

核电企业大修标准化体系建设探索和实践

韩 辉

(中国核电江苏核电有限公司, 江苏 连云港 222042)

摘要: 现代化快速发展背景下, 国家对能源需求呈现需求急剧增长的态势, 核电作为绿色高效能源得到战略性重视。本文在企业规模化、标准化、国际化的发展战略的基础上, 立足当前企业现阶段大修过程中存在的问题, 用科学的方法从大修规划、大修准备、大修实施、大修总结、大修队伍建设等方面进行分析, 以大修管理优化及业绩提升为切入点, 提出要将现代管理理念融入大修管理领域关键环节, 依托大修全流程管控标准化建设, 着力业务流程及大修资源配置优化, 积极探索打造具有系统性、科学性和先进性的大修标准化体系, 形成标杆精品标准。

关键词: 核电企业; 大修标准化体系; 标杆

中图分类号: TM623.7

文献标识码: A

DOI: 10.12230/j.issn.2095-6657.2022.26.040

核电企业大修是核电厂生产活动中的一个重要环节, 大修质量是确保机组检修后安全可靠运行的重要保障, 大修具有时间紧、项目多、机组状态转换频繁、安全质量控制严、技术要求高、决策响应迅速、计划性强、接口协调复杂、资源配置多等特点。在确保安全质量的前提下缩短大修工期、降低大修成本是核电企业增效的有力手段, 因为大修的结果直接影响电厂机组的安全性和经济性, 而安全、优质、高效的换料大修是世界各国核电运营者竭力追求的目标。

近年来, 国内核电大修业绩逐步提升, 当前已处于历史最高水平。以国内某核电集团为例, 22 台机组 WANO 综合指数平均值为 99.51; 2021 年 18 次大修平均工期为 31.06 天, 其中 11 次 C 类大修平均工期为 27 天, 13 次常规 (非 A 类) 大修平均工期为 28.66 天。根据资料显示, 近 5 年美国 Exelon 压水堆大修平均计划工期为 24 天, 其中 Byron1/2 核电机组平均计划工期控制在 18 天, 与先进同行对比, 国内核电大修管理水平还有一定的提升空间, 大修优化任重道远^[1]。为了提高大修管理水平, 必须要深入分析当前存在的短板, 并采取有效措施加以改进, 大修标准化体系建设是最有效的手段之一。

1 核电厂概述

电厂一期工程 (1、2 号机组) 是中俄核能合作标志性工程; 二期工程 (3、4 号机组) 是中俄深化能源领域合作重点项目; 三期工程 (5、6 号机组) 是“十二五”核电机组收官之作; 四期工程 (7、8 号机组) 是中俄两国核能领域迄今为止最大的战略合作项目^[2]。电厂采用了一系列重要先进设计和安全措施, 包括堆芯熔融物捕集器、全数字化仪控系统、反应堆厂房双层安全壳、非能动氢气复合器等, 1-6 号机组自投入商业运行以来,

始终保持安全、稳定、高效运行, 各项性能指标优良。通过不断地开展大修优化, 六台机组的大修工期呈逐年递减趋势。

2 大修管理现状和存在的问题

随着电厂商运机组数量逐渐增多, 多机组同步开展大修规划、准备、实施和总结工作, 对大修资源再分配需求强烈, 总体呈现大修准备时间紧、大修准备节点粗、人力技术资源不均衡、管理流程不统一等诸多问题。本文运用头脑风暴理论, 梳理了如下大修全过程主要工作内容及管理过程中可能存在的问题。

2.1 多机型大修带来的技术和管理方式不统一的问题

一、二、三期工程三者之间在运行模式、维修特点、大修试验方法、技术规范等方面存在较大差异, 从而导致大修管理人员兼容性差, 大修管理技术难度大等问题。

2.2 多机组并行大修带来大修资源不足问题

电厂商运机组达到 6 台, 进入群堆并行大修阶段, 2021 年共计安排了 5 次大修, 其中两台机组大修重叠时间高达 30 天, 对“人、机、料、法、环”等各方面的大修资源提出很大挑战。

2.3 机组能力因子达 96% 和当前大修管控水平差距问题

当前, 电厂提出实现机组能力因子 96% 的卓越目标。与目标相比, 电厂大修管控水平还有较大的提升空间。此外, 日益严格的安全监督, 社会各级对运行事件关注程度等外部因素对大修管理提出了更高的要求。

3 大修标准化体系建设采取的措施和取得的效果

本文总结电厂多次大修经验, 运用头脑风暴理论, 从大修规划、准备、实施、总结等全过程找出改进项。基于 PDCA 理

论确定课题和边界^[3]，以便制定提升方案，在大修中应用后再固化到程序中，建立了一套基于大修全过程管控和持续优化的标准化管理制度，提出健全“态度精心、过程精细、成果精品”的“三精”大修过程管控理念，助力实现电厂大修管理跨越式发展。大修标准化体系主要包含三个方面的内容，分别是：大修管理制度和流程标准化、大修经理培训体系标准化以及大修信息标准化、汇编形成大修标准化建设实践。

3.1 建立了大修全过程标准化工作制度与流程，实现大修管理精细化

选择从大修管理制度和流程方向确定课题，结合大修管理制度和大修管理工作经验，在大修准备、大修项目、大修计划与实施、大修总结等环节形成标准化的工作流程、标准流程操作说明、标准管理制度，累计编制了大修管理标准化流程 22 份。在过去的 7 次大修中进行应用，取得的效果显著，减少了大量的工作接口，实现了对大修管理全过程进行标准化、精细化管控，建立了以下标准化管理制度和标准化管理流程^[4]：

(1) 实现大修准备管理制度和流程标准化，编制标准流程 3 份；(2) 实现大修项目管理制度和流程标准化，编制标准流程 5 份；(3) 实现大修计划管理制度和流程标准化，编制标准流程 7 份；(4) 实现大修总结管理制度和流程标准化，编制标准流程 5 份；(5) 实现大修性能指标标准化，编制标准流程 2 份。目前，所有制度和流程已经固化形成了大修管理标准化工作指南。

3.2 建立了大修经理培训和授权标准化体系

群堆模式下大修管理工作极其繁杂，设置专职大修经理岗位和建立大修经理培训体系的必要性日益迫切。设置专职大修经理岗位可以明确身份定位，树立大修经理的组织核心地位，通过牵头单元机组大修工作的落实、推动提升各专业大修工作质量、检查各专业大修工作进展，做到对大修全过程工作的专业把控。

作为大修管理标准化产品的一部分，大修经理既是大修项目管理的第一人，也是大修管理标准化推广的基础和有效载体。

同时，设置大修经理岗位可以完善大修领域人员发展通道，稳定人员结构，激发人员工作积极性，实现精益化大修绩效提升的管理目的。具体内容如下：

(1) 明确了大修经理序列岗位属于大修组织机构设定的技术岗位，其培训授权按照大修项目计划岗位、大修主线计划岗位、大修总体协调岗位、大修计划经理岗位和大修经理岗位等五个层级设置；

(2) 制定了大修经理序列培训授权体系全流程管控流程，明确各个环节的责任和行动；

(3) 明确了每个层级的拟授权人员需具备的岗位任职条件；

(4) 制定了大修经理序列岗位核心课程清单，包括项目管理、大修组织管理、大修安全质量管理、大修实施管理、计划管控、运行控制、检修工艺等课程；

(5) 明确符合任职资格条件人员通过大修经理序列岗位培训、考核后可以获得大修经理序列岗位授权。

3.3 建立了大修信息系统标准化建设体系

按照电厂战略目标和发展方向，梳理大修管理全过程基线流程，分析大修管理现状和需求，做好顶层设计，通过合理适度投入，规范发展，构造科学的统一管理体制和运行机制，完善公司管理规章，提升大修管理水平。建立以大修计划管理系统为技术核心、以数字化大修指挥中心系统为决策核心的“双核”大修信息标准化流程，具体内容如下：

(1) 建立 OCC 数字化大修指挥中心、创新赋能大修全流程数字化

数字化大修指挥中心是核电厂大修的指挥、管理和协调中枢，为大修指挥机构全部人员集中办公、集中信息管控与展示、集中流程管控、作业现场视频监控、远程专家视频会议提供工作场所；可覆盖大修准备、大修实施、大修总结等全过程，包含数字化大修指挥中心软件系统和实体大修指挥中心两部分。

1) 数字化大修指挥中心硬件、软件系统（OCC）

在电厂智慧电站顶层设计指导下，开展数字化大修指挥中心建设，全面开展数字化大修的研发与实践。数字化大修指挥

表1 大修管理标准化工作制度与流程清单

序号	制度流程类别	制度和流程内容
1	大修准备	大修准备计划编制、大修准备进度控制、大修准备例会管理
2	大修项目	大修数据库维护、大修项目确定、大修项目维护、预大修项目维护、大修和日常交接
3	大修计划	大修里程碑计划、大修计划控制、大修主线计划、大修项目计划、大修专项计划、大修逻辑图、大修三天滚动计划
4	大修总结	大修总结会、大修完工报告、大修经验反馈、大修之星评审、大修关键路径工时分析

中心软件系统（OCC）已在5次机组大修试运行，有效解决了关键信息传递不及时、信息传递环节多等业务症结，为大修快速决策提供了强力支撑。主要功能如下：①实现大修管理全过程数据与数据中台关联，实现历史数据趋势分析或历次大修横向/纵向对比；②建立驾驶舱展示面板各结构模块，实现所有数据标准化、结构化，所有节点、数据与数据中台关联；③能够获取办公网络数据，生产系统（PI）数据以及全厂视频监控信息；④实现了大修机组状态自动识别与跟踪，大修关键路径水位实时可视生成；⑤具有大修安全、质量和进度等关键数据集成处理功能。

数字化大修指挥中心硬件、软件系统（OCC）通过开发基于核工业互联网的数据中台，实现了数据汇聚和数据建模的一站式数据资源整合能力，已具备多源异构数据采集、存储、治理、服务的综合数据处理能力，有效打通了核电大修各业务领域的数据流，为优化大修资源配置提供了硬核力量^[5]。

2) 数字化大修指挥中心实体工程

实体大修指挥中心用于大修管理人员联合办公、数字化大修中心软件效果展示，主要功能有：①通过实时摄像头掌握现场重点区域进展及动态，为安全监督、进度掌控提供依据；②实现人员与信息集成化，使各专业人员集中办公，也实现信息集中汇总到大修指挥中心；③通过OCC数字化大修指挥系统，实现现场作业的全过程实时展示；④通过大修指挥中心，实现各类证件办理服务集中化处理。目前电厂大修实体指挥中心正在依托二期办公楼开展土建工程建设。

(2) 制定大修计划管理系统建设规划

为了解决现有大修计划管理系统众多且无法关联，线下维护工作量巨大、人员失误风险高等问题，完成了大修新一代大修计划管理系统的详细设计，制定了大修计划管理全流程管控和电子化及可视化解决方案。系统上线后将打通生产维修系统（SAP）、企业文件管理系统（ECM）等系统数据接口，实现大修计划全过程管控的研究目标，成为智慧电站建设的重要成果，预计实现成果有：1) 实现大修计划管理全过程线上可视化管控；2) 规范大修项目来源，大修项目来源只能出自预防性维修数据库和日常转大修两种途径，实现按大修项目清单的线上管理，从大修项目变更申请，变更审批，大修项目内容增加、取消等环节，实现对预防性维修相关项目规划的调整全过程的

闭环控制；3) 优化大修预防性维修大纲中的偏移量控制项目触发模式，实现按照上一次大修轮次加周期触发项目模式；4) 实现线上编制大修主线计划，并设置水位标识字段和主隔离标识字段，实现带有水位标识的项目参与关键路径水位图的编制和带有主隔离标识的项目参与主隔离的编制；5) 建立标准大修主线计划数据库，建立各种机型、各类大修的大修关键里程碑、参考主线计划，并在系统内进行编辑修改；6) 实现对主线计划里程碑的编辑和可视化展示，实现对主线计划三天滚动计划的实时编辑修改；7) 实现主线计划和主隔离以及项目计划的动态关联。

4 结语

截至目前，电厂已完成32次换料大修。实践证明，通过大修标准化建设管理创新，可以优化大修管理水平，提高大修效率。当前，电厂在大修管理优化方面的工作是富有成效的，但距离打造世界一流核能多堆型综合利用产业群和多能互补零碳示范能源基地，实现96%机组能力因子的目标还有一定差距，这就要求我们不断完善自己，借鉴国际同行的良好实践，充分利用自身积累的数据和经验，对大修标准化体系建设积极探索，不断提升大修管理水平。

参考文献：

- [1] 金铁材. 核电站大修项目管理的改进与提升策略探讨[J]. 工程建设与设计, 2022, (05): 3.
- [2] 王先锋. 大亚湾核电厂换料大修优化研究[D]. 上海: 上海交通大学, 2008.
- [3] 何国军, 李智军. PDCA在大修值管理过程中的实践和探索[J]. 科技视界, 2021, (30): 157-159.
- [4] 王晓华. 油气钻采装备企业标准化探讨[J]. 中国标准化, 2022, (11): 4.
- [5] 蔡国杰. 核电厂大修中长期规划管理策略[J]. 内蒙古煤炭经济, 2021, (13): 2.

作者简介：韩辉（1976-），男，安徽砀山人，高级工程师，大学本科，现任江苏核电有限公司大修管理处处长，主要从事运行管理和大修管理研究。