

LED 高杆灯灯杆焊接工艺的探讨

阮同琴

天祥电气集团有限公司, 江苏 扬州 225600

DOI:10.61369/EPTSM.2026010018

摘 要： 随着城市照明建设的快速发展，LED 高杆灯因其高效节能、寿命长等优势被广泛应用于各类公共场所。灯杆作为高杆灯的重要承重结构，其焊接工艺直接影响整体的结构强度、安全性和耐久性。本文系统分析了 LED 高杆灯灯杆的结构与常用材料，梳理当前主流焊接工艺及存在问题，并提出工艺优化措施和发展方向。结果显示，提升自动化与智能化水平、优化材料以及加强全过程质量管理，是保障焊接质量和提升行业竞争力的关键。

关 键 词： LED 高杆灯；灯杆焊接；结构设计；材料选择；工艺优化；质量管理；自动化

Discussion on Welding Technology of LED High-Pole Lamp Poles

Ruan Tongqin

Tianxiang Electric Group Co., Ltd., Yangzhou, Jiangsu 225600

Abstract： With the rapid development of urban lighting projects, LED high pole lamps are widely used in various public places due to their high efficiency, energy saving, and long service life. As a key load-bearing structure, the welding technology of lamp poles directly affects the overall strength, safety, and durability. This paper systematically analyzes the structure and common materials of LED high pole lamp poles, reviews current mainstream welding techniques and existing issues, and proposes optimization measures and future directions. The results indicate that improving automation and intelligent level, optimizing materials, and enhancing quality management throughout the process are crucial to ensuring welding quality and increasing industry competitiveness.

Keywords： LED high pole lamp; lamp pole welding; structural design; material selection; process optimization; quality management; automation

引言

随着城市化进程的加快和城市夜景亮化工程的不断推进，LED 高杆灯作为现代城市照明的重要组成部分，因其高效节能、光效均匀、寿命长等优点，广泛应用于大型广场、道路、港口等公共场所。作为高杆灯的重要承载结构，灯杆不仅需要具备良好的机械强度和抗风能力，还要确保其连接牢固、外形美观，以适应各种复杂的户外环境。灯杆焊接工艺在整个 LED 高杆灯制造及安装过程中具有至关重要的作用，直接影响到灯杆的结构稳定性、安全性及使用寿命。

目前，灯杆的制造通常采用分段焊接方式，将不同长度的钢管焊接成一体化的高杆结构。这一过程涉及多种焊接技术，如手工电弧焊、埋弧自动焊等，不同工艺方法在焊接质量、效率、操作难度等方面各具优劣。焊接过程中，如果工艺选择不当或参数控制不合理，易造成焊缝虚焊、裂纹、变形甚至灯杆失稳，不仅影响灯杆整体性能，还可能引发安全隐患。因此，焊接工艺的优化和质量控制成为确保 LED 高杆灯产品质量与安全的关键环节。

一、LED 高杆灯灯杆的结构与材料

LED 高杆灯灯杆作为支撑整个照明系统的主要结构件，其设计和选材直接关系到灯具的安全性、耐久性和使用寿命。合理的结构设计与高性能材料的选择，是确保其在复杂环境下可靠运行

的前提。当前，高杆灯灯杆的特点主要体现在结构多样化、承载力强以及对防腐与美观性的严格要求上。以下将从结构类型、结构特点以及常用材料几个方面进行分析。

1. 灯杆结构类型与特点：LED 高杆灯灯杆的结构类型主要包括单臂式、双臂式、多臂式和整体锥形式等，根据照明需求和现

场环境条件不同选择不同的结构。常见的高杆灯一般采用锥形或多边型截面，其高度一般在15-40米之间，能够覆盖广阔的照明区域。整体锥形灯杆由于其造型简洁美观、应力分布合理、抗风能力强，成为目前应用最广泛的灯杆类型。其结构通常分为地脚法兰、主杆、顶盖、灯臂等部分，其中主杆由多节钢管通过焊接而成。每节钢管上下端一般采用插入式对接，借助环缝焊接进行连接，焊缝形式多为对接焊。对于高强度承载区域，部分结构采用加强筋或内衬板以增强整体承载能力。此外，照明需求不同，高杆灯可能配置升降系统、检修平台等附加结构，这些附加结构的接口与主体灯杆焊接部位也需严格把控焊接质量，以保证安全和便利性。

2. 灯杆常用材料及其性能分析：目前，LED高杆灯灯杆多采用低合金高强度结构钢、碳素结构钢等为主要材料，常见规格有Q235B、Q345B及部分更高强度合金钢。其性能要求主要集中在高强度、高韧性、良好的可焊性及抗腐蚀性能。Q235B钢材是最常用的普通碳素结构钢，强度适中，焊接性能良好，价格低廉，适用于对承载要求不特别高的中小型灯杆。Q345B钢属低合金高强度结构钢，具有更高的强度和良好的抗冲击性能，适用于高度在25米以上、有较大风载需求的高杆灯。Q345B的延展性和抗裂性能优于Q235B，使其在焊接过程中更易获得高质量的焊接接头。合金钢材料，在特殊环境或极端气候区域，可选用更高等级的合金结构钢（如Q420、Q460等），以满足更为苛刻的抗风、耐腐蚀和耐蚀性能要求。

3. 材料的表面处理与防腐保护：灯杆长期处于户外环境，需经受风吹、雨淋、阳光暴晒以及酸碱等化学因素的侵蚀，因此材料的防腐处理尤为重要。当前常用的防腐方式有热浸镀锌、喷锌、喷塑等。热浸镀锌作为最主流的表面处理措施，可在钢材表面形成一层致密的锌层，显著提升其防腐能力，延长灯杆使用寿命。对于沿海或高盐雾区域的灯杆，还需考虑采用复合防腐体系，如在镀锌基础上加喷聚酯粉末，进一步提高耐蚀性和美观性。

4. 材料选择对焊接工艺的影响：材料的可焊性是制约灯杆制造工艺的重要因素。Q235B、Q345B等钢材的含碳量较低，合金元素配比合理，组织均匀，极大降低了焊接过程中产生裂纹和气孔的概率，有助于形成优质焊缝。而高强度合金钢由于要求焊接工艺及热输入控制更加精准，否则易出现裂纹和性能削弱。

综上，LED高杆灯灯杆的结构设计需根据使用场景和载荷要求灵活选择，材料选用需兼顾强度、韧性、可焊性及耐腐蚀能力，为焊接工艺的优化和后续安装打下坚实基础。通过合理选材和科学设计，不仅能够提升灯杆的整体性能，还能为高质量的焊接工艺创造有利条件，为LED高杆灯的安全稳定运行提供强有力保障。

二、灯杆焊接工艺现状

LED高杆灯灯杆的焊接工艺是决定其结构强度、整体稳定性以及使用寿命的关键技术环节。随着高杆灯在城市照明工程中的

广泛应用，对其焊接质量和生产效率的要求也持续提升。当前，灯杆的焊接工艺主要包括手工电弧焊（SMAW）、二氧化碳气体保护焊（GMAW）、埋弧自动焊（SAW）等多种方式。不同工艺各有利弊，具体选择需结合材料、结构、场地条件以及企业设备水平等多方面因素。以下将分别介绍主流焊接方法，并对目前存在的问题进行系统分析。

1. 主要焊接方法简介①手工电弧焊：手工电弧焊作为一种传统且应用广泛的焊接工艺，具有设备简单、工艺适应性强的优点，适用于灯杆现场安装及小批量生产。操作灵活，尤其适用于复杂部位或不规则焊缝。手工电弧焊对焊工技能依赖较高，焊接速度相对较慢，焊缝成形和一致性易受人为因素影响，质量波动大。②二氧化碳气体保护焊：二氧化碳气体保护焊工艺是通过二氧化碳气体隔绝熔池与大气，避免氧化，同时效率高、生产成本低。该方法焊接速度快，适合薄壁灯杆环缝和短节段焊接。但对操作环境要求较高，风力影响大，室外作业易出现气孔、夹渣等缺陷，适宜在密闭或半密闭环境下使用。③埋弧自动焊（含自动和半自动）：埋弧自动焊目前广泛用于大中型高杆灯分段钢管对接焊缝，其焊接电流大、熔深深，焊接效率高，焊缝成型美观，适合厚壁结构件的长直线或环形焊缝，能够大幅提高生产效率并减少人为干扰。该工艺适用性强，但初期设备投资较大，且受工件形状和尺寸限制，灵活性相对较差。此外，对于结构复杂或难以转动的部位难以施焊。

2. 焊接工艺流程与质量控制：在实际生产中，灯杆焊接通常采用多节钢管分段加工，最终在车间或现场拼装焊接。关键环节包括坡口准备、预热、对中夹紧、施焊、焊后热处理及无损检测等。合理的工艺流程及质量控制措施可有效减少焊接缺陷。实际过程中，焊缝形式多采用对接焊（直缝、环缝）和角焊，根据受力需求进行多道多层焊接。在生产流程中，为了保证焊缝强度和外观质量，需严格控制坡口角度和表面处理，及时清除氧化皮与油渍；重要焊缝部位通常采用预热措施，减少冷裂纹发生；焊后应根据规范进行消应力热处理，以降低残余应力，提升结构安全性。

3. 当前焊接工艺存在的主要问题：①焊接缺陷：由于灯杆结构细长，焊接过程中受热不均极易导致纵向和横向变形。过高的线能量输入和不规范的操作会产生裂纹、未熔合、气孔、夹渣等焊接缺陷。一旦这些缺陷存在，将直接威胁灯杆的承载能力和使用安全。②变形问题：灯杆大多为长钢管结构，焊接区域受热膨胀不均，极易产生弯曲和扭曲变形，影响安装精度和外观质量。焊后矫正措施虽可一定程度缓解，但工艺控制不到位依然难以保证结构直线度和垂直度。③自动化和智能化水平不足：目前，部分企业的焊接自动化设备配置相对落后，主要依靠人工施焊或半自动化设备，导致焊接效率低下、质量不稳定，无法满足大批量、标准化生产的需求。④焊接环境对质量的影响：尤其在现场安装焊接时，环境因素如风力、湿度、温度等都会影响焊接质量，增加焊接缺陷的发生概率。高空作业时操作人员难以保持连续稳定施焊，进一步加大了质量波动。

4. 相关质量管理与检测技术现状：为提升焊接质量，现阶段

企业普遍采用超声波检测、X射线探伤等无损检测技术，加强对环缝、对接焊缝的质量把控。部分企业建立了完善的工艺流程标准，实施全过程质量管理，但部分中小企业受限于成本与技术积累，管理水平参差不齐。

5. 小结：总体来看，当前 LED 高杆灯灯杆焊接工艺技术已较为成熟，多种焊接方法协同应用，能够满足绝大多数工程需求。但由于灯杆结构及其使用环境的特殊性，仍存在诸如质量不稳定、缺陷率高、自动化水平不足等问题。下一步需从工艺优化、设备升级及人员培训等多方面入手，推动焊接质量和效率的进一步提升，为 LED 高杆灯的大规模 and 高质量应用提供有力技术保障。

三、灯杆焊接工艺的优化措施与发展方向

为提升 LED 高杆灯灯杆焊接工艺的整体水平，确保其结构安全、质量稳定，行业需要结合实际需求与技术进步，持续推进工艺优化和管理创新。现阶段，焊接工艺优化主要体现在焊接技术改进、自动化设备应用、材料创新、过程质量控制以及人才培养等方面。以下对优化措施和未来发展方向进行详细阐述。

1. 焊接技术与流程的优化：首先，针对灯杆结构特点，应优先采用高效、低缺陷的焊接工艺。埋弧自动焊因其焊接质量稳定、效率高，以及适合大直径长节钢管环缝，成为当前分段灯杆制造的首选工艺。对于复杂部件、异形接口，可增加机械化辅助设备，实现多维度焊接操作，规避人工焊接不均导致的质量波动。同时，应用低氢型焊材和优化焊接参数，合理控制热输入，降低冷裂纹与气孔风险。对于灯杆关键承力部位，可采用多层多道焊，分散应力，提高结构的整体安全系数。

2. 自动化与智能化设备应用：推动焊接自动化水平的提升，是灯杆焊接发展的重要方向。引入机器人焊接工作站、轨道式自动送丝系统以及智能监测与纠偏装置，可显著提高生产效率和焊接一致性。大数据和智能算法的应用，可实现对焊接参数的实时调整与缺陷预警，大幅度降低人为操作误差，保证连续生产高质量焊缝。未来，随着工业互联网和智能制造的推进，灯杆制造将走向“数字化车间”模式，实现焊接工艺与质量管理智能闭环，

为大批量定制化生产提供强支撑。

3. 新材料与环保工艺采用：材料创新是灯杆焊接的重要基础。随着高强度、耐腐蚀钢材的不断升级，企业应加强材料与焊接工艺的适配研究。如针对 Q420、Q460 等新型高强度钢，可采用激光混合焊接、电渣焊等专用工艺，提升焊缝性能并缩短工艺周期。同时环保型焊材、低烟低尘保护气的推广，有助于保障生产安全和工人健康，减少环境污染，顺应绿色制造潮流。

4. 焊接过程与质量控制提升：构建完善的全过程质量管理体系，是焊接工艺优化的必经之路。最好采用全面的无损检测方法（如超声波、射线、磁粉、渗透检测等）对关键环缝、对接缝进行分阶段、分批次检测，确保焊接质量无遗漏。企业应建立焊接过程可追溯档案，包括每道工序的参数、检测结果及操作人员，实现责任到人，便于质量事故追究和经验总结。

5. 技能培训与团队建设：企业应定期组织焊工技能培训，提升工人对新设备和新工艺的熟练掌握度，加强技术人员对结构应力分析、焊接质量监控等相关知识的学习，鼓励技术创新和经验积累。

四、结论

通过对 LED 高杆灯灯杆焊接工艺的结构、材料选用、工艺现状及优化措施的系统分析，可以发现：焊接工艺作为灯杆制造过程中的核心环节，直接决定了灯杆整体的机械性能、耐久性与安全性。当前行业已实现多种焊接技术的融合应用，自动化水平不断提高，质量检测手段日益完善，为高杆灯的批量生产和大规模推广奠定了坚实基础。然而，受限于灯杆结构的复杂性、现场环境的多样性，以及新材料的不断涌现，还面临焊接缺陷率、变形控制、智能化装备水平等方面的挑战。总体而言，高杆灯灯杆焊接工艺的改进是一项系统工程，需要各方面协同进步。通过不断创新，无论是焊接技术、设备还是管理方法，都将有力支撑 LED 高杆灯行业的高质量发展，保障城市照明设施的安全、可靠与可持续运行。

参考文献

- [1] 刘彬 .LED 路灯及其在市政道路照明中的应用与发展 [J]. 光源与照明 ,2022(01).
- [2] 张翔 ; 李冰洁 ; 韩善果 ; 王瑞超 .Q235 钢 CMT 对接焊接工艺研究 [J]. 金属加工 (热加工) ,2025(03).