

# 自动喷水灭火系统中喷水强度影响因素的关联性分析

刘庆恩

辽阳市消防救援支队

**摘要：**喷水强度是体现自动喷水灭火系统控火能力的重要参数。但在工程实际中，部分设计单位过度关注喷水强度，忽视了其他因素的关联性影响，从而降低了灭火效能。本文通过对比国内外自动喷水灭火系统设计规范中对于喷水强度的要求，对喷头间距L值、喷头流量系数K值、工作压力P值和单只喷头的最大保护面积等相关因素之间的关联性进行了研究，分析了控制喷头的响应时间、合理的喷水强度和适当地减少水渍面积是实现控火灭火的重要因素，为自动喷水灭火系统的设计、施工提供参考。

**关键词：**自动喷水灭火系统；喷水强度；影响因素；关联性分析

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2021.24.165

自动喷水灭火系统是由洒水喷头、报警阀组、水流报警装置（水流指示器或压力开关）等组件，以及管道、供水设施等组成，能在发生火灾时喷水的自动灭火系统<sup>[1]</sup>。目前，该系统广泛地应用在世界各地的新建、扩建、改建的民用建筑和工业建筑的消防设计之中。喷水强度是决定自动喷水灭火系统能否有效控制火灾的重要设计参数之一<sup>[2]</sup>。但是，很多设计单位对影响喷水强度的因素之间的关系存在误解和混淆，造成在设计环节中选取的基本参数错误，影响了自动喷水灭火系统的控火能力和灭火效能。在此，本文对影响喷水强度的因素的关联性进行了分析，以便于更好地在工程实践中应用。

## 一、影响喷水强度的因素

### （一）喷水强度的选取

《自动喷水灭火系统设计规范》（GB20084-2017）（以下简称《喷规》）对于民用建筑及厂房采用湿式系统不同火灾危险等级的喷水强度作出了明确规定。美国消防协会标准《自动喷水灭火系统安装标准》NFPA13也

明确了每个火灾危险等级对应的曲线的喷水强度，见表1。

### （二）喷水强度的计算

在自动喷水灭火设计时，喷头按正方形布置的洒水图，如图1所示。其中，火源为以O为中心的方形区域，喷头喷水覆盖的区域为湿区，不能覆盖的区域为干区。当4个喷头的喷水覆盖圆形区域两两相切于火源中心点O时，正方形内既不会出现干区，也不会出现湿区过度交汇。

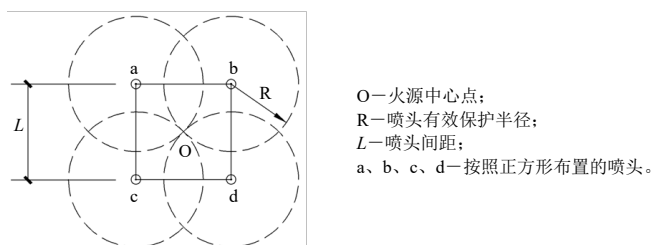


图1 正方形布置的洒水图

此时，正方形的洒水量就是单个喷头的喷水量。因此，喷水强度W可以按照下式计算得到：

$$W=Q/A \tag{1}$$

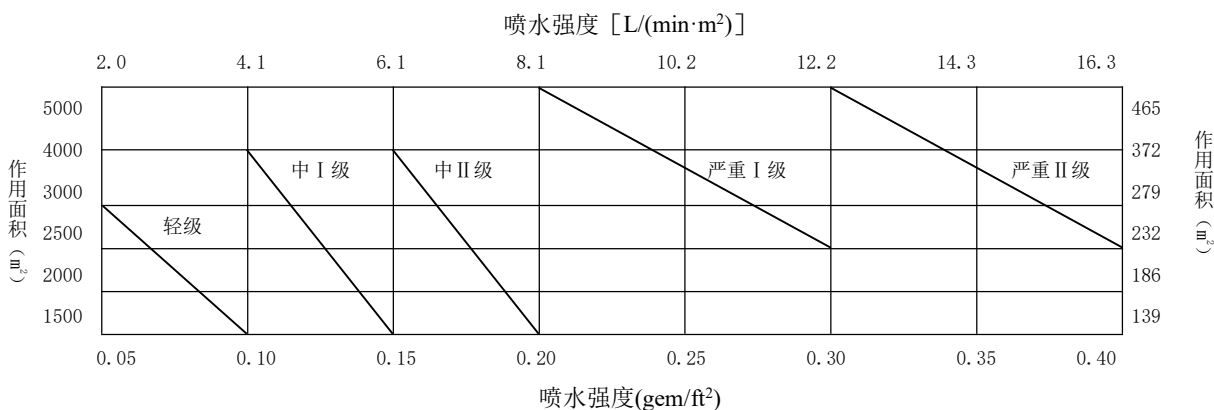
$$Q=K\sqrt{10P} \tag{2}$$

$$A=L^2 \tag{3}$$

式中，W-喷水强度[L/min·m<sup>2</sup>]；Q-单只喷头的洒水量(L/min)；K-喷头流量系数；P-喷头工作压力(MPa)；A-正方形面积(m<sup>2</sup>)；L-喷头间距(m)。

从式(1)-(3)可知，可以通过调整K值、P值和L值来控制喷水强度。因此，分析K值、P值和L值三者之间的关联性，以及如何科学合理确定三者的数值，是自动喷水灭火设计中的关键问题。

表1 NFPA13火灾危险等级对应的曲线



## 二、喷水强度的影响性分析

### (一) 流量系数K值的影响

在自动喷水灭火系统设计中,流量系数K与管道材质、管径、长度、连接方式等因素有关,《自动喷水灭火系统第1部分:洒水喷头》(GB5135.1-2019)中对流量系数有着明确的规定,可按其规定进行选择。

### (二) 工作压力P值的影响

从式(1)-(3)可知,当喷头间距L与流量系数K已经确定后,喷水强度决定于工作压力P的取值,通过提高供水管网的工作压力就可以提高喷水强度,从而使自动喷水灭火系统具有更高的灭火效率。但供水管网的工作压力越高,管道承受的压力越大,对管道、阀门和施工质量的要求也越高,工作压力过大,易造成管线的接头、弯管等薄弱环节漏水、损坏,《喷规》规定配水管道的的工作压力不应大于1.20MPa。

### (三) 喷头间距L值的影响

工程实践中,部分设计人员出于节省投资的考虑,首先选取较大的L值,减少喷头的布置数量,然后再增大K值或者P值,以满足喷水强度的要求。这种做法,虽然看似经济合理,但容易对喷头响应时间和水渍损失产生影响。因此,《喷规》对不同类型的湿式系统喷头之间最大间距做出了明确规定。

#### 1. 延迟响应时间

在图1中,火源在正方形中心点,从中心点O到4只喷头的水平距离R都相等,4只喷头射流的参数都相同,

且能够同时启动。按照直角三角形定理可得 $R = \frac{L}{\sqrt{2}}$ ,当

增大L值时,会使R值增大,使喷头到火源中心的水平距离加大,喷头的射流参数更低,从而延迟了喷头的响应时间。同时,利用火场中喷头响应时间计算公式<sup>[3]</sup>,也可以得到同样的结论:

$$t = \left[ RTI \cdot \sqrt{R \cdot H} \times \ln \left( 1 - \frac{\Delta T_{ea}}{\Delta T_g} \right) \right] / \sqrt{u} \quad (4)$$

其中,t-喷头响应时间(s);RTI-喷头的热敏性能指标,(m·s)<sup>0.5</sup>;R-喷头有效保护半径(m);H-顶棚高度(m); $\Delta T_{ea}$ -喷头公称工作温度与环境温度之差(°C); $\Delta T_g$ -喷头所在标准热流与环境温度之差(°C);u-喷头热流标准热流流速(m/s)。

由公式(4)可知,R值的增大, $\Delta T_g$ 值和u值的减小都会使喷头响应时间t值增大。延迟喷头响应时间,就意味火源会按时间t的平方增大热释放速率。当增大到一定值时,火源功率会超过系统的灭火能力,此时,开放再多的喷头都不能灭火。因此,对R值必须予以控制。控制R值必须控制两个指标,即L值和4只喷头围成的矩形面积(即单只喷头最大保护面积)。对于正方形布置的喷头,控制了喷头间距,也就控制了单只喷头的最大保护面积。对于按照矩形布置的喷头,不仅要控制矩形长边,同时还必须控制矩形面积,才能达到控制R值的目的。

美国NFPA13标准规定布置喷头时,同时考虑场所的火灾危险等级、结构类型、系统水力计算方法和喷水强度等因素,确定单只喷头的最大保护面积和最大间距。例如ESPR喷头,当净空高度不超过30ft(9.1m)时,喷头最大间距为12ft(3.7m),喷头最大保护面积为100ft<sup>2</sup>(9.3m<sup>2</sup>)。当净空高度超过30ft(9.1m)时,喷头最大间距为10ft(3.17m),喷头最大保护面积为100ft<sup>2</sup>(9.3m<sup>2</sup>)。如果单独控制喷头最大间距为12ft(3.7m),而不控制单只喷头的保护面积时,则可能出现喷头保护面积达到144ft<sup>2</sup>(13.69m<sup>2</sup>),而使R值由原来的2.19m增大到2.62m。从上述公式得知,R值的增大延迟了喷头的启动时间。

#### 2. 扩大水渍损失

研究表明<sup>[4]</sup>,增大喷头间距会造成更大的水渍损失。当初期火灾时,火源处于正方形灭火目标区内,4个喷头喷水覆盖了灭火目标区的同时,也淋湿了灭火目标区以外的大片面积,造成水渍损失。计算可知,水渍损失区的面积(图1中正方形以外的区域)约是灭火目标区(图1中正方形内部区域)面积的4.08~4.13倍。增大喷头间距会扩大灭火目标区面积,则水渍损失区面积也会按照4倍的比例增加。而水渍损失区的好处是,在向灭火目标区洒水的同时,将火源周围的可燃物预先淋湿,使其难以引燃,从而达到控制火灾发展的目的。靠近墙体的喷头也可以淋湿墙面和地面,能更好的保护建筑结构。

### 三、结论

因此,在确定喷水强度时,通过分析流量系数K、工作压力P和喷头间距L等影响因素,可以得到以下结论:

(1)增大喷头间距L值,会对喷头响应时间会产生不利的影响。通过对火灾中喷头响应时间的计算可知,喷头间距L值的增大,使得喷头有效保护半径R值增加,喷头响应时间发生延迟,一旦火源功率超过了系统的灭火能力,就会造成初期火灾扑救失败。

(2)增大喷头间距L值,会造成水渍损失的面积增加,水渍损失区的面积约是洒水灭火目标区面积的4倍。

(3)控制喷头的响应时间、合理的喷水强度和适当地减少水渍损失面积是自动喷水灭火系统设计需要考虑的重要原则。

### 参考文献

[1]GB20084-2017,自动喷水灭火系统设计规范[S].北京:中国计划出版社,2017.  
 [2]徐晓玲,姚斌,王汉杰,等.自动喷水灭火系统喷水强度概率分布特性及其控火性能研究[J].火灾科学,2009,18(3):154-162.  
 [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,1997.  
 [4]刘庆恩.闭式自动喷水灭火系统中增大喷头间距造成的危害性研究[J].消防技术与产品信息,2017,(6):27-29.