

高层建筑给水排水设计关键技术研究

王丁一

中土大地国际建筑设计有限公司, 河北 石家庄 050000

[摘要]高层建筑给水排水系统技术难点主要是竖向压力控制、气压波动抑制、节能节水集成这三个方面。给水系统以 0.45MPa 静水压力为分区上限, 每个分区高差控制在 20~25m, 变频恒压供水技术可以达到 20%~40% 的节能效果。排水系统中 68m 高度处 DN150 立管高位负压为 -341Pa, 底部正压为 206Pa, 50m 以上的建筑要设通气系统。采用雨水回收利用、中水循环系统、变频加压设备、节水器具等节能节水技术, 可以达到水资源高效循环和能耗优化控制的目的。智能监测系统可以给系统全生命周期能效优化提供技术支持。

[关键词]高层建筑; 给水排水; 竖向分区; 气压控制; 智能监测

DOI: 10.33142/ect.v4i6.19939

中图分类号: TU992

文献标识码: A

Research on Key Technologies for Water Supply and Drainage Design of High-rise Buildings

WANG Dingyi

Zhongtu Dadi International Architectural Design Co., Ltd., Shijiazhuang, Hebei, 050000, China

Abstract: The technical difficulties in the water supply and drainage system of high-rise buildings mainly include vertical pressure control, suppression of air pressure fluctuations, and integration of energy and water conservation. The water supply system is divided into zones with a static water pressure of 0.45MPa as the upper limit, and the height difference of each zone is controlled at 20~25 meters. The variable frequency constant pressure water supply technology can achieve an energy-saving effect of 20%~40%. The high negative pressure of the DN150 riser at a height of 68 meters in the drainage system is -341 Pa, and the positive pressure at the bottom is 206 Pa. Buildings above 50 meters should be equipped with ventilation systems. By adopting energy-saving and water-saving technologies such as rainwater recycling, reclaimed water circulation system, variable frequency pressurization equipment, and water-saving appliances, the goal of efficient water resource circulation and energy consumption optimization control can be achieved. Intelligent monitoring systems can provide technical support for optimizing energy efficiency throughout the entire lifecycle of the system.

Keywords: high-rise buildings; water supply and drainage; vertical zoning; air pressure control; intelligent monitoring

引言

伴随着城市化的进程加快和土地资源日益紧张, 高层建筑成了城市空间拓展的主要形式。建筑高度不断上升给给水排水系统设计带来新的难题, 比多层建筑要复杂得多。给水系统中静水压力过大造成的底层超压问题、排水系统中气水两相流引起的水封破坏问题、越来越严格的建筑节能节水要求, 一起成为高层建筑给水排水设计的技术难题。目前的研究和实践证明, 竖向分区是解决给水超压的主要方法, 通气系统、特殊单立管技术可以控制排水气压波动, 变频恒压供水、中水回用系统可以实现节能节水的目标。对以上关键技术进行系统研究, 对提高高层建筑给水排水

系统安全可靠和节能水平有现实意义。

1 高层建筑给水排水系统设计特点与技术要求

高层建筑给水排水系统同多层建筑有着本质的区别, 其设计特点和技术要求的核心就是高度这个关键变量。随着建筑高度的增大, 静水压力呈线性增长, 排水立管内气水两相流的流动特性也会发生很大的变化, 进而决定了系统的特殊之处。

从静水压力角度来说, 如果没采取分区措施, 建筑底层配水点所受的静水压力可以达到 1.0MPa 以上, 远远超过卫生器具 0.6MPa 的最大工作压力限值。超压不但会造成用水器具的损坏, 还会引起漏水的概率增大, 使射流现

象出现,用水舒适度大大降低。因此各个分区最低卫生器具配水点的静水压力不应大于 0.45MPa,用水点供水压力应控制在 0.20MPa 以下以达到节水的目的。该限值给水系统竖向分区的主要标准。从排水角度来讲,高层建筑的排水立管高度较大,排水负荷集中,水流下落时产生的动能转换会产生立管内气压剧烈变化。排水时立管内产生的正压会破坏卫生器具的水封,水封破坏阈值一般为±250Pa,造成臭气进入室内;负压会造成水封抽吸,失去隔气作用^[1]。另外,高层建筑给排水系统用水人数多、供水安全要求高、管道补偿和消能要求也比较高。

2 高层建筑给水排水系统设计基础分析

2.1 给水系统分区设计原则

给水系统竖向分区的本质就是供水可靠性和压力控制之间的平衡。分区过少,底层超压问题无法解决;分区过多,设备投资增大、管理复杂化。设计实践中一般把建筑高度 35~60m 作为一个供水分区,该区间的确定考虑到了管材承压能力、水泵扬程经济性和用水舒适度的要求。

分区主要的参数就是静水压力控制。按照规范要求,设有供水可靠的市政或小区供水管网的建筑,应充分利用供水管网的水压直接供水。各加压供水分区应分别设置加压泵,不宜采用减压阀分区,分区内低层部分应设减压设施,保证用水点供水压力不大于 0.20MPa,且不应小于用水器具要求的最低压力^[2]。这就意味着,在一个分区内最不利点和最有利点之间的高差不能大于 20~25m。当建筑高度大于 100m 的时候,一般分 3~4 个区;250m 以上的超高层建筑分区数会更多。分区方式选择会影响系统的能效。传统做法是统一加压后在各个分区低层设减压阀降压,但是被消除的多余水压属于无效能耗。使用智能化水压调节技术、变频泵、分区供水等可以大大提高能效,减少不必要的水压浪费。

2.2 排水系统负荷特征与设计要

高层建筑排水系统负荷特点同多层建筑有较大差别。排水立管高度增大之后,水流下落速度变快,管内空气卷吸能力变强,气压波动范围变大。高层建筑功能繁杂,排水种类繁多,瞬时排水量大而分布不均,给系统的设计带来困难。排水系统的规划设计要求包括三个方面。一是排水能力上,立管管径要按排水负荷计算来定, DN100、DN150 为常用规格。二是水封保护,保证排水时卫生器具水封不被破坏,是防止室内污染的重要措施。三是通气系统设置上要根据建筑高度、排水负荷来确定通气方式。建筑高度大于 50m 的高层建筑应设置专用通气立管,与

环形通气管或者器具通气管组成完整的通气系统。

3 高层建筑给水排水设计关键技术研究

3.1 给水系统竖向分区与供水方式优化技术

给水系统竖向分区的主要依据就是静水压力的控制。规范明确规定各分区最低卫生器具配水点的静水压力不应大于 0.45MPa,用水点供水压力应控制在 0.20MPa 以下,以达到节水的目的。按每 10m 高差约产生 0.1MPa 静压来计算,单一供水分区高度应控制在 35~45m 之间。分区临界高度的确定还要考虑市政管网实际供水压力,当市政压力高时,第一分区可以直接使用市政水压供水,减少加压设备的投入和运行能耗^[3]。供水方式选择对系统能效及供水可靠度有影响。常用的加压供水方式有高位水箱供水、气压供水、变频调速供水、管网叠压供水四种。从节能角度而言,高位水箱与管网叠压供水占有优势,但工程设计时还要考虑顶层用户水压要求、市政水压等供水条件、供水安全、用水二次污染等各方面问题。实际工程中,低区一般采用管网叠压无负压供水直接利用市政压力,中高区采用变频调速设备分区加压,两种方式的组合使用可以有效地降低系统的综合能耗,比传统的单一加压方案节能 30% 以上。对于高层居住建筑,特别是供洗浴、饮用的给水系统用量大,完全有设置分区加压泵的条件,可以减少无效能耗。

3.2 二次供水及变频恒压供水技术应用

变频恒压供水技术已经成为目前高层建筑二次供水系统的主要方式。该技术用调节水泵转速来适应用水负荷的变化,达到压力稳定和节能降耗的目的。变频调速泵在额定转速时工作点应处于水泵高效区末端,使水泵大部分时间都在高效区运行。给水泵的能耗占给水排水系统总能耗的很大一部分,在管网水力计算的基础上选择给水泵,以保证水泵选型正确、工作在高效区。变频恒压供水系统的压力可以保持在设定值的±0.02MPa 之内,最不利点的水压不低于 0.25MPa,比传统的工频供水节能 20%~40%,大型供水站每年可以节约 3.6 万度以上的电量,有较好的经济效益和社会效益。

系统用 PLC 控制器带 PID 恒压算法来实时采集压力、流量、液位等参数,并且根据这些参数调节变频器的频率来达到水泵转速的动态调节。多泵联动、智能调度功能可以使多台水泵互相切换、轮换工作,使运行时间较短的水泵先开先停,从而提高整个水泵的使用寿命。二次供水泵房智能化改造属于目前城市供水系统提质增效的主要方向。实际工程案例表明,用科学分区加智能变频系统、不

锈钢管道和在线水质分析仪可以达到水质达标率 100% 和远程无人化值守的目的。智能监测系统可以实时采集 16 个以上的运行参数,故障立即报警并推送到手机 APP 上,运维响应时间小于 5min,大大提高了二次供水系统的管理水平和应急处理能力。

3.3 排水系统通气与压力平衡控制技术

控制排水系统气压波动的技术途径有三种,即伸顶通气系统、专用通气立管系统和特殊单立管系统。伸顶通气是最基本的解决方法,把排水立管顶端伸到屋面外面和大气相通,平衡立管内外的气压差。建筑高度大于 50m 或者排水负荷大的时候,应设专用通气立管。在 34 层超高层等比例试验塔上采用定流量排水装置排水,研究伸顶通气系统在立管底部安装正压衰减器对系统最大正压的影响,将其与横干管扩径时的最大正压衰减效果进行比较。从研究结果可知,正压衰减器可以有效地减弱水流冲击横干管时所造成的正压峰值,其作用机理就是改变水流的方向,增大局部阻力消耗水流动能,减小底部卫生器具水封受到的冲击。高层商住楼排水立管在最底层住宅楼板下需要转换,最底层住宅排水横支管接入排水立管的位置为负压状态,按规范要求接入的通气管不能平衡底层排水横支管负压。该发现促使通气管接入方式的改进研究,改善通气立管和排水横支管的连接位置及方式,可以较好地解决底层负压问题。

表 1 不同通气方式下排水立管气压控制效果对比

通气方式	负压峰值/Pa	正压峰值/Pa	相对效率提升
汇合伸顶通气	-530	310	基准值
独立伸顶通气	-380	240	28%
逐层连接结合通气管	-240	180	37%
特殊单立管+正压衰减器	-200	150	45%

3.4 节水节能技术在给水排水设计中的应用

高层建筑用水量大、用水类型多,给水资源梯级利用创造了条件。采用雨水回收利用、中水循环系统、变频加压设备、减压阀精准调压和节水器具等节能节水技术,可以达到水资源高效循环和能耗优化控制的目的。中水回用系统把生活盥洗、沐浴等优质杂排水收集起来,经过处理后再利用到冲厕、绿化浇灌等非饮用用途上,可以节省建筑总用水量的 30%~40%。雨水收集利用就是将屋面雨水经过弃流、过滤、沉淀后储存利用,和中水系统互相补充。办公类建筑中,中水原水收集范围主要是优质杂排水,处理工艺可以采用生物接触氧化法加过滤消毒,出水水质符合城市污水再生利用标准。用水终端的节水潜力也不能忽

略。节水型卫生器具比传统器具节水 20%-30%。但是节水效果并不只和器具有关,还和供水压力有关。当用水点的供水压力大于 0.20MPa 的时候,实际出水量会远远大于额定流量,从而产生隐形浪费。用减压阀进行分户或分层精确调节可以控制超压流出。

4 高层建筑给水排水系统优化设计措施

4.1 给水管网水力平衡优化设计

给水管网水力平衡是保证系统正常运转的前提。优化设计要从管网布置、管径选取和减压设施设置这三个方面着手。管网布置采用环状和枝状相结合的形式,重要的节点处设环状连接来提高供水的可靠性。第二,管径的选择要根据水力计算结果来定,既要保证经济流速,又要保证一定的压力损失。用 BIM 水力仿真来改善管网布局,施工冲突可以下降 37%; 不锈钢复合管的抗压强度是 2.5MPa,使用寿命可以达到 25 年以上。BIM 技术应用到设计阶段,可以提前发现并解决管道碰撞问题,减少施工返工。高层建筑给水管道承受的压力较大,应该选用抗压能力好、耐久性好的管材。

4.2 排水系统安全性与可靠性提升措施

排水系统安全可靠性的主要方法就是气压波动控制、水封保护。高度大于 50m 的高层建筑要设专用通气立管,与环形通气管一起构成完整的通气系统。特殊单立管系统依靠内部导流装置来达到气水分离的目的,在提高排水能力的同时保持管内气压的稳定性。横干管的坡度、管径的设计都会对排水安全造成影响。横干管应有足够大的排水坡度,一般不小于 0.005; 转弯处应设检查口或清扫口,方便日常维护。底部转换层处应设正压衰减措施,防止正压峰值对底层卫生器具水封产生冲击。

4.3 智能监测与运行管理技术应用

传统的给水排水系统依靠人工巡检和经验判断,存在着响应滞后、故障定位困难等突出问题。智能监测系统被应用之后,运行管理方式由被动应对转向主动防范变得可行。智能监测系统同双回路供水设计融合起来之后,火灾反应速度能够改善 60%。系统可以对压力、流量、液位、水质等运行参数进行实时监测,当出现故障时会发出报警并发送到手机 APP 上,运维响应速度得到大大提高。智慧管理平台可以对各个分区的供水状态进行可视化显示,有利于及时控制风险,把故障造成的损失降到最低。对于排水系统来说,液位监测和水泵联动控制可以防止集水坑溢流,水质在线监测可以及时发现二次供水污染的风险,保证水质的安全。

4.4 绿色低碳理念下的给水排水系统优化

双碳战略之下,高层建筑给水排水系统绿色低碳设计已经由原来的单个技术应用转向了系统的集成优化。从全生命周期角度来考察,节水节能、设备减量化、运行能效的提高一样重要。合理的规划设计和管理对于建筑的可持续发展具有积极作用,有利于促进绿色建筑的发展。系统层面的优化途径有三个方面。一是供水系统中变频恒压控制、分区独立加压和管网叠压供水技术三者结合使用,可以明显减少供水系统的综合能耗。二是排水系统上,重力流优先为基本设计原则,地面上污废水应优先用重力流排到室外管网中。三是水资源综合利用,把雨水收集、中水回用和景观水体补水结合起来,形成建筑级水循环系统。

5 结语

高层建筑给水排水系统技术优化,本质上就是压力控制、气压平衡和能效提高这三个主要问题的共同解决。竖向分区、供水方式的选择影响给水系统安全和能耗,变频

恒压技术已经证明了它的节能和压力稳定的优势;排水系统气压波动控制要根据建筑高度、排水负荷合理选择通气方式,50m以上的建筑分层设置通气系统是必要的设计对策;节能节水技术的集成应用、智能监测系统的引入,为系统全生命周期能效优化提供技术路径。伴随着物联网、大数据分析技术的不断发展,未来高层建筑给水排水系统会向着更加智能、高效、绿色的方向发展。

[参考文献]

- [1]刘一平.高层建筑给水系统分区供水技术优化研究[J].价值工程,2025,44(20):60-63.
- [2]匡韬.高层建筑给排水消防设计关键技术研究[J].科技资讯,2024,22(10):204-206.
- [3]韩琳.关于高层建筑给排水消防设计要点的探讨[J].建材发展导向,2025,23(13):13-15.

作者简介:王丁一(1986—),男,汉族,河北石家庄人,高级工程师,河北工程大学毕业,现就职于中土大地国际建筑设计有限公司,从事建筑给排水工作。