

DOI:10.19853/j.zgjsps.1000-4602.2024.06.015

# 高大空间预作用喷水灭火系统应用的可行性研究

秋一帆

(杭州市城建设计研究院有限公司, 浙江 杭州 310020)

**摘要:** 根据《自动喷水灭火系统设计规范》(GB 50084—2017)及《自动喷水灭火系统设计手册》对预作用系统的定义、公安部天津消防研究所的喷头开启时间试验、火灾报警系统的选择进行了分析,对预作用自动喷水灭火系统在高大空间中控制火灾及灭火的可行性进行了验证。结果表明,GB 50084—2017中表5.0.2民用建筑和厂房高大空间场所采用图像型火焰探测器及充水时间合理取值(建议充水时间 $\Delta T < 90$  s)的前提下,可以采用单连锁预作用喷水灭火系统。

**关键词:** 预作用喷水灭火系统; 高大空间; 单连锁; 火灾探测器; 充水时间; 浮力羽流

中图分类号: TU992 文献标识码: B 文章编号: 1000-4602(2024)06-0087-04

## Feasibility of Preaction Sprinkler System Applied in High and Large Space Buildings

QIU Yi-fan

(Hangzhou Urban Construction Design and Research Institute Co. Ltd., Hangzhou 310020, China)

**Abstract:** This paper analyzed the definition of preaction system, the sprinkler opening time test of Tianjin Fire Research Institute of the Ministry of Public Security, and the selection of fire alarm system based on *Code for Design of Sprinkler Systems* (GB 50084—2017) and *Manual for Design of Sprinkler Systems*, and verified the feasibility of preaction automatic sprinkler system for fire control and extinguishing in high and large space buildings. A single chain preaction sprinkler system could be used on the premise that image type flame detectors were equipped and a reasonable water filling time was set (the recommended value is less than 90 s) in civil buildings and factories with large spaces according to table 5.0.2 specified in GB 50084—2017.

**Key words:** preaction sprinkler system; high and large space buildings; single chain; fire detector; water filling time; buoyancy plume

自动喷水灭火系统是目前世界上使用最为广泛的一种固定式消防设施,也是公认最为有效的自动灭火设施。自动喷水灭火系统的应用在我国已有几十年历史,其生产和应用研究也有了很大进展。随着我国经济的迅速发展,人们对建筑的造型、规模、空间、文化寓意的要求越来越高,各式各样的建筑应运而生,这对自喷系统的设计更是一种挑战。在自喷系统中,有一种准工作状态时配水管

内不充水,发生火灾时由火灾自动报警系统控制预作用装置并启动消防水泵,向配水管道供水的闭式系统,称之为预作用系统。本研究针对预作用系统能否应用于8~18 m民用建筑及厂房的高大空间进行了讨论。

### 1 研究背景

对预作用系统是否可以应用于8~18 m民用建筑及厂房的高大空间中,设计业内争论的原因主要

为以下2点:①《自动喷水灭火系统设计规范》(GB 50084—2017)<sup>[1]</sup>(以下简称《喷规》)5.0.11条规定,预作用系统的设计要求按表5.0.1(民用建筑和厂房 $h \leq 8$  m)执行,并没有提及表5.0.2(民用建筑和厂房 $8 \text{ m} < h \leq 18$  m)。②《喷规》6.1.1条规定,当 $8 \text{ m} < h \leq 18$  m时,喷头均为快速响应或非仓库特殊应用喷头,而6.1.7条规定,当采用快速响应喷头时,系统应为湿式系统。笔者翻阅了一些省市的消防资料,比如2020年山东省的消防纪要、2022年江苏省建设工程消防设计审查验收常见问题2.0、2020年北京市消防疑难问题研讨会议纪要等,均表示当 $h > 8$  m时应采用湿式系统,不宜采用预作用系统,原因均为《喷规》没有提及表5.0.2,缺少设计依据,因此不推荐使用。

首先,笔者曾设计过一座位于山东临沂的特大演艺型剧院,实际观众人数达2 000人以上。临沂属于寒冷地区,该剧院通常在冬季不进行商演或商演极少。为节省成本,运营单位在冬季可能会关闭空调系统。此举会使室内空气温度低于《喷规》中湿式系统要求的环境温度大于 $4^\circ\text{C}$ 的标准,因此在设计中选择了自动喷水灭火系统中的预作用系统。大剧院大厅、前厅、展示厅、零售处等众多场所的净高为6~12 m,由于演艺型剧院与常规甲级剧院相比,行走流线及空间关系均略为复杂,并不适合使用射流装置。若预作用系统不能套用《喷规》表5.0.2,则北方寒冷及严寒地区的项目在室内净高 $h > 8$  m的情况下,只能采用湿式系统,而空调全天候常开或全部采用电伴热加热及保温处理,这对冬季不常使用的场所而言,其能耗相当大。其次,当 $8 \text{ m} < h \leq 18$  m时,准工作状态严禁误喷及严禁管道充水的场所(如中小型的档案库、云计算数据室、分析室等)如不能采用预作用系统,则只有气体灭火一种保护方式,而对经常有人停留及进出的地方,显然气体灭火是不合适的。因此,需对预作用系统在高大空间的应用做进一步的分析。

## 2 分析与讨论

### 2.1 预作用系统的定义

预作用系统的概念引自美国NFPA13(自动喷淋系统国际标准),一般分为2种类型:一种为不充电气单连锁(以下简称单连锁),另一种为充气及电气双连锁(以下简称双连锁)。根据《喷规》

5.0.11条和《自动喷水灭火系统设计》(19S910)<sup>[2]</sup>,对双连锁的预作用系统而言,消防水泵和报警阀的启动需要火灾探测器或手动火灾报警按钮与充气管道上的压力开关报警信号同时作用才可触发信号,这就表示喷头不烧破,主泵系统不会启动,不能保证喷头打开后立即喷水,所以双连锁不是真正意义上的预作用系统,应将其视为干式系统。《喷规》则对预作用系统进行了划分,单连锁偏向于湿式系统,而将双连锁直接定义为干式系统。此外,《自动喷水灭火系统设计手册》<sup>[3]</sup>(以下简称《手册》)中3.2.3节提到我国《喷规》的预作用系统与美国NFPA13不同,前者仅指NFPA13规定的电气单连锁系统,即采用的烟温感探测器或红外等早于喷头动作数分钟前启动的火灾探测系统。《喷规》3.2.3.1节提到因预作用系统在喷头打开前配水管道充水转换为湿式自动喷水灭火系统,从而不存在喷水延迟的问题,因此它的灭火效率与湿式自动喷水灭火系统一致。《手册》直接将单连锁定义为灭火效率等同的湿式系统。

### 2.2 充水时间

#### 2.2.1 预作用与湿式系统的等价时间转换

火灾实战中喷头启动的时间至关重要,如果能在热气流上升使喷头熔爆前就启动火灾报警系统,打开雨淋阀让管道系统充满水,就可以达到与湿式系统完全一致的灭火效果。

#### 2.2.2 喷头开启时间的实测数据

公安部天津消防研究所通过实体试验,探究在12~18 m高大净空场所下自动喷水灭火系统的性能<sup>[4]</sup>,试验基本情况如下:环境温度为 $14^\circ\text{C}$ ;顶板净空高度为16 m;燃料类型为标准燃烧物组合;点火位置上方的燃料净高为1.5 m,其余为1.0 m;中间堆垛顶部与吊顶距离为14.37 m,其余为14.87 m;喷头类型为ZSTX-20;喷头流量系数为115;喷头温级为 $68^\circ\text{C}$ 玻璃球;响应类别为快速响应;喷水强度为 $20 \text{ L}/(\text{min} \cdot \text{m}^2)$ 。点火后,火源正上方的第一个K115的快速响应喷头于120 s开启。

根据《喷规》,高大空间应使用快速响应喷头。按爆破时间计,只要在120 s内能够开启预作用系统并充满水,则从时间角度论证,其完全等同于湿式系统。

#### 2.2.3 火灾报警系统的选择

根据《火灾自动报警系统设计规范》(GB 50116—

2013)<sup>[5]</sup>,探测器的选择见表1。

表1 火灾探测器的选择

Tab.1 Selection of fire detectors

房间高度 $h/m$	点型烟感火灾探测器	线型烟感探测器	点型火焰探测器
$12 < h \leq 20$	不合适	合适	合适
$8 < h \leq 12$	合适	合适	合适

火灾初期烟气上升为浮力羽流,随着离开地面火源的距离增加,烟气速度骤然增大,随后缓慢减小,当烟气受黏性阻力影响水平速度降为0后,自身浮力会使得烟气重新向上运动,在顶棚中形成一连串旋涡。当烟气达到顶棚后会向四周扩散,碰到侧壁后向下回流,形成壁面回流。在较大空间中,可能烟气还未触及远端墙壁就因为所受浮力小于自身重力而发生沉降。烟气在上升过程中由于温度不断下降,浮力也会逐渐降低,达到一定高度时,烟雾温度与空气温度基本相同,此时烟雾不再具有上升的热浮力,会在该高度向外扩散形成烟层,并出现分层现象。由于烟气分层的气层厚度较厚,当点型烟感及红外对射的线型烟感探测器安装高度发生变化时,其响应时间变化较大,由生产烟感探测器厂家的试验及模拟数据可知,报警时间差异化也较大。点型火焰探测器由于其工作原理主要基于感光原件的光电效应,采用了紫外/红外单波或双波检测技术,易受水、油、烟雾、强光等干扰,且成像不够直观。故认为在高大空间中这3种报警方式与预作用系统的匹配度不高。而图像型火灾探测器属于特种火灾探测器,是一种比较好的选择,相对于点型和线型的烟感探测器以及点型火焰探测器更为灵敏和直观。

研究表明<sup>[6]</sup>,火眼技术(即图像型火灾探测器)对火焰和烟雾图像完全可以精准识别。实测监控画面见图1。

2013年—2015年初,火眼技术应用于北京万寿寺、白塔寺、孔庙和国子监等地,共计进行火焰测试128次,平均报警时间23 s,烟雾测试83次,平均报警时间27 s,并与烟感探测器的报警时间进行对比,后者的报警时间高达310 s。《特种火灾探测器》(GB 15631—2008)<sup>[7]</sup>中4.4.1.2条规定,从发生火灾到发出火灾报警信号的响应时间不应大于20 s。随着科技的进步,火灾探测器产品的响应时间又进一步缩短,如长春京通电控的KTSH6091图像型火灾探

测器,响应时间为2~20 s;江苏自强的VFD-F-ZQ02图像型火灾探测器,火焰报警时间小于10 s;安徽念安消防的双波段图像型火灾探测器,火焰报警时间小于10 s。因此,图像型火灾探测器更好地为火灾的早期预警作出了贡献。



图1 火眼技术视频成像监控画面

Fig 1 Fire eye technology video imaging monitoring screen

#### 2.2.4 充水时间的计算

充水时间的计算如下:

$$\Delta T = T_1 - T_2 - T_3 \quad (1)$$

式中: $\Delta T$ 为充水时间,s; $T_1$ 为喷头开启时间,s; $T_2$ 为火灾报警系统启动预作用系统时间,s; $T_3$ 为联动控制信号发送时间,取3 s。

在《喷规》表5.0.2中,火灾危险等级均为中危险级的固体A类火灾,包括由电气短路引起的火灾等。根据2.2.2节的明火试验数据可知,喷头开启时间取120 s,图像型火灾探测器报警时间为20 s, $\Delta T=97$  s。理论上只要在 $\Delta T$ 内完成充水,就可以在实际中将预作用系统定义为湿式系统。此明火试验中,空间内并无遮挡,且室内无风,干扰因素较少,所以喷头开启时间试验数据的准确性也得到了保障。考虑部分未知不利因素后,建议充水时间 $\Delta T < 90$  s。

### 3 结论

对民用建筑及厂房而言,《自动喷水灭火系统设计规范》(GB 50084—2017)中表5.0.2所示的高大空间场所经合理分析后,在选择合适的报警装置(比如图像型火灾探测器、智能复合算法火灾探测器等)的前提下,可以采用单连锁的预作用系统,双连锁系统则不能使用。在计算过程中,系统的充水



时间不仅仅局限于规范规定的最大值 120 s, 而应切合实际情况进行分析, 建议充水时间  $\Delta T < 90$  s。

#### 参考文献:

- [1] 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: 11-18, 21, 99-100.  
Ministry of Housing and Urban-Rural Development. Code for Design of Sprinkler Systems: GB 50084—2017 [S]. Beijing: China Planning Press, 2017: 11-18, 21, 99-100 (in Chinese).
- [2] 住房和城乡建设部. 自动喷水灭火系统设计: 19S910 [S]. 北京: 中国计划出版社, 2019: 36-43.  
Ministry of Housing and Urban-Rural Development. Design of Sprinkler Systems: 19S910 [S]. Beijing: China Planning Press, 2019: 36-43 (in Chinese).
- [3] 黄晓家, 姜文源. 自动喷水灭火系统设计手册[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2002: 74.  
HUANG Xiaojia, JIANG Wenyuan. Manual for Design of Sprinkler Systems [M]. Beijing: China Architecture & Building Press, 2002: 74 (in Chinese).
- [4] 宋波, 杨丙杰, 李毅, 等. 高大净空场所火灾实体灭火试验研究[J]. 消防科学与技术, 2009, 28(12): 912-915.  
SONG Bo, YANG Bingjie, LI Yi, et al. Research on the fire extinguishing experiment in big clear space [J]. Fire Science and Technology, 2009, 28(12): 912-915 (in Chinese).
- [5] 住房和城乡建设部. 火灾自动报警系统设计规范: GB 50116—2013[S]. 北京: 中国计划出版社, 2013: 18-19, 47, 83.  
Ministry of Housing and Urban-Rural Development.

Code for Design of Automatic Fire Alarm System: GB 50116—2013 [S]. Beijing: China Planning Press, 2013: 18-19, 47, 83 (in Chinese).

- [6] 天津市消防救援总队. 智慧消防“火眼”技术——火灾早期探测预警的新利器[EB/OL]. (2019-08-30) [2023-07-27]. [https://mp.weixin.qq.com/s?\\_\\_biz=MjM5NDYx-ODUzMw==&mid=2650044236&idx=1&sn=abac5e0a6084cb86ee8cec50fe1f29f2&chksm=be85da8689f25390819d81891852ff6f375ba98c4272006e5d9f6c2c5326f934d3734109c729&scene=27](https://mp.weixin.qq.com/s?__biz=MjM5NDYx-ODUzMw==&mid=2650044236&idx=1&sn=abac5e0a6084cb86ee8cec50fe1f29f2&chksm=be85da8689f25390819d81891852ff6f375ba98c4272006e5d9f6c2c5326f934d3734109c729&scene=27)  
Tianjin Fire Rescue Brigade. Smart fire eye technology—a new weapon for early fire detection and warning [EB/OL]. (2019-08-30) [2023-07-27]. [https://mp.weixin.qq.com/s?\\_\\_biz=MjM5NDYxODUzMw==&mid=2650044236&idx=1&sn=abac5e0a6084cb86ee8cec50fe1f29f2&chksm=be85da8689f25390819d81891852ff6f375ba98c4272006e5d9f6c2c5326f934d3734109c729&scene=27](https://mp.weixin.qq.com/s?__biz=MjM5NDYxODUzMw==&mid=2650044236&idx=1&sn=abac5e0a6084cb86ee8cec50fe1f29f2&chksm=be85da8689f25390819d81891852ff6f375ba98c4272006e5d9f6c2c5326f934d3734109c729&scene=27) (in Chinese).
- [7] 住房和城乡建设部. 特种火灾探测器: GB 15631—2008[S]. 北京: 中国计划出版社, 2008: 8.  
Ministry of Housing and Urban-Rural Development. Special Type Fire Detectors: GB 15631—2008 [S]. Beijing: China Planning Press, 2008: 8 (in Chinese).

作者简介: 秋一帆(1987—), 男, 浙江杭州人, 学士, 高级工程师, 注册公用设备工程师(给水排水), 高级工程师, 主要从事建筑给水排水、消防给水、海绵城市设计工作。

E-mail: 491777808@qq.com

收稿日期: 2023-06-15

修回日期: 2023-07-27

(编辑: 沈靖怡)

借自然之力, 护绿水青山