

选 | 矿 | 技 | 术 | 丛 | 书

铅 锌 选 矿

高利坤 戴惠新 编著



QIANXIN XUANKUANG



化学工业出版社

选矿技术丛书

铅 锌 选 矿

高利坤 戴惠新 编著



化学工业出版社

· 北京 ·

本书是一部系统介绍铅锌选矿技术与实践的工程应用型书籍,内容包括铅锌选矿的工艺、技术、设备,尾矿处理、生产管理、生产实例及铅锌矿的分析检测等,具体涉及铅锌资源,铅锌矿石的种类和性质,铅锌选矿理论、工艺和设备,硫化铅锌矿的选矿、氧化铅锌矿的选矿、复杂铅锌矿的选矿、铅锌矿伴生资源及尾矿的综合利用,铅锌选矿厂环境保护及自动化,国内外铅锌选矿实例,铅锌选矿厂生产技术管理,铅锌矿石的分析。在突出实用的基础上,反映了目前国内外先进的铅锌选矿工艺技术和装备。

本书可供从事铅锌选矿工作的生产技术人员、管理人员和科研人员作为技术资料使用,也可供从事矿物加工工程科研、设计、工程方面科技人员及大中专院校的师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

铅锌选矿/高利坤,戴惠新编著. —北京:化学工业出版社, 2014. 4
(选矿技术丛书)
ISBN 978-7-122-19869-3

I. ①铅… II. ①高…②戴… III. ①铅锌矿床-选矿 IV. ①D952

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第035063号

责任编辑:戴燕红
责任校对:边涛

文字编辑:刘砚哲
装帧设计:关飞

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)
印 装:三河市延风印装厂
787mm×1092mm 1/16 印张26¼ 字数684千字 2015年1月北京第1版第1次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:98.00元

版权所有 违者必究



前言

我国是世界上重要的铅锌资源和铅锌生产大国，而我国铅锌资源具有贫矿多、富矿少，铅锌共生，矿石类型复杂，共伴生组分多，铅锌嵌布粒度细、铅锌矿石不同程度受到氧化等特点。我国铅锌选矿中普遍存在铅锌分离困难，铅锌分选得到的铅精矿、锌精矿质量差，铅锌回收率低，选矿成本高等问题。因此，加强铅锌选矿理论、工艺技术及设备的研究与推广应用，提高铅锌选矿生产技术与管理水平，对开发我国铅锌资源具有十分重要的作用。为了适应这一形势的需要，基于应用为主，我们编写了本书，旨在通过铅锌选矿理论、工艺技术、选矿设备以及生产技术管理等相关知识的系统介绍，为相关单位开展生产和科研，提升选矿技术水平和管理水平提供借鉴和参考。

本书共分为12章，主要内容包括：铅锌资源概况、铅锌矿物及矿石、铅锌矿石分选的设备与工艺技术、硫化铅锌矿的浮选、氧化铅锌矿的浮选、复杂铅锌矿的联合选矿、铅锌矿伴生资源及尾矿的综合利用、铅锌选矿厂环境保护、铅锌选矿厂的自动化检测与控制、典型铅锌选矿生产实例、铅锌选矿厂生产技术管理、铅锌矿石分析。本书的编写在注重铅锌选矿生产实践的基础上，力求反映目前国内外先进的铅锌选矿的技术和装备。

本书由高利坤和戴惠新编写，参加编写的人员还有李国栋、郭艳华、王举、李想、杨鑫龙、宋超。全书由高利坤和戴惠新负责统一整理和校订。

本书获得国家自然科学基金资助项目（No. 51264020）和云南省科技厅应用基础研究计划项目（2011FB026）资助。在本书编写过程中，编者参阅了大量国内外学者、生产企业的相关资料和成果，在此一并表示衷心的感谢。由于编者水平所限，书中不足之处在所难免，衷心希望广大读者提出批评和修改意见。

编著者

2013年6月于昆明理工大学

目 录

▶ 第1章 铅锌资源概况 /1

1.1 铅锌的性质和用途	1
1.1.1 铅的性质和用途	1
1.1.2 锌的性质和用途	1
1.2 世界铅锌资源概况	2
1.2.1 世界铅锌资源储量	2
1.2.2 世界铅锌资源的分布	3
1.2.3 世界铅锌矿的主要类型和重要铅锌矿床	5
1.3 我国铅锌资源概况	7
1.3.1 我国铅锌储量与资源分布	7
1.3.2 我国铅锌矿床类型	8
1.3.3 我国铅锌资源的特点	9
1.3.4 我国铅锌资源开发利用现状	10

▶ 第2章 铅锌矿物及矿石 /12

2.1 铅锌矿物及矿石	12
2.1.1 主要铅锌工业矿物及其一般特征	12
2.1.2 铅锌矿石类型	17
2.1.3 铅锌矿石的矿物组成	18
2.1.4 铅锌矿石中有价元素的赋存状态	19
2.1.5 矿石中矿物的嵌布状态	20
2.2 铅锌矿石的工业要求	20
2.2.1 铅锌矿石的一般工业指标	20
2.2.2 铅锌矿石伴生组分综合评价一般参考指标	21
2.2.3 铅锌精矿质量标准	22

▶ 第3章 铅锌矿石分选的设备与工艺技术 /23

3.1 破碎设备与工艺技术	23
---------------------	----

3.1.1	概述	23
3.1.2	破碎筛分设备	26
3.1.3	破碎筛分工艺技术	40
3.1.4	磨矿分级设备	51
3.1.5	磨矿分级工艺技术	62
3.2	浮选设备与工艺技术	83
3.2.1	浮选设备	83
3.2.2	浮选药剂	89
3.2.3	浮选流程与工艺控制	102
3.3	精矿脱水与尾矿处理设备及工艺	110
3.3.1	精矿脱水	110
3.3.2	尾矿处理	125

▶ 第4章 硫化铅锌矿的浮选 /131

4.1	方铅矿的浮选行为与特性	131
4.1.1	方铅矿的晶体结构及天然可浮性	131
4.1.2	方铅矿与捕收剂的作用	132
4.1.3	方铅矿与抑制剂的作用	135
4.2	闪锌矿的浮选行为与特性	137
4.2.1	闪锌矿的晶体结构及天然可浮性	137
4.2.2	闪锌矿与捕收剂的作用	138
4.2.3	闪锌矿与活化剂的作用	138
4.2.4	闪锌矿与抑制剂的作用	139
4.3	铅锌硫化矿浮选电化学理论及电位调控浮选	142
4.3.1	无捕收剂浮选电化学理论	142
4.3.2	捕收剂与硫化矿物相互作用的电化学	143
4.3.3	浮选调整剂的电化学	144
4.3.4	硫化矿电位调控浮选应用研究现状	146
4.3.5	硫化矿物浮选电化学研究方法	147
4.4	硫化铅锌矿捕收剂	148
4.4.1	黄药类	148
4.4.2	黑药类	148
4.4.3	硫氮及硫氨酯类	149
4.4.4	硫氨酯类	149
4.4.5	硫醇类	149
4.4.6	硫脲类	149
4.5	铅锌多金属硫化矿的浮选分离方法	149
4.5.1	铅锌及其多金属硫化矿的可选性分析	149
4.5.2	铅锌及多金属硫化矿的浮选原则流程	150
4.5.3	铅锌多金属硫化矿的浮选分离	155
4.6	硫化铅锌矿选矿技术进展	161

4.6.1	硫化铅锌矿浮选理论研究进展	161
4.6.2	硫化铅锌矿浮选药剂研究进展	166
4.6.3	硫化铅锌矿浮选工艺研究进展	168

▶ 第5章 氧化铅锌矿的浮选 /173

5.1	氧化铅矿的浮选行为与特征	173
5.1.1	氧化铅矿物的类型与可选性	173
5.1.2	氧化铅矿物与硫化钠的作用	174
5.1.3	硫化后的氧化铅矿物与硫代捕收剂的作用	175
5.1.4	脉石矿物有害影响的排除和抑制	175
5.2	氧化锌矿的浮选行为与特征	176
5.2.1	氧化锌矿石的类型与可选性	176
5.2.2	氧化锌矿物与硫化钠的作用	176
5.2.3	氧化锌矿物与阳离子捕收剂的作用	177
5.2.4	胺法浮选前矿泥的处理	177
5.2.5	胺法浮选过程中捕收作用的强化	178
5.2.6	氧化锌矿的其他浮选方法	178
5.3	氧化铅锌矿捕收剂	179
5.3.1	黄药类	179
5.3.2	黑药类	180
5.3.3	硫醇类	180
5.3.4	胺类捕收剂	180
5.3.5	螯合浮选剂类	180
5.3.6	两性捕收剂	181
5.3.7	巯基苯并噻唑	181
5.3.8	氨基硫酚	181
5.4	氧化铅锌矿石的选矿方法	181
5.4.1	铅锌硫化矿与氧化矿顺序浮选流程	181
5.4.2	硫化矿和氧化矿分别混合浮选的流程	182
5.4.3	铅锌硫化矿和氧化矿混合浮选	182
5.4.4	重介质预选-威尔兹法-密闭鼓风机	182
5.4.5	热化学处理-浮选法	182
5.5	氧化铅锌矿选矿技术进展	183
5.5.1	氧化铅锌矿浮选理论研究进展	183
5.5.2	氧化铅锌矿浮选药剂研究进展	183
5.5.3	氧化铅锌矿浮选工艺研究进展	184

▶ 第6章 复杂铅锌矿的联合选矿 /186

6.1	复杂硫化矿的选冶联合处理方法	186
6.1.1	火法处理	186

6.1.2	湿法处理	187
6.2	难选氧化铅锌矿的联合处理方法	188
6.2.1	重选-浮选联合流程	188
6.2.2	重选-浮选-磁选联合流程	189
6.2.3	重介质预选-烟化挥发-密闭鼓风机熔炼法	189
6.2.4	重选-烟化挥发-浸出流程	189
6.2.5	浮选-水冶联合流程	190
6.2.6	硫化焙烧-浮选法	190

▶ 第7章 铅锌矿伴生资源及尾矿的综合利用 /191

7.1	铅锌矿伴生资源的综合利用	191
7.1.1	铅锌矿产资源的综合开发利用	191
7.1.2	铅锌矿产资源中银的综合回收	192
7.1.3	铅锌矿产资源中锗的综合回收	196
7.2	铅锌尾矿的综合利用	198
7.2.1	尾矿再选	199
7.2.2	铅锌尾矿作建筑材料	200
7.2.3	采空区回填	202

▶ 第8章 铅锌选矿厂环境保护 /204

8.1	铅锌选矿厂的污染源种类和治理方法	204
8.2	铅锌选矿厂废水的处理实例	206
8.2.1	凡口铅锌矿选矿废水的治理	206
8.2.2	桃林铅锌矿选矿废水的治理	206
8.2.3	厂坝铅锌矿的废水处理	207
8.2.4	其他铅锌选矿厂废水处理简介	207
8.2.5	原苏联选矿试验厂使用回水对选矿指标的影响	208

▶ 第9章 铅锌选矿厂的自动化检测与控制 /209

9.1	破碎-分级过程的检测与控制	209
9.2	磨矿-分级回路的检测与控制	209
9.3	浮选过程的自动控制	210
9.4	脱水过程自动控制	210
9.5	铅锌选矿厂检测与控制实例	211

▶ 第10章 典型铅锌选矿生产实例 /212

10.1	国外铅锌选矿生产实例	212
------	------------------	-----

10.1.1	美国杨选矿厂	212
10.1.2	美国巴尔马特选矿厂	216
10.1.3	美国布拉什·克里克选矿厂	217
10.1.4	原苏联列宁诺戈尔斯克多金属公司 2、3 号选矿厂	219
10.1.5	原苏联联良诺夫斯克选矿厂	226
10.1.6	加拿大布伦瑞克矿冶公司选矿厂	235
10.1.7	加拿大得克萨斯湾加拿大有限公司基德克里克选厂	237
10.1.8	加拿大西部矿山有限公司选矿厂	244
10.1.9	日本丰羽选矿厂	246
10.1.10	日本松峰选矿厂	250
10.1.11	日本释加内铜铅锌选厂	251
10.1.12	日本细仓选矿厂	254
10.1.13	澳大利亚芒特艾萨选矿厂	259
10.1.14	澳大利亚新布罗肯希尔联合有限公司选矿厂	261
10.1.15	德国梅根选矿厂	264
10.1.16	意大利塞尔托里选矿厂	269
10.1.17	意大利马苏阿重介质预选厂	273
10.1.18	意大利高尔诺选矿厂	274

10.2	国内铅锌选矿生产实例	277
10.2.1	柴河铅锌矿选矿厂	277
10.2.2	会理铅锌矿选矿厂	283
10.2.3	锡铁山铅锌矿选矿厂	285
10.2.4	柴山铅锌矿选矿厂	288
10.2.5	昌化铅锌矿选矿厂	289
10.2.6	凡口铅锌矿选矿厂	291
10.2.7	水口山铅锌矿选矿厂	295
10.2.8	会泽铅锌矿选矿厂	297
10.2.9	黄砂坪铅锌矿选矿厂	299
10.2.10	青城子铅锌矿选矿厂	301
10.2.11	西林铅锌矿选矿厂	304
10.2.12	八家子铅锌矿选矿厂	306
10.2.13	潘家冲铅锌矿选矿厂	308
10.2.14	天宝山铅锌矿选矿厂	311
10.2.15	银山铅锌矿选矿厂	313
10.2.16	桓仁铅锌矿选矿厂	316
10.2.17	桃林铅锌矿选矿厂	319
10.2.18	白银小铁山铜铅锌矿选矿厂	321
10.2.19	泗顶铅锌矿选矿厂	324
10.2.20	兰坪铅锌矿选矿厂	326

第11章 铅锌选矿厂生产技术管理 /330

11.1	铅锌选矿工艺技术管理	330
-------------	-------------------------	------------

11.1.1	原矿管理	330
11.1.2	流程管理	331
11.1.3	操作管理	332
11.1.4	钢球管理	332
11.1.5	药剂管理	333
11.1.6	试验研究	333
11.2	铅锌选矿工艺技术监督	335
11.2.1	取样与样品加工	335
11.2.2	铅锌选矿工艺过程的检查	341
11.2.3	选矿厂各作业的效率(或质量)指标和理论计算	345
11.2.4	铅锌选矿厂金属平衡	367
11.3	铅锌选矿技术经济	380
11.3.1	选矿生产成本	380
11.3.2	选矿生产数质量指标	381
11.3.3	出厂精矿批配	382
11.3.4	选矿生产主要技术经济指标	382

▶ 第12章 铅锌矿石分析 /384

12.1	铅锌矿试样的分解及铅锌的分离富集	384
12.1.1	铅锌矿试样的分解	384
12.1.2	铅、锌的分离富集方法	386
12.2	铅锌矿中铅、锌主要元素分析	389
12.2.1	铅的测定	390
12.2.2	锌的测定	395
12.3	铅锌矿石物相分析	399
12.3.1	铅物相分析	400
12.3.2	锌物相分析	408

参考文献 /415

第1章

铅锌资源概况

1.1 铅锌的性质和用途

1.1.1 铅的性质和用途

铅(Pb)是一种呈蓝灰色的金属,新鲜断面具有强烈的金属光泽,硬度1.5,密度 $10.67\sim 11.34\text{g/cm}^3$,熔点 327.4°C ,沸点 1749°C 。铅是最软的重金属。铅的展性良好,延性甚微,是热和电的不良导体,具有较好的可锻性和抗磨性,并易与锌、锡、砷、锑等制成合金。铅的化学性质较稳定,在干燥的空气中和不含空气的水中不发生化学变化。铅除能较好地溶解于稀硝酸和 200°C 的浓硫酸外,盐酸和硫酸仅能作用于铅的表面,形成几乎不溶的氯化铅和硫酸铅薄膜,具有较好的防腐性。

铅广泛应用于各种工业,大量用于制造铅酸蓄电池,主要用于汽车工业,占总消费量的60%。此外,在化学工业和冶金工业中,铅常用以制作管件和设备的防腐内衬;核能工业中,铅可用来制作防辐射外罩;国防工业中用来制造弹头;电气工业中用来制作电缆包皮和熔断保险丝。铅锡合金用于制造焊条;铅板和镀铅锡薄钢板用于建筑业。

据《世界矿产资源年评》,2008年年底世界精炼铅年生产量为817万吨,世界铅矿山年生产量为387万吨,世界再生精炼铅年生产量为431万吨,世界精炼铅的年总消费量为817万吨。国际铅市场供过于求,商业库存达27万吨。

1.1.2 锌的性质和用途

锌(Zn)是一种呈蓝白色的金属,新鲜断面具有金属光泽,硬度2,常温下密度 7.19g/cm^3 ,熔点 419.4°C ,沸点 906°C 。锌在常温下发脆,在 $100\sim 150^\circ\text{C}$ 时,具有良好的压延性,但继续加热到 250°C 时,又变为很脆,甚至成为粉末。锌的导热、导电性比铅强。锌易与多种金属制成合金。锌的化学性质较活泼,易溶于稀硫酸、盐酸和碱溶液,但在常温

下的干燥空气中不被氧化。当在潮湿的空气中时，锌表面易形成致密的碳酸锌和氢氧化锌薄膜，从而保护内部的锌金属不再被氧化。

锌在工业上广泛用于制造各种合金，如黄铜、白铜、青铜等。锌含量在 40% 以下的黄铜使用价值最大。锌还可用铸造法生产用途广泛的海绵金属。锌的另一个用途是大量用来镀锌，用以防止金属被腐蚀。高纯锌制造的银-锌电池，用于飞机和宇宙飞船的电气仪表。锌粉、锌片用在冶金工业中，可除去溶液中的杂质，置换出稀有金属、贵金属。锌的化合物可用于纺织工业以及制造油漆、染料、颜料等；农业上制作杀虫剂。锌还可用于制造微晶锌版，用于传真制版和压铸合金等技术。

据《世界矿产资源年评》，近年世界精炼锌年消费量为 1132 万吨，其中主要消费是用于镀锌，约占 50%；其次，制造青铜和黄铜，约占 20%；铸造合金，约占 15%。近年来世界锌矿山年生产量为 1112 万吨，世界精炼锌年生产量为 1136 万吨，再生锌约 300 万吨，占 30%，库存量达 100 万吨。

▶ 1.2 世界铅锌资源概况

1.2.1 世界铅锌资源储量

世界铅锌资源分布广泛，已知在 50 余个国家均有分布。据美国地质调查局报道：2005 年全球查明铅资源量为 15 亿多吨，铅储量为 6700 万吨，储量基础为 14000 万吨，现有铅储量和储量基础的静态保证年限分别为 22 年和 45 年。2005 年全球查明锌资源量为 19 亿多吨，锌储量 220Mt，储量基础 460Mt，现有锌储量和储量基础的静态保证年限分别为 24 年和 50 年。由于现有铅储量和储量基础只占铅资源量的 4.5% 和 9.3%，现有锌储量与储量基础只占锌资源量的 10.5% 和 23.6%，说明全球铅锌的勘查潜力不小。

1990 年以来世界铅锌储量和储量基础的变化情况见表 1-1。

表 1-1 世界铅锌储量和储量基础

单位：万吨

年 份	铅		锌	
	储量	储量基础	储量	储量基础
1990	7000	12000	14400	29500
1995	6800	12000	14000	33000
2000	6400	13000	19000	43000
2001	6400	13000	19000	44000
2002	6800	14000	20000	45000
2003	6700	14000	22000	46000
2004	6700	14000	22000	46000
2005	6700	14000	22000	46000
2006	6700	14000	22000	46000
2007	7900	17000	18000	48000

20 世纪 90 年代的 10 年间，全球铅锌矿山生产不断攀升，合计生产铅 2970 万吨和锌 7290 万吨，但 10 年间全球铅储量只减少了 600 万吨，储量基础不仅没有减少，反而增加了 1000 万吨；锌储量和储量基础也是不仅没有减少，反而分别增加了 4600 万吨和 13500 万吨。这说明勘探投入增加的储量丰富，除了弥补生产消耗储量外，还新增不少储量供持续生产使用。20 世纪 90 年代由于勘查投入增加，铅锌资源量各增加 1 亿多吨。近几年由于铅锌

需求旺盛，价格坚挺，全球铅锌矿勘查受到重视，投入勘查资金不断增加，铅锌储量明显增加，扣除当年生产消耗的储量外，2005年保有的铅锌储量和储量基础仍与2004年持平。

据美国地质调查局统计，2007年全球铅储量为7900万吨，比2006年增长17.91%，储量基础为17000万吨，比2006年增长21.43%。2007年全球铅储量及储量基础的增长主要是因为澳大利亚的储量增加。另外加拿大的储量变化加大，2007年加拿大的铅储量和储量基础都有较大程度的减少。澳大利亚是全球铅储量最多的国家，储量为2400万吨，占全球储量的30.57%；储量基础5900万吨，占全球储量基础的34.69%。2007年全球锌储量为1.8亿吨，比2006年减少18.18%，储量基础为4.8亿吨，比2006年增长4.35%。

2007年美国、加拿大、哈萨克斯坦等几个锌储量大的国家的储量减少是导致2007年整体储量减少的原因，不过澳大利亚的储量及储量基础又有大幅增加，因此全球锌储量基础没有太大变化。澳大利亚是全球锌储量最丰富的国家，2007年储量为4200万吨，占全球储量的23.08%；储量基础10000万吨，占全球储量基础的20.75%。表1-2和表1-3分别列出了全球主要铅与锌储量国的储量和储量基础。

表 1-2 全球主要铅储量国的铅储量与储量基础

单位：万吨

国 家	储量				储量基础			
	2006年		2007年		2006年		2007年	
	数量	比例/%	数量	比例/%	数量	比例/%	数量	比例/%
美国	810	12.18	770	9.81	2000	13.88	1900	11.17
澳大利亚	1500	22.56	2400	30.57	2800	19.43	5900	34.69
加拿大	200	3.01	40	0.51	900	6.25	500	2.94
中国	1100	16.54	1100	14.01	3600	24.98	3600	21.16
哈萨克斯坦	500	7.52	500	6.37	700	4.86	700	4.12
墨西哥	150	2.26	150	1.91	200	1.39	200	1.18
摩洛哥	50	0.75	50	0.64	100	0.69	100	0.59
秘鲁	350	5.26	350	4.46	400	2.78	400	2.35
波兰	—	—	—	—	540	3.75	540	3.17
南非	40	0.60	40	0.51	70	0.49	70	0.41
瑞典	50	0.75	50	0.64	100	0.69	100	0.59
其他国家	1900	28.57	2400	30.57	3000	20.82	3000	17.64
全球合计	6700	100.00	7900	100.00	14000	100.00	17000	100.00

表 1-3 全球主要锌储量国的锌储量与储量基础

单位：万吨

国 家	储量				储量基础			
	2006年		2007年		2006年		2007年	
	数量	比例/%	数量	比例/%	数量	比例/%	数量	比例/%
美国	3000	13.64	1400	7.69	9000	19.57	9000	18.67
澳大利亚	3300	15.00	4200	23.08	8000	17.39	10000	20.75
加拿大	1100	5.00	500	2.75	3100	6.74	3000	6.22
中国	3300	15.00	3300	18.13	9200	20.00	9200	19.09
哈萨克斯坦	3000	13.64	1400	7.69	3500	7.61	3500	7.26
墨西哥	800	3.64	700	3.85	2500	5.43	2500	5.19
秘鲁	1600	7.27	1800	9.89	2000	4.35	2300	4.77
其他国家	5900	26.82	4900	26.92	8700	18.91	8700	18.05
全球合计	22000	100.00	18000	100.00	46000	100.00	48000	100.00

1.2.2 世界铅锌资源的分布

世界铅锌储量和储量基础较多的国家有澳大利亚、中国、美国、加拿大、墨西哥、秘

鲁、哈萨克斯坦、南非、摩洛哥和瑞典等。它们合计占 2007 年世界铅锌储量基础的 80% 左右。澳大利亚、美国和俄罗斯的铅锌矿床多以铅为主；中国和加拿大的铅锌矿床多以锌为主。

2007 年，澳大利亚铅、锌储量基础分别达 5900 万吨和 10000 万吨，分别占世界铅、锌储量基础的 34.69% 和 20.75%。铅锌资源主要分布在新南威尔士州、昆士兰州、北部地方、西澳大利亚州及塔斯马尼亚州等地区。新南威尔士州的布罗肯希尔 (Broken Hill)，昆士兰州的芒特艾萨 (Mount Isa)、“世纪” (Century)，北部地方的麦克阿瑟河 (McArthur River) 和西澳大利亚州的阿德默勒尔湾 (Admirals Bay) 等的铅锌矿床均是世界著名的、储量在千万吨级以上的大矿床。

美国铅、锌储量基础分别占世界的 11.17% 和 18.67%，2007 年铅和锌储量基础分别为 1900 万吨和 9000 万吨。主要分布在密苏里州东南部，密苏里、堪萨斯和俄克拉何马三州交界地区，田纳西州的中部和东部，密西西比河谷上游的威斯康星州，以及阿拉斯加州，爱达荷州和犹他州等地区。重要矿床有位于密苏里东南部的维伯纳姆 (Viburnum) 矿带和老铅矿带 (Old Lead Belt) 内的矿床，三州 (Tri State) 矿区，爱达荷州的科达伦 (Coeur d'Alene) 矿区，以及阿拉斯加州“红狗” (Red Dog) 矿区等。

加拿大铅、锌储量基础分别占世界的 2.94% 和 6.22%，2007 年铅、锌储量基础分别为 500 万吨和 3000 万吨。主要分布在育空地区、西北地区、不列颠哥伦比亚省、新斯科舍省和安大略省等。重要矿床有育空地区塞尔温盆地中的霍华兹山口 (Hovards Pass)、法罗 (Faro) 等矿床，不列颠哥伦比亚贝尔特盆地中的沙利文 (Sullivan) 矿床，新布伦瑞克省巴瑟斯特地区的布伦瑞克 12 号 (Brunswick) 矿床，西北地区的派因波因特 (Pine Point) 矿床以及安大略省的基德克里克 (Kidd Creek) 矿床等。

2007 年，墨西哥铅、锌合计的储量基础 2700 万吨，铅锌矿床主要分布在奇瓦瓦州、科阿韦拉州和萨卡特卡斯州。重要矿床有奇瓦瓦州的圣欧拉利亚 (Santa Eulalia) 和圣巴巴拉 (Santa Barbara)，科阿韦拉州的谢拉莫哈达 (Sierra Mojada)，萨卡特卡斯州的里尔德安占利斯 (Real de Angeles) 等。

2007 年，秘鲁铅、锌合计的储量基础为 2700 万吨，铅锌矿床主要分布在帕斯科省和利马省。著名的矿床有帕斯科省的塞罗-德帕斯科 (Cerro de Pasco)。近年又在帕斯科矿区发现圣格雷戈里奥 (San Gregorio) 矿床。

亚洲铅锌储量较多的国家除中国外还有朝鲜、蒙古、日本、印度、缅甸、印度尼西亚、哈萨克斯坦、伊朗和土耳其等。朝鲜铅锌矿床主要分布在西北部的咸镜南道，其检德 (Komdok) 铅锌矿已跃居世界第一大矿床。蒙古有察布 (Ksav) 等大型铅锌矿床。日本北鹿 (Hokuroku) 地区的“黑矿” (Kuroko) 含有大量铅和锌。印度的铅锌储量集中在拉贾斯坦邦，重要的矿床有兰布尔-阿古恰 (Rampura-Agucha) 等。缅甸东部有大型的包德温 (Bawdwin) 铅锌矿床。哈萨克斯坦是前苏联重要的铅锌产区，2007 年铅和锌的储量基础分别为 700 万吨和 3500 万吨，分别占世界铅锌储量基础的 4.12% 和 7.26%。矿床主要分布在该国的东部、东北部和西南部。重要矿床有东北部阿尔泰地区的济良诺夫斯克 (Zyryanovsk)、列宁诺戈尔斯克 (Leninogorsk) 矿床，东部的铁克利 (Tekeli) 矿床和西南缘卡拉套山区的沙尔基亚 (Shalkiya) 矿床等。伊朗西北部有安吉兰 (Angouran) 大型铅、锌矿床，近年在中部地区发现迈赫迪耶巴德 (Medhdiabad) 大型矿床。土耳其中部有恰耶利-马登科伊 (Cayeli-Madenkoy) 大型矿床。印度尼西亚近年在勿里洞岛 (Belitung)、达里 (Dairi) 等矿地发现一些大型铅锌矿床。

非洲铅、锌储量集中在南非、纳米比亚、摩洛哥和阿尔及利亚等国家。南非铅锌的储量主要分布在该国的西北部，重要矿床有甘斯堡（Gamsberg）和阿格尼斯（Agenevs）等。纳米比亚西南部有大型的斯科比翁（Skorpion）锌矿床。摩洛哥 2007 年铅的储量基础为 100 万吨，重要矿床有泰维西特-布贝克尔（Touissite-Bou Beker）等。阿尔及利亚于 1990 年在其北部贝贾亚东南的阿米祖地区发现大的铅锌矿床。

欧洲铅锌储量主要分布在波兰、德国、爱尔兰、西班牙、葡萄牙、南斯拉夫、意大利、瑞典和俄罗斯等国。重要矿床有波兰上西里西亚（Upper Silesia）地区的矿床，德国的拉梅尔斯贝格（Rammelsberg）和梅根（Meggen），爱尔兰的纳凡（Navan）和利希恩（Lisheen），西班牙的雷奥辛（Reocin）、索提尔（Sotiel）和洛斯弗赖莱斯（Los Frailes），葡萄牙的内维斯-科尔沃（Neves-Corvo）和阿尔朱斯特莱尔（Aljistrel）等。前南斯拉夫特雷普查（Трепча），意大利蒙特维基奥（Montevecchio），瑞典莱斯瓦尔（Laisvall）矿床等。俄罗斯有不少大型的矿床，主要分布在乌拉尔黄铁矿带，如布雷阿瓦吕（Блыава）、乌恰林（Учалинск）等矿床，以及西伯利亚的戈列夫（Горевское）、霍洛德宁（Холоднина）、奥泽尔诺耶（Озерное）等矿床。

1.2.3 世界铅锌矿的主要类型和重要铅锌矿床

世界勘查和开采铅锌矿的主要类型有：喷气沉积型（Sedex 型）、密西西比河谷型、砂页岩型、黄铁矿型、夕卡岩型、热液交代型、脉型等。其中以前 4 类为主，约占世界铅锌总储量的 85% 以上。目前喷气沉积型铅锌矿受到重视，不仅储量大，而且品位高，如澳大利亚的 Broken Hill 铅锌矿（铅锌金属储量大于 5500 万吨，铅锌合计品位 25%）、McArthur River 铅锌矿（铅锌金属储量 2580 万吨，铅锌合计品位 13.6%）和 Century “世纪” 铅锌矿（铅锌金属储量 1610 万吨，铅锌合计品位 11.5%）；加拿大的 Sullivan 铅锌矿（铅锌金属储量大于 2083 万吨，铅锌合计品位 11.9%）；美国的 Red Dog 铅锌矿（铅锌金属储量 3162 万吨，铅锌合计品位 20.4%），但中国至今尚未发现这类特大型矿床。另外大型的密西西比河谷型矿床也有发现，如波兰的 Upper Silesia 铅锌矿（铅锌金属储量 3200 万吨，品位为 12%），美国的 Viburnum Trend 铅锌矿（铅锌金属储量 3000 万吨，品位为 7.0%）。另外沉积变质型矿床找到了特大型的朝鲜检德铅锌矿（铅锌金属储量 4000 万吨，也有报道为 7000 万吨，铅锌合计品位 7%~10%）。

20 世纪 70 年代以来，世界范围内发现了不少重要的铅、锌矿床，如澳大利亚“世纪”（1990 年发现）、坎宁顿（1990）、杜加尔德河（20 世纪 80 年代）、阿德默勒尔湾（1981）、赫利尔（1981）；美国“红狗”（1975）、克兰多（1975）；加拿大霍华兹山口（1972）、西尔奎（1978）、米德韦（1981）、波拉里斯（1975）；墨西哥谢拉莫哈达（20 世纪 90 年代）；秘鲁圣格雷戈里奥（20 世纪 90 年代）；爱尔兰纳凡（1971）；葡萄牙内维斯-科尔沃（1981）；南非甘斯堡（1973）、阿格尼斯（1971）；印度兰布尔-阿古恰（1979）；伊朗迈赫迪耶巴德（20 世纪 90 年代）、安古兰（20 世纪 90 年代）等。我国在这时期也有许多重要发现，如新疆可可塔勒（1986）、内蒙古白音诺（1970）、四川呷村（1972），以及 2000 年以后在河南省西南部发现的银多金属大型矿床等。

据统计，全球铅锌金属储量（包括已开采量）超过 500 万吨的巨型铅锌矿床近 60 个，其中澳大利亚 9 个，美国 7 个，加拿大 6 个，中国 5 个（包括云南兰坪金顶、甘肃厂坝、广东凡口、内蒙古东升庙和广西大厂等矿田），四国合计巨型铅锌矿床数占全球 45%。目前世界特大型铅锌矿床情况见表 1-4。

表 1-4 目前世界特大型铅锌矿床 (铅+锌原始金属储量大于 500 万吨)

序号	国家 (地区)	矿床或矿区	储量(Pb+Zn) /万吨	品位 (Pb+Zn)/%	矿床 类型	成矿 时代	发现年代
1	加拿大	基德克里克	952	6.42	VMS	太古宙	1964
2	加拿大	不伦瑞克 12 号	>1070	13	VMS	古生代	1952
3	加拿大	派因波因特	820	10	MVT	古生代	1962
4	加拿大	法罗	599	9.5	Sedex	古生代	20 世纪 50 年代后
5	加拿大	霍华兹山口	850	7.7	Sedex	古生代	1972
6	加拿大	沙利文	>2083	11.9	Sedex	元古宙	1892
7	美国	“红狗”矿田	3162	20.4	Sedex	古生代	1975
8	美国	维伯纳姆矿带	3000	7	MVT	古生代	1955
9	美国	老铅矿带	910	3	MVT	古生代	1725
10	美国	三州矿区	1315	2.9	MVT	古生代	1848
11	美国	马斯科特	600	3.6	MVT	古生代	1892
12	美国	宾厄姆	660	6.9	夕卡岩型	新生代	1863
13	美国	科达伦	>1000	11.8	沉积变质岩	元古宙	1885
14	格陵兰	皮里地	1800	7	Sedex		1993
15	墨西哥	谢拉莫哈达	628	8.22	夕卡岩型	元古宙	20 世纪 90 年代
16	秘鲁	圣格雷戈里奥	693	9.52	交代型	中生代	20 世纪 90 年代
17	秘鲁	安塔米纳	575	1.03	夕卡岩型		1996
18	秘鲁	塞罗-德帕斯科	825	12.7	热液-交代型	中生代	1630
19	玻利维亚	圣克里斯托巴尔	549	2.12	热液型	新生代	1996
20	巴西	瓦赞蒂	513	18	非硫化物型	元古宙	
21	澳大利亚	布罗肯希尔	>5500	25	Sedex	元古宙	1883
22	澳大利亚	芒特艾萨	1169	13.2	Sedex	元古宙	1923
23	澳大利亚	希尔顿	643	17.3	Sedex	元古宙	1947
24	澳大利亚	杜加尔德河	542	15.7	Sedex	元古宙	20 世纪 80 年代
25	澳大利亚	坎宁顿	718	13.4	Sedex	元古宙	1990
26	澳大利亚	“世纪”	1610	11.5	Sedex	元古宙	1990
27	澳大利亚	乔治菲什	1781	16.5	Sedex	元古宙	
28	澳大利亚	麦克阿瑟河	2580	13.6	Sedex	元古宙	1955
29	澳大利亚	阿德默勒尔湾	1044	8.7	MVT	古生代	1981
30	爱尔兰	纳凡	994	11.99	Sedex	古生代	1971
31	波兰	上西里西亚	3200	12	MVT	古-中生代	
32	德国	弗赖贝格	1400	5~6.5	热液脉型	中生代	
33	德国	拉梅尔斯贝格	840	28	Sedex	古生代	1859
34	德国	梅根	678	11.3	Sedex	古生代	1852
35	德国	莫巴什-梅舍尼什	500		砂岩型	中生代	
36	西班牙	雷奥辛	>900	10~20	MVT	古生代	
37	葡萄牙	阿尔朱斯特莱尔	520	5.2	VMS	古生代	20 世纪 60 年代
38	前南斯拉夫	特雷普查	500	10	夕卡岩型	新生代	
39	意大利	蒙特维基奥	500	7~10	热液脉型	古生代	1848
40	南非	甘斯堡	1268	7.65	Sedex	元古宙	1973
41	南非	阿格尼斯	978	2.8~6.6	Sedex	元古宙	1971
42	纳米比亚	斯科比翁	>600	7~10	MVT	元古宙	
43	摩洛哥	泰维西特	665	9.5	MVT	中生代	
44	哈萨克斯坦	铁克利	550	11	Sedex	元古宙	20 世纪 30 年代
45	哈萨克斯坦	济良诺夫	>500	11	VMS		
46	哈萨克斯坦	沙尔基亚	1239	4.13	沉积型	古生代	
47	乌兹别克斯坦	乌奇库拉奇	677	3.4	MVT		
48	伊朗	迈赫迪耶巴德	1220	12.7	MVT		20 世纪 90 年代
49	伊朗	安古兰	650	30~40	MVT	古生代	

序号	国家 (地区)	矿床或矿区	储量(Pb+Zn) /万吨	品位 (Pb+Zn)/%	矿床 类型	成矿 时代	发现年代
50	印度	兰布尔-阿古恰	920	15.05	VMS	太古宙	1979
51	缅甸	包德温	820	9.5	热液型	古生代	11世纪
52	朝鲜	榆德	7000	7~10	沉积变质岩	元古宙	15世纪
53	日本	北鹿地区	663	6.5	VMS	新生代	
54	中国	云南金顶	1610	8.44	砂岩型	古生代	20世纪60年代
55	中国	甘肃厂坝矿田	792	8.46	Sedex	古生代	20世纪60年代
56	中国	广东凡口	829	14.01	MVT	古生代	20世纪50年代
57	中国	内蒙古东升庙	626	3.25	Sedex	古生代	1957
58	中国	广西大厂矿田	579	2.77~15.53	热液型	古生代	

1.3 我国铅锌资源概况

1.3.1 我国铅锌储量与资源分布

我国铅锌矿产资源比较丰富,是我国的优势矿种,分布广泛且又相对集中。我国29个省(直辖市、自治区)几乎都有铅锌资源,相对集中在滇西兰坪、秦岭、南岭、川滇和狼山五大矿区,这些矿区成为我国铅锌资源的富集地区,多数大型铅锌矿床都分布在这里。

主要成矿有利区域有:华南褶皱系成矿区、华北地台北缘成矿区、黔滇川成矿带、滇西兰坪地区、四川昌台地区、长江中下游成矿带、川黔湘鄂成矿带、秦岭礼县-榨水成矿带和阿尔泰山南缘成矿带。

铅资源主要集中在云南、广东、陕西、青海等省区,合计保有储量占全国总量的80%。云南铅矿资源储量占全国总储量的17%,位居全国榜首;内蒙古、广东、甘肃、江西、湖南、四川、陕西次之,资源储量均在200万吨以上。

锌资源主要集中在云南、内蒙古、甘肃、湖南、广西、广东、四川等省区,合计保有储量占全国总量的70%。全国锌储量以云南最多,占全国25.68%;甘肃和内蒙古次之,占20%以上;其他如内蒙古、甘肃、广西、湖南、广东、四川、河北等省(区)的锌矿资源储量也较丰富,均在400万吨以上。

2007年我国铅储量为1100万吨,占世界铅储量的14.01%,锌储量为3300万吨,占世界锌储量的18.13%。2007年我国铅锌储量基础分别为3600万吨和9200万吨,分别占世界铅、锌储量基础的21.16%和19.09%。

截至2006年年底,全国共有铅矿区1243个,锌矿区1266个。其中,80%以上的铅锌资源储量都分布在云南、内蒙古、广东、甘肃、江西、湖南、四川、陕西、青海、福建、广西等11个省区内。重要的铅锌矿床有云南金顶、广东凡口、甘肃厂坝、内蒙古东升庙、广西大厂、四川大梁子、江西冷水坑、湖南水口山、青海锡铁山和新疆可可塔勒等。

“十五”期间,国家加大了对铅锌矿产资源勘查的投资力度,铅锌矿产查明资源储量增长很快,除满足当年的矿山开采对资源储量的消耗外,还有净增长。2005年铅、锌矿产保有资源储量分别为3934.54万吨与9495.28万吨,分别比2000年的3512.3万吨与9278.12万吨增长12%与2.3%。

按2006年的矿山实际开采量与采矿回收率,这些基础储量可供开采的年限,即所谓的