

ICS

CCS 点击此处添加 CCS 号

DB 14

山 西 省 地 方 标 准

DB 14/T XXXX—XXXX

煤矿离层注浆技术规范

(征求意见稿)

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

山西省市场监督管理局 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 总体原则	3
5 岩层赋存特征探查及“两带”高度观测	3
6 离层注浆关键技术参数	4
7 监测监控	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。

本文件由山西省能源局提出。

本文件由山西省能源标准化技术委员会归口。

本文件起草单位：煤炭工业太原设计研究院集团有限公司

本文件主要起草人：刘顺、钱保娴、麻海峰、剧江涛、于涛、郎敏、毛新华、曹路远、严书政、张飞、冯蕊、高红波、王正达、吴海丽、曹旭平、姜波、刘进良、王胜伟、张航、王昊千。

煤矿离层注浆技术规范

1 范围

本文件规定了煤矿离层注浆开采技术相关的术语和定义、岩层赋存特征探查、注浆参数设计、钻探工程、注浆工程、监测监控。

本文件适用于全省煤矿为降低地表沉降而进行的覆岩离层注浆充填工程。

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。

《建筑物、水体、铁路及主要井巷煤柱留设与压煤开采规范》 安监总煤装〔2017〕66号

GB/T 16414-2008 《煤矿科技术语 岩石力学》

GB/T 15663.7-2008 《煤矿科技术语 第7部分：开采沉陷与特殊采煤》

NB/T 10738-2021 《覆岩隔离注浆充填浆液压实与泌水特性测试方法》

MT/T 702-2020 《煤矿灌（注）浆防灭火技术规范》

T/QGCML 4301-2024 《煤矿覆岩离层注浆充填开采设计施工及验收规范》

GB 18599-2020 《一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准》

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

离层注浆充填

为减少采动对地表影响，通过钻孔向煤层上覆岩层离层特定区域中注浆的方法。

3.2

主关键层

对采场上覆岩层直至地表的全部岩层活动起控制作用的岩层。

3.3

亚关键层

对采场上覆岩层局部岩层活动起控制作用的岩层。

3.4

极限采宽

指在特定开采技术条件下，为实现资源高效利用与地表沉陷控制之间的平衡，工作面允许的最大开采宽度。

3.5

充填浆液

覆岩离层注浆充填开采中注入到覆岩离层裂隙内的浆液。

注：主要成分为粉煤灰和水，或者是矸石粉等材料和水。

3.6

边界角

在充分或接近充分采动条件下，地表移动盆地主断面上的边界点和采空区边界点连线与水平线在煤壁一侧的夹角。

3.7

移动角

在充分或接近充分采动条件下，移动盆地主断面上，地表最外边的临界变形点和采空区边界点连线与水平线在煤壁一侧的夹角。

3.8

垮落带

由采煤引起的上覆岩层破裂并向采空区垮落的范围。

3.9

裂隙带

位于垮落带之上，产生大量裂隙和离层而不垮落的岩层分带。

3.10

“两带”高度

垮落带和裂隙带的发育高度。

3.11

保护带

在判定注浆层位过程中，为确保安全，在“两带”与注浆层位之间留设的岩石带，一般为5~10倍的采高。

3.12

注浆层位

进行覆岩离层注浆时，注浆充填体所处的具体岩层位置。

3.13

注采比

是指注入离层内的灰浆沉淀压实后形成的湿灰体的体积与所对应下部开采工作面的采区空间体积之比。

3.14

充填率

充填区域内充填的物料体积与所充填空间体积的百分比。

3.15

钻孔结构

构成钻孔剖面的技术要素。包括钻孔总深度、各孔段直径和深度、套管或井管的直径、长度、下放深度和灌浆部位等。

3.16

注浆压力

注浆时，克服浆液流动阻力并使浆液扩散一定范围所需的压力（压强）。

3.17

注浆时间

离层开始形成的时间即是注浆起始时间，离层闭合或充满注浆体的时间即是注浆结束时间。

3.18

充分采动

地表最大下沉值不随采空区尺寸增大而增加的临界开采状态。

3.19

地表下沉值

地表点移动向量的垂直分量。

4 总体要求

4.1 离层注浆工程应按照“可行性研究、初步设计、安全设施设计、工程施工、工程评价、工程验收”的流程管理。

4.2 离层注浆工程控制地表沉降需有明确目标，且符合《建筑物、水体、铁路及主要井巷煤柱留设与压煤开采规范》相关要求。

4.3 离层注浆浆液制备材料应符合《一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准》相关要求。

4.4 离层注浆项目应严格落实生态环境保护相关工作要求，施工前应对项目所在地的土壤地下水污染风险就能行充分评估，重点考虑项目对周边饮用水水源等地下水环境敏感目标的影响，根据评估结果制定有效处理方式，确保注浆工作的环境风险安全可接受。

4.5 离层注浆应坚持“因地制宜、一面一策、实事求是”的原则，在实际工程中，应根据具体地质条件、开采情况及注浆目的等因素，制定针对性注浆方案，以确保注浆效果，实现有效地控制地表沉陷、提高注浆工程的准确性和可靠性的目的。

4.6 注浆作业应与注浆工作面采煤作业协同进行，防止因注浆延误造成钻孔损坏、套管错断进而影响注浆效果。

5 岩层赋存特征探查及“两带”高度观测

5.1 岩层赋存特征探查

在覆岩离层注浆开采可行性研究及初步设计阶段，对拟进行覆岩离层注浆区域或结合现场实际情况布置采前探查孔，采前探查孔需全孔取芯，对覆岩实际情况进行描述、编录和采样测试，获取完整覆岩的抗拉、抗压、弹性模量、容重等岩石物理力学参数，并形成覆岩物理力学参数测试报告。

测定岩石物理力学参数，具体操作和试验仪器应符合GB/T 50123和GB/T 50266的相关规定。

5.2 “两带”高度判定

确定“两带”高度的方法有四类：

a) 现场实测法：主要包括物理勘探法和注水实验法两种，即采用物理勘探或通过注水实验对岩层破坏特征进行探测，进而确定“两带”高度；

b) 归纳公式计算法：根据《建筑物、水体、铁路及主要井巷煤柱留设与压煤开采规范》（2017）中“两带”高度计算经验公式计算确定。

c) 模拟实验法：主要包括相似模拟实验法和数值模拟实验法两种，即采用物理模拟或数值模拟方法对岩层破坏特征进行模拟分析，进而确定“两带”高度；

d) 经验判别法：每个矿区可能会结合自己实际的采煤经验判定“两带”高度，即“两带”高度为采厚的几倍（裂采比），但该方法确定的“两带”高度也只能作为一个参考。

在进行“两带”高度判定时应采用两种及以上方法进行综合判定，并选取最大值为“两带”高度。

6 离层注浆关键技术参数

6.1 关键层判别

6.1.1 根据采前探查孔和采后探查孔获取的覆岩信息，根据如下特征进行关键层识别和判定：

- a) 厚度特征：上覆岩层中厚度较大的岩层；
- b) 岩性特征：上覆岩层中岩性较为坚硬，即弹性模量较大、强度较高的岩层；
- c) 变形特征：当关键层下沉变形时，其上覆的全部或局部岩层的下沉量与之同步协调；
- d) 破断特征：关键层的破断会导致全部或局部上覆岩层同步破断，引起较大范围内的岩层移动；
- e) 承载特征：关键层破断前以“板”（或简化为“梁”）的结构形式，作为全部岩层或局部岩层的承载主体，破断后则转变为砌体梁结构，继续成为承载主体。

6.1.2 关键层破断距计算

关键层破断距可采用两端固支梁模型计算，其计算公式为：

$$L_i = h_i \sqrt{\frac{2Rm_i}{q_i}} \quad (1)$$

式中：

L_i —第*i*层关键层破断距，m；

h_i —第*i*层关键层厚度，m；

Rm_i —第*i*层关键层抗拉强度，MPa；

q_i —第*i*层关键层承受的载荷。

经过计算，得到各关键层信息，并将计算得到的关键层信息和破断距填入表6-1中。

表6-1 关键层详细信息表

关键层	岩性	厚度/m	埋深/m	距煤层距离/m	破断距/m	极限采宽/m
主关键层						
亚关键层1						
亚关键层2						
亚关键层3						
...						

6.1.3 关键层赋存特征图绘制

判别出关键层后，基于已有钻孔资料绘制关键层赋存特征图。

6.2 注浆层位选择

6.2.1 注浆层位选择的基本原则

- a) 基于关键层判别结果，注浆层位应位于关键层下方的离层空间；
- b) 注浆层位应位于采动裂隙带之上，并与采动裂隙带之间留有一定厚度（一般为5~10倍采高）的保护层，以防止注浆浆液进入采空区；

- c) 注浆层位与地表间距不宜过小，防止注浆浆液顶穿上部地层，发生跑浆冒浆现象；
- d) 注浆层位与开采煤层间距不宜过大，否则离层发育范围越小，注浆空间越小，注浆向下压实越不充分。

6.2.2 注浆层位的选择应满足注入的浆液不窜入第四系地层及地下水主要取水层段的要求。

6.3 注浆工作面采宽确定

6.3.1 注浆工作面采宽确定的基本要求

注浆工作面的采宽应保证采动后上覆关键层处于极限采宽之内。

6.3.2 注浆工作面采宽确定的基本原理

注浆工作面采宽可根据关键层破断距和覆岩破断角确定，其计算公式为：

$$W_i \leq L_i + 2 \frac{H_i}{\tan \theta} \quad (2)$$

式中：

W_i —第*i*层关键层确定的注浆工作面采宽，m；

L_i —第*i*层关键层的破断距，m；

H_i —第*i*层关键层与开采煤层的间距，m；

θ —覆岩破断角，°。

经过计算，得到各关键层对应的注浆工作面最大采宽，填入表6-1中。

6.4 注浆钻孔

6.4.1 钻孔布置方案

应综合考虑覆岩离层注浆工作面的煤层条件、覆岩条件、关键层特征、地质构造、工作面开采方式、所在采区（或盘区）采掘状况、注浆量等因素确定注浆钻孔布置方案。当有减沉、防冲及保水要求时应编制钻孔专项布置方案。

6.4.2 首注孔位置选择

a) 首注孔位置应在采动影响范围内，以确保在采动影响发育到首注孔所选定的层位时已对受护对象进行保护；

b) 采动边界条件下，首注孔位置距受护对象边界地距离可采用下式计算：

$$L \geq \frac{H_1}{\tan \varphi} + \frac{H_2}{\tan \delta} + C \quad (3)$$

式中：

L —首注孔距受护对象边界的距离，m；

H_1 —表土层厚度，m；

H_2 —基岩层厚度，m；

φ —表土层移动角，°；

δ —基岩走向移动角，°；

C —安全距离。

6.4.3 钻孔深度

钻孔终孔深度应与注浆层位相匹配。

6.4.4 钻孔结构

应采用套管固井封闭注浆层位以上的含水层，注浆层段宜为裸孔，也可用花管保护孔壁。钻孔孔口应设置孔口装置，满足注浆管路连接和压力检测需求。

6.4.5 钻孔孔径

钻孔孔径应根据钻孔结构、单孔注浆量、注浆压力及浆液扩散半径等综合确定，且与日最大注浆量及注浆系统能力相匹配。

6.4.6 注浆孔间距

根据主关键层极限跨距和浆液扩散半径计算，取两者间小值。

- a) 按主关键层极限跨距计算，注浆孔间距应小于主关键层极限跨距对应的工作面长度；
- b) 按浆液扩散半径计算，其经验计算公式为：

$$L_j \leq 2k_j R_k \quad (4)$$

式中：

L_j —注浆孔间距，m；

R_k —浆液扩散半径，m；

k_j —安全系数，一般取0.5~1.0。

6.5 注浆压力

6.5.1 为了控制上覆关键层的移动趋势，注浆压力须大于覆岩自重力。注浆压力(孔底压力)表示为：

$$P_{\text{注}} \geq P_{\text{底}} \quad (5)$$

式中：

$P_{\text{注}}$ —注浆压力，MPa；

$P_{\text{底}}$ —注浆层位上覆岩层自然压力，MPa。

6.5.2 在注浆施工过程中，可通过控制注浆孔孔口的注浆压力来实现地表沉降的控制，注浆孔孔口的注浆压力可采用下式计算：

$$P_{\text{孔}} = P_{\text{注}} - H_1 \gamma_1 \geq P_{\text{底}} - H_1 \gamma_1 = H_1 (\gamma - \gamma_1) \quad (6)$$

式中：

$P_{\text{孔}}$ —注浆孔孔口压力，MPa；

H_1 —地表至注浆层位的深度，m；

γ —注浆层位上覆地层的综合容重， t/m^3 ；

γ_1 —注浆浆液的容重， t/m^3 。

6.6 输浆管路

6.6.1 管材选取的原则

覆岩离层注浆充填技术的注浆原料为粉煤灰或煤矸石，制成浆液后对注浆管道磨损严重，在选择注浆管道时应综合考虑注浆管道的安全和寿命，采用耐磨管道。

6.6.2 输浆管路临界直径

根据MT/T 702-2020，输浆管路临界直径按式（7）计算：

$$D_1 = \left[\frac{0.9158 \times Q}{3600 \times \pi} \right]^{24/53} \left(\frac{\alpha \lambda}{g^{11/8}} \right)^{8/53} \left[\frac{(\rho_s - \rho) \rho_m}{(\rho_s - \rho)(\rho_s - \rho_m) \omega \Delta^3} \right]^{2/53} \quad (7)$$

式中：

D_1 —管路的临界直径（内径），m；

Q —管路通过流量，m³/h；

α —固体颗粒的抑紊减阻系数，可取0.9；

λ —水的摩阻系数；

g —重力加速度，m/s²；

ρ_s —注浆材料的真密度，t/m³；

ρ —水的密度，t/m³；

ρ_m —浆液的密度，t/m³；

ω —颗粒平均自由沉降速度，可取0.001~0.01，m/s；

Δ —注浆管道的当量粗糙度，m。

6.6.3 输浆管路压力损失

输浆管路压力损失按下式计算：

$$P_t = P_f + P_j \quad (8)$$

$$P_j = P_f + K_\varepsilon \quad (9)$$

$$P_f = i L \quad (10)$$

$$i = \frac{\alpha \lambda v^2 \rho m}{2gD\rho} \quad (11)$$

式中：

P_t —输浆管路总压力损失，MPa；

P_f —输浆管路沿程压力损失，MPa；

P_j —输浆管路局部压力损失，MPa；

K_ε —输浆管路局部阻力损失系数，可取0.10~0.15；

i —输浆管路单位沿程压力损失，MPa/m；

L —输浆主管路长度，m。

6.6.4 输浆管路壁厚计算

输浆管路采用钢管时，其壁厚按下式计算：

$$t = \frac{P \times D}{2K\varphi\sigma_s} + C \times S \quad (12)$$

式中：

t —直管段钢管计算壁厚，mm；

P —管道的设计内压力，MPa；

D —钢管的外径，mm；

K —设计系数，泵站外一般地区取0.72，泵站内、大型穿跨越管段、城镇中心区、市郊居住区、商业区、工业区、规划区等人口稠密地区取0.6；

σ_s —管材最小屈服强度的40%，MPa；

φ —管材的焊缝系数，按GB 50253的规定取值；

C —年磨蚀率，mm/d；

S —管道设计使用寿命，a。

6.7 注浆时机

6.7.1 注浆开始

注浆工程开始正式注浆前应结合工作面回采情况以及钻孔压水情况综合判断注浆时机。一般当工作面推进至距离注浆孔0.1~0.2倍采深时进行压水施工，压水时间一般不低于3天，当压水量大于20m³/h时可进行试注浆。

6.7.2 注浆结束

注浆结束应综合考虑注浆压力、地表移动变形及注入量等情况综合确定。注浆孔结束注浆标准为：

- a) 注浆压力达到设计终孔压力，并维持一段时间；
- b) 若地表移动变形已处于稳定期，可结束注浆；
- c) 注入量达到设计注浆量并考虑注浆压力变化情况可结束注浆。

6.8 注浆材料及注浆量估算

6.8.1 注浆材料选择

注浆材料的选择应符合MT/T 702-2020的要求。

6.8.2 注浆量估算

注入灰量(粉煤灰或煤矸石)依据注采比进行计算，注采比一般按0.4~0.6计算，若涉及减沉指标，最低依据注采比0.5计算，同时建议参考相似采矿地质条件的类似工程进行综合确定。

6.9 注浆站建设

注浆站为注浆工程提供施工场所，应拥有一套完整的设施基础，能满足注浆任务的需求，同时满足经济、合理的规模化生产要求。其面积应满足注浆设备摆放的要求，注浆站应防风、防雨、防尘，水电的引入和送出方便，交通便利。

7 监测监控

在覆岩离层注浆开采过程中，应对注浆工作面涌水量、地表移动变形情况进行监测，并及时分析，发现问题应立即处理。

7.1 涌水量监测

注浆施工方应与矿方建立沟通对接机制，对注浆开采工作面回采过程中的矿井涌水量进行监测，同时对水质进行化验。

7.2 地表移动变形监测

7.2.1 编制地表移动变形监测方案

为评价和分析覆岩离层注浆对地表移动变形的控制效果，同时指导注浆施工，需编制专项地表移动变形监测方案，对地表水平位移、垂直位移、地表裂缝及建(构)筑物沉降、倾斜等进行监测、记录和分析。

7.2.2 测点布置

地表移动变形测点布置应满足以下要求：

a) 根据《煤矿测量规程》，按照注浆工作面布置及受护对象分布情况合理布设地表移动观测站，村庄建筑物边界及边界以内50m必须设立观测点。观测过程中不得遗漏测点，若测点因人为或自然原因破坏时，应及时在原位置附近补充新点。

b) 变形监测点的埋设、精度要求、基准点的设置应符合《工程测量标准》(GB 50026-2020)、《煤矿采空区岩土工程勘察规范》(GB51044-2014(2017年版))、《建筑结构荷载规范》(GB50009-2012)和《建筑变形测量规范》(JGJ8-2016)的有关规定。

c) 基准点应设置在不受采空区地面变形影响的稳定区域。

7.2.3 观测周期

a) 注浆充填工作面开采之前，应进行两次全面观测，同时对地面建筑物进行拍照或摄像取证。

b) 注浆期间，每15天进行一次高程观测，并至少进行一次全面观测。

c) 地表下沉活跃期或当注浆充填工作面临近断层带、陷落柱等地质构造异常体，井下涌水量、地面注浆量、注浆压力出现异常时应适当加密观测次数；同时应进行地表建筑物巡视。注浆结束时，应进行一次全面观测。

d) 注浆充填工程结束后，每季度进行一次高程观测；每半年进行一次全面观测，同时对地面建筑物进行拍照或摄像取证，评估地面建筑物破坏级别，并与采前建筑物状况进行对比；雨季时应适当加密观测次数，同时对地面建筑物变化情况进行巡查。注浆充填工程结束后，地表沉陷应连续观测三年，地表沉陷值应满足《煤矿测量规程》《建筑物、水体、铁路及主要井巷煤柱留设与压煤开采规范》相关要求，观测资料永久存档。

7.3 监测成果及效果评价

7.3.1 监测成果

监测成果宜包括下列内容：

- a) 沉降观测点平面布置图；
- b) 沉降成果表；
- c) 沉降曲线图；
- d) 水平位移观测点布置图；
- e) 水平位移观测成果图；
- f) 水平位移曲线图；
- g) 地表变形监测点平面图；
- h) 地表变形监测成果图。

7.3.2 效果评价

结合地表移动变形监测数据、建筑物变形状况进行离层注浆开采效果评价，并编制总结报告。

