

T/GRM

中关村绿色矿山产业联盟团体标准

T/GRM 132—2025

煤矿盘区开拓巷道变形监测技术要求

Technical requirements for deformation monitoring of coal mine panel development
roadways

2025 - 08 - 11 发布

2025 - 08 - 11 实施

目 次

前言 II

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 基本规定 1

 4.1 一般规定 1

 4.2 监测等级 1

 4.2.1 划分依据 1

 4.2.2 监测项目 2

 4.3 设备与人员 2

 4.4 测点布设 2

5 监测项目 3

6 监测方法 3

 6.1 测站间距 3

 6.2 测点布置 4

 6.3 测孔布置 4

 6.4 微震测点布置 5

 6.5 测量方法 6

 6.6 监测频率 6

 6.7 测站布置图 7

 6.7.1 观测项目代号 7

 6.7.2 测站布置图 7

7 损伤程度判定与加固措施 8

 7.1 一般要求 8

 7.2 损伤程度 8

 7.2.1 表面位移 8

 7.2.2 微震 8

 7.2.3 巷道深部位移 8

 7.2.4 钻孔摄像 9

 7.2.5 超声波速 9

 7.3 加固措施建议 9

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中关村绿色矿山产业联盟提出并归口。

本文件起草单位：陕西华电榆横煤电有限责任公司、中国矿业大学（北京）内蒙古研究院、中国矿业大学（北京）。

本文件主要起草人：余从、郝宪杰，高歆于、段红飞、徐骏、李朋峰、李一涵、黄伟伟、褚夫乐、王强、杨怀翔、王宏飞、李航、郭旭、蔺万通、杨赟、季金一、唐志刚、李宜家、张涛、廉红卫、宁鹏、陈昱光、崔鑫磊、赵爽亮。

煤矿盘区开拓巷道变形监测技术要求

1 范围

本文件规定了煤矿盘区开拓巷道两翼开采时变形监测的基本规定、监测项目、监测方法和加固措施。本文件适用于煤矿盘区开拓巷道变形监测。

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。

MT/T 1104 煤巷锚杆支护技术规范

MT/T 878 煤矿巷道矿山压力显现观测方法

GB/T 35056 煤矿巷道锚杆支护技术规范

GB 50581 煤炭工业矿井监测监控系统装备配置标准

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

开拓巷道 development roadway

采煤工作中为矿井或一个开采水平服务的巷道，也称大巷。

3.2

钻孔成像 borehole imaging

借助光学成像，通过孔内检测设备获取地下岩层、结构物内部信息的技术。

3.3

两翼开采 mining both sides

采区上下山布置在采区走向中央，开采时大巷两侧回采工作面逐条开采，从盘区边界向大巷推进的采煤方法。

4 基本规定

4.1 一般规定

监测应遵循以下一般规定：

- 在盘区式矿井中，开拓巷道宜布置于需要开采的煤层中，工作面呈条带式布置在大巷两翼，达产时有两个综采工作面同时生产。盘区式采区应包含两条以上大巷。
- 开采时，大巷两侧的条带式工作面逐条开采，从盘区边界向大巷推进，大巷两侧的工作面分为已开采工作面、开采中工作面和未开采工作面。
- 当一个工作面回采结束，下一工作面回采时，开拓巷道应按受采动影响程度划分监测等级。

4.2 监测等级

4.2.1 划分依据

正对且紧邻回采中工作面的大巷区域为重点监测区，正对但非紧邻回采中工作面的大巷区域为次重点监测区，双翼已回采完毕区域对应的巷道区域为采后监测区，双翼均未开采工作面或一翼开采完成

另一翼未进行开采对应的区域应为常规监测区，一侧单翼采动时的重点监测区域受到对侧单翼采动影响后该区域应为二次采动监测区。

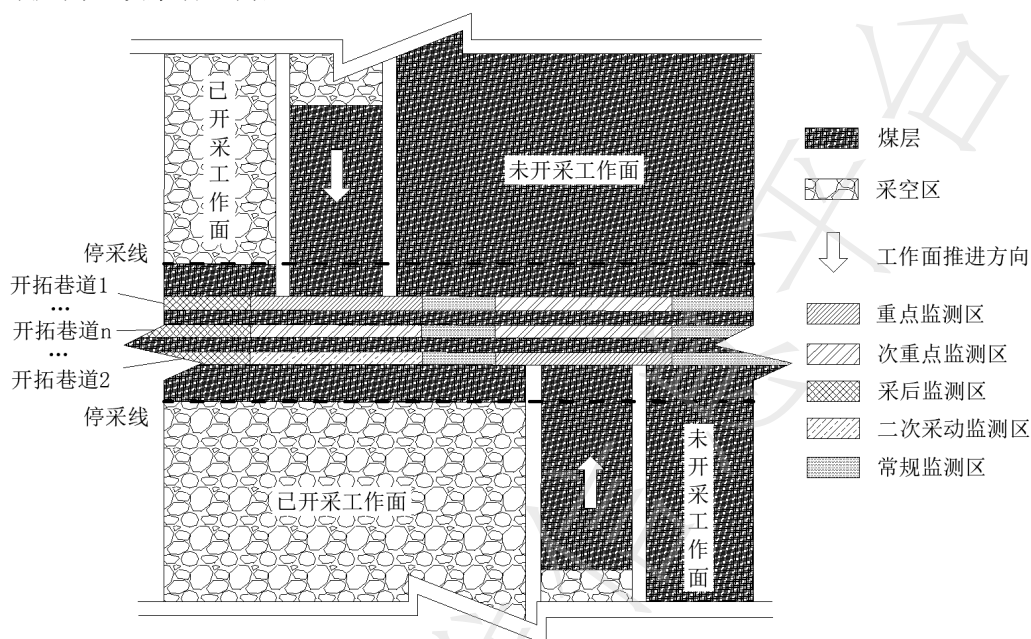


图1 两翼开采巷道监测区域分级示意图

4.2.2 监测项目

监测项目应满足以下基本要求：

- 常规监测区监测项目应包括巷道表面位移、巷道深部位移等常规监测项目；
- 重点监测区域，巷道围岩状态应密切监测，应提高常规监测项目监测频率至常规区域的3倍，且应增加微震、钻孔成像和超声波等监测项目；
- 次重点监测区域，除应提高常规监测项目监测频率外，还可增加钻孔成像和超声波项目；
- 二次采动影响区应密切监测，除常规监测项目外，可增加超声波监测和微震监测项目；
- 采后监测区可降低常规监测项目监测频率，也可定期通过钻孔成像观察围岩内部完整性。大巷已确定废弃时，可取消监测项目。
- 当遇到下列不良地质与工程情况时，巷道应重点监测：
 - 埋深较大的巷道；
 - 围岩岩性较差的软岩巷道；
 - 围岩中多断层、节理和结构弱面等构造的巷道；
 - 上覆含水层的大巷；
 - 受上覆煤层或多煤层开采影响的多条邻近大巷。

4.3 设备与人员

施工单位在开展监测工作前，应从人员配备、设备管理和数据制度三方面做好相应准备。具体要求如下：

- 施工单位应配置专业监测设备和人员，应对人员进行技能培训，掌握相关的知识与技能。
- 监测设备应稳定可靠，具有合适的量程，仪器设备应定期检定或校准。
- 监测前应建立数据记录、分析和审核制度，出现数据缺失或异常，应及时采取补救措施，并记录。

4.4 测点布设

测点应合理编号，保证牢固可靠、易于识别，对布设在底板的侧孔应在闲置时做好孔口封闭，防止测孔堵塞，需要对测点定期检查，注意保护，监测设备应实时在线监测。

5 监测项目

监测项目及仪器应符合下列规定：

- a) 常规监测项目及仪器应符合表 1 的规定；
- b) 监测仪器应根据监测项目和监测内容，按表 1 选择。井下使用的监测仪器应取得煤矿安全认证和防爆认证。

表1 监测项目及仪器

监测项目	监测内容	监测仪器	技术要求
巷道表面位移	巷道顶底板位移量和两帮位移量；顶板下沉，底鼓、上帮或下帮位移	激光测距仪	范围：2m~1000m 精度：2mm
		测杆	范围：0m~5m 精度：1mm
		收敛计	范围：0.5m~15m 精度：0.1mm
		测尺	范围：0m~20m 精度：1mm
巷道深部位移	巷道围岩不同深度径向位移	多点位移计	范围：0mm~300mm 精度：±1mm
		顶板离层仪	范围：0m~300mm 精度：±1mm
超声波监测	超声波反射信号强度、传播时间和频率	跨孔超声检测仪	带宽 5Hz~500kHz 误差：±2%-±5%
钻孔摄像监测	监测钻孔裂隙发育状况	钻孔成像仪	测量范围为：0m~20m，360° 辅助光源照度：不小于 30Lux
微震监测	岩体破裂微震事件信息	微震监测传感器	监测覆盖范围不小于 300m， 微震事件定位误差 10m~30m， 能量不小于 100J。

6 监测方法

6.1 测站间距

测站间距应根据监测目标、区域地质条件及仪器性能等因素综合确定，并符合以下规定：

- a) 测站间距宜符合表 2 的规定；
- b) 巷道表面位移在每个测站宜布置 2~3 个监测断面；
- c) 巷道深部位移的测站宜布置在巷道表面位移测站上。

表2 测站间距

监测项目	常规监测区域	重点监测区域	次重点监测区域	二次采动影响区	采后监测区
巷道表面位移	75m~100 m	25m~50m	50m~75m	25m~50m	75m~100m
巷道深部位移	75m~100 m	25m~50m	50m~75m	25m~50m	75m~100m
超声波监测	75m~100 m	25m~50m	50m~75m	25m~50m	75m~100m

监测项目	常规监测区域	重点监测区域	次重点监测区域	二次采动影响区	采后监测区
钻孔摄像监测	75m~100 m	25m~50m	50m~75m	25m~50m	75m~100m

6.2 测点布置

巷道表面位移测点布置如图2所示。巷道表面位移宜在每个测站布置2~3个监测断面。

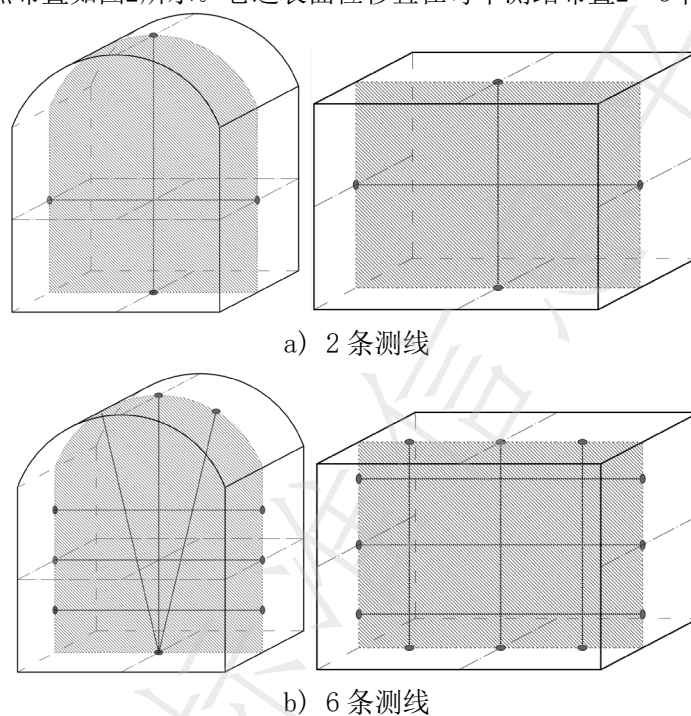


图2 巷道表面位移测点布置图

6.3 测孔布置

每个测站的巷道深部位移、超声波监测和钻孔摄像测孔布置如图3所示。并应符合下列要求：

- 同一监测断面中，顶板及两帮应各布置一组测孔，根据需要，可在底板增设测孔；
- 超声波监测应包含一对平行测孔，一对测孔间距宜为 1m~1.2m；
- 测孔深度和测孔内测点数量应根据围岩稳定性和巷道跨度等因素确定，测孔深度应大于巷道跨度；
- 每个监测项目的测孔间距应大于 1m。

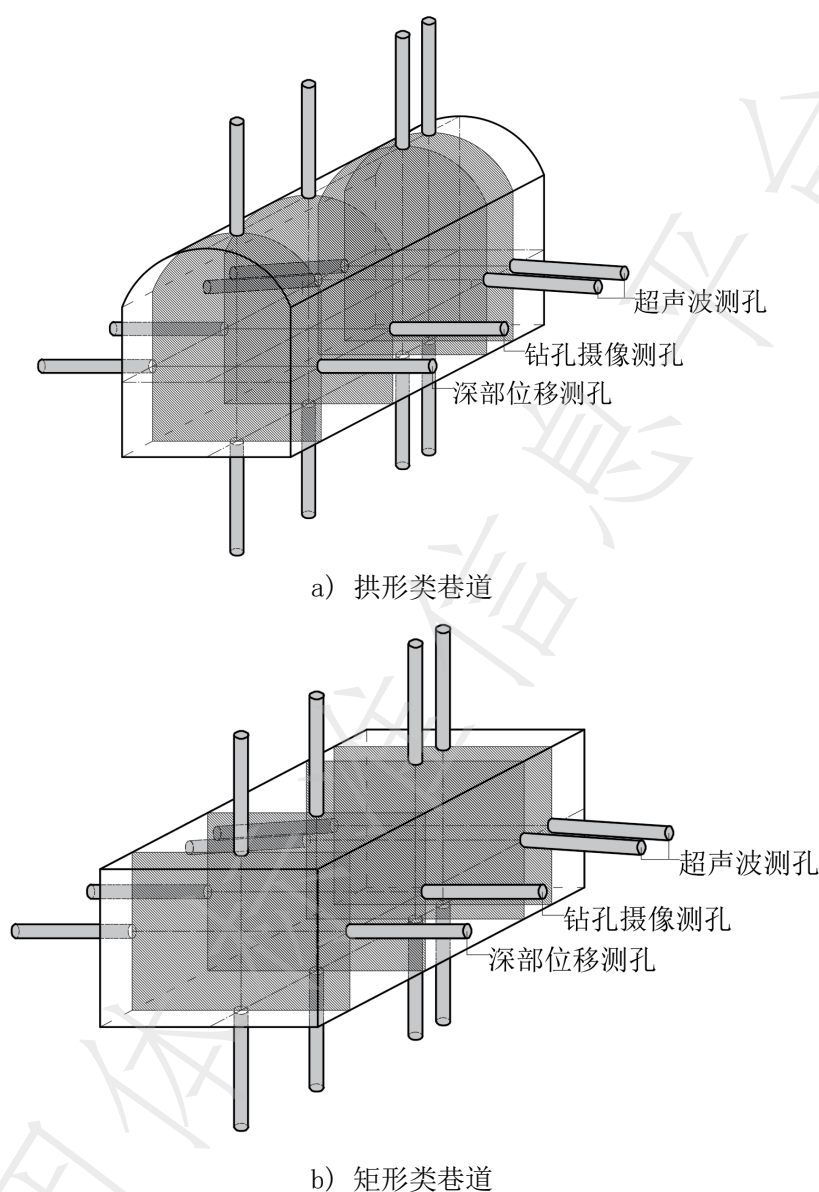


图3 巷道测站钻孔三维示意图

6.4 微震测点布置

为有效捕捉岩体内部微震事件，微震测点布置要求如下：

- 微震监测传感器可布置在锚杆上，传感器通过锚杆接收围岩破裂信号，也可布置在测孔底部，用浆液封堵测孔；
- 拾震器与检波器应搭配使用，拾震器应用于捕捉高频信号，检波器应用于捕捉低频信号，每组传感器中，拾震器和检波器应搭配使用，拾震器应布置在浅层锚杆上，检波器应布置在深层测孔底部，微震监测器布置如图 4 所示；
- 每组传感器至少包含 2 个拾震器和 1 个检波器，重点监测区每组拾震器数量不低于 3 个。
- 每个测站宜布置 1~3 组传感器，每组传感器数量宜为 1~3 个，相邻两组传感器间距宜为 20m~100m，应以工作面为单位布置；
- 水平方向上，拾震器和检波器应交替布置，形成交叉监测网络。垂直方向上，拾震器应布置在浅层锚杆上，检波器应布置在深层测孔底部，实现立体监测。根据需要，可在其它有代表性的位置或底板增设传感器。

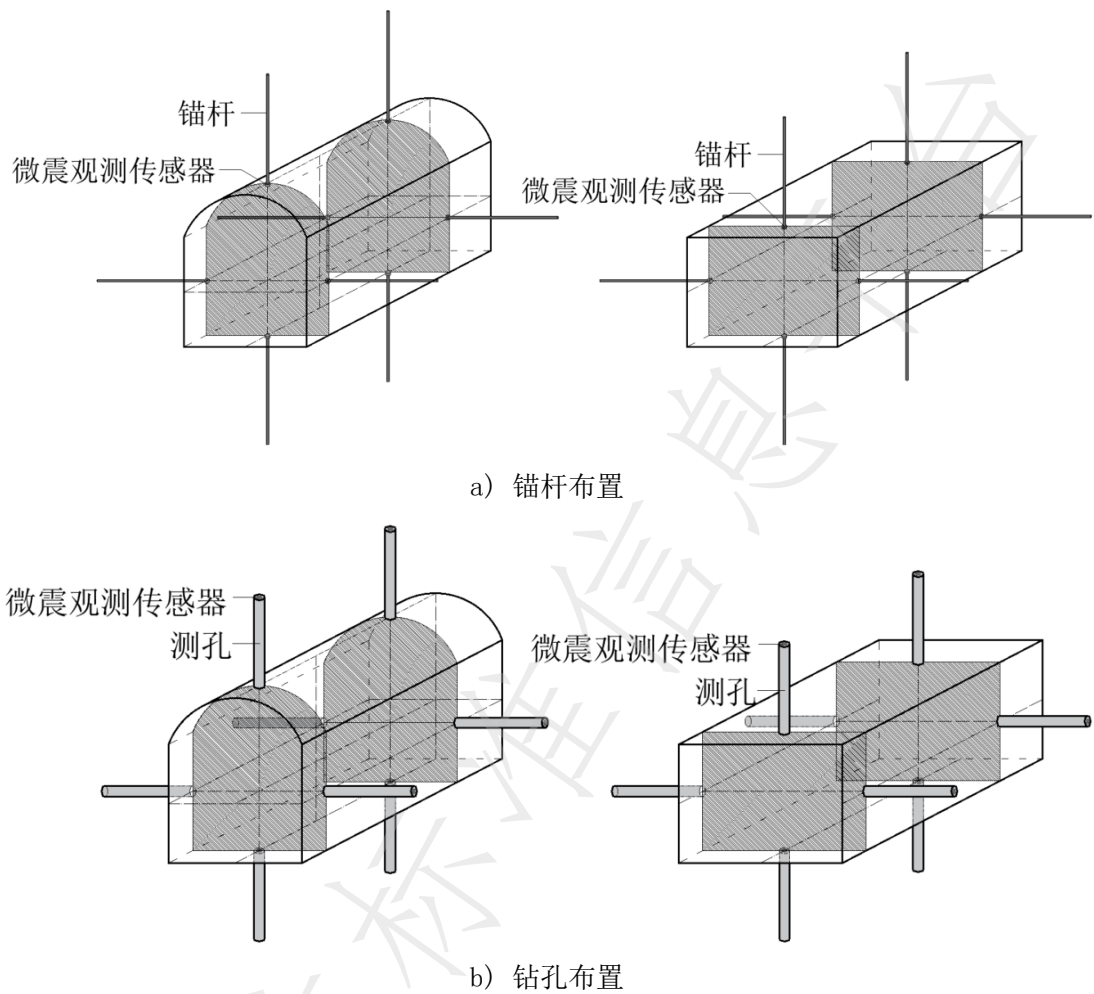


图4 微震监测布置图

6.5 测量方法

为确保监测数据的准确性，测量方法应依据监测目的、现场条件及设备性能进行合理选择与规范操作。测量过程中应遵循下列技术要求和操作规范：

- a) 巷道表面位移测量方法可参照标准编号 MT/T 878 执行；
- b) 巷道深部位移应按测量仪器使用方法，测量测孔内各测点的相对位移；
- c) 超声波测量应按测量仪器使用方法，测量孔内各测点的超声波速，每组测孔应多次测量；
- d) 钻孔摄像应按测量仪器使用方法进行钻孔摄像，采用数字图像处理技术对每个钻孔出套管的后段岩体进行结构面的状分析，获取结构面产状、隙宽、间距等几何参数信息，并统计与分组；
- e) 微震传感器应通过锚杆接收围岩破裂的振动信号，通过信号处理软件实现微震事件的定位和分析。

6.6 监测频率

监测频率应符合表3的要求。

表3 监测频率表

监测项目	常规监测区域	重点监测区域	次重点监测区域	二次采动影响区	采后监测区
巷道表面位移	1~2 次/14d	1~2 次/d	1 次/2d	1~2 次/2d	1~2 次/28d

监测项目	常规监测区域	重点监测区域	次重点监测区域	二次采动影响区	采后监测区
巷道深部位移	1~2 次/14d	1~2 次/d	1 次/2d	1~2 次/2d	1~2 次/28d
超声波观测	1~2 次/14d	1~2 次/d	1 次/2d	1~2 次/2d	1~2 次/28d
钻孔摄像观测	1~2 次/14d	1~2 次/d	1 次/2d	1~2 次/2d	1~2 次/28d
微震观测	无	连续记录	连续记录	连续记录	无

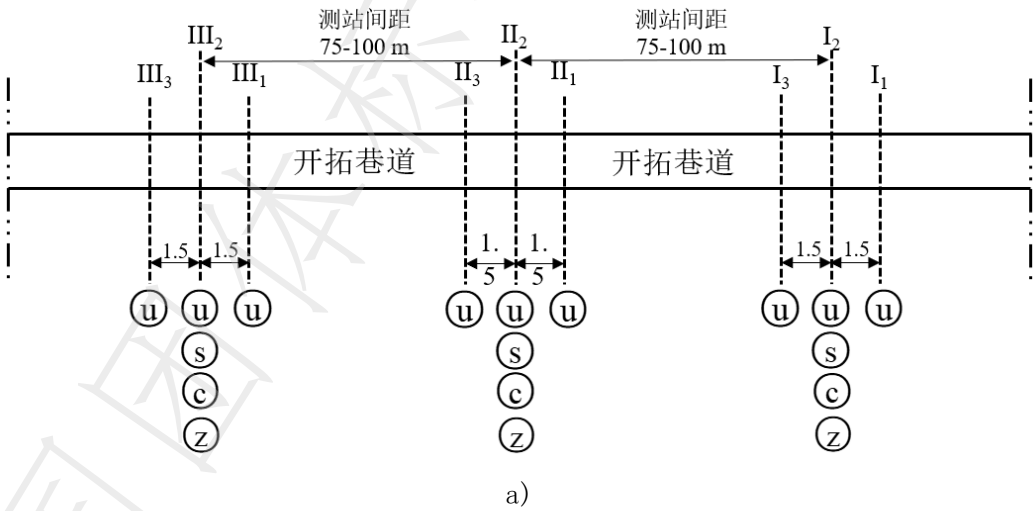
6.7 测站布置图

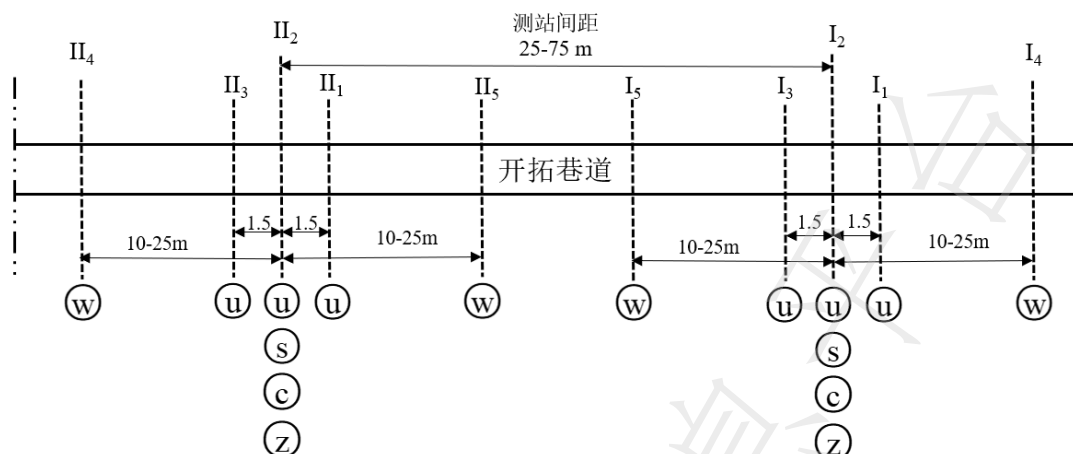
6.7.1 观测项目代号

- 测站观测项目代号如下：
- a) 围岩表面位移：⓪；
 - b) 围岩深部位移：Ⓢ；
 - c) 超声波观测：ⓐ；
 - d) 钻孔成像观测：ⓑ；
 - e) 微震观测：Ⓜ。
 - f) 需增加其它观测项目或内容，可增加相应代号并说明。

6.7.2 测站布置图

常规监测区和采后监测区测站布置如图5 a) 所示，重点监测区、次重点监测区和二次采动影响区的测站布置如图5 b) 所示图中具测站间距可参照表2获得。





b)

图5 测站布置图试例

7 损伤程度判定与加固措施

7.1 一般要求

开拓巷道长期监测中, 巷道应根据监测情况和损伤程度采取分级加固措施, 损伤程度判断宜以表面位移和微震监测结果为主, 其他监测项目结果为辅助依据。

7.2 损伤程度

巷道损伤程度分级参照GB/T 35056-2018, 根据大巷表面裂纹扩展程度和位移情况判断:

- 大巷表面出现轻微裂缝或剥落, 大巷表面位移较小且深部围岩无破裂时, 可判断为一级损伤。
- 巷道出现较大的表面位移, 或出现较长的裂缝、大面积剥落或局部塌方, 在深部围岩轻微破裂, 可判定为二级损伤。
- 巷道表面位移较大, 发生大面积破裂或严重底臃, 深部围岩破裂情况严重, 可判定为三级损伤。

7.2.1 表面位移

按表面位移判断损伤程度时, 参照GB51282-2018应符合下列要求:

- 在重点监测区、次重点监测区和二次采动影响区中, 顶底板相对位移速度大于 0.7mm/d 或两帮相对位移速度大于 2mm/d 时应加密观测频率, 并按二级损伤采区加固措施。当顶底板相对位移速度大于 5mm/d 或两帮相对位移速度大于 7mm/d 时, 巷道应按三级损伤程度及时加固, 并结合其他观测手段, 判断保安煤柱内部破裂情况, 确定是否停采。
- 在常规监测区和采后监测区中, 顶底板相对位移速度大于 0.5mm/d 或两帮相对位移速度大于 1mm/d 时应加密观测频率, 表面出现轻微裂缝或剥落, 应按二级损伤采区加固措施。当顶底板相对位移速度大于 5mm/d 或两帮相对位移速度大于 7mm/d 时, 大位移区域应按二级损伤及时采区加固措施。

7.2.2 微震

按微震判断损伤程度时, 应符合下列要求:

在重点监测区、次重点监测区和二次采动影响区中, 出现下列现象时, 巷道应按三级损伤程度及时加固或及时停采:

- 微震事件每日频次超过 30 个/d;
- 工作面前方出现大量大于 $1 \times 10^4\text{J}$ 的能量震源;
- 高能量震源逼近设计停采线, 大巷周围 20m~30m 内出现 $1 \times 10^5\text{J}$ 以上能量震源。

7.2.3 巷道深部位移

巷道深部位移超过3 mm/d时，应对巷道及时加固。

7.2.4 钻孔摄像

通过钻孔摄像观察到预留保安煤柱范围内出现大量裂缝，即单孔裂隙密度 ≥ 3 条/m或巷道顶板出现严重离层现象时，应对巷道及时加固。

7.2.5 超声波速

通过超声波速测试观察到巷道围岩或预留保安煤柱的超声波速显著下降时，应对巷道及时加固。

7.3 加固措施建议

针对不同类型的巷道损伤情况，应结合现场条件和结构安全需求，制定相应的加固措施：

- a) 一级损伤宜采取表面喷浆+支撑支护加固措施；
 - b) 二级损伤宜采取喷锚支护+钢筋网片加锚杆支护加固措施；
 - c) 三级损伤宜采取破碎区注浆+锚网索补强支护+表面喷浆+底脚挖底及钢拱架支护加固措施。
-