

探析电力设备预防性维修管理改进与提升

郭肇进 冉东太

(江苏核电有限公司 江苏 连云港 222042)

摘要: 基于电厂预防性维修计划工作管理实践, 本文对某电厂预防性维修计划管控流程及现状进行了研究。利用电厂生产维修管理平台, 结合设备管理及维修经验, 通过系统化的预防性维修计划管理方法, 开发长周期计划管理系统, 构建一套高效预防性维修计划管理体系, 提高机组系统设备的可靠性, 降低电厂生产成本, 保障电厂安全、高效、稳定地运行。

关键词: 电力设备; 预防性维修; 长周期计划; 管理指标

0 引言

预防性维修是指针对电厂相关系统、设备和构筑物开展的防止和缓解性能劣化或故障, 或对设备的性能与状态进行监测、检查及跟踪, 以保证或延长设备使用寿命的维修活动。某电厂预防性维修任务来源于预防性维修大纲。预防性维修大纲由设备工程师根据法规、导则等上游文件或经验反馈编制, 在设备可靠性管理系统中进行管理。设备可靠性管理系统同步至企业内容管理系统中生成预防性维修数据库, 再由企业内容管理系统同步至生产维修管理系统中触发预防性维修计划条目, 在生产维修管理系统中对预防性维修项目进行排程, 生成预防性维修计划。

1 日常预防性维修管理现状分析

日常预防性维修管理是电厂运行管理的核心业务, 为了缩小电厂日常预防性维修管理与国内外同行的差距, 通过充分调研, 借鉴 INPO AP-928 工作管理过程中的长周期计划管理理念, 对日常预防性维修进行管理。某电站一期、二期、三期工程分别于 2016 年、2019 年、2021 年实施长周期计划管理, 使日常预防性维修计划工作取得一定成效。通过一段时间的实践总结, 部分工作还有优化提升空间。

(1) 系统设备重复隔离检修, 增加系统设备离线时间。同一隔离边界下设备预防性维修大纲基准时间不一致、周期不匹配(非整数倍关系), 如部分泵的本体与电机、容器与该容器的底排阀等; 同一隔离边界下的纠正性维修工作和预防性维修窗口不匹配, 导致系统设备重复隔离, 影响系统设备可靠性, 增加机组运行风险, 同时增加运行、维修人员的工作负担和计划人员的排

程难度。

(2) 设备预防性维修与定期试验及切换匹配度不够, 造成设备重复启停。同一设备预防性维修的修后试验和该设备定期试验不匹配, 造成设备重复启动; 因设备定期切换、消缺后临时切换等原因, 造成设备启停状态与预防性维修项目要求不匹配。

2 日常预防性维修计划管理改进与提升

综合梳理以上日常预防性维修计划管理中存在的问题, 有必要对长周期计划方法、管理手段和信息系统进行优化提升。通过总结长周期计划管理实践经验, 结合外部的学习交流和对标, 参考国内同行的良好管理实践, 建立系统化的日常预防性维修计划管理方法, 开发长周期计划管理系统, 补充超宽限期管理模块、设备运行状态跟踪系统和功能设备组等管理手段, 最终实现日常预防性维修计划从项目触发、工单准备、计划排程、许可证审批和工作执行的全过程精细化管理。

2.1 十三周计划管理优化

十三周计划管理是以工作周计划为单位, 以 13 个周为一个循环周期的滚动计划控制管理, 即将未来的某一周定为 T-0 周, 向前推 12 周定为 T-12 周, 将 T-0 周需执行工作的准备过程分解到 12 个周中, 并明确工作准备目标里程碑, 通过里程碑会议对跟踪协调事项进行管理, 从而实现对日常预防性维修项目的工作筛选、工作包准备、风险分析、隔离安全措施制定、计划冻结、工作执行, 以及工作总结的全过程管控和协调管理, 以降低系统风险, 优化资源分配。

通过设置 7 个里程碑节点对日常预防性维修计划进行管控。7 个里程碑节点分别为: 工作筛选、工单准备、范围冻结、计划冻结、工前准备、工作执行和工作总结。

2.2 开发信息化管理系统

2.2.1 长周期计划管理系统

信息化系统是十三周计划管理体系落地的重要支撑,可以进一步优化和促进管理基线流程的实施,通过开发长周期计划管理系统实现与生产维修管理系统的集成和共享,同时实现对预防性维修工作申请的触发、审核、分发、工作包准备、工作包审核、工作执行和关闭全过程的监控、跟踪,以满足新的管理模式的业务需求,确保与流程和制度落地的无缝衔接。

长周期计划管理系统可以实现以下功能:

- (1) 根据时间推演工作周里程碑节点,提醒工作周经理及计划相关人员进行工作准备;
- (2) 能够实时校验工作周内各项工作进展是否满足滚动计划的推进需求,并形成预警提示;
- (3) 具备范围锁定、计划冻结等功能,并实现清单的输出;
- (4) 能够交接不同工作周之间的任务传递;
- (5) 能够管理预防性维修计划执行期间的实际进度反馈和调整。

2.2.2 预防性维修超宽限期管理

为了解决人工手动统计、计算及跟踪超宽限期预防性维修项目的问题,实现对超宽限期预防性维修项目的可视化管理,通过对生产维修管理系统进行开发,设置日常预防性维修超宽限期管理模块。模块可以实现以下功能:

- (1) 实现对日常预防性维修超宽限期项目的智能计算、报表查询、报表导出功能;
- (2) 实现日常预防性维修项目的超宽限期报警、提醒功能。

2.3 优化日常预防性维修项目基准时间和周期

为解决同一隔离边界下的日常预防性维修项目触发基准时间不一致问题,减少日常预防性维修项目引起的重复隔离问题,采用分两步走的策略加以解决。

2.3.1 调整优化基准日期和周期

由于大规模的日常预防性维修基准时间优化需要消耗大量的人力资源,故先采用部分优化的方法,先对安全系统日常预防性维修项目基准时间进行调整优化,对机组安全通道日常预防性维修基准时间进行规划,对安全通道日常预防性维修基准时间进行统一调整;针对同一隔离边界下设备预防性维修大纲周期不匹配(非整数倍关系)的问题,对日常预防性维修数据库进行梳理,得到预防性维修项目周期不匹配数据表,进行统一优化。

2.3.2 推广建立功能设备组

功能设备组是指为完成某一特定的主要功能,而由不同类型的设备或部件组合而成的设备组合。该组合中任一功能设备失效,都将影响该功能设备组原有的特定功能实现。这些设备之间具有功能上的逻辑联系,可以适用同一隔离措施,或者必须一起停役。

为彻底解决同一隔离边界下的日常预防性维修项目触发基准时间不一致、周期不匹配问题,通过学习外部良好的实践并结合电站实际,准备推广功能设备组在电站的应用。为生产管理过程中的计划项目确定、工作包准备、隔离准备和计划排程等方面提供必要的数据和技术支持,将机组预防性维修、纠正性维修和定期试验项目更合理地匹配结合,从而达到减少系统设备重复性隔离和系统设备离线时间。

通过建立机组各系统功能设备组数据库,进而以功能设备组数据库为基础,对日常预防性维修数据库进行优化,对于处于同一功能设备组中的预防性维修项目,优化在同一个窗口执行,并调整其基准时间一致、周期(频度)优化为该功能设备组中最短周期项目的整数倍数进行匹配。互为备用的系统(系列)的功能设备组需错开停役窗口,统筹考虑。季节性工作对应功能设备组应按照季节进行匹配。

数据库建立完成后,需开发线上系统(模块)进行应用管理,应用时调用该功能设备组下所有项目,并安排时间窗口。后续功能设备组管理将应用于维修工作包准备、长周期计划排程、运行标准隔离、大纲优化和设备可靠性分级优化等方面,将大幅度减少设备重复停役、设备离线时间、预防性维修超期、设备缺陷积压,降低运维成本,实现对生产活动的精准化、精细化管理,打造高质量的精品计划,最终提高机组设备的可靠性和生产精益化的管理水平。

2.4 合理优化级纠正性维修工作响应时限

纠正性维修工作申请是长周期计划输入来源之一,在工作申请分发后,根据工作申请开始日期直接进入对应的长周期工作周进行跟踪管理。2级纠正性维修工作要求根据机组状态和资源情况在3周内尽早安排执行,3级纠正性维修工作要求根据资源的可用情况安排执行。

为解决一段时间内,同一隔离边界下设备消缺和预防性维修窗口不匹配导致的重复隔离问题,通过分析总结,发现有必要对原来的缺陷管理理念进行优化,对原“2级纠正性维修工作要求5天响应,3级纠正性维修工作要求10天响应”的管理要求进行优化明确。

(1) 2级纠正性维修工作要求7天内完成工前准备,根据初定的开始日期进入T-2周;

(2) 3级纠正性维修工作要求14天内完成工前准备,根据初定的开始日期进入T-5周。

这样,对2级、3级纠正性维修工作响应时限进行优化后,即可将日常预防性维修和纠正性维修工作进行统筹安排,减少系统设备的重复隔离。

同时,解决延长纠正性维修工作时限后带来的积压缺陷数量偏高问题,可从以下几方面入手:

(1) 严格缺陷提报管理,杜绝2级、3级纠正性维修工作但需要立即响应的情况;

(2) 要求设备管理部门定期对“故障缺陷”“小缺陷”进行梳理,减少“非设备缺陷”被判定为“故障缺陷”“小缺陷”的情况。

2.5 建立设备运行状态跟踪系统

要解决同一设备预防性维修工单和定期试验、切换的不匹配问题,核心问题是明确设备接下来一段时间的运行状态,根据设备运行状态,安排一个稳定可实施的日常预防性维修计划。为妥善解决上述问题,目前已开发设备运行状态跟踪系统。相关机组已开始试运行设备运行状态系统,该系统较好地实现了运行状态维护管理、设备运行状态展示及设备运行状态预测等功能,为计划人员对设备预防性维修工作提供了坚实的可靠的支撑。

2.6 设置日常预防性维修管理指标

为了考察、跟踪和评价日常预防性维修管理情况,设置了“工单准备完成率”“范围冻结率”“计划冻结率”“周计划完成率”“预防性维修超期数”等日常预防性维修管理指标。每项指标确定一组阈值数据,用

表 日常预防性维修管理指标

指标领域	指标名称	指标说明	目标值		
			绿区	黄区	红区
日常预防性维修管理指标	工单准备完成率	指T-7周实际完成工单准备的工作申请数量占T-11周计划完成工单准备的工作申请总数的比值,以百分比表示	$I > 95\%$	$90\% \leq I \leq 95\%$	$I < 90\%$
	范围冻结率	指T-5周已完成工单审批下达的工作申请数量占T-7周已创建工单且工单状态为运工审批的工作申请总数的比值,以百分比表示	$I \geq 90\%$	$80\% \leq I < 90\%$	$I < 80\%$
	计划冻结率	指T-5周范围冻结时的工单数量减去未出现在T-2周计划冻结的工单数量的结果与T-5周范围冻结时的工单数量的比值,以百分比表示	$I \geq 90\%$	$80\% \leq I < 90\%$	$I < 80\%$
	周计划完成率	指T-0周实际完成的工作申请数量占T-2周计划冻结要求完成的工作申请数量的比值,以百分比表示	$I \geq 90\%$	$80\% \leq I < 90\%$	$I < 80\%$
	预防性维修超期数	指重要一级设备预维项目超宽限期12.5%未执行项目和非重要一级设备预维项目超宽限期25%未执行项目总数(周期小于等于1个月以内的预防性维修数量不统计)	$I < 10$	$10 \leq I \leq 30$	$I > 30$

(下转第73页)

于判断是否满足要求,并对落入不同阈值区间(红、黄、绿)的指标赋予不同的状态,具体管理指标如表所示)。

(1) 绿区代表指标运行或管理状态良好;

(2) 黄区代表指标虽处于受控范围,但已经偏离正常或良好状态,是一种需要分析原因并加强监督或需要改进的状态;

(3) 红区代表指标存在较严重问题,已经对核电厂的安全和运行造成负面影响,是一种需要立即采取整改行动的状态。

通过上述指标的设置、指标数据的收集计算和指标结果的分析评价,客观地反映日常预防性维修管理的状况,针对出现异常状态的指标,制定整改行动并实施整改,不断提升管理水平。

3 日常预防性维修探索实践应用成果及后续优化方向

通过对十三周计划管理方法进行优化,并通过长期计划管理系统、日常预防性维修基准时间及周期优化、设备运行状态跟踪系统和设置管理指标等手段进行辅助管理,使日常预防性维修计划工单的工作准备、实施、关闭得到全面控制和跟踪协调管理,从而提高了日常预防性维修工单的执行率,降低了超期积压的预防性维修工单。

日常预防性维修管理控制指标,如“周计划完成率”“工单准备完成率”“范围冻结率”等指标管控状态良好,趋势稳定。

预防性维修数据库在多个系统之间传输、同步时,由于接口多和系统之间兼容性等原因,产生了少量的差异性数据,这给预防性维修管理工作带来一定的困扰,建立集预防性维修大纲管理、计划排程于一体的预防

拉向力传感器,后期维修较为便捷,且便于运输和溯源,能够适应多场景下的液压拉伸器高精度校准工作。高压泵选择环节,推荐应用气动液压泵,该种装置安全性更佳,输出的压力阈值较广,且支持连续启停操作,非常适用于液压拉伸器校准。

4 结语

综上所述,文章简要阐述了液压拉伸器结构组成及优越特征,指出该种装置的应用可以显著提升载荷准确度,为同步紧固、留存载荷检测提供便利。在此基础上,讨论了液压拉伸器紧固螺栓可靠性分析方法,给出了复合应力标准差、平均差计算公式,设计实现了自动化、智能化的液压拉伸器数据采集系统,内部装配多通道数据处理模块,开放CAN总线接口,可以实现高效的试验数据采集。在案例工况下运行测试,发现螺栓直径、长度、弹性模量均会对紧固可靠性产生影响,实践中应当科学计算复合损耗系数,将总拉力限制在合理范围之内,以泄压后螺栓伸长量为准设置运行参数,适

当引入分阶段油压稳停工艺对现有工艺进行改造,最大限度保障目标设备的顺畅运行。

参考文献:

- [1] 彭激文,杨双哲,陈全. 液压拉伸器校准方法研究和实验验证[J]. 工业计量,2021,31(05):1-4+34.
- [2] 蔡承奇,王光培,吴小岛. 液压拉伸器校准方法及数据分析[J]. 计量与测试技术,2021,48(02):60-62.
- [3] 廖兴祥. 液压紧配螺栓的拆卸及安装实例[J]. 航海技术,2020(06):57-59.
- [4] 房田,邓强. 螺栓液压拉伸器校准过程中应注意的问题[J]. 工程与试验,2020,60(02):81-82.
- [5] 卢志勇. 液压拉伸器的应用研究[J]. 化工设计通讯,2020,46(01):82-83.

作者简介:王健(1985.11-),男,汉族,江苏镇江人,本科,工程师/高级技师,研究方向:机械设计及其自动化。

(上接第69页)

性维修管理系统是未来的努力方向。

对于计划排程方面目前还存在以下问题:

- (1) 手动排程耗时长、学习成本高、优化目标单一,手动排程考虑因素不周全、存在出错概率等相关不足;
- (2) 后续日常计划智能排程是未来大趋势,实现计划的快速排程,生产提供科学、可靠的生产计划,通过智能排程系统的能力平衡,完成对设备资源合理、均衡地调配,提高了生产计划的准确性和可执行性。

4 结语

本文通过对日常预防性维修计划管理实践进行梳理分析,识别待优化提升项,提出了完善十三周计划管理方法,开发长周期计划管理系统、超宽限期管理模块,建立设备运行状态跟踪系统、功能设备组等管理手段,实现了资源合理配置,增强了各生产部门之间的协作配合,提高了日常预防性维修计划的管理水平。日常预防性维修计划的管理创新实践与持续探索优化,是践行创新、协调、绿色的发展理念,实现了资源合理配置、计划项目在实施前的充分准备和合理安排,提高人员、工器具的利用率,降低运维成本的效果,大幅降低机组现存缺陷数量和预防性维修项目积压数量,从而提

高计划执行率和减少系统设备离线时间,最终提高机组设备的可靠性,确保机组安全稳定地运行。

参考文献:

- [1] 王雷. 核电厂预防性维修与维护计划管理[J]. 科技视界,2021(17):170-171.
- [2] INPO(美国核电运行研究所). Work Management Process Description(AP-928,工作管理流程描述)[S]. Rev. 3, 2011.
- [3] 张涛,那闻飞,张衡,等. EAM系统和13周计划在福清核电厂的应用实践和研究[J]. 科技创新与应用,2015(19):75.
- [4] 吕顺,闵凡. 方家山核电长周期生产计划体系构建[J]. 科技视界,2016(27):408-409.
- [5] 邱文锋. 核电长周期生产计划体系构建研究[J]. 中小企业管理与科技,2018(7):14-15.

作者简介:郭肇进(1988.10-),男,汉族,湖北咸宁人,本科,工程师,研究方向:预防性维修计划管理;冉东太(1993.05-),男,汉族,四川南充人,本科,工程师,研究方向:预防性维修计划管理。