

核电厂积压小缺陷管理流程优化研究

吉星星

大亚湾核电运营管理有限公司

DOI:10.32629/pe.v4i3.21092

[摘要] 积压小缺陷管理是核电厂设备运维与风险防控的一项基础性工作,其管控水平将影响机组运行的安全性、稳定性与经济性。本文分析了核电厂积压小缺陷管理流程现状以及数字化精益化背景下流程优化方向与提质空间,依托业务流程再造理论和精益化管理思路,提出了流程整合、搭建一体化信息平台、健全多专业联动研判机制的一体化管控优化方案。研究成果可用于提升核电厂积压小缺陷统筹管控效能,降低积压小缺陷累积风险,也为核电厂生产运维精细化管理提质、生产管理流程数字化转型提供参考。

[关键词] 核电厂; 缺陷管理; 流程优化

中图分类号: TM623 **文献标识码:** A

Research on the Optimization of Management Processes for the Accumulation of Minor Defects in Nuclear Power Plants

Xingxing Ji

Daya Bay Nuclear Power Operation Management Co., Ltd.

[Abstract] Management of accumulated minor defects is a fundamental task in the operation, maintenance, and risk prevention of nuclear power plant equipment; its effectiveness directly impacts the safety, stability, and economic efficiency of unit operations. This paper analyzes the current status of management processes for accumulated minor defects in nuclear power plants, identifies optimization directions and potential improvement areas under the context of digitalization and lean management, and proposes an integrated control optimization strategy based on business process reengineering theory and lean management principles—comprising process integration, establishment of a unified information platform, and enhancement of multi-disciplinary collaborative assessment mechanisms. The findings can enhance the coordinated management efficacy of accumulated minor defects, mitigate their cumulative risks, and provide insights for improving precision management in plant operations and advancing the digital transformation of production management processes.

[Key words] Nuclear power plant; Defect management; Process optimization

引言

核电机组系统结构复杂、设备品类繁多、运维体系庞大,标准化、体系化的设备缺陷管控模式是核电机组安全稳定、经济高效运行的重要保障。经过长期的运维体系建设与经验沉淀,国内核电厂已构建起科学完善、权责清晰、闭环可控的设备缺陷管理体系,形成了成熟的缺陷分级管控、风险防控管理流程。现有管理体系对重大、紧急缺陷建立了高标准的管控机制,实现了全流程规范化、精细化管控,为核电机组长期安全稳定运行筑牢了根基。

然而,在机组日常运维工作中,系统设备还普遍存在轻微渗漏、外观轻微破损、部件轻微卡涩等低风险轻微异常。此类小

缺陷单条运行风险可控、不影响机组即时安全运行,具有发生频次高、状态偏差小、隐蔽性强的典型特征。长期以来,核电厂依托成熟的缺陷管理制度,实现了这类轻微缺陷的有效管控。

当前,电力行业全面迈入数字化、智能化转型升级阶段,核电运维管理正向精益化、数字化高质量管理模式迭代升级。在此背景下,针对大量、低风险的积压小缺陷,现有管理模式仍具有较大的提质增效与升级优化空间。因此,本文开展核电机组积压小缺陷管理流程优化研究,立足现有成熟管控体系,结合数字化转型新要求,对积压小缺陷管理流程进行迭代升级与体系完善,对推动核电设备缺陷管理数字化、精益化发展具有现实意义。

1 相关概念

1.1 小缺陷

小缺陷是指不影响系统设备安全运行、不影响机组出力、不产生即时安全风险,仅影响设备外观、辅助功能、运行体验的轻微设备异常。其主要特征为低风险、可择机处置、易积压。小缺陷并不代表不重要,小缺陷广泛存在于重要设备中,小缺陷的“小”是指缺陷的物理规模小、缺陷影响范围小、故障显现程度轻微、缺陷导致的直观损失小。小缺陷也包括“大”缺陷经过临时措施处理、风险降低后转化而来的缺陷。

1.2 积压小缺陷

核电厂对机组设备缺陷进行分级管理^[1]。积压小缺陷是缺陷管理体系中特殊的缺陷处置类别,是指暂时不纳入正常计划安排流程,择机处置的小缺陷。并不是所有的小缺陷均会积压,只有不具备安排条件的小缺陷,比如无备件、等待大修窗口的小缺陷,才会积压。积压小缺陷具有较低的缺陷处理优先级。

1.3 工单

工单^[2]是核电厂生产活动存在的载体,是设备缺陷的记录,是生产流程中流转的介质。设备缺陷从产生到消除全生命周期,均是以工单的形式存在,本文探讨的积压小缺陷也是以工单形式存在。

2 核电厂积压小缺陷管理流程现状

在长期的机组运维实践中,核电厂从缺陷状态评估、计划排程、备品备件保障、存量缺陷摸底清理、日常向大修移交等多个维度,搭建了体系完善、分工明确的积压小缺陷专项管理业务流程,流程权责清晰、精细度高,实现了积压小缺陷状态可控、风险可知、隐患可防。相关流程功能定位、管控节点如下。

2.1 小缺陷管理流程

该流程以设备维修专业为核心视角,聚焦小缺陷真实状态跟踪与发展趋势研判。流程节点包括缺陷跟踪点位辨识、跟踪频次设定、落实跟踪责任人、定期开展缺陷劣化状态评估、与生产计划排程流程建立业务接口联动。流程功能为持续掌握缺陷劣化趋势,提前预判风险,为检修计划安排提供依据。

2.2 等状态管理流程

该流程立足生产计划视角,核心作用是识别、划分缺陷检修所需窗口并监测窗口时机,一旦对应检修窗口具备作业条件则立即启动工单排程。流程将积压小缺陷检修窗口划分为:大修窗口、小修窗口、降功率窗口、日常预维窗口、跟踪观察等。核心业务节点包含:缺陷检修窗口分类、缺陷安全评估、工单等状态激活。

2.3 等备件工作票管理流程

本流程管理因备件缺失而无法安排消缺的小缺陷工单,连接生产计划与备件采购业务流程。缺陷产生备件缺口时,流程触发分级分类采购提报需求;待供应链反馈备件到货信息后,将工单回流至生产计划流程重新排程。

2.4 长期难处理缺陷推动处理流程

流程用于常态化清理积压存量缺陷,推动及时消缺、降低

“库存”,定期开展三项核心工作:对长期难处理项目开展状态评估及安全评估、复核确认缺陷检修所需窗口、根据两者评估结果统筹推进消缺,避免缺陷长期搁置累积安全风险。

2.5 日常纠正性维修项目转大修流程

作为存量缺陷由日常向大修移交专项流程,专门筛选积压小缺陷中仅可在机组大修期间实施的消缺项目,匹配当期大修检修资源与窗口期。经窗口适配可行后,定期分批次将缺陷工单从日常生产管理团队移交至大修团队,依托大修窗口期集中完成缺陷消除。

3 数字化精益化背景下积压小缺陷管理流程优化方向与提质空间

随着能源行业数字化、智能化、精益化运维转型持续推进,核电设备管理逐步向全要素联动、全数据贯通、全流程集约的管理模式演进。在此发展趋势下,现有以分线独立管控为主的业务模式,在跨流程协同联动、数据动态共享、集约化高效管控等方面具有较大的提质增效空间,具体优化提升方向如下。

3.1 跨流程统筹联动机制具备升级空间

当前小缺陷各专项管理流程依据专业职能进行模块化划分,各业务流程聚焦各自管控领域开展专业化治理工作,分工体系科学、专项管控精准。在数字化、一体化管控发展趋势下,多流程独立运行的模式可进一步向全域协同管控升级。现阶段缺陷状态研判、检修窗口排程、备件物资保障、存量缺陷督办清理、日常转大修等流程相对独立,业务衔接主要依靠人工对接完成,尚未形成自动化的跨流程联动机制。若构建一体化联动管控逻辑,各业务线管控优势可进一步聚合叠加,进一步提升小缺陷全链条治理的整体性与协同性。

3.2 全维度数据贯通与动态管控能力可进一步提升

现有各业务流程均已建立完善的台账记录与过程管控体系,实现了积压小缺陷各维度数据的规范化留存与静态管理,有效支撑了各环节业务的有序开展。面向数字化动态运维管理要求,各流程数据链路可进一步打通。目前缺陷状态数据、计划排程数据、机组安全评估数据、备品备件供需数据分散存储于各业务模块,尚未实现全域实时同步、智能联动更新。流程间信息交互以阶段性静态更新为主,动态匹配、智能触发、全局研判的数字化能力有待完善。通过搭建一体化数据共享机制,可实现缺陷劣化动态、物资供应进度、检修窗口资源、系统运行状态的匹配联动,进一步提升机组积压小缺陷动态管控、全局精细化研判能力。

3.3 流程评估审核集约化程度存在提升潜力

现有管理流程针对积压小缺陷治理各环节设置了多维度、全覆盖的评估节点,通过多流程、多专业复核机制,充分保障了小缺陷处置的安全性,有效规避了积压小缺陷治理过程中的管控疏漏。在精益化、集约化管理升级背景下,多流程独立评估的模式具备进一步精简优化的空间。针对同一积压小缺陷,现有体系在状态跟踪、存量督办清理、日常大修移交等不同流程中,均设置了状态趋势评估、安全研判、窗口适配评估环节,同专业、同

内容的评估工作重复开展、结论无法互通复用。依托数字化流程整合与结论共享机制,可实现审核成果一次评估、全域复用,进一步精简流程、缩短小缺陷整体处置周期,全面提升积压小缺陷治理集约化管控效能。

4 积压小缺陷管理流程优化改进方案

4.1 整合业务流程,形成多专业深度联动管控模式

核电厂积压小缺陷管理相关的几个独立流程均包含小缺陷分类入池、池中跟踪评估、约束条件解除后出池三个节点,仅各个流程的池中跟踪评估内容存在差异,因此可以运用业务流程再造理论,对这些独立流程进行整合重构,构建多专业一体化深度联动的小缺陷管理流程。可以将现有的小缺陷管理流程、等状态管理流程、等备件工作票管理流程、长期难处理缺陷推动处理流程以及日常纠正性维修项目转大修流程中一部分,整合成积压缺陷管理流程,统一缺陷台账,统一流转规则,构建多专业深度协同的一体化管控模式。

整合后流程分为入池分类、池中跟踪评估、出池管理三大阶段。入池分类阶段,根据积压缺陷的约束条件分为等故障定位、等方案、等备件、等状态、等改造等类别,其中等状态分类还可以根据实际需要进一步细分为等大修、等小修、等降功率、等日常预维窗口等。池中跟踪评估阶段,对池中缺陷进行缺陷状态评估、计划排程评估、机组运行影响评估以及安全评估,不同的评估由对应的专业定期开展。需要说明的是,这一阶段需要对池中所有缺陷进行评估,和积压小缺陷的入池分类无关。出池管理阶段,功能是探测积压缺陷入池约束条件是否解除,一旦条件解除则及时出池,输出至正常的生产主流程中。

4.2 搭建一体化信息平台,实现跨专业信息互通复用

业务流程再造理论的应用需要先进信息化技术的支撑^[3]。搭建一体化信息平台,支撑流程整合落地。打破各独立流程之间的信息壁垒,打通各业务环节数据交互通道,优化离线表格、分散台账、线下对接等协同方式,实现积压小缺陷全流程、全专业信息实时共享、动态更新。

该一体化信息平台不脱离现有生产主流程,可以内嵌于现有生产管理信息系统,在维持全厂生产管理工作统一标准的基础上,实现积压小缺陷管理统一入口、统一台账、统一流转。延用工单作为统一业务流转载体,所有积压小缺陷的分类属性、缺陷状态趋势评估、计划排程信息、机组运行影响分析、安全风险研判等核心数据,全部嵌入对应缺陷工单,与工单深度绑定、同步更新。

通过一体化信息平台,各专业管理人员可实时掌握缺陷全维度信息,动态跟踪缺陷入池、评估、出池全流程进度,为实现跨专业协同联动、风险提前预判、资源提前统筹,提升积压小缺

陷处置的计划性、时效性和规范性,提供数据支撑。

4.3 健全多专业联合研判机制,提升积压小缺陷统筹管理成效

流程的整合与一体化信息平台的搭建,为积压小缺陷一体化联动管控提供了制度框架与数据基础,而提升协同管控成效,关键在于落实跨专业协同研判、动态统筹决策。流程整合并非摒弃原有各专业成熟管控经验,而是在统一流程、统一平台的基础上,完整吸纳原独立流程的管控目标、要点、标准与要求。同时,信息平台仅完成数据集中展示,若缺乏跨专业统一会商、联动决策配套机制,小缺陷的各类数据虽并列呈现,却难以形成联动逻辑,数据价值不能充分释放。因此,需建立多专业联合会诊、协同决策、统筹推进的管控机制。

参照多学科联合会诊工作思路,建立运行、计划、维修、设备、备件、安全、工改等多专业联动研判机制,打破专业壁垒,实现缺陷全维度综合分析 with 统筹决策。机制以数据整合研判、交叉事项统筹、最优方案决策为核心,综合研判缺陷劣化状态及发展趋势、设备运行风险、机组启停及大小修计划窗口、备品备件采购到货进度、改造施工安排、安全评估等核心信息,统筹权衡各维度影响,制定最优消缺排程、资源调配及风险防控方案,避免单一专业片面决策,全面提升积压小缺陷尤其是疑难小缺陷的统筹管控能力。

5 结语

本文依托业务流程再造理论和集约化管理思路,提出了构建积压小缺陷一体化统筹管控模式的优化方案。然而,业务流程再造是一项系统性工程,涵盖战略决策、再造计划、问题诊断、流程再造设计、流程再造实施、不断改进等多个阶段,本文的研究未能全面覆盖,且流程再造设计方面的论述也不够深入,比如积压小缺陷一体化信息平台与生产主流程的衔接设计、多专业联合研判机制所需的组织资源等方面未作深入论述。积压小缺陷管理流程的设计细化、所需的组织资源、实施步骤以及评估改进方面仍有待进一步研究。

[参考文献]

- [1]大亚湾是如何成为世界一流的[J].企业管理,2014,(7):44-49.
- [2]陈松江,关婷.浅谈SAP在大亚湾核电站的应用[J].中国设备工程,2011,(10):25-27.
- [3]李亚兵,宋丽娟.业务流程再造理论研究评述及启示[J].商业时代,2012,(18):85-87.

作者简介:

吉星星(1987--),男,汉族,湖北枣阳人,工程师,大学本科,核电厂工作过程管理。