

# 高层建筑暖通系统中的竖向压力平衡与水力稳定性研究

逯晓玉

河北建筑设计研究院有限责任公司, 河北 石家庄 050000

[摘要]高层建筑暖通系统的设计中, 竖向压力平衡与水力稳定性是确保系统高效、稳定运行的关键因素。本研究旨在探讨如何通过优化设计实现高层建筑暖通系统的竖向压力平衡, 并提升系统的水力稳定性。通过对不同高度层的压力分布特性进行分析, 结合实际案例研究, 提出了一系列改进措施, 包括但不限于优化管道布局、调整泵的选择和配置等, 以期对相关工程实践提供理论依据和技术支持。研究表明, 合理的竖向压力平衡策略能够显著提高系统的能效比, 减少能源消耗, 同时保证室内环境的舒适度。

[关键词]高层建筑; 暖通系统; 竖向压力平衡; 水力稳定性; 优化设计

DOI: 10.33142/aem.v7i5.16797

中图分类号: TU995

文献标识码: A

## Research on Vertical Pressure Balance and Hydraulic Stability in HVAC Systems of High-rise Buildings

LU Xiaoyu

Hebei Institute of Architectural Design & Research Co., Ltd., Shijiazhuang, Hebei, 050000, China

**Abstract:** In the design of HVAC systems for high-rise buildings, vertical pressure balance and hydraulic stability are key factors to ensure efficient and stable operation of the system. This study aims to explore how to achieve vertical pressure balance in high-rise building HVAC systems through optimized design and improve the hydraulic stability of the system. By analyzing the pressure distribution characteristics at different heights and combining practical case studies, a series of improvement measures have been proposed, including but not limited to optimizing pipeline layout, adjusting pump selection and configuration, etc., in order to provide theoretical basis and technical support for relevant engineering practices. Research has shown that a reasonable vertical pressure balance strategy can significantly improve the energy efficiency ratio of the system, reduce energy consumption, and ensure indoor environmental comfort.

**Keywords:** high-rise buildings; HVAC system; vertical pressure balance; hydraulic stability; optimization design

### 引言

高层建筑暖通系统的设计面临建筑物高度带来的技术挑战, 尤其是竖向压力平衡与水力稳定性。一个有效的系统需满足不同区域的温度需求, 同时在不增加过多能耗的情况下保持稳定。随着城市化的推进, 超高层建筑日益增多, 对暖通系统设计的要求也更加严格。现有研究多关注于系统整体性能的提升, 较少探讨竖向压力平衡及其对水力稳定性的影响。深入研究这一领域, 有助于解决当前工程技术难题, 并为未来建筑设计提供新思路。本文聚焦于高层建筑暖通系统的竖向压力平衡与水力稳定性, 通过探索优化设计方案, 旨在为行业提供有价值的参考和实践指导。

### 1 高层建筑暖通系统竖向压力失衡现状及成因分析

高层建筑暖通系统在实际运行中面临着诸多挑战, 其中竖向压力失衡问题尤为突出。建筑物高度的增加导致了水力系统的复杂性上升, 不同楼层之间的压力差异显著, 这直接影响到整个系统的稳定性和效率。在超高层建筑中, 由于重力作用和管道阻力的影响, 底层与顶层之间的水压

差可能达到数倍之多, 从而导致某些区域供水不足或过量。这种情况不仅影响了用户的舒适度, 还可能导致设备的过度磨损和能源的浪费。为了解决这些问题, 必须深入理解造成竖向压力失衡的原因, 包括建筑设计阶段对管道布局的不合理规划、泵的选择不当以及缺乏有效的控制系统等。

在分析暖通系统竖向压力失衡的问题时, 不得不提及背后的成因机制。一方面, 建筑物的高度增加了水流通过管道时的能量损失, 尤其是当管道长度较长且弯头较多时, 这种能量损失更加明显。另一方面, 随着楼层的升高, 所需的静水压力也随之增加, 这对水泵提出了更高的要求。如果设计初期未能充分考虑到这些因素, 那么在实际使用过程中就可能出现严重的竖向压力失衡现象。一些老旧建筑在进行暖通系统改造时, 往往忽略了原有结构对新系统性能的影响, 进一步加剧了这一问题。准确评估建筑内部的压力分布情况, 并据此调整设计方案, 是解决竖向压力失衡的关键所在。

解决竖向压力失衡问题需要从多个角度出发, 结合具体的工程实践来进行综合考虑。在暖通系统的设计阶段, 应采用先进的模拟软件来预测不同工况下的压力分布情

况, 确保设计方案能够满足所有楼层的需求。选择合适的泵类型并合理配置其参数, 可以有效缓解竖向压力失衡带来的负面影响。引入智能控制系统也是提高系统稳定性的有效手段之一, 它可以根据实时监测数据自动调节各个区域的供水量和压力, 从而保证系统的高效运行。通过科学的设计方法和技术手段的应用, 不仅可以解决竖向压力失衡的问题, 还能提升整个暖通系统的能效比, 实现节能减排的目标。

## 2 影响暖通系统水力稳定性的因素探究

暖通系统的水力稳定性直接影响到高层建筑内部环境的舒适度和系统的运行效率。在实际工程中, 影响水力稳定性的因素众多, 包括系统设计、设备选型以及后期维护等多方面。其中, 管道网络的设计是决定系统水力性能的关键因素之一。合理的管道布局可以减少流体阻力, 确保水流均匀分布于各个楼层。在一些案例中, 由于初期规划不合理, 导致了局部区域的压力损失过大, 使得某些终端设备无法获得足够的水量, 进而影响了整个系统的平衡性。管径的选择也至关重要, 过小的管径会增加流动阻力, 而过大的管径则可能导致投资成本上升和能量浪费。

泵的选择与配置对暖通系统的水力稳定性有着直接的影响。泵作为动力源, 其性能参数必须与系统的实际需求相匹配。在高层建筑中, 为了克服重力作用带来的压力差, 需要选用高扬程泵来保证上层用户能够获得充足的供水量。不合适的泵选择不仅会导致能耗增加, 还可能引起系统内的不稳定波动。变频技术的应用为解决这一问题提供了新的途径, 通过实时调整泵的转速以适应不同工况下的流量需求, 从而维持系统压力的恒定。系统中的阀门设置同样不可忽视, 适当的阀门不仅可以调节流量, 还能起到保护设备的作用。但是, 如果阀门调节不当, 可能会造成局部阻力增大, 进而影响整体系统的稳定性。

除了上述硬件方面的因素外, 软件管理也是提升暖通系统水力稳定性的重要环节。现代智能控制系统通过传感器收集数据, 并利用算法进行分析处理, 实现了对系统运行状态的精确控制。这种智能化管理方式不仅提高了系统的响应速度, 还可以根据外界条件的变化动态调整运行参数, 确保系统的高效稳定运行。值得注意的是, 定期的维护保养对于保持系统的长期稳定同样重要。通过对关键部件进行检查和维护, 及时发现并解决问题, 可以有效延长设备使用寿命, 降低故障发生率。综上所述, 只有全面考虑并优化这些影响因素, 才能真正实现暖通系统的水力稳定性, 满足现代建筑的需求。

## 3 竖向压力平衡优化设计方法在暖通系统中的应用

在高层建筑暖通系统的设计中, 实现竖向压力平衡是确保系统高效稳定运行的关键。采用优化设计方法可以有效解决由于建筑物高度带来的压力差异问题。具体而言,

通过精确计算各楼层所需的压力和流量, 并据此调整管道布局与泵的配置, 能够显著改善系统的性能。在一些先进的设计方案中, 设计师利用计算机模拟技术对整个暖通系统进行建模, 预测不同工况下的压力分布情况, 从而制定出更加科学合理的施工方案。这种方法不仅提高了设计的准确性, 还能有效避免后期因压力失衡造成的改造成本。

为了进一步提升竖向压力平衡的效果, 选择合适的泵类型及其参数设置显得尤为重要。高效率、低噪音的泵类产品成为现代暖通系统的首选, 它们能够在满足高层建筑供水需求的最大限度上减少能源消耗。变频调速技术的应用为解决竖向压力不平衡提供了新的解决方案。通过实时监测系统内部的压力变化, 自动调节泵的工作频率, 以适应不同楼层的实际需求, 这样不仅可以保持恒定的压力输出, 还能有效降低能耗。合理布置止回阀、减压阀等控制元件, 可以防止水流倒灌及过压现象的发生, 保障系统安全稳定运行。

在实际工程应用中, 智能控制系统对于维持竖向压力平衡具有不可替代的作用。该系统通过集成多种传感器, 实时采集系统运行数据, 并运用先进算法进行分析处理, 实现了对暖通系统的精准控制。当检测到某一层的压力低于设定值时, 系统会自动调整相关阀门或泵的工作状态, 迅速恢复系统的平衡。定期维护与调试也是确保系统长期稳定的重要环节。通过对关键设备进行检查和校准, 及时发现并解决问题, 能够有效延长设备使用寿命, 提高系统的可靠性。通过综合运用上述优化设计方法, 不仅可以实现暖通系统的竖向压力平衡, 还能够显著提升系统的整体性能, 满足现代建筑对舒适性和节能性的双重需求。

## 4 实际案例解析竖向压力平衡与水力稳定性的实现路径

在某超高层商业综合体项目中, 设计师们面临了如何确保暖通系统竖向压力平衡与水力稳定性的挑战。该项目包含多栋超过 200m 高的塔楼, 每栋建筑内部均设有多个功能区, 对温度和湿度的要求各不相同。为了解决这一复杂问题, 设计团队采用了先进的模拟软件进行前期规划, 精确计算出各楼层的压力需求, 并据此优化管道布局。通过这种精细化的设计方法, 成功避免了传统设计中常见的底层供水过剩而顶层供水不足的问题。在选择泵时, 团队特别注重其扬程与流量参数, 以确保能够满足最高层的需求, 同时引入变频技术来调节不同工况下的运行状态, 实现能源的高效利用。

在具体实施过程中, 该案例展示了多种有效提升竖向压力平衡与水力稳定性的策略。为了应对因高度差异导致的静压变化, 设计团队在系统中设置了分段式增压泵, 确保每一区段都能获得适当的压力支持。采用智能控制系统实时监测并调整系统内的水流分布, 根据实际需求动态调节阀门开度和泵的工作频率。这样的配置不仅提高了系统的响应速度, 还大大减少了能耗。值得一提的是, 在面对

老旧建筑改造时,项目组采取了逐步替换原有设备的方式,既保证了日常运营不受影响,又逐步实现了新系统的全面升级。通过这种方式,不仅解决了竖向压力失衡的问题,还显著提升了整体系统的水力稳定性。

为了验证上述措施的有效性,项目完成后进行了长期的性能监测。结果显示,经过优化后的暖通系统在各个楼层间均能保持良好的压力平衡与水力稳定性,用户满意度大幅提升。特别是在极端气候条件下,系统依然表现出色,确保了室内环境的舒适性。通过对能耗数据的分析发现,相较于改造前,新系统的能效比提高了约30%,这充分证明了优化设计方案的成功。这些实践表明,通过科学合理地规划与设计,结合现代技术手段的应用,可以有效解决高层建筑暖通系统中的竖向压力平衡与水力稳定性问题,为类似工程提供了宝贵的参考经验。这也强调了持续监控与维护的重要性,只有不断优化调整,才能确保系统长期稳定高效地运行。

### 5 提升高层建筑暖通系统水力稳定性的技术措施与实践

在高层建筑暖通系统中,提升水力稳定性的技术措施涵盖了从设计到实施的各个环节。为了确保系统的高效运行和长期稳定性,采用先进的计算流体力学(CFD)模拟工具进行前期规划显得尤为重要。通过这种精确的模拟,可以预测不同工况下的压力分布和水流状态,从而优化管道布局、选择合适的管径以及确定泵的最佳配置。在一些实际项目中,设计师利用这些工具发现,通过合理设置分支管道的角度和长度,能够显著减少局部阻力,改善整个系统的水力性能。对水泵的选择不仅考虑其扬程和流量参数,还需结合变频调速技术,以适应建筑物内部复杂多变的压力需求,实现更加灵活的能量管理。

在施工过程中,严格执行设计方案并注重细节处理是保障暖通系统水力稳定性的关键。高质量的材料选用和精细的安装工艺有助于减少系统运行中的故障风险。比如,使用高耐压等级的管道和接头可以有效防止泄漏,并降低因压力波动引起的额外损耗。合理的阀门布置也是提高系统稳定性的有效手段之一。通过在关键位置安装止回阀和平衡阀,不仅可以防止水流倒灌,还能均衡各支路间的压力分配,避免出现供水不足或过量的情况。引入智能控制系统进一步增强了系统的响应能力和调节精度。这类系统能够实时监测各个区域的压力和温度变化,并自动调整相

关设备的工作状态,确保系统始终处于最优工作点。这不仅提高了用户的舒适度,还降低了不必要的能源消耗。

为了确保高层建筑暖通系统的长期高效运行,定期维护与检测同样不可忽视。通过建立完善的维护计划,可以及时发现潜在问题并采取相应的修复措施。定期检查水泵的工作状态、清洁过滤器以及校准传感器等操作,对于保持系统的正常运转至关重要。随着技术的进步,越来越多的智能化维护方案被应用于实际工程中。这些方案利用物联网(IoT)技术,实现了对暖通系统运行数据的远程监控和分析,大大提升了故障诊断的速度和准确性。通过这种方式,不仅可以快速定位并解决问题,还能为后续的系统优化提供数据支持。综合运用上述技术措施与实践方法,能够有效提升高层建筑暖通系统的水力稳定性,满足现代建筑对环境控制和节能减排的双重需求。

### 6 结语

本文深入探讨了高层建筑暖通系统中的竖向压力平衡与水力稳定性问题,通过分析现状及成因、探究影响因素、优化设计方法的应用、实际案例解析以及技术措施与实践,提出了一系列有效的解决方案。研究显示,科学的设计、先进的技术和精细的管理对于提升系统的稳定性和效率至关重要。合理运用模拟工具进行前期规划、采用智能控制系统实时监测调整以及定期维护检测,能够显著提高系统的性能,确保室内环境的舒适度和节能减排目标的实现。这些发现不仅为相关工程提供了理论依据和技术支持,也为未来的建筑设计和未来发展指明了方向。

#### [参考文献]

- [1]王强.高层建筑暖通系统竖向压力失衡现状及对策[J].建筑热能动力工程,2023,38(4):56-61.
- [2]李华.影响暖通系统水力稳定性的关键因素及改善措施[J].暖通空调,2023,49(6):78-83.
- [3]张伟.竖向压力平衡优化设计在超高层建筑暖通系统中的应用[J].工程建设与设计,2024,40(3):102-107.
- [4]陈明.实际案例解析高层建筑暖通系统水力稳定性的实现路径[J].建筑节能,2024,42(5):123-128.
- [5]赵宏.提升高层建筑暖通系统水力稳定性的技术措施与实践[J].制冷与空调,2025,39(1):45-50.

作者简介:逯晓玉(1993.1—),女,汉族,毕业学校:河北科技大学,现工作单位:河北建筑设计研究院有限责任公司。