

建筑工程施工管理中多目标优化模型的构建与应用研究

徐 铭

孝感市城乡规划建筑设计院有限责任公司 湖北 孝感 432000

摘 要：建筑工程施工管理涉及进度、成本、质量、安全等多重目标的协同管控，各目标间存在显著冲突与博弈关系。本文围绕施工管理多目标体系展开系统分析，梳理了各类目标的内在关联与冲突协调逻辑，阐述了多目标优化模型的理论基础与算法适配思路。在此基础上，从变量选取、约束设定、目标函数搭建及模型架构设计等环节完整呈现了模型构建流程，并就进度与资源协同、成本与质量统筹、资源调配与现场管理联动等应用路径展开论述，为施工管理的多维度统筹优化提供理论参考与技术支持。

关键词：建筑工程；施工管理；多目标优化；模型构建；协同管控

引言：建筑工程施工管理是一项多维度交织的系统性工作，进度推进、成本控制、质量保障与安全防护等管理目标相互牵动、彼此制约。单一目标的极致优化往往以牺牲其他目标为代价，传统管理手段难以兼顾各维度的均衡发展。多目标优化模型借助系统化的数学表达与智能算法，能够在多项冲突目标中寻求整体均衡解，为施工管理提供科学决策依据。围绕模型构建方法与应用路径展开研究，对提升施工管理精细化水平具有现实意义。

1 建筑工程施工管理多目标体系解析

1.1 建筑工程施工管理目标维度构成

建筑工程施工管理的整体推进过程依托多重管理维度支撑体系运行，各类管理维度贯穿施工全周期作业环节。施工进度管控维度聚焦工程建设整体推进节奏，依托工序排布与作业推进节奏把控工程建设的整体推进节奏，保障工程建设的有序推进^[1]。施工成本管控维度围绕工程建设各类资源消耗开展统筹管控，对建设过程中的物资投入、人力投入与作业投入进行科学统筹规划。施工质量管控维度针对施工工序作业标准、施工工艺落实标准以及工程成型状态开展全方位把控。施工安全管控维度侧重施工现场作业环境与作业行为的规范化管控，规避施工过程中的各类风险隐患。绿色施工与资源集约管控作为现代化施工管理的重要延伸维度，适配建筑行业转型升级的整体发展趋势，丰富施工管理的整体目标层次。

1.2 施工管理各目标内在关联逻辑

建筑工程施工体系内的各类管理目标具备紧密的内在关联，不同管理维度的运行状态会相互影响整体管理水平。进度管控的推进状态会改变资源投入的整体节奏，间接影响成本消耗的整体幅度与质量管控的实施状态。成本管控的统筹力度会约束物资与人力的投入规模，对施工

工艺落实精度与安全防护布置水平产生直接影响。质量与安全的管控质量决定施工环节的稳定推进状态，能够稳定工程建设的推进节奏，规避额外的资源损耗。各类管理目标形成相互交织、相互牵制的有机整体，构成施工管理体系运行的底层逻辑。

1.3 施工管理多目标冲突性与协调性分析

施工管理各类目标在实际运行中存在显著的冲突属性，进度推进节奏的加快容易造成作业精细化程度下降，引发质量管控标准松动以及安全防护投入不足的问题。成本管控的压缩调整会限制优质物资与专业人力的投入，制约质量提升与安全防护的落地效果。各项目标同样具备显著的协调发展空间，科学的工序规划可以优化资源分配模式，实现进度推进、成本控制与质量提升的良性联动。合理的资源统筹模式能够优化现场作业结构，推动安全管控与绿色施工目标的同步提升，实现多维度管理内容的均衡发展。

1.4 多目标优化适配施工管理的可行性分析

现代建筑工程施工体系具备系统化与规范化的运行特征，为多目标优化理念的落地提供基础条件。建筑施工各作业环节具备明确的管控标准与运行规律，各类管理目标的影响要素可通过系统化思维完成统筹梳理。施工管理体系的综合性特征适配多维度优化思维的应用场景，能够打破单一目标管控的局限性。行业施工管理模式持续升级，让多维度统筹管控成为施工管理发展的主流方向，多目标优化的管控思维可以适配复杂施工场景的管理需求，助力施工管理体系实现全方位升级。

2 建筑工程施工管理多目标优化模型理论基础

2.1 多目标优化基础理论体系

多目标优化理论属于系统工程研究范畴，多用于处理复杂系统中多项管控维度的统筹调控问题。整套理论

围绕多元管控要素的统筹平衡展开研究,侧重化解不同优化方向存在的博弈关系,搭建均衡化的系统调控体系^[2]。理论核心内涵在于对复杂系统内的各项管控需求进行统筹梳理,摒弃单一维度最优的管控思维,追求整体系统的均衡最优状态。现代多目标优化理论融入系统统筹与动态调控思维,能够适配各类复杂工程系统的管控需求,为施工管理复杂目标的统筹调控提供理论支撑。

2.2 施工管理优化模型构建的核心原则

施工管理场景下的优化模型构建需要依托标准化原则开展整体设计。整体性原则统筹覆盖施工管理全部管控维度,保障模型设计贴合工程整体管控需求。动态适配原则贴合施工流程的动态变化特征,适配施工现场资源与工序的动态变动状态。均衡协调原则侧重平衡各类管控目标的博弈关系,规避单一维度过度优化引发的系统失衡。实操落地原则兼顾工程施工的现实条件,让模型设计贴合现场作业的实际运行条件,保障模型具备落地应用的基础条件。

2.3 多目标优化主流算法适配性分析

各类多目标优化算法具备不同的运算逻辑与适用场景,对应不同复杂程度的系统优化问题。传统优化算法擅长处理维度较少、变量关系简单的线性优化问题,对结构简单的管控系统具备良好的运算效果。智能优化算法依托自主迭代搜寻的运算模式,能够应对多变量、非线性的复杂优化场景,适配建筑施工管理多要素交织的复杂系统。不同算法的运算精度、迭代模式与收敛速度存在差异化特征,需要结合施工管理目标的复杂程度完成筛选匹配。

2.4 施工管理场景下优化模型的适配改造思路

通用多目标优化模型无法完全匹配建筑施工的行业专属特征,需要结合施工管理场景完成针对性改造。结合施工工序的递进式作业特征调整模型运算逻辑,贴合工程建设循序渐进的推进规律。结合施工资源的动态波动特征调整变量约束机制,适配现场资源调配的动态变化状态。结合施工多目标的博弈特征优化权重调控机制,强化模型对复杂目标关系的处理能力,提升模型对建筑施工管理场景的匹配程度。

3 建筑工程施工管理多目标优化模型构建

3.1 施工管理多目标优化变量选取与定义

模型构建的基础工作聚焦各类优化变量的科学筛选与规范界定,变量选取工作围绕建筑施工管理的核心管控要素展开。施工作业中的资源调配参数、工序排布参数、作业投入参数构成核心决策变量,直接决定施工管理体系的整体运行状态。各类管控维度的波动幅度与浮

动范围构成状态变量,能够反映施工环节的动态变化特征。变量筛选工作依托施工系统的运行规律开展,剔除无法干预且不影响整体管控效果的无效参数,保留对进度、成本、质量、安全存在直接影响的关键参数^[3]。

3.2 施工管理多目标优化约束条件设定

建筑工程施工系统的运行存在各类客观限制条件,约束条件的科学设定是保障优化模型合理运行的关键。资源存量上限与资源供给节奏形成资源层面的约束内容,规范各类施工资源的投入规模与调配方式。施工工序的固有先后顺序与工艺标准形成技术层面的约束内容,保障施工作业符合行业建设规律。现场作业空间承载能力与作业承载上限形成环境层面的约束内容,限制现场作业的排布密度与作业规模。所有约束条件贴合工程建设的客观实际,规避模型运算出现脱离施工场景的不合理解,维持优化过程的科学性与合理性。

3.3 多目标优化目标函数体系搭建

目标函数是量化施工管理优化方向的核心载体,依托前文梳理的施工管理目标维度完成体系搭建。针对施工管控的不同发展方向构建独立函数表达式,分别对应施工效率提升、建设投入管控、作业质量提升、现场风险防控等核心管控内容。函数体系结合各类管控要素的影响程度完成参数赋值,量化不同管理目标的优化程度。函数构建过程兼顾各管控维度的制衡关系,弱化单一维度极致优化带来的体系失衡问题,搭建能够实现整体管控水平提升的复合型目标函数体系。

3.4 基于适配算法的优化模型架构搭建

优化算法的融入能够提升模型对复杂施工系统的运算处理能力,结合施工管理非线性、多变量的特征搭建整体模型架构。依托适配施工场景的优化算法搭建模型运算核心模块,完善参数输入、迭代运算、方案输出的主体结构。针对施工目标的博弈特征调整算法运算逻辑,优化参数迭代的更新机制,提升模型对复杂管控问题的处理能力。模型架构区分基础数据层、运算处理层、优化输出层,实现施工数据与优化运算的精准衔接,形成层次清晰的整体运行架构。

3.5 施工管理多目标优化模型标准化构建流程

多目标优化模型的成型需要遵循规范化的搭建流程,保障模型体系的完整度与规范性。完成施工场景参数的收集与整理,实现变量体系的初步构建。结合施工客观限制条件完成约束体系的完整设定,搭建标准化目标函数方程组。嵌入优化算法并完成结构调试,完善模型整体运行架构。开展模型内部逻辑自检,修正参数配比与运算逻辑的不合理内容,逐步成型适配建筑施工管理场

景的标准化多目标优化模型。

4 建筑工程施工管理多目标优化模型的应用路径

4.1 施工进度与资源配置协同优化应用路径

建筑工程施工的推进节奏与现场资源调配方式存在紧密的内在联系,多目标优化模型能够为两项管理工作的融合推进提供可行实施路径。工程各道施工工序对应不同的资源消耗标准,模型可以细化拆解各建设阶段的资源使用需求,梳理适配工序推进节奏的资源供给标准。现场资源供给状态的合理调控,能够缓解资源堆积闲置或供给缺口等常见管理问题^[4]。模型具备的均衡调控思维可以协调工期推进需求与资源利用效益之间的关系,让人力物资、机械设备等核心建设资源贴合工序推进规律。合理的资源调配模式能够梳理顺畅各工序的衔接关系,减少施工过程中的无效作业时长,稳步提升工期管控质量与资源利用水平。

4.2 施工成本与质量统筹优化应用路径

成本管控与质量提升的动态平衡,是建筑施工管理体系中极具关键的管控难点。多目标优化模型可以搭建两类管控维度的融合实施路径,化解二者存在的博弈关系。施工整体成本构成涵盖物资采购、工艺维护、现场作业管控等多个方面,模型可以对各类成本组成进行系统梳理,界定不同施工质量标准的资源投入尺度。模型运算逻辑可以协调质量提升产生的资源投入增幅,削减施工环节中存在的无效资源损耗。结合各施工工序的重要程度划分质量管控优先级,对成本分配结构做出合理调整,将优质资源集中投放于关键施工环节。科学的资源分配结构可以保障施工工艺落地效果,推动成本管控朝着精细化方向发展,助力施工质量稳步提升。

4.3 施工资源调配与现场管理联动优化路径

施工现场管理工作包含作业排布规划、场地日常运维、施工风险防控等多项内容,多目标优化模型可以实现资源调配与现场管理的深度融合。模型能够整合施工现场的作业承载条件与资源供给条件,调整各类施工资源的场地摆放形式与投放节奏。施工现场的作业结构始终处于动态变化状态,资源调配方案可以依托模型运算

结果做出动态调整,适配现场作业结构的实时变动。多维度优化思维可以兼顾资源利用效率与现场作业秩序,规整整体施工布局,改善资源随意堆放、调配不合理引发的现场管理乱象。两类工作的深度联动可以消除不同管控模块的衔接壁垒,全面提升施工现场精细化管控层级。

4.4 多目标优化模型在施工全流程的应用拓展方向

建筑行业精细化、系统化的发展态势,让多目标优化模型的应用边界得到不断拓展,能够覆盖工程建设全流程管控环节。模型功能可以延伸至施工前期筹备阶段,为施工方案编制、前期资源规划等基础工作提供科学支撑。工程主体施工与专项施工等核心建设阶段,均可依托模型持续优化多维度管理目标的平衡状态。绿色建造与低碳施工成为行业主流发展趋势后,模型体系能够融入能耗管控、生态施工等新型优化维度。持续打磨模型对复杂施工现场的适配能力,可推动模型功能从局部单项优化,升级为覆盖施工全流程的系统化管控体系。

结束语

多目标优化模型为施工管理突破单一维度管控局限提供了可行路径。进度与资源的协同优化缓解了工序衔接中的资源错配问题,成本与质量的统筹平衡削减了无效资源损耗,资源调配与现场管理的深度联动提升了施工作业的精细化程度。模型的应用边界随行业精细化发展持续拓展,已从局部单项优化延伸至施工全流程管控。伴随算法迭代与模型适配能力不断增强,多目标优化将在施工管理体系中承担更为关键的统筹调控角色。

参考文献

- [1]刘大润.建筑工程施工管理中多目标优化模型的构建与应用研究[J].中国建筑金属结构,2026,25(4):193-195.
- [2]宋阳.基于遗传算法的建筑工程项目绿色施工多目标管理均衡优化[J].自动化技术与应用,2023,42(6):165-169.
- [3]谢存仁,徐峰,阮敏浩.基于BIM与遗传算法的建筑工程施工进度多目标优化研究[J].工程管理学报,2021,35(3):117-122.
- [4]吴广.基于安全管理的工程项目施工期多目标优化分析[J].城市建设理论研究(电子版),2023,(16):47-49.