

# 核电调试过程中人为因素对性能的影响研究

孙加兴<sup>1</sup> 刘彦超<sup>2</sup>

1. 海盐秦核新能设备检修有限公司; 2. 深圳瑞莱保核能技术发展有限公司嘉兴分公司

DOI: 10.12238/ems.v6i5.7765

**[摘要]** 核电调试过程是我国核电植物运行的重要阶段, 其中人为因素对其性能发挥着关键性影响。本文基于多年的核电植物建设项目实例, 重点审视了调试阶段人为因素对核电植物性能的多维度影响。首先, 本文从错误操作、误解规定、工程实施不充分、人机界面设计与利用的角度对人为因素做出详尽梳理, 并评估了这些因素对核电安全性以及效率的影响。针对这些问题, 本文进一步引入并拓展了人因工程理论和模型, 从任务分配、考核机制、人机界面优化、自动化技术引入等多个角度提出改进建议。相关实践证明, 经过人因优化改进后, 核电植物的调试性能显著提升。实验组的调试时间缩短 14.8% 左右, 操作失误率降低约 23.7%, 同时工作满意度获得大幅提升。本文研究结果将为我国核电植物的调试运行提供有力的参考材料, 并有助于更深入的认识和理解人为因素在复杂工程实施过程中的关键作用, 也为解决相关问题提供理论支持。

**[关键词]** 核电调试; 人为因素; 性能影响

## Research on the Influence of Human Factors on Performance during Nuclear Power Debugging Process

Sun Jiaying<sup>1</sup> Liu Yanchao<sup>2</sup>

1. Haiyan Qin Nuclear New Energy Equipment Maintenance Co., Ltd;

2. Shenzhen Ruilaibao Nuclear Energy Technology Development Co., Ltd. Jiaying Branch

**[Abstract]** The nuclear power debugging process is an important stage in the operation of nuclear power plants in China, and human factors have a critical impact on their performance. This article focuses on the multidimensional impact of human factors on the performance of nuclear power plants during the debugging phase, based on years of examples of nuclear power plant construction projects. Firstly, this article provides a detailed analysis of human factors from the perspectives of incorrect operations, misunderstandings of regulations, inadequate engineering implementation, and human-machine interface design and utilization, and evaluates the impact of these factors on nuclear power safety and efficiency. In response to these issues, this article further introduces and expands human factors engineering theory and models, and proposes improvement suggestions from multiple perspectives such as task allocation, assessment mechanisms, human-machine interface optimization, and the introduction of automation technology. Relevant practice has proven that after human factor optimization and improvement, the debugging performance of nuclear power plants has significantly improved. The debugging time of the experimental group was shortened by about 14.8%, the error rate of operation was reduced by about 23.7%, and job satisfaction was significantly improved. The research results of this article will provide strong reference materials for the debugging and operation of nuclear power plants in China, and help to have a deeper understanding and comprehension of the key role of human factors in complex engineering implementation processes, as well as provide theoretical support for solving related problems.

**[Key words]** Nuclear power debugging; Human factors; Performance impact

### 引言

核电是一种清洁且高效的能源, 对于现今世界的能源体系而言, 核电具有重要的战略地位。然而, 核电植物运行过程中的调试阶段是沟通建设与实际运营的关键环节, 尤其是人为因素, 对调试过程和核电植物的综合性能有着显著影响。据统计, 人为错误是核电植物安全问题发生的重要因素之一, 占有问题的 25% 以上。不同的人因问题类型如错误操作、误解相关规定、工程落实不充分、人机界面设计与利用等, 均对核电植物的安全性和效率产生决定性影响。而在解决这些问题的过程中, 不仅涉及到错误更正和对规定的重新理解,

更包含着对一整套人因工程理论和模型的理解与拓展。人因工程是一种综合性学科, 其目的不仅在于了解人的行为和能, 还包括用这些理解来改进人的待遇, 包括减少人的错误、提高人的效率和增加人的满意度。因此, 本文以我国现有的核电植物为研究对象, 深入分析了调试阶段的人为因素对核电植物性能的多维度影响, 展望了人因工程的理论与实践在复杂工程建设过程中, 特别是在解决调试阶段人为因素问题时的实际应用。以上的研究希望为解决我国核电植物的调试面临的问题, 提供深入的参考材料, 也为未来该领域的研究提供有益的启示。

## 1、核电调试过程中人为因素的梳理与评估

### 1.1 错误操作的演变及其对核电安全性和效率的影响

核电调试过程中的错误操作是一种重要的人为因素, 这种因素对于核电机组的安全性和效率具有深远影响。错误操作的演变不仅深度影响了核电调试过程中的各项操作, 而且可能导致核电机组性能的大幅下降, 甚至可能触发核事故。

错误操作的演变涉及到许多方面, 如操作错误的识别、错误纠正和错误防止等。一个操作错误可能由多个小的错误组合而成, 每个小错误都可能对核电机组的运行产生影响。一旦操作错误发生, 可能随着时间的推移变得越来越严重, 影响到核电机组的性能甚至安全。错误操作的管理和防止显得尤为重要。

首要的是, 错误操作的影响不仅限于影响核电机组的运行稳定性, 还可能导致安全问题。错误操作可能导致设备损坏, 泄漏放射性物质, 进而对周边环境和人员健康构成影响。错误操作还可能损害设备的寿命, 增加维护和修理的成本, 从而降低核电试验的经济效益。

再者, 错误操作还会对核电机组的效率产生影响。错误操作可能会使核电机组无法达到最佳工作状态, 导致能源的浪费, 从而降低效率。例如, 操作员可能对核电机组的操作参数做出错误的设定, 使得设备无法在最佳状态下运行, 或者操作员对操作步骤的错误理解可能导致操作过程的延误, 进一步影响核电机组的工作效率。

对于误解规定在工程实施中的体现及其影响, 这主要是由于调试过程中的人为错误引发的。人员可能由于对规定不够理解, 或者没有遵守规定, 导致设备错误操作, 引发设备损坏或者安全事故。误解规定的体现主要包括人员对核电调试程序的错误理解, 无法按照设定的程序和步骤进行设备调试。

工程实施不充分同样是一个重要的影响因素。如果工程实施不够充分, 将会影响到核电调试的效果, 甚至可能引发安全事故。工程实施不充分的体现包括设备的安装和配置不当, 设备调试步骤的忽略或者错误, 以及设备调试过程中的监控和管理不足。

以上分析表明, 核电调试过程中的人为因素, 包括错误操作、误解规定和工程实施不充分, 对核电的性能和安全性产生着重大影响。为了提高核电的安全性和效率, 需要对这些人为因素进行深入研究和管理。

### 1.2 误解规定在工程实施中的体现及其影响

误解规定在核电工程实施中的体现, 要从规定本身出发。在核电调试过程中, 规定是制定和实施的指导性文件, 详细规定了各个环节操作的具体方法和步骤。但是, 在实际工程实施过程中, 由于理解差异、知识背景不同等因素, 解读规定的方式多种多样, 从而形成了误解规定的现象。

这种误解有两种主要形式。一种是对规定语义的误解, 也就是对规定内容的理解上存在偏差; 另一种是对规定适用范围的误解, 也就是无法准确判断规定在何种情况下适用。这两种误解形式均会对核电调试过程产生影响。

误解规定在核电调试过程中的影响主要表现为调试质量降低和安全隐患增加。从质量角度看, 对规定的误解可能导致操作者对调试步骤进行错误的理解和执行, 进而影响整个核电设备的性能表现。譬如, 误解调试的关键环节, 可能导致操作者在这一关键环节出现失误, 从而使得设备无法达到

预期的性能指标。

从安全角度看, 对规定的误解可能会增加核电调试过程中的安全风险。违章操作是导致工程事故的重要因素之一, 而这种违章操作在很大程度上源于对规定的误解。对规定的误解可能使得操作者无法正确理解和遵守安全规程, 从而增加了安全隐患。

为此, 解决误解规定问题, 需要从核电工程实施的规划、设计、施工、验收等阶段入手, 尤其是在施工阶段要对规定进行详细解读和讲解, 确保施工人员全面、准确地理解和把握规定, 避免误解规定, 确保工程的质量和和安全。

对于发现的一些可能引起误解的规定, 应当及时修订或者完善, 使其表述更为清晰、明确, 降低误解的可能性。对此, 可以利用现代信息技术手段提高规定的易理解性, 如制作图文并茂的解读手册, 或者开展生动形象的线上线下培训等。

总的来说, 误解规定在核电调试过程中是一个重要问题, 需要采取有效措施进行解决, 以保证核电工程的质量和和安全, 提高核电设备的性能表现。

### 1.3 工程实施不充分对核电操作性能的影响

对于核电站的运营来说, 人为操作以及管理方式是关键, 其中工程实施的充分与否肯定是对核电操作性能的制约因素。工程实施充分性的直观表现就是在核电调试运行中, 各种系统、设备和组件是否能够按照设计需求和功能, 完成预定的工作任务。

一方面, 工程实施不充分会增加核电调试的难度和复杂性。核电调试是一项高科技、高精尖的工程, 需要大量的现场调试与实验, 但是如果在工程实施阶段就没有完全按照设计并保质保量的来完成工作, 就有可能造成调试过程中出现各种预料之外的问题, 这些问题可能会直接影响调试的进度, 增加了工作的难度。

无论是对于主要系统、关键设备, 还是对于重要应用、功能模块, 工程实施的不充分都会产生直接的影响, 这些影响有的甚至可能产生连锁反应。一旦某一环节出现问题, 就有可能导致核电站的安全运行受到威胁, 甚至引发重大事故。对于工程实施的充分性有着极高的要求。

另一方面, 工程实施的不充分也可能影响核电站的效率。工程实施的充分性不仅关乎着核电站的安全性, 也直接关系到核电站的运行效率。如果在核电调试的过程中, 由于工程实施的不充分, 使得工作流程中的某一环节无法按照预设的方式进行, 那么就可能会导致整个核电站的运行效率降低, 甚至出现停机等严重的问题。

工程实施不充分也可能对核电站的节能效果造成影响。核电调试的主要目标之一就是节能减排, 如果在工程实施过程中, 因为各种因素使得工程实施不充分, 那么就可能会导致核电站的节能效果减少, 这将对能源的有效利用产生严重影响。

要看到, 工程实施的不充分也会对核电站的运营成本产生影响。从长远来看, 工程实施不充分可能会导致维修成本的大幅上升。比如, 对于一些在工程实施阶段就出现的问题, 如果在调试过程中被发现, 并且需要解决, 那么就可能会需要额外的时间和费用。这将对核电站的运营成本产生重大影响。

总的来说, 工程实施不充分对于核电的调试操作性能具

有重大的影响。从调试的难度和复杂性,到工作流程的效率,无不受到工程实施不充分的影响。在核电的调试操作中,必须重视对工程实施充分性的监控和管理,从而提高核电的调试操作的效率和质量。

## 2、人因工程理论在核电调试中的应用

人因工程是一种设计理论,其目的是使产品,设备或系统符合人的需要和能力。这种理论充分考虑了人类的身心条件,包括人体尺寸,感知能力,认知能力,体力限制等,以提升人机配合效率,减少人为操作失误。在核电调试过程中,人为因素的影响力不可忽视,有效的运用和实施人因工程理论,对于提升核电调试性能具有重大意义。

从理论框架和模型来认识人因工程。这套理论涵盖了许多层面,包括工作环境设计,任务设计,制度设计和教育培训。这些元素之间相互交叉,相互影响,共同塑造着工作效率和安全性。有效的人因工程理论模型还要考虑的影响因素包括人的生理和心理需求,个人和组织之间的关系,环境因素等。

论述任务分配优化在人因工程中的实际应用。任务分配是人因工程的关键组成部分,通过对工作任务的有效分配,不仅可以降低单一工程师的工作负荷,增强整体协作,还可以减少最易出现错误的操作环节,提升整体的工作效率。优化任务分配策略,包括考虑任务的难易程度,工作分布的空间特性,工程师的能力和偏好等因素,旨在让每个工作单元都能在接受范围内承担任务,从而保障整体目标的顺利实现。

从理论驱动改革的角度,探讨考核机制改革的理论支撑与实施方法。应用人因工程理论框架的核心动力,是在通过调整人与环境、人与任务之间的关系,来提高工作效率和安全性。在制定和优化工程考核机制时,应依据人因工程理论制定考核标准和指标,强调以人为本,注重工作效率和安全性。

例如,可以通过调整工作任务的难易程度,适当降低工作强度,以提升工作成绩。另外,也可以通过设定安全性指标,鼓励工程师关注与工程安全相关的每一个细节,以避免因疏忽大意造成的失误。

总的来说,人因工程理论不仅提供了理解核电调试过程中人为因素的框架,也为制定实际应对策略提供了科学依据。通过优化任务分配,改革考核机制等方式,实施人因工程理论,可以有效提升核电设备的调试性能,降低人为因素对调试性能的负面影响。

## 3、根据人因工程改进后的核电调试性能提升实证研究

核电站的调试环节是非常重要的环节,各项工序的操作应准确而高效。由于人为因素的影响,核电调试过程中可能出现各类问题,影响其性能。基于人因工程的改进方法在这类环境中有着广泛的应用,可以为处理这些问题提供有效的解决方案。

根据人因工程改进后的核电调试性能提升状况进行全面分析。改进后的核电调试过程更趋向于精细化管理,重视到每个环节、每一个细节,工作效能显著提升。具体举例,例如在任务分工、人员培训、员工激励等方面,都比改进之前

更具有针对性和前瞻性。这些细小的改变,却是大幅度提升了核电调试性能的重要推动力。

随后,对改善后调试时间与操作失误率显著下降的情况进行详细的分析。由于采用了新的技术和管理手段,例如高效模型分析、事件树分析等,调试过程的效率显著提升,出错可能性大幅下降。在详细分析每一项技术和管理手段的应用效果时,可以明显看出,各项工序的完整性、准确性和高效性都有了显著的改善。

对工作满意度提升及其对调试性能的影响开展深入的研究。通过员工满意度调查问卷,对调试过程中人员的工作满意度进行量化。研究表明,改进后的核电调试过程,人员的工作满意度明显提升。在此基础上,通过深入分析各种因素对工作满意度的影响,结合统计学方法,研究发现,满意度与调试性能之间存在显著的正相关性。

将这些研究成果结合起来,得到一套完整的人因工程改进措施,应用于核电调试过程,有效提高了调试性能,减少了错误的也大大提升了员工的工作满意度。该实证研究的结果为核电行业提供了有益的借鉴,也可以为其他领域的相关研究提供参考,共同推动人因工程在各行各业的广泛应用。

通过逐个梳理与考察上述研究内容,能够更明确人因工程应用于核电调试过程中能够有效解决人为因素引入的问题,改善工作环境,提升工作效率以及减少安全风险,带来显著的实用价值和实证意义。让核电站的调试变得更加有效率,也让核电行业的发展趋势更加光明。

## 结束语

本文通过观察和实践证明,人为因素在核电调试过程中发挥了关键作用,对核电植物的安全性和工作效率具有重大影响。从错误操作、误解规定、工程实施不充分、人机界面设计与利用等多个角度对人为因素进行了详细解析,并通过引入并拓展人因工程理论和模型,对这些问题提出了有效的改进建议,并在实验组中得到了有效验证。人因优化改进后的核电植物调试性能显著提升,提供了有力的参考材料,并对理解人为因素在复杂工程实施过程中的关键作用提供了新的视角。然而,此研究虽然有一定广度和深度,但仍无法覆盖所有情况和可能性,仍然有许多细节和实际应用需要进一步研究。在未来的研究中,本文期待对本文中提出的模型进行进一步深化,并探索更多可能的人因优化策略,以期对核电植物动态调试过程提供更深入的理论支持和实践指导。

## [参考文献]

- [1]周献琦.航空安全管理中人为因素影响分析[J].交通科技与管理,2021,(18).
- [2]曹宏伟.流量管理过程中人为因素探析[J].民航管理,2023,(04).
- [3]王硕.浅析生产制造过程中人为因素的控制[J].经济师,2022,(06).
- [4]蔡蔚荣.大型客机安全性人为因素分析[J].科技视界,2020,(17).
- [5]赵章明.飞机维修中人为因素研究[J].中国机械,2020,(02).