

水电站运行效率提升的关键技术与实践

胡江娇

渝能（集团）有限责任公司，重庆 400000

[摘要]水电站作为清洁能源的重要组成部分,其运行效率的高低直接影响着能源利用效率以及经济效益。在电力需求不断增加、水电机组老化问题愈发严重的情况下,提高水电站运行效率已然成为水电行业发展的重要研究课题。从影响水电站运行效率的因素出发,对设备性能、水资源调度、管理水平等方面展开系统分析,同时深入探讨了设备改造、智能监测、优化调度以及绿色节能技术等多项技术路径,还结合管理措施给出了系统化的运行保障方案,期望能为我国水电站高效运行给予理论方面的有力支撑以及实践层面的有效指导。

[关键词]水电站; 运行效率; 关键技术

DOI: 10.33142/hst.v8i8.17349

中图分类号: TV736

文献标识码: A

Key Technology and Practices for Improving the Operational Efficiency of Hydropower Stations

HU Jiangjiao

Yuneng (Group) Co., Ltd., Chongqing, 400000, China

Abstract: As an important component of clean energy, the operational efficiency of hydropower stations directly affects energy utilization efficiency and economic benefits. With the increasing demand for electricity and the increasingly serious problem of aging of hydropower units, improving the operational efficiency of hydropower stations has become an important research topic for the development of the hydropower industry. Starting from the factors that affect the operational efficiency of hydropower stations, a systematic analysis was conducted on equipment performance, water resource scheduling, management level, and other aspects. At the same time, multiple technical paths such as equipment renovation, intelligent monitoring, optimized scheduling, and green energy-saving technology were deeply explored. A systematic operation guarantee plan was also proposed in conjunction with management measures, hoping to provide strong theoretical support and practical guidance for the efficient operation of hydropower stations in China.

Keywords: hydroelectric power stations; operational efficiency; key technology

引言

水电属于高效、清洁且可再生的能源范畴,其在我国电力系统当中一直占据着极为关键的地位。不过当下部分水电站呈现出运行效率欠佳、设备老化情况较为严重以及调度机制不够合理等状况,这些情况对整体发电效益的提升起到了限制作用。在“双碳”目标所指的方向之下,怎样科学地去优化水电站的运行方式,进而提升设备和调度之间的协同效率,已然成为技术研究以及实践应用方面的热门议题。本文针对水电站运行效率提升所涉及的关键技术与实践展开较为系统的阐述,从对影响因素加以分析开始,去深入剖析提升的具体路径以及相应的管理举措,目的在于构建起一套高效、安全并且绿色环保的水电站运行体系。

1 水电站运行效率影响因素分析

1.1 设备性能与维护状况

设备性能的好坏,直接决定了水电站发电效率的最高程度。其中,像水轮机、发电机这类核心部件的运行状况,对于能量转换效率的影响尤为关键。在长时间的运行过程当中,设备会出现机械磨损、电气老化以及润滑系统效率

降低等情况,这些情况都会使得设备输出功率减少。与此设备维护管理工作做得不够到位,比如说缺少定期的巡检以及精准的维护计划,那么就会进一步让设备性能变差,加大设备的运行阻力。所以,要想提高运行效率,最首要的任务就是要保证关键设备能够处于良好的性能状态,借助标准化的检修流程以及智能化的维护手段,以此来延长设备的使用寿命,并且提升发电效率。

1.2 水资源调度与利用效率

水资源调度的科学性对水电站发电效益有着直接影响,在开展流域性水电开发的时候,各水电站相互间调度配合的情况以及水资源动态调控的能力,是提升整体水能利用率的关键因素。调度计划要是忽视了来水规律还有水库蓄能能力,就容易出现弃水情况,导致资源浪费。洪水调蓄和发电需求之间的协调同样考验着运行管理的科学性,所以得综合考量水文数据、气象预报以及需求预测,借助建立动态优化调度模型的方式,达成水资源的高效利用并实现经济效益的最大化。

1.3 运行管理及调度水平

水电站的运行管理成效很大程度上决定了其运行机

制的协调状况以及执行效率的高低。就现状而言,部分水电站在实际运行期间往往依靠经验来做出决策,然而却缺少科学数据方面的有力支撑,同时自动化控制系统的应用也存在欠缺,如此一来便致使运行效率出现较大的波动情况。除此之外,在调度执行这个层面上,其响应速度以及调整能力同样会对运行效果起到颇为重要的影响作用。要是没办法对机组出力、水位控制以及负荷分配等方面展开高效的管理工作,那么势必会直接对发电的稳定性以及能效水平造成影响。所以说,要让水电站实现高效运行,那么提升运行管理在系统化、信息化以及智能化方面的水平就是一条必不可少的途径。

1.4 环境及外部影响因素

除了内部的技术以及管理方面的因素之外,外部环境的变化同样会给水电站的运行效率带来颇为重要的影响。气候发生变化所引发的降雨在时间与空间上的分布呈现出不均衡的状态,水文条件出现异常的改变,这使得水库蓄水的能力以及对来水进行预测的难度都增多了。与此上游地区存在的水土流失问题,还有泥沙淤积等方面的问题,也会对水库的调蓄能力以及水轮机进水的质量产生影响,进而使得设备的运行效率有所降低。除此之外,环保政策变得越来越严格,这就要求水电站在开展相关工作的时候,既要考虑到生态下泄流量方面的要求,又要兼顾发电效率,如此一来便在一定程度上对其调度的自由度形成了限制。所以,水电站需要在充分尊重环境所给出的约束这一前提之下,着力提升自身在技术层面的应对能力,以此来达成绿色以及高效这两重目标。

2 关键技术与提升路径

2.1 设备改造与优化技术

2.1.1 机组水力部件优化

机组水力部件在水能转换效率方面占据着极为关键的地位,其具体的设计状况以及实际的运行状态,会在很大程度上直接对水电站的发电效率起到决定性的作用。就老旧机组而言,运用三维水力设计以及 CFD 仿真技术,去针对叶片型线还有导叶间隙等相关部分展开优化重构的操作,如此一来便能够明显地提升机组对于水能的适应能力以及在运行过程中的稳定程度。与此对进水口以及尾水道的结构加以优化处理,这对于减少水流所蕴含的能量出现损耗的情况是有帮助的,进而也能让水流通得更为顺畅。借助现场测试和模型校核相结合的方式开展相关工作,以此保证水力部件能够在多种不同的工况之下都能够维持住较为高效的运行水准,最终促使整个水电站的综合运行效率得以提升。

2.1.2 发电机及辅助设备升级

发电机是将水能转变为电能的最终阶段,其运行性能对于整体能效有着决定性的影响。通过替换为高效能的线圈材料、对定转子结构予以优化以及提升电磁性能等举措,

可以大幅度地降低电能损耗。与此针对励磁系统、冷却系统以及绝缘结构等辅助设备展开技术方面的升级,可切实有效地改进设备的运行稳定程度以及响应速率。在这样的基础之上,联合现代传感器以及智能控制装置,达成对发电机关键参数的实时监测以及对其运行状态的调控,进而实现精准控制以及高效运行的目的。

2.2 智能监测与故障诊断技术

2.2.1 实时在线监测系统

实时在线监测系统属于实现水电站运行智能化方面的基础设施,借助构建能够涵盖关键设备以及系统的传感器网络,实时去采集像振动、温度、电压、电流这类运行参数,如此一来便可以对设备的健康状态做到较为全面的了解。该系统运用边缘计算以及数据融合技术,达成现场的快速响应以及动态调整,以此确保设备能够在最为理想的工况状况下展开运行。与此在线监测系统还能够对长期运行的数据加以记录,进而形成有关故障诊断与维护优化的知识库,从而为水电站搭建起具备自我学习以及自我进化功能的数字化运行平台。

2.2.2 预测性维护与故障预警

传统定期维护常常有维护过度或者出现延误的情况,这会对效率以及安全产生影响。预测性维护依靠历史数据还有实时监测信息,借助数据挖掘以及智能算法来分析设备的健康状况,提前把潜在风险识别出来,达成按需维护的目的。如此一来,维修成本得以降低,非计划停机的时间也能减少,设备的可用率也提高了。与之相配套的故障预警机制,在异常波动刚开始出现的时候就能触发预警,指挥值班人员迅速做出应对并进行修复,能有效地防止小故障进一步演变成重大事故。

2.2.3 大数据与人工智能应用

水电站于运行进程当中会产生数量颇多且来源多样、结构各异的数据,怎样去高效地对这些数据加以处理以及深入挖掘,已然成为了提高管理智能化程度的重要关键所在。借助构建起一个统一的大数据平台,将设备运行方面的信息、环境监测所获取到的信息以及调度计划等相关多维信息予以融合,进而形成能够进行可视化的分析模型,以此来给运行调度以及设备管理工作给予决策方面的有力支持。在这样的基础之上,再引入像神经网络、深度学习这类的人工智能算法,就能够达成诸如运行模式识别、发电趋势预测以及故障模式归纳等一系列的智能应用效果,从而推动水电站朝着具备自主判断能力、能够自主进行优化的智慧运行全新阶段不断发展前行。

2.3 优化调度与水资源管理技术

2.3.1 水库调度优化模型

水库调度优化模型在实现科学调度方面属于极为关键的工具,它是依据水文预报所给出的情况、需求预测的相关信息以及调度目标来构建起相应的数学模型。通过运

用启发式算法、混合智能算法等一系列技术手段,去针对蓄水、泄洪还有出力计划展开优化配置方面的相关工作。这一模型应当拥有动态调整的能力,要能够实时地对气象方面、水文方面以及负荷所发生的各种变化做出响应,以此来促使调度的灵活性得以提升,同时让其响应性也有所增强。模型所具备的可视化界面对于调度人员而言是很有帮助的,它能够助力调度人员更好地理解决策逻辑,进而使得调度工作的科学性以及可操作性都得到一定程度的提升。

2.3.2 多站联合调度策略

多座水电站联合运行能够提升流域的整体能效,借助建立跨站协调机制,达成信息共享以及运行协同,能够有效防止各站孤立调度引发的弃水或者发电低效的情况,在联合调度系统里,要综合考量各水电站的地理位置、蓄水能力以及负荷需求,构建协同运行模型,达成运行目标的全局优化,这一策略提升了水能利用效率,同时也强化了系统的抗风险能力以及应急调节水平。

2.4 节能降耗与绿色环保技术

2.4.1 能耗监测与控制

水电站运行之时,虽说不存在燃料方面的消耗情况,然而却有着诸多能量损失的环节,像机组出现的摩擦、发电时产生的损耗以及辅助系统所耗费的能量等等。去构建起能耗监测的系统,针对运行过程中各项能耗指标展开量化的分析工作,如此一来便能够找出那些高耗点,并且还能够据此提出相应的优化举措。再与先进的控制策略相互结合起来,比如负载的匹配操作、启停方面的优化处理还有功率平衡的调节事宜,通过这样的方式便可达成对全过程能效的控制目标,从而促使整体能源利用率得以提升。

2.4.2 环境影响减缓技术

水电开发会给生态系统带来一定的干扰,在鱼类迁徙、泥沙淤积以及水质变化等方面产生的影响是比较显著的。对于这些问题,可以采取像生态过鱼通道、生态流量调度还有清淤技术等一系列减缓举措,以此来减轻工程给自然系统造成的破坏。新型环保材料以及低噪声设备的应用,同样能够对运行给周边居民带来的影响起到有效的改善作用。把环境保护技术融入到运行管理体系当中,进而达成生态与经济的协调统一。

3 实践中的管理措施

3.1 管理精细化提升

设备的先进性和实际操作性与水电站的运行效率息息相关。在我国,水力发电是保障我国经济持续向好发展的坚实后盾,所以国家会投入大量的人力、物力来进行水电站的建设^[1]。水电站的建设人员、工作人员及管理人员等都必须认识到水电站的重要性和提升水力发电质量、效益的关键性。需着力研发高效能的水力发电设施,并且重视水电站的日常管理和维护。对于设备的检修与维护,需学习先进的经验,并实施责任管理制度。

3.2 员工技能培训与素质提升

人才乃是保障水电站能够安全且高效地运行的关键核心资源。借助系统性的员工培训计划,促使运维人员对于新技术以及新设备的理解程度以及掌握程度得以提升,这无疑是在提高运行质量方面极为关键的一个环节^[2]。培训所涉及的内容应当包含专业技术、安全规范、应急处置还有节能理念等方面,并且要采用将理论教学和实操演练相互结合起来的方式,以此来强化培训的实际效果。与此还应当去营造一种能够持续开展学习的企业文化氛围,积极鼓励员工参与到技能竞赛、技术交流以及创新实践等活动当中,不断地提升人员的整体素质以及专业水平,从而为水电站运行效率的提升给予坚实的人员方面的保障。

3.3 应急响应及安全管理体系

高效的应急响应机制以及完善的安全管理体系,二者构成了保障水电站稳定运行以及人员安全的基本前提。应当去建立起一个预案体系,这个体系要能够将事故预防、应急处置以及恢复重建整个过程都涵盖进去,要把各类事故的响应流程以及职责分工都给明确清楚,以此来保证要是发生了突发事件,能够做到迅速且高效地进行处置^[3]。与此还要强化日常的安全检查以及隐患排查工作,把责任制以及风险分级管控措施切实落实到位,进而提升对事故预警的能力以及管理方面的水平。借助智能监控平台,还能够达成对重点设备以及重点区域实施全天候安全监管的目的,从而构建起一张全方位且立体化的安全防控网络。

4 结语

提升水电站的运行效率其实是一项复杂的系统工程,在这个过程中,一方面要依靠技术层面不断地去创新以及持续地加以优化,另一方面也绝对少不了构建科学合理的管理机制并且能够高效地予以执行。本文从设备、调度、监测以及节能等诸多不同的维度来着手展开探讨,重点剖析了其中的关键技术路径以及相应的实践措施,同时也着重指出了管理在确保效率得以提升方面所起到的基础性作用。在未来,伴随数字化以及智能化技术不停地取得进展,水电站将会进一步达成从“高效”状态朝着“智慧”方向的转变,进而有力地推动我国的清洁能源体系朝着更加安全、更加绿色且高质量的方向不断发展前行。

【参考文献】

- [1]文元雄.自动化控制在水电站中的运用与实践[J].工程抗震与加固改造,2023,45(4):190.
 - [2]李文琰.关于促进小水电站运行人员技术水平提高的探讨[J].低碳世界,2023,13(7):127-129.
 - [3]陈涯.水电站运行管理中存在的问题和策略研究[J].建材与装饰,2020(19):294-296.
- 作者简介:胡江娇(1987.1—),女,毕业院校:国家开放大学,所学专业:工商管理,职务:高级运维工,职称级别:初级。