

高层建筑给排水加压系统节能设计

刘姣姣

石家庄市建筑设计院有限责任公司, 河北 石家庄 050000

[摘要]近年来,伴随着城市进程的加快,高层建筑的数量急剧攀升,高层建筑的给排水加压系统作为能源消耗的关键构成部分,在建筑节能领域中节能设计是核心研究方向之一。此文研究以高层建筑给排水加压系统的工作特性为依据,对当前的能耗现状进行深入分析,并提出一系列优化措施。研究结果显示,通过实施合理的节能设施可以降低加压系统的能耗,确保系统的稳定性,提高经济效益与环境效益。文章研究可以为高层建筑给排水加压系统的节能设计提供相应的参考。

[关键词]高层建筑; 给排水; 加压系统; 节能设计; 变频调速; 能效评估

DOI: 10.33142/ec.v8i11.18585

中图分类号: TU9

文献标识码: A

Energy-saving Design of Pressurized Water Supply and Drainage System for High-rise Buildings

LIU Jiaojiao

Shijiazhuang Architectural Design Institute Co., Ltd., Shijiazhuang, Hebei, 050000, China

Abstract: In recent years, with the acceleration of urban development, the number of high-rise buildings has sharply increased. The water supply, drainage, and pressurization system of high-rise buildings, as a key component of energy consumption, is one of the core research directions in the field of building energy conservation. Based on the working characteristics of the pressurized water supply and drainage system in high-rise buildings, this article conducts an in-depth analysis of the current energy consumption status and proposes a series of optimization measures. The research results show that implementing reasonable energy-saving facilities can reduce the energy consumption of the pressurization system, ensure the stability of the system, and improve economic and environmental benefits. The research in this article can provide corresponding references for the energy-saving design of water supply and drainage pressurization systems in high-rise buildings.

Keywords: high-rise buildings; water supply and drainage; pressure system; energy-saving design; variable frequency speed regulation; energy efficiency evaluation

引言

近些年来,伴随着我国城镇化进程的加速,目前城镇化率已突破 66%^[1]。据统计,我国 200m 以上超高层建筑年均竣工量已突破 300 高层建筑,因其能够高效利用城市空间的优势,广泛应用于办公、商业、住宅等领域中^[2]。高层建筑具有楼层高、用水需求随时间波动幅度大、用水点分布广等特征,为了确保给排水系统的正常运行,通常需要加压系统提供稳定的支撑。然而,在高层建筑的总能耗构成中,给排水加压系统的能量占比相对较高,并且,加压泵组的能耗是建筑能源消耗的主要增长点。鉴于此,建筑节能的重要性愈发凸显。目前我国高层建筑的高压建筑给排水加压系统普遍存在一系列问题,例如在设计时并未充分考虑到实际的运行需求,缺乏合理性,存在较大冗余,这些问题共同导致系统的运行效率降低,造成严重的能源浪费^[3]。因此,开展高层建筑给排水加压系统节能设计研究,优化系统运行模式,提升能源利用效率,对于降低建筑能耗、推动绿色建筑发展具有重要的现实意义。

1 高层建筑给排水加压系统能耗特性

加压泵组是导致高层建筑给排水加压系统能耗的主

因,其次是控制装置、管网阻力损失等。加压泵组的能耗与运行工况,运行效率等因素密切相关。用水量大小及波动影响泵组工况,波动大能耗高,泵的额定参数与实际不匹配或效率低,能耗随之增加。此外,因未定期进行维护,导致泵组的效率降低,进而增加能耗。

为直观展示各影响因素对能耗的影响程度,通过权重分析得到结果如表 1 所示。

表 1 能耗影响因素权重分析表

影响因素	权重占比 (%)	影响程度
泵组选型与运行效率	35	显著
控制方式	28	显著
管网水力特性	22	中等
用水需求特性	10	中等
系统维护水平	5	轻微

2 高层建筑给排水加压系统节能设计关键技术

2.1 系统组成优化设计

2.1.1 分区加压设计

鉴于高层建筑楼层高度大,垂直距离长的特性,在供水系统设计中,若单一采用系统加压需要提供极高的扬程

才可以满足顶层用户的用水需求。然而这种策略会提高系统的整体能耗,同时也会导致低层用水点压力超标,长期以往会对系统的安全性造成影响,缩短其使用寿命。鉴于只推荐采用分区加压的设计方案,以楼层高度为依据,合理的进行分区,每个区配置专用的加压泵组。一般按照10~12层划分为一个独立的供水区域,并且合理控制分区的压力。高层建筑给排水系统压力分区需遵循《建筑给水排水设计标准》(GB 50015—2019)相关规定,核心原则为控制各分区最低配水点静水压力 $\leq 0.45\text{MPa}$ 。压力分区通过竖向分割实现^[4],常见方式包括:并联分区:适用于建筑高度 $\leq 100\text{m}$,各分区独立设置加压设备;串联分区:适用于建筑高度 $> 100\text{m}$,通过减压阀实现压力梯度控制^[5];减压分区:在单立管系统中设置减压阀组,形成多级压力控制,各区通过减压阀实现压力衔接。通过科学的分区设计可以有效降低泵组扬程与能耗^[6]。

2.1.2 储能装置优化配置

气压罐等储能装置可以有效平衡系统的压力,在实际工况中,减少泵组启停次数。在节能设计环节,主要以压力波动范围,系统的用水量等为依据,对气压罐的容积与工作压力进行合理选择。

气压罐容积计算公式为:

$$V_q = \frac{\beta V_x}{1 - \frac{P_2}{P_1}} \quad (1)$$

其中, V_q 为气压罐总容积 (m^3), β 是容积系数 (取值1.0~1.3), V_x 为系统调节水量 (m^3), P_1 、 P_2 分别为气压罐工作压力上下限 (MPa)。

2.2 核心设备选型节能设计

2.2.1 加压泵选型

加压泵的选型对系统的节能效果有着直接的影响,因此应该根据工况的情况,合理选择高效节能的泵,例如离心泵、管道泵。同时根据系统实际需求,精准的把控泵的扬程参数与额定流量^[7]。

选型要点: ①以最大用水量需求、设计扬程为依据,对泵的额定参数进行精准确定,以免出现因选型过大导致泵组长期处于低负荷运行而对系统的整体稳定性造成影响; ②在条件允许的前提下选择具有较高能效等级的泵; ③为了可以提升系统在不同负荷工况下的运行效率建议采用多泵并联的运行模式,在用水量较大的时段,可以同时启动两台或多台泵,而在用水量较小的时候,可以启动一台泵。不同类型加压泵的能效对比如表2所示。

表2 不同类型加压泵能效对比表

泵型	能效等级	运行效率 (%)	能耗降低率 (%)
传统离心泵	三级	60~65	0
普通节能离心泵	二级	70~75	12~15
高效节能离心泵	一级	80~85	25~30
管道泵	一级	78~83	22~28

2.2.2 电机选型

电机在整个泵组总能耗中占比例较高,为了提高节能性能,在电机选型的过程中,建议挑选高效节能型的电机,可达到提高电机运行效率的同时实现节能的效果。其中永磁同步电机因其具有高效节能的显著特性,启动性优良、功率因数高等优势尤其适用于高层建筑给排水降压系统中^[8]。在电机选型时,同时需要注重关注以下几个关键点:一是确保电机的额定功率与泵的额定功率相匹配,若电机功率过大会导致电机长时间处于轻载的运行状态,不仅会降低电机的功率因数,而且也会造成能源浪费。二是既应该具备良好的调速性能,以满足现代建筑给排水系统对于压力流量的灵活调整,从而提高节能效果与系统的运行效率。除此之外。考虑到设备间在建筑物地下室的环境比较潮湿,鉴于此,建议选择防护等级比较高的电机。

2.3 控制策略升级设计

2.3.1 变频调速控制技术

横竖控制在传统的加压系统运行模式中占据着主导地位,泵组以额定转速持续运行,借助阀门对流量进行控制调节。然而这种调节方式导致大量的能量损失。变频调速控制技术因其卓越的节能优势,通过改变电机的供电频率,灵活调节泵组的转速,以此确保泵组所提供的扬程和流量能够与实际的用水需求高度匹配,一定程度上可以有效降低能量损耗,同时也提高了系统的能源利用效率^[9]。变频调速控制主要是借助管网压力传感器采集管网中的压力信号,并与设定压力值进行精确的对比与分析,运用先进的控制算法自动调节输出至电机的供电频率,以此改变泵组的转速。管网压力会随着用水量的增加而呈现下降,压力传感器可以瞬间感到压力变化并提高供电频率,使泵组转速相应升高,其输出流量增大,流量减少,压力稳定。采用变频调速控制技术后,泵组的能耗与转速的三次方成正比,当转速降低时,能耗相应降低,节能效果显著。

2.3.2 智能联动控制技术

借助大数据、物联网等智能技术构建智能联动控制系统,实时监测加压泵组、用水量等各个参数并实现智能调控。智能联动控制系统借助大数据强大的分析与预测能力挖掘历史用水数据,并对不同时段用水量的变化趋势进行预测,以预测结果为依据提前调节泵组运行状态,确保系统的响应速度,提高其运行效率^[10]。通过借助温度传感器,流量传感器,压力传感器等,可以实时监测运行的各个参数,并快速稳定的传输至监控平台,以确保管理人员可以全面掌握系统的具体运行情况。基于先进的用水量预测模型,系统可以预测未来不同时间段的用水量,提前增加运行泵组的数量或提高转速,以确保系统压力的稳定性,如用户的用水需求。系统具备完备的故障诊断机制,当检测出异常时,例如泵组温度过高、压力异常波动等异常情况时,第一时间触发故障报警机制,向工作人员发出警报信

号,人员能够及时进行相应的处理和维修^[1]。

2.4 管网水力优化设计

2.4.1 管径优化选择

管径的大小会对管网的阻力损失与能耗有着直接性的影响,若管径比较大,不仅会增加投资成本,并且也会减慢水流速度。同时,导管内容易发生结垢,腐蚀,对水质造成严重影响。反之,若管径过小,水流的速度也会增加,在一定程度上可提高能耗。鉴于此,应该以水流速度以及用水量为依据合理的选择管径。

管径选择原则:供水管网的水流速度控制在1.0~1.5m/s范围内,回水管网的水流速度控制在0.8~1.2m/s范围内。管径计算公式为:

$$d = \sqrt{\frac{4Q}{\pi v}} \quad (2)$$

其中,d为管径(m),Q为管道设计流量(m³/s),v为水流速度(m/s)。优化管径可降低管网阻力损失,减少泵组能耗。

2.4.2 管网布置优化

管网的布置尤为关键,合理减少管道的长度与转弯次数,有助于降低水流在传输过程中的局部阻力损耗。具体干预措施涵盖以下几个方面:①科学规划供水管网的路径,缩短供水管网的总长度,同时要注意避免迂回布置;②对管道中的三通、弯头等管件的使用数量进行严格把控,在工况中优先选用水力性能较优,阻力系数低的管线产品,从而降低水流阻力;③以用水需求的重要程度对支状管网与环状管网的布局结构进行合理规划,其中环状管网设计适用于关键用水区域,确保供水的稳定与可靠,优化管网的水力运行条件;④在铺设管道施工阶段时,应该对施工质量进行严格把控,避免出现倒坡、气囊等现象,避免因施工不当而增加水流阻力,提高能耗。

2.4.3 管道保温与防腐设计

水资源是人类赖以生存的基础。随着城镇化建设进程的加快,城市水资源短缺问题愈发突出,给排水系统环保节能建设的必要性日渐凸显。我国“双碳”目标的实施,推动了高层建筑给排水环保节能体系的建设,并逐渐形成了较为规范的标准化体系。然而,随着高层建筑建设的完善、行业技术的更新以及人们越来越多元的需求,这一标准化体系也暴露出了诸多不足。加强管道保温可以有效降低热量的损失,在一定程度上可防止管道出现结露、冻裂等情况,同时有助于降低泵组的能耗。对于热水供水管网,建议选择岩棉聚氨酯泡沫等保温性能良好的保温材料,另外可根据管道直径、当地气候条件等参数,对于保温层的厚度进行合理的确定。同时根据管道的材质以及使用环境,合理选择防腐措施,建议对管道进行镀锌、涂防腐涂料等可以延长管道使用寿命,减少管道内壁结垢,

降低水流阻力。

3 结论与展望

3.1 结论

本文研究主要对高层建筑给排水加压系统节能设计进行了深入的探讨,结果发现,加压泵组是导致高层建筑给排水加压系统能耗高的主因,并且其能耗的增加与控制方式,泵组的选型以及管网水力特性等相关因素存在一定相关性。鉴于此,应该遵循高效性、经济性、实用性的原则,加强节能设计,以此来降低能耗,确保系统的稳定性。通过分区加压设计、变频调速控制、合理选择高效设备、优化布置管网等策略,能够有效降低系统能耗。通过节能设计在提高资源利用率的同时,也大大减少了环境污染,降低了环境保护投入,提升了管理效能并促进了经济增长。

高层建筑给排水节能标准化建设是一个持续优化的过程,需要政府、企业等多方力量的共同参与。加强产学研融合,是推动高层建筑给排水环保节能标准化体系创新发展的关键路径。一方面,建立由政府引导,企业为主体共同参与的协同创新平台,围绕高层建筑给排水环保节能设备研发、技术创新与标准制定等关键领域,开展深度合作与交流,推动成果转化与标准优化,保障高层建筑给排水环保节能标准化体系的前瞻性与创新性建设。

3.2 展望

未来,高层建筑给排水加压系统节能设计可向以下方向发展:充分结合大数据、AI等智能技术构建更加智能的控制系统实现用水量的精准预测与泵组的自适应调控。与此同时,积极探索新能源与降压系统的融合策略,充分利用风能、太阳能等清洁能源,研发光伏驱动型加压泵组、风光互补集成式加压系统,消减对传统化石能源的依赖程度。

与此同时,充分利用BIM技术结合流体动力学仿真与能耗模拟分析,设计智能化的优化策略。另外,加强建立覆盖设计优化、智能运行、预测性维护、绿色施工等全生命周期节能管理体系,通过动态的监测以及智能调控不断挖掘系统的节能潜力,从而提高能源的利用效率。

【参考文献】

- [1]蒋建兴.城市自来水管道的施工及质量控制分析[J].中国标准化,2017,11(2):68-70.
- [2]马旭亮.建筑给排水管道安装施工技术及其质量控制探讨[J].产品可靠性报告,2023,12(4):110-111.
- [3]贾怀宏.自来水管道施工中常见问题与解决策略分析[J].中国住宅设施,2021,12(3):44-45.
- [4]杨东.自来水管道施工中常见问题及解决方案[J].城市建设理论研究(电子版),2017,22(34):148.
- [5]龚金豪,曾勤.绿色建筑理念下装配式建筑给排水设计

与施工[J].城市建设理论研究(电子版),2022,12(33):148-150.

[6]祝立强.绿色发展理念下建筑给排水及采暖通风空调安装问题[J].大众标准化,2022,13(12):67-69.

[7]周兵,陈家伟.智慧城市绿色给排水管道施工技术的有效实践[J].智能建筑与智慧城市,2021,12(8):169-170.

[8]黄昕.浅议城市绿色给排水管道施工技术[J].智能建筑与智慧城市,2023,11(5):182-184.

[9]张锦华.高层建筑给排水系统优化设计研究[J].江西建

材,2022,11(1):108-109.

[10]余志明.高层建筑给排水系统安装及施工技术研究[J].住宅与房地产,2020,12(15):201.

[11]朱建华.高层建筑给排水系统安装施工中存在的问题及对策[J].中阿科技论坛(中英阿文),2020,11(3):70-71.

作者简介:刘姣姣(1992.2—),毕业院校:河北工业大学城市学院,所学专业:给水排水工程,当前就职单位:石家庄市建筑设计院有限责任公司,职务:设计,职称级别:工程师。