



团 体 标 准

T/CWAN 0107—2025

储罐浮舱推荐焊接工艺规范

Recommended welding process specification for tank float chamber

2025-07-24 发布

2025-08-01 实施

中国焊接协会 发布

目 次

前 言 II

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语及定义 1

4 基本要求 2

5 焊接 3

6 焊后检查 7

7 密封性检验 7

前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国焊接协会提出并归口。

本文件起草单位：北京博清科技有限公司、中油新疆石油工程有限公司、天津市特种设备监督检验技术研究院、中国机械总院集团哈尔滨焊接研究所有限公司、安徽博清机器人科技有限公司、福建省特种设备检验研究院、哈尔滨工业大学、江苏博清智造工程有限公司、中国能源建设集团黑龙江能源建设有限公司、浙江汉威阀门制造有限公司。

本文件主要起草人：冯消冰、张成杰、马青军、杨志军、武鹏博、朱江、高彦伟、潘百蛙、孙明辉、梁兆鹏、韦晨、黄耀波、王恒、李俐群、边成钢、曹浩、李海龙、黄怡晨、张传虎、胡东海。

储罐浮舱推荐焊接工艺规范

1 范围

本文件规定了储罐浮舱焊接对焊接人员、设备和环境、焊接过程、焊接质量检等方面的技术要求。
本文件适用于储罐浮舱熔化极气体保护焊接。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中、注日期的引用文件、仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件、其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB 9448 焊接与切割安全

GB/T 3375 焊接术语

GB/T 8118 电弧焊机通用技术条件

GB/T 10045 非合金钢及细晶粒钢药芯焊丝

GB/T 17493 热强钢药芯焊丝

GB/T 17853 不锈钢药芯焊丝

GB/T 36233 高强钢药芯焊丝

JB/T 3223 焊接材料质量管理规程

NB/T 47013.2 承压设备无损检测 第2部分：射线检测

NB/T 47013.3 承压设备无损检测 第3部分：超声检测

NB/T 47013.4 承压设备无损检测 第4部分：磁粉检测

NB/T 47013.5 承压设备无损检测 第5部分：渗透检测

NB/T 47014 承压设备焊接工艺评定

NB/T 47018.3 承压设备用焊接材料订货技术条件 第3部分：气体保护电弧焊钢焊丝和填充丝

T/CWAN 0009 焊接术语 熔化焊

TSG Z6002 特种设备焊接操作人员考核细则

TSG Z8001 特种设备无损检测人员考核规则

3 术语及定义

按 GB/T 3375 和 T/CWAN 0009 界定的及以下术语与定义适用于本文件。

3.1

浮顶 floating roofs

随液面变化而上下升降的罐顶，包括外浮顶和内浮顶，主要有单盘式浮顶、双盘式浮顶、敞口隔舱式浮顶、浮筒式浮顶等型式。

4 基本要求

4.1 人员要求

4.1.1 焊接操作人员

a) 焊接操作人员应经过系统的理论学习和培训，具备足够的焊接专业知识和技能，必须按照 TSG Z6002 的规定考核合格，并取得相应项目的资格后，方可在有效期内担任合格项目范围内的焊接工作。

b) 如果焊接操作人员持证手工焊工或者焊机操作工某焊接方法中断浮舱焊接作业 6 个月以上，该手工焊工或者焊机操作工若再运用该焊接方法进行浮舱焊接作业前，应当复审抽考。

c) 焊接操作人员的特种设备作业人员证每 4 年复审一次，首次取得的合格项目在第一次复审时，须重新进行考试，以后复审时，可以在合格项目范围内抽考。

4.1.2 焊接工程技术人员

焊接工程技术人员应具备大专及以上学历，经过焊接专业系统的理论学习和培训。

4.1.3 焊接检验人员

焊接检验人员宜具有 5 年以上焊接相关工作经验，并经培训、考核合格后方能颁发检验资格证书。

4.1.4 无损检测人员

从事无损检测的人员，应按 TSG Z8001 进行考核，并取得相应的资格及证书，方能从事相应的无损检测工作。

4.2 设备要求

4.2.1 焊机

a) 熔化极气体保护焊机应符合 GB/T 8118 的技术要求，焊机应具有良好的动特性，能方便调节焊接规范并能进行稳定焊接工作；

b) 焊机应具有保护气体提前供给、自动引弧、稳弧、电流递增和衰减、自动息弧及保护气延时供给等装置。

c) 焊机应每年进行一次检查，以保持设备完好。熔化极气体保护焊机在安装、搬迁、大修或停止使用 1 年以上时，应进行检定并进行工艺参数确认，合格后方可使用。

d) 若焊接过程使用爬行焊接机器人，机器人应能够与焊机进行通讯，能够按照焊接工艺规范完成焊接作业，并达到相关技术要求。

4.2.2 冷却循环水箱

具有冷热循环作用，进水和出水流量 $> 1.0 \text{ L/min}$ 。

4.2.3 气瓶

气瓶承受压力 $\geq 15 \text{ MPa}$ ，当瓶内气体压力 $\leq 1 \text{ MPa}$ 时，严禁使用。

4.2.4 减压阀

气瓶减压范围 0~25 MPa，应能减压并调节保护气体压力。

4.2.5 流量计

气体流量调节范围 0~25 L/min，应能标定和调节保护气体流量。

4.2.6 焊枪

焊枪应有可靠的导电性能、轻便，可靠，导电性能良好，能输送焊接保护气，形成电弧和实现焊接操作。

4.2.7 焊接电缆

用于连接工件，不应存在破损漏电现象。

4.2.8 送丝机构

焊丝输送机构的送丝速度应能均匀调节，并保证焊接时稳定送给。

4.2.9 面罩

一般选用 8~9 号护目玻璃镜片。

4.2.10 喷嘴

喷嘴和手把与导电部分应有良好的绝缘，喷嘴应能使保护气体有一定的挺度，且以较小的气体消耗量获得焊接区获得良好的保护效果。

4.2.11 网路电压要求

连入的电源网路电压波动范围不应超过额定值的 $\pm 10\%$ ，否则应配备稳压器。

4.3 环境要求

4.3.1 温、湿度

碳钢焊接时环境温度不低于 -20°C ，低合金钢焊接时不低于 -10°C ，不锈钢焊接时不低于 -5°C ，相对湿度一般不大于 70%。

4.3.2 风速

弧焊工作区的最大风速不大于 2 m/s，焊接现场不允许有穿堂风。

4.3.3 噪声

焊接噪声不大于 85 dB。

4.3.4 照明度

焊接操作间照明度不小于 300 lx。

4.4 安全防护

安全防护要求应符合 GB 9448 及其他有关规定。

5 焊接

5.1 焊接工艺

5.1.1 焊接前，施工单位必须有合格的焊接工艺评定报告，焊接工艺评定应符合 NB/T 47014 的有关规定。表 1 给出了储罐浮舱熔化极气体保护焊焊接推荐焊接参数。表 2 给出了储罐浮舱自动焊焊接接头

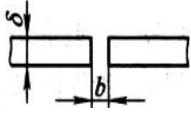
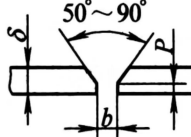
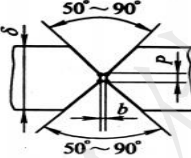
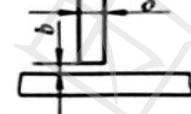
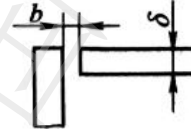
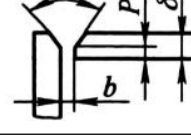
推荐坡口形式，非自动焊接时其坡口形式及尺寸由供需双方协商确定。

5.1.2 施工单位应根据合格的焊接工艺评定报告编制焊接工艺规程，并经现场技术负责人批准。

表1 熔化极气体保护焊推荐焊接参数

材料厚度 mm	焊丝直径 mm	焊接电流 I/A	电弧电压 U/V	气体流量 L/min	焊接速度 mm/min
2.5	1.2	140~150	16~17	15~18	150~200
3.5	1.2	210~220	17~18	15~18	200~250
4.0	1.2	270~290	18~19	18~20	250~300
5.0	1.2	270~290	19~21	20~25	300~400

表2 推荐坡口形式

序号	坡口形式	坡口种类	母材厚度	坡口间隙及钝边
1		无坡口对接	$\delta \leq 1.5\text{mm}$	$b \leq 0.4\text{mm}$
			$1.5\text{mm} < \delta \leq 2\text{mm}$	$b \leq 0.5\text{mm}$
2		单面V型坡口对接	$2.5\text{mm} \leq \delta \leq 6\text{mm}$	$0\text{mm} \leq b \leq 0.5\text{mm}$ $0.5\text{mm} \leq p \leq 1.0\text{mm}$
3		X型坡口	$6\text{mm} \leq \delta \leq 40\text{mm}$	$0\text{mm} \leq b \leq 0.5\text{mm}$ $0.5\text{mm} \leq p \leq 1.0\text{mm}$
4		T型焊	$\delta > 0.5\text{mm}$	$0\text{mm} \leq b \leq 1\delta$
5		无坡口角接	$\delta \leq 1.5\text{mm}$	$b \leq 0.4\text{mm}$
			$1.5\text{mm} < \delta \leq 2\text{mm}$	$b \leq 0.5\text{mm}$
6		V型坡口角接	$2\text{mm} \leq \delta \leq 3\text{mm}$	$0\text{mm} \leq b \leq 0.5\text{mm}$ $0.5\text{mm} \leq p \leq 1.0\text{mm}$

5.2 焊接材料

5.2.1 焊接施工选用的焊接材料应符合设计文件和焊接工艺规程的要求。

5.2.2 焊接材料应具有质量合格证明书，气体保护电弧焊钢焊丝和填充丝应符合 NB/T 47018.3 规定。药芯焊丝除应符合 NB/T 47018.1 外，还应符合 GB/T 10045、GB/T 17493、GB/T 17853 和 GB/T 36233 规定。

5.2.3 焊接材料用有专人负责保管和发放，焊接材料库房的设计和管理应符合 JB/T 3223 的规定。

5.3 焊前准备

5.3.1 坡口制备

焊接接头的坡口制备宜机械切割，坡口应加工平整，不得有夹渣、分层、裂纹等缺陷。。

5.3.2 焊前工作准备和清查

- a) 检查、清理工作区域，焊接操作人员按要求穿好绝缘鞋、防辐射衣服、面罩等劳保用品。
- b) 焊接操作人员按焊接工艺规程和焊接作业指导书核实材料规格及焊丝型号。
- c) 焊接前应检查电源、抽风设备、仪器仪表应接触良好，焊接设备应接地。焊接电缆线不应存在破皮现象，若存在应及时更换。
- d) 焊接前应连接气路装置，连接气瓶、减压器、流量计、软管及电磁阀。打开气瓶，查看气表上显示的壓力值，若低于 1 MPa 应更换气瓶。按焊接工艺规程和焊接作业指导书调节气体流量，打开流量计上的开关前，为了避免流量计的损坏，在开减压器之前必须打开焊枪保护气按钮，由于气体不能突然放进流量计，因此在打开流量计前面的减压器出口开关时，应缓慢、谨慎。
- e) 焊接前应检查水箱的水位，低于中间位置应上表面处理分析间领取蒸馏水，倒入水箱内。
- f) 焊接前应打开循环水箱上的电源开关和水温显示开关。若水温超过 40 °C 应停止焊接，上表面处理分析员处领取蒸留水，倒入水箱。

5.3.3 焊前清理

- a) 焊件坡口及坡口边缘 40 mm 范围内应去除铁锈、水、油等污物，并应充分干燥。
- b) 经表面钝化处理的焊丝可不作清理。焊丝若有污染应先用丙酮清除油污，然后用化学清洗去除氧化膜，冲洗干净并烘干。若表面仅有氧化膜，也可用机械方法(如清洁的刮刀、不锈钢丝刷)去除。
- c) 经清理后的焊件和焊丝应保持清洁、干燥，并及时使用。

5.4 焊件变形预防

5.4.1 在浮顶顶板铺设的同时，采用点焊固定，将铺设好的顶板刚性固定，避免浮顶顶板对接焊缝产生线性缩短的变形，包括纵向缩短和横向缩短。

5.4.2 环板及隔板的焊接采用分段焊，使钢板由于局部受热产生的变形，均匀分布在整条焊缝上，避免因连续焊产生角变形。

5.4.3 桁架的安装可以在顶板铺设时进行，先进行点焊固定，待顶板焊接后，应力全部释放完成剩余部分的焊接。

5.4.4 针对浮顶顶板焊接产生很难修复的凹凸变形首先要制定合理的组装顺序，浮舱顶板铺设顺序为：中幅板→扇形板→异形板。中幅板按照先中心板然后以中心条带分别向两侧进行，顶板铺设搭接宽度按

30 mm 设置。采用对称的结构，有利于整体结构在焊接时受力均匀，大大减少了变形。

5.5 焊接施工

5.5.1 焊接施工应按照批准的焊接工艺规程进行。

5.5.2 当需要焊前预热时，应按焊接工艺规程进行。预热应均匀，预热范围不应小于焊缝中心线两侧各 3 倍板厚，且应不小于 100mm；预热温度应采用测温仪在距焊缝中心线 50mm 处对称测量。焊前预热的焊缝，其焊接层间温度不应低于预热温度。

5.5.3 装配及定位焊应符合以下规定：

a) 焊接接头应避免强行装配，装配时可采用必要的工装夹具，装配尺寸应准确。工卡具等临时焊缝焊接时，不应在非焊接位置引弧和息弧。

b) 定位焊及工卡具的焊接应由合格焊工担任，其焊接工艺应与正式焊接相同，定位焊后应再检查装配间隙、错边量及定位焊缝质量，符合工艺要求后方可施焊。定位焊缝长度一般为 5 mm~10 mm，间距约 100 mm~200 mm，也可视工况而定。若发现定位焊缝有裂纹或其他缺陷时应予去除，重新移位定位焊。

c) 定位焊点不允许有裂纹、烧穿、焊漏，若出现上述缺陷，应进行排除。零件有孔时，定位焊点应布置在距孔边不小于 10 mm 的地方。

5.5.4 焊接时，始端应采用后退起弧法，终端应将弧坑填满。

5.5.5 钢板厚度大于或等于 6mm 组成的搭接角焊缝，应至少焊两遍。

5.5.6 不锈钢焊接时在保证焊透和熔合良好的条件下，应采用线能量较低的焊接工艺，层间温度不宜超过 150℃。

5.5.7 当焊缝需要修补与返修时，应由焊接工程技术人员按设计文件和相关标准制定返修工艺文件，并经现场技术负责人批准。同一部位的返修次数，不宜超过二次，当超过两次时，应查明原因并重新制定返修工艺，并经过现场技术负责人批准。表 3 给出了部分焊接缺陷的名称、可能产生的原因及推荐的修补方法。

表 3 焊接缺陷的名称、可能产生的原因及推荐的修补方法

缺陷名称	产生原因	修补工艺
裂纹	1.焊接工艺性差，存在应力集中。 2.焊缝内应力大。 3.零件准备和装配不良。 4.焊接规范和施焊次序不正确。 5.被焊材料的裂纹敏感性强；焊接材料选用不当或质量不好。	用机械方法去除裂纹，然后用熔焊方法补焊。对于 1.5mm 以下的材料可不必加工，仅在裂纹两端打止裂纹孔即可补焊。
未焊透	1.焊接规范不正确。 2.操作技术不高。 3.零件准备和装配不良。	用机械方法去除未焊透的焊缝，然后用熔焊方法补焊。能在焊缝背面补焊的可直接补焊。
咬边	1.焊接规范不正确。 2.操作技术不高。 3.焊接位置不对。	可用熔焊方法补焊，在许可时也可用机械方法加工使其均匀过渡。

缺陷名称	产生原因	修补工艺
气孔	1.焊丝或保护气体的成分不合要求。 2.焊丝或零件不清洁。 3.保护气体流量不合适，保护效果不佳。 4.操作技术不高。	用机械方法去除气孔，然后用熔焊补焊。 表面气孔也可用机械方法排除。
夹杂物	1.零件或焊丝不清洁。 2.定位点清理不干净。 3.操作技术不高	用机械方法去除夹杂物，然后用熔焊方法补焊。
焊瘤	1.操作规范不正确。 2.操作技术不佳。	用机械方法去除堆积金属。
缩沟	焊接规范不正确，主要是焊接电流过大，焊接速度太快。	可在背面用熔焊方法补焊。在许可时，也可用机械方法加工使其均匀过渡。
烧穿	1.装配间隙大。 2.焊接电流过大。 3.操作技术不熟练。	用机械方法去除烧穿孔洞边缘的金属，然后用熔焊方法补焊。
焊漏	1.焊接规范不正确。 2.装配间隙大 3.操作技术不熟练。	用机械方法去除。
弧坑	操作技术不当	用熔焊方法补焊
焊缝尺寸过大或过小	—	用机械方法去除过大的焊缝， 用熔焊方法补焊过小的焊缝。

6 焊后检查

6.1 焊缝的外观检查

6.1.1 焊缝应进行外观检查，检查前应将熔渣、飞溅清理干净。

6.1.2 焊缝表面及热影响区，不得有裂纹、气孔、夹渣、弧坑和未焊满等缺陷。

6.1.3 对接焊缝的咬边深度，不应大于0.5 mm；咬边的连续长度，不应大于100 mm；焊缝两侧咬边的总长度，不应超过该焊缝长度的10%。

6.1.4 焊缝正面、背面余高过高或向母材急剧过渡时，可采用角磨机对余高进行修整至圆滑过渡。修整余高时应避免过热，防止发生氧化。焊缝尺寸均匀度大于2 mm可用熔焊补焊过小焊缝。

6.2 焊缝无损检测

6.2.1 应根据设计文件和相关标准要求确定无损检测位置。

6.2.2 无损检测方法和合格标准，应符合下列规定：

a) 射线检测应按照NB/T 47013.2的规定执行，检测技术等级不低于AB级，焊接接头质量应不低于标准规定的II级。

b) 超声检测应按照NB/T 47013.3的规定执行，焊接接头质量应不低于标准规定的II级。

c) 磁粉检测应按照NB/T 47013.4的规定执行，磁粉检测应按照NB/T 47013.5的规定执行，焊接接头质量应不低于标准规定的II等级，并且任何部位不得存在任何裂纹和白点。

7 密封性检验

- 7.1 当浮顶底板、单盘板采用单面连续焊缝时，应采用真空箱法进行密封性试验，试验负压值不得低于53 kPa，保持时间不应少于5 s，以无渗漏为合格。
- 7.2 当浮顶底板采用双面连续焊缝时，应在上部焊缝焊完后再焊接下部的连续焊缝；全部焊完后可采用煤油试漏法进行检测，以无渗漏为合格。
- 7.3 浮舱的环板及隔舱板的焊缝，应用煤油试漏法进行严密性试验。浮舱顶板的焊缝，应采用真空箱法进行密封性试验或逐舱鼓入压力为785 Pa (80 mm水柱)的压缩空气进行严密性试验，稳压时间不应小于5 min，均以无渗漏为合格。
- 7.4 单盘式浮顶的所有浮舱和双盘式浮顶具有密封结构的浮舱，应逐舱鼓入压力为785 Pa的压缩空气进行严密性试验，稳压时间不应少于5 min，以无渗漏为合格。
- 7.5 当受结构限制不能采用真空箱法进行密封性试验时，可采用煤油试漏法代替。