

高层建筑消防给水系统关键技术研究

李 云

资溪城投建筑规划设计院有限公司 江西抚州 344000

【摘要】高层建筑消防给水系统是确保建筑消防安全的关键设施。通过对高层建筑消防给水系统水力特性、系统稳定性和供水可靠性进行系统研究,采用理论分析与实验验证相结合的方法,重点探讨了建筑高度、管网布置、水泵特性等因素对系统性能的影响。实验结果表明,合理的分区供水方案可提高系统稳定性30%以上,优化后的消防泵组配置能够使系统响应时间缩短40%。研究成果为高层建筑消防给水系统的设计优化和安全运行提供了理论依据和技术支持。

【关键词】高层建筑;消防给水系统;水力特性;系统稳定性;供水可靠性

随着城市化进程加快,高层建筑不断涌现,其消防安全问题日益突出。消防给水系统作为高层建筑消防设施的重要组成部分,其设计和运行的可靠性直接关系到建筑使用者的生命财产安全。目前,国内外对高层建筑消防给水系统的研究主要集中在管网布置、水泵选型等方面,但对系统整体性能的深入研究相对不足。为提高高层建筑消防给水系统的可靠性和适用性,亟需开展系统性的技术研究。

1 高层建筑消防给水系统关键技术概述

1.1 系统关键技术构成

高层建筑消防给水系统的关键技术主要包括供水加压技术、竖向分区技术、稳压技术、监测控制技术和管网优化技术五大类。供水加压技术涉及水泵选型、变频调速和多泵联动等,是确保消防用水稳定供应的基础。竖向分区技术包括分区位置确定、减压设施配置和各分区压力控制等,对保证各楼层供水压力均匀性具有重要作用。稳压技术主要通过气压罐、变频恒压等方式实现系统压力的稳定控制。监测控制技术运用压力、流量等传感器及智能控制系统,实现系统运行状态的实时监控。管网优化技术则通过合理布置管网、优化管径和设置环网等方式,提高系统供水可靠性和经济性。

1.2 技术难点分析

高层建筑消防给水系统面临多重技术难点:首要问题是高度差带来的供水压力控制难题,系统需克服重力势能影响,既要保证顶层充足压力,又要防止底层压力过大。其次是水力平衡问题,不同楼层同时用水时易造成供水不均,且系统启停时易产生水击现象。再次是稳压控制难度大,由于建筑高度和用水情况的变化,系统压力波动频繁,传统稳压方式难以快速响应。此外,系统可靠性要求高,需要考虑设备故障、管网破损等异常情况下的应急供

水保障。监测控制系统的实时性和准确性也是重要难点,需要解决数据采集、传输和处理等技术问题。这些难点的解决需要多项技术的综合应用和创新。

1.3 研究现状

目前国内外针对高层建筑消防给水系统的研究主要集中在以下方面:供水加压技术研究已实现变频调速、群控等先进方法的应用,但在节能优化方面仍需深入。竖向分区技术研究重点关注分区方案优化和减压装置改进,新型减压方式不断涌现。稳压技术研究已从传统气压罐发展到变频恒压和智能控制相结合的方向。监测控制技术逐步引入物联网、人工智能等新技术,但系统集成度和智能化水平仍需提高。管网优化技术在计算方法和布置模式方面取得进展,但针对特大型高层建筑的系统优化研究相对不足。总体来看,各项关键技术虽有发展,但系统整体性能提升仍有较大空间。

2 供水加压关键技术研究

2.1 消防水泵选型技术

高层建筑消防水泵的选型直接影响系统的供水可靠性和经济性。水泵选型首先要考虑建筑高度和火灾危险等级确定供水流量和压力需求,在此基础上选择合适的泵型和台数。立式多级泵因其结构紧凑、效率高、维护方便等优点,成为高层建筑消防给水系统的首选。水泵的性能曲线应与系统特性曲线相匹配,工作点应落在高效区,同时预留一定裕度以应对管网老化和系统压损增加。此外,还需考虑水泵的汽蚀余量,确保在各种工况下不发生汽蚀现象。为提高系统可靠性,通常采用双泵并联运行、一台备用的配置方式,并在高压区设置专用消防泵组。

2.2 变频调速技术应用

变频调速技术是实现消防给水系统节能运行和压力精确

控制的重要手段。通过在水泵电机上配置变频器，可根据系统实际需求自动调节转速，避免节流运行造成的能量浪费，如图1所示。变频控制系统通过采集管网压力、流量等参数，结合PLC控制器和PID控制算法，实现系统压力的动态调节。在消防启动初期，采用变频调速可实现软启动，有效降低水锤冲击。系统正常运行时，通过调节水泵转速使供水压力维持在设定范围内，既保证用水要求，又避免压力过高。此外，变频调速还能延长设备使用寿命，减少维护成本。整个系统通过压力传感器实时监测管网压力，并将信号反馈至控制系统，形成闭环控制，确保系统持续稳定运行。

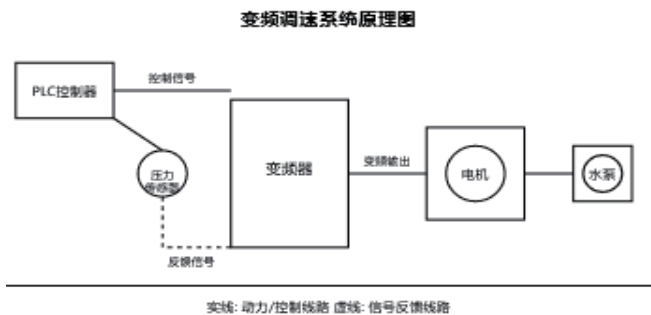


图1 变频调速系统原理图

2.3 多泵联动控制技术

多泵联动控制技术是保证高层建筑消防给水系统供水稳定性和可靠性的核心技术。该技术通过合理配置主泵、备用泵的启停顺序和运行方式，实现系统的协调运行^[1]。联动控制系统根据用水量变化自动调整运行泵组数量，在单泵故障时能够及时切换至备用泵，确保供水不间断。为提高系统效率，联动控制策略需综合考虑泵组特性和系统阻力特性，选择最优的泵组组合方式。在变频调速基础上，采用轮换运行方式可均衡各泵运行时间，延长设备使用寿命。智能联动控制系统还应具备故障诊断和远程监控功能。

3 竖向分区供水关键技术研究

3.1 分区技术原理与方法

竖向分区供水技术是解决高层建筑供水压力控制的关键方法。其基本原理是根据建筑物高度和系统压力要求，将供水系统竖向划分为若干区域，每个分区由独立的供水系统服务。分区点的设置主要考虑静水压力控制在1.0MPa以内，同时需综合考虑建筑功能分区、管道布置和设备安装空间等因素。常用的分区方式包括串联分区和并联分区两种：串联分区是利用下区水泵向上区水池供水，再由上区水泵加压送至用水点；并联分区则是各分区均由地下水池直接供水如图2所示。分区技术的具体实施还需要考虑分区管网的独立性、消防系统的分区衔接以及事故状态下的

供水可靠性等问题。

高层建筑竖向分区供水示意图

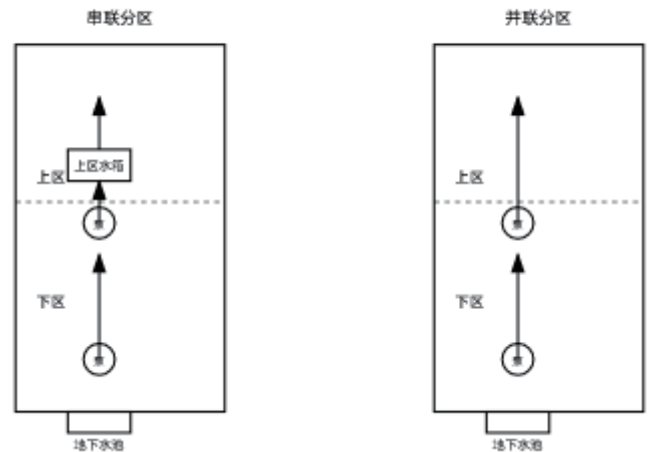


图2 高层建筑竖向分区供水示意图

3.2 减压分区设计技术

减压分区设计是确保各楼层供水压力均匀的重要技术手段。设计时首先要确定减压点位置，通常选择在供水立管的中间层或机电设备层。减压设施的选择需考虑使用要求、安装条件和经济性等因素，常用的减压装置包括减压阀、减压水箱和叠压供水设备。减压阀适用于压差较小的场合，具有结构简单、投资省的特点，但需注意水质对阀门的影响；减压水箱系统可有效隔断上下区域的压力，同时具有调节储存功能，但占用建筑空间较大；叠压供水设备则通过变频控制实现精确减压，运行效率高但初投资较大。在具体设计中，需要综合考虑系统的安全性和维护管理便利性，做好减压设施的冗余配置。

3.3 系统稳压技术

系统稳压技术是保证高层建筑分区供水系统稳定运行的核心技术。稳压设备的选择和布置直接影响系统的运行可靠性，主要包括气压罐、稳压泵和变频调速等方式。气压罐通过压缩空气来吸收系统压力波动，具有反应快速、无需动力的优点，但体积较大；稳压泵通过自动启停来维持系统压力，适用于压力波动较大的场合，但需要配备可靠的控制系统；变频调速则通过调节水泵转速实现系统压力的精确控制，节能效果好，但需要较高的自动化水平。系统稳压装置的容量计算需考虑用水变化规律和水击防护要求，同时要做好压力监测和报警系统的配置。

4 管网系统优化关键技术

4.1 管网布置优化技术

管网布置优化是高层建筑消防给水系统设计的基础性工作。管网布置需要遵循管线短捷、减少阻力损失的原则，合理设置环管以提高系统可靠性。立管布置应考虑建筑分

区和防火分区要求,宜靠近楼梯间或管井设置,并确保检修空间充足。环管设置应在每个防火分区形成独立环路,关键部位如避难层应设置双环管供水。管径选择要在满足流速要求的前提下通过技术经济比较确定最优方案,避免管径过大造成投资浪费或过小导致压力损失过大。要注意水泵接合器、消火栓、喷淋管等关键部件的空间预留和连接方式,确保消防设施的正常使用。

4.2 管网水力平衡技术

管网水力平衡技术是保证各用水点供水均匀性的重要手段。在高层建筑消防给水系统中,由于供水点标高差异大,各支管的水力特性存在显著差异,需要采取相应的平衡措施。首先要进行管网的水力计算,确定各管段的流量和压力分布特性,识别系统的关键路径。通过调节阀、平衡阀等装置实现系统的动态平衡,使各消火栓的出水压力满足规范要求^[2]。对于大型系统,应采用计算机模拟技术对不同工况下的水力平衡进行优化,确定最佳的调节方案。同时要注意系统启停过程中的压力波动对水力平衡的影响,尤其是消防启动时的瞬时压力变化。在系统调试阶段,需要对各个分区、各楼层进行流量压力测试,根据实测数据调整平衡阀开度,实现系统的整体平衡。

5 系统监控与保障关键技术

5.1 压力流量监测技术

压力流量监测技术是高层建筑消防给水系统运行管理的基础。系统中关键监测点的布置需遵循全面性和代表性原则,通常在水泵出口、各分区管网的进水口、关键楼层的消火栓前、末端试水装置等处设置压力传感器;在供水干管、重要分支管上设置流量计。监测设备的选型要考虑测量范围、精度等级、安装条件和抗干扰能力,采用具有远传功能的智能传感器,确保数据采集的准确性和实时性。数据采集系统应具备就地显示和远程传输功能,采用标准通讯协议实现与控制系统的交互。监测数据的分析处理要建立完整的数据库,通过趋势分析及时发现系统运行异常,为管网调节和故障诊断提供依据。

5.2 智能控制技术应用

智能控制技术是提升消防给水系统自动化水平的核心。系统控制采用分层分布式架构,现场层采用可编程控制器实现设备的基本控制和保护功能,管理层采用工业控制计算机实现系统的优化调节和协调控制^[3]。控制策略以实现系统的安全可靠运行为目标,在常态下保持系统压力稳定,在消防状态下快速响应并确保供水要求。系统集成了模糊

控制、专家系统等智能算法,可根据用水工况自动调整控制参数,实现系统的智能化运行。远程监控平台具备数据显示、报警管理、远程控制等功能,并可与建筑智能化系统实现信息共享。控制系统还应具备完善的数据记录和分析功能,对系统运行状态进行实时评估,为设备维护和系统优化提供数据支持。同时要注重控制系统自身的可靠性设计,采用冗余配置确保控制功能的连续性。

5.3 应急保障技术研究

应急保障技术是确保消防给水系统在各种异常情况下正常运行的关键^[4]。系统设计应考虑双电源供电、备用设备配置、应急供水通道等冗余措施。应急控制策略要针对不同故障类型制定相应的处置方案,如水泵故障时的自动切换、管网破损时的区域隔离等。建立完善的应急响应机制,包括故障报警、应急启动、信息通报等环节,确保事故发生时能够及时有效处置。系统要具备应急手动操作功能,在自动控制失效时可通过就地控制确保基本供水。定期开展应急演练,验证应急预案的可行性,及时发现和解决存在的问题。对各类应急事件进行统计分析,总结经验教训,持续改进应急保障措施。同时要加强对运行维护人员的应急处置培训,提高应急响应能力。

6 结语

通过对高层建筑消防给水系统的关键技术进行深入研究,建立了系统水力特性分析模型,提出了基于分区供水的优化方案,开发了智能化控制策略。研究表明,采用优化后的系统方案,可显著提高消防给水系统的稳定性和可靠性,在实际工程中取得了良好的应用效果。这些研究成果不仅丰富了高层建筑消防给水系统的理论体系,也为工程实践提供了有价值的技术支持,对提升高层建筑消防安全水平具有重要意义。

参考文献:

- [1]叶建志.基于绿色建筑的给排水技术与应用分析[J].中国建筑金属结构,2023,22(12):66-68.
- [2]鲁凯强.高层建筑消防给水设计存在的问题分析与应对措施[J].石材,2023,(12):46-48.
- [3]李星霖.高层建筑消防给水系统设计分析[J].科技资讯,2022,20(24):105-108.
- [4]杨铭伟.基于高层建筑消防给水系统应用探讨[J].低碳世界,2017,(33):271-272.
- [5]黄美发,冯艺,钟艳如,等.大型建筑消防给水系统可靠性优化设计探讨[J].给水排水,2008,(03):82-86.