

# 城市交通信号灯运行维护管理与故障分析研究

苏国新

绍兴市泰和交通技术工程有限公司, 浙江 绍兴 312000

DOI:10.61369/ERA.2026020022

**摘 要 :** 城市交通信号灯的高效运行直接影响路网通行能力与交通安全。针对当前信号设备老化、控制策略滞后与突发性故障频发等问题, 梳理运行维护中关键环节, 从设备巡检、智能监测、远程管控等方面探讨优化途径; 结合典型故障表现与成因, 构建多维诊断思路, 提升识别与处置效率。研究旨在为信号灯系统的稳定运行、精细化管理及交通秩序改善提供可行的技术支撑。

**关 键 词 :** 城市交通; 信号灯运行; 维护管理; 故障诊断; 交通安全

## Research on Operation, Maintenance and Fault Analysis of Urban Traffic Lights

Su Guoxin

Shaoxing Taihe Traffic Technology Engineering Co., Ltd., Shaoxing, Zhejiang 312000

**Abstract :** The efficient operation of urban traffic lights directly affects the road network capacity and traffic safety. Aiming at the problems of aging signal equipment, lagging control strategy and frequent sudden failures, the key links in operation and maintenance are sorted out, and the optimization ways are discussed from the aspects of equipment inspection, intelligent monitoring and remote control. Combined with the typical fault manifestations and causes, a multi-dimensional diagnosis idea is constructed to improve the efficiency of identification and disposal. The research aims to provide feasible technical support for the stable operation, refined management and traffic order improvement of the signal lamp system.

**Keywords :** urban traffic; signal lamp operation; maintenance management; fault diagnosis; traffic safety

### 引言

随着城市交通规模不断扩大, 信号灯已成为维持道路秩序与提升通行效率的核心设施。然而, 设备复杂度提高与交通环境多变, 使运行维护面临更高要求, 故障处置也愈加依赖系统化、智能化手段。深入探讨信号灯运行维护机制与故障形成规律, 有助于发现制约交通效率的关键因素, 并为优化城市交通管理体系提供方向和支撑。

### 一、城市交通信号灯系统的构成与运行机制分析

城市交通信号灯系统是道路交通控制体系中的核心部分, 其构成主要包括信号控制机、信号灯具、检测设备、通信模块和供电装置等要素。信号控制机作为系统的“中枢”, 负责执行控制策略、分配相位并实现红绿灯转换; 灯具承担视觉呈现功能, 通过高亮度 LED 灯珠向驾驶人和行人发出明确指示; 检测设备则通过地磁、视频、微波等多种方式收集车流量、排队长度、速度变化等实时数据, 为控制机提供动态输入; 通信模块帮助系统与交通管理中心建立稳定的数据传输通道, 实现远程监控与指令下发; 供电和备份电源确保在特殊天气或突发停电情况下仍具备基本运行能力。这些组成部分相互协作, 共同构建出完整的信号控制体系<sup>[1]</sup>。

在具体运行机制中, 信号灯系统主要依靠预设控制方案与实时交通数据相结合的方式实现信号转换。传统定时控制通过固定周期和相位运行, 适用于交通流较为稳定的路段; 感应控制则根据车辆检测器反馈的流量变化调整相位时长, 提升绿灯资源利用效率; 自适应控制进一步依托数据采集与算法优化, 实时分析交通状态, 对交通波动做出快速响应。随着智能交通技术的发展, 许多城市采用联网控制方式, 使各交叉口之间不再孤立运行, 而是根据区域交通流协调配时, 通过“绿波带”等方式减少停车次数, 提高主干道路通行效率。运行机制还包括异常状态下的切换设计, 当检测到设备故障或通信中断时, 系统可进入闪光模式或备用方案, 以维持交叉口基本秩序。

在运行过程中, 信号灯系统还需面对复杂交通环境带来的多重挑战。早晚高峰的巨大车流量、特殊天气导致的检测误差、节

假日交通模式的改变、道路施工引发的临时交通组织调整等因素，都会对系统运行机制产生影响。因此，系统必须具备一定的容错能力，通过对设备状态实时监测、对运行数据趋势分析、对控制策略自动评估，及时识别潜在异常并启动相应的控制逻辑。此外，随着车联网技术的发展，车路协同正在成为信号控制机制的新方向，通过向车辆发送剩余绿灯时间、预测相位变化等信息，可进一步优化驾驶行为、降低延误并提升整体交通效率<sup>[2]</sup>。对运行机制的深入分析有助于明确信号灯系统的功能要求与技术演进方向，为后续的维护管理研究和故障诊断方法奠定关键基础。

## 二、交通信号灯日常维护流程与管理体制研究

交通信号灯的日常维护是保障城市交通系统稳定运行的重要环节，维护流程通常涵盖巡检、检测、调整与记录等步骤。巡检任务以设备外观、安装结构、灯面亮度、控制机运行状态及配电设施为重点，通过现场检查及时发现灯泡损坏、灯面污渍、线路松动等显性问题；检测工作依靠专业测试仪对电压、电流、控制信号输出、通信状态进行系统性核查，确保设备运行参数在安全范围内；同时还需对相位配时、红绿灯转换逻辑等内容进行动态比对，以确认控制方案在实际交通条件下保持有效性。所有巡检与调整内容需按标准流程记录在案，为后续维护决策与设备寿命评估提供依据<sup>[3]</sup>。

在维护体系建设中，信息化与标准化是提升效率的关键方向。交通管理部门将信号灯设备纳入数字化管理平台，通过GIS定位、设备编码和运行监测，实现维护任务的精准调度与记录追溯。管理体系涵盖巡检制度、故障响应机制、设备档案与绩效考核，使维护工作规范有序。巡检制度明确周期与要求，故障响应机制通过分级处置与跨部门协作提升处理速度，设备档案用于记录安装、维修与运行参数，为更换和升级提供依据。同时，依托视频监控、远程诊断和报警系统，可对灯具故障、通信异常和供电问题进行提前预警，使维护由被动转向主动。

在实际运行中，完善的管理体制不仅提升故障发现与处理效率，也有助于维护资源优化配置和设备寿命延长。由于交通环境复杂多变，单纯依赖人工巡检难以及时应对突发问题，因此需建立多渠道信息采集机制，将感应检测、交通大数据与历史运行模式分析纳入管理，使维护更加智能与精准。通过构建数据驱动的维护模型，可预测灯具寿命衰减、识别控制逻辑风险，并合理安排维护计划，提高前瞻性。随着城市交通智能化推进，信号灯维护正由经验型向科学化转变，其目标是降低故障率、提升通行效率与交通安全<sup>[4]</sup>。规范化流程与完善管理体系为信号灯稳定运行提供重要支撑，也为后续故障分析与优化研究奠定基础。

## 三、智能化技术在信号灯运行监测中的应用探索

智能化技术的发展为交通信号灯运行监测提供了更高效、更精准的技术路径。传统监测方式多依赖人工巡检或设备自身的简单报警功能，难以全面反映实时状态。随着物联网、视频识别和

传感技术的广泛应用，信号灯系统逐步具备全方位监测能力。通过布设地磁、微波、视频等多源检测设备，可以实时采集车流量、排队长度、速度分布等交通状态信息，并将相关数据传输至控制中心。嵌入式传感器可对信号灯具、电源、控制机温度及通信状态进行状态采集，形成系统健康指标，使管理部门能够及时掌握运行情况并进行动态分析<sup>[5]</sup>。这些技术的融合使信号灯从“被动呈现指令”转向“主动反映运行状态”的智能化模式。

在监测方法演进中，大数据与人工智能技术发挥着越来越重要的作用。大量运行数据经过云平台汇集后，可形成多维度的交通数据库，为系统运行规律分析提供支撑。基于机器学习的模型能够识别交通流变化趋势，判断信号配时是否需要优化，并在检测到异常数据波动时提前发出预警。例如，利用图像识别技术可对信号灯亮度衰减、面板污染、灯面遮挡等状况进行自动识别，减少人工检查负担；利用深度学习模型可分析红灯亮起但车辆仍不断穿越的情况，判断是否存在检测器故障或信号执行异常。此外，通过建立交通状态预测模型，可以根据历史交通模式、天气条件、节假日出行规律等因素推算未来流量变化，提前调整监测策略，实现更加主动的交通控制。

智能化监测技术不仅提升了运行管理效率，也推动了信号灯系统向更高层级的协同化与自适应化方向发展。通过车路协同通信技术，信号灯能够与联网车辆共享相位信息，实现车辆端的行驶速度引导，减少不必要的停车和能耗；同时，车辆的实时运行数据也能反向用于补充信号灯的交通感知能力，提高监测精度。在区域交通协调中，智能监测平台可将多个交叉口的状态进行联动分析，自动判断是否需要启动“绿波带”或应对局部拥堵，从而实现更高层级的区域协同控制<sup>[6]</sup>。随着智慧交通发展，信号灯监测将依托多源数据融合、智能算法和高效通信，实现自诊断、自调节与自优化。智能化监测的深化应用将进一步提升运行效率，推动城市交通迈向数字化管理。

## 四、典型故障类型及成因诊断分析

交通信号灯在长期运行中容易出现多种典型故障，其中“灯球不亮”“相位紊乱”“检测器失效”是最常见的类型。灯球不亮通常表现为某一方向的红灯、绿灯或黄灯完全失去显示，易导致驾驶人误判通行状态。其成因多与灯具老化、供电线路虚接或控制机输出端口损坏相关，气温变化导致线路热胀冷缩也可能使接线松脱。相位紊乱则表现为红绿灯转换顺序混乱、相位间冲突或两个方向同时出现绿灯，常由控制逻辑损坏、时钟芯片误差积累、配置文件异常或外界强电磁干扰引起。检测器失效的典型表现包括车辆无法触发感应、排队信息采集错误或出现持续占有信号，多由地磁线圈损坏、视频识别误差增大、传感器受潮或通信中断导致。

在故障诊断过程中，需要根据故障特征与运行数据进行多维分析，以快速确定故障根源。针对灯球不亮，可通过现场电压、电流检测判断是否是供电问题，再根据控制机输入输出的信号变化核查是否存在模块损坏。如果灯具亮度衰减明显但未完全熄灭，

则可能是 LED 灯珠寿命接近终点或驱动电路老化。相位紊乱的诊断需结合控制机日志、配时方案和通信状态进行核查,如发现控制机时钟漂移或存储数据损坏,应及时进行校正或重新配置;若问题产生于强电磁干扰环境,则需增加屏蔽或改善接地设计。对于检测器失效,通过比对感应数据与视频流量数据可判断是否为采集本体故障;若感应器持续输出“占有”信号,则可能是线圈短路或识别算法误判。通过将故障模式、数据波形与交通状态对比分析,能够提高诊断准确性<sup>[7]</sup>。

在复杂交通环境中,还存在一些隐性故障,如“通信链路异常”“黄闪模式误触发”“配电柜过温保护启动”等情况,往往不易在现场立即辨识。通信链路异常会导致信号灯无法与控制中心同步,表现为无法远程调整或数据上传中断,多因光纤断点、交换机故障或网络拥塞引起。黄闪模式误触发通常源于控制机电源波动、备用电池性能下降或雷击瞬时电流,导致系统误判为异常状态。配电柜过温保护则常出现在夏季高温环境,柜体散热条件差、电源模块负荷过大或风扇失效都会使温度迅速上升。诊断此类故障需借助远程监测平台的历史曲线、报警记录以及环境数据,通过趋势分析锁定故障触发点。对典型故障进行系统化诊断能够为后续的维护优化和技术改进提供依据,也为提升信号灯运行安全性和可靠性奠定基础。

## 五、信号灯运行维护优化策略与交通管理提升路径

在信号灯运行维护方面,优化策略需从设备、流程与技术三个层面同步推进。针对设备老化、灯具损坏和控制机可靠性下降等问题,可建立精细化设备管理制度,通过寿命评估模型确定更换周期,并对重要交叉口配置冗余模块以降低关键故障风险。在维护流程上,应明确巡检标准、记录要求和应急响应机制,使故

障从“被动抢修”转向“主动预防”。通过对巡检数据与故障记录进行结构化分析,可形成交叉口风险等级,为维护资源分配提供依据,提高整体运行效率。

在技术手段提升方面,应全面推动智能化监测技术的应用。依托物联网设备、视频分析与多源检测,可实时掌握交通状态与信号灯运行指标,实现对灯具亮度衰减、控制机异常和通信链路风险的提前预警。同时,可利用大数据算法优化信号配时,通过分析车流趋势、交通模式变化与历史拥堵点,动态调整控制策略,减少无效等待与交通延误。对于流量波动较大的区域,可引入自适应控制系统,使信号灯能够根据实时数据自动调整运行参数,从而实现更加灵活高效的交通组织<sup>[8]</sup>。

在交通管理提升路径上,应构建“信号控制—数据分析—交通诱导”协同体系,实现从单点控制向区域协调和全网优化转变。通过区域绿波协调、动态限速、智能诱导屏等手段,可在高峰期削减路口拥堵,增强主干道通行能力。结合车路协同技术,信号灯可向车辆提供剩余绿灯时间、最佳通过速度等信息,减少启动与制动次数,提高驾驶舒适性与道路安全性。最终,通过技术集成、制度完善与管理创新的持续推进,使信号灯系统更加可靠、智能和高效,为城市交通运行质量的提升提供持久动力。

## 六、结语

城市交通信号灯的运行维护与故障诊断是确保道路安全与提升通行效率的重要环节。通过对系统构成、维护流程、智能化监测、典型故障及优化策略的综合分析,可为信号控制体系提供更科学的技术支撑。未来,随着智慧交通的深入发展,信号灯系统将向高可靠性、智能协同与精细化管理持续演进,为城市交通运行带来更高效、更安全的保障。

## 参考文献

- [1] 梁鹏. Y 公司交通信号灯运维管理改进研究 [D]. 天津大学, 2022. DOI: 10.27356/d.cnki.gtjdu.2022.004884.
- [2] 陈恒宇. 基于 CPS 的城市交通信号控制分层建模与优化方法研究 [D]. 华南理工大学, 2024. DOI: 10.27151/d.cnki.ghnu.2024.005427.
- [3] 梁朔. 考虑信号灯故障的城市交通信号迭代学习容错控制方法研究 [D]. 太原理工大学, 2024. DOI: 10.27352/d.cnki.gylgu.2024.001265.
- [4] 李蔚龙. 城市交通信号灯控制系统建模与分析 [J]. 设备管理与维修, 2024, (14): 48-50. DOI: 10.16621/j.cnki.issn1001-0599.2024.07D.16.
- [5] 郑熹. 新型交通信号灯在城市交通流控制中的应用研究 [J]. 城市建设理论研究 (电子版), 2024, (29): 208-210. DOI: 10.19569/j.cnki.cn119313/tu.202429068.
- [6] 罗濠成. 面向城市单点交叉口交通信号灯智能调控技术研究与实现 [D]. 东莞理工学院, 2025. DOI: 10.44357/d.cnki.gdgut.2025.000027.
- [7] 郑朝元. 基于浮动车与公交车轨迹数据的区域交叉口交通信号控制研究 [D]. 重庆交通大学, 2025. DOI: 10.27671/d.cnki.gcjtc.2025.000318.
- [8] 蔡常健. 基于深度强化学习的自适应城市交通信号灯控制研究 [D]. 西安石油大学, 2025. DOI: 10.27400/d.cnki.gxasc.2025.000296.