

# 既有路灯杆改造为多功能智能杆的施工难点与解决方案

文 / 林光荣 深圳市信息管线有限公司

**摘要：**随着智慧城市建设的推进，多功能智能杆作为城市基础设施的重要组成部分，逐渐受到重视。本文以深圳市坪山区为例，探讨了既有路灯杆改造为多功能智能杆的施工难点，包括杆体结构加固、电气与防雷系统升级、设备兼容与集成、管线敷设与空间管理等方面，并提出了相应的解决方案。通过实际案例分析，验证了解决方案的可行性和有效性，为类似工程提供了参考。

**关键词：**多功能智能杆；路灯杆改造；施工难点；解决方案；智慧城市

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2025.23.045

## 引言

随着智慧城市建设的不断深入，多功能智能杆作为集智能照明、视频采集、移动通信、环境监测等多种功能于一体的新型城市基础设施，正逐步取代传统的单一功能路灯杆。深圳市坪山区积极响应国家智慧城市建设的号召，推进既有路灯杆改造为多功能智能杆的工作。然而，改造过程中面临诸多施工难点，本文将对这些难点进行深入分析，并提出相应的解决方案。

### 一、施工难点分析

#### （一）杆体结构加固

杆体结构加固是多功能智能杆升级改造中的首要难题。既有路灯杆在初始设计阶段以照明功能为核心诉求，其结构强度与稳定性指标主要考虑自重与基本风载，并未针对多功能场景下视频监控、环境监测、5G微基站等重型设备挂载产生的复合荷载进行充分考量。当杆体同时承载多个设备时，额外荷载不仅会引发杆体倾斜变形，更可能在极端天气条件下引发结构失稳甚至倒塌事故。这一问题的根源在于传统路灯杆多采用普通钢材作为主材，设计环节未纳入多设备挂载产生的复杂应力计算，同时长期暴露于风吹、雨淋、日晒等自然环境中，材料会出现锈蚀、老化等性能退化现象，进一步削弱了杆体的承载能力<sup>[1]</sup>。此外，既有杆体的基础结构也多按单一功能设计，其抗倾覆能力和地基承载力难以满足升级后的整体稳定性要求，亟需通过结构补强、基础加固或更换新型复合材料杆体等方式进行系统性改造。

#### （二）电气与防雷系统升级

电气与防雷系统升级面临着较高的技术挑战。多功能智能杆搭载的各类电子设备对电力供应的稳定性和防雷保护的可靠性提出了远超传统路灯杆的要求。传统路灯杆的电气系统设计较为简化，仅能满足单一照明设备的基础供电需求，其防雷措施也相对简陋，通常仅包含基础的直击雷防护，根本无法适配新增设备的用电负荷及现行防雷标准。从原因来看，视频监控、公共WiFi、信息发布屏等新增设备不仅需要持续稳定的电力输入，还对防雷等级有明确要求，而传统路灯杆的电气回路容

量、布线方式以及防雷接地设计均未考虑这些新增需求，直接导致电力供应不足、电压不稳以及防雷能力薄弱等问题。特别是当设备种类增多、功率增大时，原有供电线路的容量不足、线径过细等问题会更加突出，同时缺乏多级防雷保护和等电位连接的系统设计，也使智能设备在雷击过电压情况下面临更高的损坏风险。

#### （三）设备兼容与集成

设备兼容与集成是制约多功能智能杆发挥综合效能的关键瓶颈。该系统需整合来自不同厂家、遵循不同技术标准的各类设备，设备间的兼容性适配与数据交互共享成为突出挑战。这一难点的产生主要源于行业内缺乏统一的设备接口与通信协议标准，不同厂家的设备在通信协议（如TCP/IP、LoRa、NB-IoT等）、数据格式、传输速率等方面存在显著差异，导致设备间难以直接建立通信链路并实现数据互联互通。此外，多个电子设备集中挂载于同一杆体时，还会产生电磁干扰问题，不同设备的电磁辐射频率可能相互叠加，进一步影响系统整体的运行稳定性和数据传输可靠性。同时，各设备管理平台之间的数据壁垒也增加了系统集成的复杂度，缺乏统一的数据接入规范和平台接口标准使得智能杆难以形成集中管控和协同服务能力，最终影响整体智能化效果的实现。

#### （四）管线敷设与空间管理

管线敷设与空间管理在施工实施阶段面临诸多阻碍。多功能智能杆需敷设电力线、通信线、光纤、控制线等多种管线，如何在杆体内部及基础预埋管道的有限空间内实现合理布局，避免管线间相互干扰，是施工过程中的核心难题<sup>[2]</sup>。深入分析原因，传统路灯杆的内部腔体设计、基础预埋管规格仅针对单一照明管线规划，空间冗余度极低，而新增的多种管线需与原有照明管线共存，同时还要预留未来设备升级的管线扩容空间。若管线布局缺乏科学规划，不仅会因线缆缠绕、信号干扰影响电力传输效率和数据通信质量，还会导致后期管线检修、设备更换时操作困难，大幅增加维护成本与时间成本。特别是在已建成区域进行改造时，还面临地下既有管线

错综复杂、施工空间受限等现实困难，如何在不影响现有设施运行的前提下，合理规划管线路径并确保施工质量，成为项目实施过程中需要重点解决的技术与管理难题。如表 1 所示：

表 1：管线敷设与空间管理方案

管理措施	实施要点	预期效果
合理规划布局	根据设备需求和杆体内部空间情况，分层、分区敷设管线	避免管线相互干扰，提高系统性能
采用标准化配件	使用标准化、模块化的管线配件，如线槽、线管等	便于安装和维护，降低施工难度
预留升级空间	考虑未来升级需求，预留一定的管线空间和接口	便于后续扩展和升级，减少重复施工
加强施工管理	施工过程中加强现场管理，确保管线敷设符合设计要求	提高施工质量和效率，减少返工和浪费

二、解决方案

(一) 杆体结构加固方案

杆体结构加固以提升承载能力与稳定性为核心目标，采用材料升级与局部强化相结合的综合措施。一方面，通过高强度钢材或合金材料替换原有杆体材料，从根源上增强整体结构强度；同时在关键受力部位增设横臂与支撑结构，有效分散设备荷载，降低杆体变形风险。另一方面，针对挂载重型设备的特定区域，采取增加加强板、焊接加强筋等局部加固手段，精准提升重点部位承载能力<sup>[3]</sup>。实施过程中需严格遵循“先检测评估、再规范施工、后验收检测”的流程：施工前对杆体结构进行全面检测与安全评估，科学制定加固方案；施工阶段严格按照方案规范操作，确保加固工艺达标；加固完成后通过专业检测，验证杆体是否满足新增设备的承载要求，保障结构安全可靠。

(二) 电气与防雷系统升级方案

为适配新增设备的电力需求与安全防护标准，电气与防雷系统升级围绕供电保障、防雷强化、接地优化三大维度展开。电力供应方面，重新设计电气系统，增设配电箱与供电线路，确保电力供应稳定充足；同步引入智能电源管理系统，实现电力远程监控与智能调配，提升能源利用效率。防雷保护方面，新增避雷针、防雷器等装置，强化主动防雷能力；对原有防雷设施进行全面检测评估，根据实际情况进行更换或加固，消除防护隐患。接地系统优化采用联合接地方式，严格把控接地电阻符合规范要求，提升整体防雷效果。实施时需严守电气施工安全与质量标准：施工前全面检测原有电气系统，明确升级重点与方案；施工过程中严格遵循电气安装规范，保障施工安全与工艺质量；升级完成后开展电气性能测试与防雷专项检测，确保系统各项指标达到设计标准。如表 2 所示：

表 2：电气与防雷升级技术对照

升级维度	具体措施	关键参数 / 设备	质量控制要点	验收方法
供电保障	新增配电箱、专线供电	回路载流量 $\geq 1.25 \times$ 额定负载	电缆耐压 0.6/1kV，绝缘 $\geq 500M\Omega$	绝缘电阻 + 耐压试验报告
智能管理	嵌入智能 PDU	远程监测精度 $\leq \pm 1\%$	RS-485/Modbus 协议对接	平台数据校核 $\pm 2\%$ 以内
防雷强化	新增 I 级试验避雷器 (T1)	$I_{imp} \geq 50kA,$ $U_p \leq 1.5kV$	引线截面积 $\geq 16mm^2$ 铜线	T1 级防雷器测试报告
接地优化	联合接地网	工频接地电阻 $\leq 4\Omega$	扁钢 -40×4mm，搭接长 $\geq 2b$	三极法复测，季节系数修正
流程管控	施工前检测→施工中旁站→ 竣工测试	系统冗余度 $\geq 20\%$	全程填写《电气隐蔽工程记录》	竣工性能测试 + 防雷专项检测

(三) 设备兼容与集成方案

设备兼容与集成聚焦破除设备壁垒、实现系统协同，通过协议统一、中间件支撑与电磁兼容设计构建高效互联体系。通信协议层面，推动设备厂家采用 MQTT、CoAP 等统一标准的通信协议与数据接口，为设备互联互通奠定基础；同时开发具备数据缓存、转发、过滤功能的设备中间件，实现不同设备间的数据转换与协议适配，提升系统响应速度与运行稳定性。电磁兼容方面，对设备

进行专项设计，通过屏蔽、滤波等技术手段减少设备间电磁干扰，增强系统抗干扰能力<sup>[4]</sup>。实施过程中需提前规划、全程验证：设备选型阶段优先选用支持统一通信协议的产品，从源头降低集成难度；中间件开发过程中开展充分的功能与性能测试，确保满足实际应用需求；集成完成后进行全面系统联调，验证各设备间通信流畅性与数据共享准确性，保障系统整体协同运行。如图 1 所示：

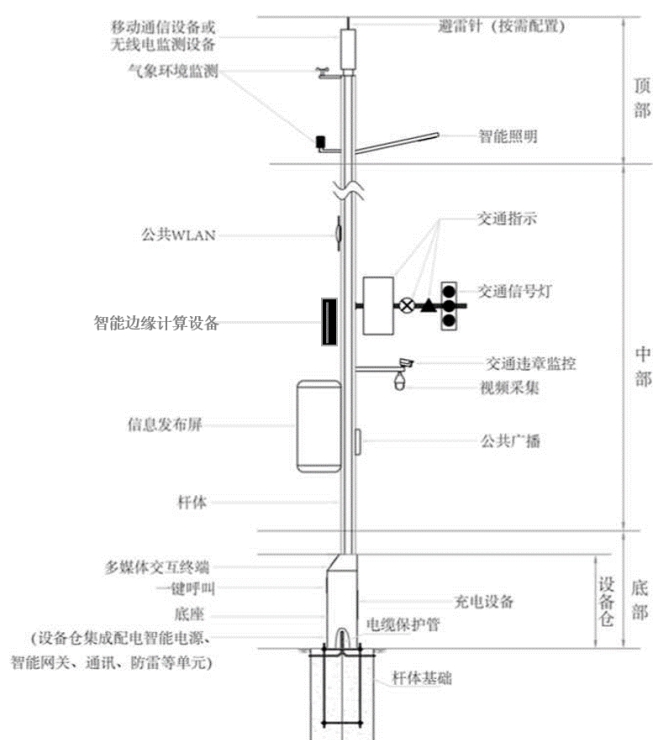


图1 多功能智能杆结构示意图

#### （四）管线敷设与空间管理方案

管线敷设与空间管理以“有序布局、便于维护、预留升级”为原则，构建规范高效的管线系统。布局规划上，结合设备需求与杆体内部空间条件，采用分层、分区的敷设方式，明确各管线走向，避免相互缠绕干扰。配件选用方面，统一采用标准化、模块化的线槽、线管等管线配件，简化安装流程，降低后期维护难度；同时预留一定管线空间，为未来系统升级扩容提供保障。施工管理层面，加强现场统筹协调，对施工人员开展专业培训，提升操作规范性与施工效率。实施要点包括：施工前完成详细的管线布局设计，明确管线位置、走向及固定方式；施工过程中严格依照设计图纸精准敷设，确保管线安装牢固、走向合规；施工完成后进行管线验收检测，确认管线畅通无阻、无相互干扰，保障后续设备正常运行与维护便捷性<sup>[5]</sup>。

### 三、案例分析

#### （一）施工难点剖析

以深圳市坪山区某道路路灯杆改造项目为例，该项目旨在将原本仅具备单一照明功能的路灯杆，升级为集智能照明、视频监控、公共WiFi、环境监测等多种功能于一体的多功能智能杆。然而，改造过程面临诸多施工难点。在杆体结构方面，原有路灯杆设计主要围绕照明功能，其结构强度和稳定性难以承受新增多种设备带来的荷载，存在变形甚至倒塌的风险。电气与防雷系统上，新增设备对电力供应的稳定性和防雷保护的要求大幅提

高，原有简单设计的电气系统无法满足需求。设备兼容与集成方面，由于涉及不同厂家、不同标准的多种设备，设备间的通信协议、数据接口和传输速率存在差异，导致兼容性和数据交互成为难题。管线敷设与空间管理上，多功能智能杆需敷设电力线、通信线、光纤等多种管线，而传统路灯杆内部空间有限，如何在有限空间内合理布局这些管线，避免相互干扰，是施工中的一大挑战。

#### （二）针对性解决方案

针对上述施工难点，项目采取了一系列有效的解决方案。对于杆体结构加固，采用高强度钢材替换原有杆体材料，并在关键部位增加横臂和支撑结构，显著提高了杆体的整体强度和稳定性，使其能够满足新增设备的承载需求。在电气与防雷系统升级方面，重新设计电气系统，增加配电箱和供电线路，确保新增设备有稳定的电力供应；同时，增加防雷装置和优化接地系统，使系统的防雷能力显著增强，保障设备安全。设备兼容与集成问题上，推动设备厂家采用统一的通信协议和数据接口标准，并开发设备中间件实现不同设备间的数据转换和协议适配，集成后各设备间能够正常通信和数据共享，系统响应速度和稳定性得到提高。在管线敷设与空间管理方面，合理规划管线布局，采用分层、分区敷设方式，并使用标准化、模块化的管线配件，便于安装和维护，施工完成后管线畅通无阻且无相互干扰现象。

#### 结语

本文深入分析了既有路灯杆改造为多功能智能杆的施工难点，并提出了相应的解决方案。通过实际案例分析验证了解决方案的可行性和有效性。未来，随着智慧城市建设的不断推进和技术的不断进步，多功能智能杆将在城市基础设施中发挥更加重要的作用。因此，我们需要继续探索和创新施工技术和方法，提高改造效率和质量，为智慧城市建设贡献力量。同时，加强设备间的兼容性和集成性研究也是未来的重要方向之一。

#### 参考文献

- [1] 张世文. 市政路灯工程施工安装技术要点分析[J]. 大众标准化, 2024, (24): 45-47.
- [2] 苏苒. 城市路灯线路漏电与电弧故障检测方法研究[D]. 西安理工大学, 2024.
- [3] 王伟. 城市路灯安全与照明管控技术研究[D]. 西安理工大学, 2023.
- [4] 秦海波. 一种多功能智慧路灯杆用环形显示屏设计[J]. 照明工程学报, 2021, 32(01): 28-30.
- [5] 廖晓欢. 智慧路灯设计探讨[J]. 智慧城市, 2020, 6(12): 20-21.

作者简介：林光荣（1981-05-10），男，汉族，广东省博罗县学，本科，中级工程师，研究方向：施工管理。