

# 中华人民共和国矿山安全行业标准

KA/T 1—2023  
代替 MT/T 632—1996

## 井下探放水技术规范

Technical specification for water exploration and discharge  
in underground coalmines

2023-10-26 发布

2024-01-31 实施



## 目 次

前言 .....	I
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 术语和定义 .....	1
4 一般规定 .....	1
5 探放水钻探工程设计 .....	2
6 探放水钻孔关键参数确定 .....	2
7 探放水钻孔布置 .....	3
8 探放水钻孔孔口安全装置 .....	3
9 探水孔施工前的要求 .....	4
10 探水施工中的技术要求 .....	4
11 疏放水的技术要求 .....	4
12 探放水的安全技术措施 .....	4
13 探放水工作验收与总结 .....	5
附录 A (资料性) 积水线外推法确定小窑老空水探水线 .....	6
附录 B (资料性) 不同条件超前距计算安全系数( $K$ )取值 .....	7
附录 C (规范性) 岩层中探水钻孔超前距和止水套管长度确定 .....	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。

本文件代替 MT/T 632—1996《井下探放水技术规范》，与 MT/T 632—1996 相比，主要技术变化如下：

- a) 将章标题“探放水原则”修改为“一般规定”，并增加了近距离煤层群、沿空下山掘进及定向钻机的探放水技术要求(见第 4 章,1996 年版的第 3 章)；
- b) 增加了探放水设计中相关参数确定方法、防瓦斯与其他有害气体安全措施,及其审批程序的有关规定(见 5.1)；
- c) 将老空水探水线的确定方法由“沿老空积水线或老空边界平行外推 60m~150m”改为“参见附录 A”(见 6.1,1996 年版的 5.1)；
- d) 增加了不同条件下安全系数 K 取值的参考附录表 B(见 6.2,1996 年版的 5.2)；
- e) 增加了探放含水层、断层水、钻孔水、陷落柱水等含水水体时,钻孔超前距和止水套管长度的有关规定(见 6.3)；
- f) 增加了老空水量估算公式(见 6.4)；
- g) 增加了顶板水探放时,止水套管最小垂向深度的确定方法(见 6.5)；
- h) 增加了巷道岩石松动圈的确定方法(见 6.6)；
- i) 增加了底板水探放时,止水套管最小垂向深度的确定方法(见 6.7)；
- j) 终孔孔径由不得大于 58 mm 修改为不得大于 94 mm(见 6.8,1996 年版的 6.3)；
- k) 对探放老空水钻孔布置条文进行了调整(见 7.1,1996 年版的 6.1、6.5)；
- l) 对煤层中探放水压高于 1 MPa 的含水体的规定条文进行了修改(见 7.4,1996 年版的 6.6)；
- m) 对探水钻孔孔口安全装置一章的条文编排与内容进行了调整,增加了防止高压水顶钻的相关规定和孔口管防腐处理的有关规定(见第 8 章,1996 年版的第 7 章)；
- n) 对探水前的条文进行了重新编排,内容进行了适当合并调整(见第 9 章,1996 年版的第 8 章)；
- o) 删除了 1996 年版的 9.5、9.6 条,相关内容已有了条文规定；
- p) 在疏放水的技术要求中,调整了条文内容,增加了疏放水时含水层观测的规定。放水地点加强通风,增加有害气体观测内容并入探放水安全措施(见第 11 章,1996 年版第 10 章)；
- q) 对巷道低洼积水的处置措施作了修改(见 12.1,1996 年版的 11.1)；
- r) 删除了“探水巷必须在探水钻孔有效控制范围内掘进,探水孔的超前距、帮距及孔间距应符合设计要求”内容,其他文字作了修改(见 12.2,1996 年版的 11.2)；
- s) 增加了探放水工作验收与总结(见 13 章)。

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。

本文件由中国煤炭工业协会提出。

本文件由煤炭行业煤矿安全标准化技术委员会归口。

本文件起草单位：中煤科工西安研究院(集团)有限公司、国家能源投资集团有限责任公司、陕西煤业化工技术研究院有限责任公司。

本文件主要起草人：南生辉、董书宁、刘其声、姬亚东、石磊。

本文件及其所代替文件的历次版本发布情况为：

——1996 年首次发布为 MT/T 632—1996；

——本次为第一次修订。

# 井下探放水技术规范

## 1 范围

本文件规定了煤矿井下探放水的一般规定、探放水工程设计、探放水钻孔关键参数确定、探水钻孔布置及其施工的技术要求、疏放水的技术要求、探放水的安全技术措施等。

本文件适用于井工煤矿的井下探放水工作。

## 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/T 2893.1 图形符号 安全色和安全标志 第1部分：安全标志和安全标记的设计原则
- GB/T 2893.2 图形符号 安全色和安全标志 第2部分：产品安全标签的设计原则
- GB/T 2893.3 图形符号 安全色和安全标志 第3部分：安全标志用图形符号设计原则
- GB/T 2893.4 图形符号 安全色和安全标志 第4部分：安全标志材料的色度属性和光度属性
- GB/T 2893.5 图形符号 安全色和安全标志 第5部分：安全标志使用原则与要求
- GB/T 24505 矿井井下高压含水层探水钻探技术规范
- GB/T 29639 生产经营单位生产安全事故应急预案编制导则

## 3 术语和定义

本文件没有需要界定的术语和定义。

## 4 一般规定

4.1 煤矿应严格执行井下探放水“三专”要求，由专业技术人员编制探放水设计、采用专用钻机进行探放水、由专职探放水队伍施工。采掘工作面超前探放水应当同时采用钻探、物探两种方法，做到相互验证，查清采掘工作面及周边老空水、含水层富水性及地质构造含（导）水性等情况。

4.2 采掘工作面遇到下列情况之一的，应进行探放水：

- a) 接近水淹或者可能积水的井巷、老空区或者相邻煤矿时；
- b) 接近含水层、导水断层、暗河、溶洞或导水陷落柱时；
- c) 打开防隔水煤（岩）柱进行放水时；
- d) 接近可能与河流、湖泊、水库、蓄水池、水井等相通的导水通道时；
- e) 接近有出水可能的钻孔时；
- f) 接近水文地质条件不清的区域时；
- g) 接近有积水的灌浆区时；
- h) 接近其他可能突水的区域时。

4.3 采掘工作面探水前，应当编制探放水设计，确定探放水技术参数，并制定安全技术措施。

4.4 受老空积水威胁近距离煤层群开采的矿井,上煤层掘进时应超前查明下煤层的积水情况、制定相应的防治措施,消除老空水的威胁;下煤层回采前,应疏干导水裂隙带波及范围内的上覆煤层采空区积水。

4.5 沿空掘进的下山巷道超前疏放相邻采空区积水的,在查明采空区积水范围、积水标高等情况后,可以实行限压(水压小于 0.01 MPa)循环放水,但应制定专门措施并由煤矿总工程师审批。

4.6 在矿井受水害威胁区域,巷道掘进前,地测部门应当提出水文地质情况分析报告和水害防治措施,由煤矿总工程师组织生产、安检和地测等有关部门审批。

4.7 工作面回采前,应当采用物探、钻探、化探等方法查清工作面内及周边采动影响范围内断层、陷落柱、采(老)空区、烧变岩等含(导)水性和含水层富水性情况。地测部门应当提出专门水文地质情况分析报告和水害隐患治理情况评价报告,经煤矿总工程师组织生产、安检和地测等有关部门审查批准后,方可进行回采。发现断层、裂隙和陷落柱等构造充水的,应当采取注浆、疏放或者留设防水煤(岩)柱等安全措施。

4.8 有条件的矿井,宜采用定向钻机,开展长距离、大规模探放水。采用长距离定向钻机探放水时,应考虑井下或地面方案,应编制专项探放水设计。

### 5 探放水钻探工程设计

5.1 探放水设计应由地测部门或防治水机构提出,经矿总工程师组织审查批准后实施。

5.2 探放水工程设计应包括以下内容:

- a) 探放水的采掘工作面及周围的水文地质条件;
- b) 探放水巷道的支护形式、规格、掘进方向;
- c) 钻探工程布置与工程量,包括钻场及钻孔组数、个数、方向、角度、深度、钻孔结构等参数;
- d) 钻探施工技术要求,钻探超前距、帮距及允许掘进距离;
- e) 探放水设备的选型与要求;
- f) 确定探放水钻孔孔口安全装置及耐压要求;
- g) 探放水施工安全技术措施,应包括通风、瓦斯及有害气体检查、防排水、水害应急处理等措施;
- h) 工程附图,如钻场设计图、探放水孔布置平面图和剖面图、钻孔结构图及避灾路线图等。

### 6 探放水钻孔关键参数确定

6.1 应当及时掌握探放水工作面 200 m 范围内的采掘动态,将采掘范围、积水情况、防水煤(岩)柱等绘制在矿井充水性图上,并标出积水线、探水线和警戒线的位置。老空水压小于等于 1 MPa 时,探水线和警戒线的确定参见附录 A,老空水压大于 1 MPa 时,应根据具体水压值验算确定。

6.2 煤层巷道掘进时,沿顶底板岩层探放断层水、钻孔水、陷落柱水时,用公式(1)求得 W 值,定为探放水超前距、帮距。

$$W = 0.5KM \sqrt{\frac{3P}{K_p}} \geq 20m \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中:

- W ——巷道迎头或侧帮与含水层或含水构造之间安全隔水煤柱宽度,单位为米(m);
- K ——安全系数,见附录 B;
- M ——巷道高度(宽或高取其大者),单位为米(m);
- P ——煤柱承受的水头压力,单位为兆帕(MPa);
- $K_p$  ——隔水煤柱的抗拉强度,单位为兆帕(MPa)。

6.3 岩巷掘进探放含水层及断层水、钻孔水、陷落柱水等含水水体时,钻孔超前距和止水套管长度选取值应遵守附录 C 的规定。

6.4 老空积水范围、积水量不清楚的,近距离煤层开采的或者地质构造不清楚的,煤层探放水钻孔超前距不得小于 30 m,止水套管长度不得小于 10 m;老空积水范围清楚的,根据公式(1)确定超前距和帮距,公式(2)~公式(4)估算积水量。

$$Q_{\text{积}} = Q_{\text{采}} + Q_{\text{巷}} \quad \dots\dots\dots (2)$$

$$Q_{\text{采}} = \eta MF / \cos\theta \quad \dots\dots\dots (3)$$

$$Q_{\text{巷}} = \eta WL_{\text{巷}} \quad \dots\dots\dots (4)$$

式中:

$Q_{\text{积}}$ ——总积水量,单位为立方米( $\text{m}^3$ );

$Q_{\text{采}}$ ——采空区积水量,单位为立方米( $\text{m}^3$ );

$Q_{\text{巷}}$ ——巷道积水量,单位为立方米( $\text{m}^3$ );

$\eta$ ——充水系数,采空区取值 0.25~0.5,煤层巷道取 0.5~0.8,岩石巷道取 0.8~1.0;

$M$ ——采空区平均采厚,单位为米(m);

$F$ ——采空积水区水平投影面积,单位为平方米( $\text{m}^2$ );

$\theta$ ——煤层倾角,单位为度( $^\circ$ );

$W$ ——积水巷道断面积,单位为平方米( $\text{m}^2$ );

$L_{\text{巷}}$ ——积水巷道长度,单位为米(m)。

6.5 顶板承压含水层探水时,应按公式(5)计算安全隔水层厚度( $t$ ), $t$ 值与岩石松动圈厚度( $H$ )之和为探水孔最后一层止水套管的最小垂向深度。

$$t_{\text{顶}} = \frac{L \sqrt{\gamma^2 L^2 + 8K_P P + \gamma L}}{4K_P} \quad \dots\dots\dots (5)$$

式中:

$t$ ——安全隔水层厚度,单位为米(m);

$L$ ——巷道宽度,单位为米(m);

$\gamma$ ——顶板隔水层平均重度,单位为兆牛每立方米( $\text{MN}/\text{m}^3$ );

$K_P$ ——隔水岩(煤)柱的抗拉强度,单位为兆帕(MPa);

$P$ ——岩(煤)柱承受的水头压力,单位为兆帕(MPa)。

6.6 岩石松动圈厚度( $H$ )应采用现场实测数据,无实测数据时,可参考地质与掘进条件相似矿井的数据,或采用公式(6)计算。

$$H = R \left[ \frac{(\sigma_0 + C \cdot \cot\varphi)(1 - \sin\varphi)}{P_i + C \cdot \cot\varphi} \right]^{\frac{1 - \sin\varphi}{2\sin\varphi}} - R \quad \dots\dots\dots (6)$$

式中:

$H$ ——岩石松动圈厚度,单位为米(m);

$R$ ——巷道半径,单位为米(m);

$\sigma_0$ ——原岩应力,单位为兆牛每平方米( $\text{MN}/\text{m}^2$ );

$C$ ——岩体的黏聚力,单位为兆帕(MPa);

$\varphi$ ——内摩擦角,单位为度( $^\circ$ );

$P_i$ ——巷道支护阻力,单位为兆牛每平方米( $\text{MN}/\text{m}^2$ )。

6.7 底板承压含水层探水时,应按公式(7)计算安全隔水层厚度( $t$ ), $t$ 值与岩石松动圈厚度( $H$ )之和为最后一层止水套管的最小垂向深度。

$$t_{\text{底}} = \frac{L \sqrt{\gamma^2 L^2 + 8K_P P - \gamma L}}{4K_P} \quad \dots\dots\dots (7)$$

式中：

$t$  ——安全隔水层厚度,单位为米(m);

$L$  ——巷道宽度,单位为米(m);

$\gamma$  ——底板隔水层平均重度,单位为兆牛每立方米(MN/m<sup>3</sup>);

$K_p$  ——隔水岩(煤)柱的抗拉强度,单位为兆帕(MPa);

$P$  ——岩(煤)柱承受的水头压力,单位为兆帕(MPa)。

6.8 探放水钻孔除兼作堵水孔外,终孔孔径不应大于 94 mm。

## 7 探放水钻孔布置

7.1 探放老空水、钻孔水时,如老空和钻孔位置清楚,应当根据具体情况进行专门探放水设计;如老空和钻孔位置不清楚,探水钻孔成组布设,并在巷道前方的水平面和竖直面内呈扇形,钻孔终孔位置满足水平间距不得大于 3 m,厚煤层内各孔终孔的竖直面间距不得大于 1.5 m。

7.2 探放断裂构造水和岩溶水等时,探水钻孔沿掘进方向的正前方及含水体方向呈扇形布置,钻孔不得少于 3 个,其中含水体方向的钻孔不得少于 2 个。

7.3 探查陷落柱等垂向构造时,应当采用物探、钻探两种方法,根据陷落柱的预测规模和位置布孔,底板方向钻孔不得少于 3 个,有异常时应加密布孔。

7.4 煤层内,原则上禁止探放水压高于 1 MPa 的充水断层水、含水层水及陷落柱水。如确实需要的,可以先建筑防水闸墙,并在闸墙外向内探放水。

## 8 探放水钻孔孔口安全装置

8.1 预计水压大于 0.1 MPa 的地点探水时,预先固结套管,并安装阀门。止水套管应当进行耐压试验,耐压值不得小于预计静水压力值的 1.5 倍,兼作注浆孔的,应当综合注浆终压值确定,并稳压 30 min 以上。

8.2 当钻孔内预计水压大于 1.5 MPa 时,在揭露含水层(体)前,应采用反压和有防喷装置的方法钻进,并制定防止孔口管和煤(岩)壁突然鼓出的措施。

8.3 应在孔口安全装置闸阀、留设水压检测接口。

8.4 钻孔涌水有腐蚀性时,孔口套管应进行防腐处理。

8.5 当孔口返水压力超过正常循环水压力,进行钻进或起下钻时,应采用钻杆控制器控制钻杆,防止高压水顶钻造成钻杆外射事故。

8.6 应选择岩层坚硬完整地段开孔,钻至预定深度后,将孔内冲洗干净。孔口套管应采用注浆固结法进行固定。孔口管注浆固结应遵守 GB/T 24505 中“孔口装置及其安装要求”的规定。

8.7 孔口套管注浆固结后,水泥单液浆一般待凝 48 h 以上,之后可进行扫孔,扫孔深度应超过孔口管 0.5 m~1 m;待凝 72 h 以上可采用清水进行耐压试验,试验压力不小于预揭露含水层水压的 1.5 倍,持续稳压时间不小于 30 min,确保孔口套管不松动、孔口周围不漏水后方可继续钻进,否则重新注浆固结。采用速凝材料进行固管的,待凝和耐压试验时间可适当减小。

8.8 节理裂隙发育,岩石松软或破碎,无条件另选孔位时,应注浆加固后,再安设孔口管。

## 9 探水孔施工前的要求

9.1 钻场应避免断层带、裂隙带或松软岩层。

9.2 钻机探水前的准备工作:



- a) 加强钻孔附近的巷道支护,并打好立柱和拦板;
- b) 清理巷道,挖好排水沟并挂好风筒、电缆、管道等,探水钻孔位于巷道低洼处时,配备与探放水量相适应的排水设备;
- c) 在打钻地点或其附近安设专用电话,保持人员撤离通道畅通;
- d) 依据设计确定探水孔位置时,由测量人员进行标定,负责探放水的工作人员应到现场,共同确定钻孔的方位、倾角、深度和钻孔数量。

## 10 探水施工中的技术要求

10.1 钻进中应做好地质编录工作。

10.2 钻进时应准确判别煤、岩层厚度并记录换层深度。一般每钻进 10 m 或更换钻具时,应测量一次钻杆并核实孔深,终孔前再复核一次。

10.3 采用非定向钻机探放水时,孔深大于 150 m 的探水孔或对水文地质异常和物探异常区的探查验证孔均应进行孔斜测量,因孔斜未达到探放水目的,应增加探水孔或采用定向钻机施工。

10.4 钻进时,发现煤岩松软、片帮、来压或孔中的水压、水量突然增大,以及有顶钻等现象时,应立即停钻,将钻杆固定并同时记录其孔深,禁止人员直对钻杆站立。要立即向矿调度室汇报,及时采取措施,进行处理。

10.5 探水孔施工过程中,观测每个涌水点的深度、层位、水量、水压、水温等;探水孔终孔后,应进行全孔试验放水,观测并记录终孔初始涌水量、稳定涌水量和稳定水压,根据设计需要采取水样。

10.6 对于构造探查,应在预计揭露构造孔段取芯钻进,观测岩芯完整性、分析构造性质、含导水性及发育特征。

10.7 探放水钻孔可兼做堵水或疏水孔,回采前,除顶、底板破坏范围内的探放水孔外,其他探放水钻孔回采前应采用水泥全孔注浆封闭。

## 11 疏放水的技术要求

11.1 利用探水孔疏放水时,应根据探水孔的水压、水质、水量资料,结合矿井排水系统能力,控制放水孔的流量。

11.2 疏放老空水时,应全程监控放水过程,详细记录放水量、水压动态变化,放水结束后,应核算放水量与预计积水量的误差,查明原因。

11.3 疏放断层水、陷落柱水和含水层水,在水量观测的同时,应同步观测相关含水层水位及井下涌水点水量动态变化。

## 12 探放水的安全技术措施

12.1 巷道可能积水的低洼地段,应有相应的疏排水措施。

12.2 掘进工作面探水时,应在起点处设置标志,并挂牌明示,并符合 GB/T 2893(所有部分)的规定。

12.3 应加强巷道支护,使巷道具有安全施工条件及抗水流冲击能力。

12.4 在探放水钻进时,发现煤岩松软、片帮、来压或者钻孔中水压、水量突然增大和顶钻等突水征兆时,立即停止钻进,但不得拔出钻杆;应当立即撤出所有受水威胁区域的人员到安全地点,并向矿井调度室汇报,情况紧急时应立即启动应急预案,并符合 GB/T 29639 的规定。

12.5 钻孔接近老空时,应安排专职瓦斯检查员或矿山救护队员在现场值班,随时检测空气成分。如果瓦斯或其它有害气体浓度超过有关规定时,应当立即停止钻进,切断电源,撤出人员,并报告矿调度室,

及时采取措施进行处理。

12.6 上山探水时,应双巷掘进。其中一条巷道超前探水、汇水,另一条巷道用来安全撤人。双巷间每隔 30 m~50 m 掘一条联络巷,并设挡水半墙。

12.7 探放水人员应按照批准的设计施工,未经审批单位同意,不得擅自改变设计。

### 13 探放水工作验收与总结

13.1 探放水钻孔施工结束后,应及时组织验收。

13.2 探放水工程竣工后,应编制探放水工程总结报告,主要包括以下内容:

- a) 探放水钻孔施工情况,包括施工过程、施工工艺、孔斜、工程量及封孔情况等;
- b) 物探成果的钻探验证情况;
- c) 探查成果汇总与分析;
- d) 探放水总结及效果评价;
- e) 存在问题及建议。

## 附 录 A

(资料性)

## 积水线外推法确定小窑老空水探水线

表 A.1 积水线外推法确定小窑老空水探水线

边界名称	确定方法	煤层硬度	探水线距离 m		
			依靠调查分析判断	有一定图纸资料参考	有较可靠图纸资料
探水线	积水线外推法	松软	100~150	80~100	35~40
		中硬	80~120	60~80	30~35
		坚硬	60~100	40~60	30
警戒线	探水线外推法		60~80	40~50	20~40

附 录 B

(资料性)

不同条件超前距计算安全系数(K)取值

表 B.1 不同条件超前距计算安全系数(K)取值

条 件	取 值
水压、抗拉强度均为实测	2
水压、抗拉一项实测,另一项为地质与掘进条件相似矿井数据	3~4
水压、抗拉强度均为地质与掘进条件相似矿井数据	5

## 附录 C

(规范性)

## 岩层中探水钻孔超前距和止水套管长度确定

表 C.1 岩层中探水钻孔超前距和止水套管长度确定

水压 $P$ MPa	钻孔超前距 m	止水套管长度 m
$P < 1.0$	$> 10$	$> 5$
$1.0 \leq P < 2.0$	$> 15$	$> 10$
$2.0 \leq P < 3.0$	$> 20$	$> 15$
$P \geq 3.0$	$> 25$	$> 20$

---



中华人民共和国矿山安全行业标准

KA/T 2—2023

煤层底板石灰岩含水层超前  
区域治理技术规范

Technical specification for advanced regional treatment of  
limestone aquifer under coal seam

2023-10-26 发布

2024-01-31 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 总则 .....	2
5 设计 .....	3
5.1 一般规定 .....	3
5.2 钻探工程设计 .....	3
5.3 注浆工程设计 .....	4
6 施工 .....	5
6.1 一般规定 .....	5
6.2 钻探施工 .....	5
6.3 制浆 .....	6
6.4 注浆 .....	6
7 施工质量与效果检验 .....	7
7.1 一般规定 .....	7
7.2 施工质量检查 .....	7
7.3 地面效果检验 .....	7
7.4 井下效果检验 .....	8
8 竣工资料与验收 .....	8
8.1 竣工资料 .....	8
8.2 工程验收 .....	8
附录 A (资料性) 工程设计提纲 .....	10
附录 B (资料性) 孔组布设形态 .....	12
附录 C (资料性) 开工报告、开工报审表和开工令 .....	13
附录 D (资料性) 施工记录和验收记录表 .....	15
附录 E (资料性) 竣工报告提纲 .....	24
参考文献 .....	26

## 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。

本文件由中国煤炭工业协会提出。

本文件由煤炭行业煤矿安全标准化技术委员会归口。

本文件起草单位：中煤科工西安研究院(集团)有限公司、淮北矿业股份有限公司、冀中能源股份有限公司。

本文件主要起草人：董书宁、刘其声、郑士田、石志远、倪建明、南生辉、王玺瑞、郭小铭、邢茂林。

本文件为首次发布。

# 煤层底板石灰岩含水层超前区域治理技术规范

## 1 范围

本文件规定了煤层底板石灰岩含水层超前区域治理技术的总则、设计、施工、施工质量与效果检验、竣工资料与验收,并给出了证实方法。

本文件适用于井工煤矿煤层底板石灰岩含水层超前区域治理工程。煤层底板其他含水层或顶板含水层水害超前区域治理工程可参考使用。

## 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 175 通用硅酸盐水泥
- GB/T 1596 用于水泥和混凝土中的粉煤灰
- GB 8076 混凝土外加剂
- GB/T 14684—2022 建设用砂
- GB/T 14685—2022 建设用卵石、碎石
- GB/T 24505—2009 矿井井下高压含水层探水钻探技术规范
- GB/T 41713—2022 木屑及木屑棒
- GB/T 50123—2019 土工实验方法标准
- DZ/T 0054—2014 定向钻探技术规程
- DZ/T 0148—2014 水文水井地质钻探规程
- DZ/T 0285—2015 矿山帷幕注浆规范
- JGJ 63 混凝土用水标准
- SY/T 5619—2018 定向井下部钻具组合设计方法
- SY/T 5788.3—2014 油气井地质录井规范
- SY/T 5955—2018 定向井井身轨迹质量

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**超前区域治理 regional governance in advance**

在采掘活动前,利用顺层孔组对治理区内目的层进行超前钻探探查、注浆改造与加固的治理工程。

### 3.2

**定向孔组 directional hole group**

由一个定向的主孔和若干个定向分支孔组成。

### 3.3

**位垂比 the ratio of displacement to vertical depth**

孔口至孔底的水平位移与孔底垂深的比值。

3.4

**目的层 target layer**

超前区域治理工程选定的探查和治理层位。

3.5

**顺层控制点 layer control point**

控制钻孔轨迹沿目的层钻进的空间坐标点。

3.6

**轨迹偏移 track deviation**

顺层孔轨迹与设计轨道之间的偏差,用纵、横偏移综合表征。

3.7

**层位偏移 excursion of the target layer**

钻孔轨迹偏移出目的层。

3.8

**轨迹安全距离 the safe distance of the borehole track**

钻孔轨迹与矿井采掘空间之间的最小安全距离。

3.9

**顺层率 bedding rate**

注浆段钻孔轨迹中顺层段长度占总长度的百分比。

3.10

**连续劈裂注浆 continuous split grouting**

对目的层进行持续高压注浆。

3.11

**回次注浆段长 the segment length of grouting**

将注浆段划分为若干段依次注浆时,单个回次注浆的受注段长度。

3.12

**单位长度注浆量 the grouting quantity per meter**

单位长度受注段的注浆材料用量,单位为吨每米(t/m)。

3.13

**轨道设计 trajectory design**

设计的井眼轴线。

3.14

**实钻轨迹 drilling trajectory**

实钻的井眼轴线。

4 总则

4.1 煤层底板存在下列条件之一的,可开展煤层底板石灰岩含水层超前区域治理:

- a) 底板承压含水层突水系数大于 0.1 MPa/m 或受断层等构造影响破坏段突水系数大于 0.06 MPa/m 的;
- b) 存在垂向隐伏导水通道且难以查明的;
- c) 煤层底板隔水层厚度小于或者等于煤层底板破坏深度的;
- d) 煤层底板隔水层厚度大于煤层底板破坏深度,经评价有效隔水层厚度难以抵抗底板水压的。

4.2 超前区域治理方法分为地面和井下,首选地面超前区域治理方法。

- 4.3 超前治理的区域一般应选择采区、多个工作面或相对独立的地质块段,治理范围应根据水压、边界条件等因素综合确定,应大于待采范围。
- 4.4 目的层应选择厚度合理、层位稳定、可注性好的石灰岩含水层,且治理后应满足突水系数评价标准或消除了隐伏导水通道水害隐患。
- 4.5 超前治理区域的勘探程度应满足治理工程设计需求,否则应进行补充勘探。
- 4.6 超前区域治理一般应在采区或工作面掘进前实施。
- 4.7 首次开展超前区域治理的矿井,一般应先选取试验区进行试验工程,确定其可行性和相关工程技术参数。
- 4.8 工程实施过程中应不断优化设计,条件发生重大变化时应进行设计变更。

## 5 设计

### 5.1 一般规定

5.1.1 工程设计提纲参见附录 A。

5.1.2 工程设计内容应包括:

- a) 治理思路:治理范围和目的层,预期达到的治理目标;
- b) 钻探工程设计:钻探设备、钻孔布置、钻孔结构、钻探工程量和钻探技术要求等;
- c) 注浆工程设计:注浆设备、注浆方式和工艺、注浆材料、预计注浆量、注浆结束标准和注浆施工技术要求等;
- d) 治理效果检验:检验方法、技术指标和合格标准等;
- e) 工期、工程概算等。

5.1.3 工程实施过程中如遇采空区、导水断层、陷落柱等特殊异常区,应编制专项设计,提出专门技术措施。

5.1.4 工程设计应依据下列资料:

- a) 报告类:地质及水文地质勘查成果报告、地质报告或说明书、地质和水文地质类型划分报告、物探成果报告等;
- b) 图件类:井上下对照图、采掘工程平面图、综合水文地质图、综合水文地质柱状图、水文地质剖面图、充水性图、钻孔柱状图、含水层等水位(压)线图等等;
- c) 台账类:矿井涌水量观测成果台账、水文地质观测台账和成果、突水点台账、水质分析成果台账、矿井和周边煤矿采空区相关资料台账、物探成果台账等。

### 5.2 钻探工程设计

5.2.1 钻探工程设计应遵循以下原则:

- a) 地面钻场选择应优先满足轨道设计、工程量最小化原则,兼顾交通、安全、环保等要求;
- b) 钻孔应均匀布设,异常区应适当加密;
- c) 注浆段轨道宜与主构造走向斜交,目的层为薄层灰岩时一般采用倾向孔或走向孔;
- d) 钻孔布置方式有扇骨状、鱼骨状或梳状(见附录 B),根据地质条件选取;
- e) 钻孔轨道与矿井采掘空间及其影响带边界之间应不小于轨迹安全距离;
- f) 井下钻场应考虑矿井接续,以采区巷道为依托布设。

5.2.2 设计应根据地层特点和孔深要求选择设备及仪器,设备和仪器的性能指标应符合 DZ/T 0054—2014,第 5 章定向钻探设备和器具的要求。

5.2.3 一般采用一级分支孔布设,特殊区段可设计二级分支孔。

5.2.4 设计施工质量检查孔工程量不少于分支孔工程量的 10%,重点检查构造复杂区、注浆、物探及水

位异常区等。井下取心检查孔受注层岩心采取率要求岩石大于 70%，破碎带大于 50%，岩心应全部拍照、编录。

5.2.5 地面钻孔设计一般为三开结构，一开为松散层段或煤层段，二开一般至目的层段，三开为裸孔注浆治理段。地面钻孔终孔孔径一般不小于 152 mm。永久封闭止水段应包括松散覆盖层、煤层、非目的含水层、构造破碎带、采空区等。止水标准及检查方法应符合 DZ/T 0148—2014 中 13.7 止水与封闭的规定。

5.2.6 初次开展超前区域治理的矿区，孔间距按 40 m~60 m 设计，获取试验数据后，调整孔间距设计参数。

5.2.7 根据地质条件和钻机性能进行钻孔轨道设计，确定位垂比、水平位移和孔深。

5.2.8 钻孔轨道、钻进工艺设计及技术要求应符合 DZ/T 0054—2014 第 4 章定向钻探工程设计的要求。顺层孔顺层段至少每隔 100 m 设计一个顺层控制点，如遇特殊构造加密设计控制点。

5.2.9 钻孔偏斜设计应符合 SY/T 5955—2018 中 4.3 靶区半径和靶区偏移的要求。

5.2.10 有条件的矿井可采用地质导向钻井技术。

### 5.3 注浆工程设计

#### 5.3.1 注浆系统

注浆系统应满足以下要求：

- a) 注浆站选址应主要考虑地形地貌、注浆孔位置、注浆材料的运输；
- b) 注浆站应配备满足环保要求的防尘、除尘装置和废浆处理设施；
- c) 注浆系统应包括供水、供电、制浆、灌注和计量监测系统；
- d) 供水能力不小于单日最大注浆量的 1.5 倍，应配备一定容积的蓄水池；
- e) 供电能力满足单日最大注浆量负荷的要求；
- f) 制浆系统宜采用散装水泥自动上料、二次搅拌制浆；
- g) 注浆系统宜选用与设计压力相匹配的变量泵组，单管输浆能力至少满足单泵最大流量的要求，注浆管路应能承受 1.5 倍的最大注浆压力，注浆压力表的量程应不小于设计注浆终压的 1.5 倍；
- h) 注浆站宜配备具有自动计量、在线监测功能的计量监测系统。

#### 5.3.2 注浆材料和浆液

5.3.2.1 注浆材料应满足以下要求：

- a) 注浆用水水质应符合 JGJ 63 的规定。
- b) 水泥：可采用硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥或复合硅酸盐水泥等，水泥的强度等级不应低于 32.5 级，水泥性能和运输储存条件应符合 GB 175 的相关规定。
- c) 黏土：黏性土的塑性指数不应小于 10，黏粒（粒径小于 0.005 mm）含量不宜低于 15%，含砂量不宜大于 5%，有机物含量不宜大于 3%，黏土分析按 GB/T 50123—2019 的规定执行。
- d) 粉煤灰：应符合 GB/T 1596 的规定。
- e) 骨料：锯末应干净无污染、无霉变、无腐朽，应符合 GB/T 41713—2022 中 5.1 的规定；砂宜选用 II 类砂，符合 GB/T 14684—2022 中 6.2 和 6.3 的规定；石子宜选用 II 类卵石、碎石，符合 GB/T 14685—2022 中 6.2 的规定。
- f) 外加剂：早强剂、减水剂等，应符合 GB 8076 的规定。

5.3.2.2 超前区域治理注浆可使用水泥单液浆、黏土水泥混合浆或粉煤灰水泥混合浆等。

5.3.2.3 应对浆液的密度、凝结时间等参数提出设计要求。

### 5.3.3 注浆工艺和参数

注浆工艺和参数符合下列要求：

- a) 宜采用孔口封闭静压注浆,钻遇大型溶洞、陷落柱可采用孔口自流式注浆。
- b) 注浆终压一般为目的层静水压力的 1.5 倍~3 倍;终压稳定条件下,注浆流量不大于 60 L/min,稳定时间不小于 30 min 时,注浆结束;注浆流量达到结束标准,持续升压超过终压无法稳压时,可结束注浆。回次注浆压力结束标准不宜小于终孔压力的 80%。
- c) 注浆孔应采用前进分段式注浆,回次注浆未达注浆结束标准应扫孔复注。
- d) 地面顺层孔段回次注浆段长应根据地层漏失情况及可注性综合确定,一般不大于 200 m;钻遇冲洗液稳定消耗量大于或者等于 5 m<sup>3</sup>/h 时应启动注浆;终孔时应进行注浆。
- e) 井下顺层孔钻遇出水量大于或者等于 30 m<sup>3</sup>/h 时应启动注浆;终孔时应进行注浆。
- f) 浆液密度一般为 1.1 g/cm<sup>3</sup>~1.6 g/cm<sup>3</sup>。

### 5.3.4 注浆量预计

根据岩层空隙率、浆液充填系数、浆液结石率等参数估算浆液注入量。浆液注入量见公式(1)：

$$Q = \lambda \frac{Vn\beta}{m} \dots\dots\dots (1)$$

式中：

- Q —— 浆液注入量,单位为立方米(m<sup>3</sup>)；
- λ —— 超注系数,宜取 1.1~1.5,岩溶发育或动水条件取大值；
- V —— 设计治理目的层的体积,为设计治理目的层的上表面积乘以厚度(薄层灰岩取真厚度,厚层灰岩取浆液扩散直径),单位为立方米(m<sup>3</sup>)；
- n —— 岩层空隙率,用百分比表示(%)；
- β —— 浆液充填系数,取 0.8~0.9；
- m —— 浆液结石率,用百分比表示(%)。

## 6 施工

### 6.1 一般规定

- 6.1.1 项目启动前,设计单位应对施工单位进行安全技术交底,明确设计目的、治理方案、工程技术参数、施工技术 etc 要求。
- 6.1.2 施工现场管理应贯穿于施工准备、施工、竣工验收全过程,对施工质量、安全、进度、成本控制、文明施工、现场料具、技术资料、工程验收、计量支付进行全面过程管控。
- 6.1.3 施工单位应编制施工组织设计,进行图纸会审,报建设单位审批后方可实施。具备开工条件时,施工单位应提交开工报告,报建设单位审批并签证备案(见附录 C)。
- 6.1.4 施工单位应做好施工人员的技术交底和技能培训等工作,特种作业人员须持证上岗。
- 6.1.5 工程施工应严格按工程设计、施工组织设计、钻探注浆安全生产操作规程等组织施工。施工过程中报表应及时、详细、真实、完整填写,严禁事后补填。

### 6.2 钻探施工

- 6.2.1 设备进场前应由测量人员进行孔位测放,钻机安装完成后应复测孔位。
- 6.2.2 设备、仪器的安装、拆卸、搬迁与使用应符合 DZ/T 0148—2014 第 6 章要求;施工准备与开孔应符合 DZ/T 0148—2014 中 7 的要求。

- 6.2.3 轨迹测量应采用随钻测斜仪,测点间距不大于 10 m。无磁钻具长度和安放位置、测量仪器在无磁钻具中的安放位置,应符合 SY/T 5619—2018 中 4 的要求。
- 6.2.4 轨迹计算以随钻测斜仪测得的数据为准,测量方位需考虑治理区磁偏角和子午线收敛角。
- 6.2.5 可增加随钻测井手段,通过治理前后视电阻率、孔隙度、密度、地层压力等参数变化分析治理效果。
- 6.2.6 各级套管应隔离松散覆盖层、煤层和非目的含水层等,每级套管要进行永久止水固井。套管下入施工应符合 DZ/T 0148—2014 中 13.2 和 13.5 的要求。止水施工应符合 DZ/T 0148—2014 中 13.7 的要求。
- 6.2.7 钻进过程中应进行岩屑、钻时、冲洗液录井。岩屑录井应自预判基岩面以上 20 m 至终孔,钻时、冲洗液录井应全孔段录井。录井的流程、方法及要求应符合 SY/T 5788.3—2014 中 6.1、6.2 和 6.6 的要求。
- 6.2.8 钻进过程中应采用几何导向和地质导向相结合的方式进行钻孔轨道预测和轨迹控制,符合轨迹设计要求。
- 6.2.9 注浆段应采用清水或无固相冲洗液钻进。每个注浆段钻探完成后,应充分循环冲洗液或洗孔。
- 6.2.10 每次下钻前测量每根钻杆长度,起钻时应校核钻孔深度,终孔后应有孔深验收记录,孔深误差不应大于 0.1%。
- 6.2.11 钻进过程中应进行简易水文地质观测,主要观测含水层各段初见水位、稳定水位、冲洗液消耗量及漏水位置等,详细记录掉钻、孔壁坍塌掉块、卡钻、涌水(砂)、水色变化等异常现象。观测和记录应符合 DZ/T 0148—2014 中 18.1.4 和 18.2.2 的要求。
- 6.2.12 钻进过程中发生孔内事故时应及时处理,事故无法处理时应提出补救措施。
- 6.2.13 井下顺层钻孔施工中的钻场条件和配套设施、钻机安装固定、孔口装置及安装、钻探工艺等应符合 GB/T 24505—2009 的要求。
- 6.2.14 钻进过程中,应填写班报表、套管下放及固井记录表、轨迹测斜记录表、孔深验收表、简易水文地质观测记录、钻时、冲洗液、岩屑录井记录表等原始记录。

6.3 制浆

6.3.1 制浆系统应包括储料罐、螺旋输送机、制浆机、搅拌机、储浆罐等设备。制浆流程如图 1 所示。

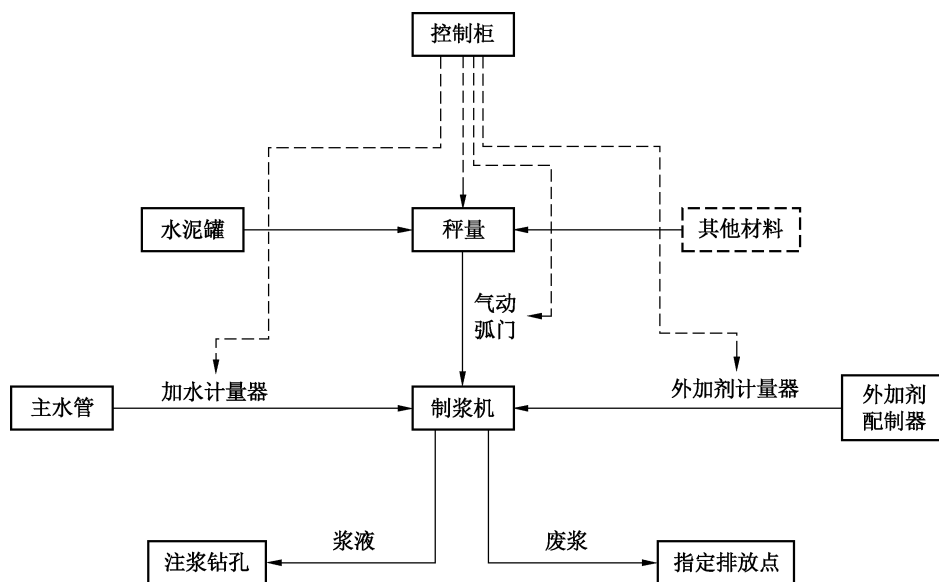


图 1 制浆流程图



- 6.3.2 水泥单液浆的拌制时间,使用普通搅拌机时,不少于 3 min;使用高速搅拌机时,不少于 30 s。浆液自制备至用完的时间应小于 4 h。搅拌水泥基混合浆液的拌制时间不宜小于 2 min。
- 6.3.3 应配有波美度计、密度计、量筒等常用仪器,每罐浆液均应测定密度。有条件的动态监测浆液密度、压力和流量等参数。
- 6.3.4 寒冷季节施工应做好机房和注浆管路的防冻措施,浆液温度不宜低于 5 ℃。
- 6.3.5 应定期保养搅拌和计量设备,及时清除制浆机、搅拌池和搅拌机中的残留物。

## 6.4 注浆

- 6.4.1 注浆前应进行注浆系统试运转,检查水电供应、制浆设备、注浆设备、监测设备、通信设备、孔口装置等是否正常。
- 6.4.2 回次注浆前应观测稳定水位,进行注前简易压水试验;不具备压水试验条件的,应进行简易注水试验。简易压(注)水试验应符合 DZ/T 0285—2015 附录 B 和附录 C 的要求。
- 6.4.3 简易压(注)水试验结束后,依据单位吸水率确定注浆参数。
- 6.4.4 各阶段注浆过程中应绘制  $(P-Q)-t$  曲线,根据压力和注浆量变化特征及时调整注浆参数。
- 6.4.5 注浆宜采用连续注浆法施工;无压或低压大量充填注浆等情况下可采用间歇注浆法施工,升压后宜采用连续劈裂注浆加固;井下巷道发生底鼓、变形或跑浆时应立即停止注浆。
- 6.4.6 注浆过程中,正在钻探施工的钻孔发生串浆时,应停止注浆,提出钻具,采用孔口压盖或多孔同注的方法处理。正在观测的钻孔发生串浆时,应采用孔口压盖的方法处理。
- 6.4.7 孔组最后一个分支孔注浆达到结束标准后,应进行注浆封孔。

## 7 施工质量与效果检验

### 7.1 一般规定

- 7.1.1 应从施工过程质量检查、地面效果检验和井下效果检验三个方面进行施工质量与效果检验。
- 7.1.2 过程质量应对照设计文件中的钻探、注浆、水文地质试验等单项工程技术指标进行检查。
- 7.1.3 采用物探手段探查治理区域改造层位是否存在异常区,有条件的矿井可进行治理前后物探对比分析,定性评价注浆治理效果;采用钻探手段探查治理层位,根据改造层厚度、单位吸水率、单位涌水量、残余水压等定量评价注浆治理效果。
- 7.1.4 改造前突水系数大于 0.1 MPa/m 的,应检查改造层位的厚度、单位吸水率、单位涌水量及残余水压;突水系数小于 0.1 MPa/m 的,应重点检查是否存在垂向导水通道,通过物探、钻探、水位、水质及涌水量等综合分析注浆治理效果。
- 7.1.5 治理期间探查成果与设计阶段认识差异较大的,应提交专门探查成果资料。
- 7.1.6 治理期间探查到隐伏导水构造的,应根据专项设计的要求施工和检验,对探查成果和专项治理效果进行评价。

### 7.2 施工质量检查

- 7.2.1 钻探施工质量检查项目:孔位复测坐标、固井、固井止水检查、孔深测量、简易水文地质观测、钻孔实钻轨迹偏移、顺层率、录井等项目。分项检查内容见附录 D。
- 7.2.2 注浆施工质量检查项目:注浆材料检验、浆液密度、回次和全孔注浆终压与终量等项目。

### 7.3 地面效果检验

- 7.3.1 施工过程效果可依据以下资料进行分析评价:
- a) 回(序)次(全孔、孔组)单位长度注浆量、单位吸水率、冲洗液消耗量、 $(P-Q)-t$  曲线等;

- b) 地面观测孔水位、井下观测孔水量及水压、井下涌水量变化；
- c) 回次注浆前钻孔稳定水位动态变化。

7.3.2 地面检查孔应从冲洗液消耗量、钻孔稳定水位、单位吸水率、岩屑录井、改造层厚度等方面进行检验。

7.3.3 可在治理前后进行物探探测，根据结果定性评价治理效果。

#### 7.4 井下效果检验

7.4.1 治理工程竣工验收后，采掘前应选用瞬变电磁、直流电法、音频电透视等物探方法，检验治理效果，对物探、注浆等异常区和构造复杂区应进行钻探验证。

7.4.2 检查孔应符合 GB/T 24505—2009 的技术要求进行施工。

7.4.3 检查孔取心检查受注层段岩溶裂隙充填情况及完整程度。

7.4.4 检查孔应从钻孔稳定涌水量、水压、水质、岩心、改造层厚度等方面进行检验。

### 8 竣工资料与验收

#### 8.1 竣工资料

8.1.1 完工后，应提交工程记录、探查与治理成果、检验试验资料、竣工图及竣工报告（见附录 E）等竣工资料。

8.1.2 工程记录应包括以下内容：

- a) 钻孔记录：孔位测放、开孔、孔深校正、孔深工程量、设计轨道与实钻轨迹、轨迹偏移或顺层率统计、钻孔结构图、下套管及固井止水检查、简易水文地质观测、洗孔及封孔等。
- b) 录井记录：钻时录井、冲洗液录井、岩屑录井、岩心编录等。
- c) 制浆记录：材料进场、浆液配比、浆液性能检测等。
- d) 注浆记录：注前/后水位观测、注前/后简易压（注）水试验、注浆压力、注浆流量、注浆量等。
- e) 观测记录：水位观测、涌水量观测等。
- f) 其他记录：施工进度、质量、安全、环保等管理、关键工序施工措施及阶段性验收总结等。

8.1.3 探查治理成果应包括以下内容：

- a) 设计/施工平面布置图和各钻孔设计/施工综合剖面图；
- b) 各受注段单位吸水率图表；
- c) 各受注段、单孔、孔组、治理工程单位长度注浆量图表；
- d) 各受注段、单孔、孔组、治理工程注浆量统计表；
- e) 不同注浆阶段注浆量统计表；
- f) 注浆综合统计表。

8.1.4 检验试验资料应包括以下内容：

- a) 检查孔平面布置图和综合剖面图；
- b) 检查孔简易压（注）水试验成果表；
- c) 检查孔岩心编录或岩屑录井表。

#### 8.2 工程验收

8.2.1 分支孔工程量：

- a) 在分支孔分部分项工程完成后，建设单位对工程量现场确认。
- b) 施工单位应提供资料包括：施工日志、孔位测量表、钻孔结构（包括侧钻点位置、终孔孔径等）、终孔钻具丈量表（进尺）、套管丈量表、实钻轨迹及轨迹偏移表、三项录井记录表、简易水文地质

观测记录、注浆记录(包括浆液和配比、压力、注浆量、注浆结束标准)、压(注)水试验记录、封孔记录、注浆过程说明、分支孔工程量现场确认单等。

#### 8.2.2 孔组工程量：

- a) 孔组内分支孔全部完成后,建设单位对工程量进行确认。
- b) 施工单位应提供资料包括:孔组工程设计、单孔轨道设计、实钻轨迹、施工日志、分支孔工程量现场确认单、孔组工程量确认单等。

#### 8.3.3 竣工验收：

- a) 建设单位收到工程竣工验收资料后,应在一个月内进行竣工验收。
- b) 竣工验收资料包括:
  - 1) 工程设计、变更设计、施工组织设计、施工图等技术资料;
  - 2) 工程竣工报告、竣工图、工程量确认表等竣工验收资料;
- c) 工程验收合格后,施工单位及时移交资料。

附 录 A  
(资料性)  
工程设计提纲

0 前言

A. 1 矿井概况

A. 1. 1 位置与交通

A. 1. 2 自然地理

A. 1. 2. 1 地形地貌

A. 1. 2. 2 气象水文

A. 2 地质及水文地质概况

A. 2. 1 区域地质概况

A. 2. 2 矿井地质概况

A. 2. 2. 1 地层概况

A. 2. 2. 2 煤层

A. 2. 2. 3 构造概况

A. 2. 3 水文地质概况

A. 2. 3. 1 区域水文地质

A. 2. 3. 2 矿井水文地质

A. 2. 3. 3 矿井充水因素

A. 2. 4 治理区水害(水患)特征

A. 3 综合治理思路

A. 3. 1 目标及任务

A. 3. 2 治理思路

A. 3. 2. 1 治理层位的确定

A. 3. 2. 2 技术路线

A. 3. 3 治理工程技术难点

A. 4 治理工程设计

A. 4. 1 设计依据

A. 4. 2 钻探工程设计

A. 4. 2. 1 钻孔布置原则

A. 4. 2. 2 钻探工程布置

A. 4. 2. 3 钻孔结构

A. 4. 2. 4 钻孔轨道设计

A. 4. 2. 5 钻探技术要求

A. 4. 3 注浆工程设计

A. 4. 3. 1 注浆站设计

- A. 4. 3. 2 注浆工艺
- A. 4. 3. 3 注浆材料及注浆量
- A. 4. 3. 4 注浆参数
- A. 4. 3. 5 注浆技术要求
- A. 4. 4 治理效果检验
- A. 5 工程量、工期及费用预算
  - A. 5. 1 工程量及工期安排
  - A. 5. 2 费用预算
- A. 6 预期效益(可选)
  - A. 6. 1 经济效益
  - A. 6. 2 社会效益
- A. 7 情况说明(可选)

附图

附表

附录 B  
(资料性)  
孔组布设形态

孔组布设形态如图 B.1 所示。

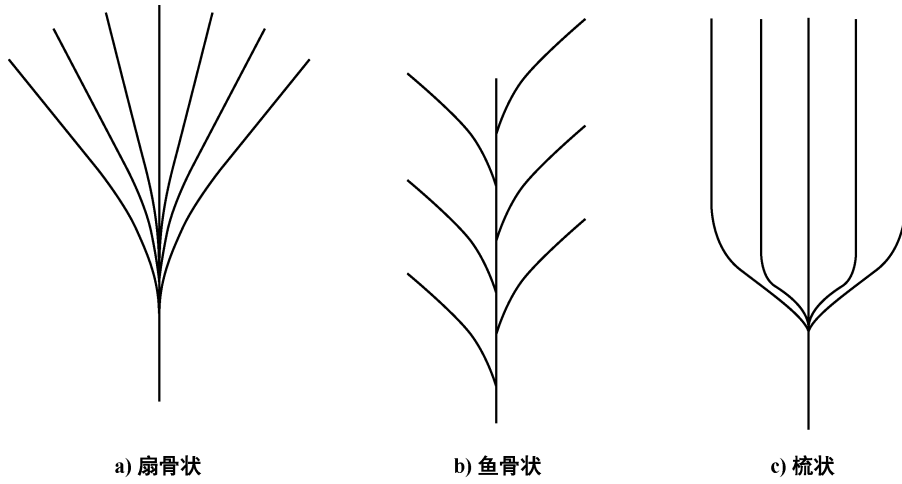


图 B.1 超前区域治理孔组布设形态

## 附 录 C

(资料性)

## 开工报告、开工报审表和开工令

开工报告、开工报审表和开工令,见表 C.1~表 C.3。

表 C.1 开工报告

申报单位: \_\_\_\_\_

编号:001

工程名称		工程地点	
建设单位		工程造价	
施工单位		承包方式	
监理单位		项目经理	
合同工期		项目技术负责人	
申请开工日期		计划竣工日期	
序号	单位工程开工的基本条件		
一	勘察设计资料、图纸会审		已完成
二	现场供水、供电		已完成
三	道路畅通		已完成
四	场地平整		已完成
五	施工组织设计(施工方案)的编制、审批		已完成
	(1)施工技术措施		已编制
	(2)施工图预算的编制		已编制
	(3)主要材料进场		已进场
	(4)成品、半成品加工,构件供应		已供应
	(5)主要施工机具设备进场		已进场
	(6)劳动力落实、进度计划编制		已编制
	(7)施工平面布置图		已完成
施工单位意见:		监理单位意见:	建设单位意见:
(盖章)		(盖章)	
年 月 日		年 月 日	
年 月 日		年 月 日	

注:本表一式三份,经建设单位签发后,建设、监理、施工单位各一份。

表 C.2 开工报审表

工程名称: \_\_\_\_\_

编号:002

致: \_\_\_\_\_ 公司

我方承担的 \_\_\_\_\_, 已完成了以下各项工作, 具备了开工条件, 特此申请施工, 请核查并签发开工指令。

附件: 开工报告

施工单位(授权章) \_\_\_\_\_

项目经理 \_\_\_\_\_

日 期 \_\_\_\_\_ 年 月 日

注: 本表一式三份, 经建设单位签发后, 建设、监理、施工单位各一份。

表 C.3 开工令

工程名称: \_\_\_\_\_

编号:003

致: \_\_\_\_\_ 公司

你方 \_\_\_\_\_ 年 \_\_\_\_\_ 月 \_\_\_\_\_ 日报送的 \_\_\_\_\_ 开工申请已经通过审核。你方可从即日起, 按施工设计安排开工。

本开工令确定此合同项目的实际开工日期为 \_\_\_\_\_ 年 \_\_\_\_\_ 月 \_\_\_\_\_ 日。

建设单位(章) \_\_\_\_\_

项目经理 \_\_\_\_\_

日 期 \_\_\_\_\_ 年 月 日

注: 本表一式三份, 经建设单位签发后, 建设、监理、施工单位各一份。



**附 录 D**  
(资料性)  
**施工记录和验收记录表**

施工和验收记录表,见表 D.1~表 D.15。

**表 D.1 孔位测放和复测表**

测量基点	X	Y	H

孔号	设计坐标			复测坐标		
	X	Y	H	X	Y	H

签 字 栏

测量单位：       年 月 日	施工单位：       年 月 日	监理单位：       年 月 日	建设单位：       年 月 日
--	--	--	--

**表 D.2 钻具丈量表(进尺)**

\_\_\_\_\_ 工程 \_\_\_\_\_ 孔 \_\_\_\_\_ 开完钻钻具丈量表(进尺)

序号	钻具类型	单根长 m	钻具总长 m	地面孔深 m	备注
备注	钻孔深度 = 钻具总长 - 机台高度 - 机上余尺; 二开进尺 = 钻孔深度 - 一开深度				
描述：					
签 字 栏					
施工单位：       年 月 日	监理单位：       年 月 日	建设单位：       年 月 日			

表 D.3 下套管及固井止水检查

\_\_\_\_\_工程 \_\_\_\_\_孔 \_\_\_\_\_开套管丈量及固井止水检查记录表

钢级： _____ 壁厚(mm)： _____ 外径(mm)： _____ 厂家： _____					
时间： _____年 _____月 _____日					
套管编号	套管长度 m	累计长度 m	套管编号	套管长度 m	累计长度 m
该孔累计下入 _____开套管 _____根,总长 _____m,下入套管长度 _____m。					
固井情况					
固井止水检验情况					
签 字 栏					
施工单位： _____		监理单位： _____		建设单位： _____	

表 D.4 钻孔设计轨道/实钻轨迹

\_\_\_\_\_工程 \_\_\_\_\_孔 \_\_\_\_\_孔设计轨道表/实钻轨迹表

孔深 m	孔斜 (°)	方位 (°)	垂深 m	南北位移 m	东西位移 m	投影位移 m	狗腿度 (°)/100m	备注
签 字 栏								
施工单位： _____			监理单位： _____			建设单位： _____		

表 D.5 钻时录井记录

工程		孔第 _____ 次钻进钻时记录表							
日期	单根号	孔深	钻达时间	开钻时间	停钻时间	钻时	迟到时间	捞砂时间	定向/复合
签 字 栏									
施工单位：			监理单位：			建设单位：			

表 D.6 冲洗液液消耗量录井记录

工程		孔第 _____ 次钻进冲洗液消耗量观测记录表							
起 时/分	止 时/分	间隔 时/分	孔深 m		原有量	增加量	现有量	增加(+)	备注
			起	至				减少(-)	
签 字 栏									
施工单位：			监理单位：			建设单位：			

表 D.7 岩屑录井记录

工程		孔第 _____ m 岩屑录井记录表(第 _____ 次)				
钻探时间： 年 月 日至 年 月 日						
顶孔深 m	底孔深 m	颜色	岩性	岩性	岩性	备注
签 字 栏						
施工单位：		监理单位：		建设单位：		



表 D.10 压水试验记录表

工程		孔压水试验记录表		_____年__月__日	
试验层位		试验段			
压水试验设备说明:(1) _____ L/min 注浆泵一台;(2)测绳;(3)压力表					
试验过程记录					
1. 压水试验开始时间: 年 月 日					
2. 压水试验结束时间: 年 月 日					
3. 流量: $Q =$ L/min					
4. 压力表中心标高: $H_1 =$ m					
5. 稳定水位标高: $H_2 =$ m					
6. 压力稳定时长: min					
7. 孔口稳定压力: $P_1 =$ MPa					
8. 水柱压力: $P_2 = (H_1 - H_2)/100 =$ MPa					
9. 试验段长: $L =$ m					
10. 透水率计算: $q = Q/(P \times L) =$ / ( $\times$ ) = Lu					
试验结论	该试验段验收透水率为 _____ Lu				
签 字 栏					
施工单位:		监理单位:		建设单位:	

表 D.11 注水试验记录表

工程		孔压水试验记录表		_____年__月__日	
试验层位		试验段			
注水试验设备说明:(1) _____ L/min 注浆泵一台;(2)测绳					
试验过程记录					
1. 注水试验开始时间: 年 月 日					
2. 注水试验结束时间: 年 月 日					
3. 流量: $Q =$ L/min					
4. 注水前稳定水位标高: $H_1 =$ m					
5. 注水时稳定水位标高: $H_2 =$ m					
6. 注水时水位抬升值: $H = H_2 - H_1 =$ m					
7. 试验段长: $L =$ m					
8. 透水率计算: $q = 100 \times Q/(H \times L) = 100 \times$ / ( $\times$ ) = Lu					
试验结论	该试验段验收透水率为 _____ Lu				
签 字 栏					
施工单位:		监理单位:		建设单位:	

表 D.12 注浆记录表

\_\_\_\_\_工程 \_\_\_\_\_孔注浆记录表  
 受注段：\_\_\_\_\_ 年\_\_月\_\_日

注浆时间 h		注浆量 t	累计注浆量 t	压力 MPa	密度 g/cm <sup>3</sup>	注浆流量 L/min
0:00	1:00					
1:00	2:00					
2:00	3:00					
3:00	4:00					
4:00	5:00					
5:00	6:00					
6:00	7:00					
7:00	8:00					
8:00	9:00					
9:00	10:00					
10:00	11:00					
11:00	12:00					
12:00	13:00					
13:00	14:00					
14:00	15:00					
15:00	16:00					
16:00	17:00					
17:00	18:00					
18:00	19:00					
19:00	20:00					
20:00	21:00					
21:00	22:00					
22:00	23:00					
23:00	24:00					
单日合计						
签 字 栏						
施工单位：		监理单位：		建设单位：		

表 D.13 单孔施工关键信息统计表

孔钻孔关键信息统计表

工程

设计坐标			实钻坐标			孔深 m	终孔层位	开孔时间	终孔时间	验收时间	封孔时间						
X	Y	H	X	Y	H												
钻孔结构																	
一开						二开											
一开孔径 mm	一开进尺 m	一开套管 mm	一开套管 长度 m	二开孔径 mm	二开进尺 m	二开套管 mm	二开套管 长度 m	三开孔径 mm	三开进尺 m								
钻孔轨迹偏移情况/顺层率评述:																	
钻井液消耗量及漏失情况综述:																	
压(注)水试验记录																	
序号	孔深 m	水位标高 m	水位埋深 m	层位	注前/注后	备注	序号	压(注) 水时间	压(注) 水层位	孔深 m	段长 m	流量 L/min	水位抬升 m	压力 MPa	透水性 Lu	备注	
1							1										
2							2										
注浆记录																	
序次	注浆 时间	注浆 层位	孔深 m	注浆段长 m	注浆量 t	孔口压力 MPa	流量 L/min	序次	注浆 时间	注浆 层位	孔深 m	注浆段长 m	注浆量 t	孔口压力 MPa	流量 L/min	备注	
1					水泥 粉煤灰			3					水泥 粉煤灰				
2								4									
总结:																	
施工单位:						监理单位/设计单位:						建设单位:					

表 D.14 孔组验收关键信息表

设计坐标		实钻坐标			钻机型号	进场时间	撤场时间	开孔时间	终孔时间	封孔时间		
X	Y	X	Y	H								
钻孔结构												
一开					二开			三开				
孔径 mm	进尺 m	套管型号	套管长度 m	套管质量 t	孔径 mm	进尺 m	套管型号	套管长度 m	套管质量 t	孔径 mm	进尺 m	
各分支孔信息												
钻孔编号	开孔时间	终孔时间	终孔孔深	治理层位	进尺 m			配合时间 d	压(注)水试验(次)		注浆量 t	终孔压力
					一开	二开	三开		注前	终孔		
合计												
工程量验收内容:孔深、进尺、套管、注浆量、注浆终压、透水率等 施工单位: _____ 监理单位/设计单位: _____ 建设单位: _____												

工程

孔组验收表



表 D.15 工程验收单

工程验收单

开工日期		竣工日期		验收日期	
施工工期		工程量			
工程量完成情况			工程验收意见		
盖章签字栏	施工单位：	监理单位：		建设单位：	

附 录 E  
(资料性)  
竣工报告提纲

0 前言

E. 1 矿井概况

E. 1. 1 位置与交通

E. 1. 2 自然地理

E. 1. 2. 1 地形地貌

E. 1. 2. 2 气象水文

E. 2 地质及水文地质概况

E. 2. 1 区域地质概况

E. 2. 2 矿井地质概况

E. 2. 2. 1 地层概况

E. 2. 2. 2 煤层

E. 2. 2. 3 构造概况

E. 2. 3 水文地质概况

E. 2. 3. 1 区域水文地质

E. 2. 3. 2 矿井水文地质

E. 2. 3. 3 矿井充水因素

E. 2. 4 治理区域的水害特征(与设计对应)

E. 3 治理工程方案设计

E. 3. 1 目标及任务(概述)

E. 3. 2 工程设计(概述)

E. 3. 3 设计变更(概述)

E. 4 工程施工

E. 4. 1 钻探工程

E. 4. 2 注浆工程

E. 4. 3 水文地质试验(可选)

E. 4. 4 检验工程(可选)

E. 5 探查及治理效果

E. 5. 1 探查成果(可选)

E. 5. 2 治理工程效果

E. 5. 2. 1 钻探工程质量评述

E. 5. 2. 2 注浆工程质量评述

E. 5. 3 效果验证(可选)

E. 6 工程费用及效益分析

E. 6. 1 工程量及费用

E. 6. 2 经济及社会效益(可选)

E. 7 结论及建议

附图

附表

参 考 文 献

- [1] GB/T 5005—2010 冲洗液材料规范
  - [2] GB/T 15663.1—2008 煤矿科技术语 第1部分:煤炭地质与勘查
  - [3] MT/T 1057—2008 立井井筒地面预注浆效果压水试验检验方法
  - [4] MT/T 1058—2008 立井井筒地面预注黏土水泥浆技术规范
  - [5] MT/T 1091—2008 煤矿床水文地质、工程地质及环境地质勘查评价标准
  - [6] MT/T 1150—2011 立井井筒地面预注浆工程注浆钻孔施工技术规范
  - [7] MT/T 1163—2011 煤矿床水文地质勘查工程质量标准
-

中华人民共和国矿山安全行业标准

KA/T 3—2023  
代替 MT/T 674—1997

井工煤矿生产时期排水技术规范

Technical specification for drain of underground coal mine water  
during the period of production

2023-10-26 发布

2024-01-31 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 基本规定 .....	1
5 排水泵房 .....	1
5.1 主排水泵房 .....	1
5.2 采区排水泵房 .....	4
5.3 潜水泵房 .....	4
6 水仓、水沟和沉淀池 .....	5
7 排水管路 .....	5
8 排水设备 .....	6
9 供配电、控制、照明和通信 .....	7
10 地面排放与环保 .....	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。

本文件代替 MT/T 674—1997《矿井生产时期排水技术规范》，与 MT/T 674—1997 相比，除结构调整和编辑性改动外，主要技术变化如下：

- a) 增加了“术语和定义”一章(见第 3 章)；
- b) 增加了基本规定内容条款(见第 4 章)；
- c) 对主要泵房应设置在由矿井防水闸门群构筑的保护范围内的规定进行了更改(见 5.1.4,1997 年版的 3.1.4)；
- d) 对两吸水管滤网中心距离的规定进行了更改(见 5.1.6,1997 年版的 3.1.6)；
- e) 对水泵轴中心线到水仓底板的高度的计算公式的规定进行了更改(见 5.1.7,1997 年版的 3.1.7)；
- f) 对配水闸阀公称直径的公式的规定进行了更改(见 5.1.8,1997 年版的 3.1.8)；
- g) 增加了主排水泵房尺寸、断面、支护型式与管线布置的有关规定(见 5.1.15)；
- h) 对采区泵房的规定进行了更改(见 5.2,1997 年版的 3.2)；
- i) 对潜水电泵吸水口间距的规定进行了更改(见 5.3.2,1997 年版的 3.3.2)；
- j) 对潜水电泵泵井的布置的规定进行了更改(见 5.3.8,1997 年版的 3.3.8)；
- k) 增加了抗灾排水泵房布置的有关规定(见 5.3.13)；
- l) 对水仓容量的规定进行了更改(见 6.1,1997 年版的 4.1)；
- m) 增加了抗灾排水系统水仓有关规定(见 6.11)；
- n) 对管路水压试验的规定进行了更改(见 7.2,1997 年版的 5.2)；
- o) 对斜井管路的安设的规定进行了更改(见 7.4,1997 年版的 5.4)；
- p) 增加了潜水泵排水系统及抗灾排水系统管路的有关规定(见 7.14 和 7.15)；
- q) 更改了检修水泵能力的规定(见 8.1,1997 年版的 6.1)；
- r) 对排水设备的经济指标的规定进行了更改(见 8.5,1997 年版的 6.5)；
- s) 增加了抗灾排水设备供配电的有关规定(见 9.7)；
- t) 增加了排水系统照明和通信的有关规定(见 9.12 和 9.13)；
- u) 增加了下山开采的采区泵房控制系统的有关规定(见 9.16)；
- v) 增加了参考文献(见参考文献)。

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。

本文件由中国煤炭工业协会提出。

本文件由煤炭行业煤矿安全标准化技术委员会归口。

本文件起草单位：淮北矿业股份有限公司、中煤科工西安研究院(集团)有限公司。

本文件主要起草人：王建文、李功宇、陈令峰、刘英峰、代振华、邵卫、王程、殷仕诚、李宗溪。

本文件及其所代替文件的历次版本发布情况为：

——1997 年首次发布为 MT/T 674—1997；

——本次为第一次修订。



# 井工煤矿生产时期排水技术规范

## 1 范围

本文件规定了生产矿井排水系统的基本规定、排水泵房、水仓、水沟、沉淀池、排水管路、排水设备、供配电、控制、照明、通信、地面排放与环保等技术要求。

本文件适用于井工煤矿生产时期的排水工作。

## 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 50017 钢结构设计标准
- GB 50416 煤矿井下车场及硐室设计规范
- GB 50417 煤矿井下供配电设计规范
- GB/T 50451 煤矿井下排水泵站及排水管路设计规范
- GB 51070 煤炭矿井防治水设计规范
- MT/T 1097 煤矿机电设备检修技术规范
- MT/T 5010 煤矿安装工程质量检验评定标准

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**吸水井 suction well**

位于泵房一侧，与水仓或配水巷相通，供水泵吸水的小井。

### 3.2

**管子道 pipe way**

用于安装排水管路的通道。

## 4 基本规定

4.1 矿井应配备与矿井涌水量相匹配的水泵、排水管路、配电设备和水仓等，并满足矿井排水的需要。

4.2 采掘工作面，应建立排水系统，并与开采同时设计、同时施工、同时投入生产和使用。采掘工作面的排水能力不低于预计的最大涌水量。

## 5 排水泵房

### 5.1 主排水泵房

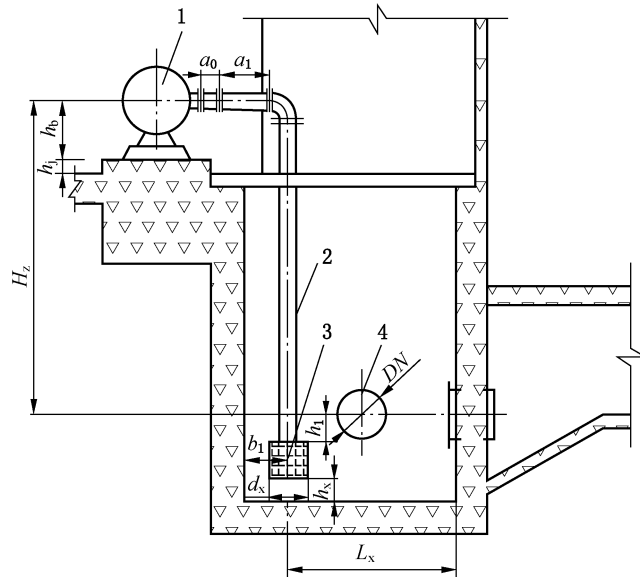
5.1.1 主排水泵房至少有两个出口，一个出口用斜巷连接到井筒，并高出泵房底板 7 m 以上；另一个出

口通到井底车场或大巷,在此出口通路内,应设置易于关闭的既能防水又能防火的密闭门;泵房和水仓的连接通道,应设置控制闸门。

5.1.2 主要泵房的地面应高于与之相连通的井底车场底板 0.5 m。泵房应无淋水;底板、电缆沟、通路应无积水。

5.1.3 主排水泵房应设置在围岩稳定的地段,应避开采动影响范围与破碎带;硐室与井筒或巷道的距离应满足安全岩柱要求。

5.1.4 矿井井底车场设置防水闸门时,主排水泵房应设置在由矿井防水闸门群构筑的保护范围内。当防水闸门关闭时,泵房应留有能形成独立通风的巷道。



标引序号说明:

- 1 —— 水泵;
- 2 —— 吸水管;
- 3 —— 吸水管滤网;
- 4 —— 配水闸阀。

注:此图相关参数说明:

- $a_0$  —— 短管长度(mm),大于或等于 0;
- $a_1$  —— 偏心异径管长度(mm),不宜小于大小管径差的 5 倍;
- $(a_0 + a_1)$  —— 水泵入口前直管段总长度(mm),不宜小于 3 倍的水泵吸水口直径;
- $b_1$  —— 吸水管滤网中心线距最近井壁的间距(mm),距水泵侧井壁可取  $(0.8 \sim 1.0)DN$ ,距侧壁可取  $1.5DN$ ,且不小于  $DN + 100$  mm;
- $DN$  —— 吸水管滤网直径(mm);
- $h_1$  —— 配(吸)水井最低水位到吸水管滤网上缘的距离(mm),不应小于  $(1.0 \sim 1.25)DN$ ,且不应小于 500 mm;
- $h_x$  —— 吸水管滤网下缘距配(吸)水井底距离(mm),不应小于  $(0.6 \sim 0.8)DN$ ,且不应小于 700 mm;
- $L_x$  —— 吸水管滤网中心线至配(吸)水井入口距离(mm),不应小于  $4DN$

图 1 水泵、吸水管、配水井(吸水井)及水仓之间相互关系

5.1.5 泵房位置应在管线最短、便于撤人、运物、通风良好的地方,一般宜设置在副井井底出车侧。泵房与井下中央变电所宜组成联合硐室。

5.1.6 每台泵应有单独的吸水井,单台水泵流量小于 100 m<sup>3</sup>/h 时,可以两台共用一个吸水井,但两吸水井滤网中心线距离不宜小于 3.5 倍的吸水管滤网直径。吸水井应装设活动盖板。

5.1.7 水泵、吸水管、吸水井(配水井)及水仓相互之间主要相关尺寸的确定,应满足图 1 和图 2 中有关尺寸的规定。

吸入式离心泵的安装高度应符合下列条件,见公式(1)和公式(2):

$$H_z \leq H_{smax} \dots\dots\dots (1)$$

$$H_{smax} = \frac{p'_a - p'_v}{\gamma} - [\Delta h] - \Delta h_s \dots\dots\dots (2)$$

式中:

$H_z$  ——水泵轴中心线至水仓底板的安装高度,单位为米(m);

$H_{smax}$  ——水泵允许的最大吸水高度,单位为米(m);

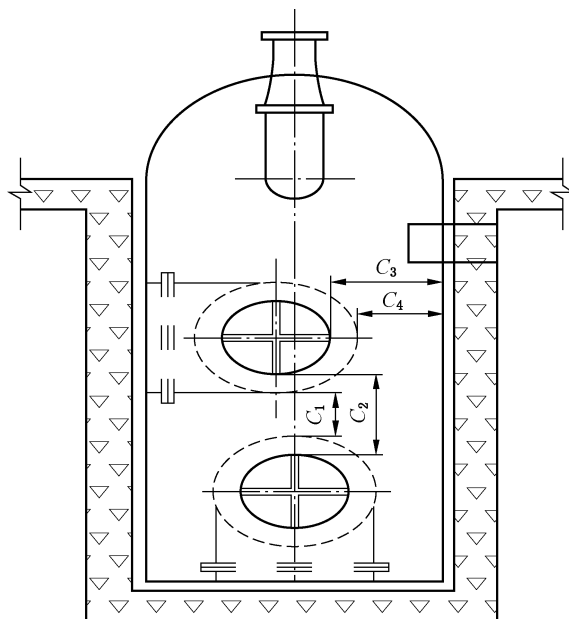
$p'_a$  ——水泵安装地点的大气压力,单位为帕(Pa);

$p'_v$  ——水泵安装地点实际水温的饱和蒸汽压力,单位为帕(Pa);

$\gamma$  ——矿井水重度,单位为牛每立方米(N/m<sup>3</sup>);

$[\Delta h]$  ——水泵样本必需的汽蚀余量,单位为(m);

$\Delta h_s$  ——吸水管阻力损失,单位为米(m)。



标引序号说明:

$C_1$  ——配水闸阀法兰之间最小净距(mm),不应小于 150 mm;

$C_2$  ——配水闸阀操作手轮之间净距(mm),不应小于 500 mm;

$C_3$  ——配水闸阀操作手轮距配水井井壁间距(mm),不应小于 700 mm,当双配水井集中布置共享一个壁龛时,可不受限制;

$C_4$  ——配水闸阀法兰距配水井井壁间距(mm),不应小于 200 mm。

图 2 配水闸阀与吸水井(配水井)之间相互关系

5.1.8 泵房与操作配水闸阀的巷道应通路畅通,以备密闭门关闭后控制配水闸阀。配水闸阀直径应符合公式(3)的要求:

$$DN \geq 27 \sqrt{Q_p} \dots\dots\dots (3)$$

式中:

$DN$ ——配水闸阀公称直径,单位为米(mm);

$Q_p$  ——通过配水闸阀的最大流量,单位立方米每小时( $m^3/h$ );

连接水仓的控制闸阀公称直径应符合公式(4)的要求:

$$DN_1 \geq 19 \sqrt{Q} \dots\dots\dots (4)$$

式中:

$DN_1$ ——水仓控制阀门公称直径,单位为毫米(mm);

$Q$  ——通过水仓控制阀门的最大流量,单位立方米每小时( $m^3/h$ )。

5.1.9 有淤堵风险的主要泵房应配备有水力射流泵或气升泵、排污潜水泵等作为清理吸水井淤泥的工具。

5.1.10 泵房高度应满足检修时起吊的要求,应在吸水井壁龛和排水设备的顶部,设起重梁。

5.1.11 主排水泵房排水设备之间应设有充分的检修空间,泵房轮廓尺寸要满足设备最大外形尺寸、通道宽度和安装检修的要求。水泵机组的基础应高于泵房地面 50 mm 以上,基础边缘到吸水井一侧硐室壁的距离应不少于 700 mm。泵房地面向吸水井方向应呈负坡度。

5.1.12 当所有排水设备同时使用时,泵房温度应不高于 34 ℃,否则应采取降温措施。

5.1.13 泵房应采用阻燃材料支护。

5.1.14 按设计要求预留有备用泵及相应设施的位置。

5.1.15 主排水泵房尺寸、断面、支护型式与管线布置应符合 GB/T 50451 和 GB 50416 的有关规定。

## 5.2 采区排水泵房

5.2.1 采区排水泵房应设在辅助运输下山(大巷)或带式输送机下山(大巷)人行道一侧;采区排水水泵房应有两个出口,其中一个出口宜与辅助运输下山(大巷)连接;采区排水泵房、管子道与采区下山(大巷)连接处应设栅栏门。

5.2.2 采区排水泵房地面应高于沉淀池或水仓最高水位 0.5 m 以上,并应设 3‰的泄水坡度。

5.2.3 采区排水泵房尺寸、断面、支护型式、管线布置、运输型式、温度等方面要求应按照采区设计要求执行。

## 5.3 潜水泵房

5.3.1 泵井井深应满足泵长、淹没泵顶深度、泵底容渣距离和布置清淤设备空间的要求;井径应满足吸水罩最大外廓尺寸、过水面积、安装间隙的要求。

5.3.2 当 2 台或多台潜水泵布置于同一个吸水井内时,潜水泵吸水口宜交错布置,吸水口净间距不应小于吸水口直径的 1.5 倍或设备说明书规定距离的要求,脱罩布置时,来水流向、流速应满足电机散热、不积垢的要求。

5.3.3 采用暗井布置方式时,井窝以上反井部分高度应满足承重梁、检修操作盘、提吊机具所需高度。

5.3.4 采用钻孔管道井直通地面排水布置方式时,承重梁、操作盘、提吊机具应设置在地面。井架允许荷重应满足提吊一组泵组(泵、管)的重量。井架高度应满足潜水泵和水管装拆以及吊具所需高度。

5.3.5 承重梁的强度、刚度和总体及局部稳定性计算应符合 GB 50017 的有关规定,能承受停电时所有水泵同时发生水锤作用引起的动、静载荷。

5.3.6 承重梁应用地脚螺栓固定在混凝土基础上。在地面建筑时,基础底面积应满足上述载荷条件下承力土层的允许地耐力的要求。

5.3.7 泵井应设置在基岩中,离煤层的隔离岩柱厚度应能承受煤与瓦斯突出压力和地应力的要求。应揭露煤层时,应采取防突和隔离措施。通过含水岩层时,应采取处理措施防止突水(疏干井除外)。

5.3.8 不应利用提升井筒、水仓作为潜水泵井。

5.3.9 斜式潜水泵井,应设有轨道、滑架提吊装置。滑架高度应满足吸入水影响范围要求,并有防脱轨

装置。

5.3.10 卧式潜水泵井应设有支承泵体的底架,底架高度应满足吸入水影响范围和容淤容积的要求,卧式潜水泵井顶部应设置提运设施。

5.3.11 无论潜水泵作立式、卧式、斜式布置,其泵井底部均应留有足够的容淤容积和配备清淤机具,如潜水搅拌机或射流(水枪)器械,保证任何时候淤积物顶部距泵底不少于 0.5 m。

5.3.12 矿井水应经沉淀池、水仓进入潜水泵井,与潜水泵井相接的流水通道的标高,应低于水仓水面以下,防止悬浮物进入。

5.3.13 抗灾排水泵房布置应符合 GB/T 50451 和 GB 51070 的有关规定。

## 6 水仓、水沟和沉淀池

6.1 新建、改扩建矿井或者生产矿井的新水平,正常涌水量在 1000 m<sup>3</sup>/h 以下时,主要水仓的有效容量应能容纳所承担排水区域 8 h 的正常涌水量;正常涌水量大于 1000 m<sup>3</sup>/h 的矿井,主要水仓有效容量应符合《煤矿安全规程》规定;采区水仓有效容量应容纳 4 h 采区正常涌水量。矿井最大涌水量与正常涌水量相差大的矿井,排水能力和水仓容量应编制专门设计。

6.2 水仓的底板标高应满足水泵允许吸上真空高度的要求。

6.3 水仓流水断面和坡度应满足在正常涌水量条件下的沉淀需要,否则,应另设沉淀系统。为便于淤泥沉淀和清理,水仓向配水仓方向设反坡,坡度为 1‰~2‰。并应在水仓最低点设积水窝。

6.4 主要水仓应有两个或两个以上独立的水仓,当一个水仓清理时,其他水仓能正常使用,水仓之间应互不渗漏。

6.5 水仓位置应设置在稳定基岩中,应位于矿井防水闸门群所形成的保护范围内。水仓入口一般应位于井底车场内标高最低处。

6.6 水仓应设有水位监测设施。对潜水泵水仓的最低水位应有监控功能。水仓的空仓容量应经常保持在总容量的 50% 以上。主要水仓最高存水面应低于主要水仓入口水沟底面和主排水泵房电缆沟底面,主要水仓高度不宜小于 2 m。

6.7 大巷水沟、分区沉淀池和水仓等应能共同承担采煤工作面出水点所带出的煤泥沉积要求。沉淀池的流动速度应限制在 100 mm/s 以内。

6.8 大巷水沟的坡度、断面(或称过水量)应满足最大涌水量需要。采用平硐自流排水的矿井,平硐内水沟的总过水能力应不小于历年矿井最大涌水量的 1.2 倍;专门泄水巷的顶板标高应低于主运输巷道底板的标高。

6.9 水仓清理方式根据主要水仓清理量的大小确定,配有清仓系统或清仓工具。水仓、沉淀池和水沟中的淤泥,应及时清理,每年雨季前应至少清理 1 次。

6.10 水仓入口处应设置篦子。涌水中带有大量杂质的矿井,以及采用潜水泵排水的矿井,井下应设置专门的沉淀及清理系统。

6.11 抗灾排水系统水仓宜设置独立水仓,水仓的有效容积不应小于 1 h 的矿井最大涌水量。

## 7 排水管路

7.1 排水管路应有工作和备用水管。工作排水管路的能力,应能配合工作水泵在 20 h 内排出矿井 24 h 的正常涌水量。工作和备用排水管路的总能力,应能配合工作和备用水泵在 20 h 内排出矿井 24 h 的最大涌水量。

7.2 排水管路应能承受内水静压、水锤动压、钢管自重和温度应力等叠加产生的载荷。井筒排水管路安装完毕后,应进行水压试验;试验压力应取工作压力的 1.1 倍。

7.3 在立井井筒中,当井筒中有梯子间或罐道梁时,排水管路宜靠近梯子间梁或罐道梁,宜与提升容器长边平行布置,并用导向卡定位,最大允许卡距应满足轴心受压构件不失稳条件。

7.4 在斜管子道和斜井井筒中,当排水管路沿底板敷设时可采用混凝土墩支撑,沿井壁敷设时可采用梁支撑或吊挂,间距可取 4 m~10 m,每隔 50 m 固定,并应留有足够的安装和检修位置;沿人行道侧巷道壁敷设时,若需架高敷设,其最低点至人行道踏步的高度不应小于 1.8 m。管道防滑支墩或支撑梁应有专项设计,防止管路下滑。

7.5 当排水管路垂高较大时,应分段选择管壁厚度。选择管壁厚度时,结合管路服务年限,宜适量增加管壁厚度。管路下端应设金属弯管支座。管路应分段设直管支座,第一道直管支座宜布置在距井口 100 m 左右处。管座应固定在专设钢梁上,底部和中间支座梁的强度、刚度、总体和局部稳定性及梁基础强度计算均应符合 GB 50017 的有关规定,能承受所有管道同时发生水锤时的动、静载荷。

7.6 在下端与支撑梁刚性连接的排水管路段,当上端设有支撑梁时,要根据当地气候条件设置管路伸缩补偿装置。

7.7 水泵出水管上应装逆止阀和操作闸阀。泵排出管与泵房环形管路之间应装控制阀。排水泵房的干管上应装设放水管和放水阀,放水管应伸入吸水井或配水井内;排水泵房与井筒间的主排水管路上应设置闸阀。

7.8 潜水泵出口管路上应设置逆止阀和放空管。大比转数泵(如大型潜水泵)须开启闸门起动者,逆止阀座上要留有泄流孔,水泵不应并联布置。

7.9 水泵吸水管内不应有残存气体的空间;吸入式离心泵吸水管的任何部分均不应高于水泵的吸入口,吸水管直径不应小于水泵吸入口直径;吸水管下口应装设滤网,滤网的总过流面积应不小于吸水管口面积的 2 倍。

7.10 管路、管件、连接螺栓及支撑梁应进行防锈、防腐处理。

7.11 排水管路通道和钻孔管路应设置在稳定地层,不受采动影响。钻孔管路的落地位置不应在泵房、硐室、巷道顶部布置,孔间距宜大于 10 m,落地端应设弯管支座支承,管座上上部空帮高度应不大于 5 m。

7.12 钻孔管路的钻孔直径宜比管径大 50 mm~60 mm。钻孔施工时应防止塌孔,管壁间应用水泥浆等固井,应无漏水、淋水。

7.13 钻孔管路接头的强度不应低于管路材料强度。

7.14 抗灾排水管路宜独立设置,排水能力应与抗灾潜水电泵的排水能力相匹配。水文地质类型复杂、极复杂或有突水危险的矿井,当采用多水平或多采区开采时,抗灾排水系统宜采用直排方式。不具备形成独立潜水泵排水系统条件,与正常排水系统共用排水管路的老矿井,应安装控制阀门,实现管路间的切换。

7.15 抗灾排水系统宜采用 2 泵 1 管工作方式;当单台泵流量大于 725 m<sup>3</sup>/h 时,宜采用 1 泵 1 管工作方式。抗灾排水系统为单泵单管时,潜水电泵出水管上可不装设闸阀;抗灾潜水电泵出水管上装设的操作闸阀应处于常开状态;当抗灾排水系统的配水巷装有控制阀门时,控制阀门应处于常开状态。

## 8 排水设备

8.1 主排水泵的工作水泵能力,应能在 20 h 内排出矿井 24 h 的正常涌水量(包括充填水及其他用水);备用水泵的能力不应小于工作水泵能力的 70%;检修水泵的能力不应小于工作水泵能力的 25%;工作和备用水泵的总能力,应能在 20 h 内排出矿井 24 h 的最大涌水量。

8.2 水文地质类型复杂、极复杂的矿井,可以在主泵房内预留一定数量的水泵安装位置,或者增加相应的排水能力。

8.3 排水设备的检修应符合 MT/T 1097 的有关规定。

8.4 排水设备的安装应符合 GB 50451 和 MT/T 5010 的有关规定。

### 8.5 排水设备的经济指标：

- a) 水泵的运行工况点的效率宜不低于额定效率的 0.85 倍；
- b) 排水系统的吨水百米电耗宜低于 0.5 kW·h。

8.6 设备选型应符合矿井水质要求，当矿井水为酸性水时，应按防酸要求选型。当选用污水泵效率不能满足要求时，可将矿井水清、污分流、分排或净化；排水中含有固体颗粒时，为防止颗粒沉降，排水管路流速不应低于最小临界速度。

8.7 引水装置应可靠，并能在 5 min 内启动水泵。吸入式离心水泵应采用无底阀射流引水方式；当水泵台数多，经技术经济比较确认合理时，可采用真空泵引水，台数应不少于 2 台，且应互为备用；射流泵宜以压缩空气或供水管中的压力水作为动力，以排水管中的压力水作为备用动力，两种动力之间应装设隔离阀门。

8.8 水泵选型应满足排水系统稳定性要求，符合公式(5)的要求。

$$H_0 > \frac{10}{9} H_g \quad \dots\dots\dots (5)$$

式中：

$H_0$ ——水泵关闭闸阀的扬程，单位为米(m)；

$H_g$ ——排水测量高度(排水高度和吸水高度之和)，单位为米(m)。

8.9 井底水窝排水应设置 2 套同能力水泵和管路，其中 1 台工作 1 台备用，应实现自动控制。巷道低洼处有可能积水的区域应设置相应的排水设施。

## 9 供配电、控制、照明和通信

9.1 主排水泵房电源供电线路采用双回路，且应引自上级变电所的不同母线段。当任一回路停止供电时，其余回路应能担负最大涌水量时的全部负荷，设备的控制回路和辅助设备，应设置与主要设备同等可靠的供电电源。

9.2 排水泵用电力电缆和控制电缆的选择应符合 GB 50417 规定，潜水电泵的电缆还应符合防水、耐压要求。

9.3 主排水泵站的电气设备选型应与所选择的水泵台数相适应，并应能使工作和备用水泵同时运行。

9.4 主排水泵房的配电装置宜与井下水平中央变电所联合布置，并符合 GB 50417 的规定。

9.5 主排水泵高压电动机的控制设备应具有短路、过负荷、接地和欠压释放保护，其中欠压释放保护应具有延时功能。低压电动机的控制设备应具有短路、过负荷、单相断线、漏电闭锁保护及远程控制功能。

9.6 井下中央变电所的电源开关与联络开关的过流保护按最大负荷运行方式整定。

9.7 抗灾排水系统供电电源的配置应符合矿井一级负荷的要求。

9.8 露天设置的潜水泵电控设备，应采用密封结构，并设有自动加热器，保持柜内温度高于环境温度 5℃。柜顶应设有供远距离观察电控状态的显示装置。

9.9 主排水泵系统宜按照自动化控制设计，具备就地、远程和自动控制功能，且控制系统应监测水泵流量、压力、真空度、闸阀开度、电流、电压、水仓水位、电动机及主要轴承温度和振动等参数。大型潜水电泵还应装设内腔贫水、电动机绝缘等监测装置，并应就地或远程集中显示，同时应实现故障报警。

9.10 水文地质类型复杂、极复杂的矿井，应实现井下泵房无人值守和地面远程监控。

9.11 排水电气设备应满足井下潮湿环境的耐潮要求。水泵电机应设置防凝露设施；电机加热器应采用密封型电热器，隔爆型空间的加热器，可采用非密闭型电热器。

9.12 主排水泵站的照明灯宜采用矿用节能灯具。

9.13 水平排水泵房、采区排水泵房和抗灾潜水泵房等井下主要水泵房，应设直通矿调度室的有线调度电话和应急广播装置。

- 9.14 在主要泵房、井下中央变电所、井底车场布置的电气设备的标高,应不低于水泵电机绕组下部(可用于水下的电缆除外)。低于水泵电机绕组下部的电气设备,应另设馈电开关供电。
- 9.15 电缆钻孔应无淋水;电缆应采用镀锌钢丝绳悬吊在钢架上;井上、下孔口的电缆均应留有事故处理所需余量;出孔上杆电缆应设钢管保护;孔口应高出当地最高洪水位并加有盖板。
- 9.16 下山开采的采区排水泵房及与泵房联合布置的配电所,宜实现供电、排水泵在上一水平或地面远程控制、无人值守。

## 10 地面排放与环保

- 10.1 矿井水应排至矿井水力影响半径以外,不应回渗倒灌井下。
- 10.2 矿井排放水应符合环境保护要求,实现达标排放。
- 10.3 矿井水应综合利用于工农业生产,做到分级处理、按质利用、减少外排。
- 10.4 矿井水地面排水沟应结合矿井疏水、防水和排水系统统一布置,并避开煤层露头、塌陷、裂隙、透水层、钻孔和建筑群等。
- 10.5 排水沟应设置流量测量装置。
- 10.6 排水沟应按矿井最大排水量和允许的不冲、不淤流速设计。
-



## 中华人民共和国矿山安全行业标准

KA/T 4—2023

### 煤层底板采动破裂深度压水 试验测试方法

The method for water pump-in test of coal floor fracture depth

2023-10-26 发布

2024-01-31 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 测试设计 .....	1
5 测试关键参数确定 .....	1
6 试验设备及器具 .....	2
7 现场测试 .....	2
8 资料整理分析与结果判别 .....	3

## 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。

本文件由中国煤炭工业协会提出。

本文件由煤炭行业煤矿安全标准化技术委员会归口。

本文件起草单位：中煤科工西安研究院(集团)有限公司、华北科技学院、中国矿业大学。

本文件主要起草人：曹海东、姬亚东、石磊、朱开鹏、尹尚先、穆鹏飞。

本文件为首次发布。

# 煤层底板采动破裂深度压水试验测试方法

## 1 范围

本文件规定了煤矿井下煤层底板采动破裂深度压水测试设计、测试关键参数确定、试验设备、现场试验、资料整理和证实方法等。

本文件适用于井工矿井倾斜及缓倾斜煤层长壁开采、全部垮落法管理顶板的工作面采用压水试验进行煤层底板岩层采动破裂深度测定工作。

## 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/T 24505—2009 矿井井下高压含水层探水钻探技术规范

AQ 2061—2018 金属非金属地下矿山防治水安全技术规范

SL 31—2003 水利水电工程钻孔压水试验规程

## 3 术语和定义

本文件没有需要界定的术语和定义。

## 4 测试设计

测试前应编制测试设计，内容包括：测试钻孔布置、试验序次安排、观测技术要求、人员组织、工作制度及安全措施等。

## 5 测试关键参数确定

5.1 钻孔设计前应根据经验公式、类比等方法预计本区煤层底板的破裂最大深度及平面范围，以确定钻孔设计的参数和试验段压力。

5.2 测试地点应满足以下要求：

- a) 综合考虑水、电、通风、运输、行人等因素，设置在巷道相对安全的地段；
- b) 布置在可观测底板岩层充分破坏的巷道中。

5.3 测试钻孔的布置应满足以下要求：

- a) 应选择岩层完整地段，避免揭露断层破碎带、裂隙密集带、岩溶洞穴等；
- b) 测试钻孔水平投影可垂直于工作面巷道，或朝向采空方向斜交于工作面巷道；
- c) 测试钻孔不少于3个，每个钻孔设计不同的俯角和方位角，水平投影呈扇形分布，终孔位置孔间的水平投影距离为5 m~10 m，能控制工作面底板破坏最大深度。

5.4 测试方法与段长应满足以下要求：

- a) 采前采用双栓塞法测试背景值；
- b) 正式测试采用双栓塞法，在测站位置工作面底板充分破坏后，施工钻孔进行观测；
- c) 测试段长度应按等长设计，一般为 0.5 m~1.0 m，也可依据背景值测试结果调整段长，相邻测试段应互相衔接，可少量重叠，但不能漏段；
- d) 受采动影响的动态测试钻孔，宜采用双栓塞下行法分段测试。

5.5 测试压力值确定：

- a) 注水压力值通过试验确定，以不破坏岩体结构为原则，每个测试钻孔应设定同一压力值；
- b) 试验时将压力计安设在与试验段连通的孔口测压管上，试验段压力按公式(1)计算：

$$P = P_p + P_z \dots\dots\dots (1)$$

式中：

$P$  ——作用于试验段内的压力值，单位为兆帕(MPa)；

$P_p$  ——压力计指示压力，单位为兆帕(MPa)；

$P_z$  ——压力计中心至压力计算零线的水柱压力，如零线位于压力计中心以上时为负值，零线位于压力计中心以下时为正值，单位为兆帕(MPa)。

- c) 压力计算零线的确定应遵守下列规定：

- 当地下水位在试验段以下时，压力计算零线为通过试验段中点的水平线；
- 当地下水位在试验段以内时，压力计算零线为通过地下水位以上试验段中点的水平线；
- 当地下水位在试验段以上时，压力计算零线为地下水位线。

6 试验设备及器具

- 6.1 选择煤矿探放水专用钻机，要求钻机性能良好，配套设备齐全；当孔内水压大于 1.5 MPa 时，采用反压和有防喷装置的方法钻进。
- 6.2 止水栓塞要有足够的长度，经实验止水可靠、操作方便。
- 6.3 试验水泵应压力稳定，额定压力不小于试验时孔口最大压力的 1.5 倍；水泵应为无级变速泵、出水口有稳压容器，保证出水均匀；供水调节阀门灵活可靠、不漏水。
- 6.4 压力计量程范围应为试验值 1.2 倍~1.4 倍，压力计反应灵敏，卸压后压力能迅速归零。
- 6.5 流量计的量程应为水泵额定流量的 80%左右，流量计耐压大于试验压力的 1.3 倍，应能实现连续测量。
- 6.6 试验设备应安排专人保管，并定期进行检测、标定。

7 现场测试

7.1 测试前应开展以下准备工作：

- a) 试验开始前，对各种设备、仪表的性能和工作状态进行检查，发现问题立即处理；
- b) 对测试人员进行安全技术措施培训；
- c) 检查试验场地支护、水、电、通风、通信等准备情况，钻机、测量仪器、水泵等安装到位后方可运行。

7.2 钻进技术要求如下：

- a) 按 MT/T 632 的规定进行钻探施工，并取芯编录；
- b) 测试钻孔止水套管应采用水泥浆液固结，并严格进行耐压试验，遵照《煤矿防治水细则》规定；
- c) 钻孔测试段宜选择清水钻进；
- d) 钻孔施工完成后要进行测斜，孔斜应满足设计要求，资料处理时应考虑孔斜对结果的影响；
- e) 洗孔时钻具应下至孔底，流量应达到水泵的最大能力，确保试验段无岩粉及裂隙充填，洗孔应

至孔口回水清洁,肉眼观察无岩粉时方可结束,当孔口无返水时,加大水泵流量;

f) 钻进过程中应进行漏失量、出水量、水温及其他特殊情况的观测并记录。

7.3 测试段封隔应满足以下要求:测试过程中栓塞充气(水)的有效压力不小于测试段最大压力。

7.4 流量观测,测试过程中按以下要求进行观测:

a) 流量观测前调整调节阀,使测试段压力达到预定值并保持稳定;

b) 流量观测每隔 1 min~2 min 进行 1 次,当流量无持续增大趋势且每次流量读数中最大值与最小值之差小于终值的 10%,或最大值与最小值之差小于 1 L/min 时,持续 5 min~10 min,本阶段试验即可结束,取平均值作为计算值;

c) 原始记录应齐全、准确,发现问题及时纠正。

7.5 测试完成后要进行封孔,封孔技术要求遵照《煤矿防治水细则》的规定。

## 8 资料整理分析与结果判别

8.1 根据钻探、测试原始记录(见附件中表 1、表 2)对钻孔参数和试验数据进行整理。

8.2 根据试验数据,计算每个试验段,单位压水量用吕荣值表示,见公式(2):

$$q = Q/P \times L \quad (2)$$

$q$ ——试验段的吕荣值(透水率),单位为 Lu;

$Q$ ——试验段压入流量,单位为升每分钟(L/min);

$P$ ——作用于试验段内的压力值,单位为兆帕(MPa);

$L$ ——试验段长度,单位为米(m)。

8.3 测试曲线绘制与成果分析。绘制吕荣值  $q$  与采面距的关系曲线图,以采面距(指回采线至测试孔的距离)为横坐标,以同一试验段在相同注水压力下的吕荣值(单位时间的压水量)为纵坐标;回采线位于测试孔前取正,采过后取负。按公式(3)计算试验段吕荣值偏离率,测试段采后和采前吕荣值增量,并绘制各钻孔吕荣值偏离率曲线图。

$$(\Delta q / q_1) \times 100\% \quad (3)$$

8.4 根据试验地段的水文地质资料,可结合下列方法综合确定采动底板最大破裂深度;

a) 分析表 1 和表 2,依据曲线拐点,工作面底板采前、采后吕荣值的变化,反映了采动对底板的破裂程度;

b) 以采后和采前吕荣值增量  $\Delta q \geq 0.2 Lu$  及开采后及开采前吕荣值的比值  $q_2/q_1 \geq 2$  作为压水试验测试底板破裂深度的指标,结果判别见表 3。

表 1 钻孔参数表

钻场位置	孔号	设计方位角 (°)	实测方位角 (°)	设计倾角 (°)	实测倾角 (°)	孔深 m	钻孔 测斜	钻孔结构		
								一开	裸孔	备注
其他情况说明: 1. 依据测斜结果绘制钻孔轨迹,并与原钻孔设计进行对比,确定钻孔实际的平面、垂向位置。 2. ……  整理人:                      审核人:                      日期:										

表 2 \_\_\_\_\_号钻孔压水试验成果一览表

试验段 编号 自 \_\_\_\_\_ m 至 \_\_\_\_\_ m 段长 \_\_\_\_\_ m

试验日期	试验段			试验段压力 MPa	稳定时间 min			试验段压水量 L	试验段 吕荣值 Lu
	序号	试验段斜长 m	垂直段长 m		起	止	时长		
其他情况说明：									
整理人：                      审核人：                      日 期：									

表 3 \_\_\_\_\_号钻孔压水试验成果判别表

试验段编号	m~m	采前吕荣值 $q_1$	采后吕荣值 $q_2$	$\Delta q$ ( $q_2 - q_1$ )	$q_2/q_1$	备注



## 中华人民共和国矿山安全行业标准

KA/T 5—2023  
代替 MT/T 778—1998

### 数值法预测矿井涌水量技术规范

Technical specification for prediction of mine water quantity  
with numerical method

2023-10-26 发布

2024-01-31 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 一般要求 .....	1
5 准备工作 .....	1
6 水文地质概念模型 .....	2
7 水文地质数学模型 .....	3
8 水文地质数值模型 .....	3
9 模型参数识别 .....	3
10 涌水量预测 .....	4
11 成果提交 .....	4

## 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。

本文件代替 MT/T 778—1998《数值法预测矿井涌水量技术规范》，与 MT/T 778—1998 相比，除结构调整和编辑性改动外，主要技术变化如下：

- a) 增加了规范性引用文件内容(见第 2 章)；
- b) 增加了“术语和定义”(见第 3 章)；
- c) 增加了数值法预测矿井涌水量一般要求(见第 4 章)；
- d) 补充了数值法计算工作前及计算过程中应掌握的资料(见第 5 章)；
- e) 细化了“概念模型”的建立过程(见第 6 章)；
- f) 将原“3.2 数学模型”更改为两个章，“7 水文地质数学模型”和“8 水文地质数值模型”(见第 7 章、第 8 章,1998 年版的 3.2)；“第 7 章中新增了“初始条件”(见 7.4,1998 年版的 3.2)；
- g) “模型参数识别”中增加了“参数灵敏度分析”(见 9.4)；
- h) “数值模型的识别与验证”中增加了“参数识别期拟合标准”；
- i) 明确了“涌水量预测”正常涌水量和最大涌水量计算输入参数(见 10.2、10.3)；
- j) 删除了“证实方法”(原第 12 章)；
- k) 对文件的结构进行了编辑性的调整。

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。

本文件由中国煤炭工业协会提出。

本文件由煤炭行业煤矿安全标准化技术委员会归口。

本文件起草单位：中煤科工西安研究院(集团)有限公司、西安科技大学、陕西煤业化工集团有限责任公司。

本文件主要起草人：王皓、董书宁、刘基、姬亚东、王晓东、刘英锋、孙学阳、周振方、赵春虎、乔伟。

本文件及其所代替文件的历次版本发布情况为：

——1998 年首次发布为 MT/T 778—1998；

——本次为第一次修订。

# 数值法预测矿井涌水量技术规范

## 1 范围

本文件规定了数值法预测矿井涌水量的一般要求、准备工作、概念模型、数学模型、数值模型、模型参数识别、涌水量预测及成果提交的要求。

本文件适用于矿井勘探、建设和生产阶段矿井涌水量的数值法预测。

## 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 14497 地下水资源管理模型工作要求

## 3 术语和定义

### 3.1

**源汇项 source and sink elements**

单位时间流入(源)和流出(汇)模拟区水文地质体的水量。

### 3.2

**参数灵敏度分析 parameter sensitivity analysis**

地下水数值模型识别与验证之前，通过计算分析不同水文地质参数对观测井模拟水位变化影响程度，确定各参数敏感性排序。

## 4 一般要求

4.1 开展数值模拟工作之前，应收集矿井勘探、建设及生产阶段揭露的相关地质、水文地质及采掘规划等资料。

4.2 在资料满足建模要求的情况下，根据需要采用二维或三维地下水流模型预测矿井涌水量。

4.3 应根据实际情况，结合数值法方法与原理，选定合适的软件和算法。

## 5 准备工作

5.1 数值模拟计算工作前，应收集以下资料：

- a) 矿井所处水文地质单元的区域地质及水文地质资料；
- b) 矿井地质与水文地质资料；
- c) 其他资料，包括《煤矿防治水细则》第十五条中必要的台账与第十七条中必要的图件：
  - 1) 必要的台账资料包括：
    - 矿井涌水量观测成果台账；

- 气象资料台账；
- 地表水文观测成果台账；
- 钻孔水位、井泉动态观测成果及河流渗漏台账；
- 抽(放)水试验成果台账；
- 矿井突水点台账；
- 井田地质钻孔综合成果台账；
- 井下水文地质钻孔成果台账；
- 水源井(孔)资料台账；
- 封孔不良钻孔资料台账；
- 矿井和周边煤矿采空区相关资料台账。

2) 必要的图件资料包括：

- 矿井综合水文地质图；
- 矿井综合水文地质柱状图；
- 矿井水文地质剖面图；
- 矿井充水性图；
- 矿井涌水量与相关因素动态曲线图。

5.2 应分析模拟区水文地质条件,主要包括含(隔)水层分布、含水介质特征及地下水补给、径流、排泄条件等,符合 GB/T 14497 中的要求。

## 6 水文地质概念模型

### 6.1 模型范围

应明确计算层位,根据模拟要求确定模拟区范围。模型范围宜选取相对独立的水文地质单元。

### 6.2 边界条件

根据地形地貌特征、地质构造和边界处地下水流特征等条件,将研究区侧向边界概化为第一类水头边界、第二类流量边界或第三类混合边界。根据顶(底)板水力条件、含(隔)水层的分布、地下水与地表水的水力联系等条件,垂向边界条件可概化为有水量交换或隔水边界。

### 6.3 地下水流系统内部结构

应根据含水层的类型、岩性、厚度、渗透系数等内部结构概化为均质、非均质各向同性或各向异性含水层。

### 6.4 地下水流系统水力特征

应根据含水层的埋藏条件确定地下水为潜水或者承压水。应根据地下水流状态将研究区地下水流概化为稳定流或非稳定流、一维流、二维流或者三维流等。

### 6.5 源汇项

应根据研究区地下水开发利用现状、井泉点分布将其概化为点井、面井或大井;根据研究区降雨、蒸发、地表入渗等特征将其概化为单元入渗补给强度或单元蒸发强度。

## 7 水文地质数学模型

7.1 数学模型应包括描述水流条件的偏微分方程和定解条件,其中定解条件包括边界条件与初始条件。

7.2 偏微分方程的确定应根据地下水流系统水力特征概化结果选定不同的方程。方程中的每个变量都应给定相应的物理意义和量纲。

7.3 边界条件确定,按性质分为三类:

a) 水头边界。选取水头边界应注意以下几点:

- 1) 水头边界的位置应尽可能地远离模拟区内的源(汇)项,不应置抽(注)水井于水头边界上;
- 2) 水头边界处要有观测点控制,以确定边界水头值;
- 3) 在模型域中至少应有一个水头边界节点。

b) 流量边界。当已知边界单位流量时,可定义为流量边界。

c) 混合边界。混合边界是水头边界和流量边界的组合。

7.4 初始条件确定:

a) 初始条件仅应用于非稳定流模型中,描述了初始时刻研究区内各节点处水头分布情况;

b) 初始水位应选择观测孔的观测水位数据。在观测孔较多时,可利用观测孔的观测水位通过内插与外推获得各结点的初始流场;在观测孔较少、难以用插值的方法获得含水层初始水头分布时,宜先进行稳定流模拟,将模拟结果作为非稳定流的初始流场。

## 8 水文地质数值模型

8.1 应根据数学模型,采用合适的地下水流模拟软件构建相应的数值模型。

8.2 空间离散化原则:

a) 根据不同的数值方法选用面元(三角形或四边形单元)和体积单元;

b) 在研究区边界、疏降(干)区域及含(导)水构造、水力坡度变化较大区域等宜加密剖分。

8.3 时间离散化。根据模拟目的实际情况和数学模型的计算要求,确定离散时间步长。

## 9 模型参数识别

9.1 待识别参数主要包括渗透系数或导水系数、给水度、弹性释水系数等,其初始值应根据矿井抽(放)水试验确定。

9.2 参数分区依据:

a) 构造及岩性特征;

b) 地下水渗流场、水化学场和温度场;

c) 含水层分布特征,包括埋深、厚度、岩性组合特征及富水性分区。

9.3 参数分区数应适中,宜每一参数分区内至少有一个观测点控制。

9.4 参数灵敏度分析:

a) 在参数识别前宜进行灵敏度计算。灵敏度计算见公式(1):

$$\beta_{i,k} = \frac{\partial H_i}{\partial a_k} \dots\dots\dots (1)$$

式中:

$\beta_{i,k}$  ——水头  $H$  对第  $k$  个参数在第  $i$  个观测点上的灵敏度；

$\partial H_i$  ——第  $i$  个观测点上的水头变化值；

$\partial a_k$  ——第  $k$  个参数的变化值。

b) 灵敏度计算后,应从以下方面进行分析:

1) 根据参数灵敏度计算结果,比较各参数的灵敏度大小;

2) 确定各参数不确定性对地下水数值模型产生的影响,判断因参数变化造成模型结果的变化趋势;

3) 根据灵敏度计算结果,确定参数识别应重点考虑的参数。

#### 9.5 数值模型的识别与验证:

a) 依据抽(放)水试验和长期动态观测数据等资料,采用拟合—校正法进行模型参数识别,要求参数识别期拟合标准:长期观测孔单孔水位(头)拟合相关系数不小于 60%,模拟区水位(头)拟合相关系数在 75%以上的长期观测钻孔数量不小于 70%。

b) 选择另外时段实测数据进行模拟计算,以进一步验证模拟精度。其他要求应符合 GB 14497 中的要求。

### 10 涌水量预测

10.1 应明确矿井涌水量预测范围及时间,确定各控制点的水位降深,对采空区范围内边界条件进行概化。

10.2 计算矿井正常涌水量。以影响矿井涌水量的源汇项、边界条件取多年统计平均值作为输入求得的涌水量即为矿井正常涌水量。

10.3 计算矿井最大涌水量。以影响矿井涌水量的源汇项、边界条件取多年统计极端不利条件作为输入求得的涌水量即为矿井最大涌水量。

10.4 结果分析与解释:模拟工作结束后,应对数值法预测的涌水量结果作详细分析与解释。根据所采用的资料的代表性和所建立的数值模型的可靠性来论证最终预测结果的正确性,同时对预测涌水量在实际应用中可能存在的局限性作出说明。

### 11 成果提交

11.1 技术报告。主要包括对所采用的数据、建立的模型、选用的参数、计算过程及结果的详细分析与说明等。

11.2 图件。主要包括概念模型示意图、水文地质参数分区图、研究区剖分图、水位拟合曲线图、初始流场图、预测曲线和流场图、涌水量动态曲线等。

11.3 附件。主要包括参数识别和正演预报时所采用的数值模拟软件说明及相对应的数据文件、计算结果、水位拟合及误差分布情况,最终预测的各时段、各节点的水位值等。



中华人民共和国矿山安全行业标准

KA/T 6—2023

矿井突水水源水化学判别方法

Hydrochemical method for identifying water source of mine water inrush

2023-10-26 发布

2024-01-31 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 水化学基础数据库的建立 .....	1
5 标准水样水化学资料分析 .....	2
6 突水水质检测 .....	2
7 突水水源的判别 .....	2
附录 A(规范性) 突水水源水化学分析方法 .....	4

## 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。

本文件由中国煤炭工业协会提出。

本文件由煤炭行业煤矿安全标准化技术委员会归口。

本文件起草单位：中煤科工西安研究院(集团)有限公司、中国矿业大学、华北科技学院。

本文件主要起草人：刘峰、胡扬、穆鹏飞、牟林、张芸瑄、尹尚先。

本文件为首次发布。

# 矿井突水水源水化学判别方法

## 1 范围

本文件规定了矿井水化学基础数据库的建立、标准水样水化学资料分析、突水水质检测及矿井突水水源水化学判别方法的技术要求。

本文件适用于矿井突水水源水化学判别。

## 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。

MT/T 672 煤矿水害防治水化学分析方法

## 3 术语和定义

本文件没有需要界定的术语和定义。

## 4 水化学基础数据库的建立

4.1 矿井宜建立主要含水层(含水体)水化学基础数据库,代替防治水基础资料中的“水质分析成果台账”,以便在发生突水后及时调用数据库中标准水样资料信息分析突水水源。

4.2 水化学基础数据库应包含以下信息:

- a) 水样基本信息:采样编号、采样地点、采样时间、含水层、水源类型、是否标准水样等。
- b) 水样测试信息:各种离子(指标)含量。
- c) 水样分析整理信息:水质类型、矿化度、总硬度、碳酸盐硬度、非碳酸盐硬度、负硬度等。

4.3 水化学基础数据库应具备以下功能:

- a) 数据管理:导入、导出、备份。
- b) 数据编辑:录入、删除、修改。
- c) 查询:数据的筛选与查询。
- d) 输出:报表的浏览与打印输出。

4.4 水化学资料的录入和整理:

- a) 录入数据库中的水化学资料需经过阴阳离子平衡法、离子质量平衡、pH 值法校核合格,未计算矿化度、各类硬度以及水质类型的原始数据,需经计算后录入;
- b) 矿井勘探、建井、生产不同时期,主要含水层(含水体)水化学资料都应录入数据库中;
- c) 含水层(含水体)、突(涌)水点的水化学动态检测资料应及时录入;
- d) 整理数据库中水化学资料,建立矿井各含水层水质样本,当厚层含水层或同一含水层不同区域水质差异较大时可建立分层或分区样本;
- e) 数据库的水化学资料信息在追加录入、编辑、修改后,应及时保存和备份。

## 5 标准水样水化学资料分析

- 5.1 根据数据库中水样的采样层位和水化学指标含量确定标准水样,各含水层标准水样样本数量一般不宜少于3个。
- 5.2 对标准水样的水化学资料进行系统化整理,从中找出规律性的分布和变化,分析研究矿井主要含水层水的水化学特征以及赋存条件、分布特征、运移规律等。反映水化学规律的水化学图件是水化学研究的重要手段。这些图件包括:水化学类型分区图、各种离子等值线图、相关离子比例等值线图、特定离子对同位素值关系图、离子和同位素对时间关系图等。
- 5.3 对不同来源的老空水,应根据空间位置、补给量大小、封闭状况和形成时间等分析其水质演化趋势。
- 5.4 总结不同含水层(含水体)的水化学差异特征,对老空水和含水层水存在明显水质分区时,需要进一步细化分析和分区总结,作为突水水源判别的主要依据,包括:
- a) 水质类型、矿化度特征;
  - b) 不同含水层(含水体)水在 Piper 三线图中的分区特征;
  - c) pH 值、总硬度、主要(特征)离子含量、离子比值特征等;
  - d) 微量元素特征;
  - e) 其他指标特征。
- 5.5 增加标准水样时,应对判别指标进一步校正和完善。

## 6 突水水质检测

### 6.1 采样要求

- 6.1.1 采样应在突水点位置或靠近突水点位置。
- 6.1.2 动态检测突水水质时应在同一取样点位置进行采样,在未查明突水原因前,应加密采样频次。
- 6.1.3 突水水样的采集、处理和保存应符合 MT/T 672 的规定。

### 6.2 检测要求

- 6.2.1 按 MT/T 672 规定的指标和方法进行检测,必要时增加其他指标。
- 6.2.2 对突水水质应进行水化学动态检测,实时分析各指标的变化趋势。

## 7 突水水源的判别

### 7.1 水化学判别方法

- 7.1.1 根据突水水质动态检测数据,采用常规水化学判别方法,实时与 5.4 中 a)、b)、c) 判别依据进行对比分析,判别突水水源。采用特征离子(指标)或离子比值方法进行对比分析见附录 A.1 和附录 A.2。
- 7.1.2 若常规指标无法识别突水水源时,可采用微量元素、同位素方法进行判别。微量元素和同位素判别突水水源见附录 A.3、附录 A.4。
- 7.1.3 若上述方法仍然无法识别突水水源时,可采用有机水化学分析方法判别,通过分析地下水 TOC、UV<sub>254</sub>、3DEEM 图谱等有机质特征综合判别。对于受有机污染的水源(如地表水、第四系水和老空水)的判别是一种有效的分析方法。
- 7.1.4 判别突水水源为混合水源时,需根据稳定同位素  $\delta D$ 、 $\delta^{18}O$  或常量离子  $Cl^-$  含量进行混合比例计算。

- 7.1.5 有条件的矿井可以在水化学数据库基础上建立聚类分析、灰色关联分析、基于 Bayes 准则的多组逐步判别分析等判别模型,进行突水水源判别。
- 7.2 对于矿井各含水层水化学分析标准水样欠缺或采用以上方法无法识别时,可采用示踪试验方法进行水源判别分析。
- 7.3 突水水源水化学判别应结合矿区水文地质条件,从突水位置、突水方式、突水量、水位变化、水温及其他物理指标等方面进行综合判别。

附 录 A  
(规范性)  
突水水源水化学分析方法

### A.1 特征离子(指标)分析

在掌握含水层独特的离子(指标)含量前提下,可以依据该种特征离子(指标)快速判别分析突水水源:

- a)  $\text{SO}_4^{2-}$ :可作为判别老窑水和含石膏地层地下水的特征离子。pH 小于 6 的酸性老窑水  $\text{SO}_4^{2-}$  含量一般达阴离子基本单元物质的量浓度之和 80% 以上;含石膏地层的地下水  $\text{SO}_4^{2-}$  含量一般达阴离子基本单元物质的量浓度之和 20% 以上。
- b)  $\text{Cl}^-$ :深部滞流区地下水水质类型多为 Cl-Na、Cl-Mg 型, $\text{Cl}^-$  可作为判别其地下水特征离子之一; $\text{Cl}^-$  也可作为地下水与高  $\text{Cl}^-$  含量地表水有联系的判别指标之一。
- c)  $\text{Na}^+$ :可作为判别含钠(钾)长石的砂岩裂隙地下水的特征离子。 $\text{Na}^+$  含量一般占阳离子物质的量浓度之和 25% 以上,pH 值多数大于 8.3,总硬度小于 100 mg/L。
- d)  $\text{NO}_3^-$ :可作为地下水与高  $\text{NO}_3^-$  含量地表水有联系的判别指标,一般含量大于 10 mg/L。 $\text{NO}_3^-$  也可作为判别第四系含水层水的特征指标之一。
- e) 氧化还原电位:循环条件差异较大的含水层,可用氧化还原电位作为判别指标,一般地下水交替缓慢的含水层氧化还原电位低(封闭老窑水小于 0 mV),交替积极的含水层氧化还原电位高(处于交替积极的径流区奥灰水一般大于 200 mV)。
- f) 温度:地热异常的矿区,不同含水层地下水有较明显的水温差异,其温度场的异常可作为突水水源的判别参考指标。

### A.2 离子比值分析

通过几种主要离子的基本单元物质的量浓度比值反映含水层水质特征,依此可判别突水水源:

- a) 对于矿化度较低的溶滤水,当  $c(\text{Na})/c(\text{Cl})$  大于 1,则多属于砂岩裂隙水或第四系冲积层水; $c(\text{Na})/c(\text{Cl}) \approx 1$  多属于灰岩水。当第四系水与奥灰水质类型一致而难以分辨时,应用该比值判别以上二种水源是一种有效的指标。
- b)  $[c(\text{Na})-c(\text{Cl})]/c(1/2\text{SO}_4)$  大于 1, $c(\text{Na})/c(\text{Cl})$  大于 1 为砂岩水的特征; $c(\text{Na})/[c(\text{Cl})+c(1/2\text{Mg})]$  小于 1 则可能有灰岩水混入。

### A.3 微量元素分析

- a)  $\text{Mn}^{2+}$ 、 $\text{Fe}^{2+}$ 、 $\text{S}^{2-}$ :可作为还原环境地下水特征离子。突水中富含  $\text{Mn}^{2+}$ 、 $\text{Fe}^{2+}$ 、 $\text{S}^{2-}$  时,水源多属于煤系地层水或老窑水。
- b)  $\text{F}^-$ :可作为判别含氟化物地层地下水特征离子,如花岗岩地层突水。
- c)  $\text{Br}^-$ 、 $\text{I}^-$ :可作为判别深层地下水、构造凹陷带储存水及与含油地层地下水的参考指标。

### A.4 以同位素及放射性元素的特征分析地下水水源

#### A.4.1 氘(D)和 $^{18}\text{O}$ 应用

- a) 在  $\delta\text{D}\text{‰} \sim \delta^{18}\text{O}\text{‰}$  坐标图中,标出不同含水层水样和分析水样在图中位置,并与全球降雨线( $\delta\text{D} = 8\delta^{18}\text{O} + 10$ )和当地大气降雨线比较,分析同位素值分布规律;



b) 根据煤矿区具体条件,应用  $\delta^{18}\text{O}$ 、 $\delta\text{D}$  值计算地下水补给高程及不同水源的混合比例等。

#### A. 4. 2 氚( $^3\text{H}$ )应用

$^3\text{H}$  可作为大气降水进入地层后贮运时间判别主要指标,资料分析中需考虑具体的水文地质条件及当地大气降水  $^3\text{H}$  的含量,一般规律如下:

- a) 在地下水补给、径流、排泄过程中  $^3\text{H}$  含量逐渐递减;
- b) 在循环交替积极的含水层或与地表水、大气降水关系密切的含水层水中,  $^3\text{H}$  含量接近(略低于)地表水的含量。

#### A. 4. 3 氡( $\text{Rn}$ )应用

对于非放射性矿床并排除火成岩入侵影响的煤矿地下水,  $\text{Rn}$  含量背景值小于  $37\text{ Bq/L}$ ,其含量主要决定于岩石的射气系数即松散程度,突水水源分析时,参考如下:

- a) 水质类型相同的奥灰水和冲积层水,冲积层水  $\text{Rn}$  含量一般高于奥灰水;
  - b) 突水中富含  $\text{Rn}$ ,并且  $\text{Na}^+$  含量明显增加,突水水源可能有冲积层水的补给。
-



# 中华人民共和国矿山安全行业标准

KA/T 7—2023  
代替 MT/T 672—1997

## 煤矿水化学分析方法

Methods for hydrochemistry analysis of coal mine water

2023-10-26 发布

2024-01-31 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 水化学检测指标 .....	2
5 水样的采集、处理和保存 .....	2
6 检测方法 .....	3
7 检测结果整理和校核 .....	4
8 检测报告 .....	6
附录 A(资料性) 煤矿水化学分析报告单 .....	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。

本文件代替 MT/T 672—1997《煤矿水害防治水化学分析方法》，与 MT/T 672—1997 相比，除结构调整和编辑性改动外，主要技术变化如下：

- a) 更改标准名称(见封面,1997 年版的封面)；
- b) 更改了本文件范围(见第 1 章,1997 年版的第 1 章)；
- c) 增加了规范性引用文件(见第 2 章,1997 年版的第 2 章)；
- d) 增加了术语和定义(见第 3 章)；
- e) 规定了应检测指标,增加了  $\text{Fe}^{3+}$  的检测,去掉了  $\text{Al}^{3+}$  的检测(见 4.1,1997 年版的 3.2)；
- f) 增加了同位素分析取样量及拟检测指标的保存时间(见 5.2.2)；
- g) 将“检测方法”更改调整为第 6 章,增加检测方法(见第 6 章,1997 年版的 4.3)；
- h) 增加了第 7 章“检测结果的整理和校核”(见第 7 章)；
- i) 将原标准中浓度单位进行了修改(见 7.1,1997 年版的 3.3.2)；
- j) 将原标准中阴阳离子平衡作了量化规定,并提出检测报告校核方法和标准(见 7.2,1997 年版的 3.3.2)；
- k) 将 1997 年版第 6 章更改为第 8 章“检测报告”,对内容进行更改(见第 8 章,1997 年版的第 6 章)；
- l) 删除 1997 年版的第 5 章和附录 B,对煤矿水化学分析报告单进行了更改,增加了氢氧根和水源类型(见附录 A,1997 年版的附录 A)。

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。

本文件由中国煤炭工业协会提出。

本文件由煤炭行业煤矿安全标准化技术委员会归口。

本文件起草单位：中煤科工西安研究院(集团)有限公司、中国矿业大学、陕西煤业化工技术研究院有限责任公司。

本文件主要起草人：刘峰、胡扬、朱开鹏、张芸瑄、代振华。

本文件及其所代替文件的历次版本发布情况为：

——1997 年首次发布为 MT/T 672—1997；

——本次为第一次修订。

# 煤矿水化学分析方法

## 1 范围

本文件规定了煤矿水害防治水化学检测指标、水样采集处理、检测方法、检测结果的整理和校核、检测报告编写要求。

本文件适用于煤矿水害防治水化学检测分析。

## 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/T 3101 有关量、单位和符号的一般原则

GB/T 3102(所有部分) 量和单位

GB 8538—2016 食品安全国家标准 饮用天然矿泉水检验方法

GB/T 14848—2017 地下水质量标准

MT/T 201—2008 煤矿水中氯离子的测定方法

MT/T 202—2008 煤矿水中钙离子和镁离子的测定

MT/T 204—2011 煤矿水碱度的测定方法

MT/T 205—2011 煤矿水中硫酸根离子的测定方法

MT/T 251—2000 煤矿水中亚硝酸根离子的测定方法

MT/T 252—2000 煤矿水中钾离子和钠离子的测定方法

MT/T 253—2000 煤矿水中硝酸根离子的测定方法

MT/T 254—2000 煤矿水中铵离子的测定方法

MT/T 255—2000 煤矿水中可溶性二氧化硅的测定方法

MT/T 256—2000 煤矿水 pH 值的测定方法

MT/T 366—2007 煤矿水中可溶性固体的测定方法

MT/T 368—2005 煤矿水中铁离子的测定方法

MT/T 894 煤矿水水质分析的一般规定

HJ 84 水质无机阴离子( $F^-$ 、 $Cl^-$ 、 $NO_2^-$ 、 $Br^-$ 、 $NO_3^-$ 、 $PO_4^{3-}$ 、 $SO_3^{2-}$ 、 $SO_4^{2-}$ )的测定 离子色谱法

HJ 812 水质可溶性阳离子( $Li^+$ 、 $Na^+$ 、 $NH_4^+$ 、 $K^+$ 、 $Ca^{2+}$ 、 $Mg^{2+}$ )的测定 离子色谱法

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**水化学 hydrochemistry**

研究天然水化学成分的形成、分布和演变的学科。

### 3.2

**矿化度 degree of mineralization**

指水中含有钙、镁、铁、铝、锰等金属的碳酸盐、重碳酸盐、氯化物、硫酸盐、硝酸盐以及各种钠盐等的

总含量。

注：一般用 1L 水中含有各种盐分的总量来表示，单位为毫克每升(mg/L)或克每升(g/L)。

#### 4 水化学检测指标

##### 4.1 应检测的基本指标

- 阴离子： $\text{Cl}^-$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$ 、 $\text{HCO}_3^-$ 、 $\text{CO}_3^{2-}$ 、 $\text{NO}_3^-$ 、 $\text{NO}_2^-$ 。
- 阳离子： $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$ 、 $\text{Na}^+$ 、 $\text{K}^+$ 、 $\text{Fe}^{2+}$ 、 $\text{Fe}^{3+}$ 、 $\text{NH}_4^+$ 。
- 其他：pH 值、可溶性固体、总硬度、可溶性  $\text{SiO}_2$  等。

##### 4.2 选择性指标

- 微量元素：F、Br、I、B、P、Al、Mn、Sr、Li 等。
- 同位素及放射性元素：D(氘)、 $^{18}\text{O}$ 、 $^3\text{H}$ (氚)、 $^{34}\text{S}$ 、 $^{14}\text{C}$ 、 $^{13}\text{C}$ 、Rn 等。
- 其他：耗氧量、电导率、ORP(氧化还原)电位、总酸度、溶解氧、 $\text{CO}_2$ 、 $\text{H}_2\text{S}$ 、TOC、 $\text{UV}_{254}$  等。

#### 5 水样的采集、处理和保存

##### 5.1 水样采集

5.1.1 矿区地面的水样采集应选择有代表性抽水钻孔、供水孔、泉水、河流和湖泊等地点采集。对于临时为采样而抽水的钻孔，应抽放出相当于钻孔内贮水的 2 倍~3 倍水量之后再采集水样。不抽水的钻孔不宜取样。

5.1.2 井下水样应采集钻孔水、突(涌)水点水、井筒或巷道淋水点水、采空区水等。

5.1.3 采样时应在现场测量水温，通过感官描述水的外观物理性质(色、嗅、味、肉眼可见物质等)，并尽可能在现场测量 pH 值。

5.1.4 水样采集时，盛水容器应清洗干净，并用水样水涮洗 3 次以上，然后充满盛水容器并溢流后就地密封。

5.1.5 采样后及时将填好的标签贴在盛水容器上，并填好送样单，注明特殊要求，水样标签和水化学分析送样单见表 1 和表 2。

表 1 水样标签

采样点编号		水样编号	
采样点位置			
采样深度(标高) m		水源类型	
涌水量 $\text{m}^3/\text{h}$		出水形式	
采样层位		透明度	
水温 $^{\circ}\text{C}$		气温 $^{\circ}\text{C}$	
采样日期		采样人	
化学处理方法			
分析要求			
备注			



表 2 水化学分析送样单

送样单位：

取样日期：

送样日期：

分析编号	水样编号	采样点位置	采取层位	水源类型	感官性指标	分析项目	备注

收样日期：

送样人：

收样人：

## 5.2 水样的处理和保存

5.2.1 水样采集后应尽快检测分析，部分易变的元素和组分应加保护剂处理后方可送检。

5.2.2 分析 pH 值、 $\text{HCO}_3^-$ 、 $\text{CO}_3^{2-}$ 、 $\text{Cl}^-$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$ 、 $\text{K}^+$ 、 $\text{Na}^+$ 、 $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$ 、 $\text{NO}_3^-$ 、 $\text{NO}_2^-$ 、 $\text{Fe}^{2+}$ 、 $\text{Fe}^{3+}$ 、 $\text{NH}_4^+$ 、 $\text{F}^-$ 、 $\text{Br}^-$ 、 $\text{I}^-$ 、可溶性固体、总硬度以及环境同位素 D(氘)、 $^{18}\text{O}$ 、 $^3\text{H}$ (氚)等指标时，原水样可不加保护剂。取样量及保存要求如下：

- 水化学分析必检指标的取样量为 2000 mL~3000 mL，原样密封允许保存时间为 10 天；
- 环境同位素 D(氘)、 $^{18}\text{O}$ 、 $^3\text{H}$ (氚)取样量为 1000 mL，密封可保存 180 天；
- 若需精确测定  $\text{NO}_3^-$ 、 $\text{NO}_2^-$ 、 $\text{NH}_4^+$  含量，取样量 1000 mL，需用硫酸酸化使水样 pH 值小于等于 2，密封，4℃ 冷藏，并于 24h 内测完；
- 如要精确测定水中  $\text{Fe}^{2+}$ 、 $\text{Fe}^{3+}$  时，需要另取水样 250 mL 于容器中，加入 2.5 mL 1 : 1 硫酸 (GR 级) 和硫酸铵 0.5g~1.0g，用石蜡密封瓶口，送实验室检测，允许保存时间不超过 30 天。

5.2.3 测定 Cu、Pb、Zn、Cd、Mn、Fe、Ni、Co、总 Cr、Hg、Li、Be、Sr、Ba、Ag 等多种微量金属离子的水样需现场酸化处理：使用容量 1000 mL 的干净容器，用拟取水样冲洗后，加入 5 mL 1 : 1 硝酸 (GR 级) 溶液，转动容器使酸浸润内壁，再装满水样摇匀，使水样 pH 值不大于 2，密封，允许保存时间为 30 天。

5.2.4 测定硫化物的水样需单独处理：在容量 500 mL 硬质玻璃瓶中加入 10 mL 20% 醋酸锌溶液和 1 mol/L 氢氧化钠溶液 1 mL，然后注满水样 (近满) 塞紧橡皮塞摇匀密封，在标签上注明外加试剂准确量，送实验室检测，允许保存时间为 7 天。

5.2.5 测定侵蚀性  $\text{CO}_2$  的水样应现场单独处理，采样量为 250 mL，采取后应加 2g 经过纯制的大理石粉末 (或碳酸钙粉末)，瓶内应留有 10 mL~20 mL 容积的空间，密封送检，保存时间不超过 35 天。

5.2.6 以上未涉及的检测指标的处理与保存按 GB/T 14848—2017 或实验室要求执行。

## 6 检测方法

6.1 基本指标检测方法应符合表 3 中的规定。

表 3 煤矿水化学检测方法

序号	检测指标	检测依据	
		常规检测	多离子色谱检测
1	$K^+、Na^+$	MT/T 252—2000	HJ 812
2	$Ca^{2+}、Mg^{2+}$	MT/T 202—2008	
3	$NH_4^+$	MT/T 254—2000	
4	pH	MT/T 256—2000	
5	可溶性固体	MT/T 366—2007	
6	碱度	MT/T 204—2011	
7	$SO_4^{2-}$	MT/T 205—2011	HJ 84
8	$Cl^-$	MT/T 201—2008	
9	$NO_3^-$	MT/T 253—2000	
10	$NO_2^-$	MT/T 251—2000	
11	$Fe(Fe^{3+}、Fe^{2+})$	MT/T 368—2008	
12	可溶性 $SiO_2$	MT/T 255—2000	

6.2 选择性指标的检测方法按 GB 8538—2016 和 MT/T 894 的规定执行,未包含指标的检测方法按设计或实验室的规定执行。

## 7 检测结果整理和校核

### 7.1 检测结果的整理

7.1.1 煤矿水化学分析报告单宜按附录 A 的格式进行记录整理。

7.1.2 主要阴、阳离子分析结果用毫克每升(mg/L)、基本单元物质的量浓度  $c(1/n)$  和毫摩尔每升百分数(%)表示。

7.1.3 主要离子基本单元物质的量浓度在同类阴阳离子毫摩尔浓度总量占比大于等于 25% 参加水质类型命名;介于 20%~25% 的成分作为参考成分,并用括号区别;同类离子之间用“·”隔开,阴阳离子之间用“—”隔开。

示例: $HCO_3 - Ca \cdot Mg、HCO_3 \cdot SO_4 - Ca \cdot (Mg)$ 。

7.1.4 按照阴阳离子总量(mg/L)计算矿化度,碳酸盐硬度(暂时硬度)、非碳酸盐硬度(永久性硬度)和负硬度按照表 4 计算得出。

表 4 碱度与硬度之关系

碱度与硬度关系	硬度		
	非碳酸盐硬度	碳酸盐硬度	负硬度
$A > H$	$H - A$	A	0
$A = H$	0	H	0
$A < H$	0	H	$A - H$

注:A 为总碱度,H 为总硬度。

7.1.5 按照每个水样中  $K^+$ 、 $Na^+$ 、 $Ca^{2+}$ 、 $Mg^{2+}$ 、 $HCO_3^-$ 、 $CO_3^{2-}$ 、 $SO_4^{2-}$ 、 $Cl^-$  的毫摩尔浓度百分数,画出水样的水化学 Piper 图,如图 1 所示。

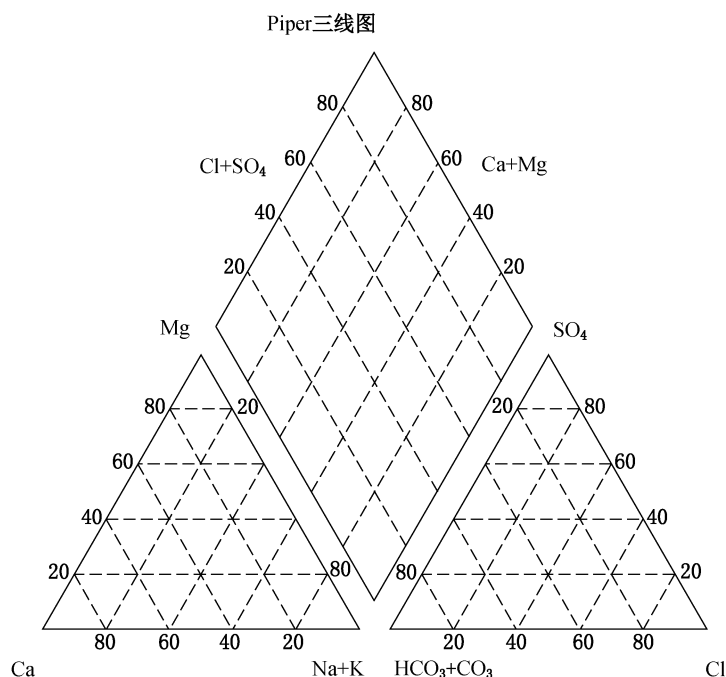


图 1 水化学 Piper 图

## 7.2 水化学检测结果校核

7.2.1 校核方法包括阴阳离子平衡法、离子质量平衡法、pH 值法。

7.2.2 阴阳离子平衡法:按公式(1)计算阴阳离子毫摩尔浓度偏差百分比  $S$ ,  $S$  的计算结果应该接近 0。

$$S = \left| \frac{\sum C - \sum A}{\sum C + \sum A} \right| \times 100\% \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中:

$S$  ——各种阴阳离子物质的量浓度之和偏差,用百分数表示(%);

$\sum C$  ——各种阳离子物质的量浓度之和,单位为毫摩尔/升(mmol/L);

$\sum A$  ——各种阴离子物质的量浓度之和,单位为毫摩尔/升(mmol/L)。

7.2.3 离子质量平衡法:按公式(2)计算  $R$ ,测定出可溶性固体总量  $T$  (mg/L)与计算出的矿化度  $M$  (阴阳离子总量 mg/L)减去重碳酸根离子含量一半  $M_h$  (mg/L)的结果应当接近。

$$R = \left| \frac{T - (M - M_h)}{M - M_h} \right| \times 100\% \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中:

$R$  ——测定的可溶性固体总量与计算出的可溶性固体总量偏差,用百分数表示(%);

$T$  ——测定出可溶性固体总量,单位为毫克/升(mg/L);

$M$  ——计算出的矿化度,单位为毫克/升(mg/L);

$M_h$  ——测定出重碳酸根离子含量一半,单位为毫克/升(mg/L)。

7.2.4 pH 值法:按照水中 pH 值、碱度、游离 CO<sub>2</sub> 关系进行校核,见表 5。

表 5 水中 pH 值、碱度、游离 CO<sub>2</sub> 关系

pH	游离 CO <sub>2</sub>	酚酞碱度	甲基橙碱度	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	H <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>
8.3~4.5	有	无	有	无	有
>8.3	无	有	有	可能有	可能有

7.2.5 按表 6 进行各个项目核验,各项目应符合标准要求。

表 6 校核标准

序号	校核方法	校核标准	备注
1	阴阳离子平衡法	$S \leq 2\%$	$S > 2\%$ ,需仔细复检;复检无误仍不符合要求时,需考虑有重要离子未测定,报告应注明
2	离子质量平衡法	$R \leq 5\%$	矿化度小于 100 mg/L 时可放宽至 10%
3	pH 值法	pH $\leq 8.3$ ,结果中应无 CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	
		pH $> 8.3$ ,结果中无游离 CO <sub>2</sub>	

## 8 检测报告

检测报告由封面、扉页、煤矿水化学分析报告单构成。

- a) 报告封面包括委托单位、检测单位(盖章)、样品数量等内容;
- b) 扉页包括检测依据、检测单位声明和其他说明事项;
- c) 煤矿水化学分析报告单宜按 MT/T 894 和附录 A 的规定填写。

附 录 A  
(资料性)  
煤矿水化学分析报告单

表 A.1 煤矿水化学分析报告单

送样单位：

分析日期：

水样编号		含水层/水源		采样日期	
采样点位置				采样人	
X 坐标		Y 坐标		Z 坐标	
颜色		水温		气温	
可溶性固体		mg/L	pH 值	送样日期	
矿化度		mg/L		总碱度	
总硬度		mg/L(以碳酸钙计)		总酸度	
碳酸盐硬度		mg/L(以碳酸钙计)		游离 CO <sub>2</sub>	
非碳酸盐硬度		mg/L(以碳酸钙计)		侵蚀性 CO <sub>2</sub>	
负硬度		mg/L(以碳酸钙计)		电导率	
				ORP 电位	
阳离子	mg/L	c(1/n) mmol/L	c(1/n) %	溶解氧	mg/L
钾离子				耗氧量	mg/L
钠离子				二氧化硅	mg/L
钙离子				铝离子	mg/L
镁离子				锰离子	mg/L
三价铁				铜离子	mg/L
二价铁				铅离子	mg/L
铵离子				镉离子	mg/L
合计				TOC	mg/L
				UV <sub>254</sub>	
阴离子	mg/L	c(1/n) mmol/L	c(1/n) %		
氯离子				氘(δD)	‰
硫酸根				氧(δ <sup>18</sup> O)	‰
碳酸氢根				氚( <sup>3</sup> H)	Bq/L
碳酸根				氡( <sup>222</sup> Rn)	Bq/L
氢氧根				<p style="text-align: center;">Piper三线图</p>	
硝酸根					
亚硝酸根					
合计					
水质类型					
水源类型					
备注：					

化验单位：

审核人员：

化验人员：

参 考 文 献

- [1] GB 3100—1993 国际单位制及其应用
  - [2] GB/T 5750.2—2006 生活饮用水标准检验方法 水样的采集与保存
  - [3] GB/T 14157—1993 水文地质术语
  - [4] DZ/T 0064.2—1993 地下水水质检验方法
  - [5] SL79—1994 矿化度的测定(重量法)
  - [6] 中国地质调查局. 水文地质手册:第二版[M]. 北京:地质出版社,2012.
-

# 中华人民共和国矿山安全行业标准

KA/T 8—2023  
代替 MT/T 633—1996

## 矿区地下水动态长期观测技术规范

Technical specification for long-term monitoring of groundwater in mining area

2023-10-26 发布

2024-01-31 实施





## 目 次

前言 .....	II
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 术语与定义 .....	1
4 一般要求 .....	2
5 地下水的观测 .....	2
6 地表水的观测 .....	3
7 水样采取 .....	4
附录 A(规范性) 资料整理、量水建筑物制作和水化学分析 .....	5

## 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。

本文件代替 MT/T 633—1996《地下水动态长期观测技术规范》，与 MT/T 633—1996 相比，除结构调整和编辑性改动外，主要技术变化如下：

- a) 将原文件名称更改为“矿区地下水动态长期观测技术规范”；
- b) 增加了“术语和定义”(见 3)；
- c) 更改了地下水动态观测的重点观测对象(见 4.1,1996 年版的 3.1)；
- d) 增加了地下水动态观测自动化的要求(见 4.2)；
- e) 增加了矿区是否需建设气象站的量化指标(见 4.4)；
- f) 更改了地下水动态观测需编制的成果资料(见 4.6,1996 年版的 4.3.2)；
- g) 增加了地下水流向的观测方法(见 5.1.2)；
- h) 更改了地下水观测工作前或工作过程中应掌握的资料(见 5.2.1,1996 年版的 4.2.1)；
- i) 增加了井下新出水点的观测要求(见 5.2.6)；
- j) 增加了矿井涌水量的观测方法(见 5.2.7)；
- k) 更改了抽(放)水过程中取样标准(见 7.4,1996 年版的 6.5)；
- l) 更改了水样采取的技术要求(见 7.6,1996 年版的 6.6、6.9、6.10、6.11、6.12)；
- m) 更改了水样检测分析的内容(见 7.7,1996 年版的 6.1)；

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。

本文件由中国煤炭工业协会提出。

本文件由煤炭行业煤矿安全标准化技术委员会归口。

本文件起草单位：中煤科工西安研究院(集团)有限公司、中国矿业大学、晋能控股煤业集团有限公司。

本文件主要起草人：李功宇、牟林、穆鹏飞、代振华、刘峰、王德璋、张清虎。

本文件及其所代替文件的历次版本发布情况为：

——1996 年首次发布为 MT/T 633—1996；

——本次为第一次修订。

# 矿区地下水动态长期观测技术规范

## 1 范围

本文件规定了矿区地下水观测、地表水观测、水样采取的方法和技术要求。

本文件适用于井工煤矿(区)地下水动态长期观测,其他类型矿山可参照执行。

## 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/T 12719 矿区水文地质工程地质勘探规范

GB 50027 供水水文地质勘察规范

MT/T 672 煤矿水害防治水化学分析方法

MT/T 1091 煤矿床水文地质、工程地质及环境地质勘查评价标准

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**地下水动态长期观测** **long-term monitoring of groundwater**

对一个矿区(矿井)的地下水动态要素(水位、水温、流量、水质等),选择有代表性的含水层(体)、涌水点、地表水体、泉、水井等按照一定的技术要求进行观测、记录和资料整理的一项技术工作。

### 3.2

**观测网** **monitoring network**

在目标区域内用于掌握地下水动态的观测孔(点)组成的控制网络。

### 3.3

**平水期** **average water season**

河流、湖泊处于正常水位的时期。

### 3.4

**枯水期** **low water season**

流域内地表水流枯竭,主要依靠地下水补给水源的时期。

### 3.5

**丰水期** **high water season**

江河水流主要依靠降雨或融雪补给的时期。

### 3.6

**水样** **water sample**

为检验水体中各种规定的指标,不连续或连续地从特定的水体中取出的有代表性的一部分。

## 4 一般要求

- 4.1 矿井应当对井田内地下水动态进行长期观测,观测指标应包括水位(水压)、流量、水温、水质等,观测对象包括主要含水层、含水层、涌水点、地表水体、泉、水井等。
- 4.2 对于长期性观测点,宜安装地下水动态监测系统,将观测指标与矿井涌水量联网同步观测。
- 4.3 矿区(矿井)应建设并不断完善地下水动态长期观测网,观测网建设应根据矿井水文地质条件复杂程度及防治水工作需要编制专项设计,由煤矿总工程师组织审查、批准。
- 4.4 矿井应当加强与当地气象部门沟通联系,及时收集气象资料,建立气象资料台账;如果矿井 30 km 范围内没有气象台(站),气象资料不能满足安全生产需要时,应当建立降水量观测站。
- 4.5 地下水动态长期观测设施应采取有效保护措施,观测所使用的仪器、仪表应定期进行计量检定。
- 4.6 各项地下水动态观测成果应及时整理检查,录入水文地质信息管理系统,如有疑问或异常时,应及时复测纠正。原始记录应认真填写并及时整理装订成册,长期保存,应编制的常用资料参照附录 A.1 的规定。

## 5 地下水的观测

### 5.1 观测网的布置

- 5.1.1 观测网一般宜覆盖补给区至排泄区的整个地下水系统,在地下水系统范围过大的情况下,观测网宜以矿井为主缩小范围,但应能控制矿井排水形成的降落漏斗。
- 5.1.2 长期观测孔(点)一般宜沿地下水的流向布置,若观测区域内有自然或人工排泄点时,宜以排泄点为中心布置至少两条互相垂直的观测线,可采用示踪法、自然电位法、基于图像处理的单孔流向观测法等方法测定流向。
- 5.1.3 了解地下水与地表水联系的观测孔(点),宜垂直于地表水流向布置观测线。在河流流入和流出观测区域的地段,宜布置垂直于河流的观测线。
- 5.1.4 观测大气降水入渗情况的观测孔(点),宜结合小流域均衡观测,沿地下水流向布置观测线,必要时可布置两条互相垂直的观测线。
- 5.1.5 矿井涌水点和矿区(矿井)水源地的地下水动态观测,宜以矿井和水源地为中心布置观测线。
- 5.1.6 观测网布置前,应收集以下资料,包括但不限于:
  - 矿区水文地质图;
  - 观测区水文地质图;
  - 井上下对照图、矿井充水性图;
  - 以往气象、水文资料;
  - 以往地质及水文地质资料。

### 5.2 地下水观测技术要求

- 5.2.1 观测孔在使用前应根据观测目的和使用要求,按照有关规程做好洗孔和隔离止水工作,使用过程中若有堵塞,应及时清理。
- 5.2.2 充分利用现有观测点(观测孔、水井、泉、采(老)空水排泄点、涌水点等)进行观测,新增观测点应弥补原有观测点的不足,覆盖水文地质条件发生重大变化的范围和规划接续的采掘区域。
- 5.2.3 已接入地下水动态监测系统的地面、井下钻孔等观测点,应进行实时监测并定期形成台账,不具

备接入条件的,应进行人工观测。列入当地或矿区(矿井)总体观测网的观测孔每月观测不少于3次,其他每月观测1次,突水或出现水位异常变化时应加密观测频次。

5.2.4 水井观测水位前,如果水井取水需恢复至静水位后再进行观测。

5.2.5 井下应当分水平、分煤层、分采区布设观测站进行涌水量观测,正常情况下每月观测不少于3次。生产期间有条件的矿井可分工作面(采空区)观测,每天观测不少于1次。对于涌水量较大的断裂破碎带、陷落柱,应当单独布设观测站进行观测,每月观测1~3次。涌水量出现异常时、井下发生突水时或者受降水影响的雨季时段,观测频次应适当增加。

5.2.6 对于井下新揭露的出水点,在尚未掌握其变化规律前,应每日观测1次(水量、水温)。对溃入性涌水,在未查明突水原因前,应间隔1h~2h观测1次,以后可以适当延长观测间隔时间。涌水量稳定后,可按井下正常观测时间观测。

5.2.7 矿井涌水量的观测方法应保持观测的连续性,可采用容积法、堰测法、浮标法、水泵有效功率法、流量计法、流速仪法等测量方法。每次至少要进行3次测量,取平均值为观测数据(部分量水工具的制作要求符合A.2的规定)。

## 6 地表水的观测

### 6.1 河流观测

6.1.1 观测内容包括水位(包括洪水位)、水深、流量、流速、水质、结冰厚度等,必要时测定含砂量。对与矿区(井田)内充水含水层可能有水力联系的河流,应进行河流漏失量或补给量的测定。如果河流在不同河段的渗漏差别显著,应分段测流。

6.1.2 河流观测站位置选择原则:

- 河流观测站应选择顺直的河段,顺直河段长度一般不少于洪水时主河槽河宽的3倍~5倍;
- 河流观测站的水流要平稳,避开回流、死水及有显著比降的地段;
- 应避免妨碍观测工作的地物、地貌、冰塞、冰坝及工业生产中排泄废水、污水的地点;
- 观测站的上、下游附近,不应有砂洲、浅滩、淤积故道(牛轭湖);
- 山区河流观测站应选择在水流比较稳定、河底比较平坦的河段,如急滩或窄口的上游。

6.1.3 河流观测要求:

- 每年在平水期、丰水期、枯水期至少各观测1次,进入汛期后应加密观测频次。
- 断面测流应采用仪器测定。测流断面两岸所设置的固定标桩及水尺的水准量,其精度不得低于等外水准点的要求。多断面流量测量时,应按照从下游向上游的顺序测流。
- 流量测定方法,应根据观测精度要求、流量大小、水深、水位涨落等情况选择。流速仪法一般适用于水深不小于0.16m的河流;浮标法仅在测量准确度要求较低,或用流速仪法测量有困难时方能允许采用。量水建筑物法在流量很小时适用,常用的有容积法、堰测法等。
- 采用流速仪测量时,测速垂线数见表1,垂线上流速测点的分布见表2。

### 6.2 池塘、湖泊等其他地表水的观测

6.2.1 池塘、水库、湖泊、内涝积水与塌陷积水区的观测,应选择易观测的地方设立固定标桩和水尺,测量水深、积水范围、积水时间,计算积水量。临近有水文(水利)局或观测站的,应收集观测数据。

6.2.2 对矿区(矿井)内地面渗漏地段,应着重在雨季观测。漏失严重的重要地段,应在汇水范围内分段或分区观测其漏失量。

6.2.3 各点测速历时一般不应少于100s。洪水时期可适当缩短,但不应少于50s。河流暴落或受漂浮物、流水严重影响,可缩短至不少于20s。测点上流速脉动现象严重时,应延长测速历时。

表 1 流速仪测速垂线数

水面宽 m	<5	20	50	100	300
测速垂线条数	5	8	10	15	20

表 2 流速测点分布表

水深或有效水深 m		垂线上测点数目和位置	
悬竿悬吊	悬索悬吊	畅流期	冰期
>1.0	>3.0	5 点(水面、0.2、0.6、0.8 水深、河底)	6 点(水面、冰底或冰基底、0.2、0.4、0.8 有效水深、河底)
0.6~1.0	2.0~3.0	3 点(0.2、0.6、0.8 水深)或 2 点(0.2、0.8 水深)	3 点(0.15、0.5、0.8 有效水深)
0.4~0.6	1.5~2.0	2 点(0.2、0.8 水深)	2 点(0.2、0.8 有效水深)
0.2~0.4	0.8~1.5	1 点(0.6 水深)	1 点(0.5 水深)
0.16~0.2	0.6~0.8	1 点(0.5 水深)	1 点(0.5 水深)

## 7 水样采取

7.1 对于长期存在的井下出水点、钻孔、采(老)空区等观测点,水样宜原位采取,每季度不少于 1 次。涌水量波动剧烈时,井下发生突水或受降水影响的雨季时段,采样频率应适当增加。

7.2 在河流、湖泊、池塘、水库中采取水样,水样采取、检测每年不少于 2 次,丰、枯水期各 1 次,应在积水线 0.5 m 以外的水面下采取,尽量避免混入岩石微粒及悬浮物等异物。

7.3 采取水样前,应将水样瓶洗涤干净,并在采样时用采取水样的水再次冲洗。

7.4 抽(放)水过程中采取水样,可将水样瓶伸入出水口中心处采取,并同时采取备用样 1 个。长期观测孔取样,应先进行抽(放)水。抽(放)出水的体积应大于孔(井)中水柱体积的 2 倍~3 倍,然后按抽(放)水过程中取样方法采取,也可将取样器或水样瓶下入含水层进行采取。

7.5 采取水样时,应在现场记录水的颜色、气味、透明度等物理性质。水样采取后应立即包装好,填写标签,注明化验项目,送往化验单位。

7.6 特殊指标的水样,水样采取应与化验单位联系,并按其要求采取。

7.7 水样应进行基本指标检测,有特殊要求的可增加选择性指标检测,检测内容符合附录 A.3 的规定。

## 附录 A

(规范性)

## 资料整理、量水建筑物制作和水化学分析

## A.1 地下水动态长期观测资料编制

应收集、编制的常用资料包括：

- 主要含水层等水位线图；
- 矿井涌水量观测成果台账；
- 气象资料台账、地表水文观测成果台账；
- 钻孔水位台账；
- 井泉动态观测成果及河流渗漏台账；
- 抽(放)水试验成果台账；
- 矿井突水点台账；
- 水质分析成果台账；
- 水源水质受污染观测资料台账；
- 水源井(孔)资料台账；
- 防水闸门(墙)观测资料台账；
- 地下水水化学相关成果资料。

## A.2 量水建筑物法使用工具制作要求

A.2.1 容积测流容器,一般可用木板、钢板、混凝土或浆砌块石做成,容积的大小可根据水量的大小而定,一般不应小于  $1 \text{ m}^3$ 。

A.2.2 堰测法:一般用矩形堰,梯形堰,三角堰。堰板一般用木板或铁板制成,应平整光滑。堰口边应做成坡度  $45^\circ$  的斜坡,堰下水流应形成自由落体:

- 矩形堰适用于大于  $50 \text{ L/s}$  的流量。矩形堰堰板顶应保持水平,顶宽一般为 2 倍~5 倍最大堰上水头,最小不少于  $0.25 \text{ m}$ ,最大不大于  $2 \text{ m}$ 。
- 梯形堰适用于  $10 \text{ L/s}$ ~ $300 \text{ L/s}$  的流量。采用坡度 1:0.25 的梯形缺口堰板。堰口应严格保持水平,缺口底宽应大于 3 倍堰上水头,一般应在  $0.25 \text{ m}$ ~ $1.5 \text{ m}$  范围内。
- 三角堰适用于  $1 \text{ L/s}$ ~ $70 \text{ L/s}$  的流量。采用底角为  $90^\circ$  的等腰三角形缺口堰板,使其分角线恰好在垂线上。堰上水头不超过  $0.3 \text{ m}$ ,最小不小于  $0.05 \text{ m}$ 。

## A.3 水化学分析

## A.3.1 基本指标

煤矿水害防治水化学分析中应检测的指标:

- 阴离子: $\text{Cl}^-$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$ 、 $\text{HCO}_3^-$ 、 $\text{CO}_3^{2-}$ 、 $\text{NO}_3^-$ 、 $\text{NO}_2^-$ 。
- 阳离子: $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$ 、 $\text{Na}^+$ 、 $\text{K}^+$ 、 $\text{Fe}^{2+}$ 、 $\text{Fe}^{3+}$ 、 $\text{NH}_4^+$ 。
- 其他:pH、可溶性固体、可溶性  $\text{SiO}_2$  等。

## A.3.2 选择性指标

在基本指标的基础上,可选择性增加其他指标:

- 微量元素:F、Br、I、B、P 等。

KA/T 8—2023

- 同位素及放射性元素：D、<sup>18</sup>O、<sup>3</sup>H、<sup>34</sup>S、<sup>14</sup>C、U、Ra、Th、Rn 等。
  - 其他：耗氧量、溶解氧、H<sub>2</sub>S、TOC、UV<sub>254</sub> 等。
-



中华人民共和国矿山安全行业标准

KA/T 9—2023

煤矿地下水连通示踪试验方法

Test method for coal mine groundwater connectivity tracing

2023-10-26 发布

2024-01-31 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 试验前准备 .....	1
5 示踪剂选择 .....	2
6 现场试验 .....	2
7 资料整理分析及试验报告 .....	4

## 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。

本文件由中国煤炭工业协会提出。

本文件由煤炭行业煤矿安全标准化技术委员会归口。

本文件起草单位：中煤科工西安研究院(集团)有限公司、中国矿业大学(北京)、华北科技学院。

本文件主要起草人：王皓、刘峰、柴蕊、刘基、曾一凡、连会青、周建军、杨建、薛建坤、乔伟。

本文件为首次发布。

# 煤矿地下水连通示踪试验方法

## 1 范围

本文件规定了无机离子或染色试剂示踪类地下水连通试验的试验前准备工作、示踪剂选择、现场试验以及资料整理分析的要求。

本文件适用于矿区水文地质勘查工作。

## 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。

NB/T 35113 钻孔压水试验规程

## 3 术语和定义

本文件没有需要界定的术语和定义。

## 4 试验前准备

### 4.1 资料准备

连通试验前应收集的资料：

- a) 试验区所处水文地质单元的水文地质资料；
- b) 试验区水文地质勘探报告；
- c) 目标含水层水质分析及图件；
- d) 矿井涌水量数据、矿区地下水开采数据；
- e) 含水层顶、底板等高线及等厚线图；
- f) 含水层等水位线图；
- g) 煤层底板等高线图；
- h) 综合水文地质图；
- i) 水文地质剖面图；
- j) 水文地质综合柱状图等。

### 4.2 连通示踪试验设计

试验前应编制连通试验设计。主要内容包括：试验的目的任务及要求；示踪剂的投放点和接收点具体位置及层位；示踪剂选择及其投放量；示踪剂取样要求；示踪剂检测方式；试验的持续时间要求；接收点水文地质观测；人员安排等。连通试验设计书应由生产单位总工程师组织审查后，方可实施。

### 4.3 试验设备的准备

根据连通试验设计，选择相适应的示踪剂投放设备及检测设备、时间记录仪器等。

## 5 示踪剂选择

### 5.1 选择要求

示踪剂选择应符合以下要求：

- a) 无毒,对地下水环境不产生污染；
- b) 受围岩干扰小,与围岩产生物理吸附和化学反应弱；
- c) 化学性能稳定,运移过程中本身不应产生分解变质或退色；
- d) 应易溶解于地下水；
- e) 在试验区地下水中自然本底值低,波动小；
- f) 应具有较高的检测灵敏度；
- g) 成本较低,易于获取。

### 5.2 类型

常用的示踪剂类型包括无机离子和染色示踪剂。无机离子示踪剂包括氯离子(Cl<sup>-</sup>)、碘离子(I<sup>-</sup>)、溴离子(Br<sup>-</sup>)以及铵离子(NH<sub>4</sub><sup>+</sup>)等；染色示踪剂常用荧光类染料试剂。

## 6 现场试验

### 6.1 示踪剂投放

#### 6.1.1 要求

投放点和接收点要求包括：

- a) 示踪剂的投放点与接收点之间应有一定的水力梯度,投放点应布设在水位较高处,接收点布设在水位较低处。必要时,可在接收点附近进行抽(放)水,增大投放点和接收点之间的水力梯度；
- b) 投放孔应进行充分洗井并观测稳定水位,确保投放孔不堵塞,试剂顺利进入目标含水层,洗井具体工作符合 NB/T 35113—2018 的要求；
- c) 主接收点应位于地下水主径流方向,外围接收点位于地下水主径流方向两侧,接收点布置时,在外围宜布设多处接收点。

#### 6.1.2 投放

示踪剂投放要求包括：

- a) 示踪剂投放前,应将示踪剂充分溶解；
- b) 在投放示踪溶液后,可利用专用设备注入清水,将示踪溶液压入目的含水层；
- c) 注入清水体积应不小于钻孔体积的 1.5 倍。

#### 6.1.3 投放量

综合考虑地下水量、仪器的离子检测灵敏度、水力坡度及示踪距离等,用公式(1)方法估算示踪剂投放量：

$$m = \frac{k\tau w j}{\lambda} \times 10^{-9} \dots\dots\dots (1)$$

式中：

- $m$ ——示踪剂的投放量,单位为千克(kg);
- $k$ ——保障系数,取值 2~5;
- $\lambda$ ——检测离子在示踪剂中的质量,用百分数表示(%);
- $w$ ——初次检测到示踪剂时间  $t$  内示踪区段的过水量,单位为升(L)。当进行抽水试验时, $w=Q_{\text{抽}} \cdot t$ ,  
当进行放水试验时, $w=0.5 \cdot Q_{\text{max}} \cdot t$ , $Q_{\text{抽}}$  和  $Q_{\text{max}}$  分别表示抽水量和放水初始流量;
- $j$ ——仪器的离子检测灵敏度。

#### 6.1.4 注入时间

- a) 示踪溶液注入前,宜开展目的含水层的压(注)水试验,获取单位吸水量。
- b) 示踪溶液的注入速度应与目的含水层单位吸水量大小相适应。如单位吸水量较小时,应保持注水面不高于孔口,单位吸水量较大时,则采用快速注入方式。
- c) 示踪溶液注入时间按公式(2)计算:

$$T_z = \frac{V}{q} \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中:

- $T_z$ ——示踪溶液注入时间,单位为小时(h);
- $V$ ——示踪溶液与注入清水的总体积,单位为立方米( $\text{m}^3$ );
- $q$ ——示踪溶液单位时间注入量,单位为立方米每小时( $\text{m}^3/\text{h}$ )。

#### 6.1.5 接收时间预计

示踪剂预计接收时间按公式(3)计算:

$$T_j = \frac{L^2}{K(H_1 - H_2)} \quad \dots\dots\dots (3)$$

式中:

- $T_j$ ——示踪剂预计接收时间,单位为小时(h);
- $L$ ——示踪剂投放地点与接收地点水平距离,单位为米(m);
- $K$ ——目的含水层的渗透系数,单位为米每天(m/d);
- $H_1$ ——示踪剂投放地点含水层水位,单位为米(m);
- $H_2$ ——示踪剂接收地点含水层水位,单位为米(m)。

### 6.2 示踪剂检测

#### 6.2.1 检测方法

示踪剂检测方法包括:

- a) 无机离子作为示踪剂的连通试验宜采用电导率仪或离子选择电极进行测定。连通试验应提前测定 3 天的地下水背景值,掌握其波动规律。
- b) 荧光染料试剂作为示踪剂的连通试验宜采用荧光分光光度计或者荧光光谱仪测定。

#### 6.2.2 接收点检测间隔

接收点检测间隔考虑因素包括:

- a) 试验前,根据公式(3)预计示踪剂从投放点到达接收点的时间( $T_j$ )。
- b) 根据示踪溶液注入时间( $T_z$ )确定合理的水样检测间隔,原则上要求接收点采样间隔为  $T_z/2$ ,检测间隔为  $T_z$ ,达到  $T_j$  时应加密采样检测,检测到示踪剂之后,采集水样应全部检测。峰值过后,适当延长检测间隔;编制采样与检测间隔统计表。

- c) 外围接收点采样间隔应与主接收点间隔一致,检测间隔应为主接收点的 2 倍~3 倍,检测到示踪剂后,应将检测间隔调整为与主接收点一致。
- d) 水样中示踪剂浓度降至背景值后,采样不少于 2 天,检测间隔为  $2T_z$ ,如示踪剂浓度一直未超过背景值,连通试验结束。
- e) 如果  $3T_j$  时间内采集的水样中均未检测出示踪剂,连通试验结束。

## 7 资料整理分析及试验报告

### 7.1 资料整理分析

示踪试验完成后,应从以下方面进行资料整理分析:

- a) 整理试验过程中表格原始记录,绘制试验接收点示踪剂浓度历时曲线( $c-t$  曲线);
- b) 对  $c-t$  曲线形态进行分析,判断产生该曲线形态的内在原因。结合水文地质资料进行水文地质条件分析和定量计算;
- c) 绘制试验得出的地下水连通平面示意图。

### 7.2 实验报告

编制试验报告,主要内容包括试验的目的与任务、试验过程、试验结果及分析。

---



# 中华人民共和国矿山安全行业标准

KA/T 10—2023  
代替 MT/T 761—1997

## 煤矿(区)地下水管理模型技术要求

Technical specifications for groundwater management model of coal mine area

2023-10-26 发布

2024-01-31 实施



## 目 次

前言 .....	I
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 术语和定义 .....	1
4 一般要求 .....	1
5 资料收集和调查 .....	1
6 地下水数值模拟模型的建立 .....	2
7 地下水管理模型的建立 .....	3
8 成果报告编制 .....	5
附录 A(规范性) 煤矿(区)地下水管理模型成果报告编写 .....	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。

本文件代替 MT/T 761—1997《煤矿地下水管理模型技术要求》，与 MT/T 761—1997 相比，除结构调整和编辑性改动外，主要技术变化如下：

- a) 将章标题“总则”修改为“一般要求”，并增加了相关要求内容条款(见 4,1997 年版的 3)；
- b) 将章标题“资料收集”修改为“资料收集和调查”，并增加了相关需要收集的基础资料内容条款(见 5.1,1997 年版的 4)；
- c) 增加了章节标题“地下水数值模拟模型的建立”，并增加了“水文地质概念模型”内容(见 6.1)；
- d) 增加了“数学模型及模拟方法”(见 6.2)；
- e) 增加了“多目标规划问题的标准形式”(见 7.1.3)；
- f) 删除了“资料收集基本原则”(见 1997 年版的 4)；
- g) 删除了“地下水管理中需要查明的水文地质条件”(见 1997 年版的 4.2)；
- h) 将节标题“地下水管理优化方案的评价”修改为“最优方案选择”，调整了内容(见 7.3,1997 年版的 5.5)；
- i) 删除了“监测工作”章节(见 1997 年版的 6)；
- j) 调整“成果报告的编制”章节，为附录 A(见附录 A,1997 年版的 7)；

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。

本文件由中国煤炭工业协会提出。

本文件由煤炭行业煤矿安全标准化技术委员会归口。

本文件起草单位：中煤科工西安研究院(集团)有限公司、中国矿业大学(北京)、晋能控股煤业集团有限公司。

本文件主要起草人：姬亚东、董书宁、穆鹏飞、王德璋、张清虎、曾一凡。

本文件及其所代替文件的历次版本发布情况为：

- 1997 年首次发布为 MT/T 761—1997；
- 本次为第一次修订。

# 煤矿(区)地下水管理模型技术要求

## 1 范围

本文件规定了煤矿(区)地下水管理模型技术中一般要求、资料收集和调查、地下水数值模拟模型的建立、地下水管理模型的建立、监测工作和成果报告编制的基本要求。

本文件适用于煤矿(区)地下水管理模型建立、地下水资源管理等技术工作。

## 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/T 14497 地下水资源管理模型工作要求

GW1—D1 地下水流数值模拟技术要求

DZ/T 0201 地下水资源数值法计算技术要求

MT/T 633 地下水动态长期观测技术规范

## 3 术语和定义

本文件没有需要界定的术语和定义。

## 4 一般要求

4.1 应做到边收集资料,边整理分析,边综合研究,满足建模过程对资料的需求,必要时可适当补充勘探。

4.2 应综合分析煤矿(区)社会经济及发展规划、地下水开发利用及供需状况、生态环境现状及问题等,在地下水数值模拟模型建立的基础上,选择地下水资源管理目标和约束条件来建立地下水管理模型。

4.3 建立地下水数值模拟模型时,水文地质条件的概化应符合实际的水文地质条件。

4.4 模拟区宜以完整的水文地质单元作为计算区,宜以水流系统边界(单元边界作为)为计算边界。如计算区仅为水文地质单元一部分,应注意处理好水文地质单元内水资源的分配以及计算区边界上的水量和溶质交换问题。

4.5 应采用系统工程方法寻求地下水开发利用的优化方案,综合评价后给出最优推荐方案。

4.6 应通过监测工作及时掌握新情况(水文动态变化情况),不断更新和完善煤矿(区)地下水管理模型。

## 5 资料收集和调查

5.1 收集下列基础资料:

a) 矿井勘探、建井及生产地质报告;

- b) 矿井水文地质勘探报告；
- c) 区域、矿井地形地质图和综合水文地质图；
- d) 矿井水文地质剖面图；
- e) 矿井水文地质综合柱状图；
- f) 矿井充水性图；
- g) 矿井涌水量与各种相关因素动态曲线图；
- h) 矿井含水层等水位(压)线图和富水性分区图；
- i) 煤层厚度、含隔水层顶底板等高线图；
- j) 矿井采掘工程平面图；
- k) 防治水基础台账；
- l) 矿井采掘接续规划资料；
- m) 气象与降雨量资料、大气降水入渗资料。

#### 5.2 水资源开发利用状况调查：

- a) 煤矿(区)人口数量、工农业生产现状及其发展规划；
- b) 水资源开发利用现状及规划,包括供水水源类型、总量、现用水量,未来需水量及其供水规划；
- c) 水资源管理现状及存在问题；
- d) 煤矿(区)疏、排水网(孔)的运转状况,矿井疏、排水量及其动态变化和利用情况。

#### 5.3 煤矿开采对水资源与生态环境影响调查：

- a) 疏、排水所形成的地下水降落漏斗的扩展范围及其发展趋势；
- b) 疏、排水对水井水位、泉水流量、地表河流以及地表水体等方面的影响；
- c) 煤矿开采引发的地面沉降、地面塌陷(或地裂缝)等情况；
- d) 煤矿开采可能导致的地表生态水位变化及其他生态环境问题调查。

#### 5.4 地下水水质及其污染调查：

- a) 矿井污水的处理、利用与排放情况；
- b) 地下水中主要含水层水化学类型及各化学组分的背景值；
- c) 地下水污染源的组成、污染途径、排放方式以及可能的污染范围和程度；
- d) 地下水污染防治的具体措施、实施情况和效果。

#### 5.5 地下水开采经济指标的调查：

- a) 疏、排水量的单位能耗( $1\text{m}^3$ 地下水所消耗的能量)和总的能耗量；
- b) 地下水、地表水及其他再生水源的单位成本和水价；
- c) 矿井污水处理费用。

### 6 地下水数值模拟模型的建立

#### 6.1 水文地质概念模型

6.1.1 模拟区边界可根据煤矿(区)实际情况选定在河流、分水岭、断层、隔水边界、补给边界或排泄边界等位置,按实际条件概化为第一类、第二类或第三类边界条件。垂向边界条件可概化为有水量交换的边界条件和无水量交换的边界条件。

6.1.2 含水层系统结构应根据含水层的类型、岩性、厚度、渗透系数(导水系数)、给水度(弹性给水度)等概化为均质、非均质、各向同性或各向异性的含水层,并进行水文地质参数分区。

6.1.3 地下水流运动状态应根据实际情况概化为稳定流或非稳定流,一维流、二维平面流或剖面流、三维流等。

6.1.4 源汇项应根据煤矿(区)水源井开采的特点,将其概化为单井或群井;降雨、蒸发、各类地表水的入渗补给以及上下含水层的顶托或下渗补给等应根据分布特征,将其概化为单元入渗补给强度或单元蒸发强度。

6.1.5 根据地下水流速大小将水中污染质的运移机制概化为分子扩散、对流弥散。

6.1.6 根据含水层内部结构特征、水动力弥散实验结果以及污染质运移途径调查等,判定水头和浓度在含水层内部三维方向上的变化情况,将地下水中污染质运移状态概化为一维流、二维流或三维流。

6.1.7 根据地下水中污染质的现状及其危害程度,选择合适的污染指标作为水质运移模型的特征因子。

6.1.8 采用相应软件构建水文地质模型。

## 6.2 数学模型及模拟方法

6.2.1 数学模型应包括描述地下水运动条件的偏微分方程和定解条件(边界条件与初始条件)。

6.2.2 数值模拟方法可根据实际条件选用有限单元法、有限差分法、边界元法等;数值模拟计算应优先考虑使用地下水数值模拟专业软件等。

## 6.3 模型的识别与检验

6.3.1 模型必须经过识别和检验后才可用于地下水管理模型的建立。

6.3.2 通过模型识别逐步修正水文地质参数分区和边界条件,使模型识别期计算数据与实际观测数据达到最好的拟合,识别时须有水位和流量数据,避免模型参数多解。

6.3.3 模型检验应通过对已识别模型的运转,比较模型计算数据与实际观测数据的拟合效果,看模型是否正确地描述了地下水系统的动态特征。

6.3.4 对于降深小的地区,要求水位拟合绝对误差小于 0.5 m 的节点必须占已知水位节点的 70% 以上;对于降深大的地区(大于 5 m)要求水位拟合相对误差小于 10% 的节点必须占已知水位节点的 70% 以上。

6.3.5 水质浓度的拟合精度应视进入模型的模拟因子的误差分析精度而定。一般情况下,拟合的绝对误差值应控制在分析误差精度以内,满足水质浓度误差精度要求的节点应占已知水质浓度节点的 50% 以上。

6.3.6 数值法地下水均衡的计算结果,应与常规水均衡方法的计算结果进行对比、相互验证。

## 6.4 建模要求

6.4.1 已知地下水位、水质控制点的分布应满足对各参数分区、主要边界、面状入渗区以及污染区等煤矿(区)不同水文地质条件地段的控制要求。

6.4.2 一般要求应有一个水文年以上的地下水动态观测系列资料用于模型的识别和验证,此外,根据建模的具体情况,也可对资料的观测提出专门要求。

6.4.3 煤矿(区)地下水集中开采量和疏排量的观测,宜与地下水水位、水质的观测同步进行。

6.4.4 地下水含水层系统的侧向或垂向边界存在较强的水量交换时,应尽可能开展水均衡论证或试验工作,求得水量的交换参数。

6.4.5 渗透系数、水动力弥散系数等参数可根据野外或室内试验实际测定,并选取代表性参数赋值。

6.4.6 数值模型在进行网格剖分时,应根据不同地段地下水水力梯度、水质浓度梯度以及精度要求等确定其网格剖分密度,特别是对于地下水溶质运移模型,网格剖分不宜过于稀疏。

## 7 地下水管理模型的建立

### 7.1 优化方法

7.1.1 地下水管理模型是将地下水数值模拟模型与最优化方法结合而形成的。最优化方法包括有线性规划、非线性规划、动态规划以及多目标规划等。线性规划和多目标规划是管理模型常用的优化方法。

7.1.2 线性规划问题的标准形式,线性规划法要求目标函数为线性函数,约束条件可用一组线性等式或线性不等式来表达,见公式(1)。

$$\text{目标函数} \quad \text{Max} \quad Z = \sum_{j=1}^n c_j x_j \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$\text{满足于} \quad \left\{ \begin{array}{l} \sum_{j=1}^n a_{ij} x_j = b_i \quad (i = 1, 2, \dots, m) \\ x_j \geq 0 \quad (j = 1, 2, \dots, n) \end{array} \right\} \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中:

- $Z$  —— 目标函数值;
- $c_j$  —— 价值系数( $j = 1, 2, \dots, n$ );
- $x_j$  —— 决策变量( $j = 1, 2, \dots, n$ );
- $a_{ij}$  —— 约束方程式系数( $i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n$ );
- $b_i$  —— 约束方程式右端项,  $b_i \geq 0$  ( $i = 1, 2, \dots, m$ )。

若目标函数为求最小值问题,即

$$\text{Min} Z = \sum_{j=1}^n c_j x_j \quad \dots\dots\dots (3)$$

可令  $Z' = -Z$ , 将其化为如下标准形式, 见公式(4):

$$\text{Max} Z' = - \sum_{j=1}^n c_j x_j \quad \dots\dots\dots (4)$$

对于约束条件为不等式的情况,可在其左端加上或减去一个非负的松弛变量,把它变为等式约束条件的标准形式。

7.1.3 多目标规划问题的标准形式,见公式(5)和公式(6)。

$$\text{目标函数} \quad \text{opt}[f_1(x), f_2(x), \dots, f_n(x)] \quad \dots\dots\dots (5)$$

$$\text{满足于} \quad \left\{ \begin{array}{l} g(x) = (\leq, \geq) 0 \\ X \geq 0 \end{array} \right. \quad \dots\dots\dots (6)$$

式中:

- $f_1(x), f_2(x), \dots, f_n(x)$  —— 目标,可以求最大,也可以求最小;
- $G(x)$  —— 约束函数;
- $x$  —— 决策变量;
- $X$  —— 决策变量集。

7.1.4 地下水管理中的线性规划问题可采用单纯形法求解,多目标规划问题可采用将多目标化为单目标法、分层求解法、混合优选法和目标规划法等求解。

### 7.2 管理模型

7.2.1 地下水管理模型由目标函数和约束条件两部分组成。目标函数用来表示地下水管理的目标,可以是单目标,也可以是多目标;约束条件用来表示在实现管理目标的过程中,所受到社会、经济、环境和



技术条件的限制。

7.2.2 地下管理模型主要包括地下水水量管理模型和地下水水质管理模型。

7.2.3 地下水水量管理模型所要达到的目标一般有最佳水位降,最优开采量、最优疏排水量等,应根据煤矿(区)的具体管理目标而定:

- a) 当管理目标为满足煤矿(区)供水要求的前提下,控制地下水位进一步下降时,目标函数可以求各节点水位总降深的最小值。此时,公式(4)中的  $Z'$  表示节点水位的总降深值( $L$ ),  $x_j$  为某时段第  $j$  节点水位降深值( $L$ )。
- b) 当管理目标为满足煤矿(区)地下水位达到最佳状态的前提下,控制地下水开采量或矿井疏排水量时,模型的目标函数可以求煤矿(区)总开采量或疏排水量的最大值。此时,公式(1)中的  $Z$  表示煤矿的总开采量或疏排水量,  $x_j$  为某时段第  $j$  节点的开采量。

7.2.4 上述各目标函数要求的约束条件可以归纳为:

- a) 均衡约束:以地下水流状态方程作为水均衡约束的等式约束条件。
- b) 资源量约束:煤矿(区)需水量之和不得大于当地可能的供水指标等。
- c) 需求约束:地下水开采量要满足煤矿(区)生产和生活用水的要求。
- d) 环境约束:为防治某些生态环境问题,地下水位埋深必须控制在某一临界深度,即矿井的疏排水量必须控制在一定范围内。
- e) 非负值约束。

7.2.5 对地下水水质管理模型,当管理的主要目标是为了求得地下水污染质排放的控制量时,其目标函数应是寻求地下水系统所能容纳的污染质的最大值。此时,公式(1)中的  $Z$  为地下水系统所能容纳的污染质的最大值,  $x_j$  为污水入渗量与某污染质的最佳排放浓度之积。

7.2.6 地下水水质管理模型约束条件为地下水流状态方程、地下水溶质运移的对流—弥散方程、不导致地下水污染的各污染质排放浓度限制以及非负值约束等。

7.2.7 地下水流状态方程和地下水溶质运移的对流—弥散方程具有微分方程的形式,只有通过有限差分法或有限单元法将它们变成线性代数方程组,才能纳入地下水管理模型的约束条件中去。

7.2.8 地下水管理模型求得最优解后,还应进行模型灵敏度分析,在保持模型最优解不变的条件下,确定模型中各参数的最大允许变化范围,避免模型发散,无最优解。

7.2.9 地下水管理模型应随着煤矿(区)有关的社会、经济、自然条件等的不断变化进行定期修正,以保证模型的精确性和可靠性。

### 7.3 最优方案选择

7.3.1 通过地下水管理模型计算,可得出若干个不同管理期内、不同开采条件下的地下水开发优化方案。

7.3.2 对各优化方案应从技术可行性、经济合理性、生态环境平衡、近期开发利用和远期规划相结合等方面进行综合分析和评价,排出方案的优先序,并给出地下水合理开发利用的推荐方案。

## 8 成果报告编制

成果报告由文字报告、成果图件和主要附表构成,编制应符合附录 A 的规定。

附 录 A

(规范性)

煤矿(区)地下水管理模型成果报告编写

A.1 文字报告

- a) 前言;
- b) 自然地理和经济社会发展概况;
- c) 矿井生产及采掘概况;
- d) 地质和水文地质条件;
- e) 地下水开发利用现状及主要生态环境问题;
- f) 地下水资源供需平衡分析;
- g) 地下水流数值模拟(包括概念模型、数学模型的建立、求解方法、模型识别、检验等);
- h) 煤矿(区)地下水管理模型(包括目标函数选择、约束条件的确定、优化方法和成果);
- i) 优化方案的选择及其综合评价;
- j) 对策和建议。

A.2 成果图件

- a) 实际材料图;
- b) 水文地质平面图、剖面图和柱状图;
- c) 地下水系统模拟成果系列图;
- d) 地下水管理模型成果系列图;
- e) 地下水合理开发利用和保护规划图。

A.3 主要附表

- a) 社会经济发展(人口、工农业)状况统计表;
  - b) 水文地质试验成果统计表;
  - c) 地下水和地表水动态观测资料统计表;
  - d) 水资源开发利用现状统计表;
  - e) 需水量预测及水资源供需平衡分析表。
-

# 中华人民共和国矿山安全行业标准

KA/T 11—2023  
代替 MT/T 878—2000

## 煤矿巷道矿山压力显现观测方法

Method of monitoring for behavior of rock pressure about the roadway  
in coal mines

2023-10-26 发布

2024-01-31 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 观测项目及仪器 .....	1
5 测站 .....	2
6 观测方法 .....	2
7 数量处理 .....	6
8 报告编写 .....	10
附录 A(资料性) 矿山压力数据记录表 .....	11

## 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。

本文件代替 MT/T 878—2000《煤矿巷道矿山压力显现观测方法》，与 MT/T 878—2000 相比，除结构调整和编辑性修改外，主要技术变化如下：

- a) 增加了 3 个术语和定义(见第 3 章)；
- b) 增加了压力显现的观测项目、观测类型及观测仪器(见 4.1)；
- c) 增加了日常监测中测站的布置间距(见 5.1.1)；
- d) 更改了综合测站的测站间距(见 5.1.2,2000 年版的 4.1)；
- e) 增加了锚杆锚索端部载荷的测点布置、测点安装、测量方法(见 6.4)；
- f) 增加了围岩体内部相对应力的测点布置、测点安装、测试方法(见 6.7)；
- g) 增加了锚杆(锚索)端部载荷数据处理方法(见 7.4)；
- h) 增加了围岩体内部相对应力数据处理方法(见 7.7)；
- i) 删除了统计观测的相关内容(2000 年版的第 5、7 章)。

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这些专利的责任。

本文件由中国煤炭工业协会提出。

本文件由煤炭行业煤矿专用设备标准化技术委员会归口。

本文件起草单位：天地科技股份有限公司、山东科技大学、北京中煤矿山工程有限公司、山西潞安矿业(集团)有限责任公司、山东思科赛德矿业安全工程有限公司。

本文件主要起草人：吴拥政、吴志刚、林健、刘志强、张镇、赵同彬、李文洲、吴建星、何杰、徐放艳、褚晓威、郝登云、王强。

本文件及其所代替文件的历次版本情况为：

——2000 年首次发布为 MT/T 878—2000；

——本次为第一次修订。

# 煤矿巷道矿山压力显现观测方法

## 1 范围

本文件规定了煤矿巷道矿山压力显现观测项目及仪器、测站与观测频率、观测方法、数据处理方法和报告编写。

本文件适用于煤矿巷道矿山压力显现的观测。

## 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/T 35056—2018 煤矿巷道锚杆支护技术规范

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**巷道顶板离层值** **roof separation displacement of roadway**

巷道顶板表面相对于顶板内部不同深度监测点的位移变化量。

### 3.2

**锚杆轴力** **axial stretch load of bolt**

锚杆与围岩相互作用过程中，锚杆杆体承受的轴向力。

### 3.3

**接触应力** **contact stress**

围岩表面与支护体（型钢、支架、混凝土喷层等）的相互作用单位面积力。

### 3.4

**锚杆端部工作载荷** **work load of bolt**

锚杆安装后，通过端部安装的测力计能够监测的锚杆轴向拉力。

### 3.5

**锚索端部工作载荷** **work load of cable**

锚索安装后，通过端部安装的测力计能够监测的锚索轴向拉力。

## 4 观测项目及仪器

### 4.1 观测项目

观测项目分为日常观测和综合观测，其相应的观测内容见表1。顶板离层是日常观测的必测项目；顶板离层、围岩表面位移、锚杆端部工作载荷、锚索端部工作载荷（锚杆支护巷道）是综合观测的必测项目，其余为选择项目，也可根据巷道矿压监测需要增加其他观测项目。

## 4.2 观测仪器

根据观测项目和观测内容选用相应的测量仪器,仪器综合误差小于1.5%,推荐使用仪器见表1。

表1 巷道观测项目及仪器

序号	观测项目	观测内容	支护类型	观测仪器	日常观测	综合观测
1	顶板离层	巷道顶板不同深度的径向位移	全部	顶板离层仪等	√	√
2	围岩表面位移	巷道顶底板移近量、两帮移近量;顶板下沉量、底鼓量;右帮移近量、左帮移近量	全部	测枪、测杆、收敛计、测尺、激光测距仪等	—	√
3	围岩深部位移	巷道围岩不同深度的径向位移	全部	多点位移计等	—	√
4	锚杆端部工作载荷	围岩体外部锚杆端部轴向拉力	锚杆支护	锚杆测力计等	—	√
5	锚索端部工作载荷	围岩体外部锚索端部轴向拉力	锚杆支护	锚索测力计等	—	√
6	接触应力	支护体与围岩体表面之间垂直应力	型钢支护	应力计等	—	—
7	锚杆轴力	加长锚固锚杆或者全长锚固锚杆轴向受力	锚杆支护	测力锚杆等	—	√
8	围岩体内部相对应力	围岩体内部相对应力	全部	钻孔应力计、空心包体等	—	√

注:支护类型分为锚杆支护、型钢支护、砌碛支护和联合支护。

## 5 测站

### 5.1 测站布置

#### 5.1.1 日常观测

煤层巷道中,相邻测站距离不大于50 m,岩巷中相邻测站距离不大于100 m,在复杂地段(参见 GB/T 35056—2018,定义 3.43)需增设观测点,或者按照煤矿安全法规的要求增设观测点。

#### 5.1.2 综合观测

地质条件单一的巷道,相邻测站间距为100 m~300 m,每条巷道不少于2个测站,每个测站布置不少于2个观测断面;同一条巷道中,当地质条件差异明显地段长度大于20 m时,该段巷道内应增设不少于1个测站。

试验巷道或重点观测的巷道(锚杆支护),应布置综合测站,且测站数量应不少于2个,相邻测站间距应为50 m~200 m,综合测站应不少于2个顶板离层监测,间距2 m~5 m;应不少于2个断面围岩表面位移监测,间距应不大于两排锚杆间距;应不少于6根锚杆端部载荷监测,顶板、两帮各不少于2根;有锚索加强支护巷道中,应不少于2根锚索端部载荷监测,间距2 m~5 m。



## 5.2 测站测点布置

日常观测和综合观测各项的测点应紧跟掘进工作面及时设置。回采期间需要补充综合测站时，测站安装位置需要根据现场条件确定。项目测点设置后，立即进行观测，按照数据记录表填写内容。

## 5.3 测站观测频率

根据现场条件和采用观测方法来确定观测频率，常见的有：

- a) 采用人工观测的，其观测频率通常由表面位移的变化速度确定，具体观测频率见表 2；也可按照安装 10 d 以内或距回采工作面 200 m 以内，每天观测 1 次，其他时间每周 1~2 次。
- b) 采用在线或者连续矿压监测系统对巷道矿压显现观测的，监测系统采集频率宜不低于 1 次/30 min。

表 2 人工观测频率

围岩表面位移速度 mm/d	观测频率
>5	1 次/d
1~5	1 次/2 d
<1	(1~2)次/14 d

## 6 观测方法

### 6.1 顶板离层

#### 6.1.1 测点布置

综合测站布置不少于 2 个顶板离层观测的断面，相邻 2 个监测断面间距 2 m~5 m，锚杆支护巷道中，顶板离层测点布置巷道两排锚杆中间。测点安装在巷道顶板中线位置，垂直巷道顶板，因现场条件，测点不能与顶板中线重合时，需标明测点和中线的相对位置，测点布置如图 1 所示。

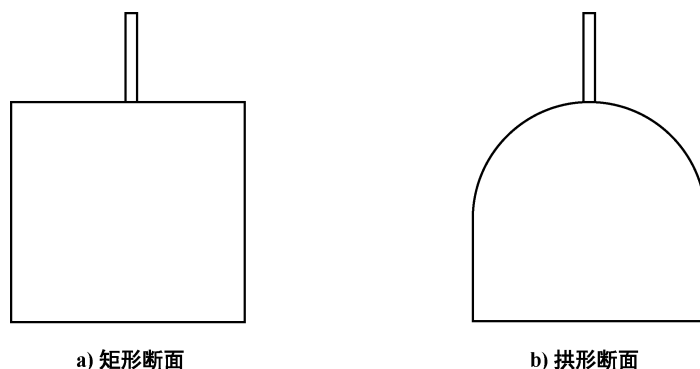


图 1 顶板离层测点布置示例图

#### 6.1.2 测点安装

顶板离层监测按现场监测要求布设。以双高度顶板离层指示仪为例，安装方法参见 GB/T 35056—

2018 中附录 C。

### 6.1.3 测试方法

顶板离层按照使用仪器说明书进行测量,以双高度顶板离层指示仪为例,测量方法参见 GB/T 35056—2018 中附录 C。深部锚头为观测的不动点,观测巷道顶板相对于深部锚头位移,测量准确度需达到 1 mm,具体方法如下:

- a) 浅部离层值是外侧筒相对于套管的变化量;
- b) 深部离层值是内测筒相对于外侧筒的变化量;
- c) 顶板离层值是浅部离层值和深部离层值两者之和,并把各个数据填入附录表 A.1 中。

## 6.2 围岩表面位移

### 6.2.1 测点布置

综合测站中布置不少于 2 个围岩表面位移观测断面,且 2 个断面间距应不大于两排锚杆间距,巷道断面测点布置按图 2 所示方式进行。通常采用“十”字布点布置,如图 2a 所示,水平测线  $a-b$  需与巷道腰线重合,垂直测线  $c-d$  需与巷道中垂线重合。因现场条件,水平测线不能与腰线重合时,需标明水平测线和腰线的相对位置;垂直测线不能与巷道中垂线重合,需标明垂直测线和中垂线的相对位置。也可根据巷道断面形状、宽高及工程重要性,测线数量可在十字布点法的基础上增至 6 条,如图 2b 所示。

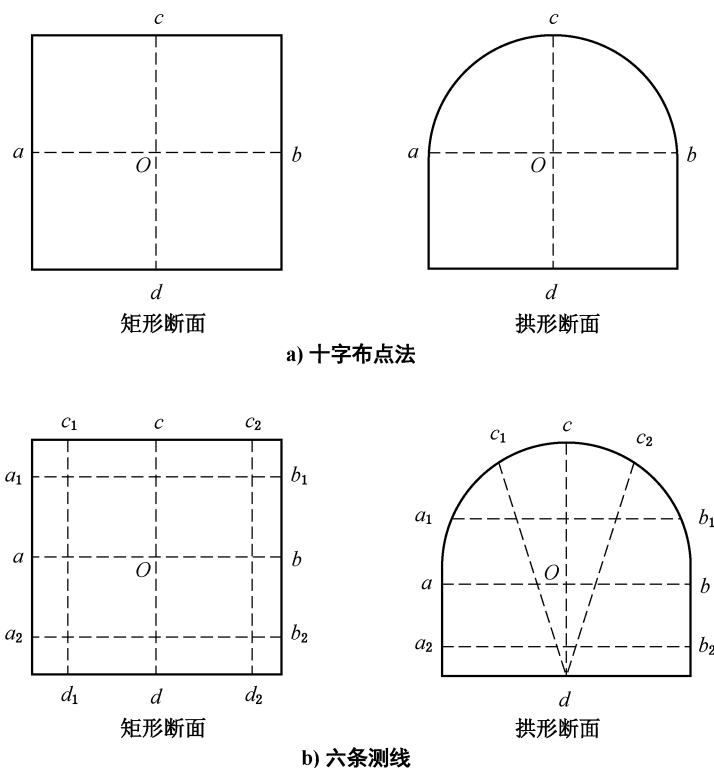


图 2 围岩表面位移测点布置示例图

### 6.2.2 测点安装

围岩表面位移按现场监测要求布设,采用十字布点法安设表面位移监测断面。在巷道顶底板中垂线方向和两帮腰线水平方向(图 2a 中的  $a$ 、 $b$ 、 $c$ 、 $d$ )钻孔,4 个钻孔的直径不小于 28 mm、孔深不小于

400 mm,将与钻孔直径和深度配套的木桩打入孔中。顶板和左帮木桩端部安设弯形测钉,底板和右帮木桩端部安设平头测钉。

### 6.2.3 测试方法

围岩表面位移采用相对变化量的观察方法,即把第一次的观测数据作为基准,第一次观测数据减每次观测数据计算差值,差值为巷道围岩的表面位移,测量准确度需达到 1 mm。不同点的测量方法为:

- a) 顶底板移近量、顶板下沉量与底鼓量的测量方法是在  $a$ 、 $b$  之间拉紧测绳,使用测量仪器,测读  $cd$ 、 $co$  值; $cd$  值为顶底板之间的距离, $co$  为顶板到中心  $o$  的距离, $do$  为底板到中心  $o$  的距离。把各个数据填入附录表 A.2 中,计算每次观测的顶底板移近量、顶板下沉量与底鼓量。
- b) 两帮移近量、左帮移近量与右帮移近量的测量方法是在  $c$ 、 $d$  之间拉紧测绳,使用测量仪器,测读  $ao$ 、 $ab$  值; $ab$  为两帮之间的水平距离, $ao$  为左帮到巷道中心的距离, $ob$  为右帮到巷道中心的距离。把各个数据填入附录表 A.2 中,计算每次观测的两帮移近量、左帮移近量和右帮移近量。

## 6.3 围岩深部位移

### 6.3.1 测点布置

综合测站布置不少于 2 个围岩深部位移观测的断面,相邻监测断面间距 2 m~5 m,巷道顶板应布置 1 个测孔,也可在两帮各布置 1 个测孔,顶板钻孔应在顶板中部垂直巷道顶板,两帮钻孔应在巷道腰线垂直巷道两帮,如图 3 所示。根据需要,可在其他有代表性的位置增设测孔。

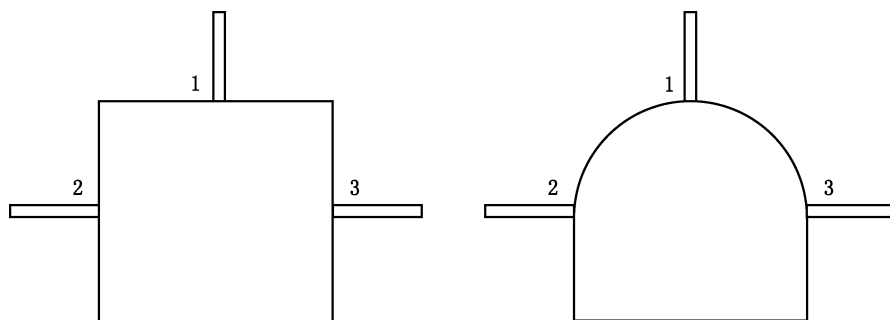


图 3 围岩深部位移测点布置示例图

### 6.3.2 测点安装

围岩深部位移按现场监测要求布设,测孔的深度和测孔内测点的数量应根据围岩的稳定性和巷道跨度等因素综合考虑确定,但测孔深度应大于巷道跨度的 1.5 倍,孔内测点应不少于 4 个。按测量仪器的使用方法安装,测量围岩体深部位移。

### 6.3.3 测量方法

围岩深部位移采用相对变化量的观察方法,即围岩表面相对于围岩内部不同深度各测点之间的位移变化量。按测量仪器的使用方法,计算测孔内各测点的相对位移,测量准确度需达到 1 mm,数据填入附录表 A.3 中。

## 6.4 锚杆(锚索)端部工作载荷

### 6.4.1 测点布置

#### 6.4.1.1 锚杆端部载荷测点布置

锚杆端部载荷监测根据锚杆支护设计的要求,在有代表性的位置布置测点。例如,在巷道顶板的中部和边角处,两帮腰线和边角处布置。综合观测断面需布置不少于6根锚杆端部载荷,测点在巷道顶板、两帮各不少于2根,也可根据需要增加其他锚杆端部载荷监测。

#### 6.4.1.2 锚索端部载荷测点布置

锚索支护巷道中,在有代表性的位置布置锚索端部载荷监测。例如,在巷道顶板的中部布置。综合观测中,布置不少于2根锚索端部载荷,相邻2根锚索间距2 m~5 m,也可根据需要增加其他锚索端部载荷监测点。

### 6.4.2 测点安装

按矿压监测设计要求安设测力计,锚杆(锚索)测力计应安装于螺母(锁具或其他类似锁紧备件)和球垫(托盘)之间。

### 6.4.3 测量方法

测力计安装之前,依据测力计的使用说明书记录测力计的初始值,安装之后记录测力计的输出值,按照测力计使用说明记录锚杆(锚索)端部载荷,测量准确度需达到1 kN,并把监测数据填入附录表A.4中。

## 6.5 接触应力

### 6.5.1 测点布置

根据巷道支护形式、支护结构及巷道断面大小确定测点的位置和数量。

### 6.5.2 测点安装

按矿压监测设计要求布置接触应力观测断面,观测断面中顶板应不少于3个测点,两帮测点各不少于2个。应力计应安装于围岩表面和支护体之间。

### 6.5.3 测量方法

按监测设计安装应力传感器,测量各侧点的接触应力,测量准确度需达到1 MPa,并填入附录表A.5中。

## 6.6 锚杆轴力

### 6.6.1 测点布置

根据监测方案布置锚杆轴力观测断面,测量锚固段锚杆与围岩之间作用力(测力锚杆的轴力),测力锚杆的规格应与工程中使用的锚杆规格相同,并在安设位置取代普通锚杆。

### 6.6.2 测点安装

按矿压监测设计要求安设测力锚杆,在巷道顶板的中部和边角处安装测力锚杆,需施加初始预紧力。

### 6.6.3 测量方法

按测力锚杆使用说明,计算测力锚杆上各测点的轴力,测量准确度需达到 1 kN,并填入附录表 A.6 中。

## 6.7 围岩体内部相对应力

### 6.7.1 测点布置

根据监测方案布置围岩体内部应力观测断面,在巷道两帮或者顶板进行不同深度应力测量。

### 6.7.2 测点安装

按矿压监测设计要求安设钻孔应力计、空心包体等。

### 6.7.3 测量方法

安装应力监测仪器,并按使用说明进行应力监测,测量准确度需达到 1 MPa,记录监测数据并填入附录表 A.7 中。

## 7 数量处理

### 7.1 顶板离层位移数据处理

#### 7.1.1 数据计算

顶板离层数据计算方法如下:

- a) 离层仪的测量时间计算是当观测断面距离掘进工作面 2 m 内安装测点时,则该断面的测量累计天数即为离层仪测量时间;在掘进工作面后方一段距离处安设测点时,则该观测断面的离层仪安装时间为测量累计天数加上安装测点时掘进工作面已推过测点位置的天数。
- b) 顶板离层是分别计算浅部顶板离层、顶板离层。
- c) 离层速度是顶板离层值增量除以相应的测量时间间隔,单位为毫米每天(mm/d)。

#### 7.1.2 数据处理

7.1.2.1 掘进与稳定阶段的顶板离层位移观测数据,按离层位移与测量时间(以下简称时间)的关系或者按位移与掘进工作面的距离关系进行处理。当围岩变形受采动影响时,受影响范围内的数据按离层位移与测点断面和回采工作面水平距离(以下简称距离)的关系进行处理。

7.1.2.2 重点观测断面或有代表性观测断面的观测数据,可在位移、速度与时间坐标系中绘制观测断面的离层位移变化曲线,如图 4 所示的掘进期间顶板离层变化曲线;也可在位移、速度与距离坐标系中直接绘制各个观测断面离层位移变化曲线,如图 4 所示的回采期间顶板离层变化曲线。

### 7.2 围岩表面位移数据处理

#### 7.2.1 数据计算

围岩表面位移数据计算方法如下:

- a) 围岩暴露时间的计算是在观测断面距离掘进工作面 2 m 内安装测点时,该断面的测量累计天数即为围岩暴露时间;在掘进工作面后方一段距离处安装测点时,则该观测断面的围岩暴露时间为测量累计天数加上安装测点时掘进工作面已推过测点位置的天数。
- b) 围岩表面位移量是将各次测量读数减去其初次读数,计算出各次测量的围岩表面位移量;当测

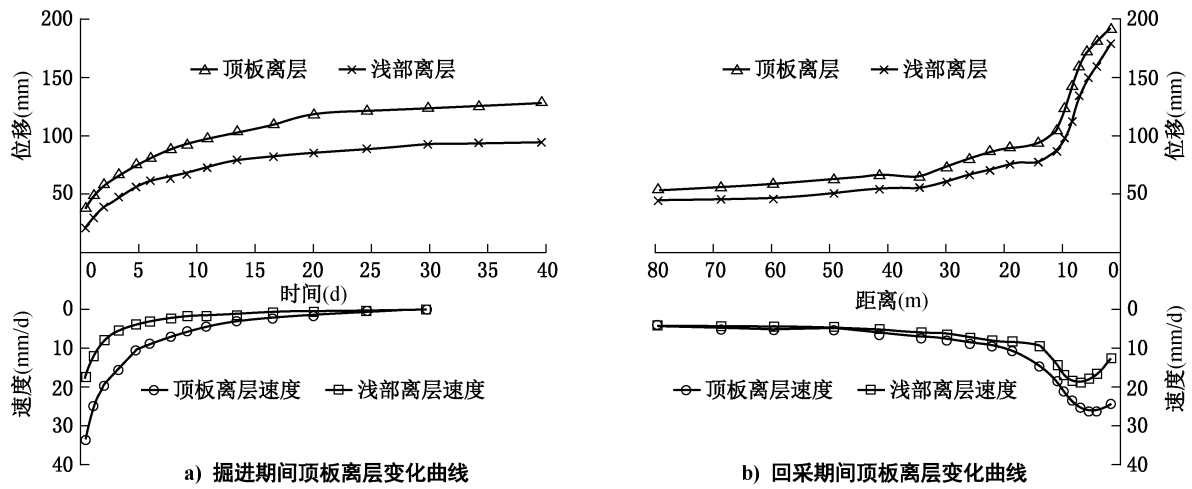


图 4 顶板离层曲线示例图

量断面在掘进工作面后方一段距离布置时,该断面每次测量得到的位移量应加上测点安设时围岩已经产生的位移值,该位移值可以根据在掘进工作面安设的其他测点测得的位移值来确定。

c) 位移速度是围岩表面位移增量值除以相应的测量间隔时间,单位为毫米每天(mm/d)。

### 7.2.2 数据处理

7.2.2.1 掘进与稳定阶段的围岩表面位移观测数据,按位移与围岩暴露时间(以下简称时间)的关系或者按位移与掘进工作面的距离关系绘曲线图。当围岩变形受采动影响时,受影响范围内的数据按位移与测点断面和回采工作面水平距离(以下简称距离)的关系绘图。

7.2.2.2 重点观测断面或有代表性观测断面的观测数据,可在位移、速度与时间坐标系中绘制观测断面的位移变化曲线,如图 5 所示的掘进期间位移变化曲线;也可在位移、速度与距离坐标系中直接绘制各个观测断面位移变化曲线,如图 5 所示的回采期间位移变化曲线。

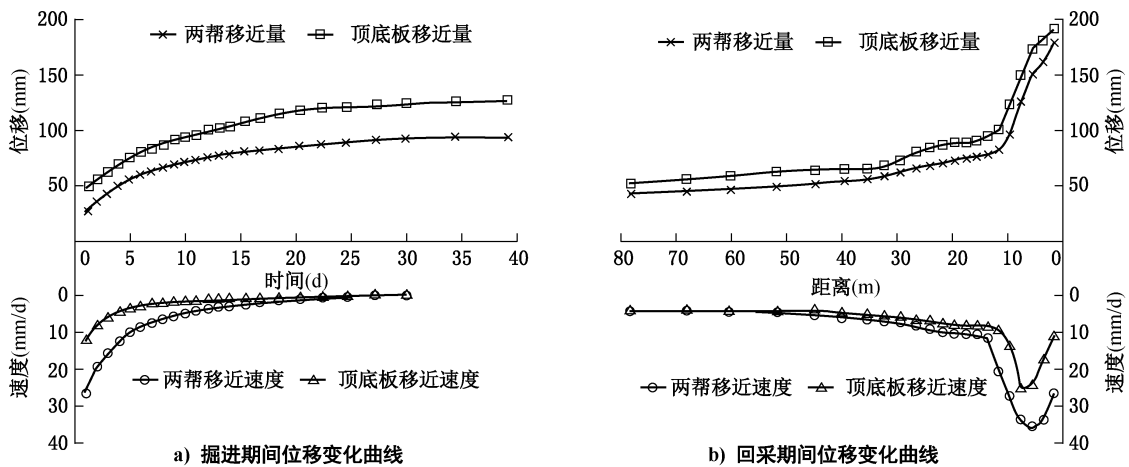


图 5 深部位移曲线示例图

### 7.3 围岩深部位移数据处理

#### 7.3.1 数据计算

围岩深部位移测量时,把钻孔内部最深的测点作为基准点,测点位移指钻孔内部不同深度的测点与孔

口围岩表面的相对位移,将最深测点与孔口的位移减去各测点相对孔口位移得到各测点与基准点的位移。

围岩深部位移测量时,观测仪器安装累计天数即为深部位移的测量时间。

### 7.3.2 数据处理

围岩深部各测点的位移与时间的关系曲线,如图6所示的掘进期间深部位移变化曲线;位移与距离的关系曲线,如图6所示的回采期间深部位移变化曲线。

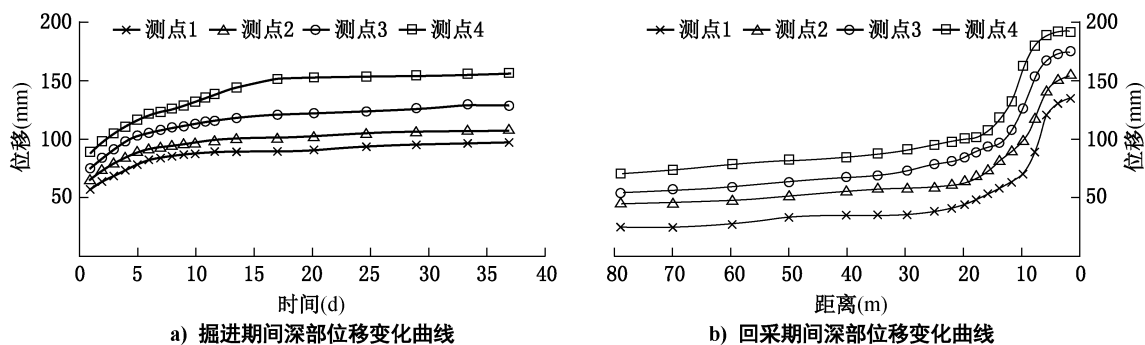


图6 围岩深部位移曲线示例图

## 7.4 锚杆(锚索)端部载荷数据处理

### 7.4.1 数据计算

按照所用测力计的使用说明,计算锚杆(锚索)的端部载荷,宜采用应变式锚杆(锚索)测力计进行端部载荷监测,传感器需具有一定的偏载调整能力。

锚杆(锚索)端部载荷测量时,测力计安装累计天数即为锚杆(锚索)端部载荷的测量时间。

### 7.4.2 数量处理

锚杆(锚索)端部载荷与围岩深部位移数据处理方法类似,但纵坐标为锚杆(锚索)端部载荷轴力(kN),如图7所示。

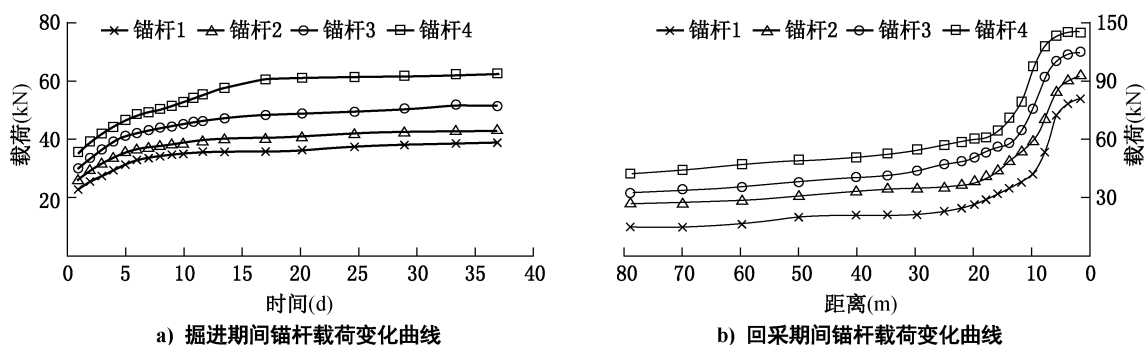


图7 锚杆端部载荷曲线示例图

## 7.5 接触应力数据处理

### 7.5.1 数据计算

按所用应力监测仪器的使用说明,确定或计算各测点的接触应力。接触应力测量时,观测仪器安装

累计天数即为接触应力的测量时间。

### 7.5.2 数据处理

由观测数据绘制观测断面各测点的接触应力与时间的变化曲线,如图 8 所示的掘进期间接触应力变化曲线;接触应力与距离的变化曲线,如图 8 所示的回采期间接触应力变化曲线。

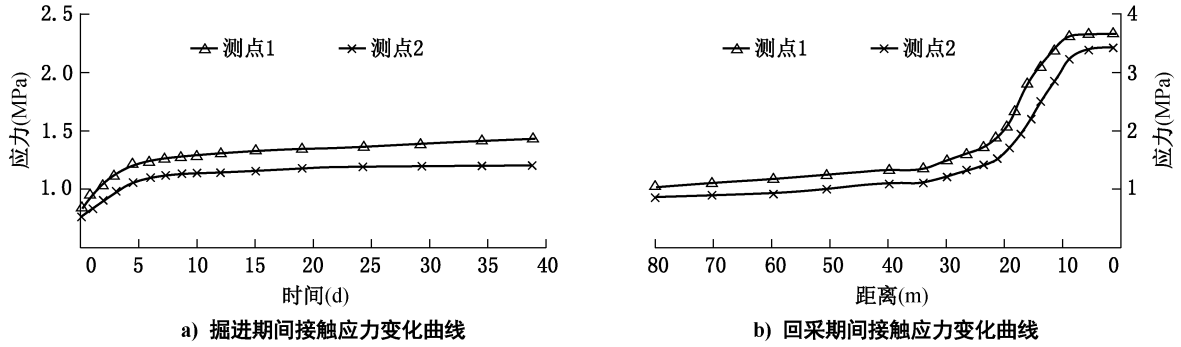


图 8 接触应力曲线示例图

## 7.6 锚杆轴力数据处理

### 7.6.1 数据计算

按测力锚杆的轴力计算方法,计算测力锚杆不同位置测点的轴力。

### 7.6.2 数量处理

以锚杆轴力为横坐标,测力锚杆杆体的不同位置测点为纵坐标,绘制锚杆轴力分布曲线,如图 9 所示。

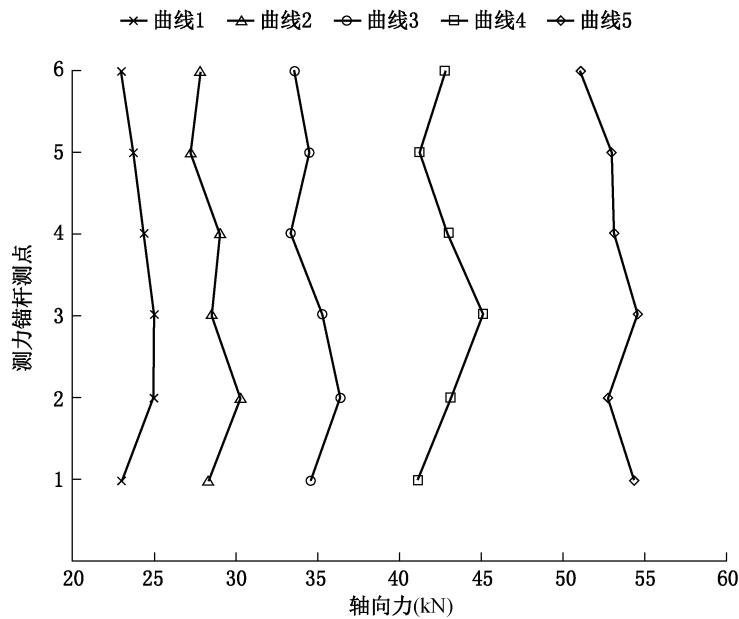


图 9 锚杆轴力曲线示意图



## 7.7 围岩体内部相对应力数据处理

### 7.7.1 数据计算

按所用应力监测仪器的使用说明,确定或计算各测点的围岩体内部相对应力。围岩体内部应力测量时,观测仪器安装累计天数即为应力的测量时间。

### 7.7.2 数据处理

根据观测数据,绘制观测断面各测点的围岩体内部相对应力与时间的变化曲线,如图 10 所示的掘进期间内部应力变化曲线;内部应力与距离的变化曲线,如图 10 所示的回采期间内部应力变化曲线。

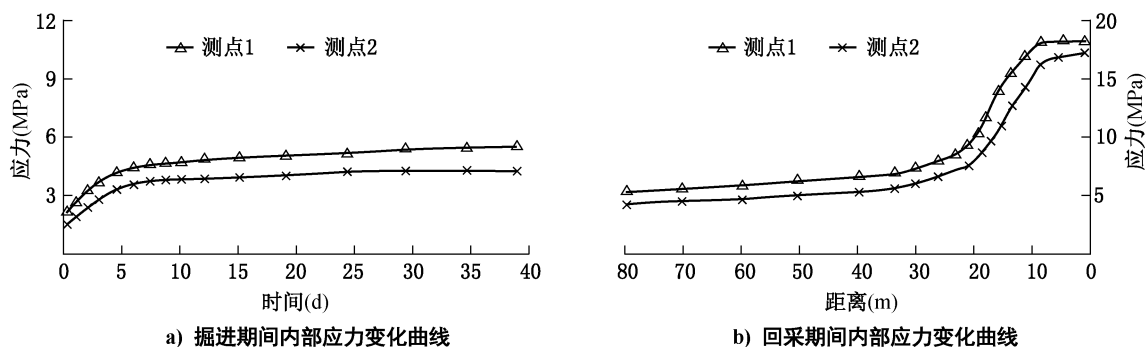


图 10 围岩体内部相对应力曲线示例图

## 8 报告编写

巷道矿山压力显现观测报告的编写内容主要包括:观测目的、观测项目、观测地点、观测时间、测区地质及生产条件、测站与测点布置、使用仪器、观测结果与分析、结论与建议等。

附 录 A  
(资料性)  
矿山压力数据记录表

表 A.1 顶板离层记录表

巷道名称:		测站编号:		观测断面编号:			观测人:	
日期		距离 m	读数 mm			备注		
月 日	时 分		外测筒	内测筒	顶板离层			
⋮								

注：“距离”一栏记录观测断面距掘进工作面或回采工作面的距离；“备注”一栏中注明掘进或者回采。

表 A.2 围岩表面位移记录表

巷道名称:		测站编号:		观测断面编号:				观测人:	
日期		距离 m	$a-b$	$c-d$	$a-o$	$b-o$	$c-o$	$d-o$	备注
月 日	时 分		m	m	m	m	m	m	
⋮									

注：“距离”一栏记录观测断面距掘进工作面或回采工作面的距离；“备注”一栏中注明掘进或者回采。

表 A.3 深部围岩位移记录表

巷道名称:		测站编号:		观测断面编号:				观测人:	
日期		距离 m	测点读值 m						备注
月 日	时 分		1	2	3	4	5	6	
⋮									

注 1：“距离”一栏记录观测断面距掘进工作面或回采工作面的距离；在“备注”一栏中注明掘进或者回采。  
注 2：“测点读值”记录每个测点距孔口围岩表面的距离。

表 A.4 锚杆(锚索)端部载荷记录表

巷道名称:		测站编号:		观测断面编号:				观测人:	
锚杆 (锚索)	直径 mm			破断载荷 kN					
	型号			预紧力 kN					
日期		距离 m	端部载荷 kN						备注
月 日	时 分		1	2	3	4	5	6	
:									
注 1:“距离”一栏记录观测断面距掘进工作面或回采工作面的距离;在“备注”一栏中注明掘进或者回采。 注 2:“端部载荷”下方一栏的阿拉伯数字(1、2……6)为锚杆(锚索)编号。									

表 A.5 接触应力记录表

巷道名称:		测站编号:		观测断面编号:				观测人:	
日期		距离 m	测点读值 MPa						备注
月 日	时 分		1	2	3	4	5	6	
:									
注:“距离”一栏记录观测断面距掘进工作面或回采工作面的距离;在“备注”一栏中注明掘进或者回采。									

表 A.6 锚杆轴力记录表

巷道名称:		测站编号:		观测断面编号:				观测人:	
日期		距离 m	测点读值 kN						备注
月 日	时 分		1	2	3	4	5	6	
:									
注:“距离”一栏记录观测断面距掘进工作面或回采工作面的距离;在“备注”一栏中注明掘进或者回采。									

表 A.7 围岩内部相对应力记录表

巷道名称:		测站编号:		观测断面编号:			观测人:		
日期		距离 m	测点读值 MPa						备注
月	日		1	2	3	4	5	6	
⋮									
注：“距离”一栏记录观测断面距掘进工作面或回采工作面的距离；在“备注”一栏中注明掘进或者回采。									

## 中华人民共和国矿山安全行业标准

KA/T 12—2023

### 回采工作面无线电波透视探测方法

The method of radio wave perspective detection in coal mining face

2023-10-26 发布

2024-01-31 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 一般规定 .....	3
5 仪器设备 .....	4
6 探测数据采集 .....	5
7 资料处理 .....	8
8 成果提交 .....	10
附录 A(资料性) 井下回采工作面无线电波透视法现场记录表(定点法) .....	11
附录 B(资料性) 井下回采工作面无线电波透视法现场记录表(同步法) .....	12
附录 C(资料性) 煤矿井下回采工作面无线电波透视工作流程 .....	13

## 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。

本文件由中国煤炭工业协会提出。

本文件由煤炭行业煤矿专用设备标准化技术委员会归口。

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这些专利的责任。

本文件起草单位：华阳新材料科技集团有限公司、重庆大学、中煤科工集团重庆研究院有限公司、安徽省皖北煤电集团有限责任公司、山西焦煤集团有限责任公司、中煤科工西安研究院(集团)有限公司。

本文件主要起草人：刘最亮、吴燕清、范德元、胡运兵、齐振洪、杨智华、张新、康跃明、吴昊、解奕伟、段中稳、段建军、王锋、伍晓龙、张哲、杨舜。

本文件为首次发布。



# 回采工作面无线电波透视探测方法

## 1 范围

本文件规定了煤矿回采工作面无线电波透视探测方法的术语和定义、基本要求、探测方法、数据采集和处理、探测资料解释和探测成果提交。

本文件适合于煤矿回采工作面无线电波透视勘查作业。

## 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/T 14499—1993 地球物理勘查技术符号

GB/T 23694 风险管理术语

AQ 1043—2007 矿用产品安全标志标识

MT/T 693—2019 矿用无线电波透视仪通用技术条件

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

#### 无线电波透视法 radio wave perspective method

地质异常体与正常的煤层具有显著电性参数的差异,无线电波透视法是在工作面巷道或钻孔中发射电磁波,通过工作面另外一条巷道或钻孔接收对面穿透煤(岩)层无线电波的场强,运用无线电波反演算法,推断地质异常体的属性和空间位置的一种探测方法。主要应用于工作面内隐伏地质构造的探测,并对陷落柱、煤层厚度、夹矸变化带、冲刷带、岩浆岩侵入带等地质异常体有效。

### 3.2

#### 井下无线电波背景值 underground radio wave background value

在探测区域,选择需要的探测频率,测量发射机处于关停状态,接收机接收到的电场强度,即为该探测频率的井下无线电波背景值,通常用分贝(dB)表示。

### 3.3

#### 探测频率 probe frequency

回采工作面探测时,可选择不同的探测频率,无线电波透视仪的发射机与接收机要求选择同一探测频率,通常用千赫兹(kHz)表示。

### 3.4

#### 初始场强值( $H_0$ ) initial field strength value

平行巷道或者钻孔内框型发射天线的平面方向的最大发射电磁场强度,通常用分贝(dB)表示。

### 3.5

#### 衰减系数( $\beta$ ) attenuation coefficient

煤层或者其他岩层介质每米(m)对无线电波场强的吸收能力,通常用分贝每米(dB/m)表示,用负号

表示吸收(衰减)电磁波能力。衰减系数值主要受无线电波频率、地下煤(岩)层介电常数、磁导率、电阻率的大小影响。

## 3.6

**理论场强值( $H_L$ ) theoretical field strength value**

从发射点发射的无线电波穿过衰减系数为 $\beta$ 的煤(岩)层后,到达穿透距离的 $r$ 的接收点,通过公式(1)计算出接收点的理论场强值 $H_L$ ,通常用分贝(dB)表示。

## 3.7

**实测场强值( $H_i$ ) measured field strength value**

无线电波发射电磁波初始场强从发射点经过煤(岩)层介质衰减后,接收机在第 $i$ 个测点实测的电磁场强度的值,通常用分贝(dB)表示。

## 3.8

**相对衰减值( $\eta$ ) relative attenuation value**

无线电波穿过煤(岩)层介质后,第 $i$ 个接收点的实测场强值减去理论场强值,即相对衰减值 $\eta = \text{实测场强 } H_i - \text{理论场强 } H_L$ ,通常用分贝(dB)表示。地质构造发育带比正常煤层的无线电波吸收能力强,相对衰减值 $\eta$ 为负数。但比煤层电阻率高的岩层例外,如灰岩等。

## 3.9

**无线电波透视 CT 反演算法 radio perspective CT inversion algorithm**

无线电波透视定点法探测数据,经工作面网格化,进行不同无线电波 CT 成像反演计算,求得每个网格相对衰减值 $\eta$ ,最大限度接近每个网格的真实相对衰减值 $\eta$ 。

## 3.10

**无线电波透视 CT 成像 radio wave perspective CT imaging**

通过无线电波透视 CT 反演算法计算出探测工作面划分的网格相对衰减值 $\eta$ ,根据 $\eta$ 值形成工作面内相对衰减值等值线、区域色块的 CT 成像图,用于分析地质构造位置。

## 3.11

**理论场强衰减曲线 theoretical field strength attenuation curve**

同一发射点发射的无线电波,根据公式(1)计算出不同位置的接收点的理论场强值 $H_L$ ,连接各接收点的数据形成的图件称作理论场强衰减曲线。通常纵坐标用分贝(dB)表示,横坐标用不同位置的接收点(点号)表示。

## 3.12

**实测场强衰减曲线 measured field strength attenuation curve**

同一发射点发射的无线电波,根据不同位置的接收点接收的实测场强 $H_i$ ,连接各接收点号的实测场强值形成的图件称作实测场强衰减曲线。通常纵坐标用分贝(dB)表示,横坐标用不同位置的接收点(点号)表示。

## 3.13

**相对衰减值曲线 relative attenuation curve**

同一发射点发射的无线电波,根据不同位置的接收点接收的相对衰减值 $\eta$ ,连接各接收点号的相对衰减值形成的图件称作相对衰减曲线。通常纵坐标用分贝(dB)表示,横坐标用不同位置的接收点(点号)表示。

## 3.14

**综合曲线 synthetic curve**

将理论场强衰减曲线、实测场强衰减曲线、相对衰减曲线绘制在同一张二维坐标图中,其中理论场强衰减曲线、实测场强衰减曲线用左边纵坐标来表示,相对衰减曲线用右边纵坐标来表示。通常纵坐标用分贝(dB)表示,分辨率刻度 1 dB。

## 3.15

**无线电波透视 CT 成像图 radio wave perspective CT image**

无线电波透视 CT 成像反演算法计算出工作面每个网格的相对衰减值形成的图件称作无线电波透视

成像图。纵坐标是工作面的宽度,通常用米(m)来表示;横坐标是回采工作面的长度,通常用米(m)来表示。

根据相对衰减值的最大值和最小值,每间隔 5 dB 用一种颜色。0 dB~ -5 dB 范围用绿色表示, -5 dB~-10 dB 用浅蓝色,小于 -10 dB 时每负 5 dB 用更深的蓝色表示;0 dB~5 dB 用浅绿色表示,大于 5 dB 时,每 5 dB 用更深的红色表示。

图的右边要有相对衰减值和颜色一一对应的图例,制图要求按照 GB/T 14499—1993 地球物理勘查技术符号要求绘制。

### 3.16

#### 测点射线交汇图 ray intersection diagram of measuring point

将无线电波探测区域所有发射点与接收点之间的射线交汇区域绘制出来,反映探测区域的探测叠加次数和探测的空白区域,如图 1 所示。

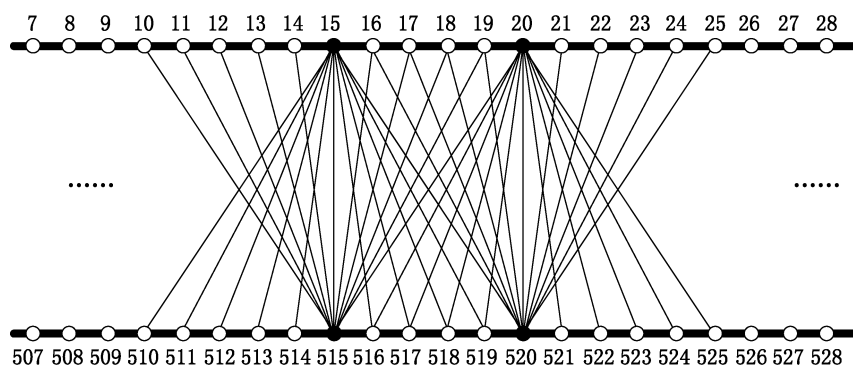


图 1 测点射线交汇图

## 4 一般规定

### 4.1 探测环境与适用条件

回采工作面无线电波透视探测方法适用于无强电磁干扰的环境,电磁干扰源主要指大型金属设备、大型机电设备和动力电缆等。

最佳探测时间:回采工作面刚刚形成,大型金属设备或机电设备还没有铺设,电磁干扰源小。

减少电磁环境干扰的办法有:动力电缆停电、断电等处理,可根据现场条件选择。

回采工作面现场条件是否适合探测,根据 6.6 进行判断。

### 4.2 工作人员要求

回采工作面无线电波透视探测作业一般要求:发射机操作员 1 名,发射天线辅助工 2 名,接收机操作人员 1 名,辅助人员 1 名,接收和发射操作人员均需要通过专门的培训。解释人员要求具有地质、物探相关专业知识的培训。

### 4.3 地质资料搜集

回采工作面无线电波透视探测数据采集前,需要收集探测工作面及邻近地区有关地质构造类型、水文地质条件、前期是否有其他物探成果、钻探分布位置和封孔质量等资料,重点需要收集回采工作面地质说明书和采掘工作面平面图。分析回采工作面巷道掘进揭露的地质资料、水文资料、钻孔资料,为设计工作面探测方案和无线电波透视探测成果地质解释准备。

4.4 探测数据记录要求

- 4.4.1 回采工作面无线电波透视探测正式开展前,应记录发射机在无线电波发射、停止状态下同一接收点的无线电波实测场强值,确定无线电波透视探测数据的有效性。
- 4.4.2 回采工作面进行无线电波透视探测时,发射点附近应记录有无地质、水文、构造、机电设备等异常情况;接收点附近应记录有无地质、构造、水文、机电设备和各类传感器等异常情况。
- 4.4.3 回采工作面无线电波透视探测的测点编号要按照递增或者递减的顺序编制,防止错编、漏编、重复编,图上测点与井下工作面的编号严格对应,便于后续解释分析地质异常体位置使用。
- 4.4.4 煤矿井下回采工作面无线电波透视探测工作流程见附录 C。

4.5 基本公式

假设辐射源(天线轴)中点  $O$  为原点,在近似均匀、各向同性水平或近水平地层中,观测点  $P$  到  $O$  点的距离为  $r$ ,  $P$  点的无线电波场强度  $H_p$  可表示为

$$H_p = H_0 \frac{e^{-\beta r}}{r} f(\theta) \dots\dots\dots (1)$$

式中:

- $H_0$  ——初始场强,单位为分贝(dB);
  - $\beta$  ——地层对无线电波的吸收系数,单位为分贝每米(dB/m);
  - $r$  —— $P$  点到  $O$  点的直线距离,单位为米(m);
  - $f(\theta)$  ——方向性因子, $2\theta$  为天线夹角,单位为度( $^\circ$ )。
- 当天线夹角不超过  $40^\circ$ ,可简化为  $f(\theta) = \cos\theta$  来计算。

5 仪器设备

5.1 组成

回采工作面无线电波透视仪一般由巷道发射机、巷道接收机、框型发射线圈、环形接收天线、钻孔发射机、钻孔接收机和资料处理机等组成。

5.2 仪器设备的要求

回采工作面无线电波透视仪应满足 MT/T 693—2019《矿用无线电波透视仪通用技术条件》的要求。仪器应 5 年送厂家检测一次。仪器铭牌应符合 AQ 1043—2007《矿用产品安全标志标识要求》的规定。

5.3 仪器探测频率

回采工作面无线电波透视仪最低探测频率应大于 0.3 MHz,有条件的工作面开展 2 个以上频率探测数据采集。

5.4 发射天线要求

回采工作面无线电波透视仪的发射天线为框型,接收天线为环形。钻孔接收与发射天线要有防水功能,发射和接收时应尽可能远离金属、电缆。

5.5 仪器连续工作时间

回采工作面无线电波透视仪连续工作时间不小于 6 h。在规定的工作时间内,探测仪不应出现欠压关机,满足一次探测 2 个频率的需求。

## 6 探测数据采集

### 6.1 基本要求

6.1.1 探测数据采集前,确定探测工作方法(定点法还是同步法)、测点间距(一般 10 m)、发射点间隔(一般 50 m)。测点应在巷道的侧帮上醒目标定,实际测点标号与回采工作面工程图的坐标点要关联对应。

6.1.2 回采工作面无线电波透视前应检查仪器电量是否充足、仪器工作是否正常。

6.1.3 探测数据采集前,有条件的地方可按 6.4 进行试验,确定初始场强  $H_0$ 、吸收系数  $\beta$  的数值。当接收背景值大于 10 dB~20 dB 时,检查干扰源,接收天线离开周边的机电设备。当发射机发射时,实测场强值有效判断见 6.6。在保证透视距离的前提下,应尽可能选择较高的发射频率探测。

6.1.4 为了保证发射与接收探测的同步,需要严格遵守制定的探测时间表格,原则上发射机发射时间 3 min,发射机搬家 2 min,发射间隔 50 m,接收范围 100 m。

### 6.2 准备工作

#### 6.2.1 测点布置

测点的位置应根据探测设计技术方案,在巷道帮上、管道或者支架上将布置的测点编号标出,标号字迹清晰,不可重号或漏号。

#### 6.2.2 探测频率选择

回采工作面无线电波透视探测频率依据仪器的穿透能力、工作面的宽窄、煤层电阻率、介电常数进行最优选择。

一般工作面宽度小于 100 m,探测频率选择 1.5 MHz;工作面宽度 100 m~200 m,探测频率选择 0.3 MHz 或者 0.5 MHz;工作面宽度大于 200 m,探测频率选择 0.3 MHz。在能穿透的情况下,尽量选择探测频率较高的频率进行探测。

### 6.3 天线夹角

框型发射天线平面与垂直巷道走向的夹角  $\theta$  不大于  $22.5^\circ$  时,计算理论场强  $H_L$ ,可简化为  $f(\theta) = \cos\theta$  来计算。工作面定点法的接收范围、发射机间隔的探测设计参数可参考表 1 和图 2。

工作面宽度越小,接收测点范围越窄;发射机的发射点间隔也要根据工作面的宽度进行调整。

表 1  $\theta$  夹角的影响

设计参数	定点探测法					
接收范围 $2L$ m	41.42	82.84	124.26	165.60	207	248.4
工作面宽度 $H$ m	50	100	150	200	250	300
天线夹角 $2\theta$ ( $^\circ$ )	45	45	45	45	45	45
合理发射点间隔 m	20	40	50	80	100	100

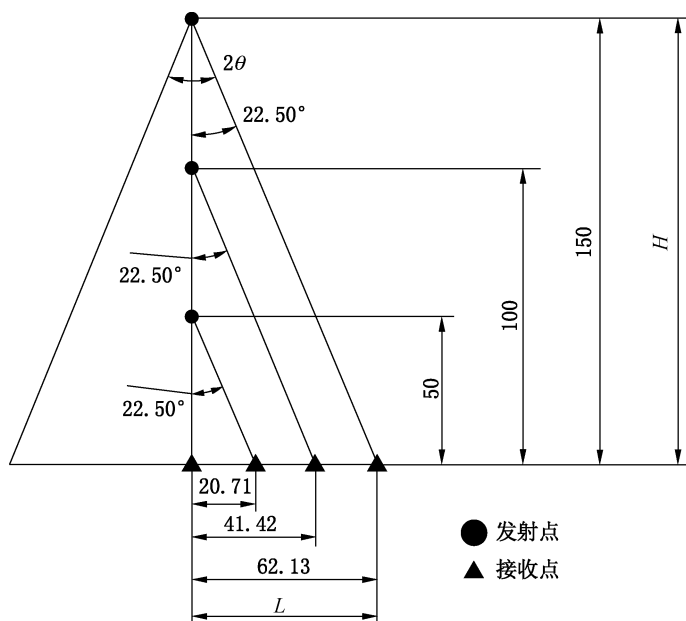


图 2 天线夹角与接收探测范围

6.4 条件试验

6.4.1 有条件的煤矿可开展无线电波透视条件试验,实测出准确的初始场强  $H_0$ ,吸收系数  $\beta$ 。选择条件试验巷道的原则:选择无地质构造、煤层稳定的区域,大于 200 m 且没有金属导体、电缆的单一巷道。发射天线平面、接收天线平面平行于巷道的走向,沿着离发射点 50 m 处,每隔 10 m 布置一个接收测点,接收机在距发射机不同位置的测点,逐一接收每个测点的实测场强,应接收超过 10 个的不同测点的实测场强,用于曲线拟合。

绘图方法:以(0,0)为发射点的位置,按照接收测点的实际位置标定接收测点号。纵坐标为实测场强值,根据测量的曲线进行最小二乘法拟合,曲线与纵坐标交叉点( $x=0$ )为初始场强  $H_0$ ,与横坐标交叉点( $y=0$ ),为最大探测距离,曲线斜率为衰减系数  $\beta$ ,如图 3 所示。

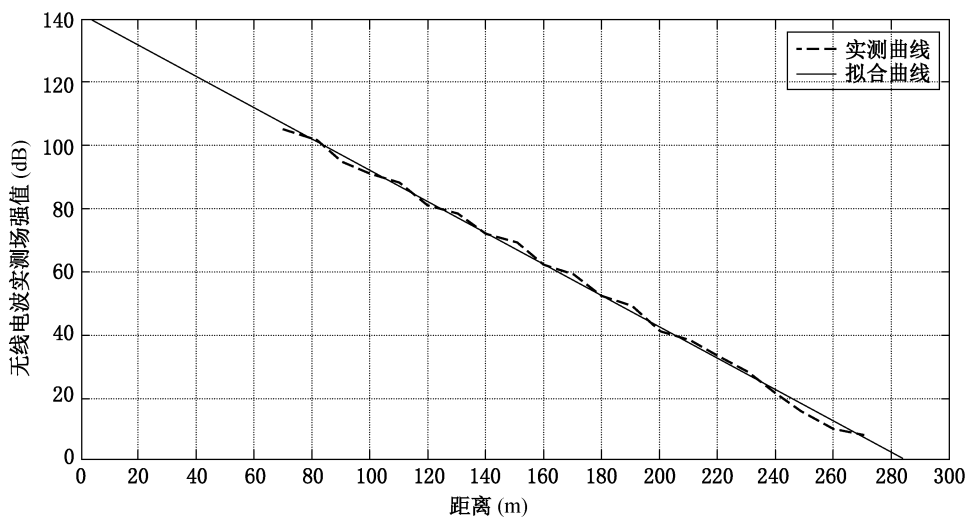


图 3 条件试验曲线

## 6.5 背景值测量

发射机在关机状态下,接收机以探测频率分别连续测量 3 次实测场强,取平均值记录。

## 6.6 实测场强值有效判断

探测频率选择后,发射机发射状态下的接收实测场强值  $H_i$ ,比发射机关闭状态下实测场强值  $H_j$  大 10 dB 时,接收数据有效。

## 6.7 测点布置

6.7.1 回采工作面无线电波透视探测方法有定点法和同步法 2 种。

6.7.2 定点法:发射机位置每次固定时,接收机沿巷道在一定接收范围内按照测点间距移动,逐点测量接收场强值。每组接收若干个测点接收数据后,接收机向前移动,然后再接收下一组探测数据。定点法要求接收点数据重叠 1/2 以上。定点法工作原理示意图如图 4 所示。

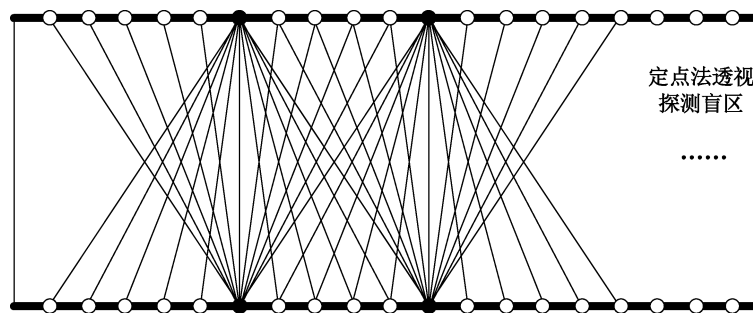


图 4 定点法探测方式示意图

6.7.3 同步法:发射机和接收机分别位于工作面运输、通风巷道,按同一间距向同一方向移动并观测接收测点的实测场强值,同步法也可以斜同步。工作原理示意图如图 5 所示。

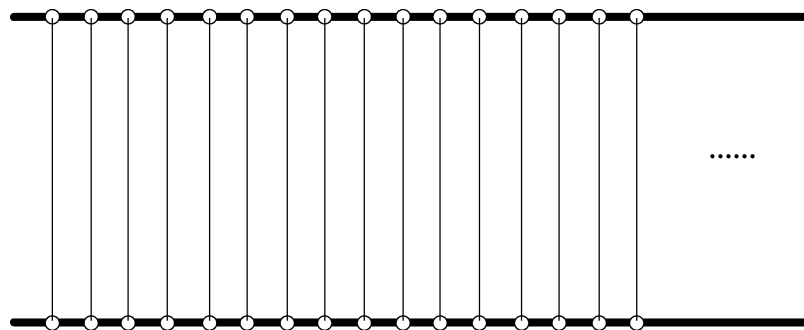


图 5 同步法探测方式示意图

6.7.4 定点法具有发射点相对固定、探测范围大、数据有一定重叠性、探测精度高的优点,定点法适用于正常工作面数据采集。同步法适用于快速普查构造,需要发射机与接收机同步移动,因发射机移动、发射天线架设费时费力,且不利于发射与接收同步,故煤矿井下实际很少采用同步法采集。

6.7.5 采用定点法数据采集时,发射机的测点间隔一般 30 m~50 m,具体参照 6.7.2。接收机测点间隔 10 m,接收测点重复范围 50 m,避免工作面出现漏失探测区域(空白带),保证工作面区域内实现全覆盖、多次覆盖射线探测,如果精细探测时,在构造带附近可加密间隔 5 m。测点编号应尽量上下对称,不重复,按照递增或递减 1 的顺序编号。

6.7.6 定点法的初始场强  $H_0$ ，吸收系数  $\beta$  计算：在回采工作面正常探测区域选取 100 m~200 m 进行两巷双向探测实验，可以选 3 个发射点以上正常煤层、岩层的发射点对应的一组实测场强值，采用曲线拟合方法，根据公式(1)计算出  $H_i$ 、 $\beta$ ，取平均值作为初始场强  $H_0$ 、衰减系数  $\beta$ 。然后依照探测距离，根据公式(1)做出理论曲线，其中曲线的导数就是  $\beta$ ，曲线与  $y$  轴的交点坐标是  $H_0$ ，曲线与  $x$  轴的交点坐标是最大探测距离  $L$ 。

6.7.7 钻孔探测方法也分定点法和同步法。定点法适用于精确定位、CT 成像，同步法适用于普查有无地质异常带。根据测绳或者推送钻杆长度确定孔内发射机和接收机的位置，钻孔发射、接收天线应远离金属钻杆，避免电磁干扰；在满足透视距离的前提下，为了提高探测精度，尽量提高探测频率。资料处理、综合曲线解释、无线电波透视成像可参照 7、8、9 的要求执行。

## 7 资料处理

### 7.1 一般要求

7.1.1 数据处理应保存处理前后数据文件，不得删除原始数据文件。

7.1.2 数据处理应计算出合理的初始场强  $H_0$ ，吸收系数  $\beta$  的参数。

7.1.3 在数据处理过程中，严禁变更或丢弃原始数据。

### 7.2 数据预处理

7.2.1 从接收机、发射机导出的原始数据文件，首先需检查数据文件完整性。计算机自动检测发射点、接收点是否重复或者缺失，同一发射点或者接收点编号重复的数据可人工选择正确的，删除多余的，缺失接收点的实测场强数据，可根据前后接收点实测场强的平均值补填缺失接收点的实测场强，并作记录，在提交的探测报告中给予说明。

7.2.2 对接收数据突跳点要查明原因，当出现突然跳高的实测场强值，依据探测现场背景干扰的记录，查看是否存在大型机电设备干扰，对突然下降点，应查看发射记录，是否发射机出现问题或者处于停发状态，修正方法同 7.2.1，对发射机停发的接收实测场强值直接删除。

7.2.3 回采工作面的形状输入，应选择几何形状变化关键控制点的坐标点值，进行相应坐标数据输入。可采用兼容 CAD 格式的工作面布置图直接输入，也可以人工输入几何图形。

7.2.4 多发多收：多台接收机同时接收可以提高探测效率，但是多台接收机接收、多台发射机发射需要增加发射、接收一致性指标。多台发射机之间发射的功率在同一标称功率条件下，各发射机之间发射功率误差要小于 3 dB。多台接收机接收同一发射机的发射信号，在同一位置多台接收机接收的实测场强之间误差要小于 2 dB。

### 7.3 综合曲线法解释

7.3.1 综合曲线图由理论场强曲线、实测场强曲线、相对衰减系数曲线组成。根据综合曲线的形态、相对衰减曲线的衰减值大小，确定地质构造类型、分布位置的方法称为综合曲线分析方法。

7.3.2 正常煤层、岩层区域，原则上理论场强值略大于实测场强，在开切眼端头，因电磁干扰个别区域理论场强值略小于实测场强值。整个工作面原则上用一个初始场强值  $H_0$ ，一个衰减系数  $\beta$ 。但是当地质条件变化较大，工作面长度超过 2000 m，也可以分成 2 个工作面处理，或者在同个工作面选择 2 个初始场强值  $H_0$ ，衰减系数  $\beta$  分 2 个区域计算。特别注意，当围岩电阻率高于煤层时，会出现相对衰减值正异常现象，如：当灰岩为煤层的顶底板时，会发生理论场强小于实测场强的现象，不能按照负异常解释地质异常体，避免解释过程中漏掉地质构造。

7.3.3 中国烟煤变质程度以上的煤层的初始场强  $H_0$  的参考范围为 90 dB~160 dB，无线电波透视衰减系数  $\beta$  的范围为  $-0.15$  dB/m~ $-0.55$  dB/m，如果计算的初始场强值  $H_0$ ，衰减系数  $\beta$  不在此范围应



检查其原因。

7.3.4 综合曲线图上相对衰减值曲线中  $\eta$  值 -5 dB 对应的横坐标接收点,推断为断层划分界线,绝对值越大,断层断距越大。综合曲线中实测场强曲线形状显示“锯齿”状,相对衰减值曲线  $\eta$  值 -15 dB 对应的横坐标接收点推断为陷落柱边界,或者推断为煤层厚度变化的尖灭边界,综合曲线中实测场强曲线、相对衰减值曲线形状为“漏斗”状。

#### 7.4 无线电波透视 CT 成像

7.4.1 建立工程文件一般与工作面名称相同,需要明确无线电波透视方法探测工作方式。

7.4.2 CT 成像划分网格密度可人工、自动设定,一般按照实际接收测点间隔的一半作为划分网格密度的参数。

7.4.3 应能自动计算、手动调节  $H_0$ 、 $\beta$ ,动态观察所有发射点的综合曲线图,在正常地质的地段,理论场强曲线与实测场强曲线应基本一致,差值在 2 dB 以内,否则应检查仪器或者背景干扰。

7.4.4 CT 成像反演算法是求得一个近似值,计算的每个网格相对衰减值误差应不超过 -5 dB ~ -10 dB。否则影响准确性。

7.4.5 网格内每一个网格的相对衰减值或者衰减系数是网格内所有通过射线的线性叠加值,根据通过网格每个射线的距离大小计算,通过的无线电波透视射线越长,对网格相对衰减值的叠加值影响越大。如图 6 所示,网格 B<sub>j</sub> 的相对衰减值是单独计算穿过网格的不同长短的射线 a, b, c 的相对衰减值或者衰减系数,然后再求和。接收点的实测场强就是沿着这条射线,无线电波穿过不同的网格所有网格的相对衰减值的叠加和。

依据相对衰减值划分构造类型,见 7.3.4,要根据不同地区具体实际揭露的构造验证后校准。

鼓励使用煤层上下顶底板三层的电磁波衰减远场公式,计算越准确,探测精度越高。

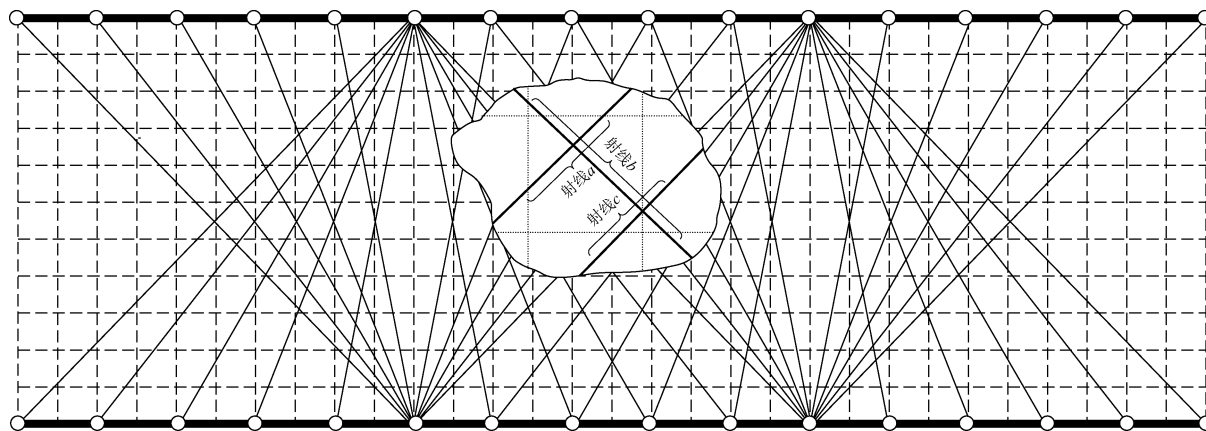


图 6 CT 成像中不同射线穿透网格 B<sub>j</sub> 的求解

#### 7.5 绘图要求

7.5.1 测点的编号、命名,图形纵横比例尺尽量与矿方回采工作面巷道布置设计图一致。

7.5.2 等值线数值标记方向应与等值线方向一致,数值排列方向应与等值线走向垂直。

7.5.3 图例一般置放于图的左下方,图中主要图示符号应在图例中注释。

7.5.4 图签置放于图的右下角。

7.5.5 应标注图名和比例尺,一般置放于图上方的图框外。

7.5.6 由两幅以上的图幅相拼接时,在无图签的每张图幅右下角的图廓外 1cm 处加注接图签。

7.5.7 指北针宜放在图的右上角。

7.5.8 无线电波透视 CT 透视成果图与实际的回采工作面相同,便于后续精确导入回采工作面采掘 CAD 图中相应的回采工作面区域。

7.5.9 CT 成像的地质异常体划分区域与颜色标注见 3.15。

7.5.10 剖面图上地质成果用粗实线表示,推断的地质界线用虚线表示。

7.5.11 地质推断图可采用 CAD、surfer 等各种绘图软件绘制,但坐标应与实际工程图应一致,便于探测成果可直接导出回采工作面采掘 CAD 图中。

7.5.12 地质推断图的地层岩性图标、图例应符合煤矿地质测量作图规程要求。

7.5.13 对于推断的地质异常区域,用相应文字标注说明。其他符合 GB/T 14499—1993 (所有符号)。

## 8 成果提交

### 8.1 文字报告

应包含但不限于以下内容:

- 1) 项目概况;
- 2) 工作面地质与水文地质概况;
- 3) 探测目的、探测区域、任务;
- 4) 工作面测点布置与探测方法;
- 5) 仪器型号、探测原理;
- 6) 参数确定与探测原始数据评价;
- 7) 综合曲线分析;
- 8) CT 成像分析;
- 9) 推测地质异常区域划分、位置与依据;
- 10) 工作面受构造以及水害影响的分析预测;
- 11) 结论。

结论应结合工作面两巷实际揭露构造情况和干扰因素、采用图表定性、定量的说明,对探测误差及其影响因素进行说明。地质构造推测以及突水危险预测术语应符合 GB/T 23694《风险管理术语》的规定。

### 8.2 技术成果报告图件

应包含但不限于以下文件:

- 1) 原始数据文件;
- 2) 工作面无线电波透视设计书;
- 3) 测点射线交汇图;
- 4) 综合曲线图;
- 5) CT 成像图;
- 6) 地质构造推测图。

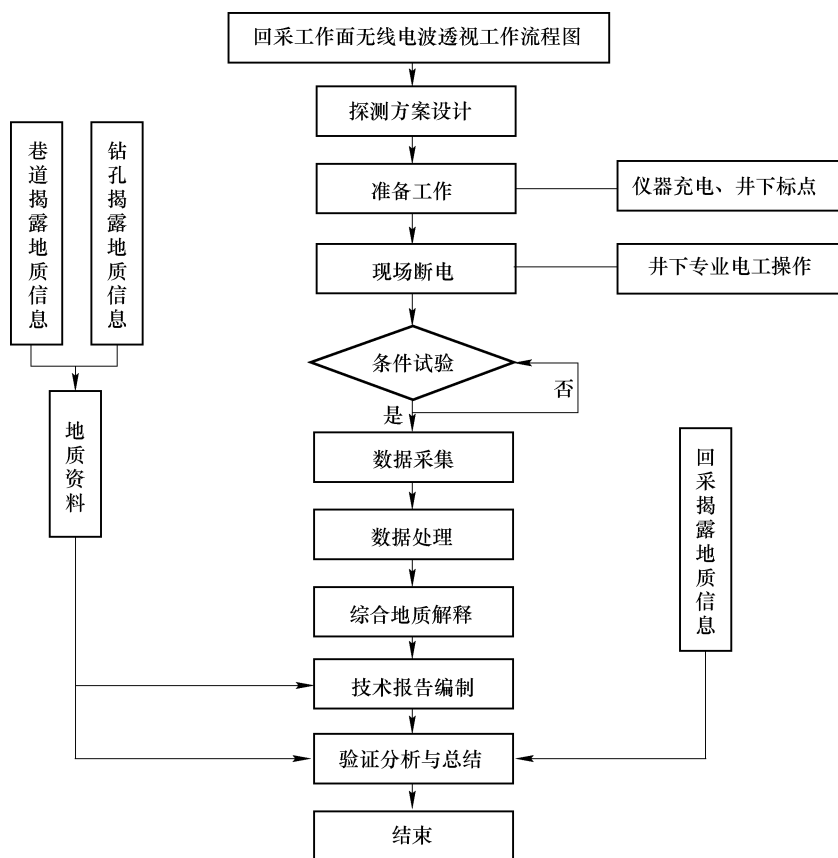




附录 C

(资料性)

煤矿井下回采工作面无线电波透视工作流程





# 中华人民共和国矿山安全行业标准

KA/T 13—2023  
代替 MT/T 524—1995

## 煤矿用水压记录仪

Water pressure recorder in coal mine

2023-10-26 发布

2024-01-31 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 产品类型、组成及型号 .....	1
5 技术要求 .....	2
6 试验方法 .....	4
7 检验规则 .....	7
8 标志、包装、运输和贮存 .....	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。

本文件代替 MT/T 524—1995《防爆水压记录仪》，与 MT/T 524—1995 相比，除编辑性修改外，主要技术内容变化如下：

- a) 将“引用标准”变更为“规范性引用文件”(见 2,1995 年版的 2)；
- b) 增加了术语的定义(见 3.1)；
- c) 增加了产品的防爆标志(见 4.1)；
- d) 修改了产品的组成及示意图(见 4.2,1995 年版的 3.3)；
- e) 修改了产品的电源要求(见 5.4.1,1995 年版的 3.5)；
- f) 修改了主要技术参数要求的要求(见 5.4.2,1995 年版的 3.6)；
- g) 增加了产品的绝缘电阻的要求(见 5.9)；
- h) 修改了产品的防爆要求(见 5.12,1995 年版的 3.12)；
- i) 修改了产品的试验方法(见 6.2.1,1995 年版的 5.2)；
- j) 修改了外壳防护性能的试验方法(见 6.5,1995 年版的 3.10)；
- k) 增加了出厂检验项目(见表 2,1995 年版的表 2)；
- l) 增加了不合格品处理方法(见 7.4.2)；
- m) 修改了型式试验的抽样方法(见 7.3.4,1995 年版的 5.3.2)；
- n) 修改了包装箱的说明(见 8.2,1995 年版的 6.2)。

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。

本文件由中国煤炭工业协会提出。

本文件由煤炭行业煤矿专用设备标准化技术委员会归口。

本文件起草单位：中煤科工西安研究院(集团)有限公司、长安大学、西安煤科检测技术有限公司。

本文件主要起草人：陈万胜、王小波、张哲、王博、燕斌、张鹏、王勇、李萍、田永华、李庆春、曹明。

本文件及其所代替文件的历次版本发布情况为：

——1995 年首次发布为 MT/T 524—1995；

——本次为第一次修订。

# 煤矿用水压记录仪

## 1 范围

本文件规定了煤矿水压记录仪(以下简称“水压仪”)的防爆型式与组成、技术要求、试验方法、检验规则、标志、包装、运输和贮存。

本文件适用于煤矿水压记录仪的设计、制造与检验。

## 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/T 2423.1 电工电子产品环境试验 第2部分:试验方法 试验 A:低温  
 GB/T 2423.2 电工电子产品环境试验 第2部分:试验方法 试验 B:高温  
 GB/T 2423.4 电工电子产品环境试验 第2部分:试验方法 试验 Db:交变湿热(12 h+12 h 循环)  
 GB/T 2423.5—2019 电工电子产品环境试验 第2部分:试验方法 试验 Ea 和导则:冲击  
 GB/T 2423.10—2019 电工电子产品环境试验 第2部分:试验方法 试验 Fc:振动(正弦)  
 GB/T 2829—2002 周期检验计数抽样程序及表(适用于对过程稳定性的检验)  
 GB/T 3836.1—2021 爆炸性环境 第1部分:设备 通用要求  
 GB/T 3836.4—2021 爆炸性环境 第4部分:由本质安全型“i”保护的设备  
 GB/T 4208—2017 外壳防护等级(IP 代码)  
 GB/T 10111—2008 随机数的产生及其在产品质量抽样检验中的应用程序  
 GB/T 13384—2008 机电产品包装通用技术条件  
 AQ 1043—2007 矿用产品安全标识  
 MT 210—1990 煤矿通信、检测、控制用 电工电子产品基本试验方法  
 MT/T 1078—2008 矿用本质安全输出直流电源

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**煤矿水压记录仪** **water pressure gauge in coal mine**

也称水压自记仪,用于煤矿井下水压或水位数据采集与自动记录的仪器。

## 4 产品类型、组成及型号

### 4.1 类型

防爆型式:矿用本质安全型;

防爆标志:Exib I Mb。

## 4.2 组成

水压仪由水压传感器、数据采集单元和电源组成,其中数据采集单元包括显示和数据存储功能,其组成如图 1 所示。

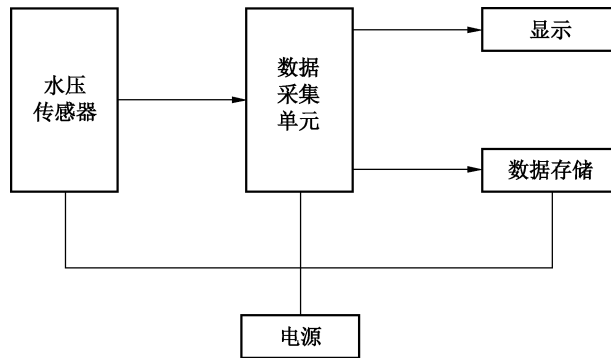


图 1 水压仪组成示意图

## 5 技术要求

### 5.1 基本要求

水压仪应符合本文件的要求,并按照规定程序批准的图纸及技术文件制造。

### 5.2 环境条件

水压仪应能在下列条件下正常工作:

- a) 环境温度为 $-5\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 40\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;
- b) 相对湿度不大于 $95\%$ ( $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ );
- c) 大气压力为 $80\text{ kPa} \sim 110\text{ kPa}$ ;
- d) 允许在具有瓦斯、煤尘爆炸危险的煤矿井下,但无破坏绝缘的腐蚀性气体场所中使用。

### 5.3 功能

水压仪能够以连续或等间隔采集的记录方式对水压值进行自动记录。

### 5.4 电气性能

#### 5.4.1 电源

数据采集单元的供电方式分为外部电源供电和内部电池或电池组供电,具体方式由产品企业标准规定。供电电源及充电性能应符合下列规定:

- a) 数据采集单元若采用外部供电电源供电,其电源构成和技术参数应符合 MT/T 1078—2008 的相关规定,应能满足受电单元正常工作的需要,具体技术参数由产品企业标准规定,主要应包括额定输出电压、额定工作电流、最大输出电压、最大输出电流、短路电流。
- b) 电池或电池组宜选用可充电锂离子蓄电池、镍氢蓄电池,应符合 GB/T 3836.4—2021 中 7.4 的规定。镍氢电池单体容量不应超过 $20\text{ A}\cdot\text{h}$ ,锂离子蓄电池组的额定能量不应超过 $100\text{ W}\cdot\text{h}$ ,并在产品企业标准中明确所使用蓄电池的类别、数量、型号、串并组合方式、单体电池容量等信息。
- c) 电池或电池组应安装在机壳中独立的电池腔内,采用浇封化合物分别将电池或电池组、保护电

路和电源板浇封。浇封件的结构应符合 GB/T 3836.4—2021 中 6.6 的规定,并在产品企业标准中明确规定浇封化合物的名称和生产商给出的型号规格;

- d) 电池或电池组的充电应具有防过充保护功能和过放保护功能,应符合 GB/T 3836.4—2021 中 7.4.6 的规定;
- e) 电源应具有输出指示、限流、限压、短路保护功能,且故障撤销后自动恢复。

#### 5.4.2 主要技术参数

水压仪应符合以下主要参数:

- a) 测量范围由产品企业标准规定;
- b) 测量误差为 $\pm 0.2\%$  FS;
- c) 连续采集记录间隔不大于 1 min;
- d) 数据存储不小于 128 Mb;
- e) 定时采集间隔不大于 24 h。

#### 5.5 外观

水压仪外观应满足以下要求:

- a) 水压仪外壳不得有明显的凹痕和划伤;
- b) 零部件防腐、防锈层牢固,无剥落现象,零部件安装可靠,紧固件不得松动;
- c) 铭牌应完整、牢固、明显、清晰、美观。

#### 5.6 结构

水压仪结构应满足以下要求:

- a) 水压仪本身结构为全密封型;
- b) 所有紧固件不得松动,具有防止自动脱落的措施;
- c) 所有金属零部件应有防锈蚀处理;
- d) 水压仪导线出入口、插座等均应严格密封,安装完毕后用防水硅胶封固。

#### 5.7 外壳防护等级要求

水压仪的外壳防护等级应不低于 GB/T 4208—2017 中 IP54 防护等级的要求。

#### 5.8 绝缘电阻

在非工作状态下,水压仪本安端子和外壳之间,常态下其绝缘电阻应不小于 10 M $\Omega$ ,交变湿热试验后应不小于 1 M $\Omega$ 。

#### 5.9 环境适用性

##### 5.9.1 高温工作

水压仪应能在表 1 规定高温条件下工作,试验后功能和外观应符合 5.3、5.5 的规定。

表 1 高低温试验表

试验目的	温度 $^{\circ}\text{C}$	试验时间 h	恢复时间 h
高温工作	40	2	—
低温工作	-5	2	—

表 1 (续)

试验目的	温度/℃	试验时间/h	恢复时间/h
高温贮存	60	16	≥2
低温贮存	-40	16	≥2

### 5.9.2 低温工作

水压仪应能在表 1 规定低温条件下工作,试验后功能和外观应符合 5.3、5.5 的规定。

### 5.9.3 高温贮存

水压仪应能在表 1 规定高温条件下贮存,试验后恢复时间不小于 2 h,功能和外观应符合 5.3、5.5 的规定。

### 5.9.4 低温贮存

水压仪应能在表 1 规定低温条件下贮存,试验后恢复时间不小于 2 h,功能和外观应符合 5.3、5.5 的规定。

### 5.9.5 交变湿热

水压仪应能承受高温 40℃(±2℃)、湿度 93%(±2%)、持续 6 d 的交变湿热试验,恢复 2 h 后,功能、电气性能、外观和绝缘电阻应符合 5.3、5.4.1a)、5.5、5.8 的规定。

### 5.10 振动

水压仪应能承受频率 10 Hz~150 Hz、加速度 50 m/s<sup>2</sup>、三个互相垂直的轴线上各振动 5 次的振动试验,试验后其功能、电气性能、外观和结构应符合 5.3、5.4.1a)、5.5、5.6 的规定。

### 5.11 运输

水压仪在非工作状态下应能承受频率 4 Hz、加速度 30 m/s<sup>2</sup>、历时 2 h 的模拟运输试验,试验后包装箱应无损坏和明显变形,水压仪的功能、电气性能、外观和结构应符合 5.3、5.4.1a)、5.5、5.6 的规定。

### 5.12 冲击

水压仪在非工作状态下应能承受峰值加速度 500 m/s<sup>2</sup>、脉宽 11 ms、相互垂直轴线的每个方向 3 次(共 18 次)的冲击试验,试验后功能、电气性能、外观和结构应符合 5.3、5.4.1a)、5.5、5.6 的规定。

### 5.13 防爆要求

5.13.1 水压仪应符合 GB/T 3836.1—2021 和 GB/T 3836.4—2021 中的有关规定,并经审查检验合格取得“防爆检验合格证”。

5.13.2 水压仪的本安参数应能满足本质安全防爆要求,并在产品标准中明确规定。

5.13.3 水压仪外壳采用塑料材质,其最大表面积大于 100 cm<sup>2</sup> 时,应对外壳表面进行防静电处理,使其表面绝缘电阻应不大于 10<sup>9</sup> Ω。外壳阻燃性能应符合 GB/T 3836.1—2021 中 7.5 的规定。

5.13.4 水压仪应满足 GB/T 3836.1—2021 中 5.3.2.1 的规定,最高表面温度不应超过 150℃。

5.13.5 水压仪中导电部件的电气间隙与爬电距离应符合 GB/T 3836.4—2021 中 6.3 的规定。

5.13.6 水压仪本安端子与外壳之间应通过 500 V、50 Hz、历时 1 min 的介电强度试验,试验期间漏电流不大于 5 mA,且无击穿和火花闪烁。

## 6 试验方法

### 6.1 试验条件

除环境试验或有关标准中另有规定外,试验在如下条件下进行:

- a) 温度为 15 °C ~ 35 °C;
- b) 相对湿度为 45% ~ 75%;
- c) 大气压力为 86 kPa ~ 106 kPa。

### 6.2 试验设备

试验用主要测试设备包括:

- a) 电压表;
- b) 电流表;
- c) 信号源;
- d) 标准压力计。

### 6.3 功能试验

将压力传感器连接到数据采集单元,水压仪通电后,使水压仪以连续或等间隔采集的记录方式工作,采集 5 组数据后,查看水压值自动记录数据。

### 6.4 主要技术参数测试

#### 6.4.1 测试方法

采用误差为 0.01% 的标准压力计按以下方法进行试验:

- a) 将水压仪连接至标准压力计上,使水压仪中的水压传感器和压力表同时受标准压力计释放的等值压力;
- b) 以满量程的 1/10 逐步给标准压力计加压至满量程,同时记录压力表与水压仪测得的压力值;
- c) 在满量程状态下,按满量程的 1/10 逐步给标准压力计泄压至零,同时记录压力表与水压仪测得的压力值;
- d) 按公式(1)计算整机误差。

#### 6.4.2 误差计算

采用误差为 0.01% 的压力计,根据被测水压仪满量程,等间隔选取 10 个压力值,从零开始依次加压至满量程后再依次卸压至零,对应求出实测值与标准压力计所给值得出最大误差,示意图如图 2 所示,误差计算方法如下:

$$\delta = \frac{\Delta P_{\text{MAX}}}{P_{\text{FS}}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中:

- $\delta$  —— 整机误差,用百分比表示;
- $\Delta P_{\text{MAX}}$  —— 最大测量误差,单位为兆帕(MPa);
- $P_{\text{FS}}$  —— 水压仪满量程压力值,单位为兆帕(MPa)。

### 6.5 外观检查

按 MT 210—1990 中第 5 章的有关规定进行。

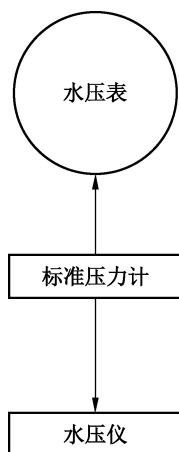


图 2 标准压力计试验示意图

### 6.6 结构检查

按 MT 210—1990 中第 5 章的有关规定进行。

### 6.7 外壳防护性能试验

按 GB/T 4208—2017 中规定的试验方法进行。

### 6.8 绝缘电阻测试

按 MT 210—1990 中第 7 章规定的试验方法进行。

### 6.9 环境适应性试验

#### 6.9.1 高温工作试验

水压仪在通电状态下,按 GB/T 2423.2 中试验 Be 方法进行。

#### 6.9.2 低温工作试验

水压仪在通电状态下,按 GB/T 2423.1 中试验 Ae 方法进行。

#### 6.9.3 高温贮存试验

水压仪在非工作状态下,按 GB/T 2423.2 中试验 Bb 方法进行。

#### 6.9.4 低温贮存试验

水压仪在非工作状态下,按 GB/T 2423.1 中试验 Ab 方法进行。

#### 6.9.5 交变湿热试验

按 GB/T 2423.4 规定的试验方法进行。

### 6.10 振动试验

按 GB/T 2423.10—2019 规定的试验方法进行。



## 6.11 运输试验

按 MT 210—1990 第 27 章规定的试验方法进行。

## 6.12 冲击试验

按 GB/T 2423.5—2019 规定的试验方法进行。

## 6.13 防爆性能试验

水压仪的防爆性能按 GB/T 3836.1—2021 和 GB/T 3836.4—2021 规定的试验方法进行。

### 6.13.1 本安参数测试

按 GB/T 3836.4—2021 规定的试验方法进行。

### 6.13.2 表面绝缘电阻测试

按 GB/T 3836.1—2021 中 26.13 规定的试验方法进行。

### 6.13.3 最高表面温度试验

按 GB/T 3836.4—2021 中 10.2 规定的试验方法进行。

### 6.13.4 电气间隙与爬电距离测试

按 GB/T 3836.4—2021 中附录 C 规定的试验方法进行。

### 6.13.5 本质安全火花试验

按 GB/T 3836.4—2021 中 10.1 规定的试验方法进行。

### 6.13.6 介电强度

按 GB/T 3836.4—2021 中 10.3 规定的试验方法进行。

## 7 检验规则

### 7.1 检验分类

检验类别分为出厂检验、在用品检验和型式检验,检验项目见表 2。

表 2 检验项目

序号	检验项目	质量特征类型	技术要求条款	试验方法条款	检验类别		
					出厂检验	在用品检验	型式检验
1	功能	C	5.3	6.3	√	√	√
2	电气性能	B	5.4	6.4	√	√	√
3	外观	C	5.5	6.5	√	—	√
4	结构	C	5.6	6.6	√	—	√
5	外壳防护等级	A	5.7	6.7	—	—	√
6	绝缘电阻	A	5.8	6.8	√	√	√

表 2 (续)

序号	检验项目	质量特征类型	技术要求条款	试验方法条款	检验类别		
					出厂检验	在用品检验	型式检验
7	高温工作	B	5.9.1	6.9.1	—	—	√
8	低温工作	B	5.9.2	6.9.2	—	—	√
9	高温贮存	B	5.9.3	6.9.3	—	—	√
10	低温贮存	B	5.9.4	6.9.4	—	—	√
11	交变湿热	B	5.9.5	6.9.5	—	—	√
12	振动	B	5.10	6.10	—	—	√
13	运输	B	5.11	6.11	—	—	√
14	冲击	B	5.12	6.12	—	—	√
15	本质安全参数	A	5.13.1	6.13.1	○	○	○
16	表面绝缘电阻	A	5.13.2	6.13.2	—	—	√
17	最高表面温度	A	5.13.3	6.13.3	—	—	√
18	电气间隙与爬电距离	A	5.13.4	6.13.4	—	—	√
19	本质安全火花	A	5.13.5	6.13.5	—	—	√
20	介电强度	A	5.13.6	6.13.6	√	√	√

注：“√”表示检验项目；“○”表示当采用外部电源供电时，只测电压和电流。当采用内部电池或电池组供电时，胶封前检测；“—”表示不检验项目。

## 7.2 出厂检验

7.2.1 每台产品均应进行出厂检验，合格产品应具有产品合格证。

7.2.2 检验项目按表 2 中出厂检验的要求进行。

7.2.3 出厂检验各项指标应符合本文件要求，否则不予出厂。

7.2.4 不合格产品进行返厂维修，经检验仍不合格，做报废处理。

## 7.3 在用品检验

使用中的水压仪需要每年进行在用品检验，检验合格的产品应给予相应标识；水压仪的在用品检验由生产单位的检验机构或有能力的检验机构进行，在用品检验项目见表 2。

## 7.4 型式检验

7.4.1 型式检验为抽检，有下述情况之一时应进行型式检验：

- a) 新产品或老产品转厂生产时；
- b) 正式生产后，如结构、材料、工艺有较大改变，可能影响产品性能时；
- c) 产品停产 2 年恢复生产时；
- d) 正常生产达到 5 年时；
- e) 出厂检验结果与上次型式检验有较大差别时；
- f) 国家有关部门提出进行型式检验要求时。

7.4.2 型式检验项目应符合表 2 的规定。

7.4.3 型式检验的样品应从出厂检验合格的产品中抽取。

7.4.3.1 抽样基数不大于 50 台时，采用 GB/T 10111—2008 中的 4.4.1 扑克牌法进行随机抽样，抽样样品不少于 1 台，表 2 中 A 类有 1 项不合格则判定不合格，B 类有 2 项不合格则判定不合格，C 类有 3 项

不合格则判定不合格。当出现不合格品时应再次加倍抽取样品对该项目进行复检,若仍有不合格,判为型式检验不合格。

7.4.3.2 抽样基数大于 50 台时,采用 GB/T 2829—2002 规定的方法抽样,选用一次抽样方案,判别水平Ⅲ,不合格质量水平 RQL 等于 40,样品数量  $n=5$ ,合格判定数  $A_c=0$ ,不合格判定数  $R_e=1$ 。

7.4.4 型式检验中的防爆性能试验由国家指定的检验单位进行。

7.4.5 检验后要提交型式检验报告。

## 8 标志、包装、运输和贮存

### 8.1 标志

8.1.1 机壳或面板上明显处应有“Exib I Mb”标志,符合 AQ 1043—2007 的规定。

8.1.2 机壳或面板上明显处应有“MA”煤矿安全标志。

8.1.3 水压仪外壳醒目处应设置铭牌,铭牌上至少应清晰标明下列内容:

- a) 生产厂家;
- b) 产品名称、型号;
- c) 防爆标志;
- d) 本安参数;
- e) 防爆合格证号;
- f) 安全标志证号;
- g) 出厂编号及日期。

### 8.2 包装

8.2.1 包装应符合 GB/T 13384—2008 的要求,包装箱外壳应注明产品名称、型号和制造厂名。

8.2.2 随机文件应有以下内容:

- a) 装箱单;
- b) 产品合格证书;
- c) 产品使用说明书;
- d) 防爆合格证复印件;
- e) 矿用产品安全标志证书。

### 8.3 运输

8.3.1 装卸时应避免剧烈振动,防止跌落。

8.3.2 包装后的水压仪在避免雨雪直接淋袭及暴晒的条件下,可适用于水、陆、空运等各种运输方式。

### 8.4 贮存

包装后的水压仪应在温度为  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 60\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度不大于  $90\%$ ( $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ )、无腐蚀性气体、无强电磁场作用、通风良好的仓库中贮存,贮存期不得超过产品企业标准规定的时间。电池供电的水压仪长期贮存应定期(由产品企业标准规定)开机运行、充电及维护。



# 中华人民共和国矿山安全行业标准

KA/T 14—2023  
代替 MT/T 912—2002

## 煤矿用下运带式输送机制动器

Brakes for downward belt conveyors for coal mine

2023-10-26 发布

2024-01-31 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 产品分类 .....	1
5 技术要求 .....	2
6 试验方法 .....	3
7 检验规则 .....	5
8 标志、包装、运输及贮存 .....	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。

本文件代替 MT 912—2002《煤矿用下运带式输送机制动器技术条件》，与 MT 912—2002 相比，除结构调整和编辑性改动外，主要技术变化如下：

- a) 增加了制动器的术语和定义(见第3章)；
- b) 更改了产品分类(见第4章,2002年版的第3章)；
- c) 更改了使用条件(见5.1,2002年版的4.1)；
- d) 增加了对胶管的要求(见5.2.4)；
- e) 增加了对液压介质的要求(见5.2.6)；
- f) 增加了对鼓式制动器的要求(见5.2.8)；
- g) 更改了装配后液压系统保压试验的要求(见5.3.4,2002年版的4.4.3)；
- h) 更改了空载试验要求(见5.4.1,2002年版的4.3.7)；
- i) 更改了最大制动力矩的要求(见5.4.2,2002年版的4.3.1)；
- j) 更改了制动减速性能要求(见5.4.3,2002年版的4.3.2)；
- k) 更改了频繁制动试验最高温度要求(见5.4.6,2002年版的4.3.3)；
- l) 更改了停电制动功能制动减速性能要求(见5.4.7,2002年版的4.3.4)；
- m) 增加了驻车制动功能要求(见5.4.8)；
- n) 增加了闸瓦磨损量要求(见5.4.9)；
- o) 更改了试验台要求(见6.1,2002年版的5.3)；
- p) 更改了转速测量精度要求(见6.2.1中的b,2002年版的5.4.1)；
- q) 增加了一般要求检查(见6.3)；
- r) 增加了装配和安装要求检查(见6.4)；
- s) 更改了制动安全要求试验方法(见6.5,2002年版的5.5)；
- t) 增加了出厂检验规则(见7.2)；
- u) 更改了型式检验抽样方法(见7.3.2,2002年版的6.1.2.2)；
- v) 增加了在用品检验规则(见7.4)；
- w) 增加了检验项目表(见表1)；
- x) 更改了包装要求(见8.2.1,2002年版的7.3、7.5)。

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。

本文件由中国煤炭工业协会提出。

本文件由煤炭行业煤矿专用设备标准化技术委员会归口。

本文件起草单位：中煤科工集团上海有限公司、上海煤科检测技术有限公司、山东科大机电科技股份有限公司、中煤西安设计工程有限责任公司。

本文件主要起草人：侯红伟、李毕胜、奚丽峰、符阳、姜雪、白霄。

本文件及其所代替文件的历次版本发布情况为：

——2002年首次发布为 MT 912—2002；

——本次为第一次修订。



# 煤矿用下运带式输送机制动器

## 1 范围

本文件规定了煤矿用下运带式输送机制动器(以下简称制动器)的制动性能要求和配用设备的安全要求,界定了制动器的术语和定义,规定了产品分类、技术要求、试验方法、检验规则、标志、包装、运输及贮存。

本文件适用于煤矿井下、有爆炸性气体危险的露天煤矿和选煤厂等工作场所用下运带式输送机制动器。

## 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/T 191 包装储运图示标志

GB/T 3836.1 爆炸性环境 第1部分:设备 通用要求

GB/T 3836.2 爆炸性环境 第2部分:由隔爆外壳“d”保护的设备

GB/T 3836.4 爆炸性环境 第4部分:由本质安全型“i”保护的设备

GB/T 10111—2008 随机数的产生及其在产品质量抽样检验中的应用程序

GB/T 13306 标牌

GB/T 13384 机电产品包装通用技术条件

MT/T 98 液压支架用软管及软管总成检验规范

MT 113 煤矿井下用聚合物制品阻燃抗静电性 通用试验方法和判定规则

AQ 1043 矿用产品安全标志标识

AQ 1109 煤矿带式输送机用电力液压鼓式制动器安全检验规范

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**摩擦制动器 friction brake**

制动部件与运动部件(或运动机械)构成摩擦副的制动器。

### 3.2

**液压制动器 hydraulically controlled brake**

借助液体压力的作用,产生(或消除)制动功能的制动器。

### 3.3

**盘式制动器 disk brake**

用圆盘的端面作为摩擦副接触面的制动器。

### 3.4

**鼓式制动器 drum brake**

用圆柱面作为摩擦副接触面的制动器。

## 4 产品分类

根据制动力产生的不同原理,制动器分为摩擦制动器和液压制动器两大类,其中摩擦制动器又可分为盘式制动器和鼓式制动器。

## 5 技术要求

### 5.1 使用条件

制动器在下列条件下应能正常工作:

- a) 环境温度为 $-25\text{ }^{\circ}\text{C}\sim+40\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;
- b) 海拔高度不超过 2000 m;
- c) 相对湿度不超过 95%(+25 $^{\circ}\text{C}$ );
- d) 具有甲烷和煤尘爆炸性混合物的场所;
- e) 允许存在淋水情况。

注:超过上述规定范围时,由用户和制造商协商解决。

### 5.2 一般要求

5.2.1 制动器应符合本文件的规定,并按照经规定程序批准的图样及技术文件制造。

5.2.2 制动器所用原材料、外购件和外协件应具有合格证,属安标管理的产品应有有效的矿用产品安全标志证书。

5.2.3 与制动器配套的电动机、电控设备的防爆性能应符合 GB/T 3836.1、GB/T 3836.2、GB/T 3836.4 的规定。

5.2.4 制动器使用的胶管应符合 MT/T 98 的规定。

5.2.5 制动器使用的所有非金属材料的零件,其阻燃、抗静电性能应符合 MT 113 的规定。

5.2.6 制动器使用的液压介质应选用符合煤矿井下安全要求的难燃液压油。

5.2.7 当淋水影响制动器的制动性能时,应在制动部位采取相应的防水措施。

5.2.8 鼓式制动器不应单独用于下运制动,其性能应符合 AQ 1109 的规定。

5.2.9 同一规格型号的制动器的所有易损件、备件和通用件应保证互换。

### 5.3 装配和安装要求

5.3.1 所有零部件(包括外协件)应经检验合格后方可进行装配。

5.3.2 装配前各零部件应清洗干净。

5.3.3 装配后,制动部件在设计压力下动作应灵活,不应有爬行、卡阻等现象。

5.3.4 装配后,当制动器液压系统的设计压力不超过 16 MPa 时,系统应在 1.5 倍设计压力下保持运行 10 min 不泄漏;当设计压力超过 16 MPa 时,系统应在 1.25 倍的设计压力下保持运行 10 min 不泄漏。

5.3.5 盘式制动器安装调整后,在松闸状态下,闸瓦与制动盘的间隙应为 0.5 mm~1.5 mm,两侧间隙之差不大于 0.1 mm;制动时,闸瓦与制动盘的接触面积应不低于闸瓦面积的 80%。

### 5.4 制动安全要求

5.4.1 制动器在空载试验时应保持平稳,不应有异常撞击声和强烈振动。

5.4.2 制动器应制动可靠,盘式制动器最大制动力矩应不小于其额定制动力矩,液压制动器最大制动

力矩应不小于其额定制动力矩的 1.5 倍。

5.4.3 制动器的制动力矩应可控,盘式制动器制动减速度应控制在  $0.1 \text{ m/s}^2 \sim 0.3 \text{ m/s}^2$  范围内,液压制动器制动时间应不小于 6s 且不超过许用制动时间。

5.4.4 制动器摩擦表面不应拉毛或刮伤,制动过程不应出现冒烟、火花等现象。

5.4.5 制动器在制动时,不应有爬行、卡阻等现象。

5.4.6 制动器在单次制动及 1 h 内频繁制动 10 次,其最高温度应符合如下规定:

- a) 制动器的液压介质、液压站箱体表面、液压泵表面温度应不超过  $85 \text{ }^\circ\text{C}$ ;
- b) 制动器的闸瓦、制动表面、制动盘焊缝表面最高温度应不超过  $150 \text{ }^\circ\text{C}$ 。

5.4.7 制动器应具有停电制动功能,其制动减速性能符合 5.4.3 的规定。

5.4.8 制动器应具有驻车制动功能,其驻车制动力矩不小于额定制动力矩。

5.4.9 摩擦制动器的闸瓦磨损量达到设计磨损量时,应更换闸瓦。

## 6 试验方法

### 6.1 试验台

6.1.1 试验台应满足相应的试验项目要求,加载转矩和转速稳定,波动应不超过  $\pm 3\%$ 。

6.1.2 试验用液压介质应与设计要求相同。

### 6.2 测量用的仪器、仪表及尺寸计量工具

6.2.1 测量用的仪器、仪表及尺寸计量工具的精度要求如下:

- a) 扭矩的测量精度为  $\pm 1.0\%$ ;
- b) 转速的测量精度为  $\pm 0.1\%$ ;
- c) 温度的测量精度为  $\pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$ ;
- d) 压力的测量精度为  $\pm 1.5\%$ ;
- e) 尺寸计量工具按被试产品图纸要求的公差范围选用精度。

6.2.2 测量用的仪器、仪表及尺寸计量工具均应按国家有关标准和规定进行检定(校准),并具有有效期内的检定(校准)证书。

### 6.3 一般要求检查

6.3.1 检查制动器所用原材料、外购件、外协件、配套的电动机和电控设备、胶管、所有非金属材料零件以及液压介质的合格证或者能证明其合格的文件或材料。

6.3.2 检查在制动部位是否采取相应的防水措施。

### 6.4 装配和安装要求检查

6.4.1 装配前检查所有零部件(包括外协件)的合格证或者能证明其合格的文件。

6.4.2 装配前目测检查各零部件是否清洗干净。

6.4.3 装配后,在设计压力下运行,目测检查制动部件的动作情况。

6.4.4 装配后,启动制动器液压站,通过液压阀调节液压系统压力到规定的压力,保持 10min,目测检查各密封处是否有泄漏。

6.4.5 盘式制动器安装调整后,启动液压站,液压站及制动闸 1 h 内连续动作 10 次,在松闸状态下,用塞尺以相互垂直的 4 个方向为测量点测量闸瓦与制动盘间隙 4 处,取其平均值,并计算两侧间隙差;采用着色法检查闸瓦与制动盘的接触面积。

6.5 制动安全要求试验

6.5.1 空载试验

6.5.1.1 启动电机,在许用最高转速下使试验系统空载正常运转。

6.5.1.2 目测检查整个试验系统的运转情况。

6.5.2 制动性能试验

6.5.2.1 启动电机,在许用最高转速下使试验系统正常运转,并使制动器处于最大制动力矩状态。在用品检验依据现场实际工作制动力矩进行试验。

6.5.2.2 从制动指令发出后到试验系统停止转动,用秒表测量制动时间。

6.5.2.3 对盘式制动器,记录试验系统的扭矩、制动初始转速和制动时间,按公式(1)计算出制动减速度值。

$$a = \frac{\pi \times r \times n}{30 \times \Delta t} \dots\dots\dots (1)$$

式中:

$a$  —— 制动减速度值,单位为米每二次方秒( $m/s^2$ );

$r$  —— 制动半径,单位为米( $m$ );

$n$  —— 制动初始转速,单位为转每分钟( $r/min$ );

$\Delta t$  —— 制动时间,单位为秒( $s$ )。

6.5.2.4 对液压制动器,记录试验系统的扭矩和制动时间。

6.5.2.5 制动完毕后,立即用测温仪器测量并记录制动器液压介质、液压站箱体表面、液压泵表面、闸瓦、制动表面和制动盘焊缝表面的温度。

6.5.2.6 目测检查制动器制动表面情况和制动过程情况,以及液压系统的泄漏情况。

6.5.3 频繁制动试验

6.5.3.1 启动电机,在许用最高转速下使试验系统正常运转。

6.5.3.2 使制动器处于额定制动力矩状态,在1 h内做10次制动,制动周期为6min,每次制动减速度应符合5.4.3的规定。

6.5.3.3 记录试验系统每次制动的扭矩、制动初始转速和制动时间,按公式(1)计算出制动减速度值。

6.5.3.4 每次制动完毕后,立即用测温仪器测量并记录制动器液压介质、液压站箱体表面、液压泵表面、闸瓦、制动表面和制动盘焊缝表面的温度。

6.5.3.5 目测检查制动器制动表面情况和制动过程情况,以及液压系统的泄漏情况。

6.5.4 停电制动试验

6.5.4.1 启动电机,在许用最高转速下使试验系统正常运转。

6.5.4.2 使制动器处于额定制动力矩状态,系统停电,使制动器投入停电制动状态。

6.5.4.3 记录试验系统的扭矩、制动初始转速和制动时间,按公式(1)计算出制动减速度值。

6.5.4.4 制动完毕后,立即用测温仪器测量并记录制动器液压介质、液压站箱体表面、液压泵表面、闸瓦、制动表面和制动盘焊缝表面的温度。

6.5.4.5 目测检查制动器制动表面情况和制动过程情况,以及液压系统的泄漏情况。

6.5.5 驻车制动试验

6.5.5.1 制动器开启驻车制动功能。

6.5.5.2 启动电机,缓慢加载到制动器的额定制动力矩。在用品检验依据现场实际工作制动力矩进行试验。

6.5.5.3 目测检查制动处是否发生相对运动。

6.5.5.4 试验连续进行3次。

### 6.5.6 闸瓦磨损检验

6.5.6.1 测量在用摩擦制动器闸瓦的厚度,对比首次使用时闸瓦的厚度。

## 7 检验规则

### 7.1 检验分类

制动器的检验分出厂检验、型式检验和在用品检验3种,检验项目见表1。

表1 检验项目

序号	检验项目		要求	试验方法	检验种类		
					出厂检验	型式检验	在用品检验
1	一般要求		5.2	6.3	√	√	√
2	装配和安装要求		5.3	6.4	√	√	√
3	制动安全要求	空载试验	5.4.1	6.5.1	√	√	√
		制动性能试验	5.4.2,5.4.3,5.4.4,5.4.5,5.4.6	6.5.2	√	√	√
		频繁制动试验	5.4.3,5.4.4,5.4.5,5.4.6	6.5.3	—	√	—
		停电制动试验	5.4.3,5.4.4,5.4.5,5.4.7	6.5.4	√	√	—
		驻车制动试验	5.4.8	6.5.5	√	√	√
		闸瓦磨损检验	5.4.9	6.5.6	—	—	√

注：“√”表示进行检验；“—”表示不进行检验。

### 7.2 出厂检验

7.2.1 制动器应经逐台逐项检验合格后方可出厂,出厂时应附有证明产品质量合格的文件。

7.2.2 被检验产品的全部检验项目均符合要求,则该产品为合格。如果某项目不符合要求时,允许进行调整、修复。调整、修复后应重新逐项检验,符合要求则该产品为合格,否则为不合格。

### 7.3 型式检验

7.3.1 凡遇下列情况之一者,应进行型式检验:

- 新产品试制完成或老产品转厂时;
- 已定型的产品当设计、结构、工艺、关键材料有较大改变,可能影响产品性能时;
- 出厂检验结果与上次型式检验有较大差异时;

- d) 当用户对产品性能、质量有重大异议,经双方协商须重新检验时;
- e) 成批生产的制动器,每 5 年抽检一次;
- f) 产品停产 2 年以上,再次恢复生产后首批生产的产品;
- g) 国家质量监督机构提出进行检验要求时。

7.3.2 在进行正常的型式检验时,应从出厂检验合格的产品(不少于 2 台)中随机抽取 1 台。抽样时,先把该批产品中的抽样单元按自然数从“1”开始顺序编号,此后按 GB/T 10111—2008 中 5.2.2 规定的方法获取随机数,再按 GB/T 10111—2008 中 5.2.3.1 规定的方法读取单元号。

7.3.3 型式检验项目全部合格,则该批制动器为合格。其中任何一项检验项目不符合要求时,应 2 倍抽检,重新逐项进行复检。复检结果全部符合要求时,则该批制动器为合格,否则为不合格。

#### 7.4 在用品检验

7.4.1 制动器在投入使用后,应进行在用品检验。

7.4.2 被检验产品的全部检验项目均符合要求,则该产品为合格,否则为不合格。

### 8 标志、包装、运输及贮存

#### 8.1 标志

8.1.1 每台制动器应在明显的位置固定产品铭牌,铭牌材质应采用铜或不锈钢材料,并至少标明下列内容:

- a) 制造厂名;
- b) 产品名称、型号;
- c) 主要技术参数;
- d) 制造日期、编号。

8.1.2 铭牌的尺寸和技术要求应符合 GB/T 13306 及 AQ 1043 的规定。

#### 8.2 包装

8.2.1 产品的包装应符合 GB/T 13384 的规定,并符合陆路、水路运输和转运的要求。

8.2.2 包装箱上的运输、贮存图示标志应符合 GB/T 191 的规定。

8.2.3 随机文件应包含以下内容:

- a) 产品合格证书(包括部件的防爆合格证、阻燃抗静电证等证书复印件);
- b) 使用维护说明书;
- c) 装箱清单;
- d) 总装图。

#### 8.3 运输及贮存

8.3.1 产品经包装后应适应各类运输工具的运输。

8.3.2 产品在保管期间应采取防雨、防潮措施,贮存时应放置在有遮棚的仓库内。

## 中华人民共和国矿山安全行业标准

KA/T 15—2023  
代替 MT/T 679—1997

### 煤矿用瑞利波探测仪

Rayleigh wave seismograph used in coal mine

2023-10-26 发布

2024-01-31 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 产品类型与组成 .....	1
5 技术要求 .....	2
6 试验方法 .....	5
7 检验规则 .....	11
8 标志、包装、运输及贮存 .....	11

## 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。

本文件代替 MT/T 679—1997《矿用瑞利波检测仪通用技术条件》，与 MT/T 679—1997 相比，除结构调整和编辑性修改外，主要技术变化如下：

- a) 更新、删除和增加了规范性引用文件(见第2章)；
- b) 增加了“术语和定义”(见第3章)；
- c) 增加了“连续工作时间”要求和试验方法(见5.3,6.3)；
- d) 对标准中的“电气性能”要求、试验方法进行了修订和完善(见5.6,6.6,1997年版的4.3,5.2)；
- e) 增加了“绝缘电阻”要求和试验方法(见5.8,6.8)；
- f) 在环境适应性中增加了“冲击”要求和试验方法(见5.9.7,6.9.7)；
- g) 对标准中的“防爆性能”要求、试验方法进行了修订和完善(见5.10,6.10,1997年版的4.9,5.12)；
- h) 对“检验规则”进行了修订和完善(见7.1,7.2,7.3,7.4,表8,1997年版的6.1,6.2,6.3,表4)。

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这些专利的责任。

本文件由中国煤炭工业协会提出。

本文件由煤炭行业煤矿专用设备标准化技术委员会归口。

本文件起草单位：中煤科工西安研究院(集团)有限公司、长安大学、西安煤科检测技术有限公司。

本文件主要起草人：王小波、王有杰、李萍、陈万胜、张鹏、丛皖平、张哲、李渊、李庆春、薛琴。

本文件及其所代替文件的历次版本发布情况为：

——1997年首次发布为 MT/T 679—1997；

——本次为第一次修订。

# 煤矿用瑞利波探测仪

## 1 范围

本文件规定了煤矿用瑞利波探测仪(以下简称“探测仪”)的术语和定义、产品类型与组成、技术要求、试验方法、检验规则、标志、包装、运输及贮存。

本文件适用于煤矿井下进行地质灾害预测、工程地质勘查采用瑞利波探测技术的地球物理勘探仪器,适用于探测仪设计、制造和检验。

## 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/T 191 包装储运图示标志
- GB/T 2423.1 电工电子产品环境试验 第2部分:试验方法 试验 A:低温
- GB/T 2423.2 电工电子产品环境试验 第2部分:试验方法 试验 B:高温
- GB/T 2423.4 电工电子产品环境试验 第2部分:试验方法 试验 Db:交变湿热(12h+12h 循环)
- GB/T 2423.5—2019 电工电子产品环境试验 第2部分:试验方法 试验 Ea 和导则:冲击
- GB/T 2423.10—2019 电工电子产品环境试验 第2部分:试验方法 试验 Fc:振动(正弦)
- GB/T 2829—2002 周期检验计数抽样程序及表(适用于对过程稳定性的检验)
- GB/T 3836.1—2021 爆炸性环境 第1部分:设备 通用要求
- GB/T 3836.4—2021 爆炸性环境 第4部分:由本质安全型“i”保护的设备
- GB/T 4208—2017 外壳防护等级(IP 代码)
- GB/T 9969—2008 工业产品使用说明书 总则
- GB/T 10111—2008 随机数的产生及其在产品质量抽样检验中的应用程序
- GB/T 13384—2008 机电产品包装通用技术条件
- AQ 1043—2007 矿用产品安全标志标识
- MT 210—1990 煤矿通信、检测、控制用 电工电子产品 基本试验方法
- MT/T 408—1995 煤矿用直流稳压电源

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**瑞利波 rayleigh wave**

也称瑞雷波,一种常见的界面弹性波,是沿半无限弹性介质自由表面传播的偏振波,地震学中又称其为 R 波,其特征是低速、低频和强振幅。

### 3.2

**道间串音 interchannel crossfeed**

信号在传输过程中各信号道之间引起的耦合感应程度。测试时只对奇(或偶)数道输入最大信号,

在偶(或奇)数道检测所感应的串扰信号,通常用分贝(dB)表示。

### 3.3

#### 动态范围 dynamic range

地震信号采集系统采集最大不失真信号与系统噪声信号之比的对数值,通常用分贝(dB)表示。

## 4 产品类型与组成

### 4.1 类型

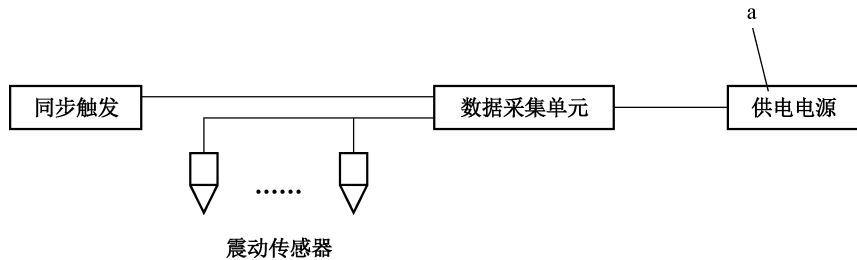
设备类型:携带式电气设备。

防爆型式:矿用本质安全型(以下简称本安型)。

防爆标志:Ex ib I Mb 或 Ex ia I Ma。

### 4.2 组成

探测仪由本安型数据采集单元、供电电源、震动传感器、同步触发等设备组成,如图 1 所示。



注:<sup>a</sup> 数据采集单元的供电电源方式分为外部电源供电和内部电池或电池组供电。

图 1 探测仪组成示意图

## 5 技术要求

### 5.1 基本要求

探测仪应符合本文件的要求,并按照规定程序批准的图纸及技术文件制造。

### 5.2 环境条件

#### 5.2.1 工作环境

探测仪应在下列条件下正常工作:

- a) 环境温度为 $-5\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 40\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;
- b) 相对湿度不大于 $95\%$ ( $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ );
- c) 大气压力为 $80\text{ kPa}\sim 110\text{ kPa}$ ;
- d) 允许在具有瓦斯、煤尘爆炸危险的煤矿井下,但无破坏绝缘的腐蚀性气体场所中使用。

#### 5.2.2 贮运条件

探测仪应能承受下列最恶劣的贮运条件:

- a) 高温贮存为 $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;
- b) 低温贮存为 $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;

- c) 相对湿度为 95%(40℃)；
- d) 振动加速度为 20 m/s<sup>2</sup>；
- e) 冲击峰值加速度为 500 m/s<sup>2</sup>。

### 5.3 连续工作时间

探测仪连续工作时间不小于 6 h。在规定的工作时间内,探测仪不应出现欠压关机。

### 5.4 外观

探测仪外观应符合:

- a) 探测仪外壳表面不应有明显凹痕、划伤、裂缝和变形,表面镀层或涂镀层应均匀;
- b) 金属零部件不应有锈蚀和其他机械损伤;
- c) 面板开关、按键操作应灵活可靠,接插件的活动部件应插接自如,零部件应紧固无松脱;
- d) 说明功能的符号文字、铭牌、安全标志标识及防爆标志均应清晰端正、安装牢固。

### 5.5 结构

探测仪结构应满足:

- a) 紧固件应具有防止自动松脱的措施;
- b) 其他结构要求应符合 GB/T 3836.1—2021、GB/T 3836.4—2021 的规定。

### 5.6 电气性能

#### 5.6.1 信号道数

具体信号道数由企业产品标准规定,但不得少于 2 道。

#### 5.6.2 同步触发

数据采集单元应具备外部和内部同步触发方式,同步触发信号的具体参数由企业产品标准规定。

#### 5.6.3 频率响应

数据采集单元的频率响应范围至少为 3 Hz~500 Hz,通频带内幅值不均匀度优于±3 dB,具体参数由企业产品标准规定。

#### 5.6.4 动态范围

数据采集单元的动态范围应大于 80 dB。

#### 5.6.5 道一致性

数据采集单元的任意信号道间的增益一致性允许偏差±1%,相位一致性允许偏差±1°。

#### 5.6.6 道间串音抑制

数据采集单元的道间串音抑制应大于 80 dB。

#### 5.6.7 共模抑制比

数据采集单元的信号道共模抑制比应大于 60 dB。

### 5.7 基本功能

探测仪的基本功能由企业产品标准规定,但至少应包括下列内容:

- a) 观测系统设置:炮点、震动传感器的桩号、道间距和炮间距。
- b) 数据采集参数设置:前放增益、采样率、记录长度和叠加方式。
- c) 数据文件管理:数据文件名、数据文件存储格式和回放读取数据。

## 5.8 绝缘电阻

探测仪的绝缘电阻应符合表 1 的规定。

表 1 绝缘电阻参数

测试部位	绝缘电阻 MΩ	
	常态	交变湿热试验后
本安端子与外壳	≥10	≥1

## 5.9 环境适应性

- 5.9.1 探测仪在高温工作试验时,其电气性能和基本功能应符合 5.6、5.7 的规定。
- 5.9.2 探测仪在低温工作试验时,其电气性能和基本功能应符合 5.6、5.7 的规定。
- 5.9.3 探测仪应能通过高温贮存试验,试验后其外观、电气性能和基本功能应符合 5.4、5.6 和 5.7 的规定。
- 5.9.4 探测仪应能通过低温贮存试验,试验后其外观、电气性能和基本功能应符合 5.4、5.6 和 5.7 的规定。
- 5.9.5 探测仪应能通过交变湿热试验,试验后其外观、电气性能、基本功能和电气安全应符合 5.4、5.6、5.7 和 5.8 的规定。
- 5.9.6 探测仪应能通过振动试验,试验后其外观、结构、电气性能和基本功能应符合 5.4、5.5、5.6 和 5.7 的规定。
- 5.9.7 探测仪应能通过冲击试验,试验后其外观、结构、电气性能和基本功能应符合 5.4、5.5、5.6 和 5.7 的规定。
- 5.9.8 探测仪应能通过跌落试验,试验后不得出现影响防爆性能的损坏,其外观、结构、电气性能和基本功能应符合 5.4、5.5、5.6 和 5.7 的规定。
- 5.9.9 探测仪应能通过模拟汽车运输试验,试验后其外观、结构、电气性能和基本功能应符合 5.4、5.5、5.6 和 5.7 的规定。

## 5.10 防爆性能

- 5.10.1 探测仪应符合 GB/T 3836.1—2021 和 GB/T 3836.4—2021 中的有关规定,并经审查检验合格,取得“防爆检验合格证”。
- 5.10.2 探测仪外壳防护等级应不低于 GB/T 4208—2017 中 IP54 防护等级的规定。
- 5.10.3 探测仪中任何与本质安全性能有关的元件,应符合 GB/T 3836.4—2021 中 7 的规定,在正常工作和故障状态下,不得在超过元件使用条件温度范围规定的最大电流、电压和功率额定值的 2/3 的情况下工作。
- 5.10.4 探测仪外壳结构、电气间隙与爬电距离应符合 GB/T 3836.4—2021 中 6 的规定。
- 5.10.5 探测仪外壳采用塑料材质,其最大表面积大于 100 cm<sup>2</sup> 时,应对外壳表面进行防静电处理,使其表面绝缘电阻不大于 10<sup>9</sup> Ω。
- 5.10.6 探测仪在正常和故障状态下,其壳体、元器件及导线的最高表面温度应不大于 150 ℃。

5.10.7 电池或电池组的性能应符合 GB/T 3836.4—2021 中 7.4 的规定。

5.10.8 探测仪在常态和交变湿热试验后,本安端子与外壳之间应通过 500 V、50 Hz、历时 1 min 的工频耐压试验,试验期间漏电流不大于 5 mA,且无击穿和火花闪络现象。

5.10.9 数据采集单元若采用外部供电电源供电,应在企业产品标准中明确规定外部供电电源的本安参数,主要包括:

- 最高输出电压  $U_o$ ;
- 最大输出电流  $I_o$ ;
- 最大允许外部电感  $L_o$ ;
- 最大允许外部电容  $C_o$ 。

数据采集单元若采用内部电池或电池组供电,应在企业产品标准中明确规定其内部电池性能参数,主要包括:

- 电池或电池组的名称、型号、数量、组合连接形式以及单体电池的容量等信息;
- 额定电压  $U_e$ ;
- 最高开路电压  $U_o$ ;
- 最大输出电流  $I_o$ 。

5.10.10 探测仪应能通过 GB/T 3836.4—2021 中 10.1 规定的火花点燃试验。

5.10.11 数据采集单元的供电方式分为外部电源供电和内部电池或电池组供电,具体方式由企业产品标准规定。供电电源及充电性能应符合下列规定:

- a) 数据采集单元若采用外部供电电源供电,其电源构成和技术参数应符合 MT/T 408—1995 的相关规定,应能满足受电单元正常工作的需要,具体技术参数由企业产品标准规定,主要应包括额定输出电压、额定工作电流、最大输出电压、最大输出电流、短路电流。
- b) 电池或电池组宜选用可充电锂离子蓄电池、镍氢蓄电池,应符合 GB/T 3836.4—2021 中 7.4 的规定。镍氢电池单体容量不应超过 20 A·h,锂离子蓄电池组的额定能量不应超过 100 W·h,并在企业产品标准中明确所使用蓄电池的类别、数量、型号、连接情况、单体电池容量等信息。
- c) 电池或电池组应安装在机壳中独立的电池腔内,采用浇封化合物分别将电池或电池组、保护电路和电源板浇封。浇封件的结构应符合 GB/T 3836.4—2021 中 6.6 的规定,并在企业产品标准中明确规定浇封化合物的名称和生产商给出的型号规格。
- d) 电池或电池组的充电应具有防过充保护功能,放电有过放保护功能,应符合 GB/T 3836.4—2021 中 7.4.6 的规定。
- e) 电源应具有输出指示、限流、限压、短路保护功能,且故障撤销后自动恢复。

## 6 试验方法

### 6.1 环境条件

除环境试验或有关标准中另有规定外,试验应在下列环境条件下进行:

- a) 环境温度为 15 °C~35 °C;
- b) 相对湿度为 45%~75%;
- c) 大气压力为 86 kPa~106 kPa;
- d) 无强电磁及振动干扰。

### 6.2 试验用主要仪器设备

#### 6.2.1 主要测试设备

主要测试设备包括:

- a) 频率计；
- b) 电压表；
- c) 电流表；
- d) 信号发生器。

### 6.2.2 仪器设备的一般要求

试验用测试设备应满足下列要求：

- a) 试验用测试仪器和设备的准确度及测量范围应保证所测样品性能的要求，其自身准确度允许误差应小于被测参数的 1/3；
- b) 试验用测试仪器和设备的性能应符合所测性能的特性；
- c) 试验用测试仪器和设备应按照计量法的有关规定进行计量检定、计量校准，并合格；
- d) 试验用测试仪器和设备的配置应不影响测量结果的正确性。

### 6.3 连续工作时间试验

将震动传感器按信号道数逐个连接到数据采集单元，探测仪通电后开始计时，并始终处于微震监视状态。检查同步触发是否正常，每隔 3 h 用人工敲击方法产生振动波，查看探测仪接收各信号道记录波形应显示正常，直到出现欠压关机，统计连续正常工作时间。

### 6.4 外观检查

按 MT 210—1990 中 5 的有关规定进行。

### 6.5 结构检查

按 MT 210—1990 中 5 的有关规定进行。

### 6.6 电气性能试验

#### 6.6.1 信号道数试验

按企业产品标准规定的信号道数进行检测。

#### 6.6.2 同步触发试验

按企业产品标准规定的同步触发方式进行检测。

#### 6.6.3 频率响应试验

##### 6.6.3.1 试验设备连接

按图 2 连接试验设备。

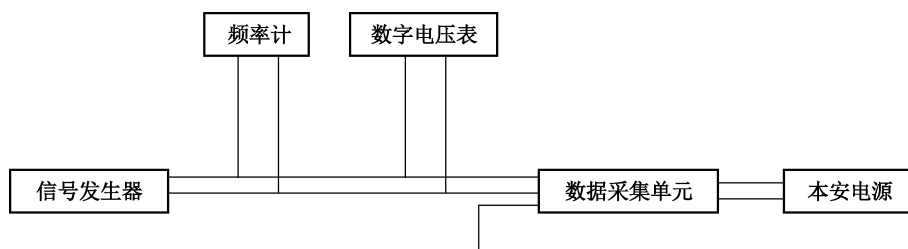


图 2 数据采集单元的试验设备连接



### 6.6.3.2 测试方法

采用点频法进行测试,调节信号发生器电压输出幅度值为信号道最大输入允许值的 2/3,并保持不变。从每个信号道同时输入由企业产品标准规定频率的正弦信号,改变信号发生器输出频率从 3 Hz~500 Hz(根据企业产品标准规定的频率范围而定)均匀选择至少 5 个频率点,分别采集录制所有信号道各频率点的输出记录,计算各个频率点输出电压幅值的不均匀度。

### 6.6.3.3 计算方法

各频率点的幅值按公式(1)计算:

$$U = 20\lg(V_{out}/V_{in}) \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中:

$U$  ——某频率点的幅值,单位为分贝(dB);

$V_{in}$  ——信号道输入幅度值,单位为伏(V);

$V_{out}$  ——信号道输出幅度值,单位为伏(V)。

### 6.6.4 动态范围试验

#### 6.6.4.1 测试方法

按图 2 连接试验设备,从各信号道同时输入由企业产品标准规定频率的正弦信号,其电压幅值调节到最大输入信号允许值,采集输出幅度平均值记录。调节输入信号幅值为零,采集输出噪声平均值记录,计算最大输出信号与噪声的比值,从而得到每个信号道的动态范围。

#### 6.6.4.2 计算方法

每个信号道的动态范围按公式(2)计算:

$$N_i = 20\lg(A_i/B_i) \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中:

$N_i$  ——动态范围,单位为分贝(dB);

$A_i$  ——第  $i$  道的输出幅度平均值,单位为伏(V);

$B_i$  ——无驱动信号第  $i$  道的输出噪声平均值,单位为伏(V)。

### 6.6.5 道一致性试验

#### 6.6.5.1 道增益一致性试验

##### 6.6.5.1.1 测试方法

按图 2 连接试验设备,从每个信号道同时输入由企业产品标准规定频率范围内的正弦信号,其电压幅值调节到最大输入信号允许值的 2/3,采集录制一张输出记录。

##### 6.6.5.1.2 计算方法

各信号道的增益一致性按公式(3)计算:

$$\Delta A_i = \frac{A_i - \bar{A}}{\bar{A}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (3)$$

式中:

$\Delta A_i$  ——第  $i$  道的增益一致性;

$A_i$  ——第  $i$  道输出幅度的有效值,单位为伏(V);

$\bar{A}$  ——所有信号道输出幅度的平均有效值,单位为伏(V)。

6.6.5.2 相位一致性试验

6.6.5.2.1 测试方法

按图 2 连接试验设备,从每个信号道同时输入频率为 20 Hz 的正弦波信号,其电压幅值调节到最大输入信号允许值的 2/3,采集录制一张记录。

6.6.5.2.2 计算方法

连续取  $i$  道相应时刻三个点的值,当正弦波峰值时,满足公式(4)条件:

$$A_2 \geq A_1, A_2 \geq A_3 \quad \dots\dots\dots (4)$$

用二次曲线  $A = at^2 + bt + c$  确定极值点横坐标  $t_i$

$$t_i = \frac{4A_2 - 3A_1 - A_3}{2A_2 - A_1 - A_3} \times \frac{\Delta}{2} = \frac{(A_2 - A_1) \times \Delta}{(A_2 - A_1) + (A_2 - A_3)} + \frac{\Delta}{2} \quad \dots\dots\dots (5)$$

式中:

$\Delta$ ——采样时间间隔,单位为微秒( $\mu\text{s}$ )。

则  $t_{ji} = t_i + (i-1)\delta_i$ ,即为从某一时刻  $j$  算起的峰值位置。 $\delta_i$  为同一采样点的道间时间间隔,单位 s。由于各信号道是同步采样,所以  $\delta_i$  为 0  $\mu\text{s}$ ,  $t_{ji} = t_i$ 。平均值相位按公式(6)计算:

$$\bar{t}_j = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N t_{ji} \quad \dots\dots\dots (6)$$

式中:

$N$ ——每张记录的信号道数。

$\Delta t_i$  即相对于  $j$  时刻平均值  $\bar{t}_j$  的移位(单位是  $\mu\text{s}$ ),按公式(7)计算:

$$\Delta t_i = t_{ji} - \bar{t}_j \quad \dots\dots\dots (7)$$

信号的正弦波频率  $f = 20 \text{ Hz}$ ,用周期  $T = 50 \text{ ms}$  将相位差  $\Delta t_i$  换算成角度来表示相位差测试结果。

6.6.6 道间串音抑制试验

6.6.6.1 测试方法

按图 2 所示连接测试设备,分别在奇(或偶)数信号道输入正弦信号频率为通频带允许的上限频率,电压幅值调节到最大输入信号允许值。奇数信号道(ODD)输入信号时,偶数信号道(EVEN)短路接地,偶数信号道输入信号时,奇数信号道短路接地。分别采集录制“ODD”和“EVEN”两张输出记录。

6.6.6.2 计算方法

第  $i$  道与第  $i+1$  道之间的串音按公式(8)计算:

$$C_i = |20\lg(A_{i+1}/A_i)| \quad \dots\dots\dots (8)$$

式中:

$C_i$  ——第  $i$  道与第  $i+1$  道之间的串音,单位为分贝(dB);

$A_i$  ——信号输入道的输出幅度平均值,单位为伏(V);

$A_{i+1}$  ——被测道的输出幅度平均值,单位为伏(V)。

6.6.7 共模抑制比试验

6.6.7.1 测试方法

按图 2 连接测试设备,将每个信号道差分输入短接,连接在信号发生器的输出端,以数据采集单元

公共地为参考,输入正弦信号频率为探测仪通频带的上限频率(根据企业产品标准规定的频率范围而定),其电压幅值调节到最大输入信号允许值的二分之一,采集录制一张输出记录。

#### 6.6.7.2 计算方法

共模抑制比按公式(9)计算:

$$CMR = |20\lg(V_{out}/V_{in})| \dots\dots\dots (9)$$

式中:

$CMR$  —— 共模抑制比,单位为分贝(dB);

$V_{out}$  —— 输出电压折合至输入电压(除以差分增益),单位为伏(V);

$V_{in}$  —— 输入共模测试电压,单位为伏(V)。

#### 6.7 基本功能检查

按企业产品标准规定的基本功能进行测试。

#### 6.8 绝缘电阻测量

按 MT 210—1990 中 7 规定的方法进行。

#### 6.9 环境适应性试验

##### 6.9.1 高温工作试验

高温工作试验按照下列方法进行:

- a) 高温工作按 GB/T 2423.2 中试验 Be 规定的方法进行;
- b) 严酷等级见表 2;
- c) 试验时,探测仪通电工作,持续 2 h 后测试电气性能,并检查基本功能。

##### 6.9.2 低温工作试验

低温工作试验按照下列方法进行:

- a) 低温工作按 GB/T 2423.1 中试验 Ae 规定的方法进行;
- b) 严酷等级见表 2;
- c) 试验时,探测仪通电工作,持续 2 h 后测试电气性能,并检查基本功能。

表 2 温度试验严酷等级

试验项目	温度 ℃	试验时间 h	恢复时间 h
低温工作	-5	2	—
高温工作	40	2	—
低温贮存	-40	16	2
高温贮存	60	16	2

##### 6.9.3 高温贮存试验

高温贮存试验按照下列方法进行:

- a) 按 GB/T 2423.2 中试验 Bb 规定的方法进行;

- b) 严酷等级见表 2;
- c) 试验时,探测仪不包装,不通电,不进行中间测试。试验后在 6.1.1 规定的环境条件下恢复 2 h,测试电气性能和基本功能,并检查外观。

#### 6.9.4 低温贮存试验

低温贮存试验按照下列方法进行:

- a) 按 GB/T 2423.1 中试验 Ab 规定的方法进行;
- b) 严酷等级见表 2;
- c) 试验时,探测仪不包装,不通电,不进行中间测试。试验后在 6.1.1 规定的环境条件下恢复 2 h,测试电气性能和基本功能,并检查外观。

#### 6.9.5 交变湿热试验

交变湿热试验按照下列方法进行:

- a) 按 GB/T 2423.4 中试验 Db 规定的方法进行;
- b) 严酷等级见表 3;
- c) 试验时,探测仪不包装,不通电,不进行中间测试。试验后在 6.1.1 规定的条件下恢复 2 h,进行电气安全试验,然后测试电气性能并检查基本功能和外观。

表 3 湿热试验严酷等级

相对湿度 %	温度 ℃	试验时间 d
93	40	6

#### 6.9.6 振动试验

振动试验按照下列方法进行:

- a) 按 GB/T 2423.10—2019 中试验 Fc 规定的方法进行;
- b) 严酷等级见表 4;
- c) 试验时,探测仪不包装,不通电,不进行中间测试。试验后测试电气性能和基本功能,并检查外观、结构。

表 4 振动试验严酷等级

扫频范围 Hz	加速度幅值 m/s <sup>2</sup>	扫频速率 oct/min	扫频循环次数
10~150~10	20	1	三个相互垂直轴向以此扫频循环 5 次

#### 6.9.7 冲击试验

冲击试验按照下列方法进行:

- a) 按 GB/T 2423.5—2019 中试验 Ea 规定的方法进行;
- b) 严酷等级见表 5;
- c) 试验时,探测仪不包装,不通电,不进行中间测试。试验后测试电气性能和基本功能,并检查外观、结构。

表 5 冲击试验严酷等级

脉冲峰值加速度 m/s <sup>2</sup>	脉冲持续时间 ms	冲击次数
500	11	在每个相互垂直轴向上,正向和反向各 3 次(共 18 次)

### 6.9.8 跌落试验

跌落试验按照下列方法进行:

- a) 按 GB/T 3836.1—2021 中 26.4.3 规定的方法进行;
- b) 严酷等级见表 6;
- c) 试验时,探测器不包装,不通电,不进行中间测试。试验后测试电气性能和基本功能,并检查外观、结构。

表 6 跌落试验严酷等级

跌落高度 m	跌落次数	释放条件
1	4	以正常的使用方向从悬挂位置自由跌落在平滑、坚硬的混凝土面上

### 6.9.9 模拟运输试验

模拟运输试验按照下列方法进行:

- a) 按 MT 210—1990 中第 27 章规定的方法进行;
- b) 严酷等级见表 7;
- c) 试验时,包装后的探测器不通电,不进行中间测试。试验后的包装应无损坏和明显变形,检查外观、结构,并测试电气性能和基本功能。

表 7 运输试验严酷等级

频率 Hz	峰值加速度 m/s <sup>2</sup>	试验时间 h
4	30	2

### 6.10 防爆试验

6.10.1 防爆性能试验按 GB/T 3836.1—2021 和 GB/T 3836.4—2021 规定的方法,由防爆检验机构进行。

6.10.2 外壳防护性能试验按 GB/T 4208—2017 规定的方法进行。

6.10.3 与本质安全性能有关的元件按 GB/T 3836.4—2021 中 7 规定的方法进行。

6.10.4 电气间隙与爬电距离的测量按 GB/T 3836.4—2021 中附录 C 规定的方法进行。

6.10.5 非金属外壳的最大表面积大于 100 cm<sup>2</sup> 时,表面绝缘电阻试验按 GB/T 3836.1—2021 中 26.13 规定的方法进行。

6.10.6 最高表面温度试验按 GB/T 3836.4—2021 中 10.2 规定的方法进行。

- 6.10.7 电池或电池组性能试验按 GB/T 3836.4—2021 中 10.5 规定的方法进行。  
 6.10.8 介电强度试验按 GB/T 3836.4—2021 中 10.3 规定的方法进行。  
 6.10.9 本安参数试验按 GB/T 3836.4—2021 规定的方法进行。  
 6.10.10 火花点燃试验按 GB/T 3836.4—2021 中 10.1 规定的方法进行。  
 6.10.11 电源及充电按 MT/T 408—1995 中 5.2 规定的方法进行。

## 7 检验规则

### 7.1 检验分类

检验类别分为出厂检验、在用品检验和型式检验,检验项目见表 8。

表 8 检验项目

序号	检验项目	质量特征类型	技术要求条款	试验方法条款	检验类别		
					出厂检验	在用品检验	型式检验
1	连续工作时间	C	5.3	6.3	√	—	√
2	外观	C	5.4	6.4	√	—	√
3	结构	C	5.5	6.5	√	—	√
4	电气性能	B	5.6	6.6	√	√	√
5	基本功能	B	5.7	6.7	√	√	√
6	绝缘电阻	A	5.8	6.8	√	√	√
7	低温工作	B	5.9.1	6.9.1	—	—	√
8	高温工作	B	5.9.2	6.9.2	—	—	√
9	低温贮存	B	5.9.3	6.9.3	—	—	√
10	高温贮存	B	5.9.4	6.9.4	—	—	√
11	交变湿热	B	5.9.5	6.9.5	—	—	√
12	振动	B	5.9.6	6.9.6	—	—	√
13	冲击	B	5.9.7	6.9.7	—	—	√
14	跌落	B	5.9.8	6.9.8	—	—	√
15	模拟运输	B	5.9.9	6.9.9	—	—	√
16	外壳防护性能	A	5.10.2	6.10.2	—	—	√
17	元件本质安全性能	A	5.10.3	6.10.3	—	—	√
18	电气间隙与爬电距离	A	5.10.4	6.10.4	—	—	√
19	塑料外壳表面绝缘电阻	A	5.10.5	6.10.5	—	—	√
20	最高表面温度	A	5.10.6	6.10.6	—	—	√
21	电池或电池组性能	A	5.10.7	6.10.7	—	—	√
22	介电强度	A	5.10.8	6.10.8	√	√	√

表 8 (续)

序号	检验项目	质量特征类型	技术要求条款	试验方法条款	检验类别		
					出厂检验	在用品检验	型式检验
23	本安参数	A	5.10.9	6.10.9	○	○	○
24	本质安全火花	A	5.10.10	6.10.10	—	—	√
25	电源及充电	A	5.10.11	6.10.11	—	—	√

注：“√”表示检验项目；“○”表示当采用外部电源供电时，只测电压和电流。当采用内部电池或电池组供电时，胶封前检测；“—”表示不检验项目。

## 7.2 出厂检验

- 7.2.1 应由制造厂质量检验部门对产品进行出厂检验，检验合格并签发合格证后方可出厂。
- 7.2.2 出厂检验项目按表 8 规定的项目进行。
- 7.2.3 每台检测仪出厂前按表 8 规定的检验项目逐项测试，有一项不合格则该产品不合格。
- 7.2.4 对不合格品允许返修后再按 7.2.3 的规定重新检验。

## 7.3 在用品检验

- 7.3.1 使用中的密度仪需要每年进行在用品检验，由生产单位的检验机构或有能力检验的机构进行，在用品检验项目按表 8 规定的项目进行，检验合格的产品应给予相应标识。
- 7.3.2 在用品检验按照表 8 规定的项目进行。
- 7.3.3 每台每年按表 8 规定的检验项目逐项测试，有一项不合格则该产品不合格。

## 7.4 型式检验

### 7.4.1 型式检验条件

有下列情况之一时，应进行型式检验：

- 新产品试制定型鉴定或老产品转厂生产时；
- 正式生产后，如结构、材料、工艺有较大改变可能影响检测仪性能时；
- 正常生产满 5 年时；
- 产品停产 2 年恢复生产时；
- 出厂检验结果与上次型式检验有较大差异时；
- 国家有关机构提出要求时。

### 7.4.2 型式检验项目

检验项目应符合表 8 的规定。

### 7.4.3 抽样与判定规则

- 7.4.3.1 型式检验的样品应从出厂检验合格的产品中抽取。
- 7.4.3.2 抽样基数不大于 50 台时，采用 GB/T 10111—2008 规定的方法抽样。样品数量 1 台（或 2 台）。对 A 类项目，有 1 项不合格时判该批产品不合格。对 B 类项目，有 1 项不合格应加倍抽样重新检验，若仍有 1 项不合格判该批产品不合格。对 C 类项目，有 3 项不合格，判该批产品不合格。
- 7.4.3.3 抽样基数大于 50 台时，采用 GB/T 2829—2002 规定的方法抽样。选用一次抽样方案，判别水

平Ⅲ,不合格质量水平 RQL 等于 40,样品数量  $n=5$ ,合格判定数  $A_c=0$ ,不合格判定数  $R_e=1$ 。对 A 类项目,有一项不合格判该批次产品为不合格;对 B、C 类项目,对照检验项目的要求进行检验,累计不合格数或不合格品数,按判定数组判定该批产品合格或不合格。若不合格应按 GB/T 2829—2002 中 5.12 的规定处理。

## 8 标志、包装、运输及贮存

### 8.1 标志

#### 8.1.1 产品标志

8.1.1.1 探测仪外壳明显处应有永久性“Ex ib I Mb”或“Ex ia I Ma”标志。

8.1.1.2 探测仪外壳醒目处应设置铭牌,铭牌上至少应清晰标明下列内容:

- a) 产品型号和名称;
- b) 防爆标志;
- c) 防爆合格证编号;
- d) 矿用产品安全标志证书编号;
- e) 本安参数;
- f) 主要技术参数;
- g) 出厂编号;
- h) 出厂日期;
- i) 制造厂名称。

#### 8.1.2 包装标志

8.1.2.1 包装贮运标志应符合 GB/T 191 的规定。

8.1.2.2 包装箱外壁文字及标记应包含下列内容:

- a) 制造厂名称;
- b) 产品名称和型号;
- c) 净重和毛重;
- d) 包装箱尺寸;
- e) 放置方向;
- f) “精密仪器”“小心轻放”“切勿受潮”等字样或图示。

### 8.2 包装

8.2.1 包装应符合 GB/T 13384—2008 的规定,具有防雨、防潮、防尘、防振能力。

8.2.2 随机文件和随机附件应有下列内容:

- a) 装箱清单;
- b) 产品合格证;
- c) 防爆检验合格证复印件;
- d) 煤矿矿用产品安全标志证书复印件;
- e) 产品使用说明书;
- f) 产品保修卡;
- g) 专用工具;
- h) 必备的附件、零配件及清单。



### 8.3 运输

包装后的探测仪在避免雨雪淋袭的条件下,可适用于公路、铁路、水路、航空运输方式。

### 8.4 贮存

包装后的探测仪应在温度为 $-40\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 60\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度不大于90%、无腐蚀性气体、无强电磁场作用、通风良好的仓库中贮存,贮存期不得超过企业产品标准规定的时间。长期贮存应定期(由企业产品标准规定)通电、充电及维护。

---



## 中华人民共和国矿山安全行业标准

KA/T 16—2023

代替 MT 523—1995

### 煤矿用防爆低能 $\gamma$ - $\gamma$ 组合测井仪

Explosion-proof low power  $\gamma$ - $\gamma$  combination logging  
instrument in coal mine

2023-10-26 发布

2024-01-31 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 产品分类 .....	1
5 技术要求 .....	1
6 试验方法 .....	3
7 检验规则 .....	5
8 标志、包装、运输及贮存 .....	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。

本文件代替 MT 523—1995《防爆低能  $\gamma$ - $\gamma$  组合测井仪》，与 MT 523—1995 相比，主要技术变化如下：

- a) 更新、删除和增加了规范性引用文件(见第2章)；
- b) 增加了“术语和定义”(见第3章)；
- c) 修改了同步机和探管的防爆型式和防爆标志(见4.2,1995年版的3.5.1)；
- d) 修改了使用环境条件的要求(见5.2,1995年版的3.3)；
- e) 修改了工作时间的要求(见5.3.2,1995年版的3.4.7)；
- f) 修改了电气性能中电源的要求(见5.3.1)；
- g) 增加了结构的要求(见5.5)；
- h) 增加了“绝缘电阻”的要求和试验方法(见5.6)；
- i) 修改了耐水压的要求(见5.7,1995年版的3.5.4)；
- j) 修改了仪器外壳防护要求(见5.8,1995年版的3.5.4)；
- k) 修改了环境适应性的要求(见5.9,1995年版的3.6.1)；
- l) 增加了电气间隙与爬电距离的要求(见5.11.5)；
- m) 增加了振动和冲击的要求(见5.14和5.15)；
- n) 增加了本安参数的要求(见5.16)；
- o) 修改了型式检验的年限(见7.4.1,1995年版的5.3.1)；
- p) 修改和完善了“检验规则”(见7.1,7.2,7.3,7.4,表2,1995年版的5.1,5.2,5.3)；
- q) 修改了贮存条件的要求(见8.4,1995年版的6.4)。

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这些专利的责任。

本文件由中国煤炭工业协会提出。

本文件由煤炭行业煤矿专用设备标准化技术委员会归口。

本文件起草单位：中煤科工西安研究院(集团)有限公司、长安大学、中国矿业大学、西安煤科检测技术有限公司。

本文件主要起草人：张鹏、王小波、陈万胜、李萍、李貅、岳建华、薛琴、曹明。

本文件及其所代替文件的历次版本发布情况为：

——1995年首次发布为 MT 523—1995；

——本次为第一次修订。

# 煤矿用防爆低能 $\gamma$ - $\gamma$ 组合测井仪

## 1 范围

本文件规定了煤矿用防爆低能  $\gamma$ - $\gamma$  组合测井仪(以下简称“测井仪”)的产品分类、技术要求、试验方法、检验规则、标志、包装、运输和贮存。

本文件适用于煤矿井下防爆低能  $\gamma$ - $\gamma$  组合测井仪的设计、制造及检验。

## 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/T 191 包装储运图示标志

GB/T 2423.1 电工电子产品环境试验 第2部分:试验方法 试验 A:低温

GB/T 2423.2 电工电子产品环境试验 第2部分:试验方法 试验 B:高温

GB/T 2423.4 电工电子产品环境试验 第2部分:试验方法 试验 Db 交变湿热(12 h+12 h 循环)

GB/T 2423.5—2019 环境试验 第2部分:试验方法 试验 Ea 和导则:冲击

GB/T 2423.10—2019 环境试验 第2部分:试验方法 试验 Fc:振动(正弦)

GB/T 2829—2002 周期检验计数抽样程序及表(适用于对过程稳定性的检验)

GB/T 3836.1—2021 爆炸性环境 第1部分:设备 通用要求

GB/T 3836.4—2021 爆炸性环境 第4部分:由本质安全型“i”保护的设备

GB/T 4208—2017 外壳防护等级(IP 代码)

GB/T 10111—2008 随机数的产生及其在产品质量抽样检验中的应用程序

MT 210—1990 煤矿通信 检测 控制用 电工电子产品 基本试验方法

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**低能  $\gamma$ - $\gamma$  组合测井仪** **low power  $\gamma$ - $\gamma$  combination logging instrument**

通过测量岩、煤层的自然放射性强度以及测量伽马射线与岩、煤相互作用的光电效应来确定岩层和煤层的位置及深度的测井仪器。

## 4 产品分类

### 4.1 组成

测井仪由同步机和探管两部分组成。

### 4.2 防爆型式

同步机和探管的防爆型式均为矿用本质安全型,防爆标志为“Ex ib I Mb”或“Ex ia I Ma”。

## 5 技术要求

### 5.1 基本要求

测井仪应符合本文件的要求,并按照规定程序批准的图纸及技术文件制造。

### 5.2 使用环境条件

测井仪应在下列使用条件下正常工作:

- a) 环境温度为 $-5\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 40\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;
- b) 平均相对湿度应不大于 $95\%$ ( $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ );
- c) 大气压力为 $80\text{ kPa}\sim 110\text{ kPa}$ ;
- d) 有甲烷和煤尘,但无破坏绝缘的腐蚀性气体以及无剧烈振动和冲击场合。

### 5.3 电气性能

#### 5.3.1 电源

电源应满足以下要求:

- a) 探管的工作电压、工作电流、短路电流等电源参数由产品标准规定;
- b) 同步机的工作电压、工作电流、短路电流等电源参数由产品标准规定;
- c) 测井仪同步机和探管的电源为充电电池组,应符合 GB/T 3836.1—2021 和 GB/T 3836.4—2021 的要求,并有充、放电保护功能。

#### 5.3.2 主要功能

主要功能应满足以下要求:

- a) 工作时间不小于 $8\text{ h}$ ;
- b) 断电数据保持功能。

#### 5.3.3 测量范围

测量范围应满足以下要求:

- a) 自然伽马的最高计数率为 $255\text{ cps}$ ;
- b) 低能伽马的最高计数率为 $65535\text{ cps}$ 。

#### 5.3.4 测量灵敏度

测量灵敏度应满足以下要求:

- a) 自然伽马灵敏度不小于 $600\text{ cps/kBq}$ ;
- b) 低能伽马灵敏度不小于 $400\text{ cps/kBq}$ 。

### 5.4 外观

测井仪外观应满足以下要求:

- a) 外表面无明显凹痕、划伤、裂缝和变形,表面涂层均匀;
- b) 金属部件无锈蚀和其他机械损伤;
- c) 铭牌与防爆标志完整、牢固、清晰、端正、美观;
- d) 金属部件进行防锈防蚀处理。



## 5.5 结构

测井仪结构应满足以下要求：

- a) 紧固件牢固,无松动,活动件灵活自如；
- b) 紧固件有防止自动松脱的措施；
- c) 机械结构具有密封措施；
- d) 结构设计具有抗震和抗冲击措施。

## 5.6 绝缘电阻

测井仪接线端子与外壳间的绝缘电阻应不小于 10 MΩ, 交变湿热试验后应不小于 1 MΩ。

## 5.7 耐水压

探管外壳壁厚应不小于 3 mm, 并能承受不小于 12 MPa 的水压试验。

## 5.8 外壳防护

测井仪的外壳防护等级应不低于 GB/T 4208—2017 规定的 IP54 要求。

## 5.9 环境适应性

测井仪应能按表 1 规定的高温、低温条件下工作和贮存, 试验后应满足 5.3、5.4 的要求。

表 1 环境温度试验条件

试验项目	温度 ℃	试验时间 h	恢复时间 h
低温工作	-5	2	—
高温工作	40	2	—
低温贮存	-40	16	≥2
高温贮存	60	16	≥2

## 5.10 交变湿热

测井仪应能承受严酷等级为高温 40 ℃, 6 d 的交变湿热试验, 恢复 2 h 后测试电气性能、外观、绝缘电阻是否满足 5.3、5.4、5.6 的要求。

## 5.11 防爆性能

5.11.1 测井仪的同步机和探管应为本质安全型的防爆型式, 电源各路输出均应有过流、过压保护, 应符合 GB/T 3836.1—2021 和 GB/T 3836.4—2021 的有关规定, 并经审查检验合格, 取得“防爆检验合格证”。

5.11.2 测井仪在正常工作或故障状态下其元件及导线的最高表面温度不高于 150 ℃。

5.11.3 同步机外壳为非金属材料时, 其最大表面积大于 100 cm<sup>2</sup> 时, 应先进行防静电处理, 表面绝缘电阻应不大于 10<sup>9</sup> Ω。

5.11.4 测井仪应满足 GB/T 3836.4—2021 中 6.3.13 的规定, 接线端与外壳间应能承受交流电压 500 V 的耐压测试。

5.11.5 调试好的电路板应干净整洁和做防护处理,电源电路应胶封良好。

5.11.6 本质安全型电气间隙与爬电距离应符合 GB/T 3836.4—2021 中 6.3 的要求。

## 5.12 跌落

包装后的便携式测井仪在非工作状态下,应能通过水泥地面 1 m 自由落体跌落试验,试验后应符合 5.3、5.4、5.5 的要求。

## 5.13 运输

包装后的测井仪应能通过频率 4 Hz,加速度  $30 \text{ m/s}^2$  的试验,试验时间为 2 h 的模拟汽车运输试验,试验后应符合 5.3、5.4、5.5 的要求。

## 5.14 振动

测井仪应能承受频率 10 Hz~150 Hz,加速度  $20 \text{ m/s}^2$ ,三个互相垂直的轴线上各振动 5 次,试验后应符合 5.3、5.4、5.5 的要求。

## 5.15 冲击

测井仪应能承受峰值加速度  $500 \text{ m/s}^2$ ,脉冲持续时间 11 ms,三个互相垂直轴线的每个方向上连续冲击 3 次(共 18 次),试验后应符合 5.3、5.4、5.5 的要求。

## 5.16 本安参数

测井仪的本安参数包括本安电源的最大输出电压和最大输出电流,其应符合国家授权的防爆检验单位批准的范围。

# 6 试验方法

## 6.1 试验环境条件

试验均在如下条件下进行:

- a) 温度为  $15 \text{ }^\circ\text{C} \sim 35 \text{ }^\circ\text{C}$ ;
- b) 相对湿度为  $45\% \sim 75\%$ ;
- c) 大气压力为  $86 \text{ kPa} \sim 106 \text{ kPa}$ 。

## 6.2 试验设备

试验用主要测试设备包括:

- a) 频率计;
- b) 电压表;
- c) 电流表;
- d) 可编程电子负载;
- e) 电子秒表。

## 6.3 电气性能试验

### 6.3.1 测量范围试验

试验线路连接如图 1 所示。

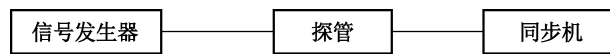


图 1 测量范围检验框图

用信号发生器产生其幅度为 4.95 V~5.1 V,频率依次为 10 Hz、100 Hz、125 Hz、255 Hz、10000 Hz、65535 Hz 的方波信号替代自然  $\gamma$  和低能  $\gamma$  探头输出信号,使用同步机进行数据采样,或者在探管计数率输出端接 5 位半频率计读数,检测计数率。测量结束,将数据传输到计算机计算,看是否与输入频率相一致,测量结果满足 5.3.3 的要求。

### 6.3.2 灵敏度试验

用标准放射源或标准岩样贴近测井仪探头部位,连接探管和同步机,打开各自电源开关,使仪器系统处于采样工作状态,此时分别将伽马放射源(1 mCi)或标准岩样快速紧贴自然  $\gamma$  和低能  $\gamma$  的窗口(分别紧贴时间不小于 2 s),测量结束,将数据传输到计算机,计算出灵敏度。测量结果应满足 5.3.4 的要求。

### 6.4 外观

按 MT 210—1990 中 5.2.1 的规定进行检查。

### 6.5 结构

按 MT 210—1990 中的相关规定进行,对与防爆性能有关的零部件,元器件及其结构应按 GB/T 3836.1—2021、GB/T 3836.4—2021 的有关规定进行检查。

### 6.6 绝缘电阻

按 MT 210—1990 中 7 规定的绝缘电阻试验方法进行。

### 6.7 耐水压

探管的水压试验在密封管内用水压机加压至 12 MPa 并保持 20 min,试验后应无渗水或漏水现象。

### 6.8 外壳防护试验

按 GB/T 4208—2017 规定的外壳防护试验方法进行。

### 6.9 环境适应性试验

环境试验按以下试验方法进行:

- a) 高温工作按 GB/T 2423.2 规定的 Be 试验方法进行;
- b) 高温贮存按 GB/T 2423.2 规定的 Bb 试验方法进行;
- c) 低温工作按 GB/T 2423.1 规定的 Ae 试验方法进行;
- d) 低温贮存按 GB/T 2423.1 规定的 Ab 试验方法进行。

### 6.10 交变湿热试验

按 GB/T 2423.4 规定的 Db 试验方法进行。

### 6.11 防爆性能试验

6.11.1 防爆性能按 GB/T 3836.1—2021 和 GB/T 3836.4—2021 规定的试验方法进行。

6.11.2 表面温度按 GB/T 3836.4—2021 中 10.2 规定的试验方法进行。

- 6.11.3 非金属外壳表面绝缘电阻按 GB/T 3836.1—2021 中 26.13 规定的试验方法进行。
- 6.11.4 介电强度按 GB/T 3836.4—2021 中 10.3 规定的试验方法进行。
- 6.11.5 电路板应清洁干净,涂三防漆,覆盖层应牢固可靠;电源电路用浇封材料灌封,胶封体要求无气泡,表面厚度不小于 3 mm。
- 6.11.6 电气间隙和爬电距离按 GB/T 3836.4—2021 中附录 C 规定的试验方法进行。

6.12 跌落试验

按 GB/T 3836.1—2021 中 26.4.3 规定的试验方法进行。

6.13 运输试验

按 MT 210—1990 中 27 规定的试验方法进行。

6.14 振动试验

按 GB/T 2423.10—2019 规定的试验方法进行。

6.15 冲击试验

按 GB/T 2423.5—2019 规定的试验方法进行。

6.16 本安参数

进行最大电压和最大电流的测量,应低于防爆合格证所规定的电气安全数值。

7 检验规则

7.1 检验分类

测井仪检验分出厂检验、在用品检验和型式检验。

7.2 出厂检验

7.2.1 每台测井仪均应由生产单位进行检验,检验合格的产品应给予产品合格证。

7.2.2 出厂检验项目见表 2。

7.2.3 出厂检验各项指标应符合本文件要求,否则不准出厂。对不合格产品经返修合格后,方准出厂。

表 2 检验项目

序号	检验项目	类别	要求	试验方法	检验类别		
					出厂检验	在用品检验	型式检验
1	电气性能	5.3	A	6.3	√	√	√
2	外观	5.4	C	6.4	√	—	√
3	结构	5.5	C	6.5	√	—	√
4	绝缘电阻	5.6	A	6.6	√	√	√
5	耐水压	5.7	A	6.7	√	√	√
6	外壳防护	5.8	A	6.8	—	—	√
7	高温工作	5.9	B	6.9	—	—	√

表 2 (续)

序号	检验项目	类别	要求	试验方法	检验类别		
					出厂检验	在用品检验	型式检验
8	高温贮存	5.9	B	6.9	—	—	√
9	低温工作	5.9	B	6.9	—	—	√
10	低温贮存	5.9	B	6.9	—	—	√
11	交变湿热	5.10	B	6.10	—	—	√
12	防爆性能	5.11	A	6.11	—	—	√
13	跌落	5.12	B	6.12	—	—	√
14	运输	5.13	B	6.13	—	—	√
15	振动	5.14	B	6.14	—	—	√
16	冲击	5.15	B	6.15	—	—	√
17	本安参数	5.16	A	6.16	√	√	√
<p>注 1：“√”表示检验项目，“—”表示不检验项目。</p> <p>注 2：A：致命缺陷，B：严重缺陷，C：一般缺陷。</p>							

### 7.3 在用品检验

使用中的测井仪需要每年进行在用品检验，检验合格的产品应给予相应标识；测井仪的在用品检验由生产单位的检验机构或有能力的检验机构进行，在用品检验项目见表 2。

### 7.4 型式检验

7.4.1 测井仪在下列情况下应进行型式检验：

- a) 产品定型时；
- b) 设计、主要元件、材料、工艺更换时；
- c) 防爆合格证有效期满时，须向防爆检验机构申请复检；
- d) 停产 2 年恢复生产时；
- e) 大批量生产时每 5 年进行一次；
- f) 产品质量不稳定时；
- g) 国家有关部门提出进行型式检验要求时。

7.4.2 型式检验项目见表 2。

7.4.3 型式检验项目指标应符合要求，表 2 中 A 类指标有一项不合格、B 类指标有两项不合格则应加倍抽取样品数量继续试验，若仍不合格，则判定为不合格。

7.4.4 一个生产周期内的全部合格产品均为该批次的抽取样品。抽取样品数量不大于 20 台时，按照标准 GB/T 10111—2008 中 4.4.1 扑克牌法的规定抽取 1~2 台进行型式试验。抽取样品数量大于 20 台时，按照 GB/T 2829—2002 抽样，对照检验项目要求检验。对不合格批次应按 GB/T 2829—2002 的规定处理。

## 8 标志、包装、运输及贮存

### 8.1 标志

每台仪器在外壳明显位置应固定产品铭牌，铭牌上应至少包括下列内容：

- a) 仪器名称型号；
- b) 防爆标志；
- c) 本安额定电压,本安电流；
- d) 防爆合格证号；
- e) 矿用产品安全标志证书编号；
- f) 产品编号；
- g) 制造单位。

## 8.2 包装

8.2.1 包装箱上应有储运标志,包装箱上的储运标志应符合 GB/T 191 的规定。

8.2.2 随机文件应包含下列内容：

- a) 产品合格证；
- b) 产品使用说明书；
- c) 保修证书；
- d) 防爆合格证复印件；
- e) 矿用产品安全标志证书复印件；
- f) 装箱单。

## 8.3 运输

装卸时防止剧烈振动,谨防跌落。

包装后的产品在避免雨雪直接淋袭和暴晒的条件下,可适用于水、陆、航空等各种运输方式。

## 8.4 贮存

测井仪应在 $-40\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 60\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度不大于90%、无腐蚀性气体环境中贮存。长期不用时,应定期(由产品标准规定)开机运行、充电及维护。

---

## 中华人民共和国矿山安全行业标准

KA/T 17—2023  
代替 MT/T 678—1997

### 煤矿用密度测井仪

Density logging instruments used in coal mine

2023-10-26 发布

2024-01-31 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 组成、防爆型式与命名 .....	1
5 要求 .....	2
6 试验方法 .....	4
7 检验规则 .....	7
8 标志、包装、运输及贮存 .....	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。

本文件代替 MT/T 678—1997《矿用密度测井仪通用技术条件》，与 MT/T 678—1997 相比，除结构调整和编辑性修改外，主要技术变化如下：

- a) 更新、删除和增加了规范性引用文件(见第 2 章)；
- b) 增加了“术语和定义”(见第 3 章)；
- c) 修改了防爆型式(见 4.1,1997 年版的 3.3)；
- d) 增加了命名规则(见 4.2)；
- e) 修改了测量误差的要求和试验方法(见 5.3,6.3,1997 年版的 4.2)；
- f) 修改了结构的要求(见 5.5,1997 年版的 3.10)；
- g) 修改了耐水压探管材料的要求(见 5.7,1997 年版的 3.6.5)；
- h) 增加了同步机外壳防护要求(见 5.8)；
- i) 增加了振动、冲击的要求(见 5.13,5.14)；
- j) 对标准中的“防爆性能”要求、试验方法进行了修订和完善(见 5.16,6.16,1997 年版的 3.6,3.7,4.13)；
- k) 对“检验规则”进行了修订和完善(见 7.1,7.2,7.3,7.4,表 3,1997 年版的 5.1,5.2,5.3,5.4,5.5,5.6,表 2)；
- l) 修改了贮存温度和湿度(见 8.4,1997 年版的 6.4)。

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这些专利的责任。

本文件由中国煤炭工业协会提出。

本文件由煤炭行业煤矿专用设备标准化技术委员会归口。

本文件起草单位：中煤科工西安研究院(集团)有限公司、中国矿业大学、长安大学、西安煤科检测技术有限公司、西安义均科技有限公司。

本文件主要起草人：王小波、张鹏、李萍、张哲、陈万胜、雷贵忠、刘盛东、李貅、薛琴、马斌。

本文件及其所代替文件的历次版本发布情况为：

——1997 年首次发布为 MT/T 678—1997；

——本次为第一次修订。

# 煤矿用密度测井仪

## 1 范围

本文件规定了煤矿用密度测井仪(以下简称“密度仪”)的组成、防爆型式与命名、要求、试验方法、检验规则,以及标志、包装、运输及贮存。

本文件适用于煤矿井下密度仪的设计、制造和检验。

## 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/T 191 包装储运图示标志

GB/T 2423.1 电工电子产品环境试验 第2部分:试验方法 试验 A:低温

GB/T 2423.2 电工电子产品环境试验 第2部分:试验方法 试验 B:高温

GB/T 2423.4 电工电子产品环境试验 第2部分:试验方法 试验 Db 交变湿热(12 h+12 h 循环)

GB/T 2423.5—2019 环境试验 第2部分:试验方法 试验 Ea 和导则:冲击

GB/T 2423.10—2019 环境试验 第2部分:试验方法 试验 Fc: 振动(正弦)

GB/T 2829—2002 周期检验计数抽样程序及表(适用于对过程稳定性的检验)

GB/T 3836.1—2021 爆炸性环境 第1部分:设备 通用要求

GB/T 3836.4—2021 爆炸性环境 第4部分:由本质安全型“i”保护的设备

GB/T 4208—2017 外壳防护等级(IP 代码)

GB/T 10111—2008 随机数的产生及其在产品质量抽样检验中的应用程序

MT 210—1990 煤矿通信 检测 控制用 电工电子产品 基本试验方法

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**密度测井仪 density logging instruments**

通过测量康普顿—吴有训散射的伽马强度来确定地层密度的测井仪器。

## 4 组成、防爆型式与命名

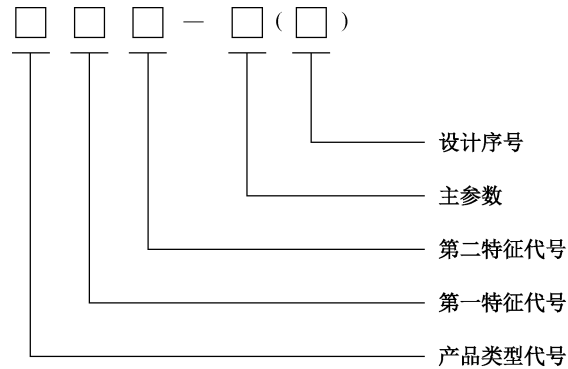
### 4.1 组成与防爆型式

密度仪由矿用本质安全型探管(以下简称“探管”)和矿用本质安全型同步机(以下简称同步机)组成。

密度仪防爆型式为矿用本质安全型,防爆标志为“Ex ib I Mb”或“Ex ia I Ma”。

## 4.2 命名

密度仪按以下方式进行命名。



型号中各特征字符和含义见表 1。

表 1 特征字符和含义

特征类型	字符	含义
产品类型	Y	仪器类产品
第一特征	C	测井
第二特征	M	密度
主参数	5	探管直径
设计序号	大写字母 A,B,C……	A 表示第一代 B 表示第二代 C 表示第三代 以此类推

示例：YCM—5(A)表示探管直径为 5 cm 的第一代密度测井仪。

## 5 要求

### 5.1 基本要求

密度仪应符合本文件的要求，并按照规定程序批准的图纸及技术文件制造。

### 5.2 使用环境条件

密度仪应在下列条件下能正常工作：

- 环境温度为一 5 ℃～40 ℃；
- 平均相对湿度不大于 95%(25 ℃)；
- 大气压力为 80 kPa～110 kPa；
- 允许在具有瓦斯、煤尘爆炸危险的煤矿井下，但无破坏绝缘的腐蚀性气体场所中使用。

### 5.3 主要功能、电气性能

#### 5.3.1 主要功能

密度仪的主要功能有：

- a) 地层密度测量功能；
- b) 工作时间大于 8 h；
- c) 断电数据保持功能。

### 5.3.2 电气性能

密度仪的电气性能包括：

- a) 测量通道不小于 2 道；
- b) 计数时间为 1 s；
- c) 自然伽马计数率测量范围不大于 65535 cps, 密度计数率测量范围不大于 65535 cps；
- d) 自然伽马测量灵敏度不小于 600 cps/kBq, 密度测量灵敏度不小于 600 cps/kBq；
- e) 测量稳定度不大于 10%。

### 5.4 外观

密度仪外观应满足以下要求：

- a) 外表面无明显凹痕、划伤、裂缝和变形, 表面涂层均匀；
- b) 金属部件无锈蚀和其他机械损伤；
- c) 铭牌与防爆标志完整、牢固、清晰、端正、美观；
- d) 金属部件进行防锈防蚀处理。

### 5.5 结构

密度仪结构应满足以下要求：

- a) 紧固件牢固、无松动, 活动件灵活自如；
- b) 紧固件有防止自动松脱的措施；
- c) 机械结构具有密封措施；
- d) 结构设计具有抗震和抗冲击措施。

### 5.6 绝缘电阻

密度仪接线端子与外壳间的绝缘电阻应不小于 10 M $\Omega$ , 交变湿热试验后应不小于 1 M $\Omega$ 。

### 5.7 耐水压

探管外壳壁厚应不小于 3 mm, 并能承受不小于 12 MPa 的水压试验。

### 5.8 外壳防护

密度仪的外壳防护等级应不低于 GB/T 4208—2017 规定的 IP54 要求。

### 5.9 环境适应性

#### 5.9.1 高温工作

密度仪应能在表 2 规定的高温条件下工作, 试验后, 电气性能和外观应符合 5.3.2 和 5.4 的规定。

#### 5.9.2 低温工作

密度仪应能在表 2 规定的低温条件下工作, 试验后, 电气性能和外观应符合 5.3.2 和 5.4 的规定。

### 5.9.3 高温贮存

密度仪应能在表 2 规定的高温条件下贮存, 试验后恢复时间不小于 2 h, 电气性能和外观应符合 5.3.2 和 5.4 的规定。

### 5.9.4 低温贮存

密度仪应能在表 2 规定的低温条件下贮存, 试验后恢复时间不小于 2 h, 电气性能和外观应符合 5.3.2 和 5.4 的规定。

表 2 环境温度试验条件

试验项目	温度 ℃	试验时间 h	恢复时间 h
低温工作	-5	2	—
高温工作	40	2	—
低温贮存	-40	16	≥2
高温贮存	60	16	≥2

### 5.10 交变湿热

密度仪应能承受严酷等级为高温 40℃, 6 d 的交变湿热试验, 其主要功能、电气性能、外观和绝缘电阻应符合 5.3、5.4 和 5.6 的规定。

### 5.11 跌落

包装后的便携式密度仪在非工作状态下, 应能通过水泥地面 1 m 自由落体跌落 4 次, 试验后应符合 5.3、5.4、5.5 的要求。

### 5.12 运输

包装后的密度仪应能通过频率 4 Hz, 加速度 30 m/s<sup>2</sup>, 试验时间为 2 h 的模拟汽车运输试验, 试验后应符合 5.3、5.4、5.5 的要求。

### 5.13 振动

密度仪应能承受频率 10 Hz~150 Hz, 加速度 20 m/s<sup>2</sup> 的三个互相垂直的轴线上各振动 5 次, 试验后应符合 5.3、5.4、5.5 的要求。

### 5.14 冲击

密度仪应能承受峰值加速度 500 m/s<sup>2</sup>, 脉冲持续时间 11 ms, 三个互相垂直轴线的每个方向上连续冲击 3 次(共 18 次), 试验后应符合 5.3、5.4、5.5 的要求。

### 5.15 本安参数

密度仪的本安参数包括本安电源的最大输出电压和最大输出电流, 其应符合国家授权的防爆检验单位批准的范围。

## 5.16 防爆性能

防爆性能内容如下：

- a) 密度仪应符合 GB/T 3836.1—2021 和 GB/T 3836.4—2021 中的有关规定,并经审查检验合格,取得“防爆检验合格证”；
- b) 密度仪在正常和故障状态下,其壳体、元器件及导线的最高表面温度应不大于 150 ℃；
- c) 同步机外壳及面板为绝缘材料时,其最大表面积大于 100 cm<sup>2</sup> 时,应对外壳表面进行防静电处理,使得表面绝缘材料电阻不大于 10<sup>9</sup> Ω；
- d) 密度仪接线端与外壳间应能承受交流电压 500 V 的耐压测试,交流额定频率 50 Hz、电压 500 V,历时 1 min,试验期间应无击穿和闪络现象,漏电流应不大于 5 mA。
- e) 本质安全型电气间隙与爬电距离应符合 GB/T 3836.4—2021 中 6.3 的规定。

## 6 试验方法

### 6.1 试验环境条件

除环境试验或有关标准中另有规定外,试验均在如下条件下进行：

- a) 温度为 15 ℃~35 ℃；
- b) 相对湿度为 45%~75%；
- c) 大气压力为 86 kPa~106 kPa。

### 6.2 试验用主要设备

试验用主要测试设备包括：

- a) 信号发生器；
- b) 频率计；
- c) 电压表；
- d) 电流表；
- e) 电子秒表。

### 6.3 主要功能、电气性能试验

#### 6.3.1 主要功能

连接探管和同步机,打开各自电源开关,使仪器系统处于采样工作状态,对仪器的主要功能进行检查。

#### 6.3.2 电气性能

##### 6.3.2.1 测量范围试验

试验线路连接如图 1 所示。

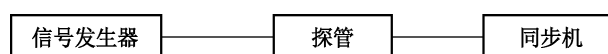


图 1 测量范围检验框图

用信号发生器产生其幅度为 4.95 V~5.1 V,频率为 10 Hz、100 Hz、1000 Hz、10000 Hz、65535 Hz 的方波信号替代密度探头和自然伽马探头信号,使用同步机进行数据采集,或者在探管计数率输

出端接 5 位半频率计读数,进行检测计数率。测量结束,将数据传输到计算机,应符合本文件 5.3.2 的要求。

### 6.3.2.2 灵敏度

用标准放射源 1 mci 或标准岩样紧贴密度仪探头部位用同步机进行检测,线路连接如图 2 所示。

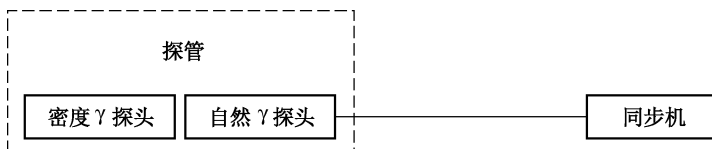


图 2 灵敏度检验连接图

连接探管和同步机,打开各自电源开关,使仪器系统处于采样工作状态,此时将 Am-241 放射源(1 mci)或标准岩样快速紧贴探测窗口,紧贴时间大于等于 2 s,测量结束,将数据传输到计算机,测量结果应满足 5.3.2 的要求。

### 6.3.2.3 测量稳定度

按照图 1 方法连接线路,重复测量不少于 10 次,计算结果应符合 5.3.2 的要求。

$$\Delta C_i = \left| C_i - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n C_i \right| \dots\dots\dots (1)$$

$$E_{AVG} = \frac{1}{n} \left( \frac{\sum_{i=1}^n \Delta C_i}{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n C_i} \right) \times 100\% \dots\dots\dots (2)$$

式中:

- $C_i$  —— 计数值;
- $n$  —— 总重复测量次数;
- $\Delta C_i$  —— 测量与平均值的差值;
- $E_{AVG}$  —— 测量稳定度。

## 6.4 外观

按 MT 210—1990 中 5.2.1 的规定进行检查,检查结果应满足 5.4 的要求。

## 6.5 结构

与防爆性能有关的零部件,元器件及其结构应按 GB/T 3836.1—2021、GB/T 3836.4—2021 的有关规定进行检查,检查结果应满足 5.5 的要求。

## 6.6 绝缘电阻

按 MT 210—1990 中 7 规定的绝缘电阻试验方法进行。

## 6.7 耐水压

探管耐水压试验在密封容器水中渐变加水压,当水压不小于 12 MPa 稳定后,至少持续 20 min,试验后应无渗水或漏水现象。



## 6.8 外壳防护试验

按 GB/T 4208—2017 规定的试验方法进行。

## 6.9 环境试验

### 6.9.1 高温工作

按 GB/T 2423.2 规定的 Be 试验方法进行。

### 6.9.2 高温贮存

按 GB/T 2423.2 规定的 Bb 试验方法进行。

### 6.9.3 低温工作

按 GB/T 2423.1 规定的 Ae 试验方法进行。

### 6.9.4 低温贮存

按 GB/T 2423.1 规定的 Ab 试验方法进行。

## 6.10 交变湿热试验

按 GB/T 2423.4 规定的 Db 试验方法进行。

## 6.11 跌落试验

按 GB/T 3836.1—2021 中 26.4.3 规定的试验方法进行。

## 6.12 运输试验

按 MT 210—1990 中 27 规定的试验方法进行。

## 6.13 振动试验

按 GB/T 2423.10—2019 规定的试验方法进行。

## 6.14 冲击试验

按 GB/T 2423.5—2019 规定的试验方法进行。

## 6.15 本安参数

进行最大电压和最大电流的测量,应低于防爆合格证所规定的电气安全数值。

## 6.16 防爆性能试验

防爆性能试验内容如下:

- a) 密度仪按 GB/T 3836.1—2021 和 GB/T 3836.4—2021 规定的试验方法进行;
- b) 密度仪最高表面温度按 GB/T 3836.4—2021 中 10.2 规定的试验方法进行;
- c) 密度仪非金属外壳表面绝缘电阻按 GB/T 3836.1—2021 中 26.13 规定的试验方法进行;
- d) 密度仪介电强度按 GB/T 3836.4—2021 中 10.3 规定的试验方法进行;
- e) 密度仪电气间隙和爬电距离按 GB/T 3836.4—2021 中附录 C 规定的试验方法进行。

## 7 检验规则

### 7.1 检验分类

密度仪检验分出厂检验、在用品检验和型式检验。

### 7.2 出厂检验

每台密度仪需进行出厂检验,检验合格的产品应给予产品合格证;密度仪的出厂检验由生产单位的检验机构进行,出厂检验项目见表 3。

### 7.3 在用品检验

使用中的密度仪需要每年进行在用品检验,检验合格的产品应给予相应标识;密度仪的在用品检验由生产单位的检验机构或有能力检验的机构进行,在用品检验项目见表 3。

### 7.4 型式检验

7.4.1 有下列情况之一时,应进行型式检验:

- a) 新产品试制定型或老产品转厂生产时;
- b) 正式生产后如结构、材料、工艺有较大改变,能影响密度仪性能时;
- c) 大批量生产时,每 5 年检验一次;
- d) 产品停产 2 年恢复生产时;
- e) 质量不稳定时;
- f) 国家有关部门提出进行型式检验时。

7.4.2 型式检验项目见表 3。

表 3 检验项目

序号	检验项目	类别	要求	试验方法	检验类别		
					出厂检验	在用品检验	型式检查
1	主要功能	A	5.3.1	6.3.1	√	√	√
	电气性能	A	5.3.2	6.3.2	√	√	√
2	外观	C	5.4	6.4	√	—	√
3	结构	C	5.5	6.5	√	—	√
4	绝缘电阻	B	5.6	6.6	√	√	√
5	耐水压	A	5.7	6.7	√	√	√
6	外壳防护	A	5.8	6.8	—	—	√
7	环境试验	B	5.9	6.9	—	—	√
8	交变湿热	B	5.10	6.10	—	—	√
9	跌落	B	5.11	6.11	—	—	√
10	运输	B	5.12	6.12	—	—	√
11	振动	B	5.13	6.13	—	—	√
12	冲击	B	5.14	6.14	—	—	√

表 3(续)

序号	检验项目	类别	要求	试验方法	检验类别		
					出厂检验	在用品检验	型式检查
13	本安参数	A	5.15	6.15	√	√	√
14	防爆性能	A	5.16	6.16	—	—	√

注 1：“√”表示检验项目，“—”表示不检验项目。  
注 2：A：致命缺陷，B：严重缺陷，C：一般缺陷。

7.4.3 型式检验项目指标应符合要求，表 3 中 A 类指标有一项不合格、B 类指标有两项不合格、C 类指标有三项不合格，则应加倍抽取样品数量继续复验，若仍不合格，则判定为不合格。

7.4.4 一个生产周期内的全部合格产品均为该批次的抽取样品。抽取样品总数量不大于 20 台时，按照 GB/T 10111—2008 中 4.4.1 扑克牌法抽取 1~2 台进行型式检验。抽取样品数量大于 20 台时，抽样应引用 GB/T 2829—2002，除非其他标准另有规定。对照检验项目要求检验，并累计不合格数，对不合格批次应按 GB/T 2829—2002 的规定处理。

## 8 标志、包装、运输及贮存

### 8.1 标志

密度仪的明显位置应固定产品铭牌，铭牌上应至少包括下列内容：

- a) 生产厂家；
- b) 产品名称、型号；
- c) 防爆标志；
- d) 安全标志；
- e) 防爆合格证号；
- f) 安全标志证号；
- g) 工作电压/额定电流；
- h) 最高开路电压、最大电流；
- i) 出厂编号及日期。

### 8.2 包装

包装箱上应有储运标志，包装箱上的储运标志应符合 GB/T 191 的规定。

随机文件应包含以下内容：

- a) 装箱单；
- b) 产品合格证书；
- c) 产品使用说明书；
- d) 防爆合格证复印件；
- e) 保修证书；
- f) 安全标志证复印件。

### 8.3 运输

装卸时防止剧烈振动，谨防跌落。

包装后的密度仪在避免雨雪直接淋袭和暴晒的条件下，可适用于水、陆、航空等各种运输方式。

#### 8.4 贮存

包装后的密度仪应在温度为 $-40\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 60\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度不大于90%、无腐蚀性气体、无强电磁场作用、通风良好的仓库中贮存,贮存期不得超过企业产品标准规定的时间。长期贮存应定期(由企业产品标准规定)通电、充电及维护。

---