

4阶段-冷却-省煤器4A/4C,超热4A

2阶段-冷却-中心换热器

2 施工要点

2.1 基础验收

基础复测验收从几何尺寸、相对位置、标高、水平等要点进行,内圈、中圈和外圈三圈基础的相对距离,直径方向允许偏差是5mm,设备支座基础安装前需要打磨平整,要求所有基础在同一水平面上,其水平度规范要求。

2.2 转化器支座和底环板安装

2.2.1 支座安装。支座有固定型和滑动型两种,严格按图纸布置要求进行安装,固定型和滑动型支架的位置不得更换,保证设备的全部重量均匀分布在各个支座上,而且要保证在转化器有足够的滑动空间。现场安装

时应保证各支腿在同一水平面上,并且两支腿的标高误差小于2mm。转化器滑动支座的设计采用了预膨胀方法,在安装时要按照图纸要求预留方向和预留量进行安装。内筒、中筒、外筒各自的膨胀量,在支座和底环板安装时从内筒到外筒的膨胀量依次是40mm,70mm,100mm。支座的安装位置直接影响到底环板的定位。

2.2.2 底环板安装。底环板应保持平整,对局部不平整的位置要进行校平,保证支座底板与土建基础的贴合率大于95%,有缝隙的位置需要加装薄垫板;在底座环上标记出壁板安装线、中心十字线及开孔方位线。

2.3 壁板组装

2.3.1 转化器壁板由内、中、外三圈组成,根据吊装要求和工艺顺序,筒体组对采用正装法,先内圈后外圈。壁板安装时控制其垂直偏差在板高的1/1000范围内,最大位置不大于2mm。壁板上环焊缝接头错边量控制3mm以内。纵向焊缝接头错边量控制在2mm内。壁板安装的排版图要认真核对后续需要开孔的位置,尽量避免开孔位置在焊道位置。

2.3.2 定位点焊的焊缝长度不小于50mm,相邻两处定位焊的间距为500mm,定位焊的引弧和熄弧点都要在坡口内,不得存在裂纹等缺陷,焊道的两端打磨成缓坡状,以保证进行正式焊接时没有缺陷。

2.3.3 每层壁板组焊完毕后,由质检员进行焊缝外观检查,外观检查合格后按照图纸技术要求和规范要求进行检测。

2.3.4 为了减少高空作业的风险和脚手架搭设频次,降低脚手架的费用,选择把内筒在地面分段预制成筒节的施工方法,每3层板预制成一个筒节,筒节高度5400mm,每一个筒节预制完成之后,在地面完成各项无损检测工作,在吊装这几带围装在一起的板的时候,须做好“米”字加固,防止吊装的外力使筒体变形。

2.4 锥体支撑板、隔板、格栅板安装

2.4.1 在75°锥体支撑板组装时,为将防焊接变形降低到最小,25mm厚的支撑锥体采用双面坡口,同时制作了角度控制的简易工装,每个工装由两块75度、厚度12mm的不锈钢板组成,两块不锈钢板使用弧形板连接,起到了角度的精确控制的效果,做到了事半功倍。75°锥体支撑板是隔板、格栅板的承重部件,锥体支撑板的角度控制对隔板、格栅板安装的弧度控制非常关键,保证锥体的板组对角度、做好锥体板的焊接防变形工作,在防变形措施上选用2°的预留量,组对角度是77°。

2.4.2 在组对点焊格栅板之前,有一项隐蔽工程要做好检测记录,把格栅板覆盖掉的锥体支撑板的对接焊道相关检查检测工作做完。

2.4.3 在组对点焊格栅板时,为了保证拱高,须提前测量好每一块格栅板的拱高量,并打好加固。在格栅板与25mm锥体板焊接的时候,必须做好防变形措施,每隔400mm需要点焊一个防变形筋板,待焊接完成后才能拆除。

2.4.4 每一层分隔板或者格栅板都要在0°与180°处预留两块格栅板或者分隔板,作为临时通道,减少外部临时通道的使用以及外部临时通道的频繁搭设、拆除。重点是保证上下两层预留的位置要相互错开,避免造成在同一侧形成较大的垂直落差,存在坠落风险和坠落隐患。同时预留孔位置使用脚手架材料搭设围栏,做好防坠落措施。

2.5 中心换热器锥段支撑组装

中心换热器的锥段支撑由两个锥段组成,大锥段高度3400mm,尺寸OD 3420mm * OD 7417mm,小锥段高度650mm,尺寸OD 6810mm * OD 7417mm,两个锥段的上标高在同一高度上,分别和中心换热器底管板的内圈和外圈进行组焊。大、小锥段在地面组装,可以节约吊车台班,大、小锥段的组对要保证上下口直径、椭圆度偏差±3mm,且形成圆滑过渡,锥段上口的水平度、直径、椭圆度将是保证中心换热器准备的安装的关键点。

2.6 中心换热器的吊装与组装

2.6.1 中心换热器总重量97吨,上下管板直径6850mm,共有3294根管束,每三根成等边三角形,中心换热器是不锈钢转化器里的核心部件,中心换热器的支撑部分就是两个锥段支撑。

2.6.2 吊装中心换热器的条件:

(1) 内筒壳体壁板的安装应该超过中心换热器的高度,对应的壁板焊接完成;

(2) 锥段支撑大、小锥体焊接完成;

(3) 按图纸要求必须矫正好大小锥段的上口的直

径、水平和椭圆度;

(4) 中心换热器下部封头焊接完成;

(5) 相对应的高度格栅板必须焊接完成;

(6) 换热器折流板上使用防火布包裹,防止焊接折流板封板至筒体的焊缝时损伤换热管。

(7) 所安装中心换热器高度以下内筒所有管口按图安装并完成内部焊接工作

(8) 在内筒与中筒之间搭设4个平台,方便吊装时摘除吊钩和起重工的指挥。

(9) 在中心换热器折流板位置上下所有管束用防火布维护起来,防止安装折流板时损伤中心换热器的管束;

(10) 在折流板的位置(中心换热器的中间位置)设置定位挡块,方便折流板的安装。

(11) 中心换热器支撑锥体按图纸焊接完成,两上口水平度一致,椭圆度控制在5mm。

(12) 在中心换热器的底板和支撑锥体上分别标记0°线和309°线,309°位置是保证气流在进入中心换热器的管束时均匀散开。

2.6.3 中心换热器的位置调校

(1) 使用千斤顶和手拉葫芦来微调间隙并定位。

(2) 下部定位完成后进行电焊固定,上部使用临时板进行调节并电焊固定。

(3) 在完成电焊定位、下部锥体同中心换热器的焊接工作后方可摘除吊钩。

(4) 在上管板边缘上搭设临时护栏确保工作安全。

(5) 摘钩前的载荷试验,在吊车显示吊钩重量达到总重的80%时,通知质检员检查焊道外观情况。

2.7 折流板的安装

2.7.1 在管口10的位置上吊装第一块折流板并电焊固定到内筒壁的定位块上。

2.7.2 在管口10处安放临时直爬梯,作为人员进出通道。

2.7.3 按照第一步的方法放置其余的折流板。

2.7.4 进入安装和焊接折流板时需要在换热器的上管板上安置安全带系挂点。

2.8 设备开孔和接管安装

2.8.1 转化器的开孔数量多而且尺寸规格多样,包括人孔、烟道接管孔、仪表件孔等。

2.8.2 设备主体安装完毕后,交验完之后进行开孔,按照图纸的标高和方位要求标记出孔的具体位置,经过三方联合检查合格后进行开孔。

2.8.3 将接管部件和壳体进行组对,点焊完成并通

过报验后进行焊接。为防止变形，大型接管位置加防变弧板。

2.8.4 对所有焊缝进行着色检查，同时对正式的加强弧板进行气密测试。

2.9 顶盖段组装

2.9.1 大型顶盖按排板图在组对平台上做好组装；

2.9.2 拼接顶板点焊加固，先焊横缝后焊纵缝；采用多焊工对称焊，并采用分段焊，以控制焊接变形。

2.9.3 在正面焊缝完成后焊接背面焊缝时，完成焊道清根，并采取对称焊接。

2.9.4 RT和PT检测合格后，进行几何尺寸和拱度检查。

2.10 气密测试

转化器设备的气密测试主要是针对中心换热器的密闭空间进行测试，气密测试的压力值要求30KPA，在升压的过程中要求按照4步完成升压，每完成一次升压保持5分钟，再进行下次升压。要求所有焊道都要使用肥皂水进行试漏。

2.11 设备封孔

封孔前，应根据业主要求，完成催化剂的安装和内部清理之后，由总包、业主联合检查完成之后进行封孔。

3 质量控制

3.1 执行的现行法规及标准

ASME 规范第 II 卷 A, B, C, D 《材料》2013版

ASME 规范第 V 卷 《无损检验》2013版

ASME 规范第 VIII 卷 第1册 《压力容器》2013版

ASME 规范第 VIII 卷 第2册 《压力容器》2013版

ASME 规范第 IX 卷 《焊接和钎接评定标准》2013版

API 620

ASTM American Society for Testing Materials

AISC American Institute of Steel Construction

ASME B 16.20 《管道法兰用环垫式、螺旋缠绕式和夹层式金属垫片》

ASME B 36.10M 《焊接和无缝熟钢管》

TEMA 《管式换热器制造商协会标准》；

EJMA 《膨胀节制造商协会标准》；

沙特 UMM WU'AL PHOSPHATE PROJECT SULPHURIC ACID POWER PLANT 工程项目转化器制作安装工程制造安装文件

3.2 过程质量控制

3.2.1 壁板安装时控制其垂直偏差在板高的1/1000范围内，最大位置不大于2mm。

3.2.2 定位点焊的焊缝长度不小于50mm，相邻两处定位焊的间距为500mm。

3.2.3 壁板上环焊缝接头错边量控制3mm以内。纵向焊接缝接头错边量控制在2mm内。

3.2.4 安装焊接密封环时，将分段下料轧制后的环板按图示位置贴圆点焊定位，先焊环内与梁腹板及角钢间的焊缝，后焊环外侧与隔板间的环缝；

3.2.5 转化器材质全部是不锈钢材料，不锈钢材料在焊接时，为了降低焊接后的残余应力，防止热裂纹的产生，在满足焊接工艺评定要求的前提下，选用小电流、快焊速以及窄焊道、多层多道焊接工艺，并应控制层间温度不超过100℃。

4 安全环保控制

4.1 安全控制

4.1.1 转换器现场组装工序复杂，吊装作业频繁，施工安全隐患多，因此在施工过程中严格按照业主的HSE管理制度进行。

4.1.2 每一名进入施工现场作业的员工都要进行岗前培训，培训完成后才能进入施工现场开展作业。

4.1.3 进入施工现场的员工要带好ID证件，个人PPE齐全、完好包括安全帽、防护眼镜，劳保鞋和工作服等。

4.2 环保措施

转化器施工过程中为了避免和减弱对环境的破坏，施工作业要重视对环境的保护工作，制定切实可行的环境保护措施，并根据转化器施工现场的实际情况，按照“预防为主，保护优先”的原则，加强环境保护措施实施的监督和管理。通过学习环保手册以及典型案例分析等对负责转化器施工人员、直接作业人员进行宣传教育，强化环境保护意识，杜绝环境污染类事件的发生。对施工车辆、通勤车辆等使用的燃油、机油以及设备保养润滑油要加强管理，废弃的污油要集中处理，不得随意倾倒，合理安排作业时间，严格按照业主要求，尽量采用低噪声施工设备和噪声低的施工方法。

5 工序优化调整

施工过程中，在通过可行性分析之后，采用将内筒筒体在地面进行分段预制以及中心换热器的锥体支撑圈的地面预制，整体吊装等创新方法，大大减少了高空作业的工序，优化了脚手架搭设和正常施工之间的工序，减少了大型吊车的使用频次，使得施工成本明显降低，同时降低了安全风险，保证项目顺利完成。主要成本费用对比如下表所示：

筒节、锥段分段预制施工与传统单层单片施工主要成本费用对比

成本项目	成本(万沙币)		节省成本(万沙币)	成本节约率 %
	筒节、锥段分段预制	传统单层单片施工		
人工费	160	170	10	5.8%
机械费	60	80	20	25%
间接费	20	25	5	20%
合计	240	275	35	12.7%

参考文献

[1]沙特UMM WU'AL PHOSPHATE PROJECT
SULPHURIC ACID POWER PLANT 工程项目转化器制作

安装工程制造安装文件

[2]张运霞.大型硫酸装置不锈钢转化器结构分析与改进.硫磷设计与粉体工程 2012 03