

# 综合管廊高压细水雾灭火系统设计探讨

周建平<sup>1</sup>, 樊华青<sup>2</sup>

(1. 上海市市政工程设计研究总院<集团>有限公司, 上海 200092; 2. 上海水业设计工程有限公司, 上海 200092)

**摘要:** 在现行设计规范中,对高压细水雾灭火系统在管廊中的应用没有详细规定。结合综合管廊的特定应用环境,对高压细水雾灭火系统在系统选择、灭火强度参数、最大保护长度和泵房布局等方面进行了讨论,并给出了设计实例。同时,对目前规范中一些缺失和模糊的条目,提出了需要进一步明确的方向。

**关键词:** 高压细水雾灭火系统; 综合管廊; 开式系统; 局部应用系统

**中图分类号:** TU998.1 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000-4602(2019)20-0067-05

## Discussion on Design of High-pressure Water Mist Fire Extinguishing System for Utility Tunnel

ZHOU Jian-ping<sup>1</sup>, FAN Hua-qing<sup>2</sup>

(1. Shanghai Municipal Engineering Design Institute <Group> Co. Ltd., Shanghai 200092, China; 2. Shanghai Water Design Engineering Co. Ltd., Shanghai 200092, China)

**Abstract:** In the current design codes, there is no provision in detail on the application of high-pressure water mist fire extinguishing system in the utility tunnel. Combined with the specific application environment, some important factors, such as system selection, intensity parameters, maximum protecting length and pumping station arrangement were discussed in this paper. And furthermore, some design examples were given. At the same time, some further specifications for design codes were also proposed.

**Key words:** high-pressure water mist fire extinguishing system; utility tunnel; open system; local application system

### 1 高压细水雾灭火系统的特点

高压细水雾灭火系统是由高压水通过特殊喷嘴产生粒径为40~200 μm的细水雾来灭火的自动消防系统,已经在许多领域得到应用,包括大型商场及宾馆、图书馆、档案文物馆、电子计算机房、电缆隧道等<sup>[1]</sup>。高压细水雾灭火系统主要特点如下<sup>[2]</sup>:

① 灭火效能高。细水雾汽化时吸收大量热量,可以快速降温灭火。高压细水雾具有穿透性,即使在密闭性较差的空间,也可以保持较好的灭火效果。

② 安全环保,对环境无污染。以水为灭火剂,

对环境和人员无害,且细水雾可以吸收火灾产生的烟尘和毒气,净化火灾现场环境。

③ 用水量较少。相对传统的水喷淋和水喷雾系统,细水雾系统用水量仅需10%或更少,可减少现场水渍,避免由此带来的不便和损失。

④ 适用于电气火灾。细水雾具有良好的绝缘性能,不会对电气设备产生损害,因此可用于电气火灾的场合。

### 2 在综合管廊中的应用

综合管廊的消防安全是管廊建设中的一个重要环节,根据相关资料,综合管廊中火灾危害的主要来

源是由于电力线路短路、过载等引起的电气火灾<sup>[3]</sup>,因此在《城市综合管廊工程技术规范》(GB 50838—2015)中规定:“干线综合管廊中容纳电力电缆的舱室,支线综合管廊中容纳6根及以上电力电缆的舱室应设置自动灭火系统”。根据近几年已建成的综合管廊的应用经验,可采用的自动灭火系统主要有气体灭火系统、水喷雾系统和高压细水雾灭火系统等。

与气体灭火系统相比,高压细水雾系统以水为灭火介质,不会产生化学残留,对环境影响小,且具有一定的持续灭火时间;与同类的水喷雾系统相比,细水雾系统用水量大大减小,管道管径小,占用管廊空间小。虽然其工程造价相对较高,但作为一种高效环保的自动灭火系统,在管廊工程中仍有很好的应用前景。上海市政府在江苏、江西和新疆等地的管廊设计中,均采用了高压细水雾灭火系统。

### 3 综合管廊高压细水雾灭火系统设计探讨

高压细水雾灭火系统应用于综合管廊的相关工程实例还不是很多,目前在设计阶段主要遵循的标准是国家《细水雾灭火系统技术规范》(GB 50898—2013,以下简称《细规》)以及一些省市的地方标准。但这些规范标准大多考虑的是其在民用及公共建筑物中的使用场合,应用于综合管廊时,还是有不少值得商榷之处。

#### 3.1 系统选择

高压细水雾系统分为开式系统和闭式系统,开式系统又可分为全淹没系统和局部应用系统。《细规》3.1.3条规定:“……配电室、电缆隧道、电缆夹层,……和档案库,宜选择全淹没应用方式的开式系统”,但该规范同时在3.4.5条中又规定:“采用全淹没应用方式的开式系统,其防护区数量不应大于3个”,即每3个防护区就要设一个消防泵房。

目前各地建设的综合管廊总长度一般几公里到几十公里不等,而需要设置自动灭火系统的电力舱一个防火分区长度不超过200 m,如果每3个防护区就设置一个泵房,无论是工程造价还是从今后的维护管理方面来看,都比较难以实现。

因此在设计中大多采用了局部应用系统,但这种局部应用系统并非如规范术语中所示的“向保护对象直接喷放细水雾,保护空间内某具体保护对象的系统应用方式”,从灭火方式上来看,高压细水雾系统仍以保护其内部所有保护对象为要点,更接近

于全淹没系统,只是为了规避规范3.4.5条款的规定,减少整个系统消防泵房的数量,而采取的折衷方式。

由此可见,高压细水雾系统要更好地应用于综合管廊,相关规范首先在系统定义上必须有所突破。

#### 3.2 设计喷雾强度

喷雾强度是高压细水雾系统设计中的重要参数,也是多年来一直被广泛探讨的问题。在最初的各地方规范中,部分规范给出了喷雾强度的具体数值,但各地的取值并不相同;也有些未规定具体参数,而要求通过具体试验确定。直到《细规》颁布后,才有了一个较为统一的取值标准。

根据《细规》第3.4.4和3.4.6条的规定,高压细水雾系统的喷雾强度,无论是选择何种系统,均“宜经实体火灾模拟试验确定”。但在现有工程设计阶段,由于涉及招标等因素,要在工程前期获得准确的设备商试验数据作为设计参数可能性较小,大多数设备商也尚未开展与管廊相关的灭火试验,缺乏准确数据。在此情况下,设计单位为安全起见,一般均按照《细规》的表3.4.4中的数据取值:喷头安装高度小于3 m时,设计喷雾强度为 $1.0 \text{ L}/(\text{min} \cdot \text{m}^2)$ ;喷头安装高度在3~5 m时,设计喷雾强度为 $2.0 \text{ L}/(\text{min} \cdot \text{m}^2)$ 。但该设计取值存在一大缺点:喷雾强度的变化跨度太大。管廊设计高度一般为2.5~5 m,其中大多在2.8~3.5 m之间,仅仅是几十厘米的差别,消防喷雾强度就要提高一倍,无论在理论还是实际上,均不尽合理。

相较而言,在2015年11月安徽省颁布的地方标准《细水雾灭火系统设计、施工与验收规范》(DB 34/T 493—2005)中,为高压细水雾系统喷雾强度的取值提供了一条新思路:除了给出喷头安装高度为3 m时的喷雾强度外,当喷头安装高度每增高1 m时,喷雾强度取值按初始值多乘以1.2倍系数计算,喷雾强度随安装高度渐次提高取值标准。该方法相对国家规范而言,其最终的取值结果可能更贴近实际。

综合管廊的应用场合与一般民用和公用建筑有一定的差异,而且管廊内为地下密闭空间,其灭火条件也比较好,喷雾强度是否可以另设取值标准,都值得进一步深入研究。因此希望行业有关单位能尽早进行针对性的研究和试验,给出更适用于综合管廊的高压细水雾系统设计参数。

### 3.3 喷头布置和选型

综合管廊一般每个防护分区距离不超过200 m,断面比较规整,因此在管廊内喷头布置主要考虑以下几个因素:喷雾强度、喷头最大间距以及与墙间距的要求。

《细规》中规定,应用于电缆隧道等场合时,喷头最大间距为3 m,喷头与墙壁的距离不应大于喷头最大布置间距的1/2。

而高压细水雾喷头 $K$ 值有0.5、0.7、1.0、1.2、1.7、2.0等多种,因此在工程中可分以下情况进行设计:

① 宽度小于3 m的管廊,喷头采用单排布置,喷头布置在管廊上方正中间。可根据不同设计喷雾强度选择不同 $K$ 值系数的喷头:喷雾强度为1.0

$L/(\min \cdot m^2)$ 时,大多采用 $K$ 值为0.5~1.0的喷头,喷头间距为2.5~3 m;喷雾强度为2.0  $L/(\min \cdot m^2)$ 时,可采用 $K$ 值为1.0的喷头加密布置,或采用 $K$ 值为1.2以上喷头。

② 宽度大于3 m的管廊,喷头需要采用双排或多排布置,喷头间距仍为2.5~3 m,距墙不超过1.5 m,同时可根据不同设计喷雾强度选择不同 $K$ 值系数的喷头。

③ 对于出入口、交叉口等管廊局部断面变宽的部位,按照规范要求局部加密喷头,但喷头的 $K$ 值系数与标准段取值一致。

图1是某工程中标准段与交叉口的喷头不同布置情况,交叉口局部放宽达5 m,因此布置了三排喷头,而右侧标准段仅一排喷头。

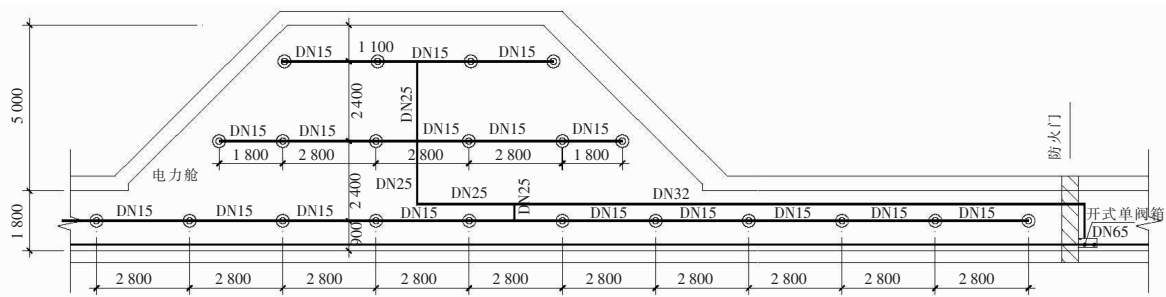


图1 管廊交叉口喷头布置

Fig. 1 Nozzle layout at the intersection of utility tunnel

### 3.4 单个分区最大保护距离和消防系统水量

综合管廊电力舱最大单个防火分区长度为200 m,一旦其断面尺寸和设计喷雾强度确定后,防火分区内的喷头布置位置及数量就可以确定。但是否防火分区内任意一点着火,整个分区内的所有喷头均要喷水工作?虽然这种灭火方式可以实现整个防火

分区的全保护,安全性最好,但同时工作的喷头数量过多,消防水量会很大,因此在设计中一般不太推荐采用。

图2是一个断面尺寸为2.6 m×33 m、长度为200 m的管廊电力舱标准段防火分区的高压细水雾灭火系统布置示例。

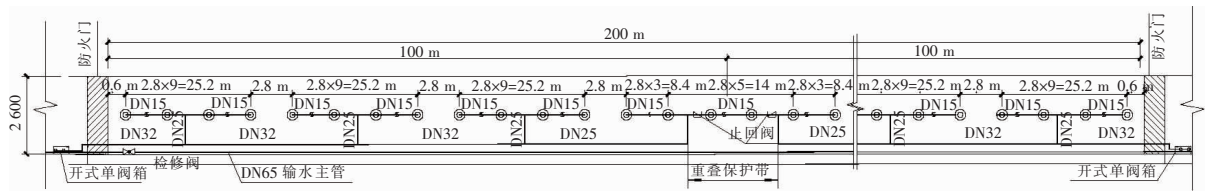


图2 防火分区为200 m长的管廊高压细水雾灭火系统布置

Fig. 2 Layout of high-pressure water mist fire extinguishing system in a 200 m-long utility tunnel

该段管廊高压细水雾系统采用局部应用的开式系统,保护对象为管廊内电缆。防火分区喷雾强度为1.0  $L/(\min \cdot m^2)$ ,防火分区内共设了72个细水雾喷头,喷头间距为2.8 m。该防火分区分成了2个防护分区,单个防护分区保护长度为110 m(两个

防护分区之间通过设置止回阀,有10 m的重叠保护带),每次火灾水量按一个防护分区喷头同时喷水计算,最大防护长度110 m时,喷头数量为40个,故系统设计消防水量为420  $L/\min$ 。阀箱布置在相邻防火分区,经计算,喷水响应时间为27.9 s,满足不



超过 30 s 的规范要求。

在相关规范中,并没有对管廊内最大保护距离、同时工作喷头数量的详细规定,因此在实际工程中,不同的设备厂商可能有不同的方案。除上述示例外,也有将 200 m 的防火分区分成 4~6 个防护分区,每个分区 25~35 m 的做法,管廊内某处着火时,最近及相邻的 2~3 个防护分区内的喷头工作,同时工作的喷头覆盖管廊长度为 70~100 m。

管廊内最大保护距离越长,同时工作喷头数量越多,消防系统的安全度就越高,但消防水量和管道管径会增加,工程造价也会提高。因此如何进行合理的分区,值得进一步研究。除上述几点外,阀箱的数量和安装位置、消防响应时间、系统控制的复杂程

度等,也是需要考虑的因素。

### 3.5 单个泵房的服务半径

高压细水雾喷头设计工作压力一般不小于 10 MPa,而目前高压细水雾水泵的供水压力在 12~16 MPa 的居多,因此整个系统允许的水力损失最多为 2~6 MPa。

系统的水力损失可以分以下部分计算:①阀箱及阀箱后喷头连管的水头损失;②水泵出口到阀箱的输水主管的水头损失;③适当的富余量。相对而言,阀箱及阀箱后喷头连管距离较小,决定泵房服务范围的主要是输水主管的水力坡降。表 1 按照《细规》3.4.11 条中的计算公式,得出了不同管径在不同消防水量时的水力坡降。

表 1 不同管径时流量与水损计算结果

Tab. 1 Calculation results of flow and head loss for different pipe diameters

管径流量/ (L · min <sup>-1</sup> )	DN40		DN50		DN65		DN80	
	流速/ (m · s <sup>-1</sup> )	1 000i/ MPa	流速/ (m · s <sup>-1</sup> )	1 000i/ MPa	流速/ (m · s <sup>-1</sup> )	1 000i/ MPa	流速/ (m · s <sup>-1</sup> )	1 000i/ MPa
200	2.65	2.05						
300	3.98	4.44	2.55	1.44				
400			3.40	2.49	2.00	0.67		
500			4.24	3.81	2.51	1.01		
600					3.01	1.43	1.99	0.51
700					3.52	1.92	2.32	0.68
800					4.02	2.48	2.65	0.87
900					4.52	3.11	2.98	1.09

从表 1 可见,要增大泵房的服务半径,控制系统的设计消防水量尤为关键。以图 2 所示的系统布置情况,在其设计消防流量为 420 L/min,采用出口压力为 14 MPa 的消防泵时,输水主管采用 DN65 不锈钢管,1 km 水力坡降在 0.8 MPa 左右,考虑到阀箱后 DN25~DN32 连管要占据约 1.3~1.5 MPa 水头损失,最终计算得到单个泵房服务半径在 3 km 左右。

现在各城市建设的管廊少则十几公里,多则几十公里,采用高压细水雾作为管廊的灭火系统,一般都要建多个消防泵房,才能满足所有管廊的消防需求。在系统设计中,并非管径取值越大,服务范围越大就越好。由于系统工作压力越高、管径越大意味着材质要求越高,漏失等安全风险也会增高,因此在实际工程中需要进行技术经济比较后才能确定。消防泵房的设置数量和位置不仅影响工程造价和整个消防系统控制系统的布局,而且还涉及泵房用地和维护管理等问题,这就需要尽量在工程前期就做好

系统计算,合理规划和布局。图 3 是某综合管廊工程中高压细水雾泵房的布置示例。



图 3 某工程高压细水雾泵房布置

Fig. 3 Layout of high-pressure water mist pumping station in a project

该工程高压细水雾系统最大设计消防流量为440 L/min,根据管廊总体布置和管理分中心的布局情况,共设置了4座细水雾泵房(一般与管理分中心合建,以方便管理)。左下侧泵房最长服务距离为3.8 km,故该泵房消防主管采用了DN80;其余泵房服务范围相对较小,消防主管采用DN65就可满足喷头压力要求。

#### 4 结论

① 目前高压细水雾灭火系统的设计规范缺乏对其在综合管廊中应用的针对性,在系统选择、设计喷雾强度、单个灭火区间最大保护长度等方面,需要作进一步规范和明确,才能使该系统更好地适用于综合管廊的场合,确保管廊的消防安全。

② 高压细水雾喷头可根据管廊断面和设计喷雾强度的要求,选用不同K值的喷头灵活布置。

③ 对于范围较大的管廊工程,高压细水雾泵房的数量和选点,应在设计前期就合理规划。

#### 参考文献:

- [1] 李静. 高压细水雾灭火系统应用浅析[J]. 消防技术与产品信息,2011(8):31-32.  
Li Jing. Application of high pressure water mist fire extinguishing system[J]. Fire Technique and Products Information,2011(8):31-32(in Chinese).
- [2] 李琳. 关于高压细水雾灭火系统应用范围的思考[J]. 安阳工学院学报,2015,14(4):65-66,74.

Li Lin. Consideration on application range of high pressure water mist fire extinguishing system[J]. Journal of Anyang Institute of Technology,2015,14(4):65-66,74(in Chinese).

- [3] 孙磊,刘澄波. 综合管廊的消防灭火系统比较与分析[J]. 地下空间与工程学报,2009,5(3):616-620.  
Sun Lei,Liu Chengbo. Fire control analysis on the multi-utility tunnel construction[J]. Chinese Journal of Underground Space and Engineering,2009,5(3):616-620(in Chinese).



作者简介:周建平(1972- ),男,江苏常州人,博士,高级工程师,主要从事给排水和综合管廊的设计与研究工作。

E-mail:510381180@qq.com

收稿日期:2019-03-01

贯彻《中华人民共和国水土保持法》,  
建设生态文明