

中国石油呼和浩特石化公司 500 万吨/年炼油扩能改造工程

空分站

球罐施工方案

中国石油天然气第一建设公司

内蒙古工程经理部

二零一一年十月二十五日

目 录

1 编制说明	1
1.1 工程简介.....	1
1.2 编制依据.....	1
2 工程概况	1
2.1 工程实物量.....	1
2.2 球罐设计参数.....	2
3 施工方案	2
4 施工程序	2
5 施工准备	4
5.1 根底验收.....	4
5.2 材料验收.....	4
5.3 技术准备.....	5
5.4 施工现场准备.....	5
6 球罐组装	5
6.1 吊车的选用.....	5
6.2 下段支柱安装.....	6
6.3 赤道带组装.....	6
6.4 下极带边、中板组装.....	6
6.5 上极带边、中板组装.....	7
6.6 组装检查.....	7
6.7 脚手架结构.....	8
7 球罐焊接	8
7.1 焊接方法.....	8
7.2 焊工资格管理.....	8
7.3 焊材的选用.....	8
7.4 焊材管理.....	8
7.5 焊前准备.....	9
7.6 球壳点焊.....	10
7.7 预热及后热消氢处理.....	10
7.8 焊接气象管理.....	10
7.9 焊接标准及焊层安排.....	10
7.10 焊接顺序.....	10
7.11 焊工分布.....	11
7.12 丁字接头的处理.....	11
7.13 气刨清根.....	11
7.14 焊接中的控制内容.....	11
7.15 焊缝检查合格的判定方法及主要要求.....	11
7.16 局部修补程序.....	12
7.17 产品焊接试板.....	13
7.18 焊接工程记录.....	13

8 球罐热处理	13
8.1 热处理（PWHT）工艺管理及实施.....	13
8.2 施工方法.....	14
9 球罐水压试验	21
9.1 试验方法与技术要求.....	21
9.2 根底沉降观测.....	22
9.3 试验本卷须知及平安要求.....	23
9.4 试验岗位与分工.....	23
10 质量保证体系及措施	24
10.1 质量保证体系.....	24
10.2 质量保证措施.....	24
11 平安防护措施	25
12 主要施工机具及材料一览表	26
13 工程劳动力综合平衡方案	29

1 编制说明

1.1 工程简介

空分装置两台 400m³ 中压氮气储罐（0714-V-103A、B）位于空分装置主厂房南侧，由我公司承建，中国石化洛阳石油化工工程公司 EPC 总承包单位，建设单位为中国石油呼和浩特石化分公司，兰州寰球工程公司呼和浩特石化公司第二联合装置工程监理部进行施工监理，中国石油华北工程质量监督站呼石化分站进行工程质量监督。为指导现场球罐施工，特编制本施工方案。

1.2 编制依据

固定式压力容器平安技术监察规程?	TSG R0004-2024
钢制压力容器?	GB150-1998
钢制球形储罐?	GB12337-1998
球形储罐施工及验收标准?	GB50094-2024
钢制压力容器焊接工艺评定?	JB4708-2000
钢制压力容器焊接规程?	JB/T4709-2000
钢制压力容器产品焊接试板的力学性能检验?	JB4744-2024
压力容器无损检测?	JB4730-2024
球罐施工图(GJ1101-设 01/1~7)	
公司 2024A 版?质量管理手册?	
公司 2024 版?压力容器现场组焊质量保证手册?	

2 工程概况

2.1 工程实物量

(1) 400m³ 氮气球罐（0714-V-103A/B）安装工程量

序号	工程内容	数量	单重 (kg)	总重 (kg)
1	赤道带板	16	3519.9	56318.4
2	上极带中板	1	4731.6	4731.6
3	上极带边板	2	3548.7	7097.4
4	下极带中板	1	4731.6	4731.6
5	下极带边板	2	3548.7	7097.4

6	共计	22	—	79976.4
---	----	----	---	---------

(2) 400m³球罐焊缝（球壳板对接焊缝）总延长米约 184m（以内径计算）。

(3) 单台球罐无损检测工作量如下：

序号	检测方法	工程内容		检测比例	级别	备注
1	超声检测 (UT)	球壳板超声检测复验(含周边100mm范围)		20%	III	JB4730-2024
		球壳板超声检测复验(全面积检测)		20%		JB4730-2024
		球壳板现场组焊对接焊缝(射线检测后)		20%	I	JB4730-2024
2	磁粉检测 (MT)	球壳板对接焊缝内外	水压试验前	100%	I	JB4730-2024
		外表	水压试验后	20%	I	JB4730-2024
3	射线检测 (RT)	球壳板现场组焊对接焊缝(焊接完24h后)		100%	II	JB4730-2024

(7) 其它内容：球罐焊后整体热处理、水压试验；球罐外外表进行除锈；球罐支柱及拉杆除锈并涂防火涂料。

2.2 球罐设计参数

400m³氮气球罐（0714-V-103A/B）设计参数如下：

设计压力：2.5Mpa

操作压力：2.0Mpa

设计温度：70℃

操作温度：常温~50℃

水压试验压力：3.12Mpa

全容积：408m³

主体材质：16MnDR

容器类别：III类

壁厚：38mm

储存介质：氮气

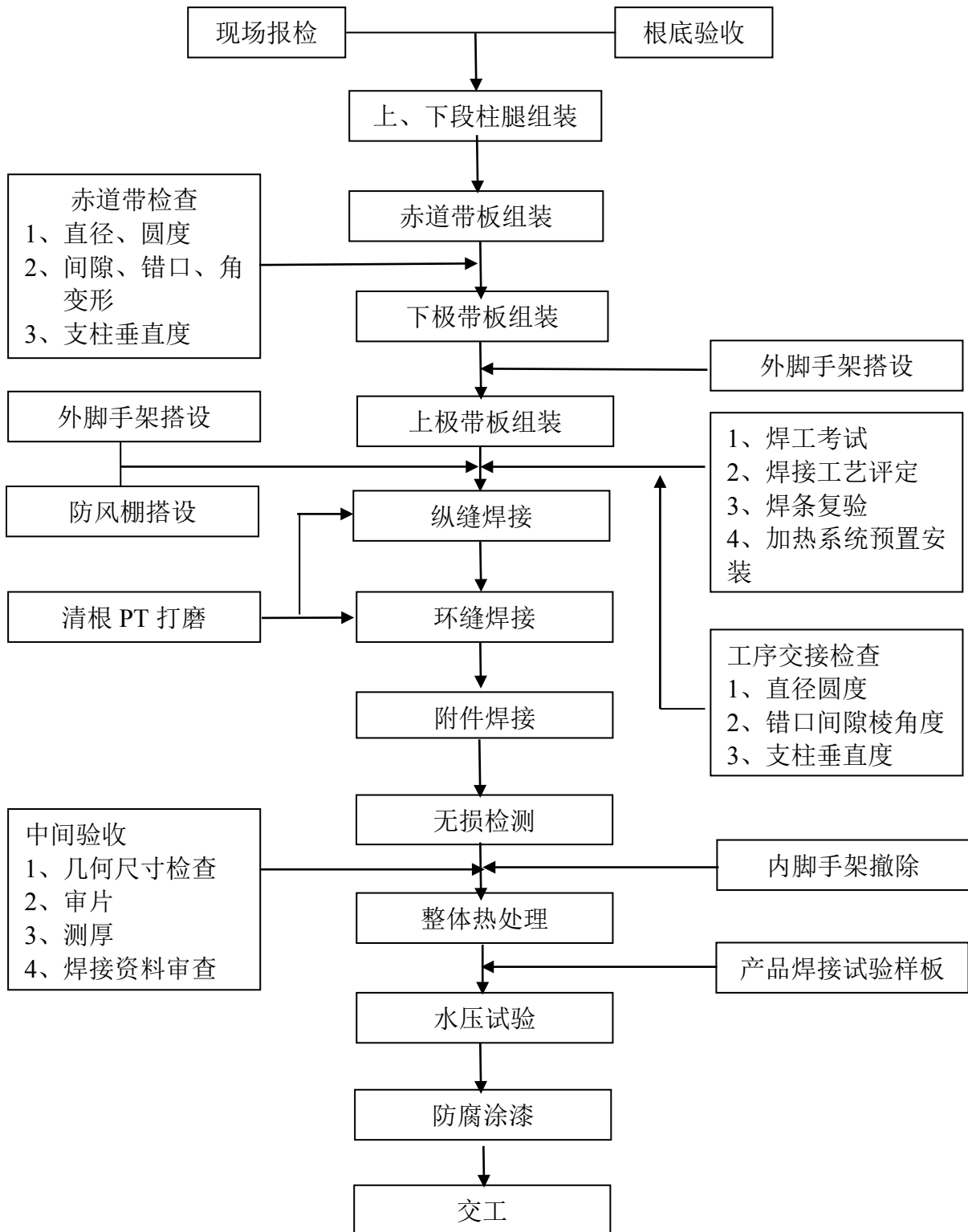
3 施工方案

本工程方案开工时间为2024年10月28日，方案完工时间为2024年12月26日，具体施工方案见附表。

4 施工程序

施工程序见以下图：

施 工 程 序 图



5 施工准备

5.1 根底验收

按照施工蓝图〔土建〕技术要求及 GB12337-1998 相关规定对球罐根底核实施工资料，对外观质量和几何尺寸进行验收，根底验收合格才能进行安装。

合格要求：

（1）各项质量检测资料齐全；强度符合设计要求；交付安装前应在根底上标出根底中心线、根底标高线。

（2）外观：根底外外表不应有裂纹、露筋、蜂窝等缺陷。

（3）几何尺寸：允许几何尺寸偏差见下表。

根底各部位尺寸允许偏差

序号	项 目		允许偏差
1	根底中心圆直径(Di)		±5mm
2	根底方位		1°
3	相邻支柱根底中心距(S)		±2mm
4	支柱根底上的地脚螺栓中心与根底中心圆的间距(S ₁)		±2mm
5	根底标高	各支柱根底地脚板上外表标高	-3mm
		相邻支柱根底地脚板标高差	3mm
6	单个支柱根底上外表的水平度		2mm

注：Di 为球罐设计内径

5.2 材料验收

1、球罐零部件产品质量证明书及零部件的到货数量与图纸相符。产品质量证明书应包括以下内容：

- （1）球壳板及其组焊件的出厂合格证；
- （2）材料质量证明书；
- （3）材料代用审批文件；
- （4）设计修改通知单；
- （5）无损检测报告。

2、按照施工蓝图技术要求及 GB12337-1998 相关规定对球罐板和柱腿进行几何尺寸验收；并对球罐板外表进行检查，外表不得有裂纹 气泡、结巴

、折叠和夹杂等缺陷，球罐板现场超声复查和测厚（抽查比例不少于球罐板数量的 20%，每带不少于 2 块，上下极各不少于 1 块，合格级别 JB4730-2024 III 级）。球壳板几何尺寸允许偏差见下表。

球壳板几何尺寸允许偏差

项 目	允许偏差(mm)
长度方向弦长 L_1 L_2 L_3	± 2.5
任意宽度方向弦长 B_1 B_2 B_3	± 2
对角线弦长 D	± 3
两条对角线间的距离	5

3、焊条应符合现行国家标准《碳钢焊条》GB/T5117 和现行国家标准《低合金钢焊条》GB/T5118 的规定。焊接材料具有合格证明书，质量证明书应包括熔敷金属化学成分和机械性能报告，并按批号进行了扩散氢复查，扩散氢复检扩散氢含量小于 6ml/100g（E5015-G）。

5.3 技术准备

- 1、各职能部门、管理人员认真熟悉 400m³球罐的施工图纸，做好设计交底和图纸会审工作。
- 2、详细向施工班组进行技术交底。
- 3、向监检机构申报对球罐现场组焊监检所需报检资料（焊接工艺评定、焊接材料质量证明、扩散氢复检报告和施工人员资质等）的准备工作。
- 4、核查无损探伤人员和焊接人员资质。从事球罐焊接的焊工和无损探伤人员必须持有劳动部门颁发的有效合格证书。

5.4 施工现场准备

- 1、道路通：罐区周围设 8-10 米宽的环形道，以备球罐组装时吊车行走。
- 2、电通：从低压配电盘上接出电缆供施工生产用电。
- 3、水通：由供水管网引进施工现场一根 DN80 管子，作为施工生产临时用水。
- 4、施工临设及机具、人员到位。

6 球罐组装

6.1 吊车的选用

该工程球壳板单板最大吊装重 4.7316 吨，最大吊装高度 11 米，球壳板及吊车对应数据见下表：

	赤道带	上极带
--	-----	-----

最大吊装重量	3.5199 吨	4.7316 吨
扒杆高度	22.1 米	22.1 米
回转半径	10 米	10 米
额定载荷	6.6 吨	6.6 吨
核 算	载荷大于吊重[P] >Q	载荷大于吊重[P] >Q

通过以上数据分析，施工时选用 25 吨吊车、载荷重量、吊装高度均能满足球壳板极限重量和高度的要求，可以完成全部吊装任务。因此，球罐组装采用两台 25 吨吊车进行吊装。

6.2 下段支柱安装

根底验收合格后，用吊车将支柱腿吊装就位并拉紧斜拉杆。

6.3 赤道带组装

以 25t 汽车吊为主，吊装组对赤道带。先吊装相邻两块带柱腿的赤道板，与下部柱腿对接后，利用斜拉杆，调整赤道板。为了防止赤道板过长，下端偏重，可用拖拉系于赤道板上端，用倒链进行调整。利用地脚螺栓和拉杆把上下柱腿锁紧，用拖拉绳（3 根）定位找正后，再按板号顺序吊装一块不带柱腿的赤道板插于中间、用卡具固定并调整间隙、错口。然后依次安装带柱腿的赤道板、不带柱腿的赤道板，直至赤道带组装完。

赤道带是单片散装组对的基准，赤道带的组装质量直接影响下道工序的进行，所以在赤道带在组装过程中要及时利用水平管和弧形样板测量组装情况，应用拖拉绳和倒链、工卡具把组装尺寸控制在标准之内。组装完毕后要及时测量组装的椭圆度（小于或等于 50mm）和赤道线的水平度（小于或等于 6mm）。

6.4 下极带边、中板组装

在赤道带组装前应先将下极带三块板按编号顺序、方位吊装至根底中心，为下极带吊装组对提前做好准备。

吊装下极带边板，吊车挂钩应从球体上部穿入，穿过赤道带吊装，吊装到位后用卡具与赤道带下口固定，用拖拉绳固定并调整角度；待两块边板组装完毕，调整球壳板对口间隙、错口、棱角度。然后吊装下极带板中板，与下极带边板固定，调整球壳板对口间隙、错口、棱角度。

6.5 上极带边、中板组装

上极带边、中板组装与组装下极带边、中板的方法相同。上极带中板最后组装。

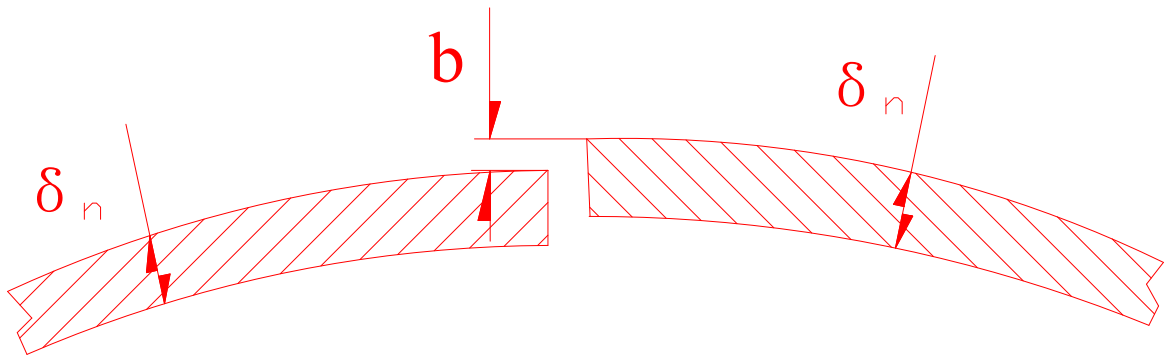
6.6 组装检查

球罐采取分片整体组装的施工方法, 组装完毕后对焊缝错口、角变形及间隙、椭圆度、支柱垂直度进行检查, 并做好纪录, 发现不合格时及时调整。

组装焊缝 100%检查, 每条焊缝 500mm 检查一点; 球罐的椭圆度检查为上、下极各 4 点 (4 条直径), 赤道截面为 8 点 (4 条直径); 支柱垂直度检查为每根支柱各检查径向和周向两个值。

检查方法: 使用焊缝检验尺、样板、钢板尺、经纬仪和直尺。

组对几何尺寸合格要求:



等厚度球壳板组装时的对口错边量

球罐组装尺寸允许偏差一览表

工程		允许偏差
组装焊缝	组对间隙	$2 \pm 2\text{mm}$
	错边量	$\leq 3\text{mm}$
	棱角度	$\leq 7\text{mm}$
赤道带水平偏差	相邻两块赤道板	$\leq 3\text{mm}$
	单块赤道板	$\leq 2\text{mm}$
	任意赤道两块板	$\leq 6\text{mm}$
椭圆度		$\leq 27.6\text{mm}$
垂直度		$\leq 12\text{mm}$

6.7 脚手架结构

采用内外满堂红脚手架（钢管 $\phi 48\text{mm} \times 3.5\text{mm}$ 和钢跳板）及临时组对三角架。

7 球罐焊接

球罐焊接严格执行《压力容器焊接规程》及相关的标准标准。施焊前应根据《承压设备焊接工艺评定》和有关标准核定焊接工艺评定报告，编制焊接工艺卡指导施工。焊条的保管、烘干、发放和使用遵照公司《压力容器现场组焊质量保证手册》（Q/CNPC— YGS G 322.02—2024）中有关规定执行。

7.1 焊接方法

球罐本体、支柱与赤道板的焊接及球罐点焊均采用手工电弧焊分段退焊。

7.2 焊工资格管理

为保证球罐焊接质量，焊工的管理必须符合以下规定：

1、施焊的焊工必须持有国家质量监督检验检疫总局颁发的《锅炉压力容器压力管道焊工考试与管理规则》合格证。本次球罐焊接具体合格位置为：SMAW-II-（1G、2G、3G、4G）-12-F3J，焊工不得超工程施焊。

2、参加球罐焊接的焊工的技术水平须经工程技术质量部的认可。

7.3 焊材的选用

1、手工焊焊条选用 J427（E4315）、J507RH（E5015-G），焊条必须具有质量证明书，各项指标应符合相关国家标准的规定。

2、本次施焊选用以下焊材见下页表：

牌 号	焊条直径	适用范围
E5015-G	$\phi 4.0$	16MnDR 之间的焊接
E4315	$\phi 3.2$ 、 $\phi 4.0$	16MnDR 与碳钢、碳钢与碳钢间之间的焊接

7.4 焊材管理

焊材管理严格与否，直接关系到焊接的质量，因此，焊条的管理必须做到以下几点：

1、扩散氢含量复验。

焊条（E5015-G）使用前，按其批号对扩散氢含量进行复验，扩散氢试验方法应按GB/T3965规定进行测定。E5015-G焊条的扩散氢含量应小于6ml/100g，否则禁止用于球罐焊接。

2、焊材库房设置干湿温度计，确认空气相对湿度应在60%以下，当空气相对湿度在90%以上时，需设置空气去湿机。

3、指定专人负责管理焊材的领取、烘干、发放及回收，焊材的烘干应按产品说明书的要求烘干，说明书无要求时，烘干温度如下：

焊条	烘干温度	时间	备注
E5015、E5015-G	350~400℃	1小时	烘干次数不可超过2次

焊条烘干后置于100℃~150℃恒温箱内。焊条烘干人员应对所烘干焊条批号、时间、数量、规格进行完整记录。烘干后的电焊条，在焊条保温桶搁置4小时以上，应再次烘干。烘干次数限于2次，多则报废，不许用于球罐焊接。对再烘干及报废的焊条应做好明显标识，回收处理。

4、搬卸电焊条时，应防止碰掉药皮、焊条棒受损等情况。不允许使用药皮碰掉、弄脏或变质的焊条，应特别注意勿使电焊条受潮，必须使用充分干燥的焊条。

5、焊条的发放与回收。焊材管理人员，应对每位焊工的焊条发放及回收加以管理，记录发放时间、焊条牌号、直径、数量、焊接位置及回收数量。

7.5 焊前准备

球罐正式焊接前，必须做好如下准备，方可开焊。

按业主要求焊工施焊前应进行资格考试，考试合格后方可上岗作业。

施焊前应搭建防风棚并对焊接区域（坡口外表和两侧至少20mm）除锈、油污等。

焊机所采用的电缆与距离相适应，橡皮电缆应有足够的芯线截面。

多台焊机应装单独的接地线。

焊工需配齐砂轮机、钢丝刷等工具。

在正式焊接前，应办理组装与焊接的工序交接，保证这一停检点的各项指标到达GB12337-1998及GB50094-2024标准要求，并由技术人员对焊工进行球罐焊接技术交底。

焊接工艺评定。我单位已有合格的16MnDR钢手工电弧焊焊接工艺评定，在施工前将按程序报验焊接工艺评定。实际焊接工艺按评定和针对本次工程编写的焊接工艺卡执行。

焊前清理焊接前焊工应用钢丝刷等工具，将焊接区域内的锈斑、油渍等粘附物彻底去除。

球罐预热采用石油液化气火焰加热，焊接前设备应进行试验，保证到达使用要求。

7.6 球壳点焊

点焊可使球罐焊接时减少焊缝变形，需充分重视。

- 1、点焊应用 E5015-G 焊条。
- 2、原那么上点焊在焊缝小坡口一侧进行。
- 3、点焊的焊缝长度 $\geq 80\text{mm}$ ，其间距为 300~500mm。
- 4、点焊应执行球罐手工焊焊接工艺。

7.7 预热及后热消氢处理

根据标准规定，本次球罐焊接必须进行预热及后热消氢处理，具体规定如下：

- 1、预热温度以焊接工艺评定为准，层间温度 100~200℃且不低于预热温度，后热温度 200~250℃，时间 30 分钟；预热范围为焊接接头两侧 120mm。
- 2、测量温度用外表温度计在距焊缝中心 50mm 处对称测量。

编号	厚度	预热温度	后热温度	后热时间
V-103A、B	38mm	100~150℃	200~250℃	30 分钟

7.8 焊接气象管理

当出现以下任一情况，应采用适当有效的保护措施，否那么禁止焊接。

- 1、雨天；
- 2、手工电弧焊时风速超过 8m/s；
- 3、相对湿度在 90%以上。（温度及相对湿度的测量在距球罐外表 0.5~1m 处测定）

7.9 焊接标准及焊层安排

详见焊接工艺卡。

7.10 焊接顺序

球罐焊接顺序遵循“先焊纵缝后焊环缝；先焊赤道带，后焊极带；先焊大坡口一侧，后焊小坡口一侧”的原那么。焊缝大坡口焊完后，选用 8mm 碳棒，进行小坡口一侧的清根。清根需保证缺陷完全去除，经砂轮机打磨除去渗碳层，PT 检查合格后进行小坡口焊接。

本装置 2 台 400m³球罐焊接具体顺序如下：

序号	焊 接 位 置	附属作业内容	备 注
1	赤道带外口	内口清根打磨 PT	
2	上极带中、边板间纵缝外口	内口清根打磨 PT	

3	下极带中、边板间纵缝外口	内口清根打磨 PT	
4	上、下环缝外口	内口清根打磨 PT	
5	赤道带内口		
6	上极带中、边板间纵缝内口		
7	下极带中、边板间纵缝内口		
8	上、下环缝内口		
9	附件焊接		球罐外、内部所有垫板

7.11 焊工分布

赤道带焊接时由多名焊工应均匀分布对称焊接，极带边板、中板焊接时，每条缝由多名焊工对称焊接。

7.12 丁字接头的处理

焊接时应将纵缝焊至环缝坡口内，然后在环缝焊接前，用砂轮机修理丁字接头处使其与环缝坡口一致，再进行环缝焊接。

7.13 气刨清根

焊缝大坡口焊完后，选用 8mm 碳棒，采用碳弧气刨进行小坡口一侧的清根。清根需保证缺陷完全去除，气刨完后经砂轮机打磨除去渗碳层，PT 检查合格后进行小坡口焊接。

7.14 焊接中的控制内容

焊接中的控制直接关系到焊接质量，因此必须对焊接参数和预后热温度严格控制。

1、焊接参数控制。焊接过程中，应有专人对每位焊工焊接的每一层焊缝测量其电流、电压和焊接速度，并作好记录，同时计算出焊接线能量。

2、预后热控制。焊前预热及焊后消氢处理应有专人对温度进行测量和控制并作好记录。

7.15 焊缝检查合格的判定方法及主要要求

球罐焊接后，进行以下工程检查：

- 1、焊缝及热影响区不应有裂纹、气孔、夹渣、凹坑、未焊满、咬边等缺陷。
- 2、球罐对接焊缝 100%进行射线拍片检查，达 JB4730-2024 II 级合格，然后 20%超声波复查（含全部丁字焊缝）I 级合格。
- 3、热处理前，对接焊缝、接管角焊缝内外外表，垫板角焊缝外外表、卡具吊耳去除后焊痕外表，进行 100% MT 检查，按 JB4730-2024 I 级合格。

4、焊缝和热影响区外表不得有裂纹、气孔、咬边、夹渣、凹坑、未焊满等缺陷；外表缺陷修补后，应进行 100% MT 检查，按 JB4730-2024 I 级合格。

5、角焊缝的焊脚尺寸应符合设计图样要求；焊缝的宽度应比坡口每边增宽 1~2mm；

6、对接焊缝的余高应符合下表的要求。

对接焊缝余高 (mm)

坡口深度 (mm)	焊缝余高 (mm)
≤ 12	0~1.5
$12 < \delta \leq 25$	0~2.5
$25 < \delta \leq 50$	0~3

注：坡口深度是指单面焊为母材厚度，双面焊为坡口钝边中点至母材外表的深度，两侧分别计算。

7、球罐焊接后，除外观和焊接质量符合要求外，几何尺寸应符合下表的要求。

球罐焊后几何尺寸允许偏差

项 目	允许偏差
焊缝角变形 (包括错口)	$\leq 10\text{mm}$
球罐椭圆度	$\leq 80\text{mm}$
支柱垂直度	$\leq 50\text{mm}$

7.16 局部修补程序

球罐焊接完成后，假设发现超标缺陷需按以下要求进行处理：

1、球壳外表缺陷，焊缝咬边等，如需用砂轮机修磨时，应打磨平滑或加工成具有圆滑过渡的斜坡。

2、球壳外表缺陷进行焊接修补，当为划伤及成形加工产生的外表伤痕等形状比拟平滑的缺陷时，可直接进行堆焊。如直接堆焊可能导致裂纹产生时，可用砂轮机将缺陷去除后再进行堆焊，堆焊后的外表应打磨平滑，或加工成高度在 1.5mm 以下，具有圆滑过渡的斜坡。

3、对焊缝咬边和焊缝裂纹进行焊接修补时，应先用砂轮机将缺陷去除并修理成便于焊接的凹槽形状，再进行焊接补修，其长度应在 50mm 以上，修补焊道上应加焊一道凸起的回火焊道，回火焊道焊完后，再磨去回火焊道多余的焊缝金属，使其与主体焊缝平缓过渡。

4、内部缺陷修补。内部缺陷的去除应在球壳板厚度的三分之二，即 25mm 以下，如超

过 25

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/808040123013006132>