

路灯清洁装置设计及其自动控制系统研讨

柴祥礼 王玉胜

甘肃省酒泉市肃州区东风场区, 甘肃酒泉, 732750;

摘要: 随着城市化进程的加速, 路灯作为城市基础设施的重要组成部分, 其清洁与维护日益受到重视。本研究针对路灯透光面的清洁问题, 开展了自动化清洁装置及其控制系统的研究与设计。本文提出了自动化清洁装置的设计方案, 集成了传感器技术、伺服控制技术, 以及基于 LabVIEW 的检测系统, 实现了清洁过程的自动化控制与数据实时监测。实验平台的搭建验证了清洁装置的性能, 测试结果表明, 自动化清洁装置能有效提升清洁效率, 降低成本, 并提高安全性。

关键词: 路灯清洁; 自动化装置; 智能控制; 数据监测

DOI: 10. 64216/3080-1508. 25. 05. 044

引言

随着城市化进程的加快, 道路照明设施的建设和维护成为城市管理中的重要组成部分。路灯作为城市基础设施之一, 不仅提供了夜间照明, 保障了市民的出行安全, 还对城市景观和环境氛围产生了重要影响。然而, 由于路灯数量庞大且分布广泛, 传统的人工清洁方式存在效率低下、成本高昂、安全隐患等问题。在这样的背景下, 研究和开发一种自动化的路灯清洁装置及其控制系统显得尤为重要。

1 路灯透光面颗粒物粘附及清洁方法研究

1.1 路灯透光面颗粒物粘附机理

1.1.1 透光面颗粒物间的表面自由能

表面自由能是物体表面分子间相互作用力的体现, 通常以能量单位 erg/cm^2 来衡量。透光面的表面自由能通常较灰尘颗粒的表面自由能高出约 $1200\text{erg}/\text{cm}^2$ 。这种能量差促使透光面通过吸附空气中的细小颗粒物来减少自身的表面能量, 以达到一种能量较低的稳定状态。这一现象在物理学中被称为表面吸附, 是物质表面分子间作用力的直接结果^[12]。由于透光面的表面能较高, 它能够更有效地吸引并固定空气中的颗粒物, 从而导致透光性能下降。

1.1.2 透光面颗粒物的粘附类型

化学吸附是一种更为强烈的粘附方式, 它涉及到固体表面与吸附分子之间的化学反应。在这一过程中, 颗粒物与透光面之间形成了化学键, 这些化学键主要包括共价键和离子键。这些键的形成是由于价电子的转移, 从而改变了物质的化学性质, 使得这一过程成为不可逆

的^[13]。化学键的键能通常在 120 至 800 千焦耳每摩尔之间, 远高于物理吸附中的范德华力, 后者的能量通常小于 40 千焦耳每摩尔。

物理吸附则是一种相对较弱的粘附方式, 主要依靠范德华力, 这种力的能量较低, 颗粒物较容易被清洗掉。了解这些粘附类型对于选择合适的清洁策略和设计自动控制系统具有重要意义, 以确保路灯的透光性能得到有效维护。

1.2 透光面颗粒物间的粘附力分析

在路灯透光面颗粒物粘附力的分析中, 首先需要考虑的是颗粒物与透光面之间的相互作用力。这些力主要包括范德华力、静电力、毛细力和化学键力。范德华力是一种普遍存在的分子间作用力, 它与颗粒物和透光面之间的距离成反比, 随着距离的减小而增大。静电力则与颗粒物或透光面携带的电荷有关, 当两者带有相反电荷时, 会产生吸引作用。毛细力是由液体在固体表面的表面张力引起的, 它能够使颗粒物粘附在湿润的透光面上。化学键力则是由于颗粒物与透光面之间的化学相互作用, 如氢键、共价键等, 这种力通常比物理粘附力更强。

1.3 透光面颗粒物清洁方法研究

1.3.1 固体表面颗粒物清洁方法分析

固体表面颗粒物的清洁方法通常包括物理清洁和化学清洁两大类。物理清洁方法依赖于机械作用来移除颗粒物, 例如使用刷子、高压水枪或超声波清洗。这些方法通过施加外力, 如摩擦力、冲击力或声波振动, 破坏颗粒物与表面之间的粘附力, 实现清洁。例如, 超声

波清洗利用声波在液体中产生的微小气泡,当气泡破裂时释放出的能量可以剥离颗粒物。高压水枪则通过水流的冲击力来清除颗粒物。这些方法的有效性取决于颗粒物的粘附强度、表面特性和清洁设备的参数,如压力、频率和作用时间。

化学清洁方法则利用化学反应来溶解或软化颗粒物,或改变其与表面的粘附特性。常用的化学清洁剂包括溶剂、表面活性剂和特定的化学配方。溶剂可以溶解某些类型的颗粒物,而表面活性剂通过降低液体的表面张力,增强颗粒物与清洁液之间的相互作用,促进颗粒物的脱落。特定的化学配方可能含有能够与颗粒物发生反应的成分,改变其化学性质,从而更容易被清除。化学清洁的有效性取决于清洁剂的选择、浓度、作用时间和温度。例如,使用表面活性剂时,其浓度和温度会影响清洁效果,通常在最佳浓度和温度下可以获得最高的清洁效率。

1.3.2 透光面颗粒物清洁方法研究

透光面颗粒物的清洁方法研究重点在于开发有效且对透光材料无害的清洁技术。物理清洁技术,如干冰喷射和高压水清洗,利用高压气体将干冰颗粒或水珠以高速喷射到透光面上,通过冲击作用移除颗粒物。干冰喷射清洁利用 -78.5°C 的干冰颗粒,在接触表面时迅速升华,产生微爆效应,这种技术可以在不损伤透光材料的前提下有效去除顽固污垢。数值上,清洁效果可以通过喷射压力(如10-15bar)、干冰颗粒大小(通常在0.3-1.0mm范围内)和喷射距离(一般控制在10-20cm)来优化。

化学清洁方法则通过使用特定的清洁剂,如水基清洁剂或溶剂,来溶解或软化颗粒物。清洁剂的选择取决于颗粒物的化学性质和透光材料的耐受性。使用pH值为7的中性清洁剂可以避免对透光材料造成腐蚀。化学清洁的数值优化包括清洁剂的浓度(如1-5%的活性成分)、接触时间(通常在几分钟到几小时内)和温度(室温至 60°C)。这些参数需要通过实验确定,以确保在有效清洁颗粒物的同时,最小化对透光面材料的潜在损害。

2 透光面清洁装置设计

2.1 透光面清洁装置的设计要求

透光面清洁装置的设计要求需要综合考虑操作的

精确性、设备的耐用性以及透光材料的保护。以下是一些具体的设计要求和数值范围:

2.1.1 清洗压力范围

清洁装置的清洗压力应可调,以适应不同程度污垢的清洗需求。一般而言,清洗压力的范围建议在2到10巴(bar),低压适用于轻微污垢,高压则用于更顽固的污垢。

2.1.2 盘刷竖直方向位移调节范围

为了适应不同高度的路灯并确保清洁装置能够覆盖整个透光面,盘刷的竖直方向位移调节范围应设计得足够宽泛,建议在0到5米范围内可调。

2.1.3 喷嘴设计

喷嘴应能够均匀分布清洗液,且喷嘴的孔径和布局应经过优化,以实现高效清洗。喷嘴的工作压力和流量也应在设计中明确,例如,流量控制在每分钟5到10升。

2.1.4 刷子材料和硬度

刷子应使用耐磨且不会损伤透光材料的材料,如高密度聚乙烯或尼龙。刷子的硬度应可调,以适应不同硬度的污垢。

2.1.5 旋转速度

清洁装置的旋转速度应可调,以适应不同清洗需求,旋转速度范围建议在100到300转每分钟。

2.2 透光面清洁流程及清洁要求

透光面清洁流程的设计需要精确控制以确保清洁效果和材料安全。清洁流程通常包括以下步骤:首先,使用低压预湿喷头(1-2bar压力)对透光面进行预湿,以软化污垢;接着,均匀喷洒专用清洁剂(3-5bar压力),并用软质刷毛的旋转刷洗装置(100-200RPM)进行刷洗;然后,使用高压水枪(5-10bar压力)进行彻底冲洗,去除清洁剂和污垢;洗压力调节机构设计要求能够提供连续可调的压力范围,最后,通过压缩空气或自然风干完成干燥过程。在整个流程中,清洁剂的pH值应控制在中性范围(6.5-7.5),以保护透光材料。

2.3 透光面清洗压力调节机构设计

透光面清洗压力调节机构设计是确保清洁效率和透光材料安全的关键部分。该机构通常包括一个压力调节阀,它可以精确控制输送到喷嘴的水流压力。工作原理基于流体力学,通过调节阀门的开口大小来改变水流

的阻力,从而实现压力的调节。清洗压力调节机构设计要求能够提供连续可调的压力范围,例如从 2bar 到 10 bar,以适应不同清洁需求和透光面的污垢程度。

压力调节机构的工作原理涉及到控制进入喷嘴的水流速度和流量。通过使用一个带有可变孔径的调节旋钮,操作者可以手动调整压力。例如,当旋钮打开较小的孔径时,水流通过的阻力增大,压力降低;相反,旋钮打开较大的孔径时,压力升高。此外,该机构可能包括一个压力表,实时显示当前的压力值,确保操作者能够准确控制清洗压力。在设计时,还需考虑调节机构的耐用性和响应速度,以保证在各种环境条件下都能稳定工作。

3 路灯透光面清洁装置检测系统设计

3.1 清洁装置检测系统总体方案

在设计路灯透光面清洁装置检测系统时,首先需要确保系统的可靠性和自动化程度。总体方案应包括以下几个关键部分:传感器阵列、数据处理单元、执行机构以及用户界面。传感器阵列负责实时监测路灯透光面的清洁状况,包括灰尘、污垢的覆盖程度。数据处理单元则对传感器收集的数据进行分析,判断是否需要启动清洁程序。执行机构根据处理结果自动启动清洁装置,进行物理清洁或使用高压水枪等技术手段。用户界面则提供给操作人员监控系统状态、手动控制清洁装置以及接收系统警报的功能。系统还应具备自我诊断和故障报警功能,确保在设备出现异常时能够及时通知维护人员。考虑到路灯通常位于高处,清洁装置的设计应便于远程操作和维护。整个系统的设计应遵循模块化原则,便于未来的升级和扩展。通过集成先进的传感技术、智能算法和自动化机械,清洁装置检测系统将大大提高路灯的维护效率,降低人工清洁的风险和成本。

3.2 清洁装置检测系统设计方法及主要功能

3.2.1 清洁装置检测系统模块化设计方法

在路灯透光面清洁装置检测系统的模块化设计中,采用了 LabVIEW 虚拟仪器软件来实现数据采集与处理的自动化。首先,系统设计应基于模块化原则,将传感器数据采集、通信、数据处理和用户界面等关键功能划分为独立的模块。每个模块负责特定的任务,并通过 LabVIEW 的图形化编程语言实现高效的数据流控制和多线程

程并行运行。

在 LabVIEW 中,利用前面板设计直观的用户界面,允许操作者设置输入参数、监控系统状态,并实时显示输出数据。后面板则通过程序框图和连接线实现模块间的逻辑连接和数据传递。这种设计允许在保持代码清晰和易于维护的同时,实现复杂的程序逻辑。

针对路灯清洁装置的多通道数据采集需求,选择了基于多循环的生产者/消费者设计模式。这种模式通过创建多个循环,每个循环负责特定的数据采集任务,从而实现高效的并行处理。生产者循环负责从传感器收集数据,而消费者循环则处理这些数据,进行分析和存储。这种设计模式不仅降低了 CPU 的利用率,而且提高了系统的响应速度和数据处理能力。

3.2.2 清洁装置检测系统主要功能

路灯透光面清洁装置检测系统的设计核心在于确保清洁过程的高效性、准确性和自动化水平。该系统的主要功能如下:1. 多通道数据采集与实时监控;2. 高级数据处理与分析;3. 串口通信与远程控制;4. 数据存储与管理;5. 用户友好的人机交互界面;6. 自诊断与故障报警。

3.3 清洁装置数据检测系统设计

3.3.1 清洁装置模拟信号的采集和滤波处理

路灯透光面清洁装置的模拟信号采集和滤波处理是确保数据准确性和可靠性的关键环节。首先,通过安装 NI-DAQ 驱动程序,能够利用其提供的 API 函数,实现对拉线位移传感器输出模拟信号的精确采集。LabVIEW 软件的图形化编程环境使得配置数据采集任务变得直观简单,包括设置采样率、通道数和输入范围等,以适应传感器的特性。采集到的模拟信号随后进入滤波处理阶段,这一步骤至关重要,因为它能去除信号中的噪声和干扰,保证数据的纯净度。在 LabVIEW 中,可以设计多种滤波器,如低通、高通或带通滤波器,根据信号特性选择最合适的滤波算法。

数据采集和滤波之后,进行数据的标定和转换,将模拟信号的数值转换为实际的物理量,如位移或压力。这一过程通过预先定义的标定公式或曲线完成,确保了数据的准确性。此外,系统还具备异常检测功能,能够实时监控数据质量,并在发现异常时立即触发报警。最后,用户可以通过 LabVIEW 设计的直观用户界面,实时

监控数据采集状态,调整参数,查看数据图表,并执行数据存储与回放操作。这个流程不仅提高了数据处理的效率,也增强了系统的可靠性和用户的交互体验。

3.3.2 清洁装置串口数据通信

在路灯透光面清洁装置的数据检测系统中,串口数据通信是实现上位机与下位机之间信息交换的关键技术。与传统的 Active 控件访问方式相比,选择了更为灵活和强大的 VISA 资源库函数来进行串口通信。VISA (VirtualInstrumentSoftwareArchitecture) 提供了一套标准化的接口,允许 LabVIEW 程序通过调用其丰富的函数库,实现对串口的高级配置和管理。

3.3.3 清洁装置数据存储与回放

在路灯透光面清洁装置的数据检测系统中,数据存储与回放功能对于分析和再现清洁过程至关重要。系统设计了一套高效机制,以确保数据的完整性和可访问性。在数据采集完成后,系统自动获取当前 VI (虚拟仪器) 的绝对路径,利用 LabVIEW 提供的路径操作函数,如获取路径、拆分路径等,确保数据文件能够统一保存在与程序相同的目录下。这一策略不仅简化了数据管理流程,而且便于后续的数据检索和分析。

4 结论

总体而言,本文的研究不仅提升了路灯清洁的智能化水平,也为智慧城市建设提供了技术支持。未来,随着技术的进一步发展,清洁装置将更加智能化,能够自适应不同环境条件,实现更加精准和高效的清洁作业。

参考文献

- [1] 张翠红,钱亚伟,曹学鹏,等.道路路灯透光面清洁装置设计及清洁参数试验研究[J].工程机械,2024,55(06):111-117,12.
- [2] 侯贤州,庄梓嘉,卢桂芳,等.高楼玻璃幕墙清洁机器人结构设计[J].机电工程技术,2024,53(04):218-221.
- [3] 张喜喜,李程,孟鑫.一种电梯扶手带的自驱动消毒清洁装置设计[J].河南科技,2024,51(07):25-28.
- [4] 王凯璐,李子强,端木维禹,等.光伏板清洁装置的优缺点分析与前景展望[J].上海节能,2024,(01):139-142.
- [5] 胡毅,王玉勤,周生,等.基于 ATRT 的天花板清洁装置设计[J].河南科技,2024,51(01):19-24.

作者简介:柴祥礼(1991—),男,汉族,甘肃省金昌市永昌县人,本科,职称:电气运行。