

UDC



中华人民共和国国家标准

P

GB50771—2012

---

# 有色金属采矿设计规范

**Code for design of nonferrous metal mining**

2012-05-28 发布

2012-12-01 实施

---

中华人民共和国住房和城乡建设部  
中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局

联合发布

中华人民共和国国家标准

有色金属采矿设计规范  
**Code for design of nonferrous metal mining**

GB50771—2012

主编部门：中国有色金属工业协会

批准部门：中华人民共和国住房和城乡建设部

施行日期：2012 年 12 月 01 日

中国计划出版社

2012 北京

# 前 言

本规范是根据原建设部《关于印发<2006 年工程建设标准规范制订、修订计划（第二批）>的通知》（建标[2006]136 号）的要求，由长沙有色冶金设计研究院有限公司会同有关单位共同编制完成的。

本规范在编制过程中，规范编制组进行了广泛的调查分析，总结了我国有色金属矿山采矿设计和生产经验，与相关标准进行了协调，并借鉴了国家现行有关标准，广泛征求了设计、科研、生产等单位的意见，经多次讨论、反复修改，最后经审查定稿。

本规范共分 19 章。主要内容有：总则、术语及符号、基本规定、矿床地质、水文地质、岩石力学、露天开采、砂矿开采、地下开采、露天与地下联合开采、矿井通风、充填、竖井提升、斜井（坡）提升、坑内运输、压气设施、破碎站、排水与排泥、索道运输。

本规范中以黑体字标志的条文为强制性条文，必须严格执行。

本规范由住房和城乡建设部负责管理和对强制性条文的解释，由中国有色金属工业工程建设标准规范管理处负责日常管理，由长沙有色冶金设计研究院有限公司负责具体技术内容的解释。本规范在执行过程中，请各单位结合工程实践，认真总结经验，如发现需要修改或补充之处，请将意见和建议寄交长沙有色冶金设计研究院有限公司《有色金属采矿设计规范》管理组（地址：湖南省长沙市解放中路 199 号，邮编：410011，传真：0731-82228112），以便今后修改和补充。

本规范主编单位、参编单位、主要起草人员和主要审查人员：

**主编单位：**长沙有色冶金设计研究院有限公司

**参编单位：**中国恩菲工程技术有限公司  
昆明有色冶金设计研究院股份公司  
兰州有色冶金设计研究院有限公司  
中金岭南有色金属股份有限公司凡口铅锌矿  
广西华锡集团股份有限公司  
金诚信矿业管理有限公司

**主要起草人员：**刘放来 廖江南 刘福春 祝瑞勤 陈建双 刘育明 尹卫荣  
杨建中 张木毅 苏家红 李红辉 戴紫孔 畅文生 吴秀琼  
唐 建 陈子辉 徐进平 龚清田 朱建国 韩晓明 杨 震  
苗明义 淡永富 陶平凯 肖力波 许毓海 杨光毅 顾秀华  
邸新宁 王红敏 李悦良 苏莘文 黄炳贻 谢 鹰

**主要审查人员：**贺 健 谢 良 郭 然 李振林 蒋 义 梁海根 徐志强  
李发本

# 目 次

<b>1 总 则</b>	<b>- 1 -</b>
<b>2 术语和符号</b>	<b>- 2 -</b>
2.1 术语	- 2 -
2.2 符号	- 3 -
<b>3 基本规定</b>	<b>- 4 -</b>
<b>4 矿床地质</b>	<b>- 8 -</b>
4.1 工业指标制定	- 8 -
4.2 选矿试样采取设计	- 8 -
4.3 资源储量估算	- 8 -
4.4 基建和生产勘探	- 9 -
<b>5 水文地质</b>	<b>- 11 -</b>
5.1 涌水量计算	- 11 -
5.2 地面和井下防水	- 12 -
5.3 矿床疏干	- 13 -
5.4 防渗帷幕	- 14 -
<b>6 岩石力学</b>	<b>- 15 -</b>
6.1 岩体质量分类和地应力计算	- 15 -
6.2 露天边坡角的选取及边坡稳定性监测	- 17 -
6.3 井下工程稳定性评价	- 18 -
<b>7 露天开采</b>	<b>- 20 -</b>
7.1 露天开采境界	- 20 -
7.2 露天矿山生产能力	- 21 -
7.3 基建与采剥进度计划	- 22 -
7.4 开拓运输	- 23 -
7.5 穿孔、爆破工艺	- 25 -
7.6 装载工艺	- 27 -
7.7 设备选择	- 28 -
7.8 排土场	- 29 -
7.9 硐室爆破	- 30 -
7.10 露天采场复垦	- 30 -
<b>8 砂矿开采</b>	<b>- 32 -</b>
8.1 水力开采	- 32 -
8.2 挖掘船开采	- 34 -
8.3 机械开采	- 36 -
<b>9 地下开采</b>	<b>- 37 -</b>
9.1 矿山生产能力	- 37 -
9.2 开采岩移范围和地面建、构筑物保护	- 39 -
9.3 矿床开拓	- 40 -

9.4 空场采矿法.....	- 42 -
9.5 充填采矿法.....	- 44 -
9.6 崩落采矿法.....	- 46 -
9.7 凿岩爆破.....	- 48 -
9.8 回采出矿.....	- 49 -
9.9 基建与采掘进度计划.....	- 49 -
9.10 设备选择.....	- 50 -
<b>10 露天与地下联合开采.....</b>	<b>- 51 -</b>
10.1 露天与地下同时开采.....	- 51 -
10.2 露天转地下开采.....	- 51 -
10.3 地下转露天开采.....	- 52 -
<b>11 矿井通风.....</b>	<b>- 53 -</b>
11.1 通风系统.....	- 53 -
11.2 风量计算与分配.....	- 54 -
11.3 通风构筑物.....	- 56 -
11.4 坑内环境与气象.....	- 57 -
11.5 主通风装置与设施.....	- 58 -
<b>12 充填.....</b>	<b>- 60 -</b>
12.1 充填材料.....	- 60 -
12.2 充填能力计算.....	- 60 -
12.3 充填料制备站.....	- 61 -
12.4 充填料输送.....	- 62 -
<b>13 竖井提升.....</b>	<b>- 63 -</b>
13.1 提升设备选择与配置.....	- 63 -
13.2 主要提升参数的选取和计算.....	- 64 -
13.3 提升容器与平衡锤.....	- 65 -
13.4 提升钢丝绳及钢丝绳罐道.....	- 66 -
13.5 竖井提升装置.....	- 67 -
13.6 井口与井底车场.....	- 68 -
13.7 箕斗装载与粉矿回收.....	- 69 -
<b>14 斜井（坡）提升.....</b>	<b>- 70 -</b>
14.1 提升设备选择与配置.....	- 70 -
14.2 主要提升参数的选取与计算.....	- 70 -
14.3 提升容器与提升钢丝绳.....	- 72 -
14.4 斜井提升装置.....	- 72 -
14.5 斜井与车场连接.....	- 73 -
14.6 斜井或斜坡箕斗装载与粉矿回收.....	- 74 -
<b>15 坑内运输.....</b>	<b>- 75 -</b>
15.1 机车运输.....	- 75 -
15.2 无轨运输.....	- 77 -
15.3 带式输送机运输.....	- 78 -
<b>16 压气设施.....</b>	<b>- 81 -</b>
16.1 站址选择.....	- 81 -

16.2 设备选择与计算..... - 81 -

16.3 站房布置..... - 82 -

16.4 储气罐..... - 82 -

16.5 空压机冷却用水..... - 82 -

16.6 压缩空气管网..... - 83 -

**17 破碎站..... - 85 -**

17.1 露天破碎站..... - 85 -

17.2 井下破碎站..... - 85 -

**18 排水与排泥..... - 87 -**

18.1 露天矿排水..... - 87 -

18.2 井下排水..... - 88 -

18.3 井下排泥..... - 89 -

**19 索道运输..... - 91 -**

19.1 适用条件和主要设计参数..... - 91 -

19.2 索道线路的选择与设计..... - 93 -

19.3 索道的站址选择与站房设计..... - 94 -

19.4 索道设备的选型与设计..... - 95 -

本规范用词说明

引用标准名录

附：条文说明

# Contents

<b>1 Generals provisions.....</b>	<b>- 1 -</b>
<b>2 Terms and Symbols .....</b>	<b>- 2 -</b>
2.1 Terms.....	- 2 -
2.2 Symbols.....	- 3 -
<b>3 General Provisions .....</b>	<b>- 4 -</b>
<b>4 Deposit Geology .....</b>	<b>- 8 -</b>
4.1 Development of Industrial Index .....	- 8 -
4.2 Design of Beneficiation Test Sampling .....	- 8 -
4.3 Resource and Reserve Estimation .....	- 8 -
4.4 Preproduction and Production Exploration .....	- 9 -
<b>5 Hydrogeology .....</b>	<b>- 11 -</b>
5.1 Water Inflow Calculation .....	- 11 -
5.2 Ground and Underground Water Proofing .....	- 12 -
5.3 Deposit Drainage .....	- 13 -
5.4 impervious Curtain.....	- 14 -
<b>6 Rock Mechanics .....</b>	<b>- 15 -</b>
6.1 Rock Mass Classification and Ground Stress Calculation .....	- 15 -
6.2 Open-pit Slope Angle Selection and Slope Stability Monitoring.....	- 17 -
6.3 Evaluation of Underground Project Stability .....	- 18 -
<b>7 Open-pit Mining .....</b>	<b>- 20 -</b>
7.1 Open-pit Mining Boundary .....	- 20 -
7.2 Open-pit Mine Capacity .....	- 21 -
7.3 Schedule of Construction , Mining and Stripping .....	- 22 -
7.4 Development and Transportation .....	- 23 -
7.5 Drilling and Blasting Process .....	- 25 -
7.6 Loading Process .....	- 27 -
7.7 Equipment Selection .....	- 28 -
7.8 Waste Dump .....	- 29 -
7.9 Chamber Blasting .....	- 30 -
7.10 Open-pit Reclamation .....	- 30 -
<b>8 Placer Mining .....</b>	<b>- 32 -</b>
8.1 Hydraulic Mining.....	- 32 -
8.2 Dredger Mining .....	- 34 -
8.3 Mechanical Mining .....	- 36 -
<b>9 Underground Mining .....</b>	<b>- 37 -</b>
9.1 Mine Capacity .....	- 37 -
9.2 Range of Mining Rock Mass Movement Protection of Ground Buildings & Structures Protection.....	- 39 -
9.3 Deposit Development .....	- 40 -
9.4 Open Stopping.....	- 42 -

9.5 Cut and Fill Stoping.....	- 44 -
9.6 Caving Mining .....	- 46 -
9.7 Drilling and Blasting .....	- 48 -
9.8 Mined Ore Removal .....	- 49 -
9.9 Schedule of Construction , Mining and Stripping.....	- 49 -
9.10 Equipment Selection .....	- 50 -
<b>10 Open-pit and Underground Combined Mining .....</b>	<b>- 51 -</b>
10.1 Open-pit and Underground Simultaneous Mining .....	- 51 -
10.2 Transition from open-pit mining to underground mining .....	- 51 -
10.3 Transition from underground mining to open-pit mining.....	- 52 -
<b>11 Mine Ventilation .....</b>	<b>- 53 -</b>
11.1 Ventilation System .....	- 53 -
11.2 Air flow calculation and distribution .....	- 54 -
11.3 Ventilation Structures .....	- 56 -
11.4 Underground Environment and Atmosphere .....	- 57 -
11.5 Main Ventilation Device and Installations .....	- 58 -
<b>12 Filling .....</b>	<b>- 60 -</b>
12.1 Filling Material .....	- 60 -
12.2 Filling Capacity Calculation .....	- 60 -
12.3 Filling Material Preparation Station .....	- 61 -
12.4 Filling Material Delivery .....	- 62 -
<b>13 Shaft Hoisting .....</b>	<b>- 63 -</b>
13.1 Selection and configuration of hoisting equipment.....	- 63 -
13.2 Selection and calculation of main hoisting parameters .....	- 64 -13.3
Hoisting Container and Balance Weight .....	- 65 -
13.4 Hoisting Steel Rope and Rope Guide .....	- 66 -
13.5 Shaft Hoisting Device .....	- 67 -
13.6 Shaft Head and Shaft Station .....	- 68 -
13.7 Skip Loading and Fine Ore Recovery .....	- 69 -
<b>14 Inclined Shaft (Ramp) Hoisting .....</b>	<b>- 70 -</b>
14.1 Selection and configuration of hoisting equipment.....	- 70 -
14.2 Selection and calculation of main hoisting parameters.....	- 70 -
14.3 Hoisting container and hoisting rope.....	- 72 -
14.4 Inclined Shaft Hoisting Device .....	- 72 -
14.5 Connection Between the Inclined Shaft and Shaft Station .....	- 73 -
14.6 Inclined Shaft or Skip Loading and Fine Ore Recovery.....	- 74 -
<b>15 Underground Haulage .....</b>	<b>- 75 -</b>
15.1 Locomotive Haulage .....	- 75 -
15.2 Trackless Haulage .....	- 77 -
15.3 Belt Conveyer Haulage .....	- 78 -
<b>16 Air Compression Station .....</b>	<b>- 81 -</b>
16.1 Site Selection .....	- 81 -
16.2 Equipment Selection and Calculation .....	- 81 -



16.3 Station Building Layout .....	- 82 -
16.4 Air Tank .....	- 82 -
16.5 Air Compressor Cooling Water .....	- 82 -
16.6 Compressed Air Pipeline .....	- 83 -
<b>17 Crushing Station .....</b>	<b>- 85 -</b>
17.1 Open-pit Crushing Station .....	- 85 -
17.2 Underground Crushing Station .....	- 85 -
<b>18 Drainage and Spoil Disposal .....</b>	<b>- 87 -</b>
18.1 Open-pit Drainage .....	- 87 -
18.2 Underground Drainage .....	- 88 -
18.3 Underground Spoil Disposal .....	- 89 -
<b>19 Ropeway Transportation .....</b>	<b>- 91 -</b>
19.1 Applicable Conditions and Main Design Parameters .....	- 91 -
19.2 Selection and design of ropeway routing .....	- 93 -
19.3 Selection of ropeway site and design of station house .....	- 94 -
19.4 Ropeway Equipment Sizing and Design .....	- 95 -
Explanation of Wording in this code	
<b>List of quoted standards</b>	
<b>Addition: Explanation of provisions</b>	

# 1 总 则

**1.0.1** 为贯彻执行国家发展有色金属工业的各项法律、法规和方针政策，推广应用有色金属矿山行之有效的先进技术和经验，推动科技进步，提高有色金属采矿设计质量，合理开采有色金属矿山资源，制定本规范。

**1.0.2** 本规范适用于新建、改建、扩建的有色金属矿山预可行性研究、可行性研究和矿山工程建设的采矿设计。

**1.0.3** 有色金属采矿设计，除应符合本规范外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

## 2 术语和符号

### 2.1 术语

#### 2.1.1 露天开采 open-pit limit

在敞露的地表采场进行有用矿物的采剥作业。

#### 2.1.2 露天开采境界 open-pit limit

由露天采场的底面和边帮限定的可采空间的边界。

#### 2.1.3 剥采比 stripping ratio

露天开采境界内剥离物的体积或质量与采出矿石的体积或质量之比。

#### 2.1.4 挖掘船开采 dredger mining

用安设采选联合机组设施的船只，从事水下砂矿开采的作业。

#### 2.1.5 地下开采 underground mining

从地表向地下掘进一系列井巷工程通达矿体，建立完整的提升、运输、通风、排水、供电、供气、供水等生产系统及其辅助生产系统并进行有用矿物的采矿工作的总称。

#### 2.1.6 矿床开拓 deposit development

从地表掘进一系列井巷工程通达矿体，以形成提升、运输、通风、排水、供水、供电等完整系统。

#### 2.1.7 空场采矿法 open- stope mining

在回采过程中，主要依靠采场围岩自身的稳固性或少量矿柱等支撑能力，维护采空区稳定的一类采矿方法。

#### 2.1.8 充填采矿法 backfilling method

随着回采工作面推进到一定距离后，用充填材料充填采空区，以控制采场地压的一类采矿方法。

#### 2.1.9 崩落采矿法 caving mining

随着回采工作的进行，强制或自然崩落矿体上部覆盖岩石和顶底盘围岩充填采空区，以控制采场地压和处理采空区的一类采矿方法。

#### 2.1.10 “三下”采矿 mining under surface water-body, building or railway

指在地表水体、建构物、构筑物或铁路下开采矿床的工作。

#### 2.1.11 竖井提升 shaft hoisting

竖井中采用钢丝绳牵引提升容器进行升降运输的方式。

#### 2.1.12 斜井（坡）提升 inclined shaft hoisting

在倾斜巷道或露天斜坡中采用钢丝绳牵引提升容器进行运输的方式。

### 2.1.13 提升钢丝绳 hoisting rope

用来悬挂提升容器沿井筒作上、下直线运动的钢丝绳。

### 2.1.14 首绳 head rope

摩擦提升中悬吊提升容器的钢丝绳。亦称主绳。

### 2.1.15 尾绳 tail rope

摩擦提升中悬挂在两提升容器底部作平衡用的钢丝绳。

## 2.2 符号

### 2.2.1 应力、节理

$\sigma_V$ —垂直应力；

$\sigma_H$ —水平应力；

$J_n$ —节理组数系数；

$J_r$ —节理粗糙度系数；

$J_d$ —节理蚀变或蜕变影响系数；

$J_w$ —节理水拆减系数；

$SRF$ —应力拆减系数；

$J_v$ —岩体体积节理数。

### 2.2.2 生产能力

$A$ —矿山生产能力；

$A_p$ —露天采场生产能力；

$Q_p$ —单台挖掘机平均生产能力；

$V_b$ —钻机台班效率；

$Q_r$ —水枪冲采土岩的生产能力；

$Q$ —砂矿土岩生产能力；

$Q_d$ —挖掘船生产能力；

$Q$ —日充填能力。

### 2.2.3 长度、距离、高度、射程

$L_p$ —单个采矿台阶可布置的采矿工作线长度；

$L_o$ —单台挖掘机占用的工作线长度；

$L_{min}$ —水枪距工作面最小距离；

$L$ —水枪射程；

$H$ —阶段高度、台阶高度、提升高度；

$L_g$ —过卷距离。

### 3 基本规定

**3.0.1** 有色金属矿山预可行性研究及可行性研究，应根据矿山资源条件和外部建设条件、资源配置及市场需求、可能采取的开采技术及装备条件、资金筹措及投资效果等，全面分析研究矿山建设的必要性、可行性、合理性。

**3.0.2** 矿产资源开采应首先开发矿石质量高、易采选、外部建设条件和经济效益好的矿床。在矿床总体开采方案的指导下，在技术条件允许和保护资源的前提下，宜先期开采基建工程量小、投产快和品位较高的地段。

**3.0.3** 露天开采和地下开采方式的选择，应根据技术、经济、资源开发利用、生态环境保护、地质灾害防治、水土保持、土地复垦等影响因素经综合比较后确定。有条件的矿山宜采用露天开采方式。

**3.0.4** 矿产资源开采应采取合理的开采顺序、开采方法，采矿回采率、贫化率应符合国家和相关行业准入条件等的规定。在开采主要矿产的同时，对具有工业价值的共生和伴生矿产应统一规划、综合开采、综合利用、防止浪费；对暂时不能综合开采或必须同时采出而暂时还不能综合利用的矿产，应采取有效的保护措施。

**3.0.5** 有色金属采矿设计应贯彻执行矿山生态环境保护与污染防治技术政策。露天开采矿山，宜推广剥离—排土—造地—复垦一体化技术；地下开采矿山，宜推广应用充填采矿工艺技术，利用尾砂、废石充填采空区，推广减轻地表沉陷的开采技术；水力开采的矿山，宜推广水重复利用率高的开采技术；有条件的矿山，宜研究推广溶浸采矿工艺技术，发展集采、选、冶于一体，直接从矿床中获取金属的工艺技术。

**3.0.6** 有色金属地下矿山必须有监测监控、井下人员定位、紧急避险、压风自救、供水施救和通信联络系统等安全防护技术装备。

**3.0.7** 有色金属矿山设计应符合下列规定：

- 1 应持续采用行之有效的采矿新工艺、新技术、新设备、新材料；
- 2 应广泛吸收各学科的高新技术，开拓更先进的、非传统的采矿技术，不断提高矿山信息化、数字化、智能化水平；
- 3 应不断降低原材料、能源消耗；
- 4 应采取防止资源损失和生态破坏的措施；
- 5 应体现建设资源节约型和环境友好型有色矿山企业的设计理念，促进有色金属矿业可持续发展。

**3.0.8** 可行性研究报告应依据经评审、备案的详查或勘探地质报告编制。初步设计应依据经评审、备案的勘探地质报告编制；水文地质条件简单的小型矿山和改建、扩建矿山，初步设计可依据经评审、备案的详查地质报告编制。可行性研究和初步设计应对勘查方法、勘查工作质量、勘查程度、资源可靠程度、开采和加工技术条件等进行评价。

**3.0.9** 因工业指标变更、矿业权变动、资源储量发生重大变化，以及工程建设项目压覆等矿区，设计应依据经评审、备案的资源储量核实报告。

**3.0.10** 设计利用资源储量和设计可采储量，应按下列规定估算：

1 依据的资源储量主要类型为探明的、控制的经济基础储量和内蕴经济资源量，推断的内蕴经济资源量可部分使用；

2 推断的内蕴经济资源量可信度系数应根据矿床赋存特征和勘探工程控制程度选取，可取 0.5~0.8；

3 设计损失量应包括露天开采设计不能回收的挂帮矿量，地下开采设计的工业场地、井筒及永久建、构筑物等需留设的永久性保护矿柱的矿量，以及因法律、社会、环境保护等因素影响不得开采的矿量；

4 设计利用资源储量可按下列式估算：

$$\text{设计利用资源储量} = \sum (\text{经济基础储量} + \text{探明、控制的内蕴经济资源量} + \text{推断的内蕴经济资源量} \times \text{可信度系数}) - \text{设计损失量} \quad (3.0.10-1)$$

5 设计可采储量可按下列式估算：

$$\text{设计可采储量} = \text{设计利用资源储量} - \text{采矿损失量} \quad (3.0.10-2)$$

**3.0.11** 水文地质条件复杂的矿山，应根据现行国家标准《矿区水文地质工程地质勘探规范》GB12719 和矿山防治水要求，进行水文地质勘探和研究程度评价。当水文地质勘探和研究程度严重不足，影响防治水方案确定时，设计应提出补充勘探要求。

**3.0.12** 可行性和初步设计应有岩石力学专篇。大型露天矿山和边坡工程地质条件复杂的中、小型露天矿山设计，宜依据经评审的边坡工程地质勘察报告和边坡稳定性评价报告；技术条件复杂的大、中型地下矿山设计，宜依据岩石力学专题研究报告。可行性研究阶段尚未开展岩石力学研究的矿山，设计应提出岩石力学研究的内容和建议。

**3.0.13** 有自然发火可能的地下矿山，矿山防灭火设计应依据经评审通过的矿岩自然发火研究报告。

**3.0.14** 矿山的生产建设规模应根据矿床开采技术条件、矿床的勘探程度和资源储量、外部建设条件、工艺技术和装备水平、市场需求、资金筹措等因素，经计算论证和技术经济综合比较后确定；生产规模较大的矿山应研究分期建设的可行性和经济合理性。有色金属矿山生产建设规模分类，应符合表 3.0.14 的规定。

**表 3.0.14 有色金属矿山生产建设规模分类**

矿种类别	矿山生产建设规模级别			
	计量单位/年	大型	中型	小型
铜、铅、锌、钨、锡、锑、钼、镍矿山	矿石万吨	≥100	100~30	<30
钴、镁、铋、汞矿山	矿石万吨	≥100	100~30	<30
稀土、稀有金属矿山	矿石万吨	≥100	100~30	<30
铝土矿	矿石万吨	≥100	100~30	<30
金(岩金) 矿山	矿石万吨	≥15	15~6	<6
金(砂金船采) 矿山	矿石万立方米	≥210	210~60	<60
金(砂金机采) 矿山	矿石万立方米	≥80	80~20	<20
银矿山	矿石万吨	≥30	30~20	<20
其他贵金属矿山	矿石万吨	≥10	10~5	<5

**3.0.15** 新建矿山的设计合理服务年限，宜符合表 3.0.15 的规定。改建、扩建矿山设计的设计合理服务年限不宜低于相同开采方式的新建矿山设计合理服务年限的 50%。

**表 3.0.15 新建矿山的设计合理服务年限（a）**

矿山类别	大型矿山	中型矿山	小型矿山
露天矿山	>20	>15	>8
地下矿山	>25	>15	>8

**3.0.16** 有色金属矿山的建设工期，不宜超过表 3.0.16 的规定。

**表 3.0.16 建设工期（月）**

矿山类别	大型矿山	中型矿山	小型矿山
露天矿山	24~36	18~24	12~18
地下矿山	36~48	24~36	18~24

**3.0.17** 有色金属采矿设计涉及的安全、环境保护、水土保持、职业病防护等设施，应与主体工程同时设计、同时施工、同时投入生产和使用。

**3.0.18** 有色金属矿山从投产起至达到设计生产规模的时间，大、中型矿山不宜大于 3a；小型矿山不宜大于 1a。

**3.0.19** 有色金属矿山投产时的年产量与设计年产量的比例，宜符合表 3.0.19 的规定。

**表 3.0.19 投产时的年产量与设计年产量的比例（%）**

矿山类别	大型矿山	中型矿山	小型矿山
露天矿山	>40	>50	80~100
地下矿山	>30	>40	50~80

注：小型矿山，生产建设规模小时取大值，生产建设规模大时取小值。

**3.0.20** 矿山生产贮备矿量保有期，宜符合表 3.0.20 的规定。

**表 3.0.20 生产贮备矿量保有期**

贮备矿量级别	露天开采矿山	地下开采矿山
开拓矿量	(1~2) 年	(3~5) 年
采准矿量	—	(6~12) 个月
备采矿量	(2~5) 个月	(3~6) 个月

**3.0.21** 矿山工作制度，宜采用连续工作制。矿山年工作天数宜为 300d 或 330d，每天宜为 3 班，每班宜为 8h。特殊气候地区需季节性工作或有特殊要求的露天矿、有严重影响人体健康的粉尘、气体、放射性物质的地下矿山，应按国家有关规定和实际情况确定工作制度。

**3.0.22** 有色金属矿山采矿工程设计,应符合现行国家标准《金属非金属矿山安全规程》GB16423 和《爆破安全规程》GB6722 的有关规定。



## 4 矿床地质

### 4.1 工业指标制定

**4.1.1** 矿床工业指标的制定，应有顾客的委托书和地质勘查单位提供的工业指标建议书及相关资料。

**4.1.2** 静态工业指标应按边界品位、最低工业品位、矿床平均品位、最小可采厚度、夹石剔除厚度的指标体系制定。必要时，可增加剥采比、米百分值、含矿率、伴生有用组分含量、有害组分允许含量、品级划分标准、氧化率、铝硅比等针对性指标项；对有多种有用组分共生的矿床，可制定综合工业指标。

**4.1.3** 圈定矿体时，边界品位应用于单个样品；最低工业品位宜用于单工程或样品段，也可用于小块段；最小可采厚度和夹石剔除厚度应为工程中矿体的真厚度。

**4.1.4** 矿床工业指标的制定，应以整个矿床的资源储量进行试算。条件不具备时，应选择具有代表性的、勘探程度较高的主矿体和资源储量集中地段试算，试算范围的储量占矿床总储量的比例不宜低于 60%。

### 4.2 选矿试样采取设计

**4.2.1** 实验室扩大连续试验、半工业试验和工业试验的选矿试样采取，应进行专项设计。采样设计应根据详查或勘探地质报告、初步确定的矿山建设方案及选矿试样要求进行编制。

**4.2.2** 选矿试验应采取整个矿床的代表性试样。条件不具备时，应采取前期生产不少于 5 年的代表性试样。

**4.2.3** 试样的主要和伴生有用组分含量、矿物组成、矿石结构构造、矿物嵌布粒径特征、氧化程度、细泥含量等，应与生产入选矿石基本一致。

**4.2.4** 当矿床中有两种或两种以上类型、品级的矿石，且可能分采时，应分别采样进行试验。

**4.2.5** 采样设计内容应包括矿样的种类、数量、采样点布置、采样方法、采样施工、样品制备、配样和矿样包装等。

### 4.3 资源储量估算

**4.3.1** 设计应对地质资源储量进行检验估算，估算方法宜采用地质统计学法。资源储量估算结果应与评审、备案的资源储量进行对比，其允许相对误差应符合下列规定：

- 1 矿石量允许相对误差 3%~5%，铝土矿矿石量允许相对误差不大于 7%；
- 2 主要有用组分的品位允许相对误差 3%~5%，金属量允许相对误差不大于 5%；
- 3 估算方法相同时，应取下限；估算方法不同时，应取上限；超过本条第 1 和 2 款的规定时，应分析说明理由。

**4.3.2** 阶段或台阶、露天境界内和境界外的保有和设计利用资源储量，应按确定的开采范围、阶段或台阶标高进行估算。

**4.3.3** 阶段或台阶伴生有用组分资源储量估算，应符合下列规定：

1 当伴生有用组分主要以独立矿物存在，且有系统的基本分析资料时，应按与主要组分相同的方法，计算阶段或台阶的平均品位和金属量。当仅有组合分析资料时，可按矿体平均品位计算，相应得出阶段或台阶的金属量，但伴生有用组分含量在不同矿石类型中有明显差别时，应根据阶段或台阶不同类型的矿石量加权，计算平均品位；

2 伴生有用组分主要以类质同象赋存在主要组分的矿物中，且仅有单矿物分析或组合分析结果时，可不计算阶段或台阶的品位和金属量。

**4.3.4** 采用几何图形法估算阶段或台阶资源储量，宜采用分配法。估算的各阶段或台阶资源储量总和，与相同范围内保有资源储量允许的相对误差，应符合表 4.3.4 的规定。

**表 4.3.4 阶段或台阶资源储量估算允许相对误差（%）**

计算方法	矿石量	品位
分配法	≤1	≤5
其它方法	≤5	≤5

注：品位指主要组分。

**4.3.5** 分配法估算阶段或台阶资源储量，应以地质报告划分的块段为基本单元，进行矿石量分配。阶段或台阶内各块段的矿石平均品位，宜根据所切取的样品段重新组合计算。各阶段或台阶的矿石平均品位，应采用矿石量加权求取。

**4.3.6** 在技术条件允许和充分利用资源的前提下，可在先期开采地段通过详细技术经济分析确定合理指标，分别圈定富矿和贫矿，估算阶段或台阶相应的资源储量。

## **4.4 基建和生产勘探**

**4.4.1** 下列情况应进行基建勘探：

- 1 探明的基础储量保有量不能满足先期开采要求；
- 2 矿床地质条件复杂，采用较密的工程间距，仍未获得探明的基础储量；
- 3 位于主矿体上下盘、对先期开采有重要影响的小矿体，工程控制和研究程度不足；
- 4 先期开采地段不同类型、品级矿石的空间分布和数量，未能详细查明；
- 5 采空区或断层规模较大，其分布范围及特征，尚未详细圈定和评价。

**4.4.2** 基建勘探范围应符合下列规定：

- 1 露天矿山，宜超前基建开拓深度两个台阶；
- 2 地下矿山，不宜小于基建采准矿块数的 1.5 倍。

**4.4.3** 露天开采矿山，勘探手段宜采用地面岩芯钻探或槽、井探，并宜辅以平台沟槽取样。生产勘探应辅以采矿爆破孔取样。钻探工程布置宜采用方格网法。

**4.4.4** 地下开采矿山，缓倾斜单一矿层宜采用坑探手段；下列情况应采用坑探与坑内钻探相结合的探矿手段：

- 1 矿体形态复杂、产状变化大，宜以坑内钻探代替穿脉进行加密控制；
- 2 主矿体上、下盘存在平行小矿体，其规模、形态、空间位置不明，宜以坑内钻探指导掘进；

3 老窿情况不明，对开采有较大影响，应预先予以探明。

**4.4.5** 基建和生产勘探工程间距，应根据矿床勘探类型、地质勘查阶段采用的工程间距及其控制效果，结合基建采场布置具体确定，宜在控制的工程间距基础上加密 1 倍~2 倍。

**4.4.6** 地下开采坑探工程的布置，应与开拓、采准工程相结合。

**4.4.7** 生产探矿工程量计算应取 1.1~1.3 的地质变化影响系数。边部加密控制及探寻盲矿体的探矿工程量应另行计算，宜按正常探矿工程量的 20%~30% 估算。

**4.4.8** 开采取样工作量应根据矿块尺寸、采准切割工程布置等计算。

## 5 水文地质

### 5.1 涌水量计算

**5.1.1** 地下开采矿山应计算最低开拓阶段及以上排水阶段的涌水量。涌水量计算应包括正常涌水量和最大涌水量。矿体采动后导水裂隙带波及地面时，还应计算错动区降雨径流渗入量。

**5.1.2** 矿井正常涌水量计算，地下水位应取矿区范围内所有揭露含水层的钻孔静止水位平均值；矿井最大涌水量计算，地下水位应取矿区范围内地下水长期观测资料中的最高值，裸露型岩溶发育矿区或岩溶塌陷严重矿区，还应计入降雨和地表水对矿井充水的影响量。

**5.1.3** 矿井涌水量计算宜根据矿区水文地质条件，选择两种以上计算方法对比后确定。水文地质边界条件复杂、矿井涌水量较大的矿区，宜选择矿区地下水位降深较大、影响半径扩展较广的抽、放水试验资料，并应用经验公式法进行计算。改建、扩建矿山矿井涌水量计算，宜采用水文地质比拟法。

**5.1.4** 错动区正常降雨径流渗入量计算，其正常降雨量应按雨季实际降雨日的日平均降雨量选取。当无雨季降雨量及降雨天数时，年降雨量大于等于 1000mm 地区，正常降雨径流渗入量应取设计频率 24h 暴雨渗入量的 10%；年降雨量小于 1000mm 地区，宜取 5%~8%。

计算开采错动区暴雨渗入量时，其渗入率可采用本矿山或相似条件矿山的实测资料，无实测资料时，可根据采动后地面破坏情况和覆岩特征，按表 5.1.4 选用。

**表 5.1.4 暴雨渗入率**

错动区地表、矿体顶板岩（土）层破坏程度及特征		矿体上部覆岩（土）特征		最大日暴雨渗入率
冒落带未扩展到地表，仅导水裂隙带扩展到地表		无塑性隔水土层	脆性岩石 塑性岩石	0.20~0.15 0.15~0.10
		有塑性隔水土层，厚度（m）	5~10 11~20	0.10~0.05 ≤0.05
冒落带扩展地表	矿体顶部覆岩不重复塌陷	无塑性隔水土层	脆性岩石 塑性岩石	0.35~0.30 0.30~0.20
		有塑性隔水土层，厚度（m）	5~10	0.20~0.15
			11~20	0.15~0.10
			21~30	0.10~0.05
	矿体顶部覆岩重复塌陷	无塑性隔水土层	31~50	≤0.05
			脆性岩石 塑性岩石	0.40~0.30 0.30~0.25
冒展落到带地表	矿体顶部覆岩重复塌陷	有塑性隔水土层，厚度（m）	5~10	0.25~0.20
			11~20	0.20~0.15
			21~30	0.15~0.10
			31~50	0.10~0.05

注：1 塑性岩石指页岩、泥灰岩、泥质砂岩、凝灰岩、千枚岩等；脆性岩石指石灰岩、白云岩、大理岩、花岗岩、片麻岩、闪长岩等；塑性隔水土层指第四系粘土、亚粘土和严重风化成土状物的基岩。

2 对表中暴雨渗入率波动值，当深厚比大时取最小值，深厚比小、导水裂隙或冒落带波及到地表时取大值。

**5.1.5** 错动区的降雨径流渗入量和露天坑的暴雨径流量计算，设计暴雨频率标准取值应按下列规定选取：

- 1 大型矿山可取 5%；
- 2 中型矿山可取 10%；
- 3 小型矿山可取 20%；
- 4 塌陷特别严重、雨量大的地区，应适当提高暴雨频率标准取值。

**5.1.6** 露天开采矿山涌水量应包括地下水涌水量和露天坑大气降雨径流量，且应计算正常涌水量和最大涌水量。

**5.1.7** 露天坑正常降雨径流量应根据历年雨季实际降雨日的日平均降雨量计算；露天坑暴雨径流量计算，宜计算不大于 24h 短历时和与露天坑允许淹没时间相对应的 24h~168h 长历时的暴雨径流量。暴雨地表径流系数应采用当地实测资料，当条件不具备时，宜按表 5.1.7 选用。

**表 5.1.7 暴雨地表径流系数**

岩土类别		暴雨径流系数
重粘土、页岩		0.9
砂页岩、凝灰岩、玄武岩、花岗岩、轻粘土		0.8~0.9
腐植土、砂岩、石灰岩、黄土、亚粘土		0.6~0.8
亚砂土、大孔性黄土		0.6~0.7
粉砂		0.2~0.5
细砂、中砂		0~0.4
粗砂、砾石		0~0.2
露天坑内废石堆场	以土壤为主	0.2~0.4
	以岩石为主	0~0.2

注：1 对正常降雨径流量，应将表中数值减去 0.1~0.2。

2 当岩石有少量裂隙时，表中数值应减少 0.1~0.2，中等裂隙时减 0.2，裂隙发育时减 0.3~0.4。

3 当腐植土、粘性土壤中含砂时，表中数值应减 0.1~0.2。

## 5.2 地面和井下防水

**5.2.1** 存在地表径流危害的矿山，应在露天境界、采矿错动区、岩溶集中塌陷区之外设置截水沟或修筑防洪堤。

**5.2.2** 下列情况应进行河流改道：

- 1 河流流经矿体上方的地下开采矿山，采用保护顶板的采矿方法或留设矿柱仍不能保证安全或经济上不合理；
- 2 河流穿越设计的露天境界；
- 3 河床地处岩溶塌陷区，对河床作渗漏处理仍不能保证矿山开采安全。

**5.2.3** 水文地质条件复杂矿山，当采用矿床疏干、排水、防渗帷幕等措施技术经济不合理时，应留设防水矿柱。留设的防水矿柱应具有隔水性，其规格应经计算确定。

**5.2.4** 存在突水危害的地下矿山，必须采用超前探水或其他防水措施。

**5.2.5** 水文地质条件复杂的矿山，应在关键巷道内设置防水门。同一矿区的水文条件复杂程

度明显不同时，在通往强含水带、积水区和有大量突然涌水危险区域的巷道，以及专用的截水、放水巷道内也应设置防水门。防水门应设置在岩石稳固的地点。

**5.2.6** 防水门水压计算，应符合下列规定：

- 1 地下开采矿山设计水压应大于所防含水层的静止水位至防水门设置阶段标高差的水柱压力；
- 2 使用井巷排水方式的露天开采矿山，设计水压应大于防水门设置标高至设计频率暴雨时露天坑最高允许淹没标高的水柱压力值。

### **5.3 矿床疏干**

**5.3.1** 下列情况宜采取预先疏干措施：

- 1 矿体或直接顶底板为富水性较强、水头较高的含水层，在采掘过程中可能出现突然涌水，不能保证矿井正常掘进和生产安全；
- 2 矿体间接顶板存在含水丰富、水头高的含水层，采动后可能导通含水层；
- 3 矿体间接底板存在含水丰富、水头高的含水层，采掘过程中可能引起底鼓和突水；
- 4 矿体直接顶板或位于开采错动范围内的间接顶板为流砂层，采掘过程中可能出现涌水、涌砂；
- 5 地下水影响露天边坡岩土物理力学性质改变，稳定性降低，边坡可能发生严重崩塌或滑坡，不能保证正常生产。

**5.3.2** 矿床疏干应有效降低地下水位，地下水位的降落曲线应低于相应时期被保护地段采掘工作面标高。

**5.3.3** 矿床疏干方案应根据矿区水文地质条件，选择两个或两个以上可行的方案，并应经技术经济比较后确定。

**5.3.4** 符合下列条件之一时，宜采用地面深井疏干：

- 1 含水性较强、岩溶裂隙发育的岩溶含水层，裂隙特别发育的裂隙含水层及第四系砂砾含水层，渗透性好，有良好的补给条件；
- 2 无有效隔水层或弱含水层可供地下疏干开拓利用的地下矿山；
- 3 开采深度不大的露天矿山；
- 4 矿层及其顶底板均为含水丰富、渗透性强的含水层。

**5.3.5** 地面深井疏干系统的位置宜布置在地下开采错动范围或露天开采最终境界以外 20m～50m，矿体分布范围广时，可分期布置。深井系统移设的距离，应满足相应时期对疏干的要求。

**5.3.6** 深井孔位宜选择在含水性相对较强、含水层厚度较大、隔水底板低洼部位。对非均质的岩溶或裂隙含水层，每个深井宜布置 2 个～4 个井位选择孔。

**5.3.7** 深井系统水泵备用及检修台数宜为工作台数的 25%～30%；当正常工作台数小于 10 台时，备用和检修台数宜为工作台数的 50%。

**5.3.8** 下列情况宜采用地下疏干：

- 1 可用平窿自流排水疏干的矿山；
- 2 需疏干的含水层渗透性较差、含水性很不均一或疏干深度较大；
- 3 露天开采矿山，上部存在渗透性良好的砂砾含水层，且有地表水强烈补给。

**5.3.9** 地下疏干的矿山，应超前于一个生产阶段。疏干巷道的布置应与开拓、采准巷道相结合。采用一段疏干方式时，疏干阶段的标高不应低于强含水带的下部界限。

**5.3.10** 专用的疏干巷道应布置在岩石比较稳固的隔水或弱含水层中。下列情况可布置在强含水层中：

- 1 矿体及其顶底板无隔水或弱含水层；
- 2 矿体及其顶底板隔水或弱含水层工程地质条件差；
- 3 需加强疏干强度；
- 4 可用平窿自流疏干。

**5.3.11** 存在突水危害的矿山，应设计地下水位观测孔，观测孔开孔直径应大于 91mm，终孔直径不得小于 75mm。水文地质条件复杂，采用预先疏干或防渗帷幕的矿山，应设计系统的地下水观测网，观测网布置应符合下列规定：

- 1 观测网应由 2 条以上剖面组成，每条剖面上的观测孔不应少于 3 个；
- 2 重点观测区应为采掘范围，最远的观测孔不宜超过预计的疏干漏斗边缘；
- 3 应能控制对矿坑充水有影响的含水层和地表水体附近地下水的动态变化；
- 4 岩溶塌陷矿区，应兼顾重要工业及民用建、构筑物地下水动态变化的观测；
- 5 采用防渗帷幕的矿山，应在帷幕内、外布置观测孔。

## **5.4 防渗帷幕**

**5.4.1** 矿区水文地质条件复杂，符合下列条件之一时，宜采用防渗帷幕：

- 1 采用疏干措施难以保证有效降低地下水位；
- 2 矿区附近存在重要的建、构筑物 and 城镇等大型居民集中点，采用疏干措施不能保证安全；
- 3 覆盖型岩溶塌陷矿区，含水层厚度大、分布广，渗透性、含水性强，采用疏干措施形成的降落漏斗半径大，塌陷范围广；
- 4 大量排水影响附近城镇供水和地下水资源保护要求。

**5.4.2** 采用防渗帷幕，应具备下列水文地质基础条件：

- 1 地下水进入矿坑的通道比较狭窄；
- 2 进水通道两端和底部均有可靠和连续分布的隔水层或相对隔水层；
- 3 含水层必须具备良好的灌注条件，受灌注的含水层全段埋深较浅。

**5.4.3** 帷幕轴线位置确定，应符合下列规定：

- 1 应布置在地下开采错动界线或露天开采最终境界外不小于 20m 的地段；
- 2 应垂直地下水进水方向；
- 3 宜布置在受灌层底板埋藏浅、过水断面窄、边界条件可靠的部位。

**5.4.4** 防渗帷幕轴线位置应进行水文地质、工程地质勘察，并应选择有代表性的地段进行帷幕注浆试验。

## 6 岩石力学

### 6.1 岩体质量分类和地应力计算

**6.1.1** 岩体质量宜按 Q 系统、RMR 值、MRMR 值和 BQ 进行定量分类；当不具备 Q 系统、RMR 值、MRMR 值分类条件时，可采用岩石饱和单轴抗压强度（Rc）或 RQD 值进行初步分类。岩体质量按岩石饱和单轴抗压强度（Rc）分类时，宜符合表 6.1.1-1 的规定；按 RQD 值分类时，宜符合表 6.1.1-2 的规定。

**表 6.1.1-1 按岩石饱和单轴抗压强度（Rc）划分岩体质量**

Rc (MPa)	>60	60~30	30~15	15~5	<5
坚硬程度	坚硬岩	较坚硬岩	较软岩	软岩	极软岩

**表 6.1.1-2 按 RQD 值划分岩体质量**

RQD(%)	岩体质量分级	裂隙发育情况
90~100	极好的	巨大块状
75~90	好的	轻微裂隙状
50~75	中等的	中等裂隙状
25~50	差的	强烈裂隙状
小于 25	极差的	剪切破碎

**6.1.2** Q 系统分类法，岩体质量应根据 Q 值计算结果，按表 6.1.2-1 确定。指标 Q 值应按下式计算：

$$Q = \frac{RQD}{J_n} \times \frac{J_r}{J_a} \times \frac{J_w}{SRF} \quad (6.1.2)$$

式中：Q—岩体质量分类指标；

RQD—岩石质量指标；

$J_n$ —节理组数系数，宜按表 6.1.2-2 选取；

$J_r$ —节理粗糙度系数，宜按表 6.1.2-3 选取；

$J_a$ —节理蚀变或蜕变影响系数；蚀变愈严重，值愈大；节理面紧密结合，夹有坚硬不软化的充填物时，取 0.75；节理中夹有膨胀性粘土时，取 8~12；

$J_w$ —节理水拆减系数；节理渗水量愈大，水压愈高，值愈小；干燥或微量渗水，水压小于 0.1MPa 时，取 1.0；渗水量特别大，或水压特别高，持续无明显衰减时，取 0.1~0.05。

SRF—应力拆减系数；围岩初始应力愈高，值愈大；脆性坚硬的岩石，有严重岩爆现象时，取 10~20；坚硬岩石有单一剪切带时，取 2.5。

**表 6.1.2-1 岩体质量按 Q 系统分级**

评分值 (Q 值)	>100	50~100	10~50	5~10	1~5	0.1~1	<0.1
岩体级别	I	II	III	IV	V	VI	VII
岩体质量描述	非常好的岩体	很好岩体	好岩体	一般	差	很差	非常差的岩体



表 6.1.2-2 节理组数系数 ( $J_n$  值)

序号	节理发育情况	节理组数
1	完整岩体, 没有或极少节理	0.5~1.0
2	1 组节理	2
3	1 组~2 组节理	3
4	2 组节理	4
5	2 组~3 组节理	6
6	3 组节理	9
7	3 组~4 组节理	12
8	4 组~5 组节理	15
9	压碎岩石, 似土类岩石	20

表 6.1.2-3 节理粗糙度系数 ( $J_r$  值)

序号	节理面粗糙度描述	不连续面	起伏度	平面
1	粗糙	4.0	3.0	1.5
2	平滑	3.0	2.0	1.0
3	光滑	2.0	1.5	0.5

**6.1.3 RMR 值分类法**, 工程岩体分级因素指标的分项评分值宜按表 6.1.3-1 选取, 岩体质量应根据总评分值计算结果, 按表 6.1.3-2 确定。

表6.1.3-1 工程岩体分级因素指标的分项评分值

序号	分类参数	取值范围				
1	单轴抗压强度 (MPa)	>200	100~200	50~100	25~50	<25
	评分值	15	12	7	4	2
2	岩石质量指标 RQD(%)	90~100	75~90	50~75	25~50	<25
	评分值	20	17	13	8	3
3	节理间距(m)	>3	1~3	0.3~1	0.05~0.3	<0.05
	评分值	30	25	20	10	5
4	节理条件	节理面很粗糙, 节理不连续, 节理宽度为 0, 节理面岩石坚硬	节理面稍粗糙, 宽度小于 1mm, 节理面岩石坚硬	节理面稍粗糙, 宽度小于 1mm, 节理面岩石软弱	节理面光滑或含厚度小于 5mm 的软弱夹层, 节理开口宽度大于 5mm 节理连续	含厚度大于 5mm 的软弱夹层, 开口宽度大于 5mm 节理连续
	评分值	25	20	12	6	0
5	地下水	完全干燥	有潮气	潮湿	滴水	有水流
	评分值	10	8	7	4	0

表6.1.3-2 岩体质量按RMR总评分值分类

总评分值 (RMR 值)	100~81	80~61	60~41	40~21	<20
岩体级别	I	II	III	IV	V
岩体质量描述	非常好的岩体	好岩体	一般岩体	差岩体	非常差岩体

**6.1.4** MRMR 分类法，岩体质量 RMR 值调整系数应按表 6.1.4 选取，MRMR 评分值宜按下式计算：

$$\text{MRMR} = \text{RMR} \times \text{岩体风化程度系数} \times \text{节理方位系数} \times \text{原岩应力及次生应力调整系数} \times \text{爆破影响调整系数} \quad (6.1.4)$$

**表 6.1.4 岩体质量 RMR 值调整系数**

参 数	调整系数 (%)
岩体风化程度	30~100
节理方位	63~100
原岩应力及次生应力	60~120
爆破影响	80~100

**6.1.5** 在缺乏现场实测数据时，地应力可按下列公式估算：

$$\sigma_V = 0.0098 \gamma h \quad (6.1.5-1)$$

$$\sigma_H = \lambda \sigma_V \quad (6.1.5-2)$$

式中： $h$ —埋藏深度 (m)；  
 $\gamma$ —岩体密度 ( $\text{t/m}^3$ )；  
 $\lambda$ —侧压系数；  
 $\sigma_V$ —垂直应力 (MPa)；  
 $\sigma_H$ —水平应力 (MPa)。

## 6.2 露天边坡角的选取及边坡稳定性监测

**6.2.1** 大型露天矿山和工程地质条件复杂的中、小型露天矿山，应根据工程地质勘察报告和边坡稳定性评价报告判断可能的潜在滑面和边坡的滑落模式，确定稳定系数  $K$  与最终边坡角  $\alpha$  之间的关系。必要时，应根据岩层的岩性、赋存条件、地质构造、边坡外形轮廓，对不同深度、不同部位边坡进行稳定性验算。

**6.2.2** 露天边坡稳定系数  $K$  可按表 6.2.2 选取。

**表 6.2.2 边坡稳定系数  $K$**

边坡类型	服务年限 (a)	稳定系数 $K$
边坡上有重要建、构筑物	>20	>1.4
非工作帮边坡	<10	1.1~1.2
	10~20	1.2~1.3
	>20	1.3~1.4
工作帮边坡	临时	1.0~1.2

**6.2.3** 最终边坡角的选取，应符合下列规定：

- 1 在确定边坡破坏模式的基础上，可采用图解分析法、极限平衡法、数值计算法进行综合评价；各区段条件不一致时，应分区段分析；
- 2 有水压的边坡，必要时应进行有水压变化的边坡稳定性敏感度分析；
- 3 弱层强度随不同含水率变化明显的边坡，应进行强度随含水率变化的边坡稳定性敏感度分析；
- 4 形状复杂的边坡，应对其轮廓形状进行计算分析；

5 地震烈度为六度及以上地区，应研究分析地震对边坡稳定性的影响。

6 工程地质勘察深度不够且没有边坡稳定性评价报告的大型露天矿山和工程地质条件复杂的中、小型露天矿山，宜通过边坡稳定性专题研究，确定合理边坡角后优化设计。

**6.2.4** 边坡工程地质条件简单、高度小于 100m，且暴露时间小于 15a 的中、小型露天矿山，可采用类比法确定最终边坡角。

**6.2.5** 露天矿山边坡应采取监测措施。大型露天矿山和边坡工程地质条件复杂的中型露天矿山，应结合矿区大地测量基本控制网，设置监控站跟踪观测。

**6.2.6** 露天边坡监测宜包括地表大地变形监测、地表裂缝位移监测、地面倾斜监测、边坡裂缝多点位移监测、边坡深部位移监测、地下水监测、孔隙水压力监测、边坡地应力监测、爆破震动量测和岩体破裂监测等内容。露天边坡稳定性监测主要内容和方法可按表 6.2.6 选用。

**表 6.2.6 露天边坡稳定性监测的主要内容和方法**

监 测 内 容		主要监测仪器
位移监测	光学仪器监测	全站仪、经纬仪、水准仪等
	钻孔伸长计监测	并联式伸长计、单联式伸长计等
	倾斜监测	垂直钻孔倾斜仪、水平钻孔倾斜仪、水平杆式倾斜仪、倾斜盘、溢流式水管倾斜仪等
	裂缝监测	单向测缝计、三向测缝计、测距仪等
	收敛计监测	带式收敛计、丝式收敛计等
	脆性材料的位移监测	砂浆条带、玻璃、石膏等
	卫星定位系统监测	GPS 等
爆破震动量测 岩体破裂监测	爆破震动量测	测震仪等
	微震监测	微震监测系统
	声发射监测	声发射仪
水的监测	降雨监测	雨强、雨量监测仪等
	地表水监测	—
	地下水监测	钻孔水位和水压监测等

### 6.3 井下工程稳定性评价

**6.3.1** 井巷工程设计应根据岩体完整性、岩石的物理力学性质、地下水、地应力分布规律等因素进行稳定性评价。

**6.3.2** 井巷工程稳定性评价，宜采用工程地质分析与数值分析相结合的方法。在工程稳定性评价基础资料不充分的条件下，可依据表 6.3.2 判断工程岩体的稳定性。

**表 6.3.2 地下工程岩体自稳能力**

岩体基本质量级别	自稳能力
I	跨度 $\leq 20\text{m}$ ，可长期稳定，偶有掉块，无塌方
II	跨度 $10\text{m} \sim 20\text{m}$ ，可基本稳定，局部可发生掉块或小塌方 跨度小于 $10\text{m}$ ，可长期稳定，偶有掉块
III	跨度 $10\text{m} \sim 20\text{m}$ ，可稳定数日 $\sim 1$ 月，可发生小 $\sim$ 中塌方 跨度 $5\text{m} \sim 10\text{m}$ ，可稳定数月，可发生局部块体位移及小 $\sim$ 中塌方 跨度小于 $5\text{m}$ ，可基本稳定
IV	跨度大于 $5\text{m}$ ，无自稳能力，数日 $\sim$ 数月内可发生松动变形、小塌方，进而发展为中 $\sim$ 大塌方。埋深小时，以拱部松动破坏为主，埋深大时，有明显塑性流动变形和挤压破坏；跨度小于等于 $5\text{m}$ ，可稳定数日 $\sim 1$ 月
V	无自稳能力

注：1 塌方高度小于  $3\text{m}$  或塌方体积小于  $30\text{m}^3$ ，为小塌方；  
2 塌方高度  $3\text{m} \sim 6\text{m}$  或塌方体积  $30\text{m}^3 \sim 100\text{m}^3$ ，为中塌方；  
3 塌方高度大于  $6\text{m}$  或塌方体积大于  $100\text{m}^3$ ，为大塌方。

**6.3.3** 采场、采空区稳定性的评价方法，应采用工程类比法和数值分析法。在工程稳定性评价基础资料不充分的条件下，宜依据表 6.3.2 判断采场、采空区岩体的稳定性。采场的稳定性评价，应包括下列内容：

- 1 确定采场稳定性影响因素；
- 2 采矿对区域稳定性的影响；
- 3 采场结构参数的优化；
- 4 开采顺序优化；
- 5 开采对地表的扰动范围。

**6.3.4** 采场矿石的可崩性应根据矿体几何形状、结构面几何参数、结构面特征、矿岩物理力学性质、原岩应力状态、采场结构参数、地下水条件、诱导方式等因素进行评价。评价方法宜采用 MRMR 经验图表法和数值分析法。

**6.3.5** 在陡坡山体下采矿，应对可能诱发的滚石、滑坡等地质灾害进行评价，并应提出相应的防治方案或不能开采的理由。

## 7 露天开采

### 7.1 露天开采境界

**7.1.1** 最终边坡要素的确定，应符合下列规定：

- 1 台阶高度的确定应符合表 7.1.1-1 的规定；

**表 7.1.1-1 台阶高度**

矿岩性质	采掘作业方式		台阶高度 m
松软的岩土	机械铲装	不爆破	不大于机械的最大挖掘高度
坚硬稳固的矿岩		爆破	不大于机械的最大挖掘高度的 1.5 倍
砂状的矿岩	人工开采		不大于 1.8
松软的矿岩			不大于 3.0
坚硬稳固的矿岩			不大于 6.0

注：挖掘机或装载机铲装时，爆堆高度不应大于机械最大挖掘高度的 1.5 倍。

- 2 台阶坡面角宜按表 7.1.1-2 的规定选取；

**表 7.1.1-2 台阶坡面角**

普氏系数 f	14~8	7~3	2~1
台阶坡面角 (°)	75~70	65~60	60~45

注：表中取值可根据节理、裂隙和层理等发育条件及逆边坡方向或顺边坡方向进行调整。

- 3 安全平台宽度不应小于 3m；最终台阶并段时，可不设安全平台；
- 4 每隔 2 个~3 个安全平台应设一个清扫平台。人工清扫时，清扫平台宽度不应小于 6m；机械清扫时，清扫平台宽度应按设备要求确定，但不应小于 8m；
- 5 露天矿最终边坡采用多台阶并段时，并段数不应大于 3 个。

**7.1.2** 经济合理剥采比的确定方法，应符合下列规定：

- 1 经济合理剥采比宜采用盈利比较法计算；
- 2 当矿石价值不高，地下开采有盈利时，可采用成本比较法计算；
- 3 只适宜露天开采的矿床，可采用价格法计算经济剥采比。

**7.1.3** 露天开采境界的圈定，应符合下列规定：

- 1 境界剥采比不应大于经济合理剥采比；
- 2 贵金属和稀有金属矿床，可采用平均剥采比不大于经济合理剥采比圈定；
- 3 沿走向厚度变化大、地形复杂的不规则矿床，应采用境界剥采比不大于经济合理剥采比圈定，并应用平均剥采比不大于经济合理剥采比进行校核；
- 4 按境界剥采比不大于经济合理剥采比圈定露天开采境界后，境界外资源储量少、难以用地下开采方式回收时，宜采用境界剥采比不大于价格法计算的经济剥采比，宜扩大露天开采境界；
- 5 矿层厚度大、剥采比小的矿床，可根据矿床控制程度和服务年限圈定；
- 6 露天开采境界底平面的长度和宽度应满足铲装设备和运输设备的要求；
- 7 基建剥离量和初期生产剥采比大的矿床，应进行露天和地下开采方式综合技术经济比较。

**7.1.4** 大、中型露天矿山，应建立矿床数字化模型，并应采用专用矿业软件圈定露天开采境界。

**7.1.5** 采用分期开采，应符合下列规定：

- 1 露天开采境界范围大、服务年限长或境界内矿床埋藏较深、上部剥离量较大时，宜采用分期开采；
- 2 第一期境界应选择在开采条件好，且矿石品位高、剥采比及基建剥离量小的区域；服务年限宜大于还贷年限；
- 3 扩帮过渡期间不应使矿山减产、亏损或出现剥离高峰；
- 4 分期开采的临时边帮不应采用台阶并段。

**7.2 露天矿山生产能力**

**7.2.1** 露天矿山生产能力可按下列公式估算。

$$T=0.2\sqrt[4]{Q} \tag{7.2.1-1}$$

$$A=QT \tag{7.2.1-2}$$

式中： $T$ —矿山合理服务年限（a）；  
 $A$ —矿山生产能力（t/a）；  
 $Q$ —开采境界内设计可采储量（t）。

**7.2.2** 露天矿山生产能力的验算，应符合下列规定：

- 1 应按同时工作的采矿台阶上可能布置的挖掘机台数和单台挖掘机生产能力验算；
- 2 应按年下降速度进行验算；
- 3 改建、扩建或大型露天矿山，应验算运输线路咽喉地段的通过能力。

**7.2.3** 露天矿山生产能力应按同时工作的采矿台阶上可能布置的挖掘机台数和单台挖掘机生产能力验算。露天采场生产能力验算应符合下列公式的规定：

$$A_p = NmQ_p \tag{7.2.3-1}$$

$$N=L_p/L_o \tag{7.2.3-2}$$

式中： $A_p$ —露天采场生产能力（t/a）；  
 $N$ —单个采矿台阶可布置的挖掘机台数；  
 $L_p$ —单个采矿台阶可布置的采矿工作线长度（m）；  
 $L_o$ —单台挖掘机占用的工作线长度（m）；  
 $Q_p$ —单台挖掘机平均生产能力（t/a）；  
 $m$ —同时采矿的台阶数。

**7.2.4** 单斗挖掘机每立方米斗容年生产能力，宜按表 7.2.4 的规定选取。

**表 7.2.4 单斗挖掘机每立方米斗容年生产能力（10<sup>4</sup>m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>.a）**

运 输 方 式	岩 石 类 别		
	坚 硬 岩 石	中 硬 岩 石	表土或不需爆破的岩石
汽 车 运 输	15~18	18~21	21~24
铁 路 运 输	12~15	15~18	18~21

注：机械传动单斗挖掘机（电铲）宜取低值，液压挖掘机宜取高值。

**7.2.5** 按年下降速度验证露天采场生产能力时，年下降速度宜符合表 7.2.5 的规定。采用陡帮开采、分期开采或投产初期台阶矿量少下降速度快的矿山，可按新水平准备时间确定下降速度。

**表 7.2.5 年下降速度 (m/a)**

运输方式	类别	下降速度
汽车运输	山坡露天矿	24~36
	凹陷露天矿	18~30
铁路运输	山坡露天矿	12~15
	凹陷露天矿	8~12

注：采剥工艺简单、开拓工程量较小或采用横向开采、短沟开拓时，可取大值。

### **7.3 基建与采剥进度计划**

**7.3.1** 露天开采应遵循自上而下的开采顺序，应分台阶开采，并应坚持“采剥并举，剥离先行”的原则。

**7.3.2** 基建与采剥进度计划编制，应符合下列原则：

- 1 应减少基建剥离量、缩短基建时间；
- 2 达产时间和投产规模应分别符合本规范第 3.0.18 和 3.0.19 条的规定；
- 3 应减少前期生产剥采比；
- 4 全期生产剥采比均衡有困难时，可分期均衡，分期均衡期应大于 5a，每期生产剥采比的变化幅度不宜过大；
- 5 开拓与备采矿量保有期应符合本规范第 3.0.13 条的规定；
- 6 编制采剥进度计划应以采掘设备能力为计算单元；
- 7 采剥进度计划应至少编制至投产后第 5 年末；分期开采的矿山应编制扩帮过渡期采剥进度计划。

**7.3.3** 均衡生产剥采比，应符合下列规定：

- 1 当采用缓帮开采不能均衡生产剥采比时，应采用陡帮开采，陡帮工作帮坡角应在 18°~35°范围内调整；
- 2 开采范围大、生产年限长的矿山，当采用单一陡帮开采难以均衡生产剥采比时，宜采用分期开采或分期开采和陡帮开采相结合的方法；
- 3 分区开采的矿山，宜通过剥采比高低搭配以均衡剥采比；矿体走向很长的纵向开采的矿山，宜采用沿走向分区段不均衡推进以均衡剥采比。

**7.3.4** 陡帮开采扩帮时，每隔 60m~90m 高度，应布置一个宽度不小于 20m 的接滚石平台。

**7.3.5** 露天开采矿山，损失率和贫化率应符合下列规定：

- 1 矿体赋存条件简单的矿床，损失率和贫化率不应超过 5%；矿体赋存条件复杂的矿床，损失率和贫化率不应超过 8%；
- 2 矿体分枝复合严重，贫化率和损失率宜经计算确定，当计算值大于 10%时，应采取低台阶采矿等措施。

## 7.4 开拓运输

**7.4.1** 下列情况之一，宜采用单一公路开拓汽车运输方案：

- 1 矿体赋存条件和地形条件复杂；
- 2 矿石品种多，需分采分运；
- 3 矿岩运距小于 3000m。

**7.4.2** 下列情况之一，可采用准轨铁路开拓运输方案：

- 1 露天坑坑底长轴方向大于 1000m，边坡较规整，年采剥总量大于 20,000kt；
- 2 排土场运距大于 5000m，比高或采深小于 200m，采场至排土场、选厂之间适宜铁路布线；
- 3 采场总出入口地形开阔，能布置铁路编组站。

**7.4.3** 高差大、地形复杂、溜井穿过的岩层工程地质条件较好的山坡露天矿，可采用公路一平硐溜井开拓。

**7.4.4** 采用公路一平硐溜井联合开拓运输方案时，宜将溜井布置在采矿场内；但当采场内存在空区或采场内矿岩条件不适宜布置溜井时，可将溜井布置在采场的出入口附近。当矿石需破碎时，破碎机宜设在溜井口。当在采场内溜井口设置半移动式破碎站时，破碎机搬迁一次的服务年限宜大于 5a，且应有两套溜井设施互换。

**7.4.5** 矿岩年运量大于 3000kt、汽车运距大于 3000m 时，宜采用移动式破碎站一带式输送机开拓运输方案或公路一半移动式或固定式破碎站一带式输送机联合开拓运输方案。

**7.4.6** 采用公路一破碎机一带式输送机联合开拓运输方案，带式输送机的输送能力应与破碎站、给料机等供料设备能力相适应。采场内固定式带式输送机宜布置在非工作帮上，条件不允许时可布置在斜井中，条件具备时宜使用大倾角带式输送机。带式输送机设计应符合本规范第 15.3 节的有关规定。

**7.4.7** 深凹露天矿的总出入口位置，应按排土场和工业场地的相对位置、标高、地形等条件确定，必要时应进行技术经济比较；大型深凹露天矿，宜设两个出入口。

**7.4.8** 露天矿山道路的等级，应符合表 7.4.8 的规定。

**表7.4.8 道路等级**

道路等级	单线行车密度(辆/h)	行车速度(km/h)	适用条件
一	>85	40	生产干线
二	85~25	30	生产干线、支线
三	<25	20	生产干线、支线和联络线

**7.4.9** 露天矿山道路，当设计速度大于 15km/h、采用的圆曲线半径小于表 7.4.9-1 的规定时，应按现行国家标准《厂矿道路设计规范》GBJ22 的有关规定，在圆曲线上设置超高；当圆曲线半径等于或小于 200m 时，应按现行国家标准《厂矿道路设计规范》GBJ22 的有关规定，在圆曲线内侧加宽路面；露天矿山道路的最小圆曲线半径，应符合表 7.4.9-2 规定。



**表 7.4.9-1 不设超高的最小圆曲线半径 (m)**

矿山道路等级	一	二	三
不设超高的最小圆曲线半径	45	25	15

**表7.4.9-2 最小圆曲线半径 (m)**

矿山道路等级	一	二	三
最小圆曲线半径	45	25	15

注：铰接式汽车专用道路最小圆曲线半径可按10m设计。

**7.4.10** 露天矿运输道路的最大纵坡坡度，不宜超过表7.4.10的规定。

**表7.4.10 最大纵坡坡度 (%)**

道路等级	一	二	三
最大纵坡坡度	8	9	10

注：1 铰接式汽车专用道路的最大纵坡坡度不宜超过 15%。

2 深凹露天矿最底部一个阶段的最大纵坡坡度可增加 1%。

3 重车下坡地段，最大纵坡坡度应减少 1%。

**7.4.11** 露天矿山道路纵坡限制坡长，应符合表 7.4.11-1 的规定，当纵坡坡长超过表 7.4.11-1 的规定时，应在不大于表 7.4.11-1 规定的长度处设置坡度不大于 3%的缓和坡段，缓和坡段最小长度不应小于表 7.4.11-2 的规定。

**表 7.4.11-1 露天矿山道路纵坡限制坡长 (m)**

纵坡坡度 (%)	道 路 等 级		
	一	二	三
4~5	700	—	—
5~6	500	600	—
6~7	300	400	500
7~8	200	250 或 300	350 或 400
8~9	—	150 或 170	200 或 250
9~10	—	—	100 或 150

注：当受地形条件限制或需要适应开采台阶标高时，限制坡长可取大值。

**表 7.4.11-2 缓和坡段长度 (m)**

道路等级	一	二	三
缓和坡段最小长度	80	60	40

**7.4.12** 露天矿山道路路面宽度，应符合表 7.4.12-1 的规定；露天矿山道路路肩宽度应符合表 7.4.12-2 的规定。

表 7.4.12-1 露天矿山道路路面宽度

卡车类别		一	二	三	四	五	六	七	八	九	十
计算车宽(m)		2.3	2.5	3.0	3.5	4.0	5.0	5.5	6	7	7.5
双车道路面 宽度(m)	一级	7.0	9.0	11.0	12.0	14.5	18.0	20	24.0	28.0	30.0
	二级	6.5	8.5	10.5	11.5	13.5	16.0	18.0	22.0	26.5	28.5
	三级	6.0	8.0	10.0	11.0	12.5	14.0	16.0	20.0	25.0	27.0
单车道路面 宽度(m)	一、二级	4.0	5.0	6.5	7.0	8.0	9.0	10.0	12.5	15.0	16.0
	三级	3.5	4.5	6.0	6.5	7.5	8.5	9.5	12.0	14.0	15.0

注：当实际车宽与计算车宽差值大于 15cm 时，应按内插法以 0.5m 为加宽量单位，调整路面的设计宽度。

表 7.4.12-2 露天矿山道路路肩宽度

车 宽 类 别		一、二	三	四、五	六、七	八	九、十
路肩宽度 (m)	挖方地段	0.50	0.75	0.75	1.00	1.00	1.50
	填方地段	1.00	1.50	2.00	2.50	3.00	5.00

**7.4.13** 采场内运输平台的宽度应为露天矿山道路路面和路肩宽度之和。

**7.4.14** 道路路面材料的选择，应符合下列规定：

- 1 生产干线和永久性联络线道路，应选择泥结碎石路面；
- 2 采掘、排土工作面的生产支线和临时性联络线道路，路面材料宜就地取材。

**7.4.15** 露天矿山道路，在急弯、陡坡、危险地段必须设置安全警示标志；山坡填方的弯道、坡度较大的填方地段，以及高堤路基和高边坡路段的外侧，必须设置安全防护堤，安全防护堤的高度不应低于车轮直径的 0.4 倍。

**7.4.16** 在行车密度较大的地段，应对车流密度进行校验。车辆间隔，应按制动距离加 10m～20m 安全间隔计算。

## 7.5 穿孔、爆破工艺

**7.5.1** 穿孔钻机选型，应根据岩层硬度、台阶高度及爆破孔径等因素确定。中硬岩层及硬岩层应选用牙轮钻机、高风压潜孔钻机、顶锤式钻机；软岩层宜选用回转钻机、普通潜孔钻机。

**7.5.2** 钻孔直径选择，应符合下列规定：

- 1 大型露天矿宜采用 250mm～380mm；
- 2 中型露天矿宜采用 150mm～250mm；
- 3 小型露天矿宜采用 80mm～150mm。

**7.5.3** 牙轮钻机的钻进速度、台班效率，可按下列公式计算；钻机的台班效率及台年效率也可按表 7.5.3 选取：

$$V = 3.75 \frac{P^n}{9.8 \times 10^3 D f} \quad (7.5.3-1)$$

$$V_b = 0.6 V T_b \eta \quad (7.5.3-2)$$

式中：V—牙轮钻机的机械钻进速度（cm/min）；

$P$ —轴压 (N) ;  
 $n$ —钻头转速 (r/min) ;  
 $D$ —钻头直径 (cm) ;  
 $f$ —普氏系数;  
 $V_b$ —钻机台班效率 (m) ;  
 $T_b$ —钻机台班工作时间 (h) ;  
 $\eta$ —工作时间利用系数, 宜取 0.3~0.5。

**表 7.5.3 牙轮钻机的台班效率及台年效率**

普氏系数 (f)	φ 150mm~φ 200mm 牙轮钻机		φ 250mm~φ 310mm 牙轮钻机	
	台班效率 (m)	台年效率 (m)	台班效率 (m)	台年效率 (m)
4~8	70~90	60,000~80,000	80~100	70,000~90,000
8~12	50~70	45,000~60,000	60~80	50,000~70,000
12~16	30~50	25,000~45,000	40~60	30,000~50,000

**7.5.4** 潜孔钻机的钻进速度和钻机台班效率, 可按下列公式计算; 潜孔钻机的台班效率及台年效率也可按表 7.5.4-1 选取:

$$V = \frac{4 E n_z K}{\pi D^2 a} \quad (7.5.4-1)$$

$$V_b = 0.6 V T_b \eta \quad (7.5.4-2)$$

式中:  $V$ —潜孔钻机钻进速度 (cm/min) ;

$E$ —冲击功 (J) ;

$n_z$ —冲击频率 (Hz) ;

$D$ —钻孔直径 (cm) ;

$a$ —矿岩凿碎比功 (J/cm<sup>3</sup>) , 可按表 7.5.4-2 选取;

$K$ —冲击能利用系数;

$\pi$ —圆周率;

$V_b$ —钻机台班效率 (m) ;

$T_b$ —钻机台班工作时间 (h) ;

$\eta$ —工作时间利用系数, 宜取 0.3~0.5。

**表 7.5.4-1 潜孔钻机的台班效率和台年效率**

普氏系数 (f)	低风压潜孔钻机 (0.5~0.7) MPa		中风压潜孔钻机 (1.05~1.5) MPa		高风压潜孔钻机 (1.7~2.5) MPa	
	台班效率 (m)	台年效率 (m)	台班效率 (m)	台年效率 (m)	台班效率 (m)	台年效率 (m)
4~8	35~40	25,000~35,000	70~80	45,000~60,000		
8~12	30~35	20,000~25,000	60~75	40,000~50,000	80~100	60,000~80,000
12~16	25~30	15,000~20,000	45~60	30,000~40,000	65~80	40,000~60,000

**表7.5.4-2 矿岩凿碎比功值**

普氏系数 (f)	硬度级别	软硬程度	凿碎比功值 ( $\times 9.8\text{J}/\text{cm}^2$ )
<3	I	极软	<20
3~6	II	软	20~30
6~8	III	中等	30~40
8~10	IV	中硬	40~50
10~15	V	硬	50~60
15~20	VI	很硬	60~70
15~20	VII	极硬	>70

**7.5.5** 钻孔废孔率设计参考值可按表 7.5.5 选取。

**表7.5.5 钻孔废孔率设计参考值**

钻孔直径(mm)	废孔率(%)
150	7
200	6
250	5
310	4

**7.5.6** 钻孔超深宜按钻孔直径的 8 倍~12 倍选取。

**7.5.7** 深孔爆破参数的选取，应符合下列规定：

- 1 深孔爆破宜采用多排孔、大孔距、小抵抗线微差爆破；
- 2 垂直深孔底盘最小抵抗线可按台阶高度 0.6 倍~0.9 倍确定；
- 3 单位炸药消耗量可按表 7.5.7 选取；
- 4 炮孔堵塞长度宜按炮孔直径的 16 倍~32 倍计算。

**表 7.5.7 单位炸药消耗量**

普氏系数 (f)	<8		8~12	12~16
单位炸药消耗量 ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )	岩石	<0.45	0.45~0.5	0.5~0.55
	矿石	0.45~0.5	0.5~0.55	0.55~0.6

**7.5.8** 深孔爆破炸药类型，无水钻孔宜采用多孔粒状铵油炸药；有水钻孔应采用乳化炸药。

**7.5.9** 爆破装药、运输应采用炸药混装车；充填工作应采用炮孔堵塞机。

## 7.6 装载工艺

**7.6.1** 装载工艺的选择，应符合下列规定：

- 1 有色金属露天矿山宜采用单斗挖掘机装载工艺；松散物料宜选用标准型铲斗，坚硬物料宜选用岩石型铲斗，底板不平整时，宜选用反铲单斗挖掘机；
- 2 挖掘量大、松散或固结不致密土岩的铲装，可选用索斗挖掘机装载工艺；
- 3 砂矿和松软表土、风化岩的铲装，可选用轮斗铲装载工艺；

4 运距短、较松散的物料装运，可采用装载机装载工艺；

5 物料松散、装载作业面平缓开阔、运距为 800m~2000m 的物料装运，可采用铲运机装载工艺。

**7.6.2** 单排孔爆破，采用汽车运输时，最小工作平台宽度应符合表 7.6.2-1 的规定；采用铁路运输时，最小工作平台宽度应符合表 7.6.2-2 的规定。

**表 7.6.2-1 汽车运输最小工作平台宽度（m）**

普氏系数 (f)	台 阶 高 度 (m)			
	8	10	12	15
>12	30~32	32~36	36~41	42~48
6~12	27~29	29~31	32~35	38~41
< 6	25~27	27~29	30~32	35~38

注：当采用多排孔微差爆破时，表中数值需增加多排孔所相应增加的爆破带宽度。

**表 7.6.2-2 铁路运输最小工作平台宽度（m）**

普氏系数 (f)	台 阶 高 度 (m)					
	10		12		15	
	准轨	窄轨	准轨	窄轨	准轨	窄轨
>12	39~41	37~39	44~46	42~44	54~56	52~54
6~12	34~36	32~34	39~41	37~39	46~48	44~46
<6	29~31	27~29	34~36	32~34	38~40	36~38

注：当采用多排孔微差爆破时，表中数值需增加多排孔所相应增加的爆破带宽度。

**7.6.3** 单斗挖掘机最小工作线长度，可按表 7.6.3 选取。

**表 7.6.3 单斗挖掘机最小工作线长度**

铲斗容积(m³)	铁路运输 (m)	汽车运输(m)	
		单排孔爆破	多排孔挤压爆破
1~2	200~300	150	100
4	450	200	150
≥8	≥500	≥300	≥200

**7.6.4** 两台以上挖掘机在同一平台上作业，汽车运输时，挖掘机的间距不应小于其最大挖掘半径的 3 倍，且不应小于 50m；机车运输时，挖掘机的间距不应小于两列列车的长度。

**7.6.5** 上、下台阶同时作业的挖掘机，应沿台阶走向错开一定的距离；在上部台阶边缘安全带进行辅助作业的挖掘机，应超前下部台阶正常作业的挖掘机最大挖掘半径 3 倍的距离，且不应小于 50m。

## 7.7 设备选择

**7.7.1** 露天矿山的装备，宜符合表 7.7.1 的规定。

**表7.7.1 露天矿山的装备**

设备名称	装 备 水 平		
	大型	中型	小型
穿孔设备	1. $\phi 250\text{mm} \sim 380\text{mm}$ 牙轮钻 2. $\phi 200\text{mm} \sim 250\text{mm}$ 潜孔钻	1. $\phi 150\text{mm} \sim 200\text{mm}$ 牙轮钻 2. $\phi 120\text{mm} \sim 200\text{mm}$ 潜孔钻 3. 顶锤式钻机	1. $\leq \phi 150\text{mm}$ 潜孔钻 2. 顶锤式钻机 3. 手持式凿岩机
装载设备	$\geq$ 斗容 $4\text{m}^3$ 挖掘机	1. 斗容 $2\text{m}^3 \sim 4\text{m}^3$ 挖掘机 2. $3\text{m}^3 \sim 5\text{m}^3$ 前装机	1. 斗容 $1\text{m}^3 \sim 2\text{m}^3$ 挖掘机 2. $\leq 3\text{m}^3$ 前装机
运输设备	1. $\geq 50\text{t}$ 汽车 2. $100\text{t} \sim 150\text{t}$ 电机车、 $60\text{t} \sim 100\text{t}$ 矿车 3. 汽车（机车）—破碎机—胶带	1. $10\text{t} \sim 50\text{t}$ 以下汽车 2. $14\text{t} \sim 20\text{t}$ 电机车、 $5\text{m}^3 \sim 6\text{m}^3$ 矿车	1. $3\text{m}^3$ 以下的前装机 2. $\leq 14\text{t}$ 电机车、 $0.55\text{m}^3 \sim 3.5\text{m}^3$ 矿车
排土设备	1. 推土机配合汽车 2. 破碎机—胶带—排土机 3. 铁路—挖掘机	1. 推土机配合汽车 2. 铁路—推土机	1. 推土机配合汽车 2. 铁路—推土机
辅助设备	1. $\geq 320 \times 0.745\text{kW}$ 履带式推土机 2. $\geq 5\text{m}^3$ 前装机	$(150 \sim 320) \times 0.745\text{kW}$ 履带式推土机	$150 \times 0.745\text{kW}$ 以下履带式推土机

### 7.7.2 主要设备选择计算，应符合下列规定：

- 1 设备的数量应按计算年的矿岩量进行计算，基建期的设备数量不应大于生产期的设备数量；
- 2 计算运输设备数量时，运输量的不均衡系数宜按下列规定选取；
  - 1) 公路运输 1.05～1.15；
  - 2) 准轨铁路运输 1.10～1.15；
  - 3) 窄轨铁路运输 1.15～1.20。
- 3 穿孔、铲装、运输设备的能力应配套，并应配备相应的辅助设备。

**7.7.3** 自卸汽车选型应与挖掘机选型相匹配，自卸汽车载重量与挖掘机铲斗装载量的比例，宜为 3：1～6：1。自卸汽车的载重利用系数，不宜小于 0.90；当载重利用系数小于 0.90 时，应加大自卸汽车的车斗容积。

### 7.7.4 主要设备的备用，应符合下列规定：

- 1 露天矿的牙轮钻、潜孔钻和挖掘机可不设备用，但不应少于 2 台；
- 2 运矿汽车出车率宜为 65%～85%；
- 3 准轨铁路运输设备的备用系数宜为 15%～20%；
- 4 窄轨铁路运输设备的备用系数宜为 20%～25%。

## 7.8 排土场

**7.8.1** 排土场的设计应符合现行国家标准《有色金属矿山排土场设计规范》GB50421 的有关规定。

**7.8.2** 排土作业，不应给深部开采或邻近矿山造成水害和其他潜在安全隐患。分区分段开采的露天矿山，应合理安排开采顺序，有条件时，应选择内部排土方式。内部排土场不应影响矿山正常开采和边坡稳定，排土场坡脚与开采作业点之间应有一定的安全距离。必要时应设

置滚石或泥石流拦挡设施。

**7.8.3** 在剥离物排弃程序中，应符合下列规定：

- 1 技术经济条件下暂不能利用的低品位矿石、建筑材料，应单独堆存；
- 2 剥离的耕植土，应分运、分堆；
- 3 含有酸性、酚类以及微量放射性物质的剥离物，应采取特殊的排弃、处理措施。

## **7.9 硐室爆破**

**7.9.1** 下列情况之一，宜采用硐室爆破：

- 1 基建剥离部位难以修建公路的孤立山头或陡峭地形的剥离；
- 2 使用硐室爆破可加快工程建设速度或节省投资时。

**7.9.2** 露天矿山最终边坡不宜采用硐室爆破，高边坡地段不应采用硐室爆破。

**7.9.3** 爆破类型的选择，应符合下列规定：

- 1 当爆区及周围地形较平缓或比高小于 30m，没有条件将岩石抛至最终境界外，或爆区附近建、构筑物需要保护时，宜采用松动爆破；
- 2 当爆区周围地形扩散条件好，且部分岩石可直接抛至最终境界外或基建剥离范围外，爆区地形比高大于 40m，为降低地形高度，达到一次铲装目的时，宜采用加强松动爆破；
- 3 当采场靠近排土场，地形有利于把大量岩石直接抛至排土场，且在经济上有利时，宜采用抛掷爆破。

**7.9.4** 爆破作用指数  $n$  值，宜按下列规定选取：

- 1 松动爆破宜取 0.4~0.7；
- 2 加强松动爆破宜取 0.75~1.0；
- 3 抛掷爆破宜取 1.0~1.4。

**7.9.5** 药室布置，应符合下列规定：

- 1 应依据地形及爆区周围条件，确保炸药能量充分利用，爆堆分布合理；
- 2 导硐工程量应小，施工应安全、方便；
- 3 所留岩坎高度小于 7m 时，可不布置辅助药室。

**7.9.6** 标准抛掷爆破炸药单位消耗量  $K$  值选取，宜按类似矿山硐室爆破资料和爆区内同类岩石中的试验值，综合研究确定。

**7.9.7** 药室间距系数  $m$  值的确定，应符合下列规定：

- 1 同层松动爆破、加强松动爆破、抛掷爆破，主药室之间宜取 1.0~1.2，主、辅药室之间宜取 1.0~1.4；
- 2 上、下层松动爆破和加强松动爆破宜取 1.2~1.6；上、下层抛掷爆破宜取 1.4~1.8。

## **7.10 露天采场复垦**

**7.10.1** 设计应根据不同情况为复垦创造有利条件。有条件的露天采场，应推广“剥离—排土—造地—复垦”一体化技术。

**7.10.2** 露天采场土地复垦，应符合下列规定：

- 1 应符合土地利用总体规划及土地复垦规划；
- 2 应根据自然条件和土地类型选择复垦地的用途，因地制宜、综合治理。条件允许时，应复垦为耕地或农用地；
- 3 复垦后地形地貌宜与自然环境和景观相协调；
- 4 应充分利用剥离废石作为土地复垦充填物。

**7.10.3** 终了露天采场的永久性坡面应进行稳定化处理。

**7.10.4** 露天采场采空区宜复垦为农、林、牧业用地；当凹陷露天采场存在稳定的补给水源，且无裂缝、无塌陷、没有较好的排泄条件时，也可复垦为渔业或蓄水用地。

**7.10.5** 当复垦为农用地时，复垦工程应符合下列规定：

- 1 覆土厚度应有不小于 0.5m 的自然沉实土壤，耕层厚度不应小于 0.2m；
- 2 复垦后场地应平整。用作水田时，地面坡度不宜超过  $2^{\circ}\sim 3^{\circ}$ ；用作旱地时，地面坡度不宜超过  $5^{\circ}$ ；
- 3 在每台地之间修筑排水沟时，排水沟坡度不应小于 0.5%；
- 4 台地之间的边坡应采取护坡、边坡植被等保护措施；
- 5 台地之间应设联系道路。

**7.10.6** 复垦为林业用地时，复垦工程应符合下列规定：

- 1 覆土厚度大于 0.3m；土源奇缺采取坑栽时，坑内应放客土或人工土；
- 2 地面坡度不应超过  $25^{\circ}$ 。坡度  $15^{\circ}\sim 20^{\circ}$  可用于果园和及其它经济林，坡度大于  $20^{\circ}$  可栽种一般林木；
- 3 应按地形修成台田、反坡梯田等；
- 4 应有满足场地要求的排水设施，边坡应采取保水、保肥措施。

**7.10.7** 复垦为牧业用地时，复垦工程应符合下列规定：

- 1 覆土厚度应大于 0.2m；
- 2 地面坡度不应超过  $30^{\circ}$ ；
- 3 场地大的复垦区应有作业通道；
- 4 应根据饮水半径合理布置饮水点。

**7.10.8** 复垦为渔业、蓄水用地时，复垦工程应符合下列规定：

- 1 应有适宜的水源补给；
- 2 应有良好的排水条件；
- 3 作为渔业用途时，塘或池的面积宜为  $0.3\text{hm}^2\sim 0.7\text{hm}^2$ ，深度宜为 2.5m $\sim$ 3m。



## 8 砂矿开采

### 8.1 水力开采

**8.1.1** 下列情况，宜采用水力开采：

- 1 地下水位高，采场疏干困难，不适用机械开采又难于采用挖掘船开采；
- 2 含大块砾石少、岩性松软，适用水枪冲采；
- 3 矿区水源充足，供水扬程较小，供电条件好；
- 4 采场顶底板地形简单，底板渗漏水现象不严重；
- 5 附近有足够容量的水力排土场，并能实现循环用水，基本达到零排放；
- 6 非人口密集区或非农业丰产区；
- 7 无冰冻或冰冻期短的地区。

**8.1.2** 水力开采矿山粗选厂的服务范围应以原矿一段砂泵扬程所及的运距划定。一个采区可设置多个粗选厂，但每个粗选厂的服务年限不宜小于 3a。

**8.1.3** 矿浆能自流至选厂的水力冲采矿山，宜采用堑沟开拓；需加压输送至选厂的砂矿，宜采用基坑开拓；地势高、周边境界封闭的凹陷露天砂矿，具备平硐自流运输条件时，可采用溜浆管溜井—平硐开拓。

**8.1.4** 采用水力掘沟、明槽运矿时，其堑沟宽度不应小于台阶高度的 1.5 倍，明沟槽应设置盖板或采取其它安全防护措施。

**8.1.5** 水力输送的临界流速、水力坡度，可按有关经验公式计算确定；所含物料体重大、粒径较大或高浓度矿浆，在长距离输送时，应通过试验确定。

**8.1.6** 水力开采，冲采方法的选取应符合下列规定：

- 1 矿体厚度大、土岩致密、粘性大、矿浆易于流运的砂矿床，应采用逆向冲采法；
- 2 矿体厚度小于 5m、土岩松散、胶结性差、含砾石较多难以流运的砂矿床，可采用顺向冲采法；
- 3 开采洗选排弃的尾矿中的泥油层，或倾角 30°以上且底板较平滑的山坡砂矿，应采用顺向冲采法；
- 4 矿体厚度大、土岩致密、粘性大、含砾石较多难以流运的砂矿床，应采用逆—顺向冲采法。

**8.1.7** 水力开采致密砂矿并进行底部掏槽的台阶高度，不应超过 10m，超过 10m 时，应进行分段逆向冲采。

**8.1.8** 单台水枪冲采工作面宽度，不宜大于水枪有效射程的 2 倍；两台水枪在同一工作面作业且对向冲采时，相互间距离不应小于水枪有效射程的 2.5 倍；并列冲采时，相互间距不应小于有效射程的 1.5 倍；上下阶段同时作业时，上部台阶工作面应超前下部台阶 30m 以上。

**8.1.9** 水枪射程可按下式计算：

$$L=1.8KH_0\sin 2\alpha \quad (8.1.9)$$

式中：\$L\$—水枪射程（m）；

\$K\$—空气阻力系数，宜取 0.9~0.95；

\$H\_0\$—水枪喷嘴出口断面的工作压头（10<sup>4</sup>Pa）；

\$\alpha\$—水枪仰角（°）。

**8.1.10** 水枪喷嘴至工作台阶坡底线的最小距离，应根据土岩崩落时能保证人员和设备的安全确定，逆向冲采松散的砂质粘土岩，不应小于台阶高度的 0.8 倍；冲采粘土质的致密岩土，不应小于台阶高度的 1.2 倍。远距离操纵的近冲水枪，与台阶坡底线的最小距离，可按下式计算：

$$L_{min}=KH \quad (8.1.10)$$

式中：\$L\_{min}\$—水枪距工作面最小距离（m）；

\$H\$—台阶高度（m）；

\$K\$—安全系数，致密黄土与粘土宜取 1.2；泥质土宜取 1.0；砂质粘土宜取 0.6~0.8；砂质土宜取 0.4~0.6。

**8.1.11** 水枪冲采土岩的生产能力，可按下式计算：

$$Q_T=K_1K_2K_3Q_0/q \quad (8.1.11)$$

式中：\$Q\_T\$—水枪冲采土岩的生产能力（m<sup>3</sup>/h）；

\$Q\_0\$—水枪射水量（m<sup>3</sup>/h）；

\$K\_1\$—冲采方法影响系数，逆向冲采时，宜取 1.0；顺向冲采时，水枪位于下平盘，宜取 1.1，水枪位于平盘，宜取 0.87；

\$K\_2\$—矿床底板特征影响系数，可按表 8.1.11-1 选取；

\$K\_3\$—台阶高度影响系数，可按表 8.1.11-2 选取；

\$q\$—土岩单位耗水量（m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>），可按表 8.1.11-3 选取。

**表 8.1.11-1 矿床底板特征影响系数**

\$K_d\$	1	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0
\$K_2\$	1	0.9	0.85	0.77	0.71	0.67	0.63	0.58	0.55	0.52	0.50

注：\$K\_d\$ 为水枪清理残矿引起耗水量增加系数，采用试验方法确定。

**表 8.1.11-2 台阶高度影响系数**

台阶高度（m）	<6	6~10	11~15	大于 15
\$K_3\$	0.80	0.95	1.00	1.10

表 8.1.11-3 土岩单位耗水量

土岩类别	台 阶 高 度 (m)								
	3~5			5~15			大于 15		
	土岩单位 耗水量 (m³/m³)	射流工 作压头 (MPa)	工作面允 许最小坡 度 (%)	单 位 耗水量 (m³/m³)	射流工 作压头 (MPa)	工作面允 许最小坡 度 (%)	土岩单位 耗水量 (m³/m³)	射流工 作压头 (MPa)	工作面允 许最小坡 度 (%)
预松散非粘 结土细粒砂	5.0	0.294	2.5	4.5	0.392	3.5	3.5	0.490	4.5
粉状土	6.0	0.294	2.5	5.4	0.392	3.5	4.0	0.490	4.5
轻砂土		0.294	1.5		0.392	2.5		0.490	3.0
松散黄土		0.392	2.0		0.490	3.0		0.588	4.4
中粒砂	7.0	0.294	3.0	6.3	0.392	4.0	5.0	0.490	5.0
重砂土		0.392	1.5		0.490	2.5		0.588	3.0
轻质粘土		0.490	1.5		0.588	2.5		0.686	3.0
致密黄土		0.588	2.0		0.686	3.0		0.784	4.0
大粒砂	9.0	0.490	4.0	8.1	0.588	5.0	7.0	0.686	7.0
重砂土		0.490	1.4		0.588	2.5		0.686	3.0
中及重粘土		0.686	1.5		0.784	2.5		0.882	3.0
瘦粘土		0.686	1.5		0.784	2.5		0.882	3.0
砂质砾石土	12.0	0.392	5.0	10.8	0.490	6.0	9.0	0.588	7.0
半油性粘土		0.784	2.0		0.980	3.0		1.180	4.0
砂质砾石	14.0	0.392	5.0	12.6	0.588	6.0	10.0	0.686	7.0
半油性粘土		0.980	2.5		1.180	3.5		1.370	4.5

8.1.12 水枪工作台数，可按下列公式计算：

$$N=Q/Q_1 \quad (8.1.12-1)$$

$$Q_1=Q_T T \eta \quad (8.1.12-2)$$

式中：N—水枪工作台数（台）；

Q—砂矿土岩生产能力（m³/a）；

Q<sub>1</sub>—按土岩生产能力计算的所需水量（m³/a）；

Q<sub>T</sub>—水枪冲采土岩的生产能力（m³/h）；

T—年工作天数（d）；

t—日工作小时数（h）；

η—工作时间利用系数，宜取 0.65~0.75。

8.1.13 水枪、砂泵的备用系数宜为 100%~200%，水泵的备用系数宜为 20%~50%。

## 8.2 挖掘船开采

8.2.1 下列情况之一，宜采用挖掘船开采：

1 地下潜水位较高，大部分矿体位于地下水位以下，矿区涌水量较大，有足够的水源保证挖掘船漂浮及选矿用水；

2 砂矿土岩中含微泥粒级量小于 15%；

3 矿床资源储量大，矿体底板平整、坡度平缓，喀斯特溶洞不发育；或地下水沿河谷方向水力坡度小，水下矿体形态变化不大；

4 开采拥有永冻层的砂矿床时，永冻层厚度小于 15m。

**8.2.2** 挖掘船开采砂矿床，宜采用上行开采；当补给水的流量小和采用筑坝开拓时，宜采用下行开采；当矿体上下游端均封闭或未封闭，一个矿区内两艘以上挖掘船同时开采时，应采用混合式开采。

**8.2.3** 挖掘船开采宜采用基坑开拓；当砂矿层的水下埋深小于根据挖掘船吃水条件所规定的最小水下埋深时，可采用筑坝开拓或联合开拓。

**8.2.4** 挖掘船开采，基坑开拓应符合下列规定：

- 1 基坑位置应选择在覆盖层薄、储量级别和品位高、供水条件好、不被洪水淹没的地段；
- 2 采、选船基坑开挖水深应大于船的吃水深度加 0.8m 以上；
- 3 主基坑平面尺寸应满足挖掘船在采池里自由调动的要求。

**8.2.5** 挖掘船出基坑，应符合下列规定：

- 1 出基坑终端的宽度不应小于挖掘船的最小采幅宽度；
- 2 出基坑加深角应以不触尾为原则计算，也可按经验选取  $5^{\circ}\sim 14^{\circ}$ ；
- 3 出基坑终端宜达到矿体底板；
- 4 采用通道出基坑时，通道宽度不应小于挖掘船的最小采幅宽度。

**8.2.6** 采池内水与外部水系形成通路时，水位差不应大于 0.5m；当采池水位低于安全水位时，应筑坝提高水位，不宜采用超挖底板加深水位。

**8.2.7** 地表建、构筑物到采池边的距离，不应小于 30m；设备到采池边的距离，不应小于 5m；人员到采池边的距离，不应小于 2m；挖掘船船体离采场边缘应有不小于 20m 的安全距离；开采工作面水上边坡高度大于 3m 时，边坡角不应大于矿岩自然安息角。

**8.2.8** 挖掘船船型应根据矿物性质、矿体赋存条件和开采技术条件选择，宜采用链斗式挖掘船；开采细粒松散、非贵重金属矿床可选用绞吸式挖掘船。

**8.2.9** 挖掘船生产能力宜根据矿体储量规模、宽度，以及挖掘船类型和服务年限确定。链斗式挖掘船生产能力可按下列公式计算：

$$Q_d = 1440 W \times V \times K \times \eta / K_p \quad (8.2.9)$$

式中： $Q_d$ —挖掘船生产能力（ $m^3/d$ ）；

$W$ —斗容（ $m^3$ ）；

$V$ —卸斗速度（斗/min）；

$K$ —平均满斗系数；

$\eta$ —时间利用系数，宜取 0.65~0.75；

$K_p$ —土岩平均松散系数。

**8.2.10** 链斗式挖掘船卸斗速度、平均满斗系数、土岩平均松散系数，可按表 8.2.10 选取。

**表 8.2.10 卸斗速度、平均满斗系数、土岩平均松散系数**

参 数	砂 砾 层	表 土 层	基 层
土岩平均松散系数	1.25	1.20	1.50
平均装满系数	0.70	0.90	0.20
卸斗速度	29	32	15

**8.2.11** 挖掘船排尾方式应根据船的类型、型号和开采方式确定，且应符合下列规定：

- 1 尾砂堆积范围和高度应保证砂堆稳定和挖掘船、人员作业安全，堆存空间应保证作业连续；
- 2 应减少压矿及二次倒堆；
- 3 应有利于复垦和生态恢复。

### **8.3 机械开采**

**8.3.1** 下列情况之一，宜采用机械开采：

- 1 干旱少雨、供水不足或供水扬程大；
- 2 矿岩坚实或松软土岩中砾石含量多、块度大；
- 3 土岩承压力大，适于采运设备作业；
- 4 因环境保护要求，不宜水力开采的地区。

**8.3.2** 机械开采矿山宜按采区设置粗选厂。粗选厂的位置，应结合原矿运输设备的合理运距确定，其服务年限不宜小于 5a。

**8.3.3** 砂矿露天机械开采设计应符合本规范第 7 章的有关规定。

## 9 地下开采

### 9.1 矿山生产能力

**9.1.1** 地下矿山生产能力的确定，应符合下列规定：

- 1 阶段生产能力应根据阶段上同时回采的矿块数和矿块生产能力计算；
- 2 矿山设计生产能力宜以一个开采阶段保证，在条件许可时，可适当增加回采阶段，但上、下相邻阶段的对应采场不得同时回采；采用一步骤连续回采的矿山，应以一个阶段回采计算矿山生产能力；划分矿房、矿柱两步骤回采的矿山，应以一个阶段采矿房、一个阶段采矿柱为基础进行计算，当矿柱矿量比例小于 20% 时，可不计其生产能力；
- 3 计算的生产能力，应按合理服务年限、年下降速度、新阶段准备时间分别进行验证；开采技术条件复杂的大中型矿山，宜编制采掘进度计划表最终验证；
- 4 矿山生产能力应根据计算的生产能力，并结合矿床勘探类型、勘探程度、开采技术条件和采矿工艺复杂程度、市场需求、资金筹措等因素，经多方案综合比较后确定。

**9.1.2** 地下矿山生产能力可按下列公式计算：

$$A = \frac{NqKEt}{1-Z} \quad (9.1.2)$$

式中：A—地下矿山生产能力（t/a）；

N—同时回采的可布矿块数；

K—矿块利用系数，宜按表 9.1.2 选取；

q—矿块生产能力（t/d），可通过计算或按表 9.1.3 选取；

E—地质影响系数，宜取 0.7~1.0；

Z—副产矿石率（%）；

t—年工作天数（d）。

**表 9.1.2 矿块利用系数**

采矿方法	矿块利用系数
分段空场法	0.3~0.6
房柱法、全面法	0.3~0.7
上向水平分层充填法	0.3~0.5
薄矿脉浅孔留矿法	0.25~0.5
有底柱分段崩落法、阶段崩落法、壁式崩落法、分层崩落法	0.25~0.35
点柱充填法	0.5~0.8
无底柱分段崩落法、下向充填法	≤0.8

注：当矿体产状规整、矿岩稳固、矿块矿量大、采准切割量小、阶段可布矿块数少或矿体分散，矿块间通风、运输干扰少，以及单阶段回采时，应取大值。

**9.1.3** 矿块生产能力应根据采场构成要素、凿岩方式、装备水平等，结合回采作业循环计算，也可按表 9.1.3 选取。

表 9.1.3 矿块生产能力 (t/d)

采矿方法	矿体厚度 (m)			
	<0.8	0.8~5	5~15	≥15
全面法	—	80~120	—	—
房柱法	—	100~150	150~250	—
分段空场法	—	—	200~350	300~500
阶段空场法	—	—	300~600	600~900
浅孔留矿法	—	80~120	100~150	—
上向分层充填法	—	60~100	100~200	200~400
下向充填法	—	30~60	60~100	100~200
削壁充填法	40~60	—	—	—
大直径深孔落矿嗣后充填法	—	—	200~400	400~600
壁式崩落法	—	100~150	—	—
分层崩落法	—	—	60~100	80~120
有底柱分段崩落法	—	—	150~200	200~300
无底柱分段崩落法	—	—	150~300	300~500
阶段强制崩落法	—	—	—	400~600

注：当机械化程度较高、矿体厚度较厚时，取大值；当机械化程度较低、矿体厚度较薄时，取小值。

#### 9.1.4 矿山生产能力宜按下列规定验证：

1 宜按合理服务年限验证。矿山服务年限可按式计算，计算的服务年限应符合本规范表 3.0.9 的规定：

$$T = \frac{Q}{A(1 - \beta)} \quad (9.1.4-1)$$

式中：T—合理服务年限 (a)；

Q—设计可采储量 (t)；

β—矿石贫化率 (%)。

2 宜按年下降速度验证。年下降速度可按式计算，计算的年下降速度宜与开采技术条件和装备水平类似的生产矿山进行分析比较：

$$V = \frac{A(1 - \beta)}{S\gamma\alpha E} \quad (9.1.4-2)$$

式中：V—回采工作年下降速度 (m/a)；

S—矿体开采面积 (m<sup>2</sup>)；

γ—矿石密度 (t/m<sup>3</sup>)；

α—采矿回收率 (%)。

3 宜按新阶段准备时间验证。新阶段准备时间可按式计算。新阶段开拓、采切工程完成时间应小于计算的新阶段准备时间：

$$T_z = \frac{Q_z E}{K(1 - \beta) A_z} \quad (9.1.4-3)$$

式中：T<sub>z</sub>—新阶段准备时间 (a)；

Q<sub>z</sub>—回采阶段可采储量 (t)；

A<sub>z</sub>—回采阶段生产能力 (t/a)；

K—超前系数，宜取 1.2~1.5。工程地质和水文地质条件复杂的矿山取大值，简单的矿山取小值。

## 9.2 开采岩移范围和地面建、构筑物保护

### 9.2.1 岩石移动角的确定，应符合下列规定：

- 1 大型矿山岩石移动角，宜采用数值分析法和类比法综合研究确定；
- 2 中小型矿山岩石移动角，可在分析岩性构造特征的基础上，根据类似矿山的实际资料类比选取；
- 3 改建、扩建矿山，应根据已获得的岩移观测资料和矿床地质条件有无变化等情况，对原设计岩石移动角进行修正。

### 9.2.2 岩石移动范围的圈定，应符合下列规定：

- 1 岩石移动范围应以开采矿体最深部位圈定，对深部尚未探清的矿体应从能作为远景开采的部位圈定；
- 2 开采深度大、服务年限长，采用分期开采的矿山，可分期圈定岩石移动范围；
- 3 矿体邻近岩层中有与移动角同向的小倾角弱面，且其影响范围超越按完整岩层划定的范围时，应以该弱面的影响范围修正；
- 4 圈定的岩石移动范围和留设的保安矿柱，应分别标在总平面图、开拓系统平面图、剖面图和阶段平面图上。

### 9.2.3 地表主要建、构筑物应布置在岩石移动范围保护带外，因特殊原因需布置在岩石移动范围保护带内时，应留设保安矿柱。

### 9.2.4 地表建、构筑物的保护等级和保护带宽度，应符合下列规定：

- 1 地表建、构筑物的保护等级划分应符合表 9.2.4-1 的规定；
- 2 地表建、构筑物的保护带宽度不应小于表 9.2.4-2 的规定。

表 9.2.4-1 地表建、构筑物的保护等级划分

保护等级	主要建筑物和构筑物
I	国务院明令保护的文物、纪念性建筑；一等火车站，发电厂主厂房，在同一跨度内有 2 台重型桥式吊车的大型厂房，平炉，水泥厂回转窑，大型选矿厂主厂房等特别重要或特别敏感的、采动后可能导致发生重大生产、伤亡事故的建、构筑物；铸铁瓦斯管道干线，高速公路，机场跑道，高层住宅，竖（斜）井、主平硐，提升机房，主通风机房，空气压缩机房等
II	高炉、焦化炉，220kV 及以上超高压输电线路杆塔，矿区总变电所，立交桥，高频通讯干线电缆；钢筋混凝土框架结构的工业厂房，设有桥式起重机的工业厂房，铁路矿仓、总机修厂等较重要的大型工业建筑物和构筑物；办公楼、医院、剧院、学校、百货大楼，二等火车站，长度大于 20m 的二层楼房和三层以上住宅楼；输水管干线和铸铁瓦斯管道支线；架空索道，电视塔及其转播塔，一级公路等
III	无吊车设备的砖木结构工业厂房，三、四等火车站，砖木、砖混结构平房或变形缝区段小于 20m 的两层楼房，村庄砖瓦民房；高压输电线路杆塔，钢瓦斯管道等
IV	农村木结构承重房屋，简易仓库等

表 9.2.4-2 地表建、构筑物的保护带宽度

保护等级	保护带宽度（m）
I	20
II	15
III	10
IV	5

注：从建筑物、构筑物外缘算起。



### 9.2.5 “三下”采矿设计应符合下列规定：

1 建、构筑物下采矿，建、构筑物位移与变形的允许值，应符合表 9.2.5 的规定；不符合表 9.2.5 的规定时，应采取有效的安全措施；

2 水体下采矿，宜采取充填采矿或留设防水矿岩柱等安全措施，并应进行试采；开采形成的导水裂隙带不应连通上部水体或不破坏水体隔水层；

表 9.2.5 建、构筑物位移与变形的允许值

建、构筑物 保护等级	倾斜 $i$ (mm/m)	曲率 $k$ ( $10^{-3}/m$ )	水平变形 $\epsilon$ (mm/m)
I	$\pm 3$	$\pm 0.2$	$\pm 2$
II	$\pm 6$	$\pm 0.4$	$\pm 4$
III	$\pm 10$	$\pm 0.6$	$\pm 6$
IV	$\pm 10$	$\pm 0.6$	$\pm 6$

## 9.3 矿床开拓

### 9.3.1 开拓井巷位置及井口工业场地布置，应符合下列规定：

1 竖井、斜井、平硐位置，宜选择在资源储量较集中、矿岩运输功小、岩层稳固的地段，宜避开含水层、断层、岩溶发育地层或流砂层，并应布置工程地质检查孔，斜井和平硐的工程地质检查孔应沿纵向布置；

2 竖井、斜井、平硐、斜坡道等井口的标高，应高于当地历史最高洪水位 1m 以上；

3 每个矿井应至少有两个独立的直达地面的安全出口，安全出口的间距不应小于 30m；大型矿井，矿床地质条件复杂，且走向长度一翼超过 1000m 时，应在矿体端部增设安全出口；

4 进风井宜位于当地常年主导风向的上风侧，进入矿井的空气，不应受到有害物质的污染；回风井宜设在当地常年主导风向的下风侧，排出的污风不应对矿区环境造成危害；放射性矿山出风井与入风井的间距应大于 300m；

5 井口工业场地应具有稳定的工程地质条件，应避开法定保护的文物古迹、风景区、内涝低洼区和采空区，且不应受地面滚石、滑坡、山洪暴发和雪崩的危害，井口工业场地标高应高于当地历史最高洪水位；

6 井口工业场地布置应合理紧凑、节约用地、不占或少占农田和耕地，对有可能扩大生产规模的企业应适当留有发展余地；

7 位于地震烈度 6 度及以上地区的矿山，主要井筒的地表出口及工业场地内主要建、构筑物，应进行抗震设计。

### 9.3.2 平硐开拓应符合下列规定：

1 当矿体或相当一部分矿体赋存在当地侵蚀基准面以上时，宜采用平硐开拓；

2 采用平硐集中运输时，宜采用溜井下放矿石；当生产规模小、溜井设施等工程量大、矿石有粘结性或岩层不适宜设置溜井时，可采用竖井、斜井下放或无轨自行设备直接运出地表；

3 当双轨运输主平硐较长，岩层不稳固，且无其他条件制约时，宜采用单轨双平硐开拓；

4 确定主平硐断面时，应满足通过坑内设备材料最大件及有关安全间隙的要求。

### 9.3.3 斜井开拓应符合下列规定：

1 埋藏深度小于 300m 的缓倾斜或倾斜中厚以上矿体，宜采用下盘斜井开拓；矿体走向较长，埋藏深度小于 200m 的急倾斜矿体，可采用侧翼斜井开拓；形态规整、倾角变化较小

的缓倾斜薄矿体，宜采用脉内斜井开拓；

2 下盘斜井井筒顶板与矿体的垂距应大于 15m；脉内斜井井筒两侧保安矿柱的宽度不应小于 8m；

3 串车斜井不宜中途变坡和采用双向甩车道，当需要设置双向甩车道时，甩车道岔口间距应大于 8 m；

**4 斜井下部车场应设置躲避硐室；**

5 行人的运输斜井应设人行道。人行道有效宽度不应小于 1.0m，有效净高不应小于 1.9m；斜井坡度为 10°~15°时应设人行踏步；15°~35°时应设踏步及扶手；大于 35°时应设梯子；有轨运输的斜井，车道与人行道之间应设隔离设施；

6 斜井有轨运输设备之间，以及运输设备与支护之间的间隙，不应小于 0.3m；带式输送机与其他设备突出部份之间的间隙，不应小于 0.4m。

### **9.3.4 斜坡道开拓应符合下列规定：**

1 开拓深度小于 300m 的中小型矿山，可采用斜坡道开拓，且斜坡道应位于岩石移动范围外；条件许可时，宜采用拆返式布置；

2 斜坡道的坡度，用于运输矿石时不宜大于 12%，用于运输设备材料时不宜大于 15%；弯道坡度应适当降低；

3 斜坡道长度每隔 300m~400m，应设坡度不大于 3%、长度不小于 20m 并能满足错车要求的缓坡段；

4 大型无轨设备通行的斜坡道干线转弯半径不宜小于 20m，阶段斜坡道转弯半径不宜小于 15m；中小型无轨设备通行的斜坡道转弯半径不宜小于 10m；曲线段外侧应抬高，变坡点连接曲线可采用平滑竖曲线；

5 斜坡道，应设人行道或躲避硐室；人行道宽度不得小于 1.2m，人行道的有效净高不应小于 1.9m；躲避硐室的间距，在曲线段不应超过 15m，在直线段不应超过 30m。躲避硐室的高度不应小于 1.9m，深度和宽度均不应小于 1.0m；

6 无轨运输设备之间，以及无轨运输设备与支护之间的间隙，不应小于 0.6m；

7 斜坡道路面宜采用混凝土、沥青或级配合理的碎石路面。

### **9.3.5 竖井开拓应符合下列规定：**

1 矿体赋存在当地侵蚀基准面以下，井深大于 300m 的急倾斜矿体或倾角小于 20°的缓倾斜矿体，宜采用竖井开拓；

2 当主井为箕斗井，并与选厂邻近时，应将箕斗卸载设施与选厂原矿仓相连；

3 井深大于 600m、服务年限长的大型矿山，主提升竖井可分期开凿，一次开凿深度的服务年限宜大于 12a；

4 装有两部在动力上互不依赖的罐笼设备、且提升机均为双回路供电的竖井，可作为安全出口，可不设梯子间；其他竖井作为安全出口时，应设装备完好的梯子间。

### **9.3.6 矿床开拓方案的选择应符合下列规定：**

1 开拓方案应根据矿床赋存特点、工程地质及水文地质、矿床勘探程度、矿石储量等，结合地表地形条件、场区内外运输系统、工业场区布置、生产建设规模等因素，对技术上可行的开拓方案进行一般性分析，并应遴选出 2 个~3 个方案进行详细的技术经济比较后确定；

2 矿体埋藏深或矿区面积大，服务年限长的大型矿山，可采用分期开拓或分区开拓；

3 根据矿床赋存条件、地形特征、勘探程度等因素，结合采矿工业场地的布置要求，采

用单一开拓方式在技术、经济上不合理时，可采用联合开拓方式。

**9.3.7** 阶段高度应根据矿体赋存条件、矿体厚度、矿岩稳固程度、采掘运设备、生产规模、采矿方法等因素，经综合分析比较确定，也可按下列规定选取：

- 1 缓倾斜矿体，阶段高度可取 20m~35m；
- 2 急倾斜矿体，阶段高度可取 40m~60m；
- 3 开采技术条件好、采掘运装备水平高，采用无底柱崩落法、大直径深孔采矿法和分层充填法的矿山，阶段高度可取 80m~150m。

**9.3.8** 水平运输巷道设计应符合下列规定：

- 1 运输巷道宜布置在稳固的岩层中，宜避开应力集中区和含水层、断层或受断层破坏的岩层、岩溶发育的地层和流砂层中；
- 2 运输巷道宜布置在矿体下盘，当下盘工程地质条件差，或其它原因不能布置在下盘时，可布置在上盘；
- 3 运输巷道应设人行道；人行道有效净高不应小于 1.9m，人力运输巷道的人行道有效宽度不应小于 0.7m；机车运输巷道的人行道有效宽度不应小于 0.8m；调车场及人员乘车场，两侧人行道的有效宽度均不应小于 1.0m；井底车场矿车摘挂钩处，应设两条人行道，每条净宽不应小于 1.0m；带式输送机运输巷道的人行道有效宽度不应小于 1.0m；无轨运输巷道的人行道有效宽度不应小于 1.2m；
- 4 有轨运输巷道运输设备之间，以及运输设备与支护之间的间隙，不应小于 0.3m；带式输送机与其他设备突出部份之间的间隙，不应小于 0.4m；无轨运输巷道运输设备之间，以及无轨运输设备与支护之间的间隙，不应小于 0.6m；
- 5 有自燃发火可能性的矿井，主要运输巷道应布置在岩层或者不易自燃发火的矿层内，并应采取预防性灌浆或其他有效的预防自燃发火的措施。

**9.3.9** 主溜井设计应符合下列规定：

- 1 主溜井通过的岩层工程地质、水文地质条件复杂或年通过量 1000kt 以上的矿山，主溜井数量不宜少于两条；
- 2 主溜井宜采用垂直式，单段垂高不宜大于 200m，分支斜溜道的倾角应大于 60°；溜井直径不应小于矿石最大块度的 5 倍，但不得小于 3m；
- 3 主溜井装矿硐室应设置专用安全通道；
- 4 主溜井应设置专用的通风防尘设施，其污风应引入回风道；
- 5 含泥量多、粘结性大或含硫高易氧化自燃的矿石，不宜采用主溜井。

## **9.4 空场采矿法**

**9.4.1** 空场采矿法应符合下列规定：

- 1 矿石围岩稳固、采场在一定时间内允许有较大的暴露面积的矿床，宜采用空场采矿法；当矿岩稳固性稍差时，设计宜从采场结构参数、顶板维护、凿岩工艺等方面采取相应措施；
- 2 当矿床开采技术条件允许时，宜采用机械化、智能化程度高的大直径深孔空场采矿法或中深孔分段空场采矿法；
- 3 采用全面采矿法和房柱采矿法的矿山，应根据顶板稳定情况，留出合适的矿柱；矿柱需要回收时，应采取安全措施；
- 4 采用空场采矿法的矿山，应有采场地压监测、预报的设施及设备，并应采取充填、隔离或强制崩落围岩的措施；

5 空场采矿法的矿石回采率，厚矿体不应小于 85%；中厚矿体不应小于 80%；薄矿体不应小于 75%。

**9.4.2 全面采矿法应符合下列规定：**

- 1 全面采矿法宜用于厚度小于 5m 矿岩中等稳固以上、产状较稳定的水平和缓倾斜矿体回采；当厚度大于 3m 时，宜分层开采，条件具备时，宜采用液压凿岩台车全厚一次推进；
- 2 采场内应留不规则矿柱，圆形矿柱直径不应小于 3m，方形矿柱不应小于 2m×2m；有条件时矿柱应布置在夹石带和贫矿段内；开采矿石价值高的矿体，可采用人工矿柱替代预留矿柱，人工矿柱的大小和强度，应能保证顶板的安全；
- 3 矿体厚度小于最小可采厚度时，切割巷道的顶板不应超过设计采幅的顶板。

**9.4.3 留矿全面采矿法应符合下列规定：**

- 1 留矿全面法宜用于矿石不粘结、不自燃，且厚度小于 8m、倾角为 30°~50°的矿体；
- 2 当矿体倾角小于矿石自然安息角、厚度较薄且底板比较平整时，可采用伪倾斜工作面或扇形工作面推进，电耙应设在天井联络道内；
- 3 矿体倾角大于矿石自然安息角，矿体厚薄不均或底板起伏多变时，应采用水平工作面推进；电耙可设在天井联络道内；
- 4 矿体厚度小于 3m 时，应采用逆倾斜全厚一次推进；当矿体厚度大于 3m 时，宜采用分层推进或上分层超前推进。

**9.4.4 房柱采矿法应符合下列规定：**

- 1 浅孔房柱法宜用于厚度小于 8m 的缓倾斜矿体；当矿体厚度大于 3m 时，宜分层回采；
- 2 矿体厚度为 8m~10m 时，宜采用预控顶和中深孔进行回采；
- 3 当矿体顶底板较规整、厚度大于 3m，且条件允许时，可采用液压凿岩台车；
- 4 盘区内同时回采的采场数不应超过 3 个，采场的推进方向应与盘区推进方向一致，各工作面间的超前距离应为 10m~15m。

**9.4.5 浅孔留矿采矿法应符合下列规定：**

- 1 浅孔留矿法宜用于矿石不粘结、不自燃、遇水不膨胀的急倾斜薄矿脉及中厚矿体；
- 2 回采工作面宜采用梯段布置，当采用上向孔落矿时，梯段工作面长度宜为 10m~15m；水平孔落矿时，梯段长度宜为 2m~4m；
- 3 当相邻急倾斜平行薄矿脉间距大于 4m、夹层稳定，且矿脉形态和地质构造简单时，可实行分采；
- 4 急倾斜相邻平行薄矿脉分采，当夹层稳定时，可依次开采或同时开采。同时开采应实行强化开采，上盘采场应超前下盘采场两个分层高度，放矿时，上盘采场应超前或同时下降。当夹层局部稳定性较差时，下盘采场宜超前上盘采场两个分层高度，放矿时，上盘采场宜超前或同时下降。

**9.4.6 极薄矿脉留矿采矿法应符合下列规定：**

- 1 极薄矿脉留矿法宜用于矿脉平均厚度小于 0.8m 的急倾斜矿脉，采幅应控制在 0.9m~1.1m；
- 2 当矿脉不连续和沿走向、倾向延展不大，矿石价值高而矿岩较稳固时，可不留间柱和采用人工底柱；当矿脉走向长度超过 200m 时，应每隔 100m~120m 留一个间柱，并应制定采空区的处理措施；

3 当矿脉沿走向出现分支交叉矿脉时,应在分支口或交叉口留矿柱,并应设共用天井或共用漏斗,主脉与分支脉应同时上采;

4 在竖向剖面上交替出现平行脉,两脉间距小于 1.5m 时,可由原采场以 60°倾角逐步过渡到平行脉;当间距为 1.5m~3.0m 时,应在采矿工作面向平行脉开掘 60°斜漏斗,并应做好二次切割后继续上采;当间距大于 3.0m 时,宜另开盲阶段单独回采。

#### **9.4.7 爆力运矿采矿法应符合下列规定:**

1 爆力运矿采矿法宜用于矿岩界线清楚、产状较稳定、底板平整、倾角大于 35°的中厚倾斜矿体;

2 阶段运输平巷应布置在脉外,距矿体底板不应小于 6m;

3 矿房可采用阶段回采和分段回采;采用分段回采时,应先采上分段、后采下分段;

4 每次崩矿前,采场内应只在漏斗中留缓冲矿石垫层。

#### **9.4.8 分段空场采矿法应符合下列规定:**

1 分段空场采矿法宜用于急倾斜中厚矿体和倾斜或缓倾斜厚大矿体;当矿体厚度大于 50m 时,宜留矿房间纵向矿柱;

2 矿岩稳固的急倾斜矿体应采用分段凿岩、阶段出矿;稳固性稍差或倾斜的矿体,宜采用分段凿岩、分段出矿;

3 分段高度应根据凿岩设备的凿岩深度、矿体倾角等因素综合确定;

4 同一矿体的上下相邻阶段和同一阶段相邻平行矿体的矿房和矿柱布置,其规格应相同,上下和前后应相互对应;

5 除作为回采、运输、充填和通风的巷道外,不得在采场顶柱内开掘其他巷道。

#### **9.4.9 阶段空场采矿法应符合下列规定:**

1 阶段空场采矿法宜用于矿体形态规整、厚度大于 10m 的急倾斜矿体和任何倾角的极厚矿体;

2 阶段空场采矿法宜采用大直径深孔落矿;采场出矿应使用铲运机或其他出矿能力较大的设备,采用平底结构时,应使用遥控铲运机或其他机械设备清底;

3 采用水平深孔落矿时,切割和拉底的空间,应为崩落分层矿石量的 30%~40%;采用垂直深孔侧向崩矿时,切割立槽宜布置在矿房内矿体最厚处,切割立槽宽度应为崩落分条厚度的 20%;采用大直径下向深孔球状药包崩矿时,其补偿空间容积应大于 35%;

4 采场沿走向布置、垂直分条崩矿时,矿房回采宜由一侧向切割槽崩矿;采场垂直走向布置时,应由上盘向下盘推进崩矿。

### **9.5 充填采矿法**

#### **9.5.1 充填采矿法应符合下列规定:**

1 充填采矿法宜用于矿石价值高、地表需要保护、矿体形态复杂、矿岩稳固性较差等条件的矿床;

2 在充填采矿法设计中,宜增大分层高度;有条件时,应采用空场采矿法嗣后充填;

3 阶段回采顺序宜为自上而下回采;当采用上向充填法时,可采用自下而上的阶段回采顺序;当矿体垂深大,可上、下分区同时回采;

4 采用充填采矿法开采缓倾斜相邻矿脉,应先采下盘矿脉、后采上盘矿脉,下盘采场应充填接顶;

5 矿柱回采应与矿房回采同时设计。矿房已胶结充填的间柱,宜采用分层充填或嗣后充

填采矿法回收，顶底柱宜用分层或进路充填法回收；

6 充填采矿法的矿石回采率，中厚及厚矿体不应小于 90%；薄矿体不应小于 85%；深井极厚大矿体可适当降低。

### **9.5.2 上向水平分层充填采矿法应符合下列规定：**

1 上向水平分层充填法，宜用于矿岩中等以上稳固的矿体；当矿岩不稳固时，宜采用上向进路式充填采矿法；

2 点柱充填法宜用于矿岩中等以上稳固、矿石价值中等以下的倾斜厚矿体；

3 点柱式充填法的壁柱宽度宜为 4m~6m，点柱直径宜为 4m~5m，采场内点柱总面积不宜超过采场总面积的 10%；

4 上向充填法应采用一房一柱的两步骤回采顺序，矿山地压大、矿岩不够稳固的厚大矿体，宜采用一房二柱、一房三柱，特厚矿体可采用一房多柱的多步骤回采布置；狭长的单独矿体可全走向一步骤回采；

5 采场控顶高度不宜大于 4.5m，当采场有撬毛台车或服务台车可保证作业安全时，控顶高度可增至 6m~8m；

6 采用人工间柱上向分层充填法采矿时，相邻采场应超前一定距离；

7 当采场跨度和采空高度较大，或局部地段矿岩不稳固时，应采取加固采场顶板的措施；

8 上向充填采矿法胶结充填体设计强度，应满足矿柱回采时自立高度的要求，并能承受爆破震动的影响；

9 回收底柱的采场，应在底柱上构筑厚度不小于 0.4m、强度不小于 15MPa 的钢筋混凝土或厚度大于 5m、强度大于 5MPa、底板上铺设钢筋网的砂浆胶结料隔离层；回收间柱的采场，宜用空场法嗣后胶结充填先采间柱；干式充填法可在矿房邻间柱一侧，构筑混凝土隔墙；

10 采用干式或尾砂充填时，宜在每分层充填面上铺设厚度不小于 0.15m、强度不低于 15MPa 的混凝土垫层；采用低强度胶结充填时，每分层充填面上宜铺设厚度不小于 0.3m、强度不低于 3MPa 胶结充填体；

11 布置在脉内的采场顺路溜井，不宜少于两条，直径应大于矿石最大块度的 3 倍，且不得小于 1.5m。

### **9.5.3 下向分层充填采矿法应符合下列规定：**

1 下向充填采矿法宜用于矿岩极不稳固、矿石价值较高，用上向进路充填法难以开采的矿体；

2 回采进路的规格宽宜为 3m~5m，高宜为 2m~5m；

3 当回采进路采用倾斜布置时，倾斜分层的倾角宜大于胶结充填料的自流坡面角，自流坡面角宜取 6°~8°；

4 分层假顶应充填完整坚实，充填体单轴抗压强度不应小于 3MPa。

### **9.5.4 削壁充填采矿法应符合下列规定：**

1 削壁充填采矿法宜用于形态较稳定、矿石和围岩界线清楚、价值较高的极薄矿脉；

2 削壁充填采矿法回采矿石和崩落围岩的顺序，应根据矿岩稳固性确定。当围岩稳固性较好时，宜先采矿石、后崩落围岩，当围岩稳固性较差时，宜先崩落围岩、后采矿石；

3 开采急倾斜矿体时，采场崩矿前，应铺设垫板或垫层；

4 开采缓倾斜矿脉时，采场应用大块废石砌筑挡墙接顶，挡墙至工作面的距离不应大于 2.5m。

#### **9.5.5 嗣后充填采矿法应符合下列规定：**

- 1 嗣后充填采矿法可用于采用分段采矿法、分段空场采矿法、阶段空场采矿法回采后，地表需要保护或间柱需要回收的矿床；
- 2 嗣后充填应采用高效率的充填方式；当矿柱需要回收时，充填体应具有足够的强度和自立高度；
- 3 当充填体需要为相邻矿块提供出矿通道或底柱需要回收时，充填体底部应采用高灰砂比胶结充填，充填体强度应大于 5MPa；
- 4 当矿柱不需要回收作为永久损失时，采空区宜采用非胶结充填；
- 5 采场充填前，在采场内应事先布置泄水管道，下部通道口应构筑稳固的滤水墙。

### **9.6 崩落采矿法**

#### **9.6.1 崩落采矿法应符合下列规定：**

- 1 崩落法宜用于地表允许崩落，矿体上部无水体和流砂，矿石和覆盖岩层无自燃性和结块性，矿石价值不高，中厚以上、矿岩中等稳固以下的矿床；
- 2 采用崩落法采矿时，在高山陡坡地区，应有防止或避免塌方、滚石和泥石流危害的措施；对地表覆土层厚、雨量充沛地区，应有防止大量覆土混入矿石和泥水涌入采区的措施；
- 3 开采使用期间的阶段运输平巷和盘区部分采准工程，均应布置在相应开采阶段的岩石移动范围以外 10m；
- 4 矿体开采的水平推进方向应严格按控制地压有利的顺序安排，并应保持与矿井主进风流相反的方向；
- 5 开采极厚矿体且产量较大时，阶段间可设置提升人员、设备材料两用的电梯井；
- 6 用崩落法回采矿柱时，间柱、顶柱和底柱宜采用微差爆破一次崩矿，在覆盖岩石下放矿；当矿岩稳定时，宜先采间柱，在空场条件下放矿后，再采顶柱、底柱；
- 7 崩落采矿法的矿石回采率，中厚及厚矿体不应小于 75%；薄矿体不应小于 80%。

#### **9.6.2 壁式崩落采矿法应符合下列规定：**

- 1 顶板岩石不稳固，厚度 0.8m~4m、倾角小于 30°、形态规则的矿体，宜采用壁式崩落采矿法；
- 2 开采多层矿体或产状变化大的单层矿体时，运输平巷宜布置在底盘脉外；产状较规则的单层矿，且生产规模小、单阶段回采时，运输平巷可布置在脉内；多层矿体分层回采时，应待上层顶板岩石崩落并稳定后，再回采下部矿层；
- 3 当矿体和底盘岩石不够稳固时，阶段运输平巷应布置在底盘脉外，并应避开采空区压力拱基；
- 4 相邻两个阶段同时回采时，上阶段回采工作面应超前下阶段工作面一个工作面斜长的距离，且不应小于 20m；
- 5 长壁崩落法采用阶梯式回采工作面时，下阶梯应超前上阶梯 1 倍~2 倍排距；
- 6 当矿体倾角为 25°~30°时，宜采用伪倾斜回采工作面；
- 7 控顶距、放顶距宜由采矿方法试验确定，也可根据支柱间距确定，控顶距宜为 2 排~3 排的支柱间距；放顶距宜为 1 排~5 排支柱间距；
- 8 在密集支柱中，每隔 3m~5m 应有一个宽度不小于 0.8m 的安全出口，密集支柱受压过大时，应及时采取加固措施；撤柱后不能自行冒落的顶板，应在密集支柱外 0.5m 处，向放顶区重新凿岩爆破，强制崩落；机械撤柱及人工撤柱，应自下而上、由远而近进行；矿体倾角小于 10°时，撤柱顺序可不限；

9 矿体直接顶板崩落岩层的厚度小于矿体厚度的 6 倍~8 倍时,应采取有效的控制地压和顶板管理措施;放顶后,应及时封闭落顶区;

10 壁式崩落采矿法应推广采用液压支柱。

#### **9.6.3 分层崩落采矿法应符合下列规定:**

1 分层崩落法宜用于矿石价值较高、中等稳固以下,上盘岩石不稳固的倾斜、缓倾斜中厚以上或急倾斜矿体;

2 采场分层进路宽度不应超过 3m,分层高度不应超过 3.5m;

3 采场上、下相邻的分层平巷或横巷应错开布置,岩壁厚度不应小于 2.5m,采场上、下分层进路应相对应;

4 邻接矿块同时回采时,回采分层高差不宜超过两个分层高度;在水平方向上,上下分层同时回采时,上分层超前相邻下分层的距离不应小于 15m;

5 回采应从矿块一侧向天井方向推进;当采掘接近天井时,分层沿脉或穿脉应在分层内与另一天井相通;采区采完后,应在天井口铺设加强假顶;

6 开采第一分层时应在底板上铺设假顶,假顶之上的缓冲层不应小于 4m,并应逐步形成 20m 以上的缓冲层;

7 崩落假顶时,不得用砍伐法撤出支柱,人员不应在相邻的进路内停留;开采第一分层时,不得撤出支柱;顶板不能及时自然崩落的缓倾斜矿体,应进行强制放顶;假顶降落受阻时,不应继续开采分层;顶板降落产生空洞时,不应在相邻进路或下部分层巷道内作业。

#### **9.6.4 有底柱分段崩落采矿法应符合下列规定:**

1 有底柱分段崩落法宜用于夹石较少,不需分采,形态不太复杂、厚度大于 5m 的急倾斜中厚矿体或任何倾角的厚大矿体;

2 急倾斜、倾斜厚矿体分段高度宜为 20m~30m;倾斜中厚矿体沿走向脉外布置电耙道时,分段高度宜为 10m;

3 有底柱分段崩落法,宜采用垂直分条、小补偿空间挤压爆破;挤压爆破的补偿空间系数,应按不同落矿方式选取或通过试验确定,补偿空间系数宜为 15%~20%;

4 缓倾斜矿体采用竖分条崩矿时,矿块中矿体最凸起部位应设有切割槽;急倾斜、倾斜中厚矿体,矿块沿走向布置时,矿块中矿体最厚部位应设切割槽;

5 上下分段同时出矿时,上分段超前的水平距离不应小于分段高度的 1.5 倍;

6 开采厚大矿体且盘区产量大时,应布置专用的进风和回风巷道;

7 采场顶板不能自行冒落时,应及时强制崩落,也可用充填料予以充填。

#### **9.6.5 无底柱分段崩落采矿法应符合下列规定:**

1 无底柱分段崩落法宜用于矿石和下盘围岩稳固或中等稳固,上盘围岩不稳固或中等稳固,矿石价值不高的急倾斜厚矿体或缓倾斜极厚矿体;

2 厚度大于 50m 的极厚矿体,可在矿体中央增开分段平巷,也可沿走向划分采区,在采区内划分矿块;

3 回采主要技术参数宜通过采矿方法试验确定。未取得试验研究参数时,分段高度可取 10m~15m,进路间距可取 10m~20m,崩矿步距不应大于 3m,扇形炮孔边孔倾角可取 60°~70°;

4 回采工作面的上方,应有大于分段高度的覆盖岩层;上盘不能自行冒落或冒落的岩石量达不到所规定的厚度时,应及时进行强制放顶,并应使覆盖岩层厚度达到分段高度的 2 倍左右;



- 5 当矿石不够稳固时,应采取防止炮孔变形、堵塞和进路端部顶板眉线破坏的有效措施;
- 6 同一分段的各相邻进路回采工作面,应形成阶梯状;
- 7 上下两个分段同时回采时,上分段应超前于下分段,超前距离应使上分段位于下分段回采工作面的错动范围之外,且不应小于 20m;
- 8 分段回采完毕,应及时封闭本分段的溜井口。

**9.6.6 阶段强制崩落采矿法应符合下列规定:**

- 1 阶段强制崩落采矿法宜用于岩石中等稳固或稳固,矿体产状、形态变化不大的急倾斜厚矿体或任何倾角的极厚矿体;
- 2 两个阶段同时回采时,上阶段应超前回采,超前距离不得小于一个采场长度;开采极厚矿体时,平面相邻采场应呈阶梯式推进;
- 3 强制崩落顶板或暂留矿石作为垫层,垫层厚度不得小于 20m;
- 4 采用挤压爆破的补偿空间系数应为 15%~20%;小补偿空间的补偿系数应为 20%~25%;自由空间爆破的补偿系数应大于 25%。

**9.6.7 自然崩落采矿法应符合下列规定:**

- 1 自然崩落采矿法宜用于矿石节理裂隙发育或中等发育,含夹石少,矿体形态规整的厚大矿体;
- 2 矿山应开展必要的岩石力学工作,评价矿岩的可崩性;设计应根据矿岩性质、崩落高度和预测的崩落块度等因素综合确定放矿点间距和其它底部结构参数;
- 3 底部结构应采用高强度混凝土或其他有效支护方式,眉线处宜设横向档梁;
- 4 应根据整个采区的构造分布、岩石性质、品位分布等因素综合确定初始拉底位置和拉底方向;初始拉底位置宜布置在可崩性好的部位;
- 5 处理卡斗时,严禁人员进入堵拱下部处理;二次破碎大块时,除特殊情况外,严禁使用裸露药包爆破;
- 6 应编制放矿计划,严格进行控制放矿;崩落面与崩落下的松散物料面之间的空间高度宜为 5m~7m;雨季出矿应采取相应的安全措施。

## **9.7 凿岩爆破**

**9.7.1** 凿岩设备的选择应根据矿岩物理力学性质、生产规模、采矿方法、凿岩设备的技术性能等因素综合确定。

**9.7.2 凿岩设备的配置,应符合下列规定:**

- 1 炮孔深度小于 4m 宜采用浅孔凿岩设备;炮孔深度 4m~20m 宜采用中深孔凿岩设备;炮孔深度大于 20m 宜采用深孔凿岩设备;
- 2 采用浅孔和中深孔凿岩的采场,应按生产采场数单独配备;采用深孔凿岩的采场,应按阶段水平或采区配备;
- 3 掘进凿岩设备的配置,应按正常生产时期井巷掘进量及掘进速度计算掘进工作面,配备凿岩设备。

**9.7.3** 有条件时宜采用大直径深孔凿岩,孔径宜为 110mm~200mm,钻孔偏斜率应控制在 1% 以下。

**9.7.4 爆破器材的选择应符合下列规定:**

- 1 井下爆破不应使用火雷管、导火索和铵梯炸药；
- 2 炮孔有水时应选择抗水性好的爆破器材；
- 3 高温爆破作业应选择耐热爆破器材。

**9.7.5 大直径深孔爆破应符合下列规定：**

- 1 矿岩稳定条件允许时，宜采用柱状药包爆破；
- 2 当采用球状药包水平分层爆破时，应进行爆破漏斗试验；爆破宜采用高威力低感度炸药，分层爆破高度宜为 3m~4m，多层爆破宜为 8m~12m，最上一层高度宜为 7m~10m；
- 3 高硫矿床，应有防止硫化矿尘爆炸的有效措施。

**9.7.6 采场出矿最大块度，浅孔爆破时应小于 350mm；中深孔和深孔爆破时应小于 700mm。**

## **9.8 回采出矿**

**9.8.1 无轨设备出矿应符合下列规定：**

- 1 当采用堑沟底部结构布置时，集矿堑沟、出矿巷道宜平行布置，集矿堑沟的斜面倾角不应小于 45°；装矿进路与出矿巷道的连接方式宜采用斜交，其交角不应小于 45°；装矿进路间距宜为 10m~15m；装矿进路的长度不应小于设备长度与矿堆占用长度之和；
- 2 当采用平底结构布置时，采场内三角矿堆的回收，应采用遥控铲运机；
- 3 柴油铲运机单程运距不宜大于 200m，电动铲运机不宜大于 150m；
- 4 采用无轨装运设备出矿时，应在溜井口设置安全车挡，车挡高度应为设备轮胎高度的 2/5~1/2。

**9.8.2 电耙出矿应符合下列规定：**

- 1 电耙宜用于采场生产能力中等、矿石块度 500mm 以下的采场出矿；
- 2 电耙出矿水平耙运距离不宜大于 40m，下坡耙运距离不宜大于 60m；
- 3 倾斜、伪倾斜电耙绞车硐室应水平布置，绞车操作端宜布置与阶段运输平巷相通的人行通风天井；
- 4 绞车前部应有防断绳回甩的防护设施；溜井边与绞车靠近溜井最突出部位的距离不应小于 2.0m；电耙道与矿石溜井连接处应设宽度不小于 0.8m 的人行道；电耙硐室底板与溜井入矿口高差不应小于 0.5m；
- 5 采用电耙道出矿时，电耙道应有独立的进、回风道；电耙的耙运方向，应与风流方向相反；电耙道间的联络道应设在入风侧，并应布置在电耙绞车硐室的侧翼或后方。

**9.8.3 振动放矿机出矿应符合下列规定：**

- 1 振动放矿机宜用于采用漏斗和堑沟底部结构的采场及溜井出矿；
- 2 振动放矿机埋设参数和振动台面的几何参数，应根据矿石的物理力学性质、矿石自然安息角、矿石粘结性、最大块度、溜井放矿量和矿石运输设备等因素计算确定；
- 3 振动放矿机台面倾角宜为 10°~20°，矿石流动性好时宜取小值，矿石流动性不好时宜取大值；
- 4 振动放矿机下料口与矿车顶面的高度不应低于 200mm。

## **9.9 基建与采掘进度计划**

**9.9.1 基建进度计划的编制，应符合下列规定：**

- 1 应加快关键井巷的掘进，必要时可增设措施井巷；

- 2 同时开动的凿岩机台班数应保持基本平衡；
- 3 应包含施工准备时间和设备安装调试时间；
- 4 需疏干的矿山应安排疏干时间；
- 5 采用新采矿方法或工艺复杂的方法时，应安排试验或试采时间。

**9.9.2** 井巷成巷速度指标可按表 9.9.2 选取。

**表 9.9.2 井巷成巷速度指标**

井巷名称	井巷成巷速度 (m/月)	备注
竖井	60~80	—
斜井	70~100	—
斜坡道	60~80	—
天井、溜井	60~90	采用天井钻机掘进时可取 120m/月
平巷	100~150	—
硐室	600m <sup>3</sup> /月~900m <sup>3</sup> /月	—

注：当工程地质条件复杂或井巷断面大或支护率高时取小值，地质条件简单或断面小或支护率低时取大值。

**9.9.3** 矿山投产时，备用矿块数应为回采矿块的 10%~20%，但不得少于一个。

**9.9.4** 采掘进度计划的编制，应符合下列规定：

- 1 初期生产地段应按阶段、矿块、采矿方法等排产列表至达产 3a 以上；资料条件不具备时，可采用阶段或块段矿量排产；
- 2 应合理安排阶段、矿体、矿房与矿柱之间的回采顺序；应实行贫富兼采；
- 3 在不违反合理回采顺序的条件下，宜先回采富矿。

## 9.10 设备选择

**9.10.1** 地下矿山的装备水平应符合表 9.10.1 的规定。

**表 9.10.1 地下矿山装备水平**

设备名称	采矿规模		
	大型	中型	小型
凿岩设备	单机或双机采矿台车 双机掘进台车 ≥φ 165mm 潜孔钻机 ≥φ 1500mm 天井钻机	浅孔和中深孔凿岩机 单机或双机采矿台车 单机或双机掘进台车 爬罐或吊罐 ≤φ 1500mm 天井钻机	浅孔和中深孔凿岩机 单机采矿台车 单机掘进台车 爬罐或吊罐
装运设备	≥4m <sup>3</sup> 铲运机 ≥55kW 电耙 ≥4m <sup>3</sup> 矿车 ≥14t 电机车 带式输送机 振动放矿机	2m <sup>3</sup> ~4m <sup>3</sup> 铲运机 ≤55kW 电耙 2m <sup>3</sup> ~4 m <sup>3</sup> 矿车 ≥7t 电机车 带式输送机 振动放矿机	≤2m <sup>3</sup> 铲运机 ≤30kW 电耙 ≤2m <sup>3</sup> 矿车 ≤7t 电机车 振动放矿机

**9.10.2** 主要采矿设备的备用率，应符合下列规定：

- 1 浅孔凿岩机宜为 100%；中深孔凿岩机宜为 50%；潜孔钻机宜为 20%~30%；
- 2 电耙宜为 25%，振动放矿机的电动机宜为 10%~20%；
- 3 局部扇风机宜为 20%~30%；
- 4 备用数不足 1 台时宜取 1 台。

## 10 露天与地下联合开采

### 10.1 露天与地下同时开采

**10.1.1** 露天与地下同时开采时，应符合下列规定：

- 1 受地下开采影响地段的露天边坡角，应根据影响程度适当减小；
- 2 在地下开采的岩体移动范围内，不应同时进行露天开采，当需露天与地下同时开采时，应采取有效的技术措施；
- 3 露天与地下各采区间的回采顺序，应在设计中规定。

**10.1.2** 露天与地下同时开采的回采顺序应符合下列规定：

- 1 地下开采宜从矿体端部向露天边坡方向后退式回采；
- 2 当坑内采用胶结充填回采时，地下开采可从露天坑底往下回采。

**10.1.3** 露天与地下同时开采，地下采矿方法选择应符合下列规定：

- 1 倾斜或急倾斜矿体，矿岩稳固时，宜采用空场嗣后充填法回采，也可采用空场法回采，矿房暂时保留矿柱；矿岩中等稳固时，宜采用上向水平分层充填法或分段充填法回采；矿岩均不稳固时，宜采用下向胶结充填法回采；
- 2 缓倾斜且延深长的矿体，可采用房柱法或充填法回采。

**10.1.4** 露天与地下在同一垂直面作业时，两工作面垂直间距应通过岩石力学计算确定，但不应小于 50m。

**10.1.5** 有条件时，露天与地下同时开采的矿石运输或转运系统宜统筹布置。

**10.1.6** 当地下开采采用平硐开拓时，露天矿坑内涌水可通过钻孔或天井下放到平硐排出地表。当无法通过平硐自流排出时，宜由露天坑内排出，需通过地下开采的井下泵房排水时，应进行技术经济比较。

### 10.2 露天转地下开采

**10.2.1** 露天转地下开采过渡期，回采方案确定，应符合下列规定：

- 1 走向长度大或分区开采的露天矿，在转入地下开采时，应采取分区、分期的过渡方案；
- 2 应根据所选用的采矿方法确定境界安全顶柱或岩石垫层的厚度；
- 3 排水方案设计时，应分析研究原露天坑的截排水能力及其对坑内排水的影响；
- 4 应保持矿山能够正常持续生产，且矿石供给总量基本平衡；
- 5 地下采矿方法选择，应分析研究露天边坡稳定性和产生泥石流对地下开采的影响；
- 6 应合理安排开采顺序，露天和地下的开采部位宜在水平面错开。

**10.2.2** 露天转地下开采过渡期，在露天保护地段下部，当条件允许时，地下开采可采用自然崩落法，但不应采用无底柱分段崩落法、有底柱分段崩落法等崩落法。采用自然崩落法开采时，应采用高阶段回采，同时应通过计算确定露天坑底和崩落顶板之间境界安全顶柱的规格，在崩落范围顶线临近境界安全顶柱时，露天开采应结束或停止。

**10.2.3** 露天结束后转地下开采，境界安全顶柱的留设应符合下列规定：

- 1 采用空场法回采时，露天坑底应留设境界安全顶柱，安全顶柱的厚度应通过岩石力学计算确定，但不应小于 10m；
- 2 采用充填法回采时，可在露天坑底铺设钢筋混凝土假底作为地下开采的假顶。当采用进路式回采且进路宽度不大于 4m 时，钢筋混凝土假顶厚度不应小于 1m；当采用空场嗣后充填采矿法时，钢筋混凝土假顶厚度应按采场跨度参数通过岩石力学计算确定。

**10.2.4** 露天矿边帮残留矿体回采，应符合下列规定：

- 1 在露天开采后期，应尽早强化开采露天境界外的边帮残留矿体。有条件时，应在露天开采设计时统筹规划回采边帮矿体的采矿方法和开拓运输系统；
- 2 露天开采还在进行并采用崩落法回采边帮残留矿体时，地下开采沿走向的回采顺序应采用向边坡后退式回采，当地下开采影响到边坡安全时，应停止作业；
- 3 采用充填法回收边帮残留矿体时，应保证采场顶板至露天边坡面之间的矿柱厚度；
- 4 采用房柱法回采平缓露天矿的边帮矿体时，应根据地质条件、废石堆放位置和矿层至地表的距离，确定境界安全矿柱规格。

**10.2.5** 露天转地下开采矿山，地下开拓方案的选择应符合下列规定：

- 1 地下开采可采储量和规模小、服务年限较短、露天采场边坡稳定时，开拓系统宜布置在露天坑内；
- 2 地下开采可采储量大、服务时间长、露天采场边坡稳定性较差时，开拓系统应布置在露天境界外；
- 3 地下开采可采储量和规模大、露天采场边坡稳定时，主、副提升井宜布置在露天境界外，斜坡道或风井等辅助井巷可布置在露天坑内。

**10.2.6** 下列情况之一，露天矿运输宜利用地下开采开拓运输系统：

- 1 露天开采的服务年限短，以地下开采为主的矿山；
- 2 露天开采境界深度大、过渡期长，过渡期露天开采运距远的矿山；
- 3 地形高差较大、平窿溜井开拓的矿山。

### **10.3 地下转露天开采**

**10.3.1** 地下开采转为露天开采时，应将全部地下巷道、采空区和矿柱的位置，绘制在矿山平、剖面对照图上。地下巷道和采空区的处理方法应在设计中确定，大型采空区的处理方法应做专题研究。重要矿山工程不应布置在地下开采的移动范围内。

**10.3.2** 当矿房已用充填法回采，且采用露天开采回采矿柱时，应确定合适的穿孔、爆破、铲装工艺，并应采取必要的安全预防措施。

**10.3.3** 地下转露天过渡期内，应分析研究露天开采对地下开采防、排水的影响。

# 11 矿井通风

## 11.1 通风系统

### 11.1.1 矿井通风系统设计应符合下列规定：

- 1 应将足够的新鲜空气有效地送到井下工作场所；
- 2 通风系统应简单，矿井风网结构应合理，风流应稳定、易于管理；
- 3 矿井通风系统的有效风量率，不应低于 60%；
- 4 发生事故时，风流应易于控制，人员应便于撤出；
- 5 应有符合规定的井下环境及安全监测监控系统。

### 11.1.2 下列情况，宜采用分区通风系统：

- 1 矿体走向长、产量大、漏风大的矿山；
- 2 天然形成几个区段的浅埋矿体，专用的通风井巷工程量小的矿山；
- 3 矿岩有自燃发火危险的矿山；
- 4 通风线路长或网络复杂的含铀矿山。

11.1.3 分区通风系统的分区范围，应与矿山回采区段相一致，并应以各区之间联系最少的部位为分界线。

### 11.1.4 下列情况下，宜采用集中通风系统：

- 1 矿体埋藏较深、走向较短、分布较集中的矿山；
- 2 矿体比较分散、走向较长、各矿段便于分别开掘回风井的矿山。

### 11.1.5 采用多机在不同井筒并联运转的集中通风系统，应符合下列规定：

- 1 某台主扇运转时，其他主扇应启动自如，各主扇负担区域风流应稳定；某台主扇停运时，其通风污风不得倒流入其他主扇通风区中；
- 2 多井通风时，各井筒之间的作业面不得形成风流停滞区；
- 3 各主扇通风区阻力宜相等。

### 11.1.6 下列情况，宜采用多级机站压抽式通风系统：

- 1 不能利用贯穿风流通风的进路式采矿方法的矿山，或同时作业阶段较少的矿山；
- 2 通风阻力大，漏风点多或生产作业范围在平面上分布广的矿山；
- 3 现有井巷可作为专用进风巷，进风线路与运输线路干扰不大的矿山。

### 11.1.7 采用多级机站通风系统，应符合下列规定：

- 1 级站宜少，用风段宜为 1 级，进、回风段不宜超过 2 级；
- 2 每分支的前后机站风机能力和台数应匹配一致；同一机站的风机，应为同一规格型号；机站风机台数宜为 1 台~3 台；
- 3 风机特性曲线宜为单调下降，应无明显马鞍型；
- 4 进路式工作面应设管道通风；
- 5 多级机站通风系统应采用集中控制。

### 11.1.8 下列情况下，风井宜采用对角式布置：

- 1 矿体走向较长，采用中央式开拓的矿山；
- 2 矿体走向较短，采用侧翼开拓的矿山；
- 3 矿体分布范围大，规模大的矿山。

**11.1.9** 下列情况下，风井宜采用中央式布置：

- 1 矿体走向不长或矿体两翼未探清；
- 2 矿体埋藏较深，用中央式开拓的小型矿山；
- 3 采用侧翼开拓，矿体另一翼不便设立风井的矿山。

**11.1.10** 下列情况下，宜采用压入式通风：

- 1 矿井回风网与地表沟通多，难以密闭维护时；
- 2 回采区有大量通地表的井巷或崩落区覆盖岩较薄、透气性强的矿山；
- 3 矿岩裂隙发育的含铀矿山；
- 4 海拔 3000m 以上的低气压地区矿山。

**11.1.11** 下列情况下，宜采用抽出式通风：

- 1 矿井回风网与地表沟通少，易于维护密闭时；
- 2 矿体埋藏较深，空区易密闭或崩落覆盖层厚，透气性弱的矿山；
- 3 矿石和围岩有自燃发火危险的矿山。

**11.1.12** 下列情况下，宜采用混合式通风：

- 1 需风网与地面沟通多，漏风量大而进、回风网易于密闭的矿山；
- 2 崩落区漏风易引起自燃发火的矿山；
- 3 通风线路长、阻力大，采用分区通风和多井并联通风技术上不可能或不经济的矿山。

**11.1.13** 下列情况下，宜将主扇安装在坑内：

- 1 地形限制，地表有滚石、滑坡，可能危及主扇；
- 2 采用压入式通风，井口密闭困难；
- 3 矿井进风网或回风网漏风大，且难以密闭。

**11.1.14** 当主扇设在坑内时，应确保机房供给新鲜风流，并应有防止爆破危害及火灾烟气侵入的设施，且应能实现反风。

**11.1.15** 下列情况下，宜采用局部通风：

- 1 不能利用矿井总风压通风或风量不足的地方；
- 2 需要调节风量或克服某些分支阻力的地方；
- 3 不能利用贯穿风流通风的硐室和掘进工作面、进路式回采工作面。

## 11.2 风量计算与分配

**11.2.1** 矿井总风量应等于矿井需风量乘以矿井需风量备用系数 K，K 值可取 1.20~1.45。矿井需风量，应按下列规定分别计算，并应取其中最大值：

1 回采工作面、备用工作面、掘进工作面和独立通风硐室所需风量的总和，应按下式计算：

$$Q = \sum Q_h + \sum Q_j + \sum Q_d + \sum Q_l \quad (11.2.1)$$

式中： $Q$ —矿井需风量（ $\text{m}^3/\text{s}$ ）；

$\sum Q_h$ —回采工作面所需风量（ $\text{m}^3/\text{s}$ ）；

$\sum Q_b$ —备用工作面所需风量（ $\text{m}^3/\text{s}$ ）；

$\sum Q_d$ —掘进工作面所需风量（ $\text{m}^3/\text{s}$ ）；

$\sum Q$ —独立通风硐室所需风量（ $\text{m}^3/\text{s}$ ）。

2 按井下同时工作的最多人数计算时，矿井需风量不应少于每人  $4\text{m}^3/\text{min}$ ；

3 有柴油设备运行的矿井需风量，应按同时作业机台数每千瓦供风量  $4\text{m}^3/\text{min}$  计算。

### 11.2.2 回采工作面的需风量应按排尘风速所需风量计算；排尘风速应符合下列规定：

1 硐室型采场最低风速不应小于  $0.15\text{m/s}$ ；

2 巷道型采场不应小于  $0.25\text{m/s}$ ；

3 电耙道和二次破碎巷道不应小于  $0.5\text{m/s}$ ；

4 无轨装载设备作业的工作面不得小于  $0.4\text{m/s}$ 。

### 11.2.3 备用工作面所需风量计算，应符合下列规定：

1 难以密闭的备用工作面，应与回采工作面需风量相同；

2 可临时密闭的备用工作面，应按回采工作面需风量的  $1/2$  计算。

### 11.2.4 掘进工作面所需风量计算，应符合下列规定：

1 按排尘风速计算时，掘进巷道的风速不应小于  $0.25\text{m/s}$ ；

2 掘进工作面所需风量可按表 11.2.4 选取。

表 11.2.4 掘进工作面所需风量

序号	掘进断面（ $\text{m}^2$ ）	掘进工作面所需风量（ $\text{m}^3/\text{s}$ ）
1	$<5.0$	$1.0\sim1.5$
2	$5.0\sim9.0$	$1.5\sim2.5$
3	$>9.0$	$>2.5$

注：选用时，巷道平均风速应大于  $0.25\text{m/s}$ 。

### 11.2.5 独立通风硐室所需风量计算，应符合下列规定：

1 井下炸药库、破碎硐室、主溜井卸矿硐室、箕斗装载硐室等作业地点，应分别计算所需风量；

2 机电设备散热量大的硐室，应按机电设备运转的发热量计算；

3 充电硐室应按回风流中氢气浓度小于  $0.5\%$  计算。

### 11.2.6 海拔高度大于 $1000\text{m}$ 的矿井总进风量，应以海拔高度系数校正。

### 11.2.7 矿井风量分配，应符合下列规定：

1 矿井通风系统为多井口进风时，各进风风路的风量，应按风量自然分配的规律进行解算，求出各进风风路自然分配的风量；

2 矿山多阶段作业时，应充分利用各阶段进、回风井巷断面的通风能力，在各阶段的进、回风段巷道之间应设置共同的并联和角联的风量调配井巷，并应扩大自然分风范围；

3 所有需风点和有风流通过的井巷，平均最高风速不应超过表 11.2.7 的规定。



**表 11.2.7 井巷断面平均最高风速规定**

序号	井巷名称	最高风速 (m/s)
1	专用风井, 专用总进、回风道	15
2	专用物料提升井	12
3	风桥	10
4	提升人员和物料的井筒, 阶段的主要进、回风道, 修理中的井筒, 主要斜坡道	8
5	运输巷道, 采区进风道	6
6	采场	4

**11.2.8** 矿井通风阻力宜采用通风网络解算程序计算, 并应符合下列规定:

- 1 矿井通风阻力应按通风最困难、最容易时期分别计算;
- 2 矿山服务年限长、风量大, 中、后期阻力相差很大时, 是否需要分期选择主扇, 应通过技术经济比较确定。

### 11.3 通风构筑物

**11.3.1** 通风构筑物宜设在回风段, 在进风量较大的主要阶段巷道内不应设置风窗, 在高风压区不应设置自动风门。

**11.3.2** 风门的设计应符合下列规定:

- 1 需设风门的主要运输巷道, 应设两道风门, 两道风门的间距, 有轨运输时应大于 1 列车的长度, 无轨运输时应大于运行设备最大长度的 2 倍;
- 2 手动风门应与风流方向成  $80^{\circ} \sim 85^{\circ}$  的夹角, 并应逆风开启;
- 3 风门安装应严密, 主要风门的墙垛应采用砖、石或混凝土砌筑。

**11.3.3** 风桥的设计应符合下列规定:

- 1 通风系统中进风道与回风道交叉地段应设置风桥;
- 2 风量大于  $20\text{m}^3/\text{s}$  时, 应设绕道式风桥; 风量为  $10\text{m}^3/\text{s} \sim 20\text{m}^3/\text{s}$  时, 可用砖、石、混凝土砌筑; 风量小于  $10\text{m}^3/\text{s}$  时, 可用铁风筒;
- 3 风桥与巷道的连接处应设计成弧形;
- 4 永久风桥不应采用木制结构。

**11.3.4** 空气幕的设计应符合下列规定:

- 1 需要调节风量或截断风流的井下运输巷道, 可在巷道内安设空气幕;
- 2 空气幕应安装在巷道较平直、断面规整处;
- 3 空气幕的供风器出风口, 应迎向巷道风流方向, 空气幕射流轴线应与巷道轴线形成所需的夹角;
- 4 空气幕形成的有效压力可根据调节风量所需的阻力设计和选取。

**11.3.5** 采场进风天井顶部宜设井盖门。回风天井顶部宜设调节风窗, 下部宜设井门。

**11.3.6** 井下各主要进、回风巷道内宜设测风站, 测风站的设计应符合下列规定:

- 1 测风站应设在直线巷道内, 站内不得有任何障碍物, 巷道周壁应平整光滑;
- 2 测风站长度应大于 4m, 断面应大于  $4\text{m}^2$ ;
- 3 站前、站后的直线段巷道长度应大于 10m。

## 11.4 坑内环境与气象

### 11.4.1 井下空气质量应符合下列规定：

- 1 进风井巷和采掘工作面的风源含尘量不应超过  $0.5\text{mg}/\text{m}^3$ ；
- 2 井下采掘工作面进风流中按体积计算的空气成分，氧气不应低于 20%，二氧化碳不应高于 0.5%；
- 3 井下作业地点空气中的有害物质应符合现行国家有关工作场所有害因素职业接触限值的规定；
- 4 伴生有放射性元素的矿山，井下空气中氡及其子体的浓度应符合国家现行有关规定。

### 11.4.2 矿山应采取下列防尘措施：

- 1 不得在罐笼进风井井口附近堆放砂石等产尘材料。下放水泥、砂石等材料应采取防尘措施；
- 2 主要入风风路中不宜设置矿石溜井；
- 3 坑内溜破系统应设单独的通风除尘装置；
- 4 入风流含尘量超标矿井应采取净化措施；
- 5 回采、掘进工作面，应采取湿式凿岩、喷雾洒水、水封爆破、洗壁、通风排尘和个体防护等综合措施；
- 6 应配置粉尘、废气测量分析仪表。

### 11.4.3 进风井巷和井下采掘工作面的空气温度，应符合下列规定：

- 1 进风井巷冬季的空气温度，应高于  $2^{\circ}\text{C}$ ；低于  $2^{\circ}\text{C}$  时，应有暖风措施；
- 2 采掘作业地点的气象条件应符合表 11.4.3 的规定，不符合表 11.4.3 的规定时，应采取降温或其他防护措施。

表 11.4.3 采掘作业地点的气象条件

干球温度 ( $^{\circ}\text{C}$ )	相对湿度 (%)	风速 ( $\text{m}/\text{s}$ )	备注
$\leq 28$	不规定	$0.5 \sim 1.0$	上限
$\leq 26$	不规定	$0.3 \sim 0.5$	舒适
$\leq 18$	不规定	$\leq 0.3$	增加工作服保暖量

### 11.4.4 矿井防冻应符合下列规定：

- 1 严寒地区，所有提升井和作为安全出口的风井，应有防止井口及井筒结冰的保温措施；
- 2 不应采用明火直接加热进入矿井的空气；
- 3 除有放射性的矿山外，宜利用已有废旧坑道或采空区的岩温预热送入井下的冷空气；
- 4 大中型矿山，宜采用空气加热器预热；
- 5 无集中热源的小型矿山，矿井防冻可采用热风炉预热，热风炉的位置应使进入井筒的空气不被污染，并应符合防火要求。

### 11.4.5 矿井降温应符合下列规定：

- 1 采用非人工制冷降温时，应根据矿井的具体条件，综合采取利用天然冷源、增加供风量或提高作业人员集中处的局部风速、有利于降温的通风方式、回避井下热源、隔绝或减少热源向进风流散热、疏放或封堵热水、个体防护等措施；
- 2 采用人工制冷降温时，应根据矿井地质条件、开拓系统、巷道布置、矿井通风系统、制冷降温范围、采深、冷负荷、矿井涌水量及水质和水温、回风风量和温度、采掘机械化程度、热源及条件类似矿井的经验，进行技术经济论证后，选用井下移动式空调或压缩空气制

冷等局部降温措施、地面集中空调系统、地面与井下联合空调系统等降温方式；

3 有放射性的矿山，不应利用已有废旧坑道或采空区降温。

## **11.5 主通风装置与设施**

### **11.5.1 主通风机选择，应符合下列规定：**

1 主通风机的风量不应小于矿井总风量乘以主通风机风硐装置的漏风系数；主通风机的风压不应小于矿井最大阻力损失加上主通风机风硐装置的阻力损失与风机出口动压损失，还应计算自然风压的影响；

2 主通风机工况点的效率，按全压计算不应低于 70%，按静压计算不应低于 60%。轴流式风机的工况点，应位于风机特性曲线最高点的右方，其最大风压不应超过最高点的 90%；

3 主通风机应能在较大范围内高效工作，宜满足不同开采时期的风量和负压要求，并应留有一定余量；轴流式通风机在最大设计风量和负压时，叶轮运转角度应小于设备允许范围 5°，离心式通风机的选择设计转速不应大于设备允许最高转速的 90%；

4 轴流式主通风机应校验电动机的正常起动容量和反风容量；

5 排送高硫或有腐蚀性气体的风机，应采取防腐蚀措施或选用耐腐蚀风机；

6 高原地区风机特性曲线应按高原大气条件进行换算；

7 在同一井筒，宜选择单台风机工作。必要时，可采用双机并联运转，双机并联运转应选择同规格型号的风机，并应作稳定性校核。

**11.5.2** 主通风机通风装置漏风系数宜取 1.10~1.15；风井内安装有提升装置时应取 1.20。主通风机通风装置的阻力损失宜取 150Pa~200Pa，装有消声器时，其阻力应另外计算。

### **11.5.3 主通风电动机的选择，应符合下列规定：**

1 通风机的电动机应选用交流异步电动机或可调速的电机，电机功率较大时，可选用同步电动机。轴流式风机选用电动机时，应满足反转反风的需要；

2 电动机的功率，应满足风机运转期间所需的最大功率。轴流式风机的电动机功率备用系数宜取 1.1~1.2，并应校核电动机的启动能力；离心式风机宜取 1.2~1.3；

3 每台主通风机应具有相同型号和规格的备用电动机，并应设置能迅速调换电动机的设施。

### **11.5.4 主通风机的反风应符合下列规定：**

1 主通风机应有使矿井风流在 10min 内反向的措施；

2 采用轴流式通风机时，宜采用可调叶片方式反风或反转反风，反风量不应小于正常运转时风量的 60%；

3 采用离心式通风机时，应采用反风道反风；反风风门的起重量大于 1t 时，应采用电动、手摇两用风门绞车；

4 采用多级机站通风系统的矿山，主通风系统的每台通风机均应满足反风要求。

### **11.5.5 主通风机房布置应符合下列规定：**

1 机房面积应满足设备正常运转和维护检修的要求，并应留有存放备用电动机的地方。机房大门应满足设备搬运的需要或预留安装孔；

2 机房内应根据安装检修需要设置起重梁或起重机，机房高度应满足检修安装设备起吊的要求；

3 机房内应设隔声值班室；地面主扇风机房及出风口噪声控制值，应符合现行国家标准

《工业企业噪声控制设计规范》GBJ87 和有关工业企业设计卫生标准的规定；

4 在同一通风井后期需换装通风机时，应预留通风机房位置和风道接口。

**11.5.6** 风道布置应符合下列要求：

1 风道内风速宜取  $10\text{m/s} \sim 12\text{m/s}$ ，最大不应超过  $15\text{m/s}$ ，压入式通风的进风百叶窗风速，宜取  $4\text{m/s} \sim 5\text{m/s}$ ；

2 需测量风压的风道，应有一段大于风道直径或高度 6 倍的直线段；

3 扩散器出口应布置在通风机房的主导风向下风侧；

4 进、出风道上均应设有密封性能良好的检查门；

5 在进、出风道上设置消声装置时，风道断面应适当增大；

6 离心式风机进口或出口风道上，应设置启动闸门。

**11.5.7** 主通风机房应设有风量、风压、电流、电压和轴承温度等监测仪表。

## 12 充填

### 12.1 充填材料

**12.1.1** 充填骨料应采用有一定强度、不泥化、无毒无害的物料。有条件时应利用矿山尾砂和掘进、剥离废石作充填骨料。

**12.1.2** 当采用管道水力输送时，充填骨料的选择应符合下列规定：

- 1 采用分级尾砂作充填骨料时，尾砂的分级界限宜为 0.037mm，渗透速度不宜小于 80mm/h；当采用高浓度充填分级尾砂量不足时，分级界限可适当降低；当采用膏体胶结充填时，宜采用全粒级尾砂；
- 2 用于胶结充填的含硫尾砂，尾砂中硫的含量不宜超过 8%；
- 3 采用棒磨砂作充填骨料时，棒磨砂的最大粒径不宜大于 3mm。

**12.1.3** 干式充填材料可利用井下掘进废石，其块度应符合下列规定：

- 1 采用重力充填时，最大块度不宜大于 300mm；
- 2 采用抛掷机充填时，最大块度不宜大于 80mm；
- 3 采用风力输送时，最大块度应小于管径的 1/4，并不宜大于 25mm。

**12.1.4** 充填用胶凝材料宜采用低标号散装水泥，可采用粉煤灰、磨细的冶炼炉渣、石灰、石膏等活性材料代替部分水泥。

**12.1.5** 充填用水的 pH 值不得小于 5。

### 12.2 充填能力计算

**12.2.1** 充填工作制度宜为每天 2 班，每班有效工作时间宜为 6h。

**12.2.2** 日平均充填量应按下列公式计算：

$$Q_d = ZK_1K_2 \frac{A_d}{\gamma_k} \quad (12.2.2)$$

式中： $Q_d$ —日平均充填量 ( $\text{m}^3/\text{d}$ )；

$A_d$ —矿山充填法日产量 ( $\text{t/d}$ )；

$\gamma_k$ —矿石密度 ( $\text{t/m}^3$ )；

$Z$ —采充比 ( $\text{m}^3/\text{m}^3$ )，宜取 0.8~1.0；

$K_1$ —充填体沉缩率，宜取 1.05~1.20；

$K_2$ —流失系数，宜取 1.02~1.05。

**12.2.3** 年平均充填量应按下列公式计算：

$$Q_a = TQ_d \quad (12.2.3)$$

式中： $Q_a$ —年平均充填量 ( $\text{m}^3/\text{a}$ )；

$Q_d$ —日平均充填量 ( $\text{m}^3/\text{d}$ )；

$T$ —矿山年工作天数 (d/a)。

**12.2.4** 充填系统日充填能力应按下列式计算：

$$Q_r = KQ_d \quad (12.2.4)$$

式中： $Q$ —日充填能力 ( $\text{m}^3/\text{d}$ )；

$K$ —充填作业不均衡系数，宜取 1.2~1.5，连续充填时取小值，分层充填或掘进废石作充填料占比重显著时，取大值。

### 12.3 充填料制备站

**12.3.1** 地面充填料制备站位置选择应符合下列规定：

- 1 宜靠近充填负荷中心；
- 2 宜采用地面集中布置；
- 3 宜满足自流和满管输送的要求。

**12.3.2** 胶结充填站，宜采用砂仓、胶结料仓、搅拌输送系统的组合方式；制备站内应设通风除尘和排污设施。

**12.3.3** 立式砂仓和卧式砂仓的设计应符合下列规定：

- 1 立式砂仓或卧式砂仓不宜少于 2 个，砂仓总有效放砂容积不宜小于日平均充填量的 2 倍或分层充填一次最大充填量；
- 2 立式砂仓的圆柱体高度应大于直径的 2 倍，进砂管应在砂仓中心给料，砂仓底部的放砂管坡度应经计算确定；
- 3 湿式卧式砂仓应有溢流水和滤水设施，砂仓底应有 6%~7% 的自流坡度。干式卧式砂仓上方应设顶盖防雨；
- 4 水力尾砂充填用于嗣后充填采空区，且尾砂量有富余时，采矿场地可不设贮砂仓。

**12.3.4** 水泥仓的设计应符合下列规定：

- 1 计算给料机能力时，水泥松散密度宜取  $1\text{t}/\text{m}^3$ ，计算水泥仓容量时，宜取  $1.3\text{t}/\text{m}^3$ ，计算仓底仓壁载荷时，宜取  $1.6\text{t}/\text{m}^3$ ；
- 2 水泥仓容积应能储存 3 倍~7 倍日平均充填水泥用量；
- 3 水泥仓的仓容高度与直径或宽度之比，宜为 1.5~2.5，仓容大时宜取大值；
- 4 用压气输送水泥的钢管直径不应小于 75mm。当采用集中压缩空气输送时，在水泥输送管路前应设储气罐和油水分离装置；
- 5 水泥仓所有孔口应密闭，仓顶应有收尘设施。

**12.3.5** 用于制备胶结砂浆的搅拌桶，有效容积应满足 2min~3min 输送流量。

**12.3.6** 充填制备站水池设计应符合下列规定：

- 1 当设独立供应充填用水专用水池时，水池容量不应小于日平均充填需水量的 2 倍或最大一次充填需水量；
- 2 充填制备站只需设管路冲洗专用水池时，水池容量不应小于冲洗管路 0.5h 的用水量；
- 3 冲洗管路水压不应小于 0.15MPa。

**12.3.7** 地面制备站计量、检测装置应符合下列规定：

- 1 立式砂仓、水泥仓和搅拌桶，应设置料位计或液位计，并应设报警信号；
- 2 物料的配比、砂浆流量、砂浆浓度，宜采用显示、计量和控制装置；
- 3 制备站内应设井下堵管报警信号和联系充填点的通信和声光信号系统。

## **12.4 充填料输送**

**12.4.1** 充填料的管道输送参数，宜经试验研究确定。无试验数据时，可按类似矿山资料选取。

**12.4.2** 分级界限为 3mm 骨料的胶结充填砂浆的重量浓度为 65%~75%时，充填倍线不宜大于 5；尾砂胶结充填砂浆的重量浓度为 65%~75%时，充填倍线不宜大于 8。

**12.4.3** 充填管道类型选择应符合下列规定：

- 1 主充填管垂直段宜采用耐磨性能好的锰钢管或耐磨复合管；
- 2 主充填管水平段宜采用无缝钢管或耐磨复合管；
- 3 充填工作面的充填管宜采用钢编复合管或钢塑复合管。

**12.4.4** 充填钻孔的设计应符合下列规定：

- 1 充填料制备站的出料口至充填钻孔上口的坡降，宜满足砂浆自流水力坡度的要求；
- 2 主充填管的垂直段，可采用充填钻孔，充填钻孔偏斜度应小于 1%；
- 3 充填钻孔内应设充填套管，管壁与孔壁之间的间隙宜为 50mm，宜压注高标号纯水泥浆填充；充填套管宜采用焊接或螺纹管连接，螺纹管长度宜为 150mm~300mm；
- 4 充填钻孔穿过的岩石破碎地段应设护壁套管。

**12.4.5** 充填管道的敷设应符合下列规定：

- 1 主充填管不应设在提升井内，服务年限长的大型矿山可设专用充填井；
- 2 主充填管垂直段上口与水平主充填管连接处宜设伸缩管；主充填管垂直段下口与水平主充填管连接处及反向敷设的水平主充填管最低处应设排砂阀；
- 3 充填管道连接件的强度不应低于所连接管材的强度。

**12.4.6** 深井开采的矿山，高差大、输送距离长的主充填管路宜在适当位置设置充填卸压站，充填卸压站内应有二次搅拌设备。

**12.4.7** 膏体充填料配料的最大粒径与输送管径之比不宜大于 1:5；-20 $\mu$ m 的超细粒级含量不宜小于 15%，稳定性要求较高时，-20 $\mu$ m 的超细粒级含量不宜小于 25%；可能在管道中停留时间较长的膏体，其分层度不宜大于 2.0cm；膏体的动力粘性系数不宜过大。

**12.4.8** 采用块石或碎石胶结充填，充填骨料运输量小可用矿车，运量大宜用带式输送机运输，充填骨料与胶结砂浆宜采用跌落式混合器混料。

## 13 竖井提升

### 13.1 提升设备选择与配置

#### 13.1.1 竖井提升方式选择，应符合下列规定：

- 1 矿石提升量小于 700t/d，井深小于 300m 时，宜采用一套罐笼提升；矿石提升量大于 1000t/d，井深超过 300m 时，宜选用箕斗提升矿石、罐笼提升人员、材料等；矿石提升量为 700t/d~1000t/d 时，应根据具体技术经济条件合理确定；
- 2 当矿石含泥水较多、矿石粘性较大不宜采用高溜井放矿时，宜采用罐笼提升；
- 3 废石提升量大于 500t/d，井深超过 300m 时，宜采用箕斗提升；
- 4 多阶段同时作业时，宜采用单容器带平衡锤提升。

#### 13.1.2 提升机类型选择，应符合下列规定：

- 1 提升高度小于 300m 时，宜采用单绳缠绕式提升机，单绳提升宜采用双钩提升方式；
- 2 提升高度大于 300m 时，宜采用多绳摩擦式提升机提升；
- 3 提升高度大于 1400m 时，可采用布瑞尔式提升机。

#### 13.1.3 垂直深度超过 50m 的竖井用作人员出入口时，应设置罐笼或电梯升降人员。

#### 13.1.4 竖井内提升容器之间、提升容器与井壁或罐道梁之间的最小间隙，应符合表 13.1.4 的规定。

**表 13.1.4 竖井内提升容器之间、提升容器与井壁或罐道梁之间的最小间隙 (mm)**

罐道和井梁布置		容器与容器之间	容器与井壁之间	容器与罐道梁之间	容器与井梁之间	备 注
罐道布置在容器一侧		200	150	40	150	罐道与导向槽之间为 20
罐道布置在容器两侧	木罐道	—	200	50	200	有卸载滑轮的容器，滑轮和罐道梁间隙增加 25
	钢罐道	—	150	40	150	
罐道布置在容器正门	木罐道	200	200	50	200	—
	钢罐道	200	150	40	150	
钢丝绳罐道		450	350	—	350	—

注：1 罐道钢丝绳的直径不应小于 28mm。

2 钢丝绳罐道设防撞绳时，容器之间最小间隙为 200mm。

3 防撞钢丝绳的直径不应小于 40mm。

4 罐道或防撞绳用的钢丝绳，安全系数不应小于 6。

#### 13.1.5 提升容器的导向槽或导向器与罐道之间的间隙，应符合下列规定：

- 1 木罐道，每侧不应超过 10mm；
- 2 钢丝绳罐道，导向器内径应大于罐道绳直径 2mm~5mm；
- 3 型钢罐道不采用滚轮罐耳时，滑动导向槽每侧间隙不应超过 5mm；
- 4 型钢罐道采用滚轮罐耳时，滑动导向槽每侧间隙应保持 10mm~15mm。

#### 13.1.6 当采用箕斗提升时，井口、井底矿仓容积，不宜小于 2h 提升量。



**13.1.7** 提升机房应设置起重设施。起重量应按电动机或提升机主轴装置等最大件重量设计。提升机安装在井塔上时，起重机的起吊高度，应能起吊井口地面与提升机层的设备。

### 13.2 主要提升参数的选取和计算

**13.2.1** 提升速度和提升加减速速度，应符合下列规定：

- 1 用罐笼升降人员时，最高速度不应超过下式计算所得值，且最大不应超过 12m/s：

$$V = 0.5\sqrt{H} \quad (13.2.1-1)$$

- 2 升降物料时，提升容器的最高速度，不应超过下式计算所得值：

$$V = 0.6\sqrt{H} \quad (13.2.1-2)$$

式中：V—最高速度 (m/s)；

H—提升高度 (m)。

- 3 用罐笼升降人员时，加速度和减速度不应超过 0.75m/s<sup>2</sup>；
- 4 用箕斗升降物料时，加速度和减速度不应超过 1.0m/s<sup>2</sup>。

**13.2.2** 提升时间和提升次数的选取，应符合下列规定：

- 1 提升时间应按表 13.2.2 选取；
- 2 提升井下最大班人员的时间，不应超过 45min；
- 3 计算罐笼升降人员次数时，最大班生产人员数，应按每班井下生产人员数的 1.5 倍计算；每班提升技术人员等其他人员数，应按井下生产人员数的 20%计算，且每班提升次数不得少于 5 次；
- 4 每班提升设备不应少于 2 次；
- 5 其他非固定任务的提升次数，每班不应少于 4 次；
- 6 每班提升材料的次数，应根据计算确定。

**表 13.2.2 提升时间 (h/d)**

箕斗提升		罐笼提升		箕斗、罐笼混合提升					
一种物料	两种物料	主提升	兼作主副提升	有保护隔离设施			无保护隔离设施		
				箕斗		罐笼	箕斗（含罐笼提人）		罐笼
				一种物料	两种物料		一种物料	两种物料	
19.5	18	18	16.5	19.5	18	16.5	18	16.5	16.5

**13.2.3** 矿石和废石的提升不均衡系数，箕斗提升宜取 1.15，罐笼提升宜取 1.2。

**13.2.4** 提升休止时间应符合下列规定：

- 1 箕斗装载休止时间应符合表 13.2.4-1 的规定；
- 2 罐笼进、出车休止时间应符合表 13.2.4-2 的规定；
- 3 罐笼升降人员休止时间应符合表 13.2.4-3 的规定。

**表 13.2.4-1 箕斗装载休止时间（s）**

箕斗容积（m³）	<3.1		3.1~5	5~8	大于 8
漏斗类型	计量	不计量	计量	计量	计量
休止时间（s）	8	18	10	15	应按有关设备部件环节联动时间计算确定

**表 13.2.4-2 罐笼进、出车休止时间（s）**

罐 笼		推车方式				
层数 （层）	每层装车数（辆）	人工推车		推车机		
		矿 车 容 积（m³）				
		≤0.75		≤0.75	1.2~1.6	2~2.5
		休止时间（s）				
		单面	双面	双面	双面	双面
单	1	30	15	15	18	20
双	1	65	35	35	40	45

注：每层装车数为 2 辆，采用推车机推车时，休止时间增加 5s~10s。

**表 13.2.4-3 罐笼升降人员休止时间（s）**

罐 笼	单面车场无人行绕道（s）	双面车场（s）
单 层	$(n+10) \times 1.5$	$n+10$
双 层	$(n+25) \times 1.5$	$n+25$
双层（同时进人）	$(n+15) \times 1.5$	$n+15$

注：n 为一次乘罐人数。

### 13.3 提升容器与平衡锤

**13.3.1** 翻转式箕斗宜用于单绳缠绕式提升系统。

**13.3.2** 竖井提升容器采用翻转式箕斗时，矿石最大块度不应超过 500mm；采用底卸式箕斗时，矿石最大块度不应超过 350mm。

**13.3.3** 箕斗净断面短边尺寸不应小于矿石最大块度的 3 倍。

**13.3.4** 竖井罐笼的规格应根据提升人员数量、矿车型号、下放设备最大部件尺寸确定，并应符合下列规定：

1 提升人员时，应按允许乘载人数计算，每人所占底板面积不得小于 0.2m²；

2 提升矿车时，矿车与罐体两侧的最小安全间隙，固定车箱不得小于 50mm，翻转车箱不得小于 75mm；矿车与罐体两端的最小安全间隙，不得小于 100mm。

**13.3.5** 竖井罐笼宜选用单层罐笼。当提升量较大、井筒较深时，可选用双层或多层罐笼。

**13.3.6** 竖井罐笼的设计、制造和使用，应符合现行国家标准《罐笼安全技术要求》GB16542 的有关规定。

**13.3.7** 罐笼及平衡锤连接装置的安全系数不应小于 13；箕斗及平衡锤连接装置的安全系数不应小于 10。

**13.3.8** 平衡锤质量应符合下列规定：

- 1 专门提升人员的罐笼，平衡锤质量应等于罐笼质量加规定乘罐人员总质量的 1/2；
- 2 提升人员为主的罐笼，平衡锤质量应等于罐笼质量加乘罐人员总质量；提升物料为主的罐笼，平衡锤质量应等于罐笼与矿车的质量再加矿车有效装载质量的 1/2；
- 3 提升物料的箕斗，平衡锤质量应等于箕斗质量加箕斗有效装载质量的 1/2。

### 13.4 提升钢丝绳及钢丝绳罐道

**13.4.1** 提升钢丝绳选择，应符合下列规定：

- 1 提升钢丝绳选择应符合现行国家标准《重要用途钢丝绳》GB8918 的有关规定，其抗拉强度不得小于 1570MPa；
- 2 多绳摩擦式提升采用扭转钢丝绳作首绳时，应按左右捻相间的顺序悬挂，悬挂前，钢丝绳应除油；
- 3 在井筒淋水大或腐蚀性严重的矿井，提升钢丝绳除油后应涂增摩脂；
- 4 多绳摩擦式提升和采用刚性罐道单绳提升的提升钢丝绳，应选用线接触钢丝绳、三角股钢丝绳、多层股钢丝绳；采用钢丝绳罐道的单绳提升，应采用阻旋转提升钢丝绳；
- 5 提升钢丝绳悬挂时的安全系数不应小于表 13.4.1 的规定。

**表 13.4.1 提升钢丝绳安全系数**

提升类型	使用场合		安全系数
单绳缠绕式提升	专用于升降人员的		9
	升降人员和物料时	升降人员时	9
		升降物料时	7.5
	专用于升降物料时		6.5
多绳摩擦式提升	专用于升降人员的		8
	升降人员和物料时	升降人员时	8
		升降物料时	7.5
	专用于升降物料时		7

**13.4.2** 平衡尾绳选择，应符合下列规定：

- 1 平衡尾绳选择应符合现行国家标准《重要用途钢丝绳》GB8918 的有关规定；
- 2 平衡尾绳宜采用不扭转镀锌圆股钢丝绳或扁钢丝绳，当采用圆股钢丝绳作尾绳时，提升容器和平衡锤底部应设尾绳旋转装置；
- 3 摩擦式提升的平衡尾绳应至少装设 2 根，并应减少与首绳的差重。

**13.4.3** 多绳摩擦提升的平衡尾绳下端与井底粉矿顶面之间的距离不应小于 5m。井筒内最低装矿点的下面，井底过卷距离以下应设隔离装置，并应设防止尾绳扭结的保护装置。

**13.4.4** 钢丝绳罐道的选择与计算，应符合下列规定：

- 1 钢丝绳罐道应选用密封钢丝绳，并应符合现行行业标准《密封钢丝绳》YB/T 5295 的有关规定；
- 2 罐道钢丝绳的直径不应小于 28mm，抗拉强度不应小于 1180MPa，安全系数不应小于

6; 罐道钢丝绳应有 20m~30m 备用长度, 每根罐道绳的最小刚性系数不应小于 500N/m, 各罐道绳张紧力应相差 5%~10%, 内侧张紧力应大, 外侧张紧力应小;

3 钢丝绳罐道应设重锤或液压拉紧装置; 拉紧重锤底部的净悬空高度不应小于 1.5m; 穿过粉矿仓底的罐道钢丝绳, 应用隔离套筒予以保护。

13.5 竖井提升装置

13.5.1 提升装置的卷筒、天轮、主导轮、导向轮的最小直径与钢丝绳直径之比, 与钢丝绳中最粗钢丝的最大直径之比, 不应小于表 13.5.1 的规定; 天轮的轮缘应高于绳槽内的钢丝绳, 高出部分应大于钢丝绳直径的 1.5 倍, 带衬垫的天轮, 衬垫应紧密固定。

表 13.5.1 卷筒、天轮、主导轮、导向轮最小直径与钢丝绳、钢丝最大直径比值

类型	使用场合	项目		钢丝绳直径的倍数	钢丝绳中最粗钢丝直径的倍数
摩擦轮式提升系统	塔 式	主导轮	有导向轮	100	1200
			无导向轮	80	1200
		导向轮		100	1200
	落地式	主导轮		100	1200
		天轮		100	1200
缠绕式提升系统	地表安装	卷筒		80	1200
		天轮		80	1200
	地下安装或凿井绞车	卷筒		60	900
		天轮		60	900
专用于悬吊设备或运输物料的绞车		卷筒		20	300
		导向轮		20	300

13.5.2 条件适宜的竖井, 应采用多绳摩擦式提升机, 并应符合下列规定:

- 1 多绳摩擦式提升机选择塔式或落地式, 应根据矿山所在地的气候、地震烈度、地基承载力、建设工期等因素经技术经济比较后确定;
- 2 井塔主机房高于井口标高超过 30m 时, 应装设电梯。

13.5.3 竖井单绳缠绕式提升机, 卷筒上钢丝绳缠绕应符合下列规定:

- 1 竖井中升降人员或升降人员和物料时, 宜缠绕单层; 专用于升降物料时, 可缠绕两层;
- 2 盲竖井中专用于升降物料时, 可缠绕三层;
- 3 缠绕两层或多层钢丝绳的卷筒, 卷筒边缘应高出最外层钢丝绳, 其高差不应小于钢丝绳直径的 2.5 倍; 卷筒上应装设带螺旋槽的衬垫, 卷筒两端应设有过渡绳块。

13.5.4 单绳缠绕式提升机, 天轮至卷筒上的钢丝绳偏角不应超过 1°30'; 钢丝绳从卷筒至天轮的弦长不宜超过 60m, 超过时宜设托绳装置。

13.5.5 多绳摩擦式提升机防滑安全校验, 应符合下列规定:

- 1 提升机安全制动和工作制动时所产生的力矩, 与实际提升最大静荷载产生的旋转力矩之比 K, 不应小于 3; 质量模数较小的绞车, 上提重载安全制动的减速度超过本条第 2 款所规定的限值时, 可将安全制动装置的 K 值适当降低, 但不应小于 2; 计算制动力矩时, 闸轮和闸瓦摩擦系数应根据实测确定, 宜采用 0.30~0.35; 常用闸和保险闸的力矩应分别计算;

2 摩擦式提升机保险闸所确定的安全制动力矩,应能满足不同负载在各种运行方式下产生紧急制动减速时,主导轮两侧张力比值小于钢丝绳滑动极限;安全制动时的减速度,满载下放时不应小于  $1.5\text{m/s}^2$ , 满载提升时不应大于  $5\text{m/s}^2$ 。摩擦式提升防滑安全校验应按式计算:

$$\frac{S_{\max}}{S_{\min}} \leq e^{\mu \alpha} \quad (13.5.5)$$

式中:  $S_{\max}$ —摩擦轮一侧的最大拉力 (N);

$S_{\min}$ —摩擦轮另一侧的最小拉力 (N);

$e$ —自然对数的底;

$\mu$ —衬垫摩擦系数;

$\alpha$ —钢丝绳在摩擦轮上的围包角 (rad)。

3 有条件时宜采用恒减速安全制动装置;

4 多绳摩擦式提升系统进行防滑校验时,其差重应计入重载侧,防滑设计应计入导向轮或天轮的惯性力,并应不计井筒阻力。静防滑安全系数应大于 1.75,动防滑安全系数应大于 1.25,重载侧与空载侧的静张力比应小于 1.5;

5 摩擦式提升机衬垫的耐压力应取  $2\text{MPa}$ 。钢丝绳与衬垫的摩擦系数应大于 0.2,有条件时宜采用摩擦系数为 0.25 的摩擦衬垫;

6 多绳摩擦式提升系统,两提升容器的中心距小于主导轮直径时,应装设导向轮。主导轮上钢丝绳的围包角不应大于  $200^\circ$ 。

**13.5.6** 提升机的驱动功率应按提升过程的等效力计算,并按最大力进行校核。双筒提升机,还应按单独提升平衡锤或空容器进行过载能力校核。提升机电机过载不应超过允许过载的 85%。

**13.5.7** 竖井提升系统的过卷高度和过卷保护装置,应符合下列规定:

1 当提升速度小于  $3\text{m/s}$  时,过卷高度不应小于  $4\text{m}$ ;当提升速度为  $3\text{m/s} \sim 6\text{m/s}$  时,过卷高度不应小于  $6\text{m}$ ;当提升速度为  $6\text{m/s} \sim 10\text{m/s}$  时,过卷高度不应小于最高提升速度下运行 1s 的提升高度;当提升速度大于  $10\text{m/s}$  时,过卷高度不应小于  $10\text{m}$ ;

2 提升井架或井塔内应设置楔形罐道,楔形罐道端部应设过卷挡梁;

3 多绳摩擦提升时,井底楔形罐道的安装位置,应保证下行容器提前上提容器接触楔形罐道,提前距离不应小于  $1\text{m}$ ;

4 单绳缠绕式提升时,井底过卷扬段内应设简易缓冲式防过卷装置,有条件时可设楔形罐道;

5 楔形罐道的楔形部分的斜度应为 1%,其长度应包括较宽部分直线段,不应小于过卷高度的  $2/3$ ;

6 井上楔形罐道的顶部和井底楔形罐道的底部应设封头挡梁。

**13.5.8** 布置在提升机房内的操作室应采取隔声措施。

## 13.6 井口与井底车场

**13.6.1** 井口与井底车场形式,应根据运输量、提升运输方式等因素确定。运输量大时宜采用环形车场或折返式车场,运输量小时宜采用折返式车场或尽头式车场,专提人员时可采用尽

头式车场。车场最低处应有排除积水的措施。

**13.6.2** 罐笼提升车场内存车线长度，应符合下列规定：

- 1 作主提升时进车侧不宜小于 2 列车长，出车侧不宜小于 1.5 列车长；
- 2 作副提升时进车侧不宜小于 1.5 列车长，出车侧不宜小于 1 列车长。

**13.6.3** 竖井与各阶段的连接处，应设置高度不小于 1.5m 的栅栏或金属网，罐笼进出口处应设安全门、阻车器，阻车器阻爪高度不应低于矿车车轮中心线。

**13.6.4** 罐笼提升系统的各阶段马头门，宜设置摇台，且摇台应与提升机闭锁。罐笼出车侧的摇台安装高度不应高于进车侧摇台的高度。

**13.6.5** 采用钢丝绳罐道的罐笼提升系统，中间各阶段应设置稳罐装置。

**13.6.6** 从井底车场轨面至井底固定托罐梁面的垂高不应小于过卷高度，在此范围内不应有积水。

### **13.7 箕斗装载与粉矿回收**

**13.7.1** 箕斗装载应采用计重或计容的计量装置。

**13.7.2** 箕斗提升时的粉矿撒落量，翻转式箕斗可按提升物料的 1%~2%计；底卸式箕斗可按提升物料的 0.3%~0.6%计，提升能力超过 10000t/d 时，可按 0.1%计算。竖井井底应设置清理井底粉矿及泥浆的专用斜井、联络道或其他形式的清理设施。

## 14 斜井（坡）提升

### 14.1 提升设备选择与配置

#### 14.1.1 斜井提升方式的选取，应符合下列规定：

- 1 倾角小于  $30^\circ$  的斜井，可采用串车提升；倾角大于  $30^\circ$  的斜井，应采用箕斗或台车提升；
- 2 矿石提升量小于  $500\text{t/d}$ 、斜长小于  $500\text{m}$  时，宜采用串车提升；矿石提升量大于  $800\text{t/d}$ 、斜长超过  $500\text{m}$  时，宜采用箕斗提升；矿石提升量为  $500\text{t/d}\sim 800\text{t/d}$  时，应根据具体技术经济条件确定合理的提升方式；
- 3 台车宜用于材料、设备等辅助提升。

#### 14.1.2 斜井（坡）提升机应采用单绳缠绕式提升机。

#### 14.1.3 斜井井筒配置应符合下列规定：

- 1 供人员上、下的斜井，垂直深度超过  $50\text{m}$  时，应设专用人车运送人员；斜井用矿车组提升时，不应人货混合串车提升；
- 2 副斜井或串车提升的主斜井中不宜设两套提升设备；
- 3 倾角大于  $10^\circ$  的斜井，应设置轨道防滑装置，轨枕下面的道碴厚度不应小于  $50\text{mm}$ ；
- 4 箕斗提升斜井，当提升量和斜井长度大时，宜采用带平衡锤的双钩提升或双箕斗提升；
- 5 斜井卷扬道上应设托辊，托辊间距宜取  $8\text{m}\sim 10\text{m}$ ，托辊直径不应小于钢丝绳直径的 8 倍；甩车道和错车道处，应设置立辊；
- 6 串车提升斜井，应设置常闭式防跑车装置；斜井上部和中间车场，应设置阻车器或挡车栏。

**14.1.4** 箕斗装卸载矿仓的有效容积应为  $1\text{h}\sim 2\text{h}$  箕斗提升量，装载矿仓有效容积不应小于 2 列车的装载量，并应满足井下、地面生产和运输系统的要求；露天斜坡箕斗装载矿仓也可采用等容矿仓或通过式漏斗装载。

**14.1.5** 提升机房应设置起重设施；起重量应按电动机或提升机主轴装置等最大部件重量设计。

### 14.2 主要提升参数的选取与计算

#### 14.2.1 斜井或斜坡提升速度和提升加减速度的选取，应符合下列规定：

- 1 运输人员或用矿车运输物料，斜井长度不大于  $300\text{m}$  时，提升速度不应大于  $3.5\text{m/s}$ ；斜井长度大于  $300\text{m}$  时，提升速度不应大于  $5\text{m/s}$ ；
- 2 箕斗提升物料，斜井长度不大于  $300\text{m}$  时，提升速度不应大于  $5\text{m/s}$ ；斜井长度大于  $300\text{m}$  时，提升速度不应大于  $7\text{m/s}$ ；
- 3 斜井或斜坡运输人员、串车或台车提升的加减速度的选取不应大于  $0.5\text{m/s}^2$ ，箕斗提升的加减速度的选取不应大于  $0.75\text{m/s}^2$ ；
- 4 车辆在甩车道上运行的速度不应大于  $1.5\text{m/s}$ ；
- 5 在坡度较小的斜井或斜坡提升中，提升加减速度的选取应满足自然加减速度的要求。对线路坡度变化大的斜井或斜坡提升，当坡度小于  $10^\circ$  时，应验算提升过程中钢丝绳是否会松驰。

**14.2.2** 斜井或斜坡提升时间应按表 14.2.2 选取；提升次数可按本规范第 13.2.2 条选取，最大班升降人员时间不应超过 60min。

**表 14.2.2 提升时间 (h/d)**

主提升		混合提升
串车提升	箕斗提升	
18	19.5	16.5

**14.2.3** 提升休止时间应符合下列规定：

1 双箕斗提升，采用计量矿仓向箕斗装矿时，箕斗装载休止时间应符合表 14.2.3-1 规定；采用通过式漏斗时，装矿休止时间应根据不同车辆的卸矿时间确定；

**表 14.2.3-1 箕斗装载休止时间 (s)**

箕斗容积 (m <sup>3</sup> )	<3.5	4~5	6~8	10~15	>18
休止时间 (s)	8~10	12	15	20	>25

2 单箕斗提升，箕斗的装矿和卸矿休止时间应分别计算。装矿时间可按双箕斗的休止时间选取，卸矿时间宜取 10s；

3 矿车组提升，矿车的摘挂钩时间宜取 30s~45s；材料车的摘挂钩时间宜取 60s~90s。采用甩车道方式时，矿车组通过道岔后，变化运行方向所需的时间可取 5s；

4 台车提升，在台车提升中置换矿车的休止时间应符合表 14.2.3-2 规定；选用双层台车时，休止时间宜按表 14.2.3-2 中休止时间乘 2，再另加一次对位时间 5s；置换材料车的休止时间，单面车场宜取 80s，双面车场宜取 40s；

**表 14.2.3-2 台车提升休止时间 (s)**

矿车容积 (m <sup>3</sup> )	休 止 时 间 (s)	
	人 力 推 车	
	单 面 车 场	双 面 车 场
≤0.75	40	25~30
1.2	—	30

5 乘车人员从人车两侧上下车时，人员上下车时间宜取 25s~30s，从一侧上下车时宜取 50s~60s；

6 运送爆破器材的休止时间宜取 120s。

**14.2.4** 采用串车提升，倾角小于 25°时，矿车装满系数应取 0.85；倾角为 25°~30°时，矿车装满系数应取 0.8；确定串车组成的矿车数时，除应校核车场和提升设备的能力外，还应校核矿车连接装置的强度。

**14.2.5** 矿井开拓只设一套提升装置时，提升不均衡系数宜取 1.25，设二套或二套以上提升装置时，箕斗提升宜取 1.15，串车提升宜取 1.2。



### 14.3 提升容器与提升钢丝绳

**14.3.1** 串车提升用的矿车容积宜为  $0.5\text{m}^3 \sim 1.2\text{m}^3$ ，最大不宜超过  $2\text{m}^3$ ；每次提升矿车数宜与电机车牵引矿车数成倍数关系，每次提升矿车数不宜超过 5 辆。

**14.3.2** 箕斗提升容器的大小应按其提升量和矿石块度确定。箕斗卸载净断面短边尺寸不应小于矿石最大块度的 3 倍。

**14.3.3** 入车连接装置的安全系数不应小于 13，升降物料的连接装置和其他有关部分的安全系数不应小于 10，矿车的连接钩、环和连接杆的安全系数不应小于 6。

**14.3.4** 当采用箕斗、平衡锤双钩提升时，平衡锤质量应按本规范第 13.3.8 条的规定选取。

**14.3.5** 提升钢丝绳选择，应符合下列规定：

1 提升钢丝绳选择应符合现行国家标准《重要用途钢丝绳》GB8918 的有关规定，其抗拉强度不得小于  $1570\text{MPa}$ ；

2 斜井或斜坡提升钢丝绳宜选用线接触钢丝绳、圆股钢丝绳或三角股钢丝绳。斜井采用箕斗提升或台车提升时，宜选用同向捻钢丝绳；采用串车提升时，宜选用外层钢丝较粗的交互捻钢丝绳；

3 提升钢丝绳应按最大静张力计算安全系数，且安全系数应符合本规范表 13.4.1 的规定。

### 14.4 斜井提升装置

**14.4.1** 提升装置的卷筒、天轮、游轮、导向轮、托辊的最小直径与钢丝绳直径之比，与钢丝绳最粗钢丝直径之比，不应小于表 14.4.1 的规定。

**表 14.4.1 卷筒、天轮、游轮、导向轮、托辊最小直径与钢丝绳、最粗钢丝直径比值**

类型	使用场合	项目			钢丝绳直径的倍数	钢丝绳中最粗钢丝直径的倍数
缠绕式 提升系统	地表安装	卷筒			80	1200
		天轮			80	1200
	地下安装	卷筒			60	900
		天轮			60	900
	地上 地下安装	游轮、 导向轮	包角	35°~60°	60	—
				15°~35°	40	—
				10°~15°	20	—
		托辊			8	—

**14.4.2** 斜井提升装置的卷筒缠绕钢丝绳的层数，斜井中升降人员或升降人员和物料时，可缠绕两层，升降物料时，可缠绕三层。缠绕两层或多层钢丝绳的卷筒，卷筒边缘应高出最外层钢丝绳，其高差不应小于钢丝绳直径的 2.5 倍，卷筒上应装设带螺旋槽的衬垫，卷筒两端应设置过渡绳块。

**14.4.3** 提升机房距斜井口的距离，应根据不同提升方式分别满足爬行、卸载、换车和摘挂钩的需要。

**14.4.4** 斜井提升设备安全制动，应符合下列规定：

1 过卷扬距离不应小于安全制动时制动闸空行程和施闸时间内提升容器所运行距离之和的 1.5 倍，过卷距离可按下式计算：

$$L_g = C_g \left( \frac{0.5 \sum MR_j}{[M_z] + M_j} v^2 + vt_k \right) \quad (14.4.4-1)$$

式中：L<sub>g</sub>—过卷距离 (m)；

v—最大提升速度 (m/s)；

t<sub>k</sub>—安全制动系统执行动作所需的空动时间，宜取 0.5s；

C<sub>g</sub>—备用系数，宜取 1.5；

ΣM—提升系统变位质量 (kg)；

R<sub>j</sub>—提升机卷筒半径 (m)；

[M<sub>z</sub>] —制动力矩整定值 (Nm)；

M<sub>j</sub>—紧急制动时提升系统的静阻力矩 (Nm)。

2 提升机制动减速度，斜井倾角大于 30°，满载下放时不应小于 1.5m/s<sup>2</sup>，满载提升时不应大于 5m/s<sup>2</sup>；斜井倾角不大于 30°，满载下放时不应小于 0.75m/s<sup>2</sup>，满载提升时不应大于按下式计算的自然减速度：

$$A_0 = g(\sin \theta + f \cos \theta) \quad (14.4.4-2)$$

式中：g—重力加速度 (m/s<sup>2</sup>)；

θ—井巷倾角 (°)；

f—绳端荷载的运动阻力系数，宜取 0.010~0.015。

## 14.5 斜井与车场连接

**14.5.1** 单钩串车提升的地面车场，应根据地形和地面运输系统综合确定，条件适合时，宜用甩车道。底部车场宜采用平车场，条件受限制时，可用甩车道。

**14.5.2** 主提升及升降人员的主副提升的斜井或斜坡线路上，使用的道岔不宜小于 5 号。不升降人员的副提升的斜井或斜坡线路，可选用 4 号道岔。

**14.5.3** 一次提升的矿车数量较多或矿车容积较大时，应采用电机车或推车机推车和调车。矿车摘钩后，宜采用自溜方式溜至停车线。

**14.5.4** 下部车场的摘钩处应设双侧人行道。

**14.5.5** 斜井或斜坡与车场连接的竖曲线半径，应大于通过车辆轴距的 15 倍，并应满足长材料和电机车的通过要求。

**14.5.6** 串车提升的中间阶段宜用甩车道与斜井或斜坡相连，提升量不大，且倾角大于 20°时，可采用吊桥连接方式。井筒不再延伸的生产阶段宜采用平车场形式。

#### **14.6 斜井或斜坡箕斗装载与粉矿回收**

**14.6.1** 箕斗装载宜采用计重或计容的计量装置；未设计量装置时，宜采用振动放矿机装载。

**14.6.2** 斜井井底应设置排水排泥设施，装矿点应设置粉矿回收设施。

## 15 坑内运输

### 15.1 机车运输

**15.1.1** 坑内机车运输宜采用架线式电机车。生产规模小、运距短的小型矿山，可采用蓄电池机车；有爆炸性气体的回风巷道，不应使用架线式电机车；高硫、有自燃发火危险和存在瓦斯危害的矿井，应使用防爆型蓄电池电机车。

**15.1.2** 采用电机车运输的矿井，由井底车场或平硐口到作业地点所经平巷长度超过 1500m 时，应设专用人车运送人员。专用人车及运行应符合下列规定：

- 1 人车的备用数量应按工作人车数的 10% 计算，但不得少于 1 辆；
- 2 专用人车应有金属顶棚，从顶棚到车厢和车架应作好电气连接；
- 3 人车行驶速度不应超过 3m/s；
- 4 人员上下车的地点，应设置照明和发车声光信号；有两个以上的开往地点时，应设列车去向灯光指示牌；架线式电机车的滑触线应设分段开关；
- 5 调车场应设区间闭锁装置。

**15.1.3** 矿山阶段运输量与电机车粘着质量、矿车容积、轨距、轨型的关系，应符合表 15.1.3 的规定。

**表 15.1.3 阶段运输量与电机车粘着质量、矿车容积、轨距、轨型的关系**

阶段运输量 (kt/a)	电机车粘着质量 (t)	矿车容积 (m <sup>3</sup> )	轨 距 (mm)	轨 型 (kg/m)
<80	1.5~3	0.5、0.7	600	9、12
80~150	1.5~7	0.7、1.2	600	12、15
150~300	3~7	0.7、2	600	15、22
300~600	6~10	1.2、2	600	22、30
600~1000	10、14	2、4	600、762	22、30
1000~2000	10、14 双机	4、6	762、900	30、38
>2000	14、20 双机	6、10	762、900	38、43

**15.1.4** 运输不均匀系数宜取 1.2~1.25。出矿量变化较大的运输阶段宜取 1.3。

**15.1.5** 班工作时间可按表 15.1.5 选取。

**表 15.1.5 班工作时间 (h)**

项 目	主平硐	转运阶段	生产阶段
只 运 货 物	6.5	6.5	6.0
运 货 物 人 员	6.5	6.0	5.5

**15.1.6** 电机车的计算和校核，应符合下列规定：

- 1 电机车牵引能力应按机车启动条件计算，并按发热和制动条件进行校核；
- 2 采用空气制动的电机车在高原地区使用时，制动力应修正；

3 电机车运输列车的制动距离，运送人员时不得超过 20m，运输物料时不得超过 40m；14t 以上机车或双机牵引时，不得超过 80m；

4 电机车的备用台数，宜按工作机车台数的 20%~25%选取，但不应少于 1 台，双机牵引时不应少于 2 台。

**15.1.7** 地面窄轨铁路宜采用直流 250V、550V 或 750V；井下窄轨铁路宜采用直流 250V 或 550V；当运输距离长、运量大，在安全措施可靠时，无爆炸危险环境大型矿山可采用直流 750V。

**15.1.8** 架线式电机车运输，从轨面算起的滑触线悬挂高度应符合下列规定：

1 主要运输巷道，线路电压低于 500V 时不应低于 1.8m，线路电压高于 500V 时不应低于 2.0m；

2 井下调车场、架线式电机车道与人行道交叉点，线路电压低于 500V 时不应低于 2.0m，线路电压高于 500V 时不应低于 2.2m；

3 井底车场和至运送人员车站，不应低于 2.2m。

**15.1.9** 架线式电机车滑触线的架设，应符合下列规定：

1 滑触线悬挂点的间距，在直线段内不应超过 5m；在曲线段内不应超过 3m；

2 滑触线线夹两侧的横拉线，应用瓷瓶绝缘；线夹与瓷瓶的距离不应超过 0.2m；线夹与巷道顶板或支架横梁间的距离，不应小于 0.2m；

3 滑触线与管线外缘的距离不应小于 0.2m；

4 滑触线与金属管线交叉处，应采用绝缘物隔开。

**15.1.10** 采用蓄电池式电机车时，应设置专用的蓄电池充电室，每台机车所配备的蓄电池组不应少于两套。蓄电池充电室内应采用矿用防爆型电气设备。

**15.1.11** 矿车型式的选择，应符合下列规定：

1 全矿宜选用 1 种~2 种车型；

2 废石运输宜选用翻斗式矿车。阶段的矿石最大运输量小于 300t/d 的矿山，可与废石运输采用同一车型；条件适合时，宜采用侧卸式或固定式矿车。当矿车容积超过 4m<sup>3</sup> 时，宜采用固定式矿车或底侧卸式矿车；

3 矿石中含粉矿、泥、水量大的矿山和贵金属矿山，宜采用固定式矿车；粘结性大的矿石，当采用固定式矿车时，应采取矿车清底措施。

**15.1.12** 矿车的备用辆数，宜为使用矿车数量的 20%~30%，双机牵引采用底侧卸式矿车时，不宜少于 1 列车；材料车、平板车的数量可分别取矿车总数的 10%和 3%，平板车数量不应超过 10 辆。材料车计算的数量太少时，可根据实际需要确定。

**15.1.13** 侧卸式、底侧卸式和底卸式矿车卸矿有方向性要求时，应与运输线路相适应。

**15.1.14** 运输量较大的阶段宜采用振动放矿机装矿，运输量较小的阶段可采用移动装载设备或重力放矿设备装矿。含泥、水量大的矿石，溜井放矿时，宜采用带有振动底板装置的组合式闸门。

**15.1.15** 有轨运输的矿山，坑内应设置电机车与矿车修理硐室。

**15.1.16** 运输线路的通过能力，应按运行图表计算，并应有 30%的储备能力；当同一线路上同时工作的列车数量多于 3 列时，宜采用双线或环行运输，并应设置可靠的信号集中闭锁装置，采用信集闭系统的运输线路应采用电动道岔。

**15.1.17** 井下运输线路宜按重车下坡 3‰~5‰的坡度设计，并宜与水沟的排水方向一致。

**15.1.18** 运输线路的曲线半径，当列车运行速度大于 3.5m/s 时，不应小于车辆轴距的 15 倍；运行速度大于 1.5m/s 时，不应小于车辆轴距的 10 倍；运行速度小于 1.5m/s、弯道转角小于 90°时，不应小于车辆轴距的 7 倍；弯道转角大于 90°时，不应小于车辆轴距的 10 倍；带转向架的梭车、底卸式矿车等大型车辆，不应小于车辆技术文件的要求。

**15.1.19** 曲线段轨道加宽和外轨超高，应符合运输技术条件的要求。直线段轨道的轨距误差不应超过+5mm 和-2mm，平面误差不应大于 5mm，钢轨接头间隙不宜大于 5mm。

## **15.2 无轨运输**

**15.2.1** 无轨运输设备的选型，应根据矿体赋存条件、运输任务和运输线路布置，以及装卸条件、运输设备的技术性能、运输成本等因素综合比较确定。

**15.2.2** 井下无轨运输采用的内燃设备，应使用低污染的柴油发动机，每台设备应有废气净化装置，净化后的废气中有害物质的浓度应符合国家现行有关工业企业设计卫生标准和工作场所所有害因素职业接触限值的规定；同时每台设备应配备灭火装置。

**15.2.3** 符合下列条件之一时，宜选用柴油铲运机：

- 1 运距小于 300m；
- 2 用于采场出矿，优于其他装运方式；
- 3 用于点多分散或标高不一的平底装矿；
- 4 在平巷或斜坡道掘进中配合其他设备，能加快掘进速度。

**15.2.4** 电动铲运机宜用于转弯少的采场出矿；小型铲运机用于运距宜小于 100m，大型铲运机用于运距宜小于 250m。

**15.2.5** 选用矿用自卸汽车运输时，应符合下列规定：

- 1 采用铰接式卡车时，运距不宜大于 4000m；
- 2 可用作边远或深部临时出矿；
- 3 与其他运输方式相比应能简化运输环节；
- 4 条件许可时，应选用同型号汽车。

**15.2.6** 采用无轨运输的矿山，坑内宜设完善的设备保养和维修设施；地面宜设相应的故障修理和部件修复的机修设施。

**15.2.7** 铲运机作业参数宜按下列规定选取：

- 1 装载、卸载、掉头时间宜取 2min~3min，定点装载宜取小值，不定点装载宜取大值；

- 2 运行速度，未铺设路面宜取 6km/h，碎石路面宜取 8km/h，混凝土路面宜取 12km/h；
- 3 铲斗装满系数宜取 0.8；
- 4 每班纯运行时间宜按 3h~5h 选取，供矿和卸矿条件好的宜取大值；
- 5 年工作班数宜为 500 班~600 班。

**15.2.8 矿用自卸汽车作业参数宜按下列规定选取：**

- 1 装载、卸载、调车及等歇时间宜取 3min~8min，振动放矿机装矿、调车条件好时宜取小值，铲运机或装载机装矿、调车较差时宜取大值；
- 2 路面坡度为 10% 时，重车上坡运行速度宜取 8km/h~10km/h，空车下坡运行速度宜取 10km/h~12km/h；水平路面运行速度宜取 16km/h~20km/h；
- 3 装满系数宜取 0.9；
- 4 三班作业，每班纯运行时间宜按 4.5h~6h 选取；
- 5 工作时间利用系数，一班工作时宜取 0.9，二班工作时宜取 0.85，三班工作时宜取 0.8；
- 6 运输不均衡系数宜取 1.05~1.15；
- 7 备用系数宜取 0.70~0.80。

### **15.3 带式输送机运输**

**15.3.1** 带式输送机不应用于运送过长的材料和设备。采用带式输送机运输矿石、废石和其它物料时，应符合现行国家标准《金属非金属矿山安全规程》GB16423、《带式输送机安全规范》GB14784、《带式输送机工程设计规范》GB50431 的有关规定。

**15.3.2** 带式输送机运输物料的最大坡度应根据输送物料的性质、作业环境条件、胶带类型、带速及控制方式等因素综合确定，且应符合下列规定：

- 1 向上运输物料时不应大于 15°；
- 2 向下运输物料时不应大于 12°；
- 3 输送的物料流动性较大时，应减少带式输送机倾角；
- 4 向上运输物料、要求坡度更大时，应采用大倾角带式输送机。

**15.3.3** 带式输送机带宽应根据单位时间输送量、物料特性、线路条件、带速综合确定，并应符合下列规定：

- 1 带式输送机运输物料的最大块度，不应大于 350mm；
- 2 带式输送机的宽度，不应小于物料最大块度的 2 倍加 200mm，并应大于堆料宽度 200mm。

**15.3.4** 带式输送机的带速应根据工作条件、物料特性、运输量和运距等确定，带速的选择应符合下列规定：

- 1 长距离、大运量带式输送机应选用较高的带速；
- 2 水平或向上运输的带式输送机可选用较高的带速，向下运输宜选用较低的带速；
- 3 磨损性大、粒径大、易粉碎和易起尘的物料，宜选用较低的带速；
- 4 采用卸料车卸载时，带速不宜超过 2.5m/s，采用梨式卸料器卸料时，带速不宜超过 2m/s；
- 5 输送成件物品时，带速不应超过 1.25m/s；
- 6 用于手选抛废的带式输送机带速宜为 0.3m/s。

**15.3.5** 带式输送机的功率计算，应符合现行国家标准《连续搬运设备 带承载托辊的带式输送机 运行功率和张力的计算》GB/T17119 的有关规定。

**15.3.6** 输送带应根据输送机长度、输送能力、输送带张力、物料性质、受料条件、工作环境等因素进行确定，并应符合下列规定：

- 1 大运量、高带速、长距离输送机宜采用钢丝绳芯输送带；
- 2 工作环境温度低于-25℃时，应选用耐寒输送带；
- 3 输送带覆盖层，应根据输送物料松散密度、粒径、磨损性、受料高度等因素确定。输送硬质岩时，宜采用“H”级，输送软质岩时，宜采用“L”级；
- 4 橡胶输送带接头，宜采用硫化法胶接，并应符合现行国家标准《连续输送设备安装工程施工及验收规范》GB 50270 的有关规定。

**15.3.7** 带式输送机启动和制动时，加、减速度宜按下列规定选取：

- 1 水平输送时，宜取  $0.1\text{m/s}^2 \sim 0.3\text{m/s}^2$ ，运距长时宜取小值，运距短时宜取大值；
- 2 向上输送时，宜取  $0.1\text{m/s}^2 \sim 0.3\text{m/s}^2$ ，倾角大时宜取小值，倾角小时宜取大值；
- 3 向下输送时，加速度宜取  $0.1\text{m/s}^2 \sim 0.2\text{m/s}^2$ ，减速度宜取  $0.1\text{m/s}^2 \sim 0.3\text{m/s}^2$ 。

**15.3.8** 带式输送机宜采用单滚筒驱动，功率大需要采用双滚筒驱动时，应按等驱动功率单元法分配功率，分配比宜取 2:1。

**15.3.9** 钢绳芯带式输送机的驱动滚筒直径不应小于钢丝绳直径的 150 倍，不应小于钢丝直径的 1000 倍，且最小直径不得小于 400mm。滚筒与胶带表面的比压力不应超过 1MPa。

**15.3.10** 带式输送机的胶带安全系数，应根据胶带类型、工作条件、接头特性，以及带式输送机启、制动性能等因素确定，其安全系数应按下列规定选取：

- 1 按静荷载计算，静荷载安全系数不应小于 8；当钢绳芯带式输送机采取可控软启、制动等措施时，静荷载安全系数不应小于 5；
- 2 按启动和制动时的动荷载计算，动荷载安全系数不应小于 3。

**15.3.11** 带式输送机拉紧装置的布置和拉紧方式，应符合下列规定：

- 1 带式输送机拉紧装置的布置应根据拉紧力、拉紧行程、拉紧装置对输送带张力的响应速度综合确定，宜布置在输送带张力最小或靠近传动滚筒的松边；
- 2 带式输送机拉紧装置宜采用电动绞车和液压自动拉紧装置，短距离带式输送机，可采用重力拉紧方式或螺旋拉紧方式。

**15.3.12** 带式输送机布置应符合下列规定：

- 1 带式输送机的地面线路，应根据地形条件、工艺布置，减少中间转载环节、合理分段；井下线路宜采用直线布置；
- 2 带式输送机最高点与顶板的距离，不应小于 0.6m；带式输送机与其他设备突出部分、支护之间的间隙，不应小于 0.4m；带式输送机运输巷道应设人行道，其有效净高不应小于 1.9m，有效宽度不应小于 1.0m，人行道坡度大于 10°时，应设踏步；
- 3 在倾斜道中采用带式输送机运输，输送机的一侧应平行敷设一条检修道，需利用检修道作辅助提升时，辅助提升速度不应超过 1.5m/s；
- 4 装、卸料点应设与带式输送机联锁的空仓、满仓等保护装置和声、光信号；
- 5 带式输送机应设防胶带撕裂、断带、跑偏等保护装置，并有可靠的制动、胶带清扫，



以及防止超速、过载、打滑、大块冲击等保护装置；线路上应设信号、电气联锁和停车装置；上行的带式输送机，应设防逆转装置；

6 带式输送机装、卸载站应设置安装、维修设备和除尘设施。

## 16 压气设施

### 16.1 站址选择

**16.1.1** 地面压缩空气站宜采用集中布置，站址选择应符合下列规定：

- 1 宜靠近用气负荷中心，供电、供水条件应良好，运输应方便，并应有扩建的可能性；
- 2 应避免靠近散发爆炸性、腐蚀性和有毒气体，以及粉尘等有害物的场所，并应位于场所全年风向最小频率的下风侧；
- 3 压缩空气站与有噪声、振动防护要求场所的间距，应符合国家现行有关工业企业设计卫生标准的规定，并应符合现行国家标准《工业企业总平面设计规范》GB 50187 等的有关规定。

**16.1.2** 井下压缩空气站的布置应符合下列规定：

- 1 井下压缩空气站应布置在主要运输巷道附近新鲜风流通过处；
- 2 井下压缩空气站的固定式空气压缩机和储气罐，应分设在 2 个硐室内。

**16.1.3** 压缩空气站的噪声控制应符合下列规定：

- 1 空气压缩机应有吸气消音装置；
- 2 压缩空气站内的噪声值不宜超过 85dB（A）；站内应设隔音值班室。

### 16.2 设备选择与计算

**16.2.1** 矿山压缩空气站设备选择，应符合下列规定：

- 1 用气点较集中、压气输送距离较短的矿山，应选用固定式空气压缩机；
- 2 露天矿山和用气点分散、压气输送距离远和采掘设备主要使用液压设备的地下矿山，宜选用移动式空气压缩机；
- 3 井下不得使用柴油空气压缩机。

**16.2.2** 全矿最大供气量计算应符合下列规定：

- 1 应根据矿山达到设计生产能力同时工作的风动工具用气量计算；并应满足采掘作业地点在灾变期间压风自救供气要求；
- 2 管网漏气系数宜取 1.10~1.20；
- 3 气动工具磨损系数宜取 1.10~1.15；
- 4 海拔高度修正系数，当海拔高度 0m 时宜取 1.0，每增高 100m 系数宜增加 1.3%。

**16.2.3** 空气压缩机的型号和台数应根据全矿最大供气量、用气负荷分布确定；并应符合下列规定：

- 1 空气压缩机的型号不宜超过两种；
- 2 地面压缩空气站内，活塞空气压缩机或螺杆空气压缩机的台数宜为 3 台~6 台，离心空气压缩机的台数宜为 2 台~5 台；
- 3 井下固定式压缩空气站内，每台空气压缩机的能力不宜大于 20m<sup>3</sup>/min；
- 4 压缩空气站内备用量应大于计算供气量的 20%，移动式空压机备用量应大于计算供气量的 30%，且不应少于 1 台；当分散设置的压缩空气站之间有管道连接时，可统一设置备用空气压缩机。

**16.2.4** 压缩空气站宜设检修用起重设施，其起重能力应按空气压缩机组的最重部件确定。

### **16.3 站房布置**

**16.3.1** 压缩空气站设备布置应符合下列规定：

- 1 站房内空压机宜单排布置，通道宽度应满足生产操作和维护检修的需要；
- 2 离心空气压缩机的吸气过滤装置宜独立布置，压缩机与吸气过滤装置之间，应设可调节进气量的装置。严寒地区，油浸式吸气过滤器布置在室外或单独房间内时，应采取防冻防寒措施；
- 3 离心空气压缩机应设置高位油箱和其他能够保证可靠供油的设施；
- 4 空气压缩机组的联轴器和皮带传动部分，应装设安全防护设施；
- 5 空压机吸气管长度，不宜超过 10m。

**16.3.2** 压缩空气站厂房的布置，宜符合下列规定：

- 1 压缩空气站的朝向，宜使空气压缩机之间有良好的自然通风，并宜避免西晒；
- 2 装有活塞空气压缩机、离心空气压缩机、单机额定排气量不小于 20m<sup>3</sup>/min 螺杆空气压缩机的压缩空气站，宜为独立建筑物；压缩空气站与其他建筑物毗连或设在其内时，宜用墙隔开，空气压缩机宜靠外墙布置。设在多层建筑内的空气压缩机，宜布置在底层；
- 3 空气压缩机的基础应根据环境要求采取隔振或减振措施，并应与建筑物分开；
- 4 压缩空气站内，当需设置专门检修场地时，其检修面积不宜大于一台最大空气压缩机组占地和运行所需的面积；
- 5 机器间通向室外的门，应保证安全疏散、便于设备出入和操作管理；
- 6 夏热冬冷和夏热冬暖地区，机器间跨度大于 9m 时，宜设天窗；
- 7 隔声值班室或控制室应设观察窗，其窗台标高不宜高于 0.8m。

### **16.4 储气罐**

**16.4.1** 压缩空气储气罐应布置在室外，并宜位于机器间的背面。立式储气罐与机器间外墙的净距不应小于 1m，并不宜影响采光和通风。

**16.4.2** 活塞空气压缩机、离心空气压缩机的排气口与储气罐之间，应设置后冷却器，各空气压缩机应设置独立的后冷却器和储气罐。

**16.4.3** 活塞空气压缩机与储气罐之间，应装设止回阀。在压缩机与止回阀之间，应设置放空管，放空管应设置消声器。活塞空气压缩机与储气罐之间，不应装设切断阀。当需装设时，在压缩机与切断阀之间，应装设安全阀。

离心空气压缩机的排气管上，应装设止回阀和切断阀。压缩机与止回阀之间，应设置放空管。放空管上应装设防喘振调节阀和消声器。

**16.4.4** 储气罐上应装设安全阀。储气罐与供气总管之间，应装设切断阀。

### **16.5 空压机冷却用水**

**16.5.1** 空气压缩机所需的冷却水量，应按产品样本中规定的指标计算。地面压缩空气站的冷却水应循环使用，循环水系统宜采用单泵冷却系统；所需新水补给量宜取冷却水量的 5%~10%。

**16.5.2** 空气压缩机入口处冷却水压力，应符合下列规定：

- 1 活塞空气压缩机不得大于 0.40MPa，并不宜小于 0.10MPa；
- 2 螺杆空气压缩机不得大于 0.40MPa，并不宜小于 0.15MPa；
- 3 离心空气压缩机不得大于 0.50MPa，并不宜小于 0.15MPa。

**16.5.3** 空气压缩机冷却水水质应符合下列要求：

1 空气压缩机及其冷却器的冷却水的水质标准，应符合现行国家标准《工业循环冷却水处理设计规范》GB 50050 的有关规定；

2 空气压缩机及其冷却器的冷却水，当采用直流系统供水时，应根据冷却水的碳酸盐硬度控制排水温度，当排水温度超过表 16.5.3 规定值时，应对冷却水进行软化处理。

**表 16.5.3 碳酸盐硬度与排水温度关系**

碳酸盐硬度(以 CaO 计, mg/L)	≤140	168	196	280
排水温度(°C)	45	40	35	30

**16.5.4** 冷却水进水温度不宜超过 35℃，出水温度不宜超过 45℃，进、出水温度差宜为 5℃～10℃，最多不宜超过 15℃。

**16.5.5** 空气压缩机循环冷却水管程流速不宜小于 0.9m/s。

## **16.6 压缩空气管网**

**16.6.1** 矿山地面压缩空气管道布置，应根据气象、水文、地质、地形等条件和施工、运行、维修方便等综合因素确定，并应符合下列规定：

- 1 夏热冬冷地区、夏热冬暖地区和温和地区的压缩空气管道，宜采用架空敷设；
- 2 寒冷地区和严寒地区的压缩空气管道架空敷设时，应采取防冻措施；
- 3 严寒地区的矿山压缩空气管道，宜与热力管道共沟或埋地敷设；
- 4 矿山敷设的压缩空气管道与其他管线及建、构筑物之间的最小水平间距，应符合现行国家标准《工业企业总平面设计规范》GB 50187 的有关规定。

**16.6.2** 埋地压缩空气管道穿越铁路、道路时，应符合下列规定：

- 1 管顶至铁路轨底的净距，不应小于 1.2m；管顶至道路路面结构底层的垂直净距，不应小于 0.5m；
- 2 当不能满足本条第 1 款要求时，应加防护套管或管沟，其两端应伸出铁路路肩或路堤坡脚以外，且不得小于 1.0m；当铁路路基或路边有排水沟时，其套管应伸出排水沟沟边 1.0m。

**16.6.3** 压缩空气管道设计应符合下列规定：

- 1 压缩空气管道主管管径应按矿山服务年限内最大供气量和最远采区供气距离确定；采区管道管径可按矿山达到设计生产能力时，采区内供气应按最远距离计算；
- 2 设计压缩空气管道时，应保证工作点的压力大于风动工具的额定压力 0.1MPa，当小于 0.1MPa 时，应采取增压措施；
- 3 压缩空气管道应采用钢管。管道间连接宜采用焊接，设备、阀门与管道连接应采用法兰或螺纹连接；
- 4 井下各作业地点及避灾硐室（场所）处应设置供气阀门；

- 5 在井口、阶段马头门管道的最低部位处，应设置油水分离器；
- 6 地面非直埋管路，当直线长度超过 100m 时，应装设曲管式伸缩器。在竖井井筒中，每隔 100m~150m 宜装设中间直管座。

## 17 破碎站

### 17.1 露天破碎站

**17.1.1** 露天破碎站型式应根据矿山开采规模、采矿工艺、开拓方式、运输距离等因素确定。

**17.1.2** 破碎机类型应根据物料的物理机械性质、粒级组成、最大入料粒径、排料粒径和矿山生产能力等因素确定。

**17.1.3** 破碎站位置选择应符合下列规定：

- 1 破碎站位置宜选择在矿岩运输中心；
- 2 固定式破碎站宜设在露天境界外附近，有条件时，可设在露天境界内台阶上；并应位于工业场地和居民区的最小频率风向的上风侧；
- 3 半移动式破碎机站址，施工时不应干扰生产的正常进行；
- 4 固定式破碎站的服务年限不宜小于 10a，半移动式破碎站移动一次的服务年限不宜小于 5a。

**17.1.4** 固定式破碎站宜采用钢筋混凝土结构，半移动式破碎站应采用钢结构。移动式破碎站宜采用自行式履带机构。

**17.1.5** 破碎站布置应符合下列规定：

- 1 破碎站应配备大块处理设备；破碎机采用给矿设备给料时，卸载口宜设置格筛；
- 2 有条件的大型矿山破碎站，自卸汽车应采用对侧双向卸载；卸车平台应设自卸汽车卸料的安全限位车挡和指示信号等安全装置；挡车设施的高度不应小于该卸矿点各种运输车辆最大轮胎直径的 2/5；
- 3 破碎站应设置受料仓，受料仓的有效容积不应小于自卸汽车有效容积的 2 倍；当破碎站下部排料采用带式输送机运输时，破碎机下部应设置缓冲仓，缓冲仓容积不应小于自卸汽车有效容积的 2 倍；
- 4 破碎站应有安装、检修设备的通道和作业场地。

**17.1.6** 固定式破碎站宜配置桥式起重机，半移动式破碎机站宜配备回转式单臂起重机或汽车起重机。起重机的起重量应按设备最大不可拆卸件质量确定。

**17.1.7** 破碎站卸载口应采用喷雾降尘，破碎机的排矿口应采取通风除尘措施。

### 17.2 井下破碎站

**17.2.1** 当采用箕斗提升或带式输送机运输，矿石块度不能满足提升运输要求时，应设置破碎站。

**17.2.2** 年产量小于 2000kt 时，宜选用颞式破碎机；大于 4000kt 时，应选用旋回破碎机；年产量为 2000kt~4000kt 时，应经技术经济比较后确定。

**17.2.3** 井下破碎站位置应选择在靠近提升井筒的稳固岩层中。破碎站的布置应符合下列规

定：

1 井下破碎站应设置两个安全出口。一个出口可作为大件运输通道，大件运输通道应与大件提升井相连，另一个出口可作为人行通风联络通道；

2 采用卡车直接卸矿方式时，破碎机上部矿仓容积应大于 2 车矿石量；破碎站位于溜井底部采用给料机给料时，破碎机上部溜井矿仓容积应大于 1h 破碎量。当采用箕斗提升时，破碎机下部矿仓容积不应小于 2h 提升量；当采用带式输送机直接运出地表时，破碎机下部可只设缓冲矿仓，其容积不应小于 0.5h 运输量；

3 颚式破碎机应采用给矿设备给矿，旋回破碎机可采用给矿设备给矿或卡车直接卸矿；采用板式给矿机给矿时，其链板宽度不应小于矿石最大块度的 2 倍加 200mm，并应与溜井口宽度相适应；

4 破碎站应设置起重机，起重机的起重量应按不可拆卸设备最大件质量确定；

5 破碎站应设置检修场地，检修场地面积应满足备件存放和大修时拆卸部件堆放、操作的需要，破碎机检修面积，可按表 17.2.3 选取。

**表 17.2.3 破碎机检修面积**

破 碎 机		检修面积 (m <sup>2</sup> )
型 式	规格 (mm)	
颚 式	600×900	50
	900×1200	60
	1200×1500	100
	1500×2100	130
旋 回	Φ 900	150
	Φ 1200	170

**17.2.4** 鄂式破碎机破碎硐室应按端部给矿形式配置。

**17.2.5** 井下破碎站，应设置单独的通风除尘系统，污风应直接引入回风道，排出的污风不得混入井下新鲜风流；产生粉尘的给、排矿口，应采取除尘措施，除尘净化设备应布置在回风道一侧。

## 18 排水与排泥

### 18.1 露天矿排水

**18.1.1** 露天矿山，应设置专用的防洪、排洪设施。汇水面积大的山坡露天矿山，应在露天开采境界外或露天边坡上设置截水沟。

**18.1.2** 露天矿山排水方式的选择，应符合下列规定：

- 1 有条件的露天矿山应采用自流排水方式；
- 2 汇水面积小、涌水量不大的矿山，宜采用露天坑底集中排水；
- 3 涌水量大、下降速度快、采场作业面积小或需井巷疏干的露天矿山，可采用井巷排水；
- 4 汇水面积、涌水量、开采深度大的深凹露天矿山，宜采用露天坑内分段接力排水或井巷分段接力排水；
- 5 当采用单一排水方式经济上不合理时，应采用联合排水。

**18.1.3** 露天采场排水设计应采用当地气象台的降水资料，并应符合下列规定：

- 1 计算正常降雨量，应为 10a 或以上的多年雨季月平均降雨量；
- 2 采场排水计算的暴雨频率，大型露天矿宜取 5%，中型露天矿宜取 10%，小型露天矿宜取 20%；
- 3 采场的径流量，应采用长历时暴雨量；
- 4 截水沟的径流量，应采用短历时暴雨量。

**18.1.4** 露天采场截水沟设计，应符合下列规定：

- 1 露天采场境界外截水沟距露天最终境界线的最小距离，不应小于 30m；
- 2 露天采场境界外截水沟出口与河沟汇流处的交角应小于 60°，截水沟出口底部标高应在常水位标高以上；
- 3 露天采场内截水沟设计应避免因渗漏引起边坡滑坡，纵坡段不宜过多，坡度差不宜过大；
- 4 石质水沟断面宜采用矩形，土质水沟断面宜采用梯形；当流速过大时，土质水沟可采用砂浆片石或砂浆卵石加固，加固厚度不应小于 200mm；
- 5 截水沟弯段半径不应小于设计水位的水面宽度的 5 倍；
- 6 截水沟坡度不应小于 3‰，截水沟流水充满度不宜超过 75%；
- 7 截水沟坡度较陡地段，应设置跌水或陡坡消能设施，跌水和陡坡不得设在沟的转弯处。

**18.1.5** 遇设计确定的暴雨频率时，允许淹没高度不得超过一个台阶；坑底允许淹没时间，露天排水方式应小于 7d，井巷排水方式应小于 5d。

**18.1.6** 排水系统设计应符合下列规定：

- 1 大型露天矿确定排水能力时，应进行贮排平衡计算；
- 2 正常工作的水泵能力，应能在 20h 内排出露天坑内 24h 正常降雨径流量与地下涌水量之和；
- 3 暴雨量较小的地区，在同一台阶上应选用同一规格的水泵；当暴雨径流量为正常排水量的 3 倍及以上时，可选用两种不同规格的水泵；



4 备用和检修水泵的能力不应小于正常工作水泵能力的 50%；所有水泵全部开动，应在设计预定淹没深度下，在允许的时间内排除坑内暴雨时的涌水量；

5 移动泵站水泵的扬程，不宜超过 100m；

6 露天排水泵站水池容积，不应小于正常工作水泵 0.5h 的排水量。

#### **18.1.7 排水管的选择应符合下列规定：**

1 排水管不得少于两条，当一条检修时，另一条应能满足正常排水的要求；全部排水管投入工作时，应能满足排出暴雨时最大排水量的要求；

2 正常排水时，管径应按经济流速选择；暴雨排水时，管径应按流速不大于 3.5m/s 确定。

#### **18.1.8 排水管的敷设应符合下列规定：**

1 采场内永久性固定排水管路的敷设，应沿非工作帮敷设；采场外宜充分利用地形自流排水；

2 当管路埋设时，非冰冻地区管顶埋深不应小于 0.5m，管路穿越铁路、道路时，应符合本规范第 16.6.2 条的规定；冰冻地区宜埋设在冰冻线以下，采用相应防冻措施后，可埋设在冰冻线以上；

3 管路坡度大于 15°时，管道下面应设挡墩支承；

4 当排水管路很长，且沿地形起伏敷设时，管路最高点应设排气阀，最低点应设泄水阀。

### **18.2 井下排水**

#### **18.2.1 井下排水方式的选择，应符合下列规定：**

1 矿井较浅、开采阶段数不多的矿山，宜采用一段排水；

2 矿井较深、开采阶段数多、上部阶段涌水量大、下部涌水量小的矿山，宜采用分段排水；

3 矿井较深、涌水量较大、服务年限较长的矿山，排水方式应进行综合技术经济比较确定。

#### **18.2.2 井下排水正常涌水量的计算应包括井下生产废水。**

#### **18.2.3 井下排水设备的选择应符合下列规定：**

1 井下主要排水设备，应至少由同类型的 3 台泵组成。工作水泵应能在 20 h 内排出一昼夜的正常涌水量；除检修泵外，其他水泵应能在 20 h 内排出一昼夜的最大涌水量；

2 水文地质条件复杂、有突水危险的矿山，可根据情况增设抗灾水泵或在主排水泵房内预留安装水泵的位置；

3 确定水泵扬程时，应计入水管断面淤积后的阻力损失。较混浊的水，应按计算管路损失的 1.7 倍选取；清水可按计算管路损失选取；

4 排水泵宜采用无底阀排水，其吸上真空度不应小于 5m，并按水泵安装地点的大气压力和温度进行验算；

5 主排水泵应选择先进节能的排水设备；

6 PH 值小于 5 的酸性水，可采取防酸措施或采用耐酸泵；

7 主排水泵房内的闸阀宜选用电动闸阀。

#### **18.2.4 井下水泵房的布置应符合下列规定：**

- 1 主要水泵房应设在井筒附近，井下主变电所宜靠近主要水泵房布置；
- 2 井底主要泵房的通道不应少于两个，其中一个应通往井底车场，通道断面应能满足泵房内最大设备的运搬，出口处应装设防水门；另一个应采用斜巷与井筒连通，斜巷上口应高出泵房地面 7m 以上；泵房地面标高，除潜没式泵房外，应高出其入口处巷道底板标高 0.5m；
- 3 水泵宜顺轴向单列布置；水泵台数超过 6 台、泵房围岩条件较好时，可采用双排布置；
- 4 水泵机组之间的净距离宜为 1.5m~2m；基础边缘距墙壁的净距离，吸水井侧宜为 0.8m~1m，另一侧宜为 1.5m~2m，大型水泵机组之间的净距离可根据设备要求进行调整；
- 5 泵房地面应向吸水井或水窝有 3‰的排水坡度；
- 6 泵房高度应满足安装和检修时起吊设备的要求。

**18.2.5 主要水泵房水仓设计应符合下列规定：**

- 1 水仓应由两个独立的巷道系统组成；
- 2 一般矿井主要水仓总容积，应能容纳 6h~8h 的正常涌水量。涌水量较大的矿井，每个水仓的容积，应能容纳 2h~4h 的井下正常涌水量；
- 3 水仓进水口应有篦子；
- 4 水仓顶板标高不应高于水仓入口处水沟底板标高，水仓高度不应小于 2m。

**18.2.6** 当水泵电动机容量大于 100kW 时，主要水泵房应设置起重梁或起重机，并应敷设轨道与井底车场连通，起重设备应能满足水泵、阀门和排水管路安装和检修要求。

**18.2.7 井下主排水管的选择应符合下列规定：**

- 1 井筒内应有工作和备用的排水管。工作水管的能力应能配合工作水泵在 20h 内排出矿井 24h 的正常涌水量；工作和备用水管的总能力，应能配合工作和备用水泵在 20h 内排出矿井 24h 的最大涌水量；
- 2 排水管宜选用无缝钢管。管径应按水流速度 1.2m/s~2.2m/s 选择，最大不应超过 3m/s。管壁厚度应根据压力大小选择；竖井井筒中的排水管路较长时，宜分段选择管壁厚度；
- 3 排水水质 PH 值小于 5 时，排水管道应采取防酸措施。

**18.2.8 井下主排水管的敷设应符合下列规定：**

- 1 泵房内排水管道最低点至泵房地面净空高度不应小于 1.9m，并应在管道最低点设放水阀；
- 2 管子斜道与竖井相联的拐弯处，排水管应设弯管支承座。竖井中的排水管每隔 150m~200m 应装设直管支承座；竖井管道间内应留有检修及更换管子的空间；
- 3 管道沿斜井敷设，宜架设在人行道一侧；管径小于 200mm 时，可固定于巷道壁上；管径大于 200mm 时，宜安装在巷道底板专用的管墩上；
- 4 经技术经济比较合理时，可通过钻孔下排水管路排水。

**18.2.9 有提升设备的竖井及斜井井筒井底水窝排水，应符合下列规定：**

- 1 应设 2 台水泵，其中应 1 台工作、1 台备用；
- 2 水泵能力应在 20h 内排出水窝 24h 积水量；
- 3 井底水窝排水泵宜选用潜污泵，并应采用自动控制。

## **18.3 井下排泥**

**18.3.1** 采用充填法开采或地下水泥沙含量大的矿山，在水仓前应设专用的沉淀池或采区沉淀

池。水仓和专用沉淀池的排泥工作，宜采用机械清泥。

**18.3.2** 水仓内压气排泥罐正常工作气压宜为 0.55MPa~0.63MPa，最低不应小于 0.4MPa。

**18.3.3** 采用高压水排泥的水泵扬程计算，泥浆水密度可取  $1150\text{kg/m}^3 \sim 1300\text{kg/m}^3$ ，密闭泥仓压力损失可取 0.1MPa~0.15MPa。

## 19 索道运输

### 19.1 适用条件和主要设计参数

**19.1.1** 下列情况，宜采用索道运输矿石或废石：

- 1 需跨越山谷、河流等天然障碍，且不宜构筑桥梁、涵洞；
- 2 地形、地貌保护有特殊要求的矿山；
- 3 气候条件恶劣，其他地面运输方式不能适用。

**19.1.2** 索道型式选择宜符合下列规定：

- 1 运量不大于 150t/h 时，宜采用单线循环索道；大于 150t/h 时，宜采用双线循环索道；
- 2 需跨越山谷、河流等天然障碍的大跨度索道，宜采用双线循环索道。

**19.1.3** 工作制度和运输不均衡系数的选取，宜符合下列规定：

- 1 年工作日，非连续工作制不宜小于 290d，连续工作制不宜大于 330d；
- 2 每日工作小时数，一班作业宜取 7.5h，两班作业宜取 14h，三班作业宜取 19.5h；
- 3 运输不均衡系数，一班作业宜取 1.1，两班作业宜取 1.15，三班作业宜取 1.2；
- 4 当索道设有转角站或中间站时，每日工作小时数宜适当减少。

**19.1.4** 索道的最高运行速度，不宜超过表 19.1.4 的规定。

**表 19.1.4 索道的最高运行速度**

索道型式	最高运行速度 (m/s)
单线循环式索道	4.5
双线循环式索道	5.0

**19.1.5** 索道索距宜符合表 19.1.5 的规定。

**表 19.1.5 索道索距**

索道型式	矿斗容积 (m <sup>3</sup> )	索距 (m)
单线循环式索道	0.20~0.25	2.5
	0.32~0.80	3.0
	1.00~1.25	3.5
	当驱动轮直径大于 3.5m 时，索距应等于驱动轮直径	
双线循环式索道	0.50~1.00	3.0
	1.25~1.60	3.5
	2.00~2.50	4.0

**19.1.6** 索道净空尺寸应符合下列规定：

- 1 索道跨越或穿越有关设施、区域时的最小垂直净空尺寸，应符合本规范表 19.1.6-1 的规定；
- 2 矿斗与内外侧障碍物之间的最小水平净空尺寸，应符合表 19.1.6-2 的规定。

**19.1.7** 计算风压应符合下列规定：

- 1 索道运行时宜为 200Pa，索道停运时宜为 800Pa；
- 2 最大风速大于 36m/s 的地区，应取当地最大风压值。

**表19.1.6-1 最小垂直净空尺寸**

跨越或穿越类别	跨越或穿越说明	净空尺寸（m）
铁路	保护设施底部距轨面	应符合国家有关标准规范的要求
公路	索道或保护设施底部距路面	
架空电力线路	索道穿越时电线距索道顶部	
	索道跨越时保护设施底部距电力线	
航道	索道或保护网底部距桅杆顶	
建、构筑物	索道或保护设施底部距屋顶	2.0
禁伐林木	索道底部距林木最高点	2.0
非机耕地	索道底部距耕地表面	3.0
滑雪道	索道底部距雪道表面	3.5
机耕地	索道底部距耕地表面	4.5
街道、广场	索道或保护设施底部距地面	5.0
人烟稀少区	索道底部距地面或雪面	3.0
无人通行区	索道底部距地面或雪面	2.0

注：1 索道底部指矿斗或空牵引索在跨间的最低静态位置再加上动态附加值（承载索挠度的5%或运载索挠度的25%），以最低位置为准。  
 2 索道顶部指线路上没有矿斗，承载索或运载索最大拉力增大10%时在跨间的最高静态位置。  
 3 索道跨越航道时的净空尺寸，应以五十年一遇的最高洪水位为准。

**表19.1.6-2 最小水平净空尺寸**

障碍物名称	矿斗或钢丝绳摆动情况	净空尺寸（m）
无导向装置的支架	矿斗横向内摆 0.20rad	0.5
有导向装置的支架	矿斗横向内摆 0.14rad	0.5
与索道平行的交通运输道路	承载索或运载索或牵引索最大静挠度的 20%横向外摆	1.5
与索道平行的架空电力线路	承载索或运载索或牵引索最大静挠度的 20%横向外摆	不小于电杆的高度
建筑物、岩石	双线索道矿斗横向外摆 0.20rad，再加上跨距大于 300m 时的 0.2%增加值	3.0
	运载索最大静挠度的 10%横向外摆加上固定式抱索器矿斗横向外摆 0.20rad	1.5
	运载索最大静挠度的 10%横向外摆加上脱挂式抱索器矿斗横向外摆 0.35rad	1.0
林间通道	双线索道矿斗横向外摆 0.20rad，再加上跨距大于 300m 时的 0.2%增加值	1.5
	运载索最大静挠度的 10%横向外摆加上固定式抱索器矿斗横向外摆 0.20rad	1.0
	运载索最大静挠度的 10%横向外摆加上活动式抱索器矿斗横向外摆 0.35rad	0.5

注：跨距大于 300m 时的 0.2%增加值，指当跨距大于 300m 时，跨距每增大 100m，矿斗纵向中心线向外侧移动 0.2m。

**19.1.8** 索道钢丝绳的选择应符合下列规定：

- 1 承载索应选用密封钢丝绳，其公称抗拉强度不宜小于 1370MPa，承载索的抗拉安全

系数不得小于 3.0;

2 牵引索应选用线接触或面接触同向捻带绳芯的股捻钢丝绳, 公称抗拉强度不宜小于 1670MPa, 牵引索的抗拉安全系数不得小于 4.5;

3 运载索应选用线接触或面接触同向捻带绳芯的股捻钢丝绳, 公称抗拉强度不宜小于 1670MPa, 运载索表层钢丝的直径不得小于 1.5mm, 运载索的抗拉安全系数不得小于 4.5;

4 拉紧索宜选用挠性好和耐挤压的股捻钢丝绳, 其公称抗拉强度不宜小于 1670Mpa, 拉紧索的抗拉安全系数不得小于 5.0。

#### **19.1.9 保护设施的设置应符合下列规定:**

1 保护范围较长和矿斗坠落高度较大时, 应采用保护网; 保护范围较短和矿斗坠落高度较小时, 应采用保护桥; 索道线路横向坡度较大、矿斗或物料滚落后会造成事故时, 应采用拦网;

2 应按矿斗冲击的条件校验保护网底面与跨越设施之间的净空尺寸;

3 保护设施顶面与运动矿斗底面之间的净空尺寸, 不得小于矿斗的最大横向尺寸;

4 保护网的宽度不得小于索距加 3m; 当矿斗坠落高度不大于 3m 时, 保护桥的宽度不得小于索距加 2.5m; 当索道跨距超过 250m, 其下保护设施宽度, 应按承载索和矿斗均受 200Pa 工作风压作用发生偏斜的条件校验。

### **19.2 索道线路的选择与设计**

#### **19.2.1 索道线路选择应符合下列规定:**

1 索道线路的水平投影应为一直线, 当受条件限制需设置转角站时, 索道线路应经多方案比较合理确定;

2 循环式索道线路, 应避开多次起伏的地形和高差很大的凸起地段以及难以跨越的凹陷地段;

3 索道线路应避开滑坡、雪崩、沼泽、泥石流、溶洞等不良工程地质区域或采矿崩落影响区域; 当受条件限制不能避开时, 站房和支架应采取可靠的工程措施;

4 索道线路不宜跨越工厂区和居民区, 亦不宜多次跨越铁路、公路、航道和架空电力线路, 当索道需要跨越时应设保护设施;

5 应减小索道线路与主导风向的夹角;

6 线路侧形应力求平滑, 不应有过大过大的起伏。

#### **19.2.2 单线循环式索道线路的设计, 应符合下列规定:**

1 站前第一跨的跨距宜为 5m~10m;

2 平坦地段或坡度均匀的倾斜地段, 运载索在各支架上的载荷宜相等;

3 凸起地段支架的高度不得小于 4m, 跨距不宜小于 15m;

4 凹陷地段支架的高度应按最不利载荷条件校验, 运载索在托索轮上的靠贴系数不得小于 1.3;

5 建在大风地段的支架, 宜设防脱索装置。

#### **19.2.3 双线循环式索道线路的设计, 应符合下列规定:**

1 站前第一跨的跨距宜小于车距, 并宜小于 60m。当承载索仰角进站时, 空索倾角应大于轨道倾角, 当承载索俯角进站时, 空索倾角应小于轨道倾角, 但空索倾角与轨道倾角之差均不宜大于 0.05rad; 当承载索满载时, 其倾角不得大于 0.15rad;

2 在凸起侧形地段内, 承载索在每个支架上的弦折角, 采用下部牵引式矿斗的索道宜为

0.03rad~0.04rad; 采用水平牵引式矿斗的索道宜为 0.05rad~0.06rad;

3 承载索在每个支架上的最大折角宜为 0.10rad~0.15rad, 大跨距两端支架的最大折角不宜超过 0.30rad;

4 凸起地段支架的高度不得小于 5m, 跨距不宜小于 20m; 在总折角较大并受到地形限制时, 可采用带有大曲率半径垂直滚轮组的连环架代替支架群;

5 凹陷地段支架高度应满足在相邻两跨没有矿斗, 承载索拉力增大 30%时, 承载索不应脱离鞍座。

### 19.3 索道的站址选择与站房设计

#### 19.3.1 索道站址选择应符合下列规定:

- 1 地形宜平坦, 不应占或少占农田;
- 2 应有良好的工程地质条件;
- 3 应设在供电、供水、交通和施工条件较好的位置;
- 4 应使钢丝绳的进、出站角满足矿斗脱、挂可靠和减少冲击的设计要求。

#### 19.3.2 索道站房设计应符合下列规定:

1 站内离地高度小于 2.5m 的运动部件应设防护设施, 机械设备与墙壁之间的距离不得小于 0.5m, 设计通道宽度不得小于 1m; 站口滚轮组和安装高度超过 2m 的站内辅助设备, 应设置带栏杆的操作平台或检修栈道;

2 装载站和卸载站料仓的有效容积, 应根据索道长度、运输能力、工作制度、检修和处理故障的时间, 以及相关车间或运输工具的生产要求确定;

3 矿斗在站内的净空尺寸应符合下列规定:

1) 矿斗的横向摆动值, 在避风站内的直线段轨道上宜为 0.08rad, 在曲线段轨道上宜为 0.16rad; 在非避风站内未设双导向板的直线段和曲线段轨道上均宜为 0.16rad;

2) 矿斗的纵向摆动值宜为 0.14rad;

3) 在计入矿斗的纵横向摆动后, 矿斗在翻转或打开时的最小净空, 距站房地坪不应小于 0.2m; 有行人通行时, 距墙不应小于 0.8m; 无行人通行时, 距墙不应小于 0.6m, 距突出物不应小于 0.3m;

4 在有通行条件的单层站房的站口, 应设防止行人或车辆横穿线路的隔离设施; 高架站房的站口, 应在距离站房地面不超过 1.0m 的范围内设防止人员或物体坠落的保护设施。其他人员可接近的站房边缘, 高差大于 1.0m 的悬空或陡坡处也应设防护设施;

5 索道站内应有检修设备和更换钢丝绳的必要设施。装卸作业所产生的粉尘不符合环保要求时, 应采取有效的除尘措施。

#### 19.3.3 矿斗的装载应符合下列规定:

- 1 宜采用内侧装载方式;
- 2 在装载位置应设防止矿斗摆动的导向板或稳车器;
- 3 装载口附近应设备用矿斗的轨道。

#### 19.3.4 矿斗的卸载与复位应符合下列规定:

1 宜在储料仓顶部设格筛; 当卸载区段很长并采用机械推车时, 可不设格筛, 但应在储料仓两侧或中间设置带栏杆的操作通道;

2 运输松散物料的翻转式矿斗在运动中卸载时, 卸载口长度宜按下式计算:

$$L \geq 3v + l \quad (19.3.4)$$

式中： $L$ —卸载口长度（m）；

$v$ —矿斗在卸载口的运行速度（m/s）；

$L$ —矿斗长度（m）。

3 卸载站内应设复位装置。

**19.3.5** 单线循环式索道站房设计，除应符合本规范第 19.3.2 条的规定外，还应符合下列规定：

1 单线循环式索道挂结段、脱开段的设计，应采取确保矿斗与运载索准确挂结、顺利脱开的措施；

2 采用弹簧式抱索器的单线循环式索道的站口应设置监控装置；

3 单线循环式索道矿斗轨道，宜采用轧制的双头钢轨；每个设有主轨的中间站，应设停放数辆矿斗的副轨；索道两个端站的主轨和副轨的总长，应能停放索道的全部矿斗；

4 单线循环式索道的矿斗在站内的运行阻力，应分别按矿斗通过直线段、曲线段及有关设施所产生的阻力计算确定；

5 单线循环式索道的转角站配置，宜采用对称于转角平分线的配置方式；外侧轨道的反向弯曲段应共用一个曲线段，并宜采用较大的平面曲率半径，内侧轨道宜共用大半径曲线段；进、出站口之间宜设限制矿斗横向摆动的连续导向装置；矿斗在转角站内的速度应与索道运行速度相适应，不得采用人工推车；空、重车侧的出口，应各设可以停放三辆以上矿斗的副轨。

**19.3.6** 双线循环式索道的站房设计，除应符合本规范第 19.3.2 条的规定外，还应符合下列规定：

1 采用下部牵引式矿斗的索道，当承载索的俯角为  $0.05\text{rad} \sim 0.10\text{rad}$  时，可采用无垂直滚轮组，但在站口应设置托索轮；当承载索的仰角或俯角小于  $0.05\text{rad}$  时，应设凹形垂直滚轮组；当承载索的俯角大于  $0.10\text{rad}$  时，应设凸形垂直滚轮组；

2 采用水平牵引式矿斗索道，承载索俯角出站时，站口可不设垂直滚轮组，但应设置托索轮；承载索仰角出站时，应根据牵引索的向上合力确定凹形滚轮组参数；

3 双线循环式索道的挂结器与脱开器，应保证挂结器与脱开器前后的牵引索稳定运行；抱索器与牵引索挂结时，矿斗的速度应与牵引索的速度一致；

4 双线循环式索道矿斗的自溜速度，在等速段不宜大于  $2.0\text{m/s}$ ；在直线段上不宜小于  $0.8\text{m/s}$ ，在曲线段上不宜小于  $1.0\text{m/s}$ ；矿斗自溜至挂接点的速度应与牵引索的速度一致；矿斗进入推车机时的自溜速度，宜大于推车机运行速度  $30\% \sim 40\%$ ；

5 双线循环式索道矿斗在站内的运行阻力，应分别按矿斗通过直线段、曲线段及有关设施所产生的阻力计算确定；

6 矿斗容积较大或站房较长时，应设推车设备；运输粘结性矿石的索道，装卸料仓宜设便于装卸的相关设备；装载位置宜设阻车、计量、推车等设备；发车位置应设保证斗距或发车间隔时间的发车设备；复位处宜设推车设备。

## 19.4 索道设备的选型与设计

**19.4.1** 矿斗的选择应符合下列规定：

1 应根据矿石特性选用翻转式矿斗或底卸式矿斗；当运输粘结性矿石时，宜选用底卸式矿斗；

2 矿斗容积的利用系数宜采用  $0.9 \sim 1.0$ ；当运输粘结性矿石时，宜采用  $0.8 \sim 0.9$ ；

3 矿斗装料宽度与运输矿石最大块度之比，当采用回转式装料机时，不得小于 8；当采用重力装载闸门和其他非振动装载设备时，不得小于 4；当采用振动式装载设备时，其比值



可适当减小；

4 单线循环式索道矿斗的选择，当运行速度大于 2.5m/s，且爬坡角大于 30°时，宜选用弹簧式抱索器矿斗；当运行速度小于或等于 2.5m/s，且爬坡角为 20°~30°时，可选用四连杆重力式抱索器矿斗；当线路比较平坦，且爬坡角小于或等于 20°时，宜选用鞍式抱索器矿斗；固定式抱索器矿斗的最大爬坡角不得大于 45°；

5 双线循环式索道矿斗的选择，宜选用下部牵引式矿斗，凸起地形，线路长度不超过 2000m，且不需要转角时，宜选用水平牵引式矿斗；一般情况下，应选用重力式抱索器矿斗，当承载能力大于 3200kg 和运行速度大于 3.6m/s 时，应选用弹簧式抱索器矿斗。

#### 19.4.2 驱动装置的选择与设计应符合下列规定：

1 应选用摩擦式驱动装置，摩擦式驱动装置的抗滑安全系数，正常运行时不得小于 1.5；在最不利载荷情况下起动或制动时不得小于 1.25，并按下式校核：

$$\frac{t_{\min}(e^{\mu\alpha} - 1)}{t_{\max} - t_{\min}} \geq 1.25 \quad (19.5.2)$$

式中： $t_{\min}$ ——最不利载荷情况下，起、制动时驱动轮出侧或入侧牵引索的最小拉力（N）；

$t_{\max}$ ——最不利载荷情况下，起、制动时驱动轮入侧或出侧牵引索的最大拉力（N）；

$\mu$ ——牵引索与驱动轮衬垫之间的摩擦系数。采用中等硬度聚氯乙烯或高硬度丁腈橡胶衬垫时，宜取 0.20；采用其他衬垫时以厂家提供的数值为准；

$\alpha$ ——牵引索在驱动轮上的包角（rad）。

2 起动时会自然反转的索道，驱动装置宜设防止反转的装置；

3 单线循环式索道宜选用卧式驱动装置；在多传动区段索道中，宜采用一台卧式驱动装置同时传动两个区段；

4 双线循环式索道，高架式站房宜采用立式驱动装置，单层站房宜采用卧式驱动装置。

#### 19.4.3 驱动装置电动机的选择，应符合下列规定：

1 宜选用交流电动机，侧形复杂、运行速度高或负力较大的索道，宜选用直流电动机；

2 按正常载荷情况计算电动机功率时，应计入功率备用系数，动力型索道宜取 1.15，制动型索道宜取 1.30，并按最不利载荷情况下启动或制动时的功率与所选电动机额定功率的比值，不大于电动机过载系数 0.9 倍的条件校验。

#### 19.4.4 驱动装置制动器，应符合下列规定：

1 制动器应具有逐级加载和平稳停车的制动性能；制动型索道和停车后会倒转的动力型索道，应设工作制动器和安全制动器；当运行速度超过额定值的 15%时，工作制动器和安全制动器应能自动相继投入工作，并宜使减速度控制在  $0.5\text{m/s}^2 \sim 1.0\text{m/s}^2$  的范围内；

2 断电后能自然停车且停车后不会倒转的索道，可只设工作制动器。

#### 19.4.5 钢丝绳的拉紧或锚固以及拉紧装置的选择与设计，应符合下列规定：

1 钢丝绳的拉紧宜采用重锤拉紧方式，拉紧装置应有足够的拉紧行程，并宜在极限位置设置限位开关；

2 拉紧重锤宜采用重锤箱。重锤架或重锤井应便于检查和维护，重锤箱应设刚性导轨；重锤井应设排水设施；

3 运载索和牵引索的拉紧应设调节重锤位置的装置。当牵引索重锤移动速度较快时，应设阻尼装置；

4 承载索宜采用夹块、夹楔或圆筒锚固方式。

**19.4.6** 单线循环式索道托、压索轮组的选择与设计，应符合下列规定：

1 无衬托索轮的直径不宜小于运载索直径的 15 倍，并应为 300mm、400mm、500mm 或 600mm；

2 设有软质耐磨衬垫的托、压索轮组，托索轮直径不宜小于运载索直径的 10 倍，压索轮直径不宜小于运载索直径的 8 倍。

**19.4.7** 双线循环式索道鞍座的选择与设计，应符合下列规定：

1 承载索的鞍座应采用铸钢或焊接结构，绳槽宜设带润滑装置的尼龙或青铜衬垫；承载索在鞍座上的比压应进行计算，计算出的比压不得大于衬垫材料的允许值；

2 承载索在支架上的最大折角不大于  $16^{\circ}$  时，应选用摇摆鞍座；大于  $16^{\circ}$  时，可选用固定鞍座。

## 本规范用词说明

- 1** 为便于在执行本规范条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：
  - 1) 表示很严格，非这样做不可的用词：  
正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”；
  - 2) 表示严格，在正常情况下均应这样做的用词：  
正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”；
  - 3) 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的用词：  
正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”；
  - 4) 表示有选择，在一定条件下可以这样做的用词，采用“可”。
- 2** 本规范中指明应按其它有关标准执行的写法为：“应符合……的规定”或“应按……执行”。

## 引用标准名录

《厂矿道路设计规范》GBJ22  
《压缩空气站设计规范》GB50029  
《工业循环冷却水处理设计规范》GB50050  
《工业企业噪声控制设计规范》GBJ 87  
《工业企业总平面设计规范》GB 50187  
《工程岩体分级标准》GB50218  
《连续输送设备安装工程施工及验收规范》GB 50270  
《有色金属矿山排土场设计规范》GB50421  
《带式输送机工程设计规范》GB50431  
《有色金属矿山节能设计规范》GB50595  
《城市区域环境噪声标准》GB3096  
《爆破安全规程》GB6722  
《输送带 具有橡胶或塑料覆盖层的普通用途织物芯输送带》GB / T7984  
《重要用途钢丝绳》GB8918  
《普通用途钢丝绳输送带》GB / T9770  
《多绳摩擦式提升机》GB/T10599  
《货运架空索道安全规范》GB12141  
《工业企业厂界环境噪声排放标准》GB12348  
《矿区水文地质工程地质勘探规范》GB12719  
《一般用螺杆空气压缩机技术条件》GB/T13278  
《一般用固定式往复式活塞空气压缩机技术条件》GB/T13279  
《固体矿产地质勘查规范总则》GB/T 13908  
《带式输送机安全规范》GB14784  
《金属非金属矿山安全规程》GB16423  
《罐笼安全技术要求》GB16542  
《连续搬运设备 带承载托辊的带式输送机 运行功率和张力的计算》GB/T17119  
《固体矿产资源/储量分类》GB/T17766  
《一般用途钢丝绳》GB/T20118  
《单绳缠绕式矿井提升机》GB/T20961  
《密封钢丝绳》YB/T 5295