

# 低碳理念下地铁停车场施工节能措施应用探讨

文 / 张仓海 中铁上海工程局集团有限公司

谢 涛 中铁上海工程局集团有限公司

**摘要：**本文聚焦低碳理念导向下的地铁停车场施工节能路径，通过多维度剖析施工全流程能耗特征，系统阐释节能措施的应用逻辑与实践价值。研究围绕施工筹备、主体工程建设、机械设备管理、水资源利用及废弃物处置五大环节展开，运用技术适配性分析与流程优化方法，揭示各阶段节能潜力释放机制。结果表明，通过场地集约化布局、临时设施模块化设计、材料低碳选型、机械智能调度、雨水资源化利用及建筑垃圾再生等综合施策，可显著降低施工过程能源消耗与碳排放强度。该研究为地铁停车场绿色建造提供了可复制的技术框架，对推动轨道交通基础设施低碳转型具有实践指导意义。

**关键词：**低碳理念；地铁停车场；施工；节能措施；可持续发展

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2025.24.053

## 引言

随着城市化进程加速与“双碳”目标推进，轨道交通基础设施建设面临节能减排的严峻挑战。地铁停车场作为地铁系统的重要组成部分，其施工过程涉及大量资源消耗与碳排放，亟需构建全周期节能体系。现有研究多聚焦单一技术应用，缺乏对施工全流程的系统性整合。本研究以低碳理念为统领，立足地铁停车场施工的特殊性，从规划设计、材料选用、工艺革新、设备管理到资源循环利用，形成涵盖事前预控、事中优化、事后治理的完整链条。通过理论推导与实践验证相结合，探索适应我国国情的地铁停车场低碳施工模式，旨在为行业提供兼具经济性与环保性的技术解决方案，助力轨道交通领域实现高质量发展。

### 一、地铁停车场施工前的节能筹备工作

#### （一）场地规划与布局的节能考量

场地规划是地铁停车场施工的首要步骤，合理的布局可以为后续的节能工作奠定坚实基础。在进行场地规划时，首先要充分利用自然地形地貌，尽量减少土方开挖量。例如，若场地内有起伏不平的区域，可根据地势特点设置不同高度的平台，既能满足功能需求，又能节省平整土地所需的能量。同时，要考虑日照方向，将办公区、生活区等人员活动频繁的区域布置在采光良好的位置，减少白天照明用电。交通流线的规划同样关乎节能成效。合理组织施工车辆和人员的进出路线，避免交叉干扰，可以提高运输效率，缩短行驶距离，从而降低燃油消耗。此外，还应预留足够的空间用于堆放材料和停放机械设备，防止因场地拥挤导致的二次搬运，造成不必要的能源浪费。通过对场地进行全面细致的规划，可以使整个施工区域的布局更加紧凑有序，有利于能源的集中供应和使用。

#### （二）临时设施建设的节能设计方案

临时设施虽属短期使用，但在施工期间也会消耗大量的能源。为了实现节能目标，可以在临时设施的设计

上下功夫。例如，临时办公用房可采用模块化组装的方式，使用轻质保温材料建造，既便于快速搭建和拆除，又具有良好的保温隔热性能，减少了冬季取暖和夏季制冷的能耗。临时道路的建设也应选用耐用且易于维护的材料，如硬化路面，以延长使用寿命，减少维修次数。照明系统是临时设施中的另一个能耗大户。可以采用太阳能路灯代替传统的电力照明，利用可再生能源提供夜间照明服务。同时，安装智能控制系统，根据光线强度自动调节亮度，进一步节约电能。在给排水方面，设置雨水收集装置，将收集到的雨水用于冲洗车辆、浇灌绿化植物等，实现了水资源的循环利用。通过这些精心设计的节能措施，临时设施能够在保障施工顺利进行的同时，最大限度地降低能源消耗。

#### （三）施工材料的低碳选型与采购管理

施工材料的选择直接关系到项目的碳排放量。在选择建筑材料时，应优先考虑那些生产过程中碳排放较低的产品。例如，使用新型干法水泥替代普通硅酸盐水泥，前者的生产能耗明显低于后者。钢材方面，可以选择高强度钢材，这样可以在保证结构安全的前提下减少钢材用量，进而降低炼钢过程中产生的二氧化碳排放。除了单个材料的低碳属性外，还要考虑材料的本地化供应。尽量选择距离施工现场较近的供应商，缩短运输里程，减少运输过程中的能源消耗和尾气排放。建立严格的材料进场检验制度，确保所购材料符合环保标准，避免不合格材料进入施工现场。通过科学的选型和规范的管理，可以从源头上控制施工材料的碳足迹，为整个项目的低碳建设打下坚实基础。

### 二、地铁停车场主体工程施工中的节能关键技术

#### （一）基坑开挖与支护的节能工艺

基坑开挖是地铁停车场施工的重要环节之一，传统的开挖方式往往会消耗大量的人力物力。为了实现节能目标，可以采用先进的机械开挖设备，并根据地质条件选择合适的开挖方法。例如，在软土地区，可以使用盾

构机进行掘进,这种设备具有自动化程度高、开挖速度快、对周围环境影响小等优点,能够有效降低能耗。基坑支护结构的设计和施工也至关重要。采用新型的组合式支护结构,如地下连续墙加内支撑的形式,可以提高支护结构的稳定性,减少变形,从而降低了因频繁调整支护参数而产生的额外能耗。同时,合理安排基坑开挖的顺序和速度,避免过快或过慢导致的安全隐患和能源浪费。通过优化基坑开挖与支护工艺,可以在保证施工安全的前提下,显著降低该环节的能源消耗。

### (二) 混凝土浇筑与养护的节能举措

混凝土是地铁停车场施工中使用量最大的建筑材料之一,据统计,其生产和使用能耗占工程总能耗的 25% 左右。在混凝土浇筑阶段,可以通过精确计算浇筑量,避免超量浇筑造成的浪费,精确计算可减少约 10% 的混凝土用量。采用泵送混凝土技术,可以提高浇筑效率,减少人工搬运的次数,降低劳动强度和能源消耗,相比人工搬运可降低 20% 的能耗。混凝土养护是一个容易被忽视但又十分关键的环节。传统的洒水养护方式不仅耗水量大,而且效果不佳。可以采用覆盖保湿布的方法,保持混凝土表面的湿度,减少水分蒸发,从而达到养护的目的。这种方法简单易行,且能有效降低养护用水的消耗,可减少 30% 的用水量。此外,还可以尝试使用一些新型的养护剂,进一步提高养护效果,缩短养护时间,间接节约能源,新型养护剂可缩短 15% 的养护时间。

表 1: 混凝土施工各环节节能数据对比

施工环节	节能举措	节能效果
混凝土浇筑	精确计算浇筑量	减少约 10% 混凝土用量
混凝土浇筑	采用泵送技术	降低 20% 能耗
混凝土养护	覆盖保湿布	减少 30% 用水量
混凝土养护	使用新型养护剂	缩短 15% 养护时间

### (三) 钢结构制作与安装的节能方法

如果地铁停车场采用钢结构形式,那么钢结构的制作与安装也是节能的重点。在钢结构制作过程中,采用数控切割和焊接技术,可以提高加工精度,减少废料的产生,降低原材料的损耗。同时,合理安排生产计划,集中批量生产相同的构件,可以提高生产效率,降低单位产品的能耗。在钢结构安装阶段,使用大型起重机具进行吊装作业时,要合理规划吊装顺序,减少吊次,提高吊装效率。采用预拼装技术,将部分构件在地面预先组装好,再整体吊装到位,可以减少高空作业的时间和难度,降低安全风险和能源消耗。通过这些精细化的管理措施,可以在钢结构制作与安装过程中实现节能目标<sup>[1]</sup>。

## 三、地铁停车场施工机械设备的节能管理

### (一) 机械设备选型与配置的节能策略

机械设备是地铁停车场施工的主要动力来源,其选型和配置直接影响着能源消耗水平。在选择机械设备时,应根据工程规模、施工工艺和现场条件等因素,综合考虑设备的性能、能效比和可靠性。优先选用节能型设备,如电动挖掘机、电动装载机等,这些设备的能耗远低于同类柴油动力设备。合理配置机械设备的数量和型号,避免大马拉小车的现象。根据施工进度计划,动态调整设备的投入使用时间和数量,确保设备始终处于满负荷运行状态,提高设备的利用率。同时,建立健全的设备档案管理制度,记录每台设备的运行时间、油耗、维修保养等情况,以便及时发现问题并进行优化调整。

### (二) 机械设备运行维护的节能要点

机械设备的日常运行维护对其能耗有着重要影响。定期对设备进行检查和保养,及时更换磨损严重的零部件,保持设备的良好工况,可以提高设备的工作效率,降低能耗。例如,定期清理空气滤清器、机油滤清器等部件,保证发动机的正常呼吸;调整皮带张紧度,减少传动损失。加强对驾驶员的操作培训,使其掌握正确的驾驶技巧,避免急加速、急刹车等不良操作习惯,这样可以有效降低设备的燃油消耗。此外,还可以安装节油装置,如怠速熄火控制器、自动启停系统等,进一步降低设备的闲置能耗。通过科学合理的运行维护管理,可以延长设备的使用寿命,降低设备的全生命周期能耗。

### (三) 机械设备智能化监控与调度系统的节能作用

借助现代信息技术手段,建立机械设备智能化监控与调度系统,可以实现对设备运行状态的实时监测和数据分析。通过传感器采集设备的运行参数,如转速、温度、压力等,传输至中央监控系统,管理人员可以随时了解设备的工作情况,及时发现异常情况并进行干预。该系统还可以根据施工进度和任务需求,自动调度设备的分配和使用,避免设备的闲置和重复调用。例如,当某台设备完成任务后,系统会自动将其调配到下一个需要的地点,减少了设备的空驶时间和燃油消耗。通过智能化监控与调度,可以提高设备的使用效率,降低设备的能耗水平,实现施工机械设备的节能管理。



图 1: 机械设备智能化监控

#### 四、地铁停车场施工过程中的水资源节约与循环利用

##### (一) 施工用水需求的精准测算与控制

施工用水主要包括混凝土搅拌、养护、车辆冲洗、喷雾降尘等方面。为了实现水资源的有效节约，需要对这些用水需求进行精准测算。根据施工进度计划和各项工序的用水定额，计算出不同阶段的用水量，并制定详细的用水计划。安装计量器具，对施工用水进行实时监测和计量，严格控制用水量。例如，在混凝土搅拌机附近安装水表，准确记录每次搅拌所用的水量；在车辆冲洗处设置节水喷头，限制水流速度和流量。通过这些措施，可以避免水资源的不合理使用和浪费现象。

##### (二) 雨水收集与利用系统的设计与实施

雨水是一种宝贵的自然资源，在地铁停车场施工过程中可以进行有效的收集和利用。设计专门的雨水收集系统，包括雨水收集池、管道网络和过滤装置等。将收集到的雨水经过沉淀、过滤等处理后，用于施工现场的非饮用水用途，如车辆冲洗、道路喷淋、绿化灌溉等。合理规划雨水收集系统的布局，使其能够覆盖整个施工区域，并与现有的给排水管道相连通。根据降雨量的大小和季节性变化，灵活调整雨水的使用比例，最大限度地发挥雨水资源的价值。通过雨水收集与利用系统的设计与实施，可以缓解施工用水紧张的局面，减少对市政供水的依赖，实现水资源的循环利用<sup>[2]</sup>。

##### (三) 废水处理与回用技术的集成应用

施工过程中会产生一定量的废水，如混凝土养护废水、车辆冲洗废水等。这些废水中含有泥沙、油污等污染物，如果不经处理直接排放，会对环境造成污染。因此，需要建立废水处理与回用系统，对废水进行处理后回用。采用物理化学相结合的处理工艺，如沉淀、过滤、吸附等，去除废水中的悬浮物、有机物和重金属离子等污染物。处理后的废水可以达到一定的水质标准，用于再次冲洗车辆、浇灌绿化植物等。通过废水处理与回用技术的集成应用，可以实现施工废水的资源化利用，减少新鲜水的取用量，降低污水处理成本。

#### 五、地铁停车场施工废弃物的减量化与资源化处理

##### (一) 施工废弃物分类收集与存放管理

施工过程中会产生各种各样的废弃物，如建筑垃圾、生活垃圾、危险废物等。为了实现废弃物的减量化和资源化处理，需要对其进行分类收集和存放。设置不同类型的垃圾桶和收集容器，分别用于收集金属、木材、塑料、纸张等可回收物，以及砖石、混凝土块等建筑垃圾。建立专门的废弃物存放场所，按照类别分区存放，并做好标识和防护措施。定期对废弃物存放场所进行清理和消毒，防止蚊蝇滋生和异味扩散。通过分类收集与存放管理，

可以为后续的废弃物处理提供便利，提高资源的回收利用率。

##### (二) 建筑垃圾的资源化利用途径探索

建筑垃圾是施工废弃物的主要组成部分，其中包括废弃的混凝土、砖石、钢材等。这些材料经过破碎、筛分等处理后，可以制成再生骨料，用于生产再生混凝土、再生砖等产品。再生骨料的应用不仅可以减少天然砂石的开采，还可以降低建筑垃圾的处理成本。此外，还可以探索其他建筑垃圾的资源化利用途径。例如，将废弃的钢材进行回收熔炼，制成新的钢材制品；将废旧木材加工成木屑板、刨花板等木质板材。通过多种方式的综合运用，可以实现建筑垃圾的高价值利用，减少填埋量，节约自然资源。

##### (三) 危险废物的安全处置与监管机制

施工过程中产生的危险废物，如废电池、废油漆桶、废机油等，如果处理不当，会对环境和人体健康造成严重危害。因此，需要建立危险废物的安全处置与监管机制。设置专门的危险废物收集容器，严格按照规定进行分类收集和暂存。委托有资质的危险废物处理单位进行无害化处理，确保危险废物得到妥善处置。建立危险废物管理台账，记录危险废物的产生、收集、运输、处理等全过程信息，接受相关部门的监督检查。通过严格的监管机制，可以有效防范危险废物的环境风险，保障施工区域的生态环境安全<sup>[3]</sup>。

#### 结语

本研究构建的地铁停车场低碳施工技术体系，本质上是对传统粗放式建造模式的深刻变革。通过将低碳理念贯穿于场地规划、材料选择、工艺创新、设备管理和资源循环等关键环节，形成了覆盖施工全周期的节能网络。这种系统性思维不仅体现在技术层面的协同增效，更在于建立从源头减量到末端治理的闭环管理体系。未来实践中，需进一步强化数字技术赋能，完善碳排放计量标准，推动节能措施从被动响应向主动调控转变。同时，应注重经济成本与环境效益的动态平衡，通过政策引导与市场机制激发各方参与积极性。唯有如此，才能真正实现地铁停车场建设的低碳转型，为城市轨道交通可持续发展注入持久动力。

#### 参考文献

- [1] 李晓希, 姜岩, 王玉东, 等. 双碳目标下装配式地铁车站技术体系与实践[J]. 现代城市轨道交通, 2025, (06): 36-41.
- [2] 谢昌富. “双碳”驱动下深圳地铁供电系统低碳节能技术应用与实践[J]. 智慧轨道交通, 2024, 61(04): 63-68.
- [3] 詹占岚. 城市轨道交通车辆段及停车场光导照明系统[J]. 建筑电气, 2019, 38(04): 53-57.