

● 世界有色金属工业发展研究 ●

加拿大 有色金属工业



中国有色金属工业总公司
技术经济研究院

加拿大有色金属工业

中国有色金属工业总公司
技术经济研究院

前 言

为适应社会主义市场经济的需要,扩大和深化与国外的科技、经济合作与交流,根据中国有色金属工业总公司科技开发部的要求,由技术经济研究院组织有色系统研究、设计院所和高等院校,对世界主要国家和地区有色金属工业的发展进行了研究,共有六个单位的三十多名专家、教授参加了这项研究工作,在广泛调研和掌握大量资料的基础上,经过分析、研究,撰写了《世界有色金属工业发展研究》专题报告,共包括美国、原苏联、日本、加拿大、德国和澳大利亚等六个分报告,按国家分册陆续出版。

每个国家有色金属工业一般包括六个部分:1.综述;2.采矿工业;3.选矿工业;4.重金属冶炼工业及资源综合利用;5.铝镁工业;6.钛钨钼工业。还包括各国有色金属及金、银生产、消费、外贸出口和在世上的地位以及主要有色金属和金、银生产企业简况等基本情况。

这套报告全面、系统地介绍了各国有色金属和金、银生产的现状、特点、科研成果、新技术、新设备及发展动向,并进行了综合分析和评述,提出了值得我国借鉴的有益经验。

这项研究工作得到了中国有色金属工业总公司科技开发部的鼎力支持,并得到北京矿冶研究总院、北京有色冶金设计研究总院、北京有色金属研究总院、中南工业大学、贵阳铝镁设计研究院等单位的协助,在此一并致谢!

本报告执笔人:包晓波(综述)、徐瑞勇(采矿工业)、江信开、姜成良(选矿工业)、徐传华(重金属冶炼工业)、刘天齐、杨万志(铝工业)、陈恒芳、姚世焕(镁工业)、任铁梅(钛渣工业)、孟斌(钨钼工业)。

一九九三年八月

目 录

1. 综 述

1.1 加拿大有色金属工业现状.....	(1)
1.1.1 有色金属资源丰富.....	(1)
1.1.2 主要有色金属产量居世界前列.....	(2)
1.1.3 普遍使用电子计算机控制生产.....	(3)
1.1.4 拥有世界最先进的重有色金属冶炼技术.....	(3)
1.2 加拿大有色金属工业发展特点.....	(4)
1.2.1 充分利用水电资源优势, 大力发展有色金属工业.....	(4)
1.2.2 政府大力扶持有色金属工业.....	(4)
1.2.3 采用国内新技术和引进国外先进技术进行技术改造.....	(5)
1.2.4 大力开展科研工作.....	(6)
1.2.5 重视有价值元素的综合回收利用.....	(7)
1.3 加拿大有色金属工业发展趋势.....	(8)
1.3.1 积极勘探找矿, 提高资源储备.....	(8)
1.3.2 发挥廉价水电优势, 生产低成本有色金属.....	(8)
1.3.3 继续加强科学研究工作.....	(8)
1.3.4 积极向国外投资, 发展有色金属工业.....	(9)

2. 加拿大有色金属采矿工业

2.1 概述.....	(10)
2.1.1 有色矿产资源情况.....	(10)
2.1.2 有色金属矿物的生产.....	(10)
2.1.3 影响加拿大矿业生产的因素.....	(11)
2.2 有色金属矿山的技术现状.....	(13)
2.2.1 露天矿山生产情况.....	(13)
2.2.2 地下矿山开采情况.....	(15)
2.3 采矿科研工作.....	(19)
2.4 矿山经营管理.....	(20)
2.5 矿山安全和环境保护.....	(20)
2.5.1 井下环境治理.....	(21)
2.5.2 设备的改进.....	(21)
2.5.3 火灾快速探测.....	(21)
2.5.4 安全管理.....	(21)
2.5.5 矿区复垦.....	(21)
2.6 矿业教育.....	(22)

2.7 结束语.....	(22)
2.7.1 资源储备.....	(22)
2.7.2 加紧矿山技术改造.....	(22)
3. 加拿大有色金属选矿工业及金、银回收	
3.1 概述.....	(23)
3.2 破磨工艺多种多样, 半自磨取代自磨.....	(24)
3.2.1 加拿大选矿厂破碎与磨矿流程.....	(24)
3.2.2 加拿大选矿厂破碎与磨矿进展.....	(24)
3.3 多种耐磨材料并存, 结合使用效果显著.....	(25)
3.3.1 砂泵使用陶瓷金属复合物和高铬铁合金.....	(26)
3.3.2 普遍采用高铬铁合金球.....	(26)
3.3.3 使用橡胶衬板.....	(26)
3.3.4 钼铬合金广为应用.....	(26)
3.4 浮选柱热再度升起, 精选效率提高.....	(26)
3.5 改进铜镍铅锌钼工艺条件, 提高回收率.....	(27)
3.5.1 不断用先进技术改进传统工艺.....	(27)
3.5.2 研制开发新药剂.....	(28)
3.6 炭浆法提金迅速普及, 金生产形势看好.....	(28)
3.6.1 矿石预处理提高金的回收率.....	(28)
3.6.2 应用堆浸技术降低生产成本.....	(29)
3.6.3 混合用药提高回收率.....	(29)
3.6.4 推广炭浆法.....	(29)
3.6.5 处理尾矿回收金、银.....	(30)
3.6.6 回收伴生金、银.....	(30)
3.6.7 研制新设备, 回收细粒金.....	(30)
3.7 钨锡市场萧条, 生产举步艰难.....	(31)
3.8 普遍使用在线检测仪表, 实现自动控制.....	(31)
3.8.1 碎磨过程自动控制成熟, 专家系统发展迅速.....	(31)
3.8.2 在线分析技术可靠, 经济效益显著.....	(32)
3.8.3 电化学控制悄然兴起.....	(32)
3.9 环境保护——从法律约束到自觉投入巨资.....	(32)
3.10 建议.....	(33)
3.10.1 多破少磨仍是降低能耗的主要措施.....	(33)
3.10.2 研究开发新的耐磨材质.....	(33)
3.10.3 改进选矿工艺.....	(34)
3.10.4 分阶段推广应用自动化控制技术.....	(34)
3.10.5 加强环境保护研究.....	(34)
附表3-1 加拿大销售利润前40名矿业公司.....	(35)

附表3-2 加拿大有色金属矿山技术指标典型实例.....	(36)
------------------------------	------

4. 加拿大重金属冶炼工业及资源综合利用

4.1 概述——拥有世界最先进的冶炼技术.....	(43)
4.2 多种多样的铜冶炼技术.....	(43)
4.2.1 适应多种原料的诺兰达炼铜法.....	(43)
4.2.2 技术先进的三菱连续炼铜法.....	(43)
4.2.3 独特风格的铜崖式闪速熔炼.....	(44)
4.2.4 趋于淘汰的反射炉熔炼.....	(44)
4.2.5 向现代化迈进的铜精炼技术.....	(45)
4.2.6 细菌浸出获得成功.....	(46)
4.3 改造更新铅冶炼工艺.....	(46)
4.3.1 布伦瑞克公司改进传统的炼铅工艺.....	(46)
4.3.2 刻意求新的科明科新铅生产系统.....	(47)
4.4 世界领先地位的湿法炼锌技术.....	(47)
4.4.1 科明科公司——世界最新、最大的锌生产者.....	(47)
4.4.2 颇具特色的加拿大电锌公司.....	(48)
4.4.3 逐步改进的哈得逊湾矿业公司炼锌厂.....	(49)
4.4.4 面貌一新的基德克里克锌厂.....	(50)
4.5 世界最大的镍生产者.....	(50)
4.5.1 世界最大的镍生产者——国际镍公司.....	(50)
4.5.2 迅速崛起的鹰桥镍公司.....	(53)
4.5.3 硫化矿高压湿法冶金的开拓者——谢里特·高登公司.....	(54)
4.6 综合回收价值极高的重有色金属工业.....	(55)
4.6.1 世界第三大钴生产者.....	(55)
4.6.2 资本主义世界第二大铂族金属生产者.....	(55)
4.6.3 举足轻重的金、银回收.....	(56)
4.6.4 镉、铟以及其他元素的回收.....	(57)
4.7 环境卫生逐渐得到重视.....	(57)
4.7.1 重点控制SO ₂ 的污染.....	(57)
4.7.2 废水得到初步治理.....	(58)
4.8 加拿大重有色金属工业特点及值得借鉴的经验.....	(58)
4.8.1 高度垄断的重有色金属工业.....	(58)
4.8.2 大力开展深度加工和开发新产品.....	(58)
4.8.3 重视科学研究和技术开发.....	(60)
4.8.4 发挥优势,扬长避短的经营战略.....	(60)
4.8.5 值得借鉴的几点经验和建议.....	(61)
附表4-1 国际镍公司所属冶炼厂简况.....	(63)
附表4-2 诺兰达公司所属冶炼厂一览表.....	(64)

5. 加拿大的铝、镁工业

5.1 加拿大的氧化铝工业	(65)
5.1.1 概况	(65)
5.1.2 加铝所属和合资经营的氧化铝企业	(66)
5.1.3 近期加铝的科研工作	(66)
5.1.4 通过技术改造强化生产, 改善环保条件提高综合利用	(68)
5.1.5 加铝的建设动向	(69)
5.2 加拿大的电解铝工业	(69)
5.2.1 概况	(69)
5.2.2 铝产量和出口量分别居世界第三及第一位	(70)
5.2.3 加拿大各铝厂简况	(70)
5.2.4 大力推进技术更新换代	(72)
5.2.5 廉价水电是发展铝工业的支柱	(73)
5.2.6 科技成就及发展动向	(73)
5.3 加拿大的镁工业	(76)
5.3.1 概况	(76)
5.3.2 生产方法和企业	(77)
5.3.3 研究与开发	(81)
5.3.4 发展前景	(84)

6. 加拿大的钛渣和钨、钼工业

6.1 加拿大的钛渣工业	(85)
6.1.1 储量丰富的原生矿钛资源	(86)
6.1.2 独特的采、选、冶联合流程	(85)
6.1.3 先进的熔炼技术, 最大的钛渣生产厂	(86)
6.1.4 重视钛渣的生产与应用的研究	(88)
6.1.5 对加拿大钛渣工业的分析与评价	(88)
6.1.6 对我国攀矿钛资源开发的建议	(89)
6.2 钨	(89)
6.2.1 市场概况	(89)
6.2.2 储量丰富, 居世界第二位	(90)
6.2.3 钨矿生产每况愈下, 直至全部停产	(90)
6.3 钼	(91)
6.3.1 市场概况	(91)
6.3.2 储量丰富, 仅次于美国和智利	(92)
6.3.3 钼的生产受需求的制约	(92)
6.3.4 结语	(93)

1. 综 述

加拿大位于北美洲北半部，南面有漫长的边界线同美国毗邻，其余三面被大洋环抱。东濒大西洋，西临太平洋，北接北冰洋。领土总面积为9976000km²，仅次于原苏联居世界第二位。加拿大是个地广人稀的国家。人口总数为2660万人（1991年），平均每km²2.5人，是世界人口密度最小的国家。

加拿大矿产资源丰富，矿产产值仅次于农业。已开采的矿产有60多种，矿业产值占国民经济总产值的30%。能源、水力资源也非常丰富，年产石油约8000万t，天然气900亿m³，水力发电量达3630亿kW。交通运输业相当发达，铁路总长约99000km，人均铁路长度相当于美国的2倍。在航空运输方面，是世界上第二个最活跃的国家。加拿大在核电、水电、通讯、空间技术、石油化工、矿山、交通等方面都拥有先进的技术和设备，是西方七大工业国之一。

加拿大工业生产高度集中，绝大部分生产和市场均由少数垄断公司所控制。据1976年数字统计，在非金融部门，资产在10亿元以上的最大垄断公司有17家，5家最大银行资产所占份额高达90%。二次世界大战以后，国家垄断资本主义得到加强。1984年国民生产总值为4116亿加元，人均收入约合13000多美元，是世界“万美元俱乐部”的成员。

加拿大是世界上有色金属生产大国之一，有色金属工业是加拿大的支柱产业部门。加拿大有色金属资源丰富，还有廉价的水电资源，为加拿大有色金属工业的发展提供了可靠保证。但是持续稳步高产所造成的危机是矿产资源的迅速消耗。据美国《采矿杂志》报道，行家们断定，1981~1987年期间加拿大的有色金属储量下降：铜23%；镍20%，锌30%；铅34%。而金的储量增加3倍。据预测，1995年采矿总量将开始下降，特别是铜的状况更艰难，5年内铜储量将耗尽。从现在起铜的储量必须每年增加100万吨。锌的状况也是如此。1994年起采锌量将开始下降，从现在起锌的储量必须每年增加160万t。铅的储量形势很好，这是唯一不必担心未来生产的部门。因此，加拿大有色金属能否保持在国际市场中的竞争地位，将取决于它找矿勘探工作的进展。

现就加拿大有色金属工业的现状、特点和发展趋势综述如下。

1.1 加拿大有色金属工业现状

1.1.1 有色金属资源丰富

加拿大有色金属资源形成六个重要富集地区，即：安大略—魁北克多金属矿区；西安大略金矿区；曼尼托巴铜镍矿区；西北部地区多金属矿区；东部铅锌铜矿区和不列颠哥伦比亚高原多金属矿区。

加拿大的金、镍、铜、铅、锌金属的储量均列世界前五位，其中锌储量居世界第一位，镍储量仅次于新喀里多尼亚和古巴，居世界第三位（见表1-1）。

加拿大虽缺乏优质铝土矿和钛铁矿，但是它依靠进口提供铝工业的原料和研究开发出适合处理本国钛铁矿的工艺技术，从而给铝、钛工业的大发展创造了条件。

表 1-1 加拿大主要有色金属矿石储量、开采量及在世界上的位次

矿 种	单 位	储 量 (含金属量)				储量大于加拿大的国家	1992年开采量	
		加 拿 大	世 界	加拿大占世界, %	居 世 界 次 位		加拿大	占世界位次, 仅次于
铜	万 t	1700	34000	5	6	智利、美国、原苏联、赞比亚、扎伊尔	76.42	4, 美国、原苏联、智利
铅	万 t	716.7	9500	7.78	4	美国、原苏联、澳大利亚	34.25	4, 澳大利亚、美国、原苏联
锌	万 t	2400	17000	14	1		131.19	1
镍	万 t	1342.3	10842.7	12.37	3	古巴、新喀里多尼亚	18.09	2, 原苏联
铝	万 t	34.6	985	3.4	4	美国、智利、原苏联	0.92	3, 美国、智利
钨	万 t	48	259	15	2	中国	2	2, 中国
金	t	1496.36	39812	3.76			156.1	5, 南非、美国、澳大利亚、原苏联
银	t	26694	243540	11			1128.3	6, 墨西哥、美国、秘鲁、原苏联、澳大利亚

1.1.2 主要有色金属产量居世界前列

自1980年以来, 加拿大10种主要有色金属产量持续居世界第四位。1980年, 10种主要有色金属产量为262.46万t, 1992年增加至356.50万t, 仅次于美国、原苏联、日本, 居世界第四位。几种主要有色金属的产量、消费量及在世界的位次见表1-2和表1-3。

表 1-2 近几年加拿大主要有色金属产量

金 属	单 位	1988年	1989年	1990年	1991年	1992年	占世界位次, 仅次于
铜	万 t	52.87	51.52	51.58	53.83	53.93	5, 美国、智利、日本、原苏联
铝	万 t	153.45	155.48	156.74	182.16	197.18	3, 美国、原苏联
铅	万 t	26.81	24.28	18.36	21.24	25.52	8, 美国、日本、澳大利亚、英国、德国、法国、原苏联
锌	万 t	70.32	66.97	59.18	66.06	67.17	2, 原苏联
镍	万 t	14.57	13.03	12.68	12.03	12.75	2, 原苏联
锡	万 t	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	
金	千盎司	4110	5143	5614			4, 南非、美国、澳大利亚
银	t	44.1	41.3	44.4			

表 1-3 近几年加拿大主要有色金属消费量

金 属	单 位	1988年	1989年	1990年	1991年	1992年	占世界位次, 仅次于
铜	万 t	23.63	21.88	18.45	18.51	17.58	10, 美国、原苏联、日本、德国等
铝	万 t	43.72	45.91	38.72	40.81	40.81	8, 美国、日本、德国、原苏联、中国等
铅	万 t	10.82	9.41	8.29	7.76	9.09	9, 美国、原苏联、德国、日本等
锌	万 t	15.85	14.76	12.24	12.07	12.64	9, 美国、原苏联、日本、法国、中国等
镍	万 t	1.14	1.38	1.49	1.40	1.40	9, 日本、美国、原苏联、德国、中国等
锡	万 t	0.35	0.36	0.36	0.31	0.31	10, 美国、日本、德国、原苏联、中国等

1.1.3 普遍使用电子计算机控制生产

在加拿大有色金属工业生产中都已普遍使用电子计算机进行控制。早在70年代中期，加拿大有色金属选矿厂就致力于选矿厂检测和操作自动化的工作。至80年代，迈入了选矿过程控制和最优化控制阶段。1986年，加拿大CANMET已向120个厂家提供SPOC程序。到目前为止，大部分选矿厂都实现了自动控制，大的选矿厂都有中心控制室。例如，斯特拉康拉那铜镍选矿厂的操作人员在中心控制室直接控制开车、停车、碎矿、磨矿、浮选及尾矿充填，控制的重点是浮选车间。自动控制为加拿大选矿厂带来显著的经济效益，基德-克里克选矿厂是加拿大最大的多金属选矿厂之一，采用逻辑检索算法，使选矿厂经济效益达到了最大值，使铜的回收率提高1.5%，药剂消耗下降12%。尼奥贝克浮选厂早在80年代初就用UNILOK型仪表控制pH值，使精矿质量大为提高，浮选药剂耗量减少约55%。德图尔莱克金矿用计算机模拟程序，使产量增加，成本下降。目前，计算机在加拿大选矿厂中的应用主要在以下三个方面：1) 选矿厂指标的计算。用最低搜寻法进行物料平衡计算，该方法只适用于简单流程；2) 用于自动控制。过程的控制侧重于磨矿。麦吉尔大学用APPLE-SOFT BASIC语言编写的四个磨矿模拟程序，并通过选矿厂检验，其模拟曲线与实验数据一致；3) 计算机辅助设计。这是加拿大最有潜力的应用领域。目前已有的选矿设计的软件包有福陆公司的Flexment软件，加拿大Canmet发展的SPOC软件包和KING发展的Modsim软件，这种软件包的使用，可节省大量的计算工作量。

加拿大在氧化铝生产过程中，对拜耳法生产流程的模拟和生产过程的自动化做了大量工作，强化了生产控制。用计算机程序实现对生产流程的分析和控制，包括赤泥处理过程的计算机模型，它能及时指示赤泥贮槽中物料成分的变化和碳化作用的速度。例如阿尔维达氧化铝厂各主要过程均装有微型计算机，且与中央数据库相联，可以随时将处理数据向管理部门提出报告。氧化铝生产系统采用了自动连续取样机，还研制了一种可用在分解工序来预测氢氧化铝分解率的计算机模型。

加拿大普遍使用计算机进行矿山的开发设计，它包括建立地质模型和储量计算，利用地质统计学确定矿石质量、评估阶段经济活动、编制生产进展计划。设计中涉及的大量重复计算和绘图都由计算机快速准确地完成。

在加拿大的有色金属冶炼生产工艺中，也普遍使用了电子计算机控制，例如铜崖镍冶炼厂采用了计算机控制的氧-燃料燃烧器供热。汤姆逊冶炼厂安装了计算机控制系统，一个人就可在控制室管理全部生产，并且阴极纯度可达99.92%。鹰桥镍公司冶炼厂的过程控制，是由中心控制室控制焙烧和熔炼的操作参数，并有两台PDP8计算机进行数据记录和警报。此外，计算机还进行电炉功率的控制。

1.1.4 拥有世界最先进的重有色金属冶炼技术

加拿大的重有色金属冶炼，无论在规模上还是在技术上，在世界都占有举足轻重的地位。加拿大有世界最大的镍（国际镍公司）和铅锌（科明科）联合企业；冶炼技术集世界先进技术之大成。铜冶炼技术有现代化的奥托昆普闪速熔炼法，铜崖式的闪速熔炼法、诺兰达炼铜法、三菱连续炼铜法、氧气顶吹回转炉法。铅锌冶炼技术有QSL炼铅法、高压和常压氯化冶金以及高压湿法冶金技术。除奥托昆普闪速熔炼、三菱连续炼铜和QSL炼铅法外，其它的冶炼工艺都是加拿大自己研制成功的。

诺兰达炼铜法是将熔炼、吹炼结合在一起的先进工艺，可直接生产高品位冰铜。诺兰达

炼铜法最主要的优点是能适应多种原料，可处理铜精矿、各种返料、废杂铜、含贵金属的废合金等等。

铜崖冶炼厂不仅是国际镍公司最大的镍生产厂（镍产量约为10.8万t/a），而且也是一个大型的炼铜厂，有日产1600t粗铜的大型闪速炉。铜崖式闪速炉的特点是：炉子为卧式闪速熔炼炉，两头都装有精矿燃烧器；采用工业氧，自热熔炼；烟气浓度达70~75%，生产液态SO₂；炉子直接产出废渣；基建投资比奥托昆普式闪速熔炼低30%以上。

铜崖镍精炼厂的顶吹回转炉车间有两台氧气顶吹回转炉，有Cr-Mg砖衬里。每台炉有一个烟罩、一个水冷的给料溜槽和水冷喷枪。这是世界有色冶金工业最早采用的装置。

另外，进入80年代后，加拿大的粉末冶金工业在生产和技术方面取得重大进展。镍粉的生产量为世界之首，大约为4.6万t/a。国际镍公司位于安大略省的科珀克利夫镍冶炼厂，采用羰基法提纯含镍的中间产物，生产高纯镍粉和镍丸，粉末的生产能力为1.1万t/a，大约占精炼能力的1/5。镍粉都用于粉末冶金零件、磁体、铁氧体、电子器件、碳化物粘接剂及催化剂等。谢里特公司精炼厂的年生产能力为2.5万t镍粉和900万t钴粉。大部分镍粉都压制成坯，用于生产镍合金钢和不锈钢。特种镍粉用于粉末冶金轴承、印刷、电子方面。钴粉用于硬质合金、放射性同位素、Co-稀土磁体。谢里特公司还生产一些超细铜粉，这些铜粉与超细镍粉一起，用于制做聚合厚膜电路。谢里特公司还生产镍和钴包覆粉。在生产镍、钴包覆粉时，还可加入Cr或Al得到合金包覆粉以提高抗氧化能力，这些包覆粉广泛用于热喷涂中。除湿法冶金生产粉末外，该公司还生产雾化粉末，年生产能力为2700t。

1.2 加拿大有色金属工业发展特点

1.2.1 充分利用水电资源优势，大力发展有色金属工业

加拿大国内没有铝土矿资源，但拥有丰富的水电资源，利用丰富而廉价的水电大力发展电解铝工业。据报道，1980年加拿大水电开发利用率已达47%。目前，加拿大铝业公司所属6座水电站，装机容量达358.3万kW，100%水电用于铝电解的生产。由于国内没有铝土矿资源，因此国内氧化铝厂只有加拿大铝业公司经营的阿尔维达氧化铝厂一家，年生产能力为120~125万t。该厂所用铝土矿来自圭亚那、巴西和几内亚。而在国外，加拿大铝业公司拥有大量由其子公司经营和参加股份的公司的铝土矿和氧化铝厂，其股份占有的产能约258万t。加拿大每年进口铝土矿约200万t。而在国内大力发展电解铝厂。加拿大四大铝业公司共有10个电解铝厂，总计年生产能力为177万t，居世界第三位（仅次于美国和原苏联）。电解铝所需要的氧化铝主要依靠从国外输入。

由于加拿大有廉价的水电资源，因此铝的生产成本是很低的。1989年世界原铝成本最低的是委内瑞拉，为45美分/lb，其次是加拿大和澳大利亚，为54美分/lb，德国、意大利为66美分/lb，美国为67美分/lb。世界银行预测2000年世界电解铝成本美国和西欧分别为2260美元和2310美元，其中电费均为630美元，电费占成本的27%和27.3%；而加拿大的成本为2030美元，其中电费占400美元，占成本的19.7%。由于加拿大铝的成本低，有竞争力，从而确保了铝工业一直稳定而均衡地生产。

1.2.2 政府大力扶持有色金属工业

加拿大政府十分重视有色金属工业的发展，制订了降低税率，提供低息贷款等多种优惠政策，同时还提高进口关税，限制有色金属的进口，鼓励矿冶工业的发展。长期以来，对美

贸易是加拿大经济的重心，美加两国一直是世界上最大规模贸易的伙伴。1986年的双边贸易额就达1500亿美元。但美国对加拿大货物的进入却有很多限制，经加拿大政府的努力，美加两国达成了自由贸易协定，允许两国货物和资金自由往来。由于美国是世界上头号有色金属的消费者和进口国，这项新的协定将为加拿大更多的有色金属产品进入美国创造了有利条件。加上80年代大部分有色金属在国际市场上的价格上涨，是加拿大发展有色金属的黄金时代。因此在这一时期加拿大采选能力增长很快，一部分来自旧矿山的恢复生产，另一部分是新建矿山的投产，仅1988年新矿山和新设备的投产所花的费用就达25亿美元。

另一方面，政府还鼓励有色金属的出口。加拿大铜精矿和精铜的产量并不很大，但其输出量在西方国家中却占数一数二的地位。如1992年铜精矿产量为76.42万t，占西方精矿总产量的11%，精铜产量为53.93万t，占西方精铜总产量的7%，但由于本国铜精矿、精铜消费量较少，将近有一半的铜精矿和精铜供出口，因而铜精矿和精铜出口量分别居西方国家第一位和第三位。铝的出口量1990年为125万t，1991年为147.19万t，是世界主要铝出口国，铝出口量居世界第一位。

1.2.3 采用国内新技术和引进国外先进技术进行技术改造

加拿大的有色金属工业技术在70年代以前比较落后，进入80年代后，大力推进技术更新换代，注重国内开发同时引进国外的先进技术改造旧厂和建设新厂，取得很大进展。

加拿大是最先使用“垂直漏斗后退式”采矿法（简称VCR法）的国家。该项技术被誉为当代地下采矿技术的重大发展之一。它既有大量采矿法采场少而集中、且生产效率高的优点，又有充填法地压控制好、矿石损失贫化小的长处。以往一个矿体的回采至少要用3年，而用VCR法只需5个月即可完成。

加拿大的有色金属矿山正在推进电气化的进程，对大部分矿山进行技术改造，即：将矿山生产、运输、凿岩和其它设备改用电力驱动和电子仪器控制，提高产量和能量利用率，大幅度地降低设备维修量和费用，还改善了作业环境。如国际镍公司所属的佩特切里镍矿投资4090万美元用于技术改造，采用先进工艺技术和高度电气化设备，矿山的生产能力翻了一番。

多金属分离问题一直困扰着加拿大有色金属工业，不断改进工艺条件是加拿大选矿工业常采用的技术措施。例如：盖考选厂花37万多美元改造流程，提高5%的磨矿细度，在铜精选回路增加了粗精矿再磨作业，并由碱性矿浆改为添加二氧化硫酸化，使pH值保持在4.5~5.0，采用自动控制和开路粗选作业及改变药剂种类等，降低了铜精矿中锌的含量，使铜精矿含铜由27%提高到29%，而回收率未降低。铜精矿含锌由6.5%降到4.5%，锌的回收率由80%增加到86%。

加拿大的铝电解在70年代主要采用自焙阳极槽，技术比较落后。1980年利用美国铝业公司的P-155型预焙槽建成了大湾铝厂，开始采用大型预焙槽技术。1981~1982年试验研究了Alcan-175E型点式加料预焙槽，并用于该厂的技术改造。1984年开始建设贝坎库尔铝厂，采用法国彼施涅铝业公司的180kA预焙槽，属世界先进技术和装备。引进技术建设的铝厂占加拿大总生产能力的44.9%。此外国内还研究推广了大型高效预焙槽Alcan-175和Alcan-275型两种大型预焙槽，在槽容量大型化上已步入世界大型槽的行列。

加拿大的重有色金属冶炼技术集世界先进技术的大成。从国外引进了芬兰奥托昆普闪速熔炼技术，日本的三菱连续炼铜，德国鲁奇公司的QSL炼铅，日本小名浜铜精炼厂第三电解车间的设计，绝大多数设备都是专利设计。加拿大自己研究成功了铜崖式闪速熔炼、诺兰达

炼铜、氧气顶吹回转炉以及高压湿法冶金技术等等。

加拿大镁公司位于艾伯塔地区的阿尔达西镁厂采用由矿物特许公司(MPLC)和英国共同开发的新方法,此法制取无水氯化镁的电耗比用海水制取减少33%,比生产铝电耗少15%,采用该法生产镁,可使镁生产成本接近于炼铝的成本。这种新方法是目前世界上最新的镁生产工艺。另外,加拿大铝业公司1980年10月成功地启动了它的第一台40kA多极电解槽。1982年1~3月又投产了100kA多极槽。到1984年每槽日产2.4t镁,电耗为10.4kWh/kg·镁,氯气纯度97%以上,车间环保好,节省劳力,降低成本,电解槽产能达1000t/a。

1.2.4 大力开展科研工作

加拿大有色金属工业所以能有这样大的成就,主要原因之一是政府大力开展科研工作。加拿大组织了多种科研机构,采矿的科研机构有三类:一是政府的学术研究机构,如联邦能源、矿产资源部直属的矿物能源技术中心(CANMET)和大学里设立的科研机构;二是民间或政府的研究、咨询机构,如加拿大采矿协会(MAC),加拿大先进技术协会以及成立不久的国家采矿自动化咨询委员会等等;三是高技术商业公司、加拿大国际炸药公司、国际镍金属公司的子公司——CMS公司。CANMET是全国最大的技术开发中心之一。中心拥有采矿工艺、设备、岩石力学等专业研究实验室和500多名专家及工程技术人员。政府通过它协调矿山企业,推广掌握新的采矿工艺技术、确定研究项目、组织专题技术交流活动。该中心还设有技术市场分部,接受外来委托研究项目或合作开发研究。近几年,科研工作的重心是在采矿生产中利用高技术,实现自动化。1986年12月,由矿业界、设备制造业、高技术公司、有关研究中心、大学和政府部门代表组成国家采矿自动化咨询委员会。该机构成立后,即委托CANMET举办专门研讨采矿自动化的国际学术研讨会,意在鼓励采矿自动化的发展和应用,确立加拿大在国际采矿自动化协作中心的地位。经广泛调研,该委员会拟就一份可能的研究项目清单,包括远距离采矿、生产设备、工艺流程、监测和控制仪表、井下通风系统、矿岩自动搬运系统和应用软件等17个专题。1988年,蒙特利尔的麦吉尔大学和伊科尔工业大学联合成立采矿自动化和机器人研究中心,负责研究采矿自动化、培养专门人才、建立情报网和开展国际交流等。各矿山在进行开采设计时,普遍应用计算机对开采水平的岩石应力和开采顺序的影响进行预测分析。科研工作促使岩石力学应用于矿山深部开采。

在重有色金属冶炼方面,加拿大的谢里特-高登公司研究所是世界高压湿法冶金工艺的创始者,他们创立的镍钴和锌高压湿法冶金工艺得到了世界性的应用。诺兰达研究中心发明了诺兰达炼铜工艺,目前研究中心有130人,其中有64名科学家和工程师,27名技术人员,该研究中心研究新合金的开发,研究高纯金属的提取和精炼,研究过程控制和环保,还从事电化学技术的研究。鹰桥镍公司研究部在高镍的湿法冶金的研究中有突出贡献。国际镍公司高度重视科学研究,在北美提取冶金领域的研究中还有过最大的投资,导致许多新工艺和高度自动化工厂的出现,使国际镍公司成为世界生产成本最低的镍生产厂。进入90年代,国际镍公司的研究战略重点将放在采矿、降低SO₂污染、提高低品位镍矿选矿回收率和新的红土矿的开发上。

加拿大国内尚未发现铝土矿,因此科学工作的重点放在积极探索适合各种非铝土矿资源生产氧化铝的工艺技术。加拿大能源研究中心正在研究从一些其他含铝原料如斜长石、霞石、正长岩、粘土及煤矸石和煤中提取氧化铝,开发出了用斜长石、粘土和煤提取氧化铝的湿法溶萃工艺。加拿大铝业公司还参加了美国矿务局在内华达州鲍灵城试验厂用非铝土矿原

料提取氧化铝的研究。还参加了法铝H⁺法的试验,从非铝土矿原料(如欧洲和北美的粘土、高岭土和煤页岩等)中提取氧化铝。

加拿大国内有关院校还不断研究和开发新的炼镁工艺,例如加拿大安大略省滑铁卢大学化工系采用数学和物理模型开发出连续硅热还原白云石生产镁的方法。加拿大铝业公司还在研究多极电解槽以扩大镁的生产。加拿大的诺兰达公司和建筑业的兰万林公司合作,投资900万美元进行从石棉尾矿中提取金属镁的研究(据说从含25%镁粉的石棉尾矿中回收镁),并建立一个命名为Magnola的试验工厂来进行回收镁的研究,有可能在魁北克省建一新镁厂采用此法生产镁。国际镁协会与加拿大矿物和能源中心签订了一项合同,共同开发新的合金和寻找提高镁抗腐蚀能力的新方法,以此扩大镁产品的应用范围。有报道说,1990年下半年将投资1140万加拿大元在魁北克开始建立研究镁的新用途的研究中心。

80年代以来,根据市场需要,加拿大发展了许多高级合金,在超级合金的研制和生产方面处于世界前列,镍产量的10%用于生产各种镍合金,主要的产品商标有:INCOMAG(含镁添加剂合金),INCONMAP(机械合金产品系列),INCONEL(镍铬铁合金及其焊接合金类,镍铜合金及其焊接合金类),NIMONIC(耐热和抗蠕变合金)等。近期的研究重点放在特种镍粉(羰基镍粉)、新的蓄电池产品及高级材料的研究上。由于航天、电子、化学和能源工业的发展对开发高性能新型材料的需要,加拿大铝业公司积极进行了铝、铝合金、氧化铝陶瓷、金属陶瓷复合材料以及金属塑料复合材料等的开发研究,从而使加拿大铝业公司实现了高质量、高性能、高产值和高利润。目前加拿大铝业公司已将铝锂合金商品化。加拿大铝业公司还研究生产碳化硅、氮化硼、氮化铝、碳化钛等材料,还研究加工处理陶瓷材料的技术如微波焊接陶瓷制品以及在金属表面喷涂陶瓷材料,汽车活塞经陶瓷喷涂后具有耐磨等最佳性能。加拿大铝业公司还努力发展铝或铝合金与高分子塑料或其它金属材料的薄膜层状复合材料。用离子来依次轰击不同金属靶产生金属蒸气在基片上反复沉积,可制取厚度达 8×10^{-5} mm的层状复合金属材料。铝和塑料的层状复合材料成本低、重量轻,极适于制造家庭日用产品。

1.2.5 重视有价元素的综合回收利用

加拿大不仅有色金属矿产丰富,而且矿石伴生有价金属含量很高。由于生产企业重视了伴生金属的综合回收工作,获得了巨大利益。副产回收的铂族金属产量居世界第二位,钼居世界第四位。1992年以副产金属回收的金占金总产量的20%(约30t),白银占90%(约1150t),还有钴、铂族金属、镉、铜等。

目前,加拿大的铂族金属资源主要来自铜镍硫化矿。铂族金属年产量约为350000oz(盎司)(其中铂约为140000盎司)。国际镍公司在英国的阿克顿贵金属精炼厂,现已是世界最

表 1-4 加拿大铜矿中金、银平均含量

省 份	矿 山 数	铜品位, %	银 g/t	金 g/t
大西洋诸省	3	0.75	80.5	0.33
魁北克	19	0.85	7.6	0.56
安大略	21	1.35	19.6	0.12
曼尼托巴	11	1.65	11.8	0.65
不列颠哥伦比亚	13	0.40	2.1	0.12

大的铂族金属精炼厂之一。目前贵金属产量为300000oz/a。在阿克顿厂，贵金属提取的顺序是Ag、Ru、Os、Au、Pd、Pt、Rh和Ir。

在各种重有色金属的生产中，金、银的回收占有很重要的地位。表1-4示出加拿大铜矿中的金、银含量。加拿大各公司都要回收大量的金和银。国际镍公司银的回收主要集中在科里博恩港和铜崖铜精炼厂。

镉、铟和锗是铅锌生产厂以副产品回收的。1992年加拿大四家铅锌厂的镉产量估计为1835.5t。科明科公司的特雷尔厂是这些金属的最大生产厂，现在特雷尔每年回收镉760t。1990~1991年，红狗矿投产后，镉的产量会大大增加。

1.3 加拿大有色金属工业发展趋势

1.3.1 积极勘探找矿，提高资源储备

加拿大在有色金属工业生产形势好转的情况下，有色金属矿业也面临一些困难，其中最大的问题是资源储备。最近几年来，加拿大主要有色金属的稳步高产，造成矿产资源储量迅速下降。据1988年的统计数字，在1982~1987年间，全国的镍金属储量从800万t下降到675万t，铜由1650万t下降到1300万t，锌由3000万t下降到2200万t，铅由1030万t下降到700万t。到90年代中期，铜、铅、锌的开采量将开始下降。因此各矿业公司均在积极勘探找矿。

经广泛勘探，已发现有许多有开采前途的矿床。位于不列颠哥伦比亚省西北端的温迪克拉克基矿床的矿石储量估计为1.65亿t，矿石铜品位为1.8%，还含有大量的金、银和钴，大陆黄金公司找到了位于不列颠哥伦比亚省普林斯乔治附近的芒特米列甘铜—金矿床，拥有该矿床70%的所有权，于1990年初开始进行可行性研究。该矿床预计储量超过3亿t，据称是北美最大的未开发的铜—金矿床，预计年产铜4.5万t和金40万oz。勘探还发现位于育空地区的威尔格林大型多金属硫化矿床和位于魁北克省瓦尔德奥地区的劳维考特铜—锌—金矿的资源，以及位于不列颠哥伦比亚省威廉斯湖北56km的芒特特里铜—金矿床等。为了扩大总储量，勘探工作仍在进行。

1.3.2 发挥廉价水电优势，生产低成本有色金属

加拿大由于水电资源丰富，正在建设和扩建几个铝厂，计有：1) Alovette铝厂，计划年产21.5万t，采用法国的300kA电解槽先进技术，要求在1992年投产；2) 贝坎库尔(Becancour)铝厂，扩建第三系列，产能为12万t/a，计划于1991年投产；3) 拜科梅(Baie Comeau)铝厂扩建工程于1992年完成，产能为10.1万t/a；4) 拉泰里纳(Latteriere)铝厂，年产20万t，第一批5万t铝电解槽于1990年底驱动，这项工程将于90年代初完成，以取代(阿尔维达)铝厂废弃自焙槽的产能。另一个正在进行的项目是在达斯奇姆巴特(Daschambautt)的阿卢马克斯(Alumax)公司的21.5万t/a的冶炼厂。

1.3.3 继续加强科学研究工作

加拿大拥有强大的科学研究机构和雄厚的科学技术人才，科研工作重点放在提高产品质量，降低原材料、能源消耗，降低成本，开展金属和合金的深度加工，开拓新材料和新的合金方面。加拿大能源研究中心研究开发出用非铝土矿资源生产氧化铝的工艺技术，还要进行工业化试验，使科研成果用于生产建设。破碎和磨矿是选矿生产的主要工艺，也是能源消耗的主要用户，科研部门已研究出多碎少磨以节约能耗、钢耗、降低成本等成果。加拿大矿物和能源研究中心还和国际镁协会签订了合同共同开发新的合金和提高镁抗腐蚀能力的新方

法，以此扩大镁产品的应用范围。在开发和研究有色金属和合金新的品种方面，研究工作者有许多工作要做，诸如金属陶瓷复合材料、金属塑料复合材料、有色金属或合金与高分子塑料或其它金属材料的薄膜层状复合材料等的开发研究。在有色金属采矿生产中，还要进行采矿自动化发展和应用的科研工作，包括远距离采场、监测和控制仪表、井下通讯系统、矿石自动搬运系统等等，以及机器人的研究。加拿大科研人员还对在各有色金属生产过程中普遍采用电子计算机以提高产品产量和质量、降低原材料、燃料的消耗，降低生产成本进行了研究。科学研究工作者还要加强对环境治理、安全生产方面的研究。加拿大的科学研究机构还要加紧培训人才，加强对矿山的经营管理，降低采矿的贫化率和损失率，提高采矿和选矿的回收率和生产效率等等。

1.3.4 积极向国外投资，发展有色金属工业

由于国内没有发现铝土矿资源，因此加拿大积极向国外投资建设铝土矿和氧化铝厂。加拿大铝业公司拥有大量由其子公司经营和参加股份的公司的铝土矿和氧化铝厂，其股份占有的产能约258万t。今后还要向国外投资，建立新的氧化铝厂和电解铝厂。北美最大的铝生产厂之一的Amax公司向冰岛投资，在冰岛首都附近准备建设一个年产20万t的铝冶炼厂。

加拿大铝业公司在国外共有13个矿山和11座氧化铝厂，分布在牙买加、澳大利亚等十几个国家。加拿大氧化铝厂在国外的分布和产量如下：

分布国家或地区	年产量, kt	分布国家或地区	年产量, kt
牙 买 加	800	非 洲	35
巴 西	145	印 度	250
英 国	120	爱 尔 兰	520
澳大利亚	600	日 本	380

加拿大铝业公司共有13座铝电解厂，1988年的年总生产能力为168万t，在加拿大国内的年生产能力为107.5万t，其余都分布在美国、英国、澳大利亚和巴西等四个国家。

2. 加拿大有色金属采矿工业

2.1 概述

加拿大蕴藏有极其丰富的矿产资源, 开采矿物种类有60多种。借助雄厚的资本和先进的开采手段, 加拿大成为世界上有色金属矿产资源、生产和出口大国之一。矿业一直是加拿大国民经济的一个骨干行业。80年代中期, 矿业产值占全国国民经济总产值的30%。在该国边远且人口稀少的北部和西北部地区, 矿业更是当地经济的支柱, 对提供就业机会, 推动地区经济发展起了重要作用。

2.1.1 有色矿产资源情况

从全国范围来看, 资源的分布差异很大。

由于不同时期地质构造运动的结果, 在加拿大形成以下六个重要有色金属富集地。

(1) 安大略—魁北克多金属矿区 位于安大略省东部和魁北克省南部。七种主要有色金属的储量都十分的丰富。其中, 萨德伯利镍铜矿床具有世界意义, 矿石储量3亿t左右, 矿石含镍2~4%, 含铜1~2.5%, 还伴生有钴和铂族金属。

(2) 西安大略金矿区 这里有加拿大最大的威廉金矿以及坎贝尔红湖金矿、戴维·贝尔金矿。1989年, 这三个矿共产金25.965t, 占全国总产量的20.32%。

(3) 曼尼托巴铜镍矿区 位于曼尼托巴省中部的汤普森矿, 矿石日产量在1988年达到1.4万t。

(4) 西北部地区多金属矿区 以铜、镍、铅、锌、金、铀为主。

(5) 东部铅锌铜矿区 分布在新不伦瑞克和纽芬兰省, 这里有世界上最大的产锌矿山——不伦瑞克矿12号矿体, 1988年产锌25.78万t。

(6) 不列颠哥伦比亚高原多金属矿区 有沙利文和布鲁伯利等铜、铅、锌、银共生矿, 以及艾兰、高原峪、贝尔等一批大型斑岩铜矿。

加拿大的金、镍、铜、铅、锌金属的储量均列世界前五位, 其中铅锌储量居世界第一。截止到1987年底, 加拿大全国七种主要有色金属的储量如表2-1所列。

2.1.2 有色金属矿物的生产

从1988年到1992年的五年间, 世界和加拿大有色金属生产基本保持稳定, 没有出现大的起伏。(见表2-2)。1992年, 加拿大国内矿山主要有色金属(贱金属)总产量为259.95万t, 其中铜76.42万t、镍18.09万t、铅34.25万t、锌131.19万t、钼0.92万t; 生产金156.1t、白银1128.3t。

1991年, 加拿大出口矿山铜32.64万t(其中向我国出口2335t)、电解铜37.46万t(其中向我国出口2497t)、铜材及合金8.55万t, 出口矿山镍7.46万t、精炼镍7.07万t, 出口矿山铅44.98万t、精炼铅9.51万t, 出口矿山锌75.69万t、锌锭51.96万t, 出口钼精矿3071t。当年国内自身消耗电解铜18.50万t、精炼镍1.25万t、精炼铅8.34万t、锌锭11.96万t。