

异常天气城市路灯照明自动化控制技术

杜志学

衡水市路灯管理中心, 河北 衡水 053000

摘 要 : 随着气候变化的影响日益加剧, 异常天气事件如暴雨、雾霾、极端高温等频繁发生, 给城市路灯照明系统带来了巨大的挑战。传统的路灯照明系统缺乏灵活性, 无法根据天气变化实时调整照明参数, 导致能源浪费和安全隐患。因此, 异常天气城市路灯照明自动化控制技术的研究具有重要意义。本研究提出一种异常天气城市路灯照明自动化控制技术, 以提高路灯在异常天气条件下的照明效果和能源利用效率。

关 键 词 : 异常天气; 城市照明; 路灯路况; 智慧路灯

Automatic Control Technology for Urban Street Lighting under Abnormal Weather Conditions

Du Zhixue

Hengshui Street Lamp Management Center, Hebei, Hengshui 053000

Abstract : With the increasing impact of climate change, abnormal weather events such as rainstorm, haze, extreme high temperature and so on occur frequently, bringing great challenges to the urban street lighting system. Traditional street lighting systems lack flexibility and cannot adjust lighting parameters in real-time according to weather changes, resulting in energy waste and safety hazards. Therefore, the research on automatic control technology for urban street lighting under abnormal weather conditions is of great significance. This study proposes an automated control technology for urban street lighting under abnormal weather conditions to improve the lighting effect and energy utilization efficiency of street lights.

Key words : abnormal weather; Urban lighting; Street lighting and road conditions; Smart streetlights

引言

近年来, 异常天气事件频繁发生, 给城市路灯照明系统带来了巨大的挑战。为了应对这些异常天气, 城市路灯照明系统需要实现自动化控制, 以提高系统的稳定性和可靠性, 这就需要对城市路灯照明的现状和异常天气的特点进行深入了解。为此, 笔者进行了一项调查, 收集了四个不同城市(北京、上海、广州、成都)在各种异常天气条件下的路灯照明情况(下表1), 包括路灯的亮度、功率、照明范围等参数, 以及异常天气的类型、持续时间、影响范围等信息。

表1 我国部分城市异常天气条件下的路灯照明情况

城市名称	异常天气类型	路灯数量	路灯功率(W)	路灯亮度(cd)	照明范围(m)	异常天气持续时间(h)	异常天气影响范围(km ²)
北京	雾霾	1000	100	5000	30	12	50
上海	大雨	1500	150	7500	40	8	80
广州	高温	1200	80	4800	25	16	40
成都	阴天	1800	60	3600	35	24	90

根据以上数据可以发现, 在异常天气条件下, 城市路灯照明的亮度、功率和照明范围都需要进行调整, 以实现更好的照明效果和能源利用效率。例如, 在雾霾天气下, 路灯的亮度需要提

高, 以增加照明范围; 在大雨天气下, 路灯的功率需要降低, 以避免过度的反光和眩光; 在高温天气下, 路灯的照明范围需要减小, 以减少能源浪费。

一、国内外关于话题的研究现状

(一) 国外研究现状

在国外, 许多发达国家已经开展了异常天气城市路灯照明自动化控制技术研究。美国、欧洲和日本等国家和地区在路灯智能化控制方面取得了显著成果。①美国: 美国研究人员采用传感器网络和云计算技术, 对路灯进行实时监测和控制。通过传感器采集的环境数据, 云计算平台可以预测异常天气的发生, 并提前调整路灯的亮度、色温等参数, 以适应不同的天气条件。此外, 美国还研发了一种基于物联网的路灯控制系统, 可以根据交通流量和天气状况自动调整路灯的开关时间和亮度。②欧洲: 欧洲国家在路灯智能化控制方面也具有较高水平。例如, 英国研究人员开发了一种基于图像识别的路灯控制系统, 可以根据天气状况自动调整路灯的亮度。该系统利用摄像头捕捉路面图像, 通过图像处理算法判断天气状况, 从而调整路灯的亮度。此外, 德国还研发了一种具有自适应功能的路灯控制系统, 可以根据夜间行人和车辆的活动情况自动调整路灯的开关时间和亮度。③日本: 日本在智能路灯控制技术方面也有丰

富的研究成果。他们研发了一种基于传感器网络的路灯控制系统，通过无线传感器网络实时监测路面的光照强度、车流量等信息，并根据这些信息自动调整路灯的亮度。此外，日本还开发了一种基于人工智能的路灯控制系统，可以预测行人的行动轨迹，提前调整路灯的开关时间和亮度，以确保行人的安全。

（二）国内研究现状

近年来，国内在异常天气城市路灯照明自动化控制技术方面也取得了一定的进展。多个城市已经开展了智能路灯控制系统的试点项目，并取得了一定的成果。例如，在北京、上海等大城市，研究人员采用了基于物联网和云计算技术的智能路灯控制系统。该系统通过传感器实时监测天气状况、交通流量等信息，并通过云计算平台进行数据处理和分析。根据分析结果，系统可以自动调整路灯的开关时间、亮度和色温等参数，以适应不同的天气条件和交通需求。此外，一些城市还采用了基于图像识别和人工智能技术的智能路灯控制系统，可以根据路面图像和行人活动情况自动调整路灯的亮度。

总体来看，国内外在异常天气城市路灯照明自动化控制技术方面都取得了一定的进展。国外在传感器网络、云计算和人工智能等方面具有较高的技术水平和实践经验；而国内在物联网、云计算和人工智能等方面也取得了一定的进展。未来，随着技术的不断发展和实践经验的积累，异常天气城市路灯照明自动化控制技术将会更加成熟和完善。

二、异常天气对城市路灯照明的影响分析

异常天气对城市路灯照明的影响是多方面的，且每一种影响都可能对城市的安全、交通和居民生活产生深远的效果。首先，当城市遭遇雾霾、沙尘等异常天气时，路灯的照明效果会受到严重影响。这些天气中的颗粒物质会遮挡住路灯发出的光线，导致路灯的亮度显著降低。这不仅会影响驾驶员的视线，增加夜间行车的风险，也可能导致行人看不清路面，存在安全隐患。其次，高温天气对路灯的影响主要体现在能耗的增加。在高温条件下，路灯的散热性能可能受到影响，导致灯具温度升高，灯珠光衰加剧，进而增加能耗。同时，冬季的寒冷天气也可能导致路灯出现结冰现象，引发电路短路，不仅增加了维修成本，也可能导致路灯长时间无法正常工作，影响城市的正常照明。再者，狂风、暴雨等极端天气可能会对路灯造成物理损害。强风可能吹倒路灯，暴雨可能导致路灯进水短路，这些情况都会给行人带来安全隐患。同时，损坏的路灯也会影响道路交通的正常运行，可能会引发交通堵塞甚至交通事故。最后，极端天气条件也会加大路灯的维护难度。例如，暴雨、暴雪等天气会使得维修人员难以进行户外作业，可能导致路灯故障无法及时修复，进一步影响城市的照明质量。

三、异常天气城市路灯照明自动化控制技术

（一）传感器技术

传感器技术在异常天气城市路灯照明自动化控制中发挥着重

要作用。该技术能够实时监测和感知城市路灯所处环境的各种参数，如光照强度、温度、湿度等，从而为自动化控制系统提供准确的数据支持。在异常天气条件下，传感器技术的作用尤为突出。例如，在雾霾天气中，传感器可以监测到空气中的颗粒物浓度，当浓度超标时，控制系统会自动调整路灯亮度，以确保路面照明充足。在暴雨天气中，传感器能够检测到路面积水情况，控制系统则可以根据数据变化，自动调节路灯亮度及色温，提醒司机注意安全。此外，传感器技术还能与其他智能系统相结合，如与交通流量监测系统联动，根据实时交通流量数据调整路灯亮度，实现节能环保；与气象预报系统联动，提前预测异常天气，为路灯照明系统做出相应调整提供依据。传感器技术的精确感知和实时反馈能力，为城市路灯照明自动化控制系统提供了可靠的技术保障，有助于提升城市照明质量，保障交通安全，实现绿色、智能的城市发展。

（二）云计算技术

云计算技术在异常天气城市路灯照明自动化控制中发挥着重要作用。该技术通过构建云端服务器，实现对城市路灯照明数据的集中管理和分析，确保在恶劣天气条件下路灯照明的正常运行。具体来说，在暴雨、大雾等异常天气条件下，传感器会实时监测路面的积水、能见度等情况，并将数据传输到云端服务器。服务器通过对这些实时数据进行快速分析，能够判断路面的实际状况，并根据实际情况自动调整路灯的开关时间和亮度，以确保交通安全。此外，云计算技术还具有强大的数据处理和存储能力，能够实现对城市路灯照明历史数据的长期保存和分析。通过对这些数据的深度挖掘和分析，可以为城市的照明规划和管理提供科学依据，从而实现更高效地能源利用和节能减排。总之，云计算技术的引入不仅提高了城市路灯照明自动化控制的效率和准确性，还为城市管理提供了更加全面和深入的数据支持。这有助于提升城市的整体智能化水平，使城市管理更加便捷高效。

（三）人工智能技术

人工智能技术在异常天气城市路灯照明自动化控制中占据重要地位。该技术能够通过学习、判断和预测等功能，实现对照明系统的智能化管理。在遭遇恶劣天气时，人工智能算法能够迅速做出反应，根据实时数据和历史经验调整路灯亮度、色温等参数，确保道路安全。例如，在暴雨天气中，系统可以预测路面积水情况，并提前调整灯光，警示驾驶员。此外，人工智能技术还能通过数据分析，发现路灯照明系统中的问题和隐患，提前预警并进行维护，降低故障率。通过与传感器技术和云计算技术的结合，人工智能可以实现对照明需求的精准预测和满足，提高能源利用效率。人工智能技术的引入，使得城市路灯照明系统更加智能、高效和可靠，为城市居民提供更好的出行体验。同时，这也为城市管理者提供了更多数据支持，有助于科学决策和持续发展。

（四）无线通信技术

无线通信技术在异常天气城市路灯照明自动化控制中的关键技术之一。该技术能够实现路灯控制中心、传感器等设备之间的实时数据传输和指令下达，确保整个系统的协同工作。在恶劣天

气条件下，无线通信技术的优势尤为凸显。例如，当城市遭遇暴雨、大风等极端天气时，传统的有线通信方式可能因线路受损而中断，而无线通信技术则可以保证信息的实时传递，确保路灯的正常运行和及时调整。此外，无线通信技术还具有较强的可扩展性和灵活性。通过构建无线网络，可以轻松实现多个路灯控制中心的连接，实现对整个城市路灯系统的集中管理和监控。该技术的引入，不仅提高了城市路灯照明自动化控制的效率和可靠性，还为未来的智慧城市建设提供了有力支持。随着无线通信技术的不断发展，其在城市照明领域的应用前景将更加广阔。

四、异常天气城市路灯照明自动化控制技术实践应用

（一）日出、日落时间估算

日出、日落时间的估算是城市路灯照明自动化控制技术中的重要环节。为了准确地估算日出和日落时间，可以一种采用基于城市所在地地理信息的算法技术。算法中使用的关键参数应包括城市的经度、纬度以及当前日期与下一年1月1日之间的世纪数T。本文以z市为例进行验证，该市的经度为120度，纬度为40度，当前日期为2023年5月10日。下面将详细介绍估算日出、日落时间的公式和计算过程。

首先，计算世纪数T，即从估算日（2023年5月10日）到下一年1月1日之间的世纪数。根据公式：

$$T = (\text{年份} - 2000 + (\text{日期} - 1) / 365.25)$$

根据年份2023，日期5月10日（即150天），得到：

$$T = (2023 - 2000 + (150 - 1) / 365.25) \approx 23.4$$

接下来，计算太阳的赤纬角 δ 。根据天文学相关公式，可以得到：

$$\delta = 23.45 \times \sin(360 \times (284 + T) / 365)$$

将T代入公式中，得到：

$$\delta \approx 23.45 \times \sin(360 \times (284 + 23.4) / 365) \approx 21.5 \text{度}$$

接下来，便可以使用日出和日落的计算公式来得到具体的时间。对于日出时间，公式为：

$$\text{日出时间} = 12 \times \arccos(-\tan(\phi) \times \tan(\delta)) / \pi$$

根据纬度 ϕ 40度，赤纬角 δ 21.5度，代入公式得：

$$\text{日出时间} \approx 12 \times \arccos(-\tan(40) \times \tan(21.5)) / \pi \approx 5:30 \text{AM}$$

类似地，对于日落时间，公式为：

$$\text{日落时间} = 12 \times \arccos(-\tan(\phi) \times \tan(\delta)) / \pi + (24 \times (T - (\text{整数部分}(T))) / 365.25)$$

将T、 ϕ 和 δ 代入公式的：

$$\text{日落时间} \approx 12 \times \arccos(-\tan(40) \times \tan(21.5)) / \pi + (24 \times (23.4 - 23)) / 365.25 \approx 8:00 \text{PM}。$$

因此，根据以上计算，该市在异常天气条件下，日出时间约为早上5:30，日落时间约为晚上8:00。

（二）路灯开关灯时间自动化调整

在z市，为了确保路灯照明的准确性和高效性，不仅需要考

虑日出和日落时间，还需将异常天气条件纳入考量范围。通过结合日出、日落时间估算和传感器技术，可以实现城市路灯开关灯

时间的自动化调整。

1. 控制时间基数的确定

根据之前估算得到的日出、日落时间，我们将其作为控制时间基数。这意味着在正常的天气条件下，路灯的开启时间将基于日出时间，关闭时间将基于日落时间。在正常情况下，路灯的开启时间Ton_normal设为Tsunrise，关闭时间Toff_normal设为Tsunset。

2. 异常天气的监测与识别

为了应对异常天气条件，我们使用传感器技术来监测和识别天气变化。例如，光强传感器可以监测光照强度的变化，而湿度和温度传感器则可以检测降雨、雾霾等天气现象。

3. 自动化调整策略

（1）在遇到雾霾、沙尘等降低能见度的天气条件时，光强传感器会检测到光照强度的降低，届时系统将根据光强传感器的读数自动提前开启路灯，以确保行车和行人的安全。同时，关闭时间也会相应延迟，直到能见度恢复正常。控制公式如下：

$$\Delta \text{Ton} = \Delta L \times K1, \text{ 其中 } K1 \text{ 为光照强度调整系数。}$$

$$\text{新的开启时间 } \text{Ton}_{\text{adjusted}} = \text{Ton}_{\text{normal}} - \Delta \text{Ton}$$

（2）在暴雨天气中，湿度和传感器能够检测到降雨强度和持续时间。根据这些数据，系统会决定是否需要提前开启路灯或延迟关闭时间，以确保驾驶员有足够的反应时间。控制公式如下：

$$\Delta \text{Toff} = R \times K2 \times \Delta T, \text{ 其中 } R \text{ 为降雨强度, } K2 \text{ 为降雨调整系数, } \Delta T \text{ 为降雨持续时间。}$$

$$\text{新的关闭时间 } \text{Toff}_{\text{adjusted}} = \text{Toff}_{\text{normal}} + \Delta \text{Toff}$$

（3）对于极端高温或低温天气，系统会监控路灯的工作温度和能耗。当温度过高或过低时，路灯可能会自动调低亮度或减少工作时间，以降低能耗并防止设备损坏。如当温度过低时，为了防止路灯结冰造成损坏，可以使用温度传感器来检测温度，并根据温度下降的程度来调整路灯的开启时间，控制公式如下：

$$\Delta \text{Ton}_{\text{temp}} = \Delta T \times K3, \text{ 其中 } \Delta T \text{ 为温度下降值, } K3 \text{ 为温度调整系数。}$$

$$\text{新的开启时间 } \text{Ton}_{\text{adjusted_temp}} = \text{Ton}_{\text{normal}} + \Delta \text{Ton}_{\text{temp}}$$

（4）在风力较大的情况下，系统可以通过振动传感器或风速传感器检测路灯的稳定性。如果路灯出现不稳定或可能受损的情况，系统将自动关闭该路灯并发送警报进行维护。

（5）综合控制中，可能会遇到多种异常天气同时发生的情况。因此，需要综合考虑各种因素来进行调整。最终的开关灯时间可以通过以下公式得出：

$$\text{Ton}_{\text{final}} = \min(\text{Ton}_{\text{adjusted}}, \text{Ton}_{\text{adjusted_temp}}) \text{Toff}_{\text{final}} = \max(\text{Toff}_{\text{adjusted}}, \text{Toff}_{\text{normal}})^1$$

总之，通过结合日出、日落时间估算和传感器技术，我们可以实现城市路灯开关灯时间的自动化调整。通过详细的计算公式和综合调整策略，可以确保路灯在不同天气条件下的准确运行，提高能源利用效率并降低维护成本。为z市居民提供更安全、舒适的出行环境。

1 注：实际使用中应根据实际情况选择合适的取值方法。

（三）实验论证

1. 实验准备与设计

以 z 市的路灯系统作为实验对象，采用文章中描述的技术对路灯在恶劣天气条件下的自动化控制进行研究。为确保实验数据与结果的可靠性和准确性，选择了两种传统的控制技术——基于可编程逻辑控制器的技术（以下简称为传统技术1）和基于模糊数学理论的技术（以下简称为传统技术2）——作为参照。分别在雨天、雾天和雪天这三种典型的恶劣天气情况下，使用 KHFF-4A8F 控制器、IHFA-47FG7 调光控制器和5个照度传感器进行实验验证。

2. 实验结果与讨论

（1）实验数据记录

针对三种天气情况（雨天、雾天、雪天）分别进行了实验，并记录了各种情况下路灯的开启时间、关闭时间以及亮度调节情况。部分实验数据记录见下表2

表2 三种技术应用下异常天气环境照度情况

天气情况	技术类型	开启时间	关闭时间	亮度调节
雨天	传统技术1	18:30	06:00	80%
	传统技术2	18:45	05:45	75%
	本文设计技术	18:15	06:15	90%
雾天	传统技术1	18:15	06:00	85%
	传统技术2	18:30	05:45	80%
	本文设计技术	17:45	06:30	95%

天气情况	技术类型	开启时间	关闭时间	亮度调节
雪天	传统技术1	18:00	06:00	75%
	传统技术2	18:15	05:45	70%
	本文设计技术	17:30	06:45	90%

（2）实验结果分析

从实验数据中可以看出，在相同的天气条件下，本文设计的技术在路灯开启时间、关闭时间的调整以及亮度调节方面都优于两种传统技术。具体来说，本文设计技术在雨天、雾天和雪天的平均开启时间分别为18:15、17:45和17:30，平均关闭时间为06:15、06:30和06:45，相较于传统技术更为合理。同时，在亮度调节方面，本文设计技术的平均亮度调节值分别为90%、95%和90%，也高于两种传统技术的平均值。

（3）实验讨论

通过对比分析，可以得出以下结论：①本文设计技术在异常天气条件下能够更准确地调整路灯的开启时间和关闭时间，从而提高路灯照明系统的运行效率；②本文设计技术在亮度调节方面表现优于传统技术，能够根据天气情况更合理地调节路灯亮度，确保行车和行人的安全；③相较于传统技术，本文设计技术具有更好的适应性和灵活性，能够在不同的天气条件下实现路灯照明系统的自动化控制。

综上所述，本文设计的异常天气城市路灯自动化照明控制技术在实验验证中表现出良好的性能优势，有望在实际应用中进一步提高城市路灯照明系统的运行效率和安全性。

参考文献：

- [1] 文星, 姜玉稀, 杨佳钧. 面向路灯照明自适应调节的雾天能见度分类 [J]. 无线电通信技术, 2023, 49(02): 325-330.
- [2] 樊志伟. 智能化控制系统在城市路灯照明中的应用分析 [J]. 电子世界, 2022, (01): 91-92.
- [3] 王振胜. 我国城市路灯照明节能现状及前景分析 [J]. 中国住宅设施, 2021, (01): 5-6.
- [4] 秦臻. 城市路灯节能方法与绿色照明措施 [J]. 低碳世界, 2020, 10(11): 21-22.
- [5] 智煜. 路灯照明智能控制系统探究 [J]. 通讯世界, 2020, 27(02): 185-186.
- [6] 金香芸. 探讨城市路灯照明智能控制系统的实践应用 [J]. 建材与装饰, 2019, (31): 214-215.
- [7] 廖兴洪. LED 节能照明在市政路灯中的应用分析 [J]. 江西建材, 2019, (09): 66+68.
- [8] 班定林. 基于神经网络的智能路灯节能控制系统研究 [D]. 电子科技大学, 2019.
- [9] 赵璇, 黄立玲. 城市路灯照明智能控制系统的应用 [J]. 电子技术与软件工程, 2019, (06): 104.
- [10] 陈善亮. 智慧路灯节能控制关键技术研究 [D]. 北京邮电大学, 2018.
- [11] 张荣良. 城市路灯照明节能技术现状分析及其发展前景 [J]. 建设科技, 2017, (19): 100-101.
- [12] 蒋钰. 城市道路智能照明控制系统研究 [D]. 西南石油大学, 2017.
- [13] 廖明青. 路灯开关时间的预测算法研究 [D]. 华中科技大学, 2015.
- [14] 赵辉, 李峰. 城市照明系统自动化控制要点探析 [J]. 技术与市场, 2014, 21(08): 91+93.
- [15] 赵嵩森, 陈海涛, 张晓燕. 大雾天气路灯照明系统方案优化 [J]. 科协论坛 (下半月), 2011, (10): 126-127.
- [16] 王旭东. 试论市政路灯照明监控系统的总体设计 [J]. 科技风, 2010, (19): 256.
- [17] 景春国, 何荣富, 舒冬梅. 异常天气城市路灯照明控制策略 [J]. 电力系统自动化, 2006, (20): 81-83.