

绿色建造理念下建筑与路桥协同节能技术创新应用

尹实之

襄阳路桥建设集团有限公司, 湖北 襄阳 441002

[摘要]随着全球气候变化加剧与我国生态文明建设的不断推进,降低基础设施建设领域能耗、减少碳排放已成为行业发展的必然要求。建筑工程与路桥工程作为国民经济建设的重要支柱,在建设及运营过程中消耗大量能源与资源,其节能潜力的挖掘直接关系到“双碳”目标的实现进程。绿色建造理念以“低耗、环保、高效、可持续”为核心,强调全生命周期的资源节约与环境友好,为建筑与路桥协同节能提供了重要的理论指引。

[关键词]绿色建造;建筑;路桥协同;节能技术;创新应用

DOI: 10.33142/aem.v8i1.18921

中图分类号: TU74

文献标识码: A

Innovative Application of Collaborative Energy-saving Technology between Buildings, Roads, and Bridges under the Concept of Green Construction

YIN Shizhi

Xiangyang Road & Bridge Construction Group Co., Ltd., Xiangyang, Hubei, 441002, China

Abstract: With the intensification of global climate change and the continuous promotion of ecological civilization construction in China, reducing energy consumption and carbon emissions in infrastructure construction has become an inevitable requirement for industry development. As important pillars of national economic construction, construction engineering and road and bridge engineering consume a large amount of energy and resources during the construction and operation process. The exploration of their energy-saving potential is directly related to the achievement of the "dual carbon" goal. The concept of green construction is centered around "low consumption, environmental protection, high efficiency, and sustainability", emphasizing resource conservation and environmental friendliness throughout the entire lifecycle, providing important theoretical guidance for collaborative energy conservation between buildings and roads and bridges.

Keywords: green construction; architecture; road bridge coordination; energy-saving technology; innovative application

传统模式下,建筑工程与路桥工程多处于独立设计、施工与运维状态,缺乏能耗协同管控意识,导致能源浪费、资源利用率低下等问题突出。例如,建筑区域与周边路桥的能耗系统相互割裂,照明、通风、交通等能耗无法统筹调配;绿色材料的选用与应用标准不统一,难以形成规模效应与协同效益。因此,基于绿色建造理念,推动建筑与路桥协同节能技术创新,打破二者之间的行业壁垒与技术孤岛,实现全生命周期的能耗协同优化,具有重要的现实意义与战略价值。

1 建筑与路桥工程全生命周期能耗特征分析

1.1 建筑工程全生命周期能耗特征

建筑工程全生命周期能耗主要包括设计阶段、施工阶段、运维阶段与拆除阶段的能耗,其中运维阶段能耗占比最高,其次是施工阶段。设计阶段作为能耗控制的源头,其平面布局、建筑朝向、围护结构设计等直接决定了后续阶段的能耗水平;施工阶段能耗主要来源于施工机械设备、建筑材料运输与加工、临时设施运营等,受施工工艺与管理水平影响较大;运维阶段能耗涵盖供暖、制冷、照明、给排水、电梯运行等,是建筑能耗的主要组成部分,占建

筑全生命周期能耗的60%~70%;拆除阶段能耗相对较低,主要集中在拆除设备能耗与建筑垃圾处理能耗。

1.2 路桥工程全生命周期能耗特征

路桥工程全生命周期能耗包括设计阶段、施工阶段、运维阶段与废弃阶段的能耗,施工阶段与运维阶段能耗占比较高。设计阶段的路线规划、结构选型、材料选用等直接影响后续能耗;施工阶段能耗主要来自工程机械作业、筑路材料生产与运输、临时工程能耗等,其中筑路材料(如沥青、水泥)的生产能耗占施工阶段总能耗的比重较大;运维阶段能耗涵盖道路照明、交通信号、养护作业、除冰除雪等,受交通流量、气候条件与养护频率影响显著;废弃阶段能耗主要集中在旧路材料拆除、运输与处理。

1.3 建筑与路桥能耗协同关联点

通过对比分析可知,建筑与路桥工程在全生命周期各阶段存在诸多能耗协同关联点。设计阶段,二者的路线/布局规划、节能标准选用、可再生能源利用规划可相互适配;施工阶段,绿色材料、节能设备、施工工艺可相互借鉴与共享;运维阶段,照明系统、能源供应系统、智能化管控平台可实现统筹运维。这些关联点为二者的协同节能

提供了可行性,通过整合这些关联点,可构建一体化协同节能体系,实现能耗整体优化。

2 绿色建造理念下建筑与路桥协同节能技术创新路径

2.1 源头协同优化技术

2.1.1 一体化规划设计技术

打破建筑与路桥独立设计的传统模式,采用一体化规划设计技术,统筹考虑建筑区域与周边路桥的空间布局、功能适配与能耗协同。在规划层面,优化建筑选址与路桥路线设计,使建筑与路桥的交通流线、能源供应线路相互适配,减少能源传输损耗;在布局层面,合理规划建筑组团与路桥节点,利用建筑阴影、地形地貌优化路桥照明与通风条件,降低路桥区域的能耗需求;在功能层面,整合建筑与路桥的公共设施(如停车场、充电站、照明设施),实现资源共享与能耗统筹。

2.1.2 能耗协同模拟与优化技术

引入全生命周期能耗协同模拟技术,构建建筑与路桥一体化能耗模拟模型,对设计方案的能耗水平进行精准预测与优化。通过模拟不同设计参数(如建筑围护结构传热系数、路桥材料导热系数、可再生能源利用比例)对整体能耗的影响,筛选最优设计方案。同时,结合 BIM(建筑信息模型)技术,构建建筑与路桥协同 BIM 模型,将能耗数据、材料信息、施工方案等集成到模型中,实现设计阶段的能耗可视化管控与协同优化,为后续施工与运维阶段的节能工作奠定基础。

2.1.3 可再生能源协同规划技术

统筹规划建筑与路桥区域的可再生能源利用,实现太阳能、风能、地热能等可再生能源的协同开发与高效利用。例如,在路桥沿线、建筑屋顶与立面布局太阳能光伏组件,构建分布式光伏供电系统,为建筑照明、路桥交通信号、监控设备等提供电力支持;利用地热能资源,为建筑供暖制冷与路桥融雪除冰提供能源,减少化石能源消耗。同时,优化可再生能源储能系统设计,实现建筑与路桥之间的能源互补与调配,提升能源供应稳定性。

2.2 过程协同节能技术

2.2.1 绿色材料协同应用技术

推广绿色环保、节能降耗的建筑与路桥材料,并实现二者之间的材料协同利用。一方面,选用低能耗、低排放、可再生的绿色材料,如高性能节能墙体材料、绿色沥青、再生骨料、生态混凝土等,替代传统高能耗材料,降低材料生产与应用过程中的能耗;另一方面,实现建筑与路桥材料的循环利用,例如,建筑拆除产生的混凝土废渣经处理后可作为路桥基层骨料,路桥养护产生的旧沥青可通过再生技术用于建筑道路或路桥面层施工,提升材料循环利用率,减少资源浪费。同时,建立建筑与路桥绿色材料协同供应体系,统一材料标准与检测规范,降低材料运输与存储能耗。

2.2.2 节能施工工艺协同整合技术

整合建筑与路桥工程的节能施工工艺,实现施工过程的能耗优化与协同增效。在机械设备方面,推广使用电动化、智能化施工设备,替代传统燃油设备,减少设备能耗与尾气排放;同时,统筹调配建筑与路桥施工区域的机械设备,避免设备闲置与重复投入,提升设备利用效率。在施工方法方面,采用模块化施工、装配式施工等先进工艺,减少现场作业量,缩短施工周期,降低施工能耗;对于建筑与路桥交叉施工区域,优化施工流程与工序衔接,避免工序冲突导致的能耗浪费。此外,推广绿色施工技术,如扬尘控制技术、噪声控制技术、废水回收利用技术等,减少施工过程对环境的影响,实现施工过程的节能与环保协同。

2.2.3 施工能耗协同管控技术

建立建筑与路桥施工阶段一体化能耗管控平台,实现能耗数据的实时采集、监测、分析与优化。通过在施工机械设备、临时设施、材料加工场地等关键位置安装能耗监测设备,实时获取能耗数据,并上传至协同管控平台;平台对能耗数据进行汇总分析,识别能耗异常点,及时发出预警,指导施工单位调整施工方案与能耗控制措施。同时,引入智能化管控技术,如物联网、大数据、人工智能等,对施工能耗进行动态优化与精准调控,实现施工过程的能耗高效管控。

2.3 长效协同节能技术

2.3.1 智能化协同运维平台技术

构建建筑与路桥一体化智能化协同运维平台,整合建筑运维系统(如供暖、制冷、照明、安防系统)与路桥运维系统(如交通监控、照明、养护系统),实现数据共享、协同管控与智能调度。平台基于物联网、大数据、云计算等技术,实时采集建筑与路桥的能耗数据、设备运行状态数据、环境监测数据等,通过数据分析与挖掘,实现设备故障预警、能耗动态优化、运维方案智能生成等功能。例如,根据建筑与路桥区域的人员流量、交通流量、环境温度等数据,自动调节照明亮度、空调温度、交通信号时长等,实现能耗精准管控;当某一区域设备出现故障时,平台可自动调度周边运维资源,提高维修效率,减少因设备故障导致的能耗浪费。

2.3.2 能耗协同优化调控技术

基于协同运维平台的数据支撑,采用能耗协同优化调控技术,实现建筑与路桥之间的能耗统筹调配与优化。一方面,优化能源供应结构,根据建筑与路桥的能耗需求变化,动态调整可再生能源与传统能源的供应比例,优先保障可再生能源的全额消纳;另一方面,实现能耗负荷转移,例如,在用电低谷时段,利用储能设备储存电能,供用电高峰时段建筑与路桥共用;当建筑区域能耗较低而路桥区域能耗较高时,可将建筑区域的剩余电能调配至路桥区域,实现能源互补与高效利用。此外,通过优化建筑与路桥的

运维策略,如合理安排养护时间、优化照明与通风时长等,进一步降低运维能耗。

2.3.3 绿色运维材料与技术协同应用

在建筑与路桥运维阶段,推广使用绿色运维材料与节能技术,实现运维过程的节能降耗。例如,在建筑外墙、屋面运维中,采用高性能保温隔热材料与节能涂料,提升建筑围护结构的保温隔热性能,降低供暖制冷能耗;在路桥养护中,采用节能型养护材料与工艺,如温拌沥青、预防性养护技术等,减少养护过程的能耗与碳排放。同时,实现建筑与路桥运维材料的协同共享,避免重复采购与存储,降低运维成本与能耗。

3 推动建筑与路桥协同节能技术创新应用的优化策略

3.1 强化技术融合创新,突破核心技术瓶颈

加大对建筑与路桥协同节能技术的研发投入,构建跨领域协同创新体系,推动技术融合与核心突破。一方面,鼓励高校、科研机构与企业开展产学研合作,建立协同创新平台,聚焦一体化规划设计技术、绿色材料协同应用技术、智能化协同运维技术等关键领域,开展联合攻关,突破技术融合瓶颈,研发适用于跨领域的协同节能核心技术与设备;另一方面,加强智能化、信息化技术与协同节能技术的融合应用,打破数据共享壁垒,构建统一的数据标准与接口规范,实现建筑与路桥能耗数据、设备运行数据、环境数据等的互联互通,提升协同管控的智能化水平。同时,推广成熟的协同节能技术与案例经验,加快技术成果转化与规模化应用。

3.2 完善协同管理体系,健全标准规范

建立健全建筑与路桥协同节能管理体系与标准规范,为协同节能工作提供制度保障。一方面,加强行业管理部门之间的协调配合,成立专门的协同节能管理机构,统筹规划建筑与路桥协同节能工作,明确各部门的职责分工,形成工作合力;另一方面,加快制定完善协同节能标准规范体系,包括协同节能设计标准、绿色材料协同应用标准、能耗协同监测与评价标准、协同运维管理标准等,明确协同节能的技术要求、实施流程与评价指标,使协同节能工作有章可循。此外,建立协同节能评价与监管机制,将协同节能指标纳入工程建设与运营的评价体系,加强对协同节能措施实施过程的监督检查,确保节能效果落到实处。

3.3 优化投融资机制,强化经济激励

构建多元化投融资机制,加大对协同节能项目的经济支持,降低企业资金压力,提高企业参与积极性。一方面,政府加大专项资金投入,设立建筑与路桥协同节能专项基金,用于支持协同节能技术研发、示范项目建设与技术推

广;同时,出台金融优惠政策,如低息贷款、税收减免、补贴等,鼓励企业投入协同节能项目。另一方面,引导社会资本参与协同节能项目,通过 PPP 模式、合同能源管理等方式,拓宽投融资渠道,实现风险共担、利益共享。此外,完善节能效益评估体系,量化协同节能的经济效益、环境效益与社会效益,缩短效益回收周期,提升企业参与协同节能的动力。

3.4 加强人才培养,打造跨领域复合型队伍

构建多元化人才培养体系,培养一批具备跨领域知识与技能的复合型人才,为协同节能技术创新与应用提供人才支撑。一方面,高校与职业院校优化专业设置,增设建筑与路桥协同节能相关专业或课程,开展跨学科人才培养,注重理论知识与实践技能的结合,培养适应行业需求的复合型人才;另一方面,企业加强对现有从业人员的培训,定期组织跨领域技术培训与交流,提升从业人员的协同节能技术水平与管理能力。同时,建立人才引进机制,吸引国内外跨领域高端人才投身建筑与路桥协同节能领域,形成多层次、专业化的人才队伍。

4 结论

绿色建筑理念为建筑与路桥协同节能提供了重要的理论指引,二者的协同节能是实现行业低碳转型、助力“双碳”目标实现的关键路径。建筑与路桥工程在全生命周期各阶段存在诸多能耗协同关联点,通过设计阶段的源头协同优化、施工阶段的过程协同节能、运维阶段的长效协同管控,可实现全生命周期能耗的整体优化。当前,建筑与路桥协同节能技术创新应用面临技术融合不足、机制不完善、经济压力大、人才短缺等瓶颈,需要通过强化技术创新、完善管理体系、优化投融资机制、加强人才培养等策略,推动协同节能技术的规模化应用与行业绿色转型升级。

[参考文献]

- [1]周林,姚传清.绿色施工理念在路桥隧道工程造价控制中的应用[J].中国招标,2025(12):142-144.
- [2]杨磊.基于绿色建筑理念的建筑节能材料选择[J].上海建材,2025(5):17-19.
- [3]郭建.基于建筑信息模型技术的路桥施工全过程管理策略的优化研究[J].产品可靠性报告,2025(8):100-101.
- [4]李熙雨.绿色建筑材料在路桥施工中的应用[J].陶瓷,2025(7):96-98.
- [5]杨陈.基于全生命周期的城市道路节能减排路径研究[J].惠州学院学报,2024,44(3):49-54.

作者简介:尹实之(1985.6—),男,武汉理工大学,土木工程,襄阳路桥建设集团有限公司,项目经理,高级工程师。