

中国铅锌矿山

中国有色金属工业总公司铅锌局

中国铅锌矿山

中国有色金属工业总公司铅锌局

56301

《中国铅锌矿山》编辑委员会

主任 夏珠荣

副主任 娄富昌 邓洪贵 李凤楼
李章楞 李绥远

委员 夏珠荣 娄富昌 邓洪贵
李凤楼 李章楞 李绥远
罗建川 王书衡

《中国铅锌矿山》编写人员

封立中 李 亭 李章楞 杨秉国 俞俊良
李绥远 魏弘毅 赵化深 娄富昌 莫志雄
周爱民 何正忠 李凤楼 辛伟忠 甘径超
邓洪贵

《中国铅锌矿山》特邀审稿人员

郑之英 冯秋明 东乃良 王大勋

责任编辑 邓洪贵 刘琼芳 余泽生

序 言

中国铅锌矿山工业历经40余年的建设，无论是生产规模、采选工艺，还是产品的品种、质量和综合回收等均有了很大的加强，资源利用程度、劳动生产率和企业的经济效益相应得到了很大的改善。到1992年为止，全国铅锌矿山的采出矿量、选矿处理量和精矿主金属的含量已分别达到1484.6万吨，1850.78万吨和108.83万吨的水平，不仅满足了国内铅锌冶炼发展的需要，而且略有富裕可供出口。

中国铅锌矿山工业与国民经济其它战线一样，由于长期受到计划经济体制弊端的影响，在国内外两个市场的激烈竞争中同样面临着优胜劣汰的抉择。铅锌矿山只有根据自身的情况，进一步深化改革，大力推进技术进步，不断扩充和提高资源的数量和质量，努力提高产品质量和降低原材料消耗，逐步分流人员，认真抓好第三产业和多种经营，切实提高劳动生产率和经济效益，才能在国内外两个市场激烈竞争的挑战中取得主动。

铅锌矿山工业作为有色金属的基础工业，由于受到客观条件特别是资源条件的限制，国家在一系列政策上继续给予应有的支持是完全必要的。

为了认真总结建国40余年来铅锌矿山的成功经验，特别是所取得的最新技术成就，中国有色金属工业总公司铅锌局于1991年决定编写《中国铅锌矿山》一书，以供从事铅锌矿山研究、设计、生产、教学和管理专家、教授、工程技术人员参考，借以将我国铅锌矿山的生产、建设和经济效益大大提高一步。

本书在编写过程中，曾得到有关部门领导的大力支持，从事编著工作的专家和工程技术人员付出了辛勤的劳动，为我们提供了这部专著，在此，谨向他们表示衷心的感谢。

本书由5篇25章组成。内容丰富，资料翔实，是集科学性、系统性、针对性和实用性于一书的铅锌矿山专著。也可以说是铅锌矿山的结晶。

本书是从事铅锌矿山工业的科研、设计、教学和管理人员的重要参考书，也可供其他金属矿床开采专业的工程技术人员和管理人员参考。

由于编著时间仓促，难免有不妥甚至错误之处，请读者随时批评指正！

编委会 1993年12月

目 录

序言

第1篇 概 论

| | |
|-----------------------------------|--------|
| 第 1 章 铅锌的性质、用途及地位 | (1) |
| 1.1 铅锌的性质及主要用途 | (1) |
| 1.2 铅锌在国民经济中的地位和作用 | (3) |
| 1.3 铅锌在有色金属工业中的地位与作用 | (3) |
| 1.4 铅锌矿山在有色金属工业和铅锌行业中的地位与作用 | (5) |
| 第 2 章 铅锌矿山发展简史 | (7) |
| 2.1 我国古代铅锌矿开采简史 | (7) |
| 2.2 我国近代铅锌矿山生产简史 | (8) |
| 2.3 新中国成立后铅锌矿山生产建设发展简史 | (9) |
| 2.3.1 铅锌矿山生产的恢复与重建 | (9) |
| 2.3.2 五十年代铅锌矿业初具规模 | (9) |
| 2.3.3 六七十年代铅锌矿业在曲折中前进 | (11) |
| 2.3.4 新时期铅锌矿业开始振兴 | (11) |
| 第 3 章 铅锌矿山现状 | (13) |
| 3.1 铅锌矿山概况 | (13) |
| 3.2 铅锌矿产资源 | (14) |
| 3.3 铅锌采矿现状 | (15) |
| 3.3.1 开采方式 | (15) |
| 3.3.2 开拓方式 | (15) |
| 3.3.3 采矿方法 | (16) |
| 3.3.4 现有采矿技术装备水平 | (20) |
| 3.3.5 现有采矿技术经济指标水平 | (21) |
| 第 4 章 铅锌矿的选矿现状 | (24) |
| 4.1 我国铅锌矿山的碎磨工艺 | (24) |
| 4.2 我国铅锌硫化矿的选矿工艺 | (26) |
| 4.3 我国铅锌硫化矿的分离方法 | (35) |

- 4.4 我国铅锌硫化矿浮选药剂的使用情况 (37)
- 4.5 我国氧化铅锌矿的选矿 (40)
- 4.6 我国铅锌选矿的综合回收 (43)
- 4.7 我国铅锌选厂的装备水平 (44)
- 4.8 我国铅锌选矿厂的仪表及控制 (45)
- 4.9 我国铅锌选厂的废料处理 (46)
 - 4.9.1 我国铅锌矿山的尾矿处理 (46)
 - 4.9.2 我国铅锌矿山尾矿库的环境保护 (47)
 - 4.9.3 我国铅锌选厂的废水处理 (48)
 - 4.9.4 我国铅锌选厂的回水利用 (50)

第 5 章 典型矿山 (51)

- 5.1 凡口铅锌矿 (51)
- 5.2 厂坝铅锌矿 (52)
- 5.3 水口山铅锌矿 (53)
- 5.4 锡铁山铅锌矿 (54)
- 5.5 柴河铅锌矿 (55)
- 5.6 会泽铅锌矿 (55)
- 5.7 黄山岭铅锌矿 (56)

第 2 篇 铅锌矿山地质

第 6 章 我国铅锌资源概况 (58)

- 6.1 概 述 (58)
 - 6.1.1 铅锌地球化学性质 (58)
 - 6.1.2 铅锌矿物 (59)
 - 6.1.3 我国铅锌资源形势 (63)
 - 6.1.4 我国铅锌资源在国际上的地位 (67)
- 6.2 我国铅锌资源特点 (68)
 - 6.2.1 空间分布特点 (68)
 - 6.2.2 矿床类型分布特点 (68)
 - 6.2.3 矿石质量特点 (69)
 - 6.2.4 伴生组份特点 (69)
- 6.3 矿石开采及加工技术条件 (69)
 - 6.3.1 开采技术条件 (69)
 - 6.3.2 加工技术条件 (71)
- 6.4 我国铅锌矿产工业评价 (73)
 - 6.4.1 我国铅锌矿产勘查概况 (73)
 - 6.4.2 我国铅锌矿床规模、品位和开采方案评价 (74)

| | | |
|--------------|-----------------------|---------------|
| 6.4.3 | 我国铅锌矿产工业利用概略评价 | (79) |
| 6.4.4 | 我国铅锌矿产工业储量模式 | (80) |
| 第 7 章 | 我国铅锌矿产资源区域地质特征 | (84) |
| 7.1 | 区域地质及其控矿作用 | (84) |
| 7.1.1 | 地层 | (84) |
| 7.1.2 | 岩浆岩 | (86) |
| 7.1.3 | 构造 | (86) |
| 7.1.4 | 铅锌矿产 | (87) |
| 7.2 | 铅锌成矿区带 | (89) |
| 7.2.1 | 划分原则 | (89) |
| 7.2.2 | 成矿区带划分 | (89) |
| 7.3 | 铅锌主要成矿区带地质特征 | (90) |
| 7.3.1 | 中朝板块北缘霍各气—甲生盘成矿带 | (91) |
| 7.3.2 | 辽东吉南成矿带 | (91) |
| 7.3.3 | 中秦岭西成—风太成矿带 | (92) |
| 7.3.4 | 湘南粤北成矿带 | (93) |
| 7.3.5 | 兰坪成矿带 | (94) |
| 第 8 章 | 我国铅锌矿床主要工业类型 | (95) |
| 8.1 | 铅锌矿床分类 | (95) |
| 8.1.1 | 矿床类型划分的原则 | (95) |
| 8.1.2 | 铅锌矿床分类 | (95) |
| 8.2 | 各类型铅锌矿床地质特征及矿床实例 | (99) |
| 8.2.1 | 碳酸盐岩中沉积改造似层状、不规则状铅锌矿床 | (99) |
| 8.2.2 | 泥岩—细碎屑岩中沉积改造似层状铅锌矿床 | (104) |
| 8.2.3 | 砂砾岩中沉积改造似层状铅锌矿床 | (107) |
| 8.2.4 | 海相火山岩黄铁矿型似层状透镜状铅锌矿床 | (109) |
| 8.2.5 | 陆相火山岩型脉状透镜状铅锌矿床 | (111) |
| 8.2.6 | 矽卡岩型不规则状铅锌矿床 | (114) |
| 8.2.7 | 次火山—斑岩型厚透镜状脉状铅锌矿床 | (119) |
| 8.2.8 | 变质岩中充填型脉状铅锌矿床 | (122) |
| 8.3 | 铅锌矿床的矿石类型 | (124) |
| 8.3.1 | 按矿石氧化程度不同的分类 | (124) |
| 8.3.2 | 按矿石金属元素组合不同的分类 | (125) |
| 8.3.3 | 按矿石结构构造不同的分类 | (126) |
| 8.3.4 | 按脉石矿物不同的分类 | (126) |

| | |
|---------------------------------|-------|
| 第9章 我国铅锌矿山矿产资源综合利用 | (128) |
| 9.1 概 述..... | (128) |
| 9.1.1 矿产资源综合利用的概念..... | (128) |
| 9.1.2 综合利用的意义..... | (128) |
| 9.2 矿产资源综合利用..... | (128) |
| 9.2.1 共生矿产的综合开发利用..... | (128) |
| 9.2.2 伴生组分的综合利用..... | (130) |
| 9.2.3 非金属资源的综合利用..... | (131) |
| 9.2.4 选矿厂尾矿的综合利用..... | (131) |
| 9.2.5 冶炼炉渣的综合开发利用..... | (132) |
| 9.3 伴(共)生银(金)综合回收利用..... | (134) |
| 9.3.1 基本概念..... | (134) |
| 9.3.2 伴(共)生银资源查定现状及展望..... | (136) |
| 9.3.3 伴(共)生银成矿地质特征..... | (138) |

第3篇 铅锌矿山采矿

| | |
|--------------------------|-------|
| 第10章 概 述 | (152) |
| 10.1 矿山开采沿革..... | (152) |
| 10.2 采矿方法演变..... | (153) |
| 10.3 矿山开采现状..... | (155) |
| 10.3.1 铅锌生产矿山分布..... | (155) |
| 10.3.2 主要铅锌矿山概况..... | (155) |
| 10.4 采矿技术主要成就..... | (161) |
| 10.4.1 采矿方法..... | (162) |
| 10.4.2 回采爆破..... | (162) |
| 10.4.3 充填工艺..... | (163) |
| 10.4.4 天井掘进..... | (163) |
| 10.4.5 岩层支护..... | (163) |
| 10.4.6 采矿装备..... | (164) |
| 10.4.7 矿山自动化..... | (165) |
| 10.4.8 注浆堵水..... | (165) |
| 10.4.9 露天边坡稳定性控制技术..... | (165) |
| 10.4.10 矿用炸药..... | (166) |
| 第11章 开采技术 | (167) |
| 11.1 简 述..... | (167) |
| 11.2 高效率采矿方法的应用..... | (169) |

| | | |
|--------|-----------------|-------|
| 11.2.1 | 盘区机械化胶结充填采矿法 | (169) |
| 11.2.2 | 大直径深孔崩矿采矿法 | (170) |
| 11.2.3 | 上向分段分条胶结充填采矿法 | (171) |
| 11.2.4 | 水平中深孔阶段强制崩落采矿法 | (172) |
| 11.3 | 特殊矿床开采技术 | (172) |
| 11.3.1 | 大水矿床开采技术 | (172) |
| 11.3.2 | 高硫高温矿床开采技术 | (177) |
| 11.3.3 | 高寒地区矿床开采技术 | (179) |
| 11.3.4 | 不稳固矿床开采技术 | (180) |
| 11.4 | 充填新工艺 | (183) |
| 11.4.1 | 凡口铅锌矿高浓度全尾砂胶结充填 | (183) |
| 11.4.2 | 会泽铅锌矿粗粒级水砂充填 | (187) |
| 11.5 | 专用炸药的应用 | (193) |
| 11.5.1 | 高威力炸药 | (195) |
| 11.5.2 | 高硫和高温矿用炸药 | (196) |
| 11.5.3 | 抗水炸药 | (198) |
| 11.5.4 | 抗冻炸药 | (198) |
| 11.6 | 地压管理 | (199) |
| 11.6.1 | 露天边坡管理 | (199) |
| 11.6.2 | 地下矿山地压管理 | (205) |
| 11.7 | 采矿工艺发展方向 | (211) |

第12章 铅锌矿山的采掘设备 (213)

| | | |
|--------|------------------------|-------|
| 12.1 | 地下铅锌矿山装备现状和主要成就 | (213) |
| 12.1.1 | 概 述 | (213) |
| 12.1.2 | 我国铅锌矿山采掘设备与国外的差距 | (214) |
| 12.1.3 | 设备配套 | (216) |
| 12.1.4 | 地下铅锌矿山采场机械化设备 | (226) |
| 12.1.5 | 地下铅锌矿山的辅助作业设备 | (234) |
| 12.1.6 | 提升设备 | (238) |
| 12.1.7 | 大中型地下铅锌矿山采掘设备及配套实例 | (242) |
| 12.1.8 | 中小型地下铅锌矿山使用的机械设备 | (242) |
| 12.2 | 我国露天铅锌矿山装备现状 | (250) |
| 12.2.1 | 厂坝露天矿 | (250) |
| 12.2.2 | 会东铅锌矿露天采场 | (251) |
| 12.3 | 我国铅锌矿山装备当前存在的主要问题 | (252) |
| 12.3.1 | 地下铅锌矿山装备概况 | (252) |
| 12.3.2 | 铅锌矿山装备存在的主要问题 | (253) |
| 12.4 | 我国铅锌矿山采掘设备今后发展的建议和主攻方向 | (255) |

| | | |
|-------------|-----------------|--------------|
| 12.4.1 | 发展建议 | (255) |
| 12.4.2 | 主攻方向 | (258) |
| 第13章 | 采矿管理 | (263) |
| 13.1 | 简 述 | (263) |
| 13.2 | 采场管理 | (265) |
| 13.2.1 | 采场管理的特点 | (265) |
| 13.2.2 | 采掘计划管理 | (266) |
| 13.2.3 | 采矿生产技术管理 | (266) |
| 13.3 | 损失贫化管理 | (268) |
| 13.3.1 | 凡口铅锌矿损失贫化管理 | (268) |
| 13.3.2 | 桃林铅锌矿出矿管理 | (269) |
| 13.4 | 采矿综合成本管理 | (270) |
| 13.5 | 采矿管理基本经验 | (271) |
| 13.5.1 | 依靠科技进步 | (271) |
| 13.5.2 | 贯彻科学化、规范化和标准化管理 | (272) |
| 13.5.3 | 实行全面质量管理 | (272) |
| 13.5.4 | 加强地、测、采技术管理 | (272) |
| 13.5.5 | 加强地测监督和验收 | (273) |
| 13.5.6 | 加强矿柱与残矿回收管理 | (273) |
| 13.5.7 | 加强放矿管理 | (273) |
| 第14章 | 矿山开采实例 | (274) |
| 14.1 | 凡口铅锌矿 | (274) |
| 14.1.1 | 地质概况 | (274) |
| 14.1.2 | 采矿方法 | (275) |
| 14.1.3 | 充填材料 | (287) |
| 14.1.4 | 充填系统 | (288) |
| 14.1.5 | 采矿设备 | (289) |
| 14.1.6 | 技术经济指标 | (292) |
| 14.2 | 小铁山铅锌矿 | (294) |
| 14.2.1 | 地质概况 | (294) |
| 14.2.2 | 采矿方法 | (295) |
| 14.2.3 | 尾砂胶结充填料 | (300) |
| 14.2.4 | 充填系统 | (301) |
| 14.2.5 | 采矿装备 | (301) |
| 14.2.6 | 主要技术经济指标 | (302) |
| 14.3 | 会泽铅锌矿 | (303) |
| 14.3.1 | 地质概况 | (303) |

| | | |
|--------|---------------|-------|
| 14.3.2 | 麒麟厂矿开拓系统 | (303) |
| 14.3.3 | 宽进路粗粒级水砂充填采矿法 | (304) |
| 14.3.4 | 水砂充填系统 | (307) |
| 14.4 | 桃林铅锌矿 | (307) |
| 14.4.1 | 地质概况 | (307) |
| 14.4.2 | 采矿方法 | (308) |
| 14.4.3 | 新工艺新材料的应用 | (311) |
| 14.4.4 | 采矿管理 | (312) |
| 14.4.5 | 主要技术经济指标 | (313) |

第4篇 铅锌矿石选矿

| | |
|---------------------------|-------|
| 第15章 概 述 | (315) |
| 15.1 铅锌金属的性质和用途 | (315) |
| 15.1.1 铅金属的性质和用途 | (315) |
| 15.1.2 锌金属的性质和用途 | (315) |
| 15.2 我国铅锌矿石选矿的发展历史 | (316) |
| 15.3 铅锌矿物的浮游、抑制及其浮选电化学 | (323) |
| 15.3.1 方铅矿 | (324) |
| 15.3.2 闪锌矿 | (329) |
| 15.4 铅锌矿石类型 | (333) |
| 15.5 铅锌矿石的选矿方法 | (334) |
| 15.5.1 硫化铅锌矿石的选别 | (334) |
| 15.5.2 氧化铅锌矿石的选别 | (342) |
| 15.5.3 混合铅锌矿石的选别 | (343) |
| 15.6 选矿产品的品种和质量 | (343) |
| 15.7 铅锌矿选矿厂的环境保护 | (345) |
| 第16章 铅锌矿石选矿的主要技术成就 | (349) |
| 16.1 重介质选矿填补了空白 | (349) |
| 16.2 我国独创的选别流程及分离方法 | (350) |
| 16.2.1 复杂硫化矿的选别有重大突破 | (350) |
| 16.2.2 氧化铅锌矿选别技术取得进展 | (355) |
| 16.3 综合回收取得重大进步 | (356) |
| 第17章 铅锌选矿厂实例 | (361) |
| 17.1 硫化铅锌矿选矿厂 | (361) |
| 17.1.1 凡口铅锌矿选矿厂 | (361) |
| 17.1.2 锡铁山铅锌矿选矿厂 | (372) |

| | | |
|-------------|-----------------|--------------|
| 17.1.3 | 黄沙坪铅锌矿选矿厂 | (378) |
| 17.1.4 | 水口山铅锌矿选矿厂 | (384) |
| 17.1.5 | 银山铅锌矿选矿厂 | (393) |
| 17.1.6 | 西林铅锌矿选矿厂 | (399) |
| 17.1.7 | 青城子铅锌矿选矿厂 | (405) |
| 17.2 | 硫化铜铅锌矿选矿厂 | (411) |
| 17.2.1 | 小铁山铜铅锌矿选矿厂 | (411) |
| 17.2.2 | 桃林铅锌矿选矿厂 | (417) |
| 17.2.3 | 八家子铅锌矿选矿厂 | (424) |
| 17.3 | 氧化(混合)铅锌矿选矿厂 | (429) |
| 17.3.1 | 柴河氧化铅锌矿选矿厂 | (429) |
| 17.3.2 | 泗顶铅锌矿选矿厂 | (437) |
| 17.4 | 主要铅锌矿选矿厂汇总 | (441) |
| 第18章 | 浮选药剂 | (456) |
| 18.1 | 硫化铅锌矿捕收剂 | (456) |
| 18.2 | 氧化铅锌矿捕收剂 | (457) |
| 18.3 | 调整剂 | (458) |
| 18.4 | 起泡剂 | (459) |
| 18.5 | 浮选药剂的展望 | (459) |
| 第19章 | 浮选设备 | (460) |
| 19.1 | 充气搅拌式浮选机 | (460) |
| 19.2 | 机械搅拌式浮选机 | (461) |
| 19.3 | 浮选柱 | (461) |
| 第20章 | 选矿自动控制 | (462) |
| 20.1 | 破碎过程自动控制 | (462) |
| 20.2 | 磨矿一分级过程自动控制 | (462) |
| 20.3 | 浮选过程自动控制 | (463) |
| 20.4 | 脱水过程自动控制 | (465) |
| 第21章 | 展 望 | (466) |
| 21.1 | 加强原矿管理,配矿混匀势在必行 | (466) |
| 21.2 | 多碎少磨是重要的发展方向 | (466) |
| 21.3 | 预选抛废应给予足够重视 | (467) |
| 21.4 | 电化学控制浮选 | (468) |
| 21.5 | 提高综合利用水平 | (468) |
| 21.6 | 浮选柱的研究与应用 | (469) |

| | |
|------------------|-------|
| 21.7 选矿厂自动化检测与控制 | (469) |
|------------------|-------|

第5篇 铅锌矿山的改革与发展

| | |
|----------------------------|-------|
| 第22章 现状与问题 | (470) |
| 22.1 我国铅锌资源情况 | (470) |
| 22.2 经营管理 | (473) |
| 22.3 市场竞争能力 | (474) |
| 22.4 经济效益 | (476) |
| 22.4.1 铅锌矿山经济情况 | (476) |
| 22.4.2 影响铅锌矿山经济效益的原因 | (476) |
| 第23章 改革与发展 | (480) |
| 23.1 深化改革 | (480) |
| 23.1.1 改革劳动人事制度 | (480) |
| 23.1.2 矿山部分工作对外承包 | (481) |
| 23.1.3 改革矿山作业组织, 推行承包经济责任制 | (481) |
| 23.1.4 精简机构, 提高管理水平 | (481) |
| 23.2 发展战略 | (482) |
| 23.3 加强经营管理 | (484) |
| 23.4 科技进步 | (485) |
| 23.5 资源保护 | (486) |
| 23.5.1 坚决贯彻矿产资源法, 调整矿山开采政策 | (486) |
| 23.5.2 加强找矿和地质勘探 | (487) |
| 23.5.3 加强生产矿山的管理 | (488) |
| 23.6 投资政策 | (488) |
| 第24章 我国铅锌工业的宏观展望 | (492) |
| 24.1 我国铅锌资源分析 | (492) |
| 24.1.1 我国铅锌储量状况 | (492) |
| 24.1.2 我国铅锌储量的分布及开采利用现状 | (492) |
| 24.1.3 我国铅锌可能达到的矿产量水平 | (494) |
| 24.2 铅锌市场前景与展望 | (495) |
| 24.2.1 世界铅锌产、消现状 | (495) |
| 24.2.2 我国铅锌产、消状况 | (496) |
| 24.2.3 世界铅锌需求及前景展望 | (498) |
| 24.3 铅锌需求与资源保证程度分析 | (500) |
| 24.3.1 世界铅锌需求与储量保证程度 | (500) |
| 24.3.2 我国铅锌需求与储量保证程度 | (501) |

| | | |
|--------|------------------------|---------|
| 24.4 | 我国铅锌在国际市场的竞争能力····· | (501) |
| 24.4.1 | 我国铅锌资源在世界铅锌资源中的地位····· | (501) |
| 24.4.2 | 我国铅锌矿产品在国际市场的竞争能力····· | (502) |
| 24.5 | 我国铅锌工业的宏观布局····· | (502) |
| 24.5.1 | 我国铅锌工业现有产能分布····· | (502) |
| 24.5.2 | 对我国铅锌矿山今后发展的几点建议····· | (504) |

第1篇 概 论

第1章 铅锌的性质、用途及地位

1.1 铅锌的性质及主要用途

铅金属呈兰灰色，质柔软（指甲可刻划），硬度小（莫氏硬度1.5），比重大（固态11.34、液态10.67），熔点低（327.4℃），在500~550℃显著挥发，沸点为1525℃。铅的延展性好，有良好的可锻性和抗磨性以及较强的抗腐蚀能力，是热和电的不良导体，导热性只为银的8.5%、导电性只为银的10.7%；铅能大量吸收放射性射线。铅与锡、锑、铜、银等其它金属组成一系列合金，其硬度比铅高，用途更为广泛。典型铅合金的成份和用途，见表1—1。

表1—1 典型铅合金的成份和用途

| 类 别 | 主 要 成 份 (%) | 用 途 |
|------|------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|
| 耐蚀合金 | Pb—6Sb—0.2Cu—0.5Sn Pb—6.5Sb—Sn Pb—1PbO Pb—0.18Sn—0.1Bi—0.15As—0.1Te | 化工设备和管道 蓄电池板 蓄电池栅板，消声器构件 电缆护套 |
| 焊料合金 | Pb—0.5Sn Pb—1Sn—1.5Ag | 电子工业用焊料 高温焊料，电解槽耐蚀件 |
| 轴承合金 | Pb—16Sb—16Sn—2Cu Pb—15Sb—5Sn—1Cu | 轴承 轴承 |
| 印刷合金 | Pb—20Sb—Sn—1Cu | 铅字和铅板 |
| 模具合金 | Pb—10Sb—3Sn—40Bi | 塑料和机械工业用模具 |

在电气工业中大量用铅来制造铅酸蓄电池、电缆护套和熔断保险丝；在化学工业和冶金工业生产中，常被用来制造耐腐蚀的管件和设备容器的内衬；在军事工业中，被用来制造弹头；在原子能工业中，被用于核能装置和核废料的储存罐；在建筑工业中，被用来减音和减震用的铅石棉填料等等。

铅的化合物：黄丹（PbO）、俗名密陀僧，用于制造防射线玻璃、光学玻璃（铅玻璃）；彩色显像管玻壳配方中PbO占20~30%。同时用作橡胶的硫化活性剂；又是生产各类铅的无

机盐的重要原料，如盐基性硫酸铅、磷酸铅和硬脂酸铅用作聚乙烯的稳定剂，四乙基铅 $[Pb(C_2H_5)_4]$ 用作汽油抗爆添加剂。

红丹 (Pb_3O_4)：涂料工业上使用不凝结型红丹和高分散性红丹，如钢铁构件的防锈涂料。陶瓷、玻璃的釉料中加入红丹，能降低熔点、表面张力和粘度，提高光洁度。无线电工业制造压电陶瓷和民间纸类染色都需要使用红丹。

锌金属呈银白色，熔点 $419.4^\circ C$ ，比重 $6.9\sim 7.2$ ，硬度 2，常温下显脆性，加热至 $100\sim 150^\circ C$ 变为柔性，最宜压延加工。锌的抗腐蚀性能和耐磨性能也较好，当继续加热到 $250^\circ C$ 时又变脆而呈粉末状。锌的沸点为 $906^\circ C$ ，锌的导电性为银的 27.9%，导热性为银的 24.2%。锌易溶于稀硫酸、盐酸和碱性溶液。锌的化学性质活泼，常温下在空气中其表面会生成一层致密的碱式碳酸锌薄膜，可防止内部金属继续氧化锈蚀，工业上大量用锌镀在其它金属表面防腐。锌的一些合金熔点低，在熔化状态下流动性好，易熔焊和塑性加工；另外，锌还具有在浇注时能充实模内很细微地方的性能，常用于精密铸件，所有这些特性使锌获得广泛应用。

锌主要用于制造锌基合金和其它含锌合金。典型锌合金的成分和用途列于表1-2。

表1-2 典型锌合金的成分和用途

| 类别 | | 主要成分 (%) | 用途 |
|---------------|----------|-------------------------------------------------------------------------------|------------------------|
| 铸造 锌 合金 | 压力 铸造 | Zn-4Al-0.5Cu-0.055Mg Zn-4Al-1Cu-0.55Mg Zn-0.03Al-1.25Cu-0.01Mg-0.2Ti | 汽车零件、家用器具、装饰品、玩具和机械零件等 |
| | 重力 铸造 | Zn-9Al-1.5Cu-0.045Mg Zn-11Al-0.75Cu-0.02Mg Zn-2.75Al-2.25Cu-0.015Mg | 低转速中温工作的轴承、机器外罩、滑轮、门锁等 |
| 变型 锌 合金 | | Zn-0.006Cd-0.015Pb-0.005Fe-0.67Cu-0.14Ti Zn-0.035Cd-0.28Pb-0.005Fe-0.003Cu | 电池负极、胶印印板、建筑用屋面板、落水槽等 |
| | | Zn-0.8Cu-0.15Ti | 屋面板、拉锁、日用五金等 |

含锌合金中的黄铜在机械制造业中占有重要地位。钢铁表面镀锌可防止锈蚀，使锌在镀锌业中获得广泛应用。

锌的氧化物及其它化合物，如氧化锌、立德粉（锌钡白）、硫酸锌、碳酸锌、氯化锌等化工产品，在橡胶、涂料、颜料、纺织、造纸、搪瓷和制革等各个行业中普遍使用。此外，用锌制成的锌板、锌丝和锌粉在冶金、化工等行业中也得到广泛的应用。

1.2 铅锌在国民经济中的地位和作用

我国是世界上较早使用铅锌金属的国家。铅锌金属以其特有的物理化学性质，在国民经济各个部门得到了广泛的应用。据1985年全国工业普查得知：铅锌在机电、化工、钢铁冶金、有色金属、轻工、建材、医药、煤炭、石油、纺织和军工等十多个部门都需要使用。特别是机电部门的蓄电池行业和电缆行业的用铅量最多，目前的年用铅量已超过10万吨，其次是化工部门的涂料颜料行业和基本化工原料行业的用铅量也较多，目前的年用铅量亦达5万吨。有色金属工业部门的铜锌加工业年用锌量超过10万吨，钢铁工业部门的镀锌行业、建材工业的建筑五金制品业、轻工部门的干电池行业以及化工部门的无机盐和涂料颜料等行业的年用锌量亦在3~5万吨之间。可见铅锌和铜铝一样，都是国民经济各主要部门和行业生产所需的重要原材料，它们的品种和质量状况，直接关系到国民经济各相关部门或行业中有关产品生产经营的发展。

铅锌金属、合金及其化合物，除了满足国民经济自身的发展需要外，它们又是我国出口创汇的重要有色金属产品及相关化工产品。据中国海关总署统计：1990和1991年，我国共出口铅锌矿砂及精矿分别为7.82万吨和8.24万吨，创汇2378万美元和1674万美元。出口铅锌金属、合金及加工制品分别为6.38万吨和3.05万吨、创汇7010万美元和2885万美元。又据中国涂料工业协会氧化锌行业协作组调查统计：1990年全国共出口氧化锌2.38万吨，创汇金额折合人民币1.565亿元。该协会立德粉协作组曾调查统计：1987年全国共出口立德粉（锌钡白）7.305万吨，占全国当年立德粉总产量的34.1%。其它与铅紧密相关的蓄电池产品，1990年全国蓄电池出口总量达94.12万个，创汇总额达5381.1万美元，其中汽车用铅酸蓄电池32.60万个，创汇2554.1万美元；其它固定牵引用工业蓄电池61.52万个，创汇2827.0万美元。与锌紧密相关的干电池（90%以上为手电池）产品，1989年全国出口干电池（包括手电池）13.49亿打，创汇7759万美元。可见铅锌在国民经济各部门的生产建设和出口创汇工作中具有重要的地位。

随着国民经济的发展和科学技术的进步，铅锌金属的应用领域将会越来越广泛。铅锌在国民经济中的地位和作用亦将日益重要。

1.3 铅锌在有色金属工业中的地位与作用

铅锌金属是十种常用有色金属的重要品种之一。它们在有色金属工业中的地位与作用仅次于铜、铝而居第三位。据中国有色金属工业总公司的统计资料：1990年末全国铅锌矿山采出矿的实际生产能力已达1350万吨，铅锌选矿厂实际的处理能力已达1526万吨（均按矿石量计）。同期全国铅锌冶炼实际生产能力分别为：粗铅41万吨、电铅38万吨，蒸馏锌27万吨、精馏锌24万吨、电锌20万吨。此外，铅锌的加工能力分别为铅材4万吨、锌材12万吨。

1990年全国铅锌矿山、冶炼和加工产品的产量水平明显提高。据统计：全国铅锌矿山铅锌精矿金属含量的总产量已突破100万吨大关（112万吨），其中铅精矿铅含量36万吨、锌精矿锌含量76万吨，占六种主要有色金属精矿金属含量的71.3%。同年全国铅锌冶炼金属的产量分