



烟气脱硫洗涤塔现场组焊技术

张之岩 赵铁南

【摘要】 大连石化公司80万t/a重油催化裂化装置烟气脱硫项目的洗涤塔尺寸较大，需分段预制，现场进行组焊。本文论述了洗涤塔的现场组焊技术。

关键词： 洗涤塔；组对；焊接工艺

我公司承接了大连石化公司80万t/a重油催化裂化装置烟气脱硫项目的核心设备洗涤塔的现场组对焊接施工任务。该洗涤塔外形尺寸如图1所示，其筒体材质为S31603+Q345R复合钢，洗涤塔设计温度280℃，设计压力0.0075MPa，自身净重137t。针对洗涤塔的规格，充分考虑运输和现场场地条件等因素，确定该洗涤塔筒体在工厂内分三段预制，然后运到现场，进行现场组对搭接焊。本文主要论述该洗涤塔筒体I、II焊缝的组焊技术。

1. 焊前准备

该洗涤塔焊接施工前，要做好以下准备工作。

(1) 审查图样、编制方案及交底 审查施工图样，确定施工方法、编制单项工程施工方案并审批完成，对参与施工的全部人员进行技术交底、安全教育。

(2) 确认焊工资格 对洗涤塔现场焊接施工的焊工，按《锅炉压力容器压力管道焊工考试与管理规则》及《特种设备焊

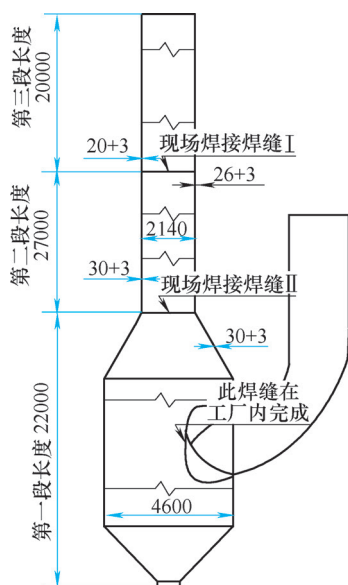


图1 洗涤塔外形尺寸

接操作人员考核细则》的规定进行培训及考核，取得国家质量技术监督部门颁发的特种设备作业人员证并经审查完毕。

(3) 施工现场准备 清理场地，合理安排设备放置地点，搭设临时胎具并进行放线、抄平，水平度要求≤2mm。

(4) 施工机具及工夹具准备 组织吊车、焊接、切割等施工设备和工装机具的进场，并经过验收保证正常运转。施工过程

中使用的相关监视和测量用工夹具取得检定证书并报验完毕。

(5) 焊接材料复验 焊接材料必须符合国家有关产品标准的规定，所有焊接材料均应有质量证书，并对到场后同一炉批号的焊材进行一次化学成分分析。

(6) 半成品验收 洗涤塔半成品进场后，对其分段处的圆度、圆弧度、外圆周长等数据进行检测，做好验收手续。洗涤塔材质S31603牌号相当于中国的022Cr17Ni12Mo2，其化学成分和力学性能应符合表1规定。

2. 坡口选择与加工

为便于焊工在实际操作中控制基层的焊缝厚度，减少成本，控制焊接质量，减少过渡层焊缝金属的稀释率，因此采用阶梯状坡口（见图2）。

洗涤塔筒体现场组对焊缝的坡口，首先在工厂内采用机械方法加工成半成品坡口，然后现场进行整修或加工制作。复合钢板S31603部分采用等离子切割机进行切割加工，Q345R钢部分采用

氧乙炔火焰切割。切割完成后，使用磨光机将切割表面处的凹凸不平部分、氧化层和过热层去除并打磨平整。

坡口加工完成后进行表面渗透检测及100%超声波探伤，确保坡口表面不存在裂纹、分层及夹渣等缺陷。

3. 分段安装与焊缝组对

(1) 分段安装 首先，将设备第一段使用550t履带吊车进行吊装就位，对设备垂直度、端口不平度进行找正找平。在现场的临时胎具上将筒体第二段和第三段组焊成形，并焊接图1所示的焊缝I，采用水平固定焊，外观检查和无损检测合格后，对焊缝进行除锈、防腐施工。

然后，采用550t履带吊车吊装完成焊接的第二段和第三段，与设备第一段进行空中组对，经检查水平度、垂直度在允许范围内，焊接图1所示的焊缝II。焊缝II完成后，对其进行外观检查 and 无损检测并合格。整个洗涤塔完成各部位焊接后，进行充水试漏，对焊缝部位进行除锈、防腐、交工。

(2) 焊缝组对 洗涤塔筒体焊缝组对前，应彻底清除坡口内外各20mm范围内的油污、铁锈、氧化皮及其他对焊接有害的物质。组对时以复层为基准，防止复层错边量超标，对口间隙为2~3mm。复合钢板对口错边量不得大于复层厚度的50%，且≤1mm。对于焊缝两侧板厚度不一致时，应保证内壁平齐，外部光滑过渡。

使用“圆环形径向找圆工装”进行筒体环缝的组对（见图

3）。组对时先将四个方位使用定位板焊牢，在筒体内侧使用支撑装置调整间隙，在筒体外配合使用定位板连接，组对后使筒体均匀错口，达到焊接要求。组对时严禁在筒体复层上焊接工夹具，组对时使用的工夹具在筒体焊接完成后撤出。

(3) 定位焊接 定位焊时应注意以下事项：①定位焊的数量应尽量减少，定位焊缝应具有足够的长度，其焊接工艺、焊接材料及其对焊工的要求与正式焊接保持一致。②定位焊不能设在筒体纵向焊缝处，离开交叉点的距离一般不小于板厚的10倍，定位焊的焊缝应有足够的强度，保证焊透、熔合良好，无焊接缺陷。③定位焊的焊接电流应比正常电流大15%~20%，同时为保证底层焊道成形良好，定位焊的引弧和熄弧点应在坡口内，以保证定位焊缝两端平滑过渡。

4. 焊接工艺

(1) 焊接方法 受施工现场场地、机具及焊接环境等多方面影响，该洗涤塔筒体焊接全部采用焊条电弧焊，直流反接。

(2) 焊接材料 对于不锈

钢复合钢板的焊接材料，基层和复层的焊材可采用单材料焊接时所选用的焊接材料，焊接的关键部位是基层和复层交界处过渡层。在实际焊接中，为了补偿合金元素损失，使过渡层的合金性能保持应有的水平，应该选用含Cr、Ni等合金元素含量高且含C量低的焊接材料，同时应考虑抗裂性，控制焊缝的稀释率，使其在正常的参数下，得到双相组织焊缝，避免产生马氏体组织和焊接冷裂纹。该洗涤塔筒体焊接材料选用如表2所示。

(3) 焊接工艺评定 施焊前，根据洗涤塔设计图样要求，按照JB4708—2000《钢制压力容器焊接工艺评定》附录A（标准的附录）“不锈钢复合钢焊接工艺评定”完成工艺评定报告，编制用于现场作业的工艺规程。

(4) 施焊要点 第一，由于复合板焊接接头的组织和性能不均匀，返修时经常产生热裂纹，所以为保证原有的综合性能，应对基层、过渡层和复层分别进行焊接。另外，为保证焊接质量，防止基层焊缝熔化到不锈钢的过渡层甚至复层焊缝，应按

表1 S31603钢板的化学成分及力学性能

化学成分（质量分数，%）						力学性能				
C	Si	Mn	P	S	Ni	抗拉强度 /MPa	屈服强度 /MPa	伸长率 (%)	收缩率 (%)	硬度 HB
0.030	1.00	2.00	0.045	0.030	10.00~14.00	480	175	40	60	187

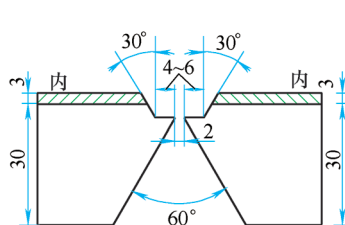


图2

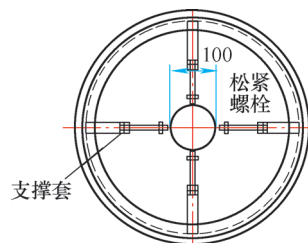


图3 筒体内支撑装置

图4所示顺序进行焊接。

该洗涤塔不锈钢复合钢板的焊接顺序：①进行过渡层焊接，使用异种钢焊条进行打底焊。②进行基层的填充和盖面焊。③基层焊接后，先进行射线探伤检测，合格后再进行过渡层焊接。④为保证过渡层焊接质量，待基层焊接完成后，再进入筒体内部将过渡层的打底焊部分清根，然后用异种钢焊条重新进行过渡层焊接。⑤进行不锈钢复层焊接。

第二，过渡层焊接时，在保证焊透的条件下，采用小直径焊条，以降低基层对过渡层焊缝的稀释。

第三，复层焊接前，要清除坡口边缘及坡口上的飞溅物。焊接时，严格控制焊接热输入，采取多层多道快速不摆动操作方法，采用小的焊接热输入和电流快速焊接，以保证焊缝金属良好的力学性能和抗晶间腐蚀性能。

第四，焊接时焊缝要求平滑，不得有气孔、夹渣等焊接缺陷，发现缺陷及时修补。

第五，严禁在坡口之外的母材表面引弧和试验电流，并应防止电弧擦伤母材。防止碳钢焊条或过渡层焊条焊接在复层面上。施焊时应注意引弧和熄弧的质量，焊缝末端的弧坑应填满。

第六，多层多道焊每层焊接完成后应立即对层间进行清理，并进行外观检查，同时进行100%磁粉检测，若发现缺陷，需清理后方可进行下一层的焊接，每层焊道的接头应至少错开50mm以上。

第七，施工时使用的工夹具拆除时不得损伤母材，拆除后将

表2 洗涤塔焊接材料选用

母材材质	焊接材料					
	型号	牌号	规格 ϕ /mm	烘烤温度/℃	烘烤时间/h	恒温温度/℃
Q345R基层	E5015	J507	3.2, 4.0	350	1	150
S31603复层	E316L—16	A022	4.0	150	1	150
S31603+Q345R过渡层	E309MoL—16	A042	3.2	250	1	100

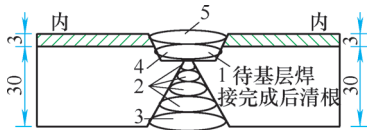


图4 复合钢板焊接顺序

残留焊疤打磨光滑，打磨后的母材厚度不小于其允许的最小设计值，否则应按正式焊接工艺进行堆焊并打磨光滑。

(5) 焊接参数 该洗涤塔筒体焊接参数如表3所示。

5. 焊缝检测

(1) 外观检查 焊缝表面应圆滑过渡，焊缝的表面及热影响区不得有裂纹、气孔、夹渣、弧坑和未焊满等缺陷。焊缝的咬边深度 $\leq 0.5\text{mm}$ ，咬边的连续长度 $\leq 100\text{mm}$ ，焊缝两侧咬边的总长度不得超过该焊缝长度的10%。筒体焊缝上的熔渣和两侧的飞溅物均清理和打磨干净。

(2) 无损检测 ①无损检测人员必须持有国家质量技术监督局颁发的资格证书，并确保在有效期内，无损检测工作必须严

格按照设计图样及相关标准规范的规定进行。②在基层焊接完毕之后，过渡层与复层焊接之前，对基层先进行射线探伤检测，发现超标缺陷，立即返修，并再次经射线探伤检测。③在筒体内部将基层焊缝表面打磨平整，经渗透探伤检查合格后，再焊接过渡层和复层。过渡层和复层焊接完毕后，按照设计要求的规定进行相关的探伤检测。④筒体焊缝的无损检测工作应在焊接结束至少36h后进行，RT检测II级合格，PT和UT检测I级合格。

6. 结语

该洗涤塔筒体现场焊接工作完成后，对筒体焊缝进行100% RT检测，焊缝一次合格率达到100%，未出现任何缺陷；对复层进行进行100%的PT检测，结果达到100%I级合格要求。最后进行充水试漏，监理单位、业主单位及监督检测机构见证并签署充水试漏报告，洗涤塔现场组焊工作基本结束。

表3 洗涤塔筒体焊接参数

焊接层数	填充金属		焊接电流 /A	电弧电压 /V	焊接速度 /cm·min ⁻¹
	焊条牌号	规格 ϕ /mm			
基层打底焊接	J507	3.2	100~140	20~22	6~10
基层填充盖面	J507	4.0	140~170	22~25	9~14
过渡层焊接	A042	3.2	140~160	22~25	11~14
复层焊接	A022	4.0	140~160	22~25	11~14

作者简介：张之岩、赵铁南，大庆油田建设集团有限责任公司。

MW 20160626