

KA

中华人民共和国矿山安全生产行业标准

KA/T XXXXX—XXXX

金属非金属矿山顶板管理技术规范

Technical specification for roof management in
metal and nonmetal mines

(征求意见稿)

2025.6.28

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

202X - XX - XX 发布

202X - XX - XX 实施

国家矿山安全监察局 发布

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 顶板地质勘察要求	2
6 顶板岩体分级	2
7 顶板管理技术要求	4
8 顶板支护施工、验收及维修	7
9 顶板检查与监测	8
10 顶板应急救援与处置	9
附 录 A （资料性） 金属非金属矿山顶板岩体分级资料参数.....	10
附 录 B （规范性） 金属非金属矿山顶板岩体分级方法参数确定.....	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。

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。

本文件由国家矿山安全监察局提出。

本文件由矿山安全行业标准化技术委员会冲击地压（岩爆）防治分技术委员会归口。

本文件起草单位：中钢集团马鞍山矿山研究总院股份有限公司、北京科技大学、深圳市中金岭南有色金属股份有限公司、矿冶科技集团有限公司、铜陵有色设计研究院有限责任公司、山东黄金矿业股份有限公司矿业管理分公司、安徽马钢罗河矿业有限责任公司、安徽马钢矿业资源集团姑山矿业有限公司白象山矿业分公司、徐州铁矿集团有限公司、云南黄金矿业集团股份有限公司、上海梅山矿业有限公司、中煤矿山建设集团有限责任公司、五矿二十三冶建设集团有限公司、山东理工大学、安徽省应急管理厅、国家矿山安全监察局安徽局、国家矿山安全监察局江苏局、中国冶金地质总局、中国安全生产科学研究院、湖北天腾重型机械股份有限公司。

本文件主要起草人：刘培正，朱仕林，王靖，于世波，刘晓明，胡永泉，曾学敏，尹升华，苗涛，高义军，刘爱兴，刘晓宇，孙长坤，范纯超，胡友连，张惠武，冯宗国，刘景福，李辉，黄洋，姜红年，陈勇，王雷鸣，李公成，付搏涛，刘勇锋，李建璞，孙太斌。

本文件为首次发布。

金属非金属矿山顶板管理技术规范

1 范围

本文件规定了金属非金属矿山设计、建设和开采各阶段顶板管理的安全要求。

本文件适用于金属非金属矿山设计、建设和开采过程中各阶段顶板管理安全技术要求，包括金属非金属地下矿山和存在巷道或硐室的露天矿山。

本文件不适用于石油、天然气、页岩气、矿泉水等液态或气态矿藏的开采。

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 16423 金属非金属矿山安全规程
- GB 50026 工程测量标准
- GB 50086 岩土锚杆与喷射混凝土支护工程技术规范（附条文说明）
- GB 50915 有色金属矿山井巷工程设计规范（附条文说明）
- KA/T 22.3 矿山隐蔽致灾因素普查规范
- YB 4391 冶金矿山井巷工程施工质量验收规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

工程岩体自稳能力 stand-up time of engineering rock mass
在无支护或无加固条件下，工程岩体保持稳定的能力。

3.2

岩体基本质量 rock mass basic quality
岩体所固有的、影响工程岩体稳定性的最基本属性。

3.3

矿山压力 underground pressure
由采矿活动而引起的，作用在井巷、采场围岩及各种支护结构上的力的总称。

3.4

顶板灾害 roof disaster
由于顶板岩体失稳或支护失效引发的冒顶、片帮、掉块等危及人员和设施安全的灾害事件。

4 基本规定

4.1 矿山企业主要负责人（含法定代表人和实际控制人）是顶板管理的第一责任人，技术负责人（总工程师）对顶板技术管理负责。工程地质复杂、有严重地压活动的矿山，应设立专门机构或专职人员负责地压管理工作。

4.2 矿山企业应根据工程地质及水文地质条件等，结合巷道、采场和硐室的参数，暴露时间，采掘活动影响，以及是否有人进入等因素，建立顶板分级管理制度。

4.3 矿山企业必须配备满足工作需要的具有地质等相关专业的专职技术人员，加强水文地质、工程地质等资料的收集整理、分析研究，掌握矿体赋存情况、地质构造、顶底板岩性及物理力学参数、地压显现规律等，并对顶板岩体进行分级。

- 4.4 矿山企业应对矿山从业人员进行冒顶征兆、顶板事故应急处置等知识的教育和培训；采用撬毛或支护新工艺、新技术时，应对有关人员进行专门培训和考试；安全培训情况和考核结果应记录存档。
- 4.5 顶板支护工程开工前，应当编制施工组织设计或作业规程，明确支护工艺、支护参数，巷道、采场和硐室顶板必须按设计进行支护。工程施工应按施工组织设计或作业规程进行，施工前应组织施工人员学习施工组织设计，了解拟施工工程的特点、施工方案和方法，掌握相关的技术要求以及进度、质量和安全技术防护措施。施工中，应严格执行施工组织设计制定的方案和方法，确保施工过程的作业安全和施工质量。
- 4.6 采用的锚杆锚索台车、喷浆台车、撬毛台车等设备，以及锚杆、锚索、锚固剂等支护材料应具有矿用产品安全标志。中小型矿山要加快推进撬毛、支护等机械化作业，大型矿山要加快推进自动化、智能化作业和井下重点岗位无人化作业。
- 4.7 矿山企业应建立顶板管理档案，记录地质勘查资料、支护设计图纸、监测数据、隐患处理记录等，确保可追溯。
- 4.8 顶板管理技术要求包括地质勘察、岩体分级、管理技术要求、顶板支护施工操作、顶板检查与监测、顶板应急救援与处置等方面。

5 顶板地质勘察要求

- 5.1 矿山地质资料应明确顶板岩层的岩性、厚度、结构（如层理、节理、裂隙发育情况）、力学参数（抗压强度、抗拉强度、弹性模量等）及水文条件（地下水活动对岩体稳定性的影响）等，以满足顶板岩体分级要求。
- 5.2 矿山地质构造、水源与通道及地压活动区域等致灾因素普查工作应符合 KA/T 22.3 中有关规定。
- 5.3 矿山企业应建立地质资料动态更新机制，随工程揭露情况及时对岩体进行探查，为顶板管理支护等提供实时依据。

6 顶板岩体分级

6.1 一般规定

- 6.1.1 矿山企业应开展岩体结构面、岩石力学试验、地下水、地应力等调查工作。
- 6.1.2 矿山顶板岩体分级根据工程特征，选取 RQD 法、BQ 法、RMR 法、Q 系统法或 GSI 法等适宜的岩体质量评价方法开展针对性的评价工作，进行顶板岩体分级。

6.2 顶板岩体分级方法

- 6.2.1 矿山顶板岩体分级宜采用定性定量相结合的方法，并结合工程特征选择适宜的分级方法，并划分 I ~ V 级顶板岩体等级。

表1 顶板岩体质量评价方法

序号	顶板岩体分级方法	适用条件	岩体特征评价参数	评价指标	顶板等级划分
1	RQD法	坚硬和中硬工程岩体，完整性较好的岩体，前期筛查	钻探时的岩芯完好程度来判断岩体的质量	$\frac{\text{长度}\geq 10\text{cm岩芯的累积长度}}{\text{钻孔进尺总长度}} \times 100\%$	I ~ V级
2	BQ法/修正[BQ]法	各类型工程岩体（含软弱结构面），全阶段	岩石的坚硬程度、岩体的完整性	$BQ=100+3R_c+250K_v$ $[BQ]=BQ-100(K_1+K_2+K_3)$	
3	Q系统法	各类型工程岩体（结构面特征显著）	岩石质量指标、节理组数、节理粗糙度、节理蚀变程度、裂隙水状态和应力/强度折减系数	$Q = \frac{RQD}{J_n} \times \frac{J_r}{J_a} \times \frac{J_w}{SRF}$	
4	RMR法	各类型工程岩体（完整~破碎），全阶段	岩石强度 R_1 、岩石质量指标（RQD） R_2 、节理间距 R_3 、节理状态 R_4 、地下水状态 R_5 和节理产状 R_6	$RMR=R_1+R_2+R_3+R_4+R_5+R_6$	

序号	顶板岩体分级方法	适用条件	岩体特征评价参数	评价指标	顶板等级划分
5	GSI法	节理发育的工程岩体	岩石质量指标RQD、节理状态JCond ₈₉	GSI=1.5JCond ₈₉ +RQD/2	
注：复杂工程岩体需多种方法结合使用，综合评定；评定参数及方法见附录A、附录B					

6.2.2 RQD法顶板岩体分级

6.2.2.1 RQD法评价指标

$$RQD = \frac{\text{长度} \geq 10\text{cm} \text{ 岩芯的累积长度}}{\text{钻孔进尺总长度}} \times 100\% \quad (1)$$

6.2.2.2 RQD法顶板岩体分级标准

表2 RQD法顶板岩体分级表

RQD/%	>90	75~90	50~75	25~50	<25
质量描述	很好	好	一般	差	很差
等级	I	II	III	IV	V

6.2.3 BQ法/修正[BQ]法顶板岩体分级

6.2.3.1 BQ法/修正[BQ]法评价指标

$$BQ = 100 + 3R_c + 250K_v \quad (2)$$

式中：

R_c ——岩石饱和单轴抗压强度（MPa）；

K_v ——岩体完整性指数；

使用公式（2）计算时，应符合下列规定，按下式计算：

——当 $R_c > 90K_v + 30$ 时，应以 $R_c = 90K_v + 30$ 和 K_v 代入计算BQ值；

——当 $K_v > 0.04R_c + 0.4$ 时，应以 $K_v = 0.04R_c + 0.4$ 和 R_c 代入计算BQ值。

地下工程岩体详细定级时，如遇地下水、主要结构面产状、初始应力状态等情况，应对岩体基本质量指标BQ进行修正：

$$[BQ] = BQ - 100 (K_1 + K_2 + K_3) \quad (3)$$

式中：

[BQ]——顶板岩体质量指标修正值；

K_1 ——地下工程地下水影响修正系数；

K_2 ——地下工程主要结构面产状影响修正系数；

K_3 ——初始应力状态影响修正系数。

6.2.3.2 BQ法/修正[BQ]法顶板岩体分级标准

表3 6.2.3 BQ法/修正[BQ]法顶板岩体分级表

岩体基本质量指标BQ/[BQ]	>550	550~451	450~351	350~251	≤250
质量描述	很好	好	较好	差	很差
等级	I	II	III	IV	V
注：[BQ]出现负值时应按特殊问题处理					

6.2.4 Q系统法顶板岩体分级

6.2.4.1 Q系统法评价指标

$$Q = \frac{RQD}{J_n} \times \frac{J_r}{J_a} \times \frac{J_w}{SRF} \quad (4)$$

式中：

RQD——岩石质量指标；

J_n ——节理组数；

J_r ——节理粗糙度系数；

J_a ——节理蚀变系数；

J_w ——节理含水折减系数；

SRF ——应力折减系数。

6.2.4.2 Q系统法顶板岩体分级标准

表4 Q系统法顶板岩体分级表

岩体 评分值Q	400~ 1000	100~400	40~100	10~40	4~10	1~4	0.1~1	0.01~0.1	0.001~ 0.01
质量描述	特别好的	极好的	很好的	好的	一般	差的	很差的	极差的	特别差的
等级	I~II			II~III		III~IV		IV~V	
注：综合RMR法综合评定， $RMR=9.0\ln Q+44$ （Bieniawski 1979, 1993）									

6.2.5 RMR法顶板岩体分级

6.2.5.1 RMR法评价指标

$$RMR = R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5 + R_6 \dots\dots\dots (5)$$

式中：

R_1 ——完整岩石强度；

R_2 ——岩石质量指标（RQD）；

R_3 ——节理间距；

R_4 ——节理状态；

R_5 ——地下水状态；

R_6 ——节理产状修正。

6.2.5.2 RMR法顶板岩体分级标准

表5 RMR法顶板岩体分级表

岩体评分值RMR	100~81	80~61	60~41	40~21	<20
质量描述	很好	好	较好	差	很差
等级	I	II	III	IV	V

6.2.6 GSI法顶板岩体分级

6.2.6.1 GSI法评价指标

$$GSI = 1.5JCond_{89} + RQD/2 \dots\dots\dots (6)$$

式中：

$JCond_{89}$ ——结构面状态；

RQD ——岩石质量指标。

6.2.6.2 GSI法顶板岩体分级标准

表6 GSI法顶板岩体分级表

地质强度因子GSI值	>80	80~61	60~41	40~21	<20
质量描述	很好	好	较好	差	很差
等级	I	II	III	IV	V
注：综合RMR法综合评定， $GSI = RMR_{76}$					

6.2.7 不同顶板岩体分级方法考虑的评价参数并不完全相同，顶板岩体分级结果可能不一致，根据顶板岩体分级目标，有倾向性的选择一种为主，一种为辅，互相验证。根据顶板岩体的特征，结合上述分级方法，对顶板岩体等级进行综合评定。

7 顶板管理技术要求

7.1 巷道顶板

7.1.1 主要巷道顶板

7.1.1.1 主要巷道包括地下矿山开拓巷道、回采巷道、采准巷道等有人员和设备频繁活动作业通道。

7.1.1.2 I级顶板岩体

- a) 跨度 $B \leq 4\text{m}$: 不支护;
 - b) 跨度 $4\text{m} < B \leq 6\text{m}$: 不支护或喷射混凝土支护;
 - c) 跨度 $6\text{m} < B \leq 8\text{m}$: 喷射混凝土支护。
- 7.1.1.3 II级顶板岩体
- a) 跨度 $B \leq 4\text{m}$: 不支护或喷射混凝土支护; ;
 - b) 跨度 $4\text{m} < B \leq 6\text{m}$: 喷射混凝土支护;
 - c) 跨度 $6\text{m} < B \leq 8\text{m}$: 喷射混凝土支护或喷锚支护。
- 7.1.1.4 III级顶板岩体
- a) 跨度 $B \leq 4\text{m}$: 喷射混凝土支护或喷锚支护;
 - b) 跨度 $4\text{m} < B \leq 6\text{m}$: 喷射混凝土支护或喷锚支护;
 - c) 跨度 $6\text{m} < B \leq 8\text{m}$: 喷锚网支护或衬砌支护。
- 7.1.1.5 IV级顶板岩体
- a) 跨度 $B \leq 4\text{m}$: 喷锚网支护; 观测监测;
 - b) 跨度 $4\text{m} < B \leq 6\text{m}$: 喷锚网支护或衬砌支护, 观测监测;
 - c) 跨度 $6\text{m} < B \leq 8\text{m}$: 喷锚网支护或联合支护, 观测监测。
- 7.1.1.6 V级顶板岩体
- a) 跨度 $B \leq 4\text{m}$: 喷锚网支护或联合支护, 观测监测;
 - b) 跨度 $4\text{m} < B \leq 6\text{m}$: 喷锚网支护或联合支护, 观测监测。
- 7.1.2 辅助/专用巷道顶板
- 7.1.2.1 辅助/专用巷道包括充填巷道、专用通风巷道、专用排水巷道等具有专用用途, 除检修、维修期间外, 作业人员不进出的巷道。
- 7.1.2.2 辅助/专用巷道根据上述推荐的支护类型可适当降低。
- 7.2 采场顶板
- 7.2.1 I级顶板岩体
- a) 跨度 $B \leq 5\text{m}$: 不支护;
 - b) 跨度 $5\text{m} < B \leq 10\text{m}$: 不支护; 若有作业人员进入, 喷射混凝土支护;
 - c) 跨度 $10\text{m} < B \leq 15\text{m}$: 不支护; 若有作业人员进入, 喷射混凝土支护或喷锚支护;
 - d) 跨度 $15\text{m} < B \leq 20\text{m}$: 不支护, 观测监测; 若有作业人员进入, 喷射混凝土支护。
- 7.2.2 II级顶板岩体
- a) 跨度 $B \leq 5\text{m}$: : 不支护; 若有作业人员进入, 喷射混凝土支护;
 - b) 跨度 $5\text{m} < B \leq 10\text{m}$: 不支护; 若有作业人员进入, 喷射混凝土支护或喷锚支护;
 - c) 跨度 $10\text{m} < B \leq 15\text{m}$: 不支护; 若有作业人员进入, 喷锚网支护;
 - d) 跨度 $15\text{m} < B \leq 20\text{m}$: 不支护, 观测监测; 若有作业人员进入, 喷射混凝土支护或喷锚支护;
- 7.2.3 III级顶板岩体
- a) 跨度 $B \leq 5\text{m}$: 不支护; 若有作业人员进入, 喷射混凝土支护或喷锚支护;
 - b) 跨度 $5\text{m} < B \leq 10\text{m}$: 不支护; 若有作业人员进入, 喷锚网支护;
 - c) 跨度 $10\text{m} < B \leq 15\text{m}$: 不支护, 观测监测; 若有作业人员进入, 喷锚网支护;
 - d) 跨度 $15\text{m} < B \leq 20\text{m}$: 不支护, 加强观测监测; 若有作业人员进入, 喷锚网支护或预控顶支护。
- 7.2.4 IV级顶板岩体
- a) 跨度 $B \leq 5\text{m}$: 不支护, 观测监测; 若有作业人员进入, 喷锚网支护;
 - b) 跨度 $5\text{m} < B \leq 10\text{m}$: 喷锚网支护或预控顶支护, 观测监测;
 - c) 跨度 $10\text{m} < B \leq 15\text{m}$: 喷锚网支护或预控顶支护, 加强观测监测。
- 7.2.5 V级顶板岩体
- a) 跨度 $B \leq 5\text{m}$: 喷锚网支护或联合支护, 观测监测;
 - b) 跨度 $5\text{m} < B \leq 10\text{m}$: 预控顶支护或联合支护, 加强观测监测。

7.3 硐室顶板

7.3.1 硐室包括地下破碎系统硐室、提升机硐室、水泵硐室、中央变电所、采区变电所、爆破器材库

等生产性硐室和凿岩机修理室、消防材料硐室、坑内调度室、候罐室等服务性硐室。

7.3.2 I级顶板岩体

- a) 跨度 $B \leq 5\text{m}$: 喷射混凝土支护;
- b) 跨度 $5\text{m} < B \leq 10\text{m}$: 喷射混凝土支护或喷锚支护;
- c) 跨度 $10\text{m} < B \leq 15\text{m}$: 喷锚网支护;
- d) 跨度 $15\text{m} < B \leq 20\text{m}$: 喷锚网支护或衬砌支护。

7.3.3 II级顶板岩体

- a) 跨度 $B \leq 5\text{m}$: 喷射混凝土支护或喷锚支护;
- b) 跨度 $5\text{m} < B \leq 10\text{m}$: 喷锚网支护;
- c) 跨度 $10\text{m} < B \leq 15\text{m}$: 喷锚网支护或衬砌支护;
- d) 跨度 $15\text{m} < B \leq 20\text{m}$: 喷锚网支护或衬砌支护, 观测监测。

7.3.4 III级顶板岩体

- a) 跨度 $B \leq 5\text{m}$: 喷锚网支护; ;
- b) 跨度 $5\text{m} < B \leq 10\text{m}$: 喷锚网支护或衬砌支护;
- c) 跨度 $10\text{m} < B \leq 15\text{m}$: 喷锚网支护或联合支护;
- d) 跨度 $15\text{m} < B \leq 20\text{m}$: 喷锚网支护或联合支护, 观测监测。

7.3.5 IV级顶板岩体

- a) 跨度 $B \leq 5\text{m}$: 喷锚网支护或衬砌支护;
- b) 跨度 $5\text{m} < B \leq 10\text{m}$: 衬砌支护; 观测监测;
- c) 跨度 $10\text{m} < B \leq 15\text{m}$: 衬砌支护或联合支护, 观测监测。

7.3.6 V级顶板岩体

- a) 跨度 $B \leq 5\text{m}$: 衬砌支护或联合支护, 观测监测;
- b) 跨度 $5\text{m} < B \leq 10\text{m}$: 衬砌支护或联合支护, 加强观测监测。

7.3.7 硐室防水质量要求

硐室建成后的总漏水量及防水质量标准根据硐室用途和重要性划分为四个等级, 防水质量标准由表7确定。

表7 硐室建成后的总漏水量及防水质量标准

序号	等级	硐室名称	硐室防水质量指标	检验方法
1	一级	计算机房、有集中控制和有电视的调度室、爆破器材库、主变电所	不允许渗水、支护结构表面无湿渍	观察检查
2	二级	主排水泵房、绞车房、运输机机头硐室、采区变电所、消防器材硐室	不允许滴水, 支护结构表面有少量偶见湿渍或小水珠	观察检查
3	三级	破碎机硐室、机车修理硐室、装载硐室、井底矿仓	有少量漏水点, 但不得有线流, 每昼夜总漏水量小于 0.1m^3	观察检查
4	四级	其他硐室	有漏水点, 但不得有线流, 每昼夜总漏水量小于 0.2m^3	观察检查, 实测3次, 漏水量取平均值

7.4 顶板支护材料参数

7.4.1 矿山应结合顶板岩体级别和开挖跨度, 选择相应的支护方式, 各类支护方式主要参数应符合下列规定。

7.4.1.1 喷射混凝土支护

- 喷射混凝土材料包括水泥、水、骨料、外加剂等; 其原材料、配合比和外加剂掺量应符合 GB 50086 的有关规定;
- 喷射混凝土的设计强度等级不应低于 C20;
- 喷射混凝土厚度应结合顶板岩体级别和开挖跨度共同确定。

7.4.1.2 喷锚支护

- 锚杆型号应根据顶板围岩等级、开挖跨度、岩体力学特性和使用条件等, 各类锚杆材料、直径及锚固力等参数应符合 GB 50915 和 GB 50086 的有关规定;
- 高应力、大跨度、局部破碎及需要特殊支护等的区域宜采用预应力锚杆;

——破碎岩层、软岩顶板区域宜采用低预应力和非预应力锚杆；喷锚支护的锚杆宜采用 HRB400、HRB500 级钢筋，直径宜为 16mm~32mm，长度宜为 1.5m~5.0m，间距不应大于锚杆长度的 1/2。

7.4.1.3 喷锚网支护

——钢筋网应采用 HPB300、HRB400 级钢筋，钢筋直径宜为 6mm~12mm，网格尺寸宜为 100mm~300mm；

——钢筋网应在喷射一层混凝土后铺设，钢筋网间应采用绑扎或焊接连接，钢筋网应和锚杆固定，保护层的厚度不应小于 20mm。

7.4.1.4 支架支护

——刚性支架可用型钢拱架或由钢筋焊接成的格栅拱架；

——覆盖钢架的喷射混凝土保护层厚度不应小于 40mm。

7.4.1.5 其他支护

——其他支护方式主要有长锚索、仰拱、衬砌支护以及联合支护等方式；

——联合支护应注重各支护工序之间的衔接和配合，保证施工质量和进度。

7.4.2 不应用木材或者其他可燃材料作永久支护。

7.4.3 永久支护与掘进工作面间的距离应符合下列规定：

- a) 当采用喷锚支护作永久支护时，应紧跟掘进工作面，永久支护与掘进工作面间的距离炮掘不宜大于 50m，机掘不宜大于 100m；
- b) 当采用砌碇支护时，应设临时支护，临时支护应紧跟工作面。永久性支护与掘进工作面的距离应在施工组织设计中作出规定；
- c) 中途停止掘进时应及时支护至工作面。

7.5 特殊条件支护

- a) 在不稳固的岩层中掘进时应进行支护；在松软、破碎或流砂地层中掘进时应在永久性支护与掘进工作面之间进行临时支护或特殊支护；
- b) 跨度大于 20m，高跨比大于 2.0m 时，应对边墙支护予以加强；硐室群之间的岩柱视其厚度予以加强或采用对穿型预应力锚杆支护；
- c) 开采深度 800 米及以上的金属非金属地下矿山支护类型以主动支护为主；
- d) 具有岩爆危害的矿井，巷道、采场和硐室支护应采用锚网或喷锚网等柔性支护为主的支护形式；
- e) 淋水区域（特别是具有腐蚀性淋水的区域）的支护设计时，宜采用注浆封堵淋水，隔绝腐蚀性水与支护材料的接触；或采用耐腐蚀支护材料，并适当缩短支护质量检验周期；防腐保护构造设计应符合 GB 50086 中有关规定。

8 顶板支护施工、验收及维修

8.1 顶板支护施工

8.1.1 施工组织

- a) 施工阶段，工程揭露后若地质条件发生变化，应及时对支护设计进行修正；
- b) 根据顶板岩体级别、开挖跨度和支护设计编制施工组织设计；
- c) 施工组织设计应明确顶板支护形式及其采用的材料和规格、永久性支护及临时支护与掘进工作面的距离、支护作业流程、安全技术措施等内容。

8.1.2 支护施工工艺要求

- a) 喷射混凝土前，要对顶板和两帮进行清理，去除浮矸、杂物等，保证喷射面平整；
- b) 喷射混凝土时，控制好喷射压力、喷射角度和喷射距离，使混凝土均匀地喷射到顶板和两帮上，保证喷射混凝土的厚度和强度符合设计要求；
- c) 处理喷射管路堵塞时应将喷枪口朝下且不应朝向人员；
- d) 在松软破碎的岩层中进行喷锚作业时应打超前锚杆，进行预先护顶；
- e) 在有淋水的井巷中喷锚应预先做好防水工作；

f) 支架架设后应将梁、柱与顶、帮之间楔紧，顶和帮的空隙应塞紧；支架之间应有拉杆，斜巷支架应增设下撑；

g) 各类支护施工工艺应符合 GB 16423 中的有关规定。

8.1.3 在施工过程中，施工人员要按照施工工艺标准进行操作，每一道工序完成后，要进行自检和互检，合格后方可进行下一道工序。现场技术人员要加强对施工过程的监督和指导，及时发现和纠正施工中存在的问题。

8.2 顶板支护验收

8.2.1 矿山企业应对照勘察、支护设计、施工记录及检测报告等文件，对已施工的支护工程的支护形式、支护参数、支护材料质量、拉拔试验数据及隐蔽工程等进行验收，形成验收资料。

8.2.2 顶板支护工程质量验收的检查内容、数量及方法应符合 YB 4391 中的有关规定。

8.3 顶板支护维修

8.3.1 修复废旧巷道、硐室前应查明其本身的稳定情况及周围构筑物、井巷、采空区等的分布情况和废旧巷道、硐室内的空气成分，确认安全后方可施工。维修主要巷道、硐室应当对损坏情况进行调查，分析巷道损坏原因，并对巷道维修支护。

8.3.2 修复被水淹没的巷道、硐室时，对露出的部分应及时检查、支护，并采取措施防止有害气体突出和突然涌水。

8.3.3 修复巷道、采场和硐室支护时，应对支护形式和支护参数进行校核。

9 顶板检查与监测

9.1 日常巡查

9.1.1 矿山企业应建立顶板巡查制度，记录巡查时间、地点、发现的问题及处理情况等，对不稳固的顶板，应有监控手段和处理措施。

9.1.2 地压较大和人员活动频繁的巷道、采场和硐室等区域，应每班进行检查，发现问题应及时处理并作好记录。

9.1.3 人员需要进入的作业面的顶板和侧面应保持稳定，矿岩不稳固时应采取支护措施。因爆破或其他原因而破坏的支护应及时修复，确认安全后方准作业。作业前应处理顶板和两帮的浮石，确认安全后方可进行回采作业。处理浮石时，同一作业面不应进行其他作业；发现冒顶征兆应停止作业进行处理。

9.1.4 建立出现事故征兆等紧急情况及时撤人制度。当矿山顶板出现下列情形之一的，必须及时撤出危险区域作业人员并及时上报。

a) 井下连续出现矿柱劈裂破坏、支护开裂、顶板破裂、碎块掉落、淋水量增加等大面积冒顶征兆的；

b) 地压在线监测区域 2 组及以上测点出现红色预警的；

c) 井下出现强烈震动、岩石爆裂声响、矿岩弹射等动力现象的；

d) 其他事故征兆等紧急情况应当停产撤人的。

9.1.5 发现井下有危及作业人员安全的危险应立即消除。当班作业结束前来不及消除时，当班负责人应作好书面记录，内容包括危险状况和所采取的处理措施。下一班负责人在本班作业人员开始危险区域内的作业前，应确认上一班的记载内容，并告知相关作业人员上述危险状况、已采取的处理措施、为解除危险应做的工作。

9.2 敲帮问顶

9.2.1 矿山应建立敲帮问顶制度，对顶板、两帮进行安全检查和撬毛排险，未经顶板安全确认，严禁进入作业区域。

9.2.2 开采深度超过 800 米或者生产规模超过 30 万吨/年的金属非金属矿山应采用机械化撬毛作业。对于单独采用机械化撬毛设备无法实施的区域，采用机械化与人工撬毛相结合的方式；必须由两人协同作业，严禁无监护撬毛作业。

9.2.3 人工撬毛作业的，应安排专人负责当班撬毛任务，撬毛人员应位于浮石的侧面，并保持足够的

安全距离，一人撬毛作业，另一人监护。

9.3 地压监测

9.3.1 存在下列情况之一的，应当建立在线地压监测系统：

- a) 有严重地压活动、开采深度 800 米及以上的金属非金属矿山；
- b) 存在大面积采空区、工程地质复杂、有严重地压活动、具有岩爆危害的矿山；
- c) 地表岩体移动范围内存在居民、村庄、重要构筑物或重要设施的矿山。

9.3.2 变形监测的等级和精度要求应符合 GB 50026 的有关规定。

9.3.3 地压监测系统采用局部监测（位移监测法、应力监测法等），工程地质复杂、有严重地压活动的矿山增设区域监测（声发射法、微震监测法等）。

9.3.4 建立顶板监测数据登记及分析制度，及时处置顶板变形、移位等问题，总结经验及特征。

9.3.5 工程地质条件复杂的矿山应定期开展顶板风险辨识和顶板隐患专项排查治理，对现场地质构造、顶板压力变化、工程质量等方面出现的问题，采取相应的安全技术措施进行处理。

10 顶板应急救援与处置

10.1 应急救援

10.1.1 矿山应编制安全生产事故综合预案和《顶板事故》专项应急预案。工程地质复杂、有严重地压活动的矿山应编制顶板事故现场处置方案。应急预案应针对矿山巷道、采场和硐室可能发生的顶板灾害事故风险、危害程度和影响范围，明确应急处置指导的原则，制定相应的应急处置措施。

10.1.2 矿山必须对所有入井人员进行安全培训，告知井下安全须知、紧急情况下的撤离路线和自救器的使用方法。井下作业人员应熟悉应急救援预案和避灾路线，具有自救、互救和安全避灾知识，熟练掌握自救器和紧急避灾系统的使用方法。班组长应具备兼职救护队员的知识和能力，能够在发生险情后第一时间组织作业人员自救互救和安全避灾。

10.1.3 矿井发生事故时，井下人员应在保证安全前提下组织抢救，否则应立即撤离并报告矿山企业主要负责人。矿山企业主要负责人接到报告后应立即启动应急预案，组织抢救并上报事故信息。

10.2 应急处置

10.2.1 现场应急处置：

- a) 现场人员要迅速撤至安全地点，立即上报；
- b) 自救互救，紧急避险，现场人员在确保安全的前提下应开展互救；
- c) 被困后采用有规律敲击等一切可用措施向外发出呼救信号，遇险人员要节约体能，保持镇定，积极配合外面营救工作。

10.2.2 矿井应急处置：

- a) 调度室接到报告后，启动应急预案，及时撤出井下人员；
- b) 矿井应保证通风、排水、供水等系统正常；
- c) 组织开展救援，对事故现场顶板稳定性进行评估，进行人员搜救和现场急救，尽快转运至地面医疗机构。

10.2.3 应急处置要点：

- a) 调查分析，了解掌握冒顶、坍塌或地压灾害发生地点和区域范围，遇险人员数量和被困位置及被困空间生存环境；根据需要增调救援队伍、装备和专家等救援资源。
- b) 快速构建救援通道，清理冒落顶板或开挖小断面通道，疏通或新掘通道输送氧气、水、食物等救援物资。

10.2.4 矿山在进行事故应急救援工作的同时，应报请当地政府和主管部门在通信、交通运输、医疗、电力、现场秩序维护等方面提供保障。

附 录 A
(资料性)

金属非金属矿山顶板岩体分级资料参数

表A.1列出了金属非金属矿山顶板岩体分级时需要收集的资料，内容可不局限于此

表A.1 金属非金属矿山顶板岩体分级资料参数

序列	类别	名称
1	顶板岩体等级 主要影响参数	岩石类型
2		风化程度
3		围岩构成和基本特征
4		单轴饱和抗压强度 (R_c) (MPa)
5		岩石质量指标RQD (%)
6		岩体完整性指数 (K_v)
7		岩体纵波波速 (km/s)
8		岩土体坚固性系数 (f)
9		地下水影响修正系数 K_1
10		主要结构面产状影响修正系数 K_2
11		初始应力状态影响修正系数 K_3
12		基本质量指标值BQ或修正后[BQ]
13		岩体结构及构造影响程度，结构面情况
14		围岩稳定性评价
15		地下水情况
16		顶板跨度B (m)
17		顶板围岩级别

附录 B (规范性)

金属非金属矿山顶板岩体分级方法参数确定

B.1 RQD 法分级参数确定

- 将长度在 10cm (含 10cm) 以上的岩芯累积长度除以钻孔进尺总长度, 乘以 100%, 得到 RQD 值;
- RQD 分类法是一种快速、经济且实用的岩体质量评价方法, 但未能充分反映节理方位和充填物等因素的影响。

B.2 BQ 法/修正[BQ]法分级参数确定

- 顶板岩体初步定级应根据岩体基本质量的定性特征和岩体基本质量指标 BQ 两者相结合;
- 岩体基本质量的定性特征, 岩石坚硬程度及岩体完整程度由表 B.1 和表 B.2 组合确定。

表B.1 岩石坚硬程度定性划分

坚硬程度		定性鉴定	代表性岩石
硬质岩	坚硬岩	锤击声清脆, 有回弹, 震手, 难击碎; 浸水后, 大多无吸水反应	未风化~微风化的: 花岗岩、正长岩、闪长岩、辉绿岩、玄武岩、安山岩、片麻岩、硅质板岩、石英岩、硅质胶结的砾岩、石英砂岩、硅质石灰岩等
	较坚硬岩	锤击声较清脆, 有轻微回弹, 稍震手, 较难击碎; 浸水后, 有轻微吸水反应	1. 中等(弱)风化的坚硬岩; 2. 未风化~微风化的: 熔结凝灰岩、大理岩、板岩、白云岩、石灰岩、钙质砂岩、粗晶大理岩等
软质岩	较软岩	锤击声不清脆, 无回弹, 较易击碎; 浸水后, 指甲可刻出印痕	1. 强风化的坚硬岩; 2. 中等(弱)风化的较坚硬岩; 3. 未风化~微风化的: 凝灰岩、千枚岩、砂质泥岩、泥灰岩、泥质砂岩、粉砂岩、砂质页岩等
	软岩	锤击声哑, 无回弹, 有凹痕, 易击碎; 浸水后, 手可掰开	1. 强风化的坚硬岩; 2. 中等(弱)风化~强风化的较坚硬岩; 3. 中等(弱)风化的较软岩; 4. 未风化的泥岩、泥质页岩、绿泥石片岩、绢云母片岩等
	极软岩	锤击声哑, 无回弹, 有较深凹痕, 手可捏碎; 浸水后, 可捏成团	1. 全风化的各种岩石; 2. 强风化的软岩; 3. 各种半成岩

表B.2 岩体完整性程度的定性划分

完整程度	结构面发育程度		主要结构面的结合程度	主要结构面类型	相应结构类型
	组数	平均间距(m)			
完整	1~2	>1.0	结合好或结合一般	节理、裂隙、层面	整体状或巨厚层状结构
较完整	1~2	>1.0	结合差	节理、裂隙、层面	块状或厚层状结构
	2~3	1.0~0.4	结合好或结合一般		块状结构
较破碎	2~3	1.0~0.4	结合差	节理、裂隙、劈理、层面、小断层	裂隙块状或中厚层状结构
	≥3	0.4~0.2	结合好		镶嵌碎裂结构
			结合一般		薄层状结构
破碎	≥3	0.4~0.2	结合差	各种类型结构面	裂隙块状结构
		≤0.2	结合一般或结合差		碎裂结构
极破碎	无序		结合很差	/	散体状结构

- 地下水 K_1 、主要结构面产状 K_2 、初始应力状态 K_3 影响修正系数分别由表 B.3、表 B.4 和表 B.5 确定。

表B.3 地下工程地下水影响修正系数 K_1

地下水出水状态	BQ				
	>550	550~451	450~351	350~251	≤250
潮湿或点滴状出水, $p \leq 0.1$ 或 $Q \leq 25$	0	0	0~0.1	0.2~0.3	0.4~0.6
淋雨状或线流状出水, $0.1 < p \leq 0.5$ 或 $25 < Q \leq 125$	0~0.1	0.1~0.2	0.2~0.3	0.4~0.6	0.7~0.9
涌流状出水, $p > 0.5$ 或 $Q > 125$	0.1~0.2	0.2~0.3	0.4~0.6	0.7~0.9	1.0

注： p 为地下工程围岩裂隙水压（MPa）； Q 为每10m洞长出水量（L/min·10m）

表B.4 地下工程主要结构面产状影响修正系数 K_2

结构面产状及其与洞轴线的组合关系	结构面走向与洞轴线夹角 $< 30^\circ$ 结构面倾角 $30^\circ \sim 75^\circ$	结构面走向与洞轴线夹角 $> 60^\circ$ 结构面倾角 $> 75^\circ$	其他组合
K_2	0.4~0.6	0~0.2	0.2~0.4

表B.5 初始应力状态影响修正系数 K_3

围岩强度应力比 ($\frac{R_c}{\sigma_{max}}$)	BQ				
	>550	550~451	450~351	350~251	≤250
<4	1.0	1.0	1.0~1.5	1.0~1.5	1.0
4~7	0.5	0.5	0.5	0.5~1.0	0.5~1.0

B.3 Q系统法分级参数确定

——Q系统法分级参数由岩石质量指标（RQD）、节理组数 J_n 、节理粗糙度系数 J_r 、节理蚀变系数 J_a 、节理含水折减系数 J_w 、应力折减系数 SRF 综合确定。

表B.6 Q系统法分级参数指标取值及评分值

参数	描述	评分
岩石质量指标RQD	很差	0~25
	差	25~50
	一般	50~75
	好	75~90
	很好	90~100
节理组数 J_n	A: 整体性好, 含少量节理或不含节理	0.5~1.0
	B: 一组节理	2
	C: 一组节理再加些紊乱的节理	3
	D: 两组节理	4
	E: 两组节理再加些紊乱的节理	6
	F: 三组节理	9
	G: 三组节理再加些紊乱的节理	12
	H: 四组或四组以上的节理, 随机分布特别发育的节理, 岩体被分成“方糖”块, 等等	15
	J: 粉碎状岩石, 泥状物	20
节理粗糙度系数 J_r	(a) 节理面完全接触	
	(b) 节理面在剪切错动10cm以前直接接触	
	A: 不连续节理	4
	B: 粗糙、不规则的波浪状节理	3
	C: 平滑的波浪状节理	2
	D: 光滑的波浪状节理	1.5
	E: 粗糙或者不规则的平面状节理	1.5
F: 平滑的平面状节理	1.0	
G: 带擦痕面的平面状节理	0.5	

表B.6 Q系统法分级参数指标取值及评分值(续)

参数	描述	评分		
节理蚀变系数 J_a	节理蚀变程度	J_a (评分)	ϕ (近似值)	
	(a) 节理直接接触(没有矿物充填, 只有接触面)			
	A: 坚硬的、半软弱的经过处理而紧密且不具透水充填物的节理(如石英或绿帘石充填)	0.75	-	
	B: 节理面未产生蚀变, 仅少数表面稍有变化	1.0	$25^\circ \sim 35^\circ$	
	C: 轻微蚀变的节理, 表面为半软弱矿物所覆盖, 具砂质微粒、风化岩土等	2.0	$25^\circ \sim 30^\circ$	
	D: 节理为粉质黏土或砂质黏土覆盖, 少量黏土, 半软弱覆盖层	3.0	$20^\circ \sim 25^\circ$	
	E: 有软弱的或低摩擦角的黏土矿物覆盖在节理面(如高岭土、云母、绿泥石、滑石、石膏等)或含少量膨胀性黏土(不连续覆盖, 厚1~2m或更薄)的节理面	4.0	$8^\circ \sim 16^\circ$	
	(b) 当剪切变形 $<10\text{cm}$ 时, 节理面直接接触(薄矿物充填)			
	F: 砂质微粒, 岩石风化物充填	4.0	$25^\circ \sim 30^\circ$	
	G: 紧密固结的半软弱黏土矿物充填(连续的或厚度小于5mm)	6.0	$16^\circ \sim 24^\circ$	
	H: 中等或轻微固结的黏土矿物充填(连续的或厚度小于5mm)	8.0	$12^\circ \sim 16^\circ$	
	J: 膨胀性黏土充填, 如连续分布的厚度小于5mm的蒙脱石充填时, J_a 值取决于膨胀性颗粒所占百分率, 以及水的渗透情况	8.0~12.0	$6^\circ \sim 12^\circ$	
	(c) 剪切后, 节理面不再直接接触(厚矿物充填)			
	K、L、M: 不完整或破碎岩石与黏土条带区(黏土情况参见G、H、J)	6.0~8.0或 8.0~12.0	$6^\circ \sim 24^\circ$	
N: 粉质或砂土质黏土条带区, 含少量黏土成分(非软化的)	5.0	-		
Q、P、R: 厚的连续分布的黏土带或夹层(黏土状态说明见G、H、J)	10、13或 13.0~20.0	$6^\circ \sim 24^\circ$		
节理含水折减系数 J_w	节理含水状况描述	J_w (评分)	近似水压力 (kg/cm^2)	
	A: 开挖面干燥或少量渗水(潮湿或几滴)	1.0	<1	
	B: 中度渗水或有一定水压, 偶尔有节理充填物被冲洗出(许多滴或雨滴)	0.66	$1.0 \sim 2.5$	
	C: 坚硬岩体的未充填物节理有大量渗水或高压	0.5	$2.5 \sim 10.0$	
	D: 有大量渗水或高压, 大量节理充填物被冲洗出	0.33	$2.5 \sim 10.0$	
	E: 有极大的渗水或极高水压, 但随时间推移逐渐减小引起流水冲蚀, 甚至引起塌方	$0.1 \sim 0.2$	>10.0	
	F: 极大的渗水或极高水压且随时间没有明显衰减导致流水冲蚀, 甚至引起塌方	$0.05 \sim 0.1$	>10.0	
应力折减系数SRF	(a) 软弱带与开挖线相交, 隧洞开挖使岩体松动		SRF	
	A: 含黏土或化学分解的岩石软弱区多处出现, 围岩十分松散(深度不限)		10.0	
	B: 含黏土或化学分解的岩石的单一软弱区(开挖深度 $<50\text{m}$)		5.0	
	C: 含黏土或化学分解的岩石的单一软弱区(开挖深度 $>50\text{m}$)		2.5	
	D: 岩石坚固不含黏土但多处出现剪切带, 围岩松散(深度不限)		7.5	
	E: 不含黏土的坚固岩石中的单一剪切带(开挖深度 $<50\text{m}$)		5.0	
	F: 不含黏土的坚固岩石中的单一剪切带(开挖深度 $>50\text{m}$)		2.5	
	G: 松动张开节理, 节理极发育或者岩石星小方块状等(任何深度)		5.0	
	(b) 优良岩体, 存在初始地应力的问题		SRF	σ/σ_1

表B.6 Q系统法分级参数指标取值及评分值（续）

参数	描述	评分	
	H: 低地应力, 近地表	2.5	>200
	J: 中等地应力	1.0	200~10
	K: 高地应力, 极紧密结构, 对稳定有利, 可能对侧壁不利	0.5~2.0	10~5
	L: 轻度岩爆（整体状岩体）	5.0~10.0	5~2.5
	M: 强烈岩爆（整体状岩体）	10.0~20.0	<2.5
	(c) 挤压性岩体, 软岩在高压影响下塑性流动	SRF	σ_{θ}/σ_c
	N: 中等挤压	5.0~10.0	1~5
	O: 强烈挤压	10.0~20.0	>5
	(d) 已膨胀岩体, 因水存在而引起岩体膨胀	SRF	
	P: 中等膨胀岩体	5.0~10.0	
	Q: 强烈膨胀岩体	10.0~15.0	

B.4 RMR 法分级参数确定

——RMR 法分级参数由完整岩石强度 R_1 、岩石质量指标（RQD） R_2 、节理间距 R_3 、节理状态 R_4 、地下水状态 R_5 、节理产状修正 R_6 综合确定。

表B.7 RMR 法分级参数指标取值及评分值

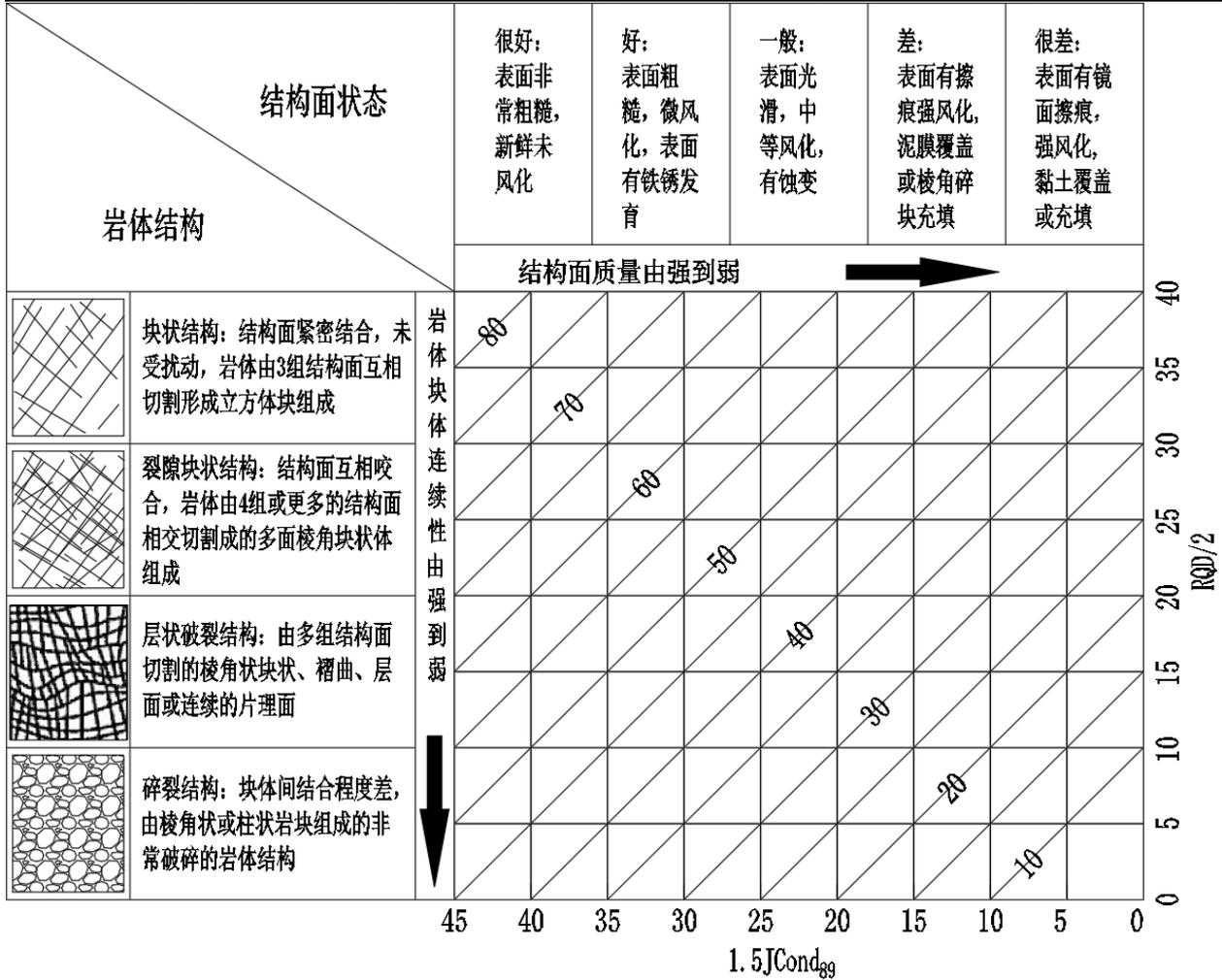
A. 指标参数和评分									
R ₁	完整岩石强度	点荷载强度 /MPa	≥10	4~10	2~4	1~2	对于低值范围宜用单轴抗压强度		
		单轴抗压强度 /MPa	≥250	100~250	50~100	25~50	5~25	1~5	<1
	指标	15	12	7	4	2	1	0	
R ₂	岩心质量RQD/%	90~100	75~90	50~75	25~50	<25	90~100	75~90	
	指标	20	17	13	8	3	20	17	
R ₃	节理间距/m	≥2.0	0.6~2.0	0.2~0.6	0.06~0.2	<0.06			
	指标	20	15	10	8	5			
R ₄	节理条件	节理面很粗糙、不连续, 无间隙、围岩无风化, 节理面岩石坚硬	节理面微粗糙, 张开宽度<1mm, 微风化, 节理面岩石坚硬	节理面微粗糙, 张开宽度<1mm, 高度风化围岩, 节理面岩石软弱	镜面或泥质夹层厚度<5mm或节理张开宽度1~5mm, 节理连续	软泥质夹层, 厚度>5mm, 或节理张开宽度>5mm, 节理连续			
	指标	30	25	20	10	0			
R ₅	地下水	每10m隧道涌水量/(L/min)	0	<10	10~25	25~125	≥125		
		节理水压力与最大主应力比值	0	0~0.1	0.1~0.2	0.2~0.5	≥0.5		
		一般条件	完全干燥	较干燥	潮湿	滴水	流水		
	指标	15	10	7	4	0			
B. 按节理产状修正评分值									
节理走向和倾向		非常有利	有利	一般	不利	非常不利			
R ₆	隧道和地下矿山	0	-2	-5	-10	-12			
	地基	0	-2	-7	-15	-25			
	边坡	0	-5	-25	-50	-60			

B.5 GSI 法分级参数确定

——GSI 法分级参数由结构面状态、岩石质量指标综合确定。

表B.8 结构面状态 JCond₈₉ 取值

节理状态	节理面很粗糙,节理不连续,宽度为0,节理面附近岩体未风化	节理面稍粗糙,节理张开度小于1mm,节理面附近岩体轻微风化	节理面稍粗糙,节理张开度小于1mm,节理面附近岩体强风化	节理面光滑或含厚度小于5mm的软弱层或含节理张开度1~5mm的连续节理	含厚度大于mm的软弱夹层或含节理张开度大于5mm的连续节理
分值	30	25	20	10	0
不连续节理面分类取值					
迹长 分值	<1m 6	1~3m 4	3~10m 2	10~20m 1	≥20m 0
节理张开度(隙宽) 分值	无 6	<0.1mm 5	0.1~1.0mm 4	1~5mm 1	≥5mm 0
节理面粗糙度 分值	很粗糙 6	粗糙 5	稍粗糙 3	光滑 1	非常光滑 0
节理充填物 分值	无 6	硬质充填物厚度<5mm 4	硬质充填物厚度>5mm 2	软质充填物厚度<5mm 2	软质充填物厚度>5mm 0
围岩风化程度 分值	未风化 6	微风化 5	中风化 3	强风化 2	全风化 1



图B.1 结构面状态 JCond₈₉ 和 RQD 指标确定 GSI (E. Hoek, 2013)