

DOI:10.19853/j.zgjsps.1000-4602.2023.06.007

设计经验

自动化立体仓库的消防给水系统设计细节探讨

米长虹, 孔德骞

(哈尔滨工业大学建筑设计研究院有限公司, 黑龙江 哈尔滨 150090)

摘要: 自动化立体仓库具有火灾荷载大、火灾蔓延速度快、灭火救援困难等特点,针对自动化立体仓库的火灾特点与运行方式,探讨其消防系统的设计要点。以工程案例为基础,分别阐述自动化立体仓库内消火栓系统、水炮系统、自动喷水灭火系统的设计要点及延伸思考。自动化立体仓库内火灾应主要立足于自动灭火系统。提出选用水炮系统需考虑遮挡问题,并形成立体防火保护概念。自动喷水灭火系统喷头的选择应考虑使用环境、仓库温度、仓库净空高度、储物高度、货架或堆垛形式、自动喷水灭火系统类型等因素。

关键词: 自动化立体仓库; 消防给水系统; 消火栓系统; 水炮系统; 自动喷水灭火系统

中图分类号: TU998.1 文献标识码: B 文章编号: 1000-4602(2023)06-0049-06

Discussion on Design Details of Automated Warehouse Fire Water Supply System

MI Chang-hong, KONG De-qian

(The Architectural Design and Research Institute of HIT Co. Ltd., Harbin 150090, China)

Abstract: Automated warehouse has the characteristics such as large fire load, fast fire spreading speed and difficulty in fire-fighting and rescue. According to the fire characteristics and operation of automatic warehouse, this paper discussed the key points of fire-fighting system design in an automated warehouse. Based on engineering cases, the design points and extended thinking of hydrant system, water cannon system and automatic sprinkler system in automated warehouse were illustrated. The fire in automated warehouse should be mainly depended on automatic fire extinguishing system. The shielding problem should be considered when selecting water cannon system, and the concept of three-dimensional fire protection is formed. The selection of sprinkler for automatic sprinkler system should consider the factors as follows: operating environment, warehouse temperature, warehouse clearance height, storage height, shelving or stacking form and type of automatic sprinkler system.

Key words: automated warehouse; fire water supply system; hydrant system; water cannon system; automatic sprinkler system

随着我国经济快速蓬勃发展,物流仓储建筑发展迅速。物流建筑按其使用功能特性,可分为作业型物流建筑、存储型物流建筑、综合型物流建筑^[1]。近年随着人力成本上涨,存储型物流建筑中的自动

化立体仓库发展迅猛。自动化立体仓库主要由高层货架、巷道堆垛起重机、入出库输送机系统、自动化控制系统、计算机仓库管理系统及其周边设备组成,是集装单元物品实现自动化存取和控制的仓

库^[2]。货架内是标准尺寸的货位空间,巷道堆垛起重机的穿行于货架间的巷道中。采用计算机及条形码技术实现存货区无人自动存取货物,工作人员不进入存取库区,采用“货到人处”的拣选方式,库区实现自动化管理。

1 自动化立体仓库运行与火灾特点

自动化立体仓库具有货架密集、货架间距小、货物存放高度高、空间面积大、储存物品数量大、火灾荷载大、火灾蔓延速度快、灭火救援困难^[3-5]、货架在火灾高温(500℃)易变形坍塌等特点^[6],钢制货架构件没有防火涂料保护,一旦初期火灾不能有效控制,极易形成立体火,造成严重损失,其消防系统灭火设计有一定的特殊性。某设有供暖系统的丙类自动化立体仓库,地上1层,建筑高度23.675 m,平面图见图1。室外消火栓灭火系统用水量45 L/s,火灾延续时间3.0 h;室内消火栓灭火系统用水量25 L/s,火灾延续时间3.0 h;自动喷水灭火系统用水量140 L/s,火灾延续时间2.0 h;一次消防总用水量为1 764 m³。

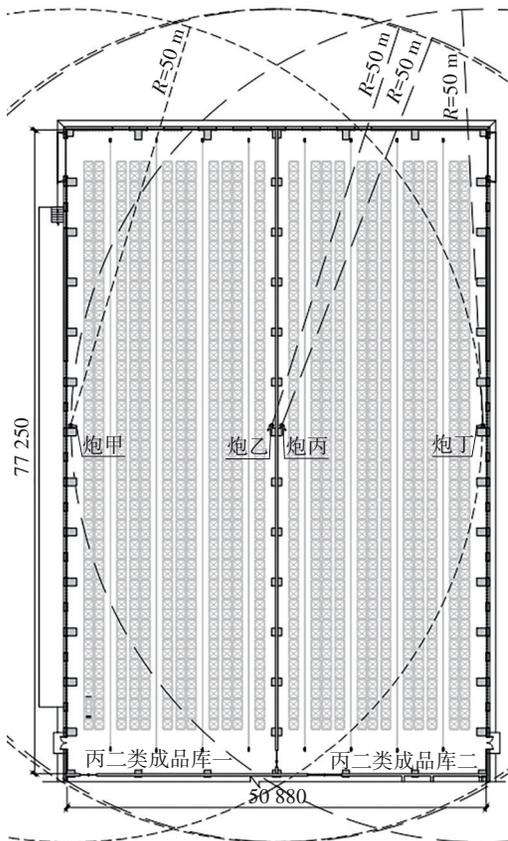


图1 自动化立体仓库平面图

Fig.1 Plane diagram of automated warehouse

2 室内消火栓系统

常规建筑设置室内消火栓系统时,室内消火栓的布置应满足同一平面有2支消防水枪的2股充实水柱同时达到任何部位的要求。自动化立体仓库内布满了钢制货架和堆垛机轨道,为提高机械的工作效率,均采用高空间、长通道的布置方式,自动化立体仓库货架长度少则几十米,多则上百米。消火栓箱布置受货架阻挡影响而位置受限。目前业内常用做法有两种:一种是货架不连续,分段摆放,货架中间留出通道,自动化立体仓库货架高度多达二十几米,货架分段摆放减少一定量货位;第二种是货架连续,仅在货架底层消火栓箱布置位留出通道,货位仅在底层2 m高范围内有减少。相比较来说,第二种方案货架减少数量有限。第二种布置方法需要与货架工艺协调配合,根据消火栓箱保护半径测算货架预留通道位置^[7]。

以上两种方案虽然能满足《消防给水及消火栓系统技术规范》(GB 50974—2014)的要求,但是忽略了自动化立体仓库的运行特点。首先,库区货架区域设置室内消火栓时,每排自动化立体货架相当于一堵障碍物高墙,室内消火栓水龙带很难通过货物的缝隙进行横向灭火。正对着堆垛机的前后两端有一定建筑空间设置部分室内消火栓,人员进入后,可操作消火栓枪控火灭火。其次,连续自动化货架间巷道内设置有自动堆垛机及轨道,没有多余空间。在库区货架底部设置室内消火栓且预留出通道,货架可分段摆放,自动堆垛机轨道需连续不能间断,预留通道无法实现通畅无阻碍,两排货架中间的巷道为不可间断连续的堆垛机轨道。最后,货架钢构件没有耐火保护,易坍塌,货架区布置趋同,火灾发生时因烟雾、照明等不利因素,消防队员不会深入库区内部使用货架消火栓灭火,主要应该借助自动灭火系统及室外消火栓对仓库实施灭火^[8]。自动化立体仓库内火灾应主要立足于依靠自动灭火系统。综上,自动化立体仓库堆垛机运行端部墙体有可利用的空间时,可设置室内消火栓,消火栓设置间距满足规范要求(不大于30 m),其他墙体可在外墙的救援口或通道旁设置室内消火栓^[8],自动化立体仓库内货架区可不设置室内消火栓。自动化立体仓库是新兴事物,目前自动化立体仓库中仍执行室内消火栓的布置满足同一平面有2支消

防水枪的2股充实水柱同时达到任何部位的要求。室内消火栓设置是基于有人操作,而自动化仓库货架区域无人作业,《石油化工自动化立体仓库设计规范》(SH/T 3186—2017)中明确规定自动化仓库库区可不执行同一平面有2支消防水枪的2股充实水柱同时达到任何部位的要求,具有借鉴价值。

3 自动灭火系统

从自动化立体仓库的火灾特点可知,这类火灾消防系统设计关键是早探测、早报警、早启动灭火系统,并形成立体保护的自动灭火系统^[6,9-10]。自动化立体仓库内火灾应主要立足于自动灭火系统。除部分烟草叶自动化立体仓库采用非贮压式超细干粉灭火系统或气体灭火系统外^[11],水炮和自动喷水灭火系统为常用的自动灭火系统。

有规范规定,当存储型物流建筑净空高度超过设置早期抑制快速响应喷头的控制高度时,宜采用水炮系统^[1,12],且实际工程中有很多已实施项目^[9]。水炮的布置数量不应少于两门,其设置高度应保证水炮的射流不受影响,保证两门水炮水射流同时到达保护区域的任一部位。笔者认为自动化立体仓库货架区不宜采用水炮灭火。以上述仓库为例,自动化货架区域长77.25 m,宽50.88 m,两个丙二类成品库,每个库房在中部设置两门保护半径为50 m的水炮,两库房共设置4门水炮,见图1中水炮甲、乙、丙、丁。自动化立体仓库货架密集、货架间距小、货物存放高度高,水炮射水只能覆盖保护半径内上部部分货架(见图2)。

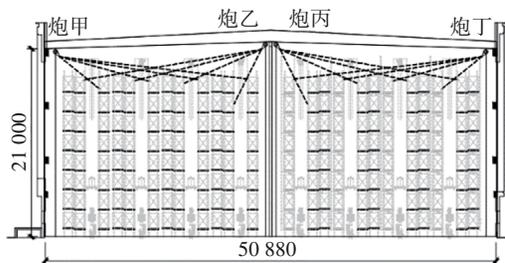


图2 水炮布置剖面图

Fig.2 Layout profile of water cannon

每排货架相当于一堵高墙,水炮很难通过货物的缝隙横向灭火,为保证灭火点位无遗漏全覆盖,水炮需沿货架间巷道分排布置,当具有多排巷道时,每排巷道货架均需设置2~3门水炮,保证两门水炮的水射流同时到达被保护区域的任一部位,水炮设置数量激增,并非只有4门水炮。设计中除关注

水炮平面保护半径外,还需要考虑竖向射水有效保护半径。因此,存在明显遮挡的场所及高架仓库的货架区域不应采用水炮系统^[13]。建议水炮可应用于仓库的进出库端,弥补自动喷水系统无法有效保护的高大净空处^[9]。

4 自动喷水灭火系统

喷头选用应考虑使用环境、仓库温度、仓库净空高度、储物高度、货架或堆垛形式、系统型式等因素。火灾危险等级为仓库危险级时,最大净空高度不超过9 m时可选用标准覆盖面积喷头、仓库型特殊应用喷头、早期抑制快速响应喷头(ESFR),最大净空高度超过13.5 m时可选用标准覆盖面积喷头加货架内喷头^[14-15]。三种常用的洒水喷头使用条件见表1。

表1 仓库中常见自动喷水灭火系统喷头选用条件

Tab.1 Selection conditions of sprinklers for automatic sprinkler system in warehouses

喷头类型	标准覆盖面积喷头	仓库特殊应用喷头	早期抑制快速响应喷头(ESFR)
流量系数K	≥80	≥161	≥161
控火形式	控制火灾蔓延	控制火灾蔓延	抑制火势甚至扑灭
喷头允许高度/m	情况①,净空高度≤9.0;情况②,净空高度>9.0	净空高度≤12.0	净空高度≤13.5
喷头设置位置	情况①,仅在屋面上设置;情况②,顶板+货架内喷头	仅在屋面上设置	仅在屋面上设置
系统形式	湿式、干式、预作用	湿式	湿式
喷水持续时间/h	1.0~2.0	1.0	1.0
流量计算方式	作用面积与喷水强度	开放喷头个数(12)	开放喷头个数(12、15、20、24)
喷头间距/m	2.4~3.4	2.4~3.7	2.4~3.7

早期抑制快速响应喷头、仓库型特殊应用喷头两种喷头仅在屋顶设置,不需要在货架层间再加设喷头,喷头设计及管道布置相对简单,因此得到广泛应用。自动化立体仓库内一般不做吊顶,采用以上两种喷头时,优先采用下垂型洒水喷头。有研究表明,喷头安装方式对系统的灭火效果影响很大,某研究机构在一次试验中,一个直立安装于50 mm支管上的喷头由于受到管道的障碍而未能控制下方的火,造成灭火失败^[15]。

在某净空高度 $<12\text{ m}$ 、最大储物高度 $<10.5\text{ m}$ 的自动化立体仓库,3种洒水喷头系统均可选用时,对自动喷水灭火系统的经济分析(包括喷头、管道、报警阀组及配件、消防水泵、消防水池)表明,仓库特殊应用喷头与早期抑制快速响应喷头费用相当,标准覆盖面积喷头系统花费最高^[16]。层间标准覆盖面积喷头的使用,导致喷头、管材、附件、消防水池经济造价有所增加。当三种喷头型式均能选用时,应优先考虑选用仓库特殊应用喷头与早期抑制快速响应喷头系统。在总体水量基本保持不变的情况下,仓库场所应适当增大初期投入喷水的用水量,以利于控火,并有利于缩小喷水作用面积^[14]。在布置货架内喷头时既要保证喷头的洒水完全覆盖货物表面,又要防止受到机械破坏^[14]。

早期抑制快速响应喷头、仓库型特殊应用喷头现阶段只能应用在湿式系统中,规范中没有数据支持在干式系统或预作用系统中使用,有待进一步经过火灾实验研究确认后方可使用。现阶段不能将以上两种喷头应用在除湿式系统以外的其他系统中。本项目建筑高度近 24 m ,以上三种自动喷水灭火系统喷头,只能选择顶板下洒水喷头加货架层间喷头的布置形式。屋面下喷头与层间喷头分别设置水流指示器,货架层间洒水喷头间距不大于 3 m ,且不小于 2 m 。当设置2层及以上货架内置洒水喷头时,不论是单排货架、双排货架还是多排货架,洒水喷头应交错布置,可采用奇数层喷头与偶数层喷头交错设置的方法,具体见图3。

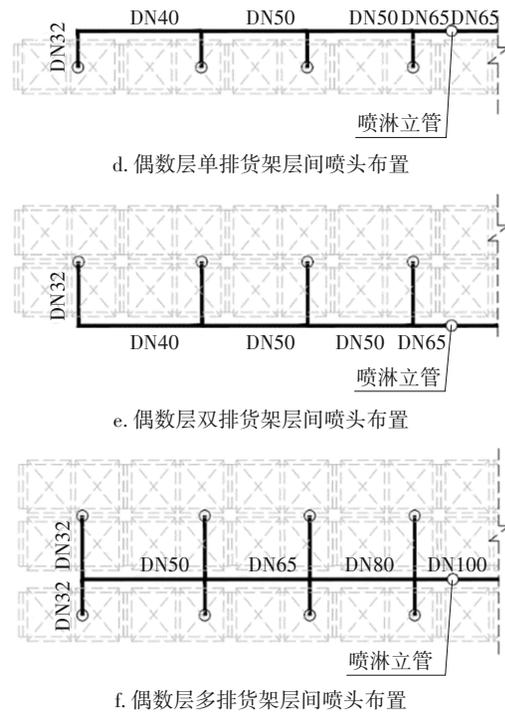
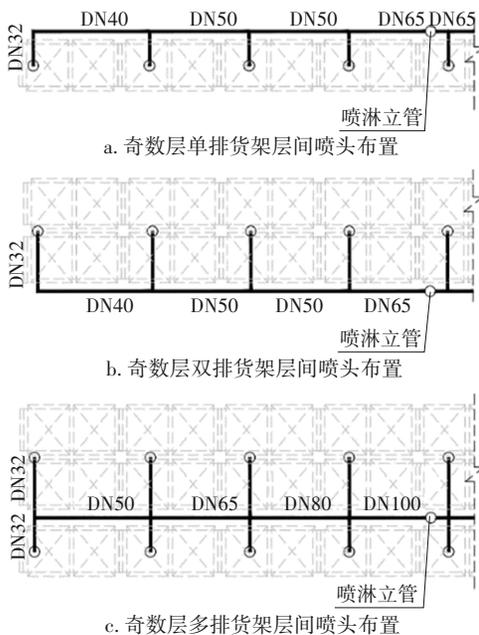


图3 货架层间喷头布置平面示意

Fig.3 Schematic diagram of plane layout of sprinklers between shelves

布置层间喷头时,需要与货架工艺配合,单排货架喷头布置较简单,喷淋立管设置在货架一侧,引出喷淋支管至货架层间隔板下中间位置处,除满足溅水盘安装要求外,需同时满足喷头溅水盘与货物顶部的距离 $\geq 150\text{ mm}$ 。货物顶部与上层货架隔板的距离需大于 300 mm 。双排货架时,两排货架底板高度常不在同一水平高度上,有 100 mm 的高差,喷淋支管不能跨越其中一排货架进入双排货架的第二排货架上方,否则将影响货物的正常进出。喷头可布置在双排货架的空隙处,同时与货架工艺复核货架高度。多排货架布置时,如双排货架布置所述,喷淋支管不能在货架中间穿越,喷淋立管设置位置可在货架中部(见图3)。喷淋立管的设置,需要与货架工艺配合,预留出货架的施工安装距离。喷淋支管与竖管的连接方式见图4。

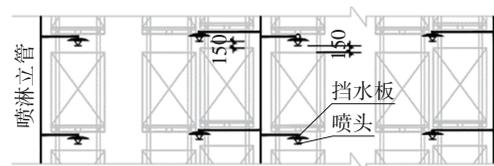


图4 货架层间喷头布置剖面图
Fig.4 Layout profile of sprinklers between shelves

从图3、4可看出,层间洒水喷头的设置位置有所不同。单排货架时,喷淋立管设置在货架外侧,喷头设置在货架的中间位置;由于上层货架遮挡,上部喷头喷水不直接淋水干扰下层喷头爆破喷水,但当上部没有货物摆放时,喷头易受到上部喷头喷水干扰,需要设置挡水板。双排货架时,喷淋立管设置在其中一排货架外侧,在保护距离之内,喷头布置在两排货架的交界处,喷头使用量比在每排货架中间布置减少一半。设置在双排货架交界处的喷头易受到上部喷头喷水干扰,需要安装挡水板;多排货架时,喷头布置为单排货架与双排货架的组合。多排货架布置时,喷淋立管位置需要与货架工艺协调,预留管道安装位置,喷淋管径受货架工艺预留空间限制,需要控制管道直径。喷淋管的质量与管径有直接关系,屋面及货架内置喷头供水横管的安装,需要与工艺配合考虑货架的荷载及安装位置,在限制条件允许范围内确定供水管的管径。

寒冷及严寒地区的自动化立体仓库,出入口卸货暂存区及分拣区的消防供水系统及管道需要考虑防冻措施。当采用标准覆盖面积喷头时,系统可以采用干式系统或预作用系统;当采用仓库特殊应用喷头或早期抑制快速响应喷头(ESFR)时,采用伴热保温防冻措施。

5 结语

自动化立体仓库的复杂性提高了灭火救援的难度,尤其是增加了消防队员进入高架仓库救援的危险性。

① 自动化立体仓库堆垛机运行端部墙体有可利用的空间时,可设置室内消火栓,其他墙体可仅在外墙的救援口或通道旁设置室内消火栓,建议编制相关规范时,从自动化立体仓库内货架区工艺特点及性质出发,库区内部可不设置室内消火栓。自动化立体仓库主要利用自动灭火系统及室外消火栓系统实施灭火。

② 根据项目实际情况进行具体分析,正确选取自动灭火系统,确保自动灭火系统经济可靠。自动化立体仓库货架区域不应采用水炮作为自动灭火系统。建议水炮可应用于自动化立体仓库的进出库端等高大空间处,弥补自动喷水系统无法进行有效保护的高大净空处。采用水炮时,需同时满足水平及竖向保护半径,形成立体保护。

③ 早期抑制快速响应喷头、仓库型特殊应用喷头现阶段只能应用在满足一定净空高度的湿式系统中,当自动喷水灭火系统采用干式系统或预作用系统时,需选用标准覆盖面积喷头。

④ 最大净空高度超过13.5 m且有货架工艺配合时,可选用标准覆盖面积喷头加货架内喷头方式。层间喷头及喷淋管道设置需要与货架工艺密切配合。

参考文献:

- [1] 住房和城乡建设部. 物流建筑设计规范: GB 51157—2016 [S]. 北京:中国建筑工业出版社, 2016.
Ministry of Housing and Urban-Rural Development. Code for Design of Logistics Building: GB 51157—2016 [S]. Beijing: China Architecture & Building Press, 2016(in Chinese).
- [2] 住房和城乡建设部. 机械工业工程设计基本术语标准: GB/T 51218—2017 [S]. 北京:中国计划出版社, 2017.
Ministry of Housing and Urban-Rural Development. Standard for Basic Terminology of Engineering Design of Machinery Industry: GB/T 51218—2017 [S]. Beijing: China Planning Press, 2017(in Chinese).
- [3] 黄晓家,尧炜杰,谢水波,等. 基于FDS的高架仓库火灾自动喷水灭火研究[J]. 给水排水, 2020, 46(12): 68—75.
HUANG Xiaojia, YAO Weijie, XIE Shuibao, et al. Research on automatic sprinkler suppression fire in high-rack warehouse based on FDS [J]. Water & Wastewater Engineering, 2020, 46 (12): 68—75 (in Chinese).
- [4] 王飞. 关于自动化立体仓库的灭火系统探讨[J]. 给水排水, 2000, 26(5): 57—60.
WANG Fei. On automatic fire system of tiered warehouse [J]. Water & Wastewater Engineering, 2000, 26 (5): 57—60(in Chinese).
- [5] 陈同刚,张为,杨丙杰. 自动化立体仓库自动喷水灭火系统设计探讨[J]. 给水排水, 2016, 42(6): 94—97.
CHEN Tonggang, ZHANG Wei, YANG Bingjie. Probe into sprinkler system design for automatic warehouse [J]. Water & Wastewater Engineering, 2016, 42 (6): 94—97(in Chinese).
- [6] 张建良,周明潭,金攀. 高架仓库自动喷水灭火系统设计问题探讨[J]. 给水排水, 2016, 42(9): 68—73.
ZHANG Jianliang, ZHOU Mingtan, JIN Pan.

- Discussion on design of automatic sprinkler system in elevated warehouse [J]. *Water & Wastewater Engineering*, 2016, 42(9): 68-73 (in Chinese).
- [7] 林桥喜. 某高架立体仓库消防设计的探讨[J]. *建材与装饰*, 2018(19): 58-59.
- LIN Qiaoxi. Discussion on fire protection design of an elevated warehouse [J]. *Construction Materials & Decoration*, 2018(19): 58-59 (in Chinese).
- [8] 中国石油化工有限公司. 石油化工自动化立体仓库设计规范: SH/T 3186—2017[S]. 北京: 中国石化出版社, 2018.
- Sinopec Group. Design Specification for Automated High-bay Warehouse in Petrochemical Industry: SH/T 3186-2017 [S]. Beijing: China Petrochemical Press, 2018 (in Chinese).
- [9] 唐言明, 吴君. 特种聚氨酯高架仓库水消防系统设计[J]. *工业用水与废水*, 2019, 50(6): 85-88.
- TANG Yanming, WU Jun. Design of water fire extinguishing system for special polyurethane high rack warehouse [J]. *Industrial Water & Wastewater*, 2019, 50(6): 85-88 (in Chinese).
- [10] 熊军, 杜彪, 周明潭, 等. 立体高架仓库自动灭火系统设计有关问题的探讨[J]. *中国给水排水*, 2016, 32(20): 61-66.
- XIONG Jun, DU Biao, ZHOU Mingtan, *et al.* Discussion on relevant problems in design of automatic extinguishing system in elevated stereoscopic warehouse [J]. *China Water & Wastewater*, 2016, 32(20): 61-66 (in Chinese).
- [11] 朱克静. 烟草高架仓库自动灭火系统技术探讨[J]. *给水排水*, 2014, 40(增刊): 308-311.
- ZHU Kejing. Discussion on automatic fire extinguishing system technology of tobacco overhead warehouse [J]. *Water & Wastewater Engineering*, 2014, 40(z1): 308-311 (in Chinese).
- [12] 住房和城乡建设部. 建筑设计防火规范: GB 50016—2014[S]. 2018年版. 北京: 中国计划出版社, 2018.
- Ministry of Housing and Urban-Rural Development. Code for Fire Protection Design of Buildings: GB 50016—2014[S]. 2018 ed. Beijing: China Planning Press, 2018 (in Chinese).
- [13] 住房和城乡建设部. 自动跟踪定位射流灭火系统技术标准: GB 51427—2021[S]. 北京: 中国计划出版社, 2021.
- Ministry of Housing and Urban-Rural Development. Technical Standard for Auto Tracking and Targeting Jet Suppression System: GB 51427-2021 [S]. Beijing: China Planning Press, 2021 (in Chinese).
- [14] 杨丙杰. 仓储建筑自动喷水灭火系统设计技术要点分析[J]. *给水排水*, 2019, 45(6): 141-144.
- YANG Bingjie. Design points of sprinkler system for storage buildings [J]. *Water & Wastewater Engineering*, 2019, 45(6): 141-144 (in Chinese).
- [15] 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).
- [16] 周蕾, 魏永波, 贾新强. 高架仓库自动喷水灭火系统对比及选择[J]. *给水排水*, 2021, 47(3): 112-117.
- ZHOU Lei, WEI Yongbo, JIA Xinqiang. Comparison and selection of automatic sprinkler system of elevated storehouse [J]. *Water & Wastewater Engineering*, 2021, 47(3): 112-117 (in Chinese).

作者简介:米长虹(1975—),女,黑龙江哈尔滨人,本科,教授级高级工程师,副总工程师,国家注册公用设备工程师(给水排水),中国勘察设计协会水系统分会理事,主要研究方向为建筑给水排水及消防灭火系统,曾获中国建筑学会建筑给水排水分会“中国建筑给水排水百名未来之星”、中国勘察设计协会水系统工程与技术分会“水业杰出青年”、中国建筑学会建筑设计奖“青年工程师奖”等称号。

E-mail: 1806539515@qq.com

收稿日期: 2021-12-15

修回日期: 2022-02-14

(编辑:孔红春)