

基于铜衬垫根焊 + 药芯气保护焊上向填盖在 施工中的质量控制

孙庆然¹, 田 坤¹, 关雪涛², 王 野¹, 杨 靖¹

¹中国石油管道局工程有限公司第一分公司, 河北 廊坊

²中国石油管道局工程有限公司国际分公司, 河北 廊坊

收稿日期: 2025年7月23日; 录用日期: 2025年9月19日; 发布日期: 2025年9月30日

摘 要

本文聚焦东非原油管道项目中铜衬垫根焊 + 药芯气保护焊上向填盖工艺的施工要点。该项目全长1539公里, 焊接质量对工程成败至关重要。从人员、设备、材料、方法、环境五方面分析: 人员需具备高素养, 严格执行工序管理; 设备需定期维护以保障性能稳定; 材料把控聚焦保护气体比例(CO_2 需 $20\%\pm 1\%$)、焊丝质量及防潮处理; 方法上遵循工艺规程, 精准控制熔池与接头处理; 环境需应对地形、温湿度等影响。实践表明, 通过五维协同管控, 可有效避免气孔、未熔合等缺陷, 在保证焊接质量的同时提升效率, 为项目按时完工奠定基础。

关键词

铜衬垫焊接工艺, 焊接质量控制, 施工注意事项, 焊接工艺规程(WPS)

Quality Control of the Upward Filling and Covering Based on Copper Liner Root Welding + Flux-Cored Gas Shielded Welding during Construction

Qingran Sun¹, Kun Tian¹, Xuetao Guan², Ye Wang¹, Jing Yang¹

¹No.1 Branch Company of China Petroleum Pipeline Engineering Co. Ltd., Langfang Hebei

²International Branch of China Petroleum Pipeline Engineering Co. Ltd., Langfang Hebei

Received: Jul. 23rd, 2025; accepted: Sep. 19th, 2025; published: Sep. 30th, 2025

文章引用: 孙庆然, 田坤, 关雪涛, 王野, 杨靖. 基于铜衬垫根焊 + 药芯气保护焊上向填盖在施工中的质量控制[J]. 石油天然气学报, 2025, 47(3): 581-584. DOI: 10.12677/jogt.2025.473065

Abstract

This article focuses on the key construction points of the copper liner root welding + fluxes gas shielded welding upward filling and covering process in the East African crude oil pipeline project. The project is 1539 kilometers long, and the quality of welding is crucial to the success or failure of the project. From the five aspects of personnel, equipment, materials, methods and environment: Personnel need to have high quality and strictly implement process management; The equipment needs regular maintenance to ensure stable performance. Material control focuses on the proportion of shielding gas (CO_2 needs to be $20\% \pm 1\%$), the quality of welding wire and moisture-proof treatment. In terms of methods, follow the process regulations and precisely control the treatment of the molten pool and joints. The environment needs to cope with the influences of terrain, temperature and humidity, etc. Practice has shown that through five-dimensional collaborative control, defects such as porosity and incomplete fusion can be effectively avoided, ensuring welding quality while enhancing efficiency and laying a foundation for the timely completion of the project.

Keywords

Copper Gasket Welding Process, Welding Quality Control, Construction Precautions, Welding Process Regulations (WPS)

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

东非原油管道外输项目是非洲备受关注的大型跨国管道工程。该项目起于乌干达卡巴莱地区，途经乌干达、坦桑尼亚两国，最终抵达坦桑尼亚坦噶港，管道全长 1539 公里，管径 610 毫米，设计压力 9.3 兆帕。全线需建设 6 座泵站、2 座减压站、82 座阀室以及 20 座电伴热站，工程量极为浩大。在施工过程中，主管线采用铜衬垫焊接工艺，这种工艺对焊接技术要求极高，施工团队需严格执行相关技术规范与质量标准，对每一道焊口都进行精细操作和严格检测，以确保焊接质量。目前，项目各标段施工正稳步推进，部分标段已取得重要阶段性成果，焊接进度不断刷新，为项目按时完工奠定坚实基础。

铜衬垫根焊 + 药芯气保护焊上向填盖在施工中的注意事项。

2. 人员方面

管道自动焊接虽降低了人为干扰，但对人员素质与责任心提出了更高要求，其直接决定焊接质量。在坡口加工环节，需严格遵循焊接作业指导书(WPS)，确保上开口宽度与钝边厚度精准一致；组对时，操作人员要保证内对口器铜衬与管子内壁紧密贴合，错边量控制在 1 mm 内且避免内错边，对口间隙保持在 0~0.5 mm 以内。施工中必须形成“上道工序对下道工序负责、下道工序检查上道工序质量”的循环管理模式。根焊人员需依据电弧状态和根焊外观成型，及时调整焊接参数与坡口尺寸，避免根部缺陷；填充盖面时，要彻底清理根焊产生的表面氧化硅，每完成一层焊道都需清理表面，防止埋藏性缺陷。这些精细操作均依赖人员的专业素养与责任意识，需在生产前的脱产培训中养成良好习惯。唯有每个环节都认真负责，才能在保证焊接质量的同时提升效率，可见人员素质与责任心是管道自动焊接质量的核心保障[1]。

3. 设备方面

“工欲善其事，必先利其器”，设备机具的完好性对管道焊接质量有着至关重要的影响，其稳定性与性能发挥直接关系到焊接质量和施工效率。因此，从吊装设备、坡口加工设备、组对设备到管口焊接设备，都必须严格按照规定定期进行检查、维护和保养，且在每日使用过程中需及时维护。坡口工需每日检查坡口机浮动刀座底部的弹簧、清理铁屑的钢丝轮及刀片磨损程度，及时维护设备；同时要随时检查坡口加工质量，确保设备调试及时准确。组对人员每天开工前要仔细检查内对口器，查看固定和组对涨爪的行程是否一致、涨紧压力是否满足组对需求，尤其要检查铜衬垫状态，确认其完好且能与管壁贴合；更换管壁厚时，需及时调整对口器支撑轮，保证其工作时处于管中心，且大盘面垂直于管道方向。焊接人员则要每日认真检查维护移动电站、焊接电源、全自动焊接小车、轨道、一次线、二次线、反馈线及气电缆等，确保焊接过程不出现问题。只有保障各类设备机具的良好状态，才能为高质量焊接提供坚实保障。

4. 材料方面

焊接材料作为焊接过程中直接应用的核心要素，其质量、储存、运输等各个环节的管理与应用，对焊缝质量有着至关重要的影响，直接关系到机组施工的整体质量水平。在机组施工过程中，焊接材料的质量把控贯穿始终，任何一个环节出现疏漏都可能导致严重的焊接缺陷，进而影响整个工程的安全性和可靠性。保护气体的质量及其混合比例是影响焊接质量的关键因素之一，必须引起高度重视。在实际施工中，参与焊接的保护气体需及时检测，确保其质量符合施工标准。以填盖用混合气为例，其中 CO_2 的含量处于最佳状态 $20\% \pm 1\%$ 时，才能保证焊接过程的稳定性；若含量低于 18% 或高于 23% ，则会直接影响电弧状态，极易产生气孔、未熔合等焊接缺陷，严重降低焊缝的力学性能。由于焊丝生产工艺的差异，每批焊丝在成分和性能上可能存在细微差距，这就要求在现场更换焊丝批号时，操作人员必须密切观察熔池状态。一旦出现大颗粒熔合性飞溅，需立即上报质量部门，对焊材进行二次复检，只有在确认其性能符合要求后，方可继续使用，以此避免因焊丝质量问题引发的焊接质量隐患。同时，不同标段的作业环境存在较大差异，对于工作环境湿度较大的区域，焊材的防潮处理尤为重要。在日常焊接施工中，需采取有效的防潮措施，建议每天完成工作任务后，对未用完的焊丝进行严格的防潮处理，如密封存放于干燥环境中，避免因受潮导致焊丝表面氧化或性能改变，从而确保第二天的焊接工作能够顺利进行，保障焊接质量不受影响[2]。

5. 方法方面

焊接质量的保障需从焊接工艺执行、现场操作技巧等多维度严格把控，任何环节的疏漏都可能引发致命缺陷。焊接工艺层面，必须以焊接工艺规程(WPS，即项目焊接作业指导书)为核心准则，工艺参数的设定与调整是基础——需根据施工实际工况，在规程明确的参数范围内进行精准微调，确保焊接过程的稳定性，这是避免焊接缺陷的前提。现场操作中，熔池的动态管控是核心技巧：需持续观察熔池形态变化，尤其关注坡口两侧的熔合状态，通过及时调整运条速度与角度，确保坡口边缘充分熔透，从根源上避免侧壁未熔合这一常见缺陷。对于焊接过程中产生的大颗粒熔合性飞溅，若粘敷在坡口内必须立即清理后再继续焊接，否则飞溅残留极易在后续熔池中形成夹渣，破坏焊缝的连续性。接头与层间处理的打磨技巧直接影响焊接质量：上下接头需打磨成长缓坡状，避免因坡口壁损伤导致未熔合；层间打磨时，需优先清理焊道中间的凸起部分，再细致处理两侧沟槽，全程严禁伤及坡口壁，防止侧壁未熔合缺陷的产生。熔渣的控制同样关键，操作中需在熔池前方密切观察，严格防止熔渣前置“裹渣”现象——一旦熔渣混入熔池，会直接引发夹渣与未熔合，严重降低焊缝强度。此外，设备维护细节不可忽视：需及时清理附着在导电嘴和保护气罩内的飞溅，若这些飞溅在焊接中重熔进入熔池，可能导致渗铜缺陷，进而引发热晶粒裂纹这一致命问题，最终造成断口需重新组对焊接的严重后果[3]。

6. 环境方面

施工作业面的地形、环境温度、湿度、风速等均会影响焊接质量，需结合实际采取有效防范措施才能开展施工。崎岖或有坡度的地形会影响设备稳定性，导致电弧不稳、焊缝成形差；狭窄空间则因通风差增加缺陷概率。低温会加快冷却，产生淬硬组织，降低接头性能；高温易致操作精度下降，引发烧穿等问题。高湿度会使焊缝产生气孔，加剧氢致裂纹倾向。强风会破坏保护气体氛围，导致焊缝缺陷。施工前需全面评估环境，针对性应对以保障质量。

7. 结论

东非原油管道项目焊接质量控制，本文主要研究 300~600 mm 管径采用外根焊及铜衬垫对口器组合焊接工艺，现场施工中的质量控制，总结来看，现场焊接质量需从人员、设备、材料、方法、环境五方面严格把控，文中提及的焊接气体比例尤为重要，为了保障电弧的稳定燃烧 CO_2 的含量应保证在 19%~21% 范围之内，如何保证气体的比例也是下一步我们需要研究的关键方面，同时焊接材料应严格按照(API STANDARD 1104)焊材质量管理规定，人员需具备高素养与责任心，严格执行工序循环管理；提高施工功效的核心是保证质量、避免返工。现场管理应聚焦关键工序，落实定人定岗定责，确保工序衔接顺畅，形成上道保下道、相互协作的良性循环。焊接机组需养成良好工作习惯并形成常态，以实现质量与效率双提升，为项目按时完工筑牢基础[4]。

参考文献

- [1] 管道全自动焊接设备焊接质量受哪些因素控制[EB/OL]. 搜狐网, 2021.
https://www.sohu.com/a/486066644_121058956, 2021-08-27.
- [2] 龙在营. 全自动焊接技术在长输管道工程建设中的应用, 管道完整性管理研究, 管道保护网[J]. 管道保护网, 2022(6), 165-168.
- [3] 中国石油管道局. 100%! 管道局这个机组创下连续千道焊口无返修纪录[EB/OL]. 今日头条.
https://www.thepaper.cn/newsDetail_forward_28624338, 2024-09-03.
- [4] 侯永朋. 长输管道施工要点及质量控制探讨[J]. 红水河, 2024, 43(4): 42-45+49.