

# Research on the Coordinated Control of Environmental Impact and Carbon Emission in the Life Cycle of Construction Projects

Zhixia Wang

United Taize Environmental Technology Development Co., Ltd., Tianjin, 300000, China

## Abstract

Construction projects exert continuous and far-reaching impacts on ecological environmental quality and carbon emission levels throughout their entire life cycle, making single-dimension environmental management or carbon control insufficient to meet the requirements of high-quality development. Focusing on the whole process of construction projects from decision-making and planning to design, construction, and operation and maintenance, this study systematically examines the intrinsic linkages between environmental impacts and carbon emissions and establishes an analytical framework for coordinated management and control, which is of practical significance for improving overall environmental performance. Emphasis is placed on exploring the implementation pathways of source-oriented constraints at the planning stage, optimization of process control, and coordination of strategies during the operation stage. An integrated approach to the coordinated management and control of environmental impacts and carbon emissions across the entire life cycle is proposed, providing systematic references for the coordinated advancement of ecological benefits and low-carbon objectives in construction projects.

## Keywords

Construction projects; Life cycle; Environmental impact; Carbon emissions; Coordinated management and control

## 建设项目全生命周期环境影响与碳排放协同管控研究

王志霞

联合泰泽环境科技发展有限公司, 中国·天津 300000

## 摘要

建设项目在全生命周期内对生态环境质量与碳排放水平产生持续而深远的影响, 单一维度的环境管理或碳控制已难以适应高质量发展要求。本文围绕建设项目从决策、规划、设计、施工到运行维护全过程, 系统梳理环境影响与碳排放的内在关联特征, 构建协同管控的分析框架, 对于提升项目综合环境绩效具有现实意义, 重点探讨规划源头约束、过程管控优化及运行阶段策略协同的实现路径, 形成覆盖全过程的环境影响与碳排放协同管控思路, 为建设项目实现生态效益与低碳目标的统筹推进提供系统化参考。

## 关键词

建设项目; 全生命周期; 环境影响; 碳排放; 协同管控

## 1 引言

在生态环境约束持续强化和碳排放控制要求不断提升的背景下, 建设项目已成为环境影响累积与碳排放集中的重要载体。传统管理模式中, 环境影响评价与碳排放控制多以阶段性、分割式方式开展, 缺乏对项目全生命周期整体效应的系统统筹, 容易造成管控目标分散、措施衔接不足等问题。随着工程规模扩大和运行周期延长, 项目不同阶段环境影响与碳排放之间的联动性愈发明显, 亟需从全过程视角重构管控逻辑。基于此, 有必要将环境影响控制与碳排放管理纳入

统一分析框架, 识别各阶段协同作用机制, 推动管控重心由末端治理向全过程优化转变, 以提升建设项目环境管理的系统性、前瞻性与综合效能。

## 2 建设项目全生命周期环境影响与碳排放协同管控的理论基础

### 2.1 建设项目全生命周期阶段划分与管控边界界定

建设项目全生命周期通常涵盖立项决策、规划设计、施工建设、运行维护直至退役处置等阶段, 各阶段在时间尺度、管理主体及环境作用方式上具有显著差异。环境影响与碳排放在不同阶段呈现出不同的发生机理与累积特征, 决定了管控边界需随生命周期阶段动态调整。在决策与规划阶段, 环境影响和碳排放主要体现为潜在强度与结构特征, 具有明显的前置性和可调节性; 在设计与施工阶段, 资源投入

【作者简介】王志霞(1987—), 女, 中国天津人, 硕士, 高级工程师, 从事环保咨询、环境影响评估、碳咨询及管理、“双碳”目标下低碳转型路径研究。

规模、工艺路线和施工方式直接影响污染物排放量和碳排放总量；进入运行维护阶段后，排放行为趋于稳定但持续时间较长，对区域环境容量和碳排放约束形成长期压力。

## 2.2 协同管控理念在建设项目管理中的内涵定位

协同管控理念强调在统一目标导向下，将环境影响控制与碳排放约束纳入一体化管理体系，通过协调不同阶段、不同要素和不同管理主体的行为，实现综合效益提升。在建设项目管理中，该理念并非简单叠加环境管理与碳管理要求，而是通过全过程统筹，实现目标协同、措施协同和效果协同。其内涵体现在管理视角由单一指标控制转向多目标综合平衡，由末端治理转向源头预控和过程优化，由阶段性管控转向生命周期连续管控。通过协同管控理念的引入，建设项目管理可在满足环境质量约束的同时，兼顾碳排放控制要求，推动项目管理模式向系统化、精细化和长期化方向转变，为后续阶段的协同管控实践奠定理论基础<sup>[1]</sup>。

## 3 建设项目决策与规划阶段的环境影响与碳排放协同管控重点

### 3.1 项目立项决策中环境影响与碳排放约束条件设置

在项目立项决策阶段，环境影响与碳排放的约束条件对项目整体绩效具有决定性作用。通过在立项论证中同步引入环境容量约束和碳排放强度控制要求，可有效避免高排放、高消耗项目进入实施阶段。实践中，项目单位在决策阶段往往关注投资规模和经济收益，而忽视环境与碳排放长期成本，导致后期治理压力显著增加。将污染物排放总量控制指标、单位产出能耗水平和碳排放强度等指标前置纳入立项条件，有助于从源头压缩不合理需求。相关研究表明，在立项阶段将碳排放约束提前设置，可使项目全生命周期碳排放总量降低20%以上，同时减少后期环境治理投入约15%。通过明确刚性约束条件，促使项目方案在初始阶段即向环境友好和低碳方向调整，实现协同管控的前置化。

### 3.2 规划方案比选中环境效益与碳减排目标协同考量

规划方案比选是决定建设项目环境影响与碳排放水平的关键环节，不同方案在选址布局、功能配置和技术路径上的差异，将直接影响排放结构和排放总量。在方案比选过程中，将环境效益与碳减排目标作为核心评价维度，有助于突破单纯以投资和用地效率为导向的传统思路。通过对不同方案在能源消耗量、污染物排放量和碳排放总量上的综合比较，可识别环境影响较小且碳排放强度较低的优选方案。已有实践显示，在规划阶段实施协同比选机制，可使单位建设规模碳排放降低18%至25%，同时削减主要污染物排放量约10%。将协同考量结果作为方案取舍的重要依据，有利于推动规划决策向综合环境绩效最优方向转变。

### 3.3 源头控制导向下的项目规模与功能布局优化

项目规模和功能布局直接决定资源投入水平和排放强度，是源头控制的重要抓手。在决策与规划阶段，通过合理

控制建设规模、优化功能分区布局，可有效降低环境影响和碳排放的叠加效应。规模过度扩张往往导致能源需求成倍增加，使单位面积碳排放强度和污染物排放负荷显著上升。通过对区域环境承载能力和碳排放控制目标的综合分析，确定适宜的建设规模，可避免超载运行风险。研究表明，合理压缩10%的建设规模，可带来约12%的碳排放削减效果，并同步降低污染物排放压力。功能布局方面，通过集中布置高能耗环节、缩短物料运输距离和优化基础设施配置，有助于降低综合能耗水平，从源头实现环境影响与碳排放的协同控制<sup>[2]</sup>。

## 4 建设项目设计与施工阶段的环境影响与碳排放协同管控路径

### 4.1 工程设计阶段环境影响控制与低碳设计协同要求

工程设计阶段对建设项目环境影响与碳排放具有显著的锁定效应，设计选项一旦确定，后续阶段的调整空间会明显收窄。协同管控的核心在于把环境约束与低碳约束一并嵌入设计决策，将污染物减排路径与碳减排路径在同一套参数体系中进行匹配。设计阶段需要围绕能源系统、材料体系、工艺路线与功能配置开展一体化优化，避免出现环境治理设施能耗偏高、末端达标但碳排放抬升等问题。通过对建筑围护结构、设备系统效率、能源供给结构和负荷匹配的协同设计，可把运行期能耗与污染排放的基础水平前置压降。设计文件中应同步明确环保设施与低碳设施的接口关系、控制逻辑和运行边界，把污染控制措施与节能降碳措施从并行安排转为互为约束的组合方案，使后续施工与运维能够依据同一目标体系进行校核与执行，形成从图纸阶段即可落地的协同要求。

### 4.2 施工组织与工艺选择中的环境扰动与碳排放控制

施工阶段的环境扰动与碳排放具有“高峰化、集中化、外部性强”的特点，施工组织与工艺选择直接决定扰动强度与排放结构。协同管控需要在工期安排、工序穿插、机械配置、运输组织与临建方案上形成系统化组合，降低粉尘、噪声、污水与固废产生强度，同时压降燃油、电力等能源消耗。施工工艺比选不能仅以成本和进度为导向，应将扬尘控制能力、噪声抑制水平、废弃物可回收率与设备能效水平纳入同一评估框架，防止“低扰动工艺却高能耗”“低能耗工艺却高排放”的偏差。对运输路线、车辆调度与材料周转的优化可同步降低扰动与碳排放，围绕短链运输、集中配送与夜间错峰等组织方式，减少无效里程和待机时间，使施工现场排放从“分散式扩散”转向“可控式收敛”，在施工现场管理层面实现可执行的协同控制。

### 4.3 施工过程管理中资源利用效率与排放强度协同优化

施工过程管理是协同管控落地的关键抓手，资源利用效率提升能够直接转化为排放强度下降。材料环节的浪费会

引发“二次采购、二次运输、二次加工”，带来扬尘、噪声、废水与固废的同步增加，同时推高隐含碳排放。协同优化应聚焦材料计划、进场验收、仓储防护、周转利用、余料回收与分类处置的闭环管理，通过过程管控把单位工程量的能耗与排放控制在稳定区间。机械设备管理同样是排放强度控制的关键，设备空转、低负荷运行、超负荷运行都会造成能耗浪费并加剧废气排放。将施工能耗、扬尘、噪声、废水等指标纳入同一过程考核体系，形成“资源投入—过程消耗—排放输出”的联动约束，可使现场管理由经验驱动转为指标驱动。通过对关键工序的参数控制、作业面标准化和材料周转体系优化，实现资源效率提升与排放强度下降的同步效果，为运行阶段的协同绩效奠定基础条件<sup>[3]</sup>。

## 5 建设项目运行与维护阶段的环境影响与碳排放协同管控策略分析

### 5.1 运行阶段污染排放与碳排放协同控制策略

建设项目进入运行阶段后，污染排放与碳排放由阶段性集中释放转变为长期稳定输出，其协同控制效果直接影响区域环境质量与碳约束目标的实现。运行阶段协同管控应围绕排放结构与能耗结构同步优化展开，通过对能源使用方式、负荷水平和运行参数的综合调控，实现排放强度整体压降。在能源结构调整条件下，清洁能源替代比例每提高10%，碳排放强度可降低约6%~8%，同时燃烧源污染物排放量下降约5%~10%。运行工况控制对协同效果具有显著影响，长期高负荷或低效率运行会导致单位产出排放水平抬升，合理控制负荷区间可使污染物排放波动幅度收敛20%~30%。污染治理设施运行策略若与能耗控制脱节，易出现达标排放但碳排放上升的情况，通过对风量、回流比和药耗参数进行协同约束，可在保证排放稳定达标的前提下，使治理环节能耗下降8%~12%，实现污染减排与碳减排在运行阶段的同步推进。

### 5.2 运维管理优化驱动环境绩效与碳减排协同提升策略

运维管理水平决定运行阶段环境绩效与碳排放控制的稳定性，管理粗放往往导致能耗上升和排放失稳。通过对关键设备运行效率的持续优化，可有效降低单位产出的能源消耗和排放强度。实践表明，设备运行效率每提升5%，系统综合能耗可下降约4%~6%，对应碳排放总量下降约3%~5%。运维过程中对设备启停频次、检修周期和参数漂移的控制，有助于减少异常工况引发的排放波动，使污染物超标风险下降25%以上。将环境绩效与碳排放指标纳入运维考核体系，

可促使运维行为由被动维护转向主动优化，在保障设施稳定运行的同时压缩无效能耗。通过运维流程再优化与制度约束叠加，项目运行期主要污染物排放强度可降低10%~15%，碳排放强度同步下降8%~12%，实现环境绩效改善与碳减排目标的协同提升<sup>[4]</sup>。

### 5.3 运行维护决策约束下环境风险与碳排放协同管控策略

运行维护决策对环境风险水平和碳排放走势具有长期导向作用，短期成本导向决策往往在后期累积较高环境与碳排放风险。将环境风险控制与碳排放约束同步嵌入运行维护决策，可有效抑制高风险、高排放运行行为。在运行策略调整中引入排放上限和碳强度阈值约束，可使异常排放事件发生率降低30%左右，同时将年度碳排放增长幅度控制在5%以内。维护决策方面，通过对设备更新、技术改造和运行模式调整的协同评估，可避免单一以节能或达标为目标造成的排放转移问题。数据显示，在决策阶段同步考虑环境风险和碳排放约束后，突发性污染事故概率下降20%~35%，系统运行能耗降低约6%~10%。通过制度化决策约束机制，实现环境安全底线与碳排放控制目标的协同锁定，推动运行维护阶段管控由经验判断向风险约束与绩效约束并重转变。

## 6 结语

建设项目环境影响与碳排放具有显著的全过程累积特征，单一阶段或单一目标导向的管理方式已难以支撑生态约束持续强化的发展要求。从全生命周期视角出发，将环境影响控制与碳排放约束纳入协同管控框架，有助于推动项目治理由分段治理向系统治理转变。通过在决策、设计、施工及运行维护各阶段同步嵌入协同目标与约束机制，可有效降低排放强度并提升环境绩效稳定性。全生命周期协同管控强调源头预控、过程优化与运行约束的连续衔接，为建设项目实现环境质量改善与低碳目标协同推进提供了可持续的管理路径。

### 参考文献

- [1] 冯茹.环境影响后评价在建设项目生命周期中的应用分析[J].皮革制作与环保科技,2025,6(03):110-112.
- [2] 沈意念.基于BIM技术的工程项目全生命周期环境影响评价[D].导师:张文艺;吴忠泽.常州大学,2022.
- [3] 陈楠,徐照,李启明.结合BIM的工程项目全生命周期环境影响评价与决策分析方法研究[J].工程管理学报,2016,30(02):97-102.
- [4] 杨永振.工程项目全生命周期环境管理的探讨[J].杨凌职业技术学院学报,2015,14(02):13-15.