

矿物浮选

教育部高等学校地矿学科教学指导委员会
矿物加工工程专业规划教材

PLANNED TEXTBOOK FOR MINERAL PROCESSING ENGINEERING
丛书主编 胡岳华

主编 胡岳华



中南大学出版社
www.csupress.com.cn

**Mineral
Flotation**

教育部高等学校地矿学科教学指导委员会
矿物加工工程专业规划教材

矿 物 浮 选

主 编 胡岳华

副主编 印万忠 张凌燕 童 雄



中南大学出版社
www.csupress.com.cn

内 容 简 介

本书是教育部高等学校地矿学科教学指导委员会规划教材。全书共分 13 章,系统地介绍矿物浮选的发展历史及发展方向;矿物的晶体结构与可浮性分类;浮选捕收剂、起泡剂、调整剂的分类、性质和用途;润湿性理论、双电层理论、吸附理论及浮选动力学;现代浮选化学的基本原理;浮选工艺的物理、化学影响因素及浮选原则流程的选择和一些新的浮选工艺;浮选机的分类、工作原理、结构特点与性能关系;浮选柱工作的基本原理;介绍硫化矿、金属氧化矿和非金属矿浮选实践;贵金属矿浮选工艺;铁矿、铜铅锌钨锡等氧化矿浮选工艺;各种多金属矿或非金属矿的浮选分离药剂制度与原则流程及浮选技术的新用途等。

本书为大专院校矿物加工工程专业学生的专业课教材,也可作为冶金、化工等相关专业的教学参考书,对有关的研究院所的科研人员也有参考价值。

图书在版编目(CIP)数据

矿物浮选/胡岳华主编. —长沙:中南大学出版社,2014. 3

ISBN 978 - 7 - 5487 - 0271 - 9

I. 矿... II. 胡... III. 浮游选矿 IV. TD923

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 087984 号

矿物浮选

胡岳华 主编

□责任编辑 胡业民 刘石年

□责任印制 易建国

□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 国防科技大学印刷厂

□开 本 787×1092 1/16 □印张 24.75 □字数 571 千字

□版 次 2014 年 3 月第 1 版 □2014 年 3 月第 1 次印刷

□书 号 ISBN 978 - 7 - 5487 - 0271 - 9

□定 价 49.50 元

教育部高等学校地矿学科教学指导委员会
矿物加工工程专业规划教材

编 审 委 员 会

主 任 王淀佐

丛书主编 胡岳华

委 员(按姓氏笔画排序)

马少健	文书明	王毓华	王华军	冯其明
孙体昌	吕宪俊	刘新星	刘炯天	李世厚
张一敏	林 海	邱廷省	赵跃民	胡岳华
段希祥	顾帼华	龚文琪	陶秀祥	韩跃新
童 雄	雷绍民	魏德洲		

《矿物浮选》 编委会

主 编 胡岳华
副 主 编 印万忠 张凌燕 童 雄
参 编 人 员 顾帼华 黄红军 伍喜庆 曹学峰
欧乐明 张 芹 王毓华 张 覃
邓海波
主 编 单 位 中南大学
副主编单位 东北大学
武汉理工大学
昆明理工大学
参 编 单 位 武汉科技大学
贵州大学

总序

“人口、发展与环境”是 21 世纪人类社会发 展过程中的重要问题，矿物资源是人类社会发展和国民经济建设的重要物质基础。从石器时代到青铜器、铁器时代，到煤、石油、天然气，到电能和原子能的利用，人类社会生产的每一次巨大进步，都与矿物资源利用水平的飞跃发展密切相关。

人类利用矿物资源已有数千年历史，但直到 19 世纪末至 20 世纪 20 年代，世界工业生产快速发展，使生产过程机械化和自动化成为现实，对矿物原料的需求也同步增大，造成了“矿物加工”技术从古代的手工作业向工业技术的真正转变，在处理天然矿物原料方面获得大规模工业应用。

特别是 20 世纪 90 年代以来，我国正进入快速工业化阶段，矿产资源的人均消费量及消费总量高速增长，未来发展的资源压力随之加大。我国金属矿产资源总量不少，但禀赋差、品位低、颗粒细、多金属共生复杂难处理，矿产资源和二次资源综合利用率都比较低。

矿物加工科学与技术的发展，需要解决以下问题。

(1) 复杂贫细矿物资源的综合回收：随着富矿和易选矿物资源不断开采利用而日趋减少，复杂、贫细、难处理矿产资源的开发利用成为当前的迫切需要。

(2) 废石及尾矿的加工利用：在选矿过程中，全部矿石经过碎磨，消耗了大量原材料和能源，通常只回收占总矿石质量 10% ~ 30% 的有用矿物，大量的伴生非金属矿不仅未能有效利用，并且当作“废石”和“尾矿”堆存，成为环境和灾害的隐患。

(3) 二次资源：矿山、冶炼厂、化工厂等排出的废水、废渣、废气中的稀有、稀散和贵金属，废旧汽车、电缆、机器及废旧金属制品等都是仍然可以利用的宝贵的二次资源。由于一次资源逐步减少，二次资源的再生利用技术的开发无疑成了矿物加工领域的重要课题。

(4) 海洋资源：海洋锰结核、钴结壳是赋存于深海底的巨大矿产资源，除富含锰外，铜、钴、镍等金属的储量也十分丰富，此外，海水中含有的金属在未来陆地资源贫化、枯竭时，也将成为人类的宝贵资源。

(5)非矿物资源：城市垃圾、废纸、废塑料、城市污泥、油污土壤、石油开采油污水、内陆湖泊中的金属盐、重金属污泥等，也都是数量可观的能源资源，需要研发新的加工利用技术加以回收利用。

面对上述问题，矿物加工科技领域及相关学科的科技工作者不断进行新的探索和研究，矿物加工工程学与相邻学科的相互交叉、渗透、融合，如物理学、化学与化学工程学、生物工程学、数学、计算机科学、采矿工程学、矿物学、材料科学与工程已大大促进了矿物加工学科的拓展，形成各种高效益、低能耗、无污染矿物资源加工新知识、新技术及新的研究领域。

矿物加工的主要学科方向有：

(1)浮选化学：浮选电化学；浮选溶液化学；浮选表面及胶体化学。

(2)复合物理场矿物分离加工：根据流变学、紊流力学、电磁学等研究重力场、电磁力场或复合物理场(重力 + 磁力 + 表面力)中，颗粒运动行为，确定细粒矿物的分级、分选条件等。

(3)高效低毒药剂分子设计：根据量子化学、有机化学、表面化学研究药剂的结构与性能关系，针对特定的用途，设计新型高效矿物加工用药剂。

(4)矿物资源的生化提取：用生物浸出、化学浸出、溶剂萃取、离子交换等处理复杂贫细矿物资源，如低品位铜矿、铀矿、金矿的提取，煤脱硫等。

(5)直接还原与矿物原料造块：主要从事矿物原料造块与精加工方面的科学研究。

(6)复杂贫细矿物资源综合利用：研究选 - 冶联合、选矿、多种选矿工艺(重、磁、浮)联合等处理一些大型复杂贫细多金属矿的工艺技术和基础理论，研究资源综合利用效益。

(7)矿物精加工与矿物材料：通过提纯、超细粉碎、纳米材料制备、表面改性和材料复合制备等方法和技术，将矿物加工成可用的高科技材料。

现今的矿物加工工程科学技术与 20 世纪 90 年代以前相比，已有更新更广的大发展。为了适应矿业快速发展的形势，国家需要大批掌握现代相关前沿学科知识和广泛技术领域的矿物加工专业人才，因此，搞好教材建设，适度更新和拓宽教材内容对优秀专业人才的培养就显得至关重要。

矿物加工工程专业目前使用的教材，许多是在 20 世纪 90 年代前出版的教材基础上编写的，教材内容的进一步更新和提高已迫在眉睫。随着教育部专业教育规范及专业论证等有关文件的出台，编写系统的、符合矿物加工专业教育规范的全国统编教材，已成为各高校矿物加工专业教学改革的重要任务。2006 年 10 月在中南大学召开的 2006—2010 年地矿学科教学指导委员会(以下简称地矿学科教指委)成立大会指出教材建设是教学指导委员会的重要任务之一。会上，矿物加工工程专业与会代表酝酿了矿物加工工程专业系列教材的编写拟题。之后，中南大学出版社主动承担该系列教材的出版工作，并积极协助地矿学科教指委于 2007 年 6 月在中南大学召开了“全国矿物加工工程专业学科发展与教材建设研讨会”，来自全国 17 所院校的矿物加工工程专业的领导及骨干教师代表参加了会议，拟定了矿物加工专业系列教材的选题和主编单位。此后分别在昆明和长沙又召开了两次矿物加工专业系列教材

编写大纲的审定工作会议。系列教材参编高校开始了认真的编写工作，在大部分教材初稿完成的基础上，2009年10月在贵州大学召开了教材审稿会议，并最终定稿，交由中南大学出版社陆续出版。

本次矿物加工专业系列教材是在总结以往教学和教材编撰经验的基础上，以推动新世纪矿物加工工程专业教学改革和教材建设为宗旨，提出了矿物加工工程专业系列教材的编写原则和要求：①教材的体系、知识层次和结构要合理；②教材内容要体现科学性、系统性、新颖性和实用性；③重视矿物加工工程专业的基础知识，强调实践性和针对性；④体现时代特性和创新精神，反映矿物加工工程学科的新原理、新技术、新方法等。矿物加工科学技术在不断发展，矿物加工工程专业的教材需要不断完善和更新。本系列教材的出版对我国矿物加工工程专业高级人才的培养和矿物加工工程专业教育事业的发展将起到十分积极的推进作用。

形成一整套符合上述要求的教材，是一项有重要价值的艰巨的学术工程，决非一人一单位之力可以成就的，也并非一日之功即可造就的。许多科技教育发达的国家，将撰写出版水平很高的、广泛应用的并产生了重要影响的教材，视为与高水平科学论文、高水平技术研发成果同等重要，具有同等学术价值的工作成果，并对获得此成果的人员给予的高度的评价，一些国家还把这类成果，作为评定科技人员水平和业绩的判据之一。我们认为这一做法在我国也应当接纳及给予足够的重视。

感谢所有参加矿物加工专业系列教材编写的老师，感谢中南大学出版社热情周到的出版服务。

王汝佐

前 言

20 世纪 20 年代初,黄药、黑药在浮选硫化矿中的工业应用,使浮选技术在处理天然矿物原料方面获得大规模工业应用。从 20 世纪 30 年代到 60 年代前后,初步形成了浮选的三大基本理论(润湿理论、吸附理论及双电层理论)。

20 世纪 60 年代以来,随着世界经济的快速发展,一方面人类对矿物资源的需求不断增加,另一方面,矿物资源中,富矿减少、贫细矿物资源增加,而且矿山、冶炼厂排出的废水、固体废弃物等对环境的污染与治理问题,二次资源的开发等问题,也开始受到重视。

为了从贫细矿物资源中有效地分离、富集有用矿物,充分合理地利用资源,同时解决环境问题,选矿科技工作者开始综合利用多学科的知识与新成就,寻找新的学科起点,开发新的浮选科学技术,以实现矿物资源的综合利用。近几十年来,选矿及相邻学科的科技工作者在选矿学科及交叉学科领域,进行了大量的基础理论与工艺技术的研究,取得了许多新的进展。

在浮选剂方面,针对特定矿石,可定量设计新型浮选剂分子并预测其浮选性能。硫化矿浮选混合电位模型的建立奠定了浮选电化学理论的基础,揭示了在不同矿浆氧化还原气氛下,硫化矿溶液界面发生不同的电化学反应,表现不同的浮选行为。浮选溶液化学,研究矿物溶解组分与各种矿物表面的化学反应,研究矿物与浮选剂相互作用的溶液平衡,确定氧化矿与浮选剂相互作用与浮选分离的最佳条件。通过颗粒间相互作用力研究,确定细粒矿物选择性凝聚、分散与浮选分离行为,解决锡、钨、铅、锌、煤等微细粒矿物加工利用难题。

《矿物浮选》一书,是作为矿物加工专业国家教改项目的成果,为适应矿物加工专业教学改革的需要重新编写的新教材,是教育部高等学校地矿学科教学指导委员会规划教材。在以下几个方面体现创新特色:

1. 研究对象多样化。

传统的这一领域的教科书，主要针对矿物的基本性质及矿石的分选。由于人类社会经济的发展依赖于对矿物资源的开发和日益增加的消耗，矿物资源面临短缺的危机。一些以往难于利用的“贫、细、杂”矿产资源和二次资源的加工利用变得越来越重要。国内外在这方面已有许多研究工作。本书针对资源特点的变化，把一些新的浮选知识介绍给学生。

2. 更新的教材内容。

本书除保留传统浮选教科书中一些经典的理论外，更新了许多内容，把近十年矿物加工科学研究的新成果、新知识编进了教材，如有关浮选溶液化学、电化学与电位调控浮选、新型浮选药剂及其结构与性能、铝土矿浮选等。使学生有更扎实的基础，更丰富的知识面。

3. 全面系统的浮选知识。

全书共分13章，系统地介绍了矿物浮选的发展历史及发展方向，矿物的晶体结构与可浮性分类，硫化矿、氧化矿物、盐类矿物及硅酸盐矿物的晶体结构与可浮性等。浮选捕收剂、起泡剂、调整剂的分类与作用、分子式、结构、性质和用途。经典浮选理论，包括润湿性理论、双电层理论、吸附理论及浮选动力学；浮选剂在矿物表面的吸附的基本概念与其可浮性的关系，浮选剂吸附方程；浮选速率常数，矿粒-气泡碰撞黏附和脱附概念等。介绍现代浮选化学的基本原理，包括浮选药剂结构与性能理论、浮选溶液化学理论、浮选电化学理论和细粒浮选理论。浮选工艺与浮选原则流程的选择，浮选工艺的物理、化学影响因素，如矿浆酸碱度、水质、温度、药剂制度和气泡的调控等及一些新的浮选工艺。浮选机的分类，浮选机充气搅拌原理；机械搅拌式浮选机、充(压)气式浮选机、气体析出式浮选机等的工作原理、结构特点与性能关系；浮选柱工作的基本原理；国内外浮选设备的现状及发展趋势。介绍硫化矿、金属氧化矿和非金属矿浮选实践，铜、铅、锌、钼、镍、锑、铋多金属硫化矿浮选工艺；贵金属矿浮选工艺；铁矿、铜铅锌矿氧化矿、钨矿、锡矿、铝土矿浮选工艺；磷矿、萤石浮选工艺；重点是各种多金属矿或非金属矿的浮选分离药剂制度与原则流程。介绍了一些浮选技术的新用途，如废纸的浮选、塑料的浮选、废水浮选、离子浮选、沉淀浮选、土壤清洗等。

由于时间和知识水平有限，书中难免存在不当之处，欢迎读者批评指正。

各章节编写分工如下：胡岳华，第1章和4.2~4.4；印万忠，第2章、第8章；张凌燕，第9章、第12章；童雄，第5章，11.2~11.7和11.9~11.10及10.7、10.8、13.1、13.2；顾幅华，第6章；黄红军，第7章；伍喜庆，第3章；欧乐明，10.1~10.6；曹学峰，4.1；张芹，11.1；王毓华，11.8；张覃，13.3；邓海波，13.4。



第 1 章 导论	(1)
1.1 古代的“选矿”	(1)
1.2 近代浮选技术的发展	(2)
1.3 现代浮选理论与技术的发展	(3)
1.4 本教材的主要内容和学习要点	(5)
习 题	(6)
第 2 章 矿物的晶体结构与可浮性	(7)
2.1 矿物的价键类型与天然可浮性	(7)
2.1.1 矿物的价键类型	(7)
2.1.2 矿物的解离	(8)
2.1.3 矿物的表面特性与天然可浮性	(10)
2.2 硫化物矿物的晶体结构与其表面性质及可浮性	(11)
2.2.1 硫化物矿物的主要结构类型	(11)
2.2.2 硫化物矿物晶格缺陷对可浮性的影响	(12)
2.2.3 硫化物矿物晶体结构与离子吸附	(14)
2.3 氧化物矿物和盐类矿物的晶体结构与可浮性	(14)
2.3.1 氧化物矿物和盐类矿物的主要结构类型	(14)
2.3.2 氧化物矿物和盐类矿物的晶体结构与可浮性	(16)
2.3.3 氧化物矿物和盐类矿物的晶体结构与浮选剂的作用	(17)
2.4 硅酸盐矿物晶体结构与可浮性	(18)
2.4.1 硅酸盐矿物的结构类型	(18)
2.4.2 硅酸盐矿物的晶体结构与可浮性	(21)
习 题	(25)
第 3 章 浮选基本理论	(26)
3.1 矿物表面润湿性与浮选	(26)
3.1.1 矿物表面润湿性	(26)
3.1.2 表面润湿过程	(29)
3.1.3 矿物表面水化作用与润湿性	(31)
3.1.4 润湿与浮选	(33)
3.2 表面电性与浮选	(35)
3.2.1 矿物表面电性起源	(35)
3.2.2 双电层结构及电位	(37)
3.2.3 动电位测定	(40)
3.2.4 颗粒表面电性与浮选	(41)

3.3	浮选剂在矿物表面的吸附	(42)
3.3.1	吸附及表面活性	(42)
3.3.2	浮选常用的等温吸附方程	(43)
3.3.3	浮选药剂在矿物—水溶液界面的吸附类型	(48)
3.4	浮选速率	(51)
3.4.1	浮选速率的经验方程	(51)
3.4.2	速率常数的分布特性	(53)
3.4.3	浮选速率的理论分析	(54)
	习 题	(57)
第4章	浮选化学	(59)
4.1	浮选药剂结构与性能理论	(59)
4.1.1	浮选药剂结构模型	(59)
4.1.2	浮选药剂结构与性能的基本判据	(60)
4.2	浮选溶液化学	(64)
4.2.1	矿物—溶液平衡	(64)
4.2.2	浮选剂—溶液平衡	(67)
4.2.3	浮选剂/矿物相互作用溶液平衡	(69)
4.3	硫化矿浮选电化学	(72)
4.3.1	硫化矿的天然可浮性和无捕收剂浮选	(72)
4.3.2	硫化矿表面产物形成的混合电位模型	(73)
4.3.3	氧在硫化矿浮选中的作用	(75)
4.3.4	硫化矿半导体性质对电化学行为的影响	(76)
4.3.5	磨矿体系的电化学性质	(77)
4.4	微粒间相互作用理论	(78)
4.4.1	微粒间聚集与分散行为	(78)
4.4.2	微粒间相互作用的 DLVO 理论	(80)
4.4.3	扩展的 DLVO 理论	(82)
	习 题	(82)
第5章	浮选捕收剂	(83)
5.1	浮选捕收剂的分类与作用	(83)
5.1.1	捕收剂的分类	(83)
5.1.2	捕收剂的作用	(85)
5.2	硫化矿捕收剂	(87)
5.2.1	黄药	(87)
5.2.2	黑药	(91)
5.2.3	硫氮类	(94)
5.2.4	常见酯类	(95)
5.2.5	硫醇类	(100)
5.2.6	其他硫化矿捕收剂	(101)
5.3	氧化矿捕收剂	(105)

5.3.1	羟基酸类捕收剂的结构及性能	(105)
5.3.2	主要的羟基酸类捕收剂	(108)
5.3.3	螯合类	(112)
5.4	硅酸盐矿物捕收剂	(115)
5.4.1	胺类	(116)
5.4.2	其他捕收剂	(117)
	习 题	(119)
第 6 章	起泡剂	(120)
6.1	起泡剂的结构与性能	(120)
6.1.1	起泡剂的结构特点与分类	(120)
6.1.2	泡沫层及起泡剂的作用	(121)
6.1.3	影响起泡剂性能的因素	(124)
6.1.4	起泡剂选择	(126)
6.2	常用起泡剂	(127)
6.2.1	松油类及其加工产品	(127)
6.2.2	樟脑油和桉树油	(127)
6.2.3	醇类	(128)
6.2.4	重吡啶及甲酚酸类	(130)
6.2.5	醚类	(130)
6.2.6	酯类	(130)
6.2.7	醚醇类	(131)
6.2.8	起泡剂的进展	(131)
	习 题	(131)
第 7 章	调整剂	(132)
7.1	pH 调整剂	(132)
7.1.1	pH 调整剂的作用	(132)
7.1.2	pH 调整剂的种类及应用	(132)
7.1.3	pH 调整剂的作用原理	(134)
7.2	分散剂	(135)
7.2.1	分散剂的作用	(135)
7.2.2	分散剂的种类及应用	(136)
7.3	抑制剂	(138)
7.3.1	抑制剂的作用	(138)
7.3.2	抑制剂的种类及应用	(138)
7.3.3	抑制剂作用原理	(145)
7.4	絮凝剂	(147)
7.4.1	絮凝剂的作用	(147)
7.4.2	絮凝剂的种类及应用	(147)
7.4.3	絮凝剂的作用原理	(151)
7.5	助滤剂	(153)

7.5.1	助滤剂的作用	(153)
7.5.2	助滤剂的种类及应用	(153)
7.5.3	助滤剂的作用原理	(154)
7.6	助磨剂	(154)
7.6.1	助磨剂的作用	(154)
7.6.2	助磨剂的种类及应用	(155)
7.6.3	助磨剂的作用原理	(157)
习 题	(158)
第8章	浮选工艺	(159)
8.1	浮选流程	(159)
8.1.1	浮选原则流程的选择	(159)
8.1.2	浮选流程内部结构	(162)
8.1.3	浮选流程图	(163)
8.2	浮选新工艺	(164)
8.2.1	选择性絮凝	(164)
8.2.2	分支浮选工艺	(166)
8.2.3	载体浮选	(168)
8.2.4	聚团浮选	(170)
8.2.5	硫化矿电化学浮选工艺	(171)
8.2.6	微泡浮选	(173)
8.3	浮选工艺物理影响因素的调控	(174)
8.3.1	粒度	(174)
8.3.2	矿浆浓度(质量分数 w_B)	(175)
8.3.3	搅拌强度	(177)
8.4	浮选工艺化学影响因素的调控	(177)
8.4.1	矿石性质及浮选工艺的选择	(177)
8.4.2	矿浆酸碱度、水质、温度	(179)
8.4.3	药剂制度的调节	(180)
8.4.4	调泡	(181)
习 题	(183)
第9章	浮选机与辅助设备	(184)
9.1	浮选机性能的基本要求	(184)
9.2	浮选矿浆的充气搅拌	(185)
9.2.1	矿浆中气泡的形成及矿化作用	(185)
9.2.2	矿浆中气泡的相互兼并作用	(188)
9.2.3	气泡在矿浆中的升浮运动	(189)
9.2.4	矿浆的充气程度	(191)
9.3	浮选机的分类	(195)
9.3.1	浮选机的分类	(195)
9.3.2	基本选型原则	(196)

9.4	机械搅拌式浮选机	(197)
9.4.1	自吸气机械搅拌浮选机	(197)
9.4.2	充气式机械搅拌浮选机	(203)
9.5	浮选柱	(210)
9.5.1	充填介质浮选柱	(212)
9.5.2	逆流浮选柱	(214)
9.5.3	喷射型浮选柱	(215)
9.5.4	微泡浮选柱	(217)
9.6	浮选机的发展趋势	(219)
9.6.1	大型化和节能降耗	(220)
9.6.2	浮选柱矮型化	(220)
9.6.3	矿浆直流化给料	(221)
9.6.4	浮选柱发泡器外置化	(221)
9.6.5	增大槽内矿浆通过叶轮的循环量	(222)
9.6.6	普遍采用浅槽	(222)
9.6.7	无机械搅拌式迅速发展	(222)
9.6.8	自动化	(222)
9.6.9	特种化	(222)
9.7	浮选工艺过程的辅助设备	(223)
9.7.1	调浆设备	(223)
9.7.2	药剂的添加及乳化装置	(225)
9.8	浮选机的操作	(227)
9.8.1	浮选机操作的调节	(227)
9.8.2	浮选机性能的测定	(227)
	习 题	(228)
第10章	硫化矿浮选实践	(229)
10.1	硫化铜矿浮选	(229)
10.1.1	硫化铜矿床特征及矿物可浮性	(229)
10.1.2	单一硫化铜矿的选矿	(232)
10.1.3	铜硫矿石的选矿	(235)
10.1.4	铜铁硫矿石浮选	(238)
10.2	硫化铅锌矿浮选	(241)
10.2.1	概述	(241)
10.2.2	硫化铅锌浮选工艺	(244)
10.2.3	铅锌矿浮选实践	(245)
10.3	硫化钼矿和硫化铜钼矿的浮选	(250)
10.3.1	概述	(250)
10.3.2	硫化钼矿石的浮选工艺	(254)
10.3.3	硫化钼矿浮选实践	(255)
10.4	硫化铜镍矿浮选	(258)

10.4.1	概述	(258)
10.4.2	硫化铜镍矿石浮选工艺	(260)
10.4.3	硫化镍矿的浮选实践	(261)
10.5	硫化铈矿浮选	(263)
10.5.1	概述	(263)
10.5.2	硫化铈矿石选矿工艺	(264)
10.5.3	硫化铈矿石浮选实例	(265)
10.6	含贵金属硫化矿的浮选	(269)
10.6.1	含金、银贵金属硫化物的浮选	(269)
10.6.2	含铂族元素矿石的浮选	(272)
10.7	复杂多金属硫化矿的浮选	(274)
10.7.1	多金属硫化矿分离的主要方法和药剂	(274)
10.7.2	多金属硫化矿分离的实例	(274)
	习题	(276)
第 11 章	金属氧化矿浮选实践	(277)
11.1	铁矿浮选	(277)
11.1.1	铁矿物的可浮性	(277)
11.1.2	铁矿石的浮选方法	(277)
11.2	锰矿的浮选	(282)
11.2.1	锰矿石的类型和矿物种类	(282)
11.2.2	锰矿物的可浮性与浮选药剂	(283)
11.2.3	锰矿的主要浮选方法	(284)
11.2.4	锰矿浮选的影响因素	(285)
11.3	氧化铜矿的浮选	(285)
11.3.1	氧化铜矿的可浮性	(286)
11.3.2	氧化铜矿浮选药剂	(287)
11.3.3	氧化铜矿的浮选方法	(288)
11.4	氧化铅锌矿的浮选	(291)
11.4.1	氧化铅锌矿的种类与可浮性	(291)
11.4.2	氧化铅锌矿的浮选药剂	(292)
11.4.3	氧化铅矿的浮选方法	(293)
11.4.4	氧化锌矿的浮选方法	(293)
11.4.5	氧化铅锌矿的浮选实例	(294)
11.5	锡矿的浮选	(294)
11.5.1	锡石的可浮性	(295)
11.5.2	锡石的浮选药剂	(295)
11.5.3	锡矿石的浮选方法	(296)
11.5.4	锡石浮选的生产实例	(297)
11.6	钨矿的浮选	(298)
11.6.1	钨矿物及其可浮性	(298)

11.6.2	钨矿物的浮选药剂	(298)
11.6.3	钨矿的浮选工艺	(300)
11.7	一水硬铝石型铝土矿的浮选	(302)
11.7.1	一水硬铝石型铝土矿矿物的可浮性	(302)
11.7.2	铝土矿浮选脱硅工艺影响因素	(303)
11.7.3	铝土矿正浮选脱硅工艺	(305)
11.7.4	铝土矿反浮选脱硅工艺	(306)
11.8	锂矿的浮选	(307)
11.8.1	锂矿物及其性质	(307)
11.8.2	主要锂矿物的浮选	(307)
11.8.3	锂矿的浮选方法及实例	(308)
11.9	铍矿的浮选	(310)
11.9.1	铍矿物及其性质	(310)
11.9.2	铍矿的浮选工艺	(310)
11.10	钽铌矿的浮选	(312)
11.10.1	钽铌矿的特点	(312)
11.10.2	钽铌矿物的浮选药剂与工艺	(312)
11.10.3	影响钽铌矿浮选的主要因素	(314)
11.10.4	细粒钽铌矿的浮选	(314)
第12章	非金属矿浮选实践	(316)
12.1	磷矿浮选	(316)
12.1.1	磷的矿物、矿石及矿床	(316)
12.1.2	磷酸盐矿石的可浮性	(317)
12.1.3	磷酸盐矿石浮选实例	(318)
12.2	萤石浮选	(319)
12.2.1	萤石的性质、矿物结构、矿床及应用	(319)
12.2.2	萤石的可浮性	(320)
12.2.3	萤石矿的浮选工艺	(321)
12.2.4	萤石浮选实例	(322)
12.3	石英浮选	(324)
12.3.1	石英的性质、矿物结构及应用	(324)
12.3.2	石英的可浮性	(325)
12.3.3	石英砂的浮选工艺	(326)
12.4	长石浮选	(328)
12.4.1	长石的性质、矿物结构、矿床及应用	(328)
12.4.2	长石的浮选工艺	(328)
12.5	可溶盐浮选	(329)
12.5.1	可溶盐类矿物与处理方法	(329)
12.5.2	可溶盐类矿物的浮选特点及其与捕收剂的作用	(330)
12.5.3	钾石盐矿的浮选	(332)