

水电厂运行管理模式分析

梁 全 邴治邦 柴辉阳

国网甘肃省电力公司刘家峡水电厂 甘肃 永靖 731600

摘 要: 本文围绕水电厂运行管理模式展开分析,立足能源管理、设备全生命周期管理等核心理论,梳理传统集中式、自动化、智能化三种主要模式的特征差异,剖析当前我国水电厂管理转型中“大型引领、小型滞后”的现状及技术、管理、效益层面的核心问题,结合不同电厂类型提出差异化优化策略,为推动水电厂实现高效、安全、低碳运行,促进水电行业智能化转型与可持续发展提供理论与实践参考。

关键词: 水电厂; 运行; 管理模式

引言: 随着新能源产业快速发展与“双碳”目标推进,水电作为清洁、可再生能源的重要组成部分,其运行管理效能直接关系能源安全与生态保护。当前我国水电厂正处于从传统人工管控向自动化、智能化转型的关键阶段,不同规模电厂管理模式差异显著,仍面临诸多亟待解决的问题。基于此,本文系统分析水电厂运行管理模式的类型、现状与问题,探索优化路径,对提升水电厂运行效益、推动行业高质量发展具有重要意义。

1 水电厂运行管理相关理论与模式类型

1.1 水电厂运行管理核心理论基础

(1) 能源管理理论: 聚焦水能资源的高效利用与优化配置,兼顾经济性与环保性,核心是通过科学调度,最大化转化水能为电能,减少能源损耗,同时严控发电过程中的生态影响,实现能源开发与生态保护协同发展。(2) 设备全生命周期管理理论: 覆盖设备规划、采购、安装、运行、维护至退役的全流程,通过建立标准化管控体系,实时监测设备状态,及时排查隐患,降低故障发生率,提升设备可靠性与使用寿命,降低全生命周期运维成本。(3) 智能管理理论: 以数据驱动为核心,融合物联网、大数据、人工智能等前沿技术,实现运行管理的精准化与自主化,通过数据采集、分析与建模,为调度决策、设备维护提供科学支撑,打破传统管理的局限。

1.2 水电厂运行管理模式主要类型

(1) 传统集中式管理模式: 以人工操作为核心,实行统一调度、集中管控,适用于小型传统水电厂,依赖操作人员的经验判断,设备监控与操作多为现场作业,管理效率较低,容错率受人工能力影响较大。(2) 自动化运行管理模式: 依托SCADA、PLC等自动化系统,实现设备远程监控与自动操作,大幅降低人工依赖,减少人为操作失误,提升运行效率与稳定性,适用于中大型

水电厂,可实现多设备协同管控。(3) 智能化运行管理模式: 构建“感知-分析-决策-执行”闭环体系,融合数字孪生、AI诊断等技术,可实现运行状态实时感知、故障提前预测、调度自主优化,是当前水电厂管理的发展趋势,适用于大型、现代化水电厂^[1]。

1.3 不同运行管理模式的特征对比

(1) 管理效率对比: 传统模式人工依赖度高、响应速度慢、调度精度低; 自动化模式人工依赖度降低,响应及时,调度精度提升; 智能化模式基本实现无人值守,响应速度最快,调度精度达到最优。(2) 成本投入对比: 传统模式设备投入低,但人力成本高,运维成本随设备老化逐年增加; 自动化模式设备投入中等,人力成本大幅降低,运维成本相对稳定; 智能化模式设备投入高,人力成本最低,长期运维成本更具优势。(3) 适用场景对比: 传统模式适配小型、技术水平较低、地理位置便利的水电厂; 自动化模式适配中大型、技术基础较好的水电厂; 智能化模式适配大型、现代化、对管理效率和稳定性要求高的水电厂。

2 水电厂运行管理模式现状及存在的问题

2.1 我国水电厂运行管理模式发展现状

(1) 整体发展态势: 我国水电厂运行管理模式正逐步从传统人工管控向自动化、智能化转型,呈现“大型引领、小型滞后”的不均衡发展格局。大型水电厂依托技术优势与资金支持,已实现规模化智能管控,广泛应用数字孪生、远程监控等技术,大幅提升运行效率; 而小型水电厂受资金、技术、人才等因素制约,仍较多沿用传统集中式管理模式,自动化改造进度缓慢,转型步伐滞后于行业整体发展水平。(2) 典型案例现状: 以三峡水电站为代表的大型水电厂,已构建完善的智能化运行管理体系,融合大数据、AI诊断等技术,实现机组运行状态实时监测、故障提前预警与自主调度,运维效率

大幅提升,成为行业智能化转型标杆;而小型储能水电站多采用传统人工操作模式,仅配备基础监控设备,缺乏系统的自动化管控手段,管理成效有限,部分小型电厂甚至存在运维不规范、效率偏低等问题,与大型水电站的管理水平差距明显。

2.2 水电厂运行管理模式存在的核心问题

(1) 技术层面:部分水电厂尤其是小型电厂自动化水平偏低,仍依赖人工完成设备操作与状态监测;各系统数据标准不统一,数据孤岛现象严重,无法实现数据共享与协同分析;智能技术应用深度不足,多停留在基础监控层面,AI诊断、预测性维护等高级功能应用较少,且现有智能模型的泛化能力有限,难以适配不同工况下的运行需求。(2) 管理层面:管理制度不完善,部分电厂缺乏适配自动化、智能化发展的标准化管控流程,岗位设置不合理,存在职责交叉或空缺现象;从业人员专业素养难以适配智能化发展需求,多数人员仅掌握传统水电运维知识,缺乏数字技术应用能力;协同管理机制缺失,电厂内部各部门、电厂与电网之间的调度协同不足,影响整体运行效能^[2]。(3) 效益层面:调度机制僵化,部分电厂仍采用固定调度模式,缺乏对水文条件、电网需求的动态响应,弃水现象突出,导致水能资源利用率不高;运维成本偏高,传统人工运维模式人力投入大,且设备故障排查不及时,增加了运维损耗;市场响应能力不足,难以根据电力市场价格波动、负荷需求变化调整发电计划,影响经济效益提升。

2.3 问题产生的原因分析

(1) 技术投入不足:部分水电厂尤其是小型电厂经营效益有限,缺乏足够的资金支持,智能设备更新滞后,难以承担自动化、智能化改造的高额成本;同时,核心智能技术依赖外部引进,自主研发能力薄弱,无法根据自身运行特点优化技术方案,制约了技术应用效果。(2) 人才培养滞后:行业内缺乏兼具水电专业知识与数字技术能力的复合型人才,现有从业人员多为传统运维人员,数字技能提升缓慢;企业人才培养体系不完善,培训内容针对性不强,未建立常态化的技能更新机制,无法满足智能化转型对人才的需求。(3) 管理理念落后:部分企业管理层仍沿用传统管理思维,对自动化、智能化转型的重要性认识不足,缺乏系统性的转型规划;过于注重短期经济效益,忽视了技术升级与管理优化的长期价值,导致转型工作推进缓慢,难以从根本上解决现有管理问题。

3 水电厂运行管理模式优化策略

3.1 技术层面优化:推进智能化与数字化转型

(1) 构建全维度感知与数据融合体系:在电厂关键设备、流域水文站点、电网接口等核心场景,部署多维传感器网络,实现机组运行参数、水文水资源、电网负荷等数据的全面采集。打通各系统数据壁垒,统一数据标准与接口规范,建立覆盖全电厂的统一数据中台,对采集的数据进行清洗、校验与整合,提升数据准确性与完整性,为后续智能分析与决策提供高质量数据支撑。

(2) 深化智能技术应用:引入数字孪生技术,构建电厂虚拟镜像,实现物理电厂与虚拟电厂的实时联动,可模拟不同工况下的运行状态,为调度优化与故障排查提供模拟支撑;应用AI故障诊断算法,对设备运行数据进行实时分析,实现故障提前预警、精准定位与快速处置,替代传统人工巡检模式;研发并应用智能调度算法,结合水文预报、电网负荷需求等因素,实现运行参数自主优化与机组协同调度,提升运行效能^[3]。(3) 完善技术保障体系:加大设备更新投入,逐步淘汰老旧落后设备,替换为智能化、高效化设备,提升设备运行稳定性;加强核心技术自主研发,联合科研机构开展智能调度、故障诊断等关键技术攻关,减少对外部技术的依赖,提升核心技术自主可控能力;建立专业技术运维团队,明确运维职责,开展常态化技术巡检与设备维护,及时解决技术应用过程中的各类问题,保障智能化系统稳定运行。

3.2 管理层面优化:完善机制与提升素养

(1) 健全管理制度:结合智能化、数字化转型需求,修订完善现有管理制度,制定适配智能管理模式的操作规程、安全管控、数据管理等专项制度,明确各岗位的职责权限,避免职责交叉与空缺。建立跨部门协同管理机制,打破生产、运维、调度等部门之间的壁垒,实现信息共享、协同联动,提升整体管理效率;建立制度动态更新机制,根据技术发展与运行实际,及时优化完善制度内容,确保制度的适用性与可操作性。(2) 优化人员配置:加大复合型人才引进力度,重点引进兼具水电专业知识、数字技术与管理能力的人才,补齐人才短板;完善人才培养体系,制定针对性的培训计划,开展智能化设备操作、数据分析、AI应用等专项培训,提升现有从业人员的数字技能与专业素养。推动人员角色转型,引导传统运维人员向设备状态分析、调度决策、技术研发等高价值岗位转变,实现人力资源合理配置。

(3) 建立绩效评估体系:围绕运行效率、安全水平、经济效益、节能降耗等核心维度,构建科学完善的绩效评估指标体系,明确各指标的考核标准与权重。将绩效评估结果与员工薪酬、岗位晋升挂钩,建立“奖优罚劣”

的激励机制,倒逼员工提升工作质量与效率,推动管理模式持续优化;定期开展绩效复盘,分析评估结果,查找管理短板,针对性制定改进措施^[4]。

3.3 效益层面优化:提升能效与市场响应能力

(1) 优化调度策略:整合水文预报、气象数据、电网负荷需求、电力市场价格等多源信息,运用智能调度算法,制定动态最优发电计划,实现“来水多少、发电多少”的精准调度,最大限度减少弃水现象,提升水能资源利用率。建立调度动态调整机制,根据实时水文、负荷变化,及时优化调度方案,确保发电效益最大化,同时兼顾电网安全稳定运行。(2) 控制运维成本:推行设备预测性维护模式,基于设备运行数据与AI诊断结果,精准判断设备运行状态,提前开展维护工作,避免过度检修与故障停机带来的损耗,降低运维物料消耗;优化运维资源调度,合理调配人力、物力资源,减少人力投入,提高运维工作效率;加强成本管控,建立运维成本核算体系,定期分析成本支出情况,查找成本管控漏洞,针对性制定降本措施^[5]。(3) 提升市场适配能力:主动对接电力市场,建立电力市场信息监测机制,实时掌握市场价格波动、负荷需求变化等信息;优化电力交易策略,根据市场行情合理调整发电计划与交易方案,积极参与电力市场交易,提升交易收益;增强市场响应灵活性,建立快速调度响应机制,能够根据市场需求变化及时调整发电负荷,提升电厂在电力市场中的竞争力,最大化经济效益。

3.4 差异化优化路径:适配不同类型水电厂

(1) 大型水电厂:聚焦流域协同调度与数字孪生技术深度应用,整合流域内多座电厂资源,构建集团级智能管理平台,实现流域内水资源的统一调度与优化配置。深化数字孪生技术在机组运维、调度优化、安全管控等方面的应用,打造“智慧流域”管理模式,提升流

域整体运行效益;加强与电网的协同联动,参与电网调峰、调频,提升电网安全稳定运行保障能力。(2) 中小型水电厂:结合自身资金、技术、人才有限的特点,采用“交钥匙工程”等模式,引入专业技术服务商,降低智能化改造的投入成本与技术门槛。重点推进“少人值守、智能运维”转型,部署基础智能化监控设备与远程操作系统,减少现场人工投入;整合周边中小型电厂资源,建立区域协同运维机制,实现资源共享、优势互补,降低运维成本,提升运行管理水平,推动中小型电厂高效、可持续发展。

结束语

水电厂运行管理模式的优化是一项系统性工程,需立足技术升级、管理完善与效益提升,兼顾不同规模电厂的实际需求。通过推进数字化智能化转型、健全管理制度、优化调度策略,可有效解决当前管理中的突出问题,提升运行效率与经济效益。未来,需持续加大技术与人才投入,更新管理理念,推动管理模式迭代升级,助力水电行业在保障能源安全、践行绿色发展理念中发挥更大作用。

参考文献

- [1] 沈同科,孙勇.新形势下水电厂运行班组安全精细化管理的探索与实践[J].水电与新能源,2022,12(7):58-61.
- [2] 程炜.现代水电厂运行管理模式探究[J].写真地理,2023,22(13):136-139.
- [3] 马雨溪,吴昊远.无人值班水电厂运行管理模式的应用与发展[J].智能城市,2022,27(9):88-92.
- [4] 刘凯,吴劲波,张晓旭.基于无人值班模式的水电厂运行优化策略探讨[J].云南水力发电,2023,31(3):125-129.
- [5] 李超.桃源水电厂区间径流量与经济运行分析[J].小水电,2021,7(3):31-34.