

核安全文化与运行人员防人因管理

缪阳阳

阳江核电有限公司

DOI:10.32629/pe.v4i4.21756

[摘要] 人因失误是核电厂运行阶段机组安全性与可用率的主要威胁之一。本文以核安全文化八大特征为框架,结合某运行值实践与跳机事件复盘,提出运行人员人因失误的本质是“知道该怎么做但未做到”的行为退化,概括为“少一步”现象。据此构建“多一步”防人因行动体系(多想一点、多看一眼、多走一步),从理念、制度、文化三层面设计路径。实践表明,该体系使所在值实现连续六个月零人因,主动报告意愿显著提升,为核安全文化落地提供了可复制范式。

[关键词] 核电安全文化; 人因失误; 防人因

中图分类号: TL48 **文献标识码:** A

Nuclear Safety Culture and Human Factors Risk Prevention for Operational Personnel

Yangyang Miao

Yangjiang Nuclear Power Co., Ltd.

[Abstract] Human factors error represents one of the primary threats to the safety and availability of nuclear power unit operations during the plant's operational phase. Using the eight core characteristics of nuclear safety culture as a framework and drawing upon practical experience from a specific operating shift alongside a post-event analysis of a unit shutdown incident, this paper argues that the essence of human factors errors among operational personnel lies in a behavioral lapse – specifically, the situation where "one knows what to do but fails to do it" – which is summarized as the "One-Step Shortfall" phenomenon. Based on this insight, the paper proposes a "One-Step Forward" human factors prevention action system ("Think One Step Further," "Look One Time Longer," and "Take One Step Further") and designs implementation pathways across three dimensions: philosophy, policy, and culture. Practice has demonstrated that this system enabled the respective shift to achieve zero human factors incidents for six consecutive months, significantly enhanced the willingness to proactively report such incidents, and provides a replicable paradigm for embedding a robust nuclear safety culture.

[Key words] Nuclear power safety culture; Human factors; Human factor prevention

引言

核安全是核电事业的生命线,对运行人员来说,防人因就是最大的核安全,这一点在行业内已成共识,但具体到运行一线,人因失误依然是威胁核安全的首要风险源。IAEA的研究数据显示,核电厂运行阶段约60%~80%的异常事件与人因相关,人因对堆芯损坏频率的贡献在部分机组超过50%^[1]。国内核电经过多年发展,硬件条件已达到较高水平,但随着行业发展带来的人才稀释,运行人员操作安全反而成为安全链条中最不确定的环节。

2025年以来,核电运行领域连续发生多起典型运行人因事件:操纵员一回路换水无监护操作、操纵员按错按钮导致误释、隔离经理走错间隔导致应急电源母线失电、现场人员误碰

导致跳机。这些事件都有一个共同特点:没有一起是复杂工况下的技能不足,均为常规操作、简单环境中的行为规范退化。在程序、工具、人因工具卡等防人因体系都相对完备的今天,运行部门人因事件仍然频发,这值得运行人员深思。

我国的《核安全文化政策声明》提出了核安全文化的概念和核安全文化八大特征^[2],但如何把这八大特征变成运行人员“刻进本能的行为”,仍是一个难点。现有的研究大多集中在人因可靠性分析、操作规程优化这些技术层面,从核安全文化角度解构运行人员行为退化的文献相对不足^[3]。本文以所在运行值为对象,分析提出“少一步”行为退化模型,并据此构建“多一步”防人因行动体系,算是一线实践的一点总结,期望能形成可推广、可讨论的实践案例。

1 理论基础与分析框架

在INSAG-4中首次对“安全文化”给出了完整的定义并进行了系统阐述。我国《核安全文化政策声明》参照这一框架,提炼出八大特征:决策层的安全观和承诺、管理层的态度和表率、全员的参与和责任、学习型组织、全面有效的管理体系、持续改进、内部与外部沟通与交流。这八大特征构成了“决策—管理—执行”的电厂核安全文化体系,电厂的防人因管理应该以这个体系为基础。

在人因机理研究方面,行业内普遍认可的“奶酪模型”指出,事故是多重防御屏障同时失效的结果,每一道屏障的“孔洞”,最后都能归因到人因失误。传统的防人因管理和分析聚焦于规程、制度、人因工具卡等“硬屏障”,但对文化“软屏障”关注不足。

基于以上认识,我把核安全文化八大特征和奶酪模型结合起来,搭建了“文化—行为—失误”的三层框架:文化上的缺陷(八大特征落地不足)→行为退化(作业人员行为不足)→防御屏障失效(各层奶酪上的孔洞)→人因事件。人因失误看似是个体操作偏差,根子却是核安全文化在基层传导时的层层衰减。所以防人因管理不能只停留在“堵执行漏洞”,得往“育文化”上走。

2 运行人员人因失误的文化根源分析

2.1 “少一步”行为退化模型的总结概括

我所在的运行值在我接手之前,短短几个月内发生了六起人因事件和潜在人因事件。通过系统复盘发现一个共同的行为特征:没有一起事件是因操作人员不知道怎么做造成的,全部都是知道该怎么做但没有做到,比如操纵员随手将未操作的步骤画叉、现场电气开关带疑问核对、现场阀门操作走错间隔等,毛病出在同一个地方,该想的没想、该看的没看、该去的没去。所以我倾向于把运行人员的人因失误本质概括成“少一步”:少想一点:操作前未思考目的和风险;少看一眼:巡检、抄数时核对不仔细;少走一步:未到现场确认状态、风险就启动设备。

“少一步”的本质是习惯性省略。当“少一步”反复发生而未被纠正时,防人因的各项要求便从刚性约束退化为弹性选择,最终在某个临界点上演变为人因事件。这与“行为漂移”理论高度一致,操作者会无意识地逐步偏离规程要求,最终越过安全边界。

2.2 基于核安全文化八大特征的分析

从八大特征视角,“少一步”的根源可以归纳成以下六方面:

决策层承诺的退化,过度关注结果指标,形成执行层“报喜不报忧”的倾向,信息传递失真;管理层表率的退化,完全依赖流程制度的工作安排,只管干完,不管谁干,传递了“结果优于过程”的隐性信号;全员责任的退化,200%的核安全责任被简化为管好自己就行;学习型组织的退化,经验反馈停留在完成学习任务,未落实到行为改变;持续改进的退化,运动式持续改进,搞一阵风,风过了就恢复原样;内部沟通的退化,各级岗位信息不对称制约了开工前的风险识别。

2.3 跳机事件的深度反思

以我们亲身经历的误碰导致跳机事件为例,对“少一步”模型进行具体验证,事件的表面原因是承办商攀爬油箱时误碰跳机按钮,深层原因是三重“少一步”的叠加。设备层面:GFR跳机按钮的防误碰设计“少想一步”,仅仅依赖脆弱的防护罩,未针对人员通道场景进行评估和再设计;组织层面:再鉴定工前会对仪控专业“少看一眼”,未识别仪控专业未参加工前会;行为层面:运行人员、机械人员对现场作业风险“少走一步”,未主动延伸责任边界到仪控人员的行为管控。

这一案例充分印证了“少一步”模型和“奶酪模型”,单点的人因失误往往是多重“少一步”共同作用的结果,充满了各种所谓的“巧合”。

3 构建“多一步”防人因行动体系

3.1 核心理念

针对前文总结的“少一步”的行为退化模型,我在值里提出了“多一步”的防人因行动理念,在每一个可能“少一步”的地方,刻意地多做一步。在每一个可能“少一步”的环节,刻意地“多一步”。简单归纳就三句话,多想一点:操作前思考目的、风险;多看一眼:执行中多重确认;多走一步:在责任边界上多延伸一步,从只管自己到保护他人。

人因管理的本质,就是通过文化塑造与制度约束,推动团队从“少一步”向“多一步”迈进。

3.2 与核安全文化八大特征的关系

“多一步”防人因行动体系并非凭空创造,而是核安全文化八大特征在运行一线的具体做法,二者理论上高度契合。决策层的安全观和承诺,将安全承诺转化为“多一步”的文化;管理层的态度和表率,管理层通过多走一步的现场巡视,带头践行核安全文化;全员的参与和责任,人人皆可参与多走一步,主动延伸责任边界;学习型组织,不满足于“怎么做”,多问“为什么”;全面有效的管理体系,多想一步,让规程从“纸面”落到“地面”;持续改进,多进一步,不满足现有标准和成绩;内部沟通与交流;多问/多说;主动走近现场、打破信息壁垒。从生产环境上看,“多一步”行动覆盖了八大特征中的七个,尤其与“管理层表率”“全员责任”“学习型组织”“持续改进”“内部沟通”高度契合。这表明:“多一步”不是另起炉灶,而是用一句易于传播的话,将核安全文化变成运行人员的日常动作。

3.3 六条行为准则

光有理念还不够,为了能落地、能考核,我将多一步细化为六条具体的行为准则,操作前多想一步:思考“这一步的目的是什么?做错会怎样?有什么风险?”;执行中多看一眼:用多重手段验证正确性;交接班多走一步:现场确认设备状态;执行前多问一句:主动询问还有没有疑问;发现风险多说一句:及时提醒身边同事与现场人员;班前会、班后会、工前会多记一笔:文字记录工作要点和总结经验,而不是靠记忆。

六条准则的设计考虑了门槛要低、频率要高、行为要可验证的原则:每条动作都简单明确,可以随时执行,值长、机组

可以直观观察与评估。这种“微行为”设计借鉴了行为科学中的“助推”理论,通过降低行动门槛,培养好的行为习惯。在后续的工作中,还可以不断完善丰富“多一步”行为准则。

4 “多一步”的实践与成效

4.1 三阶段实施路径

“多一步”防人因行动体系的落地,按照“理念建立—制度保障—文化浸润”三阶段逐步落实,形成一个从认知到行为再到文化的完整闭环。

阶段一:理念建立。组织全员观看典型人因事件视频,开展“少一步”现象讨论,分析危害;从而引出“多一步”的解决方案,各岗位轮流对“多一步”如何开展发言,建立理念基础。

阶段二:制度保障。将六条行为准则纳入值内管理制度;建立每日分享机制,每人用一句话说明当天的“多一步”计划;设立每大轮班“多一步之星”评选并给予正向激励;推行每小轮班“多走一步”管理者现场巡视制度。

阶段三:文化浸润。每大轮班举办“多一步分享会”,分享典型案例;汇编《多一步故事集》,沉淀团队经验;举办“多一步开放日”,邀请兄弟值交流。使行为上升为文化,利用飞轮效应,形成自我运转的惯性。

4.2 量化成效

从我接手运行值后,经过六个月的实践,“多一步”行动取得显著成效(表1)。

表1 “多一步”行动实施前后关键指标对比

评估指标	实施前	实施后(6个月)	变化趋势
人因事件数	频发(每季度1~2起)	0起	下降100%
主动报告偏差数	月均≤2条	月均8~10条	提升显著
值长/机组长现场巡视频次	不定期	每班≥1次	制度化
轮班小结“多一步”分享参与率	—	100%	全覆盖
部门量化排名	倒数	中游	上升明显

4.3 分维度成效分析

(1)人因事件数量显著下降。从人因事件频发到连续六个月零人因,实现了安全业绩的根本性扭转。而且主动报告偏差数显著上升,说明这半年的零人因是真实的行为改善,不是数据美化。

(2)团队氛围明显提高。“多一步”分享打破了沉默文化,一扫过去死气沉沉的团队氛围。当班人员对现场风险的敏感

度与干预意愿提升明显,200%核安全责任真正从“口号”变为“行动”。

(3)低标准行为有效遏制。通过“多一步”行动体系的制度化落实,低标准行为大幅减少,去年的典型偏差在后续工作中基本绝迹。

(4)核安全文化八大特征全面提升。“管理层表率”“全员责任”“学习型组织”“持续改进”“内部沟通”这五个维度的落地效果提升明显,与前面的理论预期一致。

5 结论

本文以核安全文化八大特征的理论框架为基础,结合个人在运行值的管理实践,系统分析了运行人员人因失误的文化根源,结论如下:

(1)运行人员人因失误的本质不完全是技能不足,更多是行为退化,表现在少想一点、少看一眼、少走一步。这揭示了现阶段防人因管理的主要矛盾不在于“会不会”,而在于“做不做”。

(2)行为退化的根源是核安全文化在基层培育不足,尤其体现在管理层表率不足、全员责任退化、学习型组织与持续改进机制不完善。

(3)“多一步”行动体系不是另起炉灶,与核安全文化八大特征高度契合。通过值内制定的“六条行为准则”,将抽象的核安全文化和“多一步”行动体系转化为运行人员可执行、可探测的具体行为,通过三个阶段分步实施,完成理念到制度再到文化的完整闭环,理念、制度、文化三个阶段缺一不可,不可一蹴而就。

在正确政绩观的学习中,我们有一个共识,核安全是核电站最大的政绩,也是运行人员最大的潜绩。通过每一次“多想一步”的思考、每一次“多看一眼”的确认、每一次“多走一步”的坚守,累积起来的零人因,就是运行人员最大的显绩,也是核安全最坚实的防线。当“多一步”行动不用刻意提醒、成为本能习惯时,核安全的最后一道防线才算真正筑牢。

[参考文献]

[1]International Atomic Energy Agency.Safety Culture in Nuclear Installations: Guidance for the Enhancement of Safety Culture:INSAG-4[R].Vienna:IAEA,1991.

[2]国家核安全局.核安全文化政策声明[Z].北京,2014.

[3]张力,戴立操.核电厂人因可靠性分析与应用[M].北京:原子能出版社,2015.

作者简介:

缪阳阳(1989—),男,汉族,江苏南通人,工程师,大学本科,主要从事核电厂运行管理与核安全文化研究工作。