

ICS 点击此处添加 ICS 号

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

露天煤矿粉尘监测技术规范

Technical specification for dust monitoring in open-pit coal mines

（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

前言 II

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 监测技术要求 1

5 数据分析及管理 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。

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：

本文件主要起草人：

露天煤矿粉尘监测技术规范

1 范围

本文件规定了露天煤矿粉尘监测内容、监测点布设、监测方法、监测设备、监测数据采集频率、数据质量控制、数据存储格式、数据传输要求。

本文件适用于露天煤矿不同作业环节的粉尘监测。

2 规范性引用文件

本文件没有规范性引用文件。

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

颗粒物（粒径小于等于 $10\ \mu\text{m}$ ） **particulate matter (PM₁₀)**

环境空气中空气动力学当量直径小于等于 $10\ \mu\text{m}$ 的颗粒物，也称可吸入颗粒物。

3.2

颗粒物（粒径小于等于 $2.5\ \mu\text{m}$ ） **particulate matter (PM_{2.5})**

环境空气中空气动力学当量直径小于等于 $2.5\ \mu\text{m}$ 的颗粒物，也称细颗粒物。

3.3

总悬浮颗粒物 **total suspended particle (TSP)**

环境空气中空气动力学当量直径小于等于 $100\ \mu\text{m}$ 的颗粒物。

3.4

爆破粉尘团 **explosive dust cloud**

露天煤矿爆破作业时，形成的团状粉尘。

3.5

排弃粉尘团 **dumping dust clouds**

露天煤矿排弃作业时，形成的团状粉尘。

3.6

破碎粉尘团 **crushing dust cloud**

露天煤矿破碎作业时，形成的团状粉尘。

4 监测技术要求

4.1 监测指标

露天煤矿粉尘监测的指标包括：颗粒物（粒径小于等于 $10\ \mu\text{m}$ ）（PM₁₀）、颗粒物（粒径小于等于 $2.5\ \mu\text{m}$ ）（PM_{2.5}）、总悬浮颗粒物（TSP）等3个可吸入颗粒物浓度指标，以及风速、气温、湿度和气压等4个气象参数指标。

4.2 数据采集频率

监测设备采集数据频率至少为1条/5秒。

4.3 监测方法

4.3.1 通用要求

分别监测露天煤矿不同环节作业时段和非作业时段的粉尘浓度数据，并按公式（1）计算实际粉尘浓度。

$$C_0 = C_1 - C_2 \cdots \cdots (1)$$

式中：C₀——不同环节作业时实际粉尘浓度，mg/m³；

C₁——作业时段的粉尘浓度，mg/m³；

C₂——非作业时段的粉尘浓度（背景粉尘浓度），mg/m³。

4.3.2 不同作业环节监测方法

4.3.2.1 穿孔

穿孔作业粉尘浓度监测，作业时段宜选在钻机下风向3 m~5 m处监测，非作业时段宜选在钻机上风向3 m~5 m处监测。

4.3.2.2 爆破

露天煤矿爆破作业宜采用无人机搭载小型粉尘浓度传感器进行粉尘测量。

爆破前，操作无人机于待爆破区域上方10 m~20 m进行盘旋，获取背景粉尘浓度；爆破时，提前操作无人机至距离爆破区域50 m~100 m的下风向待命，无人机飞行高度应距离爆破区域上方50 m~100 m，以防无人机被爆破飞石等砸伤；爆破结束后，操作无人机穿越爆破粉尘团，获取爆破作业时段的粉尘浓度。

4.3.2.3 采装

采装作业粉尘浓度监测，于同平盘电铲的非下风向10 m左右处，获取背景粉尘浓度值，同时确保监测点不受矿用卡车运输扬尘影响；采装时，利用无人机搭载小型粉尘浓度传感器，于电铲下风口处悬停测量，获取采装作业时段的粉尘浓度，无人机飞行高度为粉尘飘散高度，距离电铲10 m左右，当采装作业即将完成，矿用卡车准备驶离时，驾驶无人机需及时避让，以免与矿用卡车发生碰撞。

4.3.2.4 运输

运输作业粉尘浓度监测，位于道路挡墙旁，保证监测设备安全，当道路无矿用卡车通过时，开始记录，获取背景粉尘浓度；提前开启监测设备，待矿用卡车路过监测设备时，记录矿用卡车扬尘，获取运输作业时段的粉尘浓度。

4.3.2.5 排弃

排弃作业粉尘浓度监测，位于待排弃平盘挡墙上，当该平盘无排弃作业时，获取背景粉尘浓度；待排弃作业时，利用无人机搭载小型粉尘浓度传感器，于排弃点上方10 m左右等待，排弃作业后，操作无人机穿越排弃粉尘团，获取排弃作业时段的粉尘浓度。

4.3.2.6 破碎

破碎作业粉尘浓度监测，位于破碎站卸料口平台，当无破碎作业时，获取背景粉尘浓度；待破碎时，利用无人机搭载小型粉尘浓度传感器，于破碎站卸料口上方10 m~20 m左右等待，破碎作业后，操作无人机穿越破碎粉尘团，获取破碎作业时段的粉尘浓度。

4.4 监测设备要求

4.4.1 设备类型

监测设备类型应使用小型光散射法（激光或红外LED）制造的传感器监测设备，具备可吸入颗粒物浓度指标及气象参数指标同步监测的功能，并支持实时数据传输和数据内部存储。

4.4.2 尺寸与重量

为便于在无人机等相关载具上搭载使用，监测设备的重量应不大于700 g，尺寸应小于180 mm×180 mm×180 mm。

4.4.3 材质

主体结构应采用高强度轻量化，且传感元器件可有效抵抗来自无人机马达、电调与图传等外部环境电磁干扰的材料，如铝合金。

4.4.4 气室结构

监测设备应拥有气密性气室结构，便于通入标准气体进行校准，气室内应具备可抵御外部震动对内部传感元器件影响的悬挂减震机构。

4.4.5 进气系统

监测设备应具备主动式进气系统，并可加装外置气泵，进风量在无压差下约为5 L/min，若搭载于无人机等载具，空气吸入受阻时，可借助外置气泵自行调节加大进风量。

4.4.6 供电方式

支持5VDC 3A Max（Type-C 接口），或7~32VDC 2A Max（XT30接口）电源输入；支持μW级超低功耗冬眠待机模式，监测设备具备在断开外部电源时仍能维持部分传感元器件工作，冷启动时无需预热即可投入使用的功能。

4.4.7 监测参数

4.4.7.1 可吸入颗粒物监测模块参数

可吸入颗粒物监测模块的相关参数见表1。

表 1 可吸入颗粒物监测模块参数

项目		参数
粒径（μm）	PM _{2.5}	0.3~2.5
	PM ₁₀	0.3~10
	TSP	0.3~100
量程（μm/m ³ ）		0~100000
检出限（μg/m ³ ）		1
重复性（%FS）		<2
理论分辨率（μg/m ³ ）		1

4.4.7.2 风速参数

风速的相关参数见表2。

表 2 风速参数

项目		参数
测量范围（m/s）		0~50
理论分辨率（m/s）		0.1
风速精度（m/s）	0~10	±0.1%
	11~30	±1%
	31~50	±2%
补偿算法		无人机平移运动补偿算法
		无人机姿态补偿算法
		无人机旋转运动补偿算法

4.4.7.3 气温参数

气温的相关参数见表3。

表 3 气温参数

项目		参数
测量范围（℃）		-20~40
理论分辨率（℃）		0.1
测量精度（℃）		±2℃

补偿算法	温度漂移补偿算法
	支持动态环境温度梯度修正

4.4.7.4 湿度参数

湿度的相关参数见表4。

表 4 湿度参数

项目	参数
测量范围（RH）	0~100%
理论分辨率（RH）	0.1%
测量精度（RH）	±2%

4.4.7.5 气压参数

气压的相关参数见表4。

表 5 气压参数

项目	参数
测量范围（hPa）	300~1100
理论分辨率（hPa）	0.1
测量精度（hPa）	±2

4.5 设备校准及维护

4.5.1 校准步骤

4.5.1.1 标准设备

使用高精度仪器（如标准温度计、压力源）。

4.5.1.2 环境控制

保持稳定的温度、湿度，避免电磁干扰。

4.5.1.3 数据对比

记录多个测试点传感器输出与标准值的偏差。

4.5.1.4 调整参数

通过电位器等硬件调节，或增益/偏移调整等软件校正。

4.5.1.5 校准后验证

校准后，应在实际环境中测试各项监测数据的精确性。

4.5.2 校准频率与记录

4.5.2.1 校准频率

每年应采用标准仪器对监测设备进行一次校准。若对数据质量要求非常高，应每六个月或更短时间进行一次校准。

4.5.2.2 校准记录

校准记录包含校准日期、标准值、误差范围、操作人员等信息。

4.5.3 维护

4.5.3.1 物理维护

检查外壳密封性，外壳镀层是否有泡、龟裂、脱落现象，金属零件是否有锈蚀和机械损伤等。

4.5.3.2 环境监控

工作温度/湿度应确保在传感器规格范围内。

4.5.3.3 维护记录

保存校准日期、结果及维护日志，追踪性能趋势。

5 数据分析及管理

5.1 数据质量控制

5.1.1 异常数据识别

监测设备应设置阈值范围，超出数据自动标记为“可疑”。连续3次相同数值判定为传感器故障，触发报警。

5.1.2 数据清洗规则

数据清洗按以下规则进行：

- a) 缺少数据：单点缺失 ≤ 10 分钟时，采用线性插值填补；缺失 > 30 分钟则标记为“无效”。
- b) 干扰数据：剔除因设备维护、极端天气（如暴雨、沙尘暴）导致的异常波动值。

5.2 数据存储

5.2.1 存储参数

存储参数包括：PM_{2.5}、PM₁₀、风速、气温、湿度、气压、相对高度、纬度、经度、定位卫星数量、数据序号、设备序列号、设备内传感仓的温度、时间。

5.2.2 存储格式

5.2.2.1 存储文件格式

CSV或JSON，字段包含时间戳（UTC-8）、设备ID。

5.2.2.2 关系型数据库存储要求

时间戳、设备ID需建立联合索引，查询响应时间 ≤ 1 秒。

5.2.2.3 时序数据库存储要求

应采用数据分片，按时间范围（如每月）分片存储，支持快速按时间区间检索数据。

5.3 数据传输

5.3.1 传输协议与安全

应采用MQTT/HTTP协议传输数据，支持SSL/TLS加密。

5.3.2 传输距离

应具有移动网络通信能力（4G/3G/EDGE），数据传输不限距离。

5.3.3 传输频率与可靠性

5.3.3.1 监测设备应具备将实时采集数据实时上传至用户端功能，且具备数据断点续传功能，当通讯中断时最高可临时存储8小时任务数据，待通讯恢复后自动重新传输。

5.3.3.2 具备明文数据输出接口，支持与其他设备通信，方便用户二次开发。

参 考 文 献

- [1] GB/T 29367-2012 轧花企业粉尘检测方法[S].
 - [2] AQ 4217-2012 粉尘采样器技术条件[S].
 - [3] MT/T 1102-2009 煤矿用粉尘浓度传感器[S].
 - [4] JJF 1162-2006 粉尘采样器型式评价大纲[S].
 - [5] JJG (煤炭)07-1996 粉尘采样器检定装置检定规程[S].
 - [6] BS ISO 9022-6-1995 环境试验方法.粉尘[S].
 - [7] LD 62-1994 粉尘采样器技术条件[S].
 - [8] JJG 846-1993 光散射式数字粉尘测试仪[S].
 - [9] GB 3095-2012 环境空气质量标准[S].
 - [10] DB 1304/ T465-2024 粉尘智能检测技术规程[S].
-