

DOI:10.19853/j.zgjsps.1000-4602.2022.16.014

超限高层建筑消防给水系统安全性能提升措施

杨琦^{1,2}, 贺煜华³, 林玲⁴

(1. 华东建筑设计研究院有限公司, 上海 200002; 2. 上海超高层建筑设计工程技术研究中心, 上海 200002; 3. 江西省赣州市消防救援支队, 江西 赣州 341000; 4. 成都基准方中建筑设计有限公司 重庆分公司, 重庆 401120)

摘要: 探讨了针对建筑高度大于250 m建筑的消防给水系统安全性能提升的加强措施。分析了建筑高度与消防给水系统的关系,高层建筑灭火应以自救为主,需要考虑消防技术措施随建筑高度的变化而变化。明确了安全提升的设计原则和加强措施的决定因素,设计需要结合建筑高度变化有针对性地提出解决措施,并建议对超限高层建筑中建筑高度大于480 m的特殊超限高层建筑区别对待。初步建立了超限高层建筑消防给水系统的加强措施框架,根据工程设计的实践,从系统设置与应用场所,多水源供水的系统与设施,系统的分级、分区与管网组件,设计参数与组件选择、安装,智慧的运维与管理,系统的评价等6个方面提出了超限高层建筑消防给水系统安全性能提升的技术加强措施。

关键词: 消防给水; 超限高层建筑; 可靠性; 加强措施; 安全性能提升

中图分类号: TU998.1 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000-4602(2022)16-0083-06

Measures for Over-limit High-rise Building to Improve the Safety Performance of Fire Water Supply System

YANG Qi^{1,2}, HE Yu-hua³, LIN Ling⁴

(1. East China Architectural Design & Research Institute Co. Ltd., Shanghai 200002, China; 2. Shanghai Engineering Research Center of Super High-Rise Building Design, Shanghai 200002, China; 3. Jiangxi Province Ganzhou Fire Rescue Detachment, Ganzhou 341000, China; 4. Chongqing Branch, Chengdu JZFD Architectural Design Co. Ltd., Chongqing 401120, China)

Abstract: The enhanced measures for improving the safety of the fire water supply system of buildings with height over 250 m were discussed. The relationship between building height and fire water supply system was analyzed. Fire extinguishing in high-rise buildings should be mainly depended on self-rescue, and fire technical measures should be changed with the building height. The design principles of safety improvement and the key factors of enhanced measures were clarified. The design needed to combine with the change of building height to propose targeted solutions, and it was suggested that special over-limit high-rise buildings with building height greater than 480 m should be treated separately. The framework of enhanced measures for fire water supply system of over-limit high-rise building was preliminarily established. According to the engineering design practice, the technical measures for enhancing the safety performance of fire water supply system in over-limit high-rise building

基金项目: “上海超高层建筑设计工程技术研究中心”建设项目(14DZ2252800); 上海市社会发展科技攻关项目(21DZ1203400)

were proposed from six aspects: system setup and application site, multi-source water supply system and facilities, system classification, zoning and pipe network components, design parameters and components selection, installation, intelligent operation, intelligent maintenance and management, and system evaluation.

Key words: fire water supply; over-limit high-rise building; reliability; enhanced measures; safety performance improvement

国标《建筑设计防火规范》(GB 50016—2014, 2018年版)中提出,建筑高度大于250 m的建筑(以下简称:超限高层建筑)除应符合该规范的要求外,尚应结合设计情况采取更加严格的防火措施。公安部于2018年发文《建筑高度大于250米民用建筑防火设计加强性技术要求(试行)》(公消[2018]57号),规定了相应的加强性防火措施。超限高层建筑的消防给水系统在设计中有多种形式,其安全可靠性和各不相同。基于这一背景,探讨超限高层建筑消防给水系统的安全性能提升措施很有必要。

1 建筑高度与消防给水系统

建筑高度的变化与消防给水的需求是密切相关的。国家规范将建筑高度大于24 m的公共建筑定义为高层建筑,主要根据当时消防车载水泵扬程80 m,按吸水的水头损失10 m,8根水带接力的水头损失25.76 m,消防水枪的充实水柱要求的水头损失20.5 m计算。不高于24 m的公共建筑立足于外部救援(住宅放宽到27 m),反之,高层建筑立足于自救。习惯上将建筑高度大于100 m的建筑称为超高层建筑,在现行国家标准中给出了其防火措施具体的规定。建筑高度大于250 m的超限高层建筑有其自身的特点,其使用功能复杂、内部空间变化较大、火灾隐患多、发生火灾的概率增加;一旦发生火灾,其人员的消防疏散难度增加,且垂直火灾的蔓延速度快、建筑外部容易形成旋风,对于外部救援也困难^[1]。因此,需要提升超限高层建筑消防给水系统的安全性能,加强消防给水系统的技术措施。除了自救的要求外,消防给水系统需要自动、安全可靠,强调对初期火灾的扑救。

在超限高层建筑中,随着建筑高度的不断提高,消防给水的技术措施也会从量变到质变而变化,不能永远采用常规的措施处理所有建筑高度的消防给水需求。达到一定高度的建筑或许需要采用不同的技术措施应对,建筑高度不同其消防给水

措施也有必要区别对待。目前250 m的确定也没有特定的理由,超高层建筑在竖向防火中,规定设置避难层(间),两个避难层(间)之间的高度不应大于50 m。对于建筑高度250 m的建筑,其层数一般不超过55层,至少要设有4个避难层(间),分为5段。在灭火救援方面,消防电梯从首层到顶层的运行时间不宜大于60 s,这对建筑高度不断增长的超限高层建筑来说,很可能出现转换消防电梯的情况。在行业标准《电梯技术条件》(GB/T 10058—2009)中,电梯的额定速度不大于6 m/s,若按超高速电梯5 m/s选择消防电梯,250 m的建筑至少需要在通道内运行50 s,还要考虑加速、减速的缓冲时间以及电梯门的开闭时间。在实际工程案例中,避难层与建筑层数的关系不是完全固定的。

2 安全性能提升的设计原则

2.1 加强措施的决定因素

超限高层建筑消防给水系统安全提升的设计原则应以灭火性能为目标,从控火、灭火到抑制火灾强调对初期火灾的灭火,需要考虑正当性、最优化、合理性。正当性在于要做对的,系统设置的依据正当,且防止过度消防,保证防火实践中利益大于风险。如通过增加消防给水的环节从而改变防火的要求都是不正当的。最优化在于做什么,提升措施需要优化原设计系统,保证系统的有效性、可靠性、可维护性、可连续运行性。合理性在于怎么做,不仅是消防给水系统自身,还需要协调消防给水不同系统之间的关系,协同和关联消防给水与建筑防火、消防设施的一致性以及经济性的关系,以实现灭火的目标,使防护与安全最优化。在考虑了经济和社会因素之后,人员伤亡、经济损失以及社会影响的可能性均保持在可合理达到的尽量低水平,提高消防给水系统设计的安全韧性。

加强措施应以确保系统完整性、功能性为原则,并不应降低原系统的设计标准。完整性体现在

其基本组件不应减少,功能性需满足系统原有的正常启动功能和维护管理要求。

在系统的设置方面,强调自动灭火系统的全保护,及时灭火,将初期火灾控制在萌芽之中。在可靠性的提升方面,对消防给水系统安全的最优化,不同的火灾危险性区别对待,重点部位需要纵深防御、多层防护。对于人员密集、B类火灾的场所和扑救困难的储藏室等部位除了采用自动灭火系统外可再增加高压细水雾喷枪、压缩空气泡沫设施的保护,特别是对扑救深位火灾有很好的效果;对于系统设计中的关键核心加强防护,如消防水泵的多重启动控制、消防水管网的可靠性等。保证超限高层建筑在某一层次的防御措施失效时,可由下一层次的防御措施予以弥补或纠正^[2]。在系统的生命周期中,分析消防给水系统全生命周期的各阶段与性能的关系,对系统的设计、安装、运行和维护、废弃或更新采用不同的技术措施来保障系统的本质安全^[3]。在系统的经济性方面,防火安全是相对的,不能无限制增加系统投资,以风险控制为出发点比选方案,权衡系统设置的利弊^[4-5]。

2.2 加强措施的高度划分

在建筑高度不断增加的情况下,对应的超高层建筑消防给水技术在传统的技术变化关系上,必然会出现一个交叉点,由于建筑高度的变化和灭火救援方式的不同,将形成新的变革技术。

从消防给水分区的压力看,超限高层建筑的消防给水系统有自身的特点,系统的工作压力不应大于2.40 MPa,且当消火栓栓口处静压大于1.0 MPa、自动水灭火系统报警阀处的工作压力大于1.60 MPa或喷头处的工作压力大于1.20 MPa时,消防给水系统应分区供水^[6-7]。

在超限高层建筑的高度划分上,现提出将建筑高度超过480 m的特殊超限高层建筑作为消防给水的特殊加强技术措施的划分界限。主要考虑到在这种情况下,消防给水系统至少要分两个级(以消防水泵为分级串联)以上,若消火栓系统按70 m一个分区估算,考虑设有地下室,至少需要7个消火栓给水的分区,自动喷水灭火系统的给水分区也需要划分为8个区。从灭火救援的角度看,这一高度的特殊超限高层建筑消防电梯从首层到顶层的运行时间已超过60 s,需要做中间的转换。从工程设计案例看,上海金茂大厦为420.5 m,上海环球金融中

心为492 m(地上101层)。480 m高的建筑在工程案例上类似于将上海环球金融中心这类项目作为高度的划分线。通常在实际工程中,480 m的建筑一般在100层左右。综上分析,选用480 m作为特殊超限高层建筑划分界限有一定的合理性。

3 安全性能提升的技术措施

3.1 系统设置与应用场所

超限高层建筑应设置自动灭火系统的全保护,且超限高层建筑的灭火设计应优先使用消防给水系统。除另有规定和不宜用水保护或灭火的场所外,所有部位应设置采用自动喷水灭火系统。特殊超限高层建筑(建筑高度大于480 m的高层建筑)裙房的消防给水系统设计,建议一并按超高层建筑整体设计。超限高层建筑的消防给水系统应独立设置,其消防水泵房应设置在相应的产权范围内。

增加系统的设置。超限高层建筑内应设置消防软管卷盘,特殊超限高层建筑内设置高压细水雾灭火系统或高压细水雾喷枪。纸质档案库、电梯机房、电缆竖井等以及停车数超过1 000辆汽车库部位或场所应设高压细水雾喷枪的保护。高压细水雾喷枪应设置在消防细水雾箱内。箱内应设高压细水雾喷枪(流量系数 $K=3.2$)1支、长度不小于40 m的高压软管卷盘1套、管径DN15的高压手动球阀1个、压力表1套。高压细水雾喷枪应具有水雾射流和密集射流的功能,并应能够相互切换,喷枪的布置间距不应大于30 m。此外,建筑内设置压缩空气泡沫灭火设施,在消防电梯前室设置供消防救援人员使用的泡沫供应专管,并在每个分区内预留压缩空气泡沫灭火设施的空间接力供应,以确保泡沫在垂直输送中不至于破坏。

强化应用的场所。设置直升机停机坪或供直升机救助的设施的屋面,其消火栓水枪应配置泡沫装置或高压细水雾灭火装置。特殊超限高层建筑的汽车库内设高压细水雾喷枪,电梯机房、电缆竖井内应设置自动灭火设施,酒店的污水井内、直燃式机组机房、分布式供能站采用湿式系统。

3.2 多水源供水的系统与设施

在多水源供水的系统方面,室内消防给水采用不同类型的双水源向管网供水,可采用高位消防水池和低位消防水池供水,且各自的有效容积均能满足火灾延续时间内的全部消防用水量,以确保消防

水源的水量保障。对于特殊超限高层建筑,其消防给水每个消防分区应采用不同的消防水源供水,且各水源均应满足全部设计的消防用水量。如图 1 所示,采用重力供水形式的下面两级采用了双消防水源供水,所有消防水池内均贮存全部消防用水量。在最下一级消火栓给水系统中,有低位消防水池的供水,也有高位消防水池(2)的供水,此外,还有消防水泵接合器的应急供水。在最上一级,由于供水范围较小,虽然采用了单水源供水,但采用了柴油机消防水泵来提升系统的安全性能。

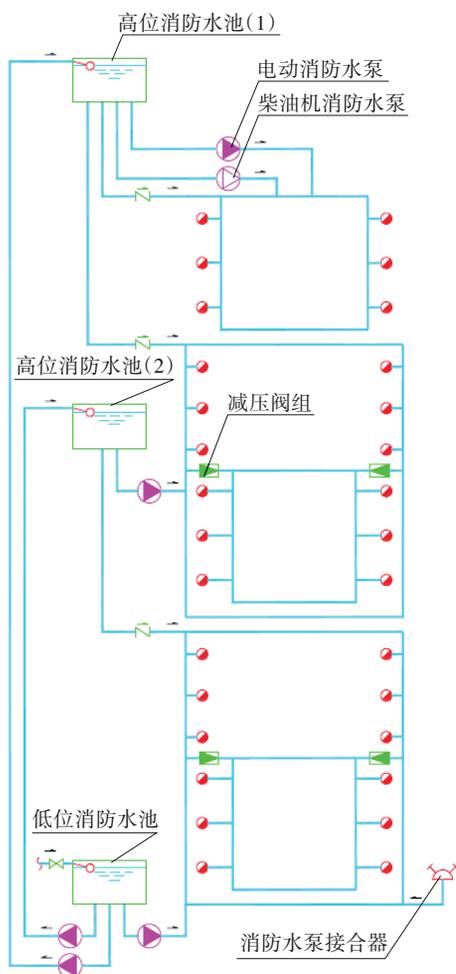


图 1 超限高层建筑消防给水系统中消防给水多水源供水

Fig.1 Multi-source water supply in fire water supply system of over-limit high-rise buildings

在多水源供水的设施方面,高位消防水池、消防减压水箱、消防转输水箱、高位消防水箱应设置在室内,并应有防结冰的有效措施,不应采用敞开式水池。当采用高位消防水池兼作建筑结构的阻尼装置时,该消防水池还应考虑到其晃摆造成的水

量(有效容积)、水位、管道连接、基础连接、水池结构强度等问题。特殊超限高层建筑的高位消防水池应由消防转输泵供水,每组消防水泵选用中至少采用一套柴油机直接传动的水泵驱动器。消防水泵、消防转输泵不应采用双电动机或基于柴油机等组成的双动力驱动水泵。消防泵均应设置独立的备用泵。各分区分别独立设置水泵接合器。

3.3 系统的分级、分区与管网组件

在消防给水系统的分级、分区中,减少环节可提高系统的可靠性,同时,也需满足系统的最高工作压力的控制规定。超限高层建筑确保各消防给水系统除水源外完全独立,以减少相互之间的干扰。高位消防水池与减压水箱之间及减压水箱之间的高差不应大于 200 m。消防给水系统的每个分级中,最大分区数量不应大于 3 个。

在管网组件中,一是提高组件自身的可靠度,或增加备用量;二是将组件的不安全风险影响控制在一定的范围内。超限高层建筑的室外消火栓的间距不应大于 80 m。用于消防救援和消防车停靠的楼面上和冷却塔设置的屋面应设置消火栓来保护。消防转输给水管不应少于两条,并应独立设置。串联消防水泵给水系统应校核系统供水压力,并应在串联中下一级的消防水泵的出水管上设置减压型倒流防止器。

在自动喷水灭火系统中,关键是解决报警阀及其以后的供水安全性问题^[8]。当需要采取双报警阀组的供水方式来提高报警阀组件的可靠性时,报警阀组必须采用 1 用 1 备的方式。从控制报警阀的风险看,还可以采用不同报警阀组配水管隔层布置的方式和不同报警阀组喷头交叉布置的方式。建议特殊超限高层建筑的湿式系统采用不同报警阀组同层的喷头交叉布置方式连接配水管。配水干管可采用双配水干管布置的供水方式,以解决配水干管较长的检修问题。为提高喷头供水的均匀性、合理使用消防用水量和增强配水管管网的可靠性,水流指示器后的管道采用环状或网状布置方式。

3.4 设计参数与组件选择、安装

通过提高设计用水量、喷水强度和压力,提升系统的安全性能。室内消火栓的用水量可采用 50、60、80 L/s 档次。自动喷水灭火系统的设计参数可采用中危险级 II 级确定。人员密集的场所自动喷水灭火系统的设计喷水强度可取 15 L/(min·m²),停

放电动车的车位的喷水强度应不低于 $12\text{ L}/(\text{min}\cdot\text{m}^2)$,仓库(库房、储物间)、工具间应按仓库的火灾危险等级确定自动喷水灭火系统的设计参数。高压细水雾灭火系统喷雾喷头和高压细水雾喷枪喷嘴的工作压力不应低于 10.0 MPa 。高压细水雾喷枪在额定工作压力 10 MPa 时的出水量应不小于 $32\text{ L}/\text{min}$,且水雾(扩散)射程不应小于 8 m 、密集(直流)射流射程不应小于 12 m 。

延长室内消火栓系统、自动喷水灭火系统的持续灭火时间,特殊超限高层建筑室内消火栓的设计火灾延续时间不应少于 4.0 h 。还可采取增加同一时间的火灾次数的加强措施。此外,在特殊超限高层建筑的气体灭火系统设计中,其灭火剂应有 100% 的备用量。

在楼梯间前室和设置室内消火栓的消防电梯前室通向走道的墙体下部设置消防水带穿越孔,以便于灭火救援。洒水喷头应采用快速响应喷头,不应采用隐蔽型喷头。外墙采用玻璃幕墙部位加密洒水喷头的布置。室内消防给水管道不得采用塑料管道、不应采用旋转型室内消火栓、湿式报警阀出口处不应设置阀门。

3.5 智慧的运维与管理

超限高层建筑应接入城市消防远程监控系统(消防设施物联网系统),以便进行智慧的运维与管理。强化消防给水系统信息的感知、采集、物联监测和数据的应用,提高水灭火系统的维护管理能力^[9]。同时,管理性措施不应替代或减少国家标准规定的防火技术措施。

消防给水系统的消防设施物联网系统应由感知层、传输层、应用层组成,并应具有智能化识别、定位、跟踪、监控和管理的网络应用功能。感知层的数据采集来源可采用传感器、电子标签、视频采集终端、物联监测、物联巡查等。消防给水系统物联监测的感知设置有:在试验消火栓处应设置末端试水监测装置,其他消防给水各分区最不利处的消火栓或试验消火栓宜设压力传感器或预留手持终端的接口;每个报警阀组控制的最不利点喷头处应设置末端试水监测装置,其他防火分区、楼层宜设压力传感器或预留手持终端的接口;高位消防水箱、高位消防水池、消防减压水箱、转输消防水箱和消防水池内应设置水位传感器;总体消防引入管的消防水表后、消防水泵的进水总管和出水总管上应

设置压力传感器;消防泵流量和压力监测装置内应设置压力传感器和流量传感器。消防水泵房应设置视频采集终端,并应对采集的信息进行监视。气体灭火系统设置系统压力泄漏传感器、灭火剂质量传感器。建筑灭火器设电子标签进行物联巡查。

超限高层建筑的消防给水系统应制定日常运维管理和非工程性措施,应有纳入综合防灾的消防给水应急预案。如消防排水措施应满足财产保护和消防设施安全以及系统调试、日常维护管理等安全和功能的需要;设有玻璃幕墙且又无可开启外窗的建筑物设室内消火栓给水系统的排水管等。

3.6 系统的评价

构建超限高层建筑消防给水系统的评价标准有利于判断系统的可靠性和优劣,特别是对系统的分区进行技术性评判具有参考价值。

超限高层建筑的消防给水系统应进行系统评价,形成系统评估报告。评价应以判定系统的可靠性为主,给出设计推荐的最佳方案。系统评价应包括直接评定和综合评定的评定方法。

直接评定应对于违反消防法律法规,不符合消防技术标准的强制性条文,可能导致火灾发生或火灾危害的重大的、潜在的不安全因素(要素)给出对标说明,并应以安全评价为目标。综合评定的评价方法应根据评价目的和对象的不同选择适用的系统评价方法,并宜以系统的可靠性评价为目标。超限高层建筑消防给水系统可建立可靠性模型,通过可靠度进行计算,并均衡可靠性、安全性和经济性之间的关系。

消防给水系统的系统评估指标可与设计要素相结合。评估项目有目标与功能、系统性能、经济效果和其他方面。可靠性的指标和评分可针对消防给水系统的消防水源、供水设施、系统体制、分级和分区、设备和管道、消防电源、控制与监测、消防排水等因素确定。

4 结语

提升超限高层消防给水系统的安全可靠性很有必要。其可靠性指标主要有无故障性、宜修性和耐久性。通过设计手段,加强消防给水的技术措施使得超限高层建筑运行的火灾危险处于可控状态。结合建筑高度量变有可能到质变的特点,有针对性地提出了解决措施,对超限高层建筑的设计具有较大的指导性。研究初步建立了超限高层建筑消防

给水系统的加强措施框架,提升措施需结合建筑项目的特点考虑多元性、冗余性、独立性,提出的加强技术措施为设计选用提供了具体的、可操作的方法。

超限高层建筑消防给水加强措施需要随着建筑高度的变化而变化,建议对建筑高度大于480 m的特殊超限高层建筑采取进一步的消防给水加强措施。可以从系统设置与应用场所,多水源供水系统与设施,系统的分级、分区与管网组件,设计参数与组件选择、安装,智慧的运维与管理,系统的评价等6个方面给予设计安全性能的提升。

参考文献:

- [1] 杨琦. 超限高层建筑水灭火系统选择的研究[J]. 给水排水, 2011, 37(6):91-95.
YANG Qi. Research on water fire fighting technology in over super tall buildings [J]. Water & Wastewater Engineering, 2011, 37(6):91-95(in Chinese).
- [2] YANG Q. A study on the reliability of fire water supply system in high-rise buildings [J]. Fire Technology, 2002, 38(1):71-79.
- [3] 杨琦. 基于系统控制论的自动喷水灭火系统的研究[J]. 给水排水, 2013, 39(9):145-148.
YANG Qi. Study on the sprinkler system based on system control theory [J]. Water & Wastewater Engineering, 2013, 39(9):145-148(in Chinese)
- [4] 杨琦, 丛北华. 超限高层建筑灭火系统的技术经济分析[J]. 中国给水排水, 2011, 27(20):25-28.
YANG Qi, CONG Beihua. Technical and economic analysis of fire extinguishing system for super high-rise buildings [J]. China Water & Wastewater, 2011, 27(20):25-28(in Chinese).
- [5] 杨琦. 系统评价在建筑水灭火系统中应用的探讨[J]. 给水排水, 2007, 33(8):94-96.
YANG Qi. On application of systematic assessment in building fire control system [J]. Water & Wastewater Engineering, 2007, 33(8):94-96(in Chinese).
- [6] 住房和城乡建设部. 消防给水及消火栓系统技术规范:GB 50974—2014[S]. 北京:中国计划出版社, 2014.
Ministry of Housing and Urban-Rural Development. Technical Code for Fire Protection Water Supply and Hydrant Systems: GB 50974—2014 [S]. Beijing: China Planning Press, 2014(in Chinese).
- [7] 住房和城乡建设部. 自动喷水灭火系统设计规范:GB 50084—2017[S]. 北京:中国计划出版社, 2017.
Ministry of Housing and Urban-Rural Development. Code for Design of Sprinkler Systems: GB 50084—2017 [S]. Beijing: China Planning Press, 2017(in Chinese).
- [8] 杨琦, 桂佳, 朱磊. 超高层建筑自动喷水灭火系统提升可靠性的措施[J]. 给水排水, 2018, 44(7):94-97.
YANG Qi, GUI Jia, ZHU Lei. Measures to improve reliability of automatic sprinkler systems for super high-rise buildings [J]. Water & Wastewater Engineering, 2018, 44(7):94-97(in Chinese).
- [9] 虞利强, 杨琦, 黄鹏, 等. 基于物联网技术的消防给水监测系统构建[J]. 消防科学与技术, 2017, 36(7):971-973.
YU Liqiang, YANG Qi, HUANG Peng, et al. Construction of fire water supply monitoring system based on Internet of Things technology [J]. Fire Science and Technology, 2017, 36(7):971-973(in Chinese).

作者简介:杨琦(1963—),男,江苏苏州人,大学本科,教授级高级工程师,专业院总工程师,研究方向为建筑给水排水和水灭火系统设计技术,参与了几十项工程项目的设计并获勘察设计奖,且参与多本国家和地方规范的编写。

E-mail:qi_yang@ecadi.com

收稿日期:2021-03-16

修回日期:2021-04-08

(编辑:孔红春)