

ICS 73.020
D 14



中华人民共和国国家标准

GB/T 12719—2021
代替 GB/T 12719—1991

矿区水文地质工程地质勘查规范

Exploration specification of hydrogeology and
engineering geology in mining areas

2021-05-21 发布

2021-12-01 实施

国家市场监督管理总局 发布
国家标准化管理委员会

目 次

前言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 总则	2
4.1 勘查工作的阶段划分及基本任务	2
4.2 勘查工作基本原则	2
5 矿区水文地质勘查	3
5.1 勘查类型划分	3
5.2 勘查程度要求	4
5.3 勘查工程布置原则及工程量	6
5.4 勘查技术要求	10
5.5 矿井(坑)涌水量计算	14
5.6 涌(突)水危险性评价	14
5.7 矿区水资源综合利用评价	15
6 矿区工程地质勘查	15
6.1 勘查类型划分	15
6.2 勘查程度要求	16
6.3 勘查工程布置原则和工程量	18
6.4 勘查技术要求	19
6.5 矿区工程地质评价	21
7 矿区地质环境调查与评价	22
7.1 地质环境调查	22
7.2 矿区地质环境评价	23
8 报告编写要求	24
8.1 一般要求	24
8.2 文字报告编写要求	24
8.3 附图和附表	27
附录 A (资料性附录) 煤层开采垮落带和导水裂缝带最大高度计算	30
附录 B (规范性附录) 含水层富水性分级	31
附录 C (资料性附录) 安全隔水厚度和突水系数计算	32
附录 D (资料性附录) 涌(突)水危险性评价	33
附录 E (规范性附录) 结构面分级	35

GB/T 12719—2021

附录 F (资料性附录) 岩体风化程度分类	36
附录 G (规范性附录) 岩石、岩体质量及岩体优劣分级	37
附录 H (规范性附录) 岩体结构分类	39
附录 I (资料性附录) 岩(土)样室内试验项目	42
参考文献	43



前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准代替 GB/T 12719—1991《矿区水文地质工程地质勘探规范》。与 GB/T 12719—1991 相比，除编辑性修改外主要技术变化如下：

- 修改了标准名称，由《矿区水文地质工程地质勘探规范》变更为《矿区水文地质工程地质勘查规范》；
- 增加了规范性引用文件(见第 2 章,1991 年版的第 2 章)；
- 修改了部分术语和定义(见 3.1、3.2、3.3 和 3.6,1991 年版的 B1、B2、B6 和 B16)；
- 删除了部分术语和定义(见 1991 年版的 B3~B5、B7~B14、B17 和 B18)；
- 增加了部分术语和定义(见 3.7~3.8)；
- 增加了矿区水文地质勘查普查阶段和详查阶段的基本任务(见 4.1.1、4.1.2)；
- 修改了矿区水文地质勘查勘探阶段的基本任务(见 4.1.3,1991 版的 3.1)；
- 修改了矿区水文地质勘查工作基本原则(见 4.2,1991 年版的 3.2)；
- 修改了各类充水矿床勘查的复杂程度划分的依据(见 5.1.3,1991 年版的 4.1.3)；
- 增加了矿区水文地质勘查普查阶段和详查阶段的勘查程度要求(见 5.2.1 和 5.2.2)；
- 修改了矿区水文地质勘探阶段的勘查程度要求(见 5.2.3,1991 年版的 4.2)；
- 修改了矿区水文地质勘查工程量(见 5.3.2,1991 版的 4.3.2)；
- 修改了矿区水文地质勘查技术要求(见 5.4.1、5.4.3、5.4.4、5.4.5、5.4.6,1991 年版的 4.4.1~4.4.5)；
- 增加了水文地质物探勘查技术要求(见 5.4.2)；
- 增加了同位素分析勘查技术要求(见 5.4.7)；
- 增加了遥感解译勘查技术要求(见 5.4.8)；
- 修改了矿井(坑)涌水量计算(见 5.5,1991 年版的 4.5)；
- 增加了“涌(突)水危险性评价”(见 5.6)；
- 修改了矿区水资源综合利用评价(见 5.7,1991 年版的 4.6)；
- 修改了“矿区工程地质勘查类型”(见 6.1,1991 年版的 5.1)；
- 增加了矿区工程地质勘查普查阶段和详查阶段的程度要求(见 6.2.1 和 6.2.2)；
- 修改了矿区工程地质勘查勘探阶段的勘查程度要求(见 6.2.3,1991 年版的 5.2)；
- 增加了“采空区工程地质勘查和评价”(见 6.2.3.4 和 6.5.4)；
- 修改了“工程地质勘查工程布置原则和工程量”(见 6.3,1991 年版的 5.3)；
- 修改了工程地质勘查技术要求(见 6.4,1991 年版的 5.4)；
- 修改了矿区工程地质评价(见 6.5.1~6.5.3,1991 年版的 5.5.1~5.5.3)；
- 修改了环境地质调查(见 7.1.1~7.1.4,1991 年版的 6.1.1~6.1.4)；
- 增加了“矿山地质环境数据库”(见 7.1.5)；
- 修改了勘查矿区环境地质评价(见 7.2.4,1991 年版的 6.2.4)；
- 修改了扩大延伸勘探矿区环境地质评价(见 7.2.5,1991 年版的 6.2.5)；
- 修改了“文字报告编写要求”(见 8.2,1991 年版的 7.2)；
- 修改了附图和附表(见 8.3,1991 年版的 7.3)；
- 删除了附录“本规范用词说明”(见 1991 年版附录 A),附录“名词术语”放入正文中“3 术语和

定义”(见 1991 年版的附录 B)；

——修改了附录(见附录 A~附录 C、附录 E~附录 I,1991 年版的附录 C~附录 J)；

——增加了“涌(突)水危险性评价”(见附录 D)；

——增加了参考文献。

本标准由中华人民共和国自然资源部提出。

本标准由全国自然资源与国土空间规划标准化技术委员会(SAC/TC 93)归口。

本标准起草单位：中国地质科学院水文地质环境地质研究所、中国地质调查局、中国矿业大学(北京)、华北有色工程勘察院有限公司、中国煤炭地质总局水文地质局。

本标准主要起草人：张发旺、李向全、侯新伟、武强、文冬光、傅耀军、王振兴、刘新社、马履霞、折书群、刘玲霞。

本标准所代替标准的历次版本发布情况为：

——GB/T 12719—1991。

矿区水文地质工程地质勘查规范

1 范围

本标准规定了勘查类型、勘查程度、工程量、勘查技术要求及矿区水文地质工程地质环境地质评价和报告编写的基本要求。

本标准适用于固体矿产矿区水文地质工程地质各阶段的勘查工作,是制订勘查设计、工程质量检查、验收和报告编写、审查批准的依据。

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 3838 地表水环境质量标准
- GB 5749 生活饮用水卫生标准
- GB 8537 食品安全国家标准 饮用天然矿泉水
- GB/T 11615 地热资源地质勘查规范
- GB/T 14848 地下水质量标准
- GB 18306 中国地震动参数区划图
- DZ/T 0342—2020 矿坑涌水量预测计算规程

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

主要充水含水层 main water-filling aquifer

在矿床开采条件下,对井巷产生充水量较大的一个或多个的含水层。

3.2

水文地质勘查 hydrogeological exploration

为查明一个地区的水文地质条件进行的野外和室内水文地质工作。

注:包括水文地质测绘、物探、钻探、试验、地下水动态监测等工作。

3.3

矿井(坑)涌水量 water inflows of mines

有变化规律的充水因素(不含井巷突水、地表水倒灌等)所形成的矿井(坑)涌水量。

3.4

矿山工程地质问题 engineering geological problems of mines

采矿工程与岩土体相互作用产生地质危害的总称。

3.5

矿区地质环境评价 geological environment quality assessment of mining areas

对矿区地质环境质量现状的评价和对矿山开采条件下的地质环境质量进行预测,进而提出控制和

消除因采矿而产生的有害作用及合理开发和保护地质环境的对策。

3.6

水体环境背景值 environmental background value of water

未受人类活动影响情况下,水体(地表水、地下水)中各种化学组分的天然含量。

注:目前地球上几乎找不到未受人类活动影响的地方,因此,求得的背景值实际上是人类活动作用相对较轻情况下的各种化学组分的含量。

3.7

垮落带 caving zone

由采矿引起的上覆岩层破裂并向采空区垮落的岩层范围。

3.8

导水裂缝带 water-conductive fissure zone

采矿引起的上覆岩层垮落、断裂和裂隙的岩层范围。

4 总则

4.1 勘查工作的阶段划分及基本任务

4.1.1 普查阶段的基本任务

大致查明工作区的水文地质条件,初步划分水文地质和工程地质勘查类型,概略评价区域水文地质条件对矿床开发的影响,为详查工作与矿山远景规划提供依据。

4.1.2 详查阶段的基本任务

基本查明矿区的水文地质工程地质条件,划分水文地质和工程地质勘查类型,分析矿床充水因素,预测可能影响矿床开采的主要工程地质和环境地质问题,为矿床初步技术经济评价、矿山总体建设规划和矿区勘探设计提供依据。

4.1.3 勘探阶段的基本任务

4.1.3.1 查明矿区水文地质条件及矿床充水因素,预测矿井(坑)涌水量,评估突水灾害危险性,对矿床水资源综合利用进行评价,指出供水水源方向,提出含水层保护建议。

4.1.3.2 查明矿区工程地质条件,评价矿体顶底板工程地质特征、井巷围岩或露天采矿场岩体质量和稳固(定)性,分析和评价开采条件下可能发生的主要工程地质问题,预测可能出现的主要地质灾害,提出防治措施。

4.1.3.3 调查评价矿区的地质环境质量,预测矿床开发可能引起的主要环境地质问题,提出防治建议。

4.2 勘查工作基本原则

4.2.1 矿区水文地质工程地质勘查和环境地质调查评价应与矿产地质勘查工作阶段相适应。

4.2.2 水文地质和工程地质条件简单的矿区,勘查阶段可简化或合并,但提供矿山建设设计依据的地质勘查报告,均应达到勘探阶段的要求。

4.2.3 矿区水文地质工程地质勘查,应从社会的综合效益出发,既要保障矿山安全,连续生产,又要研究矿山排水的综合利用以及对附近水源地和地质环境的可能影响。

4.2.4 勘查区域宜包括一个完整的水文地质单元,当水文地质单元面积过大时,应包括疏干排水可能影响的范围。

4.2.5 水文地质工程地质条件极复杂的矿区,如确需立项建设的矿山,而勘探阶段的工作程度又难于

满足设计要求,应根据矿山建设设计的实际需要,针对主要问题进行专门性的水文地质工程地质勘探,提交专项报告。

4.2.6 已确定具有工业利用价值的矿床,通过详查工作满足矿山总体建设规划需要,但矿区水文地质或工程地质条件直接影响矿山建设开发总体设计时,应超前进行水文地质或工程地质勘探。

4.2.7 扩大延深勘探矿区,应充分利用已有勘探报告和矿山生产中的资料,对矿区水文地质工程地质环境地质条件进行评价。当不能满足要求时,应根据实际需要,有针对性地进行补充勘探。

4.2.8 各矿种的矿区水文地质工程地质勘查和环境地质调查评价的基本要求以本标准为准,各矿种可依其特点,在各矿种规范中制订相应要求,与本标准配套使用。

5 矿区水文地质勘查

5.1 勘查类型划分

5.1.1 根据矿床主要充水含水层的容水空间特征,将充水矿床划分为三类:

- a) 第一类 以孔隙含水层充水为主的矿床,简称孔隙充水矿床;
- b) 第二类 以裂隙含水层充水为主的矿床,简称裂隙充水矿床;
- c) 第三类 以岩溶含水层充水为主的矿床,简称岩溶充水矿床。本类型按岩溶形态可进一步划分为三个亚类:
 - 1) 第一亚类 以溶蚀裂隙为主的岩溶充水矿床;
 - 2) 第二亚类 以溶洞为主的岩溶充水矿床;
 - 3) 第三亚类 以地下河为主的岩溶充水矿床。

5.1.2 各类充水矿床按矿体(或层,下同)与主要充水含水层接触关系、相对位置和充水方式分为:

- a) 直接充水矿床:矿床主要充水含水层(含导水裂缝带和底板破坏深度,参见附录 A)与矿体直接接触,地下水直接进入矿井;
- b) 顶板间接充水矿床:矿床主要充水含水层位于矿层导水裂缝带之上,矿层与主要充水含水层之间有隔水层或弱透水层,地下水通过构造破碎带、导水裂缝带或弱透水层进入矿井;

注:参照 GB 50487—2008 规定的岩土体渗透性分级,弱透水层指渗透系数 10^{-5} cm/s $\leq K < 10^{-4}$ cm/s、透水率 $1.0 \text{ Lu} \leq q < 10 \text{ Lu}$ 的岩土体;土体的透水性根据渗透系数分级,岩体的透水性根据透水率分级。

- c) 底板间接充水矿床:矿床主要充水含水层位于矿层之下,矿层与主要充水含水层之间有隔水层或弱透水层,承压水通过底板薄弱地段、构造破碎带、弱透水层或导水的陷落柱进入矿井。

5.1.3 根据主要矿体与当地侵蚀基准面的关系,地下水的补给条件,地表水与主要充水含水层水力联系密切程度,主要充水含水层和构造破碎带的富水性、导水性,第四系覆盖情况,水文地质边界的复杂程度,老空水分布状况,疏干排水引起的地表塌陷和沉降情况,将充水矿床勘查的复杂程度划分为三型,见表 1。

表 1 充水矿床勘查的复杂程度分型表

划分依据	水文地质勘查复杂程度		
	第一型 水文地质条件 简单型矿床	第二型 水文地质条件 中等型矿床	第三型 水文地质条件 复杂型矿床
矿体排水条件、地表水体与矿体关系	主要矿体位于当地侵蚀基准面以上,地形有利于自然排水,或主要矿体位于当地侵蚀基准面以下,但附近无地表水体	主要矿体位于当地侵蚀基准面以下,但附近地表水不构成矿床的主要充水因素	主要矿体位于当地侵蚀基准面以下,充水含水层与地表水体沟通

表 1 (续)

划分依据	水文地质勘查复杂程度		
	第一型 水文地质条件 简单型矿床	第二型 水文地质条件 中等型矿床	第三型 水文地质条件 复杂型矿床
主要充水含水层的补给条件	差	一般	好
第四系覆盖	很少或无第四系覆盖	第四系覆盖面积小且薄	第四系覆盖层厚度大,分布广
水文地质边界条件	简单	较复杂	复杂
充水含水层富水性(见附录 B)	弱,单位涌水量 $q \leq 0.1 \text{ L}/(\text{s} \cdot \text{m})$	中等,单位涌水量 $0.1 \text{ L}/(\text{s} \cdot \text{m}) < q \leq 1.0 \text{ L}/(\text{s} \cdot \text{m})$	富水性强,单位涌水量 $q > 1.0 \text{ L}/(\text{s} \cdot \text{m})$
隔水性能	存在良好隔水层	无强导水构造	存在强导水构造沟通充水含水层
老空水及分布状况	无老空水分布	存在少量老空水,位置、范围、积水量清楚	存在大量老空水,位置、范围、积水量不清楚
疏干排水是否产生塌陷、沉降	疏干排水不会产生塌陷、沉降	疏干排水可能产生少量塌陷	疏干排水可能产生大量地表塌陷、沉降
注:按分类依据就高不就低的原则,确定充水矿床勘查的复杂程度类型。			

5.2 勘查程度要求

5.2.1 普查阶段勘查程度要求

5.2.1.1 普查阶段的水文地质勘查结合矿产普查进行。

5.2.1.2 已进行过区域水文地质普查的地区,其资料可直接利用;对于水文地质条件复杂的矿床,应有针对性的补充调查;对于开采条件简单的矿床,可依据与同类型矿山开采条件的对比进行评价。

5.2.1.3 收集区域和相邻矿区水文地质资料;开展区域水文地质测绘;如果有钻孔,应进行钻孔简易水文地质观测与编录、坑道水文地质观测与编录;存在自流井的情况下,应做放水试验。

5.2.1.4 选择代表性的井、泉、钻孔、生产矿井进行动态观测,采取水样作水质分析。

5.2.1.5 大致查明矿区的主要含(隔)水层的岩性、空间分布、产状,地下水水位、水质、泉水的流量及地下水的补径排条件。

5.2.1.6 初步划分矿区水文地质类型,概略评价区域水文地质条件对矿床开发的影响。

5.2.2 详查阶段勘查程度要求

5.2.2.1 在普查工作的基础上,有针对性的布置详查阶段的工作。

5.2.2.2 继续收集资料分析资料;开展矿区水文地质测绘;进行钻孔简易水文地质观测与编录、坑道水文地质观测与编录;进行抽(放)水试验,掌握含水层的水文地质参数。

5.2.2.3 选择代表性的井、泉、钻孔、生产矿井、地表水体进行动态观测,采取水样作水质分析;以地下河充水为主的岩溶充水矿床,根据实际需求,可进行连通试验。

5.2.2.4 基本查明矿区的含(隔)水层的岩性、空间分布、产状、埋藏条件,裂隙或岩溶的发育程度、分布规律及充填程度,主要含水层的水位、富水性、水质、地下水的补径排条件,构造破碎带的导水性和富水

性,地表水体的分布及其与地下水的水力联系。

5.2.2.5 分析矿床充水因素,初步确定矿床充水的主(次)要含水层及其水文地质参数。

5.2.2.6 划分矿区水文地质类型,初步评价矿区水文地质条件对矿床开发建设的影响。

5.2.3 勘探阶段勘查程度要求

5.2.3.1 分析矿床充水水源、充水通道和水文地质单元边界条件,初步构建水文地质模型,有针对性地部署勘探工程。

5.2.3.2 研究区域水文地质条件,确定矿区所处水文地质单元的位置,详细查明矿区地下水的补径排条件,区域地下水对矿区的补给关系,主要进水通道及其渗透性。

5.2.3.3 详细查明矿区含(隔)水层的岩性、厚度、产状、分布范围、埋藏条件,含水层的富水性,矿床顶底板隔水层的稳定性。着重查明矿床主要充水含水层的富水性、渗透性、水位、水质、水温、动态变化及地下水流场的基本特征,确定矿区水文地质边界。

5.2.3.4 详细查明对矿井充水有较大影响的构造破碎带的位置、规模、性质、产状、充填与胶结程度、风化及溶蚀特征、富水性和导水性及其变化、沟通各含水层以及地表水的程度,分析构造破碎带可能引起突水的地段,提出开采中防治水的建议。

5.2.3.5 矿层与含(隔)水层多层相间的矿床,应详细查明开采矿层顶、底板主要充水含水层的水文地质特征和隔水层的岩性、厚度、稳定性和隔水性,断裂发育程度、导水性以及沟通各含水层的情况,分析采矿对隔水层的可能破坏情况。当深部有富水性强的含水层时,应查明主要充水含水层从底部获得补给的途径和部位。着重查明在矿产开采、地下水抽排过程中含水介质性质的改变以及含水层系统结构关系的转化。

5.2.3.6 对于被松散的富水性中等和强的含水层覆盖且浅埋的矿床,当勘查工作不能满足要求时,应当进行专门水文地质勘查或者补充勘查。采用物探、钻探和地下水示踪试验等手段,详细查明疏干含水层的厚度、富水性、渗透性、水文地质边界条件、补给条件、运动规律、流场分布,预测矿井(坑)涌水量,评价涌(突)水危险性和矿床开采对含水层的影响,提出防治水和含水层保护建议。

5.2.3.7 详细查明对矿床开采有影响的地表水的汇水面积、分布范围、水位、流量、流速、动态变化、历史上出现的最高(洪)水位、最低水位(或潮位)、洪峰流量、淹没范围。详细查明地表水对矿井充水的方式、地段,分析论证其对矿床开采的影响,提出地表水防治的建议。

5.2.3.8 调查老空区的分布范围、深度、积水和塌陷情况,调查与主要含水层、地表水体之间的水力联系,大致圈定老空区,估算积水量,评价对地下水和地表水环境影响,提出开采时对老空水的防治建议。

5.2.3.9 对有热水、气(有害气体,下同)的矿床应详细查明热水、气的分布、压力、温度、梯度、流量,大致查明热水、气的来源及其控制因素,有害气体成分及其浓度,地热盖层的厚度,热异常区的范围、温度以及热水、气对矿床开采的影响。

5.2.3.10 冻土地区矿床应详细查明冻土的类型、分布、厚度、冻结层上水、层间水、冻结层下水的空间分布、富水性及其对矿床开采的影响。

5.2.3.11 水溶法开采的盐类矿床,应详细查明矿层的空间分布,查明各含水层与矿层的空间关系及其水力联系情况。对盐类矿石应进行可溶性试验。对盐类矿床顶底板的稳定性及地温应进行重点勘查。对已开采的巨厚层盐类矿床,可测定溶腔的形状和体积。

5.2.3.12 勘探阶段的地温工作应根据不同情况分别对待(参照 GB 11615 规定执行)。

5.2.3.13 勘查工作结束后,部分勘探孔留作动态观测和供水,其余勘探孔应进行封孔处理。

5.2.3.14 扩大延深勘探矿区应充分研究已有勘探和矿山生产资料,评价矿区的水文地质条件。详细查明主要充水含水层、断裂破碎带及矿区水文地质边界在平面和深部的变化,当水文地质条件变化不大时,可用比拟法预测矿坑涌水量,否则应按新矿区的要求进行勘探。当深部发现新的充水含水层和导水构造破碎带时,应按 5.2.3 执行,可根据实际条件结合已有的矿山巷道进行放水试验,查明深部含水层

富水性变化及地下水流场特征,预测矿井(坑)涌水量。

5.2.3.15 孔隙充水矿床应着重查明含水层的成因类型,分布、岩性、厚度、结构、粒度、磨圆度、分选性、胶结程度、富水性、渗透性及其变化;查明流砂层的空间分布和特征,含(隔)水层的组合关系,各含水层之间、含水层与弱透水层以及与地表水之间的水力联系,评价流砂层的疏干条件,分析大气降水和地表水对矿床开采的影响。

5.2.3.16 裂隙充水矿床应着重查明裂隙含水层的裂隙性质、规模、发育程度、分布规律、充填情况及其富水性,岩石风化带的深度和风化程度,构造破碎带的性质、形态、规模及其与各含水层和地表水的水力联系,裂隙含水层与其相对隔水层的组合特征。

5.2.3.17 岩溶充水矿床应着重查明岩溶发育与岩性、构造等因素的关系,岩溶空间上的分布规律、充填深度和程度、富水性及其变化,地下水主要径流带的分布等。溶水充水矿床应查明的具体问题如下:

- a) 以溶隙、溶洞为主的岩溶充水矿床,应查明上覆松散层的岩性、结构、厚度,或上覆岩石风化层的厚度、风化程度及其物理力学性质,分析在疏干排水条件下产生突水、突泥、地面塌陷的可能性,塌陷的程度与分布范围以及对矿井充水的影响;查明断层、陷落柱的导(阻)水性,岩溶陷落柱空间展布特征;对层状发育的岩溶充水矿床,还应查明相对隔水层和弱含水层的厚度及分布。
- b) 以地下河为主的岩溶充水矿床,应着重查明岩溶洼地、漏斗、落水洞等的位置及其与地下河之间的联系;地下河发育与岩性、构造等因素的关系;地下河的补给来源、补给范围、补给量、补给方式及其与地表水的转化关系;地下河入口处的高程、流量及其变化;地下河水系与矿体之间的相互关系及其对矿床开采的影响。

5.2.3.18 直接充水矿床应着重查明直接充水含水层的富水性、渗透性、底板充水含水层的承压性,地下水的补给来源、补给边界、补给途径和地段;直接充水含水层与其他含水层、地表水、导水断裂的关系。当充水含水层裸露时,还应查明地表汇水面积及大气降水的入渗补给强度。

5.2.3.19 顶板间接充水矿床应着重查明直接顶板隔水层或弱透水层的分布、岩性、厚度及其稳定性、岩石的物理力学性质和水理性质、裂隙发育情况、受断裂构造破坏程度,研究和估算采动导水裂缝带高度(参见附录 A),分析主要充水含水层地下水进入矿井的地段。

5.2.3.20 底板间接充水矿床应着重查明承压含水层流场特征,直接底板的岩性、厚度及其变化,岩石的物理力学性质和水理性质,断裂构造对底板完整性的破坏程度,研究和计算采动对底板扰动破坏深度,分析论证可能产生的底鼓、突水的地段(参见附录 C)。

5.2.3.21 开展水资源综合利用评价,计算矿坑涌水量,预测开采过程中发生突水的可能性,提出含水层保护建议,指出供水水源方向。

5.3 勘查工程布置原则及工程量

5.3.1 勘查工程布置原则

5.3.1.1 结合矿区具体条件,把矿区和区域的地下水、地表水和大气降水作为统一系统进行研究。应重视水文地质测绘和钻孔简易水文地质观测与编录等基础工作,配合地面物探或井中物探,因地制宜地进行适当规模的抽水试验,运用多种勘查手段,加强综合分析研究,从而查明矿区的水文地质条件及主要充水因素。

5.3.1.2 水文地质勘探钻孔宜构成剖面,既控制地下水天然流场的补给、径流、排泄的各个地段;又要控制开采后流场的变化,特别是进水通道地段;勘探钻孔应揭穿主要含水层或含水构造带。

5.3.1.3 多孔或群孔抽水试验的主孔宜布在主要充水含水层的富水段或强径流带上。应有足够的观测孔(点),观测孔布置建立在系统整理、研究各勘查资料的基础上,根据试验目的、水文地质分区情况、矿井(坑)涌水量计算方案等要求确定,宜利用地质勘查钻孔、地下水天然或人工露头作为观测孔(点)。对

于垂向上具有明显非均质特征的巨厚含水层,在大降深疏干条件下,应分层观测地下水水位,研究地下水水位在垂向上的梯度变化。

5.3.2 勘查工程量

5.3.2.1 各类型充水矿床勘查所需的基本工程量应结合矿区的具体情况确定,以满足相应的勘查程度要求为原则。各类型的充水矿床的水文地质工作基本工程量可参照表2、表3执行。

5.3.2.2 表2、表3工程量指各勘查阶段的基本工程量,小型矿床可酌减。

5.3.2.3 表2、表3所列抽水试验和动态观测孔的数量,指控制矿区主要充水含水层的基本工程量,次要充水含水层及构造破碎带应根据矿区的具体条件增加相应的工程量。

5.3.2.4 矿区附近有水文地质条件相似的生产矿山及水源井资料可利用时,可适当减少抽水试验的工作量。

表2 孔隙裂隙充水为主的矿床水文地质工作基本工程量表

项目	勘查阶段	工程量						
		孔隙充水为主的矿床			裂隙充水为主的矿床			
		简单	中等	复杂	简单	中等	复杂	
水文地质测绘比例尺	普查、详查	1:50 000~1:10 000						
	勘探	1:5 000~1:2 000(煤矿床:1:10 000~1:2 000)						
钻孔简易水文地质观测与编录占地质孔的比例/%	普查、详查、勘探	全部钻孔均进行编录和观测,可根据实际需要选择观测项目和观测频率						
坑道水文地质观测与编录	普查、详查、勘探	全部坑道均应进行编录,观测坑道排水量						
水文地质剖面数(条)	详查	1	1~2	2~4	0~1	1~2	2~3	
	勘探	1~2	2~3	4~6	1~2	2~3	3~5	
加深揭露底板充水含水层钻孔(个)	详查、勘探	—				各水文地质剖面不少于3孔		
分层静止水位观测孔数(个)	详查、勘探	全部水文地质孔			—		全部水文地质孔	
抽(放)水试验	单孔(个)	详查	0~2	2~4	4~6	0~2	2~3	3~5
		勘探	0~2	—	—	0~2	1~2	2~3
	多孔(组)	详查	—	—	2~3	—	—	1~2
		勘探	—	1~2	—	—	0~1	—
	群孔(组)	详查	—	—	—	—	—	—
		勘探	—		1~2	—		1
水动态长期观测	地表水(处)	普查、详查	应根据查明水文地质条件、矿井(坑)涌水量计算和水源地选择的需要,选代表性地段设站,进行长期动态观测					
		勘探	应根据实际需要,对详查阶段各站取舍和补充,进行长期动态观测					
	钻孔(个)	普查、详查	0~1	3~5	5~7	1~2	3~5	7~10
		勘探	应根据需要对详查阶段钻孔取舍和补充,进行长期动态观测					

表 2 (续)

项目		勘查阶段	工程量					
			孔隙充水为主的矿床			裂隙充水为主的矿床		
			简单	中等	复杂	简单	中等	复杂
水动态 长期 观测	井泉(个)	普查、详查、勘探	应根据实际需要选择代表性点,进行长期动态观测					
	勘查坑道或生产 矿井	普查、详查、勘探	勘探坑道和主要生产矿井应设排水量观测站,进行长期动态观测					
	水化学样、细菌样 检验	普查、详查、勘探	可作水源地的井、泉、地表水应按丰、枯季取样,必要时按季度加密取样					
水化学分析		普查、详查、勘探	应选择代表性水点,以控制地表水、地下水水化学类型、评价水环境质量和侵蚀性为原则。作为生活用水水源的应按饮用水标准取样分析。矿体为含水层的,应分析与矿床相关的重金属离子					
地面物探		普查、详查、勘探	视勘查工作需求进行地面物探,宜采用多种方法综合测定					
钻孔水文物探测井		普查、详查、勘探	应在全部水文地质孔进行					
气象观测		详查、勘探	远离气象台站的矿区,气象变化大,应建立临时性的降水、气温观测站					
遥感解译		详查、勘探	可配合水文地质测绘,开展相应比例尺的遥感解译					
同位素分析		详查、勘探	可选择代表性点取样,以控制地下水的补径排条件与转化关系为原则					
孔内电视测试		详查、勘探	裂隙充水复杂矿区,可选择 1/3~1/2 水文地质钻孔进行孔内电视测试					
<p>注 1: 表中的工程量指各勘查阶段的基本工作量,小型矿床可酌减,但对于条件复杂的矿床不能减少。</p> <p>注 2: 表中的地面物探、遥感解译和同位素分析根据工作需要选择,并非强制性的工作量。</p> <p>注 3: 能够满足勘查要求的已有技术资料,可纳入勘查工程量。</p> <p>注 4: 详查阶段的工程量在完成普查阶段工程的基础上布置,勘探阶段的工程量在完成详查阶段的工程量基础上布置。</p> <p>注 5: 在富水性弱且无法进行抽水试验时方可进行注水试验,求取的渗透系数一般仅做参考,不宜用于涌水量的计算。</p>								

表 3 岩溶充水为主的矿床水文地质工作基本工程量表

项目	勘查阶段	工程量						
		溶蚀裂隙充水为主的 岩溶充水矿床			溶洞充水为主的 岩溶充水矿床			地下河充水为 主的岩溶充水 矿床
		简单	中等	复杂	简单	中等	复杂	复杂
水文地质测绘比例尺	普查、详查	1 : 50 000~1 : 10 000						
	勘探	1 : 5 000~1 : 2 000(煤矿床:1 : 10 000~1 : 2 000)						

表 3 (续)

项目		勘查阶段	工程量						地下河充水为主的岩溶充水矿床
			溶蚀裂隙充水为主的岩溶充水矿床			溶洞充水为主的岩溶充水矿床			
			简单	中等	复杂	简单	中等	复杂	
钻孔简易水文地质观测与编录占地质孔的比例/%		普查、详查、勘探	全部钻孔均进行编录和观测,可根据实际需要选择观测项目和观测频率						
水文地质剖面数(条)		详查	0~1	1~2	2~4	0~1	1~2	2~4	3~5
		勘探	1~2	2~3	3~5	1~2	2~3	3~5	5~7
加深揭露底板充水含水层钻孔(个)		详查、勘探	—	各水文地质剖面不少于3孔		—	各水文地质剖面不少于3孔		
分层静止水位观测孔数(个)		详查、勘探	—	全部水文地质孔		—	全部水文地质孔		
抽(注、放)水试验	单孔(个)	详查	—	3~4	4~6	—	4~6	6~8	应根据实际条件和需要确定
		勘探	0~2	1~2	2~3	1~2	2~3	2~3	
	多孔(组)	详查	—	—	1~2	—	—	1~2	
		勘探	—	1~2	—	—	1~2	—	
群孔(组)		勘探	—	—	1~2	—	—	1~2	
连通试验		勘探	—			可在钻孔和地下河中进行			
水动态长期观测	地表水(处)	普查、详查	应根据查明水文地质条件、矿井(坑)涌水量计算和水源地选择的需要,选代表性地段设站,进行长期动态观测						
		勘探	应根据需要对详查阶段的站取舍和补充,进行长期动态观测						
	钻孔(个)	普查、详查	1	3~5	5~7	1~2	3~7	5~9	根据需要确定
		勘探	应根据需要对详查阶段钻孔取舍和补充,进行长期动态观测						
	地下河	普查、详查、勘探	—						应在出(入)口处设站长期动态观测
	井泉	普查、详查、勘探	应根据需要选择代表性点,进行长期动态观测						
	生产矿井或勘探坑道	普查、详查、勘探	勘探坑道及主要生产矿井应设排水量观测站						
水化学样、细菌检验样	普查、详查、勘探	可作为水源地的井、泉、地表水点应按丰、枯季取样,必要时按季度加密取样							
水化学分析		普查、详查、勘探	应选择代表性水点,以控制地表水、地下水、水化学类型、评价水环境质量和侵蚀性为原则。作为生活用水水源的应按饮用水标准取样分析。矿体为含水层的,应分析与矿床相关的重金属离子						
同位素分析		勘探	—	—	代表性点可取样分析	—	—	可选择代表性点取样,以控制地下水的补径排条件与转化关系为原则	

表 3 (续)

项目	勘查阶段	工程量						
		溶蚀裂隙充水为主的岩溶充水矿床			溶洞充水为主的岩溶充水矿床			地下河充水为主的岩溶充水矿床
		简单	中等	复杂	简单	中等	复杂	复杂
地面物探	普查、详查、勘探	视勘查工作需求进行地面物探,宜采用多种方法综合测定						
遥感解译	普查、详查、勘探	可根据需要配合水文地质测绘,开展相应比例尺的遥感解译						
钻孔水文物探测井	普查、详查、勘探	应在全部水文地质孔进行						
气象观测	详查、勘探	远离气象台站的矿区,气象变化大时,应建立临时性的降水、气温观测站						
孔内电视测试	详查、勘探	在岩溶充水的复杂矿区,可选择 1/3~1/2 的水文地质孔进行孔内电视测试						
<p>注 1: 表中的工程量指各勘查阶段的基本工作量,小型矿床可酌减,但对于条件复杂的矿床不能减少。</p> <p>注 2: 表中的地面物探、遥感解译和同位素分析根据工作需要选择,并非强制性的工作量。</p> <p>注 3: 能够满足勘查要求的已有技术资料,可纳入勘查工程量。</p> <p>注 4: 详查阶段的工程量在完成普查阶段工程的基础上布置,勘探阶段的工程量在完成详查阶段的工程量基础上布置。</p> <p>注 5: 在富水性弱且无法进行抽水试验时方可进行注水试验,求取的渗透系数一般仅做参考,不宜用于涌水量的计算。</p>								

5.4 勘查技术要求

5.4.1 水文地质测绘

5.4.1.1 水文地质测绘分为区域和矿区两种。区域水文地质测绘范围宜包括一个完整的水文地质单元,以查明区域地下水的补给、径流、排泄条件为重点,水文地质条件简单的矿区,可不进行区域水文地质测绘;矿区水文地质测绘应包括矿床疏干可能影响的范围及补给边界,以查明矿床充水因素及矿区水文地质边界条件为重点。

5.4.1.2 水文地质测绘比例尺,区域一般采用 1:50 000~1:10 000;煤矿区一般采用 1:10 000~1:2 000,其他矿区一般采用 1:5 000~1:2 000。不同比例尺的水文地质测绘每平方千米的观测点数和观测线路长度参见表 4。

5.4.1.3 水文地质测绘一般在地质测绘的基础上进行,应全面收集和充分利用航(卫)片解译、区域水文地质普查和相邻矿区的资料。

5.4.1.4 应全面收集矿区及相邻地区历年的水文、气象资料;详细调查矿区地形地貌、地下水的天然和人工露头及其水化学特征、岩溶发育情况、第四系松散层的形成与分布、地下水的补给、径流、排泄条件,圈定矿区水文地质边界;应调查地表水体的分布、水位、水深、流量、容量、洪水淹没范围、延续时间及其与地下水的关系;调查矿山老空区的分布及积水情况;对现有生产矿井或勘探坑道进行水文地质编录,系统收集生产矿井(或露天采矿场)的水文地质资料,包括井下水仓标高、井下涌(排)水量与其同时期的

降雨资料及地下水位变化情况、矿井顶、底板保护方法、矿区地表塌陷程度等；应采集代表性岩(土)样进行物理力学和水理性质测试。

表 4 水文地质测绘工程量表

测绘比例尺	地质观测点数 个/km ²		水文地质观测点数 个/km ²	观测路线长度 km/km ²
	孔隙充水矿床	裂隙、岩溶充水矿床		
1 : 50 000	0.30~0.60	0.75~2.00	0.30~0.60	1.00~2.00
1 : 25 000	0.60~1.80	1.50~3.00	1.00~2.50	2.50~4.00
1 : 10 000	1.80~3.60	3.00~8.00	2.50~7.50	4.00~6.00
1 : 5 000~1 : 2 000	3.60~7.20	6.00~16.00	5.00~15.00	6.00~12.00
注 1：同时进行地质和水文地质测绘时，表中地质观测点数乘以 2.5；草测水文地质测绘时，观测点数为规定数的 40%~50%。水文地质条件简单时采用小值，中等时采用中间值，复杂时采用大值。 注 2：进行遥感解译并取得预期效果时，野外测绘工作量可按规定指标减少 30%~50%。				

5.4.2 水文地质物探

5.4.2.1 水文地质物探方法可根据矿床的水文地质条件、被探物体的物理特征及需要查明的问题进行选择，工作时宜采用多种物探方法综合勘探。

5.4.2.2 物探工作量的布置、测网的密度、参数的确定、检查点的数量及精度要求，参照相关物探规范。

5.4.2.3 物探资料应结合矿区地质及水文地质条件进行综合分析。简易水文地质观测与编录

5.4.3 钻孔简易水文地质观测与编录

5.4.3.1 钻孔简易水文地质观测与编录

5.4.3.1.1 应观测和详细记录钻进中涌(漏)水、掉块、塌孔、缩(扩)径、逸气、涌砂、掉钻等现象发生的层位和深度，测量涌(漏)水量。有条件时，应观测钻进中动水位和冲洗液消耗量的变化，必要时测量稳定水位并进行简易放(注)水试验。

5.4.3.1.2 应描述岩芯的岩性、结构构造、裂隙性质、密度、岩石的风化程度和深度以及岩溶形态、大小、充填情况、发育深度，统计裂隙率、岩溶率，划分含水层段和隔水层(段)。

5.4.3.1.3 单一含水层(组)的钻孔应测定终孔稳定水位。

5.4.3.2 坑道水文地质观测与编录

5.4.3.2.1 应描述地层岩性及其产状，矿体的厚度、产状、形态变化，围岩性质、蚀变类型，矿体与围岩的风化程度，岩浆岩情况，裂隙发育特征，构造破碎带的性质、宽度、产状、充填物及充水现象，坑道顶板的稳固性及支护情况等。

5.4.3.2.2 应观测和记录干燥区、潮湿区、滴水区、淋水区的分布。

5.4.3.2.3 应观测和记录坑道出水点位置、流量、水温、pH 值，坑道总涌水量、水温、pH 值。

5.4.4 水文地质钻探

5.4.4.1 水文地质钻孔应具有代表性，一般布置在首期开采地段或第一开采水平、高级储量区；富水性较强、裂隙或岩溶较发育、构造破碎带发育地段；地表水体附近或地形较低处。

5.4.4.2 钻孔控制深度以揭穿主要目的层为原则,重点控制第一期开拓水平,少数孔兼顾矿体主要储量分布标高。对底板直接或间接充水的矿床,应按勘查剖面加深控制,其深度以揭穿含水层的裂隙、岩溶发育带为原则。

5.4.4.3 钻孔施工宜采用清水钻进,当地层破碎不能用清水钻进时,应在主要含水层或试验段(观测段)用清水钻进,若必须采用泥浆钻进时,应采取有效的洗井措施。

5.4.4.4 钻孔揭露多个含水层时,应测定分层稳定水位;分层抽水试验时应观测各个含水层的水位;分层抽水试验和分层测水位的钻孔,应严格止水,并检查止水效果,不合格时应重新进行。

5.4.4.5 钻孔孔径视钻孔目的确定,抽水试验孔试验段孔径视含水层富水性、满足洗孔要求和下入选定的水泵为原则,终孔孔径一般不小于 91 mm,水位观测孔观测段孔径应满足止水和水位观测的要求。

5.4.4.6 钻孔岩芯采取率:岩石应大于 70%,破碎带应大于 60%,黏土应大于 70%,砂和砂砾层应大于 50%。当采用水文物探测井,能正确划分含(隔)水层位置和厚度时,可适当减少取芯。

5.4.4.7 钻孔的孔斜应满足选用抽水设备和水位观测仪器的工艺要求。

5.4.4.8 应结合矿区的物性条件,选择有效的方法进行水文物探测井(含井中测流)。

5.4.4.9 除留作长期观测外的钻孔均应封孔,封孔方法宜结合水文地质条件和可能的开采方式确定。

5.4.5 水文地质试验

5.4.5.1 抽(放)水试验

5.4.5.1.1 抽(放)水试验的基本要求

抽(放)水试验前应获得自然流场水位和变化趋势的资料。试验过程中,严禁抽出的水就地排放,造成回渗或倒灌。同时注意观测地面塌陷、沉降等现象。

5.4.5.1.2 抽(放)水试验方法

抽(放)水试验方法分为稳定流和非稳定流,可根据概化的水文地质概念模型和水文地质参数计算的要求选择。

5.4.5.1.3 稳定流抽(放)水试验要求

稳定流抽(放)水试验应满足下列要求:

- a) 水位降深根据试验目的和含水层富水程度确定,应尽设备能力做一次最大降深,其值宜不小于 10 m;当采用涌水量与降深相关方程预测矿井(坑)涌水量时,应进行 3 次水位降深的抽水试验。当单位涌水量小于 $0.01 \text{ L}/(\text{s} \cdot \text{m})$ 时,可进行 1 次水位降深的抽水试验。
- b) 稳定时段延续时间宜根据含水层的特征、补给条件确定。单孔抽水试验最低不少于 8 h,潜水层抽水、带观测孔抽水和有越流以及潮汐影响的抽水应适当延长。
- c) 稳定时段内钻孔水位、流量稳定程度应结合区域地下水动态变化确定。观测孔水位变化不大于 2 cm。
- d) 抽水试验过程中应记录水位下降、流量、水温和水位恢复的连续观测资料。
- e) 对于自流井采用定降深放水试验。在条件允许的情况下,采用压力观测进行放水降压试验。

5.4.5.1.4 非稳定流抽(放)水试验要求

非稳定流抽(放)水试验应满足下列要求:

- a) 非稳定流抽水试验宜采用定流量或阶梯定流量抽水,也可用定降深抽水,其降深值可参照 5.4.5.1.3 a) 执行。

- b) 抽水孔水位、流量累计观测时间可按对数轴上的分格点进行。
- c) 抽水延续时间应根据试验目的、参照水位降深-时间半对数曲线 S (或 Δh^2)— $\lg t$ 形态确定,当曲线出现固定斜率的渐近线时,观测时间需后延一个对数周期;有越流补给时,观测时间则需曲线经过拐点后趋于水平时为止;有观测孔时,应以代表性观测孔的 S (或 Δh^2)— $\lg t$ 曲线判定。
- d) 停止抽水后,应立即观测恢复水位,观测时间参照 5.4.5.1.4 b) 执行。
- e) 对于自流井采用定降深放水试验。在条件允许的情况下,采用压力观测进行放水降压试验。

5.4.5.1.5 分层抽水

具有多层含水层的矿区,需要分层评价时应进行分层抽水试验。水文地质条件允许时可用井中测流方法进行混合抽水,分层求取水文地质参数。

5.4.5.1.6 大型抽(放)水试验

大型抽(放)水试验应满足下列要求:

- a) 大型抽(放)水试验宜在勘探后期进行,应建立在获得矿区水文地质条件和天然流场及其动态变化资料的基础上。
- b) 水位降深、降深次数和延续时间视矿区水文地质条件、试验目的和计算方法确定。抽水水量应能够明显地改变原有的地下水流场,验证矿区的水文地质边界条件。
- c) 观测孔(点)应根据试验目的和计算方法确定。宜布在不同的富水区、参数区、边界水量交换地段以及地表水体、“天窗”、断裂带等地段,必要时外围区亦应布少数孔控制。
- d) 基建矿山补充水文地质工程地质勘查时,应充分利用已有的井巷工程,施工井下放水孔,分层观测地下水水位,进行大型放水试验。
- e) 具体观测方法应按专项设计执行。

5.4.5.1.7 水文地质参数计算

抽水试验结束后,应充分利用水位抽降、涌水量观测数据及水位恢复观测数据,采用稳定流和非稳定流的理论,计算含水层的渗透系数、导水系数、给水度、释水系数等需要的水文地质参数。

5.4.5.2 注水试验

对于透水性较强且不能进行压水试验或抽水试验的区域,宜进行注水试验,计算岩土体的渗透系数,常用的注水试验方法有钻孔常水头注水试验和钻孔降水头注水试验。根据注水试验求取渗透系数,一般仅做参考,不宜用于涌水量的计算。

5.4.5.3 连通试验

水文地质条件复杂的以地下河充水为主的岩溶水充水矿床,条件适合区域应进行连通试验,确定地下水的流向、补给来源、补给范围、补给速度及地下水与地表水的关系,常用的方法有水位传递法、示踪法和气体传递法等。

5.4.6 地表水、地下水动态观测

5.4.6.1 矿区进入普查阶段即应选择代表性井、泉、钻孔、生产矿井、地表水、坑道等进行动态观测,建立长期动态观测网,详查阶段和勘探阶段应进一步充实和完善。观测内容包括:水位、水量、水温和水质。

5.4.6.2 水位、水量、水温观测,每隔 5 d~10 d 一次,雨季或急剧变化时段加密。日变幅大的地区,应选

定一个时段进行微动态观测；水质一般按丰、枯季取样。连续观测时间不少于一个水文年，当勘查周期不足一年的中、小型矿床或水文地质条件简单的矿区可视矿区条件酌定，但应控制丰水期。

5.4.6.3 地下水动态观测设施应采取有效措施予以保护，勘查工作结束后由生产部门继续观测。

5.4.7 同位素分析

5.4.7.1 必要时可应用同位素技术，系统研究矿区地下水的来源、地下水年龄、水循环特征和转化关系。

5.4.7.2 调查精度与水文地质测绘一致，建立水化学同位素剖面。

5.4.7.3 样品采取宜统一考虑矿区范围内大气降水、地表水和地下水，采样点布置应考虑补给区、径流区、排泄区分布，沿地下水流向布置；可跨越不同水文地质单元，以分析它们之间的水力联系；注意不同高程、不同层位的样品采集；若地下水动态变化明显，应分丰、枯季节采集样品。

5.4.7.4 与水化学配套平行取样，以提供互补信息。

5.4.7.5 可采用多种同位素方法。

5.4.8 遥感解译

5.4.8.1 宜采用先进遥感技术方法，查明采矿影响区范围内环境地质问题，分析矿山地质环境演变趋势。

5.4.8.2 遥感解译包括水文地质条件解译和野外验证。

5.5 矿井(坑)涌水量计算

5.5.1 勘查设计时应根据已有水文地质资料，初步确定矿井(坑)涌水量计算方案；在勘查过程中，随着对矿区水文地质条件认识的深化逐步进行修正和完善。

5.5.2 应根据矿区水文地质特征、边界条件、充水方式，建立矿区水文地质概念模型和数学模型，选择有代表性的参数及合理的方法计算矿区先期开拓水平的正常涌水量和最大涌水量。需预先疏干的矿床，应计算相应水平疏干漏斗范围内的地下水储量。必要时，估算最低开拓水平的正常和最大涌水量。主矿体在侵蚀基准面以上、水文地质条件简单的矿区，可计算全矿区的正常和最大涌水量。

5.5.3 矿井(坑)涌水量计算方法应根据勘查阶段要求和矿区具体条件选择。详查阶段可采用水文地质比拟法、水均衡法、试验性开采抽水法、数理统计法、解析法等；勘探阶段可采用数值模型法，水文地质条件简单或富水性较弱时，可采用均衡法、比拟法、开采试验法等。按照 DZ/T 0342—2020 的规定，根据概化的矿区水文地质概念模型和所获得的各项水文地质参数情况选择计算方法，有条件时应采用多种方法计算和对比。

5.5.4 对计算成果应进行详细评述，推荐作为矿山先期开拓水平疏干排水设计的矿井(坑)涌水量，分析论证计算涌水量可能偏大或偏小的原因及矿床开采后矿井充水因素和涌水量的变化。

5.5.5 露天开采的矿山应计算暴雨降入采坑的水量、暴雨汇入采坑的地表径流量、采坑内地下水的涌出量。

5.6 涌(突)水危险性评价

勘探阶段分析论证矿区充水水文地质条件，确定影响矿区涌(突)水特征的主要控制因素。存在顶板水害威胁的矿区可采用导水裂缝带高度(参见附录 A)，煤矿床可采用“三图双预测法”(参见附录 D)进行矿区涌(突)水危险性预测评价；存在底板水害威胁的矿区可采用“突水系数法”(参见附录 C)，煤矿床可采用“脆弱性指数法”(参见附录 D)等方法进行涌(突)水危险性预测评价。进行涌(突)水危险性勘查时应着重考虑以下充水因素：

- a) 地表水:矿区的地形地貌、植被、水体岸线的侵蚀(淤积)情况、现有水利工程与矿区的位置关系、相关的设计标准,以往及今后矿区附近水利工程对相关水体水文参数的影响。收集并分析矿区附近气象和水文的观测资料,资料的观测年限不宜少于20 a。当矿体位于水体之下时,应着重查明矿体之上含水层与隔水层的空间分布规律、富水性、隔水性能、断裂带的导(阻)水性、水体与矿体的水力联系等。
- b) 洪水:历史上曾经发生过的特大洪水、洪水的历史最高水位、近年来洪水最高水位、调查河段及附近测站的历年洪水水位、洪峰流量、比降及相应暴雨资料等。
- c) 断层:断层破碎带的位置、规模、性质、产状、充填与胶结程度、风化及溶蚀特征、富水性和导水性及其变化、沟通各含水层以及地表水的程度。
- d) 老空水:老空区的空间分布特征、积水性,老空水的水质、动态变化及与矿体的水力联系等。
- e) 陷落柱:调查煤矿附近陷落柱的发育情况、煤层下伏石灰岩地层的分布特征、岩层倾角的大小、构造的展布、下伏含水层的水头等。
- f) 封闭不良钻孔:钻孔贯穿的含水层的层数、厚度、富水性、隔水层的隔水性能、导水区段、与地表水体的水力联系等。
- g) 岩溶管道流:岩溶管道流的动态特征、补给来源、与大气降水的关系等。

5.7 矿区水资源综合利用评价

5.7.1 可在收集资料、区域水文地质测绘、矿区水文地质勘探的基础上,宜以完整的水文地质单元进行地下水资源量评价,宜进行矿床开发对区域地下水动力场影响分析,研究地下水系统边界性质的变化,为矿区水资源综合利用和地质环境保护提供依据。

5.7.2 可按照 GB/T 14848 和 GB 5749 评价地下水质量。根据水文地质环境地质条件,预测矿床及地下水开采条件下地下水质量变化情况。

5.7.3 应对矿区排水利用的可能性、利用方向、可利用程度等进行综合利用评价。

5.7.4 矿区内有可供利用的供水水源时,应根据现有资料做出评价;矿区无可供利用的水源时,应在区域上指出供水方向。

5.7.5 综合考虑矿区排水、供水需求、生态环境保护,宜采用矿区排水、供水、生态环保三位一体优化结合的管理模式和方法。

5.7.6 矿区内有地下热水时,应按 GB/T 11615 的规定圈定热异常范围,大致查明热水的形成条件,估算热量,测定其化学成分,分析热水开发利用前景。

5.7.7 根据矿区水化学分析成果,研究赋存矿泉水的可能性,对达到 GB 8537 规定的水点,应对其利用的可能性做出初步评价,提出进一步工作的建议。

6 矿区工程地质勘查

6.1 勘查类型划分

6.1.1 依据矿体、围岩工程地质特征、主要工程地质问题出现的层位,将矿区工程地质勘查分为五类:

- a) 第一类 松散、软弱岩类:以砂、砂砾石、黏性土、弱胶结的砂质、粘土质岩石为主的岩类。岩体稳定性取决于岩性、岩层结构和饱水情况。勘查中应着重查明岩(土)体的岩性、结构及其物理力学特征。
- b) 第二类 碎裂岩类:具有碎裂结构或碎斑结构的岩类,是原岩在较强的应力作用下破碎而形成的。碎裂岩完整性差、强度大大降低,呈弹塑性介质,稳定性差。岩体的稳定性取决于结构面

的展布及其组合特征。勘查中应着重查明Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ、Ⅴ级结构面(按照附录 E)的分布、产状、延伸情况、充填物、粗糙度及其组合关系。

- c) 第三类 块状岩类:以火成岩、结晶变质岩为主的岩类。块状结构,岩体稳定性取决于构造破碎带、蚀变带及风化带的发育程度,一般岩体稳定性好。勘查中应着重查明Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ级结构面(按照附录 E)的分布、产状、延伸情况、充填物、粗糙度及其组合关系;蚀变带的宽度、破碎程度;风化带深度及风化程度。
- d) 第四类 层状岩类:以碎屑岩、沉积变质岩、火山沉积岩为主的岩类。层状结构,岩体各向异性,强度变化大。岩体稳定性主要取决于层间软弱面、软弱夹层、构造破碎及岩体风化程度。勘查中应着重查明岩层组合特征;软弱夹层分布位置、数量、黏土矿物成分、厚度及其水理、物理力学性质;构造破碎带的成因、发育规模、充填物情况、导水性等。
- e) 第五类 特殊岩类:可溶岩类以碳酸盐岩为主,次为硫酸盐岩、盐岩等岩类,工程地质条件一般较复杂,勘查中应着重查明岩溶和蚀变带的空间分布和发育程度,可溶岩的溶解性,构造对可溶岩的改造程度,溶蚀洞穴的规模及充填情况,第四系松散层和软弱层的分布、厚度、岩性、结构和物理力学性质;膨胀岩类勘查中应着重查明膨胀岩(土)体的岩性、矿物、产状、分布、节理、裂隙,膨胀性等物理力学性质,所处的地貌单元,地表水和地下水水文状况,以及气象资料等。

6.1.2 根据地形、地貌、地层岩性、地质构造、岩体风化(参见附录 F)及岩溶发育程度、第四系覆盖层厚度、地下水静水压力等因素,将工程地质勘查的复杂程度划分为三型:

- a) 简单型:地形地貌条件简单,地形有利于自然排水,地层岩性单一,风化土(岩)层厚度小,地质构造简单,岩溶不发育,岩体结构以块状或厚层状结构为主,岩石强度高,稳定性好,不易发生矿山工程地质问题。
- b) 中等型:地层岩性较复杂,地质构造发育,风化及岩溶作用中等或有软弱夹层及局部破碎带和饱和砂层等因素影响岩体稳定,局部地段易发生矿山工程地质问题。
- c) 复杂型:地层岩性复杂,岩体破碎,风化程度高(参见附录 F),岩溶作用强,构造破碎带发育,区域新构造活动强烈或松散软弱层厚度大、含水砂层多、分布广,地下水具有较大的静水压力,矿山工程地质问题经常发生且较普遍。

6.2 勘查程度要求

6.2.1 普查阶段勘查程度要求

收集资料,大致了解勘查区开发建设的工程地质条件,初步划分矿区工程地质勘查类型。

6.2.2 详查阶段勘查程度要求

基本查明矿区的工程地质条件,划分矿区工程地质勘查类型,分析可采矿体顶底板工程地质特征、露采矿区剥离物及边坡的工程地质特征,对可能影响勘查区开发建设的工程地质条件做出评价。

6.2.3 勘探阶段勘查程度要求

6.2.3.1 勘探阶段勘查程度基本要求

6.2.3.1.1 在研究矿区地层岩性、厚度及分布规律的基础上,应划分岩(土)体的工程地质岩组,查明对矿床开采不利的软弱岩组的性质、产状与分布。

6.2.3.1.2 应详细查明矿区所处构造部位,主要构造线方向,各级结构面的分布、产状、形态、张开度、充填胶结特征、规模、充水情况及其组合关系与力学效应,确定结构面的级别(见附录 E)及主要不良优势

结构面,指出其对矿床开采的影响。对活动构造区,应查明活动断裂对矿床开采的影响。划分和圈定易产生岩爆的岩体层位、地段位置,提出预防措施。

6.2.3.1.3 详细查明矿体及围岩的岩体结构、岩体质量,按照附录 G、附录 E 对岩体质量及其稳定性做出评价,露天采场应对边坡稳定性提出评价意见。对活动构造区应查明活动断裂对矿床开采的影响。

6.2.3.1.4 在查明地形地貌、地层、构造、水文地质条件的基础上,进行工程地质分区,详细论述各分区的工程地质特征。

6.2.3.1.5 可溶岩类矿床应详细查明岩溶发育主要层位、深度、发育程度和主要特征、充水、充填情况、连通性及表部覆盖层的厚度、岩性、结构特征;对多层可溶性岩层,应对各可溶性岩层对矿床开采的影响做出初步评价。膨胀岩类矿床应详细查明膨胀岩(土)体的种类、物理化学性质、所在地貌单元及地下水的状况。

6.2.3.1.6 应详细查明岩体的风化程度、风化带厚度、风化带界面及标高、强风化带的物理力学性质。对强蚀变矿区,应确定主要蚀变作用,圈定蚀变范围。

6.2.3.1.7 应系统、完整地测定露采和井采影响范围内各种岩石(土)及主要软弱结构面的物理力学参数。

6.2.3.1.8 矿层及其围岩含黏土的矿区,应查明黏土的矿物成分、分布、厚度及其变化。

6.2.3.1.9 多年冻土区还需查明冻土类型、分布范围、温度(地温)、含冰量,测定多年冻土最大融化深度,季融层及覆盖层剥离后多年冻土融化速度、冻胀率、冻土层的上(下)限,确定冻土的变形特征。

6.2.3.1.10 船采砂矿区应查明松散层砾卵石的粒级、含量及分布、底板纵向和横向坡度、底板岩石硬度、岸坡的岩石组成及坡度,测量砂层水上、水下安息角。

6.2.3.1.11 扩大延深勘探矿区应详细调查矿床开采中已发生的各种工程地质问题,查明其产生的条件和原因,针对扩大延深可能产生的工程地质问题进行相应评价。

6.2.3.1.12 在高地应力矿区应专门进行地应力测量,确定现今地应力场分布特征。

6.2.3.1.13 勘查工作结束后,除了留作应用的钻孔,其余的勘探孔应进行封孔处理。

6.2.3.2 边坡勘探应重点查明的问题

6.2.3.2.1 松散岩(土)类边坡

查明岩(土)层的岩性、结构,黏土岩的矿物成分、含量、分布范围、物理力学性质(特别是抗剪切)和水理性质,查明基岩顶面形态及其埋深,查明地下水水位、含水层透水性及岩石力学强度差异明显的岩层界面位置及特征。

6.2.3.2.2 碎裂岩类边坡

查明各级结构面的空间分布、产状、组合关系,充填物成分、分布及物理力学性质,优势结构面分布、贯通性及与边坡坡向的关系。

6.2.3.2.3 块状岩类边坡

查明边坡与各类结构面的产状、组合关系、结构面的发育程度,充填物成分、分布及物理力学性质,结构面产状与边坡坡向间的关系。

6.2.3.2.4 层状岩类边坡

查明软弱夹层的层位、岩性、厚度、产状、分布;黏土矿物成分、含量、物理力学和水理性质;各类结构面的发育程度和组合关系,含水层的水压等;边坡坡向、岩层倾向和结构面产状的关系等,分析其对边坡

稳定性的影响。

6.2.3.2.5 特殊岩类边坡

可溶岩类边坡着重查明岩溶和蚀变带的空间分布规律、发育程度、可溶岩的溶解性、构造对可溶岩的影响、第四系松散层和软弱层的空间分布、岩性、结构及物理力学性质；膨胀岩类主要查明膨胀岩(土)体的岩性、矿物、分布、节理、裂隙、膨胀性等物理力学性质。

6.2.3.3 剥离物强度勘探应重点查明的问题

6.2.3.3.1 对适宜建设特大型露天开采的矿床,应着重查明岩(矿)石强度的空间分布规律,为选择适合的剥(采)设备提供岩(矿)石的力学强度基础资料。

6.2.3.3.2 运用钻探、物探测井方法,配合岩石物理力学试验进行岩(矿)层对比,着重查明岩(矿)层层序、岩性、厚度、结构;岩(矿)石强度等向深部延伸的变化特点;岩(矿)石裂隙发育程度、规模、密度、产状、充填胶结情况,建立完整的地层柱状及其对比剖面。尤其应查明硬岩层的层位、岩性、厚度、分布及其在剥离物中的比例。

注:按 GB 50021—2001(2009 年版)和 GB/T 50218—2014 的规定,岩石坚硬程度分为五类:第一类坚硬岩,岩石饱和单轴抗压强度 $f_r > 60$ MPa;第二类较硬岩,岩石饱和单轴抗压强度 $60 \text{ MPa} \geq f_r > 30$ MPa;第三类较软岩,岩石饱和单轴抗压强度 $30 \text{ MPa} \geq f_r > 15$ MPa;第四类软岩,岩石饱和单轴抗压强度 $15 \text{ MPa} \geq f_r > 5$ MPa;第五类极软岩,岩石饱和单轴抗压强度 $f_r \leq 5$ MPa。

6.2.3.4 采空区工程地质勘查

6.2.3.4.1 调查采空区的地层岩性、地质构造、开采矿床的层位、层数、深度、厚度及开采方式。

6.2.3.4.2 调查因采空而产生的塌陷、裂缝、台阶的位置、形状、大小、深度、延伸方向、发生时间、发展速度、稳定时间、边建筑物的变形情况。

6.2.3.4.3 调查采空区与岩层产状、主要节理、断层、开采边界、工作面推进方向等的相互关系。

6.2.3.4.4 调查地下水水位的变化幅度,了解采空区附近工农业用水和水利工程建设情况及其对采空区稳定性的影响。

6.2.3.4.5 收集采空区地表沉降水准测量资料。

6.2.3.4.6 对于正在变形的采空区根据工程需要在地面或岩层内布置移动变形观测装置,获得沉降和变形参数。

6.3 勘查工程布置原则和工程量

6.3.1 勘查工程布置原则

6.3.1.1 勘查工程应能控制采矿工程可能影响的范围。

6.3.1.2 在详查的基础上,已确定开采方式的矿区,勘查工程的布置应结合开采方式。

6.3.1.3 井下开采矿区的主要工作量应放在首采地区(段),兼顾深部。根据工程地质条件复杂程度,沿矿体走向和倾向以工程地质剖面控制。

6.3.1.4 应重视地表工程地质测绘和地质孔的岩芯编录等基础工作,结合采矿工程需要,布置工程地质勘查剖面。工程地质钻孔应与地质、水文地质孔相结合,一孔多用。

6.3.1.5 露天开采矿区,边坡勘查的重点是首采区开采地段的长久帮和边帮,以勘查剖面进行控制。

6.3.1.6 剥离物强度勘查重点是首期开采地段,同时对全区作适当控制。勘查线沿岩石强度变化的主导方向布置,其线距视岩石强度变化程度、勘查面积大小而定。剥离物强度为第一类、第二类和第三类

时,矿区一般只宜布少量钻孔进行控制;第四类线距 400 m~1 200 m;第五类可选择少量地质钻孔、水文地质钻孔岩芯进行采样试验。

6.3.1.7 应重视开采引起的地裂缝的调查,结合水准测量确定地面塌陷范围及其沉降值,仍处于变化期间的地裂缝应设置长期变形监测点。

6.3.2 勘查工程量

勘查工程量结合矿区实际情况,参照表 5 确定。

表 5 矿区工程地质勘查工程量表

项目	阶段	工程地质条件复杂程度		
		简单型	中等型	复杂型
工程地质测绘比例尺	详查	1 : 50 000~1 : 10 000		
	勘探	1 : 10 000~1 : 2 000		
钻孔工程地质编录 占地质孔数/%	详查	5~10	10~15	15~20
	勘探	10~20	20~30	30~50
工程地质钻孔/个	详查、勘探	一般不布置		根据需要布置
工程地质剖面/条	详查	—	1~2	2~3
	勘探	0~1	2~3	3~5
室内岩(土)样	详查、勘探	不同工程地质岩组分层取样,井工开采主要可采矿层控制顶板 30 m、底板 20 m 及井巷围岩位置,露天采场控制坑底 30 m~50 m。取样数:每种岩石不少于 3 组,每组岩块数按试验项目确定;松散岩类按岩性、厚度取样,剥离物强度勘查不受此限		
注:每条勘查剖面由 2~5 个工程地质孔或具有工程地质编录的地质孔、水文地质孔组成。				

6.4 勘查技术要求

6.4.1 工程地质测绘

6.4.1.1 测绘范围及精度

工程地质测绘范围为采矿工程可能影响的边界外 200 m~300 m。详查阶段的比例尺为 1 : 50 000~1 : 10 000,勘探阶段的比例尺 1 : 10 000~1 : 2 000。

6.4.1.2 测绘内容

6.4.1.2.1 应划分工程地质岩组,详细调查软弱岩组的性质、产状、分布及其工程地质特征。

6.4.1.2.2 应调查矿区内软弱夹层及各类结构面的分布、物质组成、胶结程度、结构面的特征及组合关系,按照附录 E 进行分级。

6.4.1.2.3 应按岩组和不同构造部位进行节理裂隙统计,测量其产状、宽度、密度及延伸长度,编制节理走向或倾向玫瑰花图或极射赤平投影图,确定优势节理裂隙发育方向,按照附录 H 划分岩体结构类型。

6.4.1.2.4 应对矿体主要围岩的风化特征进行研究,可参照附录 F 划分岩体的强弱风化带。必要时应通过室内研究矿物蚀变程度来确定。

6.4.1.2.5 应对自然斜坡和人工边坡进行实地测定,研究边坡坡高、坡面形态与岩体结构的关系;调查

各种物理地质现象。在多年冻土区应着重调查冻融区的分布、成因以及冻胀丘、冰锥、地下冰层、融冻泥石流堆积、热融滑塌、沉陷、沼泽湿地、热融湖塘等的特征与分布。对含连续性冻土的矿床,还应测量冻土层下限深度,并绘制冻土层底板等高线及冻土层等厚线图。

6.4.1.2.6 对矿区工程地质条件有影响的地下水露头点、含水岩层与隔水层接触界面特征、构造破碎带的水理性质应进行重点调查。

6.4.1.2.7 应详细调查生产矿井及相邻矿山的各类工程地质问题;调查露采边坡变形特征、变形类型、形成条件和影响因素,井巷变形破坏特征、支护情况,变形破坏与软弱层、破碎带、节理裂隙发育带等结构面的关系。

6.4.2 钻孔工程地质编录

6.4.2.1 钻孔工程地质编录内容包括:岩芯描述、岩芯长度统计,绘制钻孔柱状图;统计节理裂隙;确定钻孔中流砂层、破碎带、裂隙密集带、风化带与软弱夹层、岩溶发育带、蚀变带的位置和深度;可按工程地质岩组用点荷载仪测定岩石力学指标。

6.4.2.2 按钻进回次测定岩石质量指标(RQD),确定不同岩组 RQD 值的范围和平均值。RQD 值按公式(1)计算确定。

$$RQD = \frac{L_P}{L_T} \times 100\% \quad \dots\dots\dots(1)$$

式中:

RQD——岩石质量指标,当钻头内径小于 54.1 mm 时,RQD 值可适当降低;

L_P ——某岩组大于 10 cm 完整岩芯度之和,单位为米(m),小于 10 cm 岩芯若为钻进过程中机械破碎,则应上、下对接,长度大于 10 cm 时应参与计算;

L_T ——某岩组钻探总进尺,单位为米(m)。

6.4.2.3 根据 RQD 值,按照附录 G 划分岩石质量等级和岩体质量等级,进行岩石、岩体完整性评价。

6.4.3 坑道工程地质编录

6.4.3.1 对矿区的勘查坑道应全部进行工程地质编录,工程地质条件简单的矿区可适当减少,有生产坑道时可选择典型坑道进行。

6.4.3.2 坑道工程地质编录内容包括:对坑道所揭露的岩层划分岩组,重点观察描述软弱夹层、风化带、构造破碎带、蚀变带、岩溶发育带的特征,分布、产状、溶蚀现象;系统采取岩(矿)石物理力学试验样;统计节理裂隙;详细描述地下水活动对井巷围岩稳定性的影响,确定工程地质问题发生的位置,对不稳定地段掘进与支护方法提出建议。坑道变形地段必要时设置工程地质观测点,进行长期观测。测量计算巷道的长度支护率(简称巷道的支护率),表述巷道支护的方式。

6.4.4 工程地质钻探

6.4.4.1 钻孔应根据工程地质分区,布置在重要边帮部位和主要控制性剖面上。

6.4.4.2 露采矿区钻探深度宜控制到最终坡脚或坑底以下 30 m~50 m;井下开采矿区钻探深度控制到矿床主要储量标高以下 30 m~50 m。

6.4.4.3 钻孔孔径以满足采取岩、土物理力学试验样和开展必要的孔内测试的规格为准。

6.4.4.4 要求全部取芯钻进,岩芯采取率根据不同的勘查目的确定。

6.4.4.5 应进行物探测井,结合钻探地质剖面,确定岩石风化带深度、构造破碎带、岩溶发育带及层间软弱夹层的分布部位。

6.4.4.6 宜进行钻孔波速测试,获得钻孔中岩体动力参数,确定岩体风化带、构造破碎带、裂隙密集带等

的位置、厚度。

6.4.4.7 宜进行钻孔电视成像探测,查明孔壁岩体不良结构面的发育程度、节理裂隙产状,研究优势结构面的空间分布规律。

6.4.4.8 工程地质钻探工作结束后,应按设计要求进行封孔处理。

6.4.5 工程地质测试

6.4.5.1 勘查矿区应采集代表性岩、土室内试样,测定其物理力学性质(参见附录 I)。工程地质条件中等~复杂的矿区,除采集代表性室内试样外,还可应用点荷载仪、便携式剪切仪进行钻孔及野外现场测试。

6.4.5.2 室内岩(土)样试验项目按开采方式、矿区实际情况、结合工程地质评价要求,参见附录 I 选作。

6.4.5.3 岩(土)样采样要求

岩(土)样采样应满足下列要求:

- a) 井采矿区对一期开拓水平以上矿体及其围岩按不同岩石分别采样;露采矿区应在边坡地段自上而下分组采样。
- b) 块状、层状岩类按不同岩石采样;若松散软弱岩类岩性较均一,厚度大于 10 m 时,每 10 m 采一组样;若松散软弱岩类岩性不均一时,根据岩性结构特征分层采样。
- c) 块状、层状岩类可直接从岩芯采样;松散软弱岩类应利用坑道或山地工程采样,如在钻孔中取样,则应采取专门取芯工具,砂砾石样应保持原级配。
- d) 采样规格与数量可根据实验室的具体要求确定。

6.5 矿区工程地质评价

6.5.1 评价原则

矿区工程地质评价应在查明矿区工程地质条件的基础上,结合开采方式,对边坡稳定性、井巷围岩岩体质量、采空区的稳定性及溶腔稳固性给予定性和半定量的预测评价。

6.5.2 边坡稳定性评价

6.5.2.1 坚硬、较坚硬岩类边坡稳定性评价:根据边坡与各类结构面的组合关系、软弱夹层情况,分析判断并预测边坡可能滑动变形的位罝、范围、变形的性质及滑动面、切割面的可能位罝、几何特征,根据需要运用类比法、经验数据法、极限平衡分析法、力学计算法、数值模拟法等进行稳定性评价,建议最终边坡角和坡高。

6.5.2.2 松散软岩类边坡稳定性评价:一般将拟建采场划分为不同的工程地质区,对分区进行稳定性评价,建议最终边坡角;对具有饱水砂层的边坡,应根据需要进行专门性的预先疏干试验及饱水抗剪试验,在试验的基础上建议边坡角。

6.5.3 井巷围岩岩体质量评价

6.5.3.1 井巷围岩岩体质量评价宜采用两种方法进行对比评价,常用的方法为岩体质量系数法和岩体质量指标法。

6.5.3.2 依据公式(2)求得岩体质量系数 Z ,按照附录 G 中表 G.2 确定岩体质量优劣。

$$Z = I \times \mu \times S \quad \dots\dots\dots(2)$$

式中:

Z ——岩体质量系数;

I ——岩体完整性指数(可参照《岩土工程勘察规范》,无资料时可用 RQD 值代替);

μ ——结构面摩擦系数(影响稳定的主要结构面);

S ——岩块坚硬系数,按公式(3)求取;

$$S = \frac{f_r}{10} \dots\dots\dots (3)$$

式中:

f_r ——岩石饱和单轴抗压强度,单位为兆帕(MPa)。

6.5.3.3 岩体质量指标可按近似公式(4)粗略估算,并按照附录 G 评价岩体质量的优劣。

$$M = \frac{f_r}{30} \times \text{RQD} \dots\dots\dots (4)$$

式中:

M ——岩体质量指标。

通过综合分析矿区工程地质条件,根据实际的围岩完整性特征、完整性系数对实验测试成果数据进行折减修正后,提出设计需要的岩体饱和抗压强度、天然容重、内摩擦角和内聚力等岩体工程地质参数。

6.5.4 采空区稳定性评价

采空区稳定性评价包括岩体结构稳定性分析、顶板稳定性分析、采空区中矿柱稳定性分析、塌陷区对邻近结构的影响分析。

6.5.5 溶腔稳固性评价

地下水溶开采的矿床,根据顶(底)板岩(矿)石、夹层的物理力学性质、溶解性、膨胀性和液柱压力大小,结合开采方案综合分析,初步评价溶腔的稳固性。

7 矿区地质环境调查与评价

7.1 地质环境调查

7.1.1 区域稳定性

收集矿区附近历史地震资料,调查新构造活动情况,分析其是否有活动性断裂的存在;有活动性断层存在时,评价其对矿山开采工程的影响。

7.1.2 矿区环境

调查矿区所处社会环境(建筑物的类型、密度)和自然地理环境(旅游区、文物保护区、自然保护区、地质遗迹、水源保护区、重要建筑物等)及其相互影响。

7.1.3 勘查矿区调查内容

7.1.3.1 调查、收集地表水、地下水的环境背景值(污染起始值)或对照值。

7.1.3.2 对矿区开发影响范围的滑坡、崩塌、泥石流等地质灾害及其隐患进行野外调查,包括地质灾害的种类、分布、规模、发生时间、发育特征、成因、危险性大小、危害程度等。

7.1.3.3 调查地质体中可能成为污染源的物质的赋存状态、含量及分布规律。

7.1.3.4 当调查区有热(气)水时,应查明其分布、控制因素、水温、流量,水中气体及化学组分,了解热(气)水补给、径流、排泄条件。

7.1.3.5 当矿体埋深较大(垂深大于 500 m)应在不同构造部位选择代表性钻孔进行地温测量,确定恒温带深度、温度及地温梯度,参照相关标准进行热害评估。

7.1.3.6 矿区发现有放射性元素,但确认无工业价值时,应对其影响安全生产和环境污染做出评价;在铀矿区应对有水钻孔和地下水露头取样,测试水中放射性元素含量、同位素比值和水文地球化学指标,研究其在水平与垂向的分布规律。

7.1.3.7 调查矿体及围岩二氧化硅矿物含量,对开采过程中产生的游离二氧化硅浓度进行预测评估。

7.1.4 扩大延深勘探矿区调查内容

7.1.4.1 矿山开发引发的地面塌陷、地裂缝、崩塌、滑坡等地质灾害及其隐患,包括地质灾害的种类、分布、规模、发生时间、发育特征、成因、危险性大小、危害程度等。

7.1.4.2 矿山开发引起的含水层破坏、区域地下水位下降和井、泉枯竭对当地生产生活的影响,以及地下水补给、径流、排泄条件的变化等。

7.1.4.3 固体废弃物(废石、尾矿、煤矸石)堆放和废水(矿井水、选矿废水、洗煤水、堆浸废水等)排放对土壤和水体的污染及生态资源的破坏等。

7.1.4.4 收集矿山不同开采阶段(水平)的井巷温度,确定其地温梯度。

7.1.4.5 应调查尾矿和废石堆放场的稳定性,根据地形、地貌、水文、气象等因素,分析形成山洪、泥石流的可能性以及复垦还田的情况。

7.1.5 矿山地质环境数据库

在矿区的勘查工作中,可充分应用信息化技术,建立矿区水文地质工程地质环境地质数据库,实现矿区水工环信息的采集、处理、存储、传输和交换,为矿区资源与环境调查评价服务。有条件时可建立空间分析评价模型,对矿区水文地质工程地质环境地质条件进行空间分析评价。

7.2 矿区地质环境评价

7.2.1 矿区地质环境类型

矿区地质环境质量可根据地质环境现状及矿床开采引起的变化分为三类:

- a) 第一类:矿区地质环境质量良好,采矿不会产生地表变形,矿区附近无污染源,地表水、地下水水质良好(I、II,按照 GB/T 14848 和 GB 3838),矿石和废石不易分解出有害组分。
- b) 第二类:矿区地质环境质量中等,采矿可产生局部地表变形,但对地质环境破坏不大;区内无重大的污染源,无热害,地表水、地下水水质较好(不低于 III 类,按照 GB/T 14848 和 GB 3838),矿井排水对附近水体有一定污染;矿石和废石化学成分基本稳定,无其他环境地质隐患。
- c) 第三类:矿区地质环境质量不良,矿区水文地质工程地质条件复杂,因采矿可带来严重的环境地质问题,如地面塌陷、山体开裂失稳、井泉干涸,有热害或矿井排水以及矿石、废石有害组分的分解易造成对附近水体的污染,水体水质超过 III 类标准(按照 GB 3838)。

7.2.2 区域稳定性评价

根据 GB 18306 认定本区的地震动峰值加速度和地震动反映谱特征周期;应在全国地震烈度分区的基础上,根据断裂的活动性及工程地质条件,初步阐明区域稳定性及对工程建筑物的影响。

7.2.3 矿区水环境质量评价

在查明矿区地表水、地下水的物理性质、化学成分及其变化、卫生防护条件的基础上,按 GB 3838

和 GB/T 14848 的有关规定进行评价。

7.2.4 勘查矿区地质环境评价

7.2.4.1 指出可能影响矿区安全的滑坡、崩塌、泥石流、地面塌陷等地质灾害,放射性和其他有害物质的分布及其对人身安全的影响。圈定崩塌、滑坡、泥石流、地面塌陷等地质灾害易发区段,预测评价在自然和人为作用影响下,发生地质灾害的形式、可能性大小,可能危害的对象。

7.2.4.2 评价固体废弃物堆放场地的环境地质条件,包括地形、垫层条件、汇水和排水条件、预计堆放量及稳定性,对可能产生的环境影响或地质灾害进行预测评价,并提出防范措施建议。

7.2.4.3 岩溶充水矿床应预测开采条件下可能出现的泥砂溃塌及疏干排水产生岩溶塌陷的程度、分布范围及地表水渗漏、倒灌等环境地质问题,并提出防治建议。

7.2.5 扩大延深勘探矿区地质环境评价

当开采矿区已产生环境地质问题,如水体污染、地质灾害、生态环境、含水层影响、地貌景观破坏、土地资源破坏等,应在查明其形成条件的基础上,对现状进行评价。在矿山地质环境现状评价的基础上,根据矿产资源开发利用方案和采矿地质环境条件特征,分析预测采矿活动可能引发或加剧的地质环境问题及其危害,评价矿山建设和生产可能对矿山地质环境造成的影响。

8 报告编写要求

8.1 一般要求

矿区水文地质工程地质勘查报告一般应作为矿产地质勘查报告的一章,当矿区水文地质工程地质条件复杂,或进行了专门性勘查时,应根据具体情况单独编写,与矿产地质勘探报告同时提交。

8.2 文字报告编写要求

8.2.1 基本要求

报告内容齐全,重点突出,论证的依据充分,数据可靠,文字通顺,用词准确,结论明确,文图表应协调一致,互为补充,使报告成为一个有机整体。

8.2.2 编写内容

8.2.2.1 工作概况

简述矿区水文地质、工程地质勘查和环境地质调查评价的目的任务、工作时间、完成的工作量和采用的工作方法,对各项工程的质量进行评价以及其他应说明的问题。简述矿床的概况、矿床与含水层的关系、地质构造条件、矿床的勘查类型。

8.2.2.2 水文地质

矿区水文地质勘查成果报告内容包括:

a) 区域水文地质:

简述区域地形、地貌、水文、气象特征;含(隔)水层的岩性、厚度、产状与分布;含水层的富水性及地下水的补给、径流、排泄条件。

b) 矿区水文地质:

- 1) 矿区在水文地质单元的位置,最低侵蚀基准面标高和矿井水自然排泄面标高,首采地段或第一期开拓水平和储量计算底界的标高;矿区的水文地质边界及边界特征。
 - 2) 含水层的岩性、厚度、产状、分布、埋藏条件、单位涌水量、渗透系数或导水系数、给水度或弹性释水系数,裂隙、岩溶发育程度、分布规律、控制裂隙及岩溶发育的因素;地下水的水位(水压)、水温、水质以及补给、径流、排泄条件;隔水层的岩性、分布、产状、稳定性及隔水性;确定矿床充水主要含水层的依据及其与矿层之间的关系。
 - 3) 主要构造破碎带对矿床充水的影响:包括构造破碎带的位置、性质、规模、产状、埋藏条件及其在平面和剖面上的形态特征,充填物的成分、胶结程度、溶蚀和风化特征,导(阻)水性、富水性及其变化规律,与其他构造破碎带的组合关系以及沟通各含水层和地表水的情况。
 - 4) 地表水对矿床充水的影响:当地表水为河水时,阐述河水的汇水范围,河水的流量、水位及其变化,历年最高洪水位标高、洪峰流量及淹没的最大范围;当地表水为水库、湖泊、海水时,阐述其正常水位、最高水位、浪高、风速等;地表水与地下水的水力联系情况及其对矿床开采的影响。对船采砂矿床,还应阐明河流枯、平、丰水期的河床宽度、深度、流速及河水位标高,采矿船过河地段的最小、一般和最大流速。
 - 5) 岩溶陷落柱和地下河对矿床充水的影响:岩溶陷落柱展布特征、阻导水性质,地下河入口处的高程、流量及其变化,地下河补给来源、补给范围、补给量、补给方式及其与地表水的转化关系,岩溶洼地、漏斗、落水洞等的位置及其与地下河之间的联系。
 - 6) 老空水和生产井对矿床充水的影响:矿区内生产井的位置,开采的最大深度和最低标高,开采面积、产量、排水量和充水来源,历年来发生突水事故的次数、突水量和原因;老空区的分布范围、开采时间、开采方式、开采层位、开采层数、积水情况以及对矿床开采的影响。
 - 7) 矿区水文地质勘查类型及水文地质条件的复杂程度。
- c) 矿井(坑)涌水量预测:
论证并确定矿区水文地质边界,建立水文地质概念模型、数学模型并论证其合理性;阐明各计算参数的来源,并论证其可靠性和代表性;对各种计算方法计算的结果进行分析对比,推荐可供矿山建设设计利用的矿井(坑)涌水量,并分析涌水量可能偏大、偏小的原因。
- d) 涌(突)水危险性评价:
分析论证矿区涌(突)水的影响因素,主要包括地质构造、水文地质条件、顶底板隔水层因素、开采条件、岩溶发育程度、陷落柱、老空水分布等,条件允许时可采用不同方法对矿区进行涌(突)水危险性评价,互相验证。
- e) 矿区水资源综合利用评价:
在分析地下水系统补给、径流、排泄条件的基础上,开展勘查工作区所在水文地质单元的水资源评价。对矿井水的供排结合及矿区作为供水水源的地下水、地表水、矿泉水和地下热水的水质,水量及其利用条件进行初步评价,如区内无可作供水的水源,则应指出供水方向。
- f) 扩大延深勘探矿区水文地质专项调查:
提交扩大延深勘探矿区水文地质专项报告,论述水文地质条件和矿床充水条件的变化,划分水文地质勘查类型,预测矿井(坑)涌水量,评价矿区涌(突)水危险性,进行水资源综合利用评价。

8.2.2.3 矿区工程地质

矿区工程地质勘查成果报告内容如下:

- a) 矿区工程地质特征:

- 1) 矿区各工程地质岩组的分布、岩性、厚度和物理力学性质。着重阐明较弱层的分布、岩性、厚度、水理和物理力学性质及其对矿床开采的影响。岩体风化带性质、结构类型和发育深度。蚀变带的性质、结构类型和分布范围。
 - 2) 矿区所在地的构造部位,主要构造线方向,划分各级结构面并阐述各级结构面的特征、分布、产状、规模、充填情况、组合关系及优势结构面对矿床开采的影响。
 - 3) 阐述工程地质分区原则及分区情况,各分区地层岩性、构造、水文地质特征,岩体结构、岩石质量。
 - 4) 矿区工程地质勘查类型及工程地质条件复杂程度。
- b) 工程地质评价:
- 1) 露天边坡的稳定性评价:根据构成边坡岩体的岩性、物理力学性质和结构面发育程度、组合关系、确定边坡类型;阐明软弱夹层的分布、产状、岩性、厚度、水理性质、物理力学性质及其对边坡稳定性的影响;着重说明首期开采地段中的长久性边坡地段的边坡特征;提出建议最终边坡角,对各边坡的稳定性做出评价,并对评价方法的合理性进行论证;根据边坡岩土体岩性、结构及其与临空面关系,预测可能出现变形破坏形式、部位,根据需要进行边坡稳定性评价,并提出建议的最终边坡角和坡高。
 - 2) 井巷围岩稳固性评价:根据矿体及井巷围岩的工程地质特征,评述岩(矿)体的质量,对其稳固性做出评价,指出不稳定的因素,可能产生的工程地质问题及其部位,提出工程措施的建议。
 - 3) 采空区稳定性评价:根据采空区的分布、岩体结构、顶板工程地质特征、采空区矿柱的稳定性、采空区的深度、开采厚度、变形特征、老采空区的活化等,进行采空区的稳定性评价,并提出防治措施。
 - 4) 溶腔稳固性评价:根据溶腔的分布、地应力的大小及方向、岩体的物理力学性质、地下水、地质构造、开采层厚度等影响因素,进行溶腔稳固性评价。

8.2.2.4 矿区环境地质

矿区环境地质勘查成果报告内容如下:

- a) 评述矿区及其附近地区的地震历史,活动断层的分布与活动规律,历年来地震的次数、位置及烈度,指出历史上出现的最高烈度,对区域稳定性做出评价。
- b) 预测矿井水和其他污染源对地下水、地表水的水质可能污染的情况,提出保护地下水、地表水的建议;论述产生地表变形(地裂、塌陷、露采坑、废石堆)对地质环境的影响,矿山环保和复垦情况。评述地下水、地表水的环境质量,确定水环境质量等级。预测因矿山长期排水所产生的地下水位下降的深度、疏干漏斗的扩展范围及邻海矿区引起海水倒灌的情况,评述对当地居民生活用水、工农业用水的影响程度和影响范围。
- c) 预测疏干排水后可能引起的地面塌陷、沉降、开裂的范围和深度,对位于旅游风景点、著名热矿水点附近的矿区还应评述对其影响程度;对位于高山、陡崖、深谷的矿区,应预测矿床开采可能引起的山体开裂、危岩崩落、滑坡复活的范围和影响程度,提出防治地质灾害的建议。
- d) 对矿体(层)埋藏深度大于 500 m 的矿区,应阐明矿区内不同深度和各构造部位的地温变化和地温梯度。指出高温区的分布范围,并分析其产生的原因。
- e) 对于开展环境地质专项调查评价的勘查工作,需要提交专项环境地质调查报告。说明矿山开发引发的地面塌陷、地裂缝、崩塌、滑坡等地质灾害及其防治措施;矿山开发引起的含水层的破坏范围、程度及对用水的影响;矿山“三废”对矿山环境的污染、生态资源的破坏、综合治理措施

及效果。

- f) 说明矿区地质环境监测系统,包括矿区地质环境监测的内容、范围、时间、监测的方法等。
- g) 矿山地质环境数据库的阐述,包括矿区地质环境数据库的简介、关键技术、系统的结构、系统的功能、基础数据的采集、处理、空间分析、矿区资源与环境的动态评价等。

8.2.2.5 结论

矿区水文地质工程地质环境地质勘查成果结论要求如下:

- a) 普查阶段:论述矿区水文地质工程地质和地质环境的类型,勘查成果能否满足规范的要求;简述矿区主要水文地质工程地质环境地质问题及其对矿床开发的影响;指出勘查工作中存在的主要问题,提出下一步工作的意见。
- b) 详查阶段:论述矿区水文地质工程地质和地质环境的类型,勘查成果能否满足规范的要求;简述矿区主要水文地质工程地质环境地质问题的结论及其对矿床开发的影响;指出勘查工作中存在的主要问题和开采过程中可能出现的问题,提出下一步工作的意见及防治的建议。
- c) 勘探阶段:论述矿区水文地质工程地质和地质环境的类型,勘查成果能否满足规范的要求,能否作为矿山建设的依据;简述矿区主要水文地质工程地质环境地质问题的结论;指出勘查工作中存在的主要问题和开采过程中可能出现的问题,提出下一步工作的意见及防治的建议;简述信息系统的建设及应用情况。

8.3 附图和附表

8.3.1 附图

8.3.1.1 基本图件

应编制的基本图件如下:

- a) 实际材料图,反映出矿区勘查的主要工程手段和工程量,主要内容包括水工环调查点、调查路线、各类探矿工程的分布、样品的采集位置、样品编号、实测剖面、物化探剖面等。
- b) 区域水文地质图(含水文地质剖面图及柱状图):反映区域水文地质条件,基本内容为地下水介质类型、富水性、分布、水位、地下水溶解性总固体、地下水系统边界条件及地下水补径排条件等。水文地质剖面图反映一定垂直深度内的水文地质条件,主要内容包括含水层、隔水层、构造的分布,水位、地下水的补径排条件、埋藏条件等。柱状图反映区域地层情况,并用文字说明含、隔水层的富水性、水质、泉水的流量等。
- c) 矿区水文地质图(含水文地质剖面图及柱状图):反映矿井的水文地质条件,主要内容包括主要充水含水层的类型、分布、富水性、补径排条件、埋藏条件、矿体与主要含水层的关系、井(泉)的分布、陷落柱的范围、主要含水层的等水位线、老空区的分布、地下水与地表水的关系、矿井(坑)涌水量等。矿井水文地质剖面图主要是反映含水层、隔水层、褶曲、断裂构造等和矿体之间的空间关系,主要内容包括含水层特征、水文地质试验参数、地表水体、主要井巷位置。柱状图反映含水层、隔水层及矿层之间的组合关系和含水层层数、厚度及富水性,内容包括含水层的年代、厚度、岩性、含水层的水文地质参数、岩溶发育情况等。
- d) 矿区工程地质图(含柱状图及工程地质剖面图),反映矿区各种地质体和工程地质条件的空间分布及其特征,尤其要反映出软弱岩体的空间分布及其特征,主要内容有工程地质分区、岩土体的类型、分布、地质构造等;剖面图反映一定深度范围内的垂向地质结构,岩土体与矿体的空间分布,岩土体的工程地质参数;柱状图反映矿井区地层的组合关系,尤其是软弱层的分布。

- e) 井巷水文地质工程地质图。
- f) 抽水试验综合成果图。
- g) 矿床主要充水含水层地下水等水位(水压)线图,反映主要充水含水层的流场特征,主要内容为矿体露头、含水层、主要断层、地表水体、矿井工程布置情况、地下水流向、地下水等水位(压)线、涌(突)水点的位置等。
- h) 矿井水动态与地下水、地表水、降水量关系曲线图,反映矿井水动态与相关因素的关系,主要包括矿井涌水量、降雨量、地下水位历时曲线,矿井涌水量与地表水位或流量的关系曲线,矿井涌水量与开采深度的关系曲线等图件。
- i) 矿井(坑)涌水量计算图(附剖面图)。
- j) 钻孔工程地质综合柱状图(或典型钻孔工程地质编录柱状图(含物探测井成果))。
- k) 矿区环境地质问题现状图,反映地质灾害的现状,主要内容包括地面塌陷、崩塌、滑坡、泥石流、含水层破坏、地形地貌景观破坏等内容。
- l) 矿区地质环境发展趋势预测图,反映地质灾害未来发展趋势,主要内容包括地面塌陷、崩塌、滑坡、泥石流、含水层破坏、地形地貌景观破坏等内容。
- m) 代表性照片。

8.3.1.2 根据实际需要编制的图件

根据实际需要编制的图件如下:

- a) 主要充水含水层上部隔水层底板标高等值线图;
- b) 主要开采矿床顶底板突水危险性预测图;
- c) 直接顶板(或直接底板)隔水层厚度等值线图;
- d) 底板含水层地下水等压线图;
- e) 地下水化学类型分区图;
- f) 地貌和第四系地质图;
- g) 中段岩体稳固性预测图;
- h) 露天采矿场边坡稳定性预测分区图;
- i) 岩体节理裂隙等优势结构面的赤平投影图;
- j) 岩石强风化带厚度等值线图;
- k) 露天边坡稳定性分区图;
- l) 采空区稳定性评价图;
- m) 地热异常区等温线图;
- n) 老空区分布图,反映老空区的空间特征,主要内容包括老空区的位置、边界、积水情况等;
- o) 岩溶发育程度分区图,反映岩溶的发育特征,主要内容包括岩溶地貌、汇水封闭洼地、落水洞、暗河、天窗、地下水出露点、岩溶塌陷、断层破碎带、岩溶含水层的分布、埋深、岩溶裂隙发育带等。

8.3.2 附表

应提交的附表如下:

- a) 钻孔测量成果一览表;
- b) 钻孔静水位一览表;
- c) 钻孔(井)抽水试验成果汇总表;

- d) 钻孔简易水文地质工程地质综合编录一览表；
- e) 地下水、地表水、矿井水动态观测成果表；
- f) 气象要素统计表；
- g) 风化带、构造破碎带及含水层厚度统计表；
- h) 岩溶发育情况统计表；
- i) 含水层渗透系数计算表；
- j) 矿井(坑)涌水量计算表；
- k) 井(泉)、生产矿井和老空区调查资料综合表；
- l) 水质分析成果表；
- m) 同位素分析成果表；
- n) 岩(土)样试验成果汇总表；
- o) 工程地质动态观测资料汇总表；
- p) 矿区环境地质调查资料汇总表。

8.3.3 附加说明

上述文字报告的编写内容、附图、附表适用于大中型矿床水文地质工程地质条件中等至复杂矿区勘探阶段的成果报告。水文地质工程地质条件简单的矿区以及小型矿床可根据实际情况进行精简或合并；普查和详查阶段的文字报告、附图、附表可根据实际情况精简或合并。



附录 A

(资料性附录)

煤层开采垮落带和导水裂缝带最大高度计算

表 A.1 给出了缓倾斜(0°~35°)、中倾斜(36°~54°)厚煤层分层开采和急倾斜(55°~90°)煤层垮落法开采的垮落带和导水裂缝带计算公式。

表 A.1 煤层开采垮落带和导水裂缝带最大高度计算公式

覆岩岩性			垮落带 m	导水裂缝带高度 m	
煤层倾角 (°)	岩石饱和 单轴抗 压强度 MPa	岩性		计算公式之一	计算公式之二
0~54	坚硬 40~80	石英砂岩、石 灰岩、砂质页 岩、砾岩	$H_m = \frac{100 \sum M}{2.1 \sum M + 16} \pm 2.5$	$H_{ii} = \frac{100 \sum M}{1.2 \sum M + 2.0} \pm 8.9$	$H_{ii} = 30 \sqrt{\sum M} + 10$
	中硬 20~40	砂岩、泥质灰 岩、砂质页岩、 页岩	$H_m = \frac{100 \sum M}{4.7 \sum M + 19} \pm 2.2$	$H_{ii} = \frac{100 \sum M}{1.6 \sum M + 3.6} \pm 5.6$	$H_{ii} = 20 \sqrt{\sum M} + 10$
	软弱 10~20	泥岩、 泥质页岩	$H_m = \frac{100 \sum M}{6.2 \sum M + 32} \pm 1.5$	$H_{ii} = \frac{100 \sum M}{3.1 \sum M + 5.0} \pm 4.0$	$H_{ii} = 10 \sqrt{\sum M} + 5$
	极软弱 <10	铝土岩、风化 泥岩、黏土、 砂质黏土	$H_m = \frac{100 \sum M}{7.0 \sum M + 63} \pm 1.2$	$H_{ii} = \frac{100 \sum M}{5.0 \sum M + 8.0} \pm 3.0$	—
55~90	坚硬 40~80	石英砂岩、石灰 岩、砂质页岩、 砾岩	$H_m = (0.4-0.5) H_{ii}$	$H_{ii} = \frac{100 Mh}{4.1h + 133} \pm 8.4$	—
	中硬、 软弱 10~40	砂岩、泥质灰岩、 砂质页岩、页岩、 泥岩、泥质页岩	$H_m = (0.4-0.5) H_{ii}$	$H_{ii} = \frac{100 Mh}{7.5h + 293} \pm 7.3$	—
<p>注 1: $\sum M$——累计采厚,单位为米(m);单层采厚 1 m~3 m,累计采厚不超过 15 m;h——回采阶段垂高,单位为米(m);计算公式中(项为中误差)。</p> <p>注 2: 垮落带、导水裂缝带最大高度,对于缓倾斜(0°~35°)和中倾斜(36°~54°)煤层,系指从煤层顶面算起的法向高度;对于急倾斜(55°~90°)煤层,系指从开采上限起的垂向高度。</p> <p>注 3: 急倾斜煤层采用垮落法开采时的计算公式。</p> <p>注 4: 本表引自建筑物、水体、铁路及主要井巷留设与压煤开采规程。</p>					

附录 B
(规范性附录)
含水层富水性分级

B.1 按钻孔单位涌水量进行富水性分级

按钻孔单位涌水量(q),含水层富水性分为以下四级:

- a) 弱富水性: $q \leq 0.1 \text{ L}/(\text{s} \cdot \text{m})$;
- b) 中等富水性: $0.1 \text{ L}/(\text{s} \cdot \text{m}) < q \leq 1.0 \text{ L}/(\text{s} \cdot \text{m})$;
- c) 强富水性: $1.0 \text{ L}/(\text{s} \cdot \text{m}) < q \leq 5.0 \text{ L}/(\text{s} \cdot \text{m})$;
- d) 极强富水性: $q > 5.0 \text{ L}/(\text{s} \cdot \text{m})$ 。

注:评价含水层的富水性,钻孔单位涌水量以口径 91 mm,抽水水位降深 10 m 为准,若口径、降深与上述不符时,应进行换算再比较富水性。换算方法:先根据抽水时涌水量 Q 和降深 S 的数据,用最小二乘法或图解法确定 $Q=f(S)$ 曲线,根据 $Q-S$ 曲线确定降深 10 m 时抽水孔的涌水量,再用公式(B.1)计算孔径为 91 mm 时的涌水量,最后除以 10 m 便是单位涌水量。

$$Q_{91} = Q_{\text{孔}} \frac{\text{Lg}R_{\text{孔}} - \text{Lg}r_{\text{孔}}}{\text{Lg}R_{91} - \text{Lg}r_{91}} \dots\dots\dots(\text{B.1})$$

式中:

- Q_{91} ——孔径为 91 mm 的钻孔的涌水量,单位为立方米每天(m^3/d);
- $Q_{\text{孔}}$ ——拟换算钻孔的涌水量,单位为立方米每天(m^3/d);
- $R_{\text{孔}}$ ——拟换算钻孔的抽水影响半径,单位为毫米(mm);
- $r_{\text{孔}}$ ——孔径为 91 mm 的钻孔的抽水影响半径, R_{91} 没有数据时可采用 $R_{\text{孔}}$ 代替,单位为米(m);
- R_{91} ——孔径为 91 mm 的钻孔的抽水影响半径, R_{91} 没有数据时可采用 $R_{\text{孔}}$ 代替,单位为米(m);
- r_{91} ——孔径为 91 mm 的钻孔半径,单位为米(m)。

B.2 按天然泉水流量富水性分级

按天然泉水流量含水层富水性划分以下四级:

- a) 弱富水性: $Q \leq 1.0 \text{ L}/\text{s}$;
- b) 中等富水性: $1.0 \text{ L}/\text{s} < Q \leq 10.0 \text{ L}/\text{s}$;
- c) 强富水性: $10.0 \text{ L}/\text{s} < Q \leq 50.0 \text{ L}/\text{s}$;
- d) 极强富水性: $Q > 50.0 \text{ L}/\text{s}$ 。

附录 C

(资料性附录)

安全隔水厚度和突水系数计算

C.1 安全隔水厚度

安全隔水厚度按公式(C.1)计算。

$$t = \frac{L(\sqrt{r^2 L^2 - 8K_p p} - rL)}{4K_p} \dots\dots\dots(C.1)$$

式中：

- t ——安全隔水层厚度,单位为米(m)；
- L ——巷道底板宽度,单位为米(m)；
- r ——底板隔水层的平均重度,单位为兆牛每立方米(MN/m³)；
- K_p ——底板隔水层平均抗拉强度,单位为兆帕(MPa)；
- p ——底板隔水层承受的水压,单位为兆帕(MPa)。

C.2 突水系数

突水系数按公式(C.2)计算。

$$T = \frac{p}{M} \dots\dots\dots(C.2)$$

式中：

- T ——突水系数；
- p ——底板隔水层承受的水压,单位为兆帕斯卡(MPa),水压从含水层顶界面起算,水位值取近3年含水层观测水位最高值；
- M ——底板隔水层厚度,单位为米(m)。

式(C.1)主要适用于掘进工作面,式(C.2)适用于回采和掘进工作面。按式(C.1)计算,如底板隔水层实际厚度小于计算值时,是不安全的。按式(C.2)计算,就全国实际资料看,底板受构造破坏块段突水系数一般不大于0.06 MPa/m,隔水层完整无断裂构造破坏的地段不大于0.1 MPa/m。



附 录 D
(资料性附录)
涌(突)水危险性评价

D.1 顶板涌(突)水危险性评价的“三图双预测法”

D.1.1 三图双预测法

“三图双预测法”是一种解决矿井顶板充水水源、充水通道和充水强度三大关键技术问题的顶板涌(突)水预测评价方法。“三图”是指矿层顶板冒裂安全性分区图、顶板充水含水层富水性分区图和顶板涌(突)水条件综合分区图;“双预测”是指在天然和人为改造状态下的回采工作面分段和整体工程涌水量预测。

D.1.2 顶板冒裂安全性分区图

顶板冒裂安全性分区图是指矿层回采过程中诱发的顶板导水裂缝带加保护层总高度与矿层至含水层之间覆岩厚度之差图,它是矿层回采过程中顶板突水灾害发生的前提。顶板导水裂缝带发育总高度受控因素多,具有非常复杂的非线性特征,除了受控于矿层覆岩岩性组合、塑与脆性岩沉积厚度比值和其沉积位置、倾角和构造条件以及原岩地应力分布等自然影响因素外,开采工艺、采高和工作面斜长以及具体的顶板管理方式等人为影响因素也同等重要地控制其发育总高度。导水裂缝带发育总高度一般采用经验统计公式和数值模拟计算评价以及现场实测等方法确定。

D.1.3 充水含水层富水性分区图

充水含水层富水性分区图可通过影响控制含水层富水程度的厚度和岩性、地质构造、渗透特性、单位涌水量、钻孔岩芯描述和采取率、冲洗液消耗量、抽(放)水试验和井下涌(突)水形成的地下水流场分析、地下水水化学场和地球物理勘探场分析等资料,根据多源信息复合原理,应用叠加功能编制形成。

D.1.4 顶板涌(突)水条件综合分区图

顶板涌(突)水条件综合分区图是应用 GIS(地理信息系统)的多源信息复合叠加功能,将矿层顶板冒裂安全性分区图与顶板充水含水层富水性分区图复合叠加处理后编制而成。

D.1.5 天然和人为改造状态下的回采工作面分段和整体工程涌水量预测

天然和人为改造状态下的回采工作面分段和整体工程涌水量预测是根据研究矿井具体的充水水文地质物理概念模型,建立地下水流系统的三维数值模拟模型,在反演识别基础上,根据回采工作面周期来压步骤,分别预测在天然和人为改造两种不同状态下的回采工作面分段和整体工程涌水量。

D.2 底板涌(突)水危险性评价的“脆弱性指数法”

经大量实践,应用脆弱性指数法进行底板突水危险性评价的技术条件基本成熟,主要步骤如下:

- a) 根据对矿井充水水文地质条件分析,建立煤层底板突水的水文地质物理概念模型。
- b) 确定煤层底板突水主控因素。

- c) 采集收集各突水主控因素基础数据,并进行归一化无量纲分析和处理。
- d) 应用地理信息系统,建立各主控因素的子专题层图。
- e) 应用信息融合理论,采用线性或非线性数据方法,通过模型的反演识别或训练学习,确定出煤层底板突水的各主控因素的“权重”系数,建立煤层底板突水脆弱性的预测预报评价模型,见公式(D.1)。

$$VI = \sum_{i=1}^N S_i \times I_i \quad \dots\dots\dots(D.1)$$

式中:

VI ——煤层底板突水的脆弱性指数;

S_i ——第 i 个主控因素对底板突水的“贡献”或相对权重;

I_i ——第 i 个主控因素归一化后的无量纲值。

- f) 根据研究区各单元计算的突水脆弱性指数,采用频率直方图的统计分析方法,合理确定突水脆弱性分区阈值。
- g) 提出煤层底板突水脆弱性分区方案。

附录 E
(规范性附录)
结构面分级

岩体结构面分级及特征见表 E.1。

表 E.1 结构面分级

分级	特征			
	结构面形式	规模		对岩体稳定性影响
		走向	倾向垂深	
I	区域断裂带	延伸达数千米以上	至少切穿一个构造层	控制区域稳定,应着重研究断裂力学机制,区域构造应力场方向及断裂带的活动性
II	矿区内主要断裂或延伸较稳定的原生较弱层	数千米	数百米	控制山体稳定,应着重研究结构面的产状、形态、物理力学性质
III	矿区内次一级断裂及不稳定的原生软弱层及层间错动带	数百米以内	数十米至数百米	影响岩体稳定、应着重研究可能出现的滑动面及滑动面的力学性质
IV	节理裂隙、层理、劈理	延展有限	无明显深度及宽度	破坏岩体完整性,影响岩体的力学性质及局部稳定性,研究其节理、裂隙发育组数、密度
V	微小的节理劈理,不发育片理	—	—	降低岩石强度

附 录 F
(资料性附录)
岩体风化程度分类

表 F.1 给出了岩体风化程度的分类、野外特征及风化程度的参数指标。

表 F.1 岩体风化程度分类

风化程度	野外特征	风化程度参数指标	
		波速比 K_v	风化系数 K_f
未风化	岩质新鲜, 偶见风化痕迹	0.9~1.0	0.9~1.0
微风化	结构基本未变, 仅节理面有渲染或略有变色, 有少量风化裂隙	0.8~0.9	0.8~0.9
中等风化	结构部分破坏, 沿节理面有次生矿物, 风化裂隙发育, 岩体被切割成岩块。用镐难挖, 岩芯钻方可钻进	0.6~0.8	0.4~0.8
强风化	结构大部分破坏, 矿物成分显著变化, 风化裂隙很发育, 岩体破碎, 用镐可挖, 干钻不易钻进	0.4~0.6	<0.4
全风化	结构基本破坏, 但尚可辨认, 有残余结构强度, 可用镐挖, 干钻可钻进	0.2~0.4	—
残积土	组织结构全部破坏, 已风化成土状, 锹稿易挖掘, 干钻易钻进, 具可塑性	<0.4	—

附 录 G
(规范性附录)
岩石、岩体质量及岩体优劣分级

G.1 岩石质量等级

岩体质量等级见表 G.1。

表 G.1 岩石质量等级

等级	RQD/%	岩石质量描述	岩体完整性评价
I	90~100	极好	岩体完整
II	75~<90	好	岩体较完整
III	50~<75	中等	岩体中等完整
IV	25~<50	差	岩体完整性差
V	<25	极差	岩体破碎

G.2 岩体 Z 值范围及其优劣分级

岩体 Z 值范围及其优劣分级见表 G.2。



表 G.2 岩体 Z 值范围及其优劣分级

岩体结构类型	代号	岩体质量系数 Z 值一般范围			
整体结构	I ₁	2.5~20			
块状结构	I ₂	0.3~10			
层状结构	II ₁	0.2~5			
薄层状结构	II ₂	0.08~3			
镶嵌结构	III ₁	0.2~2.5			
碎裂结构	III ₂ 、III ₃	0.05~0.1			
散体结构	IV	0.002~0.1			
岩体质量系数(Z)	<0.1	0.1~0.3	0.3~2.5	2.5~4.5	>4.5
岩体质量等级	极坏	坏	一般	好	特好

G.3 岩体质量分级

岩体质量分级见 G.3。

表 G.3 岩体质量分级

岩体分类	I	II	III	IV	V
岩体质量指标(M)	>3	1.0~3.0	0.12~1.0	0.01~0.12	<0.01
岩体质量	优	良	中等	差	坏



附录 H
(规范性附录)
岩体结构分类

岩体结构分类及水文地质特征见表 H.1, 岩体的结构特征及工程地质评价见表 H.2。

表 H.1 岩体结构及水文地质特征

结构类型		亚类		地质背景	完整状态		结构面特征	结构体特征		水文地质特征
代号	名称	代号	名称		结构面间距 cm	完整性系数		形态	强度 MPa	
I	整体状结构	—	—	岩性单一, 构造变形轻微的巨厚层沉积岩、巨块状变质岩和岩浆岩	>100	>0.75	IV、V 级结构面存在, 无或偶见 III 级结构面, 组数一般不超过 3 组, 而且延展性极差, 多呈闭合、粗糙状态, 无充填或夹少量碎屑。tanΦ ≥ 0.60	岩体呈整体状态, 或由巨型块状体所组成	>60	地下水作用不明显
II	块状结构	—	—	岩性单一, 构造变形轻—中等的厚层沉积岩、块状变质岩和岩浆岩	100~50	0.57~0.35	以 IV、V 级结构面为主, 少见 II、III 级结构面, 层间有一定的结合力, 结构面一般发育有 2—3 组, 以两组高角度剪切节理为发育。结构面多闭合、粗糙或夹碎屑或附薄膜, 一般 tanΦ = 0.4~0.60	长方体、立方体、菱形块体以及占多数的多角形块体	>30 一般在 60 以上	裂隙水甚为微弱, 沿面可以出现渗水、滴水现象, 主要表现对半坚硬岩石的软化
III	层状结构	III ₁	层状结构	主要指构造变形轻—中等的, 中—厚(单层厚度大于 30 cm) 层的层状岩体	50~30	0.6~0.30	以 III、IV 级结构面(层面、片理、节理)为主, 亦存在 II 级结构面(原生软弱夹层、层间错动)延展性较好, 一般有 2~3 组结构面, 层面尤为显著, 层间结合力较差, 结构面的摩擦系数一般为 0.30~0.50	长方体、厚板体、块体和柱状体	>30	由于岩层的组合和变形程度的不同, 岩体具有不同的水文地质结构; 地下水的储存情况和水动力条件则不相同。不仅要注意地下水渗透压力所引起的问题, 而且地下水的软化、泥化作用亦是明显的
		III ₂	薄层状结构	同 III ₁ , 但层厚小于 30 cm, 在构造变动作用下表现为相对强烈的褶皱(或褶曲)和层间错动	<30	<0.40	层理、片理发育, III 级、II 级结构面如原生软弱夹层、层间错动和小断层不时出现, 结构面多为泥膜、碎屑和泥质物所充填, 一般结合力差 tanΦ ≈ 0.30 上下	组合板状体或薄板状体	一般 30~10	

表 H.1 (续)

结构类型		亚类		地质背景	完整状态		结构面特征	结构体特征		水文地质特征
代号	名称	代号	名称		结构面间距 cm	完整性系数		形态	强度 MPa	
IV	碎裂结构	IV ₁	镶嵌结构	一般发育于脆硬岩层中的压碎岩带,节理、劈理组数多,厚度大	<50 一般为数厘米	<0.35	以IV、V级结构面(节理、劈理及显微裂隙)为主,结构面组数多(均多于3组),密度大,但其延展性较差。结构面粗糙,闭合无充填或夹少量碎屑, $\tan\Phi = 0.40 \sim 0.60$	形态不一,大小不同,棱角显著彼此咬合	>60	本身即为统一含水体系,虽然导水性能并不显著,但渗水亦有一定的渗透压力
		IV ₂	层状碎裂结构	软硬相间的岩石组合,如复理石建造,火山岩建造和变质岩建造中,通常有一系列近于平行的软弱破碎带,它们与完整性较好的岩体相间存在	<100	<0.40	II、III、IV级结构面均发育,II、III级(软弱夹层和各种成因类型的破碎带)尤为突出,在岩体中大致平行分布,起着控制性作用,其摩擦系数一般为0.20~0.40;相对坚硬完整的、与软弱破碎带相间存在的骨架岩体中,以IV、V级结构面为主,一般 $\tan\Phi = 0.40$	软弱破碎带以碎屑、碎块、岩粉、泥为主;骨架部分岩体为大小不等、形态不同的岩块	骨架岩体中岩块强度在30以上或更大些	亦具层状水文地质结构特性,软弱破碎带两侧地下水呈带状渗流,同时对软弱结构面(包括破碎带)的软化、泥化作用甚为明显
		IV ₃	碎裂结构	岩性复杂,构造变动剧烈,断裂发育,亦包括风化作用下的弱风化带	<50	<0.30	II、III、IV、V级结构面均发育,组数不下4~5组,彼此交切结构面多被充填;或为泥夹碎屑、或为泥膜、或为矿物薄膜,擦痕镜面多见,结构面光滑度不等,形态不一。有的破碎带中黏土矿物成分甚多。结构面的摩擦系数一般为0.20~0.40	碎屑和大小不等、形态不同的岩块	岩块中裂隙甚多,易破碎,强度小于30	地下水各方面作用均显著,不仅有软化、泥化作用,而且由于渗流还可能引起化学管涌和机械管涌现象
V	散体结构	—	—	构造变动剧烈,一般为断层破碎带、岩浆岩侵入接触破碎带以及剧烈—强烈风化	—	<0.2	断层破碎带、接触破碎带中一般均具有数条滑动面,带中节理、劈理密集而呈无序状。整个破碎带(包括刷—强烈风化带)呈块夹泥的松散状态或泥包块的松软状态。摩擦系数一般在0.20上下	泥、岩粉、屑、碎块、片等	岩块的强度在实际上无意义	泥质物多,所以破碎带起隔水作用,使地下水沿破碎带两侧富集;同时,地下水可以促使破碎带物质软化、泥化、崩解、膨胀,还可产生化学管涌和机械管涌

表 II.2 岩体结构特征及工程地质评价

结构类型		亚类		力学介 质类型	岩体变形破坏的特征	工程地质评价要点
代号	名称	代号	名称			
I	整体 状结 构	—	—	连续介质	硬脆岩石中的深埋地下工程可能出现岩爆,即脆性破裂,一般是沿裂隙端部产生。在半坚硬岩层中可能产生微弱的塑性变形	埋深大或处地震危险区的地下工程的围岩中,初始应力大能产生岩爆
II	块状 结构	—	—	连续或不 连续介质	压缩变形微量,主要决定于结构面的规模、数量和方位以及结构体的强度。剪切滑移受结构面抗剪强度及岩块刚度、形状、大小所制约,部分岩石抗剪断强度可以发挥作用,滑移面多迁就已有结构面	结构面的分布与特性,尤其II、III级结构面的存在及其组合块体的规模、形状和方位;深埋或地震危险区地下开拓时,岩体中显微裂隙的存在,可导致岩爆
III	层状 结构	III ₁	层状 结构	不连续 介质	变形受岩石组合、结构面所控制。压缩变形取决于岩性、岩层变位程度、结构面发育情况,缓倾和陡立岩层在拱顶和边墙可能出现I级结构面弯曲拗折现象。剪切滑移受软弱结构面及软弱夹层的抗剪强度及其方位所制约	岩石组合;层面特征及其结合力,岩层的产状;要特别注意软弱夹层、层间错动的存在和II、III级结构面的组合;水文地质结构和水力条件
		III ₂	薄层 状结 构		岩体的变形受破坏整体特性所控制,特别是软弱破碎岩层可能出现压缩、挤出底鼓等现象。洞室顶部、边墙易产生拗折现象。剪切滑移受结构面抗剪强度和薄板体的强度所控制	层间结合状态、软弱岩层的褶曲和坚硬岩层的破裂及其变化情况;地下水对软弱破碎岩层的软化和泥化,块体和组合块体的存在及其稳定性
IV	碎裂 结构	IV ₁	镶嵌 结构	似连续 介质	压缩变形量直接与结构体的大小、形态、强度有关。结构面抗剪强度、结构体彼此镶嵌能力,在岩体变形破坏过程中起决定性作用。崩塌坍塌是由表及里逐渐发展的,若及时喷锚即可改善表层的应力状态,防止变形的发展	结构面发育的组数及其特征;地下水的渗透特性以及工程岩体所处的振动、风化条件;II、III级结构面的存在及其组合关系,这些软弱结构面的特性以及块体、组合块体的稳定性
		IV ₂	层状 碎裂 结构	不连续 介质	岩体的变形破坏受软弱破碎带所控制,具备坍塌、滑移的条件,还有压缩变形的可能	控制性软弱破碎带的方位、规模、组成物质的特性及其抗剪强度;相对完整岩体的骨架作用;地下水的赋存条件及其对岩体稳定性所起的作用
		IV ₃	破碎 结构	不连续介 质或连续 介质	整体强度低,坍塌、滑移、压缩变形均可产生。岩体塑性强,变形时间效应明显。岩体的变形破坏受软弱结构面的规模、数量、特性及其组合特征的决定	软弱结构面方位、规模、数量特性及其组合特征;结构面软弱物质的水理性以及地下水的赋存条件和作用;岩体变形的时间效应;组合块体对变形初始阶段的控制作用
V	散体 结构	—	—	似连续 介质	是岩体中工程地质特性最坏的部位,近松散介质,具显著的塑性特征,变形明显。基础的压缩沉降、边坡的塑性挤出、坍塌滑移、洞室的坍塌、鼓胀无不产生。其变形、破坏受破碎带的物质组成及其强度所控制	构造岩、风化岩的破碎特征;物质组成、物理—力学性质、水理特性等;注意断层破碎带多期活动性和新构造应力场

附 录 I
(资料性附录)
岩(土)样室内试验项目

岩(土)样品室内试验项目参见表 I.1。

表 I.1 岩(土)样室内试验项目

试验项目		岩、土类别					
		砂质土	黏性土	多年冻土	软岩	较坚硬岩石	坚硬岩石
成分	颗粒成分	+	+	+	+	—	—
	矿物成分	+	+	+	+	+	+
	化学成分	—	+	+	+	+	—
	黏土矿物	—	+	+	+	—	—
物理性质	比重	+	+	+	+	+	+
	容重	+	+	+	+	+	+
	相对密度	+	—	+	—	—	—
	天然含水量	+	+	—	+	+	+
	软化系数	—	—	—	+	+	+
	孔隙度(比)	+	+	—	+	—	—
	界限含水量	—	+	—	—	—	—
	膨胀性(膨胀量、冻胀量)	—	+	+	+	—	—
	耐崩解性指标	—	—	—	+	+	—
	安息角	+	—	+	—	—	—
	吸水率(含水率)	—	—	+	+	+	+
	渗透系数	+	+	—	+	+	+
力学性质	压缩性	+	+	+	+	—	—
	抗压强度(干、湿)	—	—	+	+	+	+
	抗拉强度	—	—	+	—	+	+
	抗剪强度(干、湿)	—	+	+	+	+	+
	弹性模量(干、湿)	—	—	—	+	+	+
	泊松比	—	—	—	—	+	—
	抗冻性	—	—	—	+	+	—
	承载比试验	—	—	—	—	+	+
拉磨试验	—	—	—	—	+	+	
注 1：水溶浸法开采的盐岩类矿床应进行水溶性试验。 注 2：露采剥离物强度应进行切割强度试验。 注 3：“+”表示应做项目，“—”表示不需要做的项目。							

参 考 文 献

- [1] GB 5084—2005 农田灌溉水质标准
- [2] GB 8978—1996 污水综合排放标准
- [3] GB/T 13908—2020 固体矿产地质勘查规范总则
- [4] GB/T 14158—1993 区域水文地质工程地质环境地质综合勘查规范(比例尺 1 : 50 000)
- [5] GB/T 50021—2001 岩土工程勘察规范(2009 年版)
- [6] GB/T 50218—2014 工程岩体分级标准
- [7] GB 50330—2013 建筑边坡工程技术规范
- [8] GB 50487—2008 水利水电工程地质勘察规范
- [9] DZ/T 0001—1991 区域地质调查总则(1 : 50 000)
- [10] DZ/T 0033—2020 固体矿产地质勘查报告编写规范
- [11] DZ/T 0097—1994 工程地质调查规范(1 : 2.5 万~1 : 5 万)
- [12] DZ/T 0133—1994 地下水动态监测规程
- [13] DZ/T 0207—2002 玻璃硅质原料、饰面石材、石膏、温石棉、硅灰石、滑石、石墨矿产地质勘查规范
- [14] DZ/T 0214—2020 矿产地质勘查规范 铜、铅、锌、银、镍、钼
- [15] DZ/T 0223—2011 矿山地质环境保护与恢复治理方案编制规范
- [16] DZ T 0282—2015 水文地质调查规范(1 : 50 000)
- [17] HJ 610—2016 环境影响评价技术导则 地下水环境
- [18] MT/T 897—2000 煤炭煤层气地震勘探规范
- [19] MT/T 1091—2008 煤矿床水文地质、工程地质及环境地质勘查评价标准
- [20] 国家煤矿安全监察局,煤矿防治水细则,2018 年 9 月 1 日
- [21] 国家煤炭工业局,建筑物、水体、铁路及主要井巷煤柱留设与压煤开采规程,2000 年 5 月 26 日
- [22] 铁三院地路处,采空区工程地质勘察设计实用手册,2004 年 10 月

