

绿色低碳背景下储能路灯的应用研究

●王奕凡



[摘要] 城市照明是城市基础设施建设的重要组成部分,也是城市能源消耗的主要领域。路灯作为城市基础设施的重要组成部分,在提供夜间照明的同时,也带来了能源消耗和环境污染等问题。因此,研究和开发高效、环保的照明技术,以及利用好储能技术成为当前的重要课题。本文将围绕绿色低碳背景,以深圳市福田区两个储能路灯的应用实例,分析其在节能减排、改善环境质量、智慧化管理等方面的积极作用及改进措施。

[关键词] 储能路灯;绿色低碳;道路照明

随着社会经济的快速发展,人们对于美好生活的向往给城市道路照明建设和管理提出了更高要求,现有城市道路照明粗放型的管理模式与优质、高效管理需求间的矛盾日益凸显。过去十几年,照明行业利用 LED 高效、寿命长和高可靠性优势,有效改善城市公共空间的照明环境,达到经济、环境友好与低碳效果。但如何持续有效降低照明能耗,落实双碳目标成为城市道路照明领域的重要命题。当前绿色低碳政策激励、市场需求、技术创新、法规完善和社会认知等多方面,显著推动了储能路灯的发展和普及,而电池技术、太阳能板效率和智能控制系统的应用不仅提高了储能路灯的性能和可靠性,也降低了成本。

Q 储能路灯技术概述

(一)储能技术原理及发展

储能技术涉及将能量存储起来,以便在需要时加以利用。这些技术在提高能源利用效率、稳定电网、促进可再生能源发展等方面具有重要作用。储能路灯通常采用高效、环保的储能技术,如锂离子电池、超级电容器、压缩空气储能或固态储氢等,它们具有不同的优势,例如超级电容器储能技术能够在短时间内释放大容量电能,适用于短时间、大功率的负载平滑。

(二)传统储能路灯的分类及局限性

1.传统储能路灯的分类

储能路灯通过不同的能源来源、电池类型、安装方式和应用场景进行分类,以满足多样化的环境需求和功能要求。太阳能、风能以及混合能源系统为路灯提供动力。铅酸、锂离子和镍氢电池则作为储能介质,各有其优缺点。一体化和分体式安装方式分别适应简便安装和易于维护的需求。

而道路、庭院、广场和应急场景则针对特定的照明需求进行设计。这些分类体现了储能路灯技术的多样性和适应性。

2.传统储能路灯的局限性

尽管储能路灯有许多优点和广泛的应用场景,但它们也各自存在局限性,比如,深圳福田滨河大道 2011 年安装风光互补路灯杆 229 个,由于总是不见风扇转动,被市民质疑是个摆设。事实上风能储能路灯对周围环境要求很高,风速太小和高楼较多等都可能影响风扇的转动,风速一定要达到 2.5m/s 才能转动。可见储能路灯面临初期安装成本较高、对天气和气候条件的依赖、发电设备性能随时间衰退以及能量管理和控制的复杂性等挑战。

(三)“削峰填谷”储能路灯

1.“削峰填谷”原理

“削峰填谷”储能路灯指的是在路灯系统中集成电池储能单元,以实现在电力需求低谷时段充电(填谷),并在高、平峰时段或需求时间段放电以供照明(削峰)的智能照明系统。该系统有助于改善电网负荷,促进能源消费的平衡,并为城市照明提供了一种节能环保的解决方案。

2.“削峰填谷”储能路灯技术原理

主控制电路与电源管理、驱动电路、监控数据显示电路相连(原理图见图 1),实现智能照明控制。通过一年四季的变化规律,应用经纬度算法计算控制开关灯的时间,并利用峰谷电策略,优化储能电池的充放电,实现节能照明。智能系统还能在电量低时自动切换至市电供电,确保持续照明并保留应急备用电能。

3.工作模式

储能电池在智能照明系统中通过以下三种工作模式实现节能和成本效益:在高峰时段使用储存的电能为 LED 灯具

供电，以减轻电网负荷并节省成本；电量低或电池异常时自动切换到市电照明，以保证照明不中断；在低谷时段利用低

电价为电池充电同时照明，进一步降低用电成本，通过智能控制实现高效、环保的照明管理目标。

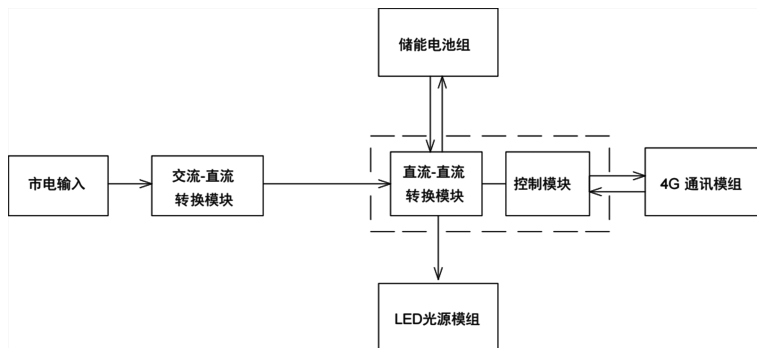


图1 “削峰填谷”储能路灯系统原理图

Q 储能路灯的应用实例

由于传统储能路灯的局限性，笔者在本次通道照明和道路照明实例应用中采用了单一市电的储能灯具。

（一）储能灯具用于立交桥地下人行通道照明

1. 立交桥地下人行通道存在的问题

笔者以深圳市福田区为例，当前福田区的立交桥地下人行通道共计39个，大部分通道为北环大道、深南大道、滨河大道三大主干道与快速路交汇处。因从路灯箱变破挖重新铺设管线存在施工困难、花费大，大部分通道未经过24小时电源改造，立交桥通道照明面临以下三大问题：首先，由于缺少独立配电，通道照明系统与路灯共用电源，导致白天无法亮灯。其次，人行通道在不同时间段和天气条件下照度不均匀，尤其在清晨、傍晚和阴雨天，照度不足，影响视线。最后，灯具老化和管线状况较差，且使用的蓄电池

灯具笨重、耐用性差，缺乏调光功能。这些问题共同影响了立交桥通道的照明质量和使用安全。

2. 人行通道的储能灯具改造实施

笔者对福田区北环皇岗立交通道1号、2号、3号；滨河皇岗立交通道1号、2号；深南金田通道2号；福华新洲通道1号，共7个通道进行实例改造，涉及216套灯具。本次采用的灯具规格如下：功率为15W，应急续航时间13h，8~10h内充满，20m内蓝牙控制，具有智能降功率、时段控制功能。色温4000K，IP防护等级65，按照安全、节能、环保原则设计照明布局，确保灯具位置合理、光线分布均匀，避免照明盲区和眩光。

以北环皇岗立交1号通道为例，通道长约40m，对比100%、50%功率条件下的测试照度，设置功率在65%条件下，测试条件：晴天17:30（测试结果见表1）。

表1 安装储能灯前后照度标准值

安装储能灯前后 照度标准值(lx)	东出口		东出口10m		中点		西出口10m		西出口	
	前	后	前	后	前	后	前	后	前	后
人行道左边	819	892	5.7	101.6	1.05	110	4.1	130	829	1260
人行道中间	770	970	5.5	106.8	1.4	78	6.1	138.2	928	1510
人行道右边	1020	1045	6.4	84	1.6	84	5.7	96.5	1107	1597

测试显示65%功率工作状态下，通道中间部分照度均达到深圳市人行地下通道设计指引中主通道和出入口的照度100lx的标准。经过续航测试，纯蓄电池带动可以亮灯23小时，起到了有效应急的作用。

3. 储能灯具存在的问题及解决建议

在运行过程中，发现了三个主要问题：首先，通道灯仍缺乏远程监控能力，目前还依赖于人工巡查。其次，使用的照明产品仅支持通过蓝牙进行单灯控制，但存在自动复位导致信号不稳定的问题。最后，没有提供物理开关，特别是在低洼易积水区域，这可能会带来安全隐患。

针对这些问题，笔者与厂商沟通提出了解决方案：远程监控可以加入4G通讯单灯控制功能。对于蓝牙控制方面，

首先从软件版本升级入手，每日设置自动复位，确保信号可搜索连接。其次是产品改进。地下人行通道的灯可以升级物理按键开关灯。通过这些综合措施，可以优化立交桥人行通道的照明系统，实现安全、节能、环保的照明效果，提升行人的夜间通行体验。

（二）储能灯具用于道路照明

基于智慧化管理需要，本次试验笔者采用了具有4G传输功能的带单灯控制的储能路灯，在福田区梅林路安装了10盏储能路灯，同时针对各场景设计外载摄像头方案，可支持24小时全天候工作，在管理平台实时监控，实现云台摄像头大范围监控的功能。

1. 储能路灯改造实施

此次试验采用分体式,即将路灯外壳、LED光源模组与三合一电池箱分开设置,光源模组与电池模组用导线连接,三合一电池箱一般用抱箍安装在路灯杆上,可以充分运用现有的灯型库。因储能路灯提供安全电压12V,可以根据特殊要求进行功能拓展低功耗设备,将普通已有灯杆改造成智慧灯杆,提高现有存量路灯杆使用效率。比如,在重要点位节点安装摄像头监控低洼、边坡、防盗、重点路灯亮灯等情况,后期还可以加入音柱喊话、AI识别等功能。

2. 存在的问题及解决建议

针对本次储能路灯应用实施的安全性、稳定性和摄像头维护问题,提出的改进方案包括:重新设计分体式电池包的固定方式以增强其可靠性,避免因重量问题导致掉落。加强硬件与软件的匹配测试,提高系统的稳定性,减少设备掉线情况。优化摄像头选型,引入枪机摄像头并采用模块化接口设计,以适应固定监控距离需求并简化维护流程。

(三)应用实例的创新点与不足

通过以上两个分别用于通道及道路照明的案例分析可以发现,对于当前的道路照明设施改造较为便捷,可以充分运用现有的灯型库,有效解决不能24小时供电的痛点。这些改造措施符合低碳环保的原则,通过减少能耗显著降低了碳排放。此外,路灯杆集成的低功耗智能设备,为城市管理提供了更多可能性。储能路灯以其节能高效、智能调控、应急照明保障、环境适应性强、维护成本低、促进可再生能源利用、支持智慧城市建设等特点,不仅提升了照明质量和效率,而且降低了长期运营成本,增强了城市应急响应能力,提升了城市形象。然而,目前该领域尚未形成统一的行业标准,相关规范仍在制定过程中,这可能会影响改造工程的推广和实施效率。尽管如此,这些创新尝试为未来城市照明的绿色智能化发展奠定了基础。

储能路灯的效益分析及使用前景

(一)效益分析

笔者所在的深圳地区,开灯时间为18:00—6:30(开关时间按照经纬时控及光照度仪动态调整),总计12.5小时。峰电时间:18:00—19:00,计算电价:1.181元/(kW·h);平电时间:19:00—24:00,计算电价:0.784元/(kW·h);谷电时间:24:00—06:30,计算电价:0.284元/(kW·h)。

根据电网输送电力采用峰谷平的差别策略,因此有了差别电价方案,储能灯具谷电存储,用于峰电输出时的负载使用,进而平滑了电力输送曲线。同时配合将钠灯、低光效LED灯具更换为高光效LED储能路灯的举措,可减少二氧

化碳排放,从而达到节能减排,提高资源能源利用效率和控制温室气体排放量的目的,有利于社会环境保护,符合相关节能减排政策。

(二)推广使用前景

电网负荷优化、可再生能源的整合以及作为智慧城市基础设施的储能路灯技术,不仅提升了电网的运行效率和可靠性,降低了高峰时段的电网压力,还促进了城市能源结构的绿色转型。并通过集成智能设备,为智慧城市的建设和发展提供了强有力的支持和数据服务。一旦储能灯具大规模推广,可以探索和实施虚拟电厂管理模式,以更有效地管理和优化能源资源。目前,相关技术和标准仍在不断发展和完善中,需要行业内外共同努力,以推动储能灯具与虚拟电厂的广泛应用和深度融合。

结束语

在当前绿色低碳的大背景下,将储能路灯应用于当前的道路照明及通道照明具有很强的实践价值。储能路灯以其多方面的优势,在现代城市照明中发挥着重要作用,提高了公共照明的覆盖率和质量,增强了夜间出行的安全性,提升了居民的生活质量。储能路灯能够在电网高峰时段释放储存的电能,有效平衡电网负荷,便于在偏远或难以铺设电缆的地区灵活应用,提高照明设施的普及率。在电力不稳定或紧急情况下提供应急照明,保障基本照明需求。储能路灯还能与智能控制系统结合,实现远程监控和控制,提升照明系统的智能化水平,并与智能城市的其他系统如交通、环境监测等相结合,开拓创新应用。此外,储能路灯支持低功耗设备的加载,如传感器和摄像头,进一步推动智慧城市建设。最重要的是,储能路灯的环境友好特性,通过减少碳排放,促进了可持续发展,符合应对气候变化的目标要求。

参考文献

- [1]陈壬贤,赵弘昊.关于道路照明碳达峰、碳中和路径的探讨[J].清洁能源,2023(10):72-76.
- [2]刘小红,张恭铭,李媛,等.新形势下城市道路照明规划探讨[J].照明工程学报,2023(05):132-136.
- [3]曹小兵,吴春海.“双碳”目标下城市道路照明节能减排与示范应用研究[J].照明工程学报,2023(04):69-73.

作者简介:

王奕凡(1990—),男,汉族,广东汕尾人,硕士,工程师,深圳市市容景观事务中心,研究方向:城市照明。