

团 体 标 准

T/QGCML 3074—2024

井下全空间探查及注浆改造技术

Full space exploration and grouting reconstruction technology of underground

2024 - 01 - 31 发布

2024 - 02 - 15 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 要求 .....	1
5 井下全空间探查及注浆改造技术关键参数 .....	1
6 定向钻进工艺 .....	2
7 井下短距离穿层探查技术 .....	4
8 长距离深孔注浆工艺 .....	4
9 注浆效果评价 .....	6

## 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：山西宁武榆树坡煤业有限公司、山西华阳集团新能股份有限公司一矿、山西华阳集团新能股份有限公司二矿。

本文件主要起草人：李建光、屈少波、武权、宋培、白健、赵志华、杨蕾、赵子豪、于志鹏、郎士林。

# 井下全空间探查及注浆改造技术

## 1 范围

本文件规定了井下全空间探查及注浆改造技术的术语和定义、要求、井下全空间探查及注浆改造技术关键参数、定向钻进工艺、井下短距离穿层探查技术、长距离深孔注浆工艺、注浆效果评价。

本文件适用于井下全空间探查及注浆改造技术。

## 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 1116 煤矿加固、堵水、充填和喷涂用高分子材料通用安全技术规范

AQ 1117 煤矿井下注浆用高分子材料安全使用管理规范

NB/T 10173 煤矿井下定向钻进技术规程

《煤矿防治水细则》

## 3 术语和定义

NB/T 10173界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**水平定向钻进** horizontal directional drilling

水平定向钻进技术是指利用钻孔自然弯曲规律或采用专用工具，使水平钻孔轨迹按设计要求延伸至预定目标的一种钻探方法，即有目的地将钻孔轴线由弯变直或由直变弯。

## 4 要求

4.1 井下全空间探查及注浆改造技术设计、施工及验收应遵循绿色低碳原则。

4.2 注浆材料安全、环保、卫生性能应符合 AQ 1116 的规定，注浆材料使用与管理应符合 AQ 1117 的规定。

4.3 井下全空间探查及注浆改造技术过程中，应记录相关数据并对工程质量验收。

## 5 井下全空间探查及注浆改造技术关键参数

综合考虑煤层底板奥灰含水层水文地质特征、煤层赋存条件、底板隔水层阻水性和采后底板破坏动态规律等因素，结合近水平长距离定向钻探和短距离穿层钻探技术装备特点，形成了井下全空间探查及注浆改造技术关键参数：

- a) 近水平长距离定向孔布孔方式：以耙状为主，发散状为辅；
- b) 近水平长距离定向孔结构：三级变径结构，一开止水段  $\phi 196\text{mm}$  开孔下一级  $\phi 168\text{mm}$  套管，二开护壁段  $\phi 153\text{mm}$  开孔下  $\phi 127\text{mm}$  套管，三开  $\phi 96\text{mm}$  裸孔注浆治理段；
- c) 顺层定向分支孔间距：40~50m；
- d) 侧钻技术：后退式低速磨削分支法；
- e) 单孔最佳钻效孔深：<600m；
- f) 长距离深孔注浆工艺：孔口封闭止浆静压分序分段下行式注浆法，段长 60~100m；
- g) 目标层位：奥灰顶部 20~30m；
- h) 注浆终孔压力：7~8Mpa；
- i) 浆液配比：浆液稠度 1.1~1.4。

## 6 定向钻进工艺

### 6.1 设备、仪器

随钻测量定向钻进配套装备如表1所示。

表1 钻探用主要设备及仪器

序号	名称	型号	数量	功率 (kW)																													
1	履带式全液压坑道钻机	-	3 台	75																													
2	全液压坑道钻机	-	1 台	30																													
3	泥浆泵	-	4 台	30																													
4	中心通缆钻杆	Φ73mm	600 根	-																													
5	大柔性回转钻杆	Φ73mm	600 根	-																													
6	无磁钻杆	Φ76mm/3m	3 根	-																													
7	探管外管	Φ76mm/2m	3 根 </tr <tr> <td>8</td> <td>螺杆钻具</td> <td>Φ76mm/四级/1.25°</td> <td>10 根</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>9</td> <td>随钻测量系统</td> <td>-</td> <td>4 套</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>10</td> <td>三翼内凹烧结胎体式 PDC 钻头</td> <td>Φ94mm</td> <td>10 个</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>11</td> <td>三翼抛物线式 PDC 钻头</td> <td>Φ98mm</td> <td>20 个</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>12</td> <td>三翼抛物线式 PDC 钻头</td> <td>Φ153mm</td> <td>10 个</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>13</td> <td>中心通缆式水便</td> <td>Φ73mm</td> <td>3 个</td> <td>-</td> </tr>	8	螺杆钻具	Φ76mm/四级/1.25°	10 根	-	9	随钻测量系统	-	4 套	-	10	三翼内凹烧结胎体式 PDC 钻头	Φ94mm	10 个	-	11	三翼抛物线式 PDC 钻头	Φ98mm	20 个	-	12	三翼抛物线式 PDC 钻头	Φ153mm	10 个	-	13	中心通缆式水便	Φ73mm	3 个	-
8	螺杆钻具	Φ76mm/四级/1.25°	10 根	-																													
9	随钻测量系统	-	4 套	-																													
10	三翼内凹烧结胎体式 PDC 钻头	Φ94mm	10 个	-																													
11	三翼抛物线式 PDC 钻头	Φ98mm	20 个	-																													
12	三翼抛物线式 PDC 钻头	Φ153mm	10 个	-																													
13	中心通缆式水便	Φ73mm	3 个	-																													

### 6.2 随钻测量定向钻进系统

随钻测量定向钻进系统如图1所示。

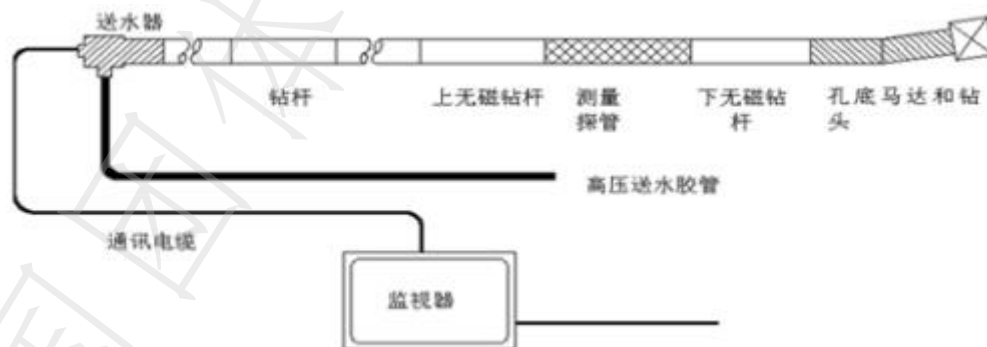


图1 随钻测量定向钻进系统连接示意图

### 6.3 近水平定向探查钻孔关键参数确定

#### 6.3.1 孔间距

底板加固注浆定向钻孔间距可依据单孔注浆扩散范围确定，根据国内注浆改造施工经验，钻孔单孔注浆扩散范围为25~30m，因此在设计定向钻孔时钻孔间距确定为50~60m。

#### 6.3.2 钻进层位

钻进层位的选择应考虑钻进难易及完成注浆后底板隔水层厚度应满足《煤矿防治水细则》中安全临界突水系数的规定，反算隔水层厚度。经计算，注浆改造层位确定为奥灰顶部岩层，根据分布及厚度发育情况，注浆改造层位定为奥灰顶部20~30m。

### 6.3.3 开孔倾角设计

钻孔设计时，需要先设计好钻孔倾角和方位角。钻孔倾角设计综合以下三个因素，设计底板水平钻进钻孔开孔倾角为 $-15\sim-20$ ：

- a) 钻孔排渣，由于施工钻孔为底板孔，钻孔垂深较大，钻进过程中将会出现岩屑排出困难的问题，需要合理设计倾角以方便钻孔排渣；
- b) 定向造斜段的施工，由于定向钻孔最后将以与地层平行的角度进行延伸，需要将钻孔倾角由开孔时的负角度转变为与地层视倾角相同的倾角进行钻进，而钻孔造斜需要一定的距离，应合理设计倾角，以缩短该孔段距离；
- c) 钻孔钻进难易及钻孔维护，由于部分钻场位于5煤顶板，钻进中需要穿底板，倾角较小的情况下，容易出现塌孔。

### 6.3.4 结构设计

注浆工程需要通过定向钻孔来施工，所以定向钻孔需要下入多级套管以封固孔口煤层和不稳定地层，为后期注浆上压提供基础，因此应对钻孔结构进行合理设计，各级套管间间隙应满足施工要求，并保证后期定向钻孔孔径满足设计要求。煤层底板注浆加固定向钻孔由套管孔段、回转钻进孔段、定向造斜孔段和定向稳斜孔段组成，套管级数可以根据实际地质及水文地质条件情况确定，钻孔结构如图2所示。具体施工过程中钻孔结构要根据实际的地质及水文地质条件选取。本次施工中，开孔地层较稳定且开孔地层富水性弱，钻孔均采用二级套管结构。

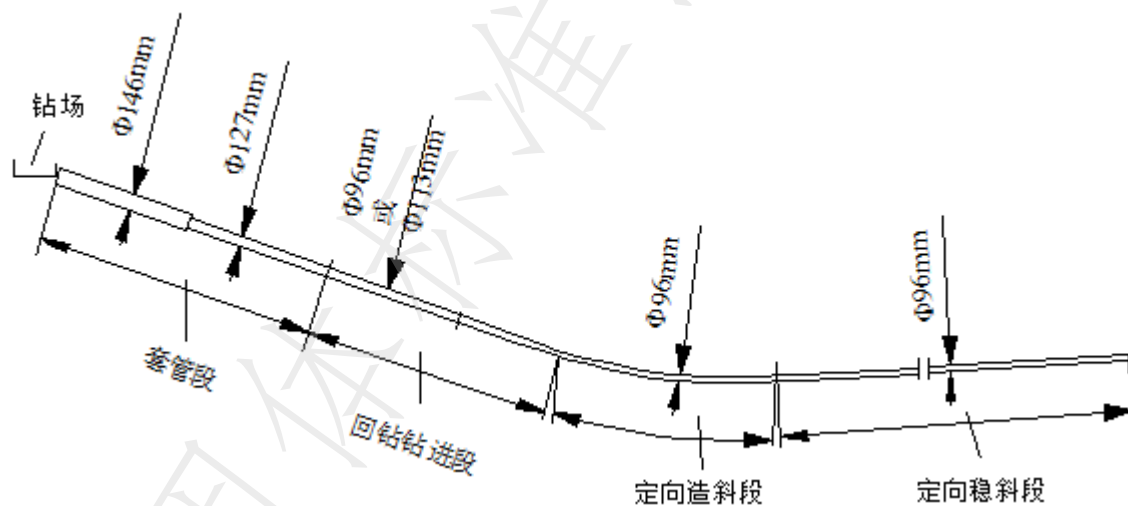


图2 钻孔结构示意图

### 6.4 工艺流程

定向钻进的工艺流程如图3所示。

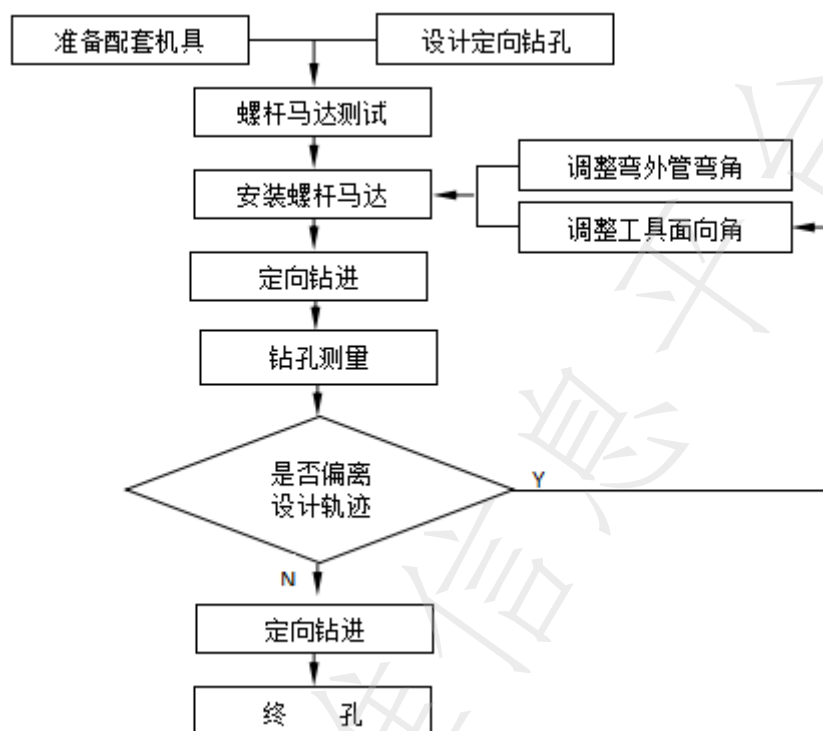


图3 定向钻进工艺流程如图

## 6.5 螺杆马达钻进工艺参数

螺杆马达钻进工艺参数如表2所示。

表2 螺杆马达钻进工艺参数

孔深	钻压 (MPa)	泵量 (L/min)	泵压 (MPa)	起拔压力 (MPa)
0~300	0~1	196	2.5~3.5	0~2
300~500	1~3	196	3.5~4	2~5

## 7 井下短距离穿层探查技术

### 7.1 短距离穿层探查钻孔结构

开孔孔径为  $\phi 133\text{mm}$ ，钻进16m，下入15m  $\phi \times 108\text{mm} \times 6\text{mm}$ 地质套管，固管扫孔后更换  $\phi 75\text{mm}$ 钻头继续钻进至终孔。

### 7.2 技术要求

- 所有钻孔要求采用测量仪器实地测量放样，定向钻探轨迹偏差 $\pm 3\text{m}$ ，开孔方位偏差 $\leq 1^\circ$ ，开孔倾角偏差 $\leq 1^\circ$ ；
- 根据钻孔设计编制相应的钻孔施工组织设计，绘制钻孔预想偏斜轨迹曲线，制定施工工艺流程和具体的施工措施；
- 合理配置偏斜孔所用的钻探机具，备足相应配件及材料；
- 如实记录岩性、地质层位、裂隙岩溶发育情况，定时记录冲洗液消耗量变化；
- 所有钻孔终孔后须进行不小于30分钟的压水洗孔，之后观测终孔静止水位。

## 8 长距离深孔注浆工艺

### 8.1 注浆材料

注浆材料应具有以下特性:

- 材料来源广, 价格低, 配制简便, 操作简练;
- 浆液粘度低、可注性强, 凝胶时间在一定范围内可调可控;
- 浆液性能稳定性好, 常温常压条件下性能不易改变, 对注浆设备和受注体等无腐蚀性;
- 浆液无刺激性气味, 对人体无害且不污染环境;
- 浆液粘结力强, 结石率高, 固结后具有足够的抗压和抗拉强度。

## 8.2 注浆层位

应符合《煤矿防治水细则》的规定, 突水系数应小于0.1mpa/m。

## 8.3 注浆压力

注浆压力的大小直接影响到浆液扩散距离与有效充填范围, 注浆压力计算公式如公式1所示。

$$P_0 = P_m + \frac{H \times r - h}{100} \dots \dots \dots (1)$$

式中:

$P_0$ —注浆总压力, MPa;

$P_m$ —孔口压力, MPa;

$H$ —孔口至受注层段1/2处的高度, m;

$r$ —浆液比重,  $g/cm^3$ ;

$h$ —注浆前注浆段1/2处的水柱高度, m。

## 8.4 注浆方法

采用孔口封闭止浆、静压分序分段下行式注浆法。要求从上到下按段长依次分段钻进、注浆。上一段未达到注浆结束标注, 不得进行下一段施工。注浆单位段长一般为60~100m, 可根据具体情况临时调整。注浆加固流程如图4所示。

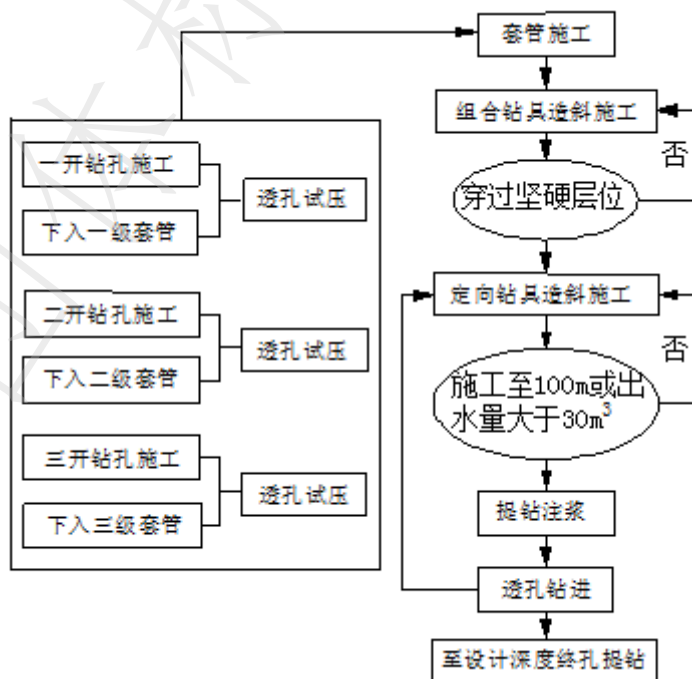


图4 定向钻孔超前注浆加固流程图

## 8.5 深孔注浆工艺

煤层底板超前注浆加固定向钻孔钻进时需要综合采用螺旋钻杆回转钻进、稳定组合钻具定向钻进和螺杆马达随钻测量定向钻进等多种工艺方法耦合。工艺流程为:

- a) 钻进时首先采用螺旋钻杆回转钻进工艺进行套管段施工，成功下入设计结构的套管并试压合格；
- b) 然后采用稳定组合钻具定向钻进工艺钻穿坚硬地层至目的层位，使钻孔倾角略有增加，以减少后期定向钻进倾角调整难度；
- c) 再使用螺杆马达随钻测量定向钻进完成定向造斜段和稳斜段施工，使钻孔按设计轨迹在目的岩层中延伸直，直至注浆加固达到设计要求。

## 9 注浆效果评价

### 9.1 物探检验

注浆改造工程结束后，对注浆改造范围进行综合物探探查，主要以直流电法、音频电透视、瞬变电磁等手段为主，探查成果称为“二次物探”。与注浆改造前物探成果（一次物探）进行比对、分析，定性描述注浆改造效果。

### 9.2 检查钻孔涌水量

注浆改造工程结束后，在工作面顺槽施工井下检查孔，对二次物探成果异常区、构造发育区及井下定向钻孔涌水大的区域、注浆量大的区域及目标层位未覆盖区域进行验证，兼顾对未覆盖区域注浆加固；简言之，井下检验孔布孔重点关注：物探异常区、注浆空白区、断层破碎带、注浆异常点。

检查孔涌水量作为注浆效果评价的重要指标，一般认为单孔涌水量小于 $5\text{m}^3/\text{h}$ 视为注浆效果良好。

### 9.3 透水率评估

9.3.1 注浆治理工程中的注浆施工经过充填、升压和加固三个阶段，根据注浆泵压、注浆段长度等计算单位透水率 $L$ ，当计算结果不大于 $1L_u$ 时，才能结束钻孔注浆施工。透水率计算公式见公式2。

$$1L_u = 100q = \frac{Q}{pL} \dots\dots\dots (2)$$

式中：

$q$ —单位吸水率；

$Q$ —压入流量 $L/\text{min}$ ；

$p$ —作用于试段内的压力换算水头高度 $m$ ；

$L$ —受注段长度 $m$ ；

$L$ —受注段段长 $m$ 。

9.3.2 岩体渗透性能分级标准如表所示。

表3 岩体渗透性能分级标准

渗透性等级	标准		岩体特征
	渗透系数 (cm/s)	透水率 $q$ ( $L_u$ )	
极微透水	0~10 <sup>-6</sup>	0~0.1	含张开度<0.025mm 裂隙的岩体
微透水	10 <sup>-6</sup> ~10 <sup>-5</sup>	0.1~1	含张开度 0.025~0.05mm 裂隙
弱透水	10 <sup>-5</sup> ~10 <sup>-4</sup>	1~10	含张开度 0.05~0.1mm 裂隙
中等透水	10 <sup>-4</sup> ~10 <sup>-2</sup>	10~100	含张开度 0.1~0.5mm 裂隙
强透水	10 <sup>-2</sup> ~1	≥100	含张开度 0.5~2.5mm 裂隙
极强透水	≥1		含张开度>2.5mm 裂隙或连通孔洞

### 9.4 扫孔残余涌水量

按照长距离深孔注浆工艺要求，定向钻孔采用孔口封闭止浆、静压分序分段下行式注浆法。分段下行注浆势必要大量扫孔工作量，通过每次扫孔过程中记录孔内残余涌水量（有时是漏失量）变化情况，检验上一循环注浆效果。

检查孔扫孔残余涌水量作为注浆效果评价的过程管理中的另一重要指标，检验标准与检查钻孔涌水量标准一致，一般认为当扫孔残余涌水量小于 $5\text{m}^3/\text{h}$ 视为本循环注浆效果良好。

### 9.5 回采验证

探查治理工程效果最直接、有效的验证方法就是工作面安全带压回采，工作面不发生底板奥灰涌水量。

---

全国团体标准信息平台