

# 绿色施工理念下建筑工程施工机械的节能减排措施研究

陈凯帆

中国水利水电第十二工程局有限公司 浙江杭州

**【摘要】**针对建筑工程施工机械能耗与排放问题，本文系统分析了机械技术性能、运维管理水平、施工组织调度及外部环境四类核心影响因素，据此提出推进动力系统升级、建立精细化运维监测体系、优化施工组织调度及实施场地适应性作业等综合减排措施，旨在为施工企业落实绿色施工理念、实现“双碳”目标提供了可操作的路径参考。

**【关键词】**绿色施工理念；建筑工程；施工机械；节能减排

**【收稿日期】**2026年5月8日 **【出刊日期】**2026年7月9日 **【DOI】**10.12208/j.ijme.20260007

## Research on energy-saving and emission-reduction measures for construction machinery in building engineering under the green construction concept

Kaifan Chen

Sinohydro Bureau 12 Co., Ltd., Hangzhou, Zhejiang

**【Abstract】** In response to the energy consumption and emission issues of construction machinery in building engineering, this paper systematically analyzes four categories of core influencing factors: mechanical technical performance, operation and maintenance management, construction organization and scheduling, and external environmental conditions. In view of this, a wide range of emission - reduction steps is being considered: improvements to the power system, more detailed monitoring of operation and maintenance, better planning of construction organization and timing, and operations adjusted to site conditions. Such measures are intended to help construction companies move toward genuinely green practices and meet the “dual carbon” targets.

**【Keywords】** Green construction concept; Building engineering; Construction machinery; Energy saving and emission reduction

建筑工程施工机械是项目现场的主要用能设备与污染排放源，其节能减排已成为行业绿色转型的紧迫课题。在能源价格波动与环保监管趋严的双重压力下，传统粗放式机械管理模式已难以为继，亟需从技术升级、运维优化和施工组织等多维度寻求系统化解决方案。

### 1 建筑工程施工机械的节能减排重要性

#### 1.1 降低能源消耗与运营成本的经济驱动力

建筑工程施工机械是项目建设中的主要用能载体，其燃油与电力消耗在施工总能耗中占据显著比重。以柴油驱动的挖掘机、起重机、混凝土泵车等常用设备为例，单台设备日均油耗可达数十升至上百升，大型项目现场多台设备协同作业时，燃料成本往

往构成施工直接成本的重要部分<sup>[1]</sup>。实施节能减排措施——如优化机械选型与匹配负载、推广混合动力或电动化替代方案、加强维护保养以保持燃烧效率——能够直接降低单位工程量对应的能源消耗量。这种“节能即节支”的传导效应使节能减排不仅是环境责任，更是提升项目经济效益的内在要求。

#### 1.2 减少污染物排放与改善作业环境的健康要求

施工机械的内燃机在运行过程中排放大量氮氧化物、颗粒物、碳氢化合物和一氧化碳等有害物质。这些排放物在基坑开挖、渣土转运等工序中密集释放，加之施工场地通常通风条件有限，污染物容易在作业面周边积聚，对机械操作人员及现场管理人员

作者简介：陈凯帆（1999-）男，汉，四川遂宁人，本科，助理工程师，研究方向：机械专业。

的呼吸系统健康构成直接威胁。同时,黑碳颗粒物的沉降还会污染周边土壤和水体,影响项目所在区域的生态环境质量。从职业健康角度看,减少机械排放意味着降低作业人员患尘肺病、慢性支气管炎等职业病的风险;从社会环境角度看,施工工地位于城市建成区的情况日益普遍,机械排放直接影响附近居民的生活质量和城市空气质量。

### 1.3 响应“双碳”目标与行业绿色转型的战略需要

我国已明确提出“2030年前碳达峰、2060年前碳中和”的战略目标,建筑业作为国民经济支柱产业,其全生命周期碳排放占全国总量的一半左右,而施工阶段的机械作业碳排放是其中的重要组成部分。随着碳排放总量控制和碳交易市场的逐步完善,施工企业的碳排放管理将从前瞻性倡议转变为刚性约束。工程建设行业正经历从“粗放建造”向“绿色建造”的深刻转型,绿色施工评价标准已将机械节能环保指标纳入考核体系,成为企业资质评级和项目评优的重要依据。

## 2 施工机械能耗与排放的影响因素分析

### 2.1 机械因素

施工机械自身的技术性能与设备状态是决定能耗与排放水平的硬件基础。发动机热效率、液压系统传动效率、整机质量与功率匹配程度等设计参数,直接决定了单位作业量所需的燃料或电能输入。例如,老旧发动机由于燃烧室设计落后、高压共轨压力不足或涡轮增压器响应迟滞,往往导致燃油雾化不良、后燃严重,不仅热效率偏低,还会产生更多碳烟和未燃碳氢化合物<sup>[2]</sup>。此外,机械磨损引起的缸套-活塞间隙增大、喷油嘴积碳、空气滤清器堵塞等性能劣化现象,会使实际运行油耗较出厂标定值上升10%~20%,同时排放恶化。不同作业工况下的负载率适配性同样关键——大功率机械长期处于低负荷“大马拉小车”状态,或小功率设备频繁超负荷运转,都会使发动机偏离最佳油耗区间,造成能量浪费与排放升高。

### 2.2 运维因素

运维管理水平是影响机械实际能耗表现的重要变量,直接决定了设备能否在其设计能效区间内持续稳定运行。规范的定期保养——包括按周期更换机油、燃油滤清器和空气滤芯,定期校准油泵和供油提前角,及时清洗散热器和中冷器——能够有效

维持发动机的燃烧效率和散热性能,避免因积碳、结胶或冷却不足导致的额外燃油消耗。与之相对,忽视保养或采用劣质润滑油、非标柴油的做法,会加速关键部件磨损,使摩擦阻力增大、密封性能下降,进而推高油耗。此外,轮胎气压或履带张紧度的合理调节、工作装置各铰接点的润滑状况,以及液压系统油液清洁度与黏度等级的维持,均会通过影响机械行驶阻力和传动效率而对能耗产生累积效应。

### 2.3 施工组织因素

施工组织方案所含的科学性对机械群协同作业整体的能耗有系统性的放大或限制作用,影响往往超过单机层面。若施工进度安排合理,可防止大量机械空转、待工或因赶工而作无用功(如起重机、泵车不必要的停歇或土方运输中车辆的无效往返),亦即利用工序配合来减少空载时间,以准确的土方数据控制挖掘与卸料的空驶率。机械调配本身应被重视——按实际需要选择适当吨位及功率的设备,不要“以大打小”造成功率上的冗余或“以小代大”使机器长期处于重载状态,同时借助多机协作把总作业时间压到最低限度。此外,施工场区内的机械行驶路线规划、临时堆场布局以及供油补电点的设置,均会影响机械的无效行驶距离和怠速候工时长。

### 2.4 外部环境因素

施工机械的能耗及排放所涉的外部环境因素有作业场地、气候状况和能源供给等。这些因素虽然不能由施工方予以全部控制,但作为外部变量应被纳入节能减排设计的考虑范围之内。例如,高海拔地区作业时,施工机械可能因空气稀薄而使发动机吸入的气量不足,燃料燃烧不完全,油耗及烟度比低海拔地区要高。环境温度与湿度对机械运行也有一定的制约:高温时冷却系统负担重、液压油黏性低而易泄漏、散热效率无法达到最佳;低温下暖机时间拉长、柴油流动性欠佳,两种情形都会增加能耗。另外,施工现场的地面平整度、坡度、土壤密实度等条件,也会影响机械行驶阻力和作业阻力。土质松散的地形下履带或轮胎滚动所耗能量可达原值的30%以上,致使作业单位油耗上升<sup>[3]</sup>。此外,外接电网的电压稳定性、柴油供应的硫含量与十六烷值等能源质量参数,也会通过燃烧过程影响热效率和排放水平。这些外部因素要求施工企业在制定减排措施时,必须结合项目所在地的具体条件进行针对性调整,而非套用统一模板。

### 3 建筑工程施工机械的节能减排措施

#### 3.1 推进机械技术升级与动力系统改造

针对机械因素对能耗排放的决定性影响,首要措施是加快高能耗老旧设备的淘汰更新,并积极引入节能型动力系统。一方面,施工企业应依据国家强制报废标准和能效准入要求,有序退出国二及以下排放标准的非道路移动机械,优先采购符合国四排放标准或搭载高压共轨、废气再循环、选择性催化还原等先进技术的设备,从源头提升热效率并降低颗粒物与氮氧化物生成。另一方面,对于仍有使用价值的中大型机械,可实施再制造或动力改造——例如将传统液压系统更换为电液比例控制系统以减少溢流损失,在塔式起重机、施工升降机等间歇作业设备上加装能量回馈装置,将下降势能或制动动能转化为电能回馈电网<sup>[4]</sup>。此外,在条件适宜的项目中逐步推广纯电动挖掘机、混动混凝土搅拌车等新能源机械,利用电机瞬时大扭矩和零怠速特性,消除空转油耗并显著降低作业阶段排放。技术升级措施直接作用于“机械因素”中的能效短板,是实现深度减排的硬件基础。

#### 3.2 建立精细化运维保养与状态监测体系

运维因素作为连接设备性能与实际能耗的关键环节,要求施工企业建立覆盖“日常检查—定期保养—状态监测”的全过程运维制度。具体而言,应制定分类分级的强制保养计划,针对发动机、液压泵、滤清系统等关键总成明确更换周期与检验标准,杜绝使用劣质润滑油和非标柴油,确保燃油喷射压力与雾化质量维持在设计指标内<sup>[5]</sup>。同时,引入基于传感器和物联网的实时状态监测手段,对发动机排气温度、燃油消耗率、液压系统压力波动等参数进行在线采集,一旦发现油耗偏移阈值或排放异常趋势,即刻触发预警并安排诊断维修,避免小幅劣化累积为显著能耗损失。对于轮胎式机械,建立胎压日检制度并按载荷调整充气压力;对于履带式机械,定期检查张紧度并清理行走机构积土,以降低行驶阻力。

#### 3.3 优化施工组织调度与机械资源配置

施工组织因素的系统性节能效应,要求将节能减排理念前置融入进度编排、机械选型和现场调度决策中。在进度层面,采用 BIM (Building Information Modeling) 模拟或数字化施工平台预演工序穿插逻辑,合理压缩机械空载与怠速时段——例如通过精确计算各作业面的混凝土需求量,调度搅拌车按“即到即卸”模式进场,避免多车排队等待造成长

时间怠速运转<sup>[6]</sup>。在机械选型层面,依据分项工程的土方量、吊装重量、运输距离等量化参数,匹配功率等级与之相适应的设备型号,使发动机负载率稳定在 60%~80%的经济区间,规避“大马拉小车”或“小马拉大车”两种极端配置。在调度层面,推行区域内多机协同作业,如将挖掘机、自卸车和推土机的作业节奏进行节拍化设计,减少空驶往返频次;同时优化场内运输路线,避开陡坡和松软路段,缩短无效行驶距离。此外,通过集中供油点和移动式充电车的合理布设,减少机械往返补能的附加里程。这类措施无需大额设备投资,却能通过“调度中枢”的精细运作撬动 10%~25%的油耗降幅,是性价比最高的减排手段之一<sup>[7]</sup>。

#### 3.4 实施场地适应性作业与能源质量管控

外部环境因素的不可控性,决定了减排策略必须因地制宜地进行参数调整和作业方式优化。针对高原地区,应对发动机进行增压器匹配调校或加装高原专用供油修正模块,适当提高怠速转速以保证燃烧稳定,同时缩短保养间隔以抵消恶劣工况下的性能衰退速度。在高温季节,合理安排早晚低温时段进行大负载作业,中午高温时段安排维修保养或低强度工序,避免冷却系统超负荷引发油耗激增;在低温环境下,采用燃油加热器和发动机预热装置减少冷启动暖机时间,并选用低凝点柴油以防止供油系统堵塞。对于场地条件,施工前应对作业面进行适度平整和压实,在松软区域铺设钢板或路基箱,降低机械行驶阻力;在坡度较大路段,优化重车下坡、空车上坡的行车策略,利用重力辅助减少牵引能耗<sup>[8]</sup>。在能源质量方面,建立严格的燃油入库检验制度,检测十六烷值和硫含量,确保油品满足国标要求;对电力驱动的机械,配置稳压装置或谐波滤波器,提高电能利用效率并保护电机绕组。

### 4 结语

绿色施工理念下,建筑工程施工机械的节能减排是一项涵盖技术装备、运维管理、组织调度与环境适应等多维度的系统工程。本文通过系统辨识机械性能、运维水平、施工组织与外部环境四类影响因素,构建了“技术升级—精细运维—调度优化—场地适配”四位一体的减排措施框架,各措施之间相互支撑、协同增效,可实现节能降耗的综合效果。未来,可进一步探索基于数字孪生与人工智能的施工机械能耗动态仿真与实时调控方法,推动节能减排

措施从静态经验指导向动态自适应优化方向演进。

### 参考文献

- [1] 李洁.绿色建筑中自动化施工机械对能源效率的影响分析[J].建筑机械,2026(1):107-110.
- [2] 王棋龙.绿色施工背景下建筑施工机械电动化改造关键技术研究[J].建设机械技术与管理,2025,38(6):44-46.
- [3] 张国强,徐为民,刘玉珊.建设工程施工机械群电力负荷动态匹配及配电技术优化[J].全面腐蚀控制,2025,39(10):198-199+278.
- [4] 陶毅.建筑工程施工机械设备调度效率提升策略[J].智慧中国,2025(S1):166-167.
- [5] 阿尔孜古丽·吾买尔,刘焱.工程机械自动化中节能设计

理念的应用路径研究[J].造纸装备及材料,2023,52(2):60-62.

- [6] 王天义,田勇,赵莺慧,等. 工程机械液压传动系统节能技术综述[J].机械设计与制造工程,2022,51(12):1-5.
- [7] 刘慧彬,李科锋. 工程机械节能减排现状及发展新趋势[J].建筑机械,2022(9):10-12+2.
- [8] 吴雪松. 工程机械的绿色设计与制造[J].世界有色金属,2021(1):130-131.

**版权声明:** ©2026 作者与开放获取期刊研究中心(OAJRC)所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



**OPEN ACCESS**