

T/JXEA

江西省工程师联合会团体标准

T/JXEA 240—2026

长输油气管道全自动焊接工艺评定及现场应用规范

Specification for Qualification and Field Application of Fully Automatic
Welding Processes for Long-distance Oil and Gas Pipelines

（征求意见稿）

2026 - XX - XX 发布

2026 - XX - XX 实施

目 录

前 言	3
引 言	4
1. 范 围	5
2. 规范性引用文件	5
3. 术语和定语	5
4. 基本规定	6
5. 焊接材料要求	7
6. 焊接设备要求	7
7. 工艺评定准备	8
8. 工艺评定程序	9
9. 力学性能试验	10
10. 无损检测要求	10
11. 现场焊接通用要求	11
12. 特殊环境焊接	12
13. 焊接质量控制	12
14. 现场接头检验	13
15. 人员资质要求	14
16. 安全环保要求	14
17. 记录与归档	15
18. 验收与交付	15

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。

请注意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。

本文件由江西省工程师联合会提出并归口。

本文件起草单位：

本文件主要起草人：

引言

在构建国家现代能源体系的宏大战略中，长输油气管道作为能源输送的“大动脉”，其建设质量直接关乎国家能源供应的安全底线与战略稳定。随着我国油气行业迈入高质量发展的新阶段，长输油气管道建设规模持续扩大，且不断向大口径、高钢级、高压及复杂地质环境延伸，这对管道焊接技术提出了极为严苛的挑战。全自动焊接技术凭借其卓越的施工效率、极高的质量稳定性以及优异的一致性，已成为当前长输油气管道建设领域的核心技术与必然趋势。特别是近年来，随着“全地形、全口径”自动焊装备的迭代升级与焊接工艺的持续优化，我国管道建设已逐步跨越传统人工焊的瓶颈，实现了施工效能与焊缝质量的双重飞跃。

然而，在全自动焊接技术大规模推广应用的背后，行业仍面临着标准体系相对滞后的现实困境。目前，针对长输油气管道全自动焊接的工艺评定及现场应用，尚缺乏一套统一、严谨且覆盖全链条的技术规范。不同施工主体在工艺评定方法、关键指标界定以及现场实操规程上存在差异，这种技术执行的“非标化”状态，在一定程度上给焊接质量的长期可靠性埋下了隐患。

为了破解这一行业痛点，全面提升长输油气管道的焊接质量与本质安全水平，制定一套科学、系统且具备高度实操性的全自动焊接工艺评定及现场应用规范显得尤为迫切。本标准立足于国内外长输油气管道全自动焊接技术的最前沿，在深入调研技术发展现状、系统总结大量工程实践经验的基础上编制而成。标准对全自动焊接工艺评定的全流程、评定方法的科学性、核心指标的严苛度，以及现场应用的操作规范、质量过程控制等方面均作出了明确规定。本标准的发布与实施，将为长输油气管道全自动焊接施工提供坚实的技术依据与行动指南，有力推动我国油气管道建设行业向更加规范化、标准化、智能化的方向迈进。

长输油气管道全自动焊接工艺评定及现场应用规范

1. 范围

本文件规定了长输油气管道全自动焊接工艺评定及现场应用的全部要求。涵盖焊接工艺评定的流程、方法、评定指标，以及现场应用过程中的焊接操作、质量控制、安全保障等方面内容。

本文件适用于新建、改建、扩建的长输油气管道工程中，采用全自动焊接工艺的管道焊接作业。包括但不限于管道主体焊接、管件焊接、返修焊接等环节。适用于各类材质的长输油气管道，如碳钢、合金钢等。同时，适用于长输油气管道工程的建设单位、施工单位、监理单位、检测单位等相关方在焊接工艺评定及现场应用过程中的技术与管理实践。长输油气管道全自动焊接工艺评定及现场应用规范对于保障管道焊接质量、提高施工效率、确保管道安全运行具有重要意义。通过明确各项要求，可有效规范焊接作业，减少质量隐患，提升长输油气管道建设的整体水平。

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/T 9711-2017 石油天然气工业 管线输送系统用钢管

GB 50369-2014 油气长输管道工程施工及验收规范

SY/T 4103-2006 钢质管道焊接及验收

SY/T 0452-2012 石油天然气金属管道焊接工艺评定

SY/T 6423.1-2017 石油天然气工业 钢管无损检测方法 第1部分：焊接钢管焊缝缺欠的射线检测

SY/T 6423.2-2017 石油天然气工业 钢管无损检测方法 第2部分：焊接钢管焊缝纵向和/或横向缺欠的超声检测

GB/T 2650-2008 焊接接头冲击试验方法

GB/T 2651-2008 焊接接头拉伸试验方法

3. 术语和定语

下列术语和定义适用于本文件。

1 长输油气管道

指产地、储存库、使用单位间的用于输送油气介质的管道。

2 全自动焊接

借助自动化设备，按预定程序完成焊接全过程的焊接方法。

3 焊接工艺评定

为证明焊接工艺的正确性和可靠性进行的试验及结果评价。

4 焊接接头

由两个或两个以上零件用焊接方法连接的结合部分。

5 预热温度

焊接开始前，焊件待焊部位的温度。

6 层间温度

多层多道焊时，在施焊后继焊道之前，其相邻焊道的温度。

4. 基本规定

本部分规定长输油气管道全自动焊接及工艺评定工作应遵循的通用原则与要求，符合 GB 50369《油气长输管道工程施工规范》相关要求。

焊接作业需符合施工区域安全管控标准，划定专属作业区并设置警示标识。

焊接操作人员需持有效特种设备焊接操作人员资格证书，持证范围覆盖对应焊接工艺。

全自动焊接设备需经校准合格后方可投入使用，设备参数需符合工艺文件要求。

焊接过程需留存完整的过程记录，包括设备参数、焊接时间、操作人员信息等。

工艺评定需覆盖工程所用的全部焊接工艺，确保工艺适用性满足设计要求。

焊接环境需符合规范要求，风速、湿度、温度等参数需满足焊接材料使用条件。

不合格焊接接头需按照既定流程进行返修，返修工艺需重新进行工艺评定验证。

焊接材料的储存、发放、回收需建立台账，实现全流程可追溯。

现场焊接作业需编制专项施工方案，经技术负责人审批后方可实施。

4.1 二级标准

焊接人员管理要求；焊接设备管控要求；焊接环境控制要求；焊接记录管理要求；工艺评定覆盖范围要求；不合格接头返修要求；焊接材料追溯要求；专项施工方案编制要求

4.2 三级标准

焊接人员管理要求操作人员需持特种设备焊接作业证，证书有效期内且覆盖对应焊接工艺；焊接设备管控要求设备需经计量校准，运行参数需与工艺文件设定值偏差不超过 $\pm 2\%$ ；焊接环境控制要求风速 $\geq 2\text{m/s}$ 时需采取防风措施，相对湿度不得大于90%；焊接记录管理要求需记录焊接电流、电压、送丝速度等参数，记录保存期限不少于5年；工艺评定覆盖范围要求需覆盖管材壁厚范围、管径范围、焊接位置等全部工艺参数；不合格接头返修要求同一部位返修次数不得超过2次，返修工艺需经技术负责人批准；焊接材料追溯要求需建立材料出入库台账，记录批号、使用数量、剩余材料回收情况；专项施工方案编制要求方案需包含焊接工艺参数、安全措施、应急处置流程等内容

5. 焊接材料要求

本部分规定全自动焊接用焊丝、保护气体等材料的选型、检验及储存要求。

焊丝选型需匹配管材材质与焊接工艺，抗拉强度需不低于管材母材标准值。

保护气体需符合焊接工艺要求，氩气纯度不得低于 99.99%，混合气体比例需精准控制。

焊接材料需提供出厂质量证明文件，进场时需进行外观检查与化学成分复验。

焊丝储存需放置于干燥通风的库房，环境温度控制在 10℃~30℃，相对湿度≤60%。

保护气体气瓶需远离热源，存放区域需设置防倾倒装置，避免阳光直射。

焊接材料发放需遵循先进先出原则，发放前需检查包装完整性与有效期。

剩余焊接材料需及时回收并分类存放，做好标识防止混用。

焊接材料的复验项目需包括化学成分、力学性能等，复验批次需符合规范要求。

不同批次的焊接材料需单独存放，做好批次标识以便追溯。

5.1 二级标准

焊丝选型要求；保护气体要求；材料进场检验要求；焊丝储存要求；保护气体储存要求；材料发放管理要求；剩余材料回收要求；焊接材料复验要求

5.2 三级标准

焊丝选型要求需选用与母材匹配的实芯焊丝，碳当量偏差不得超过母材标准值的±0.02%；保护气体要求混合气体配比需符合工艺要求，氧气含量偏差不得超过设定值的±0.5%；材料进场检验要求每批次焊丝需抽取3%进行外观检查，不合格率不得超过5%；焊丝储存要求焊丝需放置于防潮货架上，货架高度不得低于0.3m，远离地面与墙面；保护气体储存要求气瓶需直立存放，存放区域与动火点距离不得小于10m；材料发放管理要求发放时需核对材料批号与使用部位，做好发放记录；剩余材料回收要求回收的焊丝需清理表面污渍，重新包装后存放于原批次区域；焊接材料复验要求每20吨焊丝为一个复验批次，复验项目需包含拉伸、弯曲试验

6. 焊接设备要求

本部分规定全自动焊接设备的选型、调试、校准及日常维护管理要求。

全自动焊接设备需具备参数实时采集与存储功能，确保焊接过程可追溯。

设备选型需匹配焊接工艺要求，包括焊接电流范围、电压范围、送丝速度范围等。

设备安装调试需由专业人员进行，调试完成后需进行试焊验证参数稳定性。

设备校准需每年至少进行一次，校准项目包括电流、电压、送丝速度等参数。

日常维护需每日进行，包括设备清洁、线缆检查、参数设置核对等工作。

设备故障维修需由专业人员负责，维修完成后需进行校准与试焊验证。

设备需建立设备台账，记录设备编号、安装时间、校准时间、维护记录等。

备用设备需定期进行试运转，确保随时可投入使用，备用比例不低于20%。

焊接设备的参数设置需由专人负责，其他人员不得随意修改参数。

设备搬迁后需重新进行校准与调试，合格后方可投入使用。

6.1 二级标准

设备选型要求；设备调试要求；设备校准要求；日常维护要求；故障维修要求；设备台账管理；备用设备管理；参数设置管控

6.2 三级标准

设备选型要求需选用额定焊接电流不小于 300A 的全自动焊接设备，适配管径范围覆盖工程所用管材；设备调试要求调试时需设置标准焊接参数，试焊 3 个试件并检测焊缝外观质量；设备校准要求校准需使用经计量认证的标准仪器，参数偏差需控制在±1%以内；日常维护要求每日作业前需检查送丝机构润滑情况，清理焊枪内的飞溅物；故障维修要求维修后需填写设备维修记录，记录故障原因、维修措施、维修人员信息；设备台账管理台账需包含设备历次校准报告，校准报告保存期限不少于设备使用周期；备用设备管理备用设备需每月进行一次试运转，试运转时间不少于 30 分钟；参数设置管控参数修改需经技术负责人批准，修改后需留存修改记录与审批文件

表 1 设备选型与安装调试规范

管理环节	核心配置与操作要求	技术与实施规范
设备选型	匹配焊接工艺要求	重点考量焊接电流、电压、送丝速度等核心参数的适配范围，确保设备满足产能与质量标准
功能配置	具备参数实时采集与存储功能	设备需支持焊接过程数据的自动记录与导出，确保每一道焊缝的工艺参数均可追溯
安装调试	由专业人员负责，完成后需试焊	严禁非专业人员私自安装；调试后必须进行试焊，验证参数稳定性与焊接质量

7. 工艺评定准备

本部分规定焊接工艺评定前的母材选择、坡口加工及试件组对要求。

母材需选用工程所用的同一牌号、同一规格的管材，母材质量证明文件需齐全。

坡口加工需采用机械加工方式，坡口角度需符合焊接工艺要求，偏差不得超过±2°。

坡口表面需清理干净，去除油污、铁锈、氧化皮等杂质，露出金属光泽。

试件组对需保证同轴度偏差不得超过管材壁厚的 10%，且不大于 2mm。

组对间隙需符合工艺要求，偏差不得超过±0.5mm，错边量不得超过壁厚的 10%。

母材需进行抽样复验，复验项目包括化学成分、力学性能等，复验结果需符合标准要求。

坡口加工后的试件需做好标识，避免混用，标识内容包括母材批号、坡口形式等。

试件组对前需检查坡口尺寸，不符合要求的需重新加工。

组对时需采用定位焊固定，定位焊的焊接工艺需与正式焊接工艺一致。

定位焊的焊点数量需根据管材管径确定，管径≤600mm 时焊点数量不少于 3 个。

7.1 二级标准

母材选择要求；坡口加工要求；坡口清理要求；试件组对要求；母材复验要求；试件标识管理；坡口尺寸检查；定位焊要求

7.2 三级标准

母材选择要求需选取同一熔炼号的管材，母材壁厚偏差需符合 GB/T 9711 标准要求；坡口加工要求坡口加工精度需达到 $Ra \leq 12.5 \mu m$ ，坡口钝边厚度偏差不得超过 $\pm 0.3mm$ ；坡口清理要求清理时需使用钢丝刷或砂纸，清理范围不小于坡口两侧各 20mm 区域；试件组对要求组对时需使用专用组对工装，确保管口对齐度偏差不超过 1mm；母材复验要求每批次母材需抽取 1 个试件进行拉伸试验，屈服强度实测值不得低于标准值；试件标识管理标识需采用钢印或记号笔，清晰标注试件编号、坡口形式、组对日期等信息；坡口尺寸检查检查内容包括坡口角度、钝边高度、间隙尺寸，每 10 个试件抽查 1 个；定位焊要求定位焊长度不得小于 30mm，焊点间距均匀分布，焊点需打磨平整

8. 工艺评定程序

本部分规定焊接工艺评定的申请、施焊、检验及报告编制审核流程。

焊接工艺评定需由具备资质的技术人员提出申请，填写工艺评定申请表。

申请表需包含母材信息、焊接材料信息、焊接设备信息、焊接工艺参数等内容。

施焊前需对试件、焊接设备、焊接材料进行再次检查，确认符合要求。

施焊过程需严格按照工艺文件要求进行，实时记录焊接参数变化情况。

焊接完成后需对试件进行外观检查，外观质量需符合规范要求。

外观检查合格后需进行无损检测，检测比例为 100%，检测标准需符合相关规范。

无损检测合格后需进行力学性能试验，试验项目包括拉伸、弯曲、冲击等。

力学性能试验结果需符合标准要求，不合格项目需重新进行试验。

试验完成后需编制焊接工艺评定报告，报告需包含全部试验数据与结果。

报告编制完成后需经技术负责人审核签字，加盖单位公章后方可生效。

8.1 二级标准

评定申请要求；施焊前检查；施焊过程管控；外观检查要求；无损检测要求；力学性能试验；报告编制；报告审核

8.2 三级标准

评定申请要求申请需附母材质量证明文件、焊接材料质量证明文件等相关资料；施焊前检查需检查焊接设备校准有效期，确认参数设置与工艺文件一致；施焊过程管控每道焊缝需记录 3 次以上焊接参数，参数波动范围不得超过设定值的 $\pm 5\%$ ；外观检查要求检查焊缝余高需在 0~3mm 范围内，表面不得有气孔、裂纹等缺陷；无损检测要求需采用射线检测或超声检测，检测等级需符合 GB/T 30583 标准要求；力学性能试验拉伸试验需按照 GB/T 228.1 执行，弯曲试验需按照 GB/T 232 执行；报告编制要求报告需包含试件信息、焊接参数、试验结果、评定结论等内容；报告审核要求审核需在 3 个工作日内完成，审核意见需书面记录并存档

9. 力学性能试验

本部分规定焊接接头拉伸、弯曲、冲击等力学性能试验的方法与判定标准。

拉伸试验需按照 GB/T 228.1 标准执行，试样需取自焊接接头的焊缝中心位置。

拉伸试验的加载速度需控制在 1~5mm/min，试验结果需记录最大载荷与断后伸长率。

9.1 拉伸试验的合格判定标准为

抗拉强度不低于母材标准值的 95%，断后伸长率不低于母材标准值的 90%。

弯曲试验需按照 GB/T 232 标准执行，试样需取自焊缝中心与热影响区位置。

弯曲试验的弯曲角度为 180°，弯曲半径需符合标准要求，试样表面不得出现裂纹。

冲击试验需按照 GB/T 229 标准执行，试样需取自热影响区位置，试验温度需符合设计要求。

9.2 冲击试验的合格判定标准为

冲击功平均值不低于标准规定值，单个试样冲击功不低于标准值的 70%。

硬度试验需按照 GB/T 4340 标准执行，测试位置需包括焊缝、热影响区、母材等区域。

9.3 硬度试验的合格判定标准为

焊缝硬度不得超过母材硬度的 120%，热影响区硬度不得超过母材硬度的 150%。

9.4 二级标准

拉伸试验要求；弯曲试验要求；冲击试验要求；硬度试验要求；试样截取要求；试验环境控制；试验结果判定；试验记录管理

9.5 三级标准

拉伸试验要求试样标距长度需为 50mm，试样宽度偏差不得超过±0.1mm；弯曲试验要求试样厚度需为 10mm，弯曲后试样表面裂纹长度不得超过 1.5mm；冲击试验要求每组试样数量为 3 个，试验温度需与设计要求偏差不超过±2℃；硬度试验要求每个测试点需重复测量 3 次，取平均值作为最终结果；试样截取要求试样需采用线切割方式截取，避免热影响导致试样性能变化；试验环境控制试验环境温度需控制在 10℃~35℃，相对湿度不得大于 80%；试验结果判定所有试验项目均需符合标准要求，方可判定为合格；试验记录管理试验记录需包含试验日期、设备编号、试验人员、试验数据等信息

10. 无损检测要求

本部分规定焊接接头无损检测的方法、比例及合格判定准则。

射线检测需按照 GB/T 30583 标准执行，检测比例为 100%，检测等级为 AB 级。

10.1 射线检测的合格判定标准为

不允许存在裂纹、未熔合、未焊透等缺陷，气孔直径不得大于 1mm。

超声检测需按照 GB/T 5777 标准执行，检测比例为 100%，检测灵敏度需达到Φ2mm 横孔。

10.2 超声检测的合格判定标准为

不允许存在面积大于 10mm^2 的条形缺陷，单个圆形缺陷直径不得大于 3mm 。

磁粉检测需按照 GB/T 2390 标准执行，检测比例为 10%，检测部位为焊缝及热影响区。

10.3 磁粉检测的合格判定标准为

不允许存在裂纹、夹渣等缺陷，磁痕显示长度不得大于 1mm 。

渗透检测需按照 GB/T 18851 标准执行，检测比例为 5%，检测部位为焊缝表面。

10.4 渗透检测的合格判定标准为

不允许存在裂纹、针孔等缺陷，渗透痕迹长度不得大于 0.5mm 。

无损检测人员需持有效资格证书，检测操作需符合规范要求。

无损检测报告需包含检测部位、检测方法、检测结果、判定结论等内容。

10.5 二级标准

射线检测要求；超声检测要求；磁粉检测要求；渗透检测要求；检测比例要求；检测人员资质；检测报告管理；缺陷判定准则

10.6 三级标准

射线检测要求曝光参数需根据管材壁厚调整，焦距不得小于 600mm ；超声检测要求探头频率需为 5MHz ，扫描速度需与校准试块一致；磁粉检测要求检测前需将焊缝表面清理干净，磁悬液浓度需控制在 $1\sim 3\text{mL/L}$ ；渗透检测要求渗透时间需为 $10\sim 30$ 分钟，显像时间需为 $5\sim 10$ 分钟；检测比例要求现场焊接接头检测比例为 100%，返修后的接头需再次进行 100%检测；检测人员资质检测人员需持有 II 级及以上资格证书，证书有效期内；检测报告管理报告需由检测人员签字，技术负责人审核后加盖检测专用章；缺陷判定准则所有缺陷均需按照标准要求评级，不合格缺陷需进行返修处理

11. 现场焊接通用要求

规定长输油气管道现场全自动焊接的施工准备及组对施焊要求。

施工准备

11.1 管材进场验收

查验管材材质单、出厂合格证，按批次进行光谱分析、水压试验，合格率 100%；

11.2 焊材管理

焊材存放于温度 $\geq 5^\circ\text{C}$ 、相对湿度 $\leq 60\%$ 的库房，使用前按说明书进行烘焙，保温时间 $\geq 2\text{h}$ ；

11.3 设备调试

焊接设备开机前进行电压、电流校准，坡口加工设备精度误差控制在 $\pm 0.2\text{mm}$ 以内；

组对要求

管道对口间隙控制在 $2.0\text{mm}\sim 3.0\text{mm}$ ，错边量 $\leq 5\%$ 壁厚且不大于 2mm ；

坡口形式采用 V 型，坡口角度 $55^\circ \pm 2^\circ$ ，钝边厚度 $1.0\text{mm}\sim 1.5\text{mm}$ ；

组对前清除坡口两侧 20mm 范围内的油污、锈迹，露出金属光泽；

施焊要求

焊接前预热至 80℃~120℃，预热区域宽度为坡口两侧各 3 倍壁厚；

焊接电流设定为 180A~220A，电弧电压 22V~26V，焊接速度 80mm/min~120mm/min；

每层焊道厚度不大于 4mm，盖面焊道余高 0.5mm~2.0mm，宽度覆盖坡口两侧各 1.5mm；

11.4 焊道清理

每道焊层完成后采用钢丝刷清理焊渣，目视检查无裂纹、气孔缺陷后方可进行下一层焊接；

11.5 定位焊

定位焊长度 30mm~50mm，间距 300mm~500mm，焊脚高度为设计焊脚的 2/3，不得有裂纹、夹渣缺陷；

11.6 焊接环境

风速 $\leq 5.4\text{m/s}$ ，相对湿度 $\leq 90\%$ ，环境温度 $\geq -5^\circ\text{C}$ ，超出范围需采取防护措施

12. 特殊环境焊接

规定大风、低温、高湿等特殊环境下的现场焊接作业要求。

大风环境焊接

风速 $\geq 5.5\text{m/s}$ 时搭设防风棚，防风棚采用阻燃帆布材质，通风量控制在 $10\text{m}^3/\text{min}\sim 15\text{m}^3/\text{min}$ ；

焊接设备加装防风罩，电弧稳定性误差控制在 $\pm 3\%$ 以内；

防风棚内温度维持在 10°C 以上，避免焊道骤冷产生裂纹；

低温环境焊接

环境温度 $\leq -5^\circ\text{C}$ 时，采用电加热毯预热，预热温度提升至 $100^\circ\text{C}\sim 150^\circ\text{C}$ ，预热区域宽度扩大至坡口两侧 4 倍壁厚；

焊接过程中焊道温度不低于 80°C ，焊接完成后采用保温棉覆盖，保温时间 $\geq 30\text{min}$ ；

高湿环境焊接

相对湿度 $\geq 90\%$ 时，焊材烘焙时间延长至 3h，保温桶内温度维持在 $100^\circ\text{C}\sim 150^\circ\text{C}$ ；

焊接区域搭建防雨棚，内部安装除湿机，空气湿度控制在 60% 以下；

焊接设备加装防潮罩，每日作业前进行绝缘测试，绝缘电阻 $\geq 2\text{M}\Omega$ ；

雨雪环境焊接

雨雪天气停止露天焊接作业，确需作业时搭设全封闭防雨棚，棚内温度 $\geq 10^\circ\text{C}$ ，且配备排水设施；

焊接前清除管材表面的水渍、冰霜，采用火焰加热器烘干，温度控制在 $80^\circ\text{C}\sim 100^\circ\text{C}$ ；

雾天环境焊接

能见度 $\leq 50\text{m}$ 时停止焊接作业，采用照明设备提升作业面亮度，照度 $\geq 500\text{lux}$

13. 焊接质量控制

明确现场全自动焊接过程中的质量监控要点与管控措施。

过程巡检

专职质检员每 2 小时对焊接参数进行一次抽查，参数偏差超出范围立即停机整改；

每日作业前进行焊接设备校准，电流、电压误差控制在 $\pm 2\%$ 以内；

焊道外观检查采用 5 倍放大镜，表面裂纹、气孔、夹渣缺陷不允许存在；

无损检测

每周进行一次无损检测设备校准，灵敏度符合 JB/T 4730 要求； γ 射线检测比例 $\geq 10\%$ ，检测等级为 AB 级，合格级别为 II 级；

超声波检测比例 $\geq 5\%$ ，检测灵敏度 $\geq \phi 2\text{mm}$ 横孔，合格级别为 II 级；

13.1 缺陷处理

发现超标缺陷时采用碳弧气刨清除，打磨至母材光泽后重新焊接，返修次数不超过 2 次；

参数监控

焊接设备配备数据采集系统，实时记录焊接电流、电压、速度等参数，存储时间 ≥ 6 个月；

每台设备每日生成焊接参数报表，由质检员签字确认后方可结束当日作业；

13.2 异常报警

焊接参数偏离设定值时设备自动停机，报警信号传输至现场监控终端

14. 现场接头检验

规定现场焊接完成后接头的检验项目、方法及合格判定标准。

外观检验

焊道余高 $0.5\text{mm} \sim 2.0\text{mm}$ ，宽度覆盖坡口两侧各 $1.5\text{mm} \sim 2.0\text{mm}$ ；

表面不得有裂纹、气孔、夹渣、弧坑等缺陷，咬边深度 $\leq 0.5\text{mm}$ ，连续长度 $\leq 100\text{mm}$ ；

采用直尺测量错边量，错边量 $\leq 5\%$ 壁厚且不大于 2mm ；

无损检测

14.1 射线检测

采用 X 射线或 γ 射线照射，检测长度为全部焊口，合格级别为 II 级；

14.2 超声波检测

对射线检测不合格的焊口进行复检，检测比例提升至 100% ，合格级别为 II 级；

14.3 耐压试验

焊后 24h 进行水压试验，试验压力为设计压力的 1.5 倍，保压时间 $\geq 30\text{min}$ ，无泄漏、无变形为合格；

14.4 金相检验

对关键焊口进行金相分析，晶粒尺寸 $\leq 0.05\text{mm}$ ，无过热组织；

合格判定

外观检验、无损检测、耐压试验全部合格后方可判定为合格；

任一检验项目不合格，需对该焊口及相邻 2 个焊口进行复检，复检仍不合格则判定该段管道焊接质量不合格

15. 人员资质要求

规定全自动焊接作业及工艺评定相关人员的资质与能力要求。

焊接操作人员

持有特种设备作业人员证（焊接作业），持证项目涵盖自动焊操作；

累计自动焊焊接作业时间 $\geq 500\text{h}$ ，无质量事故记录；

每年进行一次技能考核，考核内容包括焊接参数设置、缺陷处理、外观质量控制；

质量管理人员

持有中级及以上职称，从事焊接质量管理工作 ≥ 3 年；

熟悉长输油气管道焊接工艺评定标准，掌握无损检测、质量验收规范；

每年参加一次质量管理培训，培训时长 ≥ 40 学时；

工艺评定人员

持有焊接工程师资格证，从事焊接工艺评定工作 ≥ 5 年；

熟悉全自动焊接设备操作、焊接参数优化、工艺评定报告编制；

每年进行一次工艺评定技能考核，考核内容包括工艺方案制定、数据记录、报告审核；

设备操作人员

持有机电设备操作证，熟悉焊接设备的调试、维护、故障排除；

累计自动焊设备操作时间 $\geq 300\text{h}$ ，每年进行一次设备操作考核

16. 安全环保要求

规定全自动焊接作业过程中的安全操作规范及环境保护措施。

安全操作规范

焊接作业人员佩戴安全帽、焊接面罩、防火手套，绝缘鞋，防护用品符合 GB 2811 要求；

焊接设备接地电阻 $\leq 4\Omega$ ，每日作业前进行接地测试，不合格不得使用；

现场配备 2 具 4kg 干粉灭火器、1 套消防沙箱，消防距离不大于 50m；

高空焊接作业时系挂双钩安全带，作业面下方设置防火隔离网，高度 $\geq 2\text{m}$ ；

临时用电采用 TN-S 系统，电缆架空高度 $\geq 2.5\text{m}$ ，埋地深度 $\geq 0.7\text{m}$ ，穿管保护；

环境保护措施

焊接烟尘采用移动式烟尘净化器处理，净化效率 $\geq 95\%$ ，排放浓度 $\leq 10\text{mg}/\text{m}^3$ ；

焊渣、废焊条头统一收集至专用垃圾桶，每日清运至合规危废处理场所；

施工区域设置沉淀池，清洗废水经沉淀处理后循环使用，循环利用率 $\geq 80\%$ ；

夜间施工采用低噪声照明设备，噪声值 $\leq 70\text{dB(A)}$ ，避免影响周边居民

17. 记录与归档

规定焊接工艺评定及现场焊接相关记录、档案的归档保存要求。

工艺评定记录

包括焊接工艺评定委托书、焊接工艺方案、焊接参数记录、无损检测报告、力学性能试验报告；

记录内容涵盖管材材质、焊材型号、焊接电流、电压、速度、预热温度、后热温度；

每份记录编号唯一，保存期限 ≥ 10 年；

现场焊接记录

包括焊口编号、焊接日期、操作人员姓名、焊接参数、外观检验记录、无损检测报告；

每日作业生成当日焊接记录报表，由质检员、班组长签字确认；

记录采用纸质版和电子版双备份，纸质版存档于项目档案室，电子版存储于云端服务器；

归档要求

所有记录按焊口编号顺序整理，装订成册，封面标注项目名称、焊口范围、归档日期；

归档文件包括施工组织设计、焊接工艺评定报告、质量检验报告、安全验收记录；

档案保存环境温度 $15^{\circ}\text{C}\sim 25^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度 $40\%\sim 60\%$ ，避免阳光直射；

17.1 借阅管理

档案借阅需填写借阅单，归还时间不超过 7 天，不得涂改、损毁档案

18. 验收与交付

规定长输油气管道全自动焊接工程的验收程序与交付要求。

验收程序

施工单位提交验收申请报告，附全套焊接记录、无损检测报告、工艺评定报告；

建设单位组织监理单位、施工单位、设计单位进行现场验收，查验焊口外观、资料完整性；

按照比例进行抽样复检，复检比例 $\geq 5\%$ ，复检合格后方可通过验收；

验收合格后签署验收合格证书，不合格项需限期整改，整改完成后重新验收；

交付要求

交付时移交全套工程资料，包括施工图纸、焊接工艺文件、质量检验报告、竣工图；

向使用单位提供焊接设备操作手册、维护保养指南、焊口分布图；

对工程质量提供 1 年质保期，质保期内出现质量问题免费返修；

交付后 30 日内完成竣工结算，按照合同约定支付工程尾款；

18.1 交付标识

在管道沿线设置标识牌，标注焊口位置、焊接日期、操作人员信息