

T/GRM

中关村绿色矿山产业联盟团体标准

T/GRM 133—2025

煤矿矿压监测数据交换技术要求

Technical requirements for data exchange of mine pressure monitoring in coal mines

2025 - 08 - 11 发布

2025 - 08 - 11 实施

中关村绿色矿山产业联盟 发布

目 次

前 言 II

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 符号和缩略语 1

5 数据格式 2

6 数据传输协议 5

7 数据交换 6

8 数据质量控制 8

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：山东科技大学、新汶矿业集团有限责任公司、武汉大学。

本文件主要起草人：王蕊，张鹏飞，刘淑敏，王子辉，马宏发，屈晓，陈绍杰，郭晓胜，任勇杰，黄万朋，赵同彬，应时，赵曰茂，张继成。

煤矿矿压监测数据交换技术要求

1 范围

本文件规定了煤矿矿压监测数据交换的数据格式、数据传输协议、数据交换和数据质量控制等要求。本文件适用于煤矿矿压监测数据的采集、传输、存储、处理和应用等的的数据交换。

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/T 7408.1 日期和时间 信息交换表示法 第 1 部分：基本原则

GB/T 15629.3 信息技术 系统间远程通信和信息交换 局域网和城域网 特定要求 第 3 部分：物理层和管理参数

GB/T 15629.11 信息技术 系统间远程通信和信息交换 局域网和城域网 特定要求 第 11 部分：无线局域网媒体访问控制（MAC）和物理层（PHY）规范

GB/T 17966 信息技术 微处理器系统 浮点运算

GB/T 22239 信息安全技术 网络安全等级保护基本要求

MT/T 899 煤矿用信息传输装置

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

矿压监测 mine pressure monitoring

通过安装在矿山中的传感器和监测设备，对矿山开采过程中围岩和支架承受的压力及其变化规律，以及可间接反映压力状态的位移等，进行实时、连续观测、测量，同步开展数据分析和处理的过程。

3.2

数据交换 data exchange

在不同的矿压监测系统、设备或平台间，按预定规则和格式，进行矿压监测数据传输、共享和交互，实现数据整合、分析和应用。

3.3

数据格式 data format

描述和存储矿压监测数据，确保数据的一致性和可读性的数据编码方式、组织结构和字段定义的组合。

3.4

传输协议 transmission protocol

规范数据在网络或通信线路中数据包结构、传输控制、错误处理等，保证数据传输可靠性和效率的传输规则和流程。

4 符号和缩略语

下列符号和缩略语适用于本文件。

API：应用程序接口（Application Programming Interface）

AES-256: 高级加密标准 256 位版本 (Advanced Encryption Standard 256-bit)
CDC: 变更数据捕获 (Change Data Capture)
CRC16/CRC32: 循环冗余校验16位/32位版本 (Cyclic Redundancy Check 16-bit/32-bit)
ETL: 抽取-转换-加载 (Extract-Transform-Load)
FEC: 前向纠错 (Forward Error Correction)
HTTP: 超文本传输协议 (HyperText Transfer Protocol)
HTTPS: 超文本传输安全协议 (HyperText Transfer Protocol Secure)
JSON: JavaScript 对象表示法 (JavaScript Object Notation)
MD5: 消息摘要算法第五版 (Message-Digest Algorithm 5)
MQTT: 消息队列遥测传输协议 (Message Queuing Telemetry Transport)
MT/T: 煤炭行业推荐性标准 (Meitan Tuijian Biaozhun)
OAuth 2.0: 开放授权协议2.0版 (Open Authorization 2.0)
OSI: 开放系统互连参考模型 (Open System Interconnection Reference Model)
PHY: 物理层 (Physical Layer)
RTT: 往返时间 (Round-Trip Time)
SDK: 软件开发工具包 (Software Development Kit)
SHA-256: 安全哈希算法 256 位版本 (Secure Hash Algorithm 256-bit)
SQL: 结构化查询语言 (Structured Query Language)
TLS 1.2: 传输层安全协议1.2版 (Transport Layer Security 1.2)
UDP: 用户数据报协议 (User Datagram Protocol)
UTF-8: 8位通用字符集转换格式 (Unicode Transformation Format - 8-bit)
XML: 可扩展标记语言 (eXtensible Markup Language)

5 数据格式

5.1 数据编码规则

数据编码规则应符合表1的要求。

表 1 数据编码规则

编码规则	描述
编码方式	采用 UTF-8 编码方式，以支持多语言字符和特殊符号
监测点编码方式	采用 “KP-” 加上自定义的数字或字母组合等统一编码前缀
时间数据	采用 GB/T 7408.1 标准格式，精确到毫秒级，格式为 “YYYY-MM-DDThh:mm:ss”，如 “2024-09-21T15:30:25”
数值型数据	采用 GB/T 17966 的双精度浮点数(Double)表示，保证精度和范围
监测设备编码方式	包含品牌缩写、设备类型代码和 8 位序列号
监测设备状态表示方式	采用整型(Integer)表示 0 或 1，0 表示正常，1 表示故障
字符串数据	应去除前后空格，并限制最大长度，避免数据溢出

5.2 数据结构

5.2.1 顶板压力监测

顶板压力监测应符合表2的要求。

表 2 顶板压力监测表

数据项	数据类型	值域范围	标准化数据元
监测点编号	String(50)	根据表 1 监测点编码方式，确保唯一性	见表 1 描述
监测时间	DateTime	从 1970 年 1 月 1 日 00:00:00 到当前时间	见表 1 描述
顶板垂直应力	Double	0 到监测设备的最大测量值	单位为 MPa，保留小数点后两位

顶板水平应力	Double	0 到监测设备的最大测量值	单位为 MPa，保留小数点后两位
监测设备编号	String(30)	由设备制造商分配的唯一编号	见表 1 描述
设备状态	Integer	0 或 1	无

5.2.2 支架工作阻力监测

支架工作阻力监测应符合表3的要求。

表 3 支架工作阻力监测表

数据项	数据类型	值域范围	标准化数据元
监测点编号	String(50)	根据表 1 监测点编码方式，确保唯一性	见表 1 描述
监测时间	DateTime	从 1970 年 1 月 1 日 00:00:00 到当前时间	见表 1 描述
支架工作阻力	Double	0 到监测设备的最大测量值	单位为 kN，保留小数点后两位
监测设备编号	String(30)	由设备制造商分配的唯一编号	见表 1 描述
设备状态	Integer	0 或 1	无

5.2.3 巷道围岩变形监测

巷道围岩变形监测应符合表4的要求。

表 4 巷道围岩变形监测表

数据项	数据类型	值域范围	标准化数据元
监测点编号	String(50)	根据表 1 监测点编码方式，确保唯一性	见表 1 描述
监测时间	DateTime	从 1970 年 1 月 1 日 00:00:00 到当前时间	见表 1 描述
巷道顶底板移近量	Double	基于监测设备的测量范围	单位为 mm，保留小数点后两位
巷道两帮收敛量	Double	基于监测设备的测量范围	单位为 mm，保留小数点后两位
监测设备编号	String(30)	由设备制造商分配的唯一编号	见表 1 描述
设备状态	Integer	0 或 1	无

5.2.4 锚杆（索）受力监测

锚杆（索）受力监测应符合表5的要求。

表 5 锚杆（索）受力监测表

数据项	数据类型	值域范围	标准化数据元
监测点编号	String(50)	根据表 1 监测点编码方式，确保唯一性	见表 1 描述
监测时间	DateTime	从 1970 年 1 月 1 日 00:00:00 到当前时间	见表 1 描述
锚杆（索）受力	Double	0 到监测设备的最大测量值	单位为 kN，保留小数点后两位
监测设备编号	String(30)	由设备制造商分配的唯一编号	见表 1 描述
设备状态	Integer	0 或 1	无

5.2.5 围岩深部位移监测

围岩深部位移监测应符合表6的要求。

表 6 围岩深部位移监测表

数据项	数据类型	值域范围	标准化数据元
监测点编号	String(50)	根据表 1 监测点编码方式，确保唯一性	见表 1 描述

监测时间	DateTime	从 1970 年 1 月 1 日 00:00:00 到当前时间	见表 1 描述
围岩深部位移	Double	基于监测设备的测量范围	单位为 mm，保留小数点后两位
监测设备编号	String(30)	由设备制造商分配的唯一编号	见表 1 描述
设备状态	Integer	0 或 1	无

5.2.6 支架工况监测

支架工况监测应符合表7的要求。

表 7 支架工况监测表

数据项	数据类型	值域范围	标准化数据元
监测点编号	String(50)	根据表 1 监测点编码方式，确保唯一性	见表 1 描述
监测时间	DateTime	从 1970 年 1 月 1 日 00:00:00 到当前时间	见表 1 描述
支架初撑力	Double	0 到监测设备的最大测量值	单位为 kN，保留小数点后两位
循环末阻力	Double	0 到监测设备的最大测量值	单位为 kN，保留小数点后两位
支架工作行程	Double	基于监测设备的测量范围	单位为 mm，保留小数点后两位
倾角	Double	0° 到+90°	单位为°，保留小数点后一位
监测设备编号	String(30)	由设备制造商分配的唯一编号	见表 1 描述
设备状态	Integer	0 或 1	无

5.2.7 煤体应力监测

煤体应力监测应符合表8的要求。

表 8 煤体应力监测表

数据项	数据类型	值域范围	标准化数据元
监测点编号	String(50)	根据表 1 监测点编码方式，确保唯一性	见表 1 描述
监测时间	DateTime	从 1970 年 1 月 1 日 00:00:00 到当前时间	见表 1 描述
煤体垂直应力	Double	0 到监测设备的最大测量值	单位为 MPa，保留小数点后两位
煤体水平应力	Double	0 到监测设备的最大测量值	单位为 MPa，保留小数点后两位
监测设备编号	String(30)	由设备制造商分配的唯一编号	见表 1 描述
设备状态	Integer	0 或 1	无

5.2.8 顶板离层监测

顶板离层监测应符合表9的要求。

表 9 顶板离层监测表

数据项	数据类型	值域范围	标准化数据元
监测点编号	String(50)	根据表 1 监测点编码方式，确保唯一性	见表 1 描述
监测时间	DateTime	从 1970 年 1 月 1 日 00:00:00 到当前时间	见表 1 描述
顶板岩层位移	Double	基于监测设备的测量范围	单位为 mm，保留小数点后两位
监测设备编号	String(30)	由设备制造商分配的唯一编号	见表 1 描述
设备状态	Integer	0 或 1	无

5.3 字段含义

5.3.1 监测点编号

唯一标识每个矿压监测点的代码。根据表1监测点编码方式，编码应具有唯一性和可识别性。

5.3.2 监测时间

记录数据采集时间，精确到毫秒，用于数据时间序列分析和追溯。

5.3.3 顶板压力

包括顶板的垂直应力（单位：MPa）和水平应力（单位：MPa），用于评估顶板的稳定性和承载能力。

5.3.4 支架工作阻力

监测液压支架等支架承受的压力（单位：kN），了解支撑效果和工作状态。

5.3.5 巷道围岩变形

包括巷道顶底板移近量（单位：mm）、两帮收敛量（单位：mm）等，反映巷道围岩的变形情况。

5.3.6 锚杆（索）受力

监测锚杆或锚索承受的轴力（单位：kN），判断对围岩的加固效果。

5.3.7 围岩深部位移

通过多点位移计等设备测量围岩内部不同深度的位移变化（单位：mm），了解围岩内部的移动规律。

5.3.8 支架工况

包括支架的初撑力（单位：kN）、循环末阻力（单位：kN）、工作行程（单位：mm）、倾角（单位为°）等参数，评估支架性能和适应性，优化支架选型和布置。

5.3.9 煤体应力

监测煤体承受的应力，包括煤体垂直应力（单位：MPa）和水平应力（单位：MPa）。

5.3.10 顶板离层

巷道顶板岩层中相邻两监测点间的相对位移量（单位：mm）。

5.3.11 监测设备编号

安装在监测点的设备唯一标识符。

5.3.12 设备状态

反映监测设备工作状态，0表示正常，1表示故障。当设备出现故障时，应及时发送报警信息。

6 数据传输协议

6.1 数据传输方式

数据传输方式应符合表10的要求。所有煤矿用信息传输装置均应符合MT/T 899的相关要求。

表 10 数据传输方式

数据传输方式	应用场景	传输协议	要求
有线以太网	固定设备及主干网络	TCP/IP	物理层符合GB/T 15629.3标准，支持星型/环型/总线型拓扑
4G/5G无线网络	无法布线的移动或偏远区域	MQTT/CoAP	信号强度≥-90dBm，掉线率≤5%，支持QoS优先级
WiFi无线网络	井下局部热点区域（如变电所）	IEEE 802.11	符合GB/T 15629.11标准，频段2.4GHz/5GHz，速率≥54Mbps，客户端容量≤32台
短距离蓝牙	传感器与本地设备近场通信	Bluetooth	传输速率≥1Mbps，有效距离≥10m，连接稳定性≥99%，符合Bluetooth SIG相关要求

MODBUS有线协议	工业设备（如PLC）串行通信	MODBUS RTU/TCP	波特率9600~115200bps，支持CRC16/CRC32校验
HTTP/HTTPS	跨系统数据接口调用	HTTP 1.1/2.0	响应时间≤200ms，HTTPS需支持TLS 1.2+加密

6.2 数据传输频率

数据传输频率设置应符合表11的要求。

表 11 数据传输频率

监测点类型	设备状态	传输频率	描述
关键监测点	正常状态	每分钟1次	根据矿山地质条件、开采工艺和安全风险评估确定的高风险区域监测点
	预警状态	实时传输	触发条件：设备状态异常（如故障代码1）或数据超阈值时，立即启动实时传输
一般性监测点	正常状态	每10分钟1次	监测点可包括非关键区域的监测点或对实时性要求较低的监测项目
	预警状态	每分钟1次	触发预警后，自动提升传输频率至高频次，确保异常数据及时捕获
数据突变或超阈值	任意状态	实时传输，并触发报警机制	预警阈值设定应根据矿山安全标准和历史数据分析确定

6.3 数据包结构

数据包结构应符合表12的要求。

表 12 数据包结构

字段	长度（字节）	描述
包头	4	包含协议版本、数据包类型等信息
数据长度	4	数据长度
源地址	8	发送端网络地址
目标地址	8	接收端网络地址
数据内容	n	实际监测数据
校验码	4	用于数据完整性校验

6.4 数据安全机制

数据安全机制应符合表13的要求。

表 13 数据安全机制

安全机制	描述
数据加密	传输过程中使用 AES-256 加密算法对数据加密
密钥管理	加密密钥通过安全密钥管理系统生成和分发，每 90 天强制更新一次
数字签名	数据传输前做数字签名，确保数据完整性和可追溯性

7 数据交换

7.1 数据采集

数据来源、采集方式应符合表14的要求。

表 14 数据采集技术要求

要素	内容	技术要求
数据来源	业务数据库、传感器设备、外部系统接口	建立数据源清单
采集策略	全量采集、增量采集	增量识别字段配置
元数据记录	来源、时间、数据量、状态	元数据存储时长≥6个月

7.2 数据清洗

抽取源数据时，应处理可能存在的数据不全面、重复、错误或不规范等问题，数据清洗处理应符合表15的要求。

表 15 数据清洗处理

问题类型	处理方法	阈值限制
缺失值	1. 相邻数据线性插值 2. 统计模型填充（均值/中位数） 3. 机器学习预测	1. 连续缺失≤3 个数据点 2. 缺失比例≤5% 3. 机器学习需历史数据≥30 天
重复数据	去重保留唯一值，时间冲突时保留最新数据	数据时间戳差异≤1 秒
错误数据	1. 超范围数据按上下限修正 2. 规则错误自动纠正 3. 无法处理数据标记异常	1. 数据超出正常范围±3 σ 2. 异常跳变幅度≥50%时标记

7.3 数据核查

数据核查应保证数据质量和准确性，数据核查规则应符合表16的要求。

表 16 数据核查规则

核查类型	核查规则
唯一性核查	确保主键唯一，无重复数据
完整性核查	必填字段非空，关联数据完整
有效性核查	符合数据字典和业务规则
准确性核查	数据准确无误，统计结果一致
实时性核查	反映最新的数据状态

7.4 数据转换

数据转换应解决数据类型、名称和长度不一致的情况，数据转换处理应符合表17的要求。

表 17 数据转换处理

转换类型	处理方式
数据类型转换	按映射规则转换
数据名称转换	按命名规范修改

7.5 数据同步

时间戳和触发器同步应利用时间戳和触发器机制捕捉数据变更，数据同步处理应符合表18的要求。

表 18 数据同步处理

同步步骤	详细描述
记录更新触发	当数据更新时，触发相应操作
临时表同步	更新临时数据表与源表保持一致
旧数据删除	删除过时的记录

7.6 数据联合交换

7.6.1 数据联合架构搭建

数据联合应通过建立数据中心联合应用视图，实现多表数据的综合关联应用，数据联合架构见图1。

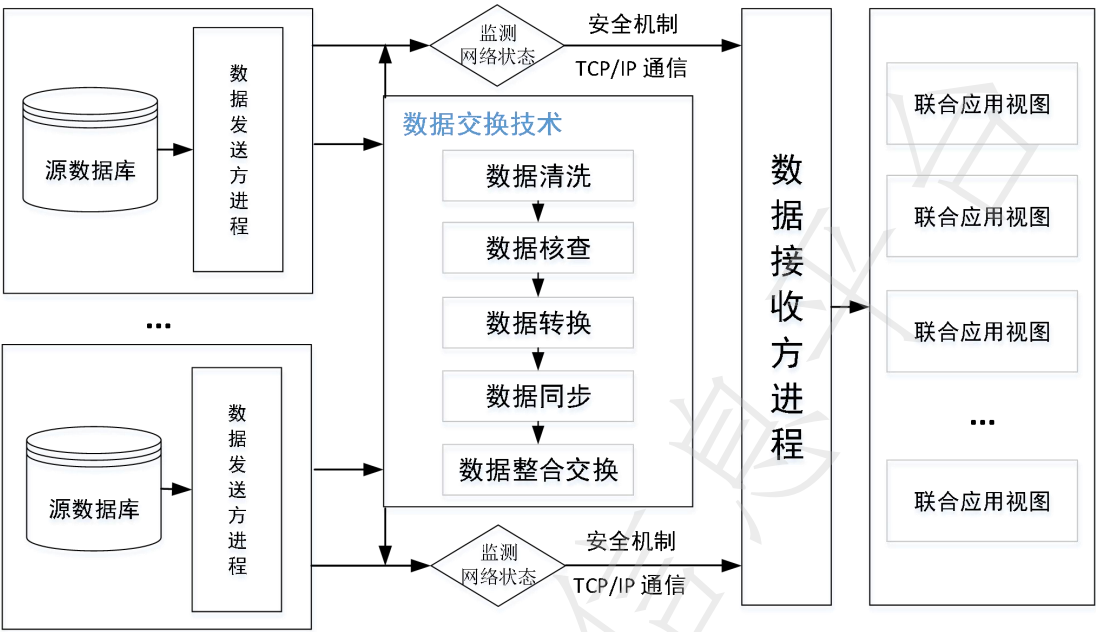


图 1 数据联合架构

7.6.2 数据中心数据处理流程

数据中心应从业务数据库等数据源抽取数据，根据分类和数据标准实施数据清洗，按数据中心模型要求完成数据整理与存储。

7.6.3 数据交换要求

数据交换应符合表19的要求。

表 19 数据交换要求

要求类型	详细描述
数据格式统一	确保数据交换时格式一致
传输协议要求	使用表10的传输协议，确保数据传输的可靠性和效率
数据安全	应符合GB/T 22239的要求，确保数据在传输过程中的保密性、完整性和可用性
实时互操作	异构系统间数据交换需满足实时API接口要求，确保跨品牌设备的实时协同

8 数据质量控制

8.1 数据采集

8.1.1 监测设备选用与校准

数据采集应根据监测需求选择合适设备，并按设计要求安装。监测设备投入使用前应经校准和测试，校准周期应不超过1年，设备校准周期应符合表20的要求。

表 20 设备校准周期

监测设备类型	校准周期
压力传感器	每年 1 次
位移传感器	每半年 1 次
锚杆（索）测力计	每年 1 次
煤体应力传感器	每年 1 次
倾角传感器	每半年 1 次

顶板离层仪	每半年 1 次
-------	---------

8.1.2 数据采集精度要求

压力测量精度应不低于±0.5%FS（满量程，指测量设备的最大测量范围）；位移测量精度应不低于±0.1mm，数据采集精度应符合表21的要求。

表 21 数据采集精度

监测参数	校准周期
压力值	±0.5%FS
位移值	±0.1mm
锚杆（索）受力	±1%FS
煤体应力	±0.5%FS
倾角	±0.1°
顶板离层量	±0.1mm

8.1.3 采集数据异常值处理

采集数据前应进行有效性检查，剔除压力值超过设备测量范围、位移量出现不合理的突变等明显异常值。

8.1.4 设备运行维护管理

设备应能在矿山复杂环境条件下正常工作。采集设备应每30d检查并维护1次，记录设备运行状态和维护情况。

8.2 数据传输

数据传输过程中应保证完整性、可靠性和实时性。应监测网络稳定性，实时评估网络状态（如延迟、丢包率），动态调整传输策略；应采用智能重传、纠错、流量控制等机制处理传输错误，传输错误处理机制应符合表22的要求。

表 22 传输错误处理机制

传输错误类型	处理方式	智能优化策略
数据丢失或篡改	建立数据包的校验机制，采用 CRC32 校验算法校验	动态调整校验强度（如高丢包时采用双重校验）
传输中断	设置智能重传机制，初始重传间隔 5 秒，后续根据网络 RTT（往返时间）动态调整（如指数退避）	最大重传次数≤3 次，但可根据网络质量自动调整（如良好网络降为 1 次）
数据包缺失或损坏	接收端进行完整性检查，发现问题向发送端请求重传	结合前向纠错（FEC）技术，减少重传依赖

8.3 数据存储

数据存储应确保存储数据安全、可靠、易于查询和管理。

8.3.1 数据库设计

数据库结构应合理设计，优化存储性能，数据库结构应符合表23的要求。

表 23 数据库结构

数据表	字段	索引
监测数据表	监测点编号、监测时间、压力值、位移值等	监测点编号、监测时间
设备信息表	设备编号、设备类型、安装位置、启用时间	设备编号
错误日志表	错误代码、错误描述、发生时间	发生时间

8.3.2 数据备份与恢复

数据备份与恢复应制定明确的数据备份计划，采用异地存储和多副本备份策略，确保数据可恢复，数据备份策略应符合表24的要求。

表 24 数据备份策略

备份方式	备份周期	存储位置
全量备份	每周	本地服务器和外部存储设备
增量备份	每天	本地服务器

8.3.3 数据清理与归档

数据清理与归档应按照固定周期清理过期和无效数据，将历史数据归档存储，数据归档方式应符合表25的要求。

表 25 数据归档方式

数据类型	保留期限	归档方式
实时监测数据	1 年	压缩存储至磁带库
历史统计数据	5 年	存储至大容量磁盘阵列

8.3.4 多源数据库适配

针对不同设备厂商的异构数据库，通过标准化转换实现统一存储，多源数据库适配技术要求应符合表26的要求。

表 26 多源数据库适配技术要求

控制项	具体要求
数据接入	支持 MySQL、SQL Server 等主流数据库，通过 JDBC/ODBC 驱动或 API 接口实现跨库连接
字段映射	建立《字段映射表》，将厂商私有字段转换为统一标准字段
转换工具	采用 ETL 工具实现数据抽取、清洗、转换与加载
存储适配	统一存储至数据仓库，按“设备类型+时间”分区，提升查询效率

8.4 数据调用

监测数据调用技术要求需遵循表27的要求。

表 27 监测数据调用技术要求

类别	项目	具体要求
接口协议要求	接口类型	采用 HTTP/HTTPS 协议，支持 GET、POST 请求；HTTPS 启用 TLS 1.2 及以上加密，符合 GB/T 22239 要求
	实时数据接口	响应时间≤200ms，请求参数包含设备编号、数据类型
	历史数据接口	支持按时间范围、设备编号查询，具备分页功能，每页数据量≤1000 条
权限控制要求	认证机制	采用 OAuth 2.0 令牌认证，access_token 有效期 2 小时，过期需重新认证
	权限分级	分普通用户（仅可调阅基础监测数据）、管理员用户（可调阅全部数据），权限与角色绑定管理
数据格式要求	返回格式	统一为 JSON 格式
	字段规范	字段名称、数据类型、单位等符合统一数据字典定义

异常处理要求	错误反馈	采用四位数字编码错误码，前两位表示类别（如 10 为参数错误，20 为认证失败），后两位为具体编号；返回简洁错误信息
--------	------	--

8.5 数据质量评估

数据质量评估方式应符合表28的要求。

表 28 数据质量评估方式

评估指标	计算公式	评估周期
数据准确性	$(\text{准确数据量} / \text{总数据量}) \times 100\%$	每月
数据完整性	$(\text{完整数据量} / \text{应采集数据量}) \times 100\%$	每月
数据一致性	$(\text{一致数据量} / \text{对比数据量}) \times 100\%$	每季度
数据时效性	$(\text{及时更新数据量} / \text{需更新数据量}) \times 100\%$	每周

8.6 数据质量改进

数据质量改进应根据数据质量评估结果，采取改进措施，不断提高数据质量，数据质量改进方式应符合表29的要求。

表 29 数据质量改进方式

质量问题	改进措施	实施计划	效果评估标准	负责人	完成时间
数据缺失	完善采集机制，增加数据验证环节	1. 部署数据完整性校验规则 2. 增加冗余传感器覆盖盲区	缺失率降低至<0.5%	数据采集员	[具体时间]
数据错误	优化数据清洗算法，加强人工审核	1. 更新清洗规则库 2. 建立双人复核机制	错误率下降≥80%	数据管理员	[具体时间]
数据不一致	统一数据标准，建立数据核对机制	1. 发布数据字典 v2.0 2. 每日执行跨系统一致性检查	不一致告警减少至每周≤1次	数据管理员	[具体时间]

附录 A

关键监测点分类依据与示例

A.1 分类依据

关键监测点应依据以下因素综合判定：

- a) 地质条件：存在断层、破碎带、软岩等不良地质区域；煤层厚度变化剧烈、倾角大于35°的区域。
- b) 开采工艺：大采高工作面、放顶煤开采区域；采掘活动频繁交叉区域；留设煤柱附近的巷道或工作面。
- c) 安全风险等级：经风险评估，顶板冒落、煤与瓦斯突出、冲击地压等灾害发生概率较高的区域；历史上曾发生过重大安全事故的区域。
- d) 设备重要性：主运输巷道、中央变电所等关键设施附近的监测点；承担主要支护功能的液压支架、锚杆（索）监测点。

A.2 判定流程

- a) 数据收集：收集地质勘查报告、开采设计方案、历史监测数据及安全风险评估报告。
- b) 专家评估：组织地质、采矿、安全等领域专家，结合现场实际情况，对各监测点进行风险打分。
- c) 阈值判定：设定风险阈值，得分超过阈值的监测点判定为关键监测点，并记录判定依据。
- d) 动态调整：根据开采进度、地质条件变化，每季度对关键监测点进行复核与调整。

A.3 示例

表 A.1 关键监测点分类依据与示例

场景	判定依据	关键监测点说明
工作面过断层	地质条件复杂，顶板稳定性差，历史监测显示压力波动幅度超过正常范围 3 倍	断层前后 30 米范围内的顶板压力监测点
高应力区巷道	地应力测试显示水平应力超过 15MPa，且巷道变形速率超过 5mm/天	巷道顶底板及两帮的位移监测点
放顶煤开采工作面	开采工艺复杂，顶板垮落风险高	液压支架工作阻力、初撑力监测点
采空区边缘	存在顶板大面积垮落风险，可能引发冲击地压	采空区边缘 50 米范围内的应力监测点