

A Study on the Optimization of a Nuclear Power TRPR017 Testing Method

Yin Fang

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

Abstract

To prevent the unnecessary shutdown of L3/4RIS075/085VB during the T3/4RPR017 test from rendering a low-voltage injection subsystem unavailable, this paper focuses on the safety injection logic test T3RBP017 using L3RBP372KC as the subject. It analyzes the test objectives, principles, procedures, periodic test supervision requirements, and the triggering logic for L3RIS591LA/591KS, optimizing the T3RBP017 test methodology by eliminating the corresponding operations for shutting down and activating L3RIS085VB. In the T3RBP018 test, shutting down the L3RIS085VB window verifies L3RIS591LA/591KS, ensuring comprehensive validation of these components without increasing actual operational risks, thereby enhancing intrinsic nuclear safety and providing valuable reference for similar tasks.

Keywords

nuclear safety; risk; guidelines

一种核电 TRPR017 试验方法优化的研究

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T3/4RPR017试验无谓关闭L3/4RIS075/085VB, 导致一列低压安注子系统不可用, 本文以L3RBP372KC进行安全注入逻辑试验T3RBP017为研究对象, 对试验目的、试验原理、试验过程、定期试验监督大纲要求以及L3RIS591LA/591KS触发逻辑进行分析, 优化T3RBP017试验方法, 将T3RBP017试验中的关闭和开启L3RIS085VB的相应操作删除, 在T3RBP018试验中关闭L3RIS085VB窗口验证L3RIS591LA/591KS, 既能保证L3RIS591LA/591KS得到完整验证, 也不会导致机组实际风险增加, 提升本质核安全, 对其他类似工作具有较大参考价值。

关键词

核安全; 风险; 准则

1 引言

因L3RIS591LA/591KS的两路信号分别在T3RBP017和T3RBP018试验验证, 而在T3RBP017试验中验证时需关闭L3RIS085VB, 将导致一列低压安注子系统不可用, 机组进入LCO 3.5.2状态B, 完成时间为72小时, 进行配置风险计算时机组将进入黄区, 增加了机组的实际风险。本文对试验目的、试验原理、试验过程、定期试验监督大纲要求以及L3RIS591LA/591KS触发逻辑进行分析, 研究如何优化改进T3RBP017试验方法, 既能保证L3RIS591LA/591KS得到完整验证, 又能切实降低机组实际风险。

2 背景及目的

CPR1000 核电机组 T3/4RPR017 试验 (试验分 A/B 两列, A 为 T3/4RPA017, B 列为 T3/4RBP017) 需关闭 L3/4RIS075/085VB, 目的是验证 L3/4RIS590/591LA、L3/4RIS590/591KS 灯亮 (灯亮表示再循环在进行中), 而验证 L3/4RIS590/591LA、L3/4RIS590/591KS 灯亮并不是定期试验监督大纲验收准则, 且在模式 1、模式 2 和模式 3, 要求两列高压安注子系统和两列低压安注子系统可用, 关闭 L3/4RIS075/085VB 将导致一列低压安注子系统不可用, 机组进入 LCO 3.5.2 状态 B, 完成时间为 72 小时, 进行配置风险计算时机组将进入黄区, 增加了机组的实际风险。

因验证 L3/4RIS590/591LA、L3/4RIS590/591KS 灯亮并不是定期试验监督大纲验收准则, 关闭 L3/4RIS075/085VB 将导致一列低压安注子系统不可用, 配置风险计算时机组将进入黄区, 增加了机组的实际风险。为降低机组实际风险, 本文将分析如何优化改进 T3/4RPR017 试验。

【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。

3 T3/4RPR017 试验基础知识

3.1 安全注入系统简介

在模式 1、模式 2 和模式 3，要求两列高压安注子系统和两列低压安注子系统可用，以保证在假设发生单一故障影响其中 1 列后仍有足够的安注流量。在模式 1、模式 2 和模式 3，每列安注系统，包括相关管道、仪表，保证在安注信号下安注流道可通过 PTR001BA 取水并能根据 PTR001BA 液位信号自动切换至安全壳地坑取水^[1]。

下面以用 L 3RBP372KC 进行安全注入逻辑试验 T3RBP017 为例进行介绍：

3.2 T3RBP017 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。

本试验目的是验证当 B 列安注 PTR 隔离信号出现时，发生下述动作：

- RIS 168 VP 开启
- RIS 145 VP 关闭（当 RIS 168 VP 开启时）
- RIS 013 VP 关闭

本试验符合下列阀门的操作试验和安全位置试验的要求：

- RIS 168 VP
- RIS 145 VP

3.3 T3RBP017 试验原理

在试验前，应核对待操作的设备或执行机构，并将它们置于与安全装置位置相反的位置，而对于 T3RBP017 试验，要求验证 L3RIS168VP 开启/L3RIS145VP 关闭/L3RIS013VP 关闭（试验逻辑简图见图一），所以试验条件设置为 L3RIS168VP 关闭/L3RIS145VP 开启/L3RIS013 开启，核对条件满足后，通过 L3RBP372KG 给出授权允许，通过将 L3RBP372KC 置 TEST 位置，验证 L3RIS168VP 开启/L3RIS145VP 关闭/L3RIS013VP 关闭，核对阀门正常动作。

验证 L3RIS168VP 开启/L3RIS145VP 关闭/L3RIS013VP 关闭后，关闭 L3RIS085VB，验证 L3RIS591LA/L 3RIS591KS 灯亮（灯亮表示再循环在进行中），开启 L3RIS085VB 后核对 L3RIS591LA/L3RIS591KS 灯灭，L3RIS591LA/L 3RIS591KS 触发逻辑简图见图二，随后执行试验恢复部分，试验结束。

3.4 T3RBP017 试验关闭和开启 L3RIS085VB 的目的及影响

模式 1、模式 2 和模式 3，要求两列高压安注子系统和两列低压安注子系统可用，以保证在假设发生单一故障影响其中 1 列后仍有足够的安注流量。在模式 1、模式 2 和模式 3，每列安注系统，包括相关管道、仪表，保证在安注信号下安注流道可通过 PTR001BA 取水并能根据 PTR001BA 液位信号自动切换至安全壳地坑取水。

经分析关闭和开启 L3RIS085VB 不是定期

试验 T3RBP017 的验收准则，其目的是为了验证 L3/4RIS591LA//591KS 灯亮/灯灭（灯亮表示再循环在进行中），而验证 L3/4RIS591LA//591KS 灯亮/灯灭也不是定期试验监督大纲验收准则。但试验中关闭 L3RIS085VB 将导致一列低压安注子系统不可用，机组进入 LCO 3.5.2 状态 B，完成时间为 72 小时，进行配置风险计算时机组将进入黄区，增加了机组的实际风险^[2]。

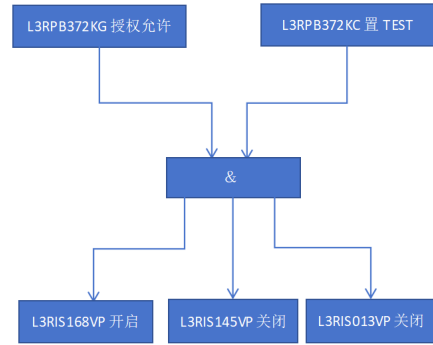


图 1 试验逻辑简图

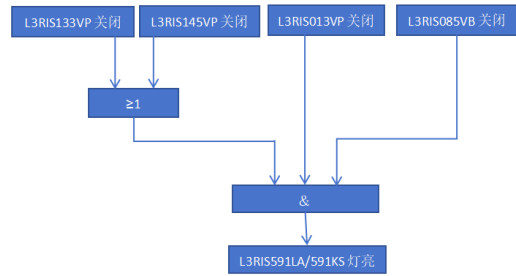


图 2 L3RIS591LA/591KS 逻辑简图

4 T3RBP017 试验方法优化

4.1 定期试验监督大纲要求

定期试验监督大纲仅要求 T3RBP017 试验验证 L3RIS168VP 开启/L3RIS145VP 关闭/L3RIS013VP 关闭，未要求验证 L3RIS591LA/591KS 灯亮/灯灭，也未要求验证 L3RIS085VB 开关，即 L3RIS085VB 开关和 L3RIS591LA/591KS 灯亮/灯灭不是定期试验 T3RBP017 的验收准则。

4.2 T3RBP017 试验方法优化

查询定期试验监督大纲，L3RIS085VB 开关和 L3RIS591LA/591KS 灯亮/灯灭不是定期试验 T3RBP017 的验收准则，关闭 L3RIS085VB 是为了验证 L3/4RIS591LA//591KS 灯亮（灯亮表示再循环在进行中），但试验中关闭 L3RIS085VB 将导致一列低压安注子系统不可用，机组进入 LCO 3.5.2 状态 B，完成时间为 72 小时，进行配置风险计算时机组将进入黄区，增加了机组的实际风险。

经上述分析，因不违反定期试验监督大纲，可以将 T3RBP017 试验中的关闭和开启 L3RIS085VB 的相应操作删除，优化后 T3RBP017 试验不再导致一列低压安注子系统不

可用，机组无需进入 LCO 3.5.2 状态 B，切实降低了机组的实际风险，提升本质核安全。

L3RIS591LA/591KS 灯亮 / 灯灭虽然不是定期试验监督大纲验收准则，但直接取消验证 L3/4RIS591LA//591KS 灯亮 / 灯灭不保守，T3RPB017 优化后 L3/4RIS591LA//591KS 灯亮 / 灯灭仍需要验证，经分析 T3RPB018 试验刚好满足即不增加机组风险，又可以验证 L3/4RIS591LA//591KS 灯亮 / 灯灭，分析优化过程如下。

L3RIS591LA/591KS 产生逻辑需满足三个条件：1、为 L3RIS085VB 关闭；2、L3RIS013VP 关闭；3、L3RIS133VP 关闭或 L3RIS145VP 关闭。

T3RPB018 试验为定期试验监督大纲试验，定期试

验监督大纲验收准则为 L3RIS052VP 开启 /L3RIS085VB 关闭 /L3RIS133VP 关闭。分析 T3RPB018 试验需验证 L3RIS085VB 关闭 /L3RIS133VP 关闭，T3RPB018 试验本身即需要关闭 L3RIS085VB，即 T3RPB018 试验优化前将导致一列低压安注子系统不可用，机组进入 LCO 3.5.2 状态 B。分析 L3RIS591LA/591KS 产生逻辑，只需要在 T3RPB018 试验中 L3RIS085VB 关闭窗口增加关闭和开启 L3RIS145VP 步骤，可保证 L3RIS591LA/591KS 得到完整验证，即在 T3RPB018 试验中 L3RIS085VB 关闭窗口验证 L3RIS591LA/591KS，不会导致机组实际风险增加，提升本质核安全^[3]。

T3RPB017 和 T3RPB018 试验优化前后对比分析见表 1:

表一：T3RPB017/T3RPB018 试验优化前后对比分析

定期试验	试验方法优化前	试验方法优化后
T3RPB017	关闭 L3RIS085VB，导致一列低压安注子系统不可用，进入 LCO 3.5.2 状态 B，完成时间为 72 小时，配置风险计算机组进入黄区； L3RIS085VB 关闭 +L3RIS013VP 关闭 L3RIS145VP 关闭，验证 L3RIS591LA/591KS 一路信号。	无需再关闭和开启 L3RIS085VB，试验不再导致一列低压安注子系统不可用，机组无需进入 LCO 3.5.2 状态 B； 试验不再验证 L3RIS591LA/591KS。
T3RPB018	1) 需验证 L3RIS085VB 关闭，导致一列低压安注子系统不可用，机组进入 LCO 3.5.2 状态 B，完成时间为 72 小时，配置风险计算机组进入黄区； 2) L3RIS085VB 关闭 +L3RIS013VP 关闭 L3RIS133VP 关闭，验证 L3RIS591LA/591KS 另一路信号	在试验关闭 L3RIS085VB 的窗口验证 L3RIS591LA/591KS，即在机组进入 LCO 3.5.2 状态 B 窗口进行验证，不会导致机组实际风险增加； L3RIS085VB 关闭 +L3RIS013VP 关闭 L3RIS133VP 关闭，验证 L3RIS591LA/591KS 一路信号； L3RIS085VB 关闭 +L3RIS013VP 关闭 L3RIS145VP 关闭，验证 L3RIS591LA/591KS 另一路信号；

5 结语

查询定期试验监督大纲，L3RIS085VB 开关和 L3RIS591LA/591KS 灯亮 / 灯灭不是定期试验 T3RPB017 的验收准则，关闭 L3RIS085VB 是为了验证 L3/4RIS591LA//591KS 灯亮（灯亮表示再循环在进行中），但试验中关闭 L3RIS085VB 将导致一列低压安注子系统不可用，机组进入 LCO 3.5.2 状态 B，完成时间为 72 小时，进行配置风险计算时机组将进入黄区，增加了机组的实际风险。

因不违反定期试验监督大纲，将 T3RPB017 试验中的关闭和开启 L3RIS085VB 的相应操作删除，优化后 T3RPB017 试验不再导致一列低压安注子系统不可用，机组无需进入 LCO 状态 B，切实降低了机组的实际风险，提升本质核安全。

分析 T3RPB018 定期试验监督大纲验收准则为 L3RIS052VP 开启 /L3RIS085VB 关闭 /L3RIS133VP 关闭。分析 T3RPB018 试验需验证 L3RIS085VB 关闭 /L3RIS133VP 关闭，T3RPB018 试验本身即需要关闭 L3RIS085VB，即 T3RPB018 试验优化前将导致一列低压安注子系统不可用，机组进入 LCO 3.5.2 状态 B。分析 L3RIS591LA/591KS 产生逻辑，只需要在 T3RPB018 试验中关闭 L3RIS085VB

的窗口增加关闭和开启 L3RIS145VP 步骤，可保证 L3RIS591LA/591KS 得到完整验证，即在 T3RPB018 试验中关闭 L3RIS085VB 窗口验证 L3RIS591LA/591KS，不会导致机组实际风险增加，提升本质核安全。

综上所述，将 T3RPB017 试验中的关闭和开启 L3RIS085VB 的相应操作删除，优化后 T3RPB017 试验不再导致一列低压安注子系统不可用，机组无需进入 LCO 3.5.2 状态 B，配置风险不再进入黄区，切实降低了机组的实际风险。而因为 T3RPB018 试验需验证 L3RIS085VB 关闭，在 T3RPB018 试验中关闭 L3RIS085VB 的窗口增加关闭和开启 L3RIS145VP 步骤，即在 T3RPB018 试验中关闭 L3RIS085VB 窗口验证 L3RIS591LA/591KS，既能保证 L3RIS591LA/591KS 得到完整验证，也不会导致机组实际风险增加，提升本质核安全，对其他类似工作具有较大参考价值。

参考文献

- [1] 王广飞,张志明.安全注入系统设计研究[J].价值工程,2023,42(04):71-73.
- [2] 王照,周力.核电厂安注管线上止回阀密封性试验期间的风险管理措施研究[J].价值工程,2026,45(09):46-51.
- [3] 滕一非,高尚,董舵,等.二代加机组安全注入综合试验窗口优化分析[J].科技视界,2025,15(18):90-94.