

高压细水雾灭火系统在综合管廊中的应用

寇殿良¹, 袁建平², 陈雪梅¹

(1. 广西交通设计集团有限公司, 广西 南宁 530029; 2. 武汉大学 土木建筑工程学院, 湖北 武汉 430072)

摘要: 现行的细水雾灭火系统技术规范中,要求开式系统的防护区数量不应大于3个,单个防护区容积不宜大于3 000 m³。由于综合管廊的狭长特殊空间结构,这些条文不利于高压细水雾灭火系统应用在管廊中。在南宁市玉洞大道南北侧道路综合管廊设计中,采用了高压细水雾消防系统。设计参考重庆市地方标准及档案行业标准并做出如下优化,取消防护区数量3个的限制;单个防护区的容积按不大于3 000 m³控制;单个分区控制阀的控制面积按120~150 m²控制。优化后的设计方案更符合综合管廊消防的特点,投资更省。

关键词: 高压细水雾灭火系统; 综合管廊; 自动灭火系统

中图分类号: TU892 **文献标识码:** C **文章编号:** 1000-4602(2018)20-0072-04

Application of High-pressure Water Mist Fire Extinguishing System in Utility Tunnel

KOU Dian-liang¹, YUAN Jian-ping², CHEN Xue-mei¹

(1. Guangxi Communications Design Group Co. Ltd., Nanning 530029, China; 2. School of Civil Engineering, Wuhan University, Wuhan 430072, China)

Abstract: According to the current technical specification for water mist fire extinguishing system, the number of open protection zones is no more than 3 and the volume of single protection zone is no more than 3 000 m³ in open-type system. However due to the narrow and special spatial structure of the utility tunnel, these requirements are not conducive to the application of high-pressure water mist fire extinguishing system in utility tunnel. The high-pressure water mist fire extinguishing system was used in the design of the utility tunnel on the South and North side of Yudong Road in Nanning. Based on local standards of Chongqing City and archives industry standards, there are some improvements in the design process: ①canceling limitation of 3 enclosures; ②controlling the volume of a single protective area no more than 3 000 m³; ③determining the area of controlled valve in single section as 120-150 m². The optimized design made investment more economical and it was more in line with the characteristics of fire extinguishing in the utility tunnel.

Key words: high-pressure water mist fire extinguishing system; utility tunnel; automatic fire extinguishing system

1 项目概况

南宁市玉洞大道南北侧道路综合管廊工程位于南宁市五象新区,管廊全长为6.15 km,采用双舱矩

形断面形式,入廊管线有110 kV和10 kV电缆、通信管线、给水管等。防火分区的划分按不大于200 m的距离控制,全线共设置34个防火分区,管

廊的电力舱净尺寸为 2.6 m×3 m,在电力舱设置高压细水雾灭火系统,管廊断面布置见图 1。

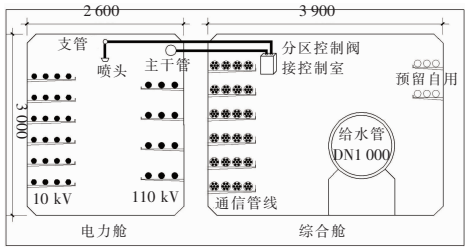


图 1 综合管廊断面布置

Fig. 1 Cross-sectional layout of utility tunnel

2 消防系统的选择

本项目综合管廊主要是由电缆产生的火灾,电缆短路、负荷过载、绝缘层破损、外部火源和通风不畅是发生火灾的主要原因。由于综合管廊本身空间狭长,管线布置集中,火灾有如下特点:火势蔓延迅速,容易复燃,不易控制;火灾会迅速产生大量高温

烟气和有毒气体,严重威胁现场维护管理人员及救援人员的安全;火灾危害性和破坏性极大,灾后恢复运行时间长,难度大。

近几年来,随着高压细水雾灭火技术的发展,凭借其灭火、降温、降烟等优异性能,已逐步在许多工程中得到了推广应用,并取得了不错的效果。高压细水雾以少量的水作为灭火剂,采用高压泵组(系统压力≥3.45 MPa)高速喷出雾滴直径在 10~100 μm 之间的细水雾,实现全空间快速弥散,水雾在汽化过程中高效吸热冷却、快速窒息实现立体灭火。细水雾的持续喷洒,可有效控制火灾复燃,而且这种介于气体和液体之间的致密细水雾对人体无伤害,安全环保,产生的水渍对电缆基本无影响。将其运用在综合管廊的消防系统中,具有极大的优势。

目前广西在综合管廊消防系统的设计方案主要有气溶胶灭火系统、超细干粉灭火系统、水喷雾灭火系统等,对这几种灭火系统的比较见表 1。

表 1 各灭火系统的比较

Tab. 1 Comparison of each fire extinguishing system

| 项 目 | 气溶胶灭火系统 | 超细干粉灭火系统 | 水喷雾灭火系统 | 高压细水雾灭火系统 |
|-----|--|---|--|--|
| 优点 | 设备简单、安装方便;造价低 | 对管廊物体没有任何影响 | 可降低火场的温度 | 对周边环境没有二次污染;用水量相对较少 |
| 缺点 | 气溶胶微粒中的金属盐类和金属氧化物等均有一定的导电性;喷射后防护区内的能见度极低,影响人员逃生;反应喷放时产生大量热量,对周边环境有影响;在日常储存中会发生泄漏损耗,要及时补充 | 在日常储存中会发生泄漏损耗,要及时补充,维护管理费用较高;灭火过程中,如果现场有管理人员,会对其造成极大的危险;灭火后存在粉尘,对环境有一定污染;造价昂贵 | 消防用水量大;后续积水对管廊内带电设备有一定影响;其关键设备,须定期进行试运转;管道的安装占用管廊一定的断面空间;一次性投资较大;对场地有一定的需求 | 一次性投资较大,消防面积较大时,其性价比较高;须定期对系统进行喷雾检验;对水质要求高 |

从表 1 可见,高压细水雾灭火系统较其他灭火系统在各个方面都具有一定的优势,又考虑到玉洞大道综合管廊是南宁市五象新区极其重要的高压电力走廊,故设计采用高压细水雾灭火系统。

3 对相关规范的探讨

《细水雾灭火系统技术规范》(GB 50898—2013)中第 3.4.5 条: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。如果按照规范^[1]极限执行:“泵组系统单个防护区容积不宜大于 3 000 m³”,则一套泵组系统的最大容积为 9 000 m³,在本项目中需要每 1.15 km 的综合管廊做一套泵组系统,整个项目需要做 6 套泵组系统;在此情况下,每个防护区约占 2 个防火分区,按照规范要求这

2 个防火分区应由一个分区控制阀控制,发生火灾时,两个防火分区同时喷水,显然这并不合理。规范没有对防护区的定义进行详细解释,也没有明确分区控制阀对着火点的控制方式,这就给我们带来了困惑,一个防火分区由一个分区控制阀控制?还是一个防火分区可以由多个区域控制阀控制?

如果将一个防火分区看作一个防护区,整个项目需要做 10 套泵组系统。无论是 6 套泵组系统还是 10 套泵组系统,对本项目来说,其占地和造价均是无法接受的。显然规范中对防护区的详细解释和数量定义,制约着本项目消防的造价。

参考《重庆市细水雾灭火系统技术规范》(DBJ 50—208—2014)中第 3.2.4 条:开式全淹没系统的

单个防护区,对于泵组系统体积不宜大于 $3\,000\text{ m}^3$ 。该标准取消了防护区数量3个的限制;参考《档案馆高压细水雾灭火系统技术规范》(DA/T 45—2009)中第4.3.6条:开式分区应用细水雾系统的作用面积应为需要同时启动相邻分区控制阀对应的总保护面积,每个分区控制阀的保护面积不应大于 150 m^2 且不小于 120 m^2 。该标准明确了分区控制阀的控制面积。

本次设计在综合考虑后,在防护分区的划分上参照重庆市地标以及档案行业规范,即:在综合管廊的每个防火分区内进行防护分区的划分,每个防护分区的面积按 $120\sim 150\text{ m}^2$ 控制;每个防火分区约设置4~6个分区控制阀,控制喷头数10~20个。发生火灾时,同时启动发生火灾的防护分区及其相邻的防护分区细水雾系统进行灭火。

4 主要设计参数

设计采用全淹没应用方式的开式系统,管廊标准段喷头采用单排布置,安装高度为3 m,间距为3 m,节点处喷头安装高度为3~5 m,间距为1.5~3 m。根据经验,暂定干管管径为DN65,支管管径为DN15~DN20。

根据规范选取设计参数如下:系统最小工作压力 $P=10\text{ MPa}$,持续喷雾时间为30 min,管廊标准段喷雾强度大于 $1.0\text{ L}/(\text{min}\cdot\text{m}^2)$,出线井处喷雾强度大于 $2.0\text{ L}/(\text{min}\cdot\text{m}^2)$,喷头流量系数 $K=1.0$ 。

单个喷头的设计流量 $q=K\times(10\times P)^{0.5}$,最不利点处喷头流量 $q_1=1.0\times(10\times 10)^{0.5}=10\text{ L/min}$,根据海曾-威廉公式 $P_f=6.05\times L\times Q^{1.85}/(C^{1.85}\times d^{4.87})\times 10^4$,求出最不利点处喷头与上一个喷头之间的水头损失 Δh_1 ,则 $q_2=1.0\times[10\times(10+\Delta h_1)]^{0.5}$,依此类推计算,求出流量 $Q=q_1+q_2+\dots+q_n$,在计算过程中得知,随着压力的增大,喷头的流量增加很小,基本可以忽略,故在计算的时候可以简化,可以直接取喷头个数与单个喷头流量乘积计算^[2]。

设计流量为防护区内相邻三个区域内喷头同时开放时的流量之和并取其最大值,并考虑1.10的安全系数,最后求得系统设计流量 $Q=485\text{ L/min}$ 。系统设计供水压力 $P_t=\sum P_f+P_e+P_s$,根据海曾-威廉公式求出总水头损失,最后求得系统设计供水压力 $P_t=14.67\text{ MPa}$ 。

根据计算结果,选用泵组 $Q=520\text{ L/min}$, $H=16$

MPa , $N=180\text{ kW}$,4用1备。单台稳压泵流量 $Q=11.8\text{ L/min}$, $H=1.6\text{ MPa}$, $N=0.75\text{ kW}$,1用1备。

由于仅有一路市政给水管供水,故系统设置贮水箱,水箱容积 $V=Q_s\times t=520\text{ L/min}\times 30\text{ min}=15.6\text{ m}^3$,选用公称容积为 20 m^3 的矩形水箱。为了提高高压柱塞泵组的输出效率,设置补水增压泵2台(1用1备),增压泵 $Q=40\text{ m}^3/\text{h}$, $H=300\text{ kPa}$, $N=11\text{ kW}$ 。

最小喷雾强度校核:流量按泵组 $Q=520\text{ L/min}$,面积按开式系统分区控制阀最大保护面积 150 m^2 计,得出最小喷雾强度为 $1.16\text{ L}/(\text{min}\cdot\text{m}^2)$,满足规范最小喷雾强度 $1.0\text{ L}/(\text{min}\cdot\text{m}^2)$ 的要求;出线井节点处加密喷头布置,按喷头最小流量 10 L/min 计,单独计列出线井节点处面积,校核满足规范最小喷雾强度 $2.0\text{ L}/(\text{min}\cdot\text{m}^2)$ 的要求。

校核最不利点处喷头工况:泵组出口至最不利点处喷头计算长度约3790 m,按照海曾-威廉公式求得水头损失为4.42 MPa,则最不利点喷头工作压力为 $16-4.42=11.58\text{ MPa}$,满足规范要求。

5 系统工作及布置

消防系统布置见图2。

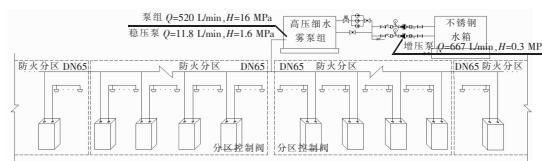


图2 系统布置

Fig. 2 System layout diagram

系统灭火流程:在准工作状态下,高压细水雾泵组出口至分区控制阀组之间的管网由稳压泵维持压力 $1.0\sim 1.2\text{ MPa}$,分区控制阀到喷头段为空管状态。发生火灾后,由火灾自动报警系统联动开启相应的分区控制阀,高压细水雾系统管网压力下降,稳压泵启动,稳压泵运行10 s后压力仍达不到设定的 1.2 MPa 时,稳压泵停止运行,同时高压细水雾主泵启动,系统管道内水迅速达到工作压力,喷头喷放高压细水雾灭火,整个过程设计响应时间不大于30 s,满足规范要求。

系统的控制方式^[3]:①通过火灾探测器及火灾报警控制器联动分区控制阀自动启动灭火系统;②当现场人员确认火灾且自动控制还未动作时,可按现场阀组箱内的启动按钮打开分区控制阀,或者

通过操作分区控制阀的手柄,打开控制阀,启动灭火系统;③可在消防控制室或者泵房直接启动分区控制阀和消防水泵。

受用地限制,消防泵站的位置尽量设置在项目的中间地段。消防主管沿管廊侧墙布置,喷头布置在管廊顶板下。规范中要求分区控制阀“应设在防护区外便于操作的地方”,因管廊本身空间狭小,受用地限制,不可能单独设置独立空间放置分区控制阀,综合考虑后,将分区控制阀布置在隔壁综合舱,分区控制阀上有火警警示灯,方便现场操作,布置方式如图1所示。为了满足管线出线的空间需求,在综合管廊出线井节点处一般都会采取加宽、加高的方式来增大管廊的空间。如要满足规范最小喷雾强度 $2.0\text{ L}/(\text{min}\cdot\text{m}^2)$ 的要求,需要在节点范围进行特殊处理,本工程设计采用对喷头进行加密布置或分层布置的方式,如图3所示。

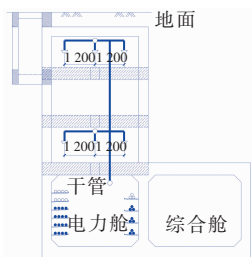


图3 出线井喷头布置

Fig. 3 Layout of outlet well sprinkler

6 结语

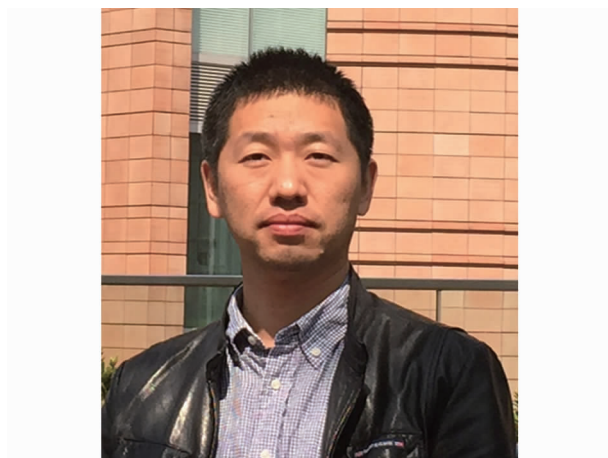
① 高压细水雾灭火系统应用较广泛,安全可靠,灭火效率高,在一些规模较大的项目中,具有一定的经济优势。后期维护是系统能否正常运行的关键,其主要灭火设备必须精心维护管理,如消防泵组、稳压泵、喷头、分区控制阀等,要保证这些设备定期进行试运转,才能在发生火灾时发挥其功能。

② 结合实际工程,在设计过程中以国家现行规范为主,同时结合相关地方和行业规范,完成了细水雾灭火系统在综合管廊中的设计,为同类工程提

供借鉴和参考。

参考文献:

- [1] 吴平,栗心国. 细水雾灭火系统在档案馆中的设计优化探讨[J]. 给水排水,2016,42(10):100-103.
Wu Ping, Li Xinguo. Probe into design optimization for the water mist system in archives [J]. Water & Wastewater Engineering, 2016, 42(10): 100-103 (in Chinese).
- [2] 李露. 高压细水雾灭火系统在档案馆中的应用[J]. 给水排水,2016,42(4):95-98.
Li Lu. Application of high pressure water mist fire extinguishing system in archives[J]. Water & Wastewater Engineering, 2016, 42(4): 95-98 (in Chinese).
- [3] 涂小华,欧阳开. 广州地铁七号线高压细水雾灭火系统的设计[J]. 中国给水排水,2015,31(14):43-45, 49.
Tu Xiaohua, Ouyang Kai. Design of high pressure water mist fire extinguishing system in Guangzhou Metro Line No. 7[J]. China Water & Wastewater, 2015, 31(14): 43-45, 49 (in Chinese).



作者简介:寇殿良(1982-),男,吉林安图人,硕士,高级工程师,从事市政给排水工程设计工作。

E-mail:26482129@qq.com

收稿日期:2018-06-12