

厂变 A 消防喷淋事件原因分析

Analysis of the Causes of the Fire Sprinkler Incident in Factory Transformer A

孙涛

Tao Sun

大亚湾核电运行管理有限责任公司 中国·广东 深圳 518000

Daya Bay Nuclear Power Operation Management Co., Ltd., Shenzhen, Guangdong, 518000, China

摘要: 由于电厂机组的主变压器、厂用变压器含大量可燃物质,如绝缘油等,加上绕组内部对地短路,铁芯故障引起过热,变压器过负荷运行引起温度升高等,都使变压器成为潜在的火灾区域。为了及时控制和消灭火灾,核电站的变压器都设置了高速喷淋自动灭火系统。当发生火灾时,温度升高使感温玻泡破裂,引起探测管网压力低到一定值时,与探测管网连接的压力开关动作,雨淋阀开启, JPD 系统的高压消防水向消防喷头供水,对相关区域喷淋灭火。

Abstract: Due to the fact that the main transformer and plant transformer of the power plant unit contain a large number of combustible substances, such as insulating oil, etc., coupled with the short circuit to the ground inside the winding, the overheating caused by the fault of the iron core, and the temperature increase caused by the overload operation of the transformer, etc., all make the transformer a potential fire area. In order to control and extinguish the fire in time, the transformers of nuclear power plants are equipped with high-speed sprinkler automatic fire extinguishing systems. When a fire occurs, the temperature rises and the temperature sensing glass bubble ruptures, causing the pressure of the detection pipe network to be low to a certain value, the pressure switch connected with the detection pipe network is activated, the deluge valve is opened, and the high-pressure fire water of the JPD system supplies water to the fire sprinkler to extinguish the fire in the relevant area.

关键词: 厂用变压器; 高速喷淋; 探测管网; 感温玻泡; 雨淋阀

Keywords: plant transformer; high-speed spray; detecting pipe network; temperature bubble; rain valve

DOI: 10.12346/etr.v6i1.8935

1 背景

2022年6月27日下午,某核电厂4号机JDT400AR上出现JDTF50KM故障报警,3回路非编址故障,JPT056VT未出现喷淋。JDTF50KM故障报警在当天晚上自行消失;2022年6月28日凌晨,出现JDT004SP报警,运行人员现场核实JDT107VA励磁JPT056VT泄压动作,厂变A区域出现消防水喷淋。

2 风险描述

- ①厂变A区域出现消防水误喷淋,消耗大量消防水,可能导致在真实火灾时,消防启动后消防水供水不足。
- ②消防误动作干扰运行人员对消防系统的监视和控制。
- ③高压消防水误喷淋到厂变A区域,导致正常运行的厂变非故障淋湿,可能影响到厂变的正常运行。

④误喷淋后对消防系统恢复期间,厂变A区域的自动消防失去,如果真实火灾时,无法自动启动消防^[1,2]。

3 系统原理

某核电厂4号汽轮发电机厂房消防探测系统采用了德国西门子S1131系列火警控制主机,它主要由操作面板(人机界面)、主板、回路卡以及探测设备组成,如图1所示。

- ①操作面板:用来向主板输入命令,并将来自主板的输出信号显示在液晶面板上。
- ②主板:接受来自回路卡以及操作面板的信号并进行处理,最后将处理结果输送至操作面板和回路卡上。
- ③回路卡:负责处理探测总线上的信号,并将信号送至主板。同时接收主板命令,去控制探测总线上的输出模块实现相应功能。

【作者简介】孙涛(1983-),男,中国宁夏银川人,硕士,工程师,从事工商管理(MBA)研究。

④探测设备：将火灾特性信号（烟、温度、火焰、开关量信号）转换成探测总线上的数字量信号，发送给回路卡。每个探测设备都由回路卡分配一个独立的地址（软地址），地址信息存在探测设备的芯片上^[3]。

JDT400AR 系统组成，如图 2 所示。

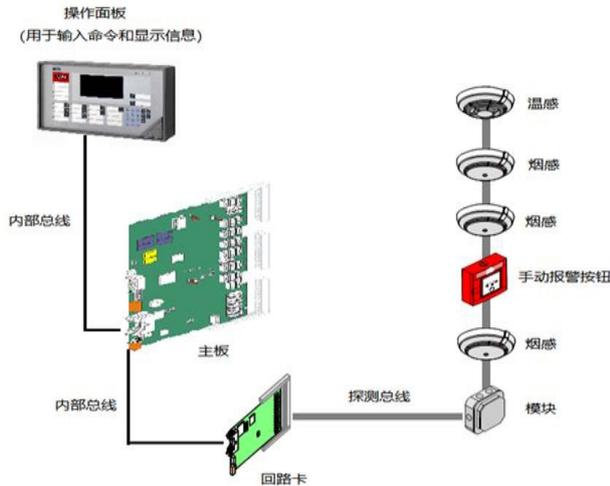


图 1 火警控制主机组成图

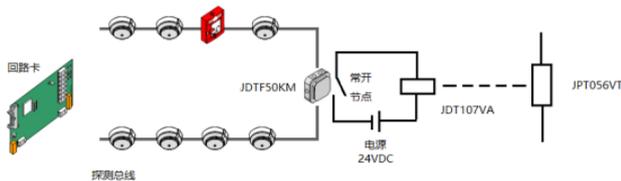


图 2 JDT400AR 系统组成图

JDTF50KM 控制原理：F50KM 是位于探测总线上的设备，采用自适应地址方式工作（类似 IP 地址），与回路卡之间采用串行通信方式。JDTF50KM 既要向回路卡发送其状态信息（正常或者故障），同时也要执行来自回路卡的命令来控制其常开节点（断开或者闭合），从而控制外部执行机构。

JDTF50KM 启动命令流程：JDT400AR 操作面板上按下 JDTF50KM 分区启动命令，由内部总线将信号传送到 JDT400AR 的主板，主板确认后通过内部总线向回路卡发送命令。回路卡根据主板命令向 JDTF50KM 地址写入启动命令，进而由 JDTF50KM 控制芯片进行解析然后去驱动硬件电路，最后实现常开节点的闭合。

JDTF50KM（DC1134 输出模块）如图 3 所示。



图 3 JDTF50KM（DC1134 输出模块）

4 原因分析

据 JDT400AR 系统组成及 JDTF50KM 动作原理，对 JDTF50KM 故障及 JPT056VT 动作导致厂变 A 区域出现消防水喷淋事件进行分析：

分析一：

故障模式：JDTF50KM 本身异常；可能原因：JDTF50KM 模块存储芯片偶发故障，导致其输出触点闭合；支持依据：① JDTF50KM 本身出现故障报警。② 更换 JDTF50KM 后回路非编址故障消失。③ 运行人员与仪控人员均确认 JDT107VA 电磁阀发烫；反对依据：更换下来的 JDTF50KM 模块在最小系统烤机故障未能复现；可能性：高。

分析二：

故障模式：外部因素导致 JDTF50KM 异常；

可能原因 1：JDTF50KM 相邻模块的地址干扰导致 JDTF50KM 故障；支持依据：历史上非址故障处理过程中，出现过真实故障点发生在相邻设备上；反对依据：更换 JDTF50KM 后回路非编址故障消失；可能性：中。

可能原因 2：DTF50KM 相邻模块的地址干扰导致 JDTF50KM 故障；支持依据：历史上非址故障处理过程中，出现过真实故障点发生在相邻设备上；反对依据：更换 JDTF50KM 后回路非编址故障消失；可能性：中。

可能原因 3：电磁干扰导致探测回路异常；支持依据：JDT 信号电缆与动力电缆靠近，会在探测回路上引入感应电压；反对依据：① 对探测回路进行录波，未发现干扰波形存在；② 对模块回路线进行测量，未发现感应电势存在；可能性：低。

可能原因 4：JDT107VA 电磁阀本体故障导致动作；支持依据：无；反对依据：对电磁阀绝缘进行检查未发现异常，运行执行 T×JPT004 试验合格；可能性：低。

可能原因 5：人为误操作导致 JDTF50KM 动作；支持依据：如人为误操作会导致 JDTF50KM 动作；反对依据：查询主机历史记录未发现 JDTF50KM 启动命令信息；可能性：排除。

可能原因 6：主板误发命令；支持依据：JDTF50KM 模块只接受来自主板的启动命令，无自动联动逻辑组态；反对依据：凡是主板发出启动命令都会有记录，而此次误喷淋，查询历史信息无主机启动命令；可能性：排除。

5 故障历史

历史工作：某核电厂四号机第 9 次大修工程改造部在 0 米竖井感温电缆改造将新增设备接入 3 回路工作中出现非编址故障，定位到 JDTF50KM、F63KM、F43KM 输出模块故障，更换备件后无异常。

经验反馈：国内其他核电厂历史上未发生过西门子输出模块故障导致误动事件。

5.1 检查项目及进展

检查项目及进展如表 1 所示。

表 1 项目及进展

故障模式	检查项目内容	处理进展
JDTF50KM 本身异常	某核电厂四号机第 9 次大修时, 对 JDTF43/50/63KM 输出模块进行更换	已完成, 确定是由于 JDTF50KM 引起 3 回路非编址故障, 为了防止共模故障, 把同期更换的 JDTF43/63KM 一并更换
	与 JDTF50KM 输出模块同期更换的 JDTF63KM 输出模块送老化中心检查	已完成, 确定是由于 JDTF50KM 引起 3 回路非编址故障, 为了防止共模故障, 把同期更换的 JDTF43/63KM 一并更换
	JDTF43/50KM 输出模块在最小系统上验证	已完成, 故障未复现
	对 JDTF50KM 输出模块输出节点电压接入记录仪监视	已完成, 故障未复现
外部因素导致 JDTF50KM 异常	对 JDTF43/50/63KM 相邻模块 JDTF42/44/49/51/62/64JM 更换	已完成
	对 JDT400AR 回路进行录波	已完成, 未发现异常
	对 JDTF43/50/63/70/77KM 接线的感应电进行检查	已完成, 未发现异常
	对 JDT400AR 的 3 回路 OEN 增加的具体模块、探头的电缆路径进行检查	已完成, 目视检查未发现异常。
	JDT400AR 的 3 回路软件设置是否存在异常	已完成, 未发现异常
	对 JDTF43/50/63/70/77KM 对应的电磁阀 JDT087/107/067/097/077VA 电缆接线进行绝缘检查	已完成, 未发现异常
	对 JDT409/410/411/412/AR, JDT421/420CR 内所有模块的接线及这些机柜接地情况进行检查	已完成, 未发现异常

5.2 后续行动

①把 JDTF50KM 接入到某核电厂 AF 厂房 JDT 系统中进行在线验证。

②联系西门子楼宇科技北京工作协助对 JDTF50KM 进行分析。

5.3 结论

通过更换输出模块 JDTF50KM 后故障消失, 确定是由于 JDTF50KM 引起 3 回路非编址故障, 为了防止共模故障, 把同期更换的 JDTF43/63KM 一并更换。但是将更换下来的 JDTF50KM 模块在最小系统烤机故障未能复现, 所以

需要厂家对模块进一步分析^[4]。

参考文献

- [1] 程远平,陈亮.建筑火灾过程中烟气与热排放作用分析[J].消防科学与技术,2003(6):449-453.
- [2] 唐芬芬.论消防给排水设计在高层民用建筑中的应用[J].中华民居(下旬刊),2014,128(9):50.
- [3] 王刚.基于对等网络的嵌入式火灾报警控制器软件设计[D].西安:西安电子科技大学,2016.
- [4] 范维澄,刘乃安.火灾安全科学——一个新兴交叉的工程科学领域[J].中国工程科学,2001(1):6-14.