

浅谈优化技术在房屋建筑工程结构设计中的应用

商 冲

河北建筑设计研究院有限责任公司, 河北 石家庄 050000

[摘要] 伴随着我国建筑业的迅速发展, 房屋建筑工程结构设计也承受着安全可靠、经济合理、实用耐久等多种目标的要求。而优化技术作为将结构性能同资源利用相联系的重要途径, 在房屋建筑工程结构设计的应用逐渐增多。文章根据经济性、实用性、可靠性三个方面, 对优化技术应用于房屋建筑工程结构设计的具体对策进行系统的分析论证, 主要包括从概念设计层面的整体方案优化、结构体系选择及布置方式优化、结构构件截面尺寸及配筋配置优化、全寿命阶段成本控制优化、复杂受力节点优化处理等内容。研究发现, 在整个建筑结构的设计过程中融入优化设计的方法可以有效在保障结构的安全性的同时提高建筑的经济指标、使用性能等。

[关键词] 结构设计优化; 概念设计; 全寿命周期; 技术应用

DOI: 10.64635/ja.2026.1216

中图分类号: TU318

文献标识码: A

A Brief Discussion on the Application of Optimization Technology in Building Structural Design

Shang Chong

Hebei Architectural Design and Research Institute Co., Ltd., Shijiazhuang, Hebei 050000, China

Abstract: With the rapid development of China's construction industry, structural design of building projects is required to meet multiple objectives, including safety and reliability, economic rationality, practicality, and durability. As an important approach to linking structural performance with resource utilization, optimization technology has been increasingly applied in the structural design of building projects. Based on the three aspects of economy, practicality, and reliability, this paper systematically analyzes and discusses specific strategies for applying optimization technology to structural design schemes for building projects. The main contents include overall scheme optimization at the conceptual design level, optimization of structural system selection and layout, optimization of structural member section dimensions and reinforcement configuration, cost control optimization throughout the whole life cycle, and optimized treatment of complex load-bearing joints. The study finds that integrating optimization design methods into the whole process of building structural design can effectively improve economic indicators and functional performance while ensuring structural safety.

Keywords: structural design optimization; conceptual design; whole life cycle; technology application

引言

建筑结构设计是整个建筑工程的重要组成部分, 关系着整个工程的安全性和实用性以及造价高低水平问题, 在以往的工程项目中, 结构设计只注重满足设计规范, 忽视了设计方案的经济性和合理性, 造成工程投资过大, 材料过度消耗等现象的发生。而采用优化技术就可以很好的解决这类问题, 所谓建筑结构设计优化并不是一味地减少钢材用量或是混凝土用量, 而是在保证结构安全稳定的前提下, 运用合理的设计手段达到资源的最佳配置目的, 这几年来随着计算机分析技术和实际施工经验的生长, 对建筑结

构设计进行优化已经成为了一种趋势。从整体体系的大范围选择到局部构件纵筋配量的小尺度修改, 优化方法渗透在整个设计过程之中, 是提高设计水平的一种有效方法。本文意图对优化技术应用于房屋建筑工程结构设计的方法进行总结归纳, 供相关的设计人员参考借鉴之用。

1 房屋建筑工程设计中优化技术应用的原则

1.1 经济性原则

经济性是最优技术应用于房屋建筑工程结构设计中的基本准则。结构方案经济性并不是一味的减低成本, 而是在保证结构的安全可靠与正常使用的基础上, 使各种资

源的投入更为合乎逻辑。结构方案经济性就是要求设计师们在设计初期就要树立起成本观念,在多种结构方案之间做经济效益比较分析,防止过于强调方便快捷或是过分保守而导致不必要的损耗。结构方案的经济性在于整个工程项目的总投资控制当中,涉及到材料费、人工费还有后续维护管理费用等等,在实际项目中统计发现通过有效的优化设计,结构方面一般能够节约10%~20%左右,这个目的不是为了降低成本而牺牲了安全性。经济性原则也体现了对设计者的全过程中间控制思想的要求,在符合规范构造条件和受力计算的情况下,准确把握材料用量,防止由于设计过于保守带来的不必要的损耗。如在梁、板、柱等构件截面尺寸以及配置钢筋等方面的设计上应当依据实际的受力情况进行有针对性的设计,而不是采取简单的放大处理的方法。

1.2 实用性原则

实用性的要求就是建筑物的结构设计要完全符合建筑的功能使用要求,这也是运用优化技术在房屋建筑设计中的重要目标指向。建筑结构既是承重系统也是实现建筑空间功能的基础条件,结构体系分布是否合理将影响到建筑空间的有效利用率及使用的舒适程度等。实用性的首要方面在于结构布局与建筑功能的一致性,结构设计师同建筑师之间要加强协作,在保证结构承载力的要求下,最大限度地为建筑空间提供便利的使用环境,在项目中注重结构传递清晰明确以及布置均匀合理,使得整个结构的传力路线简捷明了,减少不必要的传递步骤,从而保证结构的稳固性与传力效果。适用性能方面还需要注意结构设计要满足对建筑空间变动性的需求。社会的发展以及科技的进步使得建筑物的功能会随时间推移出现一些改变,因此结构设计要具有一定的包容性及弹性,给以后的空间改变留出机会。如:大空间结构形式的选择就需考虑多种用途的可能性,加大结构的裕度以防止因为结构原因导致未来不能对空间进行调整等。

1.3 可靠性原则

可靠性原则是进行结构的设计优化工作的基础前提以及不可触碰的底线,所有的优化手段都不允许削弱结构的安全余量,需要满足国家现行标准的规定才能加以运用,这是对设计优化最基本的要求,结构可靠性包括承载能力极限状态及正常使用极限状态两部分,即结构的设计优化要确保结构在建造过程和使用期间具备足够的强度、刚度以及稳定,可以经受住建造以及正常使用时可能遇到的所有荷载的作用;结构的可靠性包含承载能力极限状态及正

常使用极限状态两方面,设计优化必须保证结构在建造过程和使用期间有足够的强度、刚度以及稳定,可以承受住建造以及正常使用所受到的所有荷载的作用^[1]。可靠性原理规定设计人员要在优化的过程中正确地掌握结构受力机理,深刻了解规范条文背后的理论依据以及适用条件,防止为了简化计算或是过分追求优化而导致留下隐患,比如对于高层建筑结构的设计要保证其刚度中心与质量中心尽可能的一致,防止因为出现扭转而使某些部位所受到的作用力变大;其次可靠性还包括了结构的耐久性方面,优化设计一定要考虑到环境条件对结构性能的长期作用,选择合理的材料、构造方法以及防护方式来保证结构在一定的时间跨度内安全可靠。

2 优化技术在房屋建筑设计中的具体应用对策

2.1 基于概念设计的整体方案优化

概念设计属于结构设计的顶层规划层面,注重全局掌控建筑结构的整体受力状况以及工作原理。概念设计优化注重的是突破原有的规范条文限制,运用力学理论知识、工程经验以及结构分析方法对结构方案做出创造性构思,在方案设计的起点就开始参与方案设计,从结构的角度出发来对整个建筑造型、空间组织与结构布置等方面的重大问题加以权衡。在方案阶段设计人员要围绕着建筑的功能需要展开,充分结合当地的地理环境情况、结构高度、抗震设防标准及地质情况综合考虑,制定合适的设计方案与结构布置方式。概念设计优化主要是抓住好结构刚度的设计,不能把结构刚度过大而导致了地震力的增大,也不能让结构刚度过低使结构变形过大,达到刚柔相济的效果,例如:高层建筑结构工程师应针对建筑物的高度以及抗震等级的要求,在框架结构、剪力墙结构、框架-剪力墙结构、筒体结构等几种结构类型进行比较分析,选择最合适的结构形式。概念设计也包括对结构不规则问题进行的概念优化,对于结构平面不规则或者结构竖向不规则的问题,可以通过合理的设计来解决,使用设置抗震缝、调整构件刚度、优化竖向构件布置等方式,降低结构不规则带来的负面影响。事实表明,在概念设计阶段进行改进可以收到四两拨千斤的作用,所带来的效益远远大于后期对产品的细化所产生的收益。

2.2 结构体系选型与布局优化

结构体系选型是结构设计的重要决策之一,各种结构体系之间,在抗力能力,经济效益以及施工难易程度等方面有着较大的区别,正确的结构体系选择,可以从根本上

为后续的设计提供有利的前提条件，结构体系的选择需要从建筑的功能要求，建筑面积，抗震设防标准，场地地基情况等进行分析比较，选择出最适合的一种形式。结构布置优化就是指在确定的结构体系下，对各种构件进行合适的布置，使传力路线最优，提高整个结构的整体性能。结构布置优化应当做到均匀对称、传力清晰、刚柔协调，这样才能保证结构的安全性和适用性的要求。表 1 对三种常见结构体系主要性能的比较分析可供结构选择借鉴。

表 1 常见结构体系优化方案对比

结构体系	适用高度	抗震性能	经济指标	空间布置灵活性
框架结构	多层、小高层（≤60m）	较好，延性好，耗能能力强	用钢量适中，模板费用较低	灵活，可形成大空间
剪力墙结构	高层、超高层（≤180m）	优，侧向刚度大，位移控制好	混凝土用量较大，自重较大	受限，墙体位置固定
框架-剪力墙结构	高层（≤120m）	优，双重抗侧力体系	综合经济指标较优	较好，兼具灵活性与刚度

2.3 结构构件截面与配筋的精细化设计

结构构件截面及配筋细部深化设计是技术创新落实的重要一环，直接影响着用材量精确计算以及工程造价有效管理。针对结构构件截面及配筋的精细化设计，设计者需在满足国家规范构造规定、满足受力分析的基础上对于梁、板、柱等构件截面大小及配筋方案精确把控，防止由于设计过于保守造成的不必要的浪费现象发生。所谓精细化设计就是深入的理解了结构受力原理，掌握了规范规定背后的意思，在保证结构安全可靠的同时合理的选择用材数量，对于梁的设置，应该依据弯矩包络图合理的确定主筋的数量与规格，切忌过大的通长筋。在不影响裂缝以及挠度的条件下，适当地减小一些无谓的构造钢筋用量，平板类的构件要根据其受力情况的不同分别对待，边跨和中跨，端支座与中支座之间的配筋不同，防止统一配筋造成的损失。精细化设计同样需要体现在对结构计算结果的理解上，结构工程师应当树立正确的计算理论的设计思想，既要相信计算的结果又要适当考虑安全余量，同时要把握好结构的受力特性进行综合判断^[2]；同时构件的截面设计也要考虑到实际的施工方便程度，避免由于过多的截面类型造成模板的成本的提高，结构设计中的归纳系数也应当保持在一个合理的范围内，在方便施工的同时又要节省材料成本。

2.4 基于全寿命周期的成本优化

全方位全寿命期的设计成本优化是对建筑物整个生

命周期内的经济性能进行考察，包括建造费、运行使用费、拆除费，反映的就是绿色建筑的设计理念。以往的设计成本优化只注重施工中的造价问题，而忽视了运行管理和最后拆除处理的花费，在有限的成本优化思路下会造成前期省下了后期要花更多的钱的现象。全方位全寿命期的成本优化需要设计者在方案初期就要对结构的耐久设计、可维修性及后期改扩建的可能性进行考量，在对各阶段的成本分析后作出最佳选择。全寿命费用分析的重点是在设计环节提前控制好成本，大约有百分之八十的产品费用在设计的时候就已经决定了，但是对产品的费用进行分析一般都在生产和使用的过程中才会进行计算，这时再对产品进行调整的成本就会很高了，在结构的设计上，选取耐用性更强一些的材料，应用检修方便的构造类型，留有后期更换的余地，增加一点混凝土强度等级还有保护层的厚度，这些都可能前期投资更大，但是对整体来说节省了更多的钱^[3]。而对一些大型的公共建筑来讲，采取钢结构或者钢混结构，虽然造价高，但是抗震效果好，改造能力强，相对来说更划算。

2.5 复杂受力部位（节点、转换层）的优化处理

复杂受力构件的设计优化是结构设计优化的一个热点也是难点，更是测试一个设计师的设计水平和技术能力的重要标准。转换层、大跨过渡结构、复杂节点等部位受力情况比较复杂，关系到整个结构的安全，也是一处可以进行优化的地方，合理有效的设计不仅能保证结构的安全还能带来巨大的经济效益以及方便的施工条件。转换层结构是用来实现上部竖向构件在下部不连续布置时的荷载传递，设计的好坏对整个结构的安全、经济影响很大，选择转换层结构不仅要考虑传力路线还要考虑到施工难易程度与经济性问题。当上下两层轴网呈斜交分布时，可以选择梁式转换或者板式转换。梁式转换方案水平转换构件斜交布置，传力较难，有三级转换，局部节点施工困难较大；板式转换方案结构布置与施工均较为便利，但是转换层自身造价较高^[4]。表 2 比较了两种转换方案的特点，可供工程实例选择参照。

表 2 转换层结构优化方案对比

方案类型	传力特点	施工难度	材料成本	适用范围
梁式转换	传力路径明确，存在多级转换	节点复杂，施工难度大	转换层造价较低	上下部轴网对应较好
板式转换	传力直接，整体性好	施工相对简单	转换层造价高，下部结构略有增加	轴网错位较大，分期建设

复杂节点优化上，当前的建筑设计经常会应用 BIM

技术进行精细化设计处理,利用数字方式来弥补平面图纸对于空间几何联系和钢筋布局无法清晰展示的问题,在济南遥墙机场 T2 航站楼 E 指廊的“转换节点”,设计人员利用 Rhino 建模软件建立三维模型,对节点外形与钢筋布置进行了深入优化设计,在很大程度上实现了复杂空间结构的精确吻合,保证了每一个部位都严格遵守了设计图纸及施工标准要求。大跨度重载转换结构设计时需要着重关注的是转换结构的选择,重要构件的设计,复杂节点的设计及温度作用的影响等,同时还需要通过施工过程模拟来检验设计方案是否切实可行的。

3 结语

优化技术应用于建筑结构设计当中,就是将技术和经济效益完美融合的过程,对提高结构设计的质量,促进建筑产业健康持续发展有着重要的作用。基于经济适用可靠三个原则的基础上,贯穿在整个结构的设计过程中,在设计理念中选择合理的结构体系,达到全局上把握的效果,在结构选取方式当中采取多种对比分析的方式,以最优质的结构形式作为最终决策依据,在材料使用方面做到精准

计量,精细设计,在全寿命期内做好成本核算工作,均衡首期投资与长久收益的关系,在关键受力点位利用现代化工具、先进方法实现精致化的计算分析来保证结构的安全可靠。研究发现,结构设计优化并不是简单的节省费用,而是在保障安全可靠的前提下对资源进行合理配置,随着计算分析手段的发展以及工程师经验的丰富,对于结构的设计将越来越精准、智能,结构工程师应该在遵守设计规范的基础上培养起对设计进行不断优化提高的能力,促进建筑设计水平的不断提高。

【参考文献】

- [1]尹建峰,陈楠.房屋建筑结构设计中的应用优化技术探究[J].中华民居,2025,18(01):160-162.
- [2]李晔.房屋建筑结构设计优化技术应用研究[J].建设科技,2022(19):93-95+99.
- [3]丁海霖,马威.房屋建筑结构设计优化技术的应用分析[J].陶瓷,2021(11):101-102.
- [4]马晓映.建筑结构设计优化方法在房屋结构设计中的应用[J].石材,2024(12):28-30.