

水利工程电气节能设计问题与对策研究

杨 晨

乐山电力股份有限公司 四川 乐山 614000

摘要：水利工程是国民经济基础设施的核心，电气系统为其运行提供动力，电气能耗在工程总能耗中占比大。电气节能设计关乎工程运行效益、能源利用效率及绿色发展目标的达成。当下，我国水利工程电气节能设计存在设计、施工、运维等多方面不足，致使能耗偏高，影响工程绿色高效运行。本文结合水利工程电气系统特点，分析能耗环节与因素，诊断各层面现存问题，从阶段优化、技术创新、政策支持等方面提出对策，为水利工程电气节能设计提供理论与实践参考，推动水利行业绿色高质量发展。

关键词：水利工程；电气节能设计；能效优化

引言：我国推进“双碳”目标、践行绿色发展理念，水利工程作为高能耗基础设施，其电气节能设计对节能降耗、提升工程效益至关重要。水利工程电气系统承担水泵提水等核心任务，运行周期长、负荷波动大，能耗高且节能潜力大。当前，多数水利工程尤其是老旧工程，电气节能设计理念落后、技术应用不足，施工与运维也不规范合理，导致电气能耗超标、浪费严重，无法满足绿色水利发展需求。本文聚焦水利工程电气节能设计问题与对策，助力电气系统升级，为水利行业节能降耗提供支持。

1 水利工程电气系统特点与能耗分析

1.1 水利工程电气系统组成

水利工程电气系统是一个涵盖供配电、动力驱动、控制保护、辅助设施的复杂综合体系，其组成与水利工程功能定位、规模大小密切相关，核心目的是为工程防洪、灌溉、供水、发电等核心功能提供稳定、可靠的电力支撑。具体而言，电气系统主要由四大模块组成：一是供配电系统，作为整个电气系统的“动力中枢”，涵盖主变压器、高低压开关柜、输电线路、无功补偿设备等，负责将电网电能或自备电源电能输送至各用电设备，实现电能的分配与调控；二是动力设备系统，是电气能耗的主要载体，包括大型水泵、风机、电机、启闭机等，其中大型水泵、电机主要用于灌区输水、泵站提水等环节，是水利工程中最核心的高耗能设备；三是控制与保护系统，包括PLC控制系统、继电保护装置、监控仪表等，负责电气系统的运行监控、参数调节、故障保护，确保系统安全稳定运行；四是辅助电气设施，涵盖照明系统、应急电源、消防电气等，虽能耗占比较低，但直接影响工程运维便利性与应急保障能力^[1]。水利工程电气系统具有运行连续性强、负荷波动大、工况复杂等

特点，其组成合理性直接影响能耗水平与运行效率。

1.2 主要能耗环节与影响因素

1.2.1 高耗能设备（如大型水泵、变压器）

高耗能设备是水利工程电气系统核心能耗点，大型水泵、变压器能耗超电气系统总能耗70%，运行效率决定整体能效。大型水泵用于泵站提水等环节，水利工程长期运行，水泵常满负荷或高负荷运转。老旧水泵设计落后、零部件磨损，与电机匹配度差，易出现“大马拉小车”或“小马拉大车”现象，且缺乏有效流量、压力调节，能源浪费严重。变压器是供配电核心设备，能耗分空载与负载损耗。部分水利工程变压器能效等级低、容量选型不合理，长期轻载或过载运行，空载与负载损耗大增，老旧变压器能耗问题更突出，是电气节能的制约因素。

1.2.2 电网传输损耗与无功补偿问题

电网传输损耗与无功补偿不足是水利工程电气系统重要能耗环节，影响电能利用效率。水利工程多在偏远地区，输电线路长，部分工程布局不合理、导线截面小，线路电阻大，长距离低负荷输电时线损率超10%，且户外线路受自然因素影响，绝缘性能下降，漏电等问题增加损耗。此外，电气系统中异步电机等感性负载多，消耗大量无功功率，致系统功率因数低，增加变压器等损耗。部分水利工程无完善无功补偿设备，或选型不合理、运维不到位，无法有效补偿无功功率，提升功率因数，导致电网传输效率低，能耗增加。

1.2.3 运行管理方式对能耗的影响

运行管理方式影响水利工程电气系统能耗水平，当前部分工程运行管理不规范，加剧能源浪费。一方面，部分工程缺专业电气运维人员，运维人员技能不足，不熟悉设备运行规律与节能操作，易操作失误，使设备运

行参数偏离最优范围,增加能耗;且节能意识薄弱,缺乏主动节能积极性。另一方面,运行管理制度不完善,缺能耗监测、统计与考核机制,无法实时掌握各环节能耗动态,难精准识别能耗漏洞与高耗能环节,节能工作缺乏针对性。此外,部分工程电气系统仍手动控制,自动化、智能化水平低,无法精准调度与优化参数,设备冗余运行,能源浪费严重,难实现能耗精细管控。

2 水利工程电气节能设计现存问题

2.1 设计阶段问题

设计环节作为水利工程电气节能的首要关口,当前不少水利工程的电气节能设计存在诸多疏漏,直接为后期能耗过高埋下隐患。首要问题是节能设计理念匮乏,部分设计单位及相关人员对电气节能设计的重视程度不足,设计工作仍以满足工程基本运行条件为核心导向,未能将节能理念有效融入其中,也未将能效优化列为设计重点,致使设计方案缺乏系统、有针对性的节能举措。其次,设计方案缺乏合理性,部分设计人员未结合水利工程的功能定位、运行工况及负荷特征等实际情况,盲目套用标准设计模板,导致电气系统构成、设备选型、线路布局等均不符合节能要求,比如高耗能设备未优先选用节能机型、变压器容量与导线截面选型不当、无功补偿设备配置不足等,均大幅削弱了设计方案的节能效果^[2]。此外,设计深度不足,多数电气节能设计流于表面,缺少详细的能耗核算、多方案比选及优化论证,对节能措施的可行性与经济性考虑欠缺,导致设计方案难以落地,即便实施也无法达到预期节能目标;同时,设计阶段未兼顾后期施工与运维的便利性及节能需求,增加了后期节能改造的难度与成本。

2.2 施工与运维阶段问题

施工与运维是电气节能设计方案落地见效的关键环节,当前该阶段存在的诸多不规范现象,严重制约了节能设计效果的充分发挥。在施工环节,(1)施工单位未严格遵循设计方案施工,存在偷工减料、施工工艺不规范等问题,诸如导线铺设不达标、设备安装精度不足、无功补偿设备接线错误等,均会降低电气设备运行效率,增加能耗。(2)施工质量管控缺失,对电气设备与施工材料的质量检验不够严格,部分不合格产品,尤其是高耗能设备与劣质导线流入施工现场,不仅影响节能效果,还存在严重安全隐患。(3)施工人员专业素养偏低,对节能施工工艺与技术要求掌握不熟练,无法规范完成节能相关施工工序,进一步降低了施工质量与节能成效。

2.3 技术与政策层面问题

技术应用滞后与政策支持不足,是阻碍水利工程电气节能设计高质量发展的重要外部制约因素。高效节能技术与设备的应用范围有限,部分水利工程,尤其是老旧工程,仍沿用传统高耗能技术与设备,高效节能电机、变压器、无功补偿设备等的推广力度不足,节能技术更新速度缓慢;智能化、自动化节能技术应用滞后,多数水利工程电气系统仍采用传统控制与管理模式,大数据、物联网、变频调速等先进节能技术的应用较为局限,无法实现电气系统的精准调度与能耗精细化管控;节能技术研发与转化力度不足,针对水利工程特殊工况的专用节能技术研发投入欠缺,现有节能技术与工程实际需求适配度不高,技术转化效率低下,难以充分发挥节能技术的核心支撑作用。

3 水利工程电气节能设计优化对策

3.1 设计阶段优化策略

水利工程电气节能的实现,核心在于设计阶段的优化完善,这一环节能够从根源上管控能耗,关键要做好节能理念强化、设计方案完善与设计质量提升三项工作。首先,需确立科学先进的节能设计理念,设计单位及设计人员应进一步提升对电气节能设计的重视程度,将能效优化贯穿设计全流程,结合水利工程的功能定位、实际运行工况等具体情况,明确节能设计的核心目标,制定出贴合实际、针对性强的节能设计方案。其次,要对设计方案进行精准优化,合理规划电气系统的整体构成,在设备选型上优先采用高效节能品类,比如选用能效一级的变压器、高效节能电机及水泵,确保设备规格与实际负荷需求高度契合,杜绝“大马拉小车”造成的能源浪费;优化输电线路布局规划,缩短线路传输距离,合理加大导线截面规格,降低线路传输过程中的能耗损耗;完善无功补偿系统设计,依据电气系统感性负载的实际情形,科学配置无功补偿设备,提高系统功率因数,减少无功功率带来的能耗损失。最后,要深化设计工作深度,开展细致全面的能耗计算与多方案比选,对各类节能措施的可行性、经济性和安全性进行全方位论证,保障设计方案科学合理、可落地执行;同时,在设计阶段充分考量后续施工、运维环节的节能需求,预留相应的节能改造空间,从而降低后期节能改造的难度与成本投入^[3]。

3.2 施工阶段优化策略

施工阶段的优化工作,核心目标是通过强化质量管控、规范施工流程,确保电气节能设计方案有效落地,进而提升施工质量与整体节能成效。首先,必须严格依据设计方案推进施工,施工单位要严格遵循电气节能设

计的相关要求及施工规范,坚决杜绝偷工减料、施工工艺不规范等问题,重点规范导线铺设、电气设备安装、无功补偿设备接线等关键施工环节,保障电气设备安装精度,确保设备运行的可靠性,进一步提升设备运行效率。其次,要强化施工质量管控力度,建立健全施工质量检验机制,加强对电气设备、施工材料的质量检测,严禁不合格设备与材料进入施工现场,重点检测高效节能设备的能效等级、导线的截面规格及材质等关键指标,确保施工所用材料与设备均符合节能设计标准。最后,要提升施工人员的专业素养,开展针对性的专业技能培训,重点讲解节能施工工艺、相关技术要求及设备安装规范,提高施工人员的专业技能与节能意识,确保施工人员能够按照规范完成各类节能相关施工环节;同时,建立完善的施工考核机制,将施工质量与节能效果纳入考核范畴,切实增强施工人员的责任意识。

3.3 运维阶段优化策略

运维阶段的优化核心的是通过完善运维管理制度、强化设备运维力度、提升运行管理水平,实现电气系统高效、稳定、低耗运行。要健全运维管理制度体系,建立常态化的设备检修维护机制与能耗监测机制,安装专业的能耗监测设备,实时采集电气系统各环节的能耗数据,精准排查能耗漏洞与高耗能环节,据此开展针对性的节能运维工作;同时,建立能耗统计与考核机制,将能耗控制指标纳入运维考核范围,充分调动运维人员的节能主动性与积极性;要加大设备运维投入力度,定期对各类电气设备进行检修、维护与保养,重点检修高耗能设备、输电线路及无功补偿设备,及时更换老化、磨损的零部件,修复线路漏电、接触不良等故障,确保所有设备始终处于最佳运行状态;另外,加强设备运行状态的实时监测,及时发现并处置设备运行中的异常情况,避免因设备故障导致能耗大幅上升;要提升运维人员的专业素质,定期组织专业培训,重点讲解节能运维技术、设备运行规律及智能化设备操作方法,增强运维人员的专业技能与节能意识,推动运维人员从“被动维修”向“主动节能运维”转变,切实提升运维工作的节能效果。

3.4 技术创新与政策支持

推动水利工程电气节能设计优化工作高质量发展,必须强化技术创新与政策支持,为节能设计工作提供坚

实保障与有力支撑。在技术创新层面,一方面要大力推进高效节能技术与设备的推广应用,重点推广高效节能电机、变压器、无功补偿设备等节能产品,逐步淘汰传统高耗能设备;积极引入变频调速、大数据、物联网等先进节能技术,构建智能化电气控制系统,实现电气设备的精准调度与运行参数的优化调整,提升能耗精细化管控水平^[4]。另一方面要加强节能技术研发与成果转化,加大对水利工程专用节能技术的研发投入,鼓励科研机构、企业与设计单位开展协同合作,研发适配水利工程特殊运行工况的节能技术,提高技术与工程实际需求的契合度;建立健全技术转化机制,推动节能技术成果快速转化为实际应用,充分发挥节能技术在电气节能中的核心作用。

在政策支持层面,一是完善电气节能设计标准与规范,制定针对性强、可操作性高的水利工程电气节能设计标准,明确节能设计的具体要求与考核指标,为节能设计工作有序开展提供指导。二是加大政策扶持力度,出台专项补贴、税收减免等激励政策,鼓励企业与设计单位积极开展电气节能设计与改造工作。三是强化监管机制建设,加强对水利工程电气节能设计、施工、运维各环节的监管力度,建立健全考核与约束机制,确保节能设计各项要求落地生根、取得实效。

结束语

水利工程电气节能设计是推动水利行业绿色高质量发展、实现节能降耗与“双碳”目标的重要举措,直接关系到水利工程的运行效益、能源利用效率与安全稳定运行。未来,需结合水利工程发展新形势与技术进步趋势,持续优化节能设计策略,加大技术创新与推广力度,完善政策体系,助力水利行业实现绿色低碳高质量发展。

参考文献

- [1]王志朋.水利工程电气节能设计问题与对策研究[J].科技资讯,2024,22(9):186-188.
- [2]钟伟民.水利工程电气节能设计问题分析[J].工程建设与发展,2023,2(5):49-51.
- [3]乔禹.泵站工程中电气设计节能措施的探索与分析[J].中国设备工程,2025(5):124-126.
- [4]丁海平.泵站工程中电气设计的节能措施分析[J].科学与信息化,2023(11):7-9.