

数字化建筑结构设计应用研究

李洪亮

天津市房屋鉴定建筑设计院有限公司 天津 300074

【摘要】：随着建筑行业向智能化、信息化快速转型，数字化技术正在深刻重构建筑结构设计的全流程。BIM 技术、参数化设计和 AI 算法的融合应用，不仅提升了设计精度与效率，更通过数字孪生实现了全生命周期管理。本文简要分析了数字化建筑结构设计应用的意义，并针对数字化建筑结构设计应用存在的问题进行了深入探究，提出了数字化建筑结构设计应用的有效策略，以期共同推动建筑结构设计进入“数字驱动、智能决策”的新阶段。

【关键词】：数字化建筑；结构设计；应用

DOI:10.12417/2811-0722.25.09.064

引言

数字技术在建筑设计中的应用日渐广泛，需对此进行深入理解和研究。采用数字技术研究和探讨建筑结构设计，在设计效率和质量的同时可推动数字技术在建筑设计中的应用和发展。

1 数字化建筑结构设计应用的意义

1.1 提升设计效率，优化资源配置

数字化建筑结构设计依托计算机辅助设计与建筑信息模型等技术，让设计流程朝着自动化与智能化方向迈进。以复杂的曲面空间结构桁架设计为例，为寻求最优结构布置，传统设计需人工反复调整桁架横断面各上下弦杆间距、腹杆布置间距及方向，仅调整一个腹杆间距便涉及巨大工作量；而在数字化参数建模驱动下，设计师借助 grasshopper、Y-GAMA 等专业软件，不仅能在几分钟内完成调整，还可同时设置多个参数条件进行优化，通过算法对结构布局进行自动筛选，迅速生成多样设计方案。这种技术应用彻底改变了传统设计中手工绘图与计算的繁琐状况，大幅缩短了设计所需时间，实现了设计效率的显著提升。同时，数字化技术可以精准地计算材料的用量，通过虚拟仿真对施工过程进行模拟，提前发现可能存在的资源浪费问题，进而对人力、物力和时间资源进行合理配置，为项目缩短工期、降低成本创造了有利条件。

1.2 增强结构安全性，保障建筑质量

数字化设计运用有限元分析、动力响应模拟等技术，能够对建筑结构在地震、风荷载、温度变化等复杂工况下的受力状态进行精确计算。与传统的经验设计相比，它能够更准确地发现结构的薄弱环节，并针对这些环节进行加强处理，从而提高建筑结构的安全储备。此外，数字化技术还可以实现对建筑全生命周期的结构健康监测，通过植入传感器实时采集数据，并与设计模型进行比对，能够提前对结构损伤发出预警，切实保障建筑物在使用过程中的安全与耐久性。

1.3 推动可持续发展，践行绿色理念

在绿色建筑领域，数字化建筑结构设计发挥着关键作用。

据权威研究显示，运用能耗模拟软件优化设计方案，可使建筑运行阶段能耗降低 20%-30%，通过精准调控保温隔热结构与自然通风系统，能显著减少暖通设备使用时长。在材料应用方面，基于数字化模拟选型与循环利用设计，建筑废弃物产生量可减少约 35%，材料回收利用率提升至 60%以上。在生态建筑设计中，数字化技术模拟植物生长与建筑结构融合效果，助力部分项目实现建筑绿化覆盖率超 40%，有效促进建筑与自然环境的和谐共生，为建筑行业的可持续发展提供有力的技术支撑。

1.4 促进产业创新，引领行业变革

数字化建筑结构设计突破了传统设计的思维局限，推动建筑行业向智能化、协同化的方向发展。建筑信息模型技术实现了设计、施工、运维全流程的信息共享与协同作业，加强了各参与方之间的沟通与协作，提高了工作效率，减少了设计变更的发生。参数化设计与生成式设计技术激发了设计师的创新思维，促使新型建筑形态不断涌现，提升了建筑的艺术表现力与功能可能性。同时，数字化技术与人工智能、区块链等前沿技术的融合，正在对建筑行业的生产模式与管理体系进行重塑，引领行业向数字化、信息化转型，为建筑产业的创新发展注入强大动力。

2 数字化建筑结构设计应用存在的问题

2.1 技术体系存在局限性，软件与算法有待完善

当前数字化建筑结构设计的技术体系仍存在明显不足。一方面，不同软件之间的兼容性较差，各厂商开发的设计软件、分析软件和施工模拟软件往往自成体系，数据格式互不兼容，导致设计过程中信息传递不畅，出现数据丢失或错误的情况，影响设计的连续性和准确性。另一方面，算法模型存在一定局限，例如采用现有的 Y-GAMA 对结构进行优化，当设定目标为用钢量最省时，软件会依据用户提供的截面备选尺寸方案进行优化迭代。但实际操作中，最终结果常出现结构某项指标超限的状况，迫使工程师重新设置约束条件进行二次迭代，而这往往导致新结果与最初的最优含钢量目标产生矛盾。这一现象深刻反映出，在结构设计多指标、多构造要求相互制约的复杂

场景下, 现有算法难以精准协调各要素。此外, 现有算法在处理复杂建筑结构的非线性问题、动态荷载作用下的结构响应等方面, 也难以完全模拟实际情况, 可能导致设计结果与实际受力状态存在偏差。加之数字化技术在应对特殊建筑形态和新型结构体系时, 缺乏成熟的技术解决方案, 进一步限制了其在复杂项目中的应用。

2.2 专业人才储备不足, 人才培养机制有待健全

数字化建筑结构设计对人才提出了更高要求, 既需要具备扎实的建筑结构专业知识, 又要熟练掌握数字化技术。然而, 目前行业内此类复合型人才严重短缺。高校相关专业的课程设置未能及时跟上技术发展步伐, 数字化技术教学内容相对滞后, 培养的人才难以满足实际工作需求。企业内部的培训机制也不够完善, 缺乏系统的数字化技术培训计划, 现有设计人员对新技术的接受和应用能力有限, 导致数字化技术在实际项目中的应用效果大打折扣。

2.3 协同管理机制不完善, 信息共享存在障碍

数字化建筑结构设计强调各参与方之间的协同作业, 但设计、施工、运维等各环节的主体往往处于不同的组织体系, 存在利益分歧和沟通壁垒, 难以实现真正的信息共享和协同工作。项目各参与方使用的数字化平台和工具各不相同, 信息传递存在断层, 导致设计变更无法及时传达, 施工过程中出现的问题不能有效反馈到设计环节, 影响项目的整体进度和质量。此外, 缺乏统一的行业标准和规范来指导数字化协同工作, 各参与方在工作流程、数据格式、质量要求等方面存在差异, 增加了协同管理的难度。

2.4 安全与伦理风险凸显, 数据与模型安全需重视

随着数字化技术在建筑结构设计中的广泛应用, 安全与伦理风险日益凸显。数字化设计过程中产生的大量建筑结构数据包含着重要的商业机密和技术信息, 一旦数据泄露或被恶意篡改, 将给企业和项目带来巨大损失。同时, 建筑信息模型(BIM)等数字化模型在存储和传输过程中, 可能受到网络攻击或系统故障的影响, 导致模型损坏或丢失, 影响项目的正常进行。另外, 数字化技术的应用可能引发一些伦理问题, 如算法决策的透明度和可解释性不足, 可能导致设计过程中出现不公平或不合理的情况。同时, 数字化技术对传统建筑设计行业的冲击, 可能引发就业结构的变化, 带来一系列社会问题。

3 数字化建筑结构设计应用的有效策略

3.1 构建兼容性技术体系, 强化算法模型优化

构建兼容性强的技术体系是推动数字化建筑结构设计发展的基础。可通过建立统一的数据交互标准, 打破不同软件之间的壁垒, 实现设计、分析、施工模拟等软件的数据互通与共享。例如: 设计部门可以采用通用的数据格式如 IFC (工业基础类), 使不同厂商的软件能够读取和处理相同的模型数据,

确保设计过程中信息的连续性和准确性。同时, 加大对算法模型的研发投入, 针对复杂建筑结构的非线性问题和动态荷载作用下的结构响应等难点, 引入机器学习、深度学习等先进技术, 不断优化算法模型, 提高其对实际情况的模拟能力。此外, 针对特殊建筑形态和新型结构体系, 组织行业内的技术力量进行联合攻关, 开发专门的技术解决方案, 拓展数字化技术在复杂项目中的应用范围, 以此有效解决技术体系存在的局限性问題, 提升数字化建筑结构设计的技术水平。

3.2 完善人才培养机制, 加强复合型人才队伍建设

完善人才培养机制是解决专业人才储备不足问题的关键。高校应根据行业发展需求, 及时调整相关专业的课程设置, 增加数字化技术相关课程的比重, 将最新的数字化技术知识融入教学内容, 培养具备扎实专业知识和熟练数字化技术的复合型人才。例如: 在建筑学专业课程中, 增设建筑信息模型(BIM)技术、参数化设计等课程, 让学生在学习专业知识的同时掌握数字化技能。企业也应建立系统的数字化技术培训计划, 定期组织员工参加培训, 提升现有设计人员对新技术的接受和应用能力。可以通过内部培训、外部专家讲座、项目实践等多种方式, 让员工在实际工作中不断学习和掌握数字化技术。另外, 行业应提高对数字化人才的吸引力, 通过改善工作环境、提供良好的职业发展空间和待遇等措施, 减少人才流失, 吸引更多优秀人才加入数字化建筑结构设计领域。

3.3 建立协同管理平台, 优化信息共享机制

建立协同管理平台是解决协同管理机制不完善问题的有效途径。由项目各参与方共同参与, 搭建一个统一的数字化协同管理平台, 实现设计、施工、运维等各环节的信息共享和协同作业。例如: 在平台上制定统一的工作流程和标准, 各参与方按照标准进行工作和数据提交, 确保信息的一致性和可追溯性。通过协同管理平台, 设计变更能够及时传达给施工和运维环节, 施工过程中出现的问题也能快速反馈到设计环节, 实现各环节之间的高效沟通和协作。同时, 行业应制定统一的数字化协同工作标准和规范, 明确各参与方在工作流程、数据格式、质量要求等方面的责任和义务, 减少因标准不统一而带来的协同管理难度, 从而有效打破各参与方之间的利益分歧和沟通壁垒, 提高项目的整体进度和质量。

3.4 强化安全防护措施, 建立伦理风险防控体系

强化安全防护措施和建立伦理风险防控体系是应对安全与伦理风险的重要手段。在数据安全方面, 企业应建立完善的数据安全管理制度, 加强对建筑结构数据的存储、传输和使用管理, 采用加密技术、访问控制技术, 防止数据泄露和恶意篡改。对重要的建筑结构数据进行加密存储, 设置严格的访问权限, 只有授权人员才能访问和操作数据。在模型安全方面, 加强对建筑信息模型(BIM)等数字化模型的备份和恢复机制,

定期对模型进行备份,确保在受到网络攻击或系统故障时能够快速恢复模型,不影响项目的正常进行。例如,在使用算法进行设计方案优化时,向相关人员解释算法的原理和决策过程,避免出现不公平或不合理的情况。同时,关注数字化技术对传统建筑设计行业就业结构的影响,制定相应的应对措施,减少社会问题的发生,保障数字化建筑结构设计的安全可靠发展。

3.5 推动行业标准制定,促进技术规范化发展

推动行业标准制定是促进数字化建筑结构设计规范化发展的重要保障。行业主管部门应组织相关企业、高校和科研机构,共同制定数字化建筑结构设计的行业标准和规范,涵盖软件应用、数据交互、设计流程、质量控制等各个方面。例如,制定数字化建筑结构设计软件的功能要求和性能指标,规范数据交互的格式和标准,明确设计流程中的各个环节和质量要求。通过制定统一的行业标准,能够减少不同企业和项目之间的差异,提高数字化技术的通用性和可操作性,促进技术的规范化发展。同时,加强对行业标准的宣传和推广,引导企业按照标准进行数字化建筑结构设计,提高行业的整体水平。另外,随着技术的不断发展,及时对行业标准进行修订和完善,确保标准能够适应技术发展的需求。通过推动行业标准制定,为数字化建筑结构设计的健康发展提供制度保障。

3.6 鼓励技术创新与应用,推动行业转型升级

鼓励技术创新与应用是推动数字化建筑结构设计行业转

型升级的核心动力。企业应加大对技术创新的投入,设立专门的研发部门,积极开展数字化技术在建筑结构设计中的创新应用研究。例如,探索人工智能、区块链、虚拟现实等前沿技术与数字化建筑结构设计的融合应用,开发新的设计工具和方法,提高设计效率和质量。同时,政府应出台相关的扶持政策,鼓励企业进行技术创新和应用,对创新成果突出的企业给予一定的奖励和补贴。行业协会应组织开展技术创新交流活动,搭建企业之间、企业与高校和科研机构之间的合作平台,促进技术创新成果的转化和应用。通过鼓励技术创新与应用,推动数字化建筑结构设计行业不断推出新的技术和产品,提升行业的核心竞争力,实现行业的转型升级。例如:借助虚拟现实技术,设计师可以在虚拟环境中对建筑结构进行可视化设计和验证,提前发现设计中的问题,提高设计的准确性和可靠性。通过技术创新与应用,为数字化建筑结构设计的发展注入持续的动力,推动建筑行业向智能化、数字化方向发展。

总而言之,数字化技术可提高建筑结构设计效率、提升设计质量、降低设计错误和风险。数字技术在建筑结构设计中的应用包括数值模拟、3D建模、虚拟现实、大数据分析等。当前,应用数字化技术存在诸多挑战,如技术发展和应用不平衡、行业标准缺乏等,需要从业者和研究者共同努力以寻求解决策略。未来需在实践中不断探索如何更有效地应用数字技术、解决现存问题、制定行业标准,推动建筑结构设计领域的发展与进步。

参考文献:

- [1] 彭昱翔,韦峻峰.建筑结构设计中考虑环境适应性的优化方法[J].石材,2025,(06):66-68.
- [2] 叶依林.高层建筑结构概念设计和受力原理[J].工程建设与设计,2025,(10):16-18.
- [3] 李城.试析建筑结构设计剪力墙结构设计[J].城市建设理论研究(电子版),2025,(15):169-171.
- [4] 凌云飞.聚焦智能建造探索建筑企业数字化转型[J].中国建设信息化,2024,(20):40-42.
- [5] 孙鸿轩,梁智鹏.基于数字化技术的建筑艺术美学特征探析[J].艺术教育,2024,(07):236-239.
- [6] 李晓朋.基于数字化技术的建筑设计创新与应用研究[J].中华建设,2024,(01):96-98.