

团 体 标 准

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

Code for design, construction and acceptance of grouting and filling mining in
overlying strata of coal mine

2024 - 05 - 27 发布

2024 - 06 - 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 岩层赋存探查及“两带”高度观测	2
5 注浆填充参数设计	3
6 钻探工程	8
7 注浆工程	8
8 监测监控	9
附录 A（资料性） 岩石力学指标测试表	13
附录 B（资料性） 关键层详细信息	14

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。

本文件由全国城市工业品贸易中心联合会提出并归口。

本文件起草单位：臣功环境科技有限公司、大地工程开发（集团）有限公司、山西国控固废综合利用研究院有限公司、江苏江林科技有限公司、中赞国际工程有限公司。

本文件主要起草人：赵博、王龙、田栋、张义鹏、高小峰、潘建钟、周楚江、刘超、万武亮、卢强、吴怡恒。

煤矿覆岩离层注浆充填开采设计施工及验收规范

1 范围

本文件规定了煤矿覆岩离层注浆充填开采设计施工及验收规范的术语和定义、岩层赋存探查及“两带”高度观测、注浆填充参数设计、钻探工程、注浆工程、监测监控。

本文件适用于煤矿覆岩离层注浆充填开采设计施工及验收规范的设计、施工和验收。

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 50026 工程测量标准

GB/T 50123 土工试验方法标准

GB 50253 输油管道工程设计规范

GB/T 50266 工程岩体试验方法标准

GB 51044 煤矿采空区岩土工程勘察规范

MT/T 702 煤矿灌（注）浆防灭火技术规范

JGJ 8 建筑变形测量规范

《建筑物、水体、铁路及主要井巷煤柱留设与压煤开采规程》

《煤矿测量规程》

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

主关键层 primary critical layer

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。

3.2

亚关键层 subcritical layer

对采场上覆岩层局部岩层活动起控制作用的岩层。

3.3

注采比 injection-production ratio

注入粉煤灰浆液后压实灰体的地下体积与采出煤炭的地下体积之比。

3.4

移动角 angle of displacement

指的是是在充分采动或接近充分采动条件下，地表移动盆地主断面上三个临界变形中最外边的一个临界变形值点至采空区边界的连线与水平线在矿柱一侧的夹角。

3.5

边界角 boundary angle

在充分或接近充分采动条件下，移动盆地主断面上的边界点（下沉10mm点）与采空区边界之间的连线和水平线在煤柱一侧的夹角。

3.6

冒落带 caving zone

工作面回采后引起的煤层上覆岩体完全垮落的那部分岩层。

3.7

裂隙带 fraction zone

裂隙带是指该部分岩层在推进方向上裂隙的发育，各岩层的裂隙浓度已扩展到（或接近扩展到）全部厚度。

3.8

“两带”高度 “two belt” height

冒落带和裂隙带的发育高度。

3.9

保护带 cuard band

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层带，一般为5-10倍的采高。

3.10

钻孔结构 borehole structure

钻孔结构是指钻孔纵剖面的形状，即有开孔至终孔，孔身剖面中各孔段的深度和口径的变化情况等。

3.11

注浆压力 grouting pressure

注浆压力是指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）。

3.12

充分采动 full mining

当采空区尺寸（长度和宽度）相当大时，此时的采动称为充分采动，充分采动后地表最大下沉值不再增加。

3.13

地表下沉值 surface subsidence value

地下采矿引起岩层移动传递到地表的下沉量。

4 岩层赋存探查及“两带”高度观测

4.1 探测孔位置设计原则

4.1.1 基于布设采前探查孔的工程目的，探查孔须布设于充填区域或结合现场情况布设充填区域附近。

4.1.2 采后探查孔应基于工作面采动情况布设，一般布设与地表移动处于活跃期区域。

4.2 岩层赋存探查

4.2.1 采前探查孔须全孔取芯，对覆岩进行详细描述、编录和采样测试，同时获取完整覆岩的抗拉、弹性模量、容重等关键层计算所需的岩石物理力学参数。

4.2.2 钻孔岩心采样要求：

- a) 见基岩开始，每个分层全部采取力学样；如分层为砂岩且厚度小于2米的，采1组样；厚度大于2米且小于10米的，每2米采一组样；厚度大于10米且小于20米的，每3米采一组样；厚度大于20米的分层，每5米采一组样。如分层为泥岩，厚度小于1米的不采样；厚度大于1米且小于10米的，每2米采一组样；厚度大于10米且小于20米的，每3米采一组样；厚度大于20米的分层，每5米采一组样；
- b) 岩样采取应尽量采取完整性较高的岩心，力学试验样单个样品长度不小于15cm，直径不小于60cm；
- c) 岩样应认真编号，记录采样时间、岩性、深度、长度等基本参数；
- d) 岩样采取后一周内必须送往实验室进行试验，送样时必须填写送样单，送样单应包括矿井名称、采样单位、试验单位、采样钻孔、送样数量、试验项目、送样人、送样日期等，送样单一式四份，一份装送样箱邮寄，其余三份报验或备查。

4.2.3 岩样测试

4.2.3.1 按设计要求采取相关岩样后，需要对岩样进行分序、编号、妥善封存保管并及时送样试验，岩样岩石力学参数测试项目见附录 A。

4.2.3.2 测定岩石物理力学指标参数，具体操作和试验仪器应符合 GB/T 50123 和 GB/T 50266 的有关规定。

4.3 “两带”高度观测

4.3.1 在拟注浆充填区域附近地址采矿条件类似的工作面采空区实施采后探查孔，工作面回采后“两带”的最大发育高度。

4.3.2 确定“两带”高度的方法有两类：

- 实际探测法：一般情况下，可采用注水试验法探测“两带”高度。注水试验法是采用钻孔双端封堵测漏装置探测“两带”高度的一种探测方法。该法既可以在井下采区附近巷道或硐室内向采煤工作面采空区上方打小口仰孔中探测，也可以在观测煤层上方已掘进的专用巷道内布置下垂孔进行探测。在井下施工仰斜钻孔，并在钻孔中分段封堵注水测漏，利用漏水量的大小对应着岩层裂隙发育情况的关系，探测覆岩破坏，研究覆岩破坏规律；
- 理论计算和经验法：在由国家煤炭工业局制定的《建筑物、水体、铁路及主要井巷煤柱留设与压煤开采规程》（2017）中，根据煤层的倾斜角度和煤层覆岩岩性分别列出了两种计算公式。经验公式法概念明确，简单易求，但每个矿区的具体地质条件、采矿条件、采煤方法皆不同，所以一般这个经验公式得出的结果只能作为参考数据，需结合其他方法来综合判定；
- 每个矿区可能会结合自己的采煤经验每个矿区可能会结合自己的采煤经验，获得简单的经验公式，比如“两带”是采厚的几倍即裂采比。这种经验公式也只能作为一个参考。

5 注浆填充参数设计

5.1 关键层判别

5.1.1 根据采前探查孔获取的岩心力学参数，依据关键层判别公式，计算关键层的层位，得到关键层及各亚关键层信息。根据固支梁计算其破断距的计算公式为：

$$L_r = h_k \sqrt{\frac{2R_r}{q}} \dots \dots \dots (1)$$

式中：

L_r —关键层破断距；

h_k —关键层厚度；

R_r —关键层抗拉强度；

q —关键层承受载荷。

其中关键层承受载荷 q 可按下式计算：

$$q = \frac{E_1 h_1^3 (\gamma_1 h_1 + \gamma_2 h_2 + \dots + \gamma_n h_n)}{E_1 h_1^3 + E_2 h_2^3 + \dots + E_n h_n^3} \dots \dots \dots (2)$$

经过计算，可得到各关键层信息，并将计算得到的煤矿关键层信息及破断距列出表格，见附录 B。

5.1.2 判别出关键层后，利用已有钻孔柱状资料对关键的赋存状态进行判断，形成关键层赋存状态图。

5.2 注浆层位选择

5.2.1 注浆层位确定应遵循如下原则：

- 对关键层进行判断，注浆层位应位于关键层下的离层空间；
- 保护的关键层厚度尽量大，岩性尽量坚硬；
- 注浆层位在采动导水裂隙带之上，并间隔一定保护带（一般为 5~10 倍采高），以防止浆液进入采空区，影响煤矿生产安全；
- 注浆位置不宜过浅，距煤层过远。距煤层越远，离层发育范围越小，注浆空间越小，注浆向下压实越不充分。同时，还容易顶穿上部地层，产生跑浆冒浆。

5.2.2 注浆层位须满足注入的高压浆液不窜入第四系及地下水主要取水层段的要求。

5.3 注浆工作面采宽设计

5.3.1 注浆充填工作面采宽的研判，应保证采动后上覆关键层处于极限采宽之内。

5.3.2 根据关键层破断距与覆岩破断角确定关键层极限跨距时对应的注浆充填工作面采宽，其原理见图 1。

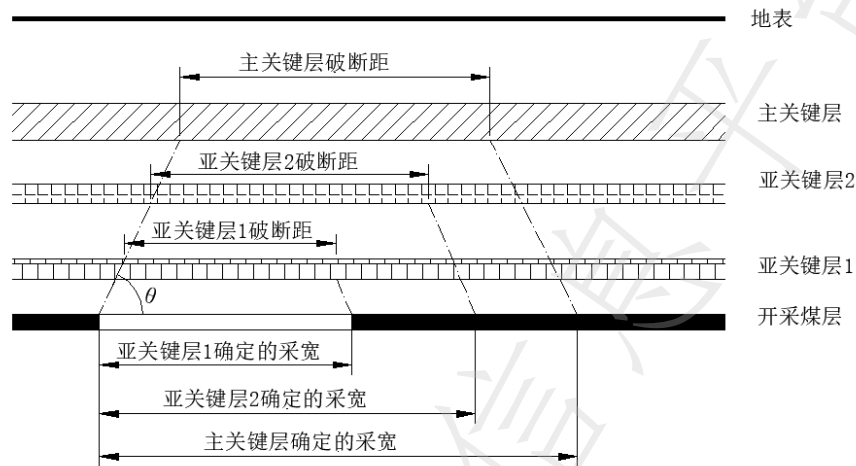


图1 基于关键层极限跨距注浆充填工作面采宽设计方法示意图

5.3.3 根据关键层破断距依据下式确定合理的注浆充填工作面采宽：

$$w \leq L_K + L_K + 2H_K / \tan \theta \dots\dots\dots (3)$$

式中：

W—注浆充填工作面采宽；

L_K —关键层破断距；

H_K —关键层与煤层间距；

θ —煤层上覆岩层破断角，°。

5.4 注浆孔布置

5.4.1 部署原则

- 依据受护对象特点以及工作面地质采矿条件确定钻孔的布置，并在受护对象附近可布设机动孔，同时尽量采用主副孔方式设置，主副孔间距按 30-50m 为宜；
- 对于开放边界，应在首孔前端布设钻孔。

5.4.2 首注孔位置

- 首孔位置应在采动影响距离之内，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；
- 考虑采动影响距离时，根据图 2 确定采动影响距离的首孔位置。

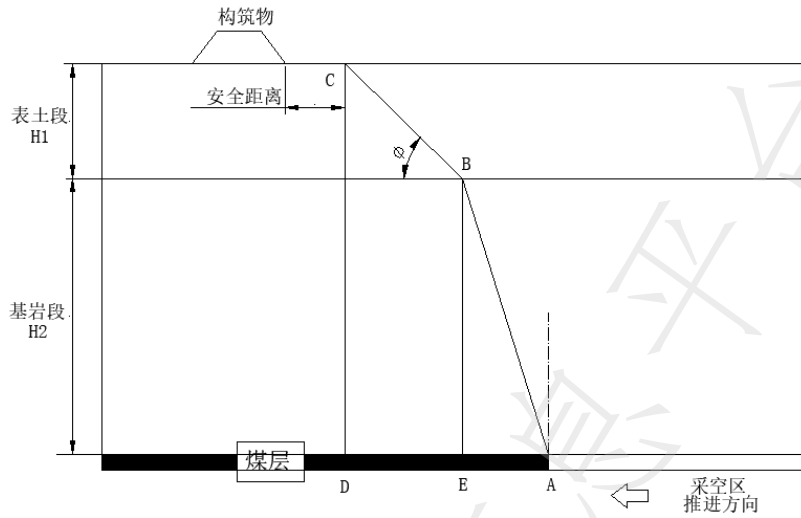


图2 采动边界条件下首孔与保护对象（构筑物）距离示意图

$$L \geq \frac{H_1}{\tan \phi} + \frac{H_2}{\tan \delta} + C \dots\dots\dots (4)$$

式中：

- L—首孔距保护对象距离；
- H_1 —表土层厚度；
- ϕ —表土层移动角；
- H_2 —基岩厚度；
- δ —基岩走向移动角；
- C—安全距离。

5.4.3 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，可根据下列经验公式计算：

$$L_j \leq 2k_j R_k \dots\dots\dots (5)$$

式中：

- L_j —相邻注浆孔距离；
- k_j —安全系数，取 0.5~1.0；
- R_k —浆液扩散半径， $R_k = 90 \sim 96 \sqrt{MR_k}$ ； $R_k = 90 \sim 96 \sqrt{M}$ 。

5.5 注浆压力

5.5.1 注浆压力不能大于所选择关键层位以上地层的自重压力。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压力。注浆压力（孔底压力）表示为：

$$P_{注} \geq P_{地} \dots\dots\dots (6)$$

式中：

- $P_{注}$ —注浆充填压力，MPa；
- $P_{地}$ —注浆充填层以上地层自然压力，Mpa。

5.5.2 在实际施工中，可以通过控制注浆充填钻孔孔口的注浆压力 $P_{孔}$ 来实现地表沉降的控制。

$$P_{孔} = P_{注} - H_1 \gamma_1 \geq P_{地} - H_1 \gamma_1 = H_1 (\gamma - \gamma_1) \dots\dots\dots (7)$$

式中：

$P_{孔}$ —注浆孔口压力, Mpa;

H_1 —地表到注浆充填层位的孔深, m;

γ —注浆充填层以上地层的综合比重, t/m^3 ;

γ_1 —充填浆液的比重, t/m^3 。

5.5.3 管材选取

- 实施覆岩离层充填技术的注浆原料为粉煤灰或煤矸石, 制成浆液后对管道磨损较严重, 须考虑注浆管道的安全和寿命, 采用耐磨管道。目前市场上的耐磨管道主要有无缝钢管、塑料合金复合管材、钢丝网骨架塑料(聚乙烯)耐磨复合管;
- 实施覆岩离层充填技术的注浆原料为粉煤灰或煤矸石, 制成浆液后对管道磨损较严重, 须考虑注浆管道的安全和寿命, 采用耐磨管道。目前市场上的耐磨管道主要有无缝钢管、塑料合金复合管材、钢丝网骨架塑料(聚乙烯)耐磨复合管;
- 塑料合金复合耐磨管材是在以耐磨塑料合金为内衬的基础上, 辅以加强钢管。该产品综合了内衬层的耐磨损、耐腐蚀、抗老化性能及外层的高强度、高韧性的特点。适用于输送细颗粒物料, 磨损、腐蚀严重的工况环境下。该管道为新型管材, 管道防腐性能好, 可用于直埋, 但管道安装、运送难度大, 价格较高;
- 钢丝网骨架塑料(聚乙烯)耐磨复合管给水用聚乙烯管(PE)为基材, 内设耐磨材料, 该管道为新型管材, 管道防腐性能好, 管道安装、运送难度小, 施工周期短, 价格较塑料合金复合耐磨管低, 管道水头损失小, 管道柔性好, 具有一定的抗沉降功能。

5.5.4 管径选取: 管径的选择应考虑便于输浆, 防止发生沉管等情况。

- 管路内径, 按照 MT/T 702 规定, 输浆管线临界内径按下式确定:

$$D = \left[\frac{0.9158Q}{3600\pi} \right]^{\frac{24}{53}} \times \left(\frac{\alpha\gamma}{g^{\frac{11}{8}}} \right)^{\frac{8}{53}} \times \left(\frac{(\rho_s - \rho)\rho_m}{(\rho_m - \rho) \times (\rho_s - \rho_m) \times \bar{\omega} \times \Delta^3} \right)^{\frac{2}{53}} \dots\dots\dots (8)$$

$$C_V = \frac{1}{1 + W/C \cdot \rho_s / \rho} \dots\dots\dots (9)$$

式中:

D —输浆管路临界直径(内径), m;

Q —注浆流量, m^3/h ;

α —浆液中固体颗粒的排紊减阻系数, 一般取 0.9;

λ —水的摩擦阻力系数;

ρ_s —粉煤灰颗粒密度, g/cm^3 , 数值取 1.65;

ρ_m —浆液密度, g/cm^3 ;

$\bar{\omega}$ —颗粒平均自由沉降速度, m/s, 与颗粒大小、浆液密度、粘度有关, 一般取 $10^{-3} \sim 10^{-2}$, 此处取经验值参与计算;

Δ —注浆管道当量粗糙度, m, 商用新钢管取 5×10^{-5} ;

C_V —浆液体积浓度;

W/C —水灰质量比。

- 临界流速与流量: 根据黄泥灌浆规范推荐的费祥俊公式, 计算管路临界流速:

$$V_c = \frac{2.26}{\sqrt{\lambda}} \left[gD \left(\frac{\rho_s - \rho_m}{\rho_m} \right) \right]^{1/2} \cdot C_V^{1/4} \cdot \left(\frac{d_{90}}{D} \right)^{1/3} \dots\dots\dots (10)$$

$$e_s = 0.024 \left[\frac{C_p \times (\rho_s - \rho_m) \bar{\omega}}{\rho_m \times \frac{\Delta}{D} \times \sqrt{gD}} \right]^{0.75} \dots\dots\dots (11)$$

$$f = \alpha \times \lambda \dots\dots\dots (12)$$

式中:

v_c —管路输浆临界流速, m/s; (浆体管道设计流速应大于临界流速的 1.10 倍)

e_s —悬浮效率系数;

f—达西阻力系数；
 d_{90} —权重 0.90 粒径 (m)。

c) 管损：

1) 管路压力损失，管线输浆压力损失按下式计算：

$$P_t = P_f + P_j \dots\dots\dots (13)$$

$$P_j = P_f \cdot K_\varepsilon \dots\dots\dots (14)$$

$$P_f = i \cdot L \dots\dots\dots (15)$$

$$i = \frac{\alpha v^2 \rho m}{2gD\rho} \dots\dots\dots (16)$$

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（比摩阻），MPa/m；
 L —输浆主管路长度，m，800。

2) 浆管路钢管壁厚选择按下式计算：

$$t = \frac{P \times D}{2K\varphi\sigma_s} + C \times S \dots\dots\dots (17)$$

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 —管材的最小屈服强度(MPa)的 40%；
 φ —管材的焊缝系数，按 GB 50253 的规定取值；
 C —年磨蚀率(mm/a)；
 S —管道设计使用寿命(a)。

5.6 注浆时机

5.6.1 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，当压水量大于 20m³/h 时即可进行注浆。

5.6.2 注浆结束

注浆结束应综合考虑注浆压力情况、地表移动变形情况、注入量等。注浆孔结束注浆标准为：

- 注浆压力达到设计终孔压力，并维持一段时间；
- 若地表移动变形已处于稳定期，可结束注浆；
- 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。

5.7 注浆材料及注浆量估算

5.7.1 注浆材料选择

- 注浆材料可选择粉煤灰、煤矸石等，遵循环保、经济的原则；
- 一般优先选择电厂粉煤灰，可直接制浆，最低为三级灰；

- c) 煤矸石作为注浆材料，须经过破碎、球磨工艺；
- d) 制浆用水优先考虑经处理后的矿井水，可节约水处理费用；当矿井水不足时，可在办理相关取水手续后打井取水。

5.7.2 注入量估算

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 钻探工程

6.1 钻孔布置

钻孔布置以满足注浆需求为主，并结合工作面采宽及地层赋存情况综合考虑：

- a) 当工作面宽度小于200m时，钻孔沿工作面走向盆地中线布置成一排，主副孔可沿中线前后布置，主副孔间距不大于30米；当工作面宽度大于200m时，钻孔沿工作面走向盆地中线布置成两排，钻孔距离工作面两侧边界不大于100米，主副孔间距应不大于30米；
- b) 地层赋存为近水平时，钻孔布设于工作面中心位置；当地层夹角大于15°时，钻孔布设于上山方向，并距离工作面煤巷距离不小于30米；
- c) 首排孔位置应结合工程实际综合考虑，其一若充填区域为半开放区域时，结合选定的注浆层位依据地层移动角进行计算确定；其二，对于全工作面充填，首排孔位置距切眼距离在0.1~0.2倍采深位置；
- d) 对于非首采面充填区域，与采空区结合部须布设钻孔，钻孔位置距巷道距离不大于0.1倍采深。

6.2 钻孔结构

6.2.1 钻孔结构应采用三开结构。三开结构为：第四系松散段护壁段、基岩护壁段和裸孔注浆段。注浆段下入 $\varnothing 177.8 \times 9.19$ mm石油套管，注浆层段为 $\varnothing 1152.4$ mm裸孔。

6.2.2 受钻孔施工条件影响时可采用定向孔。

6.3 钻探要求

- a) 开孔时，低压慢转，在第四系松散层中钻进时，视地层情况采用跟管钻进或泥浆护壁钻进工艺；
- b) 钻进时必须采用一定的导向措施，以保证成孔质量。基岩面5m以下必须采取清水钻进，回水池岩粉要及时清理干净；
- c) 钻孔施工过程中，要做好钻探原始记录，尤其是采空区塌陷冒落带。钻探记录要整齐、清晰、真实、规范，地层分界、岩性鉴定要准确；
- d) 钻孔施工过程中，要及时观察并记录钻孔耗水量，如发现漏水、漏风、掉钻、埋钻、卡钻等现象要详细记录其深度、层位和耗水量；
- e) 随时校正钻具长度（误差不超过 ± 50 mm），确保孔深数据准确。钻孔在终孔前测量一次孔斜（顶角、方位角）；
- f) 取芯孔要满足设计要求，采空区段和岩层破碎段岩芯采取率 $> 30\%$ ，其它部位 $> 60\%$ ，并做好钻探原始记录和岩芯编录及拍照工作；
- g) 钻孔施工过程中和终孔后，要进行水位观测，并记录；
- h) 终孔后经技术人员检查钻探原始记录和岩芯编录后，经验收并签发终孔通知书后，方可转入下一道工序。

7 注浆工程

7.1 浆液配制与调整

注浆前首先进行注浆材料的水灰配比室内试验，对水灰比、密度、粘度进行实验，对于粘度在17~25s之内的浆液配比可作为注浆水灰比进行使用。

7.2 注浆施工

7.2.1 开始注浆前应进行压水，压水时间不低于3天：一是注浆管路较长，检查注浆管路的密封性和完好性，同时检查制浆系统运行状况，发现问题立即解决，以免在注浆过程中因机械故障而造成注浆中断；二是大量的压水可以疏通离层内的杂物，便于注入更多的浆液，增加浆液冲塞的密实性；三是用压水探测地层的吸浆量和所需的压力，压水压力一般为设计注浆压力的1.2倍。

7.2.2 按一个压力阶段进行全孔压水试验，压力零点为静水压力。先观察静水压力，一分钟一次，连续三次静水压力变化均小于压力平均值的1%时，则最后一次即为静水压；然后进行试验，试验时每2分钟同时记录一次压入水量和压力值，直至达到稳定，稳定标准为连续4次，观测值的变化幅度均小于平均值的1%；压水试验过程应按规定格式详细记录，根据地层的渗透性能确定注浆配合比。

7.2.3 开始注浆后，如没有特殊情况，一段时间内尽量不要停止注浆，因为离层发育一旦开始就会不停的发展，此时浆液的有压注入会对其有一定的支撑作用，如果停止注浆，其上覆岩层由于失去支撑而使得沉陷加快，减弱了注浆效果。注浆参数的调节主要是调节注浆压力和浆液流量，使其对离层的发育程度有一个最佳的配合。

7.2.4 注浆工作需要和矿方采掘工作互相配合，一旦注浆过程中压力发生下降，需要及时通知矿方，减慢采掘进度，施工方加大注浆量，以保证浆液能及时充满离层空间，压力达到要求后，矿方恢复正常采掘进度，因此，注采相匹配，是整个工程取得成功的一个关键因素。

7.2.5 注浆时在压力超过预定值时，打开泄浆阀减压。注浆泵流量大小通过调整注浆泵的运行速度来控制。通过变换浆液浓度，可以调整液浆的凝胶时间。为保证凝胶时间的准确性，每变换一次浓度或配比时，需取样实配，并测定其凝胶时间，同时在泄浆口接混合料后测定实际液浆的凝胶时间，避免异常情况发生。

7.2.6 当注浆压力突然增高，则调整浆液浓度及配合比或清水，待泵压恢复正常时，再进行设计浓度浆液注浆；若压力不恢复正常，则停止注浆，检查管路是否堵塞。当进浆量很大，压力长时间不升高，则调整浆液浓度及配合比，缩短凝胶时间，进行小泵量、低压力注浆，以使浆液在离层中有相对停留时间，以便凝胶；有时也可以进行间歇式注浆，但停注时间不能超过浆液凝胶时间。

7.2.7 为了增加扩散半径，减少注浆钻孔，需要加大注浆量，并应采用连续注浆。如果因特殊情况，必须暂停注浆时，应向钻孔内连续注入清水2个小时以上。每次注浆前应注入清水1个小时，无异常可进行注浆，如有异常可根据情况或降低浆液浓度；注浆过程中，应定时对注浆的参数进行检查，发现异常应采取相应措施进行处理，并及时记录在案。每30min记录一次压力和流量。

7.3 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。

8 监测监控

在注浆充填开采过程中，应对注浆充填工作面涌水量、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。

8.1 涌水量监测

与矿方建立沟通对接机制，对充填工作面回采过程中的矿井用水量进行监测，同时对水质进行化验。

8.2 地表移动变形监测

8.2.1 编制监测方案

8.2.1.1 为方便对充填效果进行评价，同时指导注浆施工，须编制专项监测方案。

8.2.1.2 地表变形的观测线分为倾向和走向观测线，观测线的长度应保证设计观测线超过地表移动盆地边缘一段距离，以便较可靠地确定移动盆地边界及有关参数。

a) 倾向观测线：

- 1) 倾向观测线位置确定：倾向观测线取工作面水平投影中间位置；
- 2) 倾向观测线长度确定：倾向观测线的长度是在移动盆地的倾斜主断面上确定的。自采区上、下边界分别以 $\gamma - \Delta\gamma$ 和 $\beta - \Delta\beta$ 划线与基岩和松散层的接触面相交，再从交点以 θ 角划线交于地表 A、B 点，AB 段即为倾向观测线的工作长度。此段长度可按式计算：

$$AB = 2h \cot \varphi + (h_1 - h) \cot(\beta - \Delta\beta) + (H_2 - h) \cot(\gamma - \Delta\gamma) + L \cos \alpha \dots\dots\dots (18)$$

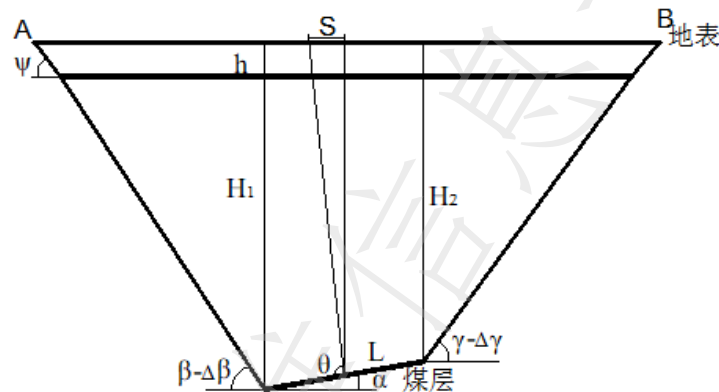


图3 倾向观测线的长度设计图

式中：

- h—表土层厚度，m；
- A—煤层倾角，°；
- H₁—工作面下边界采深，m；
- H₂—工作面上边界采深，m；
- L—工作面宽度，m；
- θ—表土层移动角，°；
- γ—上山移动角，°；
- β—下山移动角，°；
- δ—走向方向移动角，°。

Δβ、Δγ和Δδ为β、γ和δ的调整值，按照表3取值。

表1 移动角调整值

煤层倾角/(°)	0	10	20	30	40	50	60	70	80
Δβ/(°)	20	17	15	13	12	11	9	7	6
Δγ、Δδ/(°)	20	20	20	20	20	20	20	20	20

a) 走向观测线确定：

- 1) 走向观测线位置：走向观测线需要设计在地表移动盆地的走向主断面上，根据采区上、下边界的开采深度 H₁, H₂ 和最大下沉角θ，计算走向观测线偏离采区工作面中心线的距离大小 S 为：

$$S = H \cot(90^\circ - \theta) \dots\dots\dots (19)$$

8.2.4.1 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。

8.2.4.2 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。地表沉陷应连续观测三年，资料永久存档。

8.2.5 效果评价

8.2.5.1 结合地表移动变形监测数据、建筑物变形状况进行注浆充填效果评价，编制总结报告

8.2.5.2 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。

附录 A
(资料性)
岩石力学指标测试表

试验项目	状态	单位
抗拉强度		组
弹性模量		组
容重		组

附录 B
(资料性)
关键层详细信息

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						
...						