

建筑结构设计中的结构设计优化

朱 迎

中石化宁波工程有限公司 浙江 宁波 315100

摘要：本文聚焦建筑结构设计优化，阐述其基本理论，涵盖概念、内涵与重要性。介绍优化需遵循满足建筑功能与结构安全、实现结构合理性稳定性经济性、降低成本提高资源利用率等原则。详细说明数学优化、有限元分析、启发式优化算法等优化方法。通过高层建筑、大跨度桥梁、绿色建筑结构优化案例，展现优化在降低造价、提升性能、节能环保等方面的成效，为建筑结构设计优化提供理论与实践参考。

关键词：建筑；结构设计；优化方法

1 工业建筑结构设计优化的基本理论

工业建筑结构设计优化旨在提升工业建筑的综合性能与价值，其理论根基坚实且丰富，涉及概念、内涵及重要性等多个方面。工业建筑结构设计是在明确工业生产类型、工艺流程、设备布置等要素后，依据力学原理与规范标准，确定结构形式、构件尺寸、材料及连接方式的过程。不同结构形式如门式刚架、排架结构等各有优劣，需结合工业建筑特点选用。例如，对于单层大跨度厂房，门式刚架结构因其自重轻、施工快、空间利用率高的优势常被采用；而对于多层厂房，排架结构可能更符合生产需求。构件尺寸与配筋需精准计算，确保能承载生产设备、货物堆放等产生的荷载，同时具备抗裂性能；材料选择要兼顾性能、成本与供应，如在有腐蚀性环境的厂房中，需选用耐腐蚀材料；连接方式则影响结构整体协同性，确保在设备振动、吊车荷载等作用下结构稳定。其内涵在于，在满足工业生产功能与安全要求的前提下，对结构方案、构件尺寸、材料选用等进行综合调整，以实现最佳的经济与社会效益^[1]。结构方案优化可依据场地、工艺流程，选择更合理的结构形式与基础方案，如根据地质条件选择合适的基础类型，避免因基础问题导致结构沉降或倾斜；构件尺寸优化能通过精确计算，在保证安全的同时减少材料浪费，如对吊车梁进行优化设计，在满足承载能力的情况下减小截面尺寸；材料选用优化则可利用新型高性能材料，提升结构性能并降低成本，如采用高强度钢材减少钢材用量。工业建筑结构设计优化的重要性不言而喻，合理优化可降低5%-20%的工程造价，为工业建设方带来显著效益。安全方面，精确的优化设计能提升结构抗风、抗震等能力，保障生产设备与人员安全。

2 工业建筑结构设计优化的原则

2.1 满足工业生产功能需求与结构安全

满足工业生产功能需求是工业建筑结构设计优化的首要前提。工业生产功能需求包括生产设备的布置空间、货物运输通道、原材料与成品的储存空间等。在进行结构设计优化时，必须确保优化后的结构方案能够充分满足这些功能需求，不能因为追求经济效益而牺牲工业生产功能。例如，在化工厂房设计中，需要考虑大型反应釜、管道等的布置空间，确保设备安装、检修和维护的便利性；同时要保证货物运输通道的畅通，满足叉车、货车等运输工具的通行要求。在大型仓储建筑设计中，需要考虑货物的堆放高度、存储密度以及叉车作业的空间等因素，确保仓储活动的顺利进行。结构安全是工业建筑结构设计优化的核心原则，工业建筑结构必须能够在各种荷载作用下保持稳定和安全，不发生破坏或倒塌。在进行结构设计优化时，必须严格按照相关规范和标准进行荷载计算和结构分析，确保结构的承载力、刚度和稳定性满足要求。例如，在有吊车的工业厂房中，需要考虑吊车荷载对结构的影响，采取相应的加强措施，如加大吊车梁的截面尺寸、加强柱与吊车梁的连接等，以提高结构的抗吊车荷载能力。在风力较大的地区，需要考虑风荷载对结构的作用，合理确定结构的体型和构件尺寸，以保证结构在风荷载作用下的安全性。

2.2 实现结构的合理性、稳定性和经济性

结构的合理性是指结构的受力传递路径清晰、简洁，各构件之间的协同工作良好。在进行结构设计优化时，应尽量减少不必要的结构构件，简化结构形式，使结构的受力更加合理。例如，在门式刚架结构中，通过优化柱与梁的连接节点，使荷载能够更直接地传递到基础，减少节点的应力集中。结构的稳定性是保证结构安全的重要条件。结构在受到各种荷载作用时，必须能够保持其原有的形状和位置，不发生失稳破坏。在进行结构设计优化时，需要考虑结构的整体稳定性和局部稳定

性。例如,对于受压构件,需要合理确定其长细比,避免发生失稳破坏。经济性是工业建筑结构设计优化的重要目标之一,在满足工业生产功能需求和结构安全的前提下,应尽量降低工程造价。这可以通过合理选择结构形式、构件尺寸和材料选用来实现。例如,在满足结构承载能力的前提下,选择价格较低、供应充足的材料;优化构件的截面尺寸,减少材料的用量;采用先进的施工工艺和技术,降低施工成本^[2]。

2.3 降低建筑成本,提高资源利用率

降低建筑成本是工业建筑结构设计优化的重要任务。除了通过优化结构方案、构件尺寸和材料选用降低工程造价外,还可以从以下几个方面入手:(1)在施工阶段,应合理安排施工进度,减少施工工期,降低施工管理费用。同时要加强对施工质量控制,避免因质量问题导致的返工和维修费用增加。(2)在工业建筑的全生命周期内,应考虑降低运营成本和维护成本。例如,通过优化建筑物的保温、隔热、防水等性能,减少能源消耗和维护费用;采用智能化的建筑设备和管理系统,提高建筑物的运行效率,降低运营成本。(3)提高资源利用率是工业建筑结构设计优化的重要方向。在建筑材料的选择上,应优先选用可再生材料和环保型材料,减少对不可再生资源的依赖。同时加强建筑废弃物的回收和利用,实现资源的循环利用。

3 工业建筑结构设计优化的方法

3.1 数学优化方法

数学优化方法是工业建筑结构设计优化中常用的方法之一,它通过建立数学模型,运用数学算法求解最优解。常见的数学优化方法有线性规划、非线性规划、动态规划等。线性规划适用于目标函数和约束条件均为线性的优化问题。在工业建筑结构设计中,线性规划可以用于构件尺寸的优化设计。例如,在满足结构承载能力和变形要求的前提下,通过建立构件尺寸与材料用量之间的线性关系,运用线性规划算法求解构件的最优尺寸,以降低材料用量和工程造价。非线性规划适用于目标函数或约束条件为非线性的优化问题。在工业建筑结构设计中,非线性规划可以用于考虑材料非线性、几何非线性等因素的结构优化设计。动态规划是一种用于解决多阶段决策问题的优化方法。在工业建筑结构设计中,动态规划可以用于考虑时间因素的优化问题。例如,在工业建筑物的全生命周期内,需要考虑不同阶段的造价、使用功能和维护成本等因素,通过建立动态规划模型,求解在不同阶段的最优决策方案,以实现工业建筑物的全生命周期成本最低。

3.2 有限元分析方法

在工业建筑结构设计中,有限元分析方法可以用于精确分析结构的受力性能、变形情况和稳定性。通过建立结构的有限元模型,可以模拟结构在不同荷载作用下的受力状态,分析结构的应力、应变分布情况,找出结构的薄弱环节和应力集中部位。有限元分析方法还可以用于结构的优化设计。通过对结构模型进行参数化分析,改变结构的几何尺寸、材料参数等,分析不同参数下结构的性能变化情况,从而找到结构的最优设计方案^[3]。例如,在对大型仓储建筑的屋架结构进行优化设计时,可以通过有限元分析方法分析不同截面尺寸、杆件布置等参数对屋架结构性能的影响,选择最优的结构方案。

3.3 启发式优化算法

启发式优化算法是一种基于经验和直觉的优化算法,它不依赖于严格的数学推导,而是通过模拟自然现象或生物行为来寻找最优解。常见的启发式优化算法有遗传算法、模拟退火算法、粒子群算法等。遗传算法是一种模拟生物进化过程的优化算法,它通过选择、交叉、变异等操作来不断优化种群中的个体,最终找到最优解。在工业建筑结构设计中,遗传算法可以用于结构方案的优化选择。例如,在确定工业建筑结构的结构形式、构件尺寸和材料选用时,可以将不同的结构方案作为个体,通过遗传算法进行优化选择,找到满足工业生产功能需求和结构安全要求的最优结构方案。模拟退火算法是一种模拟金属退火过程的优化算法,它通过引入随机因素来避免陷入局部最优解,从而找到全局最优解。在工业建筑结构设计中,模拟退火算法可以用于解决复杂的非线性优化问题。粒子群算法是一种模拟鸟群觅食行为的优化算法,它通过个体之间的信息共享和协作来寻找最优解。在工业建筑结构设计中,粒子群算法可以用于结构构件的尺寸优化。例如,在对重型工业车间的柱、梁截面尺寸进行优化时,可以将不同的截面尺寸组合作为粒子,通过粒子群算法进行优化搜索,找到满足结构承载能力和经济性要求的最优截面尺寸。

4 工业建筑结构设计优化的实践应用

4.1 化工厂房结构优化案例分析

以某化工厂房为例,该厂房原设计采用排架结构,用于生产化工产品。在进行结构设计优化时,首先对工业生产功能需求和结构安全进行了详细分析。考虑到化工生产过程中有大型反应釜、管道等设备,需要重点保证结构的承载能力和稳定性。在结构方案优化方面,通过对厂房平面布局和竖向构件布置的调整,优化了柱的间距和数量。根据设备布置情况,合理确定柱的位置,

使结构受力更加合理。适当增加柱的截面尺寸,提高结构的承载能力。在构件尺寸优化方面,运用有限元分析方法对梁、柱等构件进行精确的受力分析。根据分析结果,合理调整了构件的截面尺寸。例如,在满足结构承载能力和变形要求的前提下,减小部分梁的截面尺寸,减少混凝土的用量。同时对柱的配筋进行优化,采用更加合理的配筋方式,提高柱的延性和抗裂性。在材料选用优化方面,经过市场调研和技术经济比较,选择高性能混凝土和高强度钢材。高性能混凝土具有更好的耐久性和力学性能,可以减少构件的截面尺寸;高强度钢材可以降低钢材的用量,减轻结构的自重。通过材料选用优化,不仅降低工程造价,还提高结构的性能。经过结构优化设计后,该化工厂房的工程造价降低15%,同时结构的承载能力和稳定性得到了显著提高,满足了化工生产的要求^[4]。

4.2 大型仓储建筑结构优化案例分析

以某大型仓储建筑为例,该建筑用于存储各类货物。在进行结构设计优化时,主要从结构形式、构件尺寸和材料选用等方面入手。在结构形式优化方面,对仓储建筑的屋架结构形式进行了深入研究。通过数值模拟和风洞试验,分析不同结构形式下屋架的受力性能和风振响应。最终,采用更加合理的空间桁架结构形式,提高屋架的整体稳定性和抗风能力。在构件尺寸优化方面,运用有限元分析方法对屋架的杆件进行了详细的受力分析。根据分析结果,合理调整杆件的截面尺寸。例如,在满足结构承载能力和变形要求的前提下,减小部分杆件的截面尺寸,降低钢材的用量。同时对屋架的节点进行优化设计,提高节点的连接强度和刚度。在材料选用优化方面,考虑到仓储建筑的长期使用性能和耐久性要求,选择高强度、耐腐蚀的钢材。对于屋架的节点连接件,采用高强度的螺栓,提高连接的可靠性。通过材料选用优化,提高仓储建筑的结构性能和使用寿命,降低后期的维护成本。经过结构优化设计后,该大型仓储建筑的工程造价降低12%,同时建筑的结构性能得到显著提升,满足仓储使用需求。

4.3 重型工业车间结构优化案例分析

以某重型工业车间为例,该车间内有大型吊车和重型生产设备。在进行结构设计优化时,主要从以下几个方面入手:第一、在结构形式优化方面,采用门式刚架与排架结构相结合的形式。门式刚架用于车间的大跨度区域,满足吊车运行和设备布置的空间需求;排架结构用于车间的辅助区域,降低工程造价。第二、在构件尺寸优化方面,通过精确的荷载计算和结构分析,合理调整构件的截面尺寸。例如,在满足结构承载能力和变形要求的前提下,减小柱、梁的截面尺寸,降低钢材的用量。同时对吊车梁进行优化设计,采用变截面吊车梁,提高吊车梁的承载能力和经济性。第三、在材料选用优化方面,优先选用高强度钢材和耐腐蚀材料。对于吊车梁等关键构件,采用高强度钢材,减少钢材用量;对于有腐蚀性环境的区域,选用耐腐蚀的涂料进行防护,延长结构的使用寿命。经过结构优化设计后,该重型工业车间的工程造价降低了10%,同时建筑的结构性能满足重型生产设备和吊车运行的要求,提高了生产效率和安全性。

结束语

工业建筑结构设计优化是一项兼具理论深度与实践价值的工作。通过遵循科学原则,灵活运用多种优化方法,并在实际项目中积极实践,可显著提升工业建筑的经济性、安全性与可持续性。未来,随着技术进步与理念更新,工业建筑结构设计优化必将持续发展,为工业建筑行业创造更多可能,推动工业建筑向更高效、环保、宜用的方向迈进。

参考文献

- [1]张庚彪.建筑工程结构与地基加固技术分析[J].建筑·建材·装饰,2022(6):64-66.
- [2]田灵敏.建筑工程结构与地基加固技术探究[J].砖瓦世界,2022(11):16-18.
- [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.