

T/GRM

中关村绿色矿山产业联盟团体标准

T/GRM 131—2025

可复用式瓦斯钻孔两堵一注一体式坐封封 隔器应用技术要求

Technical requirements for the application of reusable gas drilling
two-block-one-injection integrated set-and-seal packer

2025 - 08 - 11 发布

2025 - 08 - 11 实施

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 封隔器结构和安装封堵流程 2

5 封孔注浆补浆流程 3

6 拆卸复用流程 5

7 技术参数 5

8 安全防范措施 6

9 封孔评价指标 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：中国矿业大学、徐州中矿泓安科技有限公司、无锡明日清源新材料科技有限公司

本文件主要起草人：程健维、李一凡、王钰、付强、杨欢、梅境

本标准首次发布。

可复用式瓦斯钻孔两堵一注一体式坐封封隔器应用技术要求

1 范围

本文件规定了煤矿井下复用式瓦斯钻孔两堵一注一体式坐封封隔器结构和安装封堵流程、封孔注浆补浆流程、拆卸复用流程、技术参数、安全防范措施和封孔评价指标。

本文件适用于煤矿井下瓦斯抽采顺层钻孔及穿层钻孔的封孔工程、瓦斯压力测定工程。

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。

- AQ 1029 煤矿安全监控系统及监测仪器使用管理规范
- AQ 1043 矿用产品安全标志标识
- MT/T 1024 矿用封孔泵通用技术条件
- MT/T 1110 矿用封孔器通用技术条件
- NB/T 10123 煤矿瓦斯抽采钻孔“两堵一注”封孔工艺技术条件
- NB/T 10357 滤积式囊袋封孔技术规范
- NB/T 10358 滤积式囊袋封孔器通用技术条件
- NB/T 51044 煤矿在用瓦斯抽采系统主要技术指标检测检验规范

3 术语和定义

MT/T 1024和MT/T 1110界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

坐封 set-and-seal

使用液压缸、卡瓦、锥形体等结构，改变封孔器结构体与煤体接触状态，变接触式摩擦为啮合式摩擦，提高最大承受注浆压力的技术。

3.2

封隔器 packer

封隔器为装备主体，可分为锁紧机构、密封机构、解封机构，用于密封煤矿井下瓦斯抽采钻孔的装备。

3.3

系统限位阀 system limit valve

控制注浆水压达到最大值后，通过机构运动自动封闭注浆管路的阀门。

3.4

锁紧机构 locking part

复用封隔器坐封封闭后，固定于坐封状态，并防止高压水泄漏的机构组合。

3.5

密封机构 seal part

在孔口、孔底囊袋和注浆压力作用下，发生膨胀，密封煤体形成钻孔内部环形间隙，防止流体通过的机械机构组合。

3.6

解封机构 unsealing part

将复用封隔器定位密封的工作状态转变为非工作状态，使卡瓦收回，胶筒恢复原状，有利于复用封隔器复用的自由机构组合。

3.7

非凝固类浆液 non-consolidated slurry

注浆材料为非凝固颗粒流浆液材料，配比为黄原胶：膨润土：粉煤灰：膨胀剂：氯化钠：橡胶颗粒：水=10：5：5：2：1：20：100。

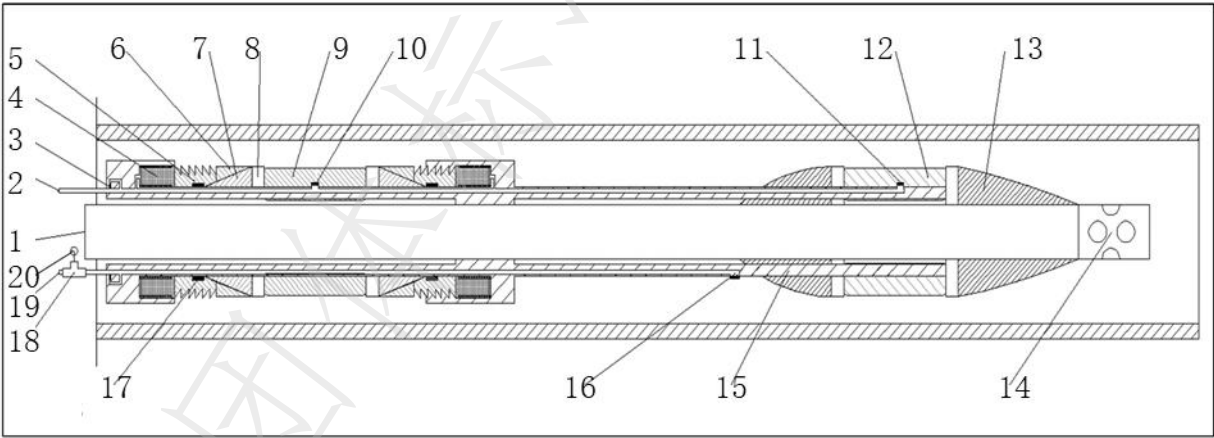
注：材料配比供参考，可根据实际环境条件调整配比，以达到预期效果。

4 封隔器结构和安装封堵流程

4.1 封隔器结构图

4.1.1 封隔器的设计宜按照 NB/T 10123 和 NB/T 10358 中的要求执行。

4.1.2 封隔器可分为锁紧机构、密封机构、解封机构。整体结构示意图和坐封机构结构示意图分别见图 1 和图 2。



说明：1-瓦斯管；2-注水口；3-系统限位阀；4--液压缸；5-卡瓦；6-防突环；7-锥形体；8-环形体；9-密封橡胶；10-密封机构进液口；11-孔底囊袋进液口；12-密封囊袋；13-硬质堵头；14-花管；15-硬质支撑杆；16-非凝浆液注浆口；17-复位弹簧；18-三通；19-注浆口；20-压力表。

图 1 整体结构示意图

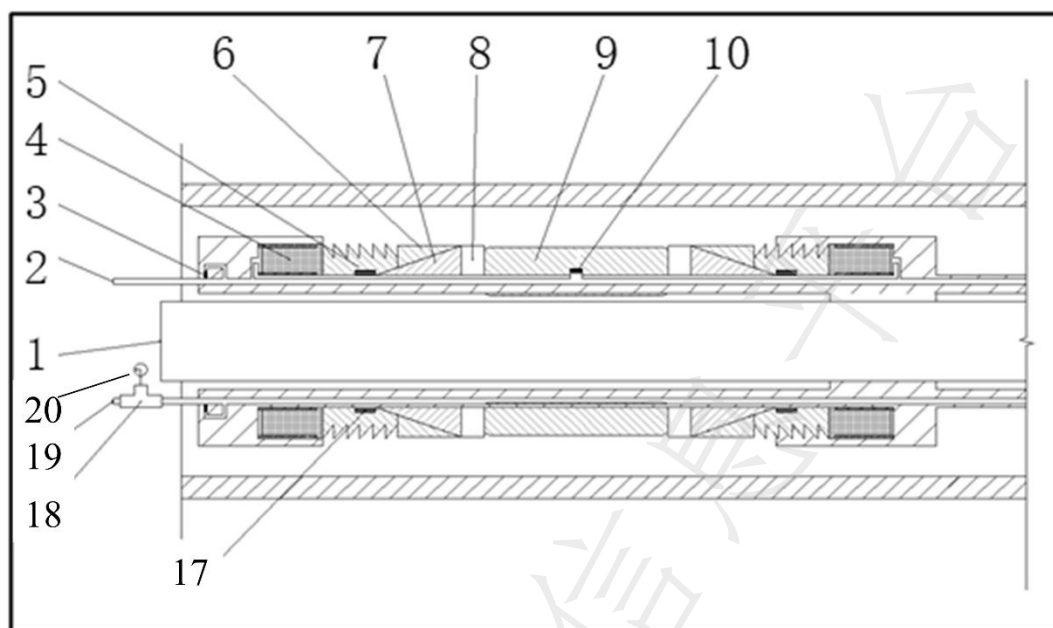


图2 坐封机构结构示意图

说明：1-瓦斯管；2-注水口；3-系统限位阀；4--液压缸；5-卡瓦；6-防突环；7-锥形体；8-环形体；9-密封橡胶；10-密封机构进液口；17-复位弹簧；18-三通；19-注浆口；20-压力表。

4.2 安装流程

坐封机构安装具体流程包括下列内容：

a) 准备高压水管、高压气管、封孔材料、搅拌器、注浆泵、注浆管等装备，各装备符合AQ 1043 防爆标准；

b) 瓦斯钻孔成孔后，将装备按示意图1依次组装，将封隔器按示意图1插入孔内，装置末端压力表位于孔口；

c) 连接高压水至注水口；

d) 推送速度 $\leq 0.5\text{m/s}$ ，推送扭矩 $\leq 50\text{N} \cdot \text{m}$ 。

4.3 封堵流程

封堵具体流程包括下列内容：

a) 高压水迅速通过囊袋进液口，先后完成孔口囊袋、孔底囊袋的膨胀封堵；

b) 水压充填进入装置内部，进而推动液压缸活塞，活塞带动卡瓦锥形体斜向移动，直至卡瓦紧贴煤层孔壁上实现固定过程；

c) 系统内水压 $\geq 5\text{MPa}$ 时，触发系统限位阀封堵注水管，完成封堵过程。

注：“ $5\text{MPa} (4.6 \times 1.1)$ ”中， 5MPa 表示设备的公称压力 (Nominal Pressure, PN)，即该设备在基准温度下允许的最大工作压力，用于设备选型与系统设计； 4.6×1.1 表示实际工作条件下的计算压力（如设计压力或工作压力）与安全系数的组合，其中 4.6MPa 为计算压力， 1.1 为安全系数，两者相乘结果 (5.06MPa) 略高于公称压力，确保设备在安全裕量内运行。

5 封孔注浆补浆流程

5.1 注浆状态结构图

坐封状态示意图见图3，坐封状态坐封机构结构示意图见图4。

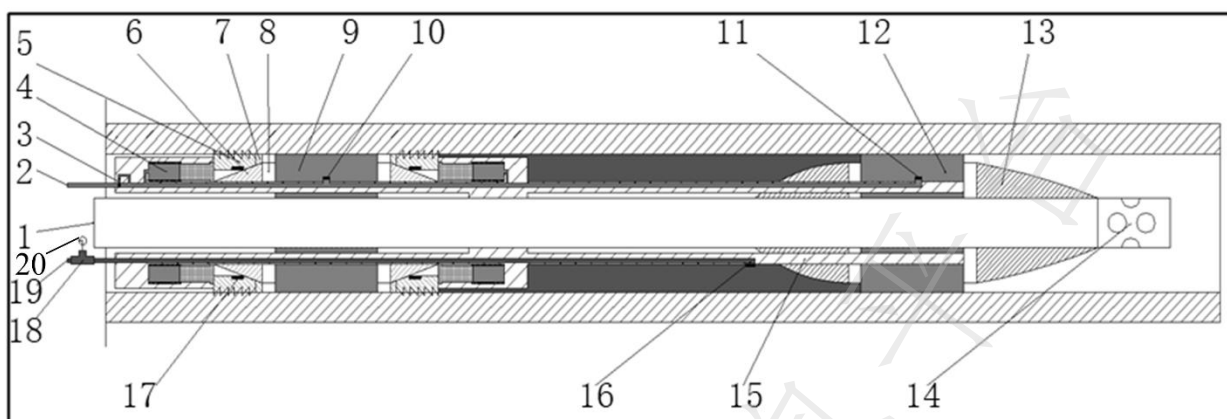


图3 坐封状态示意图

说明：1-瓦斯管；2-注水口；3-系统限位阀；4--液压缸；5-卡瓦；6-防突环；7-锥形体；8-环形体；9-密封橡胶；10-密封机构进液口；11-孔底囊袋进液口；12-密封囊袋；13-硬质堵头；14-花管；15-硬质支撑杆；16-非凝浆液注浆口；17-复位弹簧；18-三通；19-注浆口，20-压力表。

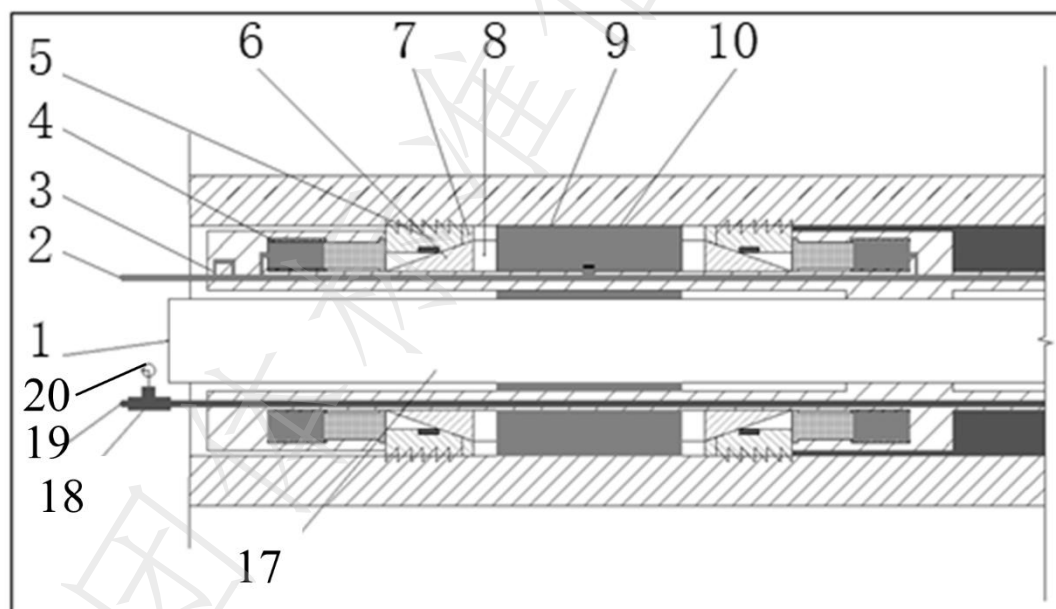


图4 坐封状态坐封机构结构示意图

说明：1-瓦斯管；2-注水口；3-系统限位阀；4--液压缸；5-卡瓦；6-防突环；7-锥形体；8-环形体；9-密封橡胶；10-密封机构进液口；17-复位弹簧；18-三通；19-注浆口；20-压力表。

5.2 注浆流程

注浆具体流程包括下列内容：

- 使用搅拌器将封孔材料充分搅拌；
- 打开封隔器注浆口阀门，连接好注浆泵；
- 开启注浆泵将封孔材料通过注浆口注入，同时在孔口压力表上观测注浆压力；
- 注浆泵流量应控制在20 L/min-30 L/min；
- 注浆压力达到0.2MPa时，关闭三通上阀门，每30min记录一次压力值，连续监测24h，抽采浓度不低于30%注浆结束。

5.3 补浆流程

补浆具体流程包括下列内容：

- a) 当钻孔同时出现孔口注浆压力表小于0.05MPa，瓦斯抽采浓度小于30%，孔口负压低于13kPa这三种情形时，需要进行补浆；
- b) 使用搅拌器将封孔材料充分搅拌；
- c) 打开封隔器注浆口阀门，连接好注浆泵；
- d) 重新开启注浆口三通阀门，连接注浆泵注浆，观测注浆压力；
- e) 注浆压力表重新达到0.2MPa时，关闭三通阀门，补浆结束；
- f) 第三次及之后的补浆操作按本条a)至e)顺序操作。

6 拆卸复用流程

6.1 拆卸流程

拆卸具体流程包括下列内容：

- a) 使用配套长杆钩状工具插入注水口，将高压气管和复用杆连接成为一体，并将其插入囊袋进液口，将限位阀复原，泄压放水；
- b) 开启高压气推动阻力球回弹，卡瓦内部的复位弹簧作用下，使卡瓦移动回到原来的位置，排出系统水至废水桶；
- c) 充分泄压后，旋转拔出封隔器；
- d) 当卡瓦嵌入软弱岩体内解锁机构失灵时，使用钻机在钻孔周围凿出一定空间，待封隔器可自由活动后将其取出。

6.2 复用流程

复用封孔流程可参照本文件初次封孔、注浆、补浆，每次复用前需检测卡瓦咬合力（ $\geq 12\text{kN}$ ）且密封橡胶压缩永久变形率（ $\leq 5\%$ ），若任一指标超限，立即停用并更换部件。

7 技术参数

7.1 参数要求

各技术参数应按AQ 1043和NB/T 10357中规定的方法进行试验。

7.2 钻孔孔径

钻孔孔径可适用于煤层穿层或顺层70mm~120mm的钻孔。

7.3 封孔范围

密封橡胶膨胀封孔范围宜为75mm~160mm。

7.4 封孔距离

根据复用难度和封孔效果确定为5m~30m。

7.5 液压系统工作压力

液压系统应采用中低压液压缸，额定压力应为2MPa。

7.6 封孔段注浆压力

封孔段注浆压力不应小于1MPa，不应大于4.6MPa。

7.7 浆液适用指标

浆液适用指标包括下列内容：

- a) 浆液采用非凝固类浆液，黏度12h内宜呈现流体状态，小于850mPa·s，黏度变化稳定后宜呈现凝胶态，不小于850mPa·s；
- b) 浆液宜至少在室温和标准大气压条件下180d内不凝固为固体；

- c) 浆液重金属铅 (Pb) $\leq 50\text{mg/kg}$ (干基), 汞 (Hg) $\leq 0.1\text{mg/kg}$ (干基);
- d) 浆液固化体pH值为6.5~9.0, 浸出液pH值为6.0~9.0;
- e) 浆液应无腐蚀性。

7.8 浆液搅拌指标

搅拌后浆液应充分分散无颗粒, 使用直径200mm标准试验筛, 振动频率每分钟2800次, 筛分时间 $\geq 5\text{min}$, 筛余量 $\leq 0.1\%$ 。

7.9 封孔效果

瓦斯单孔抽采浓度应在30d内始终大于30%。孔口压力表应在30d内始终大于0MPa。

7.10 复用解压气压

复用解压气压应大于2MPa。

7.11 囊袋膨胀直径

囊袋膨胀直径宜为80mm~150mm, 且在温度-10℃至45℃、湿度 $\leq 95\%$ Relative Humidity环境下应保持性能稳定。

7.12 孔口坐封机构长度

孔口坐封机构长度范围宜为70mm~100mm。

7.13 重复使用指标

封隔器重复使用包括下列内容:

- a) 在正常操作、维护和保养的条件下, 封隔器应能至少重复使用50次;
- b) 每次复用后, 密封性、注浆压力稳定性等封隔器性能衰减应低于初次使用水平的5%;
- c) 每次复用后, 囊袋膨胀直径宜为80mm~140mm;
- d) 封隔器多次使用后, 在2MPa注浆压力下应能保持稳定的封堵效果, 不出现泄漏或压力下降情况;
- e) 封隔器应与多种注浆材料兼容, 且在多次复用后, 密封橡胶、囊袋等密封机构不应因注浆材料化学作用发生性能退化;
- f) 封隔器的卡瓦多次复用后, 咬合力度应保持在确保封隔器能够牢固固定在煤层孔壁上的范围内;
- g) 系统限位阀多次复用后应保持在注浆压力达到最大值时及时自动封闭注浆管路, 防止注浆材料溢出的范围内;
- h) 金属部件、橡胶密封件等封隔器材料应具有在煤矿井下恶劣环境中长期使用不发生性能退化的性能。

8 安全防范措施

使用封隔器时安全防范措施应包括下列内容:

- a) 注浆前应检查封隔器零部件是否完好, 囊袋是否破损, 卡瓦是否灵活转动等;
- b) 封孔时应确保封隔器推送到指定深度;
- c) 注浆管应使用配套管径接口, 应确保尺寸适配;
- d) 注浆前应将封孔材料充分搅拌, 应减少颗粒沉积;
- e) 注水、注浆时不可面对注水、注浆口;
- f) 各设备符合AQ 1043防爆标准, 操作前检测周边10m内甲烷浓度 $< 0.5\%$, 操作完成后间隔30min监测一次甲烷浓度;
- g) 卡孔时在设备允许范围内, 进行大力上提和下放, 反复活动, 对设备解卡;
- h) 施工现场必须设置明确的安全警示标志和指示牌, 同时确保只有经过培训且合格的人员才能进入;
- i) 当注浆压力超过4.6MPa时, 应立即启动系统限位阀并停止注浆。

9 封孔评价指标

9.1 指标要求

瓦斯浓度监测按AQ 1029和NB/T 51044中规定的方法进行试验。

9.2 单孔平均瓦斯抽采浓度

单孔平均瓦斯抽采浓度应按公式（1）进行计算：

$$\bar{c}_i = \frac{c_1 + c_2 + \dots + c_d}{d} \times 100\% \quad (1)$$

式中： $\bar{c}_i$ ——i号钻孔平均浓度，%；

c_1 ——封孔后第一天观测浓度，%；

c_2 ——封孔后第二天观测浓度，%；

c_d ——封孔后第d天观测浓度，%；

d——封孔后观测总天数，d。

9.3 全孔平均瓦斯抽采浓度

全孔平均瓦斯抽采浓度应按公式（2）进行计算：

$$\bar{c} = \frac{\bar{c}_1 + \bar{c}_2 + \dots + \bar{c}_n}{n} \times 100\% \quad (2)$$

式中： $\bar{c}$ ——全孔平均瓦斯抽采浓度，%；

$\bar{c}_1$ ——1号钻孔平均抽采浓度，%；

$\bar{c}_2$ ——2号钻孔平均抽采浓度，%；

$\bar{c}_n$ ——n号钻孔平均抽采浓度，%；

n——钻孔数量，个。

9.4 单孔衰减系数

单孔衰减系数应按公式（3）进行计算：

$$\mu_{\text{衰减}} = \frac{\text{MAX}(c_1, c_2, \dots, c_n) - \text{MIN}(c_1, c_2, \dots, c_n)}{\text{MAX}(c_1, c_2, \dots, c_n)} \quad (3)$$

式中： $\mu_{\text{衰减}}$ ——单孔最低浓度相较于最高浓度的衰减程度；

c_1 ——封孔后第一天观测浓度，%；

c_2 ——封孔后第二天观测浓度，%；

c_n ——封孔后第n天观测浓度，%；

$\text{MAX}(c_1, c_2, \dots, c_n)$ ——单孔浓度监测周期内最高值，%；

$\text{MIN}(c_1, c_2, \dots, c_n)$ ——单孔浓度监测周期内最低值，%。

9.5 单孔瓦斯日均抽采量

单孔平均瓦斯抽采浓度应按公式（4）进行计算：

$$\bar{q}_i = \frac{q_1 + q_2 + \dots + q_d}{d} \quad (4)$$

式中： $\bar{q}_i$ ——i号单孔瓦斯日均抽采量， m^3/d ；

q_1 ——封孔后第一天瓦斯抽采量， m^3/d ；

q_2 ——封孔后第二天瓦斯抽采量， m^3/d ；

q_d ——封孔后第d天瓦斯抽采量， m^3/d ；

d——封孔后观测总天数，d。

9.6 全孔瓦斯日均抽采量

全孔瓦斯日均抽采量应按公式（5）进行计算：

$$\bar{q} = \frac{\bar{q}_1 + \bar{q}_2 + \dots + \bar{q}_n}{n} \quad (5)$$

式中： $\bar{q}$ ——该封孔技术的瓦斯日均抽采量， m^3/d ；

$\bar{q}_1$ ——1号钻孔瓦斯日均抽采量， m^3/d ；

$\overline{q_2}$ ——2号钻孔瓦斯日均抽采量, m^3/d ;
 $\overline{q_n}$ ——n号钻孔瓦斯日均抽采量, m^3/d ;
n——钻孔数量, 个。

9.7 评价标准

封孔效果通过五个指标来评价, 包括下列内容:

- a) $\overline{c_i} > 30\%$;
- b) $\overline{c} > 30\%$;
- c) $\mu_{\text{衰减}} < 0.5$;
- d) $\overline{q_i} > 200\text{m}^3/\text{d}$;
- e) $\overline{q} > 200\text{m}^3/\text{d}$ 。