

高层建筑消防给水系统常见问题与改进对策

吕少颖

青海省西宁市城东区消防救援大队 青海 西宁 810000

【摘要】：高层建筑因建筑高度大、供水扬程高，其消防给水系统在设计与运行中容易暴露出水压失衡、设备响应滞后及维护不便等问题。结合工程实践，系统分析高层建筑消防给水系统的构成特点与设计要求，重点梳理末端水压不足、消防泵控制失效、管网布置不合理及设施配置缺陷等典型问题。在此基础上，从供水分区稳压、泵组控制优化、管网结构调整及末端设施完善等方面提出针对性改进对策，以提升消防给水系统的可靠性和实战效能。

【关键词】：消防泵控制；供水压力分区；消防系统优化；给水系统设计

DOI:10.12417/2811-0528.26.07.077

引言

《高层民用建筑消防安全管理规定》明确提出，应确保高层建筑消防供水设施始终处于完好有效状态。随着高层建筑数量持续增加，其消防给水系统在长期运行中面临设计适配性与运行保障并存的挑战。围绕消防给水系统如何更好适应高层建筑使用特点，有必要结合工程实际开展针对性研究，为系统运行管理和技术改进提供实践参考。

1 高层建筑消防给水系统的构成体系与设计要求

(2) 消防给水系统的基本构成与运行关系

高层建筑消防给水系统由水源、消防泵组、供水管网、稳压与减压装置、消火栓系统、自动喷淋系统及水泵接合器组成，形成完整的闭环供水体系。系统在火灾发生时通过探测或手动方式启动，依靠泵组增压将水输送至建筑各层。由于高层建筑楼层高、垂直距离大，系统运行需同时保障低区恒压、高区供压、水力均衡，确保末端出水压力达标。若设计环节未合理分区、布管不当，或控制系统响应不及时，极易导致水压失衡或末端无水等问题。运行机制的稳定性与各构成环节的联动效果，直接影响系统在初期火灾中的应急响应能力与灭火效率，是后续问题分析与改进的基础。

(2) 高层建筑条件下的给水系统设计的要求

高层建筑因层数多、垂直高差大，其消防给水系统需兼顾供水高度、压力控制与系统冗余。设计中应严格落实分区供水原则，合理配置稳压和减压装置，确保各区域压力稳定；同时，泵组设置须满足双路电源、自动切换与备用泵冗余要求，避免初期供水延迟。管网布置应便于维护，保障水力均衡，末端压

力达到规范最小值。若设计中忽视高差补偿、最不利点压力计算或泵组控制逻辑缺失，极易引发运行失效问题，具体见下表：

设计要点	对应运行问题
分区供水与减压稳压措施	末端压力不足、低区超压
泵组自动切换与备用泵配置	启泵延迟、泵组失效
水力计算与最不利点确认	管网阻力大、末端无水
系统控制逻辑与反馈机制	启停紊乱、响应失效

2 高层建筑消防给水系统运行中存在的典型问题

(1) 末端水压不足制约灭火效果

高层建筑由于楼层高、水头损失大，若系统未设置合理分区或减压稳压装置，极易导致高区末端消火栓和喷淋系统水压不足。在实际运行中，常出现高区喷头无法启动、水柱高度不足、消火栓出水量偏小等现象，直接影响灭火效果。问题多源于设计时忽视最不利点压力计算、系统仅靠主泵强行供压，或运行中阀门开启不全、局部管网阻力大。一旦火灾初起无法形成有效打击水流，极易错过最佳扑救窗口，是当前高层建筑消防系统中的高频故障点。

(2) 消防泵控制系统响应迟缓

火灾发生后，消防泵未能及时启动，是高层建筑中常见的系统响应问题之一。问题多源于控制逻辑设置不合理，如压力设定过高、传感器反应滞后、控制柜联动延迟等。

实际案例中,一些项目虽设有自动控制功能,却因启泵点不匹配、备用泵未设置自动切换,导致火灾发生后主泵未启或需人工干预,耽误供水时机。尤其在高层建筑低区恒压、高区变压的复杂供水体系中,若缺乏定期联动测试和启动时序调校,极易在火灾初期形成“系统在、泵不动”的被动局面,严重影响灭火效率。

(3) 管网布置不合理形成水力阻滞

高层建筑消防系统中,管网在设计过程中如果没有合理规划,会造成管网部分位置出现水力损失较大的情况,例如干管、支管规格未按照楼层高低进行变化设计,循环线路中存在死角等情况,末端管段长距离的供水路没有足够的加压。运行中水流受阻,产生较大的扬水头损失及流速减小,甚至出现停顿现象,严重影响顶层屋顶的洒水栓及自动灭火装置的正常供水。其主要原因是未考虑层间高度差及摩擦阻力累积的影响,亦与施工中未及时做水力校核有关。

(4) 消防设施配置缺陷影响使用效率

消防设施作为系统末端关键环节,不合理的消防系统设置会直接影响火灾扑救速度和效率。某些工程因受竖向空间的影响,将水泵接合器的设置位置定在比较隐蔽的位置或是未做硬化的消防道路上,在很大程度上导致灭火口无法进行有效的对接。除此之外,室内消火栓被装饰物遮盖、检修走廊过窄、被占用等现象也使得其形同虚设。喷淋末端因功能分区调整而存在盲区,也常被忽视。上述问题反映出更新的设计没有跟随功能的变化,缺乏对设备的保养维护及定期检修,导致消防设施的形式大于实质的问题。

3 提升高层建筑消防给水系统效能的改进策略

(1) 科学分区稳压确保水压覆盖均衡

因高层建筑垂直高度较高,水压随楼层升高显著衰减,若未合理设置分区及稳压,则会导致上层喷淋头及消火栓无法有效使用,极大程度影响了灭火效率。为确保各层均能获得满足需求的压力用水,应根据建筑物高度、功能布局及用途确定分区方案。通常采用高低区分区供水的方式即低区、中区、高区三级供水模式,在中间设置高位蓄水箱或在管道上设置减压阀等方式,取消连续供水,避免“一泵供全楼”的管网压力变化过大的弊端。

针对不同使用场景,应选取相应的稳压设备满足需求条件。对用水量变化较大的办公楼、住宅而言,则宜采用利用变频调速泵组,在频率调节下实现与恒压供水量相对应的储水箱装置,在任意时刻可动态地平衡压力值,并能适应任何流速;对于用水量变化较平缓的场所如商场、会展中心等,可采用定速泵+气压罐的方式进行系统设计,以满足系统长期运行的需

求。

对于某些新建或已有的高程构筑物,面临高程区压不足或压差不稳的问题,可增加后备稳泵,实现该地区高压平衡及调节,提高抗干扰性;同时加强关键节点的动态压力监测,在泵房出口处、顶喷头末端及系统最远处安装压力传感器,将其接入智能监测平台中,使用预设阈值进行自动调控并报警,提高整体系统的响应速率与管理水平精确度。

此外,设计安装时应预留检修阀门和测压接口位置,特别是不同分区之间、减压阀设置部位及系统末端接入部位,有利于保证后续设施使用的可靠性和方便维护。实践表明,消火栓给水系统压力到达情况并非某一设备可以决定,需要从系统设计优化、正确选用设备、科学应用控制技术及严格维护管理等多个方面共同作用,才能实现“有压可达、用时可靠”的高层建筑消防保障目标。

(2) 强化泵组控制保障启停精准可靠

高层建筑消防系统常因管网设计与现场脱节,导致在使用中出现管路压力损失大、供水不均等问题,并且难以维护检修。因此在设计中应用优化理念是解决问题的关键所在。

管道的排布及设置应按系统划分进行,杜绝“图纸上一管到底、现场全靠加压”的设计套路。在实际工程中,部分项目为减少竖管数量,将高层、中层、底层合用一根干管,结果造成高层区给水压力不足,低层区水锤破坏漏水现象。因此,建议按楼层高度分类排序,同时兼顾功能区区间需求,可单独供应或设置区域控制阀。主管尽量沿墙、管道间布置,避开电梯井、电房等不易检修位置;次主管宜根据横梁标高进行延伸,减少跨过横梁对结构的破坏及后期安装吊顶后不易检查维修的问题。

施工细节直接影响水力效率。在安装水管的过程中,因与风管及电路交叉,常出现随便转向、转弯或者地形倾斜等情况,容易造成堵塞或者锈蚀的现象。应尽可能采用45°圆弧弯头代替90°直角三通连接方式,运用预置好的支架来调整排水坡度,确保通风顺畅及限制积水;将中间阀门置于较长的管路部分中,便于检测与分割。所有暗埋管线安装前都应做好现场会签手续,并确认施工顺序,防止出现反复返工的问题。

对施工用料的选择也不宜简单化。有些主立管仍选用薄壁镀锌钢管,在使用过程中经常发现锈蚀爆裂的现象。高压区建议采用涂塑或衬塑钢管;次立管可根据实际需求选用不锈钢管或防火PPR管。但是务必确保和日常供水系统的分离,并通过专用的转换器来防止由于温度变化导致的应力聚集。

而系统节点的可达性更需重视。若压力调节器、排放阀及测量孔安装在天花板内深埋的位置,并未留有检修口,则一旦

发生故障就需破拆装修进行检视修理。故重要设备宜布置在设备层或管道间中,另外在施工图纸中还要标注好它的位置,以便于后期能够及时发现并对其进行养护。

最后,验收环节必须引入实测机制。除了静压实验外,务必模拟最不利点消火栓及最末端洒水喷头射流量试验,避免出现“纸面达标而实际上达不到”的安全误区。

若想全面提高高层建筑的消防给水管的承压性、安全性及可靠性,就需要将管道布局、安装设计、管材选型、管理维修以及验收工作进行有机融合。

(3) 优化管网系统结构与材料适配性

在高层建筑中,常因系统设计不合理或者选型不恰当导致消防给水管路末端压力过低、管路连接处渗漏严重及后期维护不便等情况。为提高系统的可靠性,在结构上应进行改进并合理选用材料,保证其施工可行性和后期维修可行性。

在管线布置中,应优先规避“最短路线”的原则,改为“最优路由”的方式,即从建筑布局中找出阻塞少、便于维修的路线为主干管。例如,在可选的情况下尽量不将主干管铺设在吊顶内及堆物空间上方。而应沿消防电梯井、水泵房外墙组成竖向主干线,分别由各层引出,以便于日后检修维护。干管应尽量避免管道出现较大的弯曲半径,在弯头处设置抗震支架,减轻因高差造成的水冲激引起的应力集中。

在材料的选择方面,不能一味地选择价格低廉的产品。在保证其耐压性能的前提下,还要兼顾其防锈性能及连接的便捷性。当前部分小型工程仍采用热镀锌钢管,但在多雨潮湿地区或是水中含盐量较高的区域,时常发生因腐蚀而渗漏的现象。建议高层建筑主干管尽量采用内衬环氧树脂或者不锈钢管,尤其是泵站进出口以及屋面循环部位,这是系统中的最大压头区域,高压等级、难维护。支管可用防腐蚀层的钢管,经济合理又耐久可靠。

在接口技术方面,尽量避免焊接,多用卡箍或者沟槽连接,既减少了现场安装的误差,也方便后期的漏洞替换,尤其对于吊顶及管井等密闭环境,卡箍连接大大降低了明火作业的风险以及维修成本。

此外,建议各分区或者各区末端加装手动排气阀及维护阀组,避免高位气塞及结垢现象产生,便于定时排放水清洗及系统测试检查。在某次项目改造过程中,通过增设排气阀,并加强清洗,明显改善了12层以上的水枪启泵延迟过慢的情况。

参考文献:

[1] 段立超.浅谈高层民用建筑消防安全现状及对策[J].森林防火,2025,43(3):135-139.

[2] 陈旭东,裘晓彤.高层建筑火灾扑救中的供水难题与解决对策[J].今日消防,2025,10(7):53-55.

综上所述,只有将“怎么管”“用什么”“如何接口”“怎样检修”落实到项目的每个细节中,才能从根本上提高高层建筑消防给水系统管网的安全性及实用性。

(4) 完善末端设施布置与检修空间预留

高位水箱设置位置不当,水泵房空间狭小,设备选型不合适及维保不到位等问题将导致高层建筑消防给水系统在关键时刻无法正常工作或难以保证其灭火供水能力。要想切实提升系统的末端可维修性及适用性,应在设施布置与检修空间预留方面进行针对性改进,主要包含以下几点:

首先应满足“可视、可近、可达”的布置原则,在方案设计中就要考虑到将测试系统、压力表及放空阀门等末端装置布置在便于经常性检查的位置,并尽可能采用设备间、楼梯间及公共管道穿墙孔位置来放置,避免将其布置在吊顶内或墙体后方。推荐尝试系统高度为1.2m~1.5m,确保单人借助辅助工具即可完成操作。排放阀也应尽量避免靠近机器台面,减少工作量,增加检修风险。

其次,要确保足够的空间进行检修,在设计中应预留最小600mm×800mm为检修操作基础尺度,以便工作人员站立作业,并结合泵房及屋顶高位水箱间等特殊部位管道布置情况考虑。采用交错布置形式,避免其他专业线路阻挡检查口;若设备位于吊顶内部,应设置拆卸式检查口或活动板,保障后期维护检修。

再次,注意与雨水系统的规划衔接,避免最终的水压测试以及排水气体形成“单独的功能区”。所有测试喷头都应连接到导管内,或直接连接到附近高层大楼的污水管线内,以防止测试用水泄漏造成地板污染或渗漏问题。如处于上层蓄水间,则应设置地面集流桶或暗涵出口并与外界环境连通。对于末端放水阀,宜设置醒目管体或放水量标识,增强巡视效果。

此外,建议将终端设备纳入BIM建模范围内,进行3D核查工作,及早发现潜在空间冲突点。在竣工前完成“实地可操作测试”,由消防维保单位与建造团队共同核查每个终端设备是否满足正常操作条件及供水保障情况,形成完整的验收流程。

通过对终端及维修场地设计上的优化,能够有效提升整体系统维护工作的质量,并能在突发状况下及时进行处理,避免出现因终端出现问题而影响整体灭火用水供给安全,保障了高层建筑消防设备功能的有效性及其可靠性