

建筑结构设计优化提高结构设计质量探析

魏木洪

广州黄埔建筑设计院有限公司普宁分公司, 广东 普宁 515300

DOI:10.61369/ADA.2025020048

摘要： 文章旨在系统阐述建筑结构设计优化的内涵、作用及实施方法，明确其在提升建筑质量、控制工程成本及实现资源高效配置方面的核心目标。文章重点论述结构优化模型的构建流程变量筛选、目标函数确立与约束条件界定、多种求解策略及其在上下部结构、全寿命周期等具体场景中的应用，旨在为设计人员提供一套兼顾安全性、经济性与实用性的结构化优化方案。

关键词： 设计优化；提高；结构设计质量

Exploration on Optimizing Architectural Structure Design to Improve Structural Design Quality

Wei Muhong

Guangzhou Huangpu Architectural Design Institute Co., Ltd. Puning Branch, Puning, Guangdong 515300

Abstract： This paper aims to systematically elucidate the essence, functions, and implementation methods of structural design optimization in architecture, clarifying its core objectives in enhancing building quality, controlling project costs, and achieving efficient resource allocation. The paper focuses on the structural optimization model construction process, including variable screening, objective function establishment, constraint definition, and diverse solution strategies. It details their application in specific scenarios such as upper/lower structure integration and full life cycle management, aiming to provide designers with a structured optimization solution that balances safety, economy, and practicality.

Keywords： design optimization; enhancement; structural design quality

引言

随着建筑行业对资源效率与结构性能要求的不断提高，结构设计优化已成为实现工程精益化管理的必要途径。文章从建筑结构设计的内在逻辑出发，系统分析其在提升整体工程质量、增强企业经济效益方面的重要价值，并围绕结构建模、系统协调、分阶段优化等关键方法展开深入探讨，以推动建筑结构设计从经验判断向科学决策的全面转型。

一、建筑结构设计优化的内涵

建筑结构设计优化，是指在既定的工程条件下，系统地对建筑结构的若干关键参数——例如工程造价、结构刚度等——进行综合调整与改进，从而寻求最合理、高效的设计途径。其核心要义在于对建筑结构开展全面而深入的分析与评估。通常，结构优化设计的流程包含几个关键环节：首先提出初步的结构设想，随后对这一假设方案进行详细验算，接着在多种可能性中探寻最佳解答，最终确定最适宜的设计成果。在此过程中，“搜索”意味着不断调整与完善方案，使其逐步接近理想状态。设计人员需要综合考量各类边界条件，评判当前方案是否已实现最优配置；如尚未达到，则应在约束条件允许的范围内持续修正。结构设计的优化，必须统筹建筑材料、成本投入等多重因素，通过系统分析得出理想方案，为达成工程结构的预设性能与效益目标提供可靠支撑。

二、建筑结构设计优化的作用

（一）增强建筑结构整体性能与可靠性

在建筑工程中引入结构设计优化的方法，能够有效提升结构方案的技术合理性与经济性，从而在整体上提升建筑物的质量水平，降低因设计不当带来的潜在安全隐患。当前，我国建筑设计机构在技术能力、专业经验与管理水平方面存在差异，部分设计师因经验不足或技术积累有限，所完成的设计成果往往难以完全满足实际施工需求，易出现细节考虑不周、构造处理不当等问题。这些问题若未被及时发现和修正，将在施工阶段转化为工程风险，甚至导致返工、延误或成本超支，对施工单位的正常运营构成压力。因此，在行业中全面推广结构设计优化理念，不仅有助于提升设计成果的科学性与适用性，也对推动整个行业设计水平的进步具有重要的现实意义^[1]。

（二）增强建筑企业经济效益与成本控制能力

在建筑工程的总成本构成中，钢筋、混凝土等大宗建材所占比重尤为突出，通常可达到工程总造价的50%以上。通过实施建筑结构设计优化，能够在确保结构安全的前提下，显著降低此类主要材料的用量，使其在总造价中的占比下降约20%。这一优化路径并不会削弱建筑的整体质量与结构稳定性，反而有助于建设投资方缓解资金压力，提升资金使用效率，加快项目整体的资金流动速度。结构设计优化作为一种重要的技术管理手段，能够从设计源头实现材料的高效利用与构造形式的合理简化，从而有效节约建设投入，拓展盈利空间。持续推进结构设计的精细化与合理化，不仅有助于企业在激烈市场竞争中保持成本优势，也为建筑行业实现集约化、可持续发展目标提供了可靠路径。

三、建筑结构设计优化的方法

（一）结构设计模型的构建与优化方法

在建筑结构设计优化过程中，首要任务是构建能够准确反映建筑各项参数与影响因素之间内在联系的数学模型。此类模型通常基于结构力学原理与数学规划方法建立，是实现科学化、精细化设计的基础。整个建模流程可分为变量选取、目标函数设定与约束条件界定三个关键环节^[2]。

1. 设计变量的识别与筛选

在结构设计过程中，设计人员需从众多参数中识别出可由设计决策控制的关键变量。这些变量通常涉及构件截面尺寸、材料强度等级等可由设计师调整的核心参数。为提高模型求解效率，应优先选择那些变化范围明确、影响因素相对集中的参数作为设计变量。例如，当参考工程参数中的造价指标与损耗指标时，若这些参数波动幅度有限，将显著降低模型复杂度，使设计人员能够更高效地定位满足设计目标的最优参数组合。

2. 目标函数的建立与表达

基于工程经济性要求，需要构建能够精确反映设计目标数学关系的一个或多个函数表达式。这些目标函数通常用以描述在满足安全性与使用功能前提下，如何实现成本最小化或性能最优化的设计目标。具体而言，可通过建立截面几何特性、配筋面积与结构失效概率之间的数学关系，形成可量化评估的设计目标体系，为优化算法提供明确的搜索方向与评判标准。

3. 约束条件的分类与界定

结构设计模型的约束条件主要可分为几何约束与性态约束两大类。几何约束通常指对结构构件尺寸、布置方式等方面的限制，确保构件间几何关系的协调性与施工可行性，这类约束通常具有明确的范围界限。性态约束则涉及结构固有动力特性与使用性能要求，如限制结构在风荷载或地震作用下的振动频率、位移响应等动力参数，保证结构在全寿命周期内满足安全性与舒适性要求。这两类约束共同构成了结构设计的技术边界，确保优化结果既符合工程实际又满足规范要求^[3]。

（二）结构优化模型的求解策略与实现路径

结构设计的优化问题在数学上通常表现为具有多变量、多约

束的非线性规划模型，其求解过程需要借助专门的数学方法与计算策略。在具体求解过程中，一项关键处理方式是将原问题中的约束条件通过数学变换转化为无约束形式，从而应用高效的优化算法进行求解。目前工程实践中常用的转换与求解方法包括拉格朗日乘子法、复合形法以及 Powell 直接搜索算法等。这些方法各有特点，能够针对不同性质的优化问题实现约束的处理与目标函数的极值搜索。在确定适用的计算方法后，需要进一步开发或选用相应的计算程序，将结构参数、目标函数及约束条件转化为可执行的数值分析流程。通过编制专门的运算程序，可以实现对设计变量的自动调整与目标函数的快速评估，进而系统地搜索满足各项技术要求的最优设计方案。这一程序化实现过程不仅保证了计算结果的精确性与可靠性，也为结构设计人员提供了科学决策的有效工具，最终推动设计成果在安全性与经济性上达到更高水平的平衡。

（三）结构系统全局优化与分层设计策略

建筑结构设计具有明显的系统层次性与技术复杂性，需要采用系统化的方法统筹整体性能与局部构件之间的协调关系。设计过程中应当根据建筑功能需求与结构受力特点，逐层优化各子系统的设计参数，最终实现整体结构性能的协同提升。同时，结构设计还涉及材料规格选型、构件尺寸确定、连接节点设计及结构布置方案等多个维度的决策，这些因素相互影响，共同决定了结构的最终性能与经济性。面对这种多层次、多专业交叉的复杂系统，设计人员需要建立从全局到局部的系统化设计思维，通过分层优化与集成决策的方法，将宏观要求逐步细化为具体设计参数^[4]。

（四）建筑上部结构抗震与材料优化策略

在房屋建筑上部结构的优化设计中，科学布置剪力墙是提升结构性能的首要环节。具体实施时，应确保剪力墙的质量分布保持均匀，并尽量使楼层平面的几何形心与结构重心相重合，这一措施有助于降低地震作用或强风荷载对建筑产生的扭转效应，提高整体抗震与抗风性能。当建筑类型符合规范要求时，推荐采用大开间剪力墙结构体系。该体系通过适当增加单个墙肢的长度、减少墙肢总数，实现混凝土用量的有效控制。同时，由于剪力墙边缘构件（如暗柱）通常需配置大量纵向钢筋，采用大开间布置方式可在保证结构刚度的前提下，减少暗柱设置数量，从而显著降低钢筋用量。在这种情况下，大开间剪力墙体系的适用性将受到限制，需根据实际工程条件进行专项论证，或采用其他更适合的结构方案。

（五）地基基础选型与地质适应性优化

地基基础的设计优化是提升建筑整体稳定性的关键环节，同时也在工程总投资控制中扮演重要角色。在方案设计阶段，需综合考虑上部结构特征与场地工程地质条件，通过多方案比选确定技术可行、经济合理的基础形式。当场层土质承载力较高、地质条件简单时，应优先考虑采用天然地基方案。若地质条件较差，需采用桩基础时，则应根据勘察报告中的土层分布、地下水位情况及现场施工条件，选择最适合的桩型与施工工艺。例如，灌注桩的桩长直接受桩端持力层深度控制，而持力层的位置又直接影

响施工工期与造价，因此需通过详细测算确定最优方案。在岩溶发育地区进行基础设计时，必须详细勘探溶洞的空间分布、规模尺寸及顶板埋深。若探测表明溶洞自身稳定性较好，且洞顶覆层具有足够承载力时，可优先考虑将基础设置在溶洞上部稳定土层中，避免直接处理溶洞带来的技术风险与成本增加。当必须处理时，需综合比较溶洞处治方案与减轻上部结构自重等多种技术路径，通过对处理难度、施工周期与投资总额的综合评估，选择最适合工程实际的技术对策

（六）全寿命周期分阶段设计优化策略

在建筑工程的设计使用年限内，项目的每个实施环节往往存在多种可行的技术方案。这意味着从规划到施工的各个阶段，都蕴含着通过优化提升项目价值的潜力。设计人员需要根据各阶段的特点和目标，采用针对性的优化方法，形成系统性的全周期优化路径。这种基于寿命周期的分段优化理念，要求设计团队在项目实施的各个阶段——包括方案设计、技术设计、施工图设计和现场配合等环节——分别采取最适合的优化措施。通过在每一个环节实施精细化的设计优化，不仅能够保障工程的整体质量与性能达标，还能显著提升资源利用效率，有效控制建设成本。将优化理念贯穿于建筑全寿命周期的各个阶段，既实现了技术方案的持续改进，又为投资方创造了显著的经济效益。这种系统化的优化方法，为建筑产品的全周期价值提升提供了可靠保障。

（七）基于概念设计与细部优化的协同设计方法

在建筑结构设计，概念设计主要适用于那些难以精确量化的复杂受力状况，例如地震作用等具有显著不确定性的荷载工况。由于此类工况的理论计算值与实际响应往往存在差异，设计中需要以概念设计原则为主导，将数值计算结果作为辅助参考。这要求设计人员能够基于力学概念和工程经验，灵活运用结构优化方法，在保证安全的前提下实现最优设计效果。与整体概念把握相对应的是细部设计的精细化处理。在构件层面，需要针对易

出现应力集中的部位进行专项优化。比如现浇楼板中的异形板角部容易产生裂缝，可通过合理的板块划分将其转化为矩形板区域，有效改善受力性能。在材料选用方面，虽然 I 级钢筋与冷轧带肋钢筋的市场价格相近，但二者的极限抗拉强度存在显著差异。因此在满足塑性要求的前提下，现浇板的受力钢筋宜优先选用强度更高的冷轧带肋钢筋，以提高材料利用效率。对于建筑外立面的悬挑板等非结构构件，其设计应在满足基本规范要求的基础上，避免不必要的安全冗余^[5]。

（八）建筑使用功能与结构性能的协同优化

在房屋结构设计的初始阶段，应当优先考虑建筑使用功能的合理性与空间效率，通过优化结构布置方案来提升建筑物的使用价值。这一过程需要设计人员在满足基本使用需求的前提下，不断调整和完善结构体系，确保建筑在实现功能目标的同时具备可靠的安全储备。具体而言，设计人员应对建筑平面与立面的规则性、竖向构件布置的对称性以及荷载传递路径的直接性进行重点优化。在追求建筑艺术表现力的同时，必须始终将结构安全与使用便利作为设计的基本前提，避免因过度强调造型独特性而导致结构体系复杂化或使用功能受限。

四、结束语

文章通过建立数学模型、明确变量与约束条件、运用拉格朗日乘子法等数值算法，结构设计可在全寿命周期内实现分阶段、分层级的系统性优化。具体措施涵盖上部结构的剪力墙布置与材料选型、地基基础的地质适应性设计，以及概念设计与细部构造的协同整合。未来研究应进一步探索智能算法在结构优化中的深度融合、多专业协同平台的构建，以及在低碳目标下结构可持续性能的量化评估与优化，以推动建筑结构设计向更高效、绿色与智能的方向发展。

参考文献

- [1] 徐林波. 建筑结构设计中的建筑结构设计优化[J]. 城市建筑与发展, 2025, 6(10).
- [2] 滕飞. 建筑结构设计中的建筑结构设计优化[J]. 城市建筑与发展, 2025, 6(19).
- [3] 于洪军, 张楠. 基于优化设计的建筑结构加固方法及实例研究[J]. 中国建筑金属结构, 2025, 24(6): 130-132.
- [4] 王文涛. 基于可持续发展的建筑结构材料选择与优化设计[J]. 中国建筑金属结构, 2025, 24(15): 37-39.
- [5] 朱洪伟. 高层建筑钢结构设计的问题和优化改进措施[J]. 中国建筑金属结构, 2024, 23(2): 150-152.