

基于土木工程建筑结构设计优化分析

刘 杰

四川正天创意建筑设计有限公司 四川 成都 610000

摘 要：本文围绕土木工程建筑结构设计优化展开分析，阐述了结构设计的基础理论，包括基本概念、原则、类型及流程。探讨了自然环境、使用功能、技术经济、人文美学等影响因素，研究了结构选型、布置、计算分析及构件设计的优化方法，为提升建筑结构性能与经济性提供思路。

关键词：结构设计优化；结构类型；影响因素；优化方法；构件设计

引言：土木工程建筑结构设计是建筑工程的关键环节，关乎建筑的安全性、适用性与耐久性。科学合理的结构设计不仅能满足建筑使用功能需求，还能有效控制建设成本。随着建筑行业不断发展，建筑结构日益复杂，对结构设计提出了更高要求。在此背景下，深入研究建筑结构设计的基础理论、影响因素及优化方法，具有重要的现实意义。

1 土木工程建筑结构设计基础理论

1.1 建筑结构设计的基本概念与原则

建筑结构设计是在满足建筑使用功能的前提下，通过科学规划与计算，确定结构的组成形式、构件尺寸及材料选用的过程。结构选型需结合建筑高度、跨度、荷载特征等因素，选择适配的结构体系；结构布置涉及构件在平面与竖向的分布，需保证力的传递路径清晰直接；结构计算则运用力学原理与计算方法，验证结构在各种荷载作用下的承载能力与变形是否符合要求。这一过程需统筹建筑形态与结构性能，使两者相互协调形成有机整体^[1]。建筑结构设计需遵循多项基本原则。安全性要求结构在承受自重、活荷载、地震作用等各类荷载时不发生破坏，确保在偶然事件发生后仍能保持整体稳定。适用性关注结构的使用体验，控制构件变形与裂缝宽度在允许范围内，避免影响正常使用功能。耐久性强调结构在长期使用中抵抗环境作用的能力，通过合理的材料选择与构造措施，减少风化、腐蚀等因素对结构性能的削弱。经济性要求在满足性能要求的前提下，优化材料用量与施工工艺，降低建设与维护成本，实现技术与经济的平衡。

1.2 建筑结构的主要类型与特点

框架结构由梁和柱通过节点连接形成承重体系，空间布置灵活，便于划分不同功能区域。其自重较轻，施工工艺成熟，但抗侧移刚度较小，适用于层数不高的建筑。在水平力作用下，框架结构的变形以剪切变形为

主，高度增加时侧向位移会显著增大。剪力墙结构依靠墙体承受竖向荷载与水平力，抗侧移刚度大，抗震性能优越，适用于高层建筑。墙体布置较密，可有效抵抗水平推力，但对建筑空间划分有一定限制，难以满足大跨度需求。剪力墙的变形以弯曲变形为主，能在强震中保持结构稳定。框架-剪力墙结构结合框架与剪力墙的优势，框架提供灵活空间，剪力墙承担主要水平力，适用于中等高度的建筑。两种结构协同工作，通过刚性连接实现力的传递，既满足使用功能又具备良好的抗侧性能，在办公、住宅等建筑中应用广泛。筒体结构由竖向筒体作为主要承重构件，筒体可由剪力墙围合而成或由密柱框架构成，具有极强的抗侧刚度与承载能力。其空间整体性好，能适应超高层建筑的受力需求，内部空间开阔，但施工复杂度较高，材料消耗量大。

1.3 建筑结构设计的流程与要点

建筑结构设计始于方案设计阶段，需根据建筑功能、场地条件与设计的要求，初步确定结构体系与布置方案。此阶段需重点考量结构的可行性与经济性，对不同方案进行对比分析，选择最优结构形式，同时协调与建筑、机电等专业的关系，避免后期出现冲突。初步设计阶段在方案基础上进行深化，开展结构布置与主要构件尺寸的初步确定，进行荷载计算与结构分析，验证结构的安全性及适用性。需完成结构抗震设计、基础形式选择等关键工作，绘制初步设计图纸与计算书，为后续阶段提供依据。此阶段需关注结构的整体受力性能，确保计算模型能真实反映结构实际工作状态。施工图设计阶段是设计成果的具体呈现，需根据初步设计的审批意见进行调整完善，确定各构件的详细尺寸、配筋情况与构造措施。绘制完整的结构施工图，包括平面图、剖面图、节点详图等，明确施工要求与技术标准。此阶段需注重细节设计，确保图纸的准确性与可操作性，避免因构造不当导致施工困难或结构隐患。各阶段需通过严格

的校审流程,保证设计成果的科学性与合理性。

2 土木工程建筑结构的影响因素

2.1 自然环境因素

地质条件直接制约建筑结构基础形式选择。地基承载力不足时需采用桩基或地基处理技术,通过桩体将荷载传递至深层坚硬土层,或通过换填、压实等方式提高地基强度。地震设防烈度决定结构抗震等级,高烈度区需强化节点连接强度,增加抗震构造措施,如设置约束边缘构件、加密箍筋等,提升结构延性^[2]。岩溶发育区需探明溶洞分布,采用填充或跨越方式处理,避免地基不均匀沉降。气候条件对结构设计提出针对性要求。强风地区需计算结构风荷载,高层建筑需设置阻尼器或优化体型减少风致振动,低矮建筑则需加固屋面抗风掀能力。多雨地区需强化屋面排水系统设计,增大排水坡度,选用防水性能优异的材料,同时考虑雨水对墙体的侵蚀,设置防潮层。严寒地区结构需抵御冰雪荷载,屋面活荷载取值需包含雪荷载,排水管需采取保温措施防止冻裂,基础设计需考虑冻胀力影响。温度剧烈变化地区需设置伸缩缝,减少温度应力导致的结构开裂,超长结构可采用后浇带或预应力技术控制裂缝。

2.2 使用功能因素

建筑使用功能主导结构布局走向。商业建筑需大跨度无柱空间满足灵活布局,常采用网架、桁架等结构形式,柱网布置需适应商铺划分需求。住宅建筑注重空间私密性,结构布局需配合户型设计,墙体布置需兼顾承重与分隔功能,楼板设计需控制振动满足居住舒适度。工业建筑需适应生产设备布置,结构需承受较大集中荷载,预留设备安装与检修空间,层高与跨度需匹配生产线流程。不同使用功能对结构有特殊要求。医院建筑需设置大型设备用房,楼板需承受CT机、核磁共振等设备重荷载,结构需采取隔声措施减少振动传递。学校建筑的礼堂、体育馆需大跨度屋盖,结构形式需兼顾声学性能,避免回声影响使用。仓储建筑需高层货架布局,柱距需适应叉车通行,地面设计需耐磨且能承受堆载压力,结构整体需具备足够刚度防止变形影响货物存放。

2.3 技术经济因素

建筑材料性能与价格影响结构设计决策。钢材强度高但成本较高,适用于大跨度、重荷载结构;混凝土价格适中但自重较大,广泛应用于常规建筑;复合材料性能优异但成本昂贵,多用于特殊环境下的结构增强。设计中需平衡材料性能与成本,在满足强度要求的前提下优先选用本地材料,减少运输费用。新型材料应用需经过充分试验验证,确保其性能稳定性与施工适应性。施工

技术条件制约结构设计方案可行性。复杂地形下需简化结构形式,采用模块化预制构件减少现场作业量;吊装设备能力有限时需控制构件重量与尺寸,将大型构件拆分安装。装配式结构设计需考虑构件连接节点的施工便利性,提高安装效率;现浇结构则需优化模板设计,减少周转次数降低成本。施工季节影响结构养护措施,冬季施工需设计保温养护方案,夏季需考虑混凝土水化热控制,避免因施工条件限制影响结构质量。

2.4 人文美学因素

建筑美学要求结构形式与造型协调。流线型建筑造型需采用曲面结构,通过钢结构或预应力混凝土实现流畅线条,结构构件需隐藏于建筑表皮之下,保持外观完整性。对称式建筑需保证结构受力均衡,左右两侧构件尺寸与布置对称,避免因受力不均破坏美学平衡。比例协调要求结构构件尺寸与建筑整体比例适配,梁高与跨度需形成合理比例,既满足受力要求又符合视觉美感。结构设计需融入美学表达。暴露结构构件可成为建筑装饰元素,钢结构的桁架、网架通过有序排列形成视觉韵律,混凝土清水墙面的肌理展现材料本身质感。色彩搭配需与结构材料特性结合,金属构件可采用防腐涂层赋予丰富色彩,混凝土表面可通过模板设计形成纹理色彩,使结构与建筑立面风格统一。在满足力学性能的前提下,通过构件截面变化、节点造型设计增强建筑艺术感,实现技术与美学的融合。

3 土木工程建筑结构设计的优化方法

3.1 结构选型优化

结构选型需以建筑功能为首要依据,商业建筑的大跨度需求适合采用网架或钢结构,住宅建筑的空间划分需求则更适配框架或剪力墙结构^[3]。自然环境因素同样关键,地震高发区优先选择延性好的结构体系,强风地区需考虑抗风性能优异的结构形式。技术经济层面需对比不同结构的材料消耗、施工周期与维护成本,在满足性能的前提下选择性价比最高的方案。对于超限高层建筑,需进行专项论证,结合风洞试验与振动台试验结果优化结构选型,确保在极端工况下的安全性。结构选型优化需经历初步筛选、详细分析、方案比选三个步骤。初步筛选根据建筑高度、跨度、荷载等基本参数,排除不适用的结构类型;详细分析对候选结构进行力学性能计算,评估其在各种工况下的响应;方案比选从安全、经济、施工可行性等维度进行综合评分,最终确定最优结构类型。过程中需注重各因素的权重分配,确保选择结果与建筑整体需求相匹配。

3.2 结构布置优化

结构布置直接影响整体受力性能,平面布置需保证刚度均匀分布,避免出现薄弱区域,使水平力能通过合理路径传递至基础。竖向布置需控制刚度变化,避免楼层刚度突变导致应力集中,竖向构件的连续性需得到保证,减少力流传递中的损耗。不合理的布置会引发结构扭转,降低抗震性能,增加材料消耗。对于带有大跨度中庭的建筑,需在周边布置足够刚度的构件,平衡中庭带来的刚度削弱,确保整体受力均衡。结构布置优化需从多个维度入手,柱网尺寸确定需兼顾使用功能与受力合理,大柱网适合灵活空间但会增加构件内力,小柱网则相反,需找到平衡点。墙体布置在剪力墙结构中需均匀分散,形成周边与核心筒结合的布置方式,增强抗扭能力;框架结构中填充墙布置需避免阻碍力的传递。平面形状复杂时,需通过设置防震缝将结构划分为规则单元,减少扭转效应,同时确保各单元之间的连接合理。

3.3 结构计算与分析优化

常用结构计算方法包括手算简化法与计算机数值法,手算简化法适用于简单结构的初步估算,计算速度快但精度有限;计算机数值法以有限元分析为代表,能模拟复杂结构的受力状态,精度高但对操作人员要求高。计算软件各有侧重,PKPM适合常规建筑的快速计算,ANSYS则在复杂结构的精细化分析中表现更优,SAP2000在大跨度结构计算中应用广泛。结构计算与分析优化需从参数确定入手,荷载取值需结合建筑功能与规范要求,活荷载按实际使用情况调整,风荷载需考虑地形系数修正。计算模型选择需贴合结构实际工作状态,框架结构采用杆系模型,剪力墙结构采用壳单元模型,复杂节点需进行精细化建模。多工况计算需涵盖恒载、活载、地震、风荷载等多种组合,确保结构在所有可能工况下均满足安全要求,通过敏感性分析,找出对结构响应影响显著的参数并重点控制。

3.4 结构构件设计优化

梁的设计优化需平衡跨度与截面尺寸,在满足挠度要求的前提下减小梁高,采用宽扁梁形式增加建筑净高。配筋优化需通过弯矩包络图确定纵筋配置,支座与

跨中钢筋合理搭接,减少钢筋浪费,同时控制箍筋间距,在保证抗剪能力的前提下降低用钢量。板的设计需根据受力特点选择合适厚度,单向板与双向板的划分需符合力学原理,避免盲目加厚^[4]。配筋采用分离式配筋与贯通筋结合的方式,受力钢筋按计算确定,分布钢筋满足构造要求,支座负筋长度需覆盖弯矩影响范围,防止板边开裂。柱的优化需根据轴压比确定截面尺寸,高轴压比柱采用方形截面,低轴压比柱可采用矩形截面节省空间。配筋需保证纵筋与箍筋协同工作,纵筋配置满足最小配筋率要求,箍筋在柱端加密区需形成封闭环,提高延性,同时避免配筋过密影响混凝土浇筑质量。墙的设计优化需控制厚度与长度比,避免墙体过薄导致稳定性不足。配筋优化中水平与竖向钢筋需均匀分布,边缘构件配筋需满足抗震要求,墙身分布钢筋按构造配置但需保证连续性,洞口周边需设置加强筋,增强局部承载能力。构件优化需结合材料特性,混凝土构件注重保护层厚度控制,钢结构构件则需考虑截面形式对受力性能的影响,实现安全与经济的双重提升。

结束语

土木工程建筑设计优化是一个综合性课题,涉及多方面知识与因素。通过对基础理论的深入理解,准确把握自然环境、使用功能、技术经济和人文美学等因素对结构设计的影响,并运用科学的优化方法,能够实现结构选型合理、布置恰当、计算精准、构件设计优化的目标。这有助于提升建筑结构整体性能,推动土木工程行业朝着更加安全、经济、美观的方向发展。

参考文献

- [1]方玲,侯艳红,时文超.基于土木工程建筑设计优化的分析[J].城镇建设,2024(16):304-306.
- [2]牟程程,任文文.土木工程建筑设计中的问题探讨[J].砖瓦世界,2024(10):22-24.
- [3]秦莹.土木工程建筑设计问题及优化措施的研究[J].建材发展导向,2024,22(7):62-64.
- [4]尹永青.土木工程建筑设计问题及优化措施[J].砖瓦,2023(4):64-66.