

深部软岩巷道预应力锚杆（索）支护技术规范

Technical specifications for bolt(anchor)in deep soft rock roadways

地方标准信息服务平台

2023 - 07 - 31 发布

2023 - 08 - 31 实施

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。

本文件由淮北矿业股份有限公司提出。

本文件由安徽省能源局归口。

本文件起草单位：淮北矿业股份有限公司、安徽建筑大学、中煤第三建设（集团）有限责任公司、中煤第七十一工程处有限责任公司、中安华力建设集团有限公司。

本文件主要起草人：朱世奎、陈志文、朱乐章、李金斗、陆鹏举、杨道召、卫世全、吴德义、宣啸、王雁、邓伦著、张浩、张佳伟、满东辉、黄北海、张鹏、刘宁。

地方标准信息服务平台

深部软岩巷道预应力锚杆（索）支护技术规范

1 范围

本文件规定了深部软岩巷道预应力锚杆（索）支护技术的技术要求、施工质量检测及支护监测。本文件适用于煤矿深部软岩巷道预应力锚杆（索）支护。

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 5224 预应力混凝土用钢绞线
- GB/T 14370 预应力筋用锚具、夹具和连接器
- GB/T 23561.1 煤和岩石物理力学性质测定方法 第1部分：采样一般规定
- GB/T 35056 煤矿巷道锚杆支护技术规范
- GB 50086 岩土锚杆与喷射混凝土支护工程技术规范
- GB/T 50266 工程岩体试验方法标准
- MT/T 143 巷道金属支架系列
- MT/T 146.1 树脂锚杆 第1部分：锚固剂
- MT/T 146.2 树脂锚杆 第2部分：金属杆体及其附件
- MT/T 942 矿用锚索
- MT/T 1104 煤巷锚杆支护技术规范
- MT/T 5009 煤矿井巷工程质量检验评定标准

3 术语和定义

GB/T 35056、MT/T 1104 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

预应力锚杆（索） prestressed anchor (cable)

在安装过程中施加一定预紧扭矩（预紧力）的锚杆（索）。

3.2

预应力锚杆（索）支护 prestressed anchor (cable) support

以预应力锚杆（索）为基本支护形式，必要时增加注浆、单体支护以及金属支架等辅助支护方式。

3.3

深部软岩巷道 deep soft rock roadways

在工程力（围岩上各种力如自重应力、构造应力及采动应力的总和）作用下围岩最大松动圈厚度超过 2000 mm 的巷道。

3.4

初始设计 initial design

巷道开挖前,根据巷道工程地质条件、生产条件和围岩地质力学评估结果等,通过理论分析、数值模拟、工程类比等方法提出的巷道支护方案形式与参数。

3.5

正式设计 formal design

巷道开挖后,根据监测信息,对初始设计进行验证或修改,在技术性、经济性以及安全性等方面均能满足安全使用要求的支护设计。

3.6

一次支护 first support

为充分发挥深部软岩巷道围岩自承载能力,保证深部软岩巷道长时间稳定和服务期安全,预应力锚杆(索)支护分次进行,巷道开挖后及时施加围岩一定强度和刚度的预应力锚杆(索)支护。

3.7

二次支护 secondary support

为充分发挥深部软岩巷道围岩自承载能力,保证深部软岩巷道长时间稳定和服务期安全,预应力锚杆(索)支护分次进行,给巷道围岩提供最终支护强度和刚度的预应力锚杆(索)支护。

3.8

复杂地段 complex section

断层及围岩破碎带、应力集中区、裂隙发育区、瓦斯异常区、巷道穿层地段、大断面、复合顶板、淋水区、老空区、大倾角、交岔点、大跨度巷道及采动影响区等地段。

3.9

补强支护 reinforcing support

巷道原支护难以保持围岩稳定时,相应部位及时重新补加新的支护。

4 技术要求

4.1 巷道围岩地质力学评估

4.1.1 预应力锚杆(索)支护设计前应进行现场调查与巷道围岩地质力学评估。巷道围岩地质力学评估基础参数参见表1。

表1 巷道围岩地质力学评估基础参数

序号	参数		说明
1	巷道揭露的岩层厚度		掘进工作面端面岩层组成及分层厚度
2	巷道揭露的岩层倾角		在井下直接测取,或由工作面地质说明书给出
3	2 倍巷道宽度范围 内	顶底板岩层层数和厚度	由地质综合柱状图或钻孔资料确定
4		各岩层物理力学参数	在井下原位测取,或在实验室内利用岩样测定
5		各岩层的分层厚度	指分层厚度的平均值
6		各层节理裂隙间距	指沿结构面法线方向的平均间距
7	地质构造		巷道周围地质构造的分布情况,由工作面地质说明书给出
8	水文地质条件		巷道涌水量、水质等参照工作面地质说明书;水对围岩物理力学性的影响及锚杆(索)锚固性能的影响通过试验确定
9	巷道埋深		地表到巷道底板的垂直距离
10	原岩应力的大小和方向		在井下实测
11	巷道轴线方向与最大水平主应力方向的夹角		由工作面巷道布置图与井下最大水平主应力方向实测数据确定

序号	参数	说明
12	巷道几何形状和尺寸	根据煤矿生产与安全的需要确定
13	巷道掘进方式	掘进机掘进爆破法掘进或其他掘进方法
14	煤(岩)柱宽度	煤(岩)柱的实际宽度
15	采动应力	巷道与周围其他巷道、回采工作面的空间与时间关系,采动影响范围与大小
16	粘结强度	在井下短锚固拉拔试验中,锚杆在不同岩层、煤层中的粘结强度

4.1.2 现场调查内容主要包括工程地质条件 and 生产条件。巷道工程地质条件及生产条件主要内容参见 GB/T 35056 的要求。

4.1.3 巷道围岩地质力学评估内容包括围岩物理力学性能参数测定、围岩应变软化特性测定、围岩结构测定、围岩地应力测定以及围岩松动圈测定。

4.1.4 巷道围岩物理力学参数(围岩真密度、视密度、孔隙率、单轴抗拉强度、单轴抗压强度、单轴抗剪强度、变形模量、泊松比、粘聚力、内摩擦角、水理性质等)通过实验室岩样实验获得;井下岩样的采取、包装应符合 GB/T 23561.1 的规定;单轴抗压强度、变形模量、粘结力及内摩擦角等也可采用井下原位测量方法获得。

4.1.5 巷道围岩应变软化特性宜通过实验室实验确定岩样不同剪应变下围岩粘结力及内摩擦角,得出岩样粘结力及内摩擦角随剪应变变化关系,测量试验方法参见附录 A。

4.1.6 巷道围岩结构测量应采用巷道表面观察、钻孔取芯和钻孔窥视等方法进行。结构面力学性质测试可在现场取样后在实验室进行,也可在井下采用岩体结构面直剪试验测定,测定方法参见 GB/T 50266 的要求。

4.1.7 巷道围岩应力包括原岩应力与采动应力。原岩应力包括各应力分量、主应力大小与方向,原岩应力测量优先采用应力解除法,测量方法参见 GB/T 50266 的要求。采动应力测量可采用与原岩应力测量类似的方法。采动应力变化监测可采用空心包体应变计、钻孔应力计等。

4.1.8 巷道围岩松动圈厚度可采用钻孔窥视或多点位移计测定法。多点位移计实测方法参见附录 B。

4.1.9 预应力锚杆(索)支护应做相应的拉拔试验测定预应力锚杆(索)的锚固力,锚固力大小应满足巷道掘进作业规程的有关规定。

4.1.10 围岩现场调查与围岩地质力学评估,首先确定评估区域,预应力锚杆(索)支护设计应限定在该区域内,并分析巷道服务期间影响预应力锚杆(索)支护性能的各种因素。

4.1.11 对于围岩最大松动圈厚度超过 2000 mm 的深部软岩巷道应选择预应力锚杆(索)支护;复杂地段应选择预应力锚杆(索)基本支护,同时应辅以注浆、单体、托棚、超前支架等辅助支护。

4.2 预应力锚杆(索)支护设计

4.2.1 依据巷道围岩地质力学评估结果确定深部软岩巷道应选择预应力锚杆(索)支护时,支护设计按“初始设计-井下监测-信息反馈-正式设计”的程序进行。深部软岩巷道预应力锚杆(索)支护可分为一次支护、二次支护进行。

4.2.2 根据现场调查与巷道围岩地质力学评估结果,进行预应力锚杆(索)支护初始设计,初始设计可采用以下一种或多种组合方法进行:

- 工程类比法:根据所在矿区已有的深部软岩巷道预应力锚杆(索)支护实践经验,通过类比,提出预锚杆(索)支护初始设计;
- 理论计算法:根据深部软岩巷道预应力锚杆(索)支护机制,选择预应力锚杆(索)支护初始设计;
- 数值模拟法:依据深部软岩巷道应变软化特征,建立深部软岩巷道预应力锚杆(索)支护合理数值计算模型,通过数值模拟计算与分析,选择预应力锚杆(索)支护初始设计。

4.2.3 深部软岩巷道预应力锚杆(索)支护初始设计应符合 GB/T 35056 的规定, 预应力锚杆(索)支护基本参数宜按表 2 选取。

表2 预应力锚杆(索)支护基本参数

序号	参数名称	单位	参数值
1	锚杆长度	m	≥ 2.2
2	锚杆公称直径	mm	≥ 20.0
3	锚杆排距	m	0.5~0.9
4	锚杆间距	m	0.5~0.9
5	锚杆预紧扭矩	N·m	≥ 300 (岩巷), ≥ 200 (煤巷)
6	锚索有效长度	m	顶部 ≥ 6.0 ; 帮部 ≥ 4.0
7	锚索公称直径	mm	≥ 17.8
8	锚索预紧力	kN	≥ 150

4.2.4 深部软岩巷道断面形状与尺寸应根据围岩条件、巷道用途、掘进方式等确定。巷道断面设计应考虑以下因素:

- a) 巷道布置(运输)的最大设备尺寸;
- b) 巷道内运输及设备放置要求;
- c) 巷道通风要求;
- d) 巷道预留变形量: 对深部软岩预应力锚杆(索)支护巷道围岩变形进行预测, 确定适宜的预留变形量, 使巷道变形后断面仍能满足安全生产要求。

4.2.5 深部软岩巷道布置时, 应尽量使巷道轴线方向与最大水平主应力方向平行。

4.2.6 深部软岩巷道掘进优先采用综合机械化掘进。当采用钻爆法时, 应采用光面爆破, 控制巷道成型。

4.2.7 预应力锚杆(索)支护形式与参数设计应包括以下内容:

- a) 锚杆(索)杆体几何参数(直径和长度等);
- b) 锚杆(索)杆体力学参数(屈服力、拉断力、伸长率);
- c) 锚杆(索)附件(托盘、球形垫圈、减摩垫圈、螺母及锁具等)材料和规格;
- d) 锚杆(索)设计预紧力;
- e) 锚杆(索)设计锚固力;
- f) 锚杆(索)布置参数(布置形式、间距、排距、安装角度等);
- g) 锚杆(索)钻孔直径;
- h) 锚杆(索)锚固参数(锚固剂类型及物理力学性能、锚固剂规格及数量、锚固方式和锚固长度);
- i) 锚杆(索)组合构件(钢筋托梁、钢带、型钢托梁等)形式、规格和力学性能;
- j) 护网形式、材料和规格;
- k) 注浆材料物理力学性能及注浆参数;
- l) 注浆锚杆(索)结构及布置参数;
- m) 金属支架选型及布置参数;
- n) 巷道支护布置图;
- o) 支护材料消耗清单。

4.2.8 预应力锚杆的钻孔直径、锚杆直径和树脂锚固剂直径应合理匹配, 深部软岩巷道支护常用的螺纹钢树脂锚杆, 钻孔直径与锚杆杆体直径之差应为 6 mm~10 mm, 钻孔直径与树脂锚固剂直径之差应为 4 mm~8 mm。

4.2.9 预应力锚杆(索)支护施工设计应包括施工工艺、施工设备与机具、施工质量指标和安全技术措施等。

4.2.10 预应力锚杆(索)支护矿压监测设计应包括监测内容、监测仪器、测站布置、测站安设方法、数据测读方法、测读频率等。综合监测应给出反馈指标和锚杆支护初始设计修改准则,日常监测应给出监测方法、合格标准和异常情况的处理措施。

4.2.11 预应力锚杆(索)支护初始设计在井下实施后应及时进行矿压综合监测。将巷道受掘进影响结束时的监测结果用于验证或修正初始设计。修正后的支护设计作为正式设计在井下使用。巷道受到采动影响期间的监测结果可用于其他类似条件巷道支护设计的验证与修改。

4.2.12 锚杆(索)支护正式设计实施过程中,应进行日常监测。巷道穿过复杂地段应及时修正,应编制专门的支护设计与技术措施,必要时可采取超前支护。矿压监测结果表明原支护设计难以保持围岩变形稳定时,应及时采用补强支护。

4.3 预应力锚杆(索)支护材料与构件

4.3.1 一般要求

预应力锚杆(索)支护材料与构件应符合国家标准和相关行业标准并具有产品合格证。预应力锚杆(索)杆体及配件、组合构件、护网、喷层、注浆材料及金属支架等各构件力学性能应相互匹配。

4.3.2 预应力锚杆杆体、托盘、螺母及垫圈

4.3.2.1 锚杆杆体、托盘、螺母应符合 MT/T 146.2 的规定。

4.3.2.2 锚杆杆尾螺纹应符合 GB/T 35056 的规定,同时螺纹长度宜取 80 mm~150 mm 的上限。

4.3.2.3 锚杆托盘应符合 GB/T 35056 的规定,宜选用高强度规格尺寸的托盘,厚度不小于 10 mm,尺寸不小于 150 mm×150 mm,强度不低于 235 MPa。

4.3.2.4 锚杆螺母及垫圈应符合 GB/T 35056 的规定;宜采用锚杆滚动式减摩垫片,主要由推力片、外壳包圈、止推片、滚动体构成。

4.3.3 预应力锚索杆体、托盘及锚具

4.3.3.1 锚索用钢绞线应符合 GB/T 5224 的规定;应优先选用抗拉强度等级不低于 1860 MPa,延伸率不小于 3.5%,直径不小于 17.8 mm 的钢绞线。

4.3.3.2 锚索托板的承载力应符合 MT/T 942 的规定。

4.3.3.3 与钢绞线配套的锚具应符合 GB/T 14370 的规定。

4.3.4 预应力锚杆(索)支护锚固剂

树脂锚固剂应符合 MT/T 146.1 的规定,锚固剂生产厂家应提供质量合格证、第三方检验报告。

4.3.5 辅助支护材料

深部软岩巷道喷射混凝土材料应符合 GB 50086 的规定,选择的梯形棚或U型棚金属支架应符合 MT/T 143 的规定,宜选择高强可缩性金属支架。

4.3.6 注浆锚杆及注浆材料

注浆锚杆及注浆材料应符合 GB/T 35056 的规定。

4.4 预应力锚杆(索)支护施工

4.4.1 基本要求

深部软岩巷道预应力锚杆(索)支护施工应按掘进工作面作业规程的有关规定进行。依据施工顺序主要包括：一次支护、二次支护以及补强支护等。

4.4.2 预应力锚杆支护施工

4.4.2.1 锚杆孔施工

锚杆孔施工应符合以下要求：

- a) 顶板锚杆孔优先采用顶板锚杆钻机施工，巷道帮部锚杆孔优先采用帮部锚杆钻机施工；
- b) 应根据深部软岩巷道围岩条件、断面形状与尺寸选择适合软岩施工的锚杆钻机型号、规格及配套的钻杆与钻头；
- c) 顶板锚杆孔应由外向掘进工作面逐排顺序施工，每排锚杆孔宜由中间向两帮顺序施工；
- d) 锚杆孔实际直径与设计直径偏差应不大于 1 mm；
- e) 锚杆孔深度误差应在 0 mm~20 mm；
- f) 锚杆孔实际钻孔角度与设计角度的偏差应不大于 5°；
- g) 锚杆孔的间排距误差应不超过 50 mm；
- h) 锚杆孔内的煤岩粉应清理干净。

4.4.2.2 锚杆安装

锚杆安装应符合以下规定：

- a) 锚杆安装应优先采用快速安装工艺；
- b) 锚固剂使用前应进行检查，不应使用过期、硬结、破裂等变质失效的锚固剂；
- c) 当使用两卷以上不同型号的树脂锚固剂时，应按锚固剂凝固速度先快后慢的顺序，将锚固剂依次放入钻孔中，先将锚固剂推到孔底，再启动锚杆钻机搅拌树脂锚固剂；
- d) 螺母应采用机械设备紧固，需要二次紧固时，其扭矩或预紧力大小、紧固时间应在作业规程、措施中明确规定；
- e) 螺母安装达到规定预紧力矩后，一般不得将螺母卸下重新安装；
- f) 托板应紧贴钢带、网和巷道围岩表面，当锚杆与巷道的周边不垂直(或岩层主要层理面)时应使用异型托板；
- g) 锚杆托板与螺母之间宜使用减摩垫圈；
- h) 提高螺纹加工精度等级，减少摩擦阻力和摩擦扭矩；采用油脂对螺纹部进行润滑，减少摩擦阻力。采用高效减摩垫圈，垫圈采用材质应满足要求；
- i) 护网的规格、联网方式及参数应在作业规程中明确规定，联网强度应与护网的强度相匹配；
- j) 锚杆外露长度应保证锚杆预紧力矩达到设计值时螺纹并未用完；
- k) 锚杆安装过程中出现煤岩体片冒时，锚杆托盘下方不应加垫木板、橡胶等塑性材料。可加垫金属垫板等刚性较大的材料或在失效锚杆附近及时补打锚杆；
- l) 锚杆外露段应采取防崩、防断裂、防断丝等二次防护措施。

4.4.3 预应力锚索支护施工

锚索施工应符合以下要求：

- a) 采用锚索钻机或锚杆钻机钻孔；
- b) 锚索孔深度误差应不大于 100 mm；
- c) 锚索宜垂直于顶板或巷道轮廓线布置，实际钻孔角度与设计角度的误差不大于 10°；

- d) 锚索间排距误差不大于 100 mm;
- e) 安装锚索应优先使用电动或气动张拉机具, 不宜使用手动式张拉机具;
- f) 安装锚索时, 钢绞线应推到孔底, 安装后外露钢绞线长度宜在规程中作出明确规定;
- g) 锚索施工后, 应及时对锚索进行检查, 锚索预紧力的最低值应不小于设计预紧力的 90%。发现工作载荷低于预紧力时应及时进行二次张拉;
- h) 锚索钻孔中有淋水时, 应采用疏、堵等措施;
- i) 锚索外露段应采取防崩、防断裂、防断丝等二次防护措施。

4.4.4 喷射混凝土施工

喷射混凝土的施工应按照 GB 50086 的规定执行。

4.4.5 组合构件、护网及护板安装

组合构件、护网及护板安装按照 GB/T 35056 的规定执行。

4.4.6 金属支架安装

金属支架施工安装 MT/T 5009 的规定执行, 金属支架安装滞后工作面的距离根据施工现场情况在巷道掘进作业规程中确定。

5 预应力锚杆(索)施工质量检测与评定

5.1 一般规定

5.1.1 检测职责

预应力锚杆(索)支护施工质量检测由矿主管部门负责。各矿应配备专职施工质量检测人员。各矿业集团公司应对专职检测人员进行培训, 经考核合格者由矿业集团公司发给上岗证。预应力锚杆(索)支护施工质量检测由煤矿上级公司制定具体实施办法。各矿应配备专职施工质量检测人员, 由有关部门对检测人员进行培训, 经考核合格者发给上岗证。

5.1.2 检测要求

预应力锚杆(索)支护施工质量应及时按设计要求进行检测。检测结果不符合设计要求, 应停止施工, 进行整改。施工质量不达标的, 应及时采取补救措施。

5.2 预应力锚杆施工质量检测与评定

按照 GB/T 35056 的规定执行。

5.3 预应力锚索施工质量检测与评定

预应力锚索施工质量检测与评定按照 MT/T 5009 的规定执行。

5.4 组合构件、护网及护板等安装质量检测与评定

组合构件、护网及护板等安装质量检测与评定按照 GB/T 35056 的规定执行。

5.5 喷射混凝土强度和喷层厚度检测与评定

喷射混凝土强度和喷层厚度检测与评定按照 GB 50086 的规定执行。

5.6 金属支架质量检测与评定

金属支架质量检测与评定按照 MT/T 5009 的规定执行。

5.7 预应力锚杆（索）支护质量不合格处理方法

预应力锚杆（索）锚杆支护质量达不到合格标准要求时，应及时采取补强支护，补强后的巷道应对其工程质量重新进行质量评定。

6 预应力锚杆（索）支护监测

6.1 预应力锚杆（索）支护监测类型

深部软岩巷道预应力锚杆（索）支护监测分为综合监测和日常监测两种。综合监测的目的是验证或修正锚杆支护初始设计，评价和调整支护设计；日常监测的目的是及时发现异常情况，采取必要措施，保证巷道安全。

煤巷宜采用在线矿压监测方式，设置预警值及临界值，具体数值及响应标准由煤矿上级公司技术负责人确定。结合煤巷锚杆支护事故教训，加强矿压监测信息反馈及时性。

6.2 监测内容

综合监测的主要内容为巷道表面位移、预应力锚杆（索）锚固体内外等不同部位深部位移、顶板离层、锚杆（索）工作荷载等监测，日常监测的主要内容为顶板离层。

6.3 测站安设

每条深部软岩预应力锚杆（索）支护巷道应安设综合监测测站；每间隔一定距离安设一个顶板离层指示仪进行日常监测。当围岩地质和生产条件发生显著变化时，应增减测站和顶板离层指示仪的数目；复杂地段应安设测站和顶板离层指示仪。测站和顶板离层指示仪安设时应滞后工作面不大于 50 m。

6.4 绘制测站位置和仪器分布图

应绘制每个测站的位置和仪器分布图，测站的监测仪器应专门编号，以便测读时识别。

6.5 综合监测

6.5.1 巷道表面位移和预应力锚杆（索）锚固体内外深部位移观测

6.5.1.1 巷道表面位移监测内容包括顶底板相对移近量、顶板下沉量、底鼓量、两帮相对移近量和巷帮位移量。一般采用十字布点法安设测站，每个测站应安设两个监测断面，监测断面间距应不大于两排锚杆间距，基点应安设牢固。

6.5.1.2 预应力锚杆（索）锚固体内外深部位移观测宜布置在巷道围岩松动圈厚度最大的关键部位，范围不小于巷道跨度的 1.5 倍，测点数不少于 4 个，具体观测范围及单孔内测点数由巷道围岩具体条件确定。

6.5.2 巷道顶板离层监测

6.5.2.1 顶板离层指示仪的浅基点应固定在锚杆端部位置。深基点一般应固定在锚索上方稳定岩层内 300 mm~500 mm；若无稳定岩层，深基点在顶板中的深度应不小于巷道跨度的 1.5 倍，具体深度由顶板条件确定。

6.5.2.2 不能进行有效测读的顶板离层指示仪应立即更换，如果不能安装在同一钻孔中，应靠近原位置钻一新孔进行安设，原指示仪更换后，要记录其读值，并标明已被更换。新指示仪的基点安设层位与高度应与原测点一致。

6.5.3 锚杆(索)工作荷载监测

6.5.3.1 采用测力锚杆监测加长(全长)锚固锚杆的受力状况，采用锚杆(索)测力计监测端部锚固锚杆(索)的受力状况。

6.5.3.2 锚杆(索)的受力监测仪器应在巷道锚杆(索)支护施工过程中安设，滞后工作面不应大于 50 m。

6.6 日常监测

深部软岩巷道预应力锚杆(索)支护应加强日常监测，日常监测主要为深部软岩巷道顶板离层在线监测。

6.7 观测频度

6.7.1 距掘进工作面 50 m 内和回采工作面 100 m 内观测频度每天应不少于一次。在此范围以外，除非离层有明显增长，顶板离层仪的观测频度可为每周一次。

6.7.2 岩巷距掘进工作面 100 m 内，综合测站仪器与日常监测顶板离层仪的观测频度每天应不少于一次。

6.7.3 煤层大巷距掘进工作面 50 m 内，综合测站仪器与日常监测顶板离层仪的观测频度每天应不少于一次。

6.7.4 回采巷道距掘井工作面 50 m 内和回采工作面 100 m 内，综合测站仪器与日常监测顶板离层仪的观测频度每天应不少于一次。

6.7.5 在以上三种规定范围以外，观测频度可为每周一次。如果离层有明显增长则视情况增加观测次数。

6.7.6 具体观测频次应在巷道掘进作业规程中规定。

6.8 监测信息反馈

6.8.1 建立监测记录台账，监测结果记录在现场牌板上，复杂地段加密测点、加强监测。依据监测的数据及时发布重大安全隐患预警。

6.8.2 应及时分析处理综合监测数据，进行信息反馈，并提交正式设计。掘进作业规程应作相应修改，审批通过后实施，并继续进行综合监测。

6.8.3 日常监测顶板离层值超过顶板离层临界值时，应及时分析原因，并采取补强加固措施。

6.9 异常情况处理

监测人员发现异常后，应立即向主管部门汇报，分析原因并提出处理办法，组织实施，建立巷道定期巡查制度。

6.10 监测人员培训

对监测人员应进行培训，使其掌握测站安装、仪器操作以及数据收集处理方法。

6.11 存档制度

对服务年限超过 2 年及以上的锚杆支护巷道，应建立巷道巡查档案。监测数据及监测报告应存档保存，保存时间直至巷道报废或不少于 2 年。

地方标准信息服务平台

附录 A

(资料性)

深部软岩巷道围岩应变软化本构关系试验

A.1 试验目的

深部软岩巷道围岩应变软化本构关系试验的目的是建立围岩损伤后粘结力 c 和内摩擦角 φ 的变化关系。试验应在实验室进行，对现场取芯试样进行压缩试验。

A.2 试验工具与设备

如下：

- a) 岩石压力试验机
- b) 应变仪
- c) 岩石直剪仪
- d) 岩石切割机
- e) 岩石磨平机

A.3 试验方法

将工程现场取得的芯样加工成直径 $D=50$ mm、高 $H=100$ mm 的标准试件。岩石压力试验机对试件进行压缩，测出岩石强度峰值后不同卸载位置的最大主塑性应变 ε_1 和最小主塑性应变 ε_3 ，获得相应条件塑性参数 ε^{ps} ，同时实测相应的峰后不同卸载位置损伤试样的强度 c 、 φ 值，通过表A.1 表达强度 c 、 φ 随塑性系数 ε^{ps} 的变化关系。

表A.1 不同卸载位置损伤试件强度 c 、 φ 及相应塑性系数 ε^{ps}

序号	1	2	3	4	5
c/MPa					
$\varphi/(\text{°})$					
$\varepsilon^{ps}/10^{-5}$					

A.4 分析

A.4.1 通过公式 (A.1) 计算塑性参数：

$$\varepsilon^{ps} = 0.664\gamma^p \dots\dots\dots (A.1)$$

式中：

ε^{ps} ——塑性参数；

γ^p ——剪切应变。

A.4.2 通过公式 (A.2) 计算剪切应变：

$$\gamma^p = |\varepsilon_1 - \varepsilon_3| \dots\dots\dots (A.2)$$

式中：

ε_1 ——最大主塑性应变；

ε_3 ——最小主塑性应变。

附录 B

(资料性)

多点位移计实测巷道围岩松动圈厚度

B.1 试验目的

多点位移计实测巷道围岩松动圈厚度的目的是在分析位移场分布规律基础上量化估算围岩松动圈厚度。试验应在现场进行，采用多点位移计法观测围岩内不同位置位移。

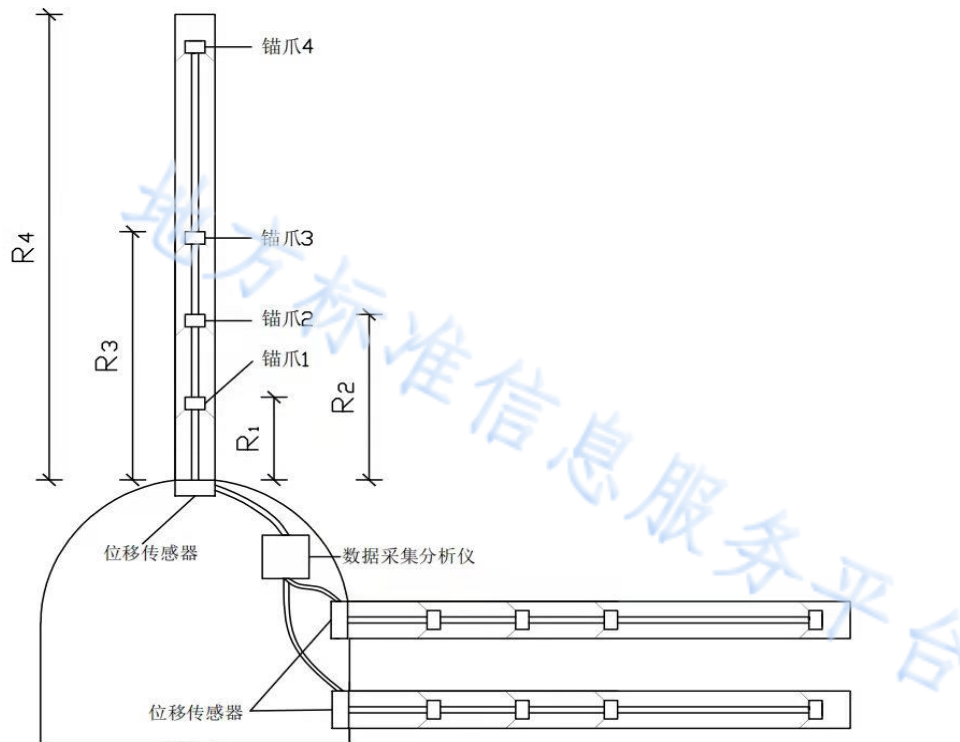
B.2 试验仪器设备

如下：

- a) 钻孔机具
- b) 多点位移计
- c) 数据采集分析仪

B.3 试验方法

巷道围岩钻孔，在钻孔中布置多点位移计如图B.1所示，多点位移计通过钢丝绳连接多个锚爪头，分别在距巷道表面距离 R_1 、 R_2 、 R_3 、 R_4 四个位置布置四个锚爪头，随着围岩的变形，位移传感器会自动记录不同测点位移及其随时间变化结果。



图B.1 多点位移计布置示意图

B.4 分析

B.4.1 用公式 (B.1) 回归分析不同测点位移 u 随距巷道表面距离 r 衰减, 获得回归系数值 k_1 、 k_2 :

$$u = k_1 e^{-r/k_2} \dots \dots \dots (B.1)$$

式中:

u ——测点位移, 单位为毫米 (mm);

r ——测点距巷道表面距离, 单位为米 (m);

k_1 ——回归系数, 单位为毫米 (mm);

k_2 ——回归系数, 单位为米 (m)。

B.4.2 用公式 (B.2) 定义位移梯度:

$$\lambda = \left| \frac{du}{dr} \right| \dots \dots \dots (B.2)$$

式中:

λ ——位移梯度, 单位为毫米每米 (mm/m)。

以位移梯度大于某临界范围即 $\lambda \geq \lambda_{\min}$ 的松动破碎范围作为松动圈厚度, 取 $\lambda_{\min} = 10$ mm/m。

B.4.3 用公式 (B.3) 计算深部巷道软弱煤岩松动圈厚度:

$$L = -k_2 \ln(10k_2/k_1) \dots \dots \dots (B.3)$$

式中:

L ——松动圈厚度, 单位为毫米 (mm)。

地方标准信息服务平台