

核电厂百万级汽轮发电机组检修管理提升的探讨

蔡灵卫 张建杰

浙江华业电力工程股份有限公司

DOI : 10.12238/jpm.v6i3.7809

[摘要] 核电厂百万级汽轮发电机组是核电系统的核心设备，其检修管理直接影响设备运行的安全性和可靠性。当前检修工作面临组织结构复杂、技术能力不足及过程控制不合理等问题。本文通过分析汽轮发电机组的检修现状，提出从团队优化、任务驱动模型、科技创新等角度提升检修管理水平的具体措施，尤其是基于大数据分析、先进工具开发及里程碑节点导向的策略，为核电厂的高效运维提供了理论与实践支持。

[关键词] 核电厂；汽轮发电机组；检修管理；科技创新；里程碑节点

Discussion on the maintenance and management improvement of millions of steam turbine generator sets in nuclear power plant

Cai Lingwei Zhang Jianjie

Zhejiang Huaye Electric Power Engineering Co., Ltd

[Abstract] The million-grade steam turbine generator set of nuclear power plant is the core equipment of nuclear power system, and its maintenance management directly affects the safety and reliability of equipment operation. At present, the maintenance work is faced with problems such as complex organizational structure, insufficient technical ability and unreasonable process control. Through the analysis of steam turbine generator maintenance status, put forward from the team optimization, task driven model, scientific and technological innovation perspective of improving maintenance management level of specific measures, especially based on large data analysis, advanced tool development and milestone node oriented strategy, for the efficient operations of nuclear power plant provides theoretical and practical support.

[Key words] nuclear power plant; steam turbine generator set; maintenance management; scientific and technological innovation; milestone node

核电厂是清洁能源的重要组成部分，保障其百万级汽轮发电机组的安全高效运行是核电行业的重要任务。作为核电厂的核心设备，汽轮发电机组的复杂性和高负荷运行特点，使得定期检修成为确保设备长期稳定运行的关键。然而，现阶段的检修管理工作面临诸多挑战，包括多部门协作难度高、检修技术能力不足及项目控制存在短板等问题，这些都限制了核电厂整体运维效率的提升。因此，如何优化检修管理、提升技术支持和管理效率成为亟待解决的课题。本文从检修现状入手，结合科技创新手段，提出科学的优化策略，旨在为核电厂的检修管理提供新思路与实践指导。

1. 研究意义

核电厂作为清洁、高效的能源供应来源，其百万级汽轮发电机组是整个核电系统的核心设备。保障汽轮发电机组的安全、高效运行，不仅关乎核电厂的经济效益，还直接关系到国

家能源安全和环境保护目标的实现。然而，由于汽轮发电机组结构复杂、运行负荷高，定期检修成为确保设备安全可靠运行的重要手段。现阶段，核电厂汽轮发电机组的检修管理仍存在诸多不足，例如技术瓶颈、管理效率偏低和协调问题等。这些问题不仅制约了设备运行效率，还可能增加运行风险。因此，研究和探讨核电厂百万级汽轮发电机组的检修管理提升策略，具有重要的理论价值和实践意义。

本研究旨在通过系统分析汽轮发电机组检修现状，识别当前存在的主要问题，并提出优化管理的具体对策，为核电厂的高效运行提供支持。通过改善检修管理，不仅可以降低设备的运行和维护成本，还能够延长设备使用寿命，提高核电厂整体运行效率，为实现绿色能源战略奠定坚实基础。

2. 汽轮发电机组检修现状分析

2.1 项目团队组织结构复杂

核电厂汽轮发电机组的检修工作涉及多个部门和专业技术团队，包括机务、电气、仪控以及质量管理等。由于检修工作时间紧、任务重，协调各团队的资源与职责成为重大挑战。现有项目团队组织结构通常层级较多，职责划分不够明确，导致工作中责任不清、信息传递效率低等问题。例如，在某些情况下，电气与机务团队之间因职责交叉，可能出现工作重复或遗漏的现象。与此同时，面对复杂的检修项目，团队成员之间的沟通成本高，可能引发协作不畅，进而延误检修进度。

要解决这些问题，需要优化项目团队的组织结构，明确分工职责，缩短决策链条，提高团队之间的协同效率。此外，引入先进的项目管理方法，如关键路径法或精益管理，可以帮助优化资源配置和工序安排，从而降低组织复杂性，提高检修效率。

2.2 检修人员技术能力制约

百万级汽轮发电机组的检修技术复杂，对检修人员的专业技能和实践经验要求极高。然而，现阶段许多核电厂面临检修技术人员短缺或技术能力不足的问题。一方面，新进员工的理论知识虽扎实，但缺乏实际操作经验，难以应对复杂检修工作；另一方面，资深技术人员因长期高强度工作，逐渐流失或转岗，导致技术传承存在断层。此外，一些核电厂在检修人员培训方面的投入不足，技术培训形式单一，内容与实际需求脱节，进一步制约了检修能力的提升。

为破解技术能力制约问题，需要建立健全的培训体系，强化理论与实践相结合的培养模式。例如，通过构建仿真培训平台、组织技术比武或专家讲座等方式，提升检修人员的技术水平。同时，还可以引入技能认证制度，以激励员工不断提升自身能力，形成可持续发展的技术团队。

2.3 项目过程控制的合理性

核电厂汽轮发电机组的检修过程控制直接影响检修质量和进度。然而，在实际操作中，过程控制存在诸多不合理之处。例如，一些核电厂在检修计划制定时缺乏精细化的分析和评估，导致计划执行过程中频繁调整或延误。此外，部分检修工作在实施过程中对质量监督和风险管控的重视程度不足，导致质量问题的发生概率增高。尤其是在关键节点控制方面，因缺乏全面的风险评估和应急预案，容易因单点故障引发系统性延误。

要提升过程控制的合理性，首先需要在检修计划阶段引入科学的分析工具，如故障模式与影响分析 (FMEA) 或基于风险的检修 (RBI) 技术，以提高计划的精准性和可靠性。同时，应加强检修过程中的实时监控，利用数字化技术对关键参数进行在线跟踪，确保项目按计划推进。此外，制定全面的风险管控体系和应急预案，可以有效应对检修过程中可能出现的突发问题，确保检修工作高效、安全完成。

3 具体优化措施

3.1 从团队结构优化出发，实现组织运作规范化

优化团队结构是提升核电厂百万级汽轮发电机组检修管理效率的重要措施。当前检修团队的多部门协作和多角色参与导致责任分工模糊、沟通效率低下。为实现组织运作的规范化，需从以下几个方面入手：第一，建立明确的层级式团队架构，明确各部门的职责与权限，确保信息流通畅通且高效。通过明确的工作任务分配和责任划分，避免职责重叠或推诿现象。第二，实施以任务为核心的项目管理模式，设立专门的检修协调小组，负责跨部门的任务对接和进度监督，确保团队协作紧密。第三，推进组织中的技术和管理人员双轨并行模式，在关键技术岗位安排高技能人员，同时选派具备综合管理能力的人员作为团队协调核心，保障项目在技术与管理上的平衡。此外，引入外部资源时，应完善人员资质审查与责任协议，确保外部参与者与内部团队的高效融合。通过这些优化措施，团队内部运作更加规范化，整体协作效率大幅提高，为检修工作的顺利推进奠定了坚实基础。

3.2 以检修任务为出发点，开发团队需求模型

核电厂汽轮发电机组的检修工作复杂且技术要求高，因此需要以具体的检修任务为导向，开发科学的团队需求模型，从根本上提升任务的执行力和资源配置的合理性。首先，需要对每个检修任务进行分解与分析，明确任务所需的专业技能、人员配置和设备资源。例如，某些关键部件的检修需要特定领域的专家参与，而基础维护则可由经验丰富的技术员完成。基于任务需求，团队应构建需求匹配模型，将不同类型的人员资源与具体任务精准匹配，从而提高检修效率。其次，开发动态调整机制，根据检修任务的进展实时评估团队需求，适时调整人员配置或技术支持。再次，在需求模型的设计中，应融入核电厂运行的特性和安全要求，例如考虑辐射环境对工作时长和人员轮换的限制，确保人员在工作中身心健康和安全。最后，运用信息化技术实现需求模型的数字化管理，利用人工智能算法进行资源预测与优化分配，为未来任务提供更具有前瞻性的决策支持。通过开发和应用任务驱动的团队需求模型，检修工作的精细化管理水平得以显著提升，为高效、可靠的核电厂运行提供有力保障。

3.3 依托科技创新力度，实现先进技术应用

科技创新是提升核电厂百万级汽轮发电机组检修管理水平的核心驱动力。在现代核电行业，检修技术的迭代更新和智能化工具的应用为设备运维提供了全新的可能性。通过加强大数据积累与分析，以及开发先进工具，可以有效降低设备检修过程中的不确定性和人为因素影响，从而实现检修的高效化和精准化。

3.3.1 大数据积累和分析

大数据技术为汽轮发电机组的智能检修管理提供了坚实基础。首先，在设备运行过程中，发电机组产生大量实时运行

数据,包括振动、温度、压力等关键参数。通过搭建设备运行数据的监测与采集系统,可以实现数据的全面积累。其次,利用大数据分析技术,对历史检修记录、故障发生情况和运行性能进行深度挖掘,能够揭示出设备运行状态与故障发生的潜在规律。例如,通过数据分析可以预测部件磨损趋势,从而制定更加科学的检修周期。此外,大数据技术还可用于建立设备故障诊断模型,通过实时数据分析实现对潜在风险的提前预警。将大数据应用于检修管理,不仅能提升问题发现的准确性,还能优化检修计划的制定,最终提高整个核电厂的运维效率和安全性。

3.3.2 先进工具开发

先进工具的开发和应用是现代核电设备检修的另一重要方向。针对汽轮发电机组复杂的结构和高精度的检修需求,传统工具往往存在效率低下或适用性不足的问题。通过科技创新,开发更加智能化、自动化的检修工具,可以显著提升检修效率和质量。例如,借助机器人技术开发自动化检修设备,可实现对狭窄空间或辐射环境中的部件进行精准操作,减少人工进入危险区域的需求。此外,3D扫描与打印技术的应用,可用于快速生成设备部件的数字化模型,实现检修部件的快速检测和精准制造。在控制系统中,集成AI算法的智能诊断工具可以实时分析设备运行数据,为检修人员提供可靠的技术支持。通过这些先进工具的引入,检修过程将更加高效、安全,并进一步降低对人力资源的依赖。科技创新为检修管理注入了新的活力,助力核电厂在安全和效益之间实现更好的平衡。

3.3.3 检修流程优化

优化检修流程是提升百万级汽轮发电机组检修管理效率的重要途径。在现有检修工作中,由于流程设计不够精细化,经常出现工序衔接不畅、资源浪费和时间延误等问题,严重影响检修质量和项目进度。因此,针对汽轮发电机组检修流程的优化,应从标准化、精细化和动态化管理三个方面入手。首先,标准化是流程优化的核心。通过总结以往检修工作的经验和教训,建立涵盖设备检修、零部件更换、试运行等环节的标准化操作流程,同时细化每一环节的具体要求和技术参数,从根本上减少操作失误和随意性。其次,实施精细化管理,通过工作分解和责任划分,将复杂检修任务具体化到每个步骤,明确各小组的职责和时间节点。例如,针对高精密部件的检修工作,可以设立专门的质量控制小组,实时跟踪和监控关键环节的执行情况。此外,引入动态化管理机制,根据实际情况对检修流程进行灵活调整。例如,当某关键部件检修遇到技术瓶颈时,可优先调配资源支持,避免因单一问题导致全流程延误。通过优化检修流程,不仅可以提升项目执行效率,还能为后续的技术升级和流程再造奠定基础,最终实现检修工作的科学化和高

效化。

3.3.4 以里程碑节点为导向

在核电厂百万级汽轮发电机组检修项目中,合理设置和利用里程碑节点是确保项目顺利推进的重要管理手段。里程碑节点是指检修过程中具有关键意义的阶段性成果或工作目标,它不仅是进度控制的依据,也是资源调配和风险管控的重要参考。以里程碑节点为导向的检修管理模式需要从以下几个方面展开:第一,科学设定节点目标。结合检修任务的复杂性和周期性特点,划分出若干具有里程碑意义的关键节点,例如设备拆解完成、核心部件检修完毕、系统恢复测试等,确保每个节点都能准确反映项目进展。第二,强化节点管理与监督。在每个里程碑节点的执行过程中,应安排专人负责跟踪和汇报进度,同时定期召开专题会议分析完成情况,及时发现并解决潜在问题。第三,灵活调整节点策略。在实际检修中,可能由于外部环境或内部问题导致节点目标偏离计划,此时需根据实际情况对节点设置和资源分配进行动态调整。例如,当前期节点进度提前完成时,可适当调整后续任务分配,从而提高整体效率。最后,通过总结和分析各节点的执行情况,提炼成功经验与改进措施,为后续检修工作提供更具针对性的指导。以里程碑节点为导向,不仅能够提升项目管理的系统性和可控性,还能增强团队执行力,为高效完成核电厂检修任务提供强有力的保障。

4 结束语

核电厂百万级汽轮发电机组的高效检修管理,是保障核电厂安全运行和经济效益的关键环节。本文通过对检修现状的分析,提出了团队结构优化、任务需求模型开发、科技创新技术应用以及里程碑节点导向等具体措施。这些优化策略不仅提升了检修效率和管理水平,还为核电厂的绿色能源目标提供了有力支持。未来,应进一步探索人工智能、大数据技术和自动化工具的深度应用,以推动检修管理的智能化和精准化,为核电行业的可持续发展注入新的动力。

[参考文献]

- [1]陈卫勇.核电厂发电机定子冷却水系统功能验证与技改运行[J].电工技术,2024,(12):197-199.
- [2]翟长春,王元媛.核电厂应急柴油发电机组调速系统故障分析[J].核科学与工程,2024,44(03):507-512.
- [3]陈年时,翁云峰,李浩然,等.核电厂百万级汽轮发电机组检修管理提升的探讨[J].核标准计量与质量,2024,(02):43-49.
- [4]赵卫东,吴昉赞,邓彦礼,等.某核电厂发电机定子水冷却器盲板缝隙腐蚀原因分析及解决措施[J].全面腐蚀控制,2024,38(01):87-89.