

城市中心地区全地下变电站消防系统设计研究

崔 鲁, 王 慧, 卢小钟, 孙国平

(苏州电力设计研究院有限公司, 江苏 苏州 215000)

摘要: 随着社会经济的快速发展, 城市中心地区的用电负荷迅猛增长, 地下变电站的建筑型式逐渐得以应用。合理设计消防系统是保障地下变电站安全稳定运行的关键。以苏州中心地区某全地下变电站为例, 重点阐述了防火措施、气体灭火控制系统和火灾自动报警系统等关键问题, 提出了消防照明、消防给水和消防暖通的设计方案, 对后续全地下变电站的工程建设提供了良好思路。

关键词: 全地下变电站; 消防系统; 气体灭火

Designing study of the fire extinguishing system for full underground substation in city center area

CUI Lu, WANG Hui, LU Xiaozhong, SUN Guoping

(Suzhou Electric Power Design Institute Co., Ltd., Suzhou 215000, China)

Abstract: With the fast development of society economy, the usage of electricity in city center area accelerates rapidly. Therefore, the building type of underground substation is put into application gradually. The reasonable design of fire extinguishing system is the key factor to protecting the safe and stable running of underground substation. This paper takes an example of one certain underground substation in Suzhou center area, analyzing some key problems, such as gas fire extinguishing control system, automatic fire alarm system and fire zone layout. Moreover, designing schemes on fire lighting, fire watering and fire heating ventilation are introduced in detail. The study results provide a good idea for the construction of underground substations.

Key words: full underground substation; fire extinguishing system; gas extinguish

0 引言

城市化进程的日渐加快, 中心地区建设用地紧张与用电需求加大的矛盾逐渐突显出来。为了最大化利用土地资源, 城市中心地区的变电站建设向地下延伸^[1-3]。由于地下变电站普遍占地面积有限, 电气设备种类众多、布置紧凑且发热量大, 安全隐患明显大于常规变电站。一旦设备故障引发火灾事故, 扑救工作难度极高, 会造成重大的经济损失, 更会对城市居民的人身安全构成严重威胁。因此, 消防系统成为地下变电站设计的重点和难点。

近十年来, 一些学者开始探索地下变电站消防系统的优化方案^[4-5]。文献[6-7]则探讨了细水雾

灭火系统和气体灭火系统在地下变电站消防系统中应用的可行性。但是, 目前国内尚未形成地下变电站设计防火规范, 有关防火专业和其他设计专业间的配合少有报道, 针对完整的地下变电站消防系统更是缺乏进一步剖析。

为分析地下变电站消防系统的整体架构, 本文结合苏州中心地区某全地下变电站的工程实例, 基于国家标准和电力行业标准制定防火措施, 构建了符合现场实际的气体灭火控制系统和火灾自动报警系统, 并论述了照明、给排水和暖通专业与消防专业的相互配合, 对城市中心地区全地下变电站的合理设计、规范建设和安全运行具有重要意义。

1 工程概况

1.1 建筑物布局

变电站主体为一幢地下三层建筑，东西朝向。东西向宽 26.3 m，南北向长 57 m，总占地面积 1 499 m²，总建筑面积 5 066.8 m²。地面为进出口和进/排风井；地下一层为二次设备室、35 kV 配电装置室和 1[#] SVG 设备室；地下二层为主变压器室、110 kV 配电装置室、2[#] SVG 设备室、SVG 变压器室、接地电阻和站用变压器室；地下三层为电缆夹层和消防气瓶间。

该变电站属于地下丙类多层工业建筑，结构类型为框剪结构，应满足建筑耐火等级 I 级要求。建筑周边三边设置可环通的消防通道，消防车净宽 6 m。

1.2 设备选型

主变压器采用 SF₆ 气体绝缘式变压器，不含油，变压器室火灾危险性为丁戊类；110 kV 配电装置采用 GIS 组合电器；35 kV 配电装置采用气体绝缘高压开关柜；SVG 用变压器采用干式变压器；35 kV 站用变压器采用干式配电变压器。

2 防火措施

2.1 防火设备

本建筑为苏州轨道交通某号线的主变电站，地面部分与控制中心相邻建设，红线一侧为加油站。根据 GB 50156—2012、GB 50016—2014 和 DL/T 5216—2017 的规定，设定建筑防火间距和防火隔离设备，如表 1 所示。

表 1 防火间距和隔离设备

Tab. 1 Fire separation and isolation equipment

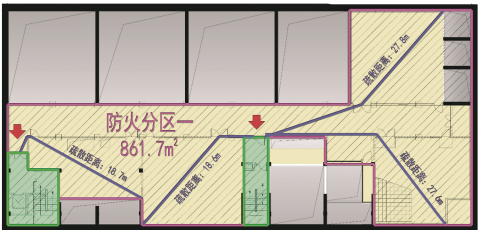
建筑间距名称	防火间距/m	防火隔离设备
110 kV 主变压器地面部分与加油站围墙	25	围墙设置为防爆围墙
110 kV 主变压器地面部分与新建控制中心相邻外墙	4.2	控制中心相邻外墙设置为防火墙和防火窗

变电站防火墙和楼梯间、前室和公共疏散走廊上的防火门应采用自行关闭的推式钢质防火门，双扇防火门还应具有按顺序关闭的功能。常开防火门应能在火灾时自行关闭，并应安装信号控制关闭和反馈装置。

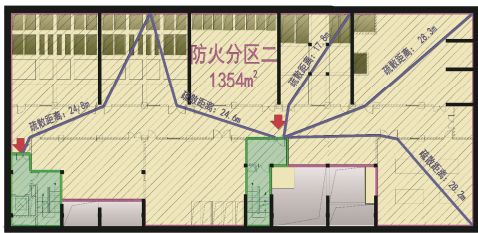
所有管道井、电缆井等竖向管井(暖通土建风道除外)的井壁采用耐火极限不低于 1.0 h 的不燃烧体，在每层楼板处用相当于楼板极限的不燃烧体或防火封堵材料做防火分隔，井壁上的检查门采用丙级防火门。

2.2 防火分区

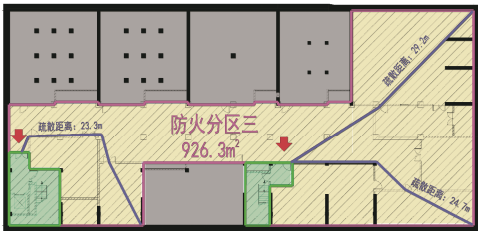
根据 GB 50016—2014 的规定，变电站内部共分三个防火分区，地下一层、二层和三层各一个防火分区，每个防火分区的建筑面积不大于 1 000 m²。各防火分区均满足不少于两个疏散出口的要求，防火分区内任何一点到安全出口的最大安全疏散距离小于 30 m。防火分区示意图如下图所示。



(a) 地下一层



(b) 地下二层



(c) 地下三层

图 防火分区示意图

Fig. Fire compartment diagram

3 防灾报警系统

防灾报警系统由气体灭火控制系统和火灾自动报警系统构成。

3.1 气体灭火控制系统

主建筑内的设备室、主配室、装配室、电缆室和控制室等防护区采用管网全淹没式 IG100 气

体灭火系统进行保护，共 10 个防护区，采用两套组合分配式系统。

气体灭火控制系统的主要设计参数如表 2 所示。该系统由气体灭火控制器、声光报警器、警铃、放气指示灯、手动/自动转换开关和紧急停止/喷放按钮构成。走道和备用房间采用水喷淋系统进行保护。

表 2 气体灭火控制系统主要设计参数
Tab. 2 Main design parameters of gas fire extinguishing control system

灭火系统	序号	防护区名称	面积 /m ²	高度 /m	防护区 净容积 /m ³	设计 浓度 (%)	设计用量 /kg	瓶组数 /套	总药 剂量 /kg	选择阀 规格 DN	泄压口 面积 /m ²
系统一	1	1 [#] 主变室上空	125	5.7	712.5	40.3	428.26	23	437	65	0.23
		1 [#] 主变室	123	5.4	664.2	40.3	399.30	21	399	65	0.21
		1 [#] 主变室下方	121	4.62	599.02	40.3	360.12	19	361	65	0.19
	2	2 [#] 主变室上方	125	5.7	712.5	40.3	428.26	23	437	65	0.23
		2 [#] 主变室	123	5.4	664.2	40.3	399.30	21	399	65	0.21
		2 [#] 主变室下方	121	4.62	599.02	40.3	360.12	19	361	65	0.19
	3	GIS 上方	125	5.7	712.5	40.3	428.26	23	437	65	0.23
		GIS	123	5.4	664.2	40.3	399.30	21	399	65	0.21
		GIS 下方	121	4.62	599.02	40.3	360.12	19	361	65	0.19
	4	SVG 主变室上方	98	5.7	558.6	40.3	335.81	18	342	65	0.18
		SVG 主变室	98	5.4	529.2	40.3	318.14	17	323	65	0.17
		SVG 主变室下方	98	4.62	452.76	40.3	272.2	15	285	65	0.15
	5	负二层 接地电阻	130	5.4	702	40.3	422.01	23	437	65	0.23
	1	2 [#] SVG 设备	128.6	5.7	558.6	40.3	335.81	18	342	65	0.18
		2 [#] SVG 设备下方	91.5	4.62	529.2	40.3	318.14	17	323	65	0.17
系统二	2	负二层 110 kV/35 kV 电缆室	164	5.4	885.6	40.3	533	28	532	80	0.28
	3	负一层 35 kV 电缆室	164	5.7	934.8	40.3	562	30	570	80	0.30
	4	负一层 1 [#] SVG	125.5	5.7	715.38	40.3	430.07	23	437	65	0.23
	5	负一层 二次设备室	130.5	5.7	743.85	40.3	447.26	24	456	80	0.24

注：每钢瓶规格 90 L，充装量 19 kg，喷射时间 55 s。

变电所设置气体灭火的房间通风系统兼作灭火后排除阻燃气用，通风量满足最小 6 次/h 换气次数要求。

3.2 火灾自动报警系统

在变电站的主变压器室、110 kV 配电装置室、35 kV 配电装置室、SVG 设备室和二次设备室等处设置火灾自动报警装置，满足无人值守的通信

要求。

火灾报警控制器通过环型总线方式与现场的火灾探测器、手动火灾报警按钮、消火栓按钮和输入输出模块等设备组成变电站的火灾自动报警监控网络，负责监视变电站和相邻电缆通道的火灾报警信息，通过输入输出模块监视消防联动设备的状态，并实现火灾时的消防联动控制功能。

变电站门禁系统兼作防火门监控,对变电站消防通道上的常闭防火门状态进行监视,并纳入综合监控系统主变压器值班室监控工作站及控制中心进行集中报警和管理。

4 专业配合

4.1 消防照明

疏散路线地面设置发光疏散指示标志。安全出口指示灯具、疏散指示灯具采用自带蓄电池的应急灯具,均带玻璃罩。在封闭楼梯间、公共疏散走道等部位设置应急灯,照度值 $\geq 1.01 \text{ lx}$ 。

应急照明配电线路采用阻燃电缆穿热镀锌钢管(SC)保护,保护管的混凝土覆盖层厚度不应小于 30 mm,直流电源容量应满足维持事故照明 1 h 的要求。

4.2 消防给水

本变电所设置室外消火栓 4 套,消防用水采用变电站边上的控制中心大楼室外消火栓管网,该管网两路供水分别由地块周围两条城市主干道自来水直接供给,压力约 0.25 MPa。室外消火栓系统的用水量为 30 L/s。

建筑物内设室内消火栓系统,由控制中心大楼室内消火栓管网供水,室内消火栓系统的用水量为 40 L/s。

喷淋供水由控制中心大楼喷淋管网提供。喷淋用水量为 30 L/s。

4.3 消防暖通

防烟分区排烟量按不小于 $60 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ 计。防烟分区内排烟口至最远点水平距离不得超过 30 m,排烟风机及排风/排烟风机的入口处装设(熔断温度为 280°C)排烟防火阀。排烟风机应能在 280°C 环境下连续工作不小于 30 min。

防排烟系统由火灾自动报警系统控制,并达到下列要求:各防烟分区的排烟口/加压送风口均根据烟感探测器的讯号,自动连锁开启,且连锁开启相应的排烟/加压风机进行防排烟运行,包括有关补风风机也连锁开启。

变电站内楼梯间自然通风,楼梯间前室设置机械加压送风系统,防止烟气进入疏散楼梯。

5 结束语

城市中心全地下变电站的消防系统对保证供电的安全可靠起着重要作用,精细化设计是关键环节。本文以苏州中心地区某全地下变电站为例,根据工程实际设定了符合规范的防火间距、防火隔离设备和三个防火分区。设置了两套组合分配式气体灭火系统对 10 个防护区进行保护,基于净容积配置了设备参数,并设置了满足无人值守通信要求的火灾自动报警装置。最后,本文提出了照明、给水、暖通专业和消防专业的具体配合方案。论文的研究结果对全地下变电站的建设具有一定指导意义。EA

参考文献

- [1] 孙国庆,雷鸣,李男,等.国内地下变电站建设现状与发展趋势[J].电力勘测设计,2020(1):68-73.
- [2] 倪镭,唐宏德,曹林放,等.上海城市地下变电站设计建设回顾与展望[J].华东电力,2011,39(8):1320-1322.
- [3] 许斌斌,梁杰.广州太古 110 kV 全地下变电站的设计[J].电网与清洁能源,2011,27(7):43-46.
- [4] 王怡风,王斌,郑培钢,等.地下变电站消防策略技术研究[J].华东电力,2008,36(11):74-77.
- [5] 束娜,刘尧,石嫔,等.城市地下变电站消防系统的研究及设计分析[J].电工技术,2017,36(1):62-64.
- [6] 朱亚平.细水雾灭火系统在 220 kV 宛平地下变电站中的应用[J].电气应用,2013,32(12):59-62.
- [7] 田珍,田会,刁怀亮,等.气体灭火系统在地下变电站的应用探讨[J].中国资源综合利用,2018,36(11):185-190.

作者简介:



崔 鲁

崔鲁(1993—),男,博士,工程师,从事电力系统规划与变电站设计工作。

(收稿日期:2021-03-02)