

基于智能算法的动态光伏调控系统在校园宿舍改造中的应用研究

- 以黄河科技学院老4宿舍楼为例

潘晨 黄煜坤 姜佳鑫 丁浩宸 杨若冰

黄河科技学院 河南 郑州 450000

【摘要】：为了应对“双碳”目标，解决高校老旧宿舍能耗过高、传统光伏系统不匹配、光伏与建筑结合度差等问题，本文选取黄河科技学院老4宿舍楼作为改造对象，建立基于智能算法的动态光伏调控系统。该系统采用屋顶动态追光、南向外墙光伏一体化技术，利用智能算法进行光照感应、角度调节和能量分配，在保证发电效率的同时兼顾建筑美观及室内舒适度。形成适用于老旧校园宿舍的光伏改造技术方案，操作简单易行，维护方便，为高校低碳节能改造提供可借鉴、可复制的实施方案。

【关键词】：智能算法；动态光伏调控；光伏建筑一体化；校园宿舍

DOI:10.12417/2811-0536.26.08.056

引言

国家“双碳”目标深入发展、绿色校园建设加快的大环境下，建筑节能和可再生能源规模化利用是校园改造的主要方向。高校学生宿舍楼是校园能耗的主要载体，使用时间长、用电负荷稳定，大多数老旧宿舍楼存在围护结构隔热性差、无遮阳措施、能源利用效率低等问题，全部采用市政供电，节能改造空间大。目前，分布式光伏在校园建筑中应用日趋广泛。光伏建筑一体化技术和智能调控算法的结合，给解决上面的问题赋予了可行的道路，既能使光伏系统同建筑实现有机整合，又可以依靠智能调度改进能源利用效果。

1 相关技术基础与改造约束

(1) 动态光伏调控技术：动态光伏调控技术主要是利用实时感知环境光照的变化，自动对光伏组件的姿态和角度进行调整，使光伏组件时刻保持最理想的姿态来接受太阳辐射，从而达到最大化的发电效率。动态光伏调控技术依靠传感器、控制器以及执行机构的协同工作，可以准确地捕捉到太阳的方位、光照强度的动态变化，并且实现光伏组件的实时调节，不同于传统的固定角度光伏系统，能够最大限度地利用不同时段、不同季节的太阳能资源，适应校园建筑的光照条件，特别是适用于屋顶的空间布置，可以在不增加安装面积的情况下提高单位面积的光伏发电量，符合校园节能改造高效率的要求^[1]。

(2) 光伏与外立面材料一体化技术：光伏和外立面材料一体化技术打破传统的光伏系统“附加安装”

方式，把光伏构件同建筑外立面材料、保温层以及装饰层融为一体，外立面采用马赛克拼接的建筑风格，采用分布式光伏板，与外立面融合。让光伏组件变成建筑外立面的关键部分，做到发电、围护、隔热、装饰等多种功能兼备。这种技术不用另外占据建筑空间，可以很好地利用建筑的垂直界面来解决传统光伏系统与建筑外表不协调的情况，并且有助于加强建筑围护结构的隔热效果，减少太阳光直射带来的室内温度变化，提升宿舍的居住舒适度，很适合用于老式宿舍楼的外立面改良工作，既可达成能源利用目的又不会影响到建筑整体外观的和谐与完整。

(3) 智能能量管理算法与改造约束：智能能量管理算法是动态光伏调控系统的灵魂，会采集光照参数，发电功率以及宿舍用电负荷等相关信息，进而开展太阳方位计算，预测发电功率，实施能量调配并且契合负荷需求，以此来保证宿舍用电既安全又稳定，还要尽量让光伏发电做到自给自足，做到能源利用的最大化。考虑到高校老旧宿舍改造的实际状况，系统规划务必遵守严苛的限定条件，要保证建筑结构的安全性，施工方便，不能损伤建筑主体框架，不要影响学生的日常作息，后续维修简便等^[2]。

2 黄河科技学院老4宿舍楼现状调研与改造需求

2.1 建筑基本概况与资源条件

黄河科技学院老4宿舍楼属于多层砖混结构，整体朝向为南北方向，建筑立面整齐，窗墙比合适，屋面采用平屋面，建筑功能主要是学生住宿，入住人数

作者简介：潘晨，男（2004-06），汉，河南周口人，本科在读，研究方向：绿色建筑，智能光伏。

基金项目：河南省高等学校大学生创新训练计划项目《基于智能算法的动态光伏调控系统研究》（编号：S202511834045）。

相对固定,用电负荷有规律性波动,白天晚上都有持续用电需求,具有较好的光伏改造条件。该宿舍楼南侧日照充足,没有高大建筑物遮挡,屋面宽敞平坦,适宜布置动态光伏系统;外立面墙面平整连贯,窗间墙、窗上檐口等处空间较大,可以用于光伏构件的一体化集成;经现场检查,建筑结构完好,可承受光伏系统的附加荷载,宿舍用电主要是照明、充电设备、风扇之类的低压负荷,负荷比较稳定,适合光伏自发自用,符合分布式光伏发电中的普通工商业分布式光伏应用特点。



2.2 现存主要问题

该宿舍楼当前并没有设置任何可再生能源利用系统,所有用电均依靠市政供电,能源利用效率低下,不符合绿色校园创建的要求,而且加大校园运行的成本。建筑外立面使用传统的围护材料,隔热效果不佳,到了夏天阳光直接照射,室内温度偏高,学生住着很不舒服,也没有足够的遮阳装置,使得室内变得更热。传统光伏设备如果采取附加安装的方式,就很难做到和建筑立面相协调,容易破坏建筑原有的风格,还会妨碍宿舍室内的采光,和学生的住宿需求发生冲突^[3]。

2.3 改造需求总结

综合考虑建筑的基本条件、使用功能以及安全标准,结合国家关于分布式光伏发电开发建设的相关要求,此次对宿舍楼进行光伏改造需要达到以下方面的要求。发电效率高,可以充分地利用建筑的屋顶和立面来获取太阳的能量,从而提高可再生能源的使用比例。与建筑的立面相融合,光伏构件要和原有的建筑风格保持一致,不能破坏建筑的整体效果,也不能影响到室内的采光情况。施工方便且稳定,在改造的时候要尽量避免给学生的生活带来不便,并且后期维修的成本较低,符合校园管理的实际状况。

3 动态光伏调控系统整体设计

3.1 系统总体架构

本系统以“屋面动态光伏系统+南侧外立面光伏材料一体化系统”为整体架构,利用智能算法实现全过程智能化控制,形成“感知—决策—执行—调度”

闭环系统。其中屋面动态光伏系统主要负责高效发电,借助动态角度调节来提高太阳能使用效率,南侧外立面光伏一体化系统则承担着发电及建筑围护两项职能,做到光伏与建筑完美结合,该系统由智能控制器进行统筹安排,汇集各种传感器收集的信息,完成对光照的感应,角度的改进以及能源的调配和安全防护工作。

3.2 屋面与外立面光伏系统设计

屋面动态光伏系统以提高发电量为主要目的,采用轻质结构,不会破坏屋面原有的防水层,并且具有完善的安全保护措施,可以抵抗大风、高温等恶劣天气,保证长时间安全运行,其倾斜角通过智能算法根据光照强度进行调整,使光伏板始终垂直于太阳光线,最大限度地接受太阳辐射。外立面光伏材料一体化设计采用集成化、模块化、饰面统一原则,将光伏构件与外立面材料结合在一起,嵌入或者粘贴到南立面窗间墙、窗上檐口等位置,形成连续完整外立面效果,既不影响宿舍采光,还能阻挡太阳辐射,减少室内温度升高,提高居住舒适度,又不影响建筑整体外观,不需要单独设置运动机构,利用材料与构造的一体化来维持正常运转^[4]。

3.3 智能调控策略设计

智能调控策略依靠先进的智能算法来创建,重点在于做到光照跟踪,功率改良以及能量调度的同步执行。控制器会即时搜集光照强度,太阳方位,发电功率,宿舍用电负荷等诸多信息,并且靠算法来算出太阳位置,预测发电功率,从而自己改进屋面动态光伏系统的运作姿态,保证发电效率尽可能高,而且按照宿舍用电规律,对总的发电量实施智能化调配,优先满足宿舍负载用电需求,从而让光伏发电自发自用,多余电量可以妥善调配或者接入电网,符合分布式光伏发电的能量利用要求。

4 系统集成、性能评价与推广价值

4.1 系统与建筑集成设计

系统集成的设计严格按照老旧宿舍改造的限制条件,考虑施工方便、安全以及外观统一等。屋面上动态光伏系统的分布整齐,线路隐藏铺设,不会破坏屋面防水及建筑结构,并且留有足够的维护空间,满足分布式光伏发电项目建设管理的要求;外墙光伏构件与原有的立面尺寸和风格相契合,安装过程不会破坏原有的墙体结构,保证了建筑外观的一致性;电气线路暗埋,配电箱和管理设备集中设置于不影响学生生活的场所,不占宿舍使用面积,不影响建筑的使用功

能, 整个方案易于施工, 安全风险小, 在较短的时间内即可完成改造, 对学生的日常生活影响较小。

4.2 建筑整体设计理念

在建筑外立面设计中, 提取中国传统文化中的经典意象——鹏, 以“鹏程万里、奋发向上”的精神内涵呼应青年学子成长成才的价值追求; 同时运用马赛克方块抽象理念, 将鹏的展翅形态拆解为模块化、几何化的立面单元, 与光伏一体化构件有机拼接, 既保留传统文化的精神内核, 又以现代建筑语言实现视觉创新。



4.3 系统性能与综合评价

从系统性能看, 动态光伏调控系统可以提高光伏发电量, 降低建筑对市政电的依赖, 利用可再生资源, 符合国家“双碳”战略及绿色校园建设的要求; 外立面光伏一体化构件能有效的阻挡太阳直射的热, 改善宿舍室内的热环境, 降低夏季空调能耗, 提升学生的居住舒适感; 光伏构件与建筑立面的结合, 提高了建筑外观的整体性和美观性, 有利于校园形象的提升。从综合评价上看, 该系统发电效率、建筑融合性、室内舒适性、施工便利性、长期可靠性等各方面比较平衡, 相比于传统的附加式光伏系统更适用于老旧校园宿舍的改造, 可以很好的解决传统光伏系统适配性差、融合度低的问题, 且满足分布式光伏发电行业的相关标准和管理规定, 具有较好的实用性。

4.4 效益分析与推广价值

该系统应用有明显的多重好处, 从节能和环境角

度讲, 可以提升太阳能利用效率, 减少建筑耗能和碳排放量, 没有污染, 有利于高校达成碳减排目的, 符合绿色校园创建的需求。从建筑及使用效益看, 外立面一体化设计使建筑更美观, 光伏构件改善室内热舒适, 提高学生居住感受, 系统运行稳定且维护方便, 不会加重校园日常管理负担。从社会及推广价值来讲, 此方案全面考量到老旧校园宿舍改造时的限制条件及其需求情况, 其技术手段比较成熟, 花费也处在可承受范围之内, 并且具备很强的可复制性, 既适宜于高校宿舍又可以推广到老旧住宅, 办公楼等众多既有建筑改造当中去, 契合国家关于分布式光伏发电多场景融合开发应用的方向要求, 给各种既有建筑低碳节能改造供应着可供参考的技术途径, 有着宽广的推广潜力。



5 结语

本文以黄河科技学院老4宿舍楼作为研究对象, 针对老旧校园宿舍节能改造的需求, 建立基于智能算法的动态光伏调控系统, 结合了屋面动态追光技术和外立面光伏一体化技术, 采用智能算法对能源进行合理使用及精确调度, 从而解决传统光伏系统效率低、与建筑融合度差、改造适应性弱等难题。研究表明该系统可以做到兼顾发电效率、建筑美观以及室内舒适度, 并且施工简单、维护方便, 符合分布式光伏发电建设管理的要求。与物联网平台相结合, 实现远程监控、数据统计以及智能运维等功能, 提高系统的智能化程度。

参考文献:

- [1] 郑普, 周建军, 赵子超. 新型光伏材料与智能跟踪系统分析[J]. 科技与创新, 2025, (04): 69-71+75.
- [2] 华聪聪, 冯胜, 李大华, 等. 基于改进量子遗传算法的光伏智能楼宇负荷优化[J]. 计算机应用与软件, 2024, 41(09): 77-82+105.
- [3] 谢鑫焱, 珠扎次仁, 杨晨, 等. 太阳能自动追光及其充电系统的设计[J]. 现代工业经济和信息化, 2023, 13(04): 87-89.
- [4] 吴昱燃. 办公建筑动态光伏遮阳立面综合能效预测与优化设计研究[D]. 哈尔滨工业大学, 2025.