



# 现代采矿手册

王运敏 主编

(上册)



冶金工业出版社  
Metallurgical Industry Press

# 现代采矿手册

(上册)

王运敏 主编

北京  
冶金工业出版社  
2011

## 内 容 提 要

本书分为上、中、下三册。上册包括:绪论、矿山地质及水文地质、矿山测量、矿山地面总体布置、矿山岩石力学、露天矿穿孔设备、爆破工程。中册包括:露天开采、地下开采。下册包括:露天地下联合开采、特殊条件矿床开采、矿井通风、矿山压气、矿山防排水、矿山清洁生产与环境保护、矿山地质灾害及治理、数字化矿山、采矿系统工程、矿山建设项目评价、环境影响评价、职业病危害评价、安全评价。

本书全面、系统介绍了我国非煤固体矿产采矿技术、采矿方法与采矿设备,内容涉及与我国金属矿开采有关的所有专业,既有基础性的理论,又有前沿技术,是我国几十年广大矿业科技工作者采矿理论与技术的积累,具有较大的参考价值。

本书可供从事矿山的科研和设计、施工建设、矿山生产技术人员和各级管理人员使用;亦可供大专院校的师生参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

现代采矿手册. 上册/王运敏主编. —北京:冶金工业出版社,2011.5

ISBN 978-7-5024-5567-5

I. ①现… II. ①王… III. ①矿山开采—技术手册  
IV. ①TD8-62

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第048975号

出版人 曹胜利

地 址 北京北河沿大街嵩祝院北巷39号,邮编100009

电 话 (010)64027926 电子信箱 yjchs@cnmip.com.cn

责任编辑 王之光 杨秋奎 美术编辑 李新 版式设计 孙跃红

责任校对 刘倩 王贺兰 王永欣 责任印制 牛晓波

ISBN 978-7-5024-5567-5

北京兴华印刷厂印刷;冶金工业出版社发行;各地新华书店经销

2011年5月第1版,2011年5月第1次印刷

210mm×285mm;57.75印张;1818千字;907页

290.00元

冶金工业出版社发行部 电话:(010)64044283 传真:(010)64027893

冶金书店 地址:北京东四西大街46号(100010) 电话:(010)65289081(兼传真)

(本书如有印装质量问题,本社发行部负责退换)

# 《现代采矿手册》(上册)

## 编 撰 人 员

主 编 王运敏

(以下按姓氏笔画排序)

副主编 马大喜 刘效良 吕文生 朱君星 张化远 李克庆

徐志宏 郭进平

撰稿人 马大喜 王运敏 刘效良 华少广 吕文生 朱君星

吴小刚 张化远 李克庆 邵必林 徐志宏 徐修平

郭进平 曹作忠 惠鸿斌 程 平

# 前 言

随着我国国民经济的快速增长,城市化、工业化进程的加快以及我国社会消费结构的变化,对资源的需求越来越大,拉动了我国矿业的快速发展。自1992年我国铁矿石产量突破2亿吨,历经10年盘整,2002年达到2.3亿吨,此后进入迅猛增长阶段,2010年达10.72亿吨,8年年平均复合增长率达21.2%;铁精粉价格一路攀升,2008年66%品位的铁精粉最高达到1610元/t,形成了量价齐升的格局;黑色金属矿采选业固定资产投资规模也大幅度攀升,从2004年的132亿元,到2010年的1066亿元,6年年平均复合增长率达41.6%。有色金属矿采选业的投资规模也一路高歌:2004年117亿元,2010年1009亿元,6年年平均复合增长率达43.2%,我们用了不到半个世纪的时间,跻身为世界第三矿业大国。

最近10年,我国金属矿开采技术和理论取得较大进展,许多采矿新技术、新工艺、新设备和新材料在矿山得到应用。在露天开采方面,开采工艺更加成熟,运输方式更加多样化、高效化,随着陡帮开采、采矿工艺连续化半连续化、可移式破碎站、陡坡铁路运输、振动给矿机转载站、汽车-提升机运输等技术的应用,无(低)废开采技术、矿山的数字化、智能化与无人采矿等先进技术的推广,矿山的生产效率明显提高。在地下开采方面,大孔径潜孔钻机、牙轮钻机和凿岩台车、铲运机和装载机、井下矿用汽车、装药机械和锚杆台车等辅助采矿机械获得推广应用,VCR采矿法、高分段崩落采矿法、自然崩落采矿法、水平和缓倾斜厚大矿体的房柱法等高效采矿方法和工艺相继诞生。充填采矿方法应用范围进一步扩大,各种充填采矿方法的变形方法也相继得到推广应用,生产效率明显提高。在采矿设备方面,目前我国露天矿山的主体设备中,牙轮钻机孔径已达310~380mm,潜孔钻机孔径为150~200mm,装药车的载重10~25t,机械式单斗挖掘机铲斗容量达27~35m<sup>3</sup>,液压挖掘机达10~15m<sup>3</sup>,斗轮挖掘机的生产能力达3500~4000m<sup>3</sup>/h,前端式装载机的铲斗容积达8~10m<sup>3</sup>,重型卡车的载重能力达100~150t,电机车的黏着重量为1000~1500t,带式输送机的胶带宽度已达1800~2000mm,运量为2000~2500t/h,运距达15~20km,功率超过1600kW。在地下矿山的主体设备中,中深孔采矿钻机孔径为50~100mm,孔深达10~20m,装药器的容量为80~150kg,铲运机的铲斗容积达3~4m<sup>3</sup>,轮胎式运矿车的载重达18~30t,井下电机车的黏着重量为14~30t。采矿装备的进步还使一些以前无法开采或难以开采的复杂难采矿体得到有效开采和利用。

冶金工业出版社于20世纪80~90年代出版的《采矿手册》曾经为我国采矿科学技

术进步作出杰出贡献,但其内容已经不能适应和满足目前我国矿山快速发展的实际需要。为了全面系统地总结我国近20年来在采矿方面取得的科学技术成就,更好地推广先进采矿科学技术和理念,推动我国采矿技术和设备的科研、设计、生产水平,促进采矿事业的进步,中钢集团马鞍山矿山研究院联合全国20多家高校科研单位和100多家矿山企业和设备制造厂家,共同组织编写了大型工具书——《现代采矿手册》。本书分为上、中、下三册。上册包括:绪论、矿山地质及水文地质、矿山测量、矿山地面总体布置、矿山岩石力学、露天矿穿孔设备、爆破工程。中册包括:露天开采、地下开采。下册包括:露天地下联合开采、特殊条件矿床开采、矿井通风、矿山压气、矿山防排水、矿山清洁生产与环境保护、矿山地质灾害及治理、数字化矿山、采矿系统工程、矿山建设项目评价、环境影响评价、职业病危害评价、安全评价。本书由中钢集团马鞍山矿山研究院王运敏教授担任主编。

本书在编写过程中,参阅了大量的国内外文献资料,部分采用了原《采矿手册》、《采矿设计手册》和《采矿工程师手册》的资料,在此谨向文献作者表示衷心感谢。

由于水平有限,书中不妥之处,恳请读者指正。

编 者  
2010年3月

## 冶金工业出版社部分图书推荐

书 名	定价(元)
采矿手册(第1卷~第7卷)	927.00
选矿手册(第1卷至第8卷共14分册)	637.50
现代金属矿床开采技术	260.00
采矿工程师手册(上、下)	395.00
爆破手册	180.00
矿用药剂	249.00
中国冶金百科全书·采矿	180.00
中国冶金百科全书·安全环保	120.00
中国冶金百科全书·选矿	140.00
现代矿山企业安全控制创新理论与支撑体系	75.00
矿山废料胶结充填(第2版)	48.00
矿井风流流动与控制	30.00
露天矿山台阶中深孔爆破开采技术	25.00
采矿概论	28.00
采矿学(第2版)	58.00
中国爆破新技术II	200.00
工程爆破实用手册(第2版)	60.00
中国典型爆破工程与技术	260.00
选矿设计手册	140.00
金属矿山尾矿综合利用与资源化	16.00
带用有色金属资源开发与加工	88.00
非金属矿加工技术与应用	119.00
矿山工程设备技术	79.00
地下装载机	99.00
炸药化学与制造	59.00
选矿知识600问	38.00
采矿知识500问	49.00
金属矿山安全生产400问	46.00
矿山尘害问答	35.00
矿山地质技术	48.00
现代矿业管理经济学	36.00
井巷工程	38.00
露天采矿机械	32.00
现代选矿技术手册(第2册)浮选与化学选矿	96.00

# 目 录

1 绪论 .....	1
1.1 矿产资源概况 .....	1
1.1.1 矿产资源种类及储量 .....	1
1.1.2 资源开发特点及供需预测 .....	2
1.2 矿业开发现状、问题及建设规模 .....	6
1.2.1 矿业开发现状 .....	6
1.2.2 矿业开发存在的问题 .....	8
1.2.3 矿山规模类型、装备水平及工作制度 .....	10
1.3 有关矿产资源开发的法律法规 .....	15
1.3.1 矿产资源法 .....	15
1.3.2 探矿权的取得及转让 .....	18
1.3.3 采矿权的取得及转让 .....	22
1.3.4 开办矿山企业的条件和矿产资源的开发利用及资源税 .....	23
1.3.5 矿产资源开发过程安全规定 .....	27
1.3.6 矿产资源开发环境保护 .....	29
1.3.7 有关矿产资源开发的法规目录 .....	30
1.4 企业投资项目的阶段活动与管理程序 .....	31
1.4.1 企业投资项目的阶段活动 .....	31
1.4.2 企业投资项目的管理程序 .....	35
1.4.3 矿山建设项目的竣工验收 .....	37
参考文献 .....	42
2 矿山地质及水文地质 .....	43
2.1 矿山地质概述 .....	43
2.1.1 矿山开发程序及矿山地质工作的作用 .....	43
2.1.2 矿山地质工作的原则 .....	44
2.1.3 矿山地质工作的主要内容 .....	44
2.2 矿床地质 .....	46
2.2.1 成矿作用和矿床的成因分类 .....	46
2.2.2 矿床地质-工业类型 .....	47
2.2.3 黑色金属矿床 .....	47
2.2.4 有色金属矿床 .....	49
2.2.5 贵重和稀有金属矿床 .....	56
2.2.6 放射性矿床 .....	60
2.2.7 冶金辅助原料矿床 .....	62



2.2.8	建筑材料矿床	67
2.2.9	化工原料矿床	70
2.3	矿山基建阶段的地质工作	74
2.3.1	矿山基建前期的设计地质工作	75
2.3.2	矿山基建期一般性地质工作	77
2.3.3	基建勘探工作	82
2.4	生产勘探	83
2.4.1	生产勘探的目的与任务	83
2.4.2	生产勘探分类	84
2.4.3	生产勘探手段	84
2.4.4	生产勘探工程的总体布置	88
2.4.5	生产勘探工程网度	89
2.4.6	探采结合	94
2.4.7	生产勘探设计、施工管理和总结	97
2.5	矿山地质取样	100
2.5.1	矿山地质取样的目的与任务	100
2.5.2	矿山地质取样的种类	100
2.5.3	化学取样	101
2.5.4	物理取样	112
2.5.5	岩矿测试(鉴定)取样	119
2.5.6	矿石加工技术试验取样	122
2.6	生产矿山地质编录及主要图件	124
2.6.1	概述	124
2.6.2	原始地质编录	124
2.6.3	综合地质编录	131
2.7	生产矿山资源/储量计算	138
2.7.1	圈定矿体的工业指标	138
2.7.2	矿体边界线种类	141
2.7.3	矿体边界线的圈定方法	141
2.7.4	矿产资源/储量计算参数的确定	143
2.7.5	矿产资源/储量计算方法	144
2.7.6	固体矿产资源/储量分类方法	152
2.8	矿山地质技术管理	157
2.8.1	矿产资源储量管理	157
2.8.2	矿石质量管理	160
2.8.3	矿石损失、贫化的监督管理	163
2.8.4	现场施工生产中的地质管理	166
2.8.5	采掘单元停采或结束时的地质管理工作	167
2.9	矿山水文地质	168
2.9.1	矿山水文地质工作的目的和任务	168
2.9.2	矿山水文地质条件分类	168
2.9.3	矿山日常水文地质工作	169
2.9.4	矿山水文地质图纸资料	173

2.9.5	矿坑涌水量预测方法简述	174
2.9.6	矿坑水害的防治	175
2.10	矿山设计所需地质资料及勘探程度评价	180
2.10.1	基础地质资料	180
2.10.2	不同设计任务所需矿山地质资料	182
2.10.3	勘探程度评价	183
2.11	资源危机矿山接替资源勘查	186
2.11.1	矿山接替资源勘查概述	186
2.11.2	矿山接替资源勘查的地质途径	187
2.11.3	矿山接替资源勘查的地球化学方法	188
2.11.4	矿山接替资源勘查的物探方法	189
2.11.5	矿山接替资源勘查的数学方法	193
2.11.6	矿山接替资源勘查的工程手段与布置特点	194
2.12	矿床地质经济评价	194
2.12.1	矿床经济评价概述	194
2.12.2	矿床财务评价	196
2.12.3	矿床国民经济评价	199
2.12.4	矿床经济效果的不确定性分析	206
2.13	矿山化验室设计	208
2.13.1	化验室的任务	208
2.13.2	化验室设计的资料依据	208
2.13.3	化验室设计的原则	208
2.13.4	化验室设计的主要内容	208
2.13.5	化验室设计的编制	209
2.13.6	矿山化验室实例	219
2.13.7	样品加工室设计	222
2.13.8	岩矿鉴定室设计	223
2.13.9	化验室管理	224
	参考文献	237
3	矿山测量	239
3.1	概述	239
3.2	矿山测量的工作内容和要求	239
3.3	矿区地表控制测量	240
3.3.1	矿区地表平面控制测量	240
3.3.2	矿区地表高程控制测量	245
3.4	露天矿测量	247
3.4.1	露天矿测量的主要工作	247
3.4.2	露天矿平面工作控制测量	247
3.4.3	工作控制点的高程测量	249
3.4.4	露天矿工作控制测量实例	250
3.4.5	露天矿生产测量	251
3.4.6	露天矿产量统计	252

3.5 矿井测量 .....	253
3.5.1 矿井联系测量 .....	253
3.5.2 井下控制测量和掘进给向测量 .....	281
3.5.3 采场测量 .....	294
3.5.4 竖井施工测量 .....	299
3.5.5 贯通测量 .....	308
3.6 岩移观测 .....	316
3.6.1 岩层与地表移动观测的目的 .....	316
3.6.2 几个常用的基本概念 .....	317
3.6.3 地表移动观测站 .....	318
3.6.4 岩层内部观测 .....	322
3.7 测量仪器与仪表 .....	324
3.7.1 数字化测量的基本概念与测量仪器的发展趋势 .....	324
3.7.2 数字水准仪 .....	332
3.7.3 光电测距仪 .....	360
3.7.4 电子经纬仪 .....	372
3.7.5 全站仪 .....	381
3.7.6 常见 GPS 接收机简介 .....	385
3.7.7 激光仪器的原理与应用 .....	392
3.7.8 专用电子测绘仪器应用 .....	396
3.8 矿山测量的误差分析 .....	402
3.8.1 井下导线测量的精度分析 .....	402
3.8.2 井下高程测量的误差 .....	441
3.8.3 矿井定向的精度分析 .....	446
3.8.4 贯通测量方案的选择与误差预计 .....	464
3.9 现代测量技术 .....	466
3.9.1 现代测绘科学的形成 .....	466
3.9.2 精密水准测量与精密角度测量 .....	467
3.9.3 GPS 连续运行参考站网络(CORS) .....	477
3.9.4 遥感理论与技术 .....	497
3.9.5 矿山数字化测绘技术 .....	500
3.9.6 基于 MGIS 的矿山数据管理与分析 .....	505
3.10 矿山测量图纸及其资料 .....	507
3.10.1 基本要求 .....	507
3.10.2 矿山基本矿图的种类及其应用 .....	508
3.10.3 矿图的填绘与计算机辅助绘制矿图 .....	513
3.10.4 矿井地质测量信息系统 .....	518
参考文献 .....	520
4 矿山地面总体布置 .....	522
4.1 概述 .....	522
4.1.1 矿山地面总体布置的任务 .....	522
4.1.2 矿山场地与地面设施 .....	523

4.1.3	矿山地面总体布置依据的基础资料 .....	524
4.1.4	矿山地面总体布置方法及其新发展 .....	525
4.2	总体布置 .....	529
4.2.1	总体布置的主要内容 .....	529
4.2.2	矿山总体布置的特点 .....	529
4.2.3	总平面布置原则 .....	530
4.2.4	主要场地位置的选择 .....	530
4.2.5	影响总体布置的自然因素 .....	533
4.3	场地总平面布置 .....	537
4.3.1	采矿业工业场地 .....	537
4.3.2	爆破器材库场地 .....	540
4.3.3	附表 .....	546
4.4	地面运输系统布置 .....	547
4.4.1	地面运输系统布置的一般原则 .....	547
4.4.2	矿山地面运输系统及运输方式 .....	548
	参考文献 .....	549
5	矿山岩石力学 .....	550
5.1	岩石力学概述 .....	550
5.1.1	岩石的主要物理指标 .....	550
5.1.2	岩石基本力学性质 .....	558
5.1.3	岩石基本力学性质的测定 .....	568
5.1.4	岩石的变形与强度 .....	575
5.1.5	岩体力学性能 .....	586
5.1.6	散体的物理力学性质 .....	596
5.2	岩体的工程分类与稳定性 .....	605
5.2.1	概述 .....	605
5.2.2	分级发展与现状 .....	606
5.2.3	岩石分类 .....	613
5.2.4	岩体分类 .....	615
5.2.5	岩体工程分类 .....	619
5.2.6	我国现行规范中采用的岩体分级方法 .....	622
5.2.7	工程岩体分级标准 .....	642
5.2.8	国外巷道围岩分类 .....	645
	参考文献 .....	646
6	露天矿穿孔设备 .....	647
6.1	牙轮钻机 .....	647
6.1.1	现状与发展趋势 .....	647
6.1.2	分类与特点及适用范围 .....	651
6.1.3	基本原理与结构特征 .....	652
6.1.4	主要性能工作参数计算 .....	680
6.1.5	主要生产厂家的技术性能参数 .....	683

6.1.6 选型原则与设备匹配 .....	699
6.2 露天潜孔钻机 .....	706
6.2.1 现状与发展趋势 .....	706
6.2.2 分类与特点及适用范围 .....	707
6.2.3 基本参数与结构 .....	708
6.2.4 冲击器 .....	714
6.2.5 钻头、钻杆 .....	717
6.2.6 主要技术参数计算 .....	717
6.2.7 主要生产厂家及产品技术性能 .....	734
6.2.8 选型 .....	747
6.3 露天凿岩钻车 .....	751
6.3.1 现状与发展趋势 .....	751
6.3.2 分类与特点及适用范围 .....	752
6.3.3 液压凿岩台车的结构与性能 .....	752
6.3.4 履带式露天钻车 .....	756
6.3.5 主要生产厂家的技术性能参数 .....	756
参考文献 .....	765
7 爆破工程 .....	766
7.1 概述 .....	766
7.1.1 爆破技术的发展史 .....	766
7.1.2 爆破工程在国民经济建设中的作用 .....	767
7.1.3 爆破方法 .....	767
7.2 爆破技术 .....	769
7.2.1 岩石爆破破坏基本理论 .....	769
7.2.2 爆破漏斗理论 .....	773
7.2.3 浅孔爆破 .....	778
7.2.4 地下矿山深孔爆破 .....	786
7.2.5 露天矿山中深孔爆破 .....	796
7.2.6 矿山控制爆破技术 .....	802
7.2.7 裸露爆破法 .....	812
7.2.8 硐室爆破 .....	815
7.3 工业炸药 .....	828
7.3.1 概述 .....	828
7.3.2 炸药的分类 .....	829
7.3.3 炸药的基本特征 .....	830
7.3.4 热力学基本概念 .....	832
7.3.5 爆炸反应与氧平衡 .....	834
7.3.6 常用炸药 .....	837
7.3.7 现场混装炸药技术 .....	842
7.4 起爆器材 .....	845
7.4.1 概念 .....	845
7.4.2 药包的起爆过程 .....	847

7.4.3 起爆器材及其性能 .....	848
7.5 起爆方法与网路 .....	857
7.5.1 电力起爆方法 .....	857
7.5.2 导爆索起爆方法 .....	861
7.5.3 导爆管雷管起爆方法 .....	863
7.5.4 电子雷管及其起爆系统 .....	869
7.6 爆破安全技术 .....	874
7.6.1 爆破飞石 .....	874
7.6.2 爆破震动 .....	877
7.6.3 爆破空气冲击波 .....	886
7.6.4 爆破尘毒 .....	897
7.6.5 爆破噪声 .....	899
7.6.6 早爆预防 .....	901
7.6.7 拒爆处理 .....	903
参考文献 .....	907



# 绪论

## 1.1 矿产资源概况

### 1.1.1 矿产资源种类及储量

矿产资源按照其用途分为原料矿产和能源矿产。能源矿产包括煤、石油、天然气等,原料矿产主要是非煤固体矿产,包括金属矿产和非金属矿产,其中非金属矿产主要包括化工原料、建材及冶金辅助原料矿等。

我国经济正汇入世界经济一体化之中,在 21 世纪前半叶要实现工业化,达到中等发达国家水平,作为人口最多、经济发展最快的发展中国家,将面临来自各方面的挑战,其中能否实现矿产资源的可持续供应就是一个致命的挑战。目前,国内矿产资源有相当一部分后备储量正处于危机状态。矿产资源开发与可持续发展密切相关。

矿产资源开发的可持续发展,是矿产资源开发利用过程中与人口、经济、环境、社会发展相协调的可持续发展。矿产资源开发可持续发展的内涵,一般应包括:加强矿产资源调查评价和勘查工作,提高矿产资源保证度;科学编制和严格实施矿产资源规划,加强对矿产资源开发利用的宏观控制,促进矿产资源勘查和开发利用的合理布局;依靠科技进步和科学管理,促进矿产资源利用结构的调整和优化,提高资源利用效率;完善相关经济政策和管理体制,健全矿产资源有偿的使用制度,对战略性矿产资源实行保护性开采;采用国家储备与社会储备相结合的方式,建立重要矿产资源安全供应体系和战略储备制度,最大限度地保证国家经济建设和国防建设对资源的需要。

为了保障我国经济发展战略目标的顺利实现,除了进一步推进体制改革,还要按照市场需求和“十二五”规划要求,有效地增加矿产资源的后备储量和资源量,包括充分利用国外矿产资源,并采取适合国情的行之有效的政策与措施,实现矿产资源开发的可持续发展。

#### 1.1.1.1 矿产资源种类

截至 2008 年底,全国已发现 171 种矿产,已查明资源储量的矿产 159 种,其中金属矿产 54 种,非金属矿产 92 种,能源矿产 10 种,水气矿产 3 种。2008 年查明的资源种类和储量比过去增长较大,“十二五”规划实施后,矿产资源种类和储量,还将增加。

我国是世界上矿产资源丰富、矿种齐全配套的少数几个国家之一。我国 54 种金属矿产已探明的资源量包括:铁矿、锰矿、铬矿、钛矿、钒矿、铜矿、铅矿、锌矿、铝土矿、镁矿、镍矿、钴矿、钨矿、锡矿、铋矿、钼矿、汞矿、锑矿、铂族金属矿、锆矿、镓矿、铟矿、铊矿、铋矿、镭矿、镭矿、铀矿、钍矿、镭矿、钋矿等。但各种矿产的地质工作程度不一,其资源丰度也不尽相同。有的资源比较丰富,如钨、钼、锡、锑、汞、钒、钛、稀土、铅、锌等;有的则明显不足,如铜矿、铁矿、铝土矿、铬矿。

我国非金属矿产品种很多,资源丰富,分布广泛。已探明资源储量的 88 种非金属矿产为:金刚石、石墨、自然硫、硫铁矿、水晶、刚玉、蓝晶石、硅线石、红柱石、硅灰石、钠硝石、滑石、石棉、蓝石棉、云母、长石、石榴子石、叶蜡石、透辉石、透闪石。蛭石、沸石、明矾石、芒硝、石膏、重晶石、毒重石、天然碱、方解石、冰洲石、菱镁矿、萤石、宝石、玉石、玛瑙、颜料矿物、石灰岩、泥灰岩、白垩、白云岩、石英岩、砂岩、天然石英砂、脉石英、粉石英、天然油石、含钾砂叶岩、硅藻土、页岩、高岭土、陶瓷土、耐火黏土、凹凸棒石黏土、海泡石黏土、伊利石黏土、累托石黏土、膨润土、铁矾土、橄榄岩、蛇纹岩、玄武角闪岩、辉长岩、辉绿岩、安山岩、花岗岩、闪长岩、珍珠岩、浮石、霞石正长岩、粗面岩、凝灰岩、火山灰、火山渣、大理岩、板岩、片麻岩、泥炭、盐矿、钾盐、镁盐、碘、溴、

砷、硼矿、磷矿。

本手册主要介绍非煤固体矿产先进、实用的采矿技术。

### 1.1.1.2 矿产资源储量

截至 2008 年底,非煤固体矿产主要资源储量列于表 1-1。

表 1-1 主要固体矿产查明资源储量

黑色金属矿					有色金属矿			
铁矿	锰矿	铬铁矿	钛矿(包括金红石、钛铁矿、原生钛铁矿)		钒矿	铜矿	铝矿	锌矿
62380 Mt	846741 kt	11784 kt	折算为二氧化钛 702627 kt		37514 kt(2006)	77096 kt	45487 kt	103931 kt
有色金属矿								
镁矿	镍矿	铝土矿	钨矿	钼矿	锡矿	锑矿	汞矿	
578105 kt	8282 kt	3031364 kt	5584 kt(2006)	10942 kt(2006)	4769 kt(2006)	2251 kt(2006)	834650 kt(2006)	
贵金属矿			稀有、稀土和分散元素矿			冶金辅助原料非金属矿		
铂族金属	金矿	银矿	稀土矿(稀土氧化物、独居石、磷钇矿)		铈矿	菱镁矿	普通萤石	耐火黏土
324.1 t	5951.8 t	160304 t	折算为稀土氧化物:86094 kt(2006)		46519 kt	3800 Mt	折算氟化钙 171987 kt	2380 Mt
化工原料非金属矿							建材及其他非金属矿	
硫铁矿	磷矿	重晶石	钾盐	芒硝	盐矿	硼矿	石墨(晶质)	滑石
5360 Mt	17720 Mt	390 Mt	881082 kt(2006)	折算为硫酸钠 61170 Mt	折算为氯化钠 1317260 Mt	72757 kt(2006)	196280 kt	259480 kt
建材及其他非金属矿								
石膏	水泥用灰岩	高岭土	膨润土	金刚石	玻璃用石英岩	玻璃用砂岩	玻璃用砂	玻璃用脉石英
69590 Mt	86490 Mt	2030 Mt	480 Mt	36796 kt(2006)	2435534 kt	834479 kt	2017279 kt	53156 kt

## 1.1.2 资源开发特点及供需预测

目前,非煤固体矿床开采基本可分为露天开采、地下开采、溶浸采矿和海洋采矿 4 个部分。

海洋采矿技术与装备的研发虽取得了重要进展,但仍处于探索阶段,还不能进行工业化生产;溶浸采矿经过多年研究和工业试验,在地面堆浸、原地破碎溶浸和钻孔浸出等方面,研究开发出成套技术,并在一些矿山得到了应用,如完全利用生物堆浸提铜的有色矿山就已在紫金山矿建成,标志着金属矿山大规模利用溶浸采矿技术已经开始,但当前产品产量比例很低。

矿产资源的供应主要来自露天开采和地下开采。铁矿山及冶金辅助原料矿山供应量以露天开采为主;有色金属地下开采矿山在数量上占大多数,就其矿石产量露天矿略高于地下矿山;化工、建材以及其他非金属矿山多为露天开采。

### 1.1.2.1 我国矿产资源开发特点

(1) 矿产资源总量丰富,但人均拥有量相对不足。我国是世界上少有的几个资源总量大、矿种配套程度较高的资源大国。我国已经发现 171 种矿产,矿产资源总量约占世界的 12%,居世界第三位,但因国家人口基数大,人均仅为世界平均资源量的 58%。对科技、国防十分重要的有色金属也只有世界人均占有量的 52%。我国大部分支柱性矿产的人均占有量都很低,所以说我国是一个资源相对贫乏的国家。

(2) 用量较少的矿产资源丰富,而大宗矿产储量相对不足。我国经济建设用量不大的部分矿产,如钨、锡、钼、锑、稀土等的探明储量居世界前列,在世界上具有较强竞争力。如我国钨矿保有储量是国外钨矿总储量的 3 倍左右;稀土资源更丰富,仅内蒙古白云鄂博的储量就相当于国外稀土储量的 4 倍。然而我国需求量大的铁、铜和铝土矿的保有储量占世界总量的比例则很低,分别只有 8.0%、4.92% 和 1.44%;铅、锌、镍等其他有色金属的人均拥有量,也明显低于世界人均拥有量。

(3) 贫矿多,富矿少,开采利用难度大。如我国铁矿截至 2008 年底查明资源储量 623.78 亿吨,全国规模



以上铁矿企业生产铁矿石 82401.11 万吨,平均原矿含铁品位为 32% 左右,难以直接利用贫矿。能直接入高炉的富铁矿不足 2%。我国铜矿按基础储量居世界第 6 位,但平均含铜品位只有 0.87%,其中品位大于 1% 的仅占 13%,而大于 200 万吨以上的铜矿床的品位基本上都低于 1%;铝土矿几乎全部为难选冶的一水硬铝石型。贫矿多就加大了矿山建设投资和生产成本。

(4) 中小型矿床多,超大型矿床少,矿山规模偏小。我国储量大于 10 亿吨的特大型铁矿床只有 9 处,而小于 1 亿吨的有 500 多处;有色金属矿床的规模也都偏小,我国迄今发现的铜矿产地 900 多处,其中大型矿床仅占 2.7%,中型矿床 8.9%,小型矿床达 88.4%。我国目前已开采的 320 多个铜矿区累计年产铜精矿(含铜量)只有 43.64 万吨,而智利的丘基卡玛塔一个矿山每年金属铜矿量就达 66 万吨。在总体上,我国小型地下矿山多,大型露天矿山少。

(5) 多金属矿、共生伴生矿多,单矿种矿床少,利用成本高。我国 80 多种金属和非金属矿产中,都有共生、伴生有用元素,其中尤以铝、铜、铅、锌等有色金属矿产为甚。我国铜矿床中,单一型占 27.1%,而综合型占 72.9%;以共(伴)生矿产出的汞、锑、钼资源储量,分别占到各自总资源储量的 20%~33%;我国有 1/3 的铁矿床含有共(伴)生组分,主要有钛、钒、铜、铅、锌、钨、锡、钼、金、钴、镍、钨、稀土等 30 余种。虽然共(伴)生元素多,可以提高矿山的综合经济效益,但由于矿石组分复杂,选矿难度大,也加大了矿山的建设投资和生产成本。

(6) 矿产资源的区域分布相对不均。我国矿产资源产地分布面广,储量区域集中。在全国已发现的 20 多万处矿床、矿点中,主要矿种的矿床、矿点遍布全国各省、自治区、直辖市,但各种矿产探明的储量相对集中于某些局部地区。

煤矿,除上海外,各省、自治区、直辖市都有发现,而探明储量的 92% 集中在 12 个省、自治区、直辖市,其中山西、内蒙古、陕西三省(区)占 64%。

铁矿在全国 28 个省、自治区、直辖市都有数量不等的探明储量,而 80% 的储量集中在 10 个省(区),其中辽宁、四川、河北分别占我国已探明铁矿资源的 20%、16%、12%,安徽、陕西、云南各占 6%,内蒙古、山东、湖北各占 5%。铁矿资源潜力大于 100 亿吨的矿床 2 个,50 亿~100 亿吨的 2 个,10 亿~50 亿吨的 29 个,1 亿~10 亿吨的 47 个,小于 1 亿吨的 32 个,共计 112 个。近年来,铁矿勘查在 9 个地区实现重大找矿突破:桥头 30 亿吨,马城 7 亿吨,济宁 30 亿吨,泥河 1 亿吨,银洞山 1.85 亿吨,老井、尼雄、练村、呼延庆山等地发现大型以上规模铁矿床。这些新勘查出的铁矿资源在接下来几年进入开发利用阶段,将有力缓解中国铁矿石严重依赖国际资源市场的被动局面。

我国的铜资源分布地域非常广泛,在全国 29 个省、自治区、直辖市,而探明储量的 84% 集中在西藏、江西、云南、内蒙古等 9 个省(区),其中西藏、江西、云南、内蒙古、山西、黑龙江、安徽、甘肃、广东、新疆等省区分别占全国探明铜资源总的 20%、17%、14%、7%、5%、5%、5%、4%、3%、3%。我国拥有铜资源潜力大于 1000 万吨的矿床 4 个,500 万~1000 万吨的 8 个,100 万~500 万吨的 33 个,50 万~100 万吨的 17 个,小于 50 万吨的 27 个,共计 89 个。2008 年我国铜矿资源勘查新增资源储量 575.71 万吨。未来有望形成 11 个铜矿供应基地:西藏冈底斯、玉龙-多霞松多、多龙,新疆土层-延东、哈腊苏,福建紫金山及外围,甘肃龙首山一带,江西九江-瑞金地区,长江中下游,云南普朗,黑龙江多宝山。

铝土矿产地 310 处,分布于 19 个省(区),山西铝土矿资源最多,保有资源量占 41%,贵州、广西、河南次之,各占 17%,四省区占全国储量 90% 以上;铅、锌矿主要分布在广东、甘肃、云南、湖南、广西等省区,占全国储量 65% 左右;钨矿主要分布在江西、湖南以及广东、广西等省区,合计占全国储量 80% 以上;锡矿主要分布在江西、湖南、广西、云南等省区;锑矿同钨、锡矿等优势资源主要分布在南岭地区。

磷矿在 26 个省、自治区、直辖市均有探明储量,而 77% 的储量集中在云南、贵州、四川、湖北、湖南等 5 个省的境内。

(7) 冶金辅助原料矿基本满足国内需求。冶金工业用的辅助原料矿产主要包括石灰石、白云石、耐火黏土(硬质黏土、软质黏土、高铝黏土)、菱镁矿、萤石、硅石等。经多年的地质勘查工作,截止于 2004 年底共发现和探明 1074 处,合计保有储量 256.2 亿吨。