

核电厂辐射防护实操培训优化与评估建议

Optimization and Evaluation Suggestions for Radiation Protection Practical Training in Nuclear Power Plants

强晓龙 王伟 李平伟 关晓强 桑燕杰

Xiaolong Qiang Wei Wang Pingwei Li Xiaoqiang Guan Yanjie Sang

阳江核电有限公司 中国·广东 阳江 529900

Yangjiang Nuclear Power Co., Ltd., Yangjiang, Guangdong, 529900, China

摘要: 辐射防护实操培训作为辐射防护培训的一种有效形式, 培训内容的合理性和完善性直接影响从业人员的辐射防护技能水平。结合核电厂开展辐射防护实操培训的重要性、已开展的辐射防护实操培训及其存在的不足, 提出了对原有辐射防护培训进行优化改进的建议。通过实践, 优化后的实操培训内容更有针对性, 内容更加完善, 可以有效降低核电厂检修工作中辐射防护偏差的产生。

Abstract: Radiation protection practical training is an effective form of radiation protection training, and the rationality and completeness of the training content directly affect the radiation protection skills level of practitioners. Based on the importance of conducting radiation protection practical training in nuclear power plants, the existing radiation protection practical training and its shortcomings, suggestions for optimizing and improving the existing radiation protection training are proposed. Through practice, the optimized practical training content is more targeted and comprehensive, which can effectively reduce the occurrence of radiation protection deviations in nuclear power plant maintenance work.

关键词: 辐射防护; 实操培训; 优化; 评估

Keywords: radiation protection; practical training; optimization; assessment

DOI: 10.12346/peti.v6i1.9074

1 引言

核电厂作为一种高效、清洁的能源生产方式, 在为人类带来巨大利益的同时, 也伴随着一定的安全风险。其中, 辐射安全风险是监管部门最为关注, 也是核电厂区别于常规电厂特有的风险。为了确保员工和公众的安全, 核电厂必须开展系统的辐射防护培训^[1], 提高员工对辐射风险的认知和应对能力。培训形式一般分为理论培训和实操培训, 理论培训以课堂教员讲授的方式开展, 实操培训以工作人员的模拟演练方式进行, 设置相应的工作场景, 检验人员在场景中模拟工作时是否具备相应辐射防护技能^[2]。

2 辐射防护培训的重要性

核电厂的堆芯是一个强大的辐射源, 所有的放射性来源

于此, 工作人员面临着潜在的辐射风险。通过专业的辐射防护培训, 工作人员可以系统地了解辐射风险和防护措施、辐射防护相关仪表和防护用品的使用、辐射防护相关管理要求, 避免错误操作导致的辐射安全事件, 从而有效地降低辐射风险。

3 辐射防护培训体系

辐射防护培训是核电厂培训体系的一个重要组成部分, 包括授权培训和技能提升培训^[3]。授权培训是开展某类工作或进入某些区域的前提, 只有培训合格并签署相应的授权文件后, 才能开展相应的工作或进入相关区域。比如, 员工初次进入核电厂从事工作, 需接受辐射防护一级授权培训, 了解辐射防护基础知识, 获取辐射防护相关技能, 包括对核电

【作者简介】强晓龙 (1986-), 男, 中国陕西宝鸡人, 本科, 工程师, 从事辐射防护研究。

厂辐射风险的了解、防护措施的制定、核电厂辐射防护相关管理要求以及辐射防护用品和仪表的使用。技能提升培训是在相关实践中，针对人员容易出现偏差的领域进行总结开展的专项培训。比如，大修准备阶段，各检修单位会开展辐射防护实操培训，针对不同的工作场景，模拟不同的实操环境，进行相应的培训实操演练，提升人员的熟练度，避免在现场工作中出现偏差。

4 辐射防护实操培训内容

目前行业内各电厂辐射防护实操培训内容包括七件套的使用、附加防护用品的使用、辐射防护仪表的使用三部分内容。其中七件套使用和辐射防护仪表使用主要以视频讲解的形式开展，附加防护用品的使用包括视频讲解、模拟使用和教员评估三个环节，检验工作人员在特定工作环境下对辐射防护用品的使用以及污染区的辐射防护技能。实操流程如图1所示。

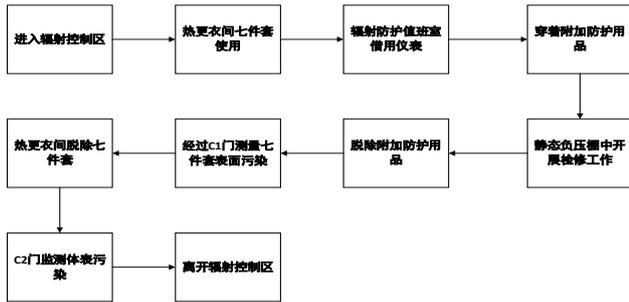


图1 辐射防护实操流程图（优化前）

现有的辐射防护实操培训弊端：①场景为通用内容，所有工作人员均是同一个实操场景，没有针对性。对于部分低风险人群，部分实操场景在后续工作中不会使用，浪费了时间精力以及培训资源。②实操内容不完善，没有涵盖辐射防护文件使用、工作准备、辐射防护标识使用、放射性物品运输等内容，这些内容也是检修过程中经常出现偏差的地方。

5 辐射防护实操培训内容优化改进

针对原有辐射防护实操培训的不足，通过培训需求收集及分析、课程设计、培训效果评估，2021年底对实操培训内容进行了优化，使用培训内容得以完善，覆盖了实际检修中可能出现偏差的主要失效点。

5.1 辐射防护实操培训需求收集及分析

通过对以往辐射防护异常事件进行分析，占比较大的前5类异常是污染作业区域不规范、未遵守污染防治要求、放射性物品存放转运不规范、防护用品使用不规范、防护用品污染，说明人员行为不规范是产生偏差的主要原因，需要对人员行为进行针对性的技能提升。

5.2 培训内容设计

根据人员作业类型、主要风险以及需要掌握的技能，优

化后的实操培训包括工前会、辐射防护仪表使用、辐射防护标识隔离带、辐射工作许可证使用、附加防护用品使用、放射性物品的转运以及污染区工作注意事项。每一个培训模块，有其对应的评估要点。图2为优化后的实操流程。

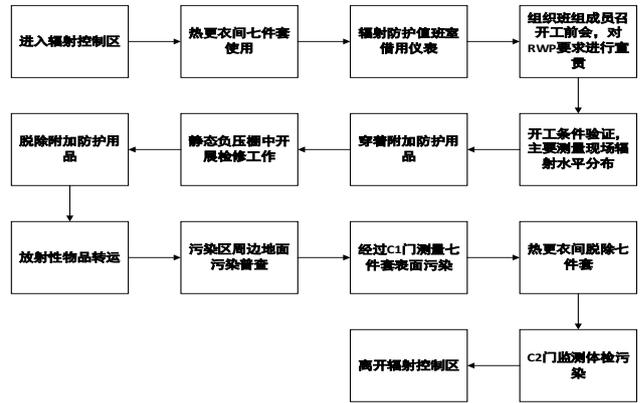


图2 辐射防护实操流程图（优化后）

实操内容优化后，针对不同的作业类型，需要掌握的实操内容略有不同。按照核电厂常见工作的辐射风险，将作业类型分成三种：高放射性污染工作（如放射性系统阀门解体）、其他放射性污染工作（如污染区内仪表校验）和非放射性污染工作（如非放系统检修）。作业类型与培训内容对应关系如表1所示。

表1 作业类型与培训内容对照表

作业类型 实操模块	高放射性污染工作	其他放射性污染工作	非放射性污染工作
工前会	√	√	√
辐射防护仪表使用	√	√	√
辐射防护标识、隔离带	√	√	√
辐射工作许可证（以下简称RWP）使用	√	√	√
静态负压棚（以下简称SAS）内附加防护用品使用	√		
污染场地附加防护用品使用		√	
放射性物品转运	√	√	
污染区工作管理	√	√	

5.3 过程评估

5.3.1 工前会

核电厂检修工作要求工作班组开工前召开工前会，工前会由工作负责人组织，参会人员包括班组成员，如有必要还包括安全监督人员、质量控制人员、管理者等角色。工前会评估内容包括以下方面：

- ①检查人员状态是否正常，工作准备是否完成（工具、文件）。
- ②向班组成员讲述工作过程辐射风险及防护措施。

③要求班组成员复述辐射风险及防护措施。④向班组成员讲述该类检修工作的历史经验反馈。

5.3.2 辐射防护仪表使用

辐射防护仪表作为辐射风险的重要监测手段,工作人员需要掌握其使用方法以及使用场景,该项评估要点包括以下方面:

①正确佩戴电子剂量计/个人法定剂量计。②借用辐射防护仪表并使用仪表验证仪表可用性。③正确使用各种辐射监测仪表,测量时不触碰货包表面。

5.3.3 辐射防护标识、隔离带的使用

辐射防护标识、隔离带作为辐射控制区内的辐射风险提示手段,工作人员需要了解其分类、用途、使用场景等,该项评估要点包括以下方面:

①不得擅自闯入悬挂辐射防护禁止进入/射线探伤隔离带的区域。②了解切实需要进入射线探伤隔离区,需联系射线探伤负责人(如何联系)。③了解切实需要进入辐射防护隔离区,需联系辐射防护值班室(电话号码)。④工作中远离辐射热点(未注意热点的要酌情扣分)。

5.3.4 RWP 的使用

RWP 作为控制区内工作的许可证,所有工单作用均要准备,这就要求人员要掌握 RWP 的准备技能以及现场使用的能力,该项评估要点包括以下方面:

①开工前踏勘工作场地,测量工作场地辐射水平,验证剂量优化措施的可实施性(被考核人要向考核人口头表述已执行)。②工作负责人将剂量优化措施逐项向班组成员进行宣贯。③工作负责人检查班组成员剂量优化措施已落实。④工作结束后,工作负责人已统计并规范填写人工时和集体剂量。

5.3.5 附加防护用品的使用

控制区内的工作,根据辐射风险的工作,需要在基本防护用品(七件套,包括安全帽、连体服、纸帽、T恤、袜子、纱手套、安全鞋)的基础上,穿戴附加防护用品。核电厂常用的附加防护用品包括外照射防护用品和污染防护用品,外照射防护用品包括铅衣、钨衣、铅眼镜、铅手套、铅围脖等,污染防护用品包括纸衣、乳胶手套、塑料鞋套、全面罩、半面罩、气面罩、气衣等。工作人员需要掌握防护用品的使用和穿脱要求。该项评估要点包括以下方面:

①防护用品的选择,根据从事的工作内容选择合适的附加防护用品。②SAS 中工作时,开工前需检查 SAS 密封性完好,气体分配器压力正常,人员的防护用品穿戴齐全。③工作结束后气管头使用白胶布包裹,“高挂低用”。④全面罩使用后测量其表面是否污染。⑤人员出污染区后正确使用表面污染仪表测量全身体表污染(测量顺序:手部→身体)。⑥脱除的防护用品分类收集。

5.3.6 放射性物品转运

工作结束后需要对现场产生的放射性物品进行清理,做

到工完场净。该项评估要点包括以下方面:

①A 对阀门进行包裹,包裹后将阀门放入红色收集袋后,张贴运输标签,由 B 进行转运。②阀门转运前,简单去污清洁降低源项,并对转运路径上的无关人员清场。③运输工作结束后对污染区周围和运输路线进行污染普查。

5.3.7 教员提问

整个实操流程结束后,教员需要对工作人员进行提问,考察工作人员对于部分重要知识点的掌握情况,该项评估要点包括以下方面:

①工作过程中 EPD 报警怎么办。②污染自查时发现地面污染怎么办。③不同剂量率的放射性固体废物分别转运至什么地方。④出 C1/C2 门有人员污染怎么办。⑤放射性物品转运过程中如何优化剂量控制(穿铅衣、熟悉路径减少转运时间)。⑥开工前经验证现场剂量优化措施无法执行如何开展工作。⑦列举降低剂量的主要优化措施有哪些。

5.4 培训效果

自 2022 年实操培训优化后,统计了某核电厂 2022 至 2023 年已完成的九次大修中偏差数量,同类型大修中偏差数量按照大修发生的时间顺序进行排序,均呈现下降趋势,如图 3 所示,说明优化后的实操培训对于人员技能的提升有一定的积极作用。

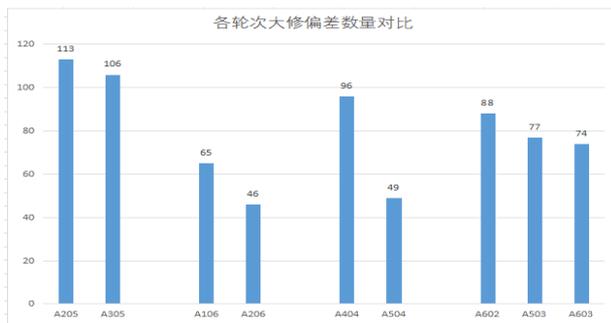


图 3 各轮次大修偏差数量对比

6 结论

实操培训时核电厂辐射防护培训的一个重要组成,对于增强员工的辐射防护意识和能力具有重要意义。通过上述有针对性的实操场景设置和培训,提升了工作人员技能,减少了大修过程中的偏差数量,提高了核电厂的辐射安全管理水平。通过定期的效果评估,可在实践中不断完善。

参考文献

[1] 核工业标准化研究所.GB 18871—2002 电离辐射防护与辐射源安全基本标准[S].北京:中国标准出版社,2002.

[2] 陈云飞.三门核电辐射防护模拟培训设计[J].辐射防护通讯,2015,35(4):6.

[3] 邝金荣.大亚湾核电站维修承包商基本安全培训与授权模式[D].上海:上海交通大学,2009.