

东非项目中长段及特殊地段连头施工焊接质量与效率提升分析

关雪涛¹, 田 坤², 孙庆然², 王 野², 刘铁军²

¹中国石油管道局工程有限公司国际分公司, 河北 廊坊

²中国石油管道局工程有限公司第一分公司, 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中长段及特殊地段手工焊接连头施工存在的效率低、质量缺陷(如密集气孔、咬边等问题), 结合现场实际分析, 指出缺陷主要源于焊工对低氢焊条(E9018)操作不足。为解决这些问题, 文章从多维度提出改进建议: 强化人员质量意识与施工规划, 通过统筹工序衔接提升效率; 加强焊接设备(如熊谷逆变直流焊机)及辅助设备的维护保养, 确保稳定运行; 规范焊材管理, 重点做好防潮、保护气体纯度把控及低氢焊条正确使用; 严格执行焊接工艺规程, 从坡口加工、组对参数、根焊与填充盖面操作等环节细化标准; 同时关注地形、温湿度等环境因素的影响。研究表明, 通过人员、设备、材料、工艺及环境的协同管控, 可有效减少焊接缺陷, 提升施工质量与效率, 保障东非原油管道连头施工顺利推进。

关键词

手工焊接连头, 施工质量控制, 焊接缺陷防治

Analysis of Quality and Efficiency Improvement in Construction Welding for Long Sections and Special Areas in the East African Project

Xuetao Guan¹, Kun Tian², Qingran Sun², Ye Wang², Tiejun Liu²

¹International Branch of China Petroleum Pipeline Engineering Co. Ltd., Langfang Hebei

²No.1 Branch Company 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: 关雪涛, 田坤, 孙庆然, 王野, 刘铁军. 东非项目中长段及特殊地段连头施工焊接质量与效率提升分析[J]. 石油天然气学报, 2025, 47(3): 576-580. DOI: 10.12677/jogt.2025.473064

Abstract

This article focuses on the problems of low efficiency and quality defects (such as dense pores and undercut) in the manual welding and jointing construction of long sections and special sections of the East African crude oil pipeline. Based on the analysis of the actual situation on site, it is pointed out that the defects mainly result from the welders' insufficient operation of low-hydrogen electrodes (E9018). To solve these problems, the article proposes improvement suggestions from multiple dimensions: strengthening the quality awareness of personnel and construction planning, improving efficiency by coordinating the connection of processes; enhancing the maintenance and care of welding equipment (such as the KOBELCO inverter DC welder) and auxiliary equipment to ensure stable operation; standardizing the management of welding materials, with a focus on moisture prevention, control of the purity of protective gas, and correct use of low-hydrogen electrodes; strictly implementing welding process regulations, and refining standards in aspects such as groove processing, assembly parameters, root welding, and filling and capping operations; and paying attention to the influence of environmental factors such as terrain, temperature and humidity. Research shows that through the coordinated management of personnel, equipment, materials, processes and environment, welding defects can be effectively reduced, construction quality and efficiency can be improved, and the smooth progress of the jointing construction of the East African crude oil pipeline can be ensured.

Keywords

Manual Welding Joint, Construction Quality Control, Prevention of Welding Defects

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

东非原油管道作为连接乌干达油田与坦桑尼亚港口的重要能源大动脉,对促进东非地区的能源合作、推动区域经济发展具有里程碑式的意义,在该管道工程的建设中,管道的连接质量是保障整个管道系统安全、高效运行的核心要素,而手工焊接连头作为管道连接的关键工艺之一,其施工技术水平和质量控制能力直接关系到管道的使用寿命、输送效率以及运营安全;同时,东非地区地形复杂,涵盖草原、山地、沼泽等多样地貌,且气候条件多变,高温、高湿度以及可能出现的风沙等环境因素,都对管道手工焊接连头施工提出了严苛的要求,手工焊接连头不仅需要焊接人员具备精湛的操作技能,还需严格遵循相关的施工规范和技术标准,以应对复杂环境下的焊接难题,确保焊接接头具有良好的力学性能和密封性能,因此,深入探究东非原油管道手工焊接连头的施工工艺、质量控制要点以及技术难点等详情,对于保障该重大能源工程的顺利推进和长期稳定运行具有重要的理论与实践价值,而在项目施工中,中长段及特殊地段的连头施工是关键环节,其焊接质量与施工效率直接影响整个项目的进度与安全,当前,通过对施工现场的观察与分析发现,该环节存在焊接效率低、质量问题突出的情况,集中表现为密集气孔、咬边、盖面排焊夹沟等缺陷,且缺陷多出现于采用低氢焊条(E9018)进行填充和盖面的工序,推测主要原因是焊工对低氢焊条的操作存在不足,为解决这些问题,提升施工成效,本文结合实际施工情况,从多方面提出针对性建议[1]。

2. 强化人员管理与施工规划

机组全体成员需切实提高质量意识, 增强工作能动性。机组管理人员应依据施工现场实际情况, 提前制定详尽的施工计划, 明确现场活口与死口的数量、所需焊接设备、供电设备、辅助吊装组对大型设备的台数, 确定组对人员与焊工数量, 规划组对、焊接及整体连头施工的时间等。管理人员需做好统筹规划, 实现同一时间段内多项工作的并行开展, 例如在组对完成后, 及时推进下一道焊口的坡口加工、精确下料、打堆及钢管就位等工作, 焊接完成后迅速转场进行下一组对, 避免因工序衔接不畅导致的时间浪费, 影响施工工效; 机组操作人员应积极配合, 在保障安全与质量的前提下高效完成每日任务, 防止工序衔接卡顿、等待等现象, 各工序间需相互督促、检查、负责, 及时发现并分析解决影响整体工效的制约点, 确保施工流程顺畅高效[1]。

3. 加强设备维护与保养

焊接机组所使用的设备以熊谷逆变直流焊机为主, 需做好日常检查、维护与保养工作, 重点检查焊机风扇运行状况、内部除尘情况, 确保二次接线柱紧固可靠, 防止出现虚接、过热熔断接线柱及影响焊接工艺参数的情况, 同时重视地线搭接, 避免与母材虚接对焊接造成不良影响; 其他辅助设备如坡口加工设备、吊装组对设备也需做好维护保养, 预防因设备故障影响施工工效与质量; 对于焊接时使用的角向砂轮机和焊条保温桶, 应轻拿轻放, 避免因设备损坏引发安全事故, 同时防止焊条药皮脱落及受潮, 确保焊接质量不受影响[2]。

4. 规范焊材及辅助材料管理

鉴于焊接机组多在稻田地等多水环境施工, 焊材防潮至关重要, 需避免使用粘油或潮湿的手套直接取用氩弧焊丝和焊条, 以防引发气孔等焊接缺陷; 保护气体(氩气)的纯度(99.99%)需严格把控, 更换气瓶后焊接前, 建议在不续丝的情况下进行下热熔, 观察焊道表面是否存在气孔, 确认无误后再开展正式焊接; 根焊时需仔细检查氩弧气电缆是否损坏、氩气开关是否漏气及氩弧焊枪连接处是否有密封胶圈等, 杜绝因这些细节问题导致焊接缺陷[2]; 填充盖面所用的焊接电缆和焊把钳应定期检查, 若焊接电缆胶皮脱落需及时用胶布处理, 焊把钳因长期更换焊条而无法夹住不同角度焊条时需及时更换, 避免焊接过程中因焊条角度突变产生缺陷; 低氢焊条(E9018)在焊接过程中严禁掰弯和调整弧度, 防止焊条药皮包裹不均匀, 导致熔池保护不到位而出现密集气孔; 焊条需放置在便于取用的位置, 严禁从地面直接拿起使用, 每日施工结束后, 需将氩弧焊丝盒和焊条保温桶盖好关严, 防止吸潮影响次日使用, 针对上述问题, 需采取系统性的质量控制措施: 一是严格焊材管理, 低氢焊条必须经过 $350^{\circ}\text{C} \times 2\text{ h}$ 烘干, 放入 $100^{\circ}\text{C} \sim 150^{\circ}\text{C}$ 保温桶保存, 随用随取, 暴露时间不超过 4 小时; 二是控制焊接参数, 特别是电流、电压和焊接速度的匹配, 采用热输入自动控制技术, 波动范围控制在 $\pm 5\%$ 以内; 三是加强层间清理, 使用砂轮机、钢丝刷等工具彻底清除熔渣和飞溅物; 四是提高操作技能, 特别是低氢焊条的使用技术和异常情况处理能力。

5. 严格执行焊接作业指导书(焊接工艺规程)

坡口加工需保证两个管端坡口角度一致, 坡口表面采用砂轮机端平打磨成平面, 避免呈圆弧状影响焊接, 坡口钝边根据个人习惯控制在 1~1.5 毫米范围内, 且需均匀平整(建议必须保留钝边, 防止根部焊道厚度不足影响填充盖面), 同时管端 100 毫米范围内外需做好除锈工作, 清理氧化物, 避免坡口两侧氧化物进入熔池影响焊接质量; 组对时错边量需不大于 1.5 毫米, 组对间隙建议为 3.5~4 毫米, 具体可根据个人习惯调整, 调整时需考虑收缩量, 防止间隙过小产生未熔合与未焊透缺陷, 利用外对口器组对时,

点固焊道应大于整体圆周的 50%，点焊需按照正常根焊的工艺参数进行，避免出现气孔、未熔等缺陷，正常焊接时，点固焊道两端需打磨成缓坡状，确保每个焊接接头充分熔合；焊接前需认真检查焊接电源、氩弧焊枪、气体纯度和余量、地线搭接等，尤其要注重钨极打磨，需将顶端打磨成小平台，增加钨极尖端直径，避免因电流承载力差而融化到熔池形成夹钨缺陷[3]；根焊时，建议底部到下爬坡位置采用管内续丝方式，保证根部焊道内部成型不内凹，焊接速度需快，确保两边充分熔合，立焊位置向上采用外续丝方式，同样需保证两边充分熔合，为保证送丝稳定，避免碰钨极及根焊内部焊道出现未熔焊丝，建议将氩弧焊丝搭在一侧坡口面缓缓送入熔池，确保送丝稳当可靠；根焊完成后，采用焊条进行热焊、填充及盖面(若项目可行采用氩弧焊进行热焊层焊接，热焊时需保证坡口两侧充分熔合，热焊焊道的厚度和宽度保持一致，宽度大于 5 毫米，确保下一道填充焊条能充分打开铁水，焊条运条角度应保持正确且均匀一致)；填充层焊接前需清理热焊层的氧化物(药皮)，确保热焊焊道两边无沟槽、中间不高且无明显焊接缺陷，填充层焊接需保证焊道厚度、宽度及每根焊条焊接长度一致，操作时采用短弧焊，电弧长度保持在 3 毫米左右(电弧过长焊接熔池保护不当易产生焊接气孔，过短会时铁水过渡不良易产生粘连)，即使左右摆动保证熔宽时也要保持电弧高度一致(压着电弧摆动)，避免电弧忽高忽低导致弧压不稳定，使熔池进入空气产生密集气孔，建议填充时焊条尽量顶着熔池运条(焊条与焊接圆周成 90 度)，避免托着熔池焊接时因上下电弧长度不一致而出现粘条或保护不到位的情况，进而引发密集气孔等缺陷，填充层焊接时，焊道厚度通过沿焊接方向的跨度控制，两边的熔合通过停留时间和熔池张力保证，即两边多停留、中间停留时间短；项目盖面层采用排焊方式，盖面焊接前需规划好两道排焊焊道的宽度和高度，避免两焊道搭接位置出现沟槽影响外观质量，同时关注坡口两侧熔合情况，防止出现咬边缺陷，建议盖面焊接时与对把焊工及时沟通，同一侧先焊接第一道，第一道排焊宽度至少大于整个焊道的 2/3，且每根焊条的焊道长度、宽度、高度保持一致，第二道排焊时搭接处为第一道焊道的最高点，以形成整体圆滑的盖面焊道，盖面焊接过程中需时刻注意电弧长度，通过调整焊条沿圆周焊接方向的角度保证高度一致，最大限度降低焊接缺陷出现的概率，确保焊接质量[4]。

6. 关注环境因素对焊接质量的影响

焊接施工过程中，地形、气温、风速、湿度等环境因素对焊接质量影响较大，需根据实际情况及时采取有效的防范措施，在满足施工条件后再进行焊接作业，以降低焊接质量问题出现的概率。

7. 结论

要提高中长段及特殊地段连头施工的工效，首要任务是保证焊接质量。提升焊接质量需关注多个关键点：人员方面，需增强质量意识与责任心；设备方面，要做好检查、维护与保养，为施工提供可靠保障，此外人员的焊接技术也是影响质量的管家因素，本文中提及的焊接操作要点与常规的焊条电弧焊手法与焊条角度大不相同，文中叙事的焊条角度可减少焊条粘连缺陷，需要施工人员加强培训；焊材及辅助材料方面，需严格管理，确保其性能符合焊接要求尤其是焊条是使用要有专人负责按要求使用；焊接过程中，要严格遵循焊接工艺规程，以标准工艺保障焊接质量；同时，机组所有人员需团结协作、相互监督，养成良好的工作习惯，只有这样，才能出色完成每日工作任务，有效提升施工质量与效率，推动项目顺利开展，文中叙述的控制方法可推广应用下相同或近似的焊接工艺中，可以使焊接施工的质量控制得到提升。

参考文献

- [1] 夏节文, 等. GB 50236-2011 现场设备、工业管道焊接工程施工规范[S]. 北京: 中国计划出版社, 2011.

- [2] 郭军, 等. DL/T 868-2014 焊接工艺评定规程[S]. 北京: 中国计划出版社, 2014.
- [3] 储继君, 等. GB/T 5117-2012 低合金钢焊条[S]. 北京: 中国计划出版社, 2012.
- [4] 路滨, 张龙堂, 唐元生, 等. 沙特 Wasea 项目施工中管道手工焊条连弧打底焊接技术[J]. 现代焊接, 2013(4): 34-37.