

施工现场安全管理、项目进度与成本管理的综合优化

陈俊

苏州正和建设工程有限公司，江苏省苏州市，215000；

摘要：本文聚焦施工现场管理中的核心要素——安全管理、进度管理与成本管理，深入剖析三者间的内在联系及相互影响机制。通过构建动态平衡模型，提出基于风险评估的进度-成本协同优化策略，结合BIM技术与精益管理理念，形成涵盖预防、控制、改进的全周期管理体系。实证研究表明，该模式可使项目工期缩短15%-20%，成本降低8%-12%，安全事故率下降60%以上，为建筑企业实现高质量发展提供理论支撑与实践路径。

关键词：施工现场管理；安全管理；进度管理；成本管理；综合优化

DOI：10.69979/3029-2700.26.03.100

引言

在建筑行业转型升级的关键期，施工现场管理正经历从粗放式向精细化、从单一目标向多目标协同的深刻变革。传统管理模式中，安全管理、进度管理与成本管理常呈现“三角博弈”关系：过度强调安全可能导致进度滞后与成本超支，盲目赶工又可能引发安全事故与质量缺陷，进而造成返工成本激增。这种矛盾在大型复杂项目中尤为突出，如某超高层建筑项目因高空作业防护不到位导致停工整改，直接造成工期延误42天、经济损失超2000万元。因此，探索三者综合优化路径已成为行业亟待解决的重大课题。

1 文献综述与理论框架

1.1 核心概念界定

安全管理：以风险控制为核心，通过制度建设、技术防护、人员培训等手段，构建涵盖“人-机-环-管”四维的安全保障体系。其目标是将事故概率控制在可接受范围内，同时降低安全投入对进度与成本的负面影响。

进度管理：运用网络计划技术（CPM/PERT）、关键链技术（CCM）等工具，实现资源优化配置与工序科学衔接。现代进度管理强调动态调整能力，以应对设计变更、供应链中断等不确定性因素。

成本管理：涵盖成本预测、计划、控制、核算、分析等环节，通过价值工程、挣值分析（EVM）、全生命周期成本计算等方法，实现成本效益最大化。其核心是在质量与安全约束下寻求成本最优解。

1.2 理论关联性分析

三大管理要素存在显著的动态耦合关系：

安全-进度关系：安全措施的实施（如增加检查频次、暂停高危作业）会直接导致工期延长；反之，赶工行为可能削弱安全保障，增加事故风险。研究表明，每增加1%的安全投入，可能导致工期延长0.3%-0.5%，但可降低事故率40%-60%。

安全-成本关系：安全投入包括直接成本（防护设备、培训费用）与间接成本（事故赔偿、保险费率）。安全绩效与成本呈“U型”关系：初期投入增加会提高成本，但当安全水平达到阈值后，事故减少带来的收益将超过投入成本。

进度-成本关系：工期压缩通常需要增加资源投入（如加班费、赶工措施费），导致成本上升；而工期延误则可能引发窝工费、管理费增加等连锁反应。经典“时间-成本平衡模型”表明，关键路径上每缩短1天工期，成本增加约0.5%-2%。

现有研究多聚焦两两关系优化，如基于挣值分析的进度-成本控制、安全-进度冲突解决框架等，但缺乏三者协同的系统性研究。部分学者提出“安全-进度-成本铁三角”概念，却未给出具体量化模型与实施路径。

2 综合优化模型构建

2.1 风险评估矩阵

建立包含5大类28项指标的风险评估体系：

安全风险：高空作业、临时用电、机械操作等

进度风险：供应链中断、设计变更、天气影响等

成本风险：材料价格波动、人工成本上升、返工损

失等

通过层次分析法（AHP）确定指标权重，构建风险值计算模型：

$$R = \sum_{i=1}^n w_i \cdot (p_i \times i_i)$$

其中， w_i 为指标权重， p_i 为风险发生概率 i_i 为影响程度。当风险值超过预设阈值时，系统自动触发预警机制，并生成应对方案库中的推荐措施。

2.2 动态平衡机制

基于 BIM 技术构建数字孪生平台，实现三要素实时联动：

安全-进度联动：当风险值超过阈值时，系统自动触发安全预案，同步调整进度计划（如暂停高危作业、增加安全检查频次）。

成本-进度联动：通过挣值分析（EVM）监控成本绩效指数（CPI）与进度绩效指数（SPI），当 $CPI < 0.9$ 或 $SPI < 0.85$ 时启动预警机制。

安全-成本联动：将安全投入纳入全生命周期成本计算，量化安全措施的经济效益（如防护设备折旧、保险费用降低等）。

2.3 精益管理策略

引入精益建造理念，实施以下优化措施：

价值流分析：识别并消除非增值活动（如材料二次搬运、工序等待时间），典型项目可减少 15%-20% 的浪费。

拉动式计划：采用看板管理系统，根据现场实际进度动态调整资源供应，避免库存积压与资源短缺。

持续改进机制：建立 PDCA 循环，通过每日站会、周度复盘等方式持续优化管理流程。

3 实证研究

3.1 案例背景

本研究选取某大型商业综合体项目作为核心研究对象。该项目规模宏大，建筑面积达 28 万平方米，合同工期设定为 900 天，合同价款为 12.6 亿元。此项目具有诸多显著特点，给施工管理带来了较大挑战。项目深基坑开挖深度惊人，达到 18 米，如此深度使得基坑边坡稳定性面临严峻考验，坍塌风险如影随形，一旦发

生事故，后果不堪设想。同时，项目钢结构安装量巨大，高达 4.2 万吨，这意味着高空作业极为频繁。工人在高空环境中作业，面临坠落、物体打击等诸多危险，安全保障难度大。此外，机电管线综合排布错综复杂，各专业交叉作业众多。不同工种在同一空间内施工，协调难度大，容易出现工序冲突、施工进度受阻等问题，对项目的整体管理提出了极高要求。

3.2 优化措施实施

3.2.1 安全管理强化

为筑牢安全防线，项目建立了“三级安全教育 + VR 体验”的全方位培训体系。新工人上岗前，必须接受系统全面的三级安全教育，随后通过虚拟现实模拟考核，身临其境地感受各类施工场景中的安全风险及应对方法，切实增强安全意识和应急处置能力。同时，引入智能安全帽，实时精准监测人员定位、心率、环境气体浓度等关键数据，为安全管理提供实时、准确的信息支持。此外，每月开展“安全行为之星”评选活动，将奖励金额与个人安全绩效紧密挂钩，充分调动工人遵守安全规定的积极性和主动性，营造良好的安全文化氛围。

3.2.2 进度管理优化

项目积极采用先进的 BIM 5D 技术进行 4D 进度模拟，通过数字化手段提前发现 127 处碰撞问题，有效避免了施工过程中的返工和延误。大胆将传统串行工序改为并行作业，例如土方开挖与支护同步进行，成功缩短关键路径工期 23 天。同时，建立供应链协同平台，实现钢筋、混凝土等主要材料的“JIT”供应，确保材料按时、按需供应，减少库存积压和等待时间，提高施工效率。

3.2.3 成本管理创新

在成本管理方面，实施“限额领料 + 二维码追溯”制度，对材料的使用进行严格管控，将材料损耗率降低至 0.8%，远低于行业平均 1.5% 的水平。应用无人机倾斜摄影技术进行土方量测算，精准测量土方数据，有效减少计量误差引发的成本争议。积极开展设计优化工作，将原设计 28 道钢结构节点简化为 19 道，在保证结构安全的前提下，节约加工费用 320 万元，实现成本的有效控制。

3.3 实施效果

指标	优化前	优化后	改善率
工期(天)	900	756	16%
成本(亿元)	12.6	11.5	8.70%
安全事故率	0.25次/万m ²	0.1次/万m ²	60%
质量一次验收合格率	92%	98%	6.50%

4 管理启示与建议

4.1 技术驱动管理升级

在当今数字化时代,技术成为推动施工现场管理升级的核心动力。大力推广 BIM(建筑信息模型)与物联网技术的深度融合应用,通过在施工现场布置各类传感器,将实体建筑与虚拟模型紧密相连,实现施工现场全方位、全过程的数字化管控。利用人工智能算法强大的数据处理和分析能力,对施工进度进行精准预测,提前识别潜在风险,并依据预测结果对人力、物力、财力等资源进行优化配置,提高资源利用效率。同时,建立企业级知识库,将项目实施过程中的成功经验、典型案例、解决方案等进行系统整理和沉淀,为后续项目提供宝贵的参考和借鉴,避免重复犯错,提升企业整体管理水平。

4.2 制度保障协同实施

完善的制度是确保各项管理工作协同推进的重要保障。进一步健全安全生产责任制,明确各级管理人员和施工人员的安全职责,将安全绩效作为项目经理考核的关键指标,与薪酬、晋升等直接挂钩,强化安全管理责任意识。建立进度-成本联合管控小组,打破部门之间的壁垒,促进信息共享和协同工作,实现进度与成本的动态平衡和精细化管理。积极推行工程总承包(EPC)模式,将设计、采购、施工等环节有机整合,强化各阶段之间的协同配合,减少沟通成本和工序衔接问题,提高项目的整体效益。

4.3 人员能力建设

人才是企业发展的根本。开展复合型人才培养计划,要求项目经理不仅要具备扎实的专业知识,还需同时掌

握安全、进度、成本等多方面的管控能力,成为能够统筹全局的综合性管理人才。建立“师徒制”传承机制,让经验丰富的老员工与新员工结成对子,通过言传身教加速新员工技能提升和职业素养培养。此外,引入第三方咨询机构,借助其专业的管理知识和丰富的实践经验,为项目提供针对性的管理支持和服务,助力企业提升管理水平和竞争力。

5 结论

本研究构建安全管理、进度管理与成本管理的综合优化模型,从理论上揭示了三者动态平衡机制,在实践中验证了精益管理策略的有效性。未来研究可进一步探索极端天气、政策变动等不确定性因素对三要素的影响机理,装配式建筑、智能建造等新模式下的管理创新路径,以及基于区块链技术的供应链金融在成本优化中的应用。建筑企业应借此契机推动管理模式从“经验驱动”向“数据驱动”转变,在保障安全生产的基础上实现项目效益最大化,为行业高质量发展贡献力量。

参考文献

- [1]冯海荣.建筑施工项目进度、成本和质量管理的综合优化[J].智能城市,2020,6(12):137-138.
- [2]偶丹萍.探究建筑施工项目进度、成本和质量管理的综合优化[J].价值工程,2020,39(01):26-27.
- [3]汪炎.建筑工程施工安全管理问题与对策研究[J].现代工程科技,2025,4(07):181-184.
- [4]杨恒.建筑工程土建设施工现场管理问题及对策研究[J].现代工程科技,2025,4(07):185-188.
- [5]肖航,徐森,曹丹.建筑工程项目管理与施工技术创新研究[M].天津科学技术出版社:202308:234.