

“十一五”国家重点图书出版规划项目

Cu 铜矿选矿技术

中国有色金属丛书
中国有色金属工业协会组织编写

王毓华 邓海波 编著

Nonferrous Metals



中南大学出版社
www.csupress.com.cn



铝业职工读本系列

Al

- <<铝土矿选矿技术>>
- <<氧化铝生产技术>>
- <<铝电解生产技术>>
- <<铝用炭素生产技术>>
- <<铝及铝合金物理冶金基础>>
- <<变形铝合金熔炼与铸造>>
- <<变形铝合金型棒材挤压生产>>
- <<铝及铝合金连续铸轧带坯生产>>
- <<铝箔生产及深加工>>
- <<铝及铝合金管材生产>>
- <<铝材表面处理>>
- <<世界铝板带箔轧制工业>>
- <<铝粉及粉末冶金>>
- <<铝合金锻造生产>>
- <<铝及铝合金板带材生产>>
- <<变形铝合金热处理工艺>>
- <<铝线生产>>

铜业职工读本系列

Cu

- <<铜矿选矿技术>>
- <<闪速炼铜工艺与控制>>
- <<铜及铜合金物理冶金基础>>
- <<电解铜箔生产>>
- <<铜及铜合金熔炼与铸造>>
- <<铜及铜合金粉末与制品>>
- <<铜及铜合金管棒型材生产>>
- <<铜的再生与循环利用>>
- <<铜及铜合金>>
- <<铜及铜合金板带生产>>
- <<加工铜产品检验技术>>

铅锌职工读本系列

Pb Zn

- <<铅锌选矿技术>>
- <<硫化铅精矿富氧底吹及富氧顶吹熔炼技术>>
- <<现代竖罐炼锌技术>>
- <<湿法炼锌工艺及实践>>
- <<铅锌密闭鼓风炉冶炼>>
- <<锌粉及合金锌粉生产>>
- <<锌合金>>
- <<铅及铅合金>>
- <<再生铅>>

ISBN 978-7-5487-0228-3



9 787548 702283 >

定价：56.00元

“十一五”国家重点图书出版规划项目



铜矿选矿技术

中国有色金属工业协会组织编写

王毓华 邓海波 编著



中南大学出版社
www.csupress.com.cn

内容简介

本书介绍了铜矿选矿的相关知识,整理归纳了最新的技术资料,力求全方位地反映国内外铜矿选矿行业的技术与装备现状和最新发展方向。全书共8章,以介绍铜矿物资源和加工利用的发展历史为起点,详细阐述了铜矿石碎矿与磨矿、铜矿浮选、铜矿化学和生物选矿、选矿产品脱水、选矿过程在线检测技术、选矿过程环境保护、铜选矿新进展等。

本书可用作铜业职工的培训教材和大专院校矿物加工工程专业以及冶金、化工等专业的教学参考书,对有关科研院所的科研人员和厂矿工程技术人员也有一定参考价值。

图书在版编目(CIP)数据

铜矿选矿技术/王毓华,邓海波编著. —长沙:

中南大学出版社,2012.1

(中国有色金属丛书)

ISBN 978-7-5487-0228-3

I. 铜... II. ①王...②邓... III. 铜矿床-选矿

IV. TD952.1

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第041966号

铜矿选矿技术

王毓华 邓海波 编著

☐责任编辑 胡业民

☐责任印制 文桂武

☐出版发行 中南大学出版社

社址:长沙市麓山南路

邮编:410083

发行科电话:0731-88876770

传真:0731-88710482

☐印 装 长沙市宏发印刷厂

☐开 本 787×1092 1/16 ☐印张 15.5 ☐字数 386 千字 ☐插页

☐版 次 2012年1月第1版 ☐2012年1月第1次印刷

☐书 号 ISBN 978-7-5487-0228-3

☐定 价 56.00 元

图书出现印装问题,请与经销商调换

中国有色金属丛书
 NMS 编委会

主任:

康 义

中国有色金属工业协会

常务副主任:

黄伯云

中南大学

副主任:

熊维平

中国铝业公司

罗 涛

中国有色矿业集团有限公司

李福利

中国五矿集团公司

李贻煌

江西铜业集团公司

杨志强

金川集团有限公司

韦江宏

铜陵有色金属集团控股有限公司

何仁春

湖南有色金属控股集团有限公司

董 英

云南冶金集团总公司

孙永贵

西部矿业股份有限公司

余德辉

中国电力投资集团公司

屠海令

北京有色金属研究总院

张永鉴

中金岭南有色金属股份有限公司

张学信

信发集团有限公司

宋作文

南山集团有限公司

雷 毅

云南锡业集团有限公司

黄晓平

陕西有色金属控股集团有限公司

王京彬

有色金属矿产地质调查中心

尚福山

中国有色金属工业协会

文献军

中国有色金属工业协会

委员(以姓氏笔划排序):

马世光

中国有色金属工业协会加工工业分会

马宝平

中国有色金属工业协会铝业分会

王再云

中铝山东分公司

王吉位

中国有色金属工业协会再生金属分会

王华俊

中国有色金属工业协会

王向东

中国有色金属工业协会钛锆铪分会

王树琪

中条山有色金属集团有限公司

王海东	中南大学出版社
乐维宁	中铝国际沈阳铝镁设计研究院
许健	中冶葫芦岛有色金属集团有限公司
刘同高	厦门钨业集团有限公司
刘良先	中国钨业协会
刘柏禄	赣州有色冶金研究所
刘继军	荏平华信铝业有限公司
李宁	兰州铝业股份有限公司
李凤轶	西南铝业(集团)有限责任公司
李阳通	柳州华锡集团有限责任公司
李沛兴	白银有色金属股份有限公司
李旺兴	中铝郑州研究院
杨超	云南铜业(集团)有限公司
杨文浩	甘肃稀土集团有限责任公司
杨安国	河南豫光金铅集团有限责任公司
杨龄益	锡矿山闪星锑业有限责任公司
吴跃武	洛阳有色金属加工设计研究院
吴锈钢	中国有色金属工业协会镁业分会
邱冠周	中南大学
冷正旭	中铝山西分公司
汪汉臣	宝钛集团有限公司
宋玉芳	江西钨业集团有限公司
张麟	大冶有色金属有限公司
张创奇	宁夏东方有色金属集团有限公司
张洪国	中国有色金属工业协会
张洪恩	河南中孚实业股份有限公司
张培良	山东丛林集团有限公司
陆志方	中国有色工程有限公司
陈成秀	厦门厦顺铝箔有限公司
武建强	中铝广西分公司
周江	东北轻合金有限责任公司
赵波	中国有色金属工业协会
赵翠青	中国有色金属工业协会
胡长平	中国有色金属工业协会
钟卫佳	中铝洛阳铜业有限公司
钟晓云	江西稀有稀土金属钨业集团公司
段玉贤	洛阳栾川钼业集团有限责任公司
胥力	遵义钛厂
黄河	中电投宁夏青铜峡能源铝业集团有限公司
黄粮成	中铝国际贵阳铝镁设计研究院
蒋开喜	北京矿冶研究总院
傅少武	株洲冶炼集团有限责任公司
瞿向东	中铝广西分公司



中国有色金属丛书

CNMS 学术委员会

主任:

王淀佐 院士 北京有色金属研究总院

常务副主任:

黄伯云 院士 中南大学

副主任(按姓氏笔划排序):

于润沧	院士	中国有色工程有限公司
古德生	院士	中南大学
左铁镛	院士	北京工业大学
刘业翔	院士	中南大学
孙传尧	院士	北京矿冶研究院
李东英	院士	北京有色金属研究总院
邱定蕃	院士	北京矿冶研究院
何季麟	院士	宁夏东方有色金属集团有限公司
何继善	院士	中南大学
汪旭光	院士	北京矿冶研究院
张文海	院士	南昌有色冶金设计研究院
张国成	院士	北京有色金属研究总院
陈景	院士	昆明贵金属研究所
金展鹏	院士	中南大学
周廉	院士	西北有色金属研究院
钟掘	院士	中南大学
黄培云	院士	中南大学
曾苏民	院士	西南铝加工厂
戴永年	院士	昆明理工大学

委员(按姓氏笔划排序):

卜长海	厦门厦顺铝箔有限公司
于家华	遵义钛厂
马保平	金堆城钼业集团有限公司
王辉	株洲冶炼集团有限责任公司
王斌	洛阳栾川钼业集团有限责任公司

王林生	赣州有色冶金研究所
尹晓辉	西南铝业(集团)有限责任公司
邓吉牛	西部矿业股份有限公司
吕新宇	东北轻合金有限责任公司
任必军	伊川电力集团
刘江浩	江西铜业集团公司
刘劲波	洛阳有色金属加工设计研究院
刘昌俊	中铝山东分公司
刘侦德	中金岭南有色金属股份有限公司
刘保伟	中铝广西分公司
刘海石	山东南山集团有限公司
刘祥民	中铝股份有限公司
许新强	中条山有色金属集团有限公司
苏家宏	柳州华锡集团有限责任公司
李宏磊	中铝洛阳铜业有限公司
李尚勇	金川集团有限公司
李金鹏	中铝国际沈阳铝镁设计研究院
李桂生	江西稀有稀土金属钨业集团公司
吴连成	青铜峡铝业集团有限公司
沈南山	云南铜业(集团)公司
张一宪	湖南有色金属控股集团有限公司
张占明	中铝山西分公司
张晓国	河南豫光金铅集团有限责任公司
邵武	铜陵有色金属(集团)公司
苗广礼	甘肃稀土集团有限责任公司
周基校	江西钨业集团有限公司
郑莆	中铝国际贵阳铝镁设计研究院
赵庆云	中铝郑州研究院
战凯	北京矿冶研究总院
钟景明	宁夏东方有色金属集团有限公司
俞德庆	云南冶金集团总公司
钱文连	厦门钨业集团有限公司
高顺	宝钛集团有限公司
高文翔	云南锡业集团有限责任公司
郭天立	中冶葫芦岛有色金属集团有限公司
梁学民	河南中孚实业股份有限公司
廖明	白银有色金属股份有限公司
翟保金	大冶有色金属有限公司
熊柏青	北京有色金属研究总院
颜学柏	陕西有色金属控股集团有限责任公司
戴云俊	锡矿山闪星锑业有限责任公司
黎云	中铝贵州分公司

总序



有色金属是重要的基础原材料，广泛应用于电力、交通、建筑、机械、电子信息、航空航天和国防军工等领域，在保障国民经济建设和社会发展等方面发挥了不可或缺的作用。

改革开放以来，特别是新世纪以来，我国有色金属工业持续快速发展，已成为世界最大的有色金属生产国和消费国，产业整体实力显著增强，在国际同行业中的影响力日益提高。主要表现在：总产量和消费量持续快速增长，2008年，十种有色金属总产量2 520万吨，连续七年居世界第一，其中铜产量和消费量分别占世界的20%和24%；电解铝、铅、锌产量和消费量均占世界总量的30%以上。经济效益大幅提高，2008年，规模以上企业实现销售收入预计2.1万亿以上，实现利润预计800亿元以上。产业结构优化升级步伐加快，2005年已全部淘汰了落后的自焙铝电解槽；目前，铜、铅、锌先进冶炼技术产能占总产能的85%以上；铜、铝加工能力有较大改善。自主创新能力显著增强，自主研发的具有自主知识产权的350 kA、400 kA大型预焙电解槽技术处于世界铝工业先进水平，并已输出到国外；高精度内螺纹铜管、高档铝合金建筑型材及时速350 km高速列车用铝材不仅满足了国内需求，已大量出口到发达国家和地区。国内矿山新一轮找矿和境外矿产资源开发取得了突破性进展，现有9大矿区的边部和深部找矿成效显著，一批有实力的大型企业集团在海外资源开发和收购重组境外矿山企业方面迈出了实质性步伐，有效增强了矿产资源的保障能力。

2008年9月份以来，我国有色金属工业受到了国际金融危机的严重冲击，产品价格暴跌，市场需求萎缩，生产增幅大幅回落，企业利润急剧下降，部分行业

已出现亏损。纵观整体形势，我国有色金属工业仍处在重要机遇期，挑战和机遇并存，长期发展向好的趋势没有改变。今后一个时期，我国有色金属工业发展以控制总量、淘汰落后、技术改造、企业重组、充分利用境内外两种资源，提高资源保障能力为重点，推动产业结构调整和优化升级，促进有色金属工业可持续发展。

实现有色金属工业持续发展，必须依靠科技进步，关键在人才。为了提高劳动者素质，培养一大批高水平的科技创新人才和高技能的技术工人，由中国有色金属工业协会牵头，组织中南大学出版社及有关企业、科研院校数百名有经验的专家学者、工程技术人员，编写了《中国有色金属丛书》。《丛书》内容丰富，专业齐全，科学系统，实用性强，是一套好教材，也可作为企业管理人员和相关专业大学生的参考书。经过编写、编辑、出版人员的艰辛努力，《丛书》即将陆续与广大读者见面。相信它一定会为培养我国有色金属行业高素质人才，提高科技水平，实现产业振兴发挥积极作用。

康莉

前 言

《铜矿选矿技术》一书，是“十一五”国家重点图书出版规划项目“中国有色金属丛书”中的一本。本书在综合现有矿物加工工程专业教材的基础上，详细介绍了铜矿石选矿方面的最新技术和成果，具有以下几个方面的特色：

1. 深入浅出地介绍了铜矿选矿的相关知识。本书以介绍铜矿物资源和加工利用的发展历史为起点，逐一详细阐述了铜矿选矿加工领域的基本知识，包括基本术语、指标计算、金属平衡管理、选矿流程与操作、过程检测、环境保护等。

2. 铜矿选矿范畴的扩展。随着矿物资源的消耗日益增加，铜矿物资源面临短缺的危机。一些以往难于利用的“贫、细、杂”矿产资源、非传统矿产资源（如海洋矿产资源、工业灰渣）和二次资源的加工利用变得越来越重要。本书针对铜矿资源特点的变化，介绍了氧化铜矿的酸浸—萃取—电积提取、贫铜矿生物冶金、废渣和二次资源回收、海洋多金属结核提取冶金等新内容。

3. 详细的铜矿选矿案例。本书详细介绍了国内外各种铜矿选矿的案例，如单一铜矿、铜硫矿、铜钼矿、铜镍矿、铜锌矿、铜铅锌矿、氧化铜矿等。同时介绍了我国原有的铜工业基地，如江西铜业公司、金川有色金属公司、铜陵有色金属公司、大冶有色金属公司、云南铜业公司、中条山有色金属公司的近期生产和选矿技术发展情况。此外，还介绍了 21 世纪以来我国新铜工业基地的建设和技术现状，如国内的西藏驱龙铜矿、西藏甲玛铜多金属矿、西藏玉龙铜矿、新疆哈密土屋铜矿、新疆阿舍勒铜矿、新疆土根曼苏铜矿、云南普朗铜矿、云南大红山铜矿、内蒙古乌努格吐山铜钼矿，以及由我国参与开发的非洲赞比亚谦比西铜矿、亚洲阿富汗艾娜克铜矿等。对国外有代表性的铜矿也做了相应介绍，如世界最大的智利丘基卡马塔铜矿、智利 EIAbra 铜矿、美国科珀顿铜选矿厂、俄罗斯诺里尔斯克镍公司、秘鲁劳拉选矿厂等。

4. 系统的铜矿选矿加工工艺技术与设备知识。包括：铜矿石选矿概述、铜矿石碎矿与磨矿、铜矿石浮选、铜矿石的化学和生物选矿、选矿产品脱水、铜选矿过程在线检测技术、选矿过程环境保护、铜选矿技术进展。

本书由中南大学王毓华、邓海波任主编。全书共分八章，王毓华负责编写 2、5、8 章，邓海波负责编写 1、3、4、6、7 章。

本书可用作铜业职工的培训教材，也可作为大专院校矿物加工工程专业本科生、研究生的专业教学参考书，以及冶金、化工专业的教学参考书，对有关科研院所的科研人员和厂矿工程技术人员也有参考价值。

本书编写过程中参考了大量相关的技术资料，如图书专著、学术期刊文章、专业技术报告、企业网页等，在此一并致谢。由于编者水平所限，书中错误疏漏之处还请读者批评指正。

编者

目 录



第1章 铜矿选矿概述	1
1.1 铜	1
1.1.1 铜的性质	1
1.1.2 铜与人类文明发展	1
1.1.3 铜在现代社会中的消费与生产	2
1.2 铜矿资源	6
1.2.1 铜资源	6
1.2.3 铜矿床	7
1.2.3 铜矿物	8
1.2.4 铜矿石	9
1.3 选矿的基本概念	15
1.3.1 选矿的基本方法	15
1.3.2 选矿的过程	16
1.3.3 选矿常用的术语	16
1.3.4 铜矿常用选矿方法	17
1.3.5 选矿工艺指标计算	18
第2章 碎矿与磨矿	21
2.1 碎矿与磨矿的基本原理	21
2.1.1 破碎与磨矿的目的与任务	21
2.1.2 破碎及筛分过程	21
2.1.3 磨矿和分级过程	23
2.2 常见破碎磨矿流程	24
2.2.1 破碎流程	24
2.2.2 磨矿流程	25
2.3 碎矿与磨矿过程影响因素	26
2.3.1 碎矿过程的影响因素	26
2.3.2 磨矿过程的影响因素	28
2.4 碎矿与磨矿过程的检测与控制	29
2.4.1 碎矿工艺参数与检测	29
2.4.2 磨矿工艺参数与检测	30
2.5 破碎磨矿设备	32
2.5.1 破碎设备	32
2.5.2 筛分设备	38
2.5.3 磨矿设备	44

2.5.4 分级设备	50
第3章 铜矿浮选	57
3.1 浮选的基本原理	57
3.2 铜矿浮选药剂	58
3.2.1 浮选药剂概述	58
3.2.2 常用的铜矿捕收剂	59
3.2.3 起泡剂	65
3.2.4 调整剂	67
3.2.5 浮选药剂的使用与调节	74
3.3 浮选设备	78
3.3.1 浮选泡沫和对浮选机的基本要求	78
3.3.2 浮选机	80
3.3.3 浮选柱	86
3.3.4 搅拌槽(提升搅拌槽)	90
3.3.5 给药机	91
3.3.6 矿浆泵	93
3.4 浮选流程	94
3.4.1 浮选原则流程的选择	94
3.4.2 浮选流程内部结构	98
3.4.3 浮选流程图	99
3.5 硫化铜矿浮选实践	100
3.5.1 硫化铜、铁矿物的可浮性	100
3.5.2 单一铜矿浮选分离	103
3.5.3 铜硫矿浮选分离	104
3.5.4 铜硫铁矿浮选分离	107
3.5.5 铜钼矿浮选分离	111
3.5.6 铜镍矿浮选分离	122
3.5.7 复杂多金属硫化铜铅锌矿浮选分离实践	129
3.6 氧化铜矿石浮选实践	140
3.6.1 氧化铜矿床和氧化铜矿物可浮性	140
3.6.2 氧化铜矿的选矿方法	141
3.6.3 氧化铜矿浮选实例	142
3.7 铜冶炼渣的浮选回收综合利用	144
3.7.1 铜火法冶炼渣的性质和分选方法	144
3.7.2 铜火法冶炼渣的分选实例	146
第4章 铜矿的化学和生物选矿	149
4.1 概述	149
4.1.1 化学浸出过程反应	150
4.1.2 铜、铁硫化矿细菌浸出的基本化学反应	151
4.2 基本过程及设备	152
4.2.1 浸出过程工艺及设备	152

4.2.2	浸出铜离子的萃取	155
4.2.3	浸出铜离子制取化合物或金属	157
4.3	难选氧化铜矿化学选矿的浸出—萃取—电积工艺	159
4.3.1	难选氧化铜矿化学选矿概述	159
4.3.2	国外发展现状与应用实例	160
4.3.3	国内发展现状与应用实例	163
4.4	铜矿的生物浸出实践	166
4.4.1	概述	166
4.4.2	国外铜矿生物浸出工艺实例	167
4.4.3	中国低品位铜矿生物堆浸提取技术	170
4.5	硫化铜精矿的化学和生物浸出工艺	172
4.5.1	常规的硫化铜精矿火法冶炼工艺	172
4.5.2	硫化铜精矿的湿法浸出提取工艺	173
4.5.3	硫化铜精矿的生物浸出提取工艺	175
4.6	大洋多金属结核的化学浸出工艺	176
第5章	选矿产品脱水	179
5.1	概述	179
5.1.1	产品脱水的作用	179
5.1.2	物料中水分的性质	179
5.1.3	常见脱水方法与流程	180
5.2	产品浓缩	181
5.2.1	浓缩的基本原理	181
5.2.2	浓缩设备	181
5.2.3	影响浓缩的因素与控制	185
5.3	产品过滤	186
5.3.1	过滤的基本原理	186
5.3.2	过滤设备	188
5.3.3	影响过滤的因素与控制	196
第6章	选矿过程在线检测技术	198
6.1	矿量检测	198
6.1.1	电子皮带秤	198
6.1.2	其他计量衡器	200
6.2	物料成分检测	201
6.2.1	X射线荧光分析仪	201
6.3	矿浆 pH 检测	203
6.3.1	pH 检测电极	203
6.3.2	工业 pH 计	204
6.3.3	浮选矿浆 pH 的自动检测	204
6.4	磨矿细度和矿浆浓度检测	205
6.4.1	超声波粒度仪	205
6.4.2	同位素浓度计	207

6.5	流量检测	207
6.5.1	工业浮子流量计	207
6.5.2	计量泵式流量计	208
6.5.3	电磁阀式流量计	208
6.6	料位和液位检测	208
6.6.1	浮筒式液位计	208
6.6.2	超声波液位计	209
6.6.3	表面覆盖泡沫层的浮选机液位检测	209
第7章	选矿过程环境保护	211
7.1	粉尘及有害气体防护	211
7.1.1	粉尘危害与排放治理标准	211
7.1.2	粉尘治理	212
7.1.3	有害气体的防治	216
7.2	噪声防护	216
7.3	废水处理与循环回用	217
7.3.1	废水排放标准	217
7.3.2	选矿厂废水污染来源及一般处理方法	218
7.3.3	选矿厂回水的循环回用	218
7.3.4	采矿酸性废水的综合利用	219
7.4	尾矿堆存与再利用	220
7.4.1	尾矿	220
7.4.2	尾矿库	221
7.4.3	尾矿再利用	222
第8章	铜选矿技术的进展	226
8.1	铜矿资源变化对选矿技术提出的挑战	226
8.2	铜矿浮选进展	226
8.2.1	选厂规模及设备向大型化发展	226
8.2.2	硫化铜矿浮选工艺的研究与进展	227
8.2.3	氧化铜矿浮选工艺的研究与进展	228
8.3	难选及低品位铜矿石选矿进展	230
8.3.1	难选铜矿石选冶联合工艺	230
8.3.2	低品位铜矿的生物选矿进展	231
8.4	再生铜资源的回收与利用	233
8.4.1	再生铜工业的概况	233
8.4.2	废铜分选回收利用技术	234

第1章 铜矿选矿概述

1.1 铜

1.1.1 铜的性质

金属铜(Cu), 原子序数 29, 相对原子质量 63.546, 密度 8.92g/cm^3 , 熔点 1083.4°C , 沸点 2567°C 。纯铜呈浅玫瑰色或淡红色, 表面由于氧化生成的氧化铜薄膜呈紫红色。铜具有许多优良的物理、化学特性, 是热和电的最佳导体之一。其导电性能仅次于银, 居第二位, 是铝的 1.6 倍; 导热性也仅次于银, 是铝的 1.8 倍; 铜还具有良好的延展性, 纯铜可拉成很细的铜丝, 制成很薄的铜箔, 铜还可以与锌、锡、镍等金属形成具有不同性能的合金: 铜锌合金即为黄铜, 铜锡合金即为青铜, 铜镍合金即为白铜。

1.1.2 铜与人类文明发展

人类文明的发展史, 是建立在人类利用其智慧及所创造的工具对周围的自然资源进行开发利用的基础之上的, 其中对矿产资源的开发利用尤其显得重要。从人类发展初期的石器时代, 到早期的青铜时代、铁器时代, 近代的钢铁时代和现代的新材料时代, 一个个里程碑式的文明时代命名充分地说明了矿产资源开发对人类文明发展的推动作用。

一般认为人类知道的第一种金属是金, 其次就是铜, 铜是人类用于生产的第一种金属。人类在远古时代就开始利用铜了。最初利用自然铜, 并将它锤打成小锤、小钉等。稍后, 又用退火和加工硬化工艺制做各种器物。青铜时代是以使用青铜器为标志的人类物质文化发展阶段。青铜熔点在 $700 \sim 900^\circ\text{C}$ 之间, 比红铜(纯铜)的熔点(1083°C)低。含锡 10% 的青铜, 硬度为红铜的 4.7 倍, 性能良好。青铜的出现, 对提高社会生产力起了划时代的作用。

世界各地进入青铜时代的年代有早有晚。美索不达米亚和古巴比伦两河流域一带在公元前 4000—公元前 3000 年已使用青铜器, 埃及在公元前 3000 年也有了青铜器。

图 1-1 是出土于两河流域一带约公元前 2300 年的阿卡德王国德萨尔贡一世的头像。

中国是世界使用铜较早的国家之一。从出土实物来看, 中国在新石器时代晚期开始用铜。甘肃的武威、永靖和河北的唐山等地的古文化遗址, 都发现红铜器物。夏代(公元前 21—公元前 16 世纪)已进入青铜时代, 并延续到商、周朝。中国古代的青铜文明灿烂辉煌, 留下了许多令人叹为观止的精美青铜器。图 1-2 是出土于湖南宁乡的重达 35 kg 的中国商代四羊方尊。

中国古代在找矿、采矿、冶炼方面, 有着卓越的成就和杰出的创造。目前开采的铜、铅、锌等矿山, 不少都是古代开采过的。古代劳动人民在找矿、采矿过程中逐渐认识了某些矿物赋存分布规律。在《管子·地数》篇中记载: “上有丹砂者, 下有黄金; 上有慈石者, 下有铜、