

电缆隧道通风消防以及排水技术研究

陈爱萍 代兵

南京南瑞继保电气有限公司, 江苏 南京 211111

[摘要]根据目前国内电缆隧道的大规模应用现状, 针对电缆隧道的通风消防以及排水等设施的设置要求以及特点, 对相关关键技术进行研究, 探究最优的设计方案。目前变电站的出线方式主要有两种: 架空出线和电缆出线。随着国家城市化的快速发展, 城市上部空间留给架空线的空间越来越小, 具有美观、可靠性高、节约用地等优点的电缆出线符合城市电网发展的需要, 逐步取代架空出线成为城市核心区电网的首选。

[关键词] 电缆隧道; 排水; 通风; 消防

DOI: 10.33142/aem.v4i11.7405

中图分类号: TU89

文献标识码: A

Study on Ventilation, Fire Protection and Drainage Technology of Cable Tunnel

CHEN Aiping, DAI Bing

Nanjing NR Electric Co., Ltd., Nanjing, Jiangsu, 211111, China

Abstract: According to the current situation of large-scale application of cable tunnels in China, and the requirements and characteristics of the installation of ventilation, fire protection, drainage and other facilities in cable tunnels, the relevant key technologies are studied to explore the optimal design scheme. At present, there are two main outgoing ways of substations: Over head outgoing line and cable outgoing line. With the rapid development of national urbanization, the space left for overhead lines in the upper space of cities is becoming smaller and smaller. The cable outgoing lines with the advantages of beauty, high reliability, land conservation, etc. meet the needs of urban power grid development, and gradually replace the overhead outgoing lines as the first choice of the power grid in the urban core area.

Keywords: cable tunnel; drainage; ventilation; fire protection

引言

传统的直埋、排管和电缆沟等电缆铺设方式越来越无法满足城市电网高电压、大容量的发展需要。而电缆隧道具有内部空间大, 运维工作更便利, 为电网未来的发展预留空间等优点, 电缆隧道的应用也越来越多。但是电缆隧道内的相应配套设施也需要跟进, 以满足电缆隧道的安全运行。本文拟从电缆隧道通风消防以及排水设计三个方面, 开展电缆隧道设计关键技术研究。

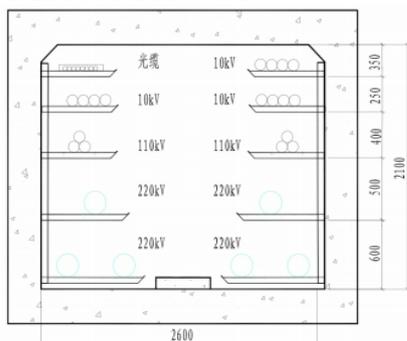


图1 典型电缆隧道断面图

1 电缆隧道通风设计

1.1 电缆隧道通风的重要性

随着电缆隧道的发展, 电缆隧道内敷设有各种电压等

级以及各种类别的动力电缆, 电缆散发出大量的热量, 导致隧道内温度升高, 从而引起电缆本体温度升高, 电阻增大, 发热量增大, 不仅缩短电缆的使用寿命, 并且给安全造成了很大的隐患。同时电缆隧道需要人员检修, 如果没有很好的通风系统, 及时补充新风, 会导致工作人员的安全受到威胁。因此, 电缆隧道必须设置完善的通风系统。将温度控制在 40℃ 以内, 条件允许的情况下, 尽可能不超过 35℃, 不仅可以提高电缆的载流量, 延长电缆的使用年限, 从而大大降低火灾的风险概率。

1.2 自然通风与机械通风相结合

根据电缆隧道的性质和位置, 通风可以采用自然通风的方式, 这样可以减少动力的使用, 或减少一些用电故障。但是随着电缆隧道的发展, 隧道长度和深度都进一步加剧, 这就导致了自然通风无法满足要求, 因此采用自然通风和机械通风相结合, 但是对于一些重要的电缆隧道以及特殊环境, 宜采用机械通风, 通风设置除了满足通风散热, 还要满足检修新风量。

1.3 通风量的计算

通风量根据电缆发热量计算, 夏季排风温度不宜超过 40℃, 进风和排温差宜不超过 10℃; 人员检修新风量, 宜按照 30m³ / (h · 人) 计; 事故通风量宜按照最小换气次数 6 小时/次, 隧道内有防火隔断时, 每个隔断内应独立

设置通风设施。进出风要避免短路。

(1) 通风主要是排出隧道内余热，宜按照隧道最大电缆通过能力计算，通风量计算公式为：

$$L = \frac{(Q_1 - Q_2)}{0.28c\rho_{av}(t_{ex} - t_{in})} \quad (1)$$

式中： L —通风量， m^3/h ；

Q_1 —电缆散热量， W

Q_2 —电缆隧道的传热，可按电缆散热的30%~40%估算， W

c —比热容，取 $1.01KJ/(kg \cdot ^\circ C)$ ；

ρ_{av} —空气平均密度， kg/m^3 ；

t_{in} t_{ex} —进排风温度， t_{in} =室外通风计算温度， $t_{ex}=40^\circ C$ 。

其中电缆散热量的计算

$$Q_1 = q_1 LC_1 n \quad (2)$$

式中： Q_1 —电缆散热量， W ；

L —计算的电缆长度， m ；

C_1 —电缆散热损失系数，根据电缆性质，由电气专业提供；

q_1 —电缆散热损失，根据电缆的截面积、电压等级由电气专业提供；

n —电缆数量。

(2) 事故通风量

事故通风量宜按照最小换气次数6小时/次。

经过上面1)和2)式计算，通风量选取大者。

1.3 工程实例图

(1) 某储能电站内，储能集装箱底部设置的电缆隧道根据需要设置通风系统。隧道内敷设有电缆，为了保持电缆隧道内的温度，同时保持电缆隧道湿度，需要设置通风系统。根据现场情况，电缆隧道长度不超过10米，同时隧道高出地面，非全地下，因此有条件优先采用自然通风。经过计算，电缆隧道长度方向两侧各设置两个通风百叶，一进一出，形成对流自然通风。为了避免雨水进入，通风百叶采用防雨放风沙型，并且距离地面0.30m，高出洪水水位。隧道通风断面图如图2。

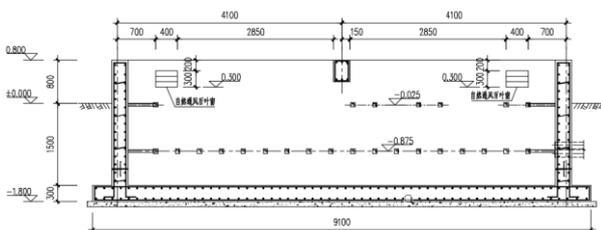


图2 电缆隧道自然通风平面图

(2) 某城市电缆隧道，由于长度较长，采用全自然通风，安全系数低，因此通过综合比较，采用地面上百叶窗进行自然进风，隧道内顶面动力风机进行机械排风。为了将室外新风导入隧道内部，隧道从进风口开始沿隧道顺着排风方向每隔一定距离布置诱导通风装置，将室外新风导入隧道内部，从而加强通风效果，

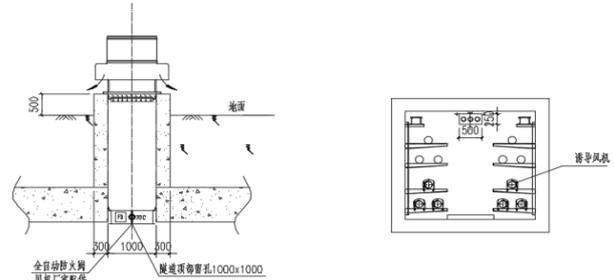


图3 隧道地面风机以及内部诱导风机安装图

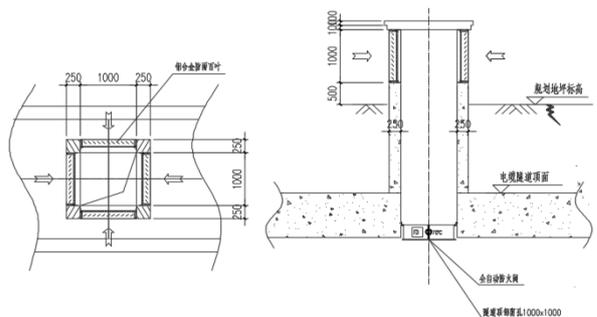


图4 隧道进风百叶安装图

2 电缆隧道消防设计

2.1 电缆隧道消防设计的必要性

电缆隧道内敷设有大量的电缆，承载着输送和分配电能的工作，并且电缆易燃，一旦发生火灾，燃烧速度快，并且产生大量的浓烟，甚至释放有毒气体，对维修人员的生命构成威胁；同时也对供电带来隐患，因此要保证电气系统的正常稳健运行，需要对电缆隧道做好防火消防设计，采取预防为主，防消结合的战略思想。

隧道消防设计需要根据工程的重要性、火灾机率及其特点，进行经济技术比较后，选择下列一种或多种安全措施。

- a) 选用具有阻燃性的电缆；
- b) 实施阻燃防护和防止延燃；
- c) 实施防火构造；
- d) 设置火灾自动监控报警系统和消防设备。

2.2 电缆隧道灭火方式的选择

电缆隧道需要根据规模和重要性，通过技术经济比较后选择合适的灭火介质，以及灭火方式。通常规模小的，企业内的电缆隧道，通常宜设置灭火器、黄砂箱以及简易的悬挂式超细干粉灭火系统。悬挂式灭火系统采用灭火剂属于ABC类超细干粉灭火剂，化学抑制、冷却、窒息，是磷酸铵盐干粉灭火效能的集中体现。该灭火介质对大气臭氧层耗减潜能值(ODP)为零，温室效应潜能值(GWP)为零。无毒无害，对人体皮肤无刺激，对保护物无腐蚀。容器中

本身贮存有氢气和 ABC 超细干粉, 响应速度快, 灭火效率高。悬挂式超细干粉自动灭火应设有自动触发装置。可以提供两种启动方式供选电启动和热启动。温控启动: 当环境温度上升至设定公称值时, 灭火装置上的感温玻璃球自动开启, 释放超细干粉灭火剂进行灭火; 电引发启动: 贮压悬挂式干粉灭火装置能与所有火灾报警控制器连接, 由探测器件探测到火情信号并送至火灾报警控制器。

电压等级 500kV 及以上的隧道中, 可选择加设固定灭火装置。固定灭火装置通常用的有两种, 气体自动灭火装置和细水雾灭火系统。根据隧道的防火分区, 每个分区的灭火设置气体灭火装置, 防护分区配备气体灭火控制系统。当防护区域发生火灾后, 通过火灾探测器发送信号到火灾报警控制器, 控制器确认火灾传输信号至声光报警器通知值班人员发生火情, 同时延时 30s 等待相关人员撤离后启动灭火设备, 灭火装置启动后开始灭火。电缆隧道空间狭长封闭, 气体能够有效覆盖火源, 灭火效率高; 同时脉冲式热气溶胶不会有导电腐蚀性, 不会对其他电缆产生二次伤害; 并且结构简单, 较为稳定, 能够保持较长的时间, 免维护; 性价比高。

细水雾灭火系统是在一定压力下, 通过细水雾喷头, 将水雾化成细小雾滴灭火或降温的雾态。这是利用细水雾的吸热、辐射热阻隔, 以及绝缘性好等性能, 该系统被广泛应用于电力系统。从电缆隧道的这些特点来看, 选择细水雾灭火系统进行灭火时, 除了具备冷却、窒息、辐射热阻隔和燃烧物浸湿作用等高可靠的灭火性能外, 其突出的除烟性能和用水量很小的特点避免了电缆隧道通风系统及排水系统不畅的缺点。

电缆隧道内宜加装火灾报警系统, 火灾监控报警系统宜采用线型感温探测器。探测器应具有联动报警功能, 有异常情况时可联动主机, 及时将信息发至值班室, 同时切断预警或报警电缆上的电源; 联动关闭进排风机。

2.3 工程实例

(1) 某变电站内设置有电缆隧道, 该隧道相对城市隧道, 规模小, 因此根据相关规范, 电缆隧道为 E 类火灾, 火灾危险性级别为中危险性, 采用磷酸铵盐干粉灭火器 (MF/ABC4)。无需要设置大规模的消防设施。灭火器的设置一定要设置在人孔处, 便于人发现和操作, 也可以设置在地面上, 这样更加强了安全性, 对工作人员起到了很好的保护作用。也可以增设置悬挂式自动干粉灭火装置, 采用温控启动, 当温度达到设定的 68℃ 时, 自动开启灭火。

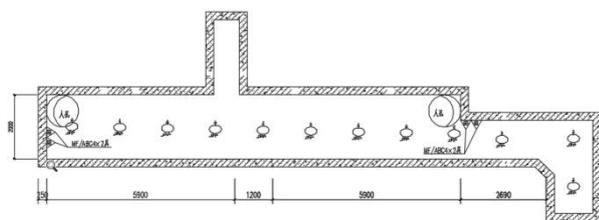


图 5 电缆隧道消防平面图

(2) 某乡镇电网中心设置的电缆隧道, 可利用无管网式气体灭火系统对隧道进行灭火。

隧道根据长度划分一定的防火分区, 每个防火分区设置独立的按灭火装置, 火灾时, 对该防火分区实施气体灭火系统。

系统具有自动控制、手动控制两种启动方式。自动控制: 火灾报警控制器一般配有两种不同类型的火灾探测器。控制器上有“自动”和“手动”转换功能(也可在防护区外单独设置转换开关), 当将其置于“自动”位置时, 灭火装置处于自动状态。当只有一种探测器发出火灾信号时, 控制器启动警铃或声光报警器, 通知火灾发生, 但并不启动灭火装置。当两种探测器发出火灾信号时, 控制器启动警铃和声光报警器, 联动关闭防护区开口, 进入灭火启动延时 (0-30s 可调), 达到设定的延时时间后, 自动启动灭火装置。如在喷放延时过程中发现不需要启动灭火装置, 可按下防护区外或控制器上的“紧急停止”按钮, 终止灭火信号。手动控制: 当转换开关置于“手动”位置时, 灭火装置处于手动状态。在该状态下, 探测器发出火灾信号, 控制器启动警铃和声光报警器, 通知火灾发生, 但并不启动灭火装置。此时按下防护区外或控制器上的“手动启动”或“紧急启动”按钮, 可以启动灭火装置。注意: 无论控制器处于自动或手动状态, 按下“紧急启动”和“手动启动”按钮, 都可启动灭火装置。

防护区要求: 防护区的围护结构及门窗的耐火极限不应低于 0.50h, 吊顶的耐火极限不应低于 0.25h; 围护结构承受内压的允许压强不宜低于 1200Pa。防护区应设置泄压口, 七氟丙烷灭火系统的泄压口应位于防护区净高的 2/3 以上, 宜设在外墙上, 防护区不存在外墙的, 可考虑设在与走廊相隔的内墙上, 喷放灭火剂前, 防护区除泄压口外的开口应能自行关闭。防护区的最低环境温度不应低于 -10℃。

控制联动要求: 为保证灭火的可靠性, 在灭火系统释放灭火剂前或同时, 应保证必要的联动操作, 即灭火系统在发出灭火指令时, 由控制系统发出联动指令, 切断电源、关闭或停止一切影响灭火效果的设备。本工程的灭火系统设计分为自动、手动二种启动方式。自动工况: 即自动探测报警器, 发出火警信号, 自动启动灭火系统进行灭火。手动工况: 即自动探测报警, 发出火警信号, 经人工手动控制盒启动灭火系统进行灭火。

(3) 某城市电缆隧道, 由于其重要性高, 综合考虑消防灭火系统采用高压细水雾灭火系统。高压细水雾由专门的消防水箱以及高压专用消防水泵供给。这个投资造价很高, 但是对于城市的电缆隧道来讲, 可靠安全的灭火措施更为重要, 因为一旦发生火灾, 将导致一个城市的供电受到严重的威胁, 因此综合研判后采用投资大安全性也高的高压细水雾系统。

高压细水雾开式系统由火灾报警系统联动开启区域控制阀,系统管道的压力下降,稳压泵启动,稳压泵运行10s后仍达不到设定的1.4Mpa时,主泵启动同时稳压泵停止运行,主泵向开式喷头供水,喷洒细水雾灭火,人工确认火灾扑灭后,关闭泵组并泄水,报警主机复位后关闭区域阀组,恢复系统管网。控制方式:自动控制、手动控制和应急操作三种控制方式。机械应急操作是当自动控制和手动控制失效时,通过操作区域控制阀的手柄,打开控制阀,启动系统,喷放细水雾灭火。

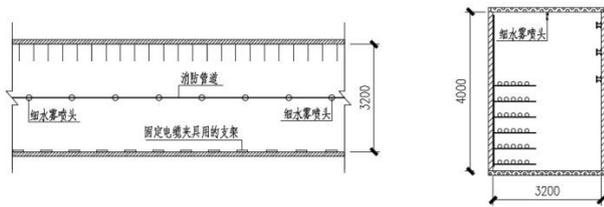


图6 电缆隧道高压细水雾灭火系统布置图

3 隧道排水设计

3.1 电缆隧道内排水的必要性

电缆隧道内无生活给水设施,因此不涉及生活排水系统。但是由于电缆属于地下构筑物,会有结构渗水,同时还有地面敞口井盖的雨水渗漏水及隧道内的冲洗水等,如果不及时排出,隧道内大量的电缆将有淹水的威胁,或者湿度过大,导致电缆有漏电的安全隐患,因此电缆隧道需要设置排水系统,及时排除隧道积水,确保安全运行。电缆隧道露天出入口及敞开通风口应计算雨水排放量,设计重现期取 $P=50$ 年。

3.2 电缆隧道的坡度及排水井设置

电缆隧道内应采取有组织的排水,隧道内纵向排水坡度不宜小于5%,并坡向集水井。电缆隧道由于比较狭长,单向找坡,会导致一端埋深很大,因此根据地形,在有条件的情况下,分段,往中间找坡,形成V字形或波浪形隧道。同时,尽量将最低点与隧道竖井结合设置,然后将非竖井位置附近的集水坑排水均排至最低点排水坑再汇集排出。

电缆隧道排水采用潜水排水泵提升至就近市政排水系统,排水泵出水管路上应设止回阀,以防止雨水倒灌。如有条件应直接排入市政排水系统,且确保市政雨、废水不能倒灌至隧道。集水井内潜水排水泵宜采用两台,一用一备,必要时同时启动。排水泵集水井有效容积宜按最大一台排水泵15min~20min流量计算。

排水泵的控制应符合下列规定:a)排水泵应设计为自灌式,一般采用自动和就地控制方式,必要时可采用远动控制;b)排水泵按二级负荷供电,排雨水时按一级负荷供电。

3.3 工程实例

某变电站的室内电缆隧道的排水方案实例图。

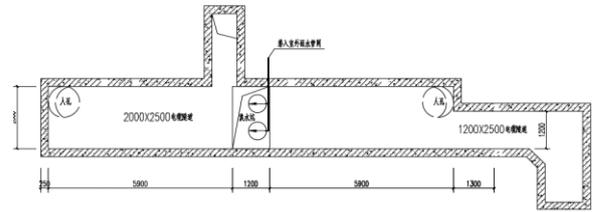
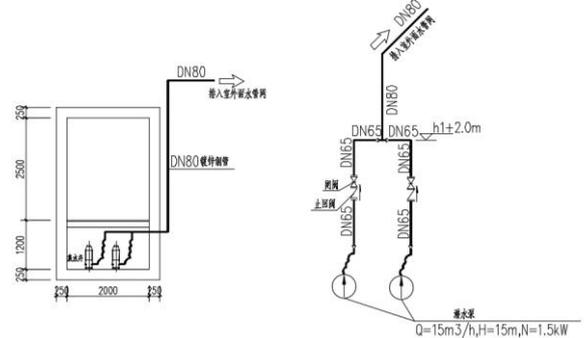


图7 电缆隧道平面图



说明:
1. h_1 为隧道顶标高, h_2 为排水提升井井底标高。
2. 集水井水位按 $1-0.450m$,管口水位按 $2+0.20m$,潜水泵水位按 $1-0.35m$ 。
3. 当水位达 $1-0.35m$ 时启动水泵,各水泵自动投入运行。

图8 电缆隧道排水平面图、剖面图以及系统图

4 结束语

随着用地的减少,电力行业的发展,电缆隧道使用越来越广泛,并且形式越来越复杂,其次隧道的通风、消防以及排水方案的好坏不可避免成为影响隧道建设、电缆运行稳定的重要因素。因此设计者需要综合电缆隧道不同的断面形式,工程特点,所处的地点,在保证安全可靠的前提下,选择经济合理可行的通风消防以及排水方案至关重要。方案应该因地制宜,不拘泥于某种特定的形式。

[参考文献]

[1]吴春荣.细水雾灭火系统在电缆隧道中的应用研究[J].消防科学与技术,2008,27(9):662-665.
[2]苏瑞,刘会斌,腾海刚.电力电缆隧道消防技术方案效果研究[J].消防界(电子版),2019(12):1.
[3]国家能源局.电力电缆隧道设计规程:DLT5484-2013[S].北京:中国计划出版社,2013.
[4]陈远,陈少宏.输变电工程电缆隧道通风原则及风量计算方法消防排水设计[J].内蒙古科技与经济,2015(24):2.
[5]陈伟.论城市电缆隧道的通风,排水及消防设计[J].产城:上半月,2021(5):1.
作者简介:陈爱萍(1978.5-),女,毕业院校,天津城市建设学院,学历:本科,所学专业:给水排水工程,职称级别:工程师,目前就职单位:南京南瑞继保电气有限公司。