

# Study on Alarm Action Test Method for Anzhu and Anjian Systems

Yin Fang

Daya Bay Nuclear Power Operation Management Co., Ltd., Shenzhen, Guangdong, 518124, China

## Abstract

To prevent unintended activation of containment spray pumps and high/low-pressure injection pumps during containment spray system/alarm test operations caused by test box malfunctions, this study focuses on the containment spray system Series A alarm test (T4EAS009). Through analyzing test principles, electrical switch schematic diagrams, and fault alarm triggering logic, we optimized the containment spray system/alarm test methodology. The validation process was modified from inserting test boxes to manually adjusting the 001CV switch to test positions when switches are in operational states. These findings effectively mitigate accidental pump activation during containment spray system tests, providing valuable reference for preventing similar operational failures in similar scenarios.

## Keywords

Test site; start; Test kit;

## 一种安注及安喷系统报警动作试验方法的研究

方吟

大亚湾核电运营管理有限责任公司, 中国 · 广东 深圳 518124

## 摘要

为避免试验盒问题导致安全壳喷淋系统/安全注入系统报警动作试验时安全壳喷淋泵及高压/低压安注泵意外启动, 本文以安全壳喷淋系统A列报警动作试验T4EAS009为研究对象, 对试验原理、电气开关原理图及故障报警触发逻辑进行分析, 优化安全壳喷淋系统/安全注入系统报警动作试验方法, 将插入试验盒验证报警修改为开关位于工作位时将001CV打至试验位验证报警, 研究结论可防止安全壳喷淋系统/安全注入系统报警动作试验时安全壳喷淋泵及高压/低压安注泵意外启动, 对其他类似工作如何防止安全壳喷淋泵及高压/低压安注泵意外启动具有较大参考价值。

## 关键词

试验位; 误启动; 试验盒

## 1 引言

某电站执行 T4EAS009 试验 (安全壳喷淋系统 A 列报警动作试验) 时, 因试验盒专用工具的按钮盒处格兰头脱开且用于分闸操作的辅助触点接线柱脱开, 合闸按钮偶发导致安全壳喷淋泵意外启动。电气试验盒目前有定期检查校验, 但电气试验盒仍存在故障的可能性, 为避免后续因试验盒问题导致安全壳喷淋系统 / 安全注入系统报警动作试验时安全壳喷淋泵及高压 / 低压安注泵意外启动, 本文对试验原理、电气开关原理图及故障报警触发逻辑进行分析, 研究如何改进优化安全壳喷淋系统 / 安全注入系统报警动作试验方法。

## 2 背景及目的

某电站执行 T4EAS009 试验 (安全壳喷淋系统 A 列报警动作试验) 时, 隔离经理将电气试验盒专用工具插入开关间隔后安全壳喷淋泵瞬间启动, 经专业检查发现试验盒专用工具的按钮盒处格兰头脱开且用于分闸操作的辅助触点接线柱脱开, 合闸按钮偶发导致安全壳喷淋泵启动。

为避免试验盒问题导致安全壳喷淋系统 / 安全注入系统报警动作试验时安全壳喷淋泵及高压 / 低压安注泵意外启动, 本文将分析如何改进优化安全壳喷淋系统 / 安全注入系统报警动作试验方法。

## 3 安注及安喷系统及报警动作试验基础知识

### 3.1 安全壳喷淋系统简介

安全壳喷淋系统的设置是冗余的, 由两个相同的系列组成, 每个系统均能保证 100% 的功能。采用两个系列供电配置 (即 EAS001PO 由 LHA 供电, EAS002PO 由 LHB 供

【作者简介】方吟 (1988—), 男, 中国湖南郴州人, 本科, 工程师, 从事核电运行研究。

电等），两个系列的设备之间进行了实体（物理）隔离，但有部分共用设备。

安全壳喷淋系统每一个喷淋系列由一个地坑、一台喷淋泵、一台化学添加剂喷射器、一台热交换器、位于安全壳拱顶下的两组喷淋集管及有关的阀门、管道、仪表等组成。其中化学添加剂系统是共用的，另外主要的管线有：一条为试验时回 PTR001BA 的管线、两条与 RIS 系统的接口管线，作为 RIS 系统的备用。

安全壳喷淋系统向安全壳内喷淋的含硼水，在直接喷淋阶段取自换料水箱（PTR001BA）并加入质量浓度为 30% 的 NaOH 溶液；在换料水箱内的水用完后，靠信号作用转入再循环阶段，水源取自汇集在安全壳地坑内的水，经 EAS 冷却器冷却后，再次喷淋到安全壳内。每个系列设置有两个并联的安全壳隔离阀，以防其中一个阀门损坏时，该系列的喷淋功能仍能得到保证。电动阀在应急柴油发电机重新带负荷程序上的最大延时只有 10s（这些阀门失电时维持在当时位置。电源恢复后，根据命令信号达到所要求的位置）。所有的安全壳喷淋系统设备均位于抗震的厂房（即反应堆厂房 RX 和燃料厂房 KX）内。

### 3.2 安全注入系统简介

RIS 系统由高压安全注入（HHSI）、中压安全注入（MHSI）和低压安全注入（LHSI）三个子系统组成。

高压安注子系统包括三台高压安注泵、一个浓硼酸注入箱 RIS004BA、硼酸再循环回路（包括硼注入缓冲箱 RIS021BA，两台硼酸再循环泵 RIS021PO、022PO）。高压安注泵也就是 RCV 系统的三台上充泵。在电厂正常运行时，它们作为 RCV 系统上充泵用于向 RCP 正常充水，其一台运行、一台备用、一台在维护。在事故工况下，转而成为高压安注泵，由两台泵运行，向一回路注入硼水。

中压安注系统主要由三个安注箱组成（RIS001、002、003BA），分别接到 RCP 三个环路的冷管段上。安注箱内存 CB = 2300~2500ppm 的含硼水，用压力约为 4.2MPa.a 的氮气覆盖。当 RCP 压力降到安注箱压力以下时，由氮气压将含硼水注入 RCP 冷段，能在短时间内淹没堆芯，避免燃料棒熔化。每个安注箱能提供淹没堆芯所需容积的 50%。

低压安注系统由两条独立流道组成，每条流道有一台低压安注泵（RIS001PO 和 RIS002PO）。低压安注泵的出口通过隔离阀接到高压安注泵吸入联箱上，为高压安注泵增压。低压安注泵与 RCP 冷、热段也有连管（与高压安注管线共用），其中两台低压安注泵分别连到第二和第三环路的热管段。当 RCP 系统压力低于低压安注泵压头时，低压安注泵也直接向 RCP 系统冷段或冷、热段注入。在冷、热段同时注入时，冷段注入流量改走装有节流孔板的旁路管线（RIS030VP、RIS031VP）。

下面以安全壳喷淋系统 A 列报警动作试验 T4EAS009 为例进行介绍：

### 3.3 T4EAS009 试验目的

本试验为《核安全相关系统和设备定期试验监督大纲》要求的监督项目。

本程序适用于对核安全壳喷淋系统 A 列报警动作：EAS013KA/AA、EAS023KA 的操作。注：其中 L4EAS001PO 对应 L4EAS023KA 部分。

### 3.4 T4EAS009 试验原理

L4EAS023KA 为综合报警，报警触发逻辑图见下图（图一），试验过程为在对应设备电气开关上插入试验盒，核对报警 L4EAS023KA 出现，拔出试验盒后验证报警消失<sup>[1]</sup>。

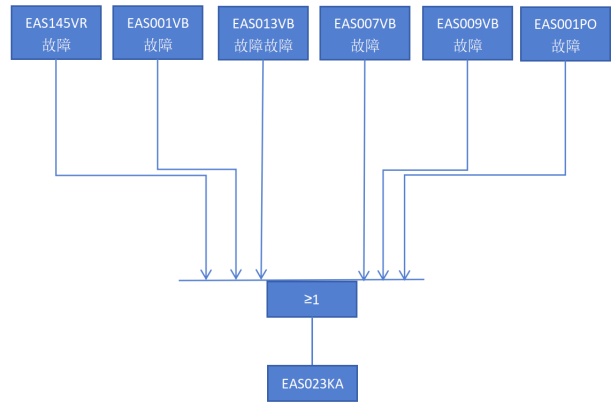


图 1 报警触发逻辑简图

安全壳喷淋系统 A 列报警动作试验 T4EAS009 试验设计有专门试验画面（图二），

试验时对应设备触发报警时，对应的线条会由灰色变为点亮，方便试验时核对报警具体产生原因。

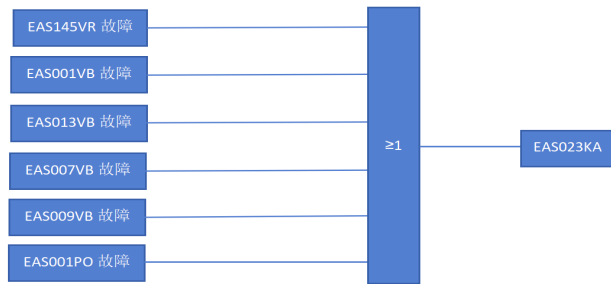


图 2 试验专用画面

安全壳喷淋系统 A 列报警动作试验 L4EAS001PO 部分试验过程见下表：

表 1 L4EAS001PO 部分试验过程

第一步	现场人员在 L4EAS001PO 电源开关上插入电气试验盒
第二步	主控人员通过试验专用画面核对由于 L4EAS001PO 故障产生 L4EAS023KA 报警
第三步	现场人员在 L4EAS001PO 电源开关上拔出电气试验盒
第四步	主控人员通过试验专用画面核对未由于 L4EAS001PO 故障产生 L4EAS023KA 报警

即在安全壳喷淋泵 L4EAS001PO 的 6.6KV 电气开关上

插入试验盒，核对报警 L4EAS023KA 出现，拔出试验盒后验证报警 L4EAS023KA 消失。

### 3.5 电气原理图分析插入试验盒触发报警原理

试验盒插入后，电气回路 004SM 触点发生翻转，由闭合转为断开状态，见图三，导致报警继电器 001XK 失磁（正常运行期间 001CV 和 004SM 触点保持闭合，报警继电器 001XK 为励磁状态，即报警继电器 001XK 常闭触点保持断开，不触发报警），从而触发报警<sup>[2]</sup>。

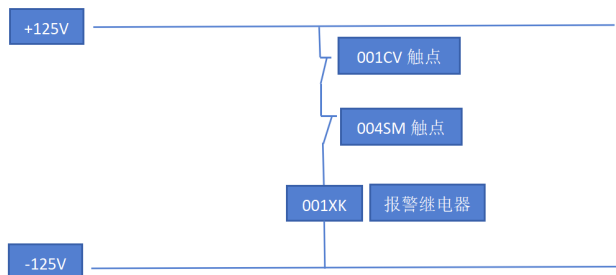


图3 触发报警电气原理简图

## 4 安注及安喷系统报警动作试验方法优化

通过对电气原理图进行分析，验证安全壳喷淋泵 L4EAS001PO 不可用报警的方式有两种：

1. 将开关送入工作位，插入试验盒验证报警触发，拔出试验盒验证报警恢复。
2. 将开关送入工作位，使用钥匙将电气开关打到试验位验证报警触发，恢复正常位验证报警恢复。

目前机组 T3/4EAS009、T3/4EAS010、T3/4RIS011、T3/4EAS012 试验程序均采用方式 1 插入试验盒进行验证。

通过对电气原理图分析，开关切至试验位，001CV 触点状态发生翻转，即由闭合转为断开状态，从而导致报警继电器 001XK 失磁触发报警。而插入试验盒后，将导致 004SM 触点状态发生翻转，即由闭合转为断开状态，从而导致报警继电器 001XK 失磁触发报警。

两者试验方法均是验证报警继电器 001XK 失磁动作及其下游报警传输通道正常，回路断路时触发报警。两者试验方法仅上游导致报警继电器 001XK 失磁方法不一致（切试验位导致 001CV 触点状态发生翻转，即由闭合转为断开状态，从而导致报警继电器 001XK 失磁触发报警；插入试验盒导致 004SM 触点状态发生翻转，即由闭合转为断开状态，从而导致报警继电器 001XK 失磁触发报警），两种试验方法除了导致报警继电器 001XK 失磁方法不一致外，其他均一致，即报警继电器 001XK 失磁后，下游报警回路接线及

动作原理均相同<sup>[3]</sup>。

结论：通过插入试验盒或通过置试验位触发报警都能够实现该报警通道的验证。

定期试验监督大纲要求：

定期试验监督大纲中 L3/4EAS023KA/024KA（安喷执行机构不可用）、L3/4RIS011KA/AA-502KA/AA（安注执行机构不可用）项目用于验证电气开关故障时能够正常触发报警，定期试验上游导则仅要求验证报警，未要求如何触发报警。

根据分析结论，利用 L412 换料大修窗口，已实际验证 L4RCV001/002/003PO、L4RIS001/002PO、L4EAS001/002PO6.6KV 开关位于工作位时将电气开关 001CV 打至试验位可正常触发试验报警，满足定期试验要求。

## 5 结语

定期试验监督大纲中 L3/4EAS023KA/024KA（安喷执行机构不可用）、L3/4RIS011KA/AA-502KA/AA（安注执行机构不可用）项目用于验证电气开关故障时能够正常触发报警，定期试验上游导则仅要求验证报警，未要求如何触发报警。

根据 6.6kV 电气开关原理图故障报警触发逻辑，开关位于工作位时通过试验盒插入（004SM 断开）或将 001CV 打至试验位触发报警最终都是验证报警继电器 001XK 失电动作及其下游报警传输通道正常，回路断路时触发报警，确认通过试验盒插入（004SM 断开）与 001CV 打至试验位触发报警回路接线及动作原理相同，通过试验盒插入（004SM 断开）与 001CV 打至试验位触发报警都能够实现该报警通道验证。

优化修改安全壳喷淋系统 / 安全注入系统报警动作试验 T3/4EAS009/010、T3/4RIS011/012 试验方法，将由插入试验盒验证报警修改为开关位于工作位时将 001CV 打至试验位验证报警，以避免后续试验盒问题导致安全壳喷淋系统 / 安全注入系统报警动作试验时安全壳喷淋泵及高压 / 低压安注泵意外启动，对其他类似工作如何防止安全壳喷淋泵及高压 / 低压安注泵意外启动具有较大参考价值。

## 参考文献

- [1] 王彦.6kV开关安装完工后的电气试验[J].山东电力技术,2009,(02):61-62+75.
- [2] 胡海波,田斌.中压断路器柜典型问题分析与处理[J].中国设备工程,2025,(S2):390-392.
- [3] 王雄辉,徐广建,张雅文,等.ABB MNS型开关柜抽屉试验位改造及应用[J].电工技术,2017,(06):114-115.