

建筑结构设计中的安全性与经济性分析

林隆煜

茂名市荣丰建筑设计有限公司 广东 茂名 525000

摘要：在建筑结构设计领域，安全性与经济性是两大核心考量因素。本文深入探讨了建筑结构设计的安全性，涵盖核心要素、设计方法与评估体系；经济性方面，分析了控制原则、优化方法与评估指标。鉴于安全性与经济性存在矛盾，提出多目标优化方法、全生命周期管理及风险控制机制等协调策略，旨在实现建筑结构在保障安全性的达成经济性最优，为建筑结构设计提供全面的理论指导与实践参考。

关键词：建筑结构设计；安全性；经济性；分析

引言

建筑结构设计作为建筑工程的关键环节，直接关系到建筑物的质量、安全与成本。在当今社会，随着建筑行业的快速发展，人们对建筑的要求不再局限于满足基本的使用功能，而是更加注重建筑结构的安全性及经济性。安全性是建筑结构设计的底线，关乎使用者的生命财产安全；经济性则是项目可行性的重要保障，影响建筑的投资回报与可持续发展。因此，深入分析建筑结构设计中的安全性与经济性，探索二者协调发展的策略，具有重要的现实意义。

1 建筑结构设计安全性分析

1.1 安全性核心要素

建筑结构设计的安全性关乎建筑物的长久稳固与使用者的生命财产安全，其核心要素涵盖多个方面。结构承载能力是安全性的基石。在正常使用以及遭遇地震、强风等极端工况时，结构体系必须具备足够的强度、刚度与稳定性^[1]。强度方面，要依据材料力学性能合理选型与配筋，确保构件在各类荷载作用下不被破坏。刚度设计也不容忽视，需严格控制结构变形，防止因变形过大影响建筑使用功能，甚至引发如墙体开裂等次生灾害。对于高耸结构、大跨空间结构等特殊形式，稳定性设计尤为关键，要通过精确计算分析，保证结构整体和局部不会失稳。结构耐久性同样是安全性的重要构成。建筑长期处于自然环境中，会受到环境侵蚀、材料老化等因素影响，导致性能下降。因此，在设计中要合理选择耐久性良好的材料，优化构造措施，比如设置有效的防护层，阻止有害物质侵入结构内部，从而延长结构使用寿命，降低后期频繁维护带来的高昂成本。此外，结构抗震性能必须符合所在区域的地震动参数要求。通过科学的抗震概念设计，明确抗震防线与传力路径；采用延性设计，使结构在地震作用下能通过塑性变形消耗能量；

再配合恰当的构造措施，全方位提升结构在地震时的耗能能力与变形恢复能力，最大程度减少地震对建筑的破坏，保障人员安全。

1.2 安全性设计方法

在建筑结构设计中，确保安全性是首要目标，而科学合理的设计方法是达成这一目标的关键。结构分析方法是基础。设计人员要依据工程特点精准选择。对于常见的、规则的常规结构，线弹性分析方法较为适用，它能够便捷地完成内力计算，为设计提供基础数据。然而，当面对复杂结构或者超限工程时，线弹性分析就难以满足精度要求。此时，非线性分析和动力时程分析便派上用场。非线性分析能考虑结构在受力过程中几何形状和材料性质的改变，动力时程分析则可精确模拟结构在地震等极端动力荷载作用下的响应，让设计人员更全面、准确地掌握结构受力情况，避免因分析不准确而埋下安全隐患。荷载取值也不容忽视。它必须严格符合规范要求，综合考虑永久荷载、可变荷载以及偶然荷载的组合效应。永久荷载如结构自重相对稳定，可变荷载如人员、设备等使用荷载会随时间变化，偶然荷载如地震、爆炸等发生概率小但影响巨大。对于一些特殊工程，由于其所处环境和使用条件独特，规范中的荷载标准值可能不适用，这就需要通过现场监测或试验研究来确定，确保设计荷载与实际受力状态高度匹配。结构构造措施是保障结构安全性的细节关键。要满足规范中的强制性条文要求，像钢筋锚固长度要足够，以保证钢筋在结构中能有效传力；箍筋加密区范围要合理，增强结构关键部位的抗剪能力；节点连接方式要可靠，确保结构各部分能协同工作。通过这些细节设计，全面提升结构的整体性能，为建筑安全保驾护航。

1.3 安全性评估体系

在设计阶段，主要借助精确的计算分析来验证结构

安全性。通过运用先进的结构分析软件和科学的计算方法,对结构在不同荷载组合下的应力、应变等指标进行模拟分析,确保设计满足安全要求。施工阶段,质量验收是核心。严格检查各项构造措施是否落实到位,如钢筋的锚固长度、箍筋的加密区范围等,从施工细节上保障结构安全^[2]。使用阶段,定期检测评估结构性能的退化情况至关重要。随着时间推移,结构会受到环境侵蚀、材料老化等因素影响,性能逐渐下降,定期检测能及时发现潜在问题。评估方法分为定性与定量两种。定性评估依赖专家的丰富经验,对结构的安全状态进行直观判断;定量评估则借助数值模拟或现场试验,获取结构性能的具体参数,为评估提供精确数据支持。评估指标全面且多元,涵盖结构承载能力、变形能力、耐久性能及抗震性能等方面,并建立多级评估体系,以适应不同结构和评估需求。对于重要工程或老旧建筑,还需开展专项评估,如结构健康监测、荷载试验等,深入了解结构实际状况,为加固改造提供科学依据。

2 建筑结构设计经济性分析

2.1 经济性控制原则

经济性控制的核心在于遵循全生命周期成本最小化原则,全面综合建设成本、使用成本及维护成本。建设成本包含直接成本与间接成本,直接成本如材料费、人工费、机械费等,是工程实体构建的基础投入;间接成本如管理费、设计费等,虽不直接作用于工程实体,但对项目的顺利推进起着关键支撑作用。使用成本主要涉及能耗费用和设备维护费用,与建筑日常运行紧密相连,良好的使用成本管理可降低建筑运营阶段的长期支出。维护成本则包括结构检测费用、加固改造费用等,关乎建筑长期的安全性与稳定性,合理的维护成本投入可延长建筑使用寿命,避免后期大额维修支出。为实现整体经济性最优,优化设计方案是关键。通过科学规划,平衡各阶段成本,避免某一阶段成本过高或过低对整体经济性产生不利影响。在材料选择方面,要兼顾性能与成本。优先选用本地材料或常见材料,可有效减少运输成本,降低施工难度。对于高性能材料,不能盲目追求,需通过技术经济比较,综合评估其性能提升与成本增加之间的关系,确定其适用性,确保材料选择的性价比最优。结构体系选择时,应充分考虑施工便利性。合理的结构体系可减少模板用量、缩短工期、降低人工消耗,从而有效控制建设成本。

2.2 经济性优化方法

结构优化需从体系选型、构件布置、截面设计等多层次开展。在体系选型阶段,通过详细比较不同结构形

式的经济指标,如造价、材料用量、施工难度等,选择最优方案。不同的结构形式适用于不同的建筑类型和功能需求,只有综合考虑经济性和适用性,才能选出最合适的结构体系。构件布置阶段,通过调整柱网尺寸、层高等参数,优化结构传力路径。合理的构件布置可使结构受力更加均匀,减少不必要的材料浪费,提高结构的经济性。截面设计阶段,通过迭代计算,在满足安全性前提下尽可能减小构件尺寸,降低材料用量^[3]。利用先进的计算软件和分析方法,精确计算构件的受力情况,实现构件尺寸的优化设计。标准化设计是提升经济性的重要手段。推广通用构件和预制装配式结构,可减少模板制作、钢筋加工等环节的成本。通用构件的规模化生产可降低生产成本,提高生产效率;预制装配式结构则可实现快速施工,缩短工期,减少现场人工和材料消耗。模块化设计可实现建筑功能单元的快速组合,缩短设计周期,降低设计成本。将建筑划分为不同的功能模块,根据需求进行灵活组合,可提高设计的通用性和可复制性。参数化设计通过建立数学模型,实现结构性能与经济指标的动态优化,提升设计效率。利用参数化设计软件,可快速生成多种设计方案,并进行性能和经济性分析,为设计师提供更多的选择和优化空间。

2.3 经济性评估指标

经济性评估需建立量化指标体系,包括单位面积造价、材料消耗指标、工期指标等。单位面积造价反映结构整体经济性,需区分不同功能区域进行统计,以便更准确地评估各部分的成本情况。材料消耗指标如混凝土用量、钢筋用量等,通过与规范限值或同类工程对比,评估材料利用效率,发现潜在的成本节约空间。工期指标反映施工效率,需考虑气候条件、施工工艺等因素影响,为合理安排施工进度提供依据。成本效益分析是经济性评估的重要方法,通过计算结构全生命周期成本与收益比值,评估设计方案的经济合理性。收益不仅包括直接的经济收益,还包括使用功能提升、能耗降低等间接效益,需通过市场调研或模拟分析量化。敏感性分析可识别影响经济性的关键因素,为设计参数调整提供依据,提升决策科学性。通过对关键因素的变动分析,了解其对经济性的影响程度,从而有针对性地进行设计优化和成本控制。

3 安全性与经济性协调策略

3.1 多目标优化方法

安全性与经济性的矛盾关系决定了必须采用多目标优化方法来实现平衡。首先,要建立包含安全性指标与经济性指标的优化模型,将结构的承载能力、变形控制

等安全性要素与造价、材料消耗等经济性要素纳入同一体系。采用加权求和法或层次分析法确定各指标的权重,通过迭代计算寻找最优解。在这个过程中,必须充分考虑设计变量的约束条件,如规范限值、施工条件等,确保优化结果具有可实施性^[4]。价值工程理论为结构优化提供了有力工具。通过对结构进行功能分析,识别出关键性能需求,以最低的成本实现必要的功能。在非抗震设防区的建筑中,可以适当降低抗震构造措施的要求,减少钢筋用量,从而在不影响结构安全的前提下降低造价。

3.2 全生命周期管理

全生命周期管理是协调安全性与经济性的关键策略,它涵盖了结构规划、设计、施工、使用及拆除的各个阶段。在规划阶段,通过场地分析和功能布局优化,减少后期结构改造的需求,从源头上降低经济成本。设计阶段采用性能化设计方法,根据结构的使用功能和重要性,合理确定安全标准和经济指标,实现二者的平衡。施工阶段的质量管控至关重要。严格的质量控制可以避免因质量问题导致的后期加固成本增加,确保结构的安全性和耐久性。使用阶段要定期进行维护,及时发现和处理结构的小损伤,延长结构的使用寿命,降低全生命周期成本。拆除阶段注重材料的回收利用,减少环境影响和处置成本,实现资源的可持续利用。信息化技术的应用为全生命周期管理提供了高效手段。通过BIM模型实现结构信息的集成,为各阶段的决策提供数据支持。物联网技术可以实现结构健康监测,实时获取结构性能参数,为维护策略的制定提供依据。大数据分析可以挖掘结构性能退化规律,预测剩余使用寿命,优化维护计划,提高管理的科学性和精准性。

3.3 风险控制机制

风险控制是建立安全性与经济性动态平衡机制的关键。要识别结构全生命周期中的潜在风险,制定相应的

应对措施。在设计阶段,通过不确定性分析评估荷载、材料性能等参数波动对结构安全性的影响,预留足够的安全储备。施工阶段进行风险评估,识别质量通病和安全隐患,制定专项施工方案,确保施工安全^[5]。保险机制可以转移部分风险。通过购买工程质量保险、财产保险等,降低业主和设计单位的风险承担压力,保障项目的顺利进行。合同管理要明确各方的责任,合理约定质量标准、工期要求等条款,避免因责任不清导致的经济纠纷。要针对地震、火灾等突发事件制定应急预案,明确应急处置流程,减少事故损失,保障人员生命安全和财产安全。

结语:

建筑结构设计中的安全性与经济性相互关联又相互制约,二者缺一不可。通过本文对安全性与经济性的全面分析,明确了各自的关键要点与评估方法。在实践设计中,应充分认识到二者协调的重要性,灵活运用多目标优化方法、全生命周期管理以及风险控制机制等策略,在确保建筑结构安全可靠的前提下,合理控制成本,实现建筑结构的综合效益最大化,推动建筑行业朝着更加安全、经济、可持续发展的方向发展。

参考文献:

- [1]王小涛,崔帅帅.浅谈建筑结构设计中的安全性和经济性[J].南方金属,2025(2):38-41.
- [2]陈亚琴.高层住宅建筑结构设计安全性分析与提升路径[J].价值工程,2024,43(23):143-146.
- [3]杨国华.土木工程结构设计中实现安全性与经济性的措施探析[J].大众标准化,2024(5):80-82.
- [4]余中华.装配式建筑剪力墙结构设计的优化与经济性分析[J].中文科技期刊数据库(文摘版)工程技术,2024(12):073-076.
- [5]卢乐琪.建筑结构设计中的建筑安全性提升研究[J].中国厨卫,2024,23(3):31-33.