

探索对抽水蓄能电站机电调试监管管控

陈 洋¹ 黄文静²

1. 中国水利水电建设工程咨询西北有限公司 陕西 西安 710000

2. 江苏科兴项目管理有限公司 江苏 南京 210000

摘 要：随着能源结构转型加速，抽水蓄能电站作为重要储能设施，其安全稳定运行对电网调节意义重大。本文概述了电站“储存-释放”的工作原理与机电调试的核心内容，再分析监管管控在质量、进度、安全三方面的作用，进而剖析技术复杂性、多方协同、动态安全风险三大管控难点，最后从质量、进度、安全、技术协同四个维度提出具体管控要点。研究表明，监理需通过全周期质量监测、动态进度调整、全方位安全防护及高效技术协同，才能保障机电调试合规达标，为同类工程监管管控提供实践参考。

关键词：抽水蓄能电站；机电调试；监管管控要点

引言：抽水蓄能电站机电调试是电站投运前的关键环节，监管管控则直接影响调试质量与效率。当前电站机电设备技术复杂度提升、参与调试主体增多，给监管管控带来诸多挑战。基于此，本文先梳理抽水蓄能电站工作原理与机电调试内容，明确研究基础；再分析监管管控的作用与难点，找准管控痛点；最后聚焦质量、进度、安全、技术协同四大维度，提出贴合实际的管控要点。

1 抽水蓄能电站机电调试概述

1.1 抽水蓄能电站工作原理

抽水蓄能电站是一种兼具储能与发电功能的能源调节设施，其核心工作原理围绕电能的“储存-释放”循环展开。在电力系统负荷处于低谷时段，此时电网电能供应充足且电价相对较低，电站会启动抽水机组，利用电网电能驱动水泵，将位于下游水库的水抽送至上游水库进行储存，此过程实现了电能向水的势能转化，完成能量的储存阶段。而当电力系统进入负荷高峰时段，电网对电能需求激增，电站则切换至发电模式，将上游水库储存的水释放，水流通过压力管道驱动水轮发电机组旋转，将水的势能转化为电能并输送至电网，从而实现能量的释放与补充，有效平衡电网负荷，提升电力系统的稳定性与经济性。

1.2 机电调试的主要内容

抽水蓄能电站机电调试是确保设备达到设计运行标准的关键环节，主要内容涵盖以下三个核心层面。（1）单体设备调试聚焦于电站各类核心机电设备，包括水轮发电机组、水泵、变压器、开关设备等，通过针对性测试检查设备的机械性能、电气参数是否符合设计要求，排除设备自身存在的故障隐患。（2）分系统调试则以功能系统为单位，如调速系统、励磁系统、监控系统、辅

助供水系统等，测试各系统内部设备的协同运行能力，验证系统功能的完整性与可靠性。（3）整组启动调试是调试工作的最终阶段，需将所有机电设备与系统整合，模拟电站实际运行工况，全面测试电站的发电、抽水双向运行功能，检验设备与系统之间的联动协调性，确保电站整体具备安全、稳定的运行能力^[1]。

2 监管管控在抽水蓄能电站机电调试中的作用

监管管控是抽水蓄能电站机电调试顺利推进、保障调试效果的关键支撑，主要通过以下质量把控、进度统筹、安全保障三大作用，为调试工作筑牢防线。（1）质量把控。监理以行业标准与设计规范为依据，全程监督调试过程的质量合规性。从调试方案的审核优化，到设备参数的实时监测、调试工序的合规检查，监理会对关键环节进行旁站监督，及时发现并纠正调试中存在的参数偏差、操作不规范等问题，确保机电设备的性能指标、安装精度均达到设计要求，避免因质量隐患影响电站后续运行。（2）进度统筹。监理会结合调试总工期目标，制定科学的进度计划，并动态跟踪调试进展。通过定期核查调试工序的完成情况，协调施工、调试、设备供应等多方资源，及时解决人员短缺、设备延迟到场等进度阻碍问题，对进度偏差进行预警与调整，保障机电调试按计划推进，避免因工期延误增加工程成本。（3）安全保障。监理会构建完善的安全管控体系。通过审核安全专项方案、开展现场安全巡查、监督安全操作规程执行，排查电气短路、机械损伤等安全隐患，同时督促施工方开展安全培训，提升调试人员的安全意识，杜绝违规操作，确保调试期间人员与设备的安全^[2]。

3 在抽水蓄能电站机电调试中的监管管控难点

3.1 技术复杂性带来的监管管控挑战

抽水蓄能电站机电设备集成度高、技术体系复杂,涵盖水轮发电机组、调速系统等核心设备,且需实现“发电-抽水”双向工况切换,调试精度要求严苛。监理需兼具机械传动、电气控制、自动化监控等多领域知识,才能精准判断参数是否合规。但新型设备的变频调速、智能监控等新技术迭代快,部分监理人员技术储备不足,易出现调试数据解读偏差、关键节点把控不到位的问题。

3.2 多方协同的沟通协调困境

机电调试涉及施工、设备厂家、调试单位、业主等多方,各主体诉求差异明显:施工方重工期、厂家重设备性能、调试方重操作合规、业主重整体效益。监理作为协调核心需平衡各方需求,但实际沟通中常出现信息滞后、责任界定模糊的问题。如厂家提供的技术参数与现场调试需求不匹配时,需多方反复对接,效率低下易致工序停滞;调试出现问题时,施工方与厂家易推诿责任,监理需耗费大量精力核查溯源,影响管控效率。

3.3 动态场景下的安全风险管控难题

机电调试处于动态作业状态,高压电气操作、机械部件试运行等环节风险点多且隐蔽。一方面,现场交叉作业频繁、人员流动大,若高压区域警示不足、人员未规范佩戴防护用具,易引发触电、机械伤害;另一方面,调试中设备工况不稳定,机组启动可能出现电压波动、振动超标等突发情况,需监理实时响应。但部分调试人员安全意识薄弱、存在违规操作,且电缆绝缘层破损等隐患难通过日常巡查发现,导致监理安全管控难以全面覆盖^[3]。

4 抽水蓄能电站机电调试监管管控的要点把控

4.1 质量管控要点

质量管控要贯穿机电调试全周期,确保每个环节符合设计规范与行业标准,要点如下:(1)事前审查阶段,监理要重点核查调试方案的完整性与可行性,包括调试范围界定、设备参数基准值设定、测试方法选择、应急处置预案等内容,确认方案是否覆盖单体设备、分系统及整组启动各阶段,且技术参数是否与设备厂家提供的技术手册一致;同时核查参与调试人员的资质证书,确认其是否具备对应设备调试的操作资格,避免因人员资质不符导致操作失误。此外检查调试所用仪器仪表的校准证书,确保设备精度在有效期内,如万用表、示波器、振动测试仪等,防止因仪器误差影响数据准确性。(2)事中监测阶段,监理要对调试过程进行实时跟踪,重点关注关键参数的动态变化。针对单体设备调试,需逐一核对设备的机械性能与电气参数,如发电机

组的绝缘电阻、直流电阻、轴承温度,水泵的扬程、流量、振动值等,确保各项参数处于设计允许范围内;分系统调试时,需监测系统内设备的协同运行状态,如调速系统的响应速度、励磁系统的电压调节精度、监控系统的信号传输稳定性,检查是否存在信号延迟、参数漂移等问题;整组启动调试中,需同步监测电站双向运行工况下的整体参数,如发电工况的功率因数、频率稳定性,抽水工况的耗电量、水压波动情况,实时记录数据并与设计值比对,发现偏差及时要求暂停调试,排查原因后再继续。(3)事后核验阶段,监理要对调试数据进行系统性审核,确认所有测试记录的完整性与真实性,包括参数记录表、设备运行日志、故障处置记录等,确保数据无缺项、无篡改;同时核查调试报告的结论是否与实际测试结果一致,重点关注未达标项的整改情况,确认整改措施已落实且复查合格,避免遗留质量隐患。

4.2 进度管控要点

进度管控通过以下科学规划与实时跟踪,确保调试工作按总工期目标推进。(1)计划编制阶段,监理需参与调试总进度计划的制定,明确各阶段时间节点,包括单体调试、分系统调试、整组启动调试的开始与完成时间,同时细化各阶段内的工序衔接顺序,如先完成高压设备单体调试,再开展电气系统分系统调试,避免工序倒置导致返工。需在计划中预留合理的缓冲时间,考虑设备故障维修、参数调整等可能出现的延误情况,确保计划具备一定的弹性。(2)进度跟踪阶段,监理建立定期核查机制,按日或按周对照进度计划核查实际完成情况,重点统计已完成调试的设备数量、未完成工序的滞后天数,分析滞后原因。针对滞后环节,需区分主观与客观因素,如因人员不足导致的滞后,需督促调试单位补充人员;因设备配件短缺导致的滞后,需协调设备厂家加快供货;因技术问题导致的滞后,需组织多方研讨解决方案,避免问题堆积。建立进度预警机制,设定滞后阈值,如某工序滞后超过3天即启动预警,及时协调资源解决,防止小滞后演变为大延误。(3)进度协调阶段,监理要定期组织各方召开进度协调会,同步各参与方的工作进展,明确后续工作重点;针对跨单位协作的工序,如设备厂家技术支持与调试单位操作的衔接,需明确责任方与配合要求,避免因沟通不畅导致工序停滞。把控调试与后续验收工作的衔接进度,在调试接近尾声时,提前准备验收所需资料清单,督促调试单位同步整理数据报告,确保调试完成后可快速转入验收环节。

4.3 安全管控要点

安全管控要构建覆盖人员、设备、环境的全方位安

全防护体系,避免安全事故发生,要点如下:(1)风险识别阶段,监理在调试前组织开展专项安全风险评估,结合设备特性与调试流程,梳理各阶段的安全风险点,如高压设备调试中的触电风险、机械部件试运行中的机械伤害风险、油系统调试中的火灾风险、密闭空间调试中的窒息风险等,明确风险等级与影响范围,并制定对应的防控措施,如高压区域设置绝缘隔离栏、机械旋转部件加装防护罩、油系统配备灭火器材、密闭空间强制通风等。(2)安全措施落实阶段,监理要对现场安全防护设施进行逐项检查,确认高压警示标识、安全防护栏、应急照明、消防器材等是否按要求布置,且处于可用状态;检查调试人员的个人防护用品佩戴情况,如绝缘手套、安全帽、防滑鞋、护目镜等,确保符合安全操作规范。监督调试单位执行安全技术交底制度,确保每个调试人员明确自身操作环节的安全风险与防护要求,避免因交底不到位导致安全意识薄弱。(3)过程监督阶段,监理要开展常态化安全巡查,重点检查调试操作是否符合安全规程,如高压设备调试前是否验电、接地,机械部件调试时是否设置警戒区域,带电作业是否执行双人监护制度等;针对特殊调试环节,如机组过速试验、耐压试验,需全程旁站监督,确认操作步骤与应急预案是否同步执行,防止因操作违规引发事故。

4.4 技术协同管控要点

技术协同管控需打破各参与方的信息壁垒,确保调试过程中技术问题快速处置,避免因技术衔接不畅影响调试进度,具体如下:(1)技术资料协同方面,监理要建立统一的技术资料管理台账,整合设备厂家提供的技术手册、设计单位的图纸、调试单位的方案与数据报告,确保各方可随时查阅所需资料,避免因资料分散导致信息不对称。需定期核对资料的更新情况,如设备厂家发布的技术变更通知、设计单位的图纸修改说明,及时同步给所有参与方,确保调试工作依据最新资料开

展。(2)技术问题处置方面,监理要建立快速响应机制,在调试过程中发现技术问题时,立即组织施工、调试、设备厂家等多方召开技术研讨会,明确问题成因与责任主体;针对设备参数异常,需协调厂家提供技术支持,确认是否为设备本身缺陷或调试方法不当;针对系统协同问题,需组织各系统调试负责人梳理接口逻辑,排查信号传输、参数匹配等环节的问题。同时跟踪问题处置进度,记录问题发现时间、处置措施、整改结果,形成闭环管理,避免问题反复出现。(3)技术标准协同方面,监理要在调试前明确统一的技术标准,确保各方对参数合格范围、测试方法、数据记录格式达成共识,如设备振动值的衡量标准需统一采用ISO标准或行业指定标准,避免因标准不一致导致对调试结果的判断分歧^[4]。

结束语:本文系统梳理了抽水蓄能电站机电调试监理管控的全流程内容,从调试概述到管控作用、难点,再到具体要点,形成了完整的分析框架。研究明确,监理管控需兼顾技术专业性与协同高效性,通过事前审查、事中监测、事后核验的质量管控,动态调整的进度管理,全方位的安全防护及统一的技术协同,才能应对调试中的各类挑战。

参考文献

- [1]肖云峰.抽水蓄能电站机电调试监理管控与探索[J].建设监理,2020(10):36-38,42.
- [2]周锦涛.抽水蓄能电站机电设备选型及安装调试管理要点[J].中文科技期刊数据库(引文版)工程技术,2024(4):0080-0083.
- [3]童达.“双碳”背景下抽水蓄能电站监理特性及控制要点[J].水利水电快报,2023,44(S02):50-53.
- [4]王智,刘生国,陈冬平.抽水蓄能电站机电监理工程师履职要求及工作要点[J].水电站机电技术,2022,45(11):175-178.