

核电厂运行执照人员技能提升的研究建议

王辉

中广核共享服务(深圳)有限公司

DOI:10.32629/pe.v4i3.21102

[摘要] 本文从核电厂运行执照人员的技能失效点出发,研究了行业内外运行执照人员技能提升的良好实践和新方案,并对良好实践和新方案做了归类总结,最后从实际出发提出了建立运行执照人员技能的分级分类管理制度、夯实运行执照人员关键技能的训练与验收、建立运行执照人员关键技能认证与积分三大机制,希望对核电厂运行执照人员技能水平的提升提供帮助。

[关键词] 核电厂; 运行执照人员; 技能提升

中图分类号: TM623 **文献标识码:** A

Research Suggestions on Skill Improvement of Licensed Operation Personnel in Nuclear Power Plants

Hui Wang

CGN Shared Services(shenzhen)Co.,Ltd.

[Abstract] This paper analyzes skill deficiencies of licensed nuclear plant operators, summarizes and categorizes mature domestic and international practices as well as innovative competency promotion schemes. From practical perspectives, three mechanisms are put forward: hierarchical classified competency management, intensive training and assessment of core skills, and a certification-point system for core skills. The research offers references for improving the comprehensive competence of licensed operational staff.

[Key words] Nuclear Power Plants; Licensed Operation Personnel; Skill Improvement

1 引言

习近平总书记指出,努力建设高素质劳动大军。劳动者素质对一个国家、一个民族发展至关重要。核电厂技术密集、安全要求高、知识技能复杂,既要保证安全又要发电,就需要一支技能精湛、纪律性强、团队配合紧密的工程师队伍。对于运行团队来讲,运行执照人员无疑是这支工程师队伍里最重要的一个群体。

本文首先分析了中国核电机组近3年重大事件数据,随后对运行执照人员的技能维持和提升方案进行了分析,最后提出些建议。

2 主要分析结论

调取和分析中国核电机组近3年重大事件数据,特别是对产生了停机停堆、核安全状态降级、核安全重大设备损坏的事件分析,可以分析目前运行执照人员技能不足对核安全的影响情况。数据显示,过去3年中国核电机组共计发生停堆事件20余起,其中7起可以凭借运行执照人员技能避免停堆后果。其他80件电厂运行执照运行事件中,有8起因运行执照人员技能不足导致核电厂重大安全状态降级,有9起因持照人员技能不足导致核电厂重大设备安全功能受损。

2.1 运行执照人员技能不足导致部分核安全事件

2.1.1 运行执照人员技能不足未有效避免停堆事件的发生

对某核电集团内外部过去3年的停机停堆事件进行了统计,分析出7起事件运行执照人员可以凭借过硬技能避免停机停堆后果,这7起跳堆事件可以凭借运行执照人员的高超技能提高成功干预概率。然而事件过程中,响应迟缓、诊断失误、执行失误、干预错误等不足都暴露了中国运行执照人员群体对蒸汽发生器(SG)水位控制的客观规律缺乏深入研究,可以说对于SG水位控制技能的弱化是当前一段时间中国核电厂跳堆的主因。

2.1.2 运行执照人员技能不足导致核电厂重大安全状态降级

调阅了某核电集团内近3年来8起因持照人员技能不足导致核电厂重大安全状态降级的事件,因技能不足导致了反应堆压力边界、一回路水装量、反应性、燃料安全产生了安全状态降级。其中,反应性控制相关事件3起,反应堆超功率事件3起,如果技能不足导致的事件发展未有效控制,有可能导致更为严重的后果。

2.1.3 运行执照人员技能不足导致核电厂核安全设备功能受损

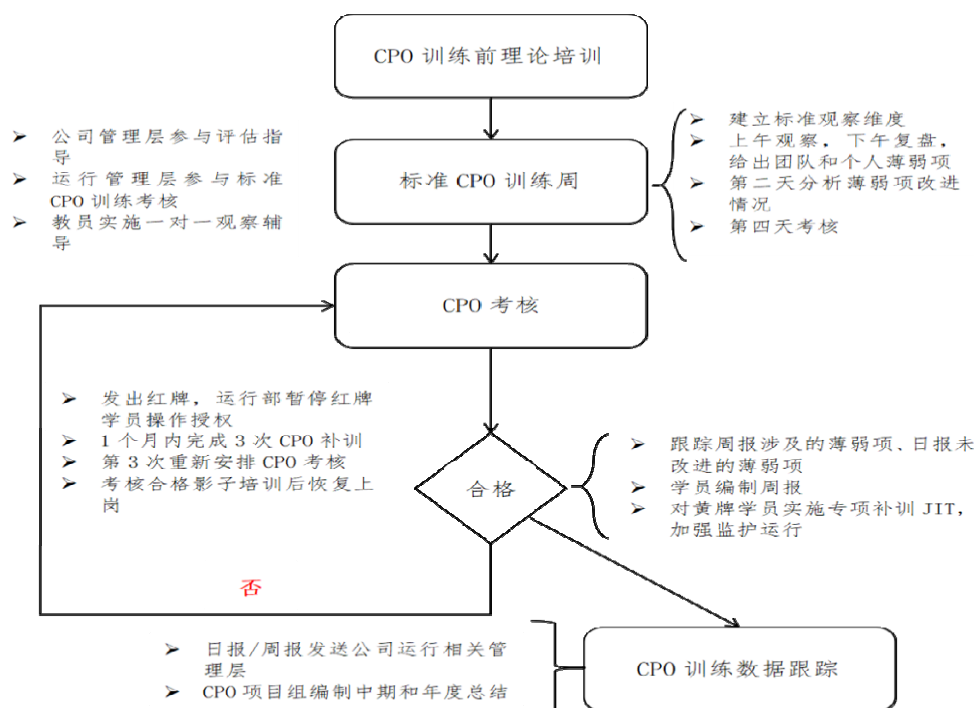


图1 标准化常态化 CPO 训练过程

调阅了某核电集团内外近3年来9起因持照人员技能不足导致核电厂重大设备安全功能受损的事件,从事件导致的核安全设备受损情况看,因技能不足导致了应急柴油机、安注泵、一回路冷却泵、应急电源、SG水位等重要设备出现安全功能受损。

2.2 运行执照人员技能提升方法

2.2.1 运行执照人员技能不足的识别与探测

经过分析,核电厂对运行执照人员技能的短板和弱项识别与探测已基本形成标准化方案,主要还是基于问题导向。首先最直接的是事件导向,事件发生后可以通过根本原因分析法或故障树分析法进行技能不足溯源。其次是模拟机复训、运行执照人员的在岗实践和在岗观察、考核与竞赛。最后是内外部质保和管理巡视。

2.2.2 运行执照人员技能不足的分级分类管理

(1) 分级分类管理的必要性。运行执照人员技能需要分级分类管理,一方面基于核电厂的复杂度,核电厂运行人员的操作数量多且复杂,经统计一名运行执照人员需要执行的操作数量超过500项,如此多的操作如果全部予以同等重要的训练,无论人力资源还是时间资源都无法完成。另一方面,根据纵深防御的核电厂设计理念,核电厂的系统或设备由于其安全功能不同,其重要度也是不同的,为此从机组风险出发的运行活动分级管理应用而生,对于不同级别的操作应该加强训练,避免因技能不足导致严重后果。最后,未进入高风险分级的数量庞大的操作可以通过程序来实现操作的经验传承和安全可控,进入高风险分级的操作可以依托风险管控机制来进行风险的有效管控。第四,机组的瞬态和事故处理,需要按照FSAR的I、II、III、IV类瞬态和事故分类进行针对性强化训练,特别是高频的I、II类要重点训练。

在调研过程中,发现各电厂无论是运行部门还是培训部对于运行执照人员分级分类的技能分级体系特别是清单体系虽有一些雏形,但还没有有效建立系统化管理机制^[1]。

(2) 分级分类管理的考核。除了在日常训练、模拟机复训中对持照人员的技能按照重要度和紧急度两个维度应用帕累托原则开展训练外,在运行执照人员初训、复训也需要通过考核进一步明确导向,需要形成分级分类的重大失误和较大失误考核清单,这有助于运行执照人员清楚需要依靠技能和规则来守哪些底线。

(3) 重要且紧急类瞬态响应技能的饱和式补强。进行比对分析,核电站对诸如SG水位故障的训练长期以来存在训练少、训练不系统、训练难度低、训练不持续的问题,为了解决这一问题,某核电基地针对重要且紧急的瞬态响应特别是近几年频繁导致停堆的SG水位等技能开展了饱和式补强。通过补强训练和周期性复训,目前运行执照人员对SG水位的故障响应技能已得到大幅增强。

针对机组其他常见事件如甩负荷、强损相关的瞬态、停堆与停机、重要外部事件反馈等,都有类似的饱和式补强过程。

2.3 运行执照人员技能新管控方式

(1) 模拟机复训识别的技能不足及管理方案。模拟机复训和训练是运行执照人员技能提升的最重要平台和途径。调研某核电基地已建立了常态化“标准CPO训练”机制,依托WAN0-CPO最新评估标准和方式,在模拟机复训中对培训学员实施“一对一”强化培训以及考核,并对考核有弱项的团队或个人实施补训提升。标准CPO训练主要分为训前理论培训、标准CPO训练周、CPO考核、不合格红黄牌机制及JIT复训四个环节,其中不合格红黄牌机制还需要运行部门在机组上实行加强监护运行(黄牌)、临

时中止其操作授权(红牌,待考核合格并完成影子培训恢复上岗)^[2]。调研过程中,其他核电站针对运行执照人员技能不足的管理也有类似的管控方案,例如国内其他核电基地运行人员复训的红卡制度、黑牌机制、以及复训不及格率。如图1所示

针对培训和考核过程中的偏差数据,运行部和培训部还会开展二次分析,以识别技能短板,对重要短板开展针对性训练和辅导,2024年度18个运行值的标准CPO训练和考核任务,总计72场次,共计发现3044条偏差数据。经过考核,共计发出黄牌16张,个人全部完成弱项补训。

(2)通过考核与竞赛的技能管控方案。国内各电厂主要开展了如下方式的考核与竞赛形式,以促进运行执照人员持续提升技能,分为部门级、公司级、集团级、国家级运行执照人员技能比武,通常以季度或年度为单位开展,一般分为笔试和模拟机测试,这种大规模的技能比武,既是个人展示的舞台,也是各个运行部门执照人员技能管理的试金石。

随着智能手机的普及及人工智能的发展,部分核电站在考核方面有了更多的移动化、碎片化、周期化的测试,例如国内某核电基地针对知识和技能,编制应知应会题库,组织每周答题、每月抽考,运行值全员参与。

(3)运行执照人员技能与风险匹配机制。风险矩阵评估法(RAM)是一种广泛用于工程领域的风险评估工具。这种方法通过构建一个矩阵,对风险的概率和后果进行综合评估,从而确定风险的优先级和处理策略^[3]。调研过程中,部分电厂在运行执照人员风险前置管理上做了较多的实践工作,一是对运行活动基于风险矩阵的半定性、定量分析。二是针对运行执照人员的技能进行评估,以核查技能是否匹配风险,如果不匹配需要开展前置准备。三是对非周期性的高风险活动开展风险挑战与风险正向与反向交底。如下为某核电基地开展的运行执照人员技能与风险匹配机制。

(4)基于技能评估的运行执照人员积分机制。在调研过程中,国内核电集团针对运行执照人员技能提升动力都有一些设想,如某核电基地推出了运行执照人员星级评定体系,运行执照人员星级评定旨在有效提升执照人员职业荣誉感,精确评价执照人员技能水平,方案共计识别240项核心关键操作,以年为周期,统计、评估执照人员核心关键操作的执行和偏差情况,以飞行积分统计的方式开展授星,由公司正式颁发星级,以此推动和激励所有执照人员追求技能天花板和工匠精神。

3 思考与建议

3.1建立运行执照人员技能的分级分类管理

从调研情况看,目前国内核电厂在技能管理上还没有系统的建立运行执照人员技能的分级分类管理方案,一些核电厂的模拟机复训对核心技能的训练存在较大的不足,未有效针对关键技能开展特训,这从近年来蒸汽发生器水位导致的多起跳堆事件已显露无遗。

目前一些核电站,对关键核心技能的饱和式训练开展了全新的尝试,虽然这是血与泪的反思改进,但也取得了很好的效

果。建议各电厂发起运行执照人员技能分级分类管理体制,系统性的对运行执照人员关键技能进行管理,并以此引导和推动运行执照人员开展主次分明、强度分级的训练模式,组织运行执照人员开展系统性、长期性、高强度、高难度的训练,切实把运行执照人员的硬技能练好练透。

3.2夯实运行执照人员关键技能的训练与验收机制

针对运行执照人员技能不足的管理,复训的红卡制度、不及格率、红黄牌机制等形式都展现了对技能训练严格的验收机制,此外为了系统性建立运行执照人员技能探测机制,某核电厂还建设了运行执照人员模拟机培训数据分析平台,开发了标准化与常态化的CPO训练及二级分析,以及各电厂开发的模拟机复训重大失误和一般失误验收机制,都对运行执照人员的关键技能和综合能力起到了很好的把关作用。

尽管各厂有了很好的验收机制,但没有对关键技能的训练验收开发专项管理方案,例如SG水位异常的干预,干预的时长是多少?阀门开启速率多少?SG水位最低标准等都还不够细化,建议各电厂针对运行执照人员核心关键技能建立可量化、可评价的精确管控体系,以实现运行执照人员关键技能充分验收,组织所有运行执照人员真正把底线技能练好、练深、练透,为三位一体的核电厂安全兜好底、保好驾。

3.3建立运行执照人员关键技能认证与积分机制

中国工业化建设的过程中开发了劳动者技能评级体系,核电厂借鉴国外核电体系引入了OJT(在岗培训)和SAT(系统化培训方法)授权体系,但是无论是OJT和SAT对授权后的管理没有参照中国工业化专、精、深的专业技能逐级认证机制,虽然运行执照人员的技能涵盖项目很多,但建立在专业技能分级分类基础上的分级认证体系,对整个运行执照人员专业技能的提升起到巨大的推动作用。

4 结语

目前国内各核电集团和各电厂都开展了一系列运行执照人员技能比武和技能竞赛活动,有力地促进了优秀运行执照人员的职业荣誉感和提升技能的主动性,技能比武和技能竞赛制度的建立是运行执照人员高级人才选拔的重要机制。建议结合分级认证体系和技能比武机制,实现运行执照人员群体技能水平的广泛提升和高级人才的脱颖而出,不断夯实整个运行执照人员群体技能水平,推动中国核电事业的卓越发展。

[参考文献]

- [1]徐平生.核电站操纵人员模拟机培训与取照考试[J].核动力工程,2007,(4)108-111+121.
- [2]刘奎沙.基于CPO绩效观察在核电站操纵员模拟机培训中的应用与优化研究[J].当代电力文化,2025(11):146-148.
- [3]马明泽.核电厂概率安全分析及其应用[M].北京:中国原子能出版社,2010:22-23.

作者简介:

王辉(1982—),男,汉族,湖北荆州人,工程师,大学本科,研究方向:核电站运行控制。