

DOI:10.19853/j.zgjsps.1000-4602.2021.02.012

民用建筑中 12 ~ 18 m 高大空间场所自动灭火系统设计

朱文倩

(华东建筑设计研究总院, 上海 200002)

摘 要: 《自动喷水灭火系统设计规范》(GB 50084—2017) 的实施, 为民用建筑 12 ~ 18 m 高大空间场所可采用的自动灭火消防系统类型提供了又一选择, 即可采用自动喷水灭火系统保护高大空间场所。结合具体项目实例, 围绕此类场所中自动喷水灭火系统与大空间智能型主动喷水灭火系统的设计方案进行比选, 利用消防计算软件从系统设计流量、水力计算以及设计中遇到的问题等相关角度进行分析探讨, 建议在有条件设置喷淋的区域优先考虑设置自动喷水灭火系统, 并单独设置高大空间区域减压装置, 同时对非仓库型特殊应用喷头在现行规范认证标准还未执行情况下的使用提出了应对措施。

关键词: 高大空间场所; 自动灭火系统; 设计流量; 水力计算; 非仓库型特殊应用喷头
中图分类号: TU998 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000 - 4602(2021)02 - 0066 - 06

Design of Automatic Fire Fighting System for 12 - 18 m High Large Space in Civil Buildings

ZHU Wen-qian

(East China Architectural Design & Research Institute, Shanghai 200002, China)

Abstract: The implementation of the *Code for Design of Sprinkler Systems* (GB 50084 - 2017) provides another choice for the types of automatic fire fighting system can be used in 12 - 18 m high large space of civil buildings, that is, automatic sprinkler systems can be used to protect large space. Combined with a specific project example, we compared the design scheme of automatic sprinkler system and large space intelligent active control sprinkler system in such places, analyzed and discussed the system design flow, hydraulic calculation and problems encountered in the design by using the fire calculation software. It is suggested that priority should be given to sprinkler system in areas where sprinkler setting is available, and separately set up large space area decompression devices. Relevant measures are given to the non-storage specific application sprinkler in the current circumstance that specification standard certification has not been performed.

Key words: large space; automatic fire fighting system; design flow; hydraulic calculation; non-storage specific application sprinkler

2018 年 1 月 1 日开始实施的新版《自动喷水灭火系统设计规范》(GB 50084—2017, 以下简称《新喷规》)对原规范进行了较大的修订和完善, 其中增加了净空高度为 12 ~ 18 m 民用建筑高大空间场所采用湿式系统所对应的设计参数, 并对不同高度场所对应的喷头类型作了要求。笔者针对此条规范的

修订, 通过具体的工程实例探讨对于民用建筑中常见的高大空间场所(例如商业中庭、IMAX 电影厅等)采用的自动灭火系统的选择、设计及计算。

1 工程概述

某工程位于江苏连云港市, 项目定位为标志性商办综合体, 主要分为两栋建筑单体。超高层办公

塔楼外观挺拔,层高 4.2 m,总建筑高度 149.80 m。商业辅楼共 5 层,总建筑高度 35 m,其内部有一个三层通高 17.6 m 的商业中庭作为主要交通空间;商业辅楼层高 6 m,其中 4 层影院层高 9 m,局部 IMAX 影厅层高 15 m。

2 高大空间场所自动灭火系统选择分析

就目前现行的国家规范而言,净空高度在 12~18 m 之间的民用建筑场所既可以采用自动喷水灭火系统,也可采用大空间智能型主动喷水灭火系统。结合该工程项目实际使用功能,首层商业中庭(净空高度 17.6 m)以及 IMAX 影厅(净空高度 15 m)在原则上可采用上述两种消防系统。因此笔者根据项目的定位使用要求以及系统的可靠性经济性,选择最合理的设计方案。

2.1 自动灭火系统设计比选

本工程室内消防系统采用临时高压制,办公塔楼自动喷水灭火系统按报警阀后压力 ≤ 1.2 MPa,将系统分为 3 个区,低区由 B1 层消防泵房内低区喷淋加压泵加压供水;中高区由 22 层消防泵房内高区喷淋加压泵供水;地下室及裙房商业区域由 B1 层消防泵房内低区喷淋加压泵加压供水,与办公塔楼低区合用。由于商业中庭以及 IMAX 影厅均位于商业辅楼区域,因此后续的系统设计方案比选将集中在低区消防系统设计上。

方案 1:按照《新喷规》第 5.0.2 条要求,同时考虑到本项目商业中庭不设置天窗等屋面构造,裙房商业中庭以及 IMAX 影厅均采用自动喷水灭火系统,持续喷水时间 1 h,并按照发生火灾时自动喷水灭火系统最大消防用水量配置低区喷淋消防泵。方案 2:对于室内净空高度 > 12 m 的商业中庭及 IMAX 影厅这类中危险级场所,设置大空间智能型主动喷水灭火系统(以下简称“大空间灭火系统”),按照《大空间智能型主动喷水灭火系统技术规程》(CECS 263:2009,以下简称《技术规程》),选用标准型大空间智能灭火装置,持续喷水时间 1 h,不单独设置大空间灭火消防泵,与低区喷淋消防泵合用水泵,管网在报警阀前分开。方案 3:商业中庭及 IMAX 影厅这类中危险级场所,设置大空间灭火系统,选用标准型大空间智能灭火装置,持续喷水时间 1 h,单独设置大空间灭火消防泵和管网系统。3 种方案优缺点对比见表 1。

考虑到大空间灭火系统无论是单独设置还是与

自动喷水灭火系统合用供水系统,均需要与火灾自动报警系统联动,在一定程度上增加了消防水灭火的实施环节。对于此实际工程而言,三层通高的商业中庭以及 IMAX 影厅均有条件布置自动喷水灭火系统,考虑到自动喷水灭火系统更为安全可靠、应用广泛且灭火成功率高等特点,本工程实际设计采用自动喷水灭火系统保护商业中庭以及 IMAX 影厅这类高大空间场所。

表 1 消防系统方案优缺点比较

Tab. 1 Comparison of advantages and disadvantages of fire protection system schemes

项目	优点	缺点
方案 1	①自动喷水灭火系统技术更为成熟;②无需设置额外的消防系统水泵以及高位消防水箱稳压系统;③维护简单,控制方便	喷头安装方式不如大空间灭火装置灵活,只能贴顶安装
方案 2	无需设置额外的消防系统水泵以及高位消防水箱稳压系统,具有探测判定火源并主动灭火的能力	①与自动喷水灭火系统合用供水系统,控制维护较复杂;②除了要考虑本系统外,还要兼顾火灾自动报警系统
方案 3	①具有探测判定火源并主动灭火的能力;②供水系统相互独立,控制维护较简单	①占用机房面积较大;②除了要考虑本系统外,还要兼顾火灾自动报警系统;③需单独设置高位水箱出水管

2.2 自动灭火系统消防设计流量

消防系统的设计流量直接关系到消防水泵的选型以及消防水池的容积设置,根据自动喷水灭火系统和大空间灭火系统的平面布置(见图 1),进一步从消防设计流量方面探讨两个消防系统的合理性。图 1(a)和图 1(c)为自动喷水灭火系统布置,中庭与 IMAX 影厅按照《新喷规》第 5.0.2 条规定,喷头间距按照不大于 3 m 布置,喷头采用非仓库型特殊应用喷头(流量系数 ≥ 161),支管管径随喷头数而变径设置;由于中庭和 IMAX 影厅所在商业辅楼的火灾危险等级为中危险 II 级,图 1(b)和图 1(d)按照 6 m \times 6 m 间距布置标准型大空间智能灭火装置,图 1 中阴影部分代表最不利作用点处 160 m² 的作用面积。

自动喷水灭火系统最不利作用面积处水力计算利用天津兆龙消防水力计算软件,按《新喷规》水力计算公式逐点计算,水力计算简图见图 2,水力计算结果见表 2。

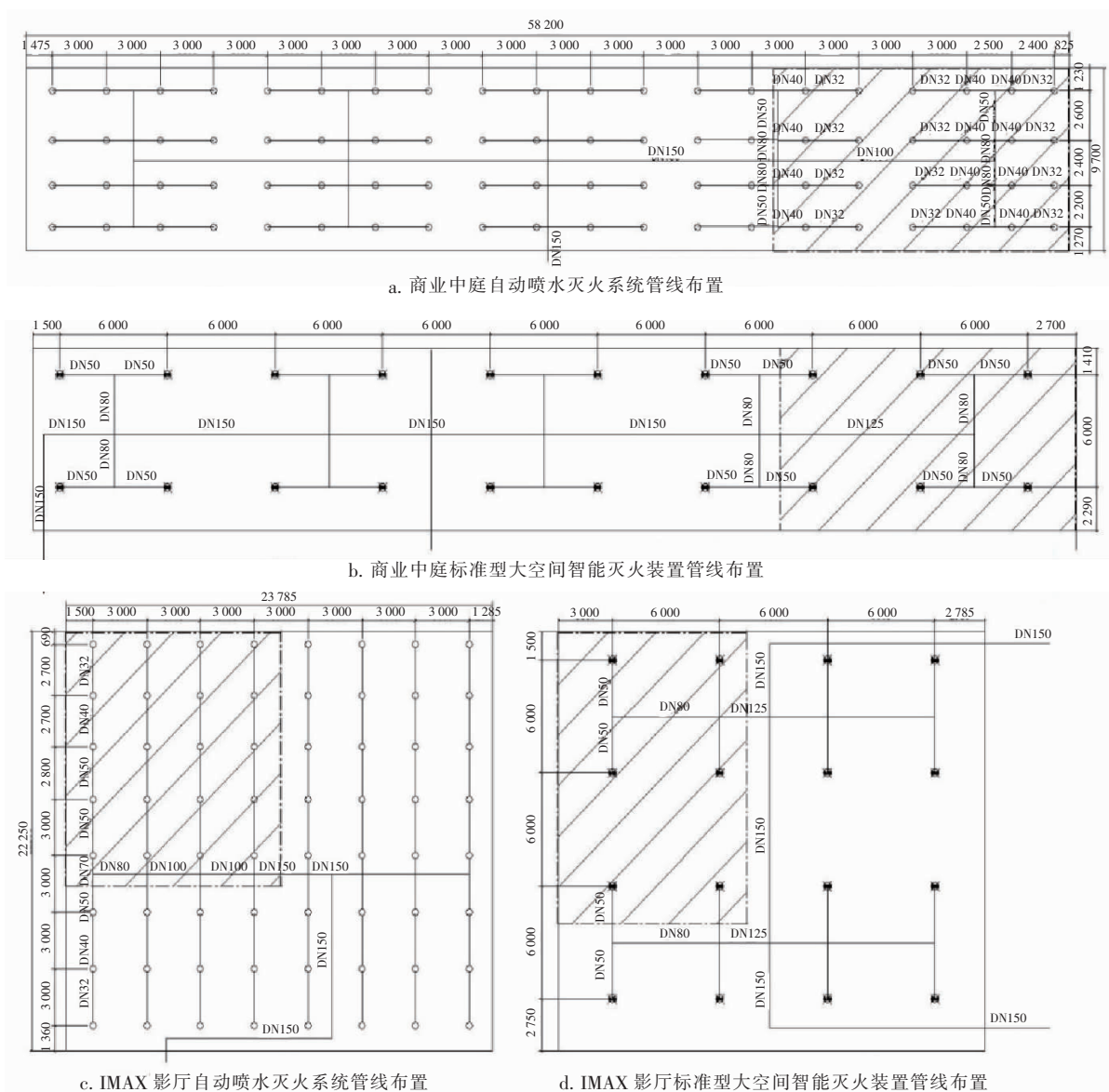


图1 两种消防系统管线平面布置

Fig.1 Plane layout of pipeline arrangement for two fire fighting systems

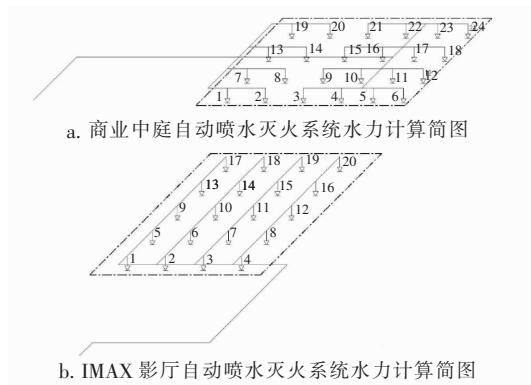


图2 自动喷水灭火系统水力计算简图

Fig.2 Hydraulic calculation diagram of sprinkler system

由于实际工程中喷头安装形式不同,考虑安全性因素水力计算时采用图2所示短立管安装方式(短立管长度为0.5 m),不考虑短立管的影响^[1]。从软件水力计算结果来看,计算流量均要大于单一的设计喷水强度与作用面积的乘积。商业中庭在作用面积内布置了24个喷头,IMAX影厅布置了20个喷头,为了满足各自设计喷水强度的要求,两者最不利点处喷头的工作压力也各不相同。由于喷头布置的间距以及工作压力对设计流量有较大的影响,而《新喷规》以及国外相关规范上均未对非仓库型特殊应用喷头的最小工作压力有明确的规定,故水

力计算按照喷头工作压力 ≥ 0.05 MPa 以及计算的最不利点处相邻 4 个喷头围合范围内的平均喷水强度不低于设计喷水强度的 85% 进行试算调整。由计算结果可见,作用面积内喷头布置得越多,喷头处的工作压力在满足设计喷水强度的要求下可相应减小。在实际工程项目中,尤其是商业项目,喷头的布置间距会受到甲方、室内设计等的干预,进而影响到一次消防设计的安全性,建议前期在喷头布置上稍稍留有余地,兼顾经济性考虑 160 m^2 作用面积内高

大净空场所布置的喷头数量可控制在 20~24 个之间(作用面积内按照喷头最大间距 3 m 布置的喷头最小数量为 4 行 \times 5 列=20 个,按照每行多预留 1 个喷头布置考虑喷头数量为 24 个);参考石小飞等^[1]相关研究成果,并结合本工程项目喷头管网布置情况,对于设计喷水强度为 $12\sim 15\text{ L}/(\text{min}\cdot\text{m}^2)$,设计计算流量建议取 $45\sim 50\text{ L/s}$,对于设计喷水强度为 $20\text{ L}/(\text{min}\cdot\text{m}^2)$,设计计算流量建议为 60 L/s 。

表 2 自动喷水灭火系统流量计算

Tab. 2 Flow calculation of sprinkler system

设置场所	净空高度/m	设计喷水强度/ ($\text{L}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}$)	喷头流量系数	计算流量/ ($\text{L}\cdot\text{s}^{-1}$)	最不利点喷头号	最不利点压力/kPa	作用面积内平均喷水强度/ ($\text{L}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}$)	最不利点附近 4 个相邻喷头的平均喷水强度/ ($\text{L}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}$)
商业中庭	17.6	15	161	50.08	21	50.11	18.78	15.01
IMAX 影厅	15	20	161	58.26	18	100.05	21.85	20.23

图 1(b)和图 1(d)参考大空间灭火《技术规程》中第 5.0.1~5.0.2 条表格要求,单个标准型大空间智能灭火装置的标准喷水流量为 5 L/s ,接管口径为 DN50,标准工作压力为 0.25 MPa,其中:商业中庭最不利点处最大同时开启喷头的个数为 2 行 \times 4 列共 8 个,查表得系统设计流量为 40 L/s ;IMAX 厅影

剧院最不利点处最大同时开启喷头的个数为 4 行 \times 4 列共 16 个,查表得系统设计流量为 80 L/s 。

同时笔者利用水力计算软件对大空间灭火系统进行了逐点计算,表 3 列举了自动喷水灭火系统与大空间灭火系统两个消防系统的主要设计参数的对比。

表 3 两种消防系统主要设计参数对比

Tab. 3 Main design parameters comparison of two fire fighting systems

项 目	自动喷水灭火系统		大空间灭火系统	
	商业中庭($h=17.6\text{ m}$)	IMAX 影厅($h=15\text{ m}$)	商业中庭($h=17.6\text{ m}$)	IMAX 影厅($h=15\text{ m}$)
系统计算流量/ $(\text{L}\cdot\text{s}^{-1})$	50.08	58.26	查表:40 水力计算:40.20	查表:80(45) 水力计算:80.56
喷头工作压力/kPa	50.11	100.05	250.54	250.89
喷头流量系数	161	161	190	190
160 m^2 作用面积内喷水强度/ $(\text{L}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{m}^{-2})$	18.78	21.85	11.22	11.31

就系统计算流量而言,商业中庭[设计喷水强度 $15\text{ L}/(\text{min}\cdot\text{m}^2)$]自动喷水灭火系统的计算流量大于大空间灭火系统;IMAX 影厅[设计喷水强度 $20\text{ L}/(\text{min}\cdot\text{m}^2)$]大空间灭火系统查表流量大于自动喷水灭火系统,而对于火灾危险等级为中危险的场所,当一个智能型红外探测组件控制 1 个喷头时,系统的最大设计流量可按照 45 L/s 确定,同样小于自动喷水灭火系统设计流量。就喷头工作压力而言,大空间智能灭火装置工作压力较高,为自动喷水灭火系统喷头工作压力的 2.5~4 倍,在自动喷水灭火系统和大空间灭火系统供水合用的情况下,可能会出现大流量和高扬程并不发生在同一场所的情

况,这就对消防水泵的选型提出了一定的要求^[2]。就 160 m^2 作用面积内喷水强度而言,大空间灭火系统的设计喷水强度远远达不到《新喷规》中对 $12\sim 18\text{ m}$ 高大空间场所的要求,举例商业中庭来说,为了达到 $15\text{ L}/(\text{min}\cdot\text{m}^2)$ 喷水强度的要求,水力软件计算得出大空间智能灭火装置的工作压力需增加至 0.45 MPa。《民用建筑水灭火系统设计规程》(DGJ 08—94—2007)中就对净空高度在 $12\sim 18\text{ m}$ 之间的中庭以及影剧院场所内设置的大空间洒水灭火装置设计喷水强度和作用面积作了要求[设计喷水强度为 $6\text{ L}/(\text{min}\cdot\text{m}^2)$,作用面积 350 m^2],由于目前《新喷规》只对采用自动喷水灭火系统的情况下作

了相应规定,但是对于采用大空间灭火系统的情况下规范相关条款并不明确。就上述设计参数而言,建议在有条件设置自动喷水灭火系统的高大空间场所,优先选择自动喷水灭火系统,对于只能设置大空间灭火系统的实际工程,建议提前与审图、甲方和相关厂家沟通,在有条件的情况下,尽可能合理地增加作用面积内灭火装置的数量以保证足够的喷水强度要求。

2.3 自动喷水灭火系统水力计算相关问题

① 一般情况下,设计容易将一个作用面积内最高或最远点认定为最不利点进行计算。笔者在用水力软件进行水力计算时发现,在选定的一个最不利作用面积内,管线最远点并不一定都是最不利点,以IMAX影厅水力计算为例,最不利点是节点18,而非管线距离最长的节点17,这是因为节点18局部当量长度影响较大,导致局部损失加上沿程损失大于节点17,管网布置设计中可以通过减少每根配水支管所带喷头个数来解决此类问题^[3],图2(a)所示的商业中庭自动喷水灭火系统管网布置就把管网分成了2个“丰”字形系统,水力计算最不利点符合常规最长最远点的定义。

② 在实际设计过程中,按照规范要求在每个防火分区、每个楼层设置水流指示器。但一般首层通高2~3层的中庭属于首层的防火分区,而中庭处布置的喷头高度却要高于首层,实际设计中一般也就在首层该防火分区处布置一个水流指示器,并从该防火分区喷淋主管上引出一根竖管接至中庭高位喷淋管线。由于商业中庭属于高大空间场所,自动喷水灭火系统设计流量大于一般商业场所,笔者利用水力计算软件对供至中庭水力入口处压力以及供至首层该防火分区最不利作用面积水力入口处压力进行了计算,供至中庭需要的实际压力为0.347 MPa(安全系数1.2),供至首层最不利作用面积需要的实际压力为0.244 MPa(安全系数1.2),首层入口处设置的减压后水头必须满足中庭的供水压力,这样势必会导致首层最不利作用面积内喷头实际喷水流量变大,这就需要校核消防水泵其特性曲线是否满足实际工况下的运行要求。由于自动喷水灭火系统中一直存在这种压力不平衡的特点^[4],同时通高中庭处喷头流量系数又不同于其他场所,建议通高中庭可以单独设置水流指示器以及减压措施以避免系统中压力不均导致的喷水密度和强度的

问题。

2.4 其他

① 对于本工程而言,首层中庭和IMAX影厅如果设置大空间灭火系统,则同一防火分区需要开启自动喷水灭火和大空间灭火两个系统,消防水池自动灭火部分有效容积就需要叠加两个系统的设计流量。从第2.2节分析可以看出,商业中庭以及IMAX影厅均采用自动喷水灭火系统比采用大空间灭火系统总的设计流量要小,可以节省建筑专业一定的机房面积,对结构专业带来的荷载影响也相应较小。同时,设置大空间灭火系统需增加立管数量,建筑管井面积也要放大。此外,大空间灭火装置安装方式相比喷淋系统不需贴顶安装,也不需要集热装置,在室内对吊顶设计有特殊要求的情况下更为灵活。由于本工程商业中庭非天窗类屋顶,且IMAX影厅租户也未对吊顶有特殊要求,因此中庭及IMAX影厅设置自动喷水灭火系统更为合适。

② 由于《新喷规》刚实施不久,且提出了在民用建筑12~18 m的高大空间场所应采用非仓库型特殊应用喷头,但一些项目在实际建造过程中,承包商或者总包单位较难买到相应的喷头产品。因此,承包商或者总包单位会以此为理由,建议甲方和设计单位修改消防系统,对项目的实际落地和推进都带来较大的影响。经咨询供应商与查阅相关规范,非仓库型特殊应用喷头的国家认证标准《自动喷水灭火系统 第22部分:特殊应用喷头》(GB 5135.22—2019)将于2020年7月1日起实施,检验机构后续也可以在规范颁布后对产品进行认证、检验并出具相应证明报告。此外,国家也已经对喷水灭火产品(喷头类)取消了强制性产品认证(根据中共中央办公厅厅字[2019]34号文),改为自愿性认证。目前国外有一些品牌提供的非仓库型特殊应用喷头具有FM认证,在现行规范还未执行的情况下可以适当考虑采用此类产品,并与供应商约定一旦国家相关认证标准出台后应第一时间完成相关认证,若采用的喷头不符合国家标准,供应商后期也应无条件予以替换。由于实际民用建筑工程中这类12~18 m的高大净空场所并不会很多,空间也不会特别大,使用的非仓库型特殊应用喷头数量也不会特别多,从经济性上考虑不会给甲方、总包单位或者供应商带来较大的负担。

③ 从建造维护方面来说,本工程采用自动喷

水灭火系统可以节省土建造价(较小的机房面积以及管弄井面积)且受地面构筑物的影响不大,系统及施工技术成熟。而大空间灭火系统除了土建造价较高外,还要考虑自身系统与火灾自动报警系统的联动及设置情况,消防控制中心还需要对各智能灭火装置的状态进行监视才能保障系统运行的可靠,火灾自动报警系统及相应模块化的设置也相应增加了系统实际工程造价;此外不同类型的大空间智能灭火装置安装高度也各不相同,设置过低会影响建筑美观,设置过高又不利于维护检修。基于上述因素,本工程高大空间采用自动喷水灭火系统是经济、合理、可靠、有效的。

3 结语

随着《新喷规》实施时日渐长,会有更多的民用建筑工程项目遇到12~18 m高大空间场所自动灭火系统的选型设计问题。结合具体工程实例,通过水力计算得出高大空间场所采用自动喷水灭火系统的消防设计流量在一定情况下是大于大空间灭火系统的,并建议在有条件设置喷淋的区域优先考虑设置自动喷水灭火系统以应对现行大空间灭火《技术规程》作用面积内喷水强度不明确的现况;再者,高大空间场所独立设置减压措施控制管网入口压力也在一定程度上避免了系统中压力不均而导致实际喷水强度偏大的问题;同时对非仓库型特殊应用喷头在现行规范认证标准还未执行情况下的使用提出了应对措施,希望对实际工程高大空间场所的消防设计有一定的参考意义。

由于每个工程项目都有其一定的特殊性,在总结并参考以往设计项目经验的同时,还是需要结合项目的实际情况与各方要求,设计经济合理、可靠持久的消防系统方案,以最大程度地保障建筑项目的消防安全。

参考文献:

- [1] 石小飞,郭汝艳. 民用建筑和厂房8~18 m高大净空场所自动喷水灭火系统设计水量计算的探讨[J]. 给水排水,2018,44(6):97-101.
SHI Xiaofei, GUO Ruyan. Discussion on calculation of design water consumption for automatic sprinkler system in 8-18 m high and clear space for civil buildings and powerhouses [J]. Water & Wastewater Engineering, 2018,44(6):97-101 (in Chinese).
- [2] 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).
- [3] 王志双,毕姗姗,师前进. 精确的水力计算对消防给水系统设计的指导作用[C]//中国建筑学会建筑给排水研究分会. 中国建筑学会建筑给排水研究分会第二届第二次全体会员大会暨学术交流会议论文集. 无锡:中国建筑学会建筑给排水研究分会,2014:287-292.
WANG Zhishuang, BI Shanxia, SHI Qianjin. Guiding role of the accurately hydraulic calculation for design in the fire water supply system [C] // Branch of Building Water Supply and Drainage Research, The Architectural Society of China. Proceedings of the 2nd General Meeting and Academic Exchange of the 2nd Branch of Building Water Supply and Drainage Research of The Architectural Society of China. Wuxi:Branch of Building Water Supply and Drainage Research, The Architectural Society of China,2014:287-292 (in Chinese).
- [4] 姜佩言,吴琴,颜强. 自动喷水灭火系统中采用大流量系数喷头的设计探讨[J]. 给水排水,2018,44(8):84-86.
JIANG Peiyan, WU Qin, YAN Qiang. Discussion on design of nozzle with large flow coefficient in automatic sprinkler system [J]. Water & Wastewater Engineering, 2018,44(8):84-86 (in Chinese).

作者简介:朱文倩(1990-),女,上海人,硕士,工程师,主要研究方向为建筑给水排水及消防系统设计与施工。

E-mail:wenzhu@ecadi.com

收稿日期:2020-02-26

修回日期:2020-03-27

(编辑:孔红春)