

[变电站]

智能变电站电缆防火封堵技术研究

文/罗显通
四川电力设计咨询有限责任公司

常规的智能变电站防火封堵技术主要使用速固型无机堵料法生成防火涂层，易受固化强度变化影响，导致防火封堵性能不满足规范性指标要求。设计一种全新的智能变电站电缆防火封堵技术，并采用实例分析，验证该技术的防火封堵效果显著，能够应用于智能变电站的设计中。

智能变电站是一种集通信、传感和控制等为一体的新型数字化变电站，具有明显优势。首先，智能变电站的一次设备智能化，能按照统一的标准进行信息交换；其次，智能变电站采用高度集成化设计，降低了设备的复杂性；最后，智能变电站的保护控制协同化，能实时进行决策分析，提高变电站的综合竞争力^[1-2]。研究表明，大部分智能变电站的电缆分布复杂，一旦某条电缆着火，会迅速蔓延，造成巨大的经济损失。因此，需要研究一种有效的智能变电站电缆防火封堵技术。大多数常规的智能变电站电缆防火封堵技术使用速固型无机堵料法生成防火涂层，易受固化强度变化影响，导致防火封堵性能不佳^[3]。并且部分防火封堵设备操作过程繁琐复杂，需要专业人员操作，缺乏便捷性和快速响应能力。为解决上述问题，本文设计一种全新的智能变电站防火封堵技术。

智能变电站电缆防火封堵技术设计

1. 封堵电缆沟阻火墙

封堵电缆沟阻火墙是阻火、防火的重要步骤。在封堵之前，清理电缆沟中的杂物与灰尘，在电缆沟整洁的条件下，完成阻火墙封堵的任务^[4]。采用有机堵料封堵电缆与模块接触位置，再将防火模块放在阻火墙周围，确保电缆防火封堵效果。有机堵料的技术参数见表1。

表1 有机堵料的技术参数

类别	参数
材料	热塑性树脂
耐火等级	V0级
粘度/cp	1 000~2 000
固化时间/min	3~5（常温下）
稳定性	耐温-50℃~150℃，耐老化性能优良
强度/MPa	抗拉强度≥15 抗压强度≥60
环保性	无毒无害，低烟低毒
经济性	适中，性价比较高

由表1可知，V0级是防火等级的最高级别，其难燃性最佳，燃烧性低于HB，燃烧时不会产生火焰，此时需要计算有机堵料的老化率 Q 与膨胀倍率 E

$$Q = \frac{t - t_0}{t} \tag{1}$$

$$E = \frac{D - D_E}{D_E} \tag{2}$$

式中， t 为燃烧初期堵料耐火时间； t_0 为燃烧后期堵料的耐火时间； D 为封堵后膨胀层厚度； D_E 为封堵前膨胀层厚度。

由此可知，V0级材料具有较高的阻燃性，能够降低电缆火灾的风险^[5]。在墙两侧的电缆，采用热塑性树脂材料进行涂刷，涂刷完成一次后，等待5 min再涂刷下一次，连续3次，增加防火层的厚度。局部间隙、电缆沟均采用有机堵料封堵密实之后，放置耐火隔板，进一步提高电缆防火封堵效果。

2. 开关柜、端子箱防火封堵

耐火隔板能够防止电缆在高温环境下发生形变、开裂和脱落^[6]。在开关柜、端子箱底部的预留孔洞放置耐火隔板，封堵防火膨胀模块与进线孔洞顶部侧壁的局部间隙。开关柜、端子箱防火封堵示意如图1所示。

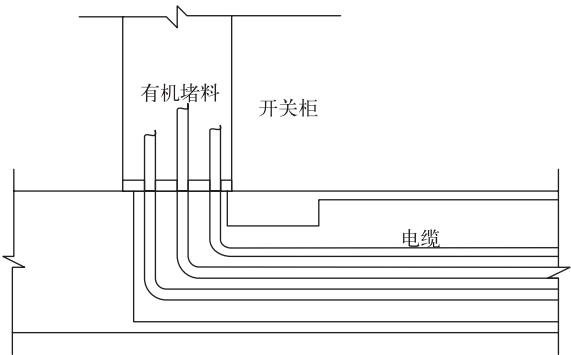


图1 开关柜、端子箱防火封堵施工示意图

各个间隙封堵完成之后，在防火膨胀模块上方遮盖防火布，保证防火封堵的美观性。同时，将有机堵料抹平在电缆与开关柜周围的缝隙中，进一步提高电缆防火封堵效果。

实例分析

1. 变电站概况

本文以X_110 kV智能变电站为例，对上述技术进行了实例分析。变电站规模见表2。

表2 变电站规模

项目	本期规模	远期规模
110 kV出线	3回架空出线	4回架空出线
35 kV出线	3回电缆出线	6回电缆出线
10 kV出线	10回电缆出线	30回电缆出线

由表2可知，X_110 kV智能变电站涉及110 kV、35 kV、10 kV三种电压，其规模较大，电缆量多。因此，在该变电站建设的过程中，考虑了防火问题，对全站电缆进行防火封堵。

2. 结果与讨论

结合上述的概况，在选取的研究区域使用本文设计的智能变电站防火封堵技术进行防火封堵处理，将得到的性能指标与国家电网公司选取的规范性指标（GB 50229\GB 50217\GB 50168\GB 23864\GB 28374\DL\T 5707）对比，得到的实例分析结果见表3。

表3 实例分析结果

材料名称	规范性参数	使用本文设计的智能变电站防火封堵技术防火封堵后得到的技术指标
复合防火板	耐火极限≥3 h	4.8 h
	抗弯强度≥0.1 MPa	0.54 MPa
	耐水性≥3 d	5.2 d
	耐油性≥3 d	3.8 d
	厚度≥10 mm	14.36 mm
防火涂层板	耐火极限≥3 h	3.4 h
	抗弯强度≥0.1 MPa	0.27 MPa
	耐水性≥3 d	4.2 d
	耐油性≥3 d	3.9 d
柔性有机堵料	耐火极限≥3 h	5.7 h
	表面密度≥2.0×10 ³ (kg/m ³)	2.9×10 ³ (kg/m ³)
	耐水性≥3 d	3.4 d
阻火模块	耐油性≥3 d	3.5 d
	耐火极限≥3 h	3.4 h
	表面密度≥2.0×10 ³ (kg/m ³)	3.5×10 ³ (kg/m ³)
	抗压强度≥0.1 MPa	0.5 MPa
	耐水性≥3 d	3.6 d
	耐油性≥3 d	3.8 d

由表3可知，本文设计的智能变电站电缆防火封堵技术的复合防火板、防火涂层板、柔性有机堵料和阻火模块的防火封堵效果均满足规范性指标，证明本文设计的防火封堵技术的防火封堵效果较好，具有可靠性，有一定的应用价值。

结束语

综上所述，随着智能电网技术的不断普及和发展，智能变电站在电力系统中的作用越来越重要。受人们的用电需求影响，大多数智能变电站的电缆分布越来越复杂，电缆过载、电缆老化和电缆质量不合格等问题频发。一旦一条电缆着火，会飞速传导，引起变电站火灾，造成严重后果，因此，需要对智能变电站电缆进行有效封堵。常规的智能变电站防火封堵技术的防火封堵效果一般，难以满足标准规范要求。因此，本文设计了一种全新的智能变电站电缆防火封堵技术。进行实例分析，结果表明，设计的电缆防火封堵技术的防火封堵效果较好，具有可靠性，有一定的应用价值，为提高智能变电站的运行安全作出了一定的贡献。未来将结合传感器技术和物联网，开发智能化、实时监测、自动报警系统，准确检测电缆区域火灾隐患，提前预

警并启动封堵程序，并致力于优化防火封堵设备的设计与安装，使其更易于操作、快速响应，提高封堵效率和成功率，降低火灾蔓延风险。**EA**

(收稿日期：2024-08-10)

参考文献

[1] 周佳龙, 李孟哲, 姜青松, 等. 符合NFPA130标准的EN50264机车车辆电缆设计[J]. 光纤与电缆及其应用技术, 2023(4): 13-17+24.

[2] 陈月, 孙进, 徐友刚, 等. 基于声学定位技术的电力电缆防火封堵性检测研究及应用[J]. 电子技术与软件工程, 2022(22): 106-109.

[3] 于贤磊, 付宏卿, 解斌, 等. 南水北调蔺家坝

泵站电缆夹层线缆高效整理施工方法探讨[J]. 水利科技与经济, 2023, 29(10): 129-133.

[4] 笪浩, 刘龙, 李蔚然, 等. 秦山第二核电厂3号机组发电机和输电保护系统第三号保护柜柜门内侧结露现象分析处理[J]. 科技视界, 2022(30): 26-29.

[5] 吴照国, 宗鹏飞, 田堃, 等. 电缆隧道封堵形态对电缆隧道火灾蔓延影响研究[J]. 武汉理工大学学报(信息与管理工程版), 2022, 44(4): 561-565+576.

[6] 吴执, 王磊, 王琅, 等. 火源位置对一端封闭电缆隧道火灾蔓延影响[J]. 武汉理工大学学报(信息与管理工程版), 2022, 44(3): 351-356.

