

# 变电站水消防设计方案探究

李真

(广西电网有限责任公司电网规划研究中心, 广西 南宁 530000)

**摘要** 消防安全已成为电网安全运行的重要组成部分, 根据新版规范和南方电网公司标准设计 V3.0 的新要求, 本文围绕变电站建筑物和主变压器的消防措施, 重点对水消防设计做出系统性阐述, 针对不同电压等级、电气设备布置方式等因素, 明确了水消防的适用范围, 并分别论述了 35kV~220kV 变电站建筑物室内外消火栓系统、主变压器水喷雾系统的工作方式、规范规定和计算方法。

**关键词** 变电站; 水消防; 水喷雾; 主变压器; 标准设计

**中图分类号:** TM63

**文献标识码:** A

**文章编号:** 2097-3365(2023)12-0089-03

变电站在电网系统中可以变换、集中和分配电能的电流、电压, 将不同电压等级的电网串起来, 发挥着“心脏”的功能。实现升高电压以便长距离运输, 降低高电压以供居民和生产用电; 可以控制电压、电流和功率的流向及分布。变电站是电力系统中极其重要的一个环节, 它的安全运行决定着整个电网的命脉, 是人民正常生活、生产中的重要保障。随着经济水平的发展, 对电网运行的可靠度提出了越来越高的要求, 而作为对变电站安全威胁极大的“火灾”, 成为研究重点。

## 1 变电站防火概述

### 1.1 变电站火灾危害

变电站火灾主要发生在建筑物和电气设备上, 建筑物火灾主要是家具家电等生活办公设施的火灾, 概率和破坏力相对较小; 电气设备中危险性最大的是主变压器, 比如一个 220kV 电压等级的变压器, 其内部充有约 50 吨以上的绝缘油, 主变内部绝缘油在火灾情况下会分解和膨胀, 导致变压器内部压力急剧增大, 甚至引起外壳被炸破裂, 内部绝缘油喷出燃烧, 火场温度很高<sup>[1]</sup>, 难以靠近, 灭火时间长, 难度大, 导致进一步扩大火灾范围和危害程度。根据新闻媒体和国家能源局网站相关板块查询, 近些年, 变电站火灾事故频发且造成较大损失。

2016 年, 国家电网东部某公司两个共址建设的变电站 (330kV 和 110kV 变电站) 发生变压器烧损, 并导致供电区域停电。事故直接造成 3 台变压器烧损, 部分电气设备报废。该 330kV 变电站全停, 附近 8 座 110kV 变电站失压, 依据相关标准和规定统计, 造成直接经济损失 378.2 万元人民币。

2018 年国网某 ±800kV 换流站换流变突发故障,

引发设备着火, 造成换流站全面停运, 给当地的电力供应和社会经济发展带来了极大的负面影响。

2019 年国网某交流特高压变电站 B 相主变日常运行过程中由于变压器高压套管电容芯体存在质量缺陷引发爆燃, 事故造成 B 相变压器烧损和人员伤亡。

上述火灾事故多集中在主变压器, 对电网正常运行带来了很大伤害, 给居民生活、工业生产带来了很大不便。

### 1.2 变电站消防措施

变电站的防火措施首先是物理距离上的隔绝, 建(构)筑物火灾危险性根据生产或产生的物质性质和数量等因素确定, 规范<sup>[2]</sup>规定了其火灾危险性分类和耐火等级, 进而确定了各建(构)筑物之间的防火间距、构件的燃烧性能、消防道路、门窗洞口距离等, 距离上实现避免被引燃的目的。其次是从建(构)筑物自身的安全疏散和建筑构造来实现防火的目的。如通过防火墙和防火门窗的设置实现减小防火间距的目的、提高主控室顶棚和墙面装饰材料至 A 级防止火灾对主控室的破坏等措施。最后, 根据建筑物的火灾危险性分类、建筑体积、高度等因素决定是否采用室内外消火栓的方式采取消防措施。

关于电气设备消防措施, 主要是变电站大型带油设备, 常用的固定灭火方式主要有水喷雾灭火系统<sup>[3-4]</sup>、排油注氮系统、泡沫灭火系统等; 非固定的可采用移动式推车灭火器等。油浸变压器和电抗器根据容量对应不小于 125MV·A、200Mvar 应优先采用水喷雾灭火系统, 或其他固定式灭火装置。

电缆可通过选用 A 级阻燃材料, 并进行涂抹防火涂料、防火隔板等<sup>[5]</sup>方式防止火灾和发生和蔓延。

## 2 建筑物和主变压器水消防要求

根据《火力发电厂与变电站设计防火标准》GB50229-2019(以下简称“变电站防火标准”)规定,依据建筑物类别、耐火等级、建筑高度、建筑体积、火灾危险性的划分,部分建筑物需要设置室外、室内消火栓系统。

除了室内外消火栓,建筑物为保持系统投入灭火初期10min的用水量,可采用临时高压消防给水系统<sup>[6]</sup>,但当设置高位消防水箱比较困难,且采用了安全可靠的消防给水形式(如设置稳压泵)时,可不设高位消防水箱。

主变压器水喷雾系统设计强度:本体部分20L/m<sup>2</sup>,油坑部分6L/m<sup>2</sup>,喷淋时间根据南方电网公司“办生技(2019)22号(关于印发《变电站电气火灾防控技术要求(试行)》)”的通知,依据《自动喷水灭火系统设计规范》GB50084-2017规定,自动喷水灭火系统持续喷水时间不小于1h,参照明确新建工程变压器水喷雾灭火系统持续工作时间统一为1h。

变电站消防给水水量应按火灾时一次最大室内、室外消防用水量之和<sup>[7]</sup>。

## 3 35kV 变电站典型水消防设计

### 3.1 户外 AIS 布置

电气总平面布置按电压等级分成两列配电装置,站区依次布置有35kV配电装置及容量为10MV·A的主变压器、配电综合楼。

35kV电气设备采用户外敞开式设备,其中35kV站用变压器采用油浸式变压器,户外布置于35kV配电装置区域,置于35kV和10kV配电装置之间。10kV电气设备采用移开式开关柜,户内双列布置,10kV接地变采用干式接地变成套设备,布置在配电综合楼内;继电保护设备采用集中布置,与380V站用交流配电屏、通信屏集中布置于楼内。该建筑物为单层建筑,建筑面积为372m<sup>2</sup>,建筑体积1672m<sup>3</sup>。10kV电容器组采用框架式电容器组成套装置,户外布置于35kV配电装置旁,干式空心串联电抗器平放布置。

根据上述配电综合楼的功能判断,火灾危险性分类为丁类,需要设置室外消火栓系统,各建站内最大一次火灾灭火用水量为15L/s,火灾延续时间为2h,消防水池供水量为108m<sup>3</sup>;主变压器容量小于125MV·A,不需要采取水消防。

### 3.2 户内 GIS 布置(主变室掀顶)

主变压器呈“一”字型紧邻配电装置楼户外布置,之间设防火墙隔开。其余配电装置均布置在综合楼内。主变压器、10kV配电装置、电容器组、接地装置布置

在±0.00m层;35kV GIS 配电装置、继电器及通信室、蓄电池室布置在+5.00m层;建筑面积为882m<sup>2</sup>,建筑体积4713m<sup>3</sup>。

由于主变室掀顶,且容量小于125MV·A,不需要采取水消防,采取推车式移动干粉灭火器即可。配电装置楼需设置室内外消火栓系统,电容器室采用七氟丙烷气体灭火系统,各建筑房间配置合适数量和型号的手提式灭火器。

消防用水:综合配电楼采用变压器户内布置,建筑体积小于5000m<sup>3</sup>,建筑物火灾危险性为丙类,根据变电站防火标准,需设置室内外消火栓给水系统,站内室外消防用水为20L/s,室内消防用水10L/s,火灾延续时间为3h。消防水池有效容积为324m<sup>3</sup>。

### 3.3 预制舱布置

电气总平面按“一列式”布置,站区由西至东依次布置有主变压器预置舱、35kV、10kV立体组合舱和电容器舱。

预制舱是各设备舱体视为设备,不参照建筑物相关防火规定。总平满足防火间距,采取常规移动式消防设施即可。

## 4 110kV 变电站典型水消防设计

### 4.1 户外 AIS 布置

根据电压等级,电气总平面布置分成两列配电装置,站区依次布置有110kV配电装置、主变压器及配电装置楼。

配电装置楼为两层建筑,建筑面积为828m<sup>2</sup>,建筑体积4183m<sup>3</sup>,火灾危险性分类为丁类。

±0.0m层布置10kV配电装置(10kV开关柜)、绝缘工具间、备品备件间。+5.3m层布置二次设备室、蓄电池室、接地变成套装置室。10kV并联电容器组采用框架式电容器成套装置(配干式空心串联电抗器),户外布置在变电站的西侧。

站区设室外消火栓系统,用于保护配电楼和主变压器。主变压器容量小于125MV·A,无须设置水喷雾灭火系统。各建筑物配置手提式灭火器;主变压器、电容器室设消防小室。

站内同一时间火灾次数按一次考虑,室外消火栓消防用水量15L/s,火灾延续时间2h,消防用水量108m<sup>3</sup>。

### 4.2 户内 GIS 布置(主变室掀顶)

变电站设一幢地下一层地上二层的配电装置楼,主变户外布置。

±0.00m层布置主变压器(没有屋顶)、水泵房、警卫室。+1.50m层布置10kV配电装置(10kV开关柜、

10kV 电容器组、10kV 接地变及小电阻成套装置)、气瓶间、常用工具间。+6.50m 层布置 110kV 配电装置、二次设备室、蓄电池室、绝缘工具间。-4.60m 层布置消防水池,层高 4.6m。-1.50m 层布置电缆间,层高 3.0m。

建筑面积为 2192m<sup>2</sup>,建筑体积 10115m<sup>3</sup>,火灾危险性分类为丙类。

站内同一时间只考虑一次火灾次数,最大一次火灾灭火用水量为主控楼室内外消火栓灭火用水量之和,站内室外消防用水为 20L/s,室内消防用水 25L/s,火灾延续时间为 3h。消防水池有效容积为 486m<sup>3</sup>。

#### 4.3 户内 GIS 布置 (主变室不掀顶)

变电站设一幢地下一层地上三层的配电装置楼。主变户内布置。

±0.0m 层布置主变压器。+1.50m 层布置 10kV 配电装置室 (10kV 开关柜、站用变压器) 接地变成套装置室、电容器室、常用工具间、绝缘工具间。+6.50m 层布置 110kV 配电装置室、电容器室、消防气瓶间。+11.00m 层布置二次设备室、蓄电池室、资料室。-5.50m 层布置消防水池; -2.50m 层布置水泵房,层高 4.0m。-1.50m 层布置电缆间,层高 3.0m。

建筑面积为 3200m<sup>2</sup>,建筑体积 16400m<sup>3</sup>,火灾危险性分类为丙类。

最大一次火灾灭火用水量为配电装置楼室内外消火栓及主变水喷雾用水量之和,站内室外消防用水为 20L/s,室内消防用水 25L/s,火灾延续时间为 3 小时,主变水喷雾时间为 1h,水池有效容积为 666m<sup>3</sup>。

### 5 220kV 变电站典型水消防设计

#### 5.1 户外 AIS 布置

根据电压等级,电气总平面布置分成三列配电装置,站区依次布置有 220kV 配电装置、主变压器及 35kV 配电装置、110kV 配电装置。在 220kV 和 110kV 配电装置之间设置主变压器和 35kV 配电装置,其中 35kV 配电装置室为单层建筑,继电保护集中布置在中控通信楼内,35kV 并联电容器组布置在户外。

其中中控通信楼建筑面积 648m<sup>2</sup>,体积 2333m<sup>3</sup>,火灾危险性分类为丁类。

站内须设置消防给水系统,消防给水系统包括室外消火栓系统、主变压器水喷雾灭火系统。本站建筑物室内+室外,和主变水喷雾+主变室外消火栓比较,其中主变水喷雾 (100L/s×3600s)+主变室外消火栓 (15L/s×3600×2s)=468m<sup>3</sup> 最大。

#### 5.2 户内 GIS 布置

根据建设规模,变电站设一幢地下一层地上四层

的配电装置楼。主变户内布置。其中 ±0.0m 层布置主变压器; +1.50m 层布置 10kV 配电装置室 (10kV 开关柜、站用变压器) 接地变成套装置室、电抗器室、电容器室、消防气瓶室、工具间等; +6.50m 层布置 110kV 配电装置室、电容器室、消防气瓶间; +11.50m 层布置二次设备室、蓄电池室、通信蓄电池室、资料室; 16.50m 层布置 220kV 配电装置室; -2.00m 层布置电缆间,层高 3.0m。

其中配电装置楼建筑面积 8208m<sup>2</sup>,体积 60020m<sup>3</sup>,火灾危险性分类为丙类。

站区设室外消火栓系统,用于保护配电装置楼和主变压器;主变压器容量大于 125MVA,设置水喷雾灭火系统;配电装置楼设置室内消火栓。

主变户内布置,变电站最大一次消防用水量为配电装置楼 (40L/s×3600×3s+30L/s×3600×3s) 与主变压器消防用水量 (100L/s×3600s) 之和,为 1116m<sup>3</sup>。若主变户外布置,变电站最大一次消防用水量为配电装置楼与主变压器消防用水量之间的较大者,为 756m<sup>3</sup>。<sup>[8]</sup>

### 6 结语

在变电站消防设计中,应重视相关规范和企业标准规定,根据电压等级、布置方式、建筑物和设备情况选择合适的消防方式。

本文结合南方电网公司标准设计与典型造价 V3.0 中 35kV~220kV 范围模块中选取一些典型布置方案进行水消防设计的总结归纳,供设计师工程中查阅参考。

### 参考文献:

- [1] 周芳菲,张佳庆,王晖,等.变电站水喷雾消防设计关键技术研究[J].变压器,2021,58(11):6-9.
- [2] 中华人民共和国住房和城乡建设部,国家市场监督管理总局.GB 50229-2019,火力发电厂与变电站设计防火标准[S].2019.
- [3] 徐春峰.水喷雾灭火系统在变电站工程中的应用[J].河南科技,2020,39(31):93-96.
- [4] 李人杰.油浸变压器水喷雾灭火系统计算方法[J].长春工程学院学报(自然科学版),2021,22(02):36-39.
- [5] 应捷,王晖,张佳庆,等.330kV 及以下变电站消防设计技术差异化应用[J].科技创新与应用,2021,11(29):180-183,187.
- [6] 中华人民共和国住房和城乡建设部,国家市场监督管理总局.GB 50974-2014,消防给水及消火栓系统技术规范[S].2014.
- [7] 同[2].
- [8] 陈允鹏.南方电网标准设计及典型造价 V3.0(35kV~500kV 智能变电站)[M].北京:中国电力出版社,2023.