



中华人民共和国国家标准

GB/T 35056—2018

煤矿巷道锚杆支护技术规范

Technical specifications for rock bolting in coal mine roadways

2018-05-14 发布

2018-12-01 实施

国家市场监督管理总局
中国国家标准化管理委员会 发布

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 技术要求	5
4.1 现场调查与巷道围岩地质力学评估	5
4.2 锚杆支护设计	6
4.3 锚杆支护材料与构件	9
4.4 锚杆支护施工	12
5 锚杆支护施工质量检测	14
5.1 检测职责	14
5.2 检测内容	15
5.3 检测要求	15
5.4 锚杆支护质量评定	16
6 锚杆支护监测	16
6.1 监测类型	16
6.2 监测内容	16
6.3 测站安设与保护	17
6.4 绘制测站位置和仪器分布图	17
6.5 综合监测	17
6.6 日常监测	17
6.7 观测频度	17
6.8 监测信息反馈	18
6.9 异常情况	18
6.10 监测人员培训	18
6.11 存档制度	18
附录 A (资料性附录) 短锚固树脂锚杆拉拔试验	19
附录 B (资料性附录) 锚杆拉拔试验	25
附录 C (资料性附录) 双高度顶板离层指示仪安装与测读	27
参考文献	30

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准由中国煤炭工业协会提出并归口。

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。

本标准起草单位：中国煤炭工业协会煤矿支护专业委员会、天地科技股份有限公司、中国煤炭科工集团南京研究所、煤炭科学研究总院建井研究分院、中国矿业大学、煤炭科学研究总院检测分院、兖矿集团有限公司、山东能源新汶矿业集团有限责任公司、山西焦煤西山煤电集团公司、山西潞安矿业(集团)有限责任公司、山西晋城无烟煤矿业集团有限责任公司、江苏中煤矿山设备有限公司、石家庄中煤装备制造股份有限公司。

本标准主要起草人：康红普、陈桂娥、刘志强、张农、林健、丁全录、王方荣、吴拥政、王富奇、周明、秦斌青、王强、王俊杰、黄汉财、赵盘胜。



煤矿巷道锚杆支护技术规范

1 范围

本标准规定了煤矿巷道锚杆支护技术的术语和定义、技术要求、锚杆支护施工质量检测及锚杆支护监测。

本标准适用于煤矿岩巷、煤巷及半煤岩巷的锚杆支护。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是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—2007 通用硅酸盐水泥

GB/T 228.1—2010 金属材料 拉伸试验 第1部分:室温试验方法

GB/T 23561.1—2009 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 50086 岩土锚固与喷射混凝土支护工程技术规范

MT 146.1—2011 树脂锚杆 第1部分:锚固剂

MT 146.2—2011 树脂锚杆 第2部分:金属杆体及其附件

MT 285 缝管锚杆

MT/T 861 矿用W型钢带

MT/T 1061—2008 树脂锚杆玻璃纤维增强塑料杆体及其附件

3 术语和定义

GB/T 228.1—2010、MT 146.1—2011、MT 285 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

巷道 roadway

为煤矿提升、运输、通风、排水、行人、动力供应等而掘进的通道。

3.2

煤巷 coal roadway

断面中煤层面积占 $4/5$ 或 $4/5$ 以上的巷道。

3.3

岩巷 rock roadway

断面中岩石面积占 $4/5$ 或 $4/5$ 以上的巷道。

3.4

半煤岩巷 coal-rock roadway

断面中岩石面积(含夹石层)大于 $1/5$ 到小于 $4/5$ 的巷道。

3.5

锚杆 rock bolt

安装在围岩中,对围岩实施锚固的杆件系统。一般由杆体、托盘、螺母、垫圈、锚固剂或锚固构件

组成。

3.6

预应力锚杆 pretensioned rock bolt

在安装过程中施加一定预拉力的锚杆。

3.7

无预应力锚杆 non-pretensioned rock bolt

在安装过程中不施加预拉力的锚杆。

3.8

树脂锚杆 resin anchored bolt

采用树脂锚固剂锚固的锚杆。

注：改写 MT 146.1—2011, 定义 3.1。

3.9

注浆锚杆 grouting bolt

杆体为中空式,兼做注浆管,对围岩进行注浆加固的锚杆。

3.10

钻锚注锚杆 self-drilling bolt

杆体为中空式,自带钻头,集钻孔、锚固、注浆于一体的锚杆。

3.11

玻璃纤维增强塑料锚杆 glass fibre reinforced plastic bolt

杆体主体部分由玻璃纤维和树脂复合而成的锚杆。

3.12

缝管锚杆 split set bolt

经特殊加工成纵向开缝的钢管及其附件。

[MT 285—1992, 术语 3.1]

3.13

锚索 cable bolt

安装在围岩中,对围岩实施锚固的索体系统。一般由钢绞线、托盘、锚具及锚固剂组成。

3.14

锚杆支护 rock bolting

以锚杆为基本支护形式的支护方式。

3.15

组合构件 strap or beam

设置在巷道表面、将锚杆组合在一起的带(梁)状构件。

3.16

锚杆屈服力 yield load of bolt bar

当锚杆杆体拉伸呈现屈服现象时,在试验期间达到塑性变形发生而力不增加的点(上屈服点)对应的力。

3.17

锚杆拉断力 tensile load of bolt bar

锚杆杆体所能承受的极限拉力。

3.18

最大力总延伸率 percentage total extension at maximum force

杆体受最大拉力时,原始标距的总延伸(弹性延伸加塑性延伸)与引伸计标距之比的百分率。

[GB/T 228.1—2010, 定义 3.6.4]

3.19

断后伸长率 percentage elongation after fracture

杆体受拉断裂时,断后标距的残余伸长与原始标距之比的百分率。

[GB/T 228.1—2010,定义 3.4.2]

3.20

冲击吸收功 notch impact work

在常温下进行夏比 V 形缺口冲击试验时,规定形状和尺寸的试样在冲击试验力一次作用下折断时所吸收的功。

3.21

粘结强度 bond strength

锚固材料与锚杆杆体或围岩单位粘结面上所能承受的最大粘结力。

3.22

锚杆锚固力 pull-out force of bolt

锚杆锚固后,拉拔试验时,锚杆拉断或失效时的极限拉力。

3.23

设计锚固力 design pull-out force

设计时给定的锚杆应能承受的锚固力。

3.24

锚杆工作载荷 working load of bolt

锚杆安装后,在服务期间所承受的轴向拉力。

3.25

树脂锚固剂 resin cartridge

起粘结锚固作用的材料称锚固剂。由树脂胶泥与固化剂两部分分隔包装成卷形,混合固化后能使杆体与煤岩体粘结在一起的材料。

[MT 146.1—2011,定义 3.2]

3.26

锚固长度 anchorage length

锚杆的锚固材料或锚固构件与锚杆孔壁的有效结合长度。

3.27

锚杆外露长度 exposed length of bolt

锚杆安装后,螺母外端面至杆尾端面的距离。

3.28

端头锚固 point anchorage

锚杆的锚固长度不大于锚杆孔长度的 1/3。

3.29

全长锚固 full-length anchorage

锚杆的锚固长度不小于锚杆孔长度的 90%。

3.30

加长锚固 partial anchorage

锚杆的锚固长度介于端头锚固与全长锚固之间。

3.31

拉拔试验 pull-out test

测试锚杆锚固力的试验。

3.32

搅拌时间 stirring time

安装树脂锚杆时,从开始搅拌树脂锚固剂到停止搅拌所用的时间。

3.33

等待时间 hold time

安装锚杆时,搅拌停止后到可以上紧螺母托盘的时间。

注:改写 MT 146.1—2011,定义 3.6。

3.34

预紧力 pretension force

安装锚杆、锚索时,通过拧紧螺母或采用张拉方法施加在锚杆、锚索上的拉力。

3.35

预紧力矩 moment of pretension

拧紧螺母使锚杆达到设计预紧力时,施加到螺母上的力矩。

3.36

快速安装工艺 rapid installation

使用锚杆钻机连续完成搅拌树脂锚固剂、拧紧螺母的全过程。

3.37

辅助支护 free-standing supplementary support

采用锚杆支护时,增加的单体支柱、金属支架等其他支护方式。

3.38

空顶距 unsupported roof distance

掘进工作面端面至最近一排锚杆的距离。

3.39

初始设计 initial design

根据已有资料提出的巷道支护形式与参数。

3.40

信息反馈 information feedback

对支护监测信息进行解释,并据此对支护设计进行验证和修改的过程。

3.41

正式设计 final design

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生产要求的支护设计。

3.42

顶板离层临界值 critical value of roof delamination

支护设计或通过工程实践分析确定的巷道顶板允许的最大离层值。

3.43

复杂地段 complex section

断层及围岩破碎带、应力集中区、顶板淋水区、裂隙发育区、巷道穿层地段、瓦斯异常区、大断面、大跨度巷道等地段。

3.44

异常情况 abnormal phenomena

巷道位移、离层、锚杆受力等发生突变的情况。

4 技术要求

4.1 现场调查与巷道围岩地质力学评估

4.1.1 锚杆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质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	原岩应力的方向和大小		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
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 现场调查内容包括巷道工程地质条件 and 生产条件。

4.1.3 巷道工程地质条件包括:

- 巷道顶板、两帮、底板岩层岩性,岩层厚度及变化,岩层倾角及变化;
- 巷道周围断层、褶曲、陷落柱及破碎带等地质构造分布情况,围岩内节理、裂隙、层理分布情况;
- 矿井涌水,地温等。

4.1.4 巷道生产条件包括:

- 巷道用途与服务年限;
- 巷道断面形状及尺寸;
- 巷道掘进方式;
- 巷道周围采掘工程分布状况;
- 巷道与周围其他巷道、采煤工作面等采掘工程的空间和时间关系;

——煤(岩)柱尺寸。

4.1.5 巷道围岩地质力学评估内容包括围岩物理力学参数测定、围岩结构测量与力学性质测定及围岩应力测量。

4.1.6 应根据矿井开拓部署和采区划分合理安排巷道围岩地质力学参数测试,测点应具有代表性,应能最大程度地反映整个井田或采区的实际情况。

4.1.7 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、变形模量、泊松比、粘聚力、内摩擦角和水理性质等)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—2009 的规定;单轴抗压强度、变形模量等可采用井下原位测量方法获得。

4.1.8 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—2013 中 2.12 的内容。

4.1.9 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、主应力的方向与大小。原岩应力测量优先采用应力解除法或水压致裂法,测量方法参见 GB/T 50266—2013 第 6 章的内容。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。

4.1.10 螺纹钢树脂锚杆粘结强度采用短锚固锚杆拉拔试验测定,在锚固长度 300 mm 的条件下,平均粘结力应达到 100 kN 以上时,方可考虑单独使用锚杆支护,试验方法参见附录 A。其他类型的锚杆也应做相应的拉拔试验。

4.1.11 在现场调查与巷道围岩地质力学参数测试完成后进行巷道围岩地质力学评估。首先确定评估区域,锚杆支护设计应限定在该区域内,并分析巷道服务期间影响锚杆支护性能的其他因素。

4.1.12 根据巷道围岩地质力学评估结果进行巷道围岩稳定性分类,确定评估区域的巷道是否适合采用锚杆支护。

4.1.13 在一个地点获取的地质力学参数用于同一层位的其他地点时,应进行充分的现场调研和分析、评估。

4.1.14 当巷道围岩物理力学性质、围岩结构和围岩应力发生显著变化时,应对地质力学参数进行重新测定。

4.1.15 有下列情况之一时应重新进行巷道围岩稳定性分类:

- a) 当巷道围岩条件、开采深度、开采范围与原分类差异很大;
- b) 新采区各巷道首次采用锚杆支护。

4.2 锚杆支护设计

4.2.1 现场调查与巷道围岩地质力学评估结果证明锚杆支护可行时,进行锚杆支护设计。

4.2.2 在进行巷道布置时,应尽量考虑原岩应力场对巷道围岩稳定性的影响,使巷道轴线方向与主应力方向处于有利的夹角。

4.2.3 锚杆支护设计应采用动态设计方法。设计应在巷道围岩地质力学评估的基础上,按“初始设计—井下监测—信息反馈—正式设计”的程序进行。

4.2.4 根据现场调查与巷道围岩地质力学评估结果,进行锚杆支护初始设计。初始设计可采用以下一种或多种方法组合进行:

- a) 工程类比法:根据已经支护巷道的实践经验,通过类比,直接提出锚杆支护初始设计。应保证设计巷道与已支护巷道在地质与生产条件、围岩物理力学性质、原岩应力等方面相似。也可根据巷道围岩稳定性分类结果进行锚杆支护初始设计;
- b) 理论计算法:选择合适的锚杆支护理论,建立力学模型,测取支护理论所需的围岩物理力学参数,进行理论计算与分析,确定锚杆支护主要参数,提出锚杆支护初始设计;
- c) 数值模拟法:根据现场调查与巷道围岩地质力学评估结果,采用合适的数值模拟方法,通过数

值模拟计算与分析,确定锚杆支护初始设计。

4.2.5 锚杆支护初始设计应包括以下内容:

- a) 巷道用途及服务年限;
- b) 地质与生产条件及巷道围岩地质力学评估结果;
- c) 巷道断面设计;
- d) 巷道掘进方式;
- e) 巷道空顶距设计;
- f) 锚杆支护形式与参数设计;
- g) 锚索支护形式与参数设计;
- h) 喷射混凝土参数设计;
- i) 支护材料选择和施工机具设备配套;
- j) 施工工艺、安全技术措施和施工质量指标;
- k) 矿压监测设计;
- l) 辅助支护设计;
- m) 巷道复杂地段的支护设计;
- n) 巷道受到采动影响时的超前支护设计。

4.2.6 巷道断面形状与尺寸应根据围岩条件、巷道用途等确定。煤巷断面一般采用矩形或梯形,特殊情况可采用拱形或其他形状断面。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) 巷道管线布置和行人要求;
- c) 巷道通风要求;
- d) 巷道预留变形量:对锚杆支护巷道围岩变形进行预测,确定合理的预留变形量,使巷道变形后断面仍能满足安全生产要求。

4.2.7 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,为锚杆支护施工创造有利条件。

4.2.8 巷道掘进后应及时支护,尽量减小空顶距、缩短空顶时间。围岩易风化、遇水易泥化或膨胀的巷道应先喷后支,及时封闭围岩。

4.2.9 根据巷道围岩地质与生产条件,可按表2选择不同类型的锚杆。锚杆支护可配套使用钢筋托梁、钢带、钢梁、钢护板、护网等护表构件,也可与锚索、喷射混凝土联合使用。常用支护形式及适用条件见表3。

4.2.10 支护形式与参数设计应包括以下内容:

- a) 锚杆类型;
- b) 锚杆杆体几何参数(直径和长度等);
- c) 锚杆杆体力学参数(屈服力、拉断力、伸长率和冲击吸收功等);
- d) 锚杆附件(托盘、球形垫圈、减摩垫圈和螺母等)材料和规格;
- e) 树脂锚固剂规格及数量,锚固剂物理力学性能;
- f) 锚杆预紧力;
- g) 锚杆设计锚固力;
- h) 锚杆布置参数(锚杆间距、排距、安装角度等);
- i) 锚杆锚固参数(钻孔直径,锚固方式和锚固长度);
- j) 锚杆组合构件(钢筋托梁、钢带等)形式、规格和力学性能;
- k) 护网形式、材料和规格;
- l) 注浆锚杆用注浆材料物理力学性能及注浆参数;

- m) 锚索形式与参数;
- n) 喷射混凝土参数;
- o) 巷道支护布置图;
- p) 支护构件加工示意图;
- q) 支护材料消耗清单。

表 2 常用锚杆类型及适用条件

序号	锚杆类型	适用条件
1	螺纹钢树脂锚杆	在保证设计锚固力的条件下,适用于各类围岩条件的巷道
2	圆钢树脂锚杆	围岩强度较高、完整、稳定,围岩应力小的巷道
3	缝管锚杆	超前支护和岩巷临时支护
4	注浆锚杆	围岩节理、裂隙等结构面发育,破碎围岩巷道
5	粘锚注锚杆	围岩极破碎,成孔困难,不能实现先钻孔后安装锚杆
6	玻璃纤维增强塑料锚杆	采煤机截割的回采巷道煤帮及围岩应力与变形小的巷帮

表 3 常用支护形式及适用条件

序号	支护形式	适用条件
1	单体锚杆支护	围岩强度较大、完整、稳定,埋藏浅、围岩应力小
2	锚杆支护	围岩完整、强度大的岩巷
3	锚网喷支护	岩巷和服务时间长的煤巷
4	锚杆钢带(梁)支护	围岩强度较大、较完整,节理、裂隙等结构面不发育
5	锚网支护	围岩强度较大、较稳定,发育一定的节理、裂隙等结构面,围岩应力不大
6	锚网带(梁)支护	围岩强度较低,节理、裂隙等结构面较发育
7	锚网、桁架支护	大断面巷道、硐室和交岔点,复合顶板巷道
8	锚注支护	围岩节理、裂隙等结构面发育,松散破碎,锚杆锚固效果差
9	锚网与锚索联合支护	适用于多种巷道条件

4.2.11 锚杆支护基本参数宜按表 4 选取。

表 4 锚杆支护基本参数

序号	参数名称	单位	参数值
1	锚杆长度	m	1.6~3.0
2	锚杆公称直径	mm	16.0~25.0
3	锚杆预紧力	kN	锚杆屈服力的 30%~60%
4	锚杆设计锚固力	kN	锚杆屈服力的标准值
5	锚杆排距	m	0.6~1.5
6	锚杆间距	m	0.6~1.5

4.2.12 巷道支护应优先采用预应力螺纹钢树脂锚杆。软岩巷道、煤层顶板巷道、破碎围岩巷道、深部

高应力巷道、采动影响明显的巷道及大断面巷道等复杂困难巷道,宜采用高预应力(大于锚杆屈服力的30%)、高强度(杆体屈服强度大于500 MPa)螺纹钢树脂锚杆。必要时,可采用锚杆、锚索联合支护,锚杆与锚索的力学性能与支护参数应相互匹配。

4.2.13 回采巷道被采煤机截割的煤帮应优先采用玻璃纤维增强塑料锚杆等可切割锚杆。

4.2.14 巷道复杂地段应进行联合支护,联合支护范围应延伸到正常地段5 m以上。破碎围岩巷道应优先采用锚注支护。

4.2.15 螺纹钢树脂锚杆的钻孔直径、锚杆直径和树脂锚固剂直径应合理匹配,钻孔直径与锚杆杆体直径之差应为6 mm~10 mm;圆钢树脂锚杆的钻孔直径与锚头顶宽之差应为4 mm~6 mm;钻孔直径与树脂锚固剂直径之差应为4 mm~8 mm。

4.2.16 锚杆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。

4.2.17 锚杆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、测读频度等。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。

4.2.18 锚杆支护初始设计在井下实施后应及时进行矿压监测。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。

4.2.19 锚杆支护正式设计实施过程中,应进行日常监测。当地质条件发生显著变化时应及时修正。

4.3 锚杆支护材料与构件

4.3.1 一般要求

锚杆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。煤矿巷道锚杆杆体及附件、组合构件、护网、喷层等各构件的力学性能应相互匹配。锚杆井下安装如图1所示。

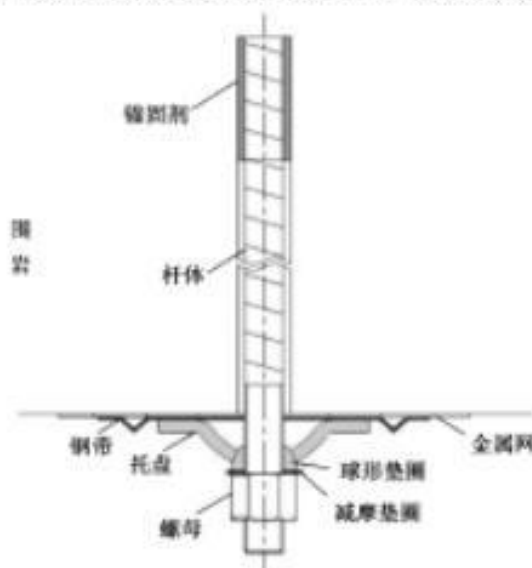


图1 煤矿巷道锚杆支护构件井下安装示意图

4.3.2 螺纹钢树脂锚杆杆体及附件

4.3.2.1 锚杆杆体、托盘、螺母应符合MT 146.2—2011的规定。

4.3.2.2 应优先选用左旋无纵肋螺纹钢杆体。

4.3.2.3 锚杆杆体螺纹钢力学性能应符合表5的要求。

4.3.2.4 锚杆杆尾螺纹应符合以下要求：

- 锚杆杆尾螺纹应采用滚丝加工工艺，并保证螺纹加工精度。
- 锚杆杆尾螺纹的规格应先按表 6 选取，也可选用有利于提高锚杆预紧力矩与预紧力转化效率的其他螺纹规格。
- 锚杆杆尾螺纹的极限拉力应不小于杆体材料极限拉力的 90%。
- 锚杆杆尾螺纹长度应为 80 mm~150 mm。当围岩松软破碎或巷道成形条件不好时，螺纹长度宜取上限。

表 5 锚杆杆体螺纹钢力学性能

锚杆钢材编号	屈服强度 MPa	抗拉强度 MPa	断后伸长率 %	最大力总延伸率 %	冲击吸收功 J
MG335	335	455	20	12	—
MG400	400	540	20	12	40
MG500	500	630	20	10	40
MG600	600	750	18	8	34
CRMG600	600	750	18	8	120
CRMG700	700	850	17	7.5	90

注：MG 代表锚杆热轧螺纹钢；CRMG 代表锚杆热处理螺纹钢；数字代表钢材的屈服强度级别。

表 6 锚杆杆尾螺纹规格

杆体公称直径 mm	16	18	20	22	25
螺纹规格	M18	M20	M22	M24	M27
螺距 mm	2.5	2.5	2.5	3	3

4.3.2.5 托盘应符合以下要求：

- 应优先采用蝶形托盘，并配套球形垫圈；
- 锚杆托盘钢材屈服强度应不小于 235 MPa，厚度应不小于 6 mm；
- 锚杆托盘应保持下端平整，不得出现四角翘起的情况；
- 锚杆托盘高度（从下端面至孔口最高位置的距离）应不小于拱形底部直径的 1/3；
- 锚杆托盘的承载力应不小于与之配套锚杆屈服力标准值的 1.3 倍；
- 宜选用的锚杆托盘规格尺寸为：100 mm×100 mm、120 mm×120 mm 和 150 mm×150 mm。在围岩松软破碎或高地应力情况下可选用尺寸更大的托盘，也可与护表面积大的钢护板等联合使用；
- 锚杆托盘球窝几何形状及力学性能应与球形垫圈匹配，球形垫圈应能允许锚杆杆体与托板之间有不小于 10° 的偏角而不出现卡阻现象。

4.3.2.6 螺母应符合以下要求：

- 螺母规格、型号、尺寸应与锚杆杆尾螺纹匹配，其承载能力应不小于杆尾螺纹的承载能力；
- 螺母加工精度及与锚杆杆尾螺纹的配合应有利于提高预紧力矩与预紧力的转化效率；

- c) 采用快速安装工艺时,螺母应满足搅拌、安装的工艺要求,顶板锚杆螺母的打开力矩应达到 100 Nm~185 Nm,帮锚杆螺母的打开力矩应为 50 Nm~100 Nm,螺母打开后在拧紧螺母的过程中不应有阻尼现象;
- d) 螺母应优先采用法兰式螺母,在螺母与球形垫圈之间应设置减摩垫圈。

4.3.3 圆钢树脂锚杆杆体及附件

圆钢树脂锚杆杆体及附件应符合 MT 146.2—2011 的规定。

4.3.4 树脂锚杆玻璃纤维增强塑料杆体及附件

- 4.3.4.1 树脂锚杆玻璃纤维增强塑料杆体及附件应符合 MT/T 1061—2008 的规定。
- 4.3.4.2 玻璃纤维增强塑料锚杆杆尾螺纹、托盘和螺母的结构应有利于锚杆预紧力的施加。

4.3.5 缝管锚杆

缝管锚杆应符合 MT 285 的规定。

4.3.6 注浆锚杆及注浆材料

- 4.3.6.1 普通无预应力中空注浆锚杆由中空杆体、定位支架、止浆塞或封孔机构、托盘与螺母组成。中空杆体优先采用表面全长带有连续螺纹的高强度厚壁无缝钢管。钢管上可带有射浆小孔。
- 4.3.6.2 内锚式预应力中空注浆锚杆由中空杆体、锚固段、止浆塞或封孔机构、托盘与螺母组成。锚固段可以是钢质胀壳锚固构件或树脂锚固剂。中空杆体优先采用表面全长带有连续螺纹的高强度厚壁无缝钢管。
- 4.3.6.3 普通无预应力、内锚式预应力中空注浆锚杆杆体外径宜为 25 mm~40 mm,长度宜为 1.6 m~3.0 m,必要时可采用连接器接长,连接器应与杆体等强度。
- 4.3.6.4 注浆用水泥可使用普通硅酸盐水泥,水泥质量应符合 GB 175—2007 的要求,必要时可使用外加剂。水泥强度应不低于 42.5 MPa。
- 4.3.6.5 注浆用高分子化学材料应满足锚杆锚固力的要求。化学浆液应具有良好的性能,包括胶凝时间、黏度、反应温度、挥发性及储存期等。

4.3.7 钻锚注锚杆

钻锚注锚杆由中空杆体、连接器、钻头、定位支架、止浆塞或封孔机构、托盘与螺母组成。中空杆体宜采用全长表面带有连续螺纹的高强度厚壁无缝钢管,杆体外径宜为 25 mm~40 mm。连接器应与杆体等强度。

4.3.8 树脂锚固剂

- 4.3.8.1 树脂锚固剂应符合 MT 146.1—2011 的有关规定。
- 4.3.8.2 采用加长锚固或全长锚固时宜选用低稠度树脂锚固剂。

4.3.9 组合构件

- 4.3.9.1 锚杆组合构件一般有钢带与钢筋托梁两种形式,应优先采用钢带。当巷道围岩比较完整、应力较低时可使用钢筋托梁。
- 4.3.9.2 钢带应符合以下要求:
 - a) 钢带材料拉伸屈服强度应不低于 235 MPa。
 - b) 钢带形状、几何尺寸及力学性能应与锚杆杆体、托盘匹配。

- c) W 型钢带应符合 MT/T 861 的有关规定。
- d) 其他类型钢带的型号和规格应适应巷道具体条件。

4.3.9.3 钢筋托梁应符合以下要求:

- a) 钢筋托梁材料拉伸屈服强度应不低于 235 MPa。
- b) 钢筋托梁一般由两条长纵筋与若干短横筋焊接而成,在安装锚杆的位置应焊接两根横筋。必要时钢筋托梁可采用四条长纵筋(每边两根)焊接。
- c) 钢筋托梁应保证焊接质量,避免在焊接处发生破坏。
- d) 钢筋托梁形状、几何尺寸及力学性能应与锚杆杆体、托盘匹配。

4.3.9.4 其他类型组合构件应适应巷道具体条件。

4.3.10 护网

4.3.10.1 锚杆支护巷道一般应采用护网。

4.3.10.2 锚杆支护巷道顶板优先采用钢筋网。在顶板条件允许的情况下,可选用菱形网、经纬网等编织金属网。

4.3.10.3 锚杆支护巷道两帮优先采用金属网。在巷帮条件允许的情况下,可选用非金属网,但应满足阻燃、抗静电要求。

4.3.11 喷射混凝土

喷射混凝土应按 GB 50086 的规定进行。

4.4 锚杆支护施工

4.4.1 一般规定

锚杆支护施工应按掘进工作面作业规程的有关规定进行。

4.4.2 临时支护

锚杆支护巷道掘进工作面应采用临时支护,不应空顶作业,其临时支护形式、规格、要求等应在作业规程、措施中明确规定。

4.4.3 锚杆支护施工

4.4.3.1 及时支护

锚杆支护巷道开挖后,应及时进行支护。若两帮围岩稳定,帮锚杆施工可适当滞后,滞后距离和最大空帮时间应在作业规程、措施中明确规定。

4.4.3.2 树脂锚杆施工

4.4.3.2.1 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;巷帮锚杆孔优先采用帮锚杆钻机施工;当围岩比较坚硬时,可采用凿岩机施工。
- b) 应根据巷道围岩条件、断面形状与尺寸选择合适的锚杆钻机型号、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的偏差应不大于 1 mm。
- e) 锚杆孔深度误差应在 0 mm~30 mm 范围内。
- 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 100 mm。
- h) 锚杆孔内的煤岩粉应清理干净。

4.4.3.2.2 锚杆安装

锚杆安装应遵守以下规定：

- a) 锚杆安装应优先采用快速安装工艺。
- b) 树脂锚固剂使用前应进行检查，严禁使用过期、硬结、破裂等变质失效的锚固剂。
- c) 当使用两支或两支以上不同型号的树脂锚固剂时，应按锚固剂凝胶时间先快后慢的顺序，将锚固剂依次放入锚杆孔中，先将锚固剂推到孔底，再启动锚杆钻机或搅拌器搅拌树脂锚固剂。
- d) 锚杆的搅拌时间、等待时间应严格遵守树脂锚固剂安装说明。
- e) 螺母应采用机械设备紧固。需要二次紧固时，其预紧力矩或预紧力大小、紧固时间应在作业规程、措施中明确规定。
- f) 螺母安装达到规定预紧力矩或预紧力后，不得将螺母卸下重新安装。
- g) 托盘应紧贴钢带、钢筋托梁、护网或巷道围岩表面；当锚杆与巷道围岩表面夹角较大且普通托盘不能满足要求时应使用异型托盘。
- h) 钢带、钢筋托梁等组合构件应压紧护网或围岩表面，保证组合构件能较好的贴顶、贴帮。当组合构件无法贴紧围岩表面时，应采用大托盘、钢护板等护表构件。
- 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) 在保证锚杆预紧力矩或预紧力达到设计值（螺纹未用完）的前提下，锚杆外露长度可不作明确规定。
- k) 在锚杆安装过程中出现煤岩体片冒的情况下，锚杆托盘下方不准许加垫木板、橡胶等塑性材料，但允许加垫金属垫板、混凝土护板等刚性较大的材料或在失效锚杆附近及时补打锚杆。

4.4.3.3 缝管锚杆施工

4.4.3.3.1 锚杆孔施工

缝管锚杆施工除应符合 4.4.3.2.1 规定外，还应符合以下要求：

- a) 锚杆孔直径应小于锚杆外径 1 mm~3 mm，不符合锚杆孔直径要求的钻头应及时更换。
- b) 锚杆孔深度应大于锚杆长度 0 mm~50 mm。

4.4.3.3.2 锚杆安装

缝管锚杆安装应遵守以下规定：

- a) 锚杆应采用具有轴向冲击功能的凿岩机械安装。
- b) 安装锚杆时，将缝管锚杆锥端插入锚杆孔，将助推器尾部卡入凿岩机，前端插入缝管锚杆中；启动凿岩机械并平缓地将锚杆沿锚杆轴线推入孔中，直到托盘压紧组合构件、护网或巷道围岩表面。应注意凿岩机推进时保持与锚杆、锚杆孔轴线一致，并防止锚杆弯曲。
- c) 严禁敲砸、挤压缝管锚杆，以免锚杆变形，造成安装困难或降低锚固力。

4.4.3.4 注浆锚杆施工

4.4.3.4.1 锚杆孔施工

注浆锚杆锚杆孔施工的要求同 4.4.3.2.1。

4.4.3.4.2 锚杆安装

注浆锚杆安装应遵守以下规定：

- a) 安装锚杆前应检查锚杆构件是否符合设计要求,不符合要求的锚杆不得安装。
- b) 将杆体插入锚杆孔,并送入孔底。锚杆需要接长时,采用连接器将孔中的杆体与接长杆体连接。对于垂直向上、仰斜及水平锚杆孔,应在孔口安装止浆塞及排气管;对于垂直向下、俯斜锚杆孔,可根据具体条件确定是否安装止浆塞及排气管。
- c) 若遇塌孔或锚杆孔变形严重,锚杆杆体插不到孔底时,应对锚杆孔进行处理,必要时重新钻锚杆孔或使用钻锚注锚杆。
- d) 对内锚式预应力中空注浆锚杆,应在注浆前安装托盘与螺母,并施加设计的预紧力。
- e) 将锚杆杆体尾端与注浆管连接后开始注浆。注浆应连续进行,待观察到排气管出浆或达到设计注浆压力时方停止注浆。
- f) 注浆过程中,若出现堵管现象,应及时清理锚杆杆体、注浆管及注浆泵;若注浆泵的压力表显示有压力,应先卸压后再拆下各接头进行处理。
- g) 注浆完成后应及时清理和保养注浆泵及管路。
- h) 对无预应力中空注浆锚杆,应待浆液凝固、达到设计强度的90%时,安装托盘,拧紧螺母至设计的扭矩。

4.4.3.5 钻锚注锚杆施工

钻锚注锚杆的施工除应符合4.4.3.4.2中f)、g)、h)要求外,还应遵守以下规定:

- a) 施工前应保证锚杆构件齐备,杆体、钻头水孔通畅。
- b) 采用连接器将杆体尾端与钻机连接,开始钻锚杆孔。钻至设计深度后,采用高压水或压缩空气洗孔,确保锚杆孔畅通。锚杆需要接长时,采用连接器将孔中的杆体与接长杆体连接,然后继续钻孔至设计深度。锚杆杆体孔口外露长度应控制在100 mm~150 mm。
- c) 将止浆塞穿过锚杆杆体外露端打入孔口300 mm左右。
- d) 连接锚杆杆体尾端与注浆管进行注浆。注浆应连续进行,待达到设计注浆压力时可停止注浆。
- e) 垂直向下或向斜下方施工时,可采用边钻边注的施工工艺。

4.4.4 其他施工要求

4.4.4.1 锚杆支护作业时,如遇冒顶等特殊情况,应停止作业、分析原因,在采取措施后方可施工。

4.4.4.2 复杂地段应优先选用锚杆、锚索、锚注等支护形式进行支护,并适当加大支护密度,必要时增加金属支架、支柱等进行补强支护。

4.4.4.3 对松动、失效等不合格的锚杆应及时紧固螺母或补打锚杆。

4.4.4.4 采用锚杆支护的巷道,应备有一定数量的其他支护材料作为防范措施。

4.4.4.5 任何巷道作业地点,作为永久支护的锚杆、组合构件、金属网等,不应用其起吊设备或悬挂其他重物。

4.4.5 喷射混凝土施工

喷射混凝土施工应按GB 50086的规定进行。

5 锚杆支护施工质量检测

5.1 检测职责

锚杆支护施工质量检测由煤矿相关部门负责。各矿应配备专职施工质量检测人员。

5.2 检测内容

锚杆支护施工质量检测的内容包括锚杆孔施工质量、锚杆锚固力、锚杆安装几何参数、锚杆预紧力矩、锚杆托盘安装质量、组合构件和护网及护板安装质量、喷射混凝土的强度和喷层厚度。

5.3 检测要求

5.3.1 设计要求检测

锚杆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。

5.3.2 锚杆孔施工质量检测

锚杆孔施工质量检测应符合以下规定:

- 锚杆孔施工质量检测包括锚杆孔直径检测和锚杆孔深度检测,检测抽样率分别为锚杆孔数的3%,并按每300个顶、帮锚杆孔各抽样一组(共9根)进行检查,不足300个孔时,视作300个孔作为一个抽样组。
- 应采用钻孔孔径测量仪等检测锚杆孔直径。
- 应采用钻孔深度测量杆等检测锚杆孔深度。

5.3.3 锚杆锚固力检测

锚杆锚固力检测应符合以下规定:

- 锚杆锚固力检测应采用锚杆拉拔试验进行,检测方法参见附录B。
- 锚杆锚固力检测抽样率为3%,并按每300根顶、帮锚杆各抽样一组(共9根)进行检查,不足300根时,视作300根作为一个抽样组。

5.3.4 锚杆安装几何参数检测

锚杆安装几何参数检测应符合以下规定:

- 锚杆安装几何参数检测内容包括锚杆间距、排距和锚杆安装角度。
- 锚杆安装几何参数检测范围不小于15 m,检测点数应不少于3个。
- 锚杆间距和排距采用钢卷尺测量呈四边形布置的4根锚杆之间的距离。
- 锚杆安装角度采用半圆仪等测量。

5.3.5 锚杆预紧力矩检测

锚杆预紧力矩检测应符合以下规定:

- 锚杆预紧力矩检测抽样率为5%,每300根顶、帮锚杆各抽样一组(共15根)进行检测,不足300根时,视作300根作为一个抽样组。
- 锚杆预紧力矩采用力矩扳手检测。

5.3.6 锚杆托盘安装质量检测

锚杆托盘安装质量检测应符合以下规定:

- 锚杆托盘安装质量检测范围不小于15 m,检测点数应不少于3个。每个测点应以一排锚杆为一组进行检测。
- 锚杆托盘安装质量检测用目测观察法进行;检测过程中,用手锤敲击托盘,观察其是否与相接

构件紧密接触。

5.3.7 组合构件、护网及护板安装质量检测

组合构件、护网及护板安装质量检测应符合以下规定：

- a) 组合构件、护网及护板安装质量检测范围不小于 15 m。
- b) 钢带、钢筋托梁、钢护板及护网与巷道表面紧贴程度用现场目测观察法检测，网片搭接长度用钢卷尺测量。

5.3.8 喷射混凝土的强度和喷层厚度检测

喷射混凝土检测按 GB 50086 相关规定进行。

5.4 锚杆支护质量评定

5.4.1 锚杆孔施工质量评定

锚杆孔直径和深度经检测符合要求为合格；若每项检测中有一个锚杆孔不符合规定，应重新抽样检测，如重新检测的该项符合要求为合格，如仍不合格则判该项为不合格。

5.4.2 锚杆安装质量评定

5.4.2.1 锚杆锚固力均不低于设计锚固力为合格；若有一根低于设计锚固力，应重新抽样检测，如重新检测的锚杆锚固力均不低于锚杆设计锚固力为合格，如仍有一根不合格则判锚杆安装质量为不合格。

5.4.2.2 锚杆安装几何参数检测结果符合规定为合格；若有一项不符合规定，应重新抽样检测，如重新检测的该项符合规定为合格，如仍不合格则判该项为不合格。

5.4.2.3 锚杆预紧力矩不低于设计预紧力矩的 90% 为合格。

5.4.2.4 紧贴钢带、钢筋托梁、护网或巷道围岩表面的托板数量占总检测数量的 90% 以上为合格。

5.4.2.5 钢带、钢筋托梁、钢护板、护网与巷道表面贴紧长度不低于 70% 为合格；采用搭接方式连接的网，搭接长度不小于设计值的 90% 为合格。

5.4.3 喷射混凝土质量评定

喷射混凝土质量评定方法按 GB 50086 相关规定进行。

5.4.4 锚杆支护质量不合格处理方法

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

6 锚杆支护监测

6.1 监测类型

锚杆支护监测分为综合监测和日常监测；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。

6.2 监测内容

综合监测的主要内容为巷道表面位移、围岩深部位移、顶板离层、锚杆工作载荷、锚索工作载荷及喷层受力；日常监测主要内容为顶板离层。

6.3 测站安设与保护

6.3.1 锚杆支护巷道应安设综合监测测站,测站数量应根据巷道长度及围岩条件确定;每间隔一定距离安设一个顶板离层指示仪进行日常监测,间隔距离应根据巷道围岩条件确定。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;复杂地段应安设顶板离层指示仪。测站和顶板离层指示仪安设时应紧跟掘进工作面。

6.3.2 测站安设后,如后续进行喷射混凝土施工,应对已安设的测站采取有效的保护措施。

6.4 绘制测站位置和仪器分布图

6.4.1 应绘制综合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。

6.4.2 应绘制日常监测顶板离层指示仪位置,并进行编号。

6.5 综合监测

6.5.1 巷道表面与深部位移监测

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。

6.5.1.2 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距离,测点应安设牢固。

6.5.1.3 巷道顶板围岩深部位移观测范围不小于巷道跨度的 1.5 倍,孔内测点数不少于 4 个。

6.5.2 巷道顶板离层监测

6.5.2.1 顶板离层指示仪的安装与测读参见附录 C。

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、锚索工作载荷监测

6.5.3.1 加长或全长锚固锚杆工作载荷采用测力锚杆等监测,端头锚固锚杆的工作载荷采用锚杆测力计等监测。

6.5.3.2 锚索工作载荷采用锚索测力计等监测。

6.5.3.3 锚杆、锚索工作载荷监测仪器应在锚杆、锚索支护施工过程中安设。

6.5.4 喷射混凝土受力监测

6.5.4.1 喷射混凝土受力监测内容包括喷层轴向应力、径向应力和切向应力。

6.5.4.2 采用混凝土应力计监测喷射混凝土受力。

6.5.4.3 混凝土应力计应在喷射混凝土施工过程中安设。

6.6 日常监测

锚杆支护巷道都应进行日常监测,监测内容为巷道顶板离层。

6.7 观测频度

6.7.1 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。

6.7.2 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。

6.7.3 回采巷道距掘进工作面 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。

6.7.4 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。

6.8 监测信息反馈

6.8.1 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。

6.8.2 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

发现异常情况,监测人员应立即向矿主管部门汇报,并分析出现异常的原因及其危害,提出处理方法并及时组织落实。

6.10 监测人员培训

对监测人员应进行培训,使其掌握测站安设、仪器操作、数据测读和数据处理方法。

6.11 存档制度

各矿应保存监测数据,编制监测报告,并存档。

附录 A

(资料性附录)

短锚固树脂锚杆拉拔试验

A.1 试验目的

短锚固树脂锚杆拉拔试验是在巷道中测量锚杆、树脂、围岩锚固系统粘结强度的试验。试验应在现场进行,使用的支护材料与构件、施工设备与机具及施工工艺应与巷道正常支护相同。

A.2 试验方法

根据需要在巷道围岩中钻进不同深度的锚杆孔,并将相应长度的锚杆以不大于 300 mm 的锚固长度锚固在锚杆孔内。拉拔试验在锚杆锚固后 1 h~24 h 内进行,在进行拉拔的同时测量锚杆伸长量。加载至锚固系统的最大载荷为止。

A.3 试验事项

A.3.1 试验工具与设备

试验工具与设备主要有:

- a) 钻孔测微计;
- b) 制备短树脂锚固剂的锁口带;
- c) 小刀;
- d) 卷尺;
- e) 拉拔试验设备:
 - 1) 液压千斤顶;
 - 2) 直读式压力表(量程 300 kN,精度 10 kN);
 - 3) 千分表(精度 0.01 mm);
 - 4) 千分表单脚支架;
 - 5) 承载板;
 - 6) 连接杆;
 - 7) 调节厚度的垫片。

A.3.2 试验次数

在每个选定的围岩层位内,至少进行两次测试。例如,对于长度 2 400 mm 的顶板锚杆,测试层位通常选在 600 mm、1 200 mm、1 800 mm 和 2 300 mm 处。如果在锚固范围内地质条件发生显著变化,则需要其他层位也进行测试,以判定其对锚杆支护系统粘结强度的影响。

A.3.3 试验用锚杆

锚杆长度至少应超过钻孔深度 40 mm,以确保拉杆与锚杆尾部螺纹能充分连接。所有测试锚杆在截取时应垂直锚杆轴线切削。

A.3.4 试验位置

短锚固树脂锚杆拉拔试验地点尽可能靠近掘进工作面,并选择围岩平整、不易剥落的地段。测试锚杆不应穿过金属网或钢带安装,不同长度锚杆间距应不小于 300 mm,相同长度锚杆间距应不小于 1 000 mm。

A.4 试验用树脂锚固剂和锚固长度

A.4.1 扩孔法

采用正常施工使用的钻头将锚杆孔钻进至设计深度,然后采用扩孔钻头扩孔至钻孔底部 300 mm 处。该钻孔方式可确保精确的锚固长度[见图 A.1a)和图 A.1b)]。

钻孔直径 27 mm、锚杆直径 22 mm 时,300 mm 的锚固长度应采用 170 mm 长的树脂锚固剂。

在掘进工作面现场将整支快凝树脂锚固剂用锁口带截去多余部分制备成 170 mm 长的试验用树脂锚固剂。人工将树脂锚固剂和锚杆送入钻孔内,以防止树脂锚固剂在大孔和小孔交界处出现破损。根据锚杆与树脂锚固剂的安装深度在锚杆上做定位标记,确保锚杆头部正确安装在小钻孔内[图 A.1a)]。

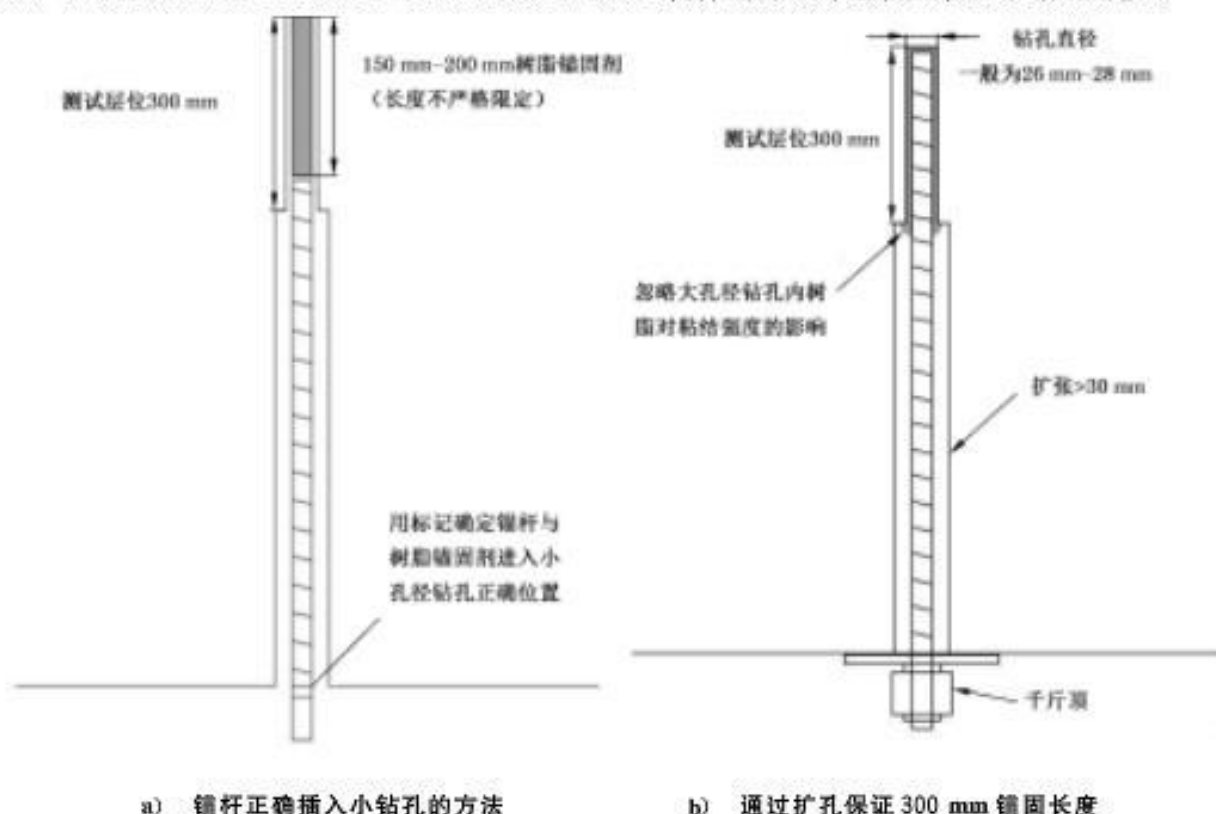


图 A.1 扩孔法

A.4.2 等直径钻孔法

有些时候扩孔法可能并不适用,特别是在软弱泥岩中钻孔并用水冲洗的情况下。此时大量泥岩和水的混合物可通过扩孔钻头带入 300 mm 长的测试钻孔内,污染测试钻孔表面,这会减小树脂锚固剂与围岩之间的机械摩擦,得到不准确的测试结果。在这种情况下按照以下方法替代扩孔法:

- 采用正常施工使用的钻头钻锚杆孔至设计深度;
- 测量锚杆孔直径 D 、锚杆直径 d_b 和树脂锚固剂直径 d_r ;

- c) 用式(A.1)确定树脂锚固剂长度 L_r (不超过 300 mm 锚固长度 L_s):

$$L_r = \frac{(D^2 - d_h^2) \times L_s}{d_r^2} \dots\dots\dots (A.1)$$

- d) 计算出树脂锚固剂长度,在掘进工作面现场将整支快凝树脂锚固剂用锁口带截去多余部分制备成测试用树脂锚固剂。

A.5 钻孔

在整个试验过程中,应采用相同的锚杆钻机和固定的操作人员钻孔,应采用正常施工使用的钻头钻进测试锚杆孔,并应注意:

- 采用新钻头;
- 每次试验前测量钻头直径;
- 采用湿式钻孔法(除非有明确的特殊规定);
- 钻孔至设计深度;
- 在钻孔底部 300 mm 范围内采用钻孔测微计测量不少于 3 个直径数值来确定钻孔平均直径。

A.6 锚杆安装

锚杆锚固段表面应无锈蚀、油脂、油漆、灰尘或其他污染物,并应注意:

- 插入树脂锚固剂和锚杆,人工将树脂锚固剂推至测试孔孔底;
- 升起钻机并与锚杆尾部连接;
- 3 s~5 s 缓慢搅拌并推进锚杆至钻孔孔底,然后再搅拌至少 5 s;
- 停止搅拌并等待一段时间(快凝树脂锚固剂等待时间为 30 s),然后降下锚杆钻机;
- 在巷道表面做标记(或画示意图)标明试验锚杆长度。

A.7 拉拔试验

为确保树脂锚固剂充分固化和防止锚杆因围岩变形造成卡阻现象,锚杆拉拔应在安装后 1 h~24 h 之内进行。

设备安装如图 A.2 所示。保持液压千斤顶与锚杆轴线同轴,确保锚杆杆体不与孔壁接触。应去除孔口松动的岩石,然后通过围岩和承载板之间楔钢垫片来校正。当设备完全对齐后,将千分表的测杆对准千斤顶拉杆尾部的标识,并保持与锚杆轴线同轴。

操作液压泵和读取千分表数据至少需要两名熟练操作员。应缓慢平稳不间断地施加锚杆载荷,每隔 10 kN 记录一次锚杆位移。

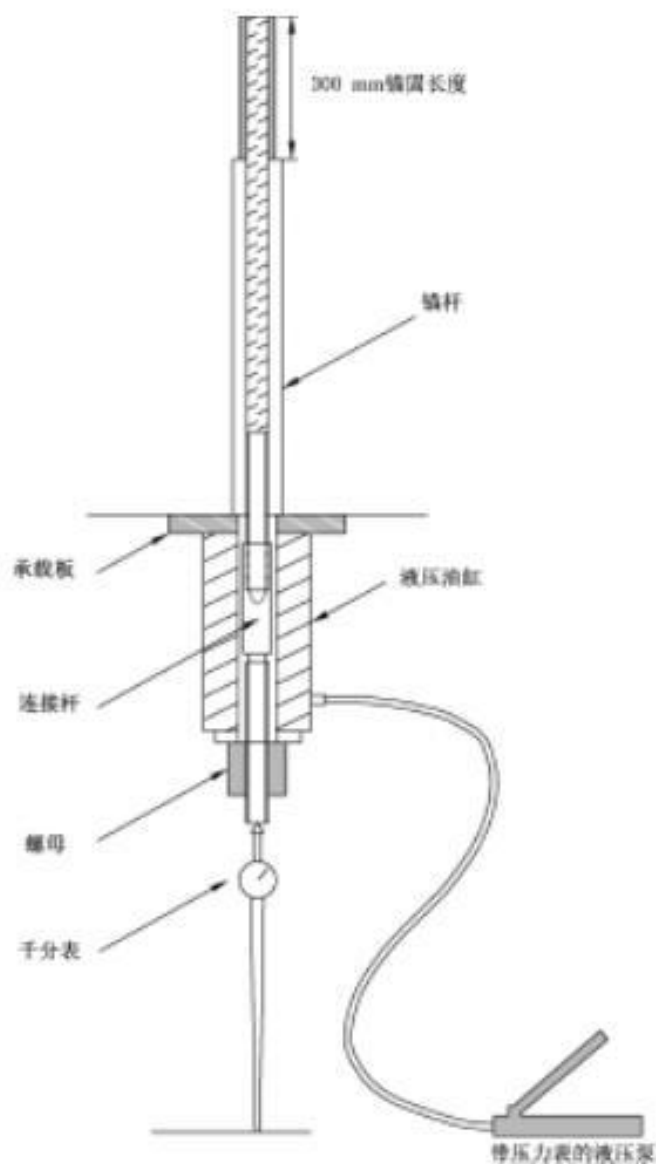


图 A.2 拉拔试验示意图

A.8 分析

A.8.1 锚杆锚固段位移

通过式(A.2)、式(A.3)计算锚杆锚固段位移:

$$S_b = S_t - (\Delta L_b + \Delta L_d) \quad \text{..... (A.2)}$$

$$\Delta L_b = \frac{F \cdot L_t}{E_s \cdot \pi \frac{d_b^2}{4}} \quad \text{..... (A.3)}$$

式中:

ΔL_b —— 锚杆自由段伸长量,单位为毫米(mm);

F —— 施加载荷,单位为牛(N);

L_t —— 锚杆自由段长度,单位为毫米(mm);

E_s —— 锚杆钢筋弹性模量,单位为兆帕(MPa);

- d_b —— 锚杆直径,单位为毫米(mm);
 S_b —— 锚固段位移,单位为毫米(mm);
 S_t —— 实测锚杆尾端位移,单位为毫米(mm);
 ΔL_d —— 拉杆伸长量,单位为毫米(mm)。

A.8.2 围岩、树脂锚固剂、锚杆之间的粘结力

绘制拉力与锚固段位移关系曲线。粘结力是曲线斜率值低于 20 kN/mm 时所对应的值。如果锚固长度不是 300 mm, 结果需要通过式(A.4)进行校正:

$$F_{br} = \frac{F_b}{L_b} \times 300 \quad \dots\dots\dots (A.4)$$

式中:

- F_{br} —— 校正粘结力,单位为千牛(kN);
 F_b —— 实测粘结力,单位为千牛(kN);
 L_b —— 锚固长度,单位为毫米(mm)。

提交的测试报告应包括锚杆孔平均直径和锚固段平均长度。拉力测试记录表格式如表 A.1 所示。

A.9 判定

在锚固长度 300 mm 的条件下,围岩平均粘结力应达到 100 kN 以上,相当于锚杆孔直径在 27 mm 时粘结强度为 4 MPa。



表 A.1 拉拔试验记录表格式

[illegible]

附 录 B
(资料性附录)
锚杆拉拔试验

B.1 试验目的

锚杆拉拔试验的目的是检测锚杆锚固力,保证锚杆施工质量。试验应在现场进行,对已安装的锚杆进行拉拔试验。

B.2 试验工具和设备

试验工具与设备主要有:

- a) 锚杆拉力计;
- b) 直读式压力表(量程 300 kN,精度 10 kN);
- c) 连接杆;
- d) 扳手。

B.3 测点选择

根据锚杆锚固力检测要求选择被测锚杆。

B.4 拉拔试验

拉拔试验在锚杆安装后 1 h~24 h 进行。时间过短锚固剂固化不完全,时间过长则因巷道围岩变形影响检测结果。

按图 B.1 所示安装仪器。锚杆拉力计应固定牢靠。试验前检查手动泵的油量和各连接部位是否牢固,确认无误后再进行试验。

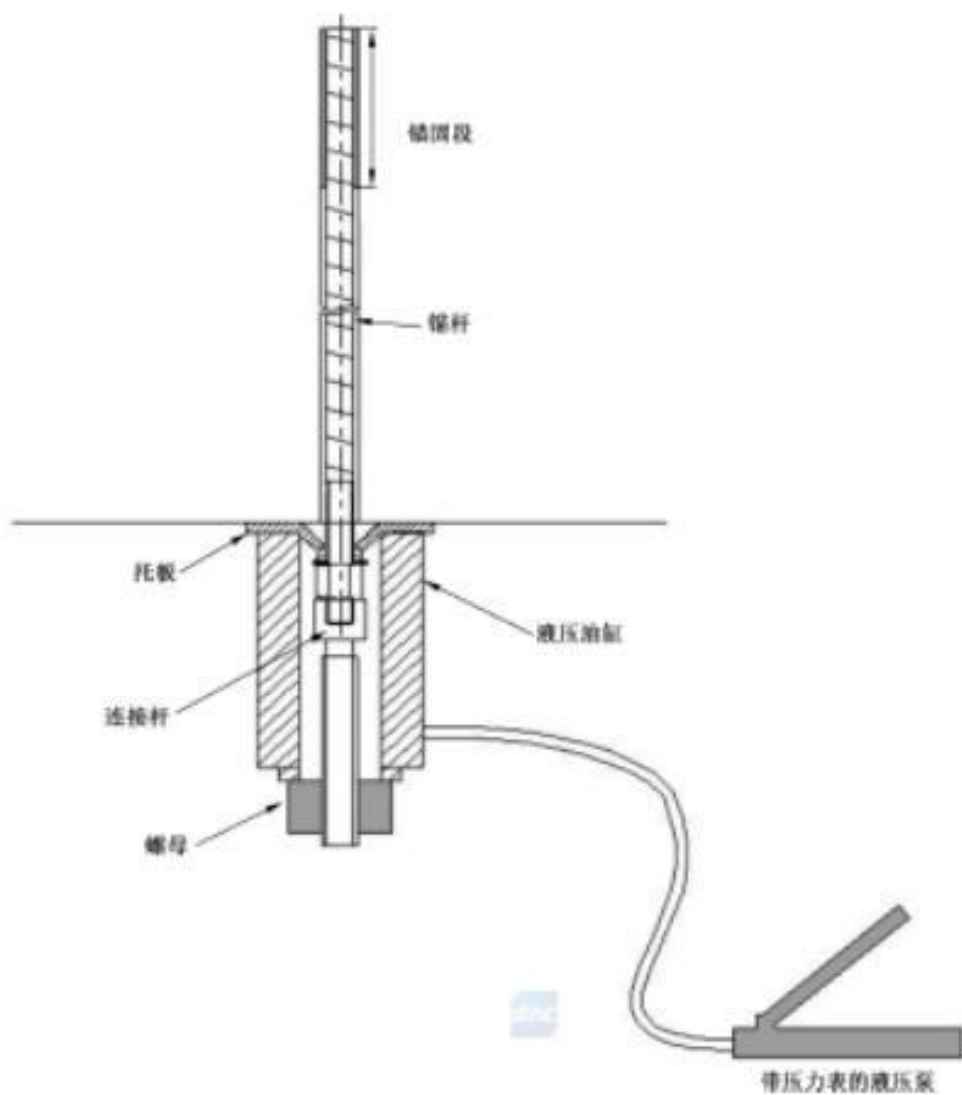


图 B.1 锚杆拉拔力试验示意图

试验由两人完成，一人加载，一人记录压力表值（见表 B.1）。应缓慢、不间断地逐级均匀施加载荷，当加压至锚杆设计锚固力值或锚杆出现明显滑动或破坏时，停止加压，并记录锚杆拉力计压力表值，即为拉拔试验值。

表 B.1 锚杆拉拔力试验记录表

巷道名称：

锚杆 序号	锚杆 位置	岩性	锚杆长度 mm	锚杆直径 mm	孔径 mm	锚固长度 mm	锚固剂直径 mm	拉拔力 kN	备注
试验人：					记录人：				

时间： 年 月 日

拉拔锚杆时，拉拔装置下方和两侧不得站人。

B.5 判定

锚杆拉拔力值达到锚杆设计锚固力值为合格。

附录 C (资料性附录)

双高度顶板离层指示仪安装与测读

C.1 仪器

双高度顶板离层指示仪主要由浅部锚头 A、深部锚头 B、测绳、套管、外测筒 A 与内测筒 B 组成。适用于安装在 $\phi 27\text{ mm} \sim \phi 55\text{ mm}$ 的钻孔内, 安装示意图如图 C.1。

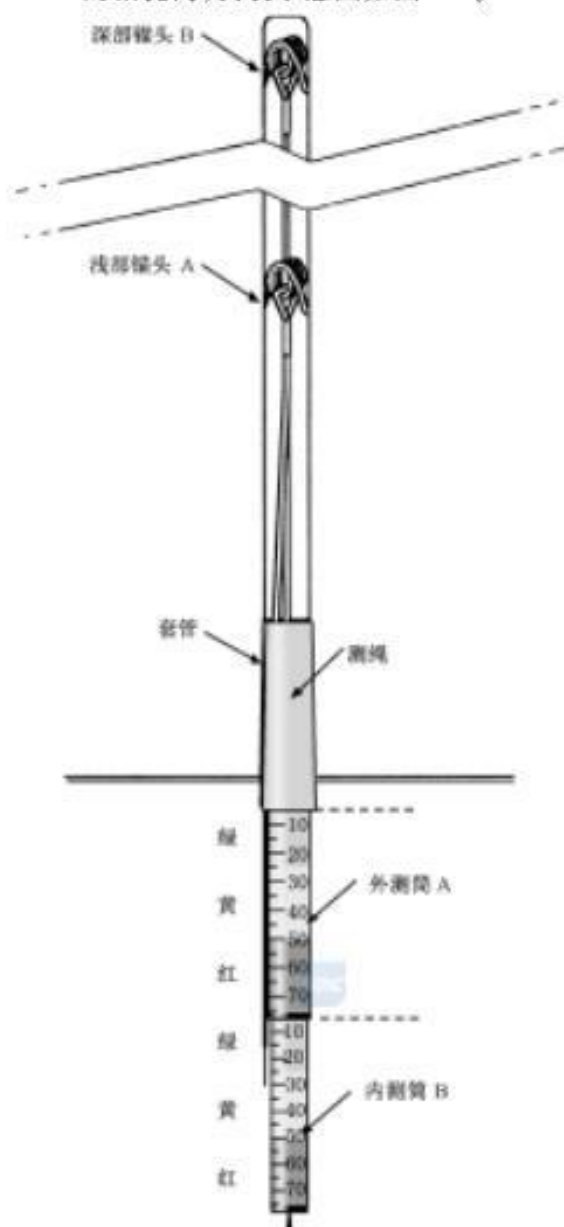


图 C.1 双高度顶板离层指示仪安装示意图

C.2 安装

C.2.1 采用合适的钻头垂直顶板钻孔至设计深度(不小于巷道跨度的 1.5 倍)。

C.2.2 插入套管并楔紧。

- C.2.3 将深部锚头 B 插入钻孔并推至孔底,确保锚固牢固,连接内测筒 B。
- C.2.4 将浅部锚头 A 推入钻孔要求深度(比锚杆长度短 0.1 m),确保锚固牢固,连接外侧筒 A。
- C.2.5 将外侧筒 A 的 0 刻度与套管的底端对齐,扶正刻度标示并固定夹压测绳。
- C.2.6 将内测筒 B 的 0 刻度与外侧筒 A 的底端对齐,扶正刻度标示并固定夹压测绳。
- C.2.7 记录详细信息,包括:钻孔位置、日期和时间、锚固点深度。

C.3 读数方法(如图 C.2 所示)

C.3.1 通过颜色读数

记录可见的整段或者部分颜色段,示例:

A:1/2 绿色,黄色,红色。

B:3/4 黄色,红色。

C.3.2 通过刻度读数

以 mm 为单位参照各自基点读取数值。外侧筒 A 参照点为套管底端,内测筒 B 参照点为外侧筒 A 底端。示例:

A:12 mm

B:31 mm

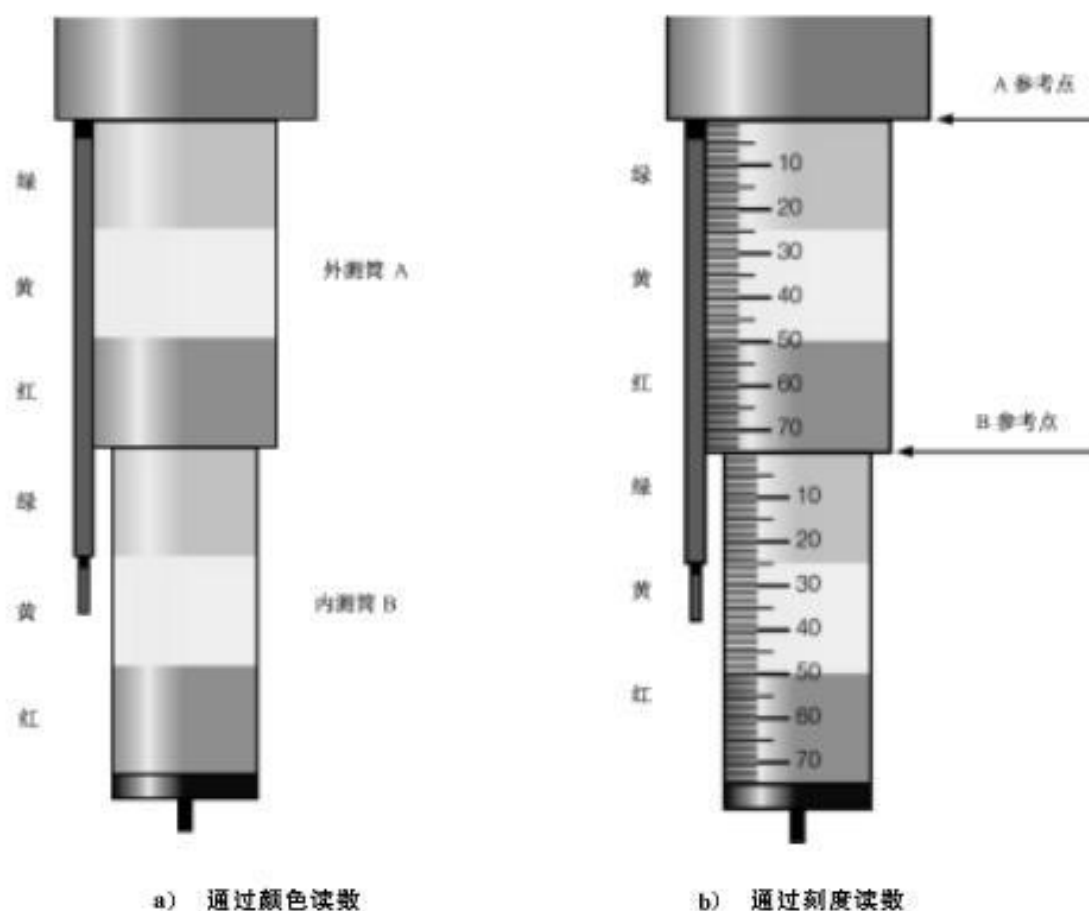


图 C.2 读数方法

C.4 数据分析

外测筒 A 相对于套管的位移等于锚杆锚固深度内岩层的离层;内测筒 B 相对于外测筒 A 底端的位移等于锚杆端部和深部锚头之间岩层的离层;测试范围内岩层的总离层是外测筒 A 与内测筒 B 的位移量之和。



参 考 文 献

- [1] GB/T 50266—2013 工程岩体试验方法标准
 - [2] MT/T 1104—2009 煤巷锚杆支护技术规范
 - [3] TB/T 3209—2008 中空锚杆技术条件
 - [4] ASTM F432-13 Standard Specification for Roof and Rock Bolts and Accessories
 - [5] BS 7861-1, 2007 Strata reinforcement support system components used in coal mines—
Part 1: Specification for rockbolting
 - [6] CAN/CSA-M430-90 Roof and Rock Bolts, and Accessories
 - [7] Guidance on the use of rockbolts to support roadways in coal mines. Published by Health
and Safety Executive, 1996.03
-