建筑结构设计中结构设计优化

王金炮
江西昌西建设工程有限公司　江西　南昌　330000

摘　要：建筑结构设计优化是融合多学科知识的综合性技术，通过科学方法改进设计方案，实现结构性能、经济与社会价值最大化。其需遵循安全、经济、适用、美观原则，运用规范经验、数学、智能算法及性能导向等方法，在基础、上部、大跨度及高层建筑结构等领域优化，对建筑全生命周期效益与行业发展意义重大。

关键词：建筑结构设计；结构设计优化；优化方法

1 建筑结构设计优化概述

建筑结构设计优化是融合多学科知识的综合性技术，旨在运用科学方法对设计方案进行系统性改进，实现结构性能、经济效益与社会价值的最大化平衡。其核心在于以数学模型为基础，结合工程实践经验，在满足建筑功能需求与安全可靠的前提下，对结构体系、构件尺寸、材料选用等参数进行调整优化。这一过程贯穿建筑全生命周期的各个阶段。在策划设计阶段，优化设计能合理选型、降低成本；施工阶段可提升效率、减少风险；使用维护阶段有助于增强耐久性、降低维护费用；拆除阶段则能提高材料回收利用率，推动建筑可持续发展。它不仅是提升建筑项目整体品质的关键途径，更是实现建筑行业高质量发展的重要手段，对建筑行业的技术进步与资源合理利用有着深远意义。

2 建筑结构设计优化的原则

2.1 安全性原则

安全性是建筑结构设计的首要原则，也是结构设计优化的根本前提。建筑结构在使用过程中，需要承受各种荷载作用，包括恒载、活载、风荷载、地震作用等，同时还可能受到环境因素、人为因素等的影响[1]。在进行结构设计优化时，必须确保结构在各种可能的工况下都能保持安全稳定，具有足够的承载能力与抗破坏能力。在结构设计优化过程中，要严格遵循国家相关规范与标准，对结构进行全面的力学分析与计算。同时，要考虑结构的整体稳定性，避免出现局部破坏导致整体结构失效的情况。例如，在高层建筑的结构设计中，要加强结构的竖向与水平抗侧力体系，提高结构的抗倾覆能力。

2.2 经济性原则

经济性原则是建筑结构设计优化的重要目标之一，在满足结构安全性与使用功能的前提下，通过优化设计降低工程造价，提高项目的经济效益，是结构工程师的重要任务。经济性原则不仅体现在建筑材料成本、施工成本的降低上，还包括建筑在使用过程中的维护成本、能源消耗成本等方面。在结构设计优化中，可以通过合理选择结构体系、优化构件尺寸与布局、选用合适的建筑材料等方式来降低成本。例如，对于多层工业厂房，采用钢结构代替混凝土结构，可以减少结构自重，降低基础造价，同时钢结构施工速度快，能够缩短施工周期，降低施工成本，还可以通过采用新技术、新工艺来提高施工效率，降低施工成本。

2.3 适用性原则

适用性原则要求建筑结构在使用过程中能够满足建筑的各项功能需求，为人们提供舒适、便捷的使用环境。在进行结构设计优化时，要充分考虑建筑的使用功能、空间布局、采光通风等因素，确保结构设计不会对建筑的使用功能造成影响。例如，对于商业建筑，要保证较大的室内空间，便于商业活动的开展，因此在结构设计中要尽量减少柱子的数量，采用大跨度结构体系[2]。对于住宅建筑，要考虑房间的分隔与布局，合理布置结构构件，避免出现空间浪费与使用不便的情况。在结构设计优化中，还要考虑建筑设备的安装与使用需求，如给排水、电气、暖通等设备的布置空间与管线走向，确保结构设计与建筑设备设计相互协调。

2.4 美观性原则

随着人们生活水平的提高，对建筑的美观性要求也越来越高。美观性原则要求建筑结构设计不仅要满足功能与安全需求，还要具有良好的视觉效果，与建筑的整体风格相协调。在结构设计优化中，可以通过合理的结构选型、构件造型设计、材料质感选择等方式来实现建筑的美观性。例如，在一些文化建筑的设计中，采用独特的结构形式，如拱结构、悬索结构等，不仅能够满足建筑的功能需求，还能展现出独特的建筑美学效果。在建筑构件的设计中，可以通过对梁柱的截面形状、节点构造等进行优化设计，使其具有简洁、流畅的线条，增

强建筑的视觉美感。另外，还可以选用具有良好质感与色彩的建筑材料，如玻璃、金属、石材等，来提升建筑的外观品质。

3 建筑结构设计优化的方法

3.1 基于规范和经验的优化方法

基于规范和经验的优化方法是建筑结构设计优化中最常用的传统方法之一。该方法以国家现行的建筑结构设计规范、标准为依据，结合工程师的工程实践经验，对结构设计方案进行分析与调整。在实际应用中，工程师首先根据建筑的功能需求、使用环境等因素，按照规范要求初步确定结构体系与构件尺寸。然后，通过对不同设计方案的对比分析，结合自身的设计经验，对结构进行优化调整。然后，通过对梁的受力分析与经济比较，对梁的截面尺寸进行适当调整，在满足结构安全与使用功能的前提下，尽量减小梁的截面尺寸，降低材料用量。这种方法的优点是简单易行，可靠性高，能够充分利用工程师的经验与规范的指导作用。但缺点是优化效果有限，往往只能进行局部优化，难以实现结构的整体最优解。

3.2 数学优化方法

数学优化方法是运用数学理论与方法，通过建立结构设计的数学模型，对结构设计参数进行优化求解的方法。常见的数学优化方法包括线性规划、非线性规划、动态规划等。在线性规划中，结构设计的目标函数与约束条件均为线性函数，通过求解线性方程组，可以得到结构设计参数的最优解。非线性规划则适用于目标函数或约束条件为非线性函数的情况。在实际的建筑结构设计中，很多问题都属于非线性问题，如结构的几何非线性、材料非线性等。通过非线性规划方法，可以更准确地描述结构的力学性能，求解出更优的设计方案。数学优化方法的优点是能够通过精确的数学计算，找到结构设计的最优解，优化效果显著。但缺点是建立数学模型的过程较为复杂，需要对结构的力学性能有深入的理解，同时计算量较大，对计算机性能要求较高。

3.3 智能优化算法

智能优化算法是近年来在建筑结构设计优化中得到广泛应用的一类新型优化方法。该方法模拟自然界的生物进化、群体智能等现象，通过启发式搜索策略，寻找结构设计的最优解。常见的智能优化算法包括遗传算法、粒子群优化算法、蚁群算法等。遗传算法模拟生物的遗传与进化过程，通过选择、交叉、变异等操作，对结构设计方案进行迭代优化。在遗传算法中，将结构设计参数编码为染色体，通过模拟生物的进化过程，不断调整染色体的基因组合，以找到最优的结构设计方案。粒子群优化算法模拟鸟群觅食或鱼群游动的行为，通过粒子在解空间中的运动与信息共享，寻找最优解。每个粒子代表一个结构设计方案，粒子通过不断调整自身的位置，向最优解靠近[3]。蚁群算法模拟蚂蚁觅食过程中分泌信息素的行为，通过信息素的积累与挥发，引导蚂蚁找到最短路径，进而应用于结构设计优化中，寻找最优设计方案。智能优化算法的优点是具有较强的全局搜索能力，能够在复杂的解空间中找到较优的解，适用于大规模、复杂的结构设计优化问题。

3.4 基于性能的设计优化方法

基于性能的设计优化方法是以建筑结构在不同荷载工况下的性能目标为导向，通过对结构进行性能分析与优化设计，确保结构在各种可能的荷载作用下都能满足预定的性能要求。在基于性能的设计优化中，首先要明确建筑结构的性能目标，如在地震作用下，结构要达到的抗震性能目标，包括结构的弹性变形、塑性变形、破坏程度等指标。然后，通过建立结构的有限元模型，对结构在不同荷载工况下的性能进行分析与评估。根据分析结果，对结构进行优化设计，调整结构的体系、构件尺寸、材料性能等参数，使结构满足预定的性能目标。基于性能的设计优化方法的优点是能够更准确地反映结构的实际性能需求，提高结构的安全性与可靠性，同时可以根据建筑的不同功能与重要性，实现个性化的设计优化。但缺点是性能目标的确定需要综合考虑多方面因素，难度较大，同时对结构分析与计算的要求较高，需要具备先进的计算软件与技术手段。

4 建筑结构设计优化的应用领域

4.1 基础结构优化

基础是建筑结构的重要组成部分，其设计的合理性直接影响到整个建筑的安全与稳定性。基础结构优化主要包括基础形式的选择、基础尺寸的确定以及基础与上部结构的协同作用分析等方面。在基础形式的选择上，要根据建筑场地的地质条件、上部结构类型、荷载大小等因素进行综合考虑。例如，对于地基承载力较高的场地，可以采用独立基础或条形基础；对于地基承载力较低或上部结构荷载较大的情况，可以采用筏板基础、箱形基础或桩基础等。通过对不同基础形式的技术经济比较，选择最优的基础方案。在基础尺寸的确定上，要在满足基础承载能力与变形要求的前提下，尽量减小基础的尺寸，降低基础的材料用量与工程造价。还要考虑基础与上部结构的协同作用，通过合理的设计，使基础与上部结构能够更好地共同工作，提高结构的整体性能。

例如，在进行高层建筑的基础设计时，要考虑上部结构的刚度对基础受力与变形的影响，采用合适的计算方法与构造措施，确保基础与上部结构的协同工作。

4.2 上部结构优化

上部结构是建筑结构的主要组成部分，承担着传递荷载、保证建筑空间使用功能的重要作用。上部结构优化包括结构体系的选型、构件布置与尺寸优化、节点构造设计优化等方面。在结构体系的选型上，要根据建筑的功能需求、高度、层数、抗震设防要求等因素进行综合考虑。例如，对于多层住宅建筑，可以采用砖混结构或框架结构；对于高层建筑，可以采用框架-剪力墙结构、剪力墙结构或筒体结构等。通过对不同结构体系的力学性能分析与经济比较，选择最适合的结构体系。在构件布置与尺寸优化上，要在满足结构受力性能与使用功能的前提下，合理布置梁柱等构件，优化构件的尺寸。例如，通过对框架结构的梁柱布置进行优化，减少结构的不规则性，提高结构的抗震性能；通过对梁的截面尺寸进行优化，在保证梁的承载能力与变形要求的同时，降低梁的材料用量。在节点构造设计优化上，要确保节点具有足够的强度、刚度与延性，保证结构构件之间的可靠连接。例如，对钢结构节点进行优化设计，采用合理的连接方式与构造措施，提高节点的受力性能与抗震性能。

4.3 大跨度结构优化

大跨度结构在体育场馆、会展中心、机场航站楼等大型公共建筑中得到广泛应用。大跨度结构优化的重点在于选择合理的结构形式、优化结构的受力性能以及降低结构的材料用量与工程造价。常见的大跨度结构形式包括拱结构、桁架结构、网架结构、悬索结构、膜结构等。在结构形式的选择上，要根据建筑的功能需求、建筑造型、场地条件等因素进行综合考虑。例如，对于体育场馆的屋盖结构，若建筑造型要求为弧形，可以采用拱结构或悬索结构；若需要较大的室内空间且对建筑造型要求不高，可以采用网架结构或桁架结构。在结构的受力性能优化上，要通过合理的结构布置与构件设计，使结构的受力更加均匀，减少结构的内力峰值。例如，对网架结构的杆件布置进行优化，采用合理的网格尺寸与杆件截面，提高网架结构的空间受力性能与稳定性。在降低结构成本方面，可以通过优化结构的材料选用、构件尺寸等方式，减少结构的材料用量。例如，在大跨度钢结构设计中，采用高强度钢材，在保证结构承载能力的同时，减少钢材用量，降低工程造价。

4.4 高层建筑结构优化

高层建筑结构由于高度较高、荷载较大、受力复杂，对结构的安全性、稳定性与经济性要求更高。高层建筑结构优化主要包括结构体系优化、抗侧力体系优化、结构构件优化以及结构与设备的协同优化等方面。在结构体系优化上，要根据建筑的高度、功能需求、抗震设防要求等因素，选择合适的结构体系。例如，对于超高层建筑，可以采用筒体结构或束筒结构，以提高结构的抗侧力性能与抗倾覆能力[4]。在抗侧力体系优化上，要合理布置剪力墙、框架-核心筒等抗侧力构件，提高结构的抗侧刚度与延性。例如，通过优化剪力墙的布置位置与数量，使结构在风荷载与地震作用下的受力更加均匀，减少结构的扭转效应。在结构构件优化上，要对梁柱等构件进行精细化设计，在满足结构受力性能的前提下，降低构件的材料用量。例如，采用高性能混凝土与高强度钢材，优化梁柱的截面尺寸与配筋，提高构件的承载能力与经济性。另外，还要考虑结构与设备的协同优化，合理安排建筑设备的空间布局与管线走向，避免结构构件对设备安装与使用造成影响，同时通过优化结构设计，为设备安装提供便利条件，提高建筑的整体性能。

结束语

建筑结构设计优化对建筑安全、经济及可持续发展至关重要。随技术进步，需融合多学科与创新方法，提升优化水平，实现建筑功能、安全与经济统一，推动建筑行业高质量发展。

参考文献

[1]李晔.房屋建筑结构设计中优化技术应用研究[J].建设科技,2022,(19):93-95+99.

[2]周兰.浅谈房屋建筑结构设计中的应用优化技术[J].建筑与预算,2022,(06):43-45.

[3]陈锐.高层建筑结构设计中的技术优化方法研究[J].中国建筑装饰装修,2022,(12):120-122.

[4]申晓宝.房屋结构设计中建筑结构设计优化方法的应用[J].工程建设与设计,2020(19):29-30+33.