

DOI:10.19853/j.zgjsps.1000-4602.2023.02.015

# 自动喷水灭火系统喷头梁间优化布置探讨

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:** 自动喷水灭火系统喷头布置正确与否直接影响灭火效果。无吊顶时洒水喷头布置方式受结构型式和构件高度影响,工程中可根据不同结构型式、柱网跨度及板下梁高净尺寸等参数,选择不同的喷头布置方式。阐述了结构梁间喷头布置的原则、步骤,总结并绘制出不同结构型式下梁间喷头布置方式及适用范围。在一个防火分区内十字梁结构型式下,比较了标准洒水喷头、扩大覆盖面积洒水喷头不同布置形式的技术及经济差异,便于设计人员通过简图与表格快速选用,减少设计人员的给排水设计工作量,同时指导施工安装。通过适度优化自动喷水灭火系统管道及喷头布置,可降低自动喷水灭火系统的工程造价。

**关键词:** 自动喷水灭火系统; 梁; 喷头溅水盘; 十字梁楼板; 喷头布置

**中图分类号:** TU998.1 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000-4602(2023)02-0080-07

## Discussion on Optimal Arrangement of Sprinkler among Beams in Automatic Sprinkler System

MI Chang-hong, KONG De-qian

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

**Abstract:** The arrangement of sprinkler in automatic sprinkler system directly affects the fire extinguishing effect. When there is no suspended ceiling, the arrangement of sprinkler is affected by the form and height of structural beam. Different sprinkler arrangements can be selected according to the parameters such as structure types, column network span and net height of the beam under the plate in engineering projects. The principle and procedure of the arrangement of sprinkler among structural beams were described, and the arrangement of sprinkler among beams and the applicable scope under different structural types were drawn and summarized. In a fire compartment with cross-laid single-girder structure, the technical and economic differences between standard sprinkler arrangement and sprinkler arrangement with expanded coverage area were compared, which was convenient for designers to choose quickly through schematic drawings and tables, reduce the workload of water supply and drainage design and guide the construction and installation. The engineering cost of automatic sprinkler system can be reduced by optimizing the arrangement of pipes and sprinklers.

**Key words:** automatic sprinkler system; beam; sprinkler deflector; cross-laid single-girder floor; sprinkler arrangement

自动喷水灭火系统是目前公认的有效的自动灭火设施之一,是用量最大、应用最广泛的自动灭火系统。国内外工程实践证明,自动喷水灭火系统

灭火成功率高于96%<sup>[1]</sup>。工程中,自动喷水灭火系统设计中常遇到两类吊顶类型——无吊顶和有吊顶。有吊顶又分为封闭吊顶和通透吊顶。通透吊

顶与喷头的布置关系有很多研究<sup>[2]</sup>,不在此讨论。封闭吊顶的场所如办公室、会议室、商场等,选用吊顶喷头,喷头溅水盘由吊顶高度确定,不受梁板式影响。无吊顶的场所如地下停车库、设备用房等,选用直立喷头,直立喷头布水受障碍物(结构梁)影响,喷头溅水盘设置高度有所变化。同一梁格内喷头的布置,因喷头两侧主次梁尺寸不同,喷头溅水盘与梁底的距离也有所不同<sup>[3]</sup>。项目设计中,自动喷水灭火系统在一定的喷水强度下,确定喷头水平布置间距后,还应注意喷头溅水盘与顶板的距离。

### 1 喷头布置原则

喷头布置应以利于快速有效喷水灭火为准则,具体原则如下:首先,喷头布置时,在满足喷水强度的前提下,应优先选择布置在梁格内的顶板下。相关研究表明,结构梁具有蓄热作用<sup>[4]</sup>,布置在顶板下喷头的热敏元件处于易于接触热气流的位置,利于喷头玻璃泡受热爆破<sup>[5]</sup>。其次,当在梁间布置喷头困难时,可按《自动喷水灭火系统设计规范》(GB 50084—2017,以下简称“喷规”)第7.2.1条,优先保证喷头与梁底的高度,在不影响布水的情况下,使喷头溅水盘靠近顶板,而非优先设定溅水盘与顶板距离为550 mm。最后,在布置喷头溅水盘与顶板距离达到550 mm仍不能符合“喷规”规定时,可在梁底面的下方增设喷头。喷头选择除可采用 $K=80$ 标准喷头外,还可采用 $K=115$ 扩大覆盖面积洒水喷头。具体采用哪种型号喷头,要结合具体工程,经综合分析和经济比较后确定。需注意在民用建筑中,扩大覆盖面积洒水喷头仅能应用在湿式系统中<sup>[6]</sup>。

2017年版“喷规”实施后,目前国家相关标准图集19S910与20S206虽然绘制了喷头梁间布置示意图,但并没有给出不同结构型式喷头布置简图,尤其是具有准确标注尺寸的喷头布置图。笔者总结绘制出不同结构楼板型式下喷头布置图,以降低设计工作强度,快速选取,且同时指导施工安装。

### 2 常见结构梁板型式

建筑结构梁板型式根据荷载、柱网跨度等因素,布置型式及截面尺寸有所不同。主要结构梁板型式按是否有梁可分为三大类:第Ⅰ类为无主梁、无次梁,有柱帽、托板的无梁楼板等;第Ⅱ类为有主梁、无次梁,如平板、加腋板、钢筋桁架楼承板、现浇混凝土空心楼盖等;第Ⅲ类为有主梁、有次梁,如密

肋梁(常见如井字梁)、双次梁、十字梁等<sup>[7]</sup>。无封闭吊顶时,以上三类结构梁板型式对喷头布置影响依次增加。喷头布置需在特定的喷水强度下讨论,为便于后续讨论,工程中柱网间距多为7.8~9.0 m,以常见的商场、停车库的喷头强度(中危险Ⅱ级)作为基准讨论喷头布置。以建筑中常见的净空高度小于8 m、柱网间距8.1 m喷头布置为例展开讨论。

### 3 无次梁楼板喷头布置

第Ⅰ类和第Ⅱ类无梁楼板、平板、加腋板等结构,柱网内没有次梁,仅有框架梁,喷头布置相对简单。无梁楼板、平板、加腋板结构虽然有柱帽、托板、腋等构造,但其构造高度多不大于200 mm,可按“喷规”第7.1.6条第1款执行,柱帽、托板、腋等障碍物下布置的喷头溅水盘与顶板的距离不大于300 mm,同时溅水盘与梁或障碍物底面的垂直距离为25~100 mm。柱网内喷头布置可通过调整喷头间距,复核柱网边界处喷头与梁、托板、柱帽、腋等障碍物的水平距离,使得喷头与障碍物的水平距离及喷头溅水盘与顶板的距离满足“喷规”第7.1.6及7.2.1条规定,布置示意图见图1、2。

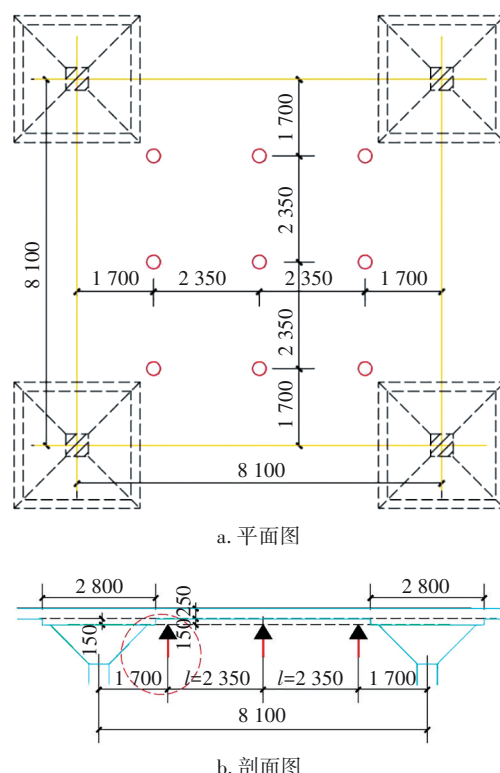


图1 无梁楼板喷头布置示意

Fig.1 Schematic diagram of sprinkler arrangement under girderless floor

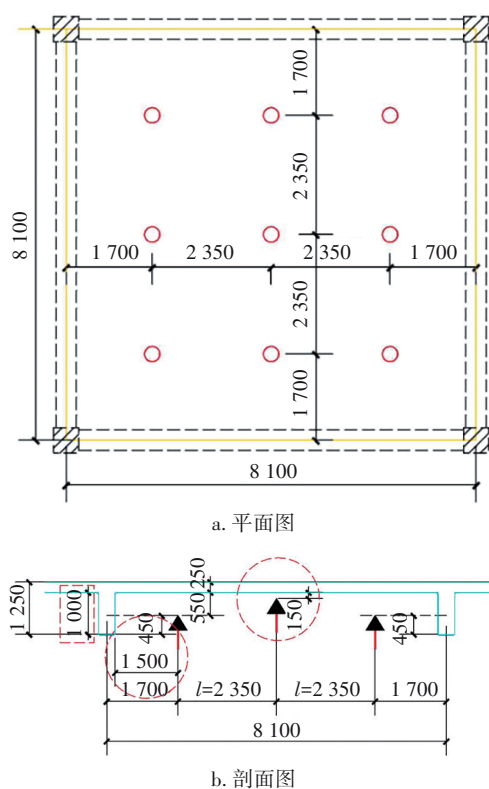


图2 平板结构喷头布置示意

Fig.2 Schematic diagram of sprinkler arrangement under flat slab floor

图1、2中柱网内喷头间距 $l$ 为2350mm,这个数值可增大到3400mm,柱网跨度增大时,布置原则上,此时需要校核并调整两侧喷头溅水盘的高度,即图1、2中画圆圈处的数值,以满足规范要求,此种布置方式下梁板内喷头布置仍然成立。

#### 4 有次梁楼板喷头布置

第Ⅲ类中井字梁结构型式喷头布置时,需要同时考虑框架梁、次梁对喷头布水的影响。7.8~9.0m柱网时,梁格间距为2.6~3.0m,在中危险Ⅱ级下的标准直立喷头,可在梁格中间布置一个喷头,当主梁与次梁高度相差较多时,考虑框架梁比次梁对喷头布水影响大,喷头布置可适当远离主梁,靠近次梁;当主梁与次梁高度相差不多时,框架梁及次梁对喷头布水的影响基本相同,喷头可布置在梁格净尺寸的中间。优先采用柱网内等距均匀布置喷头可简化喷头布置难度。喷头的水平定位确定后,按“喷规”第7.2.1条及表格,确定喷头溅水盘高度。在同时满足溅水盘与顶板及梁底的高度要求下,最终确定喷头的水平位置及安装高度,布置示意图见图3。双次梁可视为井字梁的特例。

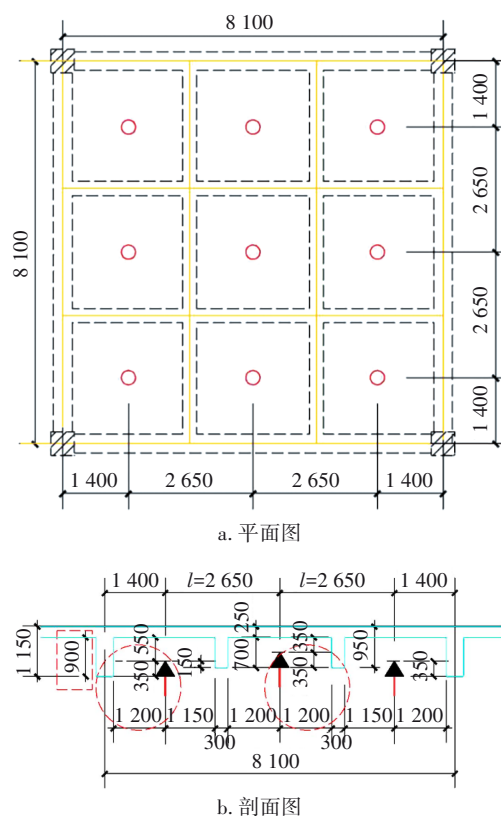


图3 井字梁喷头布置示意

Fig.3 Schematic diagram of sprinkler arrangement under cross-laid double-girder floor

图3中柱网内喷头间距 $l$ 为2650mm,可调整这个数值最大到3400mm,柱网跨度增大时,在主、次梁高和宽度增幅不大的情况下,此布置方式下梁板内喷头布置仍成立。原因在于柱网跨度加大时,即使主次梁高度尺寸有所增加,喷头与梁的净距 $a$ 也可在1200~1700mm范围内调整。喷头溅水盘与障碍物底的垂直距离可在350~450mm范围内调整。即使板下梁高净高度由图3中的900mm(画方框处数值)增加至1000mm,喷头溅水盘与顶板的距离仍 $\leq 550$ mm,这种井字梁楼板内喷头布置仍成立。

第Ⅲ类中十字梁楼板型式喷头布置时,由于中间的十字梁的遮挡,采用两排标准喷头时,喷头间距超出规范要求;采用三排喷头布置时,为避免十字梁,喷头布置采用不等距布置方式,需同时调整喷头间距、喷头与主梁(左右两侧不等距均需调整)、中间喷头与次梁的距离,分别逐一核实三个喷头溅水盘与主、次梁底及顶板的垂直距离,布置示意图见图4。限制喷头位置变量的增加,使十字梁中喷头布置难度也随之增加,见图4中画圆圈处的数

值。当遇到板下梁高净尺寸过大时,梁间不等距喷头布置方式仍不能满足规范要求,此时可在梁底面的下方增设喷头,布置示意图5。除以上两种选用 $K=80$ 的标准喷头的布置外,十字梁还可以采用 $K=115$ 的扩大覆盖面积洒水喷头<sup>[8]</sup>,布置示意图6。

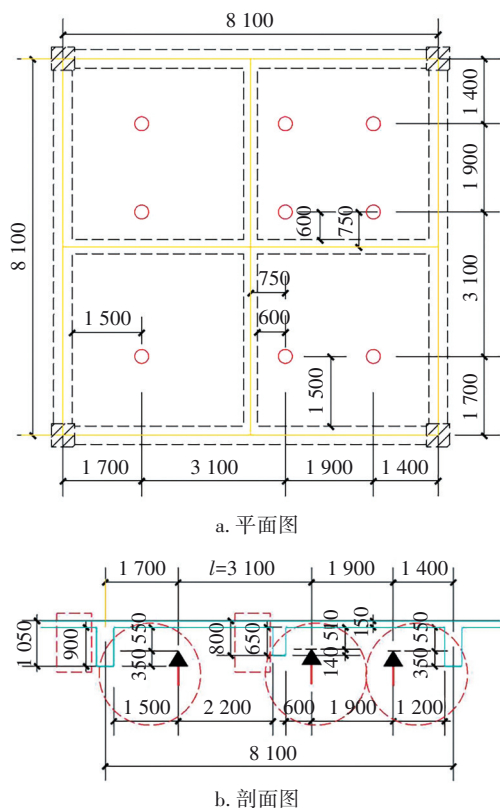
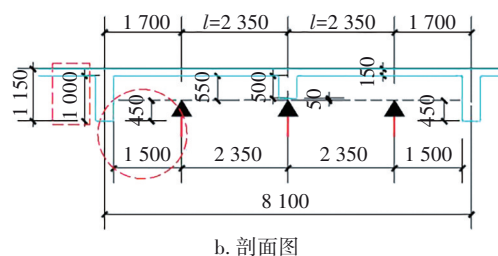
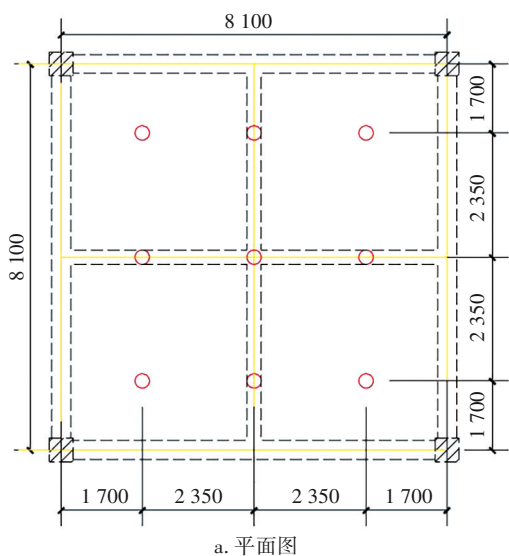


图4 十字梁喷头布置示意

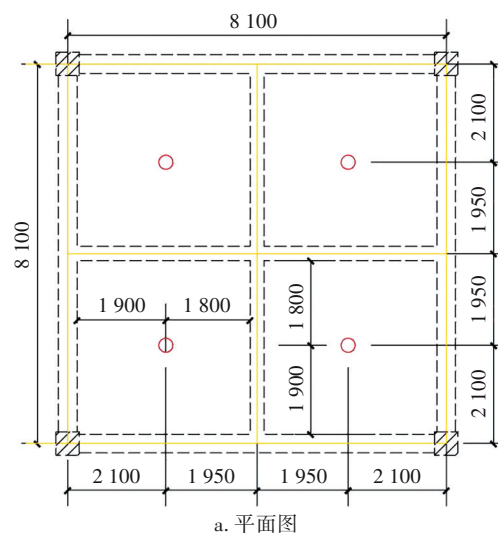
**Fig.4 Schematic diagram of sprinkler arrangement under cross-laid single-girder floor**



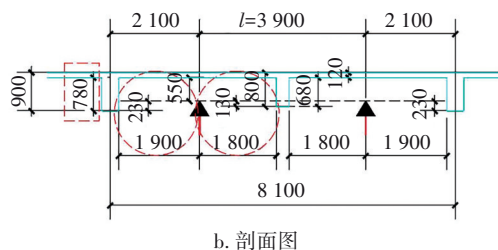
b. 剖面图

图5 十字梁下增设喷头布置示意

**Fig.5 Schematic diagram of added sprinkler arrangement under cross-laid single-girder floor**



a. 平面图



b. 剖面图

图6 十字梁扩大覆盖面积洒水喷头布置示意

**Fig.6 Schematic diagram of extended coverage sprinkler arrangement under cross-laid single-girder floor**

图4喷头不等距布置时,受次梁限制,柱网跨度、喷头布置只能适度增大间距。如图4中画方框处板下梁净高在900 mm以内,柱网跨度增加至8 700 mm时,此种不等距喷头布置方式仍然成立。图5中柱网内喷头间距 $l$ 为2 350 mm,可增大到3 400 mm。柱网跨度增大,在板下主梁净高度不超过1 000 mm时,图5中画方框处(450 mm+550 mm),此种十字梁下增设喷头的布置方式仍然成立。图6中扩大覆盖面积洒水喷头布置时,喷头间距 $l$ 不能超出4 200 mm。



根据图1~6喷头布置,以喷水强度为中危险Ⅱ级为例,总结各种喷头布置适用范围,具体见表1。

表1 不同结构型式喷头布置特点及适用范围

Tab.1 Features and range of application of sprinkler arrangement with different structure forms

图示编号	梁板结构名称	有无主梁	有无次梁	适用最大柱网/m	结构板下梁净高/mm	喷头布置位置	喷头间距	喷头类型	喷头布置难度
图1	无梁楼板	无	无	10.2	无	梁间	等距	标准喷头 $K=80$	容易
图2	平板 加腋板	有	无	10.2	1 000	梁间	等距	标准喷头 $K=80$	容易
图3	井字梁	有	有	10.2	900	梁间	等距	标准喷头 $K=80$	适中
图4	十字梁	有	有	8.7	900	梁间	不等距	标准喷头 $K=80$	困难
图5	十字梁	有	有	10.2	1 000	梁间梁下	等距	标准喷头 $K=80$	适中
图6	十字梁	有	有	8.4	780	梁间	等距	扩大覆盖面积喷头 $K=115$	适中

## 5 喷头布置中的注意事项

① 首先应在结构梁板构造计算完成后方可进行自动喷水灭火系统喷头的布置。确定喷水强度,考虑楼板型式、结构柱跨、结构板下主次梁净高(非梁高)确定喷头选型,采用 $K=80$ 的标准喷头或 $K=115$ 以上的扩大覆盖面积洒水喷头,确定喷头最大布置间距。需要注意扩大覆盖面积洒水喷头为快速响应喷头,在民用建筑中快速响应喷头仅能应用在湿式系统。当环境温度低于 $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,采用预作用系统时,不能采用扩大覆盖面积洒水喷头<sup>[6]</sup>。

② 当喷头溅水盘与顶板距离为多个数值时,在满足喷头有效爆破的前提下,综合考虑,适度统一喷头溅水盘与顶板的距离,以减少工程施工及安装难度。喷头溅水盘与顶板距离超过550 mm采用集热挡水板的做法是不正确的,美国FM与公安部四川消防研究所对集热板的研究表明,喷头动作是在烟气层降到集热板下方,喷头处在热烟气层后才动作<sup>[9]</sup>。美国消防协会标准NFPA 15中规定:仅为起集热作用而设置的集热板,不推荐使用<sup>[10]</sup>。在2017年版“喷规”中取消了集热板名词,仅保留挡水板,并严格限制挡水板的使用范围。

③ 在图4与图5均可满足布置要求时,应优先采用图4的布置方式,因图4喷头溅水盘在梁间顶板下,更利于喷头溅水盘集热,快速爆破。在板

下主梁净高度较大,采用图4的布置方式无法满足时,可采用图5的布置方式。

④ 在一定的喷水强度下,影响喷头布置的主要数据是结构板下剩余梁高净尺寸及柱网跨度,不是包括结构板在内梁的总高度,工程中应关注结构板厚,准确计算结构板下剩余梁高净尺寸后,再布置喷头。

⑤ 在自动喷水灭火系统设计中,尤其是采用直立喷头的无吊顶的场所,应绘制出具有代表性柱网梁板内喷头布置剖面图<sup>[11]</sup>,除标注喷头布置的水平尺寸外,还应在剖面图中明确标注出喷头溅水盘与顶板和障碍物(梁底)的垂直距离。以正确指导自动喷水灭火系统的施工与安装。

## 6 方案比较及经济分析

鉴于无梁楼板、平板、井字梁等结构喷头布置相对简单,而十字梁下喷头布置困难,布置方式也多种多样,因此以十字梁下不同喷头布置方式为例进行经济分析。

以某一无吊顶防火分区为例,防火分区面积约 $3\,500\text{ m}^2$ ,每个柱网分别采用三种不同喷头布置方式,第一种采用4个扩大覆盖面积洒水喷头;第二种采用9个标准喷头;第三种采用16个标准喷头<sup>[12]</sup>,对整个防火分区进行材料统计及造价估算后,具体结果见表2。

表2 不同喷头布置方式经济分析

Tab.2 Economic analysis of different sprinkler arrangement forms

喷头类型	喷头流量系数 $K$	喷头布置方式	柱网内喷头数/个	喷头总数/个	起端水压/MPa	流量/( $\text{L}\cdot\text{s}^{-1}$ )	平均喷水强度/( $\text{L}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}$ )	经济造价/(万元·区 $^{-1}$ )	单位造价/(元· $\text{m}^{-1}$ )
扩大覆盖面积喷头	115	梁间等距布置	4	196	0.17	21.90	8.21	13.85	40
标准直立喷头	80	梁间不等距布置	9	441	0.06	22.13	8.30	16.14	46
标准直立喷头	80	梁间等距布置	16	784	0.05	37.79	14.17	26.39	75

注:  $K=80$ 喷头价格取14元/个; $K=115$ 喷头价格取32元/个。

在中危险Ⅱ级时,在满足喷水强度的前提下,三种喷头布置方式起端压力与流量均有差别。16喷头布置方式平均喷水强度最大,流量达37.79 L/s,会增大选泵流量参数。扩大覆盖面积喷头起端压力最大(0.17 MPa)。采用扩大覆盖面积喷头布置时,宜在建筑的中部或底部,有可利用剩余压力处。民用建筑中的地下车库、设备用房等区域多为无吊顶区域,可采用扩大覆盖面积喷头布置方式。有研究表明,在中危险Ⅱ级时,地下车库8.4 m×8.4 m柱网,十字梁下4喷头布置分别采用 $K=115$ 与 $K=161$ 的扩大覆盖面积洒水喷头时, $K=161$ 起端喷头压力较 $K=115$ 时小,但流量仍可以控制在30 L/s以内,作用面积入口压力为155.1 kPa(15.51 mH<sub>2</sub>O)<sup>[13]</sup>。选用扩大覆盖面积洒水喷头应关注最不利点处喷头的工作压力,不同流量系数的喷头和扩大覆盖面积喷头在同一防火分区或场所时,应经过严格计算,控制不同压力系统流量,必要时设置减压措施。扩大覆盖面积喷头应在顶板平且障碍物少的场所中应用。当遇到不可避免的障碍物时,需满足“喷规”第7.2.4条对不到顶隔墙障碍的相关规定。

三种喷头布置中,采用扩大覆盖面积喷头造价为13.85万元,造价最少,是9个 $K=80$ 标准喷头布置方式的86%,节省投资14%;16个 $K=80$ 标准喷头布置造价为26.39万元,造价最高,比9个 $K=80$ 标准喷头布置造价多64%。

在人工及钢材价格日益增长的趋势下,减少工程用材及工程安装量很有意义。以上仅是一个防火分区经济比较,实际工程中会有多个防火分区,节约成本会相应增加。随着全过程工程项目管理、EPC项目增多,在总价合同下,不仅要保证工程的质量安全,还有必要细化自动喷水系统的经济造价。自我国2020年9月提出“碳达峰”“碳中和”目标以来,各行各业都以该目标为努力方向,以推行“双碳”为目标。工程中可根据结构型式、柱网跨度及板下梁的净尺寸,初步确定喷头布置方式。然后通过调整喷头布置间距,发挥柱网内每个喷头的布水效果,达到系统安全,用料经济,合理控制工程造价。在便于施工的同时,避免因布置不合理而人为浪费的现象。

## 7 结语

自动喷水灭火系统应用越来越广泛,喷头是自

动喷水灭火系统的主要控火、灭火元件。在确保系统安全有效运行、正确布置喷头的同时也应便于施工且节能节材。建筑结构型式复杂多样,经归纳总结,绘制出不同结构楼板型式下喷头布置图,给出适用范围,并经过比较给出不同布置方式的技术及经济差异。建议后续国家标准图集中给出类似的布置简图,在降低自动喷水灭火系统设计工作量的同时,可规范设计,指导施工安装。此外,适度优化自动喷水灭火系统管道及喷头布置,可降低自动喷水灭火系统在工程中的造价,节材即节约资源,这是环境保护“四节一环保”目标中的重要一环。

## 参考文献:

- [1] 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,2002:1-5.  
HUANG Xiaojia, JIANG Wenyuan. Handbook of Water-based Fire Protection System [M]. Beijing: China Architecture & Building Press, 2002: 1-5 (in Chinese).
- [2] 王春明,陈苏. 对2005年版GB 50084中喷头与障碍物距离的探讨[J]. 给水排水,2014,40(1):110-112.  
WANG Chunming, CHEN Su. Probe into the distance between the nozzle and obstacle in the 2005 edition GB 50084[J]. Water & Wastewater Engineering, 2014, 40 (1):110-112(in Chinese).
- [3] 梁清泉. 湿式自动喷水灭火系统在工程实际应用中存在问题剖析[C]//中国消防协会学术工作委员会,灭火救援技术公安部重点实验室,中国人民武装警察部队学院消防工程系. 2013消防科技与工程学术会议论文集. 北京:中国石化出版社,2013:800-801.  
LIANG Qingquan. Analysis of problems existing in the practical application of wet automatic sprinkler system [C]//Science & Technique Committee of CFP, Key Laboratory of Fire Fighting and Rescue Technology of the Ministry of Public Security, College of Fire Engineering, China People's Police University. Proceedings of 2013 Fire Science and Engineering Conference. Beijing: China Petrochemical Press, 2013: 800-801(in Chinese).
- [4] 杨丙杰,李毅. 热敏性能对洒水喷头控火效能影响的试验研究[J]. 中国安全科学学报,2011,21(11):56-61.  
YANG Bingjie, LI Yi. Experimental study on the influence of thermal sensitivity of spray sprinkler on its

- fire control efficiency [J]. China Safety Science Journal, 2011, 21(11): 56-61(in Chinese).
- [5] 李毅,杨丙杰. 有障碍物场所自动喷水灭火系统喷头布置的应用分析[J]. 消防科学与技术, 2009, 28(10): 752-754.
- LI Yi, YANG Bingjie. Sprinkler set of auto-sprinkler system with infect of obstacle [J]. Fire Science and Technology, 2009, 28(10): 752-754(in Chinese).
- [6] 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)
- [7] 中国有色工程有限公司. 混凝土结构构造手册[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2014: 111-199.
- China Nonferrous Engineering Co. Ltd. Manual of Concrete Structure Construction [M]. Beijing: China Architecture & Building Press, 2014: 111-199 (in Chinese).
- [8] 司政,刘志军. 十字梁下梁间喷头布置计算探讨[J]. 给水排水, 2010, 36(8): 72-75.
- SI Zheng, LIU Zhijun. Discussion on the layout calculation of sprinkler under cross beam [J]. Water & Wastewater Engineering, 2010, 36 (8) : 72-75 (in Chinese).
- [9] 张文华,冯小军,卢国建,等. 自动喷水灭火系统集热板应用研究[J]. 给水排水, 2010, 36(9): 124-126.
- ZHANG Wenhua, FENG Xiaojun, LU Guojian, *et al.* Study on the application of heat collector panel in sprinkler system [J]. Water & Wastewater Engineering, 2010, 36(9): 124-126(in Chinese).
- [10] 王建超,赵月兰,张强,等. 汽机房自动喷水灭火系统中集热挡水板的应用探讨[J]. 消防科学与技术, 2021, 40(2): 222-224.
- WANG Jianchao, ZHAO Yuelan, ZHANG Qiang, *et al.* Discussion on the usage of heat collector for sprinkler systems in the turbine room [J]. Fire Science and Technology, 2021, 40(2): 222-224(in Chinese).
- [11] 朱飞建. 地下汽车库梁间喷头布置[J]. 福建建设科技, 2015(2): 66-68.
- ZHU Feijian. Layout of sprinklers among beams of underground garage [J]. Fujian Construction Science & Technology, 2015(2): 66-68(in Chinese).
- [12] 杨俊槐. 十字梁结构中自动喷水灭火系统喷头的布置[C]//全国给水排水技术信息网. 全国给水排水技术信息网2009年年会论文集. 兰州: 全国给水排水技术信息网, 2009: 184-186.
- YANG Junhuai. Sprinkler arrangement of automatic sprinkler system in cross beam structure [C]// National Water Supply and Sewerage Technology Information Network. Proceeding of National Water Supply and Sewerage Technology Information Network 2009 Annual Conference. Lanzhou: National Water Supply and Sewerage Technology Information Network, 2009: 184-186(in Chinese).
- [13] 秦建明,王兆鑫. 地下车库自动喷水灭火系统水力计算探讨[J]. 给水排水, 2019, 45(10): 98-102.
- QIN Jianming, WANG Zhaoxin. Discussion on hydraulic calculation of sprinkler systems in underground garages [J]. Water & Wastewater Engineering, 2019, 45(10): 98-102(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,注册公用设备工程师(给水排水),副总工程师,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”等荣誉。
- E-mail:** 1806539515@qq.com
- 收稿日期:** 2021-10-30
- 修回日期:** 2021-11-17

(编辑:孔红春)