

# T/GRM

## 中关村绿色矿山产业联盟团体标准

T/GRM 171—2026

### 露天煤矿爆破粉尘综合防治与评估规范

Comprehensive prevention and evaluation of blasting dust in open-pit coal mines

2026-05-07 发布

2026-05-07 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 基本原则 .....	1
5 粉尘综合防治技术要求 .....	1
6 监测与评估 .....	4
附录 A（资料性） 典型岩性推荐爆破参数 .....	6
附录 B（资料性） 粉尘监测指标与限值 .....	7
参考文献 .....	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。

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：国家能源集团准能集团有限责任公司、中国神华能源股份有限公司哈尔乌素露天煤矿、中国矿业大学、西南科技大学、徐州数字空间矿山研究院有限公司、内蒙古国城实业有限公司大苏计铝矿露天矿

本文件主要起草人：张利忠、才庆祥、张建华、丁小华、王桂林、周伟、颜杰、陆翔、焦晓亮、张禹、陈浩、廖周全、田涯、张卫清、严俊龙、王志明、邵杏红、刘子谦、王辉、陆宇

本文件为首次发布。



# 露天煤矿爆破粉尘综合防治与评估规范

## 1 范围

本文件规定了露天煤矿爆破粉尘综合防治与评估的粉尘综合防治和监测与评估等。  
本文件适用于露天煤矿爆破粉尘综合防治与评估。

## 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 3095 环境空气质量标准
- HJ 93 环境空气颗粒物（PM<sub>10</sub>、PM<sub>2.5</sub>）采样器技术要求及检测方法
- HJ 664 环境空气质量监测点位布设技术规范
- HJ 1263 环境空气 总悬浮颗粒物、PM<sub>10</sub>、PM<sub>2.5</sub>的测定 β射线法

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**爆破粉尘 explosive dust**

在露天煤矿爆破过程中，由炸药爆炸导致岩石压碎圈破碎、自由面剥落及表层浮尘扰动等所释放的悬浮性固体颗粒物。

### 3.2

**封孔材料 sealing material**

用于炮孔封闭的材料，其性能直接影响爆破能量利用率和粉尘抑制效果。

注：包括水泥砂浆类、聚合物类及复合抑尘材料等。

### 3.3

**预湿岩体技术 pre-wetting rock mass technology**

爆破前通过钻孔注水或表层洒水方式提高岩体含水率，从而减少爆破粉尘产生的技术手段。

### 3.4

**水封爆破技术 water seal blasting technology**

利用水或含水介质充填炮孔，以爆炸瞬间水雾化吸收粉尘的方式抑制粉尘扩散的技术措施。

### 3.5

**雾炮降尘技术 dust suppression cannon**

利用高压风机将水或抑尘剂雾化成细小颗粒，覆盖特定区域捕捉粉尘的技术。

## 4 基本规定

4.1 粉尘治理应坚持源头削减的理念，并通过过程控制与监测反馈相结合的方式，确保防治措施的持续优化与有效实施。

4.2 煤矿企业应根据粉尘监测数据持续改进防尘技术，推动爆破粉尘防治技术的创新与应用。

## 5 粉尘综合防治技术要求

### 5.1 爆破设计与参数优化

### 5.1.1 设计原则

爆破设计应结合地质构造和作业环境，针对不同岩性和地形条件制定差异化爆破工艺方案。

### 5.1.2 参数选择

应通过选择钻孔孔径、孔距与装药量优化爆破参数。宜采用微差延时起爆、等效小药量分段（单段药量 $\leq 30$  kg）或密集布孔技术。

### 5.1.3 针对岩性处理

对于硬岩、软岩等不同岩性，宜采用分级参数设计，控制单孔装药密度。典型岩性爆破参数见附录A表1。

## 5.2 封孔工艺与封孔材料

### 5.2.1 封孔作业一般要求

#### 5.2.1.1 作业质量要求

封孔作业应确保填塞密实，封孔段与岩壁需紧密贴合、无空洞。

#### 5.2.1.2 作业材料要求

封孔材料应具备良好的致密性、粘结性、速凝性及抗冲击性，宜优先采用现场岩粉、黏土等作为经济型封孔材料进行规范填塞。其中现场岩粉宜采用粒径 $\leq 5$  mm的细颗粒，以减少封孔段产生空洞；黏土类材料的含水率宜控制在15%~25%，以避免过干产生裂隙或过湿导致塌陷。

### 5.2.2 封孔材料与封孔工艺优化

#### 5.2.2.1 材料优化

采用改性黏土、水玻璃类、复合型抑尘填塞材料及无机或有机胶凝助剂，提升封孔的致密性和抗冲击性。改性黏土、水玻璃类及复合型封孔材料宜具备24 h抗压强度 $\geq 3$  MPa、抗渗系数 $\leq 1 \times 10^{-6}$  m/s的密封性能。

#### 5.2.2.2 工艺优化

结合水封爆破或预湿岩体技术，采用分段填装工艺，自下而上依次填充细料、胶凝浆、湿泥或水袋，每0.5 m填装层应至少夯实3次；验收宜采用贯入阻力测试（合格值 $\geq 1.5$  MPa）或取芯检测，每10个炮孔至少抽检1点，不合格率应低于5%。

## 5.3 水封爆破技术

### 5.3.1 作业方式与材料

具备条件的矿区宜采用水封爆破技术，装药完成后应利用注水管或预置水袋填充水封层；水袋宜采用加厚聚乙烯（PE）材质，膜厚度不应小于0.2 mm，且应通过不低于设计爆破压力1.2倍的抗压测试（无破裂或渗漏），装填时应贴壁布置。

### 5.3.2 作业参数

水封长度和注水量为起草单位在多矿区爆破降尘试验基础上形成的经验推荐值，其适用性已在典型露天煤矿条件下得到验证，可按公式（1）和公式（2）确定：

$$L_w \geq \max\{1.0\text{m}, 0.20 \times L_c\} \dots\dots\dots (1)$$

式中：

$L_w$ ——水封长度，m；

$L_c$ ——装药段长度，m。

$$V_w \geq 0.60 \times \pi \times (D/2)^2 \times L_w \dots\dots\dots (2)$$

式中：

$V_w$ ——注水量，m；

$D$ ——孔径，m。

### 5.3.3 参数修正与质量验收

在实际应用中，应结合矿区岩性、孔深及爆破工艺对参数进行适当修正。同时，并在施工中尽量确保水封层与孔壁紧密贴合，现场验收抽检不合格率应低于5%，以形成高效的一次吸附降尘屏障。

## 5.4 预湿岩体技术防尘

### 5.4.1 作业方式

宜对爆破岩体进行预湿处理。喷淋作业应采用移动式高压水枪与雾化喷头结合覆盖岩面；钻孔注水应在主炮孔及周边辅助孔中进行，并应与爆破作业时序衔接。

### 5.4.2 注水参数控制

注水量与湿润周期应根据岩性进行控制：

- a) 页岩类岩体宜控制在  $0.8\text{m}^3/100\text{m}^3 \sim 1.2\text{m}^3/100\text{m}^3$  岩体，湿润周期宜提前 12~24 小时，
- b) 砂岩类岩体宜控制在  $1.5\text{m}^3/100\text{m}^3 \sim 2.0\text{m}^3/100\text{m}^3$  岩体，湿润周期宜提前 24~48 小时。

### 5.4.3 效果评价

预湿效果可通过便携式含水率仪进行现场检测，在钻孔周边1m范围内取3个测点检测含水率，其中硬岩类岩体平均含水率宜达到5%~8%，软岩类岩体平均含水率宜达到8%~12%。

## 5.5 喷雾降尘技术防尘

喷雾降尘系统应通过科学布设与时序控制，对爆破粉尘扩散区域实施有效覆盖，并满足下列要求：

### 5.5.1 设备配置与选型

爆破区周边宜配置多台高压雾炮车或固定式喷雾塔。雾炮车的选型应依据爆破作业面的尺度、粉尘主要扩散方向及所需喷雾覆盖范围确定，其额定喷射距离宜满足爆破区最大喷雾作用半径的要求。

### 5.5.2 启动时序与喷雾性能

喷雾系统应在爆破前约5 s启动，通过高压将水或抑尘液体雾化，雾滴体积分布（D10~D90）宜控制在  $10\ \mu\text{m} \sim 50\ \mu\text{m}$ ，对目标区域的喷雾覆盖率不应低于95%。

### 5.5.3 喷雾时长与覆盖范围

连续喷雾时间应根据爆破面积确定，原则上不应少于30 s，应结合施工时段实时风向和作业范围覆盖粉尘扩散轨迹，捕捉浮尘和落尘。当环境风速  $\geq 6\ \text{m/s}$  时，喷雾时长宜延长至基准值的1.5倍，喷雾布点位置宜向下风侧外推不小于1.5倍台阶高度。

### 5.5.4 覆盖率评价

喷雾覆盖率可采用图像分析法进行评估。宜采用无人机航拍获取作业区影像，通过灰度或像元分类方法识别雾滴覆盖区域，按“雾滴覆盖区域面积/目标区域面积”计算喷雾覆盖率，其结果宜达到90%及以上。

### 5.5.5 亲水性原则

爆破粉尘防治应遵循亲水性原则。采用水雾吸附粉尘时，应根据粉尘润湿性合理选择清水或添加润湿型抑尘剂；针对疏水性较强的煤尘宜先开展适配性试验。

### 5.5.6 抑尘剂环保要求

喷雾液中如添加抑尘剂，应满足环境安全性要求。抑尘剂宜具备生物降解率 $\geq 90\%$ （28d），重金属含量（Pb、Cd、Cr） $\leq 0.1$  mg/kg，pH 值宜控制在6~9范围内，以减少对土壤和水体的二次污染风险。

## 5.6 目标控制效果

爆破粉尘综合防治技术的应用效果应通过以下关键绩效指标（KPI）进行验证：在采取本章所述综合降尘措施后，爆后5分钟内的TSP、PM<sub>2.5</sub>、PM<sub>10</sub>平均峰值浓度应较治理前的基线值下降 $\geq 40\%$ 。

## 6 监测与评估

### 6.1 一般规定

分别监测露天煤矿爆破环节作业时段和非作业时段的粉尘浓度数据，并按公式（3）计算实际粉尘浓度。

$$C_0 = C_1 - C_2 \dots \dots \dots (3)$$

式中：

$C_0$ ——爆破环节作业时实际粉尘浓度，mg/m<sup>3</sup>；

$C_1$ ——作业时段的粉尘浓度，mg/m<sup>3</sup>；

$C_2$ ——非作业时段的粉尘浓度（背景粉尘浓度），mg/m<sup>3</sup>。

背景粉尘浓度的确定应满足以下要求：背景监测点应布设在爆破作业面的作业施工时段实时风向上风侧，且与作业面监测点具有相同或相近的采样高度（建议范围1.5m~10m）。背景浓度监测时段应选取在本次爆破作业前，并避开相邻爆破作业的影响，稳定采样时间不应少于30分钟。

### 6.2 监测设备

#### 6.2.1 监测设备配置

监测设备应包含爆破瞬时在线监测仪、连续在线监测装置及无人机监测系统等多种设备类型。其中，无人机监测系统为无人机搭载小型粉尘浓度传感器。

#### 6.2.2 设备校准与溯源

所有监测设备应按规定周期进行校准与溯源，确保数据准确可靠。具体要求如下：

- a) 采用恒温恒流采样器等参比方法进行监测的设备，其技术要求、性能指标和检测方法应符合 HJ 93、HJ 1263 等相关标准的规定。
- b) 采用无人机搭载小型传感器等新兴技术进行监测时，投入使用前及使用期内应定期与地面参比采样器进行同步比对测试，需满足线性相关系数  $R^2 \geq 0.85$ ，且平均相对偏差控制 $\leq \pm 15\%$ 。

### 6.3 监测点布设

#### 6.3.1 监测点数量

监测点数量应根据地形条件、爆破区面积、作业强度和气象条件确定。一般小规模爆破可设置3~5个监测点，大规模或连续爆破需根据爆破面积确定监测点数量，确保对粉尘扩散路径和重点防护区域形成有效监控。

#### 6.3.2 监测点位置

监测点宜布设在爆破场作业施工时段实时风向和次作业施工时段实时风向下风侧的最大落尘区，核心监测点与爆破区边缘的距离宜控制在50m至200m范围内，以捕捉污染峰值特征。具体可按照HJ 664执行。

### 6.4 监测指标与限值

爆破粉尘的监测指标包括总悬浮颗粒物（TSP）、可吸入颗粒物（PM<sub>10</sub>）和细颗粒物（PM<sub>2.5</sub>）。监测数据应具备1秒级瞬时分辨率。相关监测方法、设备特点及粉尘限值见附录B表1。

## 6.5 超标判定

6.5.1 符合下列情形之一的即判定为超标，应开展评估并优化防治技术：

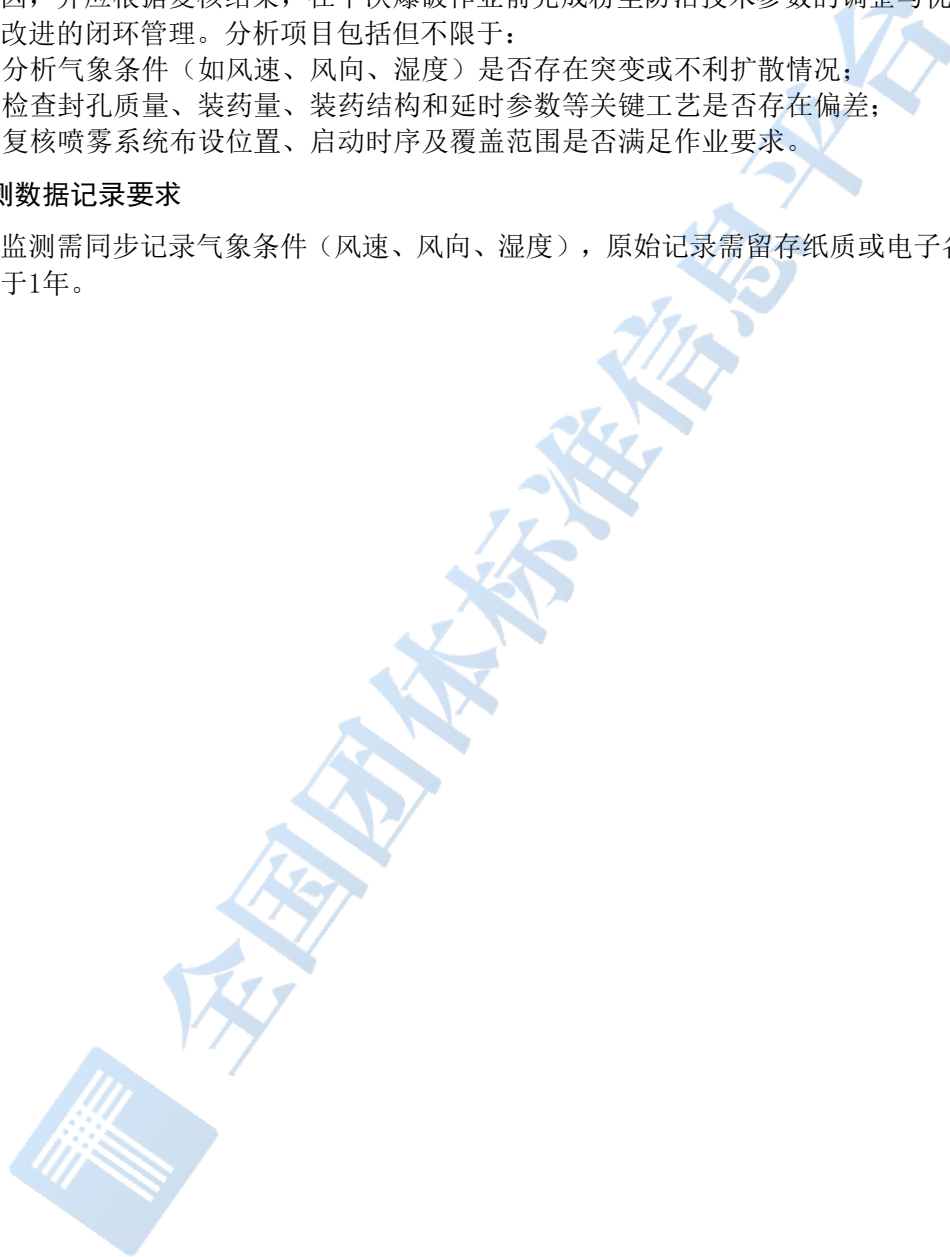
- a) 任一监测指标瞬时值连续 3 次超过表 1 中的相应限值；
- b) 任一监测指标单次瞬时值超过表 1 中相应限值的 30%以上；
- c) 任一监测指标 30 分钟平均浓度值超过表 1 中的相应限值。

6.5.2 一旦判定超标，应立即结合同步记录的气象条件（风速、风向、湿度）进行事件-气象复核，分析超标原因，并应根据复核结果，在下次爆破作业前完成粉尘防治技术参数的调整与优化效果的验证，形成技术改进的闭环管理。分析项目包括但不限于：

- a) 分析气象条件（如风速、风向、湿度）是否存在突变或不利扩散情况；
- b) 检查封孔质量、装药量、装药结构和延时参数等关键工艺是否存在偏差；
- c) 复核喷雾系统布设位置、启动时序及覆盖范围是否满足作业要求。

## 6.6 监测数据记录要求

每次监测需同步记录气象条件（风速、风向、湿度），原始记录需留存纸质或电子备份，数据保存期限不少于1年。



附录 A  
(资料性)  
典型岩性推荐爆破参数

表A.1给出典型岩性推荐爆破参数。

表 A.1 典型岩性推荐爆破参数

岩性类型	钻孔孔径 (mm)	孔距 (m)	单孔装药量 (kg)	延时时间 (ms)
硬岩 (抗压强度 $\geq$ 60MPa)	200~250	5~8	50~80	50~100
中硬岩抗压强度 (30~60 MPa)	180~220	4~6	30~60	40~80
软岩 (抗压强度 $<$ 30MPa)	150~200	3~5	20~50	30~50



附录 B  
(资料性)  
粉尘监测指标与限值

表B.1给出粉尘监测指标与限值。

表 B.1 粉尘监测指标与限值

监测方法	设备特点	监测指标	限值 (mg/m <sup>3</sup> )	
			瞬时值	平均值
无人机搭载灵嗅传感器	采样周期短、响应快，可实时获取浓度变化	总悬浮颗粒物 (TSP)	5.0	1.0
		可吸入颗粒物 (PM <sub>10</sub> )	/	0.15
		细颗粒物 (PM <sub>2.5</sub> )	/	0.075
恒温恒流大气/颗粒物采样器	采样周期较长，适用于以30分钟累积浓度均值作为评价指标，不适于秒级响应	总悬浮颗粒物 (TSP)	/	1.0
		可吸入颗粒物 (PM <sub>10</sub> )	/	0.15
		细颗粒物 (PM <sub>2.5</sub> )	/	0.075

表中TSP、PM<sub>10</sub>与PM<sub>2.5</sub>的短时平均限值，是在《环境空气质量标准》(GB 3095) 24小时平均浓度限值基础上，综合考虑爆破粉尘短时排放特征及技术经济可行性后设定。

### 参 考 文 献

- [1] GB 3095-2012 环境空气质量标准[S].
  - [2] HJ 1263-2022 环境空气总悬浮颗粒物的测定 重量法[S].
  - [3] 应急管理部令（第17号） 煤矿安全规程[S].
  - [4] AQ 4205-2008 矿山个体呼吸性粉尘测定方法[S].
  - [5] HJ 93-2013 环境空气颗粒物（PM10和PM2.5）采样器技术要求及检测方法[S].
  - [6] HJ 664-2013 环境空气质量监测点位布设技术规范[S].
- 

公布日期：2026-05-07 下载时间：2026-05-07 14:52:50

