

ICS 13.200

CCS 点击此处添加 CCS 号

# T/GRM

## 中关村绿色矿山产业联盟团体标准

T/GRM XXXX—XXXX

### 废弃矿井抽蓄电站蓄水空间长时稳定性监测规范

Specification for long-term stability monitoring of water storage space in abandoned mine pumped storage power stations

(征求意见稿)

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

中关村绿色矿山产业联盟 发布

## 目 次

1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 术语和定义 .....	1
4 监测目标与内容 .....	2
5 监测点布置与方案 .....	2
6 风险评估与预警 .....	4
7 监测报告要求与管理 .....	5
参考文献 .....	7

## 前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中关村绿色矿山产业联盟提出并归口。

本文件起草单位：贵州大学、山东大学、山东科技大学、青岛理工大学、安徽理工大学、中国矿业大学(北京)

本文件主要起草人：文志杰，杨胜利，赵顺坤，左宇军，王琦，姜鹏飞，雷杨，张向阳，李利平，文金浩，陈忠富，张嘉正

本文件为首次发布。

# 废弃矿井抽蓄电站蓄水空间长时稳定性监测规范

## 1 范围

本规范规定了废弃矿井抽蓄电站蓄水空间长时稳定性监测的监测目标与内容、监测点布置与方案、风险评估与预警、监测报告要求与管理等内容。

本规范适用于利用废弃矿井建设抽蓄电站蓄水空间长时稳定性监测。

## 2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

- GB 50201 防洪标准
- GB/T 50290 水电工程质量验收标准
- GB/T 12719 矿区水文地质工程地质勘查规范
- DL/T 5121 抽水蓄能电站施工质量验收规范
- DL/T 5393 电力行业能源计量器具管理规范
- DL/T 5863 水电工程地下建筑物安全监测技术规范
- NB/T 10072 抽水蓄能电站设计规范
- NB/T 10073 抽水蓄能电站工程地质勘察规程
- NB/T 35071 抽水蓄能电站水能规划设计规范
- SL 373 水利水电工程水文地质勘察规范
- SL 642 水利水电地下工程施工组织设计规范
- DB61/T 1803 水工隧洞软弱围岩变形控制技术规范

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**地下水位 groundwater level**

地下水水面，表示地下水的静水位高度，用于评估地下水动态变化及矿井水资源管理。

### 3.2

**应力变化 stress change**

岩体或土层在外力作用下产生的变形量及其变化，影响水库安全和稳定性。

### 3.3

**水位波动 water level fluctuation**

指废弃矿井抽水蓄能电站水库在不同蓄水工况下，水位的上下波动范围，通常由水流量变化、气候因素及调节需求引起。

### 3.4

**关注阈值 attention Threshold**

废弃矿井抽水蓄能电站安全监测体系中，为各项关键监测指标预设的一个初级警戒值。它标志着被测对象的状态开始偏离基于设计或历史数据确定的典型正常范围，进入需引起技术警觉的关注区间。

### 3.5

**预警阈值 warning Threshold**

废弃矿井抽水蓄能电站安全监测多级预警体系中的关键行动触发值。当监测数据达到或超过此阈值时，表明被测对象的变化已超出可单纯观察的范畴，系统进入风险显著增高、需立即准备并可能采取干预措施的警戒状态。

### 3.6

#### 行动阈值 action threshold

废弃矿井抽水蓄能电站安全监测多级预警体系中的最高级别临界值。当监测数据达到或超过此阈值时，表明被测对象的状态已突破设计安全底线，系统进入失稳或破坏过程正在发生或迫在眉睫的紧急状态，必须立即执行预定应急措施以控制险情、保障安全。

## 4 监测目标与内容

### 4.1 围岩变形监测

围岩绝对位移与相对位移，绝对位移监测通过布设于围岩表面及深部的测点，精确获取其在X、Y、Z三个方向上的空间移动量，其监控重点是洞室整体的结构性形变，即顶板下沉、底板鼓起和边墙收敛的宏观趋势。相对位移监测专注于围岩内部原有或新生的不连续面，精确测量主要裂隙、断层及构造弱面等关键部位的张开、闭合与错动量。

### 4.2 地下水位监测

地下水位、地下水水位变化速率，包含水位波动幅度、水位变化率、水位的季节性变化、异常水位变化的频率。

### 4.3 渗流量监测

单位时间内的渗流量、渗流变化趋势、渗流量异常幅度、渗漏点变化情况。

### 4.4 应力变化

最大应力值、应力变化速率、应力释放速率、应力集中的位置。

### 4.5 其他相关监测参数

水库蓄水量、输水管道压力、温度、蓄水空间水压。

## 5 监测点布置与方案

### 5.1 监测点选取原则

#### 5.1.1 地质与结构风险优先原则

地质与结构风险优先原则是监测点布设的首要控制性原则。其核心在于聚焦地质缺陷与结构弱点的控制作用，直指地下水库与地表水库的核心风险源。

- a) 地下水库：原有采空区边界、煤柱应力集中区、受多次采动影响的区域。地质构造带，穿越蓄水巷道的断层、破碎带、软弱夹层、节理密集带。巷道断面扩大或缩小处、交叉口、转弯处、支护形式变化段。
- b) 地表水库：地质条件差的边坡、顺层边坡、受构造切割的岸坡。库底软弱地层、岩溶发育区、古井筒、废弃巷道口等与地下水连通的通道。进出水口建筑物、防渗结构（衬砌/面板）接缝及锚固区以及新筑人工坝体。

#### 5.1.2 水力荷载敏感性原则

水力荷载敏感性原则是监测点布设的重要控制性原则。其核心在于聚焦水力荷载对围岩与支护结构的驱动致灾效应，直指地下水库与地表水库的水位变动带及渗流敏感区。

- a) 地下水库：设计最高与最低运行水位附近及之间的巷道段、进出水口附近。根据地质勘查和数值模拟确定的可能渗漏路径、已有渗水点。
- b) 地表水库：库岸设计高低水位之间的区域，承受周期性干—湿循环和波浪冲刷。潜在绕坝渗流通道、库盆与断层/裂隙连通的渗漏路径。

#### 5.1.3 空间控制与代表性原则

空间控制与代表性原则是监测点布设的基础控制性原则。其核心在于摒弃盲目加密，以主断面与关键剖面实现空间控制，直指地质条件变化处与高风险部位。

- a) 地下水库：沿巷道轴线，在地质条件变化处、高风险区，间隔50—100米距离布设监测主断面。除表面点外，需同时监测高风险断面的围岩结构。
- b) 地表水库：沿不稳定库岸走向布设边坡监测剖面，从坡顶至坡脚乃至水下设置监测点。建立覆盖库区及外围的全站仪地表位移监测网，控制整体变形。沿库岸外围和潜在渗流方向布设地下水观测孔线，控制渗流场。

#### 5.1.4 系统性与协同联动原则

系统性与协同联动原则是监测点布设的集成控制性原则。其核心在于构建点-线-面-体多层次监测体系，直指地上与地下、结构与渗流间的耦合关系，贯彻“多元协同、时空关联”的理念，从而联动追踪渗漏路径、评估荷载传递与整体稳定性。

- a) 点：关键裂隙、结构接缝的专项监测点；
- b) 线：蓄水巷道的轴向监测线、边坡的剖面监测线、渗流观测线；
- c) 面：地表水库地表监测网、巷道关键区域的激光扫描面；
- d) 体：微震监测系统覆盖整个地下洞室群，反映岩体内部损伤的三维演化。
- e) 地上一地下协同：地表水库水位变化与巷道内水压/渗压、排水系统流量进行同步关联分析，追踪渗漏路径。地表水库库岸/边坡变形与地下水库巷道围岩变形及微震活动进行时空关联分析，评估荷载传递与整体稳定性。

### 5.2 监测点布置方案

#### 5.2.1 地表水库区监测布置

上水库监测以库盆整体稳定、库岸边坡安全、防渗系统有效性为核心。

表1 上水库区监测对象及布设位置

监测对象	重点布设位置
库岸边坡	(1) 地质条件差、坡高大的岸段； (2) 顺层边坡及潜在滑移体； (3) 水位变动带。
库盆与防渗结构	(1) 库底区域，尤其是软弱地基区； (2) 进出水口周边及结构体； (3) 防渗衬砌、面板的接缝及受采动影响的地表区域
渗流场	(1) 库岸外围 (2) 已知断层、裂隙通向库区的路径。

#### 5.2.2 输水系统区监测布置

输水系统监测以衬砌结构完整性、围岩稳定及高压渗透安全为核心。

表2 输水系统区监测对象及布设位置

监测对象	重点布设位置
衬砌结构	(1) 高压透水段、地质突变段； (2) 施工接缝和结构缝。
特殊地质构造区	(1) 穿越断层、破碎带的洞段； (2) 覆盖层较薄或埋深较浅的洞段。

#### 5.2.3 地下厂房洞室群与蓄水巷道监测布置

厂房洞室监测以洞室群整体稳定、交叉口局部稳定及支护结构有效性为核心。

表3 地下厂房洞室群与蓄水巷道区监测对象及布设位置

监测对象	重点布设位置
------	--------

主厂房、主变室	(1) 顶拱中心线、拱肩； (2) 边墙中上部及墙角； (3) 岩锚梁等关键结构。
洞室交叉口	(1) 所有洞室交叉、岔口部位及巷道周边岩体； (2) 最高/最低水位变幅区； (3) 巷道断面变化段

### 5.3 监测数据采集方法与频率

为了保证监测数据的时效性、可靠性与连续性，数据采集应依据表4确定，在不同运行时期采取对应采集方法与频率。

表4 监测数据采集方法与频率

采集方法	方法描述	监测项目	监测频率
全自动连续采集	传感器数据通过有线或无线方式，自动、不间断地传输至中央数据采集服务器	应力应变	连续/实时 或 1次/小时
		微震监测、蓄水空间水压	连续/实时
自动定时采集	设备按预设时间间隔自动触发测量并将数据发送至服务器	围岩变形	1次/天
		地下水位	1次/天
		渗流量	1次/天
人工巡检采集 (地表、发电厂房)	技术人员使用便携式读数仪，定期到现场对设备进行数据读取和状态检查	所有监测项目	每季度1次

## 6 风险评估与预警

### 6.1 风险评估方法与原则

6.1.1 宜考虑废弃矿井抽水蓄能电站建设与运行期可能面临的围岩失稳、渗透破坏、结构失效等主要风险。

6.1.2 宜为各类监测数据设定多级预警阈值，基于实时数据触发不同等级的风险警报。

6.1.3 宜基于监测数据的时序变化规律，利用统计分析方法预测未来发展趋势，评估潜在失稳时间与概率。

6.1.4 宜综合变形、渗流、微震等多维度监测信息，通过权重分析构建综合风险指数，实现整体安全状态的量化评价。

### 6.2 预警机制与应急响应

#### 6.2.1 预警等级划分

预警等级划分是预警机制的基础性准则。其核心在于以量化阈值界定风险演化阶段，将连续变化的监测信息转化为离散的响应等级，贯彻“分级管控、逐级递进”的理念，实现从加强观察到紧急撤离的有序决策链条。

- a) 蓝色预警：单项或多项监测指标持续接近或达到预设的“关注阈值”，变化趋势平稳但需加强观察，需进行数据分析与风险研判；
- b) 黄色预警：多项关键监测指标达到“预警阈值”，或变化速率呈加快趋势，风险概率增高，需启动原因调查并准备防范措施；
- c) 橙色预警：关键指标达到或超过“行动阈值”，或出现可能危及局部稳定的明确迹象，需立即采取现场控制与干预措施；
- d) 红色预警：监测数据显示失稳或破坏过程正在发生或迫在眉睫，可能引发严重后果，需立即组织现场人员撤离，并启动最高级别应急响应。

#### 6.2.2 预警发布与响应流程

预警发布与响应流程是预警机制的运行性准则。其核心在于构建“自动初判—人工确认—即时发布—联动响应”的标准化闭环，确保预警信息第一时间转化为明确指令。

- a) 预警由监测系统根据预设阈值自动初判，提升至黄色及以上等级必须经过技术负责人人工复核确认，确保预警的准确性；
- b) 预警信息通过专用平台即时发布，明确告知预警等级、风险区域、主要风险描述及初步建议；
- c) 预警发布即自动启动相应等级的响应程序，现场及指挥中心进入指定工作状态。

## 7 监测报告要求与管理

### 7.1 监测报告编写要求

7.1.1 监测报告应分为日常报告、定期报告与专题报告三类：

- a) 日常报告应于监测数据出现预警或发生异常事件后24小时内提交；
- b) 定期报告应按周、月、年的固定周期编制提交；
- c) 专题报告应在废弃矿井抽水蓄能电站经历特殊工况或风险状态发生显著变化时编制。

7.1.2 各类报告的内容应完整、数据应准确、结论应明确。报告正文须包含废弃矿井抽水蓄能电站概况与监测工况、监测数据成果及分析图件、安全状态综合评估、异常情况及处理建议等核心章节。所有数据图表与结论表述应具备可追溯性。

7.1.3 报告的格式、计量单位及符号须符合国家及行业现行相关标准。报告编制完成后，须严格执行编制、校核、审核的三级质量审查程序，并经技术负责人签字批准后，方为有效。

### 7.2 报告提交与审核流程

7.2.1 监测报告应按规定的时限与范围提交。日常报告应立即提交至废弃矿井抽水蓄能电站现场运行管理机构及技术主管部门；定期报告与专题报告应同时提交至废弃矿井抽水蓄能电站建设单位、设计单位、监理单位及相应行业安全监管机构备案。

7.2.2 对评定为高风险状态或包含重大安全隐患结论的监测报告，建设单位应组织专题技术会商，召集设计、施工、监理、监测及外聘专家对报告结论进行复核，并形成会商会议纪要，作为废弃矿井抽水蓄能电站决策的依据。

### 7.3 监测规范的实施与管理

#### 7.3.1 组织与责任体系

组织与责任体系是监测规范实施的管理性准则。其核心在于明确建设、实施、监理等各方在监测工作中的权责边界，构建责任清晰、协调有序的管理架构，贯彻“统一领导、分工负责、协同推进”的理念，确保安全监测工作组织有力、责任到人。

- a) 废弃矿井抽水蓄能电站建设单位应对废弃矿井抽水蓄能电站安全监测工作负总责，须明确内部主管机构及责任人，负责监测工作的总体组织、协调与监督管理。
- b) 监测工作的实施单位须具备相应的专业资质与废弃矿井抽水蓄能电站监测经验。其主要责任人及技术负责人对监测方案的实施、数据质量及成果真实性承担直接技术责任。
- c) 应建立由建设单位牵头，设计、施工、监理、监测及运行单位共同参与的安全监测工作协调小组，定期会商，解决技术与管理问题。

#### 7.3.2 过程控制与监督

过程控制与监督是监测规范实施的质量性准则。其核心在于对监测全流程实施闭环管控，以方案审批把关源头、以旁站抽查控制过程、以第三方核查验证结果，确保监测数据的真实性与可靠性。

- a) 监测实施单位须依据本规范及设计文件，编制详细的《安全监测实施方案》，报监理及建设单位审查批准后执行。方案应包括测点布置详图、仪器检定计划、数据采集与处理流程、质量保证措施及应急预案。
- b) 监理单位须对监测仪器的安装、埋设、初始值采集及保护进行全过程旁站或巡视，并对监测数据的采集过程进行独立抽查与复核。

- c) 建设单位或其委托的第三方机构，应定期对监测实施单位的工作质量进行监督检查，重点核查仪器性能、数据真实性、报告及时性及预警响应情况。

## 参 考 文 献

- [1]GB 50201-2014 防洪标准
  - [2]GB/T 50290-2014 水电工程质量验收标准
  - [3]GB/T 12719-2021 矿区水文地质工程地质勘查规范
  - [4]DL/T 5121-2000 抽水蓄能电站施工质量验收规范
  - [5]DL/T 5393-2007 电力行业能源计量器具管理规范
  - [6]DL/T 5863 水电工程地下建筑物安全监测技术规范
  - [7]NB/T 10072 抽水蓄能电站设计规范
  - [8]NB/T 10073 抽水蓄能电站工程地质勘察规程
  - [9]NB/T 35071 抽水蓄能电站水能规划设计规范
  - [10]SL 373-2007 水利水电工程水文地质勘察规范
  - [11]SL 642-2013 水利水电地下工程施工组织设计规范
  - [12]DB61/T 1803-2023 水工隧洞软弱围岩变形控制技术规范
-

