

球形储罐焊接施工工艺标准

1. 适用范围

本工艺标准适用于球形储罐焊接施工，焊接的主要施工方法为手工电弧焊，药芯焊丝气体保护焊。施工范围包括：柱腿的焊接、方块和吊耳的焊接、球罐组对点焊、球罐的焊接、附件及梯子平台的焊接。本标准依据现行国家及行业相关标准法规编制，施工方法施工单位可根据自身条件及具体工程要求进行选择。

1. 2 本标准适用球罐施工的下列范围：

球罐支柱同球壳板的组装及支柱的安装
球壳板的组装（不包括球壳板的焊接）
球罐开孔的承压封头、平盖法兰及紧固件的安装
球罐喷淋装置的安装

1. 3 本标准不适用于下列球罐的施工：

受核辐射作用的球罐
非固定(如车载或船载)的球罐
双壳结构的球罐
膨胀成型的球罐

2. 施工准备

球罐的安装前的施工准备包括技术准备、材料的验收、基础的交接检验、支柱的安装、吊点的焊接、机具材料的检验、焊接材料的发放和保管、工装卡具的准备。

2. 1 技术准备

2. 1. 1 施工资料准备

施工合同
施工行政批准文件
施工图纸及设计提供相关资料
施工技术文件
施工记录表格
相关的验收施工标准
焊接工艺评定及焊接工艺指导书
焊工及无损检测人员资质证件
原材料、球壳板、球罐零部件的质量证明材料
安全、环境与职业健康管理（HSE）
施工机具、工装设备与计量器具一览表
施工措施用料及消耗材料一览表
施工现场布置图

2. 1. 2 现行施工标准规范

钢制球形储罐
钢制球形储罐型式与基本参数
球形储罐施工及验收规范
钢制压力容器焊接工艺评定
压力容器无损检验
钢制压力容器焊接规程
钢制压力容器产品焊接试板的力学性能检验

GB12337
GB/T17261
GB50094
JB4708
JB4730
JB4709
JB4744

碳钢焊条
低合金钢焊条

GB/T5117
GB/T5118

2. 施工准备

球罐焊接准备包括技术准备、焊接材料的采购复验、焊接材料的保管、机具检验、焊接材料的烘干发放、焊接条件的准备，焊接人员资格的认可。

2. 1 技术准备

2. 1. 1 球罐焊接施工前应当具备合格的焊接工艺评定、编制完成焊接工艺卡或焊接工艺指导书等技术文件，焊接工艺卡应包括以下内容：焊接位置；焊接材料；焊接方法；预热温度及层间温度焊接工艺参数（电流、电压、焊速、线能量等）；后热温度及时间。

2. 1. 2 施工图纸的焊接工艺性经过审核施工具备所需条件。

2. 1. 3 施工所需要的标准规范施工现场使用为有效版本。

2. 1. 4 特种设备安装许可申请表包括合格的工艺评定，已经上报当地质量技术监督部门，并经过批准同意。

2. 1. 5 施工所需要的焊接记录、质量检验及质量评定等表格施工前已经准备齐全。

2. 1. 6 施工前工作经过检查质量合格，记录完整准确。

2. 2 作业人员的要求

所有参加本项施工的焊工必须持证上岗。从事球罐焊接的焊工必须为按照《锅炉压力容器焊工考试规则》进行过考试，并取得焊工合格证书，且在有效期内，施焊的钢材、种类、焊接方法和焊接位置等均应与焊工本人考试合格的项目相符。所有施工人员施工前应当已经进行技术安全交底，施工人员明确施工程序、焊接要求及技术要求。

2. 3 设备材料的检查

到达现场的球壳板材料已经进行设备材料到货检验。坡口加工尺寸用样规检查；其偏差应符合下列要求：

坡口角度的允许偏差为 $\pm 2^{\circ}30'$ ；

坡口钝边及坡口深度的允许偏差为 $\pm 1.5\text{mm}$ 。

坡口按照设计要求经过着色检测合格。

焊接材料已经复验，并经过材料责任师的审核检验。

2. 3. 1 焊条或焊丝必须有质量证明书，质量证明书应包括熔敷金属的化学成份、机械性能，并依据规定做好焊条扩散氢含量复验工作。

2. 3. 2 施工现场设焊条管理室，派专人管理。必须按要求烘干发放和回收焊条，并认真填写焊条烘干、发放记录。

2. 3. 3 焊条使用前须按照焊材使用说明烘干,并放在 $100\sim 150^{\circ}\text{C}$ 的恒温箱内恒温待用

2. 3. 3 焊条储存室的温度应保证在 10°C 以上，相对湿度不得超过 60%。

2. 3. 4 焊工应携保温焊条桶领取焊条。超过 4 小时未用完的焊条应重复烘干方可使用。焊条重复烘干的次数不得超过两次

2. 4 主要施工机械

2. 4. 1 设备表

序号	品 名	规 格	备注
1	硅整流直流焊机		
2	逆变电焊机		
3	高温烘干箱	0-600℃	
4	恒温箱	0-300℃	
5	去湿机		

- 6 焊条保温筒
- 7 表面测温仪 电子测温、数字显示 有预热后热要求时
- 8 磁探仪
- 9 加热器 电加热器或火焰加热器 有预热后热要求时
- 10 风速表
- 11 其他小型工具 砂轮机、扁铲、钢卷尺等
- 12 电源控制箱

2.4.2 以上设备中，测量设备应当经过计量检测，在检测有效期以内。

2.4.3 其他设备应当确保使用性能符合要求，焊接、加热、检测设备性能良好，罐内施工通风设备、照明准备齐全。

2.4.4 施工电源保证一机一闸。用于罐内施工的机械电源接至现场。

2.4.5 按照要求配备相应数量的性能良好符合产品标准的焊条保温桶，确保焊条的使用符合焊接工艺的要求，满足焊接的需要。

2.4.6 焊条库：施工现场设有存放焊条的专用库房，库房内安装去湿机，干湿温度计，保证库房的湿度不超过 60%。安排专人管理库房。

2.4.7 电焊钳、焊接把线的选择及检查：应选择较大电流的焊钳，并且耐高温性能较好，在焊接过程中应随时检查发现破损立即更换，焊钳使用后不应直接放在球壳板上，应悬挂于脚手架之上，避免打火伤及球壳板。

2.6 作业条件

施工场地达到具备安全施工条件，施工用电变压器容量符合焊接施工要求，焊接施工用跳板、脚手架搭设安全可靠，施工处应当有挂安全带的专用横杆。

2.7 外部环境条件

施工天气环境符合焊接要求，对于

3. 施工工艺

3.1 施工工艺流程图

3.2 施工工艺过程

3.2.1 球罐的焊接程序：

先纵缝，后环缝，先大坡口一侧，后小坡口一侧；先赤道带，再下、上边板，然后极板支柱经过检查验收安装质量符合国标 50094—98 的要求

3.2.2 球罐焊接还应遵循“多焊工，均匀分布，同工艺，等速度”的原则。

3.3 焊接施工工艺

3.3.1 定位焊

3.3.1.1 定位焊在焊缝调整后进行，定位焊接前应当经过检查员的检查验收，对于有预热要求的材料，在应当在焊缝两侧 150mm 范围内预热，余热温度不应超过适用于该材料的合格工艺评定规定值。宜焊在正式焊道的第一层，其引弧和熄弧都应在坡口内。

3.3.1.2 壳体结构的点固长度一般为不小于 50mm，间距 300-500mm，焊肉厚度约 6mm。

3.3.1.3 定位焊工艺参数应按焊接工艺评定的参数值执行。

3.3.1.4 球壳板的点焊位置应当在打底焊道的背面，以方便在清根时清除点焊焊肉。防止点焊处的产生不合格缺陷。

3.3.1.5 对于临时工装卡具的焊接应当按照焊接工艺卡的规定进行。对于应当进行焊前预热的焊缝应当在焊前进行预热。球罐支柱同球壳板的焊接要求，焊接前检查要求同球壳板组焊要求。

3.3.2 球壳板的焊接

3.3.2.1 赤道带及纵缝等长焊缝可分为多段进行焊接。每道焊缝开始焊接的第一、二遍宜采用分段退焊法。分段方式应当按照探伤片的分布方式。

3.3.2.2 遵循“多焊工，均匀分布，同工艺，等速度”的原则焊工分布按照对称 均布的原则，每次各焊工施焊长度必须相同，施焊速度应当相同。为了保证球壳主体焊缝在组焊过程中的可靠性，在改变焊接工位之前，该条焊缝最少焊两层以上且焊到末端。

3.3.2.3 引弧采用回焊法，在焊道前方引弧，然后拉回到焊接处焊接，严禁在坡口外引弧。

3.3.2.4 纵焊缝焊接

第一层（打底层），相对整条焊缝采用分段倒退向上焊接，其余各层填充与第一层运条方向一致。焊接时注意防止未焊透及咬肉等缺陷产生。每层焊接表面应填平或呈凹形，这样便于清渣，也避免熔合不良，便于下一层的焊接，层次之间的接头应错开。

两侧盖面前凹槽以 1—2 mm 为宜，电流可比填充时稍大一些，但要避免咬边和未熔合等缺陷的产生，焊缝余高为 0—3 mm，焊缝宽度应保持一致。纵缝的首末端的焊肉应达到环缝的坡口中心，待环缝焊接时，再打磨至与坡口齐平。

3.3.2.5 环缝的焊接

第一层焊接时，相对每位焊工分段范围内采用分段退焊，摆动不宜过大。其余各层道施焊时不作摆动，采用压道焊，注意层间清除要彻底。每层间的起焊位置应错开 80—100 mm，且离开丁字缝 200 mm 左右。两侧盖面前凹槽深 1—2 mm，其他注意事项同纵焊缝。

3.3.2.6 打底焊缝的气刨清根

打底焊缝在完成一面的填充盖面后，对于抗拉强度大于 540 Mpa 的钢材或有特殊要求的材料进行清根清根后，应当磁粉或渗透检验，清根后的坡口形状应一致。

3.3.2.7 接管、柱腿及人孔环缝焊接

按 GB12337 的要求，接管及柱腿与球罐之间的焊接接头应由球壳板制造厂完成。如因特殊原因，须在现场焊接时，应采用分段焊。每层、道要焊成封闭的环形焊道后，方可进行下一层、道的焊接，当球壳板较厚或开孔较小时，宜适当增加预热温度或扩大预热范围。层道间的要求及运条要求同环焊缝焊接。焊脚高不低于图纸上的要求尺寸。

3.3.3 其它结构焊接

其它结构焊接是指直接与球壳相焊接的结构焊接。包括附件的焊接、球罐焊缝的返修、球罐的丁点补焊等。

3.3.3.1 凡经过外观及无损检测检查不合格的焊缝，现场技术负责人必须组织检查人员、检测人员及焊工，查清原因，确定缺陷的性质部位，认真落实返修措施，严格执行返修工艺，保证一次返修合格。

3.3.3.2 返修时，检查员及现场技术负责人必须到位，进行监督检查。

3.3.3.3 缺陷消除可采用气刨或砂轮打磨，选择缺陷距表面较近侧进行消除缺陷工作，气刨后用砂轮打磨露出金属光泽。并在两端磨出缓坡。

3.3.3.4 所有返修部位长度应 >150 mm，两缺陷间隔小于 50 mm 时应合为一处返修。补焊时，不得中间停顿，须一次完成，接头及回火焊道处打磨平滑。返修中需要预热和后热的应当进行预热和后热，加热范围在返修处两侧各 150 mm 范围内。修补应当记录。当缺陷

修补深度超过 3mm 时应当进行射线检测。

3.3.3.5 梯子平台及其它附件的焊接应当执行相应的焊接工艺评定。施焊中应当对于同罐体焊接的垫板、柱腿等焊接件应当按照球罐本体焊接程序进行预热、后热焊缝外观检查应当与施焊球罐一致。

3.3.4 产品试板的焊接

产品试板的焊接参数与相应位置焊缝参数相同，分横、立、平加仰位置施焊，且随罐热处理。

产品焊接试板应当经过外观检查和 100% 射线检测或超声波检测试板尺寸为 360mm×650mm，一般为球壳板制造厂提供

3.3.5 气刨清根

3.3.5.1 气刨的刨槽要直、光滑、深浅和宽窄一致（有缺陷处可深刨，消除缺陷为止）并经砂轮打磨，露出金属光泽并检查无缺陷方可施焊。

3.3.5.2 气刨时使用的电流较大，应注意防止焊机过载，防止连续使用时间过长而造成损坏焊机。

3.4 季节性施工应当注意的主要问题

3.4.1 对于季节施工中应当保证施焊环境符合焊接规范。

3.4.2 春季施工由于施工期内昼夜温差较大，施工中的焊前预热必须严格执行，对于不需要预热的焊接材料施工前也应当增加预热要求。

3.4.3 施工应当保证施焊环境中的在下列情况下如无可靠防护措施，不得进行焊接。

- a. 雨天、雪天；
- b. 风速 $\geq 8\text{m/s}$ ；
- c. 环境温度在 -5°C 以下；
- d. 相对湿度 $\geq 90\%$ 。

注：以上数据为距焊缝表面 500~1000mm 处测量数据

3.4.4 雨雪环境施工，罐内焊接时应当保证罐外罐体得到有效的防护，防止雨雪落于焊道外侧。

3.4.5 球罐施工应保证在雨雪大风天气焊接施工防护得到有效的保护。

4 质量检验

4.1 质量检验的要求和方法

4.1.1 焊接中预热温度、层间温度、后热温度应当符合焊接规范的要求

4.1.2 焊缝和热影响区表面不得有裂纹、气孔、咬边、夹渣、凹坑、未填满等缺陷。

4.1.3 角焊缝的焊角尺寸应符合设计图样要求。

4.1.4 焊缝余高符合下表的要求

焊缝深度 (δ) mm 手工焊焊缝余高(mm)

≤ 12 0~1.5

$12 < \delta \leq 25$ 0~2.5

$25 < \delta \leq 50$ 0~3

> 50 0~4

焊缝深度指单面焊为母材厚度；双面焊为坡口钝边中点至母材表面的深度，两侧分别计算。对于有特殊要求的材料应当执行规定要求。

4.1.5 工、卡具打磨后的表面，不得有裂纹、气孔、咬边、夹渣、凹坑、未填满。

4.1.6 焊缝表面缺陷磨除后的表面若低于母材，应当及时进行修补。焊缝表面及两侧应当打磨平滑或加工成具有 1:3 及以下的坡度。

4.1.7 质量检验使用坡口检测尺，配合使用直尺。温度检测使用红外线温度计。

4.2 质量检验的标准

《钢制球形储罐》	GB12337—1998
《球形储罐施工及验收规范》	GB50094—1998
《压力容器安全技术监察规程》	原国家技术质量监督局
《钢制压力容器焊接工艺评定》	JB4708—2000
《钢制压力容器焊接规程》	JB4709—2000
《压力容器无损检测》	JB4730—1994

4. 3 主控项目

序号	名 称	检查等级
1	材料交接检查	BR
2	焊接工艺焊工资格认定	BR
3	赤道带组装检查	B
4	上下极板组装检查	B
5	外纵缝焊接外观检查	B
6	内纵缝焊接外观检查	B
7	内外环缝焊接外观检查	B
8	外形尺寸检查	BR
9	磁粉、着色、超声波检验	BR
10	预热、后热	C
11	RT探伤检查	BR

4. 4 质量记录

质量记录应当按照《球形储罐施工及验收规范》GB50094—1998 和《容规》中规定的表格记录，对于各地质量监督机构的特殊要求，应当予以满足。

4. 5 需要注意的质量问题

4. 5. 1 球罐材料、焊接材料安装使用前的检验。
4. 5. 2 球罐的工艺评定一定能够覆盖施焊母材。
4. 5. 3 球壳板焊接应当执行焊接工艺。
4. 5. 4 清根后的着色检验应当认真仔细。
4. 5. 5 组装后测量重点保证焊缝棱角度，组装点焊应当尽量在内口进行以便打底后刨除。
4. 5. 6 球罐施焊顺序必须保证同步对称，预热后热是焊接质量保证的关键。
4. 5. 7 球罐焊接禁止咬边

5 成品保护

5. 1 施工中对于球罐焊接材料的存放应当注意防潮、防雨。
5. 2 对于低温钢材料应当禁止在球罐母材上进行引弧，焊工钢印应使用油漆标记。
5. 3 禁止以球罐材料作为电焊机的地线。
5. 4 焊接检验合格的焊缝施工中应当禁止再次进行有热输入的作业。
5. 5 施焊中禁止在球罐本体上划弧、焊接与施工作业要求无关的金属件。
5. 6 修磨焊道、丁点应当不低于母材厚度的负偏差。