

● 世界有色金属工业发展研究 ●

澳大利亚 有色金属工业

中国有色金属工业总公司
技术经济研究院



澳大利亚有色金属工业

中国有色金属工业总公司
技术经济研究院

目 录

1. 综 述

1.1 澳大利亚有色金属工业现状.....	(1)
1.1.1 资源丰富,是世界有色金属矿产大国.....	(1)
1.1.2 有色金属地下采矿技术先进,主要矿山实现了无轨化.....	(2)
1.1.3 老选厂不断更新改造,充满活力.....	(3)
1.1.4 黄金生产突飞猛进,增长率破世界纪录.....	(3)
1.1.5 拥有世界最大规模的有色金属企业.....	(3)
1.1.6 铝土矿储量世界第一,氧化铝工业后来居上.....	(4)
1.2 澳大利亚有色金属工业发展的特点.....	(4)
1.2.1 引进国外资金和先进技术,迅速发展有色金属工业.....	(4)
1.2.2 机械化自动化水平高,管理和生产大多使用电子计算机.....	(5)
1.2.3 依靠科技进步,强化生产,降低成本.....	(6)
1.2.4 重视节能和环境保护.....	(6)
1.3 澳大利亚有色金属工业的发展趋势.....	(7)
1.3.1 进一步提高机械化自动化水平,以提高劳动生产率和降低成本.....	(7)
1.3.2 重视选矿基础理论研究.....	(7)
1.3.3 生物浸出技术发展方兴未艾.....	(7)
1.3.4 重视选冶技术的联合.....	(7)
1.3.5 大力发展铝工业.....	(7)

2. 澳大利亚有色金属采矿工业

2.1 有色金属矿石资源.....	(8)
2.1.1 资源丰富、矿种齐全.....	(8)
2.1.2 三个大地构造单元蕴藏着丰富的资源.....	(8)
2.1.3 铝土矿储量超过30亿t,居世界第二位.....	(9)
2.1.4 铅锌铜矿床规模大、品位高.....	(9)
2.1.5 锡、镍和钨矿资源分布较集中.....	(9)
2.2 有色金属采矿工业现状.....	(10)
2.2.1 引进外资,有色金属矿业发展迅速.....	(10)
2.2.2 铝土矿全为露采,其他矿种地下开采占多数.....	(10)
2.2.3 铝土矿生产规模大,有色金属地下矿多属中、小型.....	(10)
2.2.4 铝土矿开采不需爆破,机械化程度高.....	(10)
2.2.5 地下矿采矿技术先进,主要矿山实现了无轨化.....	(11)

2.2.6	露天矿规模不大, 但机械化程度高	(12)
2.2.7	铝土矿劳动生产率高, 地下矿劳动生产率不及美国	(12)
2.3	有色金属矿山的生产经验	(13)
2.3.1	芒特·艾萨矿的综合矿山计划系统的应用	(13)
2.3.2	布罗肯希尔铅锌矿的中段人员电子统计系统	(13)
2.3.3	降服井下高温的措施	(14)
2.4	采矿工业发展趋势	(14)
2.4.1	加强勘探, 寻找高品位矿床	(14)
2.4.2	继续提高机械化和自动化水平, 以提高劳动生产率和降低成本	(14)
2.4.3	完善充填工艺, 发展高浓度充填技术	(14)
2.4.4	发展高效采矿法	(15)
3.	澳大利亚有色金属选矿工业及金银回收	
3.1	概述——矿产现状和面临的挑战	(18)
3.2	澳大利亚选矿工业发展的特点和趋势	(19)
3.2.1	新矿山和新选厂不断投入生产, 保持矿业大国生产优势	(19)
3.2.2	老选厂不断更新改造, 扩大生产规模	(20)
3.3	澳大利亚黄金热潮势头减弱	(21)
3.3.1	澳大利亚黄金生产现状与特点	(21)
3.3.2	澳大利亚炭浆厂的特点	(22)
3.3.3	堆浸与槽浸技术先进	(22)
3.4	生物浸出技术发展方兴未艾	(22)
3.5	重视选冶技术结合	(23)
3.6	尾矿利用与环境保护	(23)
3.7	选矿厂自动化水平高, 走向计算机控制	(23)
3.8	新型高效设备的研制和应用	(24)
3.8.1	高效碎磨设备的研制	(24)
3.8.2	重选设备推陈出新	(24)
3.8.3	新型浮选柱的研制	(24)
3.8.4	高效脱水设备的应用	(25)
3.8.5	满足小型矿山需求的移动式选矿装置	(25)
3.9	重视选矿基础理论的研究和矿业教育, 增强生产后劲	(25)
3.9.1	选矿基础理论的研究	(25)
3.9.2	改变矿业教育模式, 培训高水平矿业人才	(26)
3.10	几点启示	(26)
4.	澳大利亚重金属冶炼工业及资源综合利用	
4.1	铜、镍、钴工业概况	(27)
4.2	结合国情积极引进和开发炼铜新技术	(28)

4.3 具有特色的铜镍钴冶炼新技术.....	(28)
4.3.1 值得借鉴的处理含铋铜矿的经验.....	(28)
4.3.2 第二家闪速炉直接产粗铜.....	(28)
4.3.3 汤斯维尔是首家采用艾萨法的电解铜厂.....	(30)
4.3.4 卡尔古利炼镍厂有新招.....	(30)
4.3.5 谢里特高登法镍精炼厂.....	(31)
4.3.6 格林瓦尔红土型氧化镍矿的开发.....	(32)
4.4 澳大利亚是世界重要的铅锌生产国.....	(33)
4.5 拥有规模巨大的铅锌冶炼厂.....	(34)
4.5.1 世界最大的铅厂——皮里港铅厂.....	(34)
4.5.2 里兹顿锌厂.....	(39)
4.5.3 柯克·克里克铅锌冶炼厂.....	(41)
4.6 达到世界先进水平的铅锌冶炼技术.....	(43)
4.6.1 世界最完善的皮里港铅厂的粗铅火法连续精炼工艺.....	(43)
4.6.2 里兹顿锌厂世界最大的锌精矿沸腾焙烧炉.....	(45)
4.6.3 具有特色的炼铅新工艺——芒特·艾萨铅厂的艾萨熔炼法.....	(46)

5. 澳大利亚的铝工业

5.1 概述.....	(48)
5.1.1 生产铝土矿和氧化铝的世界第一大国.....	(48)
5.1.2 巨大的原铝生产潜力.....	(48)
5.1.3 依靠国外大财团的资金和先进技术发展铝工业.....	(49)
5.1.4 铝土矿资源丰富，矿山全部现代化露天开采.....	(50)
5.2 氧化铝工业崛起，后来居上.....	(50)
5.3 集世界拜耳法生产氧化铝先进技术之大成.....	(50)
5.3.1 生产规模大，成本低.....	(50)
5.3.2 采用高效的大型设备.....	(51)
5.3.3 十分重视节能和余热利用，但能耗并不低.....	(51)
5.3.4 生产设备基本上露天化，土建费用大幅度节省.....	(51)
5.3.5 自动化程度和管理水平高，劳动生产率高.....	(51)
5.3.6 基本上消除了环境污染.....	(52)
5.3.7 有些原料还需进口.....	(52)
5.4 几个主要氧化铝厂的特点.....	(52)
5.4.1 美国铝业公司在西澳的三个氧化铝厂.....	(52)
5.4.2 纳巴尔科控股有限公司的戈夫氧化铝厂.....	(54)
5.4.3 昆士兰氧化铝有限公司的世界最大的格拉斯通氧化铝厂.....	(55)
5.4.4 沃斯利氧化铝有限公司装备先进的沃斯利氧化铝厂，成本最低， 劳动生产率高.....	(56)
5.5 原铝生产已跃居世界第四，但石焦油、冰晶石和氟化盐依赖进口.....	(57)

5.6 各铝厂情况简介	(57)
5.6.1 澳大利亚联邦铝业公司(科马尔科)的贝尔湾铝厂	(57)
5.6.2 澳大利亚美国铝业公司的亨利角铝厂	(58)
5.6.3 澳大利亚加拿大铝业公司的库里库里铝厂	(59)
5.6.4 格拉斯通铝业公司的波依恩铝厂	(59)
5.6.5 澳大利亚被施涅铝业公司的托马戈铝厂是最现代化、能耗最低、 污染最小的铝厂	(59)
5.6.6 维多利亚铝冶炼公司(Aluvic) 275kA电解槽系列的波特兰铝厂	(60)
6. 澳大利亚的钛、钨工业	
6.1 世界最大的钛原料生产国	(64)
6.1.1 资源丰富, 控制开采	(64)
6.1.2 产量最高, 出口量大	(64)
6.1.3 质量上乘, 效益较好	(65)
6.2 世界最大的合成金红石生产国	(66)
6.2.1 锈蚀法	(66)
6.2.2 盐酸浸出法	(67)
6.3 对澳大利亚钛工业的评价	(68)
6.4 主要厂家介绍	(68)
6.5 钨资源丰富, 产量不断下降	(69)
6.6 矿山潜力巨大	(69)
6.6.1 金岛白钨矿	(69)
6.6.2 卡拉白钨矿	(70)
6.6.3 阿伯福伊尔和斯托里斯克里克锡钨矿	(70)
6.6.4 奥克里弗克里克钨矿	(70)
6.6.5 芒特卡拜恩黑钨矿	(70)
6.7 无加工业, 钨业维艰	(70)
7. 澳大利亚的铝加工工业	
7.1 铝材产量及进出口量	(71)
7.1.1 铝材产量与结构	(71)
7.1.2 消费	(72)
7.2 铝加工工艺	(72)
7.2.1 科马尔科铝加工厂及其板带材加工工艺	(72)
7.2.2 加拿大铝业公司澳大利亚轧制厂及其加工工艺	(74)
7.2.3 挤压产品生产	(75)

1. 综 述

澳大利亚位于南半球，由澳大利亚大陆和塔斯马尼亚等岛屿组成。面积768.23万km²，占大洋洲绝大部分。人口总数1625万（1987年）。

澳大利亚是第二次世界大战后依靠制造业和采矿业发展起来的一个后起的发达资本主义国家。1988年国民生产总值2746亿澳元，人均国民生产总值14230澳元，居世界前列。1986年由于澳元贬值和出口不景气，经济出现巨额财政赤字和外贸逆差。近两年政府采取一系列节支增收措施，同时由于国际市场初级产品价格回升，澳经济状况有明显改善。

澳大利亚矿产资源丰富，铝土矿、铁矿石、镍、锌、锰的储量和产量均在世界前5位。采矿业高度发达，其产值占国民生产总值13%，产品一半以上出口，占对外贸易出口总额38%。制造业占国民生产总值20%，主要是装配、建筑、化工等；多为外资控制。交通运输发达，悉尼是南太平洋主要交通运输枢纽。政府经营的铁路4万余km，公路总长88.47万km。澳对国际贸易依赖程度很大，外贸收入占国内生产总值14.28%。主要贸易对象是日本、南朝鲜、美国、欧洲共同体、东盟国家等。

澳大利亚是有色金属生产大国，有色金属资源丰富，并有廉价而丰富的电力资源，为有色金属工业的发展提供了可靠保证。澳有色金属不仅满足国内需要，而且大部分出口，对澳经济发展起了重要作用。

然而，澳矿业面临严重形势，一方面国际市场竞争激烈，其他国家尤其是亚洲某些国家抵制澳矿产品进口而设置障碍。另一方面，澳随着矿山开采年久，资源枯竭，矿石趋于难选，同时面临环境保护的严重压力，影响着矿山开采和勘探。目前澳政府采取优惠政策和措施，制定合理的政策，把开发矿山与环境治理相结合，并依靠科技进步，不断降低成本，提高劳动生产率等等，以使澳在激烈的国际竞争中立于不败之地。现将澳大利亚有色金属工业的现状、特点和发展趋势综述如下。

1.1 澳大利亚有色金属工业现状

1.1.1 资源丰富，是世界有色金属矿产大国

澳大利亚具有独特的地质条件和丰富的矿产资源，主要分布在西部克拉通、中部克拉通和东部克拉通三个大地构造单元。目前铅、锌和铝土矿的探明储量居世界前三位，其他有色金属储量亦相当可观，分别居世界前列（见表2-2）。

自60年代以来，澳政府采取开放政策，借助外资和引进外国的先进技术，大力开发有色金属矿山、改造老冶炼厂和建设新厂，有色金属矿山和金属产量持续增长，是世界有色金属矿产大国（见表2-1）。主要有色金属铝、镍、锑、锌、铅、铜居世界前10位（见表1-1），不仅满足本国需要，而且大量出口。1987年主要矿产品和金属的出口量占其产量的比重为：氧化铝82.1%，铝锭89.7%，铜58.2%，铅81.9%，锌92.9%。1987年这5种产品和锡共出口创汇42.4亿澳元，镍出口创汇3.73亿澳元。1992~1993年澳黄金出口量为267t，仅次于

煤，为澳第二大出口产品。

表 1-1 澳大利亚主要有色金属产量及占世界位次，（单位：万t）

金属	1987	1988	1989	1990	1991	1992	占世界位次	仅次于
铝	106.32	113.78	128.97	126.56	125.82	126.56	4	美国，前苏联，加拿大
铜	20.78	22.27	25.50	27.40	27.90	32.70	10	美国，智利，前苏联，日本，中国，加拿大，德国等
铅	21.67	17.99	20.51	22.90	23.94	24.20	19	美国，前苏联，德国，日本，中国，英国，法国等
锌	31.02	30.25	29.62	30.85	29.65	33.75	8	前苏联，日本，加拿大，中国，美国，德国，西班牙
镍	4.52	4.20	3.45	4.31	4.94	5.06	5	前苏联，加拿大，印度，挪威
锡	1231	1377	1419	1300	1300	1300	6	中国，前苏联，玻利维亚，美国，南非，墨西哥

澳大利亚是原铝出口大国，1987~1990年的4年中，年平均产量为1159882.2t，年平均出口量为834351.25t，占平均产量的71.93%（见表1-2）。

表 1-2 1988年澳大利亚铝土矿、氧化铝及原铝生产和出口情况（单位：万t）

铝土矿			氧化铝			原铝		
生产	出口	所占比重	生产	出口	所占比重	生产	出口	所占比重
3500	500	14.3%	1051	852	81.1%	115	81.3	70.7%

澳也是世界上重要的铅锌出口国（见表1-3）。

表1-3 澳大利亚铅、锌精矿及其金属产量和出口量（单位：万t）

	铅精矿			精铅			锌精矿			精锌		
	1990	1991	1992	1990	1991	1992	1990	1991	1992	1990	1991	1992
产量	55.6	57.9	57.5	22.4	23.9	32.2	88.4	164.8	101.3	30.3	32.6	33.2
出口量	23.7	27.7	34.8	17.6	17.6	18.7	59.4	72.4	77.5	24.4	25.3	25.9
出口量占产量比重	46.2%	47.8%	60.5%	78.6%	73.6%	80.6%	67.2%	69.1%	76.5%	80.5%	77.6%	76.5%

1.1.2 有色金属地下采矿技术先进，主要矿山实现了无轨化

澳大利亚有色金属矿山除几个规模大的铝土矿采用露天开采以外，主要的铜、铅、锌、钨、镍、锡矿基本都是地下开采。地下矿矿床埋藏较深，大多数为竖井开拓，由于采用无轨设备开采，多数矿山都从地面掘进斜坡道通至井下各中段。这些矿山还广泛使用铲运机出矿和汽车运输。芒特艾萨铜铅锌银多金属采选冶联合企业（MIM）所属的芒特艾萨和希尔顿两矿还共同拥有一个铲运机车队，拥有各种型号的铲运机几十台，遥控铲运机十几台。地下

矿在回采和掘进中广泛使用先进凿岩设备，如阿格纽镍矿使用全液压凿岩机掘进和采矿；坎巴尔达镍矿使用液压凿岩台车掘进斜坡道和采矿；埃卢拉铅锌矿使用牙轮钻机钻凿垂直深孔崩矿，雷尼森贝尔锡矿使用电动液压台车采矿。

爆破装药广泛使用装药车。顶板锚杆广泛使用锚杆台车安装。到1991年底，SRB锚杆台车利用率为87.5%，台班效率达到110~120m。

为提高劳动生产率，降低生产成本，各矿山不断改进回采工艺。

许多矿山已将分层充填法改为深孔空场法，芒特艾萨铜铅锌矿已将水平分层充填法改为梯段法，提高了劳动生产率，改善了安全条件，使采矿成本降低了10澳元。而且降低了矿石贫化，提高了入选矿石品位。

1.1.3 老选厂不断更新改造，充满活力

澳大利亚一些老选矿厂不断更新改造，采用新技术、新设备，改进工艺，使生产不断发展。如芒特艾萨是世界最大的银铅矿，也是世界十大铜矿和锌矿。银铅锌选厂于1966年6月投产后，历经改造和扩大，生产能力达480万t/a。1990年该矿又一选厂希尔顿选厂投产，年处理能力100万t。该厂近年来采取的改造措施有：采用重介质选别预选，采用塔磨机，实施“细磨工程”；采用新型詹姆森浮选柱。芒特艾萨铜选矿厂处理黄铜矿和转炉渣，处理含铜3.1%的矿石570万t，获得铜品位为25.5%的铜精矿，其改造的技术措施有：设自磨车间，自磨与球磨联用。坎姆巴尔达镍矿是世界上最富的硫化镍矿，矿石平均品位2.5~2.8%Ni。1966年10月建选矿厂，1967年6月投产。1981年同时开采和选别金、镍矿石，其中镍矿处理量为130万t，金矿处理量为40万t。该选矿厂主要问题是滑石含量高达25~40%，选矿要使精矿中MgO含量低于6.0%，采取了以下改进工艺的措施：设滑石预选回路，在常规浮选回路采用古尔胶抑制滑石，设粗粒闪速浮选回路等，结果精矿镍含量达11%，MgO含量低于6%。

1.1.4 黄金生产突飞猛进，增长率破世界纪录

80年代世界掀起了“黄金热”，澳大利亚的黄金生产也突飞猛进，1980年黄金产量仅16t，1992年已达240t，跃升世界第三位。西澳大利亚州是澳最大的产金地区，黄金产量占全澳产量的75%。该州现有黄金选厂大小80座，其中炭浆处理厂76家，堆浸厂4家。炭浆厂的黄金产量达160t，占全州96.4%。炭浆厂规模向大型化发展，年处理量100万t的西澳炭浆厂就有26家，最大为年处理量700万t。堆浸厂的规模更大达1000万t。澳大利亚炭浆厂生产采用大型碎磨设备，普遍采用自磨或半磨，粗碎采用大型圆锥破碎机（小时处理能力达3000t），磨机规格达6×8m。自动化程度高，测量仪表数字化，采用计算机。

澳大利亚堆浸与槽浸技术先进。金堆浸厂的规模较大，多由美国设计，设施完善，自动化水平高，既有大规模制粒堆浸，也有大规模的原矿堆浸。如特尔弗(Telfer)矿年浸1000t，入堆原矿金品位0.4~1.6g/t，金的回收率达65%。槽浸一般用于储量少、品位较高的含金氧化矿。矿石先经破碎制粒，然后在浸槽中浸出，回收率在80%左右。

1.1.5 拥有世界最大规模的有色金属企业

澳大利亚拥有世界规模最大的有色金属矿山和冶炼厂。这些企业不仅生产能力大，设备大型化，机械化自动化程度高，生产率高，而且开发和采用了世界一流的生产技术。

澳大利亚几个主要露天铝土矿年矿石产量均超过300万t，韦帕铝土矿年采矿能力为1125万t，美国铝业公司的亨特利、维路代尔和贾拉代尔三个矿1992年采矿规模分别达到1200、

640和360万t。地下矿规模最大的为芒特艾萨铜铅锌矿,1992年共采矿1040万t,其中铜矿石为520万t,银铅锌矿石520万t,是世界最大的银铅矿和世界十大铅铜生产者之一。

皮里港厂是世界上最大的铅冶炼厂,年产精铅20万t以上,还从烟化炉氧化锌中回收4万t电锌,该厂的鼓风机熔炼采用富氧鼓风,生产能力增加了20~35%。里兹顿锌厂是世界上规模最大的炼锌厂之一,年产20万t电锌,该厂有世界上最大的沸腾焙烧炉。炉子直径12.550米,炉床面积123米²,处理精矿能力800t/日。

澳大利亚的6个氧化铝厂的总产量占世界总产量的1/3。除年产84万t的瓦吉鲁普氧化铝厂外,其余5个都是年产百万t以上的大厂。年产335万t格拉斯通氧化铝厂和年产295万t的平加拉氧化铝厂在世界上也是绝无仅有的。氧化铝厂采用了高效大型设备,如产能为200~250t/台·时的湿磨、450m³的压煮器,直径为90m、周边传动的大型沉降槽,3000~5000m³的分解槽,日产1500t的沸腾闪速煅烧炉和200t/时的锅炉等。这些设备的材质好、寿命长、检修费用少,都采用计算机控制,所以生产稳定,减少了热损失,提高了劳动生产率并降低了生产成本。

1.1.6 铝土矿储量世界第一,氧化铝工业后来居上

澳大利亚的铝土矿总储量(包括探明的、估计远景的)为84.10亿t,占世界总储量的15%,仅次于几内亚(86.80亿t)。铝土矿和氧化铝的产量居世界第一位。拥有丰富而廉价的能源,褐煤和烟煤探明储量达300~450万t,还有丰富的天然气,为发展铝工业提供了廉价而丰富的电力和冶金用煤。据澳政府估计,澳潜在可开发的能源达4500万kW,目前仅开发了400万kW,潜力很大。澳确实拥有得天独厚的发展铝工业的条件。也正因为如此,澳氧化铝和原铝的生产成本是除巴西以外世界上最低的。

澳大利亚的氧化铝工业起步较晚,自1963年西澳的奎那那(Kwinana)氧化铝厂投产以后,陆续建了几个大的氧化铝厂,铝工业迅速发展,到1976年澳大利亚氧化铝产量超过美国成为世界上最大的氧化铝生产国。现在其总产能为1125万t/a,占西方世界产量的32.4%。澳大利亚有最大的几个跨国铝业公司,如美国铝业公司(Alcoa),加拿大铝业公司(Alcan)瑞士铝业公司(Aluisse),法国彼施涅铝业公司,美国雷诺公司、美国凯撒铝业及化学公司和日本住友轻金属公司。中国国际信托投资公司在1988年也认购了世界一流的波特兰铝厂10%的股份。所有这些厂矿都使用世界最先进的技术和装备。其特点是生产规模大、设备大、效率高、十分重视节能和余热利用,生产成本低,生产自动化和管理水平高,并有严格的环境保护制度。

1.2 澳大利亚有色金属工业发展的特点

1.2.1 引进国外资金和先进技术,迅速发展有色金属工业

澳大利亚政府根据国际市场情况和本国资源条件,采取了积极吸引外资和技术进行开发的发展战略。自1963年开始,世界六大铝业公司(美铝、加铝、瑞铝、雷诺、凯撒、彼施涅)陆续在澳建立了技术装备和管理水平居世界一流的矿山和工厂。例如1963年澳大利亚联邦铝业公司和澳大利亚美国铝业公司分别开采昆士兰巨大的韦帕铝土矿和西澳的贾拉代尔铝土矿。以后澳大利亚瑞士铝业公司与澳大利亚戈夫铝业公司联合开采澳北的戈夫铝土矿。从此澳铝工业迅猛发展。澳铝土矿露天开采的技术先进,使用了很多大型高效的采挖、运矿、

破碎设备，自动化程度和劳动生产率高。例如：戈夫铝土矿用 15m^3 (21t) /台的大型装载机装矿，用95t油压翻斗大卡车将矿石运至破碎站，将 $2\times 1.5\text{m}$ 的大矿石破碎到25mm以下，每小时破碎量为1500t；赛德拜克铝土矿，生产技术水平较高，尤其在自动控制方面更为先进，全矿职工仅75人，每人每年生产4.7万t铝土矿。澳大利亚的氧化铝厂都广泛使用计算机自动控制各个生产工序和管理全厂的生产系统。特别是80年代新建的瓦吉鲁普和沃斯利氧化铝厂，各工序都用计算机进行数据储存、控制和检测并显示现场存在的问题。配有先进的电子测量仪表和固化程序控制系统，使工艺过程稳定运行，提高产能。现在正向动态模拟的方向发展。该厂每人每年生产1500~2000t氧化铝。铝电解技术分别采用日本住友、彼施涅和美铝的最新技术。特别是法国彼施涅的180kA中间点式下料预焙槽，在当代铝工业中与美铝和瑞铝的电解槽同居国际领先地位。美铝的275kA中间点式下料预焙槽，是国际上首先投入生产的超大型电解槽，1986年已在澳大利亚波特兰铝厂投产。亨利角铝厂虽是一个老厂，使用美铝670型173kA中间点式下料预焙槽，电流效率达国际先进水平。

在重有色金属方面，美国熔炼和精炼公司控制着芒特艾萨采矿控股公司36.94%的股权，参与掌管该公司业务，该公司经营的芒特艾萨铜铅锌矿，已成为世界最大的银铅矿和世界十大铅铜生产者之一，1992年生产的铜铅锌分别占全澳的51.8%、34.4%和21.6%。芒特艾萨工厂近几年研究一种艾萨铅熔炼工艺，该工艺是由芒特艾萨矿业有限公司和CSIRO联合开发的，现已建成生产能力为6万t粗铅的艾萨法铅熔炼厂。艾萨熔炼法采用的赛罗喷枪，是澳大利亚联邦科学工业研究组织的专利。柯克·克里克铅锌冶炼厂是引进英国专利、于1961年建成投产的密闭鼓风机炼铅锌的工厂，整个生产过程都采用英国TDC-2000计算机系统自动控制，操作集中在控制室内进行。

奥林匹克坝铜矿是继波兰格沃古夫冶炼厂后，第二家采用闪速炉直接炼铜的工厂；汤斯维尔铜精炼厂是首家采用艾萨法的电解铜厂，该工艺用永久性不锈钢阴极替代传统的电解铜工艺中始极片制备，同时移植和完善了阴极锌剥片机及日本开发的铜阴、阳极和残极处理机械等技术，使精炼费用大幅度下降，阴极质量明显提高，产量增加，操作方便安全。奎亚纳镍精炼厂早在1970年就引进加拿大谢里特高登高压湿法工艺流程。卡尔古利炼镍厂1972年引进芬闪速炉熔炼。6年后又加改进，将单独的炉渣贫化电炉与闪速炉沉淀池合为一体，形成了具有该厂特色的炼镍闪速炉。

在选黄金方面哈伯莱茨金矿引进南非的细菌氧化技术，维鲁纳金矿也采用南非Germin公司的细菌进行细菌浸出。矿石经破碎、浮选、细菌氧化，氧化浸出等工序进行黄金生产。

1.2.2 机械化自动化水平高，管理和生产大多使用电子计算机

澳大利亚有色金属工厂和矿山由于生产规模大，因此机械化自动化水平高，奥林匹克坝铜矿使用Tamrock Solo1008型电动液压台车凿直径102mm下向孔和89mm直径的上向孔，利用微机设计程序布置环形炮孔，一台台车每班要打100m。希尔顿铅锌矿的10台凿岩机全部自动化，工人短时离开可不停止运转，该矿使用自动化软件包控制天井钻机，可在无人看管的情况下工作。

芒特·艾萨矿全部使用计算机管理，建立了新的计算机化的综合矿山计划系统(IMPS)。

该系统的6000个工作站，每秒钟可处理1000万个指令，并可以多达356种颜色展现高分辨率图象。

澳选厂自动化水平高，各选厂对矿浆粒度、浓度、pH值、泡沫层厚度和液面等都采用分

析和检测仪器控制。阿姆维尔有限公司在研究选矿过程控制方面处于领先地位，其ISA过程控制系统在选矿厂应用获得了显著效益。澳选厂的生产已从单纯的经验判断进入使用大量仪表监测和计算机控制各作业和全厂阶段，并向动态模拟发展。

柯克·克里克铅锌冶炼厂是引进英国专利、于1961年建成投产的密闭鼓风炉炼铅锌的工厂。该厂整个生产过程采用英国TDC-2000计算机系统自动控制，操作集中在控制室内进行。

彼施涅铝业公司的托马戈铝厂是最现代化的工厂，该厂的电解车间采用许多高效的新型设备，整个系列用中心电子计算机控制。每台槽有一微型程序控制机与中心电子计算机相联接，根据要求提供和显示有关数据。操作人员通过中心电子计算机下达指令操作或自动控制每一台电解槽。

澳大利亚的科马尔科铝加工厂的热轧生产经过的几次改造，已完全达到了自动化和计算机化。热轧生产线全自动操作的操纵台上有工业电视机，显示全生产线的情况和各种轧制参数，还有各种设定的键盘、贮存、打印等装置。

1.2.3 依靠科技进步，强化生产，降低成本

澳大利亚很重视高效设备的研制。破碎和磨矿的投资和生产费用一般占选矿厂总费用的50%以上，能耗80%。近几年来它们对研制新碎磨设备很关注，采用高效、高生产能力的节能设备。澳大利亚利雅克设备公司研制了新一代的圆锥破碎机，这种圆锥破碎机能有效利用有用功率，从而确保设备有高生产能力，降低生产费用。还正在设计一种章动磨(Nutating Mill)，这是一种结构紧凑、单位磨机容积有高粉碎速率的磨机，粉碎速率为常规圆筒磨机的50~100倍，不久可望在工业中应用。澳大利亚乔洛吉克斯集团公司推出一系列凯尔西离心跳汰机，该设备应用常规跳汰机原理并在离心场中分选物料，提高了细粒物料的回收率。芒特艾萨公司开发的詹姆森浮选柱，具有能耗低(为常规浮选柱的50%)、无需配置空压机、无气泡发生器、维修方便等优点。

澳大利亚为铝土矿开采正在试制SMEC4500型液压铲(斗容30米³，功率为900kW)，205t的装载机，100t矿用大卡车和830E型牵引车等大型设备，以适应大型露天矿的需要。

芒特·艾萨铅冶炼厂近几年来研究了一种艾萨铅熔炼工艺，是把赛罗熔炼技术用于铅冶炼，已建成一座艾萨法炼铅工厂。

1.2.4 重视节能和环境保护

澳大利亚十分重视节约能源，除研制了许多高效节能的选矿碎磨设备外，对生产过程中的余热亦充分回收利用。澳铅锌冶炼厂大多实现了余热利用，皮里港铅厂采用一整套余热利用的装置，1100~1200℃的烟化炉烟气经余热锅炉、热交换器、冷却器等，温度降低150~200℃进布袋收尘，并利用余热带动汽轮机，空压机，满足了锌车间浸出，净液过程对饱和蒸汽的需要，换热器产出的450℃预热空气又用到烟化炉本身，提高了炉子熔炼能力。氧化铝厂回收高压溶出后矿浆中的热量对原矿浆预热；煅烧氢氧化铝的回转窑前后均有旋风换热器或流态化床冷却，充分利用废热预热氢氧化铝和二次空气。

澳大利亚是一个美丽的国家，公众对环境保护很重视，矿山土地复垦绿化工作做得好，对排水、排污、排气都有严格监测，确保环境不受污染。铝土矿露天开采后，剥离表土直接回填采空区复田，尾砂和尾矿也用来复田。韦帕矿还研制出一种特殊的肥料和种子撒播机和迅速直接栽播树种的技术。到1980年该矿已采3065公顷，复田2125公顷，建立了年产10万株

树苗的苗圃场,复田区将成为世界最大的人造公园。芒特摩根金矿建设了尾矿处理厂日处理尾矿近万t,既回收其中有价金属,变废为宝,又治理了环境。彼施涅铝业公司托马戈铝厂是最现代化、能耗最低、污染最小的铝厂。电解车间采用许多高效的新型设备,整个系列用电子计算机进行控制。电解厂房通风设计新颖,通风良好。每60台电解槽有一个净化系统,采用法国空气公司的干法净化技术和主要设备。有专人在工厂10公里范围内监测牛奶场中牛奶的含氟情况,20公里范围内监测植物的含氟量。

1.3 澳大利亚有色金属工业的发展趋势

1.3.1 进一步提高机械化自动化水平,以提高劳动生产率和降低成本

澳大利亚为了增强自身的竞争能力,占领国际市场,有色金属矿山必须提高劳动生产率,降低成本,首先是加强勘探,寻找高品位矿床,以获得后继矿量,澳正在研制斗容30m³的液压铲、205t装载机和100t汽车和牵引车等大型设备,进一步提高劳动生产率。为发展高效采矿法,澳许多矿山已将水平分层充填法改为空场法。

1.3.2 重视选矿基础理论研究

为加速技术发展和增强生产后劲,澳很重视选矿基础理论的研究工作,设立了阿姆德尔矿业开发实验室、昆士兰大学JK矿物研究中心、墨尔本大学等研究机构,对矿物工艺等、微细粒矿物选矿以及无捕收剂浮选等基础理论进行了研究,取得了不少成果。

1.3.3 生物浸出技术发展方兴未艾

最近几年中,许多国家公司和研究机构都在研究利用生物浸出难选的和低品位的矿石。澳大利亚在这方面取得进展,并付诸实践。据介绍一座年处理1300t含金70g/t的细菌生物氧化厂,基建投资约175万美元,细菌氧化的成本约为50~60美元/t精矿,金的回收率由40%提高到96%。澳大利亚不仅试验细菌生物浸出工艺回收金,而且还试验回收镉。

1.3.4 重视选冶技术的联合

难选的复杂矿石和细粒结构的矿石越来越多,单一的选矿方法很难奏效,世界各国和澳大利亚都很关注这一问题。澳大利亚很重视选冶炼结合的方法,采用联合流程处理难选矿石。对于难选的矿石,采用选冶(焙烧、浸出、细菌氧化浸出等)结合的方法是必由之路,是发展方向。

1.3.5 大力发展铝工业

前已述及,澳大利亚铝土矿资源丰富,可开发的能源潜力很大,为发展铝工业提供了廉价而丰富的电力。澳充分利用其优越条件,扩建、新建铝土矿、氧化铝厂和电解铝厂,大力发展铝工业。待开发的铝土矿有奇特琳矿、米切尔高原矿、博根韦勒角矿和奥鲁坎矿等。扩建和新建的氧化铝厂有平加拉氧化铝厂、瓦吉鲁普氧化铝厂、活斯利氧化铝厂,新建昆士兰第二氧化铝厂和米切尔高原氧化铝厂。新建的电解铝厂有凯梅尔顿电解铝厂等。

2. 澳大利亚有色金属采矿工业

在澳大利亚国民经济中，有色金属矿产占有重要地位，是个有色金属矿产大国。澳大利亚铅、锌、镍、钨、铝、铜、锑和锡的资源丰富；产量分别排在世界第2、3、4、4、7、7和8位。主要有色金属矿产年产量见表2-1。

表 2-1 主要有色金属矿产历年产量 (金属含量)

矿种	单位	1947	1960	1976	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	占世界位次
铅	万t	15.85	30.82	31.8	44.77	47.6	49.0	52.0	56.3	56.0	57.0	2
锌	万t	6.94	31.75	43.2	71.2	73.3	76.9	86.6	100.1	100.1	105.5	2
镍	万t	—	—	8.25	7.67	7.6	6.4	6.6	6.7	6.9	6.0	3
铝土矿	万t	—	—	—	3238	3410	3637	3858	4070	4175	3985	1
氧化铝	万t	—	—	620	940	1010	1060	1104	1120	1140	1182	4
铝锭	万t	—	—	23.20	88.19	100.4	123	123	120	124	123	4
钨	t	—	1111 (WO ₃)	1935	1600	1100	1394	1211	1086	690	165	4
铜	万t	1.93	10.94	21.9	24.82	23.3	23.8	27.0	31.6	33.0	32.8	7
锑	t	2371	2202	10331	8515	7640	7000	7700	7370	7400	6229	8

从上表看出，澳大利亚有色金属矿产品产量年年增长，不但满足了本国的需要，而且大部分出口。

2.1 有色金属矿石资源

2.1.1 资源丰富，矿种齐全

澳大利亚具有独特的地质条件和丰富的矿产资源。地质勘探陆续发现了一些世界知名的大型有色金属矿床，如布罗肯希尔和芒特艾萨矿床，等等。目前，铅、锌和铝土矿的探明储量已列入世界前三位，其它有色金属储量也非常可观，排在世界前列（见表2-2）。

2.1.2 三个大地构造单元蕴藏着丰富的资源

澳大利亚大陆可划分为三个大地构造单元，即西部克拉通、中部克拉通和东部克拉通。西部克拉通是国际知名的成矿集中区，这里有重要的铁矿和金矿带，卡姆巴尔达镍矿带在该单元的中南部。镍矿床大多数为硫化物类型，也有大量的红土型镍矿。

中部克拉通位于北部和中部，以及大陆东南部的高勒地块、布罗肯希尔地块等。这个单元分布有许多巨大的多金属层控矿床，如芒特艾萨铜铅锌矿床、布罗肯希尔铅锌矿床和麦克阿瑟河铅锌矿床。韦帕-戈夫铝土矿床在该单元的东北角。近年来，高勒地块东侧发现了世界著名的特大型铜铀金矿床。

表 2-2 澳大利亚主要有色金属储量及其占世界位次

矿种	金属储量 (万t)				仅次于
	澳大利亚	世界	占世界储量 比重(%)	居世界位次	
铅	1600	10500	15.2	2	美国
锌	1800	18900	9.5	3	加拿大、美国
铝土矿	440000	2085000	21.1	2	几内亚
钨	13	160	8.1	4	加拿大、前苏联、美国
锡	20	592	3.4	8	中国、巴西、马来西亚等
铜	1600	50000	3.2	10	智利、美国、前苏联等
镍	209	5188	4.0	7	古巴、加拿大、前苏联等
铋	1.41	420	0.3	9	中国、玻利维亚、前苏联等

东部克拉通包括蕴藏锡、钨矿带的塔斯马尼亚地区。

2.1.3 铝土矿储量超过30亿t, 居世界第二位

铝土矿矿床均属第三纪风化红土类型, 全可露采, 矿石以三水铝石为主。铝土矿集中在韦帕、达令、戈夫和切尔高原四个矿区。韦帕矿是世界最大铝土矿床之一, 储量约占全澳总储量的44%。

2.1.4 铅锌铜矿床规模大、品位高

铅锌储量分别为1600和1800万t, 居世界第二和第三位, 矿床多属沉积型硫化物矿床, 多数伴生银和铜。主要产区在昆士兰的芒特艾萨, 新南威尔士的布罗肯希尔和埃卢拉、伍德隆, 塔斯马尼亚的罗斯伯里/西海岸, 西澳的特伊托克博雷等。北澳的麦克阿瑟河矿床铅锌储量虽大, 但矿物粒度极细, 难选而尚未开采。

铜矿资源主要分布在南澳的奥林匹克坝和昆士兰的芒特艾萨。

芒特艾萨铅锌铜矿床是世界最大的多金属矿床之一。1991年探明铜矿石储量为7000万t, 矿石含铜3.2%, 还有含铜3.6%的远景储量5000万t; 银铅锌矿石储量4500万t, 品位: Ag132g/t, Pb5.4%, Zn6.6%。该矿1985年和1992年分别产铅18万t和19.6万t, 锌17.5万t和22.8万t, 铜16万t和17万t; 1985年产银465t。

奥林匹克坝矿床矿石总储量估计为20亿t, 矿石含铜1.6%; 此外还含铀0.64kg/t、金0.6g/t。

2.1.5 锡、镍和铋矿资源分布较集中

锡金属储量20万t, 主要分布在塔斯马尼亚和新南威尔士; 昆士兰和西澳有少量锡矿分布。最大的锡矿床是塔斯马尼亚的雷尼森贝尔矿床, 这是个热液型锡硫化物矿床, 探明矿石储量为1370万t, 平均锡品位为1.14%。据1993年资料, 该矿目前尚保有可靠储量300万t,

锡品位1.4%；推测储量740万t，锡品位1.2%。估计尚有远景储量360万t，锡品位1.6%。

镍矿大多数为硫化物型矿床，主要集中在西澳的卡尔古利地区，产于超铁镁质岩石中的一条绿岩带中。最大的矿床是卡姆巴达尔矿床，镍品位为3.19%。此外还有大量的红土型镍矿。

钨矿资源主要分布在塔斯马尼亚和昆士兰。

2.2 有色金属采矿工业现状

2.2.1 引进外资，有色金属矿业发展迅速

由于缺少资金及技术，澳大利亚政府根据国际市场情况和本国资源条件，采取了积极吸引国外资金和技术为主及各州政府和公众投资为辅地进行开发的战略。各大股东派人管理矿山与工厂，按股份比例分配产品，政府在税收、能源、交通运输和公共设施等方面给予优惠。外商外汇进出自由，使之有利可图。自1963年开始，世界六大铝业公司（美铝、加铝、瑞铝、雷诺、凯撒、彼施涅）陆续在澳建立了技术装备和管理水平居世界一流的矿山和工厂。1963年澳大利亚联邦铝业公司和澳大利亚美国铝业公司分别开采昆士兰巨大的韦帕铝土矿和西澳的贾拉代尔铝土矿。以后澳大利亚瑞士铝业公司与澳大利亚戈夫铝业公司联合开采澳北的戈夫铝土矿。从此，澳大利亚铝业迅猛发展。

2.2.2 铝土矿全为露采，其他矿种地下开采占多数

澳大利亚铝土矿床均属风化红土型矿床，全用露天法开采，几个砂锡矿床也为露采。但其他矿种多数为地下开采。澳大利亚的铜、铅、锌、钨、锡和铋矿山共42个。其中地下矿25个（占59.6%）露天矿10个（占23.8%），砂锡露天矿3个（占7.1%），露天地下联合开采的矿山4个（占9.5%）。

2.2.3 铝土矿生产规模大，有色金属地下矿多属中、小型

澳大利亚露天铝土矿规模大，几个主要铝土矿年石矿产量均超过300万t，韦帕铝土矿年采2矿能力为1125万t，1992年采矿870万t；Alcoa公司的亨特利、维路代尔和贾拉代尔三个矿199年采矿规模分别达到1200万t、640万t和360万t（见附表2-1）其他矿种的几个露天矿年采矿规模在100~275万t之间。

地下矿规模多属中小型，一般在50~100万t/a 026个地下矿中，年采矿规模在100万t以上的只有7个。芒特艾萨铜铅锌矿规模最大，1992年共采矿1040万t，其中铜矿石520万t，银铅锌矿石520万t，是世界最大的银铅矿和世界十大铅铜生产者之一。

2.2.4 铝土矿开采不需爆破，机械化程度高

澳大利亚铝土矿产量一直居世界首位（见表2-1），到90年代突破了4000万t，占世界总产量的35%左右。铝土矿表土厚度一般在1m左右，用29m³或33m³拖拉铲运机剥离。矿层厚1~10m，不需爆破，用前装机直接挖装，或用推土机松动后用11~15m³装载机装。韦帕铝土矿用10m³液压铲铲装，台时生产能力为600t。戈夫铝土矿使用三种方法破碎矿层，厚在1m以上的松散红土矿层直接用前装机挖掘，约占15%；推土机松动后铲装，约占80%；一些薄的硬岩矿用爆破法或用41B推土机松动后铲装，约占5%。采场一般用80~150t汽车运输，矿石运至破碎站，运距为1.5~4.5km。亨特利矿用移动式破碎机，小时生产能力为1500t；德尔帕克矿移动式破碎机小时生产能力为1350t，用液压迈步式机构移动，一般两年移动一次。贾拉

代尔矿固定式破碎机小时生产能力为1450t。移动式破碎机生产费用仅为固定式破碎机的36%。矿石破碎后,用胶带输送机运至氧化铝厂,亨特利矿输送机长11km;贾拉代尔矿使用铁路将破碎矿石运至氧化铝厂,运距51km。胶带输送机使用固定程序实现了全盘自动控制。

澳大利亚铝土矿都作了复垦工作。剥离表土直接回填采空区复田,加工厂的尾砂也用来复田。韦帕矿还研制了专门的施肥和播种机,建立了专门的苗圃。到1980年已采3065公顷,复田2125公顷,复田区将成为世界最大的人造花园。

澳大利亚正在研制SMEC4500型液压铲,其斗容为30m³,功率为900kW;还在研制205t装载机、100t大卡车和830型牵引车(装有功率1491kW的底特律柴油机,有效负荷216t)。

2.2.5 地下矿采矿技术先进,主要矿山实现了无轨化

澳大利亚主要的铜铅锌、钨、镍和锡矿基本都是地下开采,有几个矿山上部露天开采结束后转入地下开采多年。地下矿矿床埋藏较深,大多数为竖井开拓,由于采用无轨设备开采,多数矿山都从地面掘进斜坡道通至井下各中段。

广泛使用铲运机出矿和汽车运输

使用较多的是瓦格拉、艾姆科(Eimco)和凯特皮洛(Caetripillar)公司的铲运机,芒特艾萨铜铅锌银多金属采选冶联合企业(MIM)的芒特艾萨和希尔顿两矿共同拥有一个铲运机车队,包括17台艾姆科913、12台埃尔芬斯通、2台托罗500DL、6台托罗400D、40台矿山自制的UGL400等型号铲运机。最近又增加了1台瓦格拉ST7和1台埃尔芬斯通R1700。铲运机使用寿命估计为2万小时。芒特艾萨矿还有8台遥控铲运机,希尔顿矿有3台,罗斯贝里铅锌矿也使用了卡沃310和卡洛511遥控铲运机。

芒特艾萨、芒特摩根、芒特莱尔、阿格纽和温达拉等矿都使用汽车运矿。使用的汽车载重为25~35t。芒特艾萨矿决定深部3000号铜矿体开采中使用电动汽车运输。这种汽车载重50t,架空线供电时行速为15km/h,可爬12~15%坡度。汽车自身有蓄电池供电,可连续行驶600m左右,但速度降至5km/h。该矿现有2台电动汽车,计划全面生产时将有5台电动汽车,矿石运距4.5km,预计每年可运矿100多万t。据称:就能源、人工和通风费用而言,电动汽车要比柴油汽车的运营费低50%。

为供铲运机和汽车通行,一些地下矿从地面掘进了斜坡道,斜坡道断面为5×5m和4.3×4.3m,坡度为1:9和1:7。

采矿辅助作业机械化程度较高

澳大利亚有色金属地下矿在回采和掘进中广泛使用先进凿岩设备,阿格纽镍矿使用全液压凿岩机掘进和采矿;坎巴尔达镍矿使用塞科马公司的液压凿岩台车掘进斜坡道和采矿;埃卢拉铅锌矿使用牙轮钻机钻凿垂直深孔崩矿;雷尼森贝尔锡矿使用电动液压台车采矿;等等。奥林匹克坝铜金矿使用Tamrock Solo1008型电动液压台车钻凿直径102mm下向孔和直径89mm上向孔,并利用微机设计程序,布置环形炮孔;1台台车每班要打100m。希尔顿铅锌矿的10台凿岩机全部自动化,工人短时离开可不停止运转,并使工效从100m/工班提高到120m/工班。该矿使用自动化软件包控制天井钻机,可在无人看管的情况下工作。

爆破装药广泛使用装药车,奥林匹克坝铜金矿埃尔芬斯通UC500型装药车,配套齐全,带有一个500kg铵油炸药装药机和Hiab吊车。

顶板锚杆广泛使用锚杆台车安装,芒特艾萨矿使用SRB锚杆台车。台车可由矿山供电系统供电,也可自载珀金斯(Perkins)柴油发动机。TLH28回转架上分别装有打深孔的和打