

## 基于地区特性的模块化智能变电站电缆夹层消防研究

于桂华<sup>1</sup> 齐智<sup>2</sup> 耿芳<sup>1</sup> 李娟<sup>1</sup>

1 国网天津市电力公司经济技术研究院, 天津 300171

2 中国能源建设集团天津电力设计院有限公司, 天津 300072

[摘要] 变电站消防方案配置关乎变电站的本质安全。结合近年来各行业消防问题频发, 以天津地区模块化智能变电站实施方案设计为契机, 深入开展变电站电缆夹层消防设计, 挖掘设计中的难点和分歧点。针对具体方案设计, 综合考虑技术与投资, 从而确定天津地区模块化智能变电站电缆夹层消防设计方案。

[关键词] 变电站; 电缆夹层; 消防

DOI: 10.33142/hst.v3i3.1943

中图分类号: TM63

文献标识码: A

## Research on Fire Protection of Cable Interlayer in Modular Intelligent Substation Based on Regional Characteristics

YU Guihua<sup>1</sup>, QI Zhi<sup>2</sup>, GENG Fang<sup>1</sup>, LI Juan<sup>1</sup>

1 Economic and Technological Research Institute of State Grid Tianjin Electric Power Company, Tianjin, 300171, China

2 Tianjin Electric Power Design Institute Co., Ltd. of China Energy Engineering Group, Tianjin, 300072, China

**Abstract:** Configuration of substation fire protection scheme is related to the intrinsic safety of substation. Combined with the frequent fire protection problems in various industries in recent years, taking the implementation scheme design of modular intelligent substation in Tianjin as an opportunity, the fire protection design of cable interlayer in substation is carried out in depth and the difficulties and differences in design are explored. According to specific scheme design, considering the technology and investment comprehensively, the fire protection design scheme of cable interlayer of modular intelligent substation in Tianjin area is determined.

**Keywords:** substation; cable interlayer; fire protection

### 引言

2016-2017 年国家电网公司推行了《国家电网公司输变电工程通用设计 35-110kV 智能变电站模块化建设施工图设计》和《国家电网公司输变电工程通用设计 220kV 变电站模块化建设 (上下册)》, 输变电工程通用设计是国家电网公司标准化建设成果的重要组成部分, 天津市电力公司针对天津市地区特点采用其中的几种方案来实施。对于变电站消防设计而言, 仅仅满足建筑设计规范要求是不够的, 还必须满足电力系统本身的一些要求, 在设计过程中对变电站电缆夹层的防排烟设计和电缆夹层消防设计存在争议, 因此进行专题研究。

本篇文章撰写目的是能够结合地区消防审查要求及规范要求, 更好应用通用设计, 探索经济合理的消防设计方案。

### 1 天津地区两种不同电压等级方案变电站规模概述

TJ-110-A2-3 方案配电装置楼设置有局部半地下电缆夹层, 建筑面积 620 多平方米, 层高 2.7 米, 地上 1.5 米, 地下 1.2 米。电缆夹层内设有阻燃电缆。见图 1。

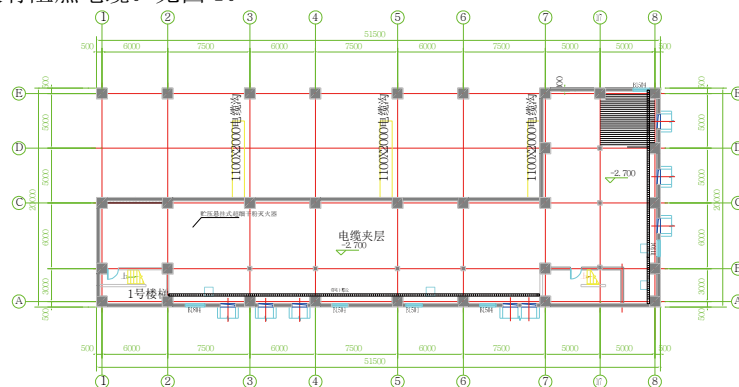


图 1 TJ-110-A2-3 方案电缆夹层平面布置图

TJ-220-A2-4 方案配电装置楼设置有地下电缆夹层, 建筑面积 2600 多平方米, 层高 3.8 米, 地上 1.5 米, 地下 2.3 米。电缆夹层内设有阻燃电缆。见图 2。

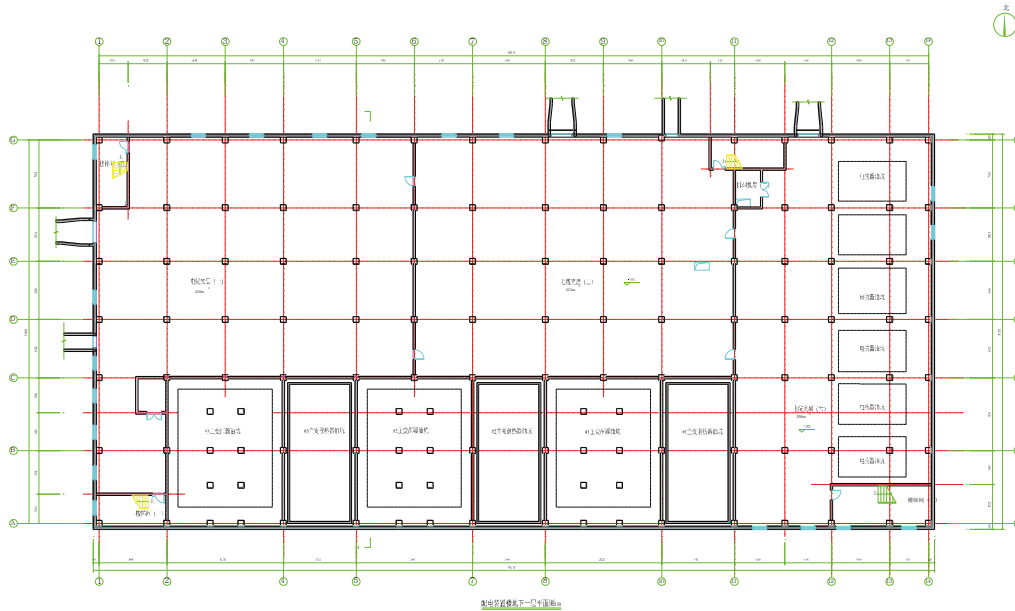


图 2 TJ-220-A2-4 方案电缆夹层平面布置图

## 2 变电站消防设计的相关规程

### 2.1 关于变电站消防排烟设计的相关规程要求

《建筑设计防火规范》GB50016-2014 (2018 年版) 8.5.4 地下或半地下建筑(室)、地上建筑内的无窗房间, 当总建筑面积大于  $200\text{m}^2$  或一个房间建筑面积大于  $50\text{m}^2$ , 且经常有人停留或可燃物较多时, 应设置排烟设施<sup>[2]</sup>。

《火力发电厂与变电站设计防火标准》(GB50229-2019) 11.6.3 地下变电站的空气调节, 地上变电站的采暖、通风和空气调节, 应符合本规范本标准第 8 章的有关规定。8.7.1 火力发电厂生产建筑和辅助生产建筑内的下列场所应设置排烟设施, 其它场所可不设置排烟设施:

- ①高度超过 32m 的厂房内长度大于 20m 的内走道;
- ②集中控制楼、化学试验楼、检修办公楼等建筑内各层长度大于 40m 的疏散走道;
- ③建筑面积大于  $50\text{m}^2$  且无外窗的集中控制室或单元控制室<sup>[3]</sup>。

### 2.2 关于变电站电缆夹层消防设计的相关规程要求

《建筑设计防火规范》8.3.1 除本规范另有规定和不宜用水保护或灭火的场所外, 下列厂房或生产部位应设置自动灭火系统, 并宜采用自动喷水灭火系统: 建筑面积大于  $500\text{m}^2$  的地下或半地下丙类厂房<sup>[2]</sup>。

《建筑设计防火规范》8.3 条文说明中说如在有的场所空间很大, 只有部分设备是主要的火灾危险源并需要灭火保护, 或建筑内只有少数面积较小的场所内的设备需要保护时, 可对该局部火灾危险性大的设备采用超细干粉等小型自动灭火装置。进行局部保护, 而不必采用大型自动灭火系统保护整个空间的方法<sup>[2]</sup>。

《电力设备典型消防规程》DL5027-2015 13.7.4 无人值班站可设置悬挂式超细干粉灭火装置。且 13.7.1 条文说明认为悬挂式超细干粉是自动灭火设施<sup>[4]</sup>。

### 2.3 基于通用设计方案的消防设计分析

上述规范条文在执行过程中, 存在分歧及难点。变电站内半地下电缆夹层若设置自动灭火系统, 消防排烟设施会影响自动灭火系统运行 (包括超细干粉、细水雾、气体灭火), 而且根据《火力发电厂与变电站设计防火标准》(GB50229-2019), 电缆夹层并未被列到应设置排烟设施的房间里, 且根据《建筑设计防火规范》总则“火力发电厂与变电站等的建筑防火设计, 当有专门的国家标准时, 宜从其规定”<sup>[2]</sup>, 变电站属于无人值班变电站, 平时没有人, 而排烟设施为人员逃生服务, 并且如发生火情排烟风机开启, 送风风机开启, 会更加助长火势蔓延, 因此仅设置火灾后排烟 (事故通风) 设施。

三个方案电缆夹层面积均大于 500 平方米, 考虑到在无人值守变电站的消防系统中, 仅有报警系统是不够的, 在电缆夹层及电缆隧道如果缺乏自动灭火设施, 一旦发生火灾, 变电站操作人员及消防人员很难及时到达现场进行灭火, 因此天津地区通用设计考虑电缆夹层设置自动灭火系统。

## 2.4 采用消防方案分析

### 2.4.1 三种方案说明

方案一：电缆夹层设置贮压悬挂式超细干粉。如图3、图4所示。

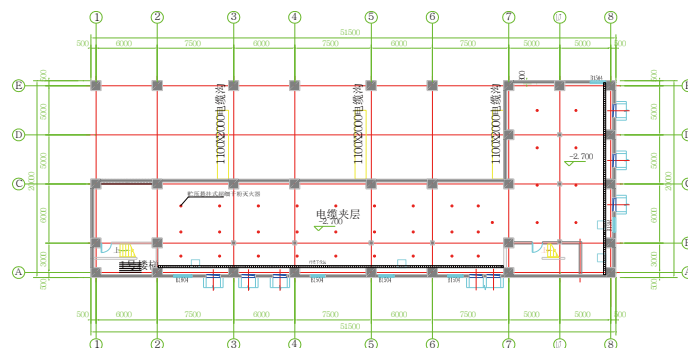


图3 TJ-110-A2-3 方案电缆夹层悬挂式超细干粉平面布置图

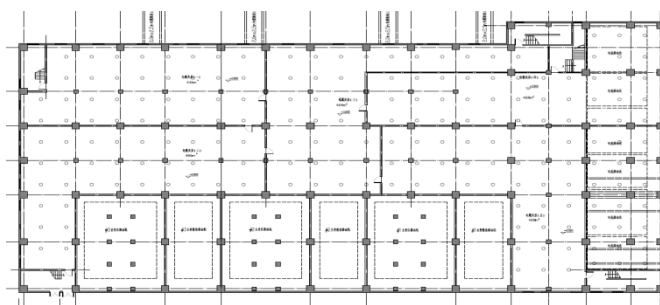


图4 TJ-220-A2-4 方案电缆夹层悬挂式超细干粉平面布置图

方案二：电缆夹层设置高压细水雾灭火系统。如图5、图6所示。

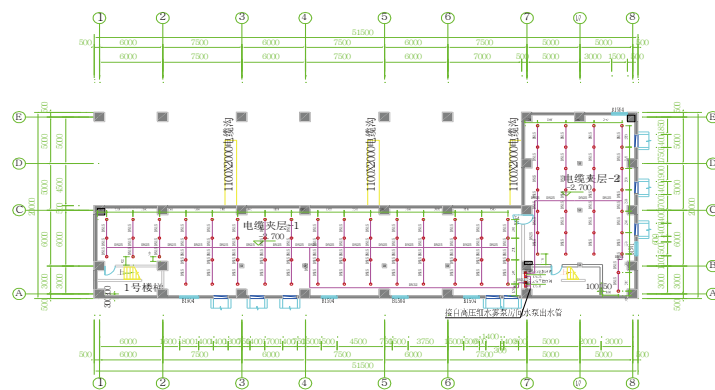


图5 TJ-110-A2-3 方案电缆夹层高压细水雾平面布置图

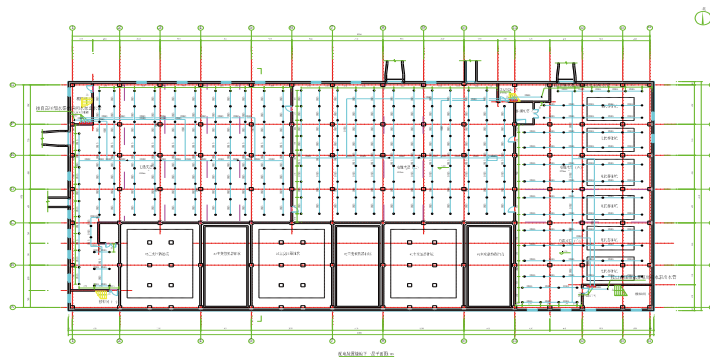


图6 TJ-220-A2-4 方案电缆夹层高压细水雾平面布置图

方案三：电缆夹层设置柜式无管网七氟丙烷灭火系统。如图 7、图 8 所示。

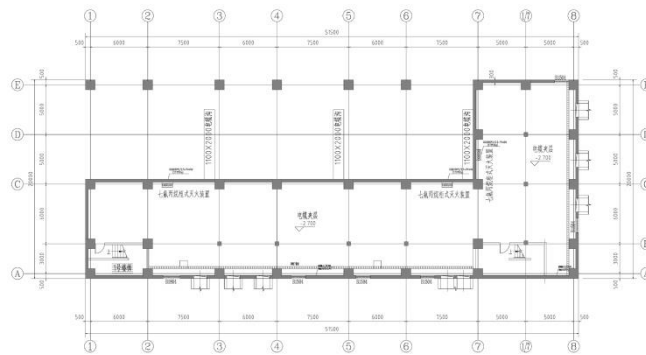


图 7 TJ-110-A2-3 方案电缆夹层七氟丙烷气体灭火系统平面布置图

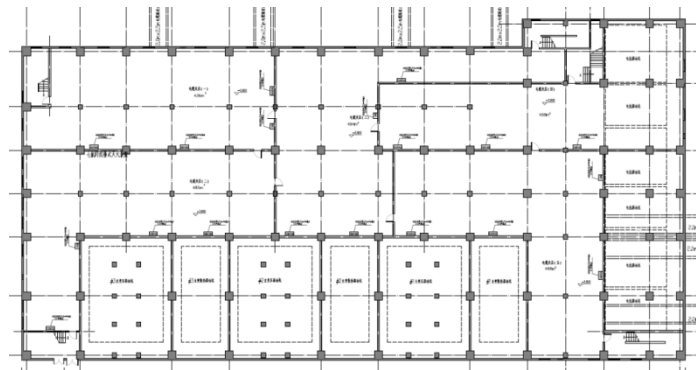


图 8 TJ-220-A2-4 方案电缆夹层七氟丙烷气体灭火系统平面布置图

2.4.2 不同方案的技术经济分析，如表 1。

表 1 三种方案优缺点对比表

序号	消防方式	优点	缺点
1	贮压悬挂式超细干粉	无污染、无腐蚀，易于清理，无毒性，对维护结构没有破坏性，无需人员疏散，对围护结构没有要求，灭火可靠性较好，无需单独设置房间，占用空间小，设置简单，安装方便，初期投资低，后期维护费用也低	不能高吸收热量，与保护对象有距离要求，影响喷放及灭火效果，每 5 年需要更换药剂，维护工作量大，灭火时为瞬时释放，不具备持续喷放功能，难以扑灭复燃火灾，与火灾报警系统没有联动
2	高压细水雾	无毒性，无污染，无腐蚀性，水渍损失极小，无需人员疏散，能够吸收热量，灭火可靠性较好，无需密闭和泄压，安全环保，可持续工作，易于扑灭复燃火灾，维护成本低	与保护对象有距离要求，需要设置泵房，占用空间大，初期投资高，设置较复杂。管网密集，且喷头布置间距要求较高，容易与电气设备孔洞支架等相撞。
3	柜式无管网七氟丙烷气体	污染小，对围护结构破坏性小，灭火可靠性较好，无需单独设置房间，占用空间小，设置简单，初期投资较低。且可设置联动报警装置，提前报警疏散人员，具有自动手动控制功能，使用灵活。	达到 10.5%浓度会有毒，有轻微腐蚀性，需要人员疏散，不能高吸收热量，要求围护结构承压 1200Pa，保护区要密闭，且要有泄压口。电缆夹层外窗需要加设电动闭窗器，并且钢瓶存在高压隐患。后期维护检验费用较高，维护工作量大

TJ-110-A2-3 方案, 电缆夹层建筑面积约 620 多平米。经济性 & 全寿命周期对比分析如表 2。

表 2 经济性 & 全寿命周期对比分析表

名称	初始投资 (万)	每年维护投资	使用年限	备注
高压细水雾	150	0.5	25	未包括泵组损坏更换
七氟丙烷自动灭火系统	50.33	0.15	10	未包括个别瓶组气体渗漏重新充装
贮压悬挂式超细干粉	7.92	-	5	未包括个别瓶组气体渗漏重新充装

名称	初始投资 (万)	每年维护投资现值	现值总投	备注
高压细水雾	150	52.7273	202.7273	未包括泵组损坏更换
七氟丙烷自动灭火系统	50.33	71.0307	121.3607	未包括个别瓶组气体渗漏重新充装
贮压悬挂式超细干粉	7.92 (市场价格)	24.5945	32.5145	未包括个别瓶组气体渗漏重新充装
	3.96 (超市化采购)	12.2973	21.1649	

TJ-220-A2-4 方案, 电缆夹层面积约 2600 多平米。表 3 是经济比较和全寿命周期分析比较。

表 3 经济性 & 全寿命周期对比分析表

名称	初始投资 (万)	每年维护投资	使用年限	备注
高压细水雾	272	1	25	未包括泵组损坏更换
七氟丙烷自动灭火系统	198	0.3	10	未包括个别瓶组气体渗漏重新充装
贮压悬挂式超细干粉	37.2	-	5	未包括个别瓶组气体渗漏重新充装

名称	初始投资 (万)	每年维护投资现值	现值总投	备注
高压细水雾	272	97.1861	369.1861	未包括泵组损坏更换
七氟丙烷自动灭火系统	198	368.3542	566.3542	未包括个别瓶组气体渗漏重新充装
贮压悬挂式超细干粉	37.2 (市场价格)	115.52	297.6	未包括个别瓶组气体渗漏重新充装
	18.6 (超市化采购)	57.76	148.8	

注: ①高压细水雾泵组使用年限是按照质量较好产品考虑, 质量不好泵的使用年限在 10 年到 20 年。

②超细干粉按照 4kg 考虑。

③全寿命周期按照 40 年考虑。

根据以上分析, 从现有了解到的价格可以看出采用超市化采购, 超细干粉的全寿命周期现值总投最低。

④计算利率为 5%。

### 结束语

通过调研、经济比较和全寿命周期分析, 天津 TJ-110-A2-3、TJ-220-A2-4 方案电缆夹层灭火方式采用悬挂式超细干粉。从投资上看初投资和全寿命周期都最少, 且有《电力设备典型消防规程》的 10.5.1 表 13.7.4 做支撑, 当采用悬挂式超细干粉时建筑方案应按照电缆夹层每个防火分区设有单独的直通室外安全出口。每个防火分区设有风机, 在火灾发生后进行通风换气, 不设置排烟系统, 因超细干粉不是联动系统, 无法控制排烟风机启停, 如发生火情, 排烟系统启动, 不仅不能救火, 还助长火势增长。

### 参考文献

[1] 李云浩, 黄晓家, 张兆宪. 自动灭火系统的选择与应用技术探讨[J]. 消防科学与技术, 2011, 30(11): 1026-1029.

[2] GB50016-2014(2018) 建筑设计防火规范[S]. 北京: 中国计划出版社, 2018.

[3] GB 50229-2019 火力发电厂与变电站设计防火标准[S]. 北京: 中国计划出版社, 2019.

[4] DL5027-2015 电力设备典型消防规程[S]. 北京: 中国电力出版社, 2015.

作者简介: 于桂华 (1991.8.26-), 女, 天津市, 汉族, 本科学历, 工作方向: 变电站水暖、消防设计。齐智 (1991.9.21-), 男, 天津市, 汉族, 本科学历, 工作方向: 建筑机电及消防设计。耿芳 (1985.11.19-), 女, 天津市, 汉族, 研究生学历, 工作方向: 电网规划、设计。李娟 (1984.6.18-), 女, 天津市, 汉族, 研究生学历, 工作方向: 变电站土建建筑。