

建筑给排水与消防设计的协同优化策略研究

曾祥国

广东 广州 510000

DOI:10.61369/ADA.2024050017

摘要：建筑给排水与消防设计的协同优化至关重要。其面临资源分配矛盾、管网整合难点等问题。全寿命周期成本模型、安全效能评价体系等为优化提供依据，BIM技术集成、智能水力计算平台等助力优化。此外，中水回用、雨水收集等系统优化及多种协同优化策略，能满足功能需求，促进绿色建筑发展，符合可持续发展要求。

关键词：建筑给排水；消防设计；协同优化

Research on Collaborative Optimization Strategies for Building Water Supply, Drainage, and Fire Protection Design

Zeng Xiangguo

Guangzhou, Guangdong 510000

Abstract : The collaborative optimization of building water supply, drainage, and fire protection design is of vital importance. It faces challenges such as resource allocation conflicts and difficulties in pipeline integration. The full life-cycle cost model and safety performance evaluation system provide a basis for optimization, while the integration of BIM technology and intelligent hydraulic calculation platforms assist in the optimization process. In addition, the optimization of systems such as reclaimed water reuse and rainwater harvesting, along with various collaborative optimization strategies, can meet functional requirements, promote the development of green buildings, and meet the requirements of sustainable development.

Keywords : building water supply and drainage; fire protection design; collaborative optimization

引言

随着可持续发展理念的深入，建筑给排水与消防设计的协同优化愈发关键。2021年颁布的《绿色建筑评价标准》强调建筑节水节能与安全性能。建筑给排水系统的给水、排水、节水节能功能与消防设计紧密相连，却面临资源分配、管网整合等矛盾与难点。通过全寿命周期成本模型、安全效能评价体系等可提供科学依据，而BIM技术、智能水力计算平台等助力协同优化。同时，中水回用、雨水收集等系统及多种技术策略的应用，旨在平衡两者功能需求，符合最新政策导向，提升建筑整体性能与安全性。

一、建筑给排水与消防设计的理论基础

(一) 建筑给排水系统核心功能

建筑给排水系统的核心功能主要涵盖给水、排水及节水节能等方面。给水功能旨在为建筑内各用水点提供满足水质、水量和水压要求的生活、生产等用水。其需精准计算用水量，依据建筑类型、使用人数等确定合理的供水参数。排水功能则是及时顺畅地排除建筑内产生的生活污水、废水及屋面雨水等，要合理规划排水管道走向与坡度，防止堵塞与积水。而节水节能作为重要功能，一方面通过推广使用节水器具，如节水型水龙头、便器等，降低水资源浪费；另一方面采用节能设备与技术，像水泵的变频调速控制，减少能耗。这不仅符合可持续发展理念，还能有效降低建筑运营成本^[1]。

(二) 消防设计规范体系

消防设计规范体系在建筑给排水与消防设计中起着关键的指导作用。国家消防技术标准对建筑消防设计进行了全面且细致的规定^[2]。这些标准从多个维度出发，涵盖了消防水源保障与设施布置等重要方面。在消防水源保障上，明确规定了水源的选择、水量与水质要求，以确保在火灾发生时，消防用水能够持续且可靠供应。对于设施布置，对各类消防设施，如消防栓、自动喷水灭火系统等的位置、间距、安装高度等都有严格规范，旨在保证这些设施在火灾现场能有效发挥作用，及时控制火势、扑灭火灾。这些规范要求相互关联、相辅相成，构成了一个完整的体系，为建筑给排水与消防设计提供了坚实的理论依据和实践准则，以保障建筑消防安全。

二、协同设计的矛盾分析与技术瓶颈

(一) 系统功能需求冲突

在建筑给排水与消防设计的协同优化中，给排水节能要求与消防用水保障之间存在显著的资源分配矛盾。给排水节能旨在减少水资源浪费，通过诸如节水器具应用、雨水收集利用等措施，降低建筑整体用水量。然而，消防用水保障要求在火灾发生时，能迅速且持续地提供大量水源，以满足灭火及救援需求^[3]。这就导致在资源分配上，一方面要考虑日常给排水的节能，另一方面又需确保消防用水的充足储备与快速供应。例如，节水器具虽能降低日常用水，但可能影响消防系统初期的压力及流量；雨水收集系统若设计不当，在火灾紧急时刻，无法及时转换为可靠的消防水源。这种矛盾使得设计师在平衡两者需求时面临巨大挑战，难以同时实现高效节能与可靠的消防保障。

(二) 管网系统整合难点

在建筑给排水与消防设计的协同优化中，管网系统整合存在诸多难点。共用管网的水力计算存在显著差异，给排水系统与消防系统对流量、压力等水力参数的要求不同，给排水系统需满足日常用水需求，注重水流平稳及水量分配，而消防系统在火灾时需短时间内提供大量高压水，这种差异导致统一水力计算复杂，难以兼顾二者需求^[4]。防污染技术也是一大难点，给排水系统要防止水质污染，保障生活用水安全，而消防系统长期处于待命状态，水质易受影响，一旦消防水倒流至生活给水管网，会造成严重的水质污染问题。此外，应急切换面临挑战，当火灾发生时，需快速、可靠地从正常给排水状态切换至消防供水状态，对切换装置及控制系统的可靠性、响应速度要求极高，确保关键时刻能正常工作并非易事。

三、协同优化框架构建

(一) 多目标优化体系

1. 全寿命周期成本模型

全寿命周期成本模型在建筑给排水与消防设计协同优化中至关重要。该模型综合考虑建设成本、运维费用及能耗指标等多个维度。建设成本包含给排水与消防系统设备采购、安装等直接费用，这是项目初期的主要支出。运维费用则涵盖设备维修、管道检测、人员管理等长期持续的开支，其随时间推移对总成本影响显著。能耗指标方面，给排水系统的水泵运行、消防系统的稳压设备耗能等都需精确核算。通过建立这样的综合评价模型，能有效评估不同设计方案在全寿命周期内的成本效益，为设计方案的优化提供科学依据，使建筑给排水与消防设计在满足功能需求的同时，实现成本的合理控制^[5]。

2. 安全效能评价体系

安全效能评价体系需构建消防响应时效、用水可靠性等安全性能的量化评估标准。对于消防响应时效，要明确从火灾发生到消防系统启动并有效喷水灭火的时间界限，考量不同建筑类型、规模下的合理响应时间，如高层建筑因火势蔓延快，响应时间

应严格控制在较短范围^[6]。用水可靠性方面，需评估水源的稳定性、供水管网的可靠性等。比如分析市政水源故障时，消防水池及水箱等备用水源能否及时、足量供水，确保消防用水不中断。同时，还应综合考虑不同季节、天气等因素对用水可靠性的影响，通过这些量化标准，全面、科学地评估建筑给排水与消防设计在安全效能方面的表现，为协同优化提供准确依据。

(二) 数字化协同设计路径

1.BIM 技术集成应用

在建筑给排水与消防设计的协同优化中，BIM 技术集成应用意义重大。通过研究 BIM 模型中的参数化设计方法，能够实现对给排水与消防系统各构件的精准定义与灵活调整。设计人员可依据实际需求设定管径、喷头间距等参数，系统自动生成相应模型，极大提高设计效率与准确性。同时，碰撞检测机制发挥着关键作用。在 BIM 模型中整合给排水与消防设计信息，利用碰撞检测工具，能快速发现管道与结构构件、其他设备间的碰撞问题^[7]。提前解决这些潜在冲突，避免施工阶段的设计变更与返工，有效节约成本与时间。借助 BIM 技术的参数化设计与碰撞检测，实现建筑给排水与消防设计的高效协同优化。

2. 智能水力计算平台

智能水力计算平台在建筑给排水与消防设计协同优化中具有关键作用。平台应基于开发的适应双系统联合工况的动态水力仿真算法^[8]，实现对给排水与消防系统水流状态的精确模拟。能够快速且准确地计算不同工况下管道内的流量、压力等参数，为设计人员提供详细且可靠的数据支持。借助这一平台，设计人员可直观看到双系统联合运行的效果，及时发现设计中潜在的水力问题，如压力不足、流量分配不均等。同时，平台还应具备良好的交互性，方便设计人员输入不同的设计参数进行模拟对比，从而优化设计方案，达到给排水与消防系统在水力性能上的协同优化，提升建筑整体的安全性与实用性。

四、协同优化技术策略

(一) 节水节能技术整合

1. 中水回用系统优化

在建筑给排水与消防设计的协同优化中，中水回用系统优化至关重要。中水回用系统能有效提高水资源利用率，减少对新鲜水资源的依赖。对于消防贮水池与中水系统的耦合设计，应合理规划两者的连接方式与水量分配，确保在满足消防用水需求的同时，不影响中水系统的正常运行。例如，通过精确计算消防用水量及中水产生量，优化中水储存容积，使得中水可作为消防备用水源得以高效利用。同时，为保障中水水质，需采用先进的水质净化技术，如膜过滤、消毒等工艺^[9]，去除水中杂质、细菌等有害物质，确保中水符合消防用水水质标准，避免对消防设备造成损害，实现建筑给排水与消防设计在节水节能方面的协同优化。

2. 变频恒压供水策略

在建筑给排水与消防设计的协同优化策略研究中，变频恒压供水策略是节水节能技术整合的关键环节。该策略借助智能压力

调控算法，依据实际用水需求实时调整水泵运行频率，从而维持供水压力恒定^[10]。在双系统联合工况下，系统能够智能感知不同时段、不同区域的用水变化，精确计算所需压力值，避免因供水压力过高造成水资源浪费，同时确保消防用水的可靠供应。通过精准调控水泵电机转速，不仅减少了能源消耗，还延长了水泵及相关设备的使用寿命。此策略还能提升整个给排水与消防系统的稳定性和可靠性，为建筑提供高效、节能且安全的供水保障，实现节水节能与消防功能的协同优化。

（二）绿色建筑技术协同

1. 雨水收集系统整合

在建筑给排水与消防设计协同优化中，雨水收集系统整合至关重要。需从源头把控，科学规划雨水收集区域，依据建筑周边地形、屋面形式等确定收集范围与方式。屋面雨水可通过天沟、雨水斗等收集，地面雨水借助雨水口汇入收集管网。在收集过程中，注重水质初处理，设置截污挂篮、沉砂池等去除杂物与泥沙，减轻后续处理压力。处理后的雨水经调节池储存，调节池规模应根据当地降雨特征、建筑用水需求等精确计算确定。同时，要将雨水收集系统与消防水源补充有机结合，构建联合调蓄方案，通过智能控制系统，在满足日常给排水需求基础上，及时为消防用水储备水源，实现水资源高效利用与消防用水安全保障的协同优化。

2. 低影响开发 (LID) 技术

在建筑给排水与消防设计的协同优化中，低影响开发 (LID) 技术发挥着关键作用。LID 技术强调通过模仿自然水文循环，减少开发活动对城市水文的负面影响。在给排水设计方面，可运用雨水花园、绿色屋顶等 LID 设施，有效收集和净化雨水，补充城市水资源，同时降低地表径流峰值，减轻排水系统压力。对于消防设计，借助 LID 技术营造的良好水文环境，能为消防用水提供更可靠的水源保障。例如，雨水收集系统收集的雨水经处理后可作为消防备用水源。此外，LID 设施有助于改善场地微气候，降低火灾发生风险，从源头协同优化建筑给排水与消防设计，实现绿色、高效、安全的建筑功能。

（三）安全冗余系统设计

1. 管网应急切换机制

在建筑给排水与消防设计的协同优化策略中，管网应急切换机制至关重要。该机制要确保在突发状况下，给排水系统与消防

系统能迅速且稳定地切换。需依据建筑的功能、规模以及风险等級等因素，科学规划应急切换路径。例如，对于大型商业建筑，应设置多条备用供水线路，当主供水管网出现故障时，能自动切换至备用线路，保障消防用水不间断。同时，借助智能监测设备实时监控管网运行状态，一旦检测到压力异常或流量突变等故障信号，立即触发应急切换程序。此外，要定期对应急切换设备进行维护与测试，保证其可靠性与灵敏性，确保在关键时刻给排水与消防系统能协同运作，有效应对各类紧急情况，保障建筑的安全。

2. 消毒保障系统优化

在建筑给排水与消防设计协同优化中，消毒保障系统优化至关重要。首先，应合理选择消毒剂，针对不同用途的水体，如生活用水和消防用水，要充分考虑消毒剂的适用性，确保既能有效杀菌消毒，又不会对人体健康和管道设备造成不良影响。其次，优化消毒设备的布置，依据水流特性和管道布局，科学确定消毒设备位置，使消毒剂能均匀扩散，保证消毒效果。再者，建立水质监测机制，定期对给排水和消防系统的水质进行检测，及时掌握水质变化情况，根据检测结果灵活调整消毒方式与剂量。通过这些措施，实现消毒保障系统的优化，降低给排水与消防系统水质交叉污染风险，提升建筑给排水与消防设计的协同性与安全性。

五、总结

建筑给排水与消防设计的协同优化，对提升建筑整体性能与安全性至关重要。提炼出的协同优化理论框架与技术体系，为实际设计工作提供了科学的指导与可行的方法，促使设计人员在实践中更好地平衡给排水与消防系统的功能需求。双系统联合设计不仅能有效满足建筑基本的用水与安全需求，更对绿色建筑发展起到显著的促进作用，符合可持续发展的时代要求。同时，智慧水务技术的不断发展为协同设计带来新的提升空间，有望借助智能化手段实现更高效、精准的给排水与消防设计协同。未来，应进一步深化对这些协同优化策略的研究与应用，充分挖掘双系统联合设计及智慧水务技术的潜力，推动建筑给排水与消防设计不断迈向新高度。

参考文献

- [1] 朱元飞. 基于 BIM 的建筑给排水设计施工优化及二次开发 [D]. 南昌大学, 2023.
- [2] 陈维杰. 综合医院消防设计与管理优化研究 [D]. 广东工业大学, 2022.
- [3] 吕洁丽. 城轨列车运行策略与时刻表节能协同优化研究 [D]. 兰州交通大学, 2022.
- [4] 孙乾. 基于 OpenFlow 的 SDN 网络云边协同优化研究与设计 [D]. 东南大学, 2021.
- [5] 李佩瑾. 基于 LEZ 的环保型限速与排放收费策略协同优化研究 [D]. 首都经济贸易大学, 2021.
- [6] 葛葛鹏. 某工业建筑给排水及消防设计实践与探讨 [J]. 工程建设与设计, 2021(1): 52–53, 69.
- [7] 刘钝. 建筑给排水消防设计研究 [J]. 建筑与装饰, 2022(4): 55–57.
- [8] 孙智勇. 浅谈建筑室内给排水消防设计策略 [J]. 砖瓦世界, 2022(13): 169–171.
- [9] 王尚攀. 高层建筑给排水消防设计方法研究 [J]. 今日消防, 2022, 7(1): 85–87.
- [10] 王舒频. 建筑给排水消防设计问题的探讨 [J]. 江西建材, 2021(5): 54, 56.