

数字建造技术在降低公共建筑土建施工能耗中的实践应用

王少江

上海山安建设工程有限公司 上海 201805

摘 要：公共建筑土建施工能耗长期处于高位运行状态，传统粗放管控模式很难覆盖细碎的无效能耗场景。本文围绕适配公共建筑施工场景的数字建造技术体系展开梳理，结合施工筹备、主体施工全流程拆解技术落地的降耗路径，从技术适配、流程优化、多技术协同层面提出落地优化方向，为土建施工环节的能耗精细化管理提供实操层面的可行思路。

关键词：数字建造技术；公共建筑；土建施工；施工能耗管控；智能施工管控

引言：公共建筑普遍具备体量大、施工工序交叉密集、大型设备集中投入的作业特征，土建阶段的能源消耗长期居高不下，传统粗放式的施工管控模式很难覆盖细碎的无效能耗场景，降耗工作长期存在管控盲区。数字建造技术的逐步普及，为土建施工能耗的全流程动态管控提供了新的实现路径，相关技术的落地应用正在逐步改变传统施工的能耗管控逻辑。

1 适配公共建筑土建施工的数字建造技术体系

1.1 三维数字化建模技术

三维数字化建模技术依托数字化运算逻辑搭建建筑土建结构的立体化数字模型，能够完整复刻公共建筑土建施工的结构形态与空间布局。技术应用可以对土建施工涉及的构件排布、空间关系、施工工序进行数字化还原，实现施工前期结构布局的精细化梳理^[1]。建模过程可以对土建施工的各类设计内容进行立体化校验，排查施工布局中存在的不合理施工环节，减少施工阶段多余工序带来的资源消耗。数字化模型可以贯穿土建施工前期筹备与中期施工阶段，为施工方案优化、工序排布调整提供数字化载体，推动土建施工环节的精细化管控，缩减无效施工行为带来的能源消耗。

1.2 智能施工管控技术

智能施工管控技术依托数字化程序与智能运算逻辑完成土建施工全流程的动态管控，适配公共建筑土建施工多工序交叉开展的作业特征。技术体系可以对施工工序推进节奏、作业流程规范度、施工设备运行状态进行动态管控，规范现场施工的作业模式。智能管控模式可以替代传统人工粗放管理模式，优化各施工环节的作业衔接效率，减少工序停滞、重复作业产生的能源浪费。

技术运行过程可以规范施工设备的运行时长与作业频次，规避无序作业造成的能源损耗，推动土建施工过程的节能化推进。

1.3 施工资源数字调度技术

施工资源数字调度技术针对公共建筑土建施工涉及的物料、设备、人力等资源开展数字化统筹分配。技术依托施工进度数据与现场作业需求完成资源动态匹配，精准匹配各施工区段的资源供给总量与供给时段。数字化调度模式可以改变传统资源粗放投放的作业模式，规避资源过量投放、资源闲置堆放引发的间接能耗消耗。合理的资源调度可以保障施工设备维持平稳运行状态，减少设备空转、频繁启停带来的能源损耗，提升各类施工资源的利用效率，从资源配置层面实现施工能耗的合理控制。

1.4 施工现场智能感知技术

施工现场智能感知技术依托各类智能传感设备完成土建施工现场环境、设备运行、作业状态等信息的实时采集与传输。技术可以持续捕捉现场施工设备的运行负荷、作业时长以及场地环境的动态变化，为施工能耗管控提供真实有效的数据支撑。感知终端可以全覆盖施工现场核心作业区域，及时捕捉现场无序作业、设备低效运行等各类引发能耗增加的施工行为。实时化的现场数据采集可以支撑施工管控体系快速调整作业方案，优化现场施工运行状态，持续压缩土建施工过程中的无效能耗空间。

2 数字建造技术在施工筹备阶段的降耗应用

2.1 施工方案数字化优化排布

公共建筑土建施工涉及繁杂的工序内容与交叉作业

内容,传统方案排布模式容易出现工序衔接混乱、作业流程冗余的问题。数字化技术可以依托建筑结构模型与施工逻辑规则,对整体施工工序进行系统性梳理与重新排布。数字化排布模式可以梳理各分项施工的先后逻辑,剔除流程内部的冗余作业环节,削减不必要的施工操作。工序结构的科学调整能够改善施工流程内部的穿插冲突,避免作业停滞与重复施工引发的能源消耗^[2]。数字化优化方式可以依托施工参数持续调整工序排布逻辑,适配不同施工区段的作业条件,让整体施工流程保持高效平稳的推进状态,从源头削减筹备阶段的无效能耗。数字化工序排布能够结合建筑结构特征与施工工况优化作业逻辑,消除传统固定施工方案的适配弊端,理顺多工序交叉作业节奏,从施工筹备源头规避流程冗余带来的能耗浪费。

2.2 施工场地数字化规划布局

施工场地空间布局直接影响物料运输路径、设备布设位置与现场作业动线,不合理布局会持续增加施工过程的能源支出。数字化规划手段可以依托场地空间参数与施工需求完成区域划分,精准布置作业区域、物料堆放区域与设备停放区域。科学的场地布局可以缩短物料转运距离,减少运输设备的运行时长,降低转运作业产生的能源消耗。数字化布局模式可以统筹场地空间资源,规避场地布设混乱引发的动线交叉与作业拥堵,减少设备绕行、等待带来的能耗增量。合理的场地规划能够规范现场作业秩序,提升场地空间利用效率,实现筹备阶段能耗管控。数字化规划可精准测算场地空间利用率,依据施工进度动态优化功能分区与作业动线,解决传统人工布局随意性强的问题。

2.3 施工人材机数字化统筹配置

土建施工筹备阶段的资源配置方式决定施工全过程的能耗基数,粗放式资源配置容易造成各类资源浪费与能耗攀升。数字化统筹模式可以结合施工区段作业量与施工周期要求,精准测算人力投入规模、物料储备总量与机械设备配置数量。精细化的数据测算可以规避资源超额储备造成的闲置损耗,匹配各施工阶段的实际作业需求。数字化配置体系可以梳理不同工种、不同设备的作业适配关系,优化资源组合模式,减少资源错配引发的低效作业。精准的人材机统筹模式可以提升各类生产要素的利用效率,压缩筹备阶段资源配置不合理带来的能耗冗余。

3 数字建造技术在主体土建施工的降耗应用

3.1 土方与基础工程数字化管控

土方与基础工程属于公共建筑土建施工的前置核心工序,作业流程涵盖土方开挖、回填、压实等多类作业内容,传统作业模式普遍存在设备作业无序、施工参数把控粗糙的问题。数字化管控手段可以依托空间数据与施工参数,精准划定土方作业的施工范围与作业深度,规范土方施工的整体作业标准。数字化系统能够实时采集土方施工设备的运行状态,规整设备作业节奏,缓解设备长时间空载、超负荷运行引发的能源损耗^[3]。依托数字化数据把控土方回填与压实的作业参数,能够规避重复压实、回填返工等不合理施工行为,削减工序重复开展产生的能耗支出。数字化管控模式可以细化基础施工各环节作业标准,稳定工序推进质量,减少质量缺陷整改带来的额外能耗消耗。基础土方工程大型机械设备集中、能耗基数大,数字化管控可精准约束设备作业范围与施工参数,杜绝粗放施工造成的超量作业与返工问题,有效控制基础阶段核心能耗支出。

3.2 主体结构工程数字化管控

主体结构工程施工周期长、设备投入量大,混凝土浇筑、钢筋布设、模板搭设等多工序交叉作业,容易产生大量无效能耗。数字化管控体系可以对结构施工全流程进行精细化管控,细化各分项工序的作业标准与推进节奏。依托数字化模型匹配现场施工进度,精准把控物料投放节奏与设备作业时段,减少物料堆积存放与设备闲置运行产生的能耗。数字化管控可以规范结构施工设备的运行参数,规避设备不规范操作带来的能耗增量。针对结构施工多工序交叉的作业特点,数字化系统能够梳理工序推进逻辑,弱化工序穿插冲突带来的施工停滞,维持施工流程的平稳推进状态,持续压缩结构施工阶段的能耗空间。主体结构作为土建施工核心环节,工序繁杂且作业周期长,数字化管控可有效协调多专业交叉施工秩序,规避施工停滞、设备闲置及物料浪费等问题,稳步降低结构施工综合能耗。

3.3 装饰建筑工程数字化管控

装饰建筑工程涵盖墙面、地面、顶面等多项土建配套作业,施工点位分散、作业细节繁杂,粗放管控模式易引发资源浪费与能耗增加。数字化管控技术可以依托建筑空间模型细化各区域装饰土建作业内容,精准划分施工区域与作业内容,规避盲目施工产生的物料损耗与设备能耗。数字化数据可以指导装饰土建施工的精准作业,提升施工操作的精准度,减少材料裁切失误、施工偏差整改带来的重复作业能耗。数字化管控模式可以统筹装饰土建阶段的小型机具与人力配置,优化机具作业频次与运行时长,规范现场作业秩序。精细化的数字化

管控能够细化每一处施工细节的作业标准,提升装饰土建施工资源利用效率,实现施工过程的节能管控。装饰土建施工点位零散、细节工序多,传统管控极易产生细碎资源浪费与机具无效能耗,数字化精细管控可规范各类零散作业行为,全面细化施工降耗管控维度。

4 公共建筑土建施工数字降耗技术的优化路径

4.1 施工数字技术适配优化

现有数字建造技术多依托通用施工场景研发,和公共建筑土建施工的专属作业特征存在适配偏差,难以充分发挥降耗效能。技术适配优化工作需要立足公共建筑施工结构复杂、工序密集、场地受限的作业特点,调整各类数字技术的运行逻辑与应用模式^[4]。针对三维建模技术开展场景化迭代,优化模型构建精度与细节还原程度,贴合公共建筑多样化结构形式,减少模型偏差引发的施工失误与能耗增量。调整智能管控技术的运算参数,适配土建施工多工序交叉作业的运行状态,提升技术对复杂施工工况的识别与适配能力。优化智能感知设备的采集精度与布设逻辑,匹配土建施工不同阶段的监测需求,强化施工能耗动态监测能力。针对资源调度算法开展精细化调整,贴合公共建筑施工资源消耗规律,提升资源配置的精准程度,从技术底层强化降耗能力。结合公共建筑施工专属工况完成技术迭代适配,能够解决通用数字技术适配性不足的问题,让各类数字化技术精准匹配施工场景,最大化释放数字化降耗的核心价值。

4.2 施工管控流程体系优化

传统数字化管控流程存在环节割裂、数据不通、流程繁琐的问题,制约数字技术在能耗管控中的落地效果。管控流程体系优化需要打通土建施工全流程数字化管控链路,实现施工筹备、主体施工、装饰施工各阶段的流程贯通。梳理现有数字化管控流程中的冗余作业环节,精简重复的数据采集与审批步骤,降低管控流程本身产生的资源与时间损耗。搭建统一的数字化管控流程标准,规范不同施工阶段的数据录入、分析、应用流程,保障能耗管控工作的统一性与连续性。完善施工能耗动态管控流程,依托实时施工数据完成能耗状态动态研判,及时调整施工作业模式与资源配置方案。优化现场数字化管控执行流程,强化施工一线与后台管控端的联动效率,让能耗管控举措快速落地于现场施工环节。一体化的数字化管控流程能够破除各施工阶段的管控壁

垒,实现能耗管控全流程闭环管理,提升数字化降耗举措的落地效率,解决流程脱节导致的降耗失效问题。

4.3 多技术融合应用拓展优化

单一数字技术的应用维度较为单一,无法覆盖公共建筑土建施工全流程的能耗管控需求,多技术融合拓展可以完善数字化降耗体系的覆盖范围。打破各类数字技术的应用壁垒,搭建多技术协同运行的数字化框架,整合建模技术、智能感知技术、资源调度技术与智能管控技术的功能优势。依托数据互通机制实现多类技术数据的互联互通,统一数据传输与处理标准,避免数据孤立造成的管控滞后与判断偏差。拓展多技术融合的应用场景,将协同体系融入土方施工、结构施工、装饰施工等各类土建作业环节,全方位挖掘施工能耗的管控空间。持续丰富多技术融合的应用功能,依托技术协同实现施工状态智能分析、资源动态调配、工序智能优化的一体化作业,持续提升公共建筑土建施工能耗的精细化管控水平^[5]。多技术协同融合可补齐单一技术的应用短板,构建全覆盖、多维度、智能化的降耗管控体系,全面适配公共建筑土建全流程施工场景,持续提升节能管控的精细化与智能化水平。

结束语

数字建造技术在公共建筑土建施工降耗领域的实践价值,已经在多个落地项目中得到验证。从前期的方案优化到现场的动态管控,数字化手段正在逐步渗透进土建施工的各个作业细节,填补传统管控模式下的能耗管控空白。持续推进技术与施工场景的深度适配,打通全流程的数字化管控链路,就能稳步压缩土建施工环节的无效能耗空间,推动公共建筑土建施工的节能管控水平持续提升。

参考文献

- [1] 颜江北. 数字化建造技术在建筑施工中的全方位应用研究 [J]. 中国建筑装饰装修, 2025(10):76-78.
- [2] 王诗慧. 装配式建筑智能建造中的结构节点数字化设计与施工技术 [J]. 智能建筑与智慧城市, 2025(12):102-104.
- [3] 钱薇薇. 数字化技术赋能建筑装饰施工精度提升策略 [J]. 中国建筑装饰装修, 2026(1):75-77.
- [4] 李炀. 智能建造背景下建筑施工标准数字化实施技术 [J]. 大众标准化, 2026(2):160-162.
- [5] 徐炜亮. 智能建造技术在建筑施工中的应用探索 [J]. 陶瓷, 2026(4):171-174.