

电力基建标准下抽水蓄能电站地下洞室群施工安全监测与预警管理

韦玉飞

广东能源陆河蓄能发电有限公司 广东 汕尾 516700

【摘要】：电力基建标准化建设阶段，抽水蓄能电站地下洞室群施工环境复杂、地质条件波动明显，安全管控压力突出，监测预警是防范施工风险、保障项目有序实施的重要举措。本文参照行业规范，选取围岩形变、渗流特征、应力应变等指标，搭建安全监测框架，调整测点布局与数据采集模式，设立分级预警机制并划定判定标准、梳理应急流程。结合广东陆河抽水蓄能电站2026年监测数据及超前地质预报开展现场应用，完成风险动态跟踪、识别与前置管控。实践证实，这套体系可防范洞室坍塌、突水突泥等问题，守护施工人员与构筑物安全，也能为同类工程标准化安全管理提供技术与实践参考。

【关键词】：抽水蓄能电站；地下洞室群；施工安全监测；预警管理；电力基建标准

DOI:10.12417/2811-0528.26.16.097

引言

地下洞室群作为复杂的地下工程结构体系，具有大跨度、高边墙、多洞连通的特点，其稳定性受到地质条件、开挖方式、支护结构等多重因素的共同影响，一旦失稳将造成巨大的经济损失和人员伤亡^[1]。抽水蓄能电站可完成电网调峰储能、稳定供电任务，是电力系统重要基础设施。其地下洞室群体量庞大、结构复杂，施工难度大，安全管理也是电力基建标准化建设的核心内容。现行行业规范对施工安全提出更高要求，洞室施工易发生围岩失稳、突水突泥等问题，原有监测预警方式已难以适配标准化管理需求。结合现场工况与行业标准开展相关技术研究，可落实安全管控要求，破解现场管理难题。本文以广东陆河抽水蓄能电站为研究对象，依托该电站2026年监测数据及围岩分级成果展开分析，为后续技术方案与管理措施的应用提供实践支撑。

1 电力基建标准下抽水蓄能电站地下洞室群施工安全监测与预警现存问题

作为抽水蓄能电站的核心组成部分，电站地下洞室群的顺利建设和长期安全运营对确保整个系统的稳定运行具有极其重要的现实意义^[2]。电力基建标准化建设持续落地，抽水蓄能电站地下洞室群施工安全监测与风险预警环节，逐渐凸显各类典型技术难题。以广东陆河抽水蓄能电站工程为例，项目前期依照行业准则搭建完备的监测管控体系，现场实操应用阶段仍暴露诸多管理痛点。洞室群涵盖通风兼安全洞、进厂交通洞、厂房中导洞等多样结构，场区广泛分布IV、V级围岩，地质条件复杂且动态变化显著。围岩形变、渗流特性、结构应力应变等核心监测指标，常受多物理场耦合作用干扰，仅凭单项监测数据无法精准研判现场风险状态。锚杆应力计、多点位移计等

监测设备可采集海量现场数据，人工处理模式难以高效完成数据筛选与特征挖掘，有效信息易被冗余数据覆盖，造成数据异常识别滞后、风险预判不及时的问题。不同洞室结构与开挖断面的临界响应条件存在明显差异，预警阈值需适配地质等级与动态施工工况，粗糙的阈值划分及衔接脱节的应急流程，会大幅降低软弱围岩、断层破碎带等高危区域的管控精准度。

2 电力基建标准下抽水蓄能电站地下洞室群施工安全监测与预警优化措施

2.1 优化监测体系布设，贴合电力基建标准要求

严格遵循电力基建领域安全规范细则，结合广东陆河抽水蓄能电站地下洞室群的空间布局、IV、V级围岩的地质特性以及现场开挖支护的施工工序，重新规划部署监测布设方案。针对通风兼安全通道、进厂交通隧道、厂房中导洞等关键施工区域，配套布设多点位移计、锚杆应力监测设备、渗压检测仪与量水堰等各类监测装置。对进厂交通洞T1断面的不良地质区段实施测点加密处理，选用南瑞旗下高精度监测仪器，并委托第三方机构完成专业校准检定。所有监测设备均依照行业规范完成安装与调试，能够适配地下洞室潮湿、空间受限的特殊施工环境，可全面覆盖围岩形变、应力应变、渗流流量等核心监测指标，充分契合电力基建工程标准化的管控规范。

2.2 完善监测数据处理机制，提升数据利用效能

参照电力基建工程的数据管理规范，结合陆河抽水蓄能电站监测月报、季度资料的常态化管理需求，构建覆盖数据采集、传输、解析、归档的全链条标准化管理体系。依托有线传输结合无线传输的复合型传输模式，达成锚杆应力计、多点位移计等监测设备实测数据的实时同步上传。针对采集到的原始监测

数据开展降噪净化与精度核验工作, 筛除异常无效数据。依托通风兼安全洞量水堰实测渗流量区间 17.17~17.93L/s、进厂交通洞锚杆应力小幅平稳波动等现场实测规律, 深度挖掘数据背后的风险关联特征。利用现代信息化技术, 进行三维有限元分析、施工期地质评价及监测成果反馈分析, 动态调整喷锚支护设计参数^[3]。

2.3 健全分级预警机制, 强化风险应急管控

严格对标电力建设工程安全预警相关规范标准, 依托陆河抽水蓄能电站洞室施工风险特征及超前地质预报得出的围岩分级成果, 构建包含一般、较重、严重三个层级的分级预警体系。以顶拱变形速率 0.1mm/d、边墙变形速率 0.2mm/d 的多点位移监测数值、300MPa 的锚杆应力限值、20mm 的边坡位移数值, 以及单日变形量连续三日超 2mm/d 的状态作为预警临界判定标准, 规整预警发布流程与各级响应时效。针对进厂交通洞 AST1-1 测点锚杆应力缓慢攀升的现场状况, 将原有每周一次的监测频次调整为每日监测, 并同步加大现场巡查力度。根据不同预警等级制定针对性处置对策, 清晰界定各岗位责任主体与问题整改时限, 构筑监测、预警、处置一体化的闭环管控模式, 全方位满足电力建设工程标准化安全管理的建设标准。

3 电力基建标准下抽水蓄能电站地下洞室群施工安全监测与预警应用效果

3.1 监测覆盖全面性与数据准确性显著提升

完成测点布局调整后, 陆河抽水蓄能电站地下洞室群完成通风兼安全洞、进厂交通洞、厂房中导洞、下水库右岸坝肩边坡等重点区域的全覆盖监测。工程全场 191 处监测点位运行完好比例达到 98.43%, 各类监测仪器均通过第三方专业检定, 各项指标全部达标。依托 2026 年 1 至 3 月编制的安全监测月度、季度报告开展常态化数据采集与分析工作, 精准捕捉到通风兼安全洞 2.19mm 的最大位移值、进厂交通洞 115.65MPa 的锚杆应力值等细微数据波动, 现场不再出现监测空白区域与数据偏差问题, 各项指标均符合电力基建相关规范对于监测范围、数据精度的各项规定。

参考文献:

- [1] 蒲隆进, 张鸽, 刘奇艺, 等. 抽水蓄能电站地下洞室群开挖过程围岩受力变形规律[J]. 工程建设, 2025, 57(11): 50-59.
- [2] 李仁杰, 江浩, 苏国韶, 等. 抽水蓄能电站地下洞室群开挖支护方案优化研究[J]. 水力发电, 2025, 51(04): 54-61.
- [3] 解迎夏, 李博. 永泰抽水蓄能电站地下洞室群施工难点及应对措施[J]. 广东水利水电, 2020, (10): 9-12.

3.2 安全风险识别与预警的及时性大幅提高

依托完善的数据处理体系与分级预警管理制度, 陆河抽水蓄能电站可实现监测数据的实时研判分析。结合超前地质预报界定的进厂交通洞Ⅳ、Ⅴ类围岩地质条件, 能够提前预判洞室开挖施工的潜在风险, 精准甄别 AST1-1 测点锚杆应力缓慢攀升等隐蔽性安全隐患。项目有效压缩了预警响应时长, 针对各类数据异常点位及时加密监测频次、落实针对性防控举措, 实现风险隐患萌芽阶段的有效管控, 彻底改善了以往数据利用率偏低、风险辨识滞后的施工短板, 契合电力基建规范对于工程风险前置防控的建设准则。

3.3 施工安全管控规范化水平与工程安全性得到保障

这套新型监测预警体系落地陆河抽水蓄能电站项目后, 现场安全管控模式全面适配电力基建行业标准化建设准则。2026 年第一季度累计 12 次现场巡查工作中, 洞室施工区域未出现开裂、岩体掉落、突发性渗水等安全隐患。通风兼安全洞、进厂交通洞、厂房中导洞等全部施工区域的监测物理量均稳定控制在施工警戒范围之内。项目团队依托超前地质预报成果优化洞室开挖与支护施工方案, 借助月度、季度监测数据动态把控现场风险状态, 有效规避了洞室坍塌、突水突泥等重大施工事故的发生。与此同时, 规范化的数据管理模式可为后续安全复盘、管控流程迭代优化提供充足的数据支撑, 助力施工现场安全管理朝着标准化、精细化方向稳步推进。

4 结语

本文依托电力基建行业规范, 针对抽水蓄能电站地下洞室群施工安全监测与预警技术开展系统研究, 梳理出工程测点布设不合理、数据处理效率偏低、预警机制不完善等现场突出问题。结合广东陆河抽水蓄能电站工程实况, 本文提出监测布局优化、数据处理流程完善、分级预警体系构建的综合改进方案, 并依托项目 2026 年监测实测数据与超前地质预报成果完成有效性验证。实践表明, 该方案可实现施工区域全域监测覆盖, 保障监测数据精准可靠, 提升预警响应效率, 使现场安全管理符合电力基建标准化要求, 有效规避洞室施工安全风险。后续可结合复杂施工工况细化监测参数与预警阈值, 进一步提升体系适配性, 为同类工程安全管控提供参考。