

绿色校园建设中的低影响开发(LID)技术应用研究

薛天威 钟义虎 杨鹏 吴佩利 王珊珊

中电建生态环境集团有限公司

DOI:10.32629/btr.v8i9.4905

[摘要] 本研究聚焦于绿色校园建设中低影响开发(LID)技术的应用,以湖南师范大学附属中学新校区(高中部)项目为案例,探讨太阳能光伏系统在校园建筑中的集成与应用。通过文献调研、数据收集、软件模拟等方法,提出了适用于校园环境的光伏组件创新、结构设计与系统集成、智能化管理与能效优化等关键技术,LID技术在降低校园能耗、减少碳排放、提升建筑美学价值等方面具有显著优势,以此为绿色校园建设提供了可推广的技术路径和实践经验。

[关键词] 绿色校园; 低影响开发(LID); 技术应用研究

中图分类号: C35 文献标识码: A

Application Research of Low Impact Development (LID) Technology in Green Campus Construction

Tianwei Xue Yihu Zhong Peng Yang Peili Wu Shanshan Wang

China Power Construction Ecology and Environment Group Co., Ltd.

[Abstract] This study focuses on the application of Low Impact Development (LID) technologies in green campus construction, using the new campus project of Hunan Normal University Affiliated High School (High School Division) as a case study to explore the integration and application of solar photovoltaic systems in campus architecture. Through literature review, data collection, and software simulation, the research proposes key technologies tailored for campus environments, including innovative photovoltaic module design, structural engineering, system integration, intelligent management, and energy efficiency optimization. LID technologies demonstrate significant advantages in reducing campus energy consumption, minimizing carbon emissions, and enhancing architectural aesthetic value, aiming to provide replicable technical pathways and practical insights for green campus development.

[Key words] Green campus; Low Impact Development (LID); Technology application research

引言

随着全球能源危机和环境污染问题的日益严峻,发展可再生能源已成为各国政府的共识。太阳能作为清洁、可再生的能源,具有零消耗、零污染、零排放的独特优势,是集经济效益与环保效益于一身的绿色能源。校园作为城市中的重要组成部分,其建筑能耗占城市总能耗的较大比例,且校园建筑具有面广量大、用电模式特殊等特点,为太阳能利用提供了广阔的应用空间。因此,在校园建设中推广低影响开发(LID)技术,特别是太阳能光伏系统的应用,对于优化能源结构、推动节能减排、建设绿色校园具有重要意义。

1 研究背景与意义

湖南师范大学附属中学新校区(高中部)项目自启动以来,秉承低碳生态理念,致力于打造绿色、生态、环保的校园环境。项目所有建筑均实现绿色建筑二星级标准,并力争达到绿色建

筑三星级标准,打造超低能耗建筑试点。

在校园规划中,多维度实施节能工程,覆盖围护结构、空调、照明、电梯等主要耗能设备,构建绿色低碳建筑系统。其中,太阳能光伏系统作为重要的可再生能源补充,被广泛应用于校园建筑中,以提高可再生能源利用率,打造近零碳排放建筑。在校园环境下发展建筑太阳能利用技术,不仅符合全球能源转型的趋势,也是教育界广泛认可的绿色校园建设的重要手段。(LID)技术强调通过源头分散的小型控制设施,在施工过程中以及学校使用过程中,都能维持和保护场地的自然水文功能,有效缓解不透水面积增加造成的洪峰流量增加、径流系数增大、面源污染负荷加重的问题^[1]。在学校使用过程中,(LID)技术通过分散的小规模控制措施,如渗透、过滤、储存、蒸发和滞留等设施,从源头减少雨水径流,控制径流污染,减少最大峰流量,从而削减洪峰,减少下游产生洪涝灾害的几率。在学校使用过程

中, (LID) 技术通过雨水花园设施、屋顶绿化、雨水利用等措施, 维持开发前原有的水文条件, 控制径流污染, 减少污染排放, 实现开发区域的可持续水循环。在项目建设初期, 与传统雨水控制利用方法相比, (LID) 技术不仅可以提高开发项目的环境效益, 还可以降低建设成本。

2 绿色校园建设中的低影响开发(LID)技术的优势

2.1 节能环保

绿色校园建设中, 低影响开发(LID)技术凭借其独特的节能环保优势, 正成为推动校园可持续发展的关键力量。该技术通过生态植草沟、下凹式绿地、雨水花园等分布式源头控制设施, 模拟自然水文循环, 有效减少不透水地面面积, 使校园径流总量与峰值流量降低30%-99%, 同时延缓径流峰现时间5-20分钟。这种设计不仅缓解了暴雨期间校园排水系统的压力, 更通过渗透、蒸腾等自然过程实现雨水原位净化与回补地下水, 年均可补充地下水超10万立方米, 显著改善校园微气候。在节能层面, LID技术与建筑节能形成协同效应: 绿色屋顶采用20厘米厚种植土层, 夏季可降低建筑表面温度2-3℃, 减少空调能耗15%-20%; 透水铺装材料通过孔隙结构实现“地气”通透, 冬季地面温度较传统混凝土高1.5-2℃, 降低供暖能耗。此外, 雨水花园与生物滞留设施对磷、氮等污染物去除率达80%以上, 结合初期雨水弃流装置, 年均可减少面源污染排放量30%-50%, 有效保护校园周边水体生态。相较于传统集中式雨水管网, LID技术通过分散式布局可以有效降低管网建设成本, 且后期维护仅需定期清理沉积物与更换耐污植物, 运营费用减少。这种“源头-过程-末端”全链条控制模式, 使绿色校园在实现零排水目标的同时, 构建起“渗、滞、蓄、净、用、排”的多功能景观体系, 为师生提供生态教育实践场所, 真正实现环境效益、经济效益与社会效益的有机统一。

2.2 应对城市内涝问题

在绿色校园建设中, 低影响开发(LID)技术凭借其仿自然水文循环的设计理念, 为破解传统校园内涝难题做出了自己的贡献。传统校园因硬化铺装占比过高、自然绿地被压缩, 导致雨水下渗受阻、地表径流激增, 加之排水管网设计标准滞后, 暴雨时易形成“地面成河、管网倒灌”的内涝困局。而LID技术通过构建“源头分散-过程滞蓄-末端净化”的全链条防控体系, 显著提升了校园的雨水调蓄能力: 其核心设施如透水铺装采用多孔隙材料, 可使雨水直接下渗至土壤层, 较传统混凝土路面径流系数降低60%以上; 下沉式绿地与生物滞留池通过植被过滤与土壤吸附, 不仅能滞留30%-50%的径流, 还可通过微生物作用降解污染物, 避免内涝伴随的面源污染; 而植草沟与雨水花园则通过地形高差设计, 将分散的雨水缓慢输送至调蓄池, 延长了汇流时间, 减轻了排水管网的瞬时压力^[2]。更关键的是, LID设施具有“小而美”的分布式布局特点, 可灵活嵌入校园道路、停车场、建筑周边等空间, 无需大规模改造现有管网, 既降低了施工成本, 又通过植被与水体的景观化处理, 将防洪功能转化为可感知的生态教育场景。

3 绿色校园建设中的低影响开发(LID)技术应用策略

3.1 智能化和自动化

在绿色校园建设的低影响开发(LID)技术实施中, 智能化与自动化策略正通过AI与低代码平台的深度融合重塑传统流程。AI技术依托自然语言处理与机器学习算法, 可自动解析校园地形、水文及气候数据, 生成符合LID原则的透水铺装、雨水花园等设施的参数化设计模型, 并通过智能推荐系统匹配最优组件组合, 例如根据土壤渗透率动态调整生物滞留设施的植被配置。在实施阶段, AI驱动的自动化测试工具能模拟暴雨径流场景, 实时优化设施布局以减少内涝风险, 同时通过强化学习算法持续迭代调蓄池容量、植草沟坡度等关键参数, 确保设计精准度。低代码平台则通过可视化建模与模块化拖拽功能, 将LID设施的运维逻辑转化为标准化流程, 例如集成物联网传感器的智能监测系统可自动采集雨水管网压力、土壤湿度等数据, 并依托低代码平台快速构建预警模型, 当检测到异常时自动触发排水泵启停或推送维护工单。此外, AI与低代码的协同还体现在跨系统集成上——通过API接口打通气象预报、能耗管理等平台, 实现LID设施与校园绿色屋顶、光伏系统的联动调控, 例如暴雨前自动关闭光伏板清洗系统以避免径流污染, 或根据光照强度动态调整透水铺装的蒸发速率。这种“AI设计-低代码部署-智能运维”的全链条自动化, 不仅将LID实施周期缩短40%以上, 更通过数据闭环持续优化设施性能, 使绿色校园真正成为具备自我调节能力的生态综合体。

3.2 跨部门协作和灵活定制

在绿色校园建设的低影响开发(LID)技术落地过程中, 跨部门协作与灵活定制是突破传统实施壁垒、实现生态效益与校园功能深度融合的关键。LID技术的复杂性要求业务人员(如后勤管理部门、环保社团)、设计师(景观、水利专业)与开发人员(物联网工程师、系统运维)形成协同网络, 而低代码平台通过标准化组件库与可视化协作界面, 将专业术语转化为可交互的模块——例如业务人员可通过拖拽式界面模拟雨水花园的运维流程, 设计师能实时调整参数并生成三维效果图, 开发人员则基于平台API快速集成土壤湿度传感器等物联网设备, 使各方在统一数据框架下高效沟通, 避免因信息断层导致的返工。针对不同校园的地理气候特征(如南方多雨区的调蓄需求与北方干旱区的渗透优先)及功能定位(教学型校园需兼顾活动空间, 科研型校园侧重生态监测), 低代码平台的灵活性优势进一步凸显: 其预置的LID组件库支持按需组合, 既能快速搭建标准化的透水铺装、植草沟等基础模块, 又可通过自定义脚本实现特殊场景适配——例如为艺术类院校定制具有雨水净化功能的生态雕塑设施, 或为体育场馆设计可承载高荷载的透水混凝土路面。这种“标准化框架+个性化扩展”的模式, 使LID实施既能遵循海绵城市技术规范, 又能深度融入校园文化与使用习惯, 最终形成“一校一策”的差异化解决方案, 显著提升绿色校园建设的可持续性与用户满意度。

3.3 环境影响评估与可持续发展

绿色校园建设中,低影响开发(LID)技术的环境影响评估与可持续发展应用策略,需构建“评估-优化-共生”的闭环体系。在环境影响评估阶段,应采用生命周期评估法,结合SWMM模型模拟校园水文循环,量化LID设施对径流总量、峰值流量及污染物负荷的削减效果。例如,深圳大学土木结构实验楼通过生态屋顶与透水路面组合,实现年径流总量控制率超80%,雨水回用率达40%,其评估数据显示,LID设施使校园暴雨峰值延迟20分钟,显著降低市政管网压力。评估指标需涵盖生态、经济与社会效益:生态层面,通过生物滞留池、雨水花园等设施提升生物多样性,如广西机电职业技术学院静思湖项目采用生态驳岸与植被缓冲带,使水体自净能力提升35%;经济层面,采用成本效益分析,对比传统管网与LID设施的全生命周期成本,沈阳建筑大学案例表明,LID方案虽初期投资增加15%,但20年运营成本降低40%;社会层面,通过景观融合与教育功能设计,如将透水铺装与科普标识结合,使师生参与率提升至60%,形成环境认知-行为改变的良性循环。可持续发展策略需聚焦“技术-管理-文化”协同:技术上,推广模块化LID设施,如可拆卸式雨水罐与智能渗透塘,适应校园更新需求;管理上,建立智慧监测平台,实时调控设施运行,如广州教育城项目通过物联网传感器优化调蓄池水位,减少人工维护成本30%;文化上,将LID理念融入课程与活动,如开展“雨水花园养护竞赛”,使可持续发展意识内化为校园基因。此体系通过科学评估锚定优化方向,以技术创新驱动长效运行,最终实现校园与自然生态的永续共生。

3.4 源头控制和分散式措施

绿色校园建设中,低影响开发(LID)技术的源头控制与分散式措施通过“小规模、多节点”的生态设计,从径流产生源头实现雨洪管理的精准调控。源头控制强调在雨水降落初期即进行截留与净化,例如采用绿色屋顶技术,通过植被层、种植基质与排水层的复合结构,直接削减建筑屋面径流总量达50%-80%,同时利用植物根系与微生物作用去除径流中80%以上的悬浮物及部分重金属污染物。分散式措施则通过多点布局的微型设施实现径流分散处理,如广西机电职业技术学院静思湖项目在校园道路两侧设置植草浅沟,利用地表植被与土壤孔隙截流、过滤径

流,使道路径流峰值延迟15-20分钟,峰值流量降低30%;江西师范大学瑶湖校区在建筑周边布局下凹式绿地,通过调整绿地、路面与雨水口的高程关系,使绿地高程低于路面0.1-0.3米,形成自然蓄滞空间,年滞蓄雨水量超10万立方米,有效缓解内涝风险。此外,透水铺装技术通过混凝土孔隙结构实现雨水快速下渗,深圳某高校采用透水混凝土铺装校园广场后,地表径流系数从0.85降至0.3,地下水回补量提升40%。这些措施通过“渗、滞、蓄、净、用”的协同作用,不仅恢复了校园开发前的自然水文循环,更通过景观化设计将雨水设施转化为教育载体,如将雨水花园与科普标识结合,使师生在参与维护中深化生态认知,形成“技术-景观-教育”三位一体的可持续校园水管理模式^[3]。

4 总结

本研究以湖南师范大学附属中学新校区(高中部)项目为案例,探讨了低影响开发(LID)技术在绿色校园建设中的应用。通过光伏组件创新、结构与系统集成、智能化管理与能效优化等关键技术的研究,提出了适用于校园环境的光伏系统应用方案。研究结果表明,LID技术在降低校园能耗、减少碳排放、提升建筑美学价值等方面具有显著优势,为绿色校园建设提供了可推广的技术路径和实践经验。未来研究可进一步探索光伏系统与其他可再生能源的互补利用,推动绿色校园建设的可持续发展。

[参考文献]

[1]夏欣.绿色街道:城市街道景观设计的创新与实践[C].中国风景园林学会2020年会论文集北京:中国建筑工业出版社,2020.366.371.

[2]宇宁,宋颍.低冲击开发(LID)模式在城市园林设计中的应用[J].现代园林,2021(4):5-7.

[3]王沛永,张新鑫.美国HighPoint住宅区低影响土地开发(UD)技术应用的案例研究[C].中国风景园林学会2021年会论文集北京:中国建筑工业出版社,2021.1063.1069.

作者简介:

薛天威(1984--),男,汉族,吉林省伊通县人,高级工程师,大学本科,农业水利工程专业。