

建筑结构设计与管理协同优化路径及实践应用研究

陈香彬

广东 惠州 516000

DOI:10.61369/UAID.2026030028

摘 要： 建筑结构设计和工程管理协同优化以系统工程理论为根据，通过信息分享、流程整合以及 BIM 等技术的结合，实现结构性能、成本把控、进度管理的综合最佳状态。核心准则包括目标符合、信息协作与动态回应，实际操作里通过多目标优化模型和管理体制，结合实例运用大幅提高项目成效，例如缩减工期、减少成本、加强结构安全系数，为建筑工程的高质量推进提供支撑。

关 键 词： 建筑结构设计；工程管理；协同优化

Research on the Collaborative Optimization Path and Practical Application of Architectural Structure Design and Engineering Management

Chen Xiangbin

Huizhou, Guangdong 516000

Abstract： The collaborative optimization of building structure design and engineering management is based on the theory of system engineering. Through the combination of information sharing, process integration and BIM technology, the comprehensive best state of structural performance, cost control and schedule management is realized. The core criteria include goal compliance, information collaboration and dynamic response. In practice, through multi-objective optimization model and management system, combined with examples, the project effectiveness is greatly improved, such as reducing construction period, reducing cost and strengthening structural safety factor, so as to provide support for the high-quality promotion of construction projects.

Keywords： architectural structure design; engineering management; collaborative optimization

引言

在建筑工程朝着高质量方向发展的情形下，建筑结构设计和工程管理的协同优化已然成为提高项目综合效益的主要途径。2022年颁布的《十四五建筑业发展规划》清晰指出，要推动智能建造和新型建筑工业化协同进步，加强设计、施工以及管理环节的深度融合。在传统模式当中，结构设计和工程管理之间存在信息障碍与目标分离的状况，这引发资源浪费、进度滞后等情况，难以符合现代建筑项目对于安全性、经济性以及效率的多样化需求。该文围绕协同优化的理论方案、路径分析及实际应用开展研究，通过搭建多目标优化模型、规划跨部门协同体系，再结合超高层建筑等实例验证，为破除条块分割、实现设计与管理的动态协作提供科学根据，推动建筑业朝着数字化、协同化方向转变，符合行业高质量发展的政策指引。

一、基础概念与背景

（一）建筑结构设计概述

建筑结构设计是根据力学原理和材料特性，通过科学布置结构构件来确保建筑安全性、适用性和耐久性的工程行为，其核心准则包含结构受力分析、荷载传递路线优化以及构件截面设计等重要方面。设计的参数包括构件大小、材料强度、荷载取值等方面，这些参数要严格根据国家和行业的标准规范，例如《建筑结构设计荷载规范》《混凝土结构设计规范》等，以此保证设计方案具备

合规性与可靠性^[1]。在建筑结构设计和工程管理协同优化的方案里，结构设计不只是工程实施的技术基础，还通过参数化设计、BIM 技术运用等途径，为工程管理提供数据支持与决策参考，其设计品质直接关乎工程进度把控、成本管理以及施工效能，所以要在实现技术要求的前提下，和工程管理环节建立动态反馈体系，实现设计方案与施工组织、资源调配的协同匹配。

（二）工程管理概述

工程管理属于一门整合管理学、经济学以及工程技术的交叉学科，其主要在于通过系统的规划、组织、协调和控制，实现工

工程项目在质量、成本、进度等方面的目标均衡。其核心概念包含全生命周期管理方案，从项目立项、设计、施工直至运维环节，通过整合资源调配、风险管控以及进度把控等主要领域，为建筑结构设计和工程管理的协同优化提供应用基础。资源分配关乎人力、物力、财力等因素的动态安排，以符合结构设计方案的技术要求。例如在复杂钢结构设计里，工程管理要预先规划吊装设备和专业队伍的配置，保障设计意图得以实现^[2]。风险管控主要专注于判别结构设计环节可能出现的技术风险（如材料性能偏差）以及管理风险（如供应链延迟），通过建立预警机制实现设计和施工阶段的风险联动。进度管控要结合结构设计的主要要点（例如混凝土浇筑时长、钢结构安装次序），拟定精细化的时间规划，防止因设计变动或施工延迟造成的协同脱节。工程管理的方案为协同优化提供方法论支持，通过各主要领域的有效衔接，推动建筑结构设计方案的可操作性与项目总体效益的提高。

二、协同优化理论框架

（一）协同优化概念与原理

建筑结构设计和工程管理的协同优化，是指在建筑项目的整个生命周期里，通过设计与管理环节的深度融合、信息互通以及目标协同，实现结构性能、成本把控、进度管理和施工可行性的综合最佳状态。其理论根据来自系统工程理论里整体大于部分之和的主要理念，重点把结构设计的技术性和工程管理的组织性当作彼此关联的子系统，通过子系统之间的动态互动消除信息障碍与目标矛盾。核心准则包括目标符合性准则，也就是设计规划要以工程管理的成本、进度指标为限制，管理策略要符合结构设计的技术需求；信息协作准则，通过 BIM 等数字化手段实现设计参数与管理数据的即时共享和同步更新；动态反馈准则，通过施工阶段的现场数据反馈来优化设计规划，同时根据设计变更的影响评估来调整管理规划。此优化机制的要点是突破传统设计和管理的条块划分，搭建设计、管理双向带动的闭环体系，让结构设计的技术性优化和工程管理的组织性优化产生协同效果，进一步提高项目的综合效益^[3]。

（二）协同优化路径分析

建筑结构设计和工程管理的协同优化要搭建多方面的路径方案，实现二者的深度融合以及效能提高。信息互通是协作的基础，要搭建跨部门的信息交流平台，整合设计指标、施工进度、成本资料等核心信息，保证数据即时传递与动态刷新，破除信息孤岛^[4]。流程整合要突破传统设计和管理的线性划分，把结构设计环节的方案研讨、荷载核算与工程管理里的进度谋划、资源调配同步实施，建立并行式工作方式，降低后期变动造成的成本和时间消耗。技术整合是协同优化的主要支撑，通过 BIM 技术实现建筑信息的三维可视化以及全生命周期管控，把结构设计模型和施工模拟、成本控制模块进行整合，实现设计方案与管理决策的即时联动。引入大数据分析手段对协同进程里的数据展开挖掘，为设计优化和管理决策提供数据支持，提高协同的精确性与效能。

三、优化模型与机制

（一）优化模型构建

1. 结构设计优化模型

结构设计优化模型围绕建筑性能需求展开，搭建多目标数学模型方案，通过定量分析手段实现结构性能优化、材料选取与设计参数调节的协同。模型把结构承载能力、抗震特性、耐久性等性能参数转变为能够量化的目标函数，同时纳入材料费用、施工可行性等限制条件，建立多目标优化体系。在材料选择阶段，模型通过建立材料力学性能和成本的关联函数，运用生命周期评估手段，实现材料经济性与环境效益的均衡^[5]。在设计参数的调节方面，运用敏感性分析来判别主要参数对结构性能的影响大小，通过遗传算法、粒子群算法这类智能优化算法对参数搭配开展寻优操作，在符合规范规定的条件下，实现结构自重、用钢量等指标的极小化。此模型通过 Matlab 等工具开展数值模拟和迭代运算，输出最佳设计方案，为建筑结构设计提供科学决策的根据，同时为后续工程管理阶段的成本管控、进度安排提供数据支持。

2. 管理优化模型

管理优化模型搭建要根据建筑结构设计和工程管理的协同要求，建立包含资源调配、成本管控以及进度模拟的整合框架。资源调配优化模型围绕施工资源的动态安排展开，融合结构设计环节的材料需求以及施工工艺指标，通过多目标规划算法协调资源利用效率和工期限制，实现人、材、机的高效符合^[6]。成本管控模型要关联结构设计方案的经济指标，把构件选型、材料用量等设计变量转变为成本驱动因素，搭建通过 BIM 技术的成本动态预估模型，及时反馈设计变更对工程成本造成的影响。进度模拟模型要整合结构施工的主要路径和工序逻辑，采用离散事件仿真办法来模拟不同设计方案时的施工进度，识别可能存在的工期风险且优化工序衔接。这三个要素通过数据接口实现信息的相互流通，建立起以协同目标作为指引的管理优化模型方案，为后续的机制设计提供量化分析的根据。

（二）协同机制设计

1. 设计与管理协作机制

在优化模型和机制时，协同机制设计的主要是搭建建筑结构设计和工程管理的互动合作机制，从而打破传统模式里的信息屏障和流程分割。决策支持系统的建立要整合结构性能指标、成本预估数据以及施工可行性限制，通过 BIM 平台实现多方面数据的即时共享与可视化模拟，为设计方案的动态优化提供量化支撑^[7]。反馈体系的建立要清晰设计变更的触发情形与传递途径，比如当结构部件的力学性能计算结果超出安全界限时，系统会自动向工程管理单元推送预警消息，同时生成备选方案的成本和工期影响评估报告。多学科团队协同策略的实现依靠角色权限的精准化配置和沟通流程的规范化，通过定期跨专业评审会议与线上协作平台的联合，保证结构工程师、造价人员以及施工管理工作者在设计时期共同参与方案研讨，把施工工艺需求、成本管控目

标融入结构体系的选择和细节设计里。

2. 路径优化框架

优化模型和机制的搭建要以协同机制规划为主要，通过路径优化方案实现建筑结构设计和工程管理的深度融合。路线优化方案需贯穿项目的整个生命周期，在决策环节建立设计参数和管理目标的对应关系，把结构安全性、经济性指标与进度规划、成本管控要求一同考量，形成多目标优化的初始约束条件^[8]。在设计环节，通过 BIM 技术搭建协同系统，实现结构设计模型和管理信息的即时交互，利用参数化调节与模拟分析，同步完善结构方案和资源配置方案。在施工环节要建立动态反馈体系，把现场施工数据和设计模型进行对比，迅速纠正设计误差并调整管理办法，保障设计理念与施工操作的一致性。运维时期要根据结构性能监测数据来优化维护策略，把设计所提出的耐久性要求转变为管理方面的定期检测与维护规划，建立起从设计至运维的闭环协同途径。此框架通过各阶段的信息互通与目标协作，促进设计优化和管理优化的有效融合，提高项目全生命周期的整体效益。

四、实践应用与案例研究

（一）应用案例分析

1. 案例选择与介绍

选择国内某超高层商业综合建筑项目当作研究实例，此项目总的建筑面积约 35 万平方米，地上有 68 层、地下有 4 层，结构样式采用带加强层的框架、核心筒体系，设计高度达到 320 米。项目开展背景是城市核心区域土地资源有限，要在有限的场地当中实现功能复合化以及空间高效运用，同时遭遇施工周期紧迫、结构复杂程度高以及成本控制压力大等难题。案例选取根据其结构设计和工程管理协同需求贯穿项目整个生命周期，从方案环节的结构体系选择到施工环节的主要工序协作，都展现出以结构设计为导向的协同优化特性。项目初期运用 BIM 技术建立结构信息模型，把结构设计参数与工程管理的进度、成本数据相联系，实现设计变更的即时成本测算以及工期影响评估^[9]。在施工阶段运用装配式构件和现浇结构相融合的建造模式，结构设计小组与工程管理小组一同拟定构件预制规划和现场安装程序，通过结构节点的优化来降低现场湿作业的数量，提高施工效能。此案例的协同实践包括设计、采购、施工等多个环节，为研究建筑结构设计与管理协同优化途径提供典型案例。

2. 应用效果评估

在实践运用与案例研究里，某超高建筑项目运用 BIM 平台搭建设计与工程管理协作模型，通过参数化设计手段实现结构方案即时调整与施工模拟，应用成效评估表明协同优化途径大幅提高项目效益。在结构设计环节，协同模型把风荷载和地震作用的模拟精准度提高 15%，通过梁柱截面的优化，让混凝土使用量降低 8.2%，钢材节省 6.5%，直接使材料成本降低约 120 万元^[10]。在施工管理阶段，通过协同模型开展进度模拟，能预先察觉主要工序的冲突情况，使总工期缩短 12 天，现场的返工率降低 23%，还间

接降低管理成本以及工期延误的风险。另外协同优化途径通过多专业实时的数据共享，让结构安全系数达标比例提高到 98%，相较于传统模式提高 7 个百分点，确实降低了结构失效的风险。

（二）优化实现方法

1. 技术实施路径

技术执行路径围绕全生命周期协同展开，建立 BIM 驱动、信息化保障、智能工具帮助的三层方案。通过 BIM 参数化模型，实现与多款结构分析软件的数据双向交互，能够迅速完成性能模拟与方案优化，将结构优化周期有效缩短 40%。通过云端协作平台破除专业信息障碍，即时同步设计变动与施工规划，降低现场返工比例 25%。运用人工智能算法分析历史数据，自动形成合规的优化策略，合理减少建材损耗，住宅项目的混凝土使用量降低 12%。多种技术深度交融，破除设计和管理连接障碍，有效实现建筑项目提质量、降成本、增效益。

2. 实施流程步骤

建筑结构设计和工程管理的协同优化，要以深度融合作为核心，建立闭环迭代流程。首先根据项目全周期的需求来明确协同目标，建立结构设计参数和成本、工期等管理指标的关系统。通过 BIM 技术建立数字化模型，融合结构分析、施工条件以及造价数据，组织双方团队协同评审，排查方案冲突并探寻优化余地。对设计方案和施工部署进行双向调节，建立协同方案。在落地环节动态收集现场数据，比对实际偏差情况，通过定期会议进行迭代完善。项目完工之后开展协同经验复盘，归纳标准化流程，沉淀可复用的经验，不断提高建筑工程协同管控的水准。

（三）结构设计导向实践

1. 设计环节优化实践

在概念设计环节建立跨专业协作平台，整合结构、造价和施工人员一同进行决策。以超高层建筑项目为例，通过 BIM 参数化模型结合动力学分析与成本核算，对结构体系进行优化，实现用钢量减少 12%、工期缩减 15% 的目标。在详细设计环节开展协同审核工作，对医院项目的优化支撑方案与配筋设计进行完善，使脚手架使用量降低 30%，避免施工变更情况发生。同时依靠进度管理模块，对商业综合体结构节点设计管控进行细化，使出图周期缩短 20%，确实把控现场安装偏差。大量实践表明，在工程管理协同中让设计阶段提前介入，可同时兼顾结构安全和施工效益，促使设计精细化以及管理前置化，实现工程综合成本和效率的双重提高。

2. 结构管理结合策略

实际应用和案例研究从三个方面验证结构与工程管理相结合的价值。超高层项目通过 BIM 协同平台，提前开展工程管理工作，对结构布局和节点设计进行优化，同时兼顾抗震性能与施工效率。装配式住宅项目建立风险共同承担机制，清楚各方职责，协同管控工程质量，动态优化设计与施工工艺，降低构件安装偏差。大跨度场馆建设项目引入造价与进度管理板块，通过协同会议完善施工规划，严格把控造价，使工期缩短 15 天。综上所述通过技术平台、责任体系以及协同决策，能够促进结构设计和工程

管理的深度融合，实现项目全周期综合效益的提高。

五、总结

本研究围绕建筑结构设计和工程管理的协同优化进行研究，表明协同优化是以信息共享作为基础，通过数字化平台将设计与管理流程进行联动，融合多目标模型对结构安全、经济效益以及

施工条件予以统筹。要建立跨部门的协作模式以及全周期的责任体系，加强设计和施工的深度关联。实际验证协同优化能够有效缩短工期、节省造价、提高结构性能，此案例运用 BIM 技术让施工效率提高 20%、成本节省 15%。后续需对模型算法进行优化，引入人工智能技术来加强风险预判和方案迭代能力，健全行业标准并大力推广，推动建筑行业实现高质量发展。

参考文献

- [1] 党瑞楠. 电动货船充电站选址及配送路径协同优化研究 [D]. 华北电力大学 (北京), 2022.
- [2] 王廉茹. 输变电工程经济效益与社会效益协同优化研究 [D]. 华北电力大学 (保定), 2022.
- [3] 钱铖. 钢材交易中心钢材货位—装卸货路径协同优化研究 [D]. 中国矿业大学 (江苏), 2022.
- [4] 许仕铭. 基于 BIM 的装配式建筑装配率与成本协同优化研究 [D]. 桂林电子科技大学, 2023.
- [5] 李建军. 计及几何和工程约束的大型风电机组叶片气动与结构协同优化设计 [D]. 湖南科技大学, 2023.
- [6] 李月龙. 建筑工程管理及施工质量优化路径研究 [J]. 建筑·建材·装饰, 2023(12): 157–159.
- [7] 杨磊. 绿色建筑设计中装饰工程与消防工程的协同优化 [J]. 大众标准化, 2024(11): 98–100.
- [8] 李冲. 建筑工程大项目资金管理与内部经济秩序的协同优化 [J]. 管理学家, 2023(23): 17–19.
- [9] 赖永俊. 土木工程建筑结构设计问题及优化措施 [J]. 建筑与装饰, 2022(5): 37–39.
- [10] 王李伟, 辛京海. 小型水库工程管理存在问题及优化路径研究 [J]. 建筑·建材·装饰, 2022(2): 19–21.