

煤矿井下超大断面硐室施工技术规范

Technical specification for construction of super large section chamber in
underground coal mine

2024 - 12 - 30 发布

2025 - 01 - 30 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 施工方法 1

 4.1 通则 1

 4.2 分层施工法 2

 4.3 导硐施工法 2

 4.4 导硐分层联合施工法 2

5 施工工艺 3

 5.1 通则 3

 5.2 硐室掘进 3

 5.3 硐室支护 3

6 施工安全 5

7 质量检查与控制 5

 7.1 通则 5

 7.2 施工质量检查 6

 7.3 施工质量控制 6

8 矿压监测 6

9 工程验收 6

附录 A（规范性） 矿压在线监测方法 7

 A.1 监测内容 7

 A.2 测站安设 7

 A.3 在线监测仪器安装 7

 A.4 综合预警阈值 10

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

文件由山东省能源局提出并组织实施。

本文件由山东省能源标准化技术委员会归口。

煤矿井下超大断面硐室施工技术规范

1 范围

本文件规定了煤矿井下超大断面硐室的施工方法、施工工艺、施工安全、质量检查与控制、矿压监测、工程验收的要求。

本文件适用于煤矿井下超大断面硐室施工，不适用于煤矿井底煤仓等垂直硐室施工。

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 15663.2 煤矿科技术语 第2部分：井巷工程
- 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 50204 混凝土结构工程施工质量验收规范
- GB 50213—2010 煤矿井巷工程质量验收规范（2022年版）
- GB/T 50511 煤矿井巷工程施工标准
- AQ 1083 煤矿建设安全规范
- MT/T 942 矿用锚索

3 术语和定义

GB/T 15663.2界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

超大断面硐室 **super large section chamber**
设计净断面面积大于等于60 m²的煤矿井下硐室。

3.2

复合支护 **composite support**

采用喷射混凝土、锚杆（索）、砌碇、注浆、钢筋网、钢拱架、管棚等支护方式中的任何两种或多种，以提高硐室围岩稳定性的支护方法。

4 施工方法

4.1 通则

- 4.1.1 超大断面硐室应布置在稳定及中等稳定煤（岩）层中，不应布置在冲击地压煤层中。
- 4.1.2 超大断面硐室应采用分层施工法、导硐施工法或导硐分层联合施工法。
- 4.1.3 超大断面硐室施工前，应分析该硐室与周边硐室的相互影响，确保硐室施工不受破碎带、断层带、陷落柱、采空区、含水层等不良地质条件影响，不受冲击地压、高瓦斯、煤与瓦斯突出、上覆集中

煤（岩）柱的威胁。

4.1.4 超大断面硐室施工前，应对硐室掘进与支护方案进行数值模拟分析，确定施工方法及工艺、支护方式及时间，减小围岩损毁程度和范围，确保硐室开挖及使用安全。

4.1.5 超大断面硐室施工过程中，穿过断层、含水层、地质构造等不良地质体及硐室贯通时，应预先编制专项施工安全技术措施。

4.1.6 超大断面硐室施工前，应编制硐室施工作业规程、施工安全技术措施。

4.2 分层施工法

4.2.1 将硐室及地槽分为 2 个~4 个分层，分层高度 3 m~5 m；上分层施工时，宜采用锚网（索）喷临时支护方式；围岩稳定性相对较差时，可增加金属支架加强支护或注浆加固围岩等措施。

4.2.2 先完成硐室的临时支护再施工地槽，地槽的永久支护及硐室底板砌筑完成后，再进行硐室的永久支护；设计有反底拱时，先完成反底拱支护，再从下向上连续进行硐室的直墙和拱部永久支护；钢筋混凝土永久支护分段进行。

4.2.3 分层施工顺序有以下两种：

- a) 上分层一次施工到位，然后按从上到下的顺序施工下一分层，并及时进行帮部临时支护，直至硐室底板；
- b) 正台阶法上、下分层同时施工，上分层超前下分层距离 2 m~3 m。

4.3 导硐施工法

4.3.1 超大断面硐室采用导硐法施工时，先掘进导硐，再进行开帮、挑顶或卧底，将其扩大到硐室设计掘进断面。

4.3.2 导硐断面不应大于 12 m²。

4.3.3 按照导硐位置不同，导硐形式分为中央导硐和双侧导硐两种。

4.4 导硐分层联合施工法

4.4.1 硐室掘进宽度和高度均较大、围岩稳定相对较差时，宜采用导硐分层联合施工法。

4.4.2 根据硐室断面尺寸和围岩稳定性等因素，硐室施工方法选用原则如下：

- a) 硐室掘进高度 8 m~12 m、围岩稳定时，应采用分层施工法，见图 1a)；
- b) 硐室掘进高度 8 m~12 m、围岩中等稳定时，应采用导硐分层联合施工法，见图 1b)；
- c) 硐室掘进高度大于 12 m 时，应采用多导硐分层联合施工法，见图 1c)。

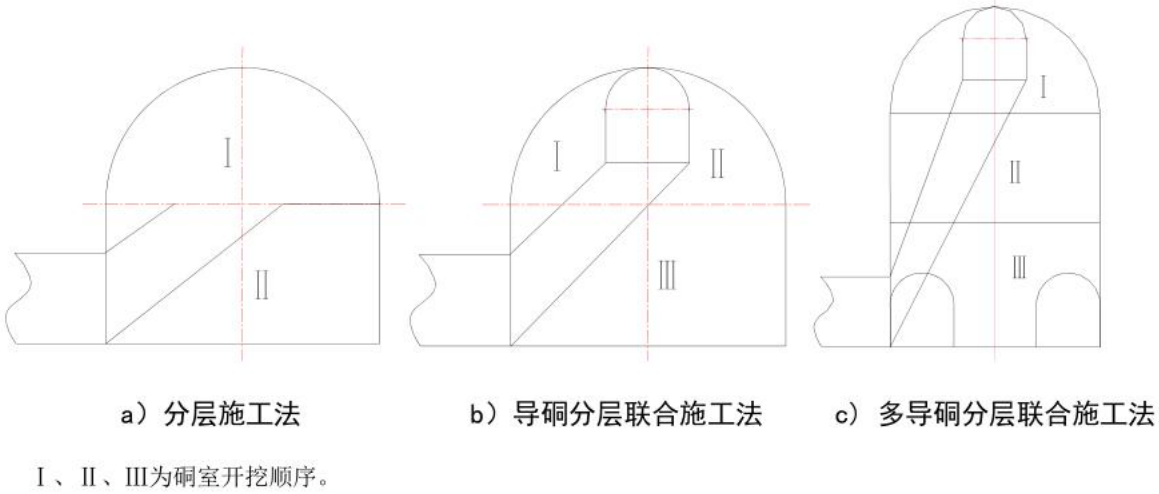


图1 硐室施工方法图

5 施工工艺

5.1 通则

- 5.1.1 超大断面硐室施工应符合 GB/T 50511、AQ 1083 的规定。
- 5.1.2 超大断面硐室施工应采用掘进机或钻爆法掘进。
- 5.1.3 应合理安排施工工序和正规循环作业时间，编制爆破图表和正规循环图表，并应根据现场条件变化及时调整。
- 5.1.4 矸石外排应实现机械化，钻孔打设应采用凿岩台车等自动化机械设备。
- 5.1.5 掘进工作面严禁空顶作业；采用锚喷作永久支护时，永久支护应紧跟掘进工作面；采用砌碛作永久支护时，临时支护应紧跟掘进工作面；砌碛永久支护与掘进工作面间距不应大于 20 m。
- 5.1.6 超大断面硐室掘进穿过破碎带、断层带等不良地质体时，应采用前探梁、超前管棚和金属支架、超前注浆锚杆等措施对顶板围岩进行超前支护；当围岩破碎严重时，宜采用注浆法超前加固围岩。

5.2 硐室掘进

5.2.1 掘进机掘进符合下列要求。

- a) 根据硐室断面和围岩硬度等因素选择掘进机型号。
- b) 硐室施工中符合“先软后硬、由下而上、先掏槽、后落岩”的截割原则。
- c) 当硐室围岩较坚硬时，采用定向水压致裂法等措施，通过向人为切割的定向预裂缝中注入高压液体、将岩体沿定向预裂缝致裂，以弱化围岩强度，提高掘进机施工效率。
- d) 掘进机的后配套设备，可采用桥式胶带转载机搭配可伸缩带式输送机或轨道式矿车。
- e) 掘进机割岩时，使用内、外喷雾装置进行降尘，内喷雾装置的工作压力不小于 2 MPa，外喷雾装置的工作压力不小于 4 MPa，并配备专用除尘风机。

5.2.2 钻爆法掘进符合下列要求。

- a) 钻爆法掘进采用光面爆破，当围岩松软破碎时，采用预留光爆层法，并分次爆破；爆破时采取短进尺、弱爆破，减少对围岩的扰动，必要时采取预裂爆破措施。
- b) 爆破使用煤矿许用炸药和煤矿许用雷管，在漏水和涌水地段采用非电导爆管起爆，并编制爆破说明书和爆破预期效果表。
- c) 装药前清除炮眼内的岩（煤）粉，轻推药卷进入炮眼，严禁冲撞或捣实。
- d) 掘进过程中采取湿式钻眼、冲洗巷帮、水炮泥、爆破喷雾、装岩洒水、净化风流等综合防尘措施。
- e) 爆破后及时通风，并严格执行“一炮三检”和“三人连锁爆破”制度。

5.3 硐室支护

5.3.1 临时支护符合下列要求。

- a) 硐室临时支护的形式、段长以及与掘进工作面迎头的距离，应在作业规程中明确规定。
- b) 硐室临时支护方式根据围岩稳定程度确定，优先采用锚网索喷支护。
- c) 临时支护方式采用混凝土初喷时，初喷厚度不低于 50 mm，初凝 20 min 后且在确保安全的前提下方可进入迎头作业。喷射混凝土紧跟迎头时，下一循环爆破作业在混凝土终凝后进行。
- d) 特殊情况下的临时支护符合下列要求：
 - 顶板破碎时，临时支护方式采用前探梁、管棚和金属支架等单一支护或联合支护；顶板破碎严重时采用超前锚网（索）喷或小导管作为辅助临时支护，超前锚杆（索）或小导管在迎顶部与岩壁 $20^{\circ} \sim 30^{\circ}$ 夹角向上布置，且相邻两排支护的纵向搭接长度不小于 1.5 m；

- 若迎头围岩破碎有片帮危险时，紧贴迎头支设轻型单体支柱防止冒顶，支柱与迎头岩壁间用半圆木、道木楔紧，防止片帮，或采用锚杆挂网措施，待锚网支护后拆除单体支柱。

5.3.2 锚杆支护符合下列要求。

- 锚杆支护符合 GB/T 35056、GB 50086 的规定。
- 锚杆施工按照由外向里、先顶后帮的顺序逐排进行，施工完锚杆钻孔后及时安装锚杆。
- 软岩及围岩破碎带施工时，采用全长锚固。
- 锚杆与岩面夹角不小于 75° ，两帮底角锚杆与巷帮法线呈 $10^\circ \sim 30^\circ$ 打入底板围岩，距底板高度不大于 250 mm。
- 锚杆钻孔的位置准确，孔位误差不超过 100 mm。
- 锚杆安装牢固，托盘紧贴岩面，不松动；螺母预紧力矩不小于 $100 \text{ N} \cdot \text{m}$ ；锚杆锚固力不小于设计值的 90%。紧固锚杆后，使用预紧力扳手对预紧力进行检验。
- 金属网之间绑扎牢固，连接点均匀布置，间距不大于 200 mm，网片搭接长度不小于 100 mm。
- 出现断锚杆、崩托盘等支护失效及片帮、离层等现象时，及时补强支护。

5.3.3 预应力锚索支护符合下列要求。

- 预应力锚索支护应符合 MT/T 942 的规定。
- 顶板破碎时，采用“两索一梁”的锚索梁形式加强支护；托梁采用 W 钢带、型钢或钢筋梯子梁等形式。
- 锚索锚入稳定岩层内的长度不低于 1.5 m；围岩完整时，锚索滞后工作面迎头不大于 3 排锚索间距；围岩破碎时，锚索紧跟工作面迎头支护。
- 锚索锚固力不小于设计值的 90%。锚索安装后，若预紧力下降，及时补拉；锚固力不合格时，补打合格的锚索。
- 在松软破碎和涌水量大的围岩中，施工预应力锚索前，对围岩进行注浆固结和封水处理。

5.3.4 喷射混凝土支护符合下列要求。

- 喷射混凝土支护符合 GB 50086、GB 50213 的规定。
- 混凝土喷射采用湿式喷浆工艺，不具备供应混凝土条件时采用潮喷工艺；喷射顺序为先帮后顶，从墙基开始自下而上进行；喷枪头与受喷面保持垂直；受喷面有滴水、淋水时，喷射前采取埋设导管排水或其它防治水措施。
- 混凝土喷射前清除墙脚的岩（煤）渣，并清除浮石；基础达到设计深度后，冲洗受喷岩（煤）面；遇水易潮解、泥化的岩层，用压气吹扫岩面。
- 分层喷射时，后一层喷射在前一层混凝土终凝后进行，当间隔时间超过 2 h 时，先用压气、水吹洗湿润喷层表面。
- 喷厚达到设计要求，并安设喷厚标志，喷浆后硐室顶、帮部平顺，整体无明显凹凸；喷射混凝土厚度采用钻孔法检查。
- 喷层可采用喷水养护，也可采用薄膜覆盖养护；喷水养护在喷射混凝土终凝后 2 h 进行，养护时间不少于 7 d；气温低于 5°C 时不喷水养护。
- 喷射混凝土强度符合设计要求。
- 金属支架喷射混凝土施工，符合下列要求：
 - 先喷射金属支架与岩面之间的混凝土，后喷射金属支架之间的混凝土；
 - 刚性金属支架喷射混凝土覆盖，可缩性金属支架待受压变形稳定后再喷射混凝土覆盖。

5.3.5 砌碇混凝土支护符合下列要求。

- 衬砌模板及碇胎具有足够的强度、刚度和稳定性；碇胎宜采用型钢制作，采用木制碇胎时碇胎厚度不小于 30 mm；跨度大于 5.0 m 时，碇胎双层木板的结合采用螺栓连接。

- b) 浇筑混凝土前, 将基底岩渣、污物和基坑内积水排除干净, 不向有积水的基坑内倾倒混凝土干拌合物。
 - c) 采取可靠措施确保混凝土在浇筑时不发生离析; 确保混凝土振捣密实, 振捣时不使模板、钢筋和预埋件移位。
 - d) 混凝土在初凝前完成浇筑, 并连续浇筑; 如因故中断, 其中断时间应小于前层混凝土的初凝时间或能重塑时间; 当超过允许中断时间时, 按施工缝处理。
 - e) 浇筑混凝土应两侧对称同时进行, 控制两侧泵送混凝土的均匀性, 两侧浇筑混凝土高差不超过 50 cm。
 - f) 根据洞室内湿度情况采用洒水或自然养护。在拱部混凝土达到设计强度后进行拆模, 拆模时保护混凝土模角及表面。
 - g) 浇筑区域内有淋水、涌水的先进行治理; 小型集中出水点设导管导出浇筑区域, 后期集中治理。
 - h) 围岩破碎时, 预埋洞室顶板注浆管, 以便进行壁后充填注浆加固围岩。
- 5.3.6 复合支护符合下列要求。
- a) 复合支护中的单种支护方式均满足 5.3.1~5.3.5 各施工工艺的要求。
 - b) 需要养护的支护方式均按设计完成养护。
 - c) 各种支护方式的衔接措施在作业规程中明确规定。
- 5.3.7 反底拱支护符合下列要求。
- a) 反底拱混凝土浇筑超前拱墙混凝土施工, 当施工条件不允许时, 先砌墙及顶拱, 砌墙时在墙基部预留不小于 100 mm 的倒台阶和接茬钢筋。
 - b) 反底拱混凝土浇筑前清除积水、杂物、岩渣等, 底板坡面平顺。
 - c) 反底拱混凝土浇筑使用模板, 混凝土振捣密实。
 - d) 反底拱施工前, 超挖在允许范围内时, 采用与衬砌相同强度等级的混凝土进行浇筑; 超挖大于规定时, 按设计要求回填, 不用矸石回填。

6 施工安全

- 6.1 超大断面洞室应按照施工作业规程施工, 规范现场作业人员操作, 做好顶板管理、支护、“一通三防”、机电设备、设备操作、过地质构造带、防治水等安全管理工作。
- 6.2 超大断面洞室施工过程中, 配备足够的安全管理人员和监测设备进行全过程跟踪监控, 定期检查电源线路和设备的电器部件, 发现隐患及时消除, 保证施工安全。
- 6.3 超大断面洞室施工时严禁空顶作业, 并及时进行临时支护; 洞室围岩地质条件发生变化时, 应根据围岩实际揭露情况及时调整支护参数, 确保安全。
- 6.4 超大断面洞室施工采用分层施工法时, 施工下分层过程中人员不应进入上分层; 洞室施工过程中要保持上分层和导洞正常通风。

7 质量检查与控制

7.1 通则

- 7.1.1 超大断面洞室施工前, 应在洞室施工作业规程中按照 GB 50213 规定明确工程质量标准和要求, 制定相应的质量保证措施。
- 7.1.2 超大断面洞室施工过程中, 应按设计要求和质量合格条件分部、分项进行质量检查与控制。
- 7.1.3 锚杆、锚索、喷射混凝土及砌碇混凝土的施工质量检测应按 GB 50086、GB 50213、GB 50204

和 GB/T 35056 的相关规定进行。

7.2 施工质量检查

7.2.1 用于超大断面硐室工程的锚杆、锚索、树脂药卷、水泥、金属网等主要材料应进行出厂检查和现场验收，并应按照 GB 50213—2010 中附录 H 的规定进行复检。

7.2.2 锚杆(索)锚固力试验取样数量：硐室每 20 m~30 m，锚杆在 300 根以下，按 1 组取样；300 根以上，每增加 1 根~300 根，相应多取样 1 组；每组不应小于 9 根。

7.2.3 混凝土混合料的配合比及拌和的均匀性检查次数：每班检查次数不应少于 2 次，条件变化时应重新检查。

7.2.4 混凝土抗压强度取样数量：每 500 m²取 2 组，小于 500 m²的按 2 组取样，混凝土试块每组不应少于 3 块。

7.3 施工质量控制

7.3.1 对检验不合格的锚杆、锚索、喷射混凝土面层、砌碇混凝土面层应根据不同情况分别采取增补、更换或修复的方法处置，并对处置后的硐室工程质量重新进行质量评定。

7.3.2 超大断面硐室施工过程中发现质量问题时，应查明原因，采取措施及时处理。

8 矿压监测

8.1 超大断面硐室掘进穿过破碎带、断层带等不良地质体时，应进行矿压在线监测，监测方法应符合附录 A。

8.2 矿压监测前应编制矿压监测方案，明确监测内容、测点布置、监测仪器、监测频度、应急预案等。8.3 矿压监测内容包括围岩变形、顶板离层、锚杆(索)载荷、围岩应力等。

8.4 测站数量应根据硐室长度及围岩条件确定，各测点宜布置在同一断面内。

8.5 监测频次应根据与掘进迎头距离、硐室围岩变形情况具体确定，监测结果应及时反馈；当监测数据达到临界值时，应及时分析原因，并采取加强措施；及时记录超大断面硐室的破坏情况，包括硐室围岩破坏位置、破坏程度及内部裂隙发展发育等，为后续加强支护提供基础依据。

9 工程验收

超大断面硐室竣工后，工程验收应按照 GB 50213 的规定执行。

附录 A
(规范性)
矿压在线监测方法

A.1 监测内容

超大断面硐室矿压监测内容包括硐室围岩变形、顶板离层、锚杆（索）载荷、围岩应力。

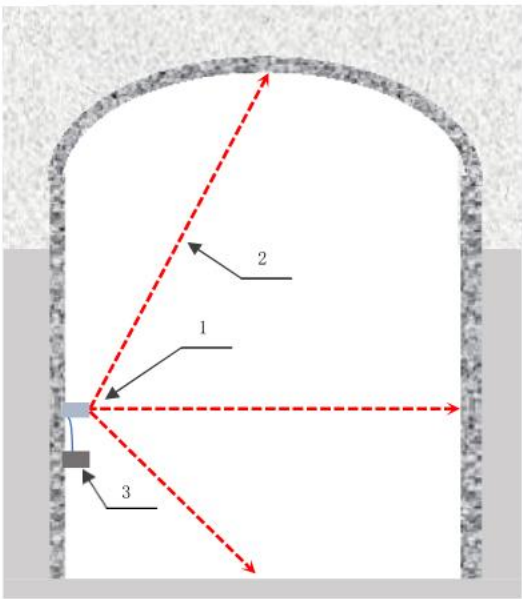
A.2 测站安设

每间隔20 m布置一组测站，且测站数量不小于2组。当硐室围岩地质和断面尺寸发生显著变化时，应增减测站，其中硐室交叉处应安设测站。

A.3 在线监测仪器安装

A.3.1 硐室围岩变形监测

硐室围岩变形采用激光测距仪，在线式矿用本安型激光测距仪由激光发射器、激光反射板和数据采集器组成，仪器安装如图A.1所示。

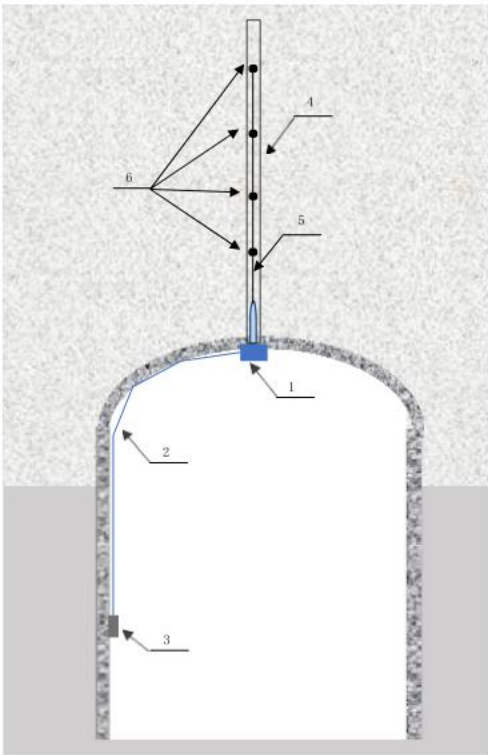


标引序号说明： 1—
—激光发射器；
2——测距激光；
3——数据采集器。

图A.1 激光测距仪安装示意图

A.3.2 硐室顶板离层监测

硐室顶板离层观测范围不小于硐室宽度的1.5倍，孔内测点数不少于4个。硐室在线式顶板离层仪安装如图A.2所示。

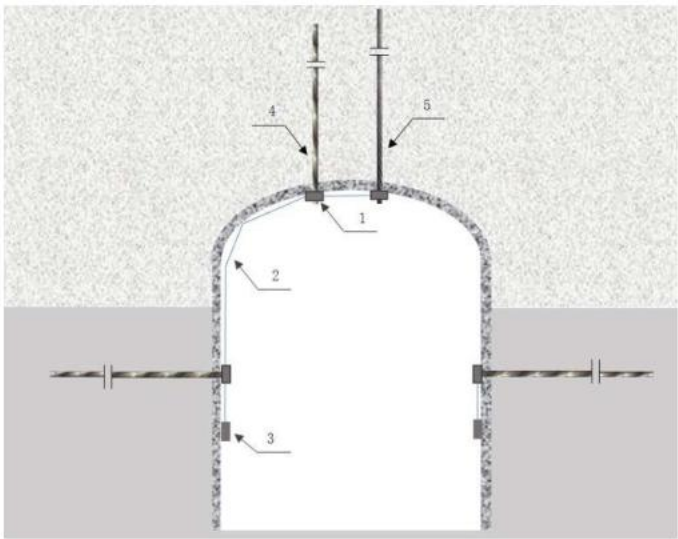


- 标引序号说明： 1—
—离层传感器；
2——数据线；
3——数据采集器；
4——钢绞线；
5——钻孔；
6——测量基点。

图A.2 在线式顶板离层仪安装示意图

A.3.3 锚杆、锚索载荷监测

A.3.3.1 锚杆、锚索工作载荷使用在线式锚杆、锚索测力计监测。在线式锚杆、锚索测力计安装如图A.3 所示。



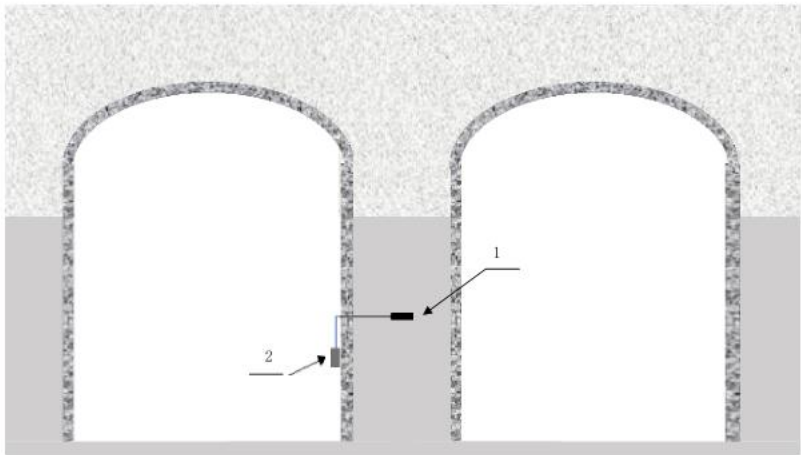
标引序号说明： 1—
—压力传感器；
2——数据线；
3——数据采集器；
4——锚杆；
5——锚索。

图A.3 在线式锚杆、锚索测力计安装示意图

A.3.3.2 每个测站至少安装一个锚杆（索）测力计。

A.3.4 硐室围岩应力监测

A.3.4.1 相邻硐室之间岩柱支撑压力每隔一定距离采用在线式应力传感器监测，应力传感器安装示意如图 A.4 所示。



标引序号说明： 1—
—应力传感器；
2——数据采集器。

图A.4 在线式围岩应力传感器安装示意图

A.3.4.2 传感器埋设在原岩应力区，宜为硐室宽度的两倍。相邻硐室距离小于硐室宽度两倍时，传感

器埋设于岩柱中部。

A.4 综合预警阈值

A.4.1 硐室围岩变形动态演化综合预警阈值

建立煤矿井下超大断面硐室变形失稳预警系统，对锚杆（索）载荷、顶板离层、硐室围岩变形及围岩应力进行监测。按照公式（A.1）计算硐室围岩变形动态演化综合预警阈值I。

$$I = k_1 I_A + k_2 I_B + k_3 I_C + k_4 I_D \dots\dots\dots (A.1)$$

- 式中：
- I ——硐室围岩变形动态演化综合预警阈值；
 - k_1 ——锚杆（索）载荷监测指标权重系数；
 - I_A ——锚杆（索）载荷监测指数；
 - k_2 ——顶板离层指标权重系数；
 - I_B ——顶板离层指数；
 - k_3 ——硐室围岩变形预警指标权重系数；
 - I_C ——硐室围岩变形预警指数；
 - k_4 ——围岩应力指标权重系数；
 - I_D ——围岩应力指数。

A.4.2 综合预警阈值

综合预警阈值设置如表A.1所示。

表A.1 综合预警阈值表

项目	锚杆（索）载荷（ k_1 ）	顶板离层（ k_2 ）	围岩变形（ k_3 ）	围岩应力（ k_4 ）	预警阈值（I）
锚杆（索）屈服破坏	1	0	0	0	1
顶板出大面积离层	0	1	0	0	1
硐室收敛变形严重	0	0	1	0	1
围岩应力增长速度过快	0	0	0	1	1
正常掘进	0.4	0.3	0.2	0.1	0.6

A.4.3 锚杆（索）危险指数

锚杆（索）载荷危险指数设置如表A.2所示。

表A.2 锚杆（索）危险指数表

锚杆（索）受力	$c \leq 10\%$	$10\% < c \leq 60\%$	$60\% < c \leq 80\%$	$c > 80\%$
危险指数（ I_c ）	0.2	0.2~0.6	0.7~0.9	1.0
锚杆状态	不合格	正常	危险	非常危险
锚索状态	不合格	正常	危险	非常危险
注：c为实测载荷值与锚杆锚索屈服强度的比值。				

A.4.4 顶板离层危险指数

顶板离层危险指数设置如表A.3所示。

表A.3 顶板离层危险指数表

顶板离层量	$b \leq 0.1L\%$	$0.1L\% < b \leq 0.3L\%$	$0.3L\% < b \leq 0.5L\%$	$b > 0.5L\%$
危险指数 (I_b)	0.2	0.3~0.6	0.7~0.9	1.0
帮部状态	正常	危险	比较危险	非常危险
顶板状态	正常	危险	比较危险	非常危险
注： b 为离层量， L 为锚杆（索）长度。				

A.4.5 硐室围岩变形危险指数

硐室围岩变形危险指数设置如表A.4所示。

表A.4 硐室围岩变形危险指数表

硐室收敛量	$a \geq 90\%$	$70\% \leq a < 90\%$	$50\% \leq a < 70\%$	$a < 50\%$
危险指数 (I_a)	0.2	0.3~0.6	0.7~0.9	1
帮部状态	正常	危险	比较危险	非常危险
顶板状态	正常	危险	比较危险	非常危险
注： a 为所测硐室尺寸与开挖尺寸的比值。				

A.4.6 围岩应力危险指数

围岩应力危险指数设置如表A.5所示。

表A.5 围岩应力危险指数表

应力集中系数	$d < 10\%$	$10\% \leq d \leq 20\%$	$20\% < d \leq 60\%$	$d > 60\%$
危险指数 (I_d)	0.2	0.2~0.6	0.7~0.9	1.0
围岩应力状态	正常	危险	比较危险	非常危险
注： d 为围岩应力增长率。				