

JINSHU KUANGSHAN  
CAIKUANG SHEBEI  
SHEJI

金属矿山  
采矿设备  
设计

冶金工业出版社

北京 100013

# 金属矿山采矿设备设计

北京有色冶金设计院  
鞍山黑色金属矿山设计院 合编

冶金工业出版社

## 内 容 简 介

本书是在冶金工业出版社一九六〇年出版的《金属矿山非标准设备设计计算》一书的基础上改编而成的。除设计计算做了补充外，还增加了结构设计部分、附有典型结构图和一些例题，所包括的设备类型亦有所扩充，内容较充实和完整。设备的标准与非标准只是对其不同发展阶段和组织生产上的区别，并无固定的界限，为避免误解和较为确切，本书改称《金属矿山采矿设备设计》。

本书所介绍的采矿设备是指目前我国尚未定型制造的采矿设备，即除凿岩机、装载机、牵引机车、矿井提升机、空压机、扇风机及水泵等以外的坑内采矿用的各种设备。全书共分十二章：包括“概论”、“掘进设备”、“装矿闸门”、“窄轨道岔”、“矿车”、“卸矿设备”、“井口设备”、“罐笼”、“箕斗”、“天轮及钢绳罐道紧固装置”、“斜坡设备”以及“密闭门、气缸、控制阀”等。

本书基本上按采矿生产工艺流程的顺序编排。

金属矿山与其它矿山既有不同点，亦有共同点，因此本书所介绍的一些设备的设计，其它矿山根据各自的特点，亦可参照应用。

本书可供采矿设备设计人员和矿山的工人、工程技术人员参考，亦可供工科院校有关专业师生参考。

## 金属矿山采矿设备设计

北京有色冶金设计院  
鞍山黑色金属矿山设计院  
合编

冶金工业出版社出版  
新华书店北京发行所发行  
冶金工业出版社印刷厂印刷

787×1092 1/16 印张 65 1/4 字数 1,568 千字

1977年12月第一版 1977年12月第一次印刷

印数00,001~7,550册

统一书号：15062·3254 定价（科三）5.70元

## 前 言

在毛主席无产阶级革命路线指引下，我国社会主义到处都在胜利地前进，我国冶金工业战线和其它各条战线一样，形势大好。为了进一步落实毛主席关于**开发矿业**的伟大指示，配合大打矿山之仗，适应冶金工业迅速发展的需要，更好地交流采矿设备设计技术，不断提高设计质量和设计水平，我们在冶金工业出版社1960年出版的《金属矿山非标准设备设计计算》一书的基础上进行改编，编写成这本《金属矿山采矿设备设计》。

书中总结了矿山生产技术革新成果和我国采矿设备设计实践经验。遵照毛主席关于“**洋为中用**”的教导，书中还介绍了一些国外资料。

本书第一、二、六、七、八和十章由北京有色冶金设计院负责编写；第三、四、九、十一和十二章由鞍山黑色金属矿山设计院负责编写；第五章由两院共同编写。

在编写过程中，有关矿山、设计、研究单位提供了不少参考资料，提出了很多宝贵意见。初稿完成后，又邀请了二十多个单位对书稿进行审查。最后又请东北工学院矿山机械教研室进行了审校。在此谨向协助我们编写本书的单位和同志致以衷心的感谢。

由于我们水平有限，调查研究不够，书中的缺点和错误在所难免，热忱希望广大读者批评指正。

编 者  
1975年12月

# 目 录

## 前 言

<b>第一章 概论</b> .....	1
第一节 采矿设备在矿山生产系统中的分布.....	1
第二节 采矿设备设计应考虑的特殊条件与要求.....	3
一、矿石性质的影响.....	3
二、坑内特殊条件的影响.....	12
三、对设备坚固性和耐用性的特殊要求.....	18
四、在保证坚固耐用的前提下合理减轻设备重量.....	26
第三节 采矿设备设计时安全系数及许用应力的选取.....	32
一、一般设备构件安全系数和许用应力的选取.....	32
二、特殊设备构件安全系数和许用应力的选取.....	46
<b>第二章 掘进设备</b> .....	48
第一节 概述.....	48
第二节 凿岩台车.....	49
一、台车使用范围及分类.....	49
二、平巷掘进双机凿岩台车的结构及动作原理.....	50
三、双机凿岩台车设计参数及计算.....	64
第三节 斗式转载列车.....	77
一、斗式转载列车的用途及工作情况.....	77
二、斗车的结构.....	79
三、运行平稳性的设计要素.....	85
四、斗式转载车的其他设计计算.....	100
第四节 梭式矿车.....	109
一、梭式矿车使用范围及分类.....	109
二、梭车的结构.....	111
三、梭车有关计算.....	120
第五节 天井吊罐与提升绞车.....	126
一、华-I型垂直天井吊罐.....	130
二、提升钢绳的选择.....	136
三、提升绞车.....	137
四、信号联络装置.....	146
五、负荷试验.....	146
<b>第三章 装矿闸门</b> .....	147
第一节 概述.....	147
一、装矿闸门的用途.....	147
二、装矿闸门分类.....	147

三、设计装矿闸门所需要的条件 .....	147
四、对装矿闸门设计的要求 .....	148
第二节 装矿闸门对生产工艺的要求及安全操作条件 .....	148
一、装矿闸门硐室 .....	148
二、溜口结构 .....	148
三、溜口尺寸的确定 .....	148
四、溜口水力半径 .....	150
五、溜槽配置 .....	151
六、手动闸门的操作限制 .....	152
七、安全操作条件 .....	153
第三节 装矿门的结构特点及使用条件 .....	153
一、不计量装矿闸门 .....	153
二、计量装矿闸门(计量装置) .....	167
三、溜槽倾斜角度 .....	174
四、溜槽结构 .....	174
五、活溜槽与舌板 .....	175
六、装矿闸门型式的选择及应用范围 .....	176
第四节 装矿门的生产能力及装矿时间 .....	178
一、生产能力 .....	178
二、装矿时间 .....	179
第五节 闸门计算理论基础 .....	179
一、闸门受力分析 .....	179
二、浅矿仓闸门上所受的压力 .....	181
三、深矿仓闸门上所受的压力 .....	183
第六节 闸门计算 .....	183
一、平板闸门 .....	183
二、扇形闸门 .....	187
三、指状闸门 .....	196
四、链式闸门 .....	202
五、槽形闸门 .....	206
<b>第四章 窄轨道岔</b> .....	<b>211</b>
第一节 概述 .....	211
一、道岔的用途及分类 .....	211
二、窄轨道岔的各部组成 .....	212
三、道岔号数 .....	215
第二节 窄轨道岔设计原始资料的收集 .....	216
一、基本资料 .....	216
二、参考资料 .....	217
第三节 窄轨道岔设计主要参数的确定 .....	217

一、轨距与轨型 .....	217
二、过岔速度和导曲线半径的确定 .....	219
三、道岔各部钢轨的允许磨耗 .....	220
四、道岔范围内的钢轨接缝 .....	220
五、车轮踏面及轮缘的允许磨耗 .....	220
六、道岔各类钢轨轮缘槽深度的确定 .....	221
七、辙轨转辙角的选取范围 .....	221
八、尖轨轨底抬高值的确定 .....	221
九、尖轨和心轨工作边刨切斜度 .....	221
十、尖轨前端各处轨顶降低标准 .....	223
十一、辙叉心轨前端轨顶降低标准 .....	223
十二、钢轨与轮缘接触点至轨顶的距离 .....	224
十三、尖轨与心轨各截面宽度的计算方法 .....	224
第四节 窄轨道岔总布置图设计 .....	224
一、单开道岔总布置图设计 .....	224
二、对称道岔总布置图设计 .....	259
三、正常渡线道岔总图计算 .....	269
四、交叉渡线总图计算 .....	270
五、固定交叉总图计算 .....	271
第五节 窄轨道岔设计计算例 .....	272
一、单开道岔设计计算例 .....	272
二、对称道岔设计计算例 .....	287
第六节 简易道岔 .....	294
一、尖轨的制作 .....	295
二、辙叉的制作 .....	300
三、简易道岔的总图布置与铺设 .....	307
第七节 窄轨道岔设计资料选编 .....	308
一、机车车辆走行部分资料 .....	308
二、转辙机械资料 .....	308
<b>第五章 矿车 .....</b>	<b>313</b>
<b>第一节 概述 .....</b>	<b>313</b>
一、用途及分类 .....	313
二、主要参数、尺寸及技术经济指标 .....	315
三、矿车系列化及标准化 .....	316
四、矿车的运行性能 .....	317
五、矿车运动阻力 .....	325
六、矿车的稳定性 .....	327
七、矿车受力分析 .....	334
<b>第二节 矿车整体结构 .....</b>	<b>337</b>

一、固定车箱式 .....	337
二、翻转车箱式 .....	342
三、侧面卸载式 .....	344
四、底部卸载式 .....	354
五、平板车及木材车 .....	359
第三节 矿车设计 .....	360
一、设计原始条件及设计步骤 .....	360
二、确定主要参数及外形尺寸 .....	361
三、部件结构及计算 .....	366
四、矿车整体设计及计算 .....	399
五、矿车设计、制造、使用及维修要求 .....	425
六、矿车计算例题 .....	428
<b>第六章 卸矿设备</b> .....	<b>444</b>
第一节 前倾式翻车架 .....	444
一、分类及结构特征 .....	444
二、无动力前倾式翻车架 .....	450
第二节 圆形翻车机 .....	454
一、分类及结构特征 .....	454
二、电动圆形翻车机 .....	460
第三节 矿车振动清扫器 .....	499
一、分类及结构特征 .....	499
二、振动器的主要参数计算 .....	508
<b>第七章 井口设备</b> .....	<b>511</b>
第一节 推车机和爬车机 .....	511
一、概述 .....	511
二、推车机的结构设计 .....	526
三、推车机及爬车机的运动及动力计算 .....	547
四、推车机的强度计算 .....	553
第二节 线路阻车器 .....	562
一、概述 .....	562
二、阻车器的构造 .....	562
三、阻车器的设计计算 .....	567
四、阻车器的强度计算 .....	570
第三节 制动器 .....	576
一、用途及构造 .....	576
二、制动器的设计计算 .....	582
第四节 罐笼承接装置 .....	588
一、摇台 .....	588
二、托罐装置 .....	594



三、稳罐器 .....	601
第五节 安全门 .....	605
一、与罐笼联动式 .....	605
二、气动安全门 .....	606
三、电动安全门 .....	610
第六节 井口设备的配置及联动 .....	611
一、井口设备选择的几个问题 .....	611
二、井口车场的配置情况 .....	614
三、井口车场联动的实例 .....	616
<b>第八章 罐笼</b> .....	<b>623</b>
第一节 罐笼概述 .....	623
一、罐笼的用途、结构和分类 .....	623
二、设计条件和要求 .....	626
第二节 悬挂装置 .....	628
一、单绳悬挂装置 .....	629
二、多绳悬挂装置 .....	640
三、尾绳悬挂装置 .....	678
第三节 断绳防坠器 .....	683
一、概述 .....	683
二、木罐道防坠器 .....	688
三、钢绳制动防坠器 .....	701
第四节 罐体 .....	737
一、罐体结构 .....	737
二、罐体计算 .....	746
第五节 罐笼阻车器及其他罐笼部件 .....	805
一、罐笼阻车器 .....	805
二、导向装置 .....	815
三、罐门 .....	825
<b>第九章 箕斗</b> .....	<b>829</b>
第一节 概述 .....	829
第二节 箕斗结构设计及计算 .....	831
一、翻转式箕斗 .....	831
二、底卸式箕斗 .....	848
第三节 装载支撑及卸载装置 .....	881
一、装载支撑 .....	881
二、卸载装置 .....	882
第四节 平衡锤 .....	897
一、平衡锤的结构 .....	899
二、平衡锤计算 .....	900

<b>第十章 天轮及钢绳罐道紧固装置</b> .....	902
<b>第一节 天轮</b> .....	902
一、概述 .....	902
二、天轮结构设计 .....	904
三、天轮计算 .....	911
四、天轮计算举例 .....	917
五、天轮制造基本技术要求 .....	924
<b>第二节 钢绳罐道紧固装置</b> .....	925
一、钢绳罐道紧固装置的组成 .....	925
二、钢绳罐道紧固装置设计要求 .....	925
三、钢绳罐道紧固装置结构设计 .....	928
<b>第十一章 斜坡设备</b> .....	936
<b>第一节 斜坡箕斗</b> .....	936
一、概述 .....	936
二、箕斗设计计算 .....	947
三、介绍几种箕斗结构型式 .....	957
四、例题 .....	962
<b>第二节 卸载装置</b> .....	970
一、概述 .....	970
二、结构设计 .....	971
<b>第三节 平衡锤</b> .....	973
<b>第四节 斜坡台车及台车阻车器</b> .....	974
一、概述 .....	974
二、结构设计计算 .....	977
三、台车阻车器 .....	980
<b>第五节 线路安全装置</b> .....	981
一、单向止车器 .....	981
二、安全门栏 .....	981
三、避车线式捞车器 .....	982
<b>第六节 托绳轮、导向轮及游动轮</b> .....	983
一、概述 .....	983
二、结构设计计算 .....	986
<b>第七节 钢绳拉紧装置</b> .....	988
一、概述 .....	988
二、结构设计 .....	988
<b>第八节 斜井吊桥</b> .....	989
一、概述 .....	989
二、斜井吊桥的结构及驱动装置计算 .....	989
<b>第十二章 密闭门、气缸、控制阀</b> .....	991

第一节 通风密闭门 .....	991
一、概述 .....	991
二、风门的分类及优缺点 .....	992
三、风门的配置 .....	993
四、风门的结构设计 .....	994
五、风门的设计计算 .....	1001
六、风门安装及使用维护注意事项 .....	1007
第二节 防水密闭门 .....	1007
一、概述 .....	1007
二、防水门的结构 .....	1008
三、防水门的密封 .....	1009
四、防水门的设计计算 .....	1010
五、设计和使用防水门的注意事项 .....	1013
第三节 气缸 .....	1013
一、概述 .....	1013
二、气缸的结构 .....	1015
三、气缸的设计计算 .....	1018
四、气缸的选择计算 .....	1020
五、气缸的工作特性曲线 .....	1021
第四节 控制阀 .....	1022
一、概述 .....	1022
二、气缸控制阀的结构 .....	1023
三、气缸控制阀的应用 .....	1027
四、气缸控制阀的维护保养 .....	1028
参考资料 .....	1029

# 第一章 概 论

## 第一节 采矿设备在矿山生产系统中的分布

由于矿山地质和矿床赋存等条件不同,采矿生产作业流程可以是多种多样的。但总的来说,无非是将矿山采掘工作面经过凿岩爆破下来的矿石和废石,通过一系列装、运、卸的过程而运至选矿厂或废石场;同时,又将生产所需人员、设备、材料等送至工作面。

本书所要介绍的采矿设备,即为上述采、装、运、卸过程中所需的各种设备。从大的方面分,它们可以归为采掘、装卸、运输、提升及其他设备等五大类。提升实为运输的一种,但由于这种运输方式具有许多独自的特点,所以,通常均把它与运输设备区别开来。

上述各种采矿设备在生产系统中的分布如图1-1所示。下面对图1-1做一简要说明。

图1-1只列举了本书所介绍的一些主要采矿设备的某些类型为代表(图中粗实线所示),并以生产作业线的形式示意表明了这些类型设备在生产系统中的分布和作用。

坑内开采的矿山(平硐开拓除外),矿石和废石都需要通过竖井(或斜井)运至地表。井筒根据提升任务的不同,一般又有矿石提升井(主井)及辅助提升井(副井)之分。

矿石提升井主要为运出矿石之用(本图所示即为一多绳提升底卸式箕斗井)。如图1-1,由生产采场采下的矿石通过采场装矿闸门17装入侧卸式矿车14,矿车列车由电机车牵引经过卸载曲轨15将矿石翻卸至中段溜井中,矿石经由中段溜井下部的装矿闸门19装入底卸式矿车18,并被拉至卸载站卸载。矿石经破碎后通过矿仓底部的气动闸门12以及振动给矿机、皮带运输机等转运至箕斗计重装矿闸门25。通过计重装矿闸门向多绳底卸式箕斗1装矿。满载矿石的箕斗被提出井口后,通过在井架上安装的箕斗卸载曲轨2使箕斗底门开启,矿石卸入地面矿仓。

辅助提升井主要为提升人员、材料、设备而设,同时也为提出废石或辅助出矿之用。如图1-1所示,从准备采场采出的部分矿石经梭式矿车24载运至溜井口卸载,通过溜井下部的指状装矿闸门19装入固定式矿车10,矿车列车被拉至井底车场复式阻车器22处,经过摘钩,等待装入罐笼。当罐笼5到达井底车场时,井口设备开始运转,稳罐器20动作,先将罐笼稳住,依次井口安全门6开启,摇台7放下,单式阻车器21及复式阻车器22开启,逐个释放矿车,推车机23推动矿车经过摇台7进入罐笼(同时顶出空矿车)。入罐重车即被罐笼提至地表。

在图1-1所示的平巷掘进中,掘进工作面使用了凿岩台车29,工作面爆破下来的废石装入斗式转载列车28并运至井底车场甩车,列车分解后,同样通过上述一系列井口设备的作用,将废石车装入罐笼而提至地表。

图中井架右侧的地表部分为一废石运输线。由井下提至地表的废石车通过爬车机8送至翻车机9,废石翻卸至废石仓,再通过气动装矿闸门装入斜箕斗13并被提运至山顶,在此经漏

注:本章主要参考资料:〔1〕、〔2〕、〔3〕、〔4〕、〔5〕、〔6〕、〔7〕、〔8〕、〔9〕、〔10〕、〔11〕、〔12〕、〔13〕、〔14〕、〔15〕、〔16〕、〔17〕、〔18〕。

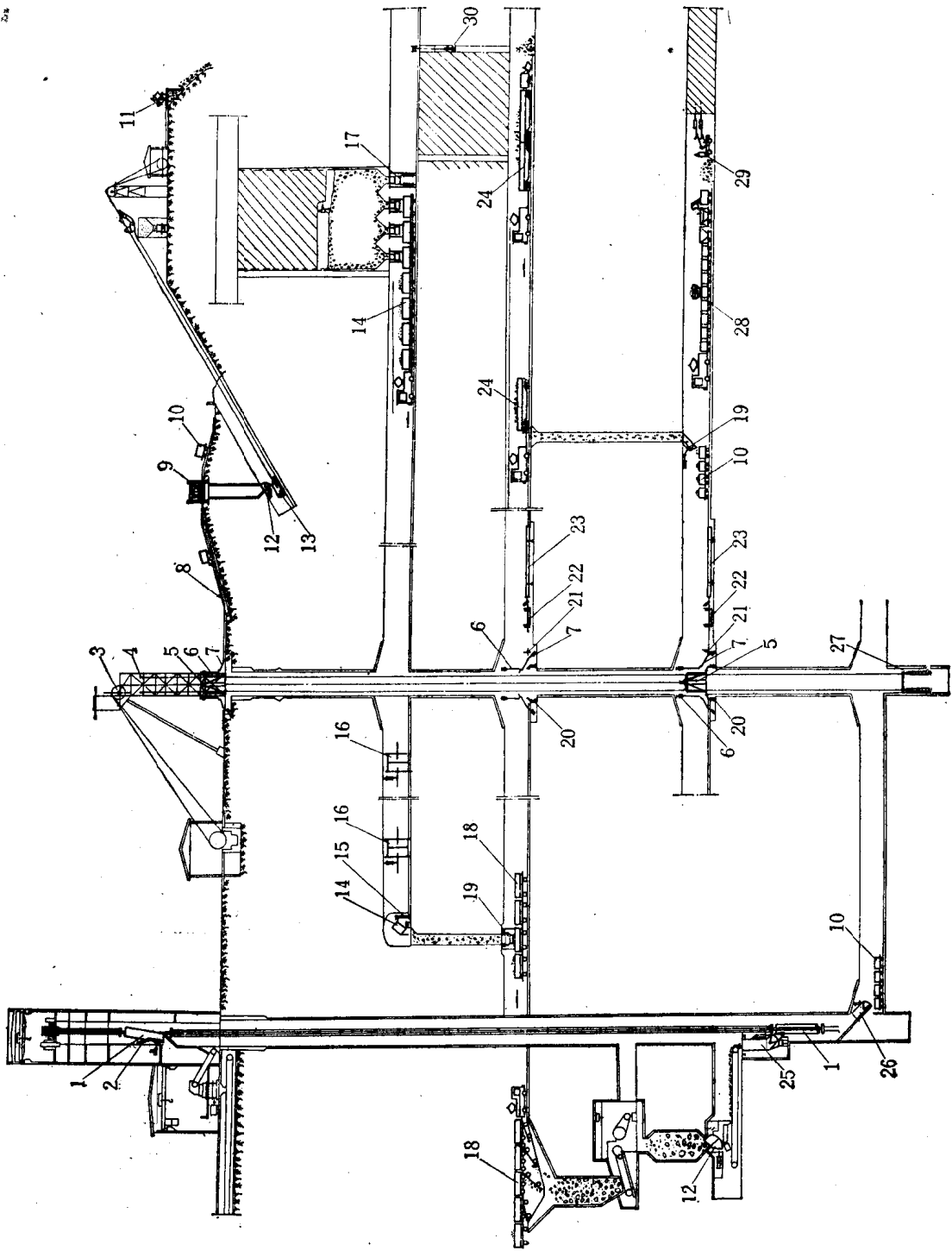


图 1-1 采矿设备分布示意图

斗装矿闸门装入矿车，送至废石边坡安装的翻车架11而将废石分卸到山坡另一侧的废石场。

井筒上部所示的标号3为天轮，上部的标号4和下部的标号27分别表示井筒内钢绳罐道的固定装置和拉紧装置。

准备采场两侧的天井是利用天井吊罐30来进行开凿的。

中段平巷中的标号16为控制风流用的气动碰杆式风门。

图1-1所示的生产作业线，是表明采矿设备在生产系统中的分布和作用。实际生产中，并不一定按图中的方式组成。

采矿设备的类型和发展，与采矿工艺有着密切的联系。新的采矿设备可以促进采矿工艺的发展。同样，新的采矿工艺又需要新的采矿设备以适应新的工艺要求。因此，采矿设备的类型较多，而且也总是在不断地演变和发展。为适应矿山技术不断发展的需要，采矿设备设计人员必需遵照毛主席关于“破除迷信，解放思想”，“打破洋框框，走自己工业发展道路”的伟大教导，发扬独立自主，自力更生的革命精神，深入调查研究，理论联系实际，密切与广大工人群众相结合，努力提高设备设计水平。

随着矿山建设的迅速发展，我国采矿设备的生产制造工作，也有了很大的进展。某些在生产使用中发展起来的新设备、新品种正向系列化、标准化生产过渡。产品系列化、标准化工作有利于定厂制造，有利于降低生产成本，提高产品质量，有利于设备配套和维修，对加快矿山建设速度和节约生产、建设资金都是十分重要的。因此，设计者在为提高矿山生产效率，积极采用新技术，努力发展新设备、新品种的同时，又必须十分重视已有设备的选型、定型和系列化设计工作，为采矿设备加快过渡到系列化、标准化生产而创造条件。

如前所述，随着采矿工艺和生产的不断发展，采矿设备也必须不断地革新和创新。同时，某些通用性较大，使用数量较多，且已经生产实践证明为有效的新品种、新设备，必然要向定型化和标准化逐步过渡，这是事物发展的必然规律。因此，就采矿设备而言，习惯所称“标准”或“非标准”设备之间并不存在什么固定的界限，只是在发展阶段上或设备生产的组织安排上暂时有所不同。而且，二者也将永远同时存在，有的则将从后者向前者转化。过去曾把本书所列的各种采矿设备统称为“采矿非标准设备”，这是不确切的，容易引起误解。所以，本书已把它改正过来。

## 第二节 采矿设备设计应考虑的特殊条件与要求

毛主席在《矛盾论》中指出：“对于物质的每一种运动形式，必须注意它和其他各种运动形式的共同点。但是，尤其重要的，成为我们认识事物的基础的东西，则是必须注意它的特殊点，就是说，注意它和其他运动形式的质的区别。”

采矿设备，是机械设备的一个类别。它与其他机械具有许多共同点。毫无疑问，通常机械设计的一般原则、结构的基本形式、常规计算方法等都需在这些设计中加以运用。但是，由于采矿设备的使用条件恶劣，影响因素很多，这样就给设备提出了许多特殊条件与要求。设计者只有充分研究和认识这些设备运动形式的特殊规律，针对其特殊性在设计中采取必要的措施，才能做出多快好省符合实际的设备设计，使这些设备具有较好的适应性能，达到满足生产要求的目的。本节概述有关采矿设备设计应考虑的特殊条件与要求，并收集列举一些有关技术数据与规定，供设计时参考。

### 一、矿石性质的影响

工作面爆破后的矿石(或岩石),是一种松散物体。本书所谈矿石性质是指这些松散矿石(或岩石)对设备有影响的某些物理机械性质、化学性质以及其他特性而言。包括矿石的块度、硬度、体重及松散体重、摩擦角、流动性、粘结性、腐蚀性以及其他情况,如含粉矿量以及泥水量等等。

采矿设备主要是为采、掘、装、运矿石服务的。矿石性质对设备的使用有直接影响。根据矿石性质不同,对设备结构要求和型式选择就有所不同。所以设计前必须弄清矿石性质这一条件。

### (一) 块度

块度这个概念在实际应用中有不同的含义。本书所谓块度,系指习惯所称松散矿石中具有一定尺度的块粒而言。矿石块粒尺度的测量方法,实用中也不一样,有的用平均长度或直径来表示,有的用块粒的最大边长尺寸 $a$ 来表示(如图1-2),本书采用后一种方法。松散矿石中块度大于规定的最小界限的称为块矿,其余则称为粉矿。但在实用中对这一最小界限尚无严格规定,常把矿石颗粒约3~5毫米以下的即视为粉矿。

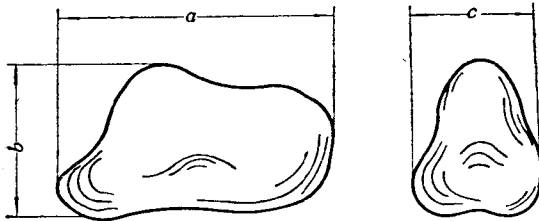


图 1-2 矿块尺寸图

在松散矿石中,还把最大块度 $a_{max}$ 到块度为 $0.8a_{max}$ 的所有矿块统称为最大块料组。最大块料组的重量占松散矿石总重量的百分比称为最大块料组的重量比。工作面爆破下来的矿石为未经分级挑选的松散物体,其标准块尺寸 $a_s$ 视其最大块料组的重量比如何而定。凡重量比少于10%的,标准块尺寸 $a_s$ 取为 $0.8a_{max}$ ;重量比大于10%的,标准块尺寸 $a_s$ 即取为 $a_{max}$ 。

在矿山实际作业中,考虑到破碎和装运等条件的限制,由回采工作面放出的矿块通常又规定一个最大允许尺寸(用 $a'$ 表示),称为出矿块度。出矿块度是通过在回采区段出矿处安装一定孔径的格筛来控制的。超过出矿块度的要进行二次破碎处理。现代地下开采矿山,根据规模、采矿及凿岩爆破方法的不同,允许出矿块度 $a'$ 的尺寸范围很大,可在200~1000毫米范围内。我国目前多数地下开采的金属矿山, $a'$ 大多在300~700毫米以内,但少数也有达到900~1000毫米的。

上述“标准块”尺寸 $a_s$ 及规定的“出矿块度” $a'$ 均为有关设备设计的重要依据(凡处理经过格筛控制矿石块度的设备应以后者为依据)。许多有关设计参数都由此决定。但实践证明,在采矿作业中往往由于格筛损坏或管理不严,出矿块度难于严格控制,超过允许尺寸的大块是常见的。除矿山应加强技术管理外,设备设计对这一实际情况也应适当加以考虑。

块度大小对设备设计有密切关系,例如装矿闸门的溜口截面尺寸就必须根据出矿块度 $a'$ 来确定。溜口截面随块度增大而增大,相应闸门受到矿石的压力和冲击也大大增加,由此对闸门构件强度计算及决定尺寸产生一系列影响。块度也与闸门结构型式的选择有关,例如中小块度采用扇形闸门较多。块度太大,则由于扇门宽度太大而易产生弯扭变形。若在保证扇门有足够刚性与强度,重量便大大增加且需要采用双侧气缸牵引,结构也较复杂。当块度超过400~500毫米时,一般则以采用指状、链式或其他型式的闸门较为有利。

据某些实测资料介绍,金属矿床非层状硬质岩石,爆破后矿块形状特征尺寸数字大致有

据某些实测资料介绍,金属矿床非层状硬质岩石,爆破后矿块形状特征尺寸数字大致有

如下的比例。即  $a : b : c = 1.58 : 1 : 0.65$  (参见图1-2)。具有立方体形状的矿块,一般只占块数的4~5%以下。

矿石块度愈大,矿块重量也就愈大。特别是立方体矿块的重量是随块度的三次方变化,块度稍大,重量则急剧增加。如块度300毫米的立方体矿块,重量约60公斤(按比重2.5计)。块度增为400毫米时重量增为160公斤;块度500毫米时重量则达到300公斤以上。由此,矿块对受矿容器如矿车车箱和箕斗斗箱等的冲击载荷也相应增大。

矿石块度不同,对某些设备(如电耙、各种装岩机等)的影响也是显著的。铲斗切入矿堆的阻力随块度加大而增大,切入400毫米块度矿堆的阻力约为切入100毫米块度矿堆阻力的三倍。某些小型风动装岩设备装载块度400毫米以上矿石的生产效率仅为装载50~100毫米矿石时的40%。

由此可见,块度大小对设备的尺寸、型式、强度、动力以及生产效率等有着密切关系。块度这个因素,在设计时是必须特别注意的。

### (二) 硬度

矿石(或岩石)的硬度通常以该种矿石(或岩石)的抗压强度(公斤/厘米<sup>2</sup>)来表示。即取抗压强度值的百分之一称为普氏硬度系数  $f$ 。例如某矿石试验所得的抗压强度为1000公斤/厘米<sup>2</sup>,其普氏硬度系数  $f$  即为10。

不同矿石或岩石的硬度差别很大。一般  $f$  值在3~25范围内。 $f < 10$ 的称为软岩; $f = 10 \sim 15$ 的称为中硬岩; $f > 15$ 的称为硬岩。金属矿山一些矿石或岩石的硬度系数  $f$  值列于表1-1。

矿石及岩石普氏硬度系数 ( $f$ ) 表

表 1-1

矿石或岩石	$f$	矿石或岩石	$f$	矿石或岩石	$f$
赤铁矿、磁铁矿	6~16	含钼砂卡岩矿石	8~10	石灰岩	6~10
菱铁矿	8~16	含钼石灰岩矿石	6~8	硅化石灰岩	10~18
铬铁矿	8~10	含镍硅酸盐矿石	3.5	石英岩	15~18
碳酸锰矿	6~18	含钨砂卡岩矿石	8~10	砂岩	8~16
菱镁矿	6	含钨石英脉矿石	10~12	大理岩	6~12
含铜砂卡岩矿石	8~12	含锡砂卡岩矿石	8~12	角闪片麻岩	10~14
含铜黄铁矿	5~12	含铋硅化石灰岩矿石	14~16	片岩	6~10
含铜石灰岩	8~10	安山岩、辉绿岩、玄武岩	10~15	页岩	2~6
含铅锌角砾岩矿石	8~10	花岗岩、闪长岩、辉长岩	8~12	千枚岩	2~12

矿石硬度不同,对设备的磨损也有所不同。一般说,矿石硬度较大,矿块常具有较锐利坚硬的棱边,因而对设备的磨损也较快,冲击时形成的局部集中应力也较大。如有的矿山在中硬岩石条件下使用的箕斗斗箱衬板(材料A3,厚12)不到半年即被磨坏,但在软岩条件下( $f = 3 \sim 7$ )使用同类设备,衬板寿命则可延长一倍以上。

矿石硬度越大就越不易破碎,这对破碎机械来说是一个直接有重要影响的因素。对其他装卸矿设备来说,矿石越硬,遇到卡矿时,疏通也愈不容易;当有小块矿石卡在闸门和侧板缝隙中时,坚硬矿石不易挤碎,容易造成故障。所以矿石硬度大小是设备设计时应加注意的问题。

### (三) 体重及松散体重

矿石体重为单位体积的实体矿石(或岩石)所具有的重量。单位一般取吨/米<sup>3</sup>或公斤/



米<sup>3</sup>，以 $\gamma$ 表示之。

矿石松散体重为单位体积的松散矿石（或岩石）所具有的重量。单位同样取吨/米<sup>3</sup>或公斤/米<sup>3</sup>，以 $\gamma'$ 表示之。

矿石体重与松散体重有如下的关系：

$$\gamma = K_s \gamma'$$

$K_s$ 为同重量的矿石（或岩石）在松散状态下的体积 $V'$ 与在实体状态下的体积 $V$ 之比，称为松散系数（即 $K_s = \frac{V'}{V}$ ）。松散系数 $K_s$ 值一般在1.2~1.8之间变化，细碎而质软的矿石（或岩石） $K_s$ 值较小，块度大且硬度大的矿石（或岩石） $K_s$ 值较大。通常大块坚硬矿石可取 $K_s = 1.5 \sim 1.8$ 。某些矿石或岩石的体重（ $\gamma$ ）、松散体重（ $\gamma'$ ）及松散系数（ $K_s$ ）值列于表1-2。体重与松散体重是决定设备荷重和容积的原始依据，是设备设计必不可少的条件。

矿石岩石体重（ $\gamma$ ）、松散体重（ $\gamma'$ ）及松散系数（ $K_s$ ）表

表 1-2

矿石、岩石名称	$\gamma$ 吨/米 <sup>3</sup>	$\gamma'$ 吨/米 <sup>3</sup>	$K_s$	矿石、岩石名称	$\gamma$ 吨/米 <sup>3</sup>	$\gamma'$ 吨/米 <sup>3</sup>	$K_s$
磁 铁 矿	—	2.5~3.5	1.5~1.8	花岗岩、闪长岩	2.6~2.8	—	1.5
赤 铁 矿	—	2.0~2.8	1.5	辉长岩	2.7~3	—	1.5
黄 铁 矿	—	2.2~2.8	—	玄武岩、辉绿岩	2.6~2.7	—	1.5
褐 铁 矿	—	1.9~2.6	—	大理岩	2.6~2.8	—	1.5~1.7
黄 铜 矿	—	2.0~2.5	—	千枚岩	2.2~2.9	—	1.5~1.6
铜 矿	—	1.7~2.1	1.5~1.7	硅化石灰岩	2.6	—	1.5~1.6
锰 矿	—	1.7~1.9	—	片 岩	2.6~2.8	—	1.4~1.5
铜 精 矿	—	1.3~1.8	—	砂 岩	2.4~2.6	—	1.5~1.6
锌 精 矿	—	1.3~1.7	—	页 岩	2.2~2.6	—	1.3~1.4
铅 精 矿	—	1.9~2.4	—	石英岩	2.5~2.8	—	1.5~1.7
铅 锌 精 矿	—	1.3~2.4	—	无烟煤（干、小）	—	0.7~1.0	—
磷 灰 石	—	1.4~1.6	—	烟 煤	—	0.8	—
石 灰 石	—	1.4~1.6	1.5~1.7	褐 煤	—	0.6~0.8	—
砂 子	—	1.4~2.0	—	焦 炭	—	0.36~0.53	—

#### （四）摩擦角

松散物体的摩擦角有内摩擦角与外摩擦角之分。

内摩擦角又称为安息角（也有称为自然休止角）。即松散物体在平面上堆积成锥形时，其锥面与水平面自然形成的角度。这一现象系由松散物体内部颗粒之间具有一定摩擦力所产生。其值的大小与松散物体的尺寸大小、均匀程度及湿度等因素有关。

内摩擦角随颗粒尺寸的加大而减小。这是因为各种松散体的机械强度均视颗粒之间的联结情况而定，当颗粒尺寸增大时，其表面积与自重相比较，增加并不多，因而联结力就不足以使颗粒停留在某种不稳定的位置上，联结强度减低，内摩擦角即随之减小。

通常随着松散物体湿度的增加，内摩擦角也有增加。但当湿度增加到某一限度并继续增加时，其内摩擦角反而下降。这是因为水分主要是含在细微颗粒中和较大颗粒的表面，水分含量在适当情况下增加了颗粒间的附着力，即增加了颗粒的稳定性。但当水分继续增加到颗粒内部不能再吸收时，水分便在颗粒之间起了一种润滑剂的作用，打破了颗粒的稳定状态，因而也就大大降低了松散物体的内摩擦角。物料因干湿不同引起内摩擦角的变化参见表1-3。