

中国焊接协会团体标准

T/CWAN 0049—XXXX

立式储罐无导轨爬壁焊接机器人 焊接工艺规范

Welding process specification of trackless unguided all-position crawling robot for vertical storage tank

（征求意见稿）

（本稿完成时间：2020-11-16）

XXXX-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX 实施

中国焊接协会发布

目 次

1 范围.....	1
2 规范性引用文件.....	1
3 定义和术语.....	1
4 技术要求.....	1
5 焊缝的检验和返修.....	3
6 安全要求.....	4
附录 A 无导轨爬壁焊接机器人焊接工艺卡.....	6

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。

本文件由中国焊接协会提出并归口。

本文件起草单位：。

本文件主要起草人：。

立式储罐无导轨爬壁焊接机器人焊接工艺规范

1 范围

本文件规定了无导轨爬壁焊接机器人在立式储罐焊接中的人员要求、焊接设备、储罐材料、焊接材料、焊接要求和焊接工艺评定、储罐下料、组对要求、焊缝的检测和返修、安全要求。

本文件适用于无导轨爬壁焊接机器人焊接立式储罐。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

GB 50128 立式圆筒形钢制焊接储罐施工规范(GB 50128—2014)

GB/T 709 热轧钢板和钢带的尺寸、外形、重量及允许偏差(GB/T 709—2019)

GB/T 985.1 气焊、焊条电弧焊、气体保护焊和高能束焊的推荐坡口(GB/T 985.1—2008, ISO 9692-1:2008, MOD)

GB/T 8110 气体保护电弧焊用碳钢、低合金钢焊丝(GB/T 8110—2008)

GB/T 19418 钢的弧焊接头 缺陷质量分级指南(GB/T 19418—2003, ISO 5817: 1992, IDT)

NB/T 47013 承压设备无损检测(NB/T 47013.1~NB/T 47013.6—2015, NB/T 47013.7~NB/T 47013.9—2012, NB/T 47013.10~NB/T 47013.13—2015)

NB/T 47014 承压设备用焊接工艺评定(NB/T 47014—2011)

NB/T 47015 压力容器焊接规程(NB/T 47015—2011)

NB/T 47018.1~47018.5 承压设备用焊接材料订货技术条件(含编制说明、带详细书签)(NB/T 47018.1~NB/T 47018.5—2017, (NB/T 47018.6~NB/T 47018.7—2011)

JB/T 3223 焊接材料质量管理规程(JB/T 3223—2017)

T/CWAN 0006 焊材可追溯信息化标识(T/CWAN 0006—2018)

3 定义和术语

下列术语和定义适用于本标准。

3.1

无导轨爬壁焊接机器人 trackless unguided all-position crawling robot

无导轨爬壁焊接机器人是利用磁吸附技术进行焊接作业的特种工业机器人,具备三维曲面爬行技术及自主跟踪焊缝进行焊接能力。

4 技术要求

4.1 人员要求

- a) 参加施焊的设备操作人员应经过培训、考核并取得相应资格证书。
- b) 无损检测人员应具有相应的等级资格证书。

4.2 焊接设备

自动化焊接设备应满足以下要求:

- a) 单独一台设备可以同时满足全位置焊接；
- b) 设备要能适应直径4 m以上的立式储罐，不能另外使用轨道、导向装置；
- c) 采用激光跟踪控制，精度要求控制在 ± 0.2 mm；
- d) 无需预先编程就可以实时跟踪和焊接；
- e) 设备可以长时间工作并能保持控制系统灵敏；
- f) 应具备自检功能，自检异常时闭锁全部操作，并发出报警信息；
- g) 具备监视、设置和记录功能。

装置的显示记录功能应满足以下要求：

- a) 装置应具有设备服役环境工作状态监视功能；
- b) 装置应具有系统运行参数记录和系统状态监视功能；
- c) 装置应具有运行参数和保护定值设置功能；
- d) 装置应具有事件显示及其记录功能。

4.3 储罐材料

应按照业主和监理方的要求及有关标准(GB/T 709—2019)、规范和钢材质量质保书的规定，对储罐母材进行验收，经验收合格后方可投入使用。

4.4 焊接材料

焊接材料的保管、烘干、发放程序应严格按照（JB/T 3223、T/CWAN 0006—2018）严格执行，并认真做好记录，并确保其全程使用过程中可追溯。

焊丝在保管和使用时有下列要求：

a) 室温应控制在 $10^{\circ}\text{C}\sim 15^{\circ}\text{C}$ ，最大相对湿度为60 %。焊丝应存放在干燥、通风良好的库房中，不允许露天存放或放在有害气和腐蚀性介质（如 SO_2 等）的室内。室内应保持整洁。堆放时不宜直接放在地面上，最好放在距离地面和墙壁不小于300 mm的架子或垫板上，以保持空气流通，防止受潮。

b) 开包后焊丝应在48 h内用完。开包后的焊丝要防止其表面被凝结露，或被锈、油脂及其他碳氢化合物所污染，保持焊丝表面干净、干燥。

c) 当焊丝没用完时，需放在送丝机内过夜时，要用帆布、塑料布或其他物品将送丝机（或焊丝盘）罩住，以减少与空气中的湿气接触。

d) 对于72 h以上时间不用的焊丝，要从送丝机内取下。放回原包装内，封口密封，然后再放入具有良好保管条件的仓库中。

4.5 焊接要求和焊接工艺评定

4.5.1 焊接要求

a) 焊前准备：焊接前应检查电源正负极是否按照要求进行连接；检查气管是否连接、漏气，气瓶气压是否足够；检查焊枪导电嘴是否熔化，气体保护嘴是否有堵塞；焊枪不能有小曲率的弯曲。

b) 焊接环境：当施焊环境出现下列情况之一时，应采取有效防护措施，否则不得施焊。①、空气相对湿度 $\geq 90\%$ ；②、风速 $\geq 2\text{m/s}$ 。

c) 储罐壁板焊接应该先焊接立焊缝，再焊接横焊缝，立缝和环缝组对时定位焊处应作虚焊处理，在产品正式施焊时应予以清除。环缝的焊接应该由多台爬行机均匀分布在储罐的焊缝上，并且采用等速、同向、分段退焊的方法进行焊接，立焊缝采用立向上焊接，在多层多道焊接时，层间接头应该间隔50 mm

以上。起弧和收弧的位置需要增加引弧板和收弧板，确保焊缝起弧和收弧缺陷不在焊缝处，在起弧处应加装预留无轨爬壁机车位置的空间。焊接完成后要求去除引弧板和收弧板。

d) 针对不同的坡口形式焊缝背面采用相应的陶瓷衬垫进行焊缝强制成形，焊缝背面严禁使用碳弧气刨清根；如遇到需要返修的情况，使用机械打磨的方式清除。

e) 在横缝和立缝交汇处，即T口位置，三个方向200 mm范围内均不允许起弧停弧。

f) 对于上下不等板厚的横焊缝，焊接时要求焊缝面圆滑过渡，避免应力集中。

g) 焊缝余高按照相关标准进行判定，对于余高过高的部位进行打磨处理，打磨时应该保证焊缝圆滑过渡而避免产生应力集中。

4.5.2 焊接工艺评定

工程施焊前，应具备按照相关规范（NB/T 47014）评定合格的，能全面覆盖该工程项目的焊接工艺评定；并根据合格的工艺评定结果编制焊接工艺卡。推荐的焊接工艺卡形式见附录 A。

4.6 储罐下料

立式储罐在组对方法上分为正装和倒装，对壁罐材料下料进行如下规定：

坡口加工：坡口加工采用等离子切割加工，去除氧化皮。坡口角度立缝为 $22.5^\circ \pm 2.5^\circ$ ，横缝坡口为上坡口 $35^\circ \pm 2.5^\circ$ ，下坡口 $10^\circ \pm 2.5^\circ$ ，下料尺寸按图纸要求进行。

焊前清理：焊前对焊缝两侧20 mm范围内进行机械打磨处理，清除油污、水分、油漆等。

4.7 组对

a) 组对：组对采用氩弧焊进行定位焊，所用焊接材料、工艺及对焊工的要求与正式施焊相同；定位焊长度控制在50 mm-80 mm、焊点间隔控制在300 mm-500 mm为宜，在使用工装卡具进行固定时，焊点应该牢固，卡具间隔范围控制在400 mm；定位焊应焊透并应在坡口内引弧和熄弧，不得划伤母材表面。

b) 根部间隙：罐体在组装时要求对所有对接焊缝在组装时内壁应平齐，在考虑焊接收缩和变形量后，立焊根部间隙控制在4 mm-6 mm，横焊根部间隙控制在3 mm-4 mm，所有板厚相等的焊缝错边量控制在 ≤ 2 mm以内。

c) 垂直度要求：各圈壁板的垂直度不能超过该圈板厚的0.3%。

5 焊缝的检验和返修

5.1 焊缝的检验

a) 焊缝的外观检验

在进行焊缝检验前，需要将焊缝周边的熔渣，飞溅等清理干净；焊缝的表面质量应符合GB/T 19418钢的弧焊接头 缺陷质量分级指南的标准要求。

1、对接焊缝咬边深度不能超过0.5 mm，咬边长度不能超过整个焊缝长度的10%；对于强度 > 390 MPa或者厚度 > 25 mm的焊接接头，不允许有缺陷存在。

2、边缘板厚度 ≥ 10 mm时，底圈壁板与边缘板的T型接头罐内角焊缝靠罐底一侧的边缘应平滑过渡，且不应有咬边缺陷，T型接头角焊缝尺寸应符合设计要求。

3、焊缝高度不能低于母材，焊缝的余高应满足表1要求。

表 1 对接焊缝的余高

板厚 δ (mm)	罐壁焊缝的余高 (mm)		罐底焊缝的余高 (mm)
	纵向	环向	

≤ 12	≤ 1.5	≤ 2	≤ 2.0
$12 < \delta \leq 25$	≤ 2.5	≤ 3	≤ 3.0
$\delta > 25$	≤ 3	≤ 3.5	-

b) 焊缝的无损检测

壁板屈服强度强度 >390 MPa时，应在焊接完成后24 h后再进行无损检测。

1、罐底板的焊缝无损检测：在没有特殊要求和工艺要求时，罐底板检测按照下述要求进行。

①所有焊缝应进行真空箱严密试验，试验负压值 ≥ 53 KPa，无渗漏为合格。

②对于屈服强度 ≥ 390 MPa的罐底边缘板焊缝，在根部焊道焊接完成后应进行渗透检测。在最后一道焊缝焊完后，再次进行渗透检测或磁粉检测。

③厚度 ≥ 10 mm的罐底边缘板，每条对接焊缝外端300 mm，应进行射线检测，厚度 < 10 mm的罐底边缘板，每个焊工施焊的焊缝按照上述方法至少抽检一条进行检测。

④罐底板T型接头根部焊道焊完后，沿三个方向各200 mm范围应进行渗透检测，在全部焊道焊接完成后，再次进行渗透检测或磁粉检测。

2、罐壁板的无损检测：在没有特殊要求和工艺要求时，罐壁板检测按照下述要求进行。

纵向焊缝的检测方法：底圈壁板 ≤ 10 mm时，应从每条焊缝任取300 mm进行射线探伤；板厚大于10 mm且小于25 mm时，应从每条焊缝中任取2个300 mm进行射线探伤，并且有一处靠近底板位置。当板厚 ≥ 25 mm时，每条焊缝应进行100%射线探伤。

其他各圈壁板，当板厚 < 25 mm时，每台设备焊接的各种板厚（板厚差不大于1mm视为相同板厚），在最初的焊接的3 m焊缝的任意部位取300 mm进行射线探伤，以后不考虑设备数量，对每种板厚在每30 m焊缝及其位数内的任意部位取300 mm进行射线探伤，当板厚 ≥ 25 mm时，对纵向焊缝进行100%射线探伤。

当板厚（以T型接头焊缝较薄板厚为准） ≤ 10 mm，底圈壁板除第①项规定外，25%的“T”字焊缝进行射线探伤；其他各圈壁板按第②项中射线检测的25%应位于“T”字焊缝处，当板厚 > 10 mm时，全部“T”字焊缝要进行100%射线探伤。

环向对接焊缝应在每种板厚（以较薄的板厚为准），最初焊接的3m焊缝的任意部位取300 mm进行射线探伤，以后对于每种板厚（以较薄的板厚为准）在每60 m焊缝及其位数内的任意部位取300 mm进行射线探伤；

“T”字焊缝检测位置应包含纵向和环向焊缝各300 mm区域。

5.2 焊缝的返修

当射线检测或者超声检测不合格时，需要对照射线底片或超声位置进行缺陷位置确定。采用机械打磨的办法清除缺陷，不允许使用碳弧气刨的方式清除焊缝缺陷，清除部位应超出缺陷位置，如有需要可以再打磨清除缺陷后进行着色探伤，确保缺陷位置完全清除，再进行返修焊，返修焊接应严格按照返修流程和返修工艺进行返修。返修完成后使用砂轮机打磨直至圆滑。

同一位置的焊缝返修不能超过两次，超过两次后必须经项目总工程师批准并通知监理方。

6 安全要求

a) 无导轨爬壁焊接机器人使用场所不应超过本标准规定的范围。

b) 无导轨爬壁焊接机器人使用场所不应有火灾、爆炸危险的介质、不应有腐蚀、破坏绝缘气体及导电介质、不应充满蒸汽及有严重的霉菌。

c) 户外使用须有防御雨、雪、风、沙的设施。

d) 焊接人员须正确配带劳动保护品。高空作业应戴安全带，磨砂轮带护目镜。

- e) 焊机、烘干机等应一机、一闸、一保护。小型机具应装有漏电保护器。
- f) 罐内焊接应设通风设备。
- g) 高空焊接时，要清理垂直下方10米之内易燃物，焊接完后及时清理焊接现场，防止发生火灾。
- h) 射线探伤时应在周围50 m² 围内设警示标志，并设专人监护。

附录 A 无导轨爬壁焊接机器人焊接工艺卡
(资料性)

单位名称						工艺卡编号																									
项目名称						部件名称																									
环境参数及焊机、焊枪、辅材				热处理参数				接 头 特 性																							
温 度/℃				相对湿度%				预热方式																		母材材质					
气 压/KPa				风速 m/s				预热温度/℃																		材质厚度/mm					
焊机品牌				焊机型号				层间温度/℃				坡口形式																			
焊枪类型				接 口								坡口角度/°																			
正面气体				流 量								接头形式																			
背面气体				L/min								间 隙 R/mm																			
焊接位置				焊剂类型				背面保护				钝 边 N/mm				坡口示意图															
焊机参数										机器人参数																					
焊层道号	焊接方法	焊机程序编号	焊 接 材 料		电特性	V 送丝(m/min)	L 弧长调节	电弧挺度	时间/s	焊枪角度/°		焊 速 (mm/min)	线能量 (KJ/cm)	摆 动 参 数					干 伸 长 度	焊 接 长 度	焊 接 时 间	操 作 时 间									
			焊材牌号	焊材规格		电流范围/A	电压范围/V			向下	偏左			左 停 /s	左摆速 mm/s	摆 幅 mm	右摆速 mm/s	右 停 /s													
其他事项																															
1	焊前检查工件及坡口清理情况；注意对口质量，防止错口、折口； 选择合理的施焊顺序；																														
2	注意层间清理和焊后自检，注意检查工件隐蔽位置焊缝质量；																														
3	施工过程中不能损伤管件；严禁在管件表面引弧和试验电流，引弧应在坡口内进行；																														
4	定位焊工艺和施焊工艺应相同；注意焊缝接头和收弧质量。																														
记录人				编制				审核				批准																			