

周源 陈江安 等编著

# 铅锌矿 选矿技术

QIANXINKUANG  
XUANKUANG  
JISHU



化学工业出版社

**图书在版编目 (CIP) 数据**

铅锌矿选矿技术/周源, 陈江安等编著. —北京:  
化学工业出版社, 2012.9  
ISBN 978-7-122-15003-5

I. ①铅… II. ①周…②陈… III. ①铅锌矿床-选  
矿技术 IV. ①TD952

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 173748 号

---

责任编辑: 刘丽宏  
责任校对: 吴 静

文字编辑: 汲永臻  
装帧设计: 刘丽华

---

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: 大厂聚鑫印刷有限责任公司  
710mm×1000mm 1/16 印张 12 字数 220 千字 2012 年 11 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: 48.00 元

版权所有 违者必究

# 前言

目前，我国正处在社会经济建设的高速发展期。国家经济建设的快速发展，有力地促进了包括铅锌在内的原材料工业的发展，我国已成为世界铅锌生产大国。因此，普及铅锌矿石选矿的基本知识，大力提高我国铅锌矿选矿技术水平，在当前就显得尤为迫切与重要。

为了适应我国铅锌生产发展的需要，我们编著了本书。本书在总结长期以来铅锌矿选矿生产的基本理论和生产实践的基础上，综合近二十年来世界铅锌矿生产技术的革新和发展成就，以及新工艺、新方法、新设备和新药剂的开发应用效果，全面介绍了铅锌矿选矿的各种方法、生产工艺和具体实践，重点对国内外多家铅锌选矿厂的现行生产工艺流程、作业条件和主要技术经济指标进行了较详细的介绍和技术分析，可供铅锌矿科研、生产和管理工作的工程技术人员和操作工人参考，也可用作矿物加工有关专业院校的教材。

本书主要由周源、陈江安编著，参加本书编著工作的还有江西理工大学余新阳、艾光华、刘龙飞、刘诚、刘勇、沈新春和温胜来等。第1~2章由周源、艾光华编写，第3章由陈江安、刘龙飞编写，第4章由余新阳、刘诚、刘勇编写，第5章由陈江安、沈新春、刘龙飞、温胜来编写。本书最后由周源统稿、定稿。

由于编者水平有限，书中若有不足之处，恳请读者批评指正。

编著者

# 目 录

<b>第1章 绪论</b> .....	1
<b>1.1 铅锌的性质和用途</b> .....	2
1.1.1 铅的性质和用途 .....	2
1.1.2 锌的性质和用途 .....	3
<b>1.2 中国铅锌矿资源分布的地质特征</b> .....	4
1.2.1 矿床时空分布及成矿规律 .....	4
1.2.2 矿床类型 .....	6
<b>1.3 铅锌主要矿物</b> .....	8
<b>1.4 铅锌精矿的质量标准</b> .....	10
<b>第2章 铅锌选矿工艺</b> .....	12
<b>2.1 我国铅锌矿山的碎磨工艺</b> .....	12
<b>2.2 我国矿山主要碎磨设备</b> .....	15
<b>2.3 我国铅锌硫化矿的选矿工艺</b> .....	19
<b>2.4 我国铅锌硫化矿的分离方法</b> .....	26
<b>2.5 我国铅锌硫化矿浮选药剂的使用情况</b> .....	29
<b>2.6 我国氧化铅锌矿的选矿</b> .....	31
<b>2.7 我国铅锌选矿的综合回收</b> .....	34
<b>2.8 我国铅锌选厂的装备水平</b> .....	36
<b>2.9 铅锌选矿厂的仪表及控制</b> .....	37
<b>2.10 我国铅锌选厂的废料处理</b> .....	39
2.10.1 我国铅锌矿山的尾矿处理 .....	39
2.10.2 我国铅锌矿山尾矿库的环境保护 .....	40
2.10.3 我国铅锌选厂的废水处理 .....	41
2.10.4 我国铅锌选厂的回水利用 .....	44

<b>第3章 硫化矿物浮选电化学基础</b> .....	<b>46</b>
<b>3.1 硫化矿物浮选的电化学机理</b> .....	<b>46</b>
<b>3.2 混合电位模型</b> .....	<b>50</b>
3.2.1 混合电位模型概述 .....	50
3.2.2 硫化矿物残余电位与阳极反应产物之间的关系 .....	51
<b>3.3 硫化矿物浮选电化学理论的实验证明</b> .....	<b>53</b>
3.3.1 双黄药 .....	53
3.3.2 黄药的电化学吸附 .....	55
3.3.3 金属黄原酸盐 .....	58
<b>3.4 电化学研究方法在硫化矿物浮选研究中的应用</b> .....	<b>58</b>
3.4.1 静电位 .....	58
3.4.2 电位扫描 .....	59
3.4.3 循环伏安法 .....	64
3.4.4 旋转圆盘电极和旋转盘环电极 .....	66
<b>3.5 电位-pH图</b> .....	<b>68</b>
3.5.1 电位-pH图的定义 .....	68
3.5.2 电位-pH图的制作 .....	69
3.5.3 电位-pH图的应用 .....	71
<b>3.6 铅锌硫化矿浮选行为与表面吸附机理</b> .....	<b>76</b>
3.6.1 铅锌硫化矿硫诱导浮选行为 .....	76
3.6.2 铜铅锌硫化矿的捕收剂诱导浮选行为 .....	77
3.6.3 捕收剂与铜铅锌硫化矿表面的相互作用 .....	79
3.6.4 硫酸锌对铜铅锌硫化矿表面吸附作用的影响 .....	80
<b>第4章 铅锌多金属矿选矿实例</b> .....	<b>83</b>
<b>4.1 硫化铅锌矿选矿厂</b> .....	<b>83</b>
4.1.1 凡口铅锌矿选矿厂 .....	83
4.1.2 桃林铅锌矿选厂 .....	86
4.1.3 黄沙坪铅锌矿选矿厂 .....	91
4.1.4 佛子冲铅锌矿河三选矿厂 .....	99
4.1.5 八家子铅锌矿选矿厂 .....	103
4.1.6 青城子铅锌矿选矿厂 .....	109
4.1.7 西林铅锌矿选矿厂 .....	113
4.1.8 梅根铅锌矿选矿厂(德国) .....	117

4.1.9	芒特·艾萨铅锌矿选矿厂（澳大利亚） .....	123
4.1.10	丰羽铅锌矿选矿厂（日本） .....	129
4.1.11	沙利文铅锌矿选矿厂（加拿大） .....	131
<b>4.2</b>	<b>硫化铜铅锌矿选矿厂 .....</b>	<b>136</b>
4.2.1	小铁山铜铅锌矿选矿厂 .....	136
4.2.2	兹良诺夫斯克铜铅锌选矿厂（前苏联） .....	139
<b>4.3</b>	<b>硫化锌矿选矿厂 .....</b>	<b>142</b>
<b>4.4</b>	<b>氧化（混合）铅锌矿选矿厂 .....</b>	<b>145</b>
4.4.1	柴河氧化铅锌矿选矿厂 .....	145
4.4.2	萨尔托里氧化铅锌选矿厂（意大利） .....	148
<b>第5章</b>	<b>我国铅锌矿山矿产资源综合利用 .....</b>	<b>152</b>
<b>5.1</b>	<b>概述 .....</b>	<b>152</b>
5.1.1	矿床资源综合利用的概念 .....	152
5.1.2	综合利用的意义 .....	152
<b>5.2</b>	<b>矿床资源综合利用 .....</b>	<b>152</b>
5.2.1	共生矿产的综合开发利用 .....	152
5.2.2	伴生组分的综合开发利用 .....	154
5.2.3	非金属资源的综合开发利用 .....	156
5.2.4	选矿厂尾矿的综合利用 .....	156
5.2.5	冶炼炉渣的综合开发利用 .....	158
<b>附录</b>	<b>.....</b>	<b>161</b>
<b>参考文献</b>	<b>.....</b>	<b>183</b>

# 第1章 绪 论

铅锌金属因其特殊性，在工业发展中有着不可替代的地位。铅锌金属用途广泛，用于电气工业、机械工业、军事工业、冶金工业、化学工业、轻工业和医药业等领域。此外，铅金属在核工业、石油工业等部门也有较多的用途。随着科学的进步和工业生产的发展，世界各国对铅锌的需求量每年虽有起伏，但总的发展趋势是不断增加的，因而促进了铅锌矿冶工业的发展。目前世界上有50多个国家开采和选别铅锌矿石，有30多个国家从事铅锌熔炼和精炼。从世界铅锌资源状况和铅锌需求量的增长速度来看，至少在21世纪内，对于任何合理的需求量都是足够的，铅、锌不会出现短缺现象。

图 1-1 和图 1-2 分别为 2007 年的世界铅金属及世界锌金属消费结构图。

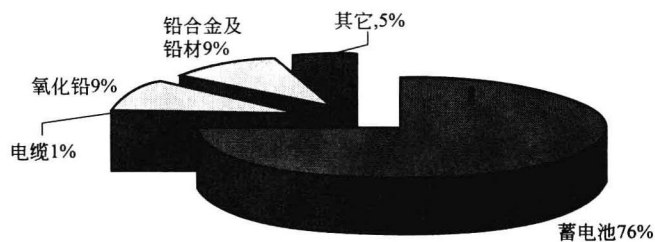


图 1-1 2007 年世界铅消费结构图

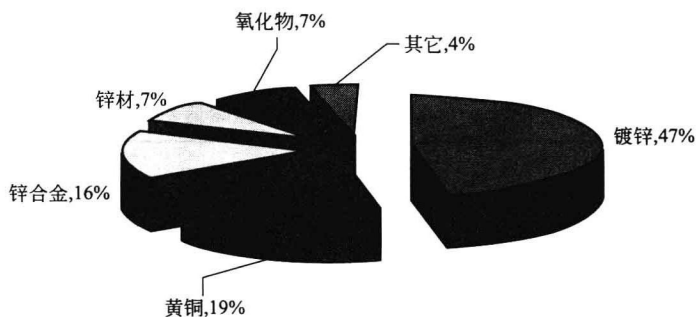


图 1-2 2007 年世界锌消费结构图

加拿大、澳大利亚、秘鲁三国的铅锌资源比较丰富，其铅锌精矿产量分别占世界铅锌精矿总产量的 24.52% 和 33.34%，特别是加拿大锌精矿产量占世界首位。这三个国家是铅锌矿石和精矿的主要出口国，其出口量均占世界总量的 45% 左右。

由于铅锌两种金属的地球化学性质和成矿的地质条件相同或相似，因此在矿床中两者常共生在一起。此外，矿床中还常伴生有其它元素，如银、铜、金、砷、铋、钼、锑、硒、镉、铟、镓、锗和碲等。故铅锌矿床往往又称为多金属矿床。铅锌矿床在我国分布相当广泛，储量也居于世界前列。

## 1.1 铅锌的性质和用途

### 1.1.1 铅的性质和用途

铅是蓝灰色的金属，新的断口具有灿烂的金属光泽。固态密度为 11.35g/cm<sup>3</sup>，熔点为 327.4℃，沸点为 1525℃，纯铅在金属中是最柔软的，莫氏硬度为 1.5。铅具有良好的展性，但其延性甚小，不耐拉力。铅的导热性很差，相当于银的 7.5%，导电性也很差，仅及银的 7.77%。

铅具有高度的化学稳定性，常温时在干燥空气中不起化学变化。铅易溶于稀硝酸，室温下铅不溶于硫酸和盐酸。常温时盐酸和硫酸的作用仅涉及铅的表面，因生成的 PbCl<sub>2</sub> 及 PbSO<sub>4</sub> 几乎是不溶解的，附着在铅的表面上，使内部的金属不受腐蚀。铅与含碱、氮、氯的溶液和有机酸、酯均不起反应。

由于铅具有抗酸、碱腐蚀的性质，因此用途较广，如可以利用它来制造化工设备的各种构件、冶金工厂的电解槽、通讯光缆材料以及蓄电池等；还可做成巴比特合金-铅基合金轴承；由于铅能吸收放射性射线，故用于 X 射线工业及原子能工业；铅的化合物用在颜料、陶瓷、玻璃、橡胶、石油精炼等工业部门；还可用于焊料、印刷等。表 1-1 是世界主要国家铅储量和储量基础。

表 1-1 世界主要国家铅储量和储量基础

单位: kt

国 别	矿产品(精矿)金属含量				金属含量			
	2006		2007		2006		2007	
	数量	百分比	数量	百分比	数量	百分比	数量	百分比
美国	8100	12.18	7700	9.81	20000	13.8	19000	11.17
澳大利亚	15000	22.56	24000	30.57	28000	19.43	59000	34.69



续表

国 别	矿产品(精矿)金属含量				金属含量			
	2006		2007		2006		2007	
	数量	百分比	数量	百分比	数量	百分比	数量	百分比
加拿大	2000	3.01	400	0.51	9000	6.25	5000	2.94
中国	11000	16.54	11000	14.01	36000	24.98	36000	21.16
哈萨克斯坦	5000	7.52	5000	6.37	7000	4.86	7000	4.12
墨西哥	1500	2.26	1500	1.91	2000	1.39	2000	1.18
摩洛哥	500	0.75	500	0.64	1000	0.69	1000	0.59
秘鲁	3500	5.26	3500	4.46	4000	2.78	4000	2.35
波兰					5400	3.75	5400	3.17
南非	400	0.60	400	0.51	700	0.49	700	0.41
瑞典	500	0.75	500	0.64	1000	0.69	1000	0.59
其它国家	19000	28.57	24000	30.57	30000	20.82	30000	17.64
全球统计	67000	100.00	79000	100.00	140000	100.00	170000	100.00

### 1.1.2 锌的性质和用途

锌是一种白色而略带蓝灰色的金属，具有金属光泽。锌也是一种比较软的金属，仅比铅与锡硬。其展性比铅小较铁大，延性比铜小，较锡大。细粒结晶的锌较粗粒结晶的锌容易轧及抽丝。铸锌的密度为  $6.9\sim 7.2\text{g/cm}^3$ 。锌的熔点为  $419.5^\circ\text{C}$ ，沸点为  $906^\circ\text{C}$ 。锌的莫氏硬度为 2.5。

锌在常温下不被干燥空气、不含二氧化碳的空气或干燥的氧所氧化。但与湿空气接触时，其表面逐渐被氧化，生成一层灰白色致密的碱性碳酸锌  $[\text{ZnCO}_3 \cdot 3\text{Zn}(\text{OH})_2]$  包覆其表面，保护内部的锌不再被侵蚀。

纯锌不溶于纯硫酸或盐酸中，但锌中若有少量杂质存在，则易被稀酸或浓酸溶解。因此一般的商品锌极易被硫酸或盐酸溶解，同时放出氢气；商品锌亦可溶于碱中，唯溶解速度不及在酸中快。

锌的用途很广，主要消耗在镀锌方面，作为覆盖物保护钢材或钢铁制品，镀锌占世界锌总消耗量的 47%。由于锌的抗腐性好，锌制成的锌板主要用于屋顶盖、空调管道、排气管、热循环系统、电线、电话线的缆沟等。表 1-2 为全球主要国家锌储量和储量基础。

锌易于和许多有色金属形成合金，其中主要是铜、锌形成黄铜；铜、锡、锌形成青铜；铜、锌、铅、锡形成抗摩合金。这些合金广泛应用于运输工业、机械制造工业及电气工业。在许多工业发达国家中，建筑和运输工业消耗的锌

超过锌产品的 60%。

表 1-2 世界主要国家锌储量和储量基础

单位: kt

国 别	矿产品(精矿)金属含量				金属含量			
	2006		2007		2006		2007	
	数量	百分比	数量	百分比	数量	百分比	数量	百分比
美国	30000	13.64	14000	7.69	90000	19.57	90000	18.67
澳大利亚	33000	15.00	42000	23.08	80000	17.39	100000	20.75
加拿大	11000	5.00	5000	2.75	31000	6.74	30000	6.22
中国	33000	15.00	33000	18.13	92000	20.00	92000	19.09
哈萨克斯坦	30000	13.64	14000	7.69	35000	7.61	35000	7.26
墨西哥	8000	3.64	7000	3.85	25000	5.43	25000	5.19
秘鲁	16000	7.27	18000	9.89	20000	4.35	23000	4.77
其它国家	59000	26.82	49000	26.92	87000	18.91	87000	18.05
全球统计	220000	100.00	180000	100.00	460000	100.00	480000	100.00

因为锌的熔点低,熔体的流动性好,使其能用以铸造并完全的充满模型所有细小弯曲部分,汽车工业与航空工业的各种细小零件,对于这种铸件尤为重要。锌在化学工业中可供制造颜料;氧化锌主要用于橡胶轮胎生产。在冶金工业中锌用来从氰化溶液中置换金。

## 1.2 中国铅锌矿资源分布的地质特征

### 1.2.1 矿床时空分布及成矿规律

我国铅锌矿床虽然在各地质时代均有分布,但有分布相对集中的地质时代和成矿期。据《中国有色金属矿山地质》统计,铅锌矿分布的地层时代为前震旦纪 19%、震旦纪 11%、寒武纪~志留纪 15%、泥盆纪~二叠纪 46%、三叠纪~白垩纪 8%、第四纪 1%。据《中国内生金属成矿图说明书》统计,中国铅锌矿床成矿期为前寒武 6%、加里东 3%、海西 12%、印支 1.3%、燕山 39%、喜马拉雅 0.7%、多期 38%。空间分布为超大型、大中型的铅锌矿床和铅锌成矿区带,主要集中分布在滇川地区(特别滇西兰坪地区)、秦岭—祁连山地区、内蒙古狼山—渣尔泰地区和大兴安岭区带以及南岭地区。

我国铅锌成矿规律仍是目前矿床地质研究的重要课题之一,许多问题有待进一步研究。从铅锌成矿区带的分布和矿床产出,除上述时空分布的基本情况外,还有以下一些规律和特点。

### (1) 主要类型矿床(田)所处的成矿环境和分布的规律性

分布广泛、规模巨大的碳酸盐岩型矿床(田)的成矿环境,多数产于地台地区,少数分布于冒地槽区域里。局限的沉积盆地较之开放的沉积盆地更有利于碳酸盐岩型铅锌矿的形成。含矿地层,南方的含矿地层多为上震旦系、泥盆系、石炭系;东北地区的含矿地层多为中元古界及寒武系~奥陶系。分布的地区,主要集中于湘、桂、粤、滇、川、黔、辽、吉、塔里木西北及西南边缘。

泥岩—细碎屑岩型铅锌矿床(田),多数产于褶皱带中的冒地槽类复理式沉积环境中,而且出现的矿床具有成群成带和矿床规模较大的特点。如内蒙古狼山元古宙冒地槽中的炭窑口、霍各乞、东升庙、甲生盘等矿床。产于秦岭海西-印支冒地槽中的西成-凤太铅锌矿带,更是密集成群成带分布,如甘肃西成矿田中的密集分布的厂坝、李家沟、毕家山、邓家山、洛坝等超大型、大型及一批中小型铅锌矿床;陕西凤太地区密集分布的铅锌矿床有银洞梁(大型)、峰崖(中型)、手搬崖(中型)、铅碛山(大型,含东塘子大型)、八方山(大型,含二里河大型)、银母寺(中型)等。

海相火山型铅锌矿床,主要发育在西部地区的古生代—三叠纪地槽褶皱带中。

东部地区的花岗岩型、砂卡岩型、斑岩型和陆相火山型铅锌矿床大多数是中、新生代岩浆活动的产物,在很大程度上是受中、新生代地壳运动的影响而成矿的。

砂砾岩型铅矿床(田)有两种不同亚类。一种是产于陆相红层中的铅锌矿,多数局限于中、新生代断陷盆地的河流相、三角洲相地层中,含矿岩系主要是砾岩、砂岩、长石砂岩,也有泥灰岩、泥岩等陆相沉积物,并常出现石膏、天青石夹层。矿床主要分布在中国西部地区,如滇西金顶超大型砂砾岩型铅锌矿床。另一种产于滨海相或海陆交互相砂砾岩中的铅锌矿床,目前在我国发现的较少,而且规模也不大。

### (2) 区域性断裂和由此引起的断陷盆地或拗陷明显地控制铅锌矿带、矿田、矿床的分布

目前,我国发现的一些超大型、大型矿床(田)的分布基本上与此相关。如祁连山中、东部的海相火山岩带出现的大型铜铅锌矿床明显受北西向西向区域断裂的控制;碳酸盐岩型铅锌矿也是受区域性断裂的制约,如超大型凡口铅锌矿田受粤北韶关上古生代拗陷边缘断裂控制和同生断裂成矿;泥岩-细碎屑岩型铅锌矿床,均呈线性展布,也是受区域性断裂控制的,如甘肃西成铅锌矿田;特大型江西冷水坑斑岩型铅锌银矿田受北武夷隆起和信江断陷盆地之间的区域性断裂控制成矿的。

### (3) 褶皱构造控制铅锌矿床的分布

褶皱构造控制铅锌矿床的分布也较普遍。据统计,赋存在背斜构造的占70%,向斜构造占14%,单斜构造占13%。李洪昌等统计的湖南铅锌矿床,有85%的矿床赋存于背斜构造中。许多大中型铅锌矿床产出在褶皱背斜轴部。

### (4) 矿床元素(矿物)组合复杂

单一铅或单一锌矿床很少,多数是综合型矿床,特别是大型、超大型矿床。如甘肃西成超大型矿田为铅锌银金组合,矿物组成也比较复杂,矿石矿物和脉石矿物达40余种;广东凡口超大型铅锌矿床为铅锌银硫组合;湖南水口山矿田康家湾矿床为铅锌金银组合,鸭公塘矿床为铅锌铜硫铀组合;湖南桃林矿床为铅锌银及萤石组合;云南金顶超大型矿床为铅锌银镉铊锗组合;江苏栖霞山矿床为铅锌银硫锰组合;内蒙古东升庙超大型矿床为黄铁矿、铅锌组合;江西银山矿床为铅锌金银组合,矿床物质成分很复杂,有35种元素,77种矿物。这些综合性的矿床(田)出现,反映出中国铅锌矿床成矿环境复杂、多样,是综合成矿作用的产物,有的成为多来源多阶段复成矿床。

## 1.2.2 矿床类型

中国铅锌矿床类型较全,并具特色,成矿作用多样、复杂,因而矿床分类一直是我国矿床地质学家研究的重要课题,其中有代表性的分类方案如下。

1959年郭文魁等将中国铅锌矿床按成因划分为内生与外生两大类。内生矿床按其生成的温度下降顺序分为8个建造。其中,建造1~3为高温矿床,建造4~7为中温矿床,建造8为低温矿床;外生矿床只有一种建造,即菱铁矿-白铅矿-铅矾建造。

1979年涂光炽对我国铅锌矿床作了成因分类:

- ① 与侵入岩浆活动有关的矿床。
- ② 与海相、陆相火山活动有关的矿床。
- ③ 与沉积作用、沉积改造作用及后成作用有关的铅锌矿床。
- ④ 与区域变质、混合岩化作用有关的铅锌矿床。
- ⑤ 砂铅矿床。

1983年王育民将我国铅锌矿床类型分为“四系十二型十九式”。

1989年涂光炽等在专著《中国矿床》中对中国铅锌矿床进行综合因素的分类。这个分类方案是根据中国地质条件,在全面考虑铅锌矿床产出的地质背景、成矿环境、含矿岩系、物质组成、成矿物理化学条件的基础上,以含矿岩系和主导成矿作用命名的方式,划分出了8个类型,即花岗岩型、矽卡岩型、斑岩型、海相火山岩型、陆相火山岩型、碳酸盐岩型、泥岩-细碎屑岩型、砂砾岩型。该分类的优点在于含矿岩系集中地反映了地质背景、成矿环境和形成

方式等，是对过去以矿床围岩命名的发展，也有利于找矿，具有特色。

上述 8 类铅锌矿床的基本特征如下。

### (1) 花岗岩型、矽卡岩型、斑岩型铅锌矿床

这类矿床因成矿物质来自花岗岩类，故通常称之为与花岗岩类有关的铅锌矿床。它们可能是花岗岩类结晶分异的气液产物，但也可能是成岩后在另一次地质事件或地壳运动中受到地下热水（大气降水成因为主）的活化淋滤，使花岗岩类中的分散成矿物质富集起来形成的。

这类矿床可与中性、中酸性、酸性或碱性侵入岩有关，岩体可大可小。一般的情况，如果铅锌矿床是地下热水淋滤成因，它们常赋存于面积较大的岩基中；如果是岩浆气液成因，则常与小岩株、岩瘤有关。矿床多产于岩体内，或内外接触带，或距岩体一定距离。矿床围岩蚀变通常较为强烈。

这类矿床矿石物质成分复杂，除铅锌外，还共伴生钨、锡、钼、铋、铜等元素。从赋矿岩石类型来看，与铅锌钨锡矿床有关的花岗岩，属壳源花岗岩类；与铅锌铜矿床有关的花岗岩，属壳幔源花岗岩类。地下热水成因的铅锌矿床常伴生金、银等元素。

这类矿床国内典型实例：花岗岩型铅锌矿床有广西新华铅锌银矿床、广东锯板坑钨锡铅锌多金属矿床、湖南东坡钨锡铅锌多金属矿床等；矽卡岩型铅锌矿床有湖南水口山铅锌矿床、黄沙坪铅锌矿床和辽宁桓仁铜锌矿床等；斑岩型铅锌矿床有江西冷水坑铅锌银矿床、云南姚安铅矿床、山东香介铅锌矿床。

### (2) 海相火山岩型铅锌矿床

这类矿床的含矿岩系中火山岩及火山沉积岩很发育，特别是下盘岩石常是火山熔岩和凝灰岩。成矿物质来源与海底火山岩系有关。国外称这类矿床为块状硫化物铅锌矿床或黄铁矿型铅锌矿床。矿床物质成分复杂，常与铜矿共生或伴生大量的金、银和稀散元素，综合利用价值巨大。我国产于海相火山岩中的铅锌矿床，普遍受到不同程度的区域变质作用，如甘肃白银厂坝铜铅锌矿床等，有的还受到混合岩化作用，如辽宁红透山铜锌矿床等。属于海相火山岩型铅锌矿床典型实例的有白银小铁山矿床、青海锡铁山铅锌矿床等。

### (3) 陆相火山岩型铅锌矿床

这类矿床常分布在火山断陷盆地边缘，受断裂控制。含矿岩系多为凝灰岩、酸性熔岩和次火山岩等。矿体呈脉状或透镜状，多产于蚀变凝灰岩中。矿石物质组成类似海相火山岩型铅锌矿床，但有些矿床与铅共生，伴生的金、银等含量也高，有的矿床上部以铅锌为主，下部以铜金银为主，开发价值和经济价值巨大。典型代表性矿床有江西银山、浙江五部等铅锌矿床。

### (4) 碳酸盐岩型铅锌矿床

这类矿床是我国铅锌矿床中的重要类型，规模巨大，探明的储量占全

国铅锌总储量的 50% 以上，开发经济价值巨大。矿床产于海相碳酸盐岩系中，多数赋存于白云岩或不纯白云岩中，有的产于石灰岩或不纯石灰岩中，受一定层位控制，属层控性矿床，多为沉积改造型，少数为沉积变质型矿床。矿石组成较简单，以铅锌为主，但也有的共伴生铜、黄铁矿，一般含镉较高。典型矿床有广东凡口、辽宁青城子、云南会泽、贵州杉树林、南京栖霞山等铅锌矿床。

#### (5) 泥岩-细碎屑岩型铅锌矿床

这类矿床产于海相泥岩-细碎屑岩系中，含矿岩系为泥岩、粉砂岩、细砂岩，常含有较多的碳酸盐岩石，有机质和黄铁矿也较常见。含矿岩系不含或含少量火山物质，主要是凝灰质夹层。矿床的成矿作用常以沉积（特别是热水沉积）作用为主，多为沉积轻微改造或沉积变质型，受一定层位控制，属层控型矿床。矿体多呈层状、似层状整合产出。矿石组成除铅锌外还有较多黄铁矿，组成块状硫化物，有的含银较高。矿床围岩蚀变一般较弱，但也有个别的较强。这类矿床普遍规模巨大，是我国重要铅锌矿床类型，具有巨大开发价值和经济价值。典型矿床有甘肃西成铅锌矿田、内蒙古东升庙硫锌（铅、铜）矿床、河北高板河等铅锌矿床。

#### (6) 砂砾岩型铅锌矿床

这类矿床产于海相或陆相砂岩、长石砂岩和砾岩中的铅锌矿床。矿石组成简单，铅锌品位较高，围岩蚀变微弱，成矿温度低。这类矿床虽然在我国分布不广，但出现的却是大型、超大型矿床，开发经济价值巨大，典型矿床为云南兰坪金顶铅锌矿床。

## 1.3 铅锌主要矿物

铅锌矿石分为硫化矿及氧化矿两大类。全世界所产的铅和锌金属绝大部分是从硫化矿中冶炼出来的，很少一部分是从氧化矿中提取的。因为硫化铅、锌矿的储量和分布的广度远远大于氧化铅锌矿。

硫化铅矿的主要组成矿物为方铅矿，属原生矿，分布最广。全部是铅矿物的单金属矿在自然界中很少遇到，铅矿物多与其它金属矿物共生组成多金属矿石。硫化铅矿中通常共生的有辉银矿及闪锌矿，其含银率高者称银铅矿，含锌率高者名为铅锌矿。此外，还常伴有黄铁矿、黄铜矿、硫砷铁矿和其它硫化物。

氧化铅矿的主要组成矿物是白铅矿及铅矾，均属次生矿物，是原生矿受风化作用及含有碳酸盐的地下水作用而逐渐变成的。由于成因不同，氧化铅矿常产于铅矿体的上层，硫化铅矿则产于下层。

锌矿石按其所含锌矿物不同亦分为硫化矿及氧化矿两种。在硫化矿中锌呈闪锌矿或铁闪锌矿状态存在，最多的还是闪锌矿。在氧化矿中锌多呈菱锌矿与硅锌矿状态存在。氧化矿是硫化矿经长期风化转变形成的。同铅矿物一样，单一的锌矿床发现的很少，一般多与其它金属硫化矿共生，最常见的有铅锌矿、铜锌矿、铜铅锌矿等，还常与黄铁矿伴生。

主要铅、锌矿物见表 1-3 和表 1-4。

表 1-3 主要铅矿物

矿物名称		化学式	铅含量 /%	硬度	密度 /(g/cm <sup>3</sup> )
中文	英文				
方铅矿	Galena	PbS	86.6	2.5	7.4~7.6
硫锑铅矿	Boulangerite	Pb <sub>5</sub> Sb <sub>4</sub> S <sub>11</sub>	55.42	2.5~3.5	5.5~6.5
车轮矿	Bournonite	CuPbSbS <sub>3</sub>	42.54	2~3	5.7~5.9
脆硫锑铅矿	Jamesonite	Pb <sub>4</sub> FeSb <sub>6</sub> S <sub>14</sub>	40.16	2~3	5.5~6.0
白铅矿	Cerussite	PbCO <sub>3</sub>	77.6	3~3.5	6.4~6.6
铅矾	Anglesite	PbSO <sub>4</sub>	68.30	2.5~3.0	6.1~6.4
铬铅矿	Crocoite	PbCrO <sub>4</sub>	64.1	2.5~3	6~6.08
磷酸氯铅矿	Pyromorphite	3Pb <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> · PbCl <sub>2</sub>	76.37	3.5~4.0	6.9~7.0
砷酸铅矿	Mimctite	3Pb <sub>3</sub> (AsO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> · PbCl <sub>2</sub>	69.61	3.5~4.0	7.2
铬酸铅矿	Crocoite	PbCrO <sub>4</sub> · PbCl <sub>2</sub>	64.10	2.5~3.0	5.9~6.1
钼铅矿	Wulfenite	PbMoO <sub>4</sub>	56.40	3.0	6.7~7.0
钨酸铅矿	Stolzite	PbWO <sub>4</sub>	45.50	2.7~3	7.87~8.13

表 1-4 主要锌矿物

矿物名称		化学式	锌含量 /%	硬度	密度 /(g/cm <sup>3</sup> )
中文	英文				
闪锌矿	Sphalerite	ZnS	67.1	3.5~4	3.9~4.1
铁闪锌矿	Marmatite	<i>n</i> ZnS- <i>m</i> FeS	<60.0	4.0	4.2
菱锌矿	Smithsonite	ZnCO <sub>3</sub>	ZnO=64.8	5.0	4.3~4.45
硅锌矿	Willemite	Zn <sub>2</sub> SiO <sub>4</sub>	ZnO=73.0	5.5	3.9~4.2
异极矿	Hemimorphite	H <sub>2</sub> Zn <sub>2</sub> SiO <sub>5</sub> 或 Zn <sub>2</sub> SiO <sub>4</sub> · H <sub>2</sub> O	ZnO=67.5	4.5~5.5	3.4~3.5
红锌矾	Zincite	ZnO	80.3	4~4.5	5.4~5.7

续表

矿物名称		化学式	锌含量 /%	硬度	密度 /(g/cm <sup>3</sup> )
中文	英文				
锌尖晶石	Gahnite	ZnO · Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	44.3	5	4.1~4.6
锌铁尖晶石	Franklinite	(Fe, Zn, Mn)O(FeMn) <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	不定	6	5~5.2
水锌矿	Hydrozincite	3Zn(OH) <sub>2</sub> · 2ZnCO <sub>3</sub>	不定	2~2.5	3.6~3.8
绿铜锌矿	Aurichalcite	2(Zn, Cu)CO <sub>3</sub> · 3(Zn, Cu)(OH) <sub>2</sub>		1	3.3~3.6
硫酸锌矿	Zinkosite	ZnSO <sub>4</sub>	很少见	—	—
皓矾	Whitevitriol	ZnSO <sub>4</sub> · 7 H <sub>2</sub> O	28.2	2~2.5	2.0
纤维锌矿	Wurtzite	ZnS	67.1	3.5~4	3.98

## 1.4 铅锌精矿的质量标准

铅精矿按铅的品位及杂质含量情况分为七个等级。铅精矿中金、银、铋为有价元素，应报出分析数据。MgO、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>两项杂质作为参考指标，暂不作为交货的依据。铅精矿质量标准分级见表 1-5。锌精矿质量标准分九个等级，列于表 1-6。

表 1-5 铅精矿质量标准 (YB 113—81)

品级	铅/% (不小于)	杂质/%(不大于)				
		Cu	Zn	As	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
一级品	70	1.5	5	0.3	2	4
二级品	65	1.5	5	0.35	2	4
三级品	60	1.5	5	0.4	2	4
四级品	55	2.0	6	0.5	2	4
五级品	50	2.0	7	协议	2	4
六级品	45	2.5	8	协议	2	4
七级品	40	3.0	9	协议	2	4

注：1. 铅精矿中金、银、铋为有价元素，应报出分析数据。

2. 精矿中 MgO、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 两项杂质作为参考指标，暂不作为交货的依据。



表 1-6 锌精矿质量标准 (YB 114—81)

品 级	锌/% (不小于)	杂质/%(不大于)					
		Cu	Pb	Fe	As	SiO <sub>2</sub>	F
一级品	59	0.8	1.0	6	0.2	3.0	0.2
二级品	57	0.8	1.0	6	0.2	3.5	0.2
三级品	55	0.8	1.0	6	0.3	4.0	0.2
四级品	53	0.8	1.0	7	0.3	4.5	0.2
五级品	50	1.0	1.5	8	0.4	5.0	0.2
六级品	48	1.0	1.5	13	0.5	5.5	0.2
七级品	45	1.5	2.0	14	协议	6.0	0.2
八品级	43	1.5	2.5	15	协议	6.5	0.2
九品级	40	2.0	3.0	16	协议	7.0	0.2

注：1. 锌精矿中银、镉、硫为有价元素，应报出分析数据。

2. 精矿中 SiO<sub>2</sub>、F、Sn、Sb 四项杂质作为参考指标，暂不作为交货的依据。