

核电厂防止人因失效分析与控制

Analysis and Control of Human Failure Events in the Nuclear Power Plants

张东 孙洪岩 曹言飞

Dong Zhang Hongyan Sun Yanfei Cao

中广核工程有限公司 中国·广东 深圳 518000

China Nuclear Power Engineering Co., Ltd., Shenzhen, Guangdong, 518000, China

摘要: 论文基于某核电厂近年来几个项目的人因失效事件进行统计分析, 结合在建核电项目建设阶段现有的防止人因失效的管理体系、工程手段、技术手段、信息化方式等管理实践, 分析出防止人因失效管理的不足, 找出合理的提升方式, 防止在核电厂建设阶段发生人因失效事件。

Abstract: The paper is based on statistical analysis of human caused failure events in several projects of a nuclear power plant in recent years. Combining with the existing management systems, engineering methods, technical methods, and information methods to prevent human caused failure during the construction phase of nuclear power projects under construction, the shortcomings of preventing human caused failure management are analyzed, and reasonable ways to improve are found to prevent human caused failure events from occurring during the construction phase of nuclear power plants.

关键词: 核电厂; 人因失效; 人因工具

Keywords: nuclear power plants ; human failure; human performance tools

DOI: 10.12346/peti.v6i1.9077

1 引言

巩固提升安全管理水平, 加强防人因失效管理, 实施以单点失效和屏障修复为核心的人因绩效改进, 优化人因工具体系, 实现“零人因事件”目标, 推动核电站人因绩效管理再上新台阶。据统计, 已建成投产的核电厂在建设阶段均发生过多人因失效事件, 随着后续核电机组进入批量建设阶段, 人因失效的风险急剧加大。为有效应对后续建设阶段安全质量风险, 及时发现防人因失效管理的不足, 通过研究, 以期对核电厂建设阶段防人因失效管理提升作出贡献。

2 目标

通过对既往人因失效事件的统计分析, 寻找人因失效的根本原因, 在保持高透明度基础上, 以“零人因事件”为目标, 对核电厂建设阶段人因绩效进行改进, 突破人因绩效瓶颈, 使核电厂人因绩效管理达到卓越水平。

3 近几年人因失效事件分析

据统计, 近几年某核电厂建设期间发生多起人因失效事件, 通过一系列防人因失效管理措施和技能培, 使人因失效事件总体呈下降趋势, 防人因失效管理取得了一定的效果。通过对这些人因失效事件进行分析, 人员误操作事件占比最高, 可见, 采取措施提升人员防人因失效技能减少人员误操作是当务之急。

近几年典型人因失效事件分析如下:

①某核电充水排气时误开启阀门事件。失效类型: 误操作, 充水排气过程中, 一名现场人员因其他工作任务离开, 剩下另一执行人员进行充水排气, 在完成充水排气后, 未等同事返回, 且未与主控沟通, 继续执行充水排气。三段式沟通失效, 执行人与主控沟通失效, 技术交底不充分, 现场人员未明确工作顺序和风险分析。

②某核电停电消缺期间二次空开跳闸。失效类型: 误操作, 交底过程中有提及人员误碰“相邻带电 PT 二次电压回路”

【作者简介】张东 (1990-), 男, 中国重庆人, 本科, 工程师, 从事核电站调试阶段人因失效事件分析与控制研究。

风险点，但未做相应实体隔离措施。班前会失效，对已识别风险点未进行实体隔离，现场风险管控意识不足，班前会与技术交底不充分，监护执行不到位。

③某核电滤油误操作阀门事件。失效类型：误操作，工作安排时试验负责人交代为“进行倒油”，交底不清，试验负责人未能详细地给出需倒油的设备及操作的阀门编号；人员技能不足，现场工作经验欠缺；班前会失效，工作交底不到位，工前会未具体交代需操作阀门编号；工作票内容描述不清，未明确操作设备编号。

4 防人因失效管理的不足

4.1 防人因失效程序体系不足

程序建立不足主要为未发布防人因失效管理专用程序^[1]、防人因失效管理人才梯队建设不足。目前无可参考执行的防人因失效管理程序，对于工作中如何防止人因失效未形成体系性管理，同时前后台防人因失效管理无明确分工，未形成固定工作模式，对于防人因失效工具应用、防人因失效培训无管理规定进行要求，导致防人因失效管理没有明确方向，防人因失效管理水平亟须提升。

4.2 防人因失效培训不足

主要为防人因失效管理培训覆盖率不足，课程未区分不同岗位人员，防人因失误训练设施未有效使用。防人因失效培训体系并未针对不同岗位人员开展，课程内容为通用教材，无论是现场执行操作的工程师还是管理人员均采用同一套人因教程，针对性不足，无法根据岗位特性开展符合失效特点的培训；同时防人因失效训练设施开发不足，导致防人因失效培训效果不佳。

4.3 领导参与不足

主要为管理层参与防人因失效管理不足，防人因失效绩效考核未落实。经过调研发现，管理层防人因失效管理参与形式较少，仅停留于培训宣贯、事后震撼教育等方面，缺少前置干预和过程跟踪；防人因失效管理工作未体现在管理者的绩效指标中，导致管理层对防人因失效工作重视不足，对于人因偏差未及时纠正或整改措施不足。

4.4 防人因失效工具不足

主要为单点失效清单应用便利性存在不足、人因工具卡应用效果不明显、防人因失误技防措施投入及应用不足^[2]。根据调研访谈基层班组单点失效清单使用情况，均表示单点失效清单针对性及使用便利性不足，在早班会上提前识别及分析当日作业中的单点失效内容，可能不够全面，且无法保证有效避免人因失效，仅能做到一定程度的缓解。人因工具卡^[3]使用及推广效果不佳，主要用于班前会朗诵，实际操作过程中实施者并未真正使用，到作业现场也不便携带，更重要的是对标其他单位的人因工具卡，需将更多的关注度放到易失效的操作环节而非变更、程序文件准备等。防人因失效技防措施开发使用不足，目前防人因失效技防措施仅停留

于警示标牌、声光提醒等层面，在技防措施的资源投入、开发方面存在不足。

4.5 持续监控不足

主要为缺少防人因失效监控指标以及对防人因失效相关数据及趋势的二级分析不足。未对防人因失效设置监控指标，仅有一个笼统的结果目标“零人因事件”，对于过程缺乏成熟监控指标及防人因失效管理水平的评价方式，目前均是以事故事件为导向，发生人因失效事件后才发现不足的方面，后置型人因失效分析有明显缺陷无法提前避免事件发生，也不应当是防人因失效管理的主要方式，无监控及评价指标，也导致内部不清楚目前自身的防人因失效管理水平及提升方向。同理，对于历史人因失效事件数据及人因失效事件发展趋势未开展有效分析，导致对于导致人因失效事件的根本原因未有效识别，对于人因失效管理的发展趋势未有效控制。

4.6 数字化手段不足

随着数字化技术水平的提升，大部分业务过程管理均可实现无纸化管理，但在防人因失效数字化应用上存在不足，部分流程还采用纸质清单记录及管理，效率较低且便利性不足，例如监护制、隔离管理、行为观察等引入数字化手段可大大提高管理效率和减少人因失误。

4.7 防人因失效屏障分析不足

屏障理论还需进一步优化，需进一步开展防人因失误屏障的评估与修复，特别是程序及专项方案方面的屏障。未开展常态化的防人因失效自评，防人因工作也应当遵循戴明环“PDCA”持续改进及提升。

5 人因管理提升

5.1 建立完整防人因失效管理体系

针对防人因失效程序体系不足，应规划编制防人因失效管理系列程序，从防人因失效总体工作要求、防人因失效工具运用指引及工具开发、防人因失效知识及技能培训等几个方面着手发布系列程序，如《核电厂人因管理工作导则》《核电厂人因工具使用规范》《核电厂防人因失误培训大纲》等。

针对防人因失效管理人才梯队不足，应设置防人因失效课程开发及复训的兼职人员，设置2~3名擅长人因管理的工程师，负责人因失效事件分析、防人因失效管理课程授课、防人因失效工具开发、优化及现场应用推广、人因观察、绩效评估、事件调查、行为观察等。

5.2 开发针对性防人因失效课程及训练工具

针对防人因失效课程针对性不足的问题，完善防人因失效管理初训、复训课程，根据技术不同开发出符合现场及不同岗位的课程^[4]，考虑按照技术授权或者按照自有员工、支持人员、业主参与人员不同身份的参与建设人员开发相关课程。应提高防人因失效培训覆盖率，参与人员防人因失效覆盖率需达到100%。

针对防人因失效设施开发投入的问题,完善防人因失效训练设施,开发出基于VR技术的实景化防人因失误训练装置,建立现场防人因失误实操训练室,专门开展防止人因失效培训。

5.3 提升管理层防人因失效管理参与形式参与度

针对管理层参与形式不足,应定期开展防人因失效内部培训、人因失效事故事件震撼教育,按照年度制定培训计划;领导层定期参加班组早班会,重点对当日工作内容进行人因失效分析,及时提醒,采取对应措施,让基层员工明确防人因管理要求;积极开展防人因失效观察,高级主管以上人员每周至少开展一次人员行为观察,主要集中于与自身业务契合的六个方面:班前会/开工会、使用程序、隔离管理与设备在线、监护制、信息沟通、试验排疑。重点观察常见诱因类型如:时间紧迫、面临新情况、休假后第一个工作日、工作压力过重、指令含糊或有误、醒来或餐后半小时、过于自信、沟通不准确、环境干扰、任务繁重等。

针对防人因绩效考核未落实,应制定绩效时在工作任务和绩效指标中加入防人因失效考核标准,提升管理者对于防人因失效工作的重视程度,同时需保证相关绩效指标有效地分解到下级管理者和执行者绩效指标中。

5.4 人因工具卡优化及应用

对人因工具卡的有效性进行评估,参考外部单位或运营公司的防人因失效工具卡,制定优化方案。例如“正式变更”和“程序文件准备”不适宜作为人因工具卡,考虑将人因工具卡细化到具体操作上,针对具体操作的失效风险,开发出合适的工具卡。

利用AI大模型及国内前沿的技术手段,开发基于VR技术的实景化防人因失误训练装置,模拟操作现场或事故工况下如何正确处理,减少人因失误。防人因技防措施如动态flag标识、电气盘隔断、语音提示器、射灯、智能隔离锁具等技防措施推广应用不断反馈,推动人因技防措施的改进提升,发挥主观能动性,积极探索发明创新,争取开发适用现场的新工具。

5.5 设置防人因失效监控指标加强人因事件分析

针对防人因失效监控指标设立,可参考WANO从7个维度制定防人因失误管理监控标准(领导力、氛围、人员行为、管理屏障、现场状况、绩效、持续改进),根据人因监控指标,鼓励透明报送,用于人因绩效改进分析。

针对历史事件二级分析不足,开发人因管理绩效多源数据融合及其分析软件,实现对作业活动与人员的人因绩效实

时评价、发展预测与智能挖掘,并给出行之有效的改进措施,并持续跟踪。运用专项经验反馈工作包,并广泛地在班前会、开工会、高风险准备会中进行经验反馈,形成常态化工作模式。对近期发生的人因事件及时的热反馈,充分吸收事件的教训,对于避免重发有重要的意义。

5.6 提升数字化管理

针对数字化手段不足,应全面提升电子化,例如开发及优化试验报告电子化、经验反馈进流程、质量计划签点电子化、监护制电子化、隔离管理电子化、班组电子化管理、行为观察电子化、设备维护保养及清洁电子化等。

5.7 防人因失效屏障优化

通过对人因事件进行屏障分析,一定是所有屏障都被击穿才会导致事件发生,换言之,只要有一道屏障起作用就能避免事件发生。加大防人因失效的理论研究,结合核电工程实践,优化组织屏障,细化每一道屏障的可执行措施。对程序结构进行优化,程序中识别和设置SPV点,梳理标准化的防人因失效专项方案并制定应用管理规定,如拆接线方案、防加错油方案、防跑水跑油方案、防误碰方案等。针对防人因失效内部自评不足,应在年度安质环管理方案中列入防人因失效自评工作计划,按计划在内部开展防人因失效自评。

6 结语

运用成熟的防人因失效管理方法与工具,紧密结合核电工程建设和管理实践,推进防人因失效各项工作的有效开展,防止人因失效事件发生,确保核电厂建设活动在安全质量的前提下稳步进行。通过屏障分析、防人因绩效改进、防人因失效技防措施、经验反馈、培训宣贯以及与员工的沟通与交流,强化员工安全意识,改善员工工作行为,提前分析作业活动单项弱点并落实缓解措施,以期在核电厂建设阶段真正实现“零人因事件”目标。

参考文献

- [1] 靳亮,唐胜江.浅谈核电项目调试期间在防人因失误方面的管控方法[J].科技视界,2016(9):1.
- [2] 靳亮,张丹.浅谈防人因失误工具在核电项目调试中的管理实践[J].科技视界,2016(8):1.
- [3] 郁章斌.探讨核电调试防人因管理[J].山东工业技术,2016,(16):264-265.
- [4] 王金众,董晓祥.核电厂防人因失效训练课程体系的构建[J].大亚湾核电,2009(4):61-64.