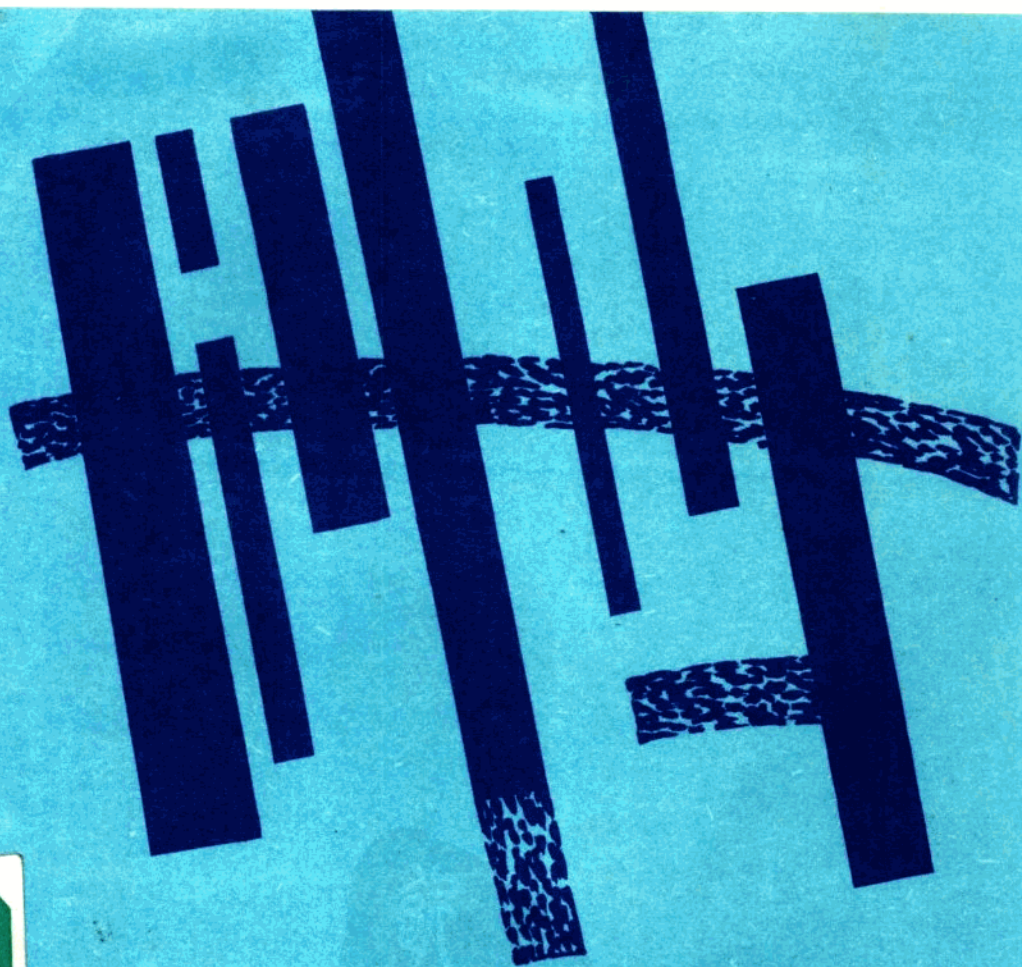


世界铝工业

姚良均 彭如清 武恭 等 编著
徐 锦 赵祖德



科学出版社



世 界 铝 工 业

姚良均 彭如清 武 恭 等 编著
徐 锦 赵祖德

科 学 出 版 社

1 9 9 4

(京)新登字 092 号

内 容 简 介

本书全面、系统地介绍了世界各国铝工业的现状与发展趋势,包括各国铝工业生产、消费及价格状况,以及工业布局和市场发展趋势等。此外,书中在分析大量数据的基础上,对世界的铝工业作了科学的前景预测,这对我国的铝工业发展极具参考价值,本书内容丰富,资料翔实。

本书可供从事冶金、机械、航空、航天、电子等研究的科技人员及大专院校有关专业的师生参考。

世界铝工业

姚良均 彭如清 武 恭 等 编著
徐 锦 赵祖德

责任编辑 董安齐

科学出版社出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

化学工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1994年10月第1版 开本:787×1092 1/16

1994年10月第一次印刷 印张:12 1/2

印数:1-1 200 字数:282 000

ISBN 7-03-004300-6/TF·27

定价:18.00元

前 言

为适应我国改革开放的需要,为铝的生产企业、加工企业,以及铝的使用部门及相关行业全面系统地了解世界各国铝的生产、消费、库存、需求预测、最终用途、国际贸易的现状与发展趋势,中国有色金属工业总公司计划部委托规划办公室组织有关专家,对世界铝工业的现状进行了调查研究,并在此基础上编成本书。

本书以大量的统计数据对世界各国铝工业的各个方面进行了系统的介绍,内容新颖、丰富、翔实,是了解世界各国铝工业现状、发展历史及发展趋势的“小百科”。此外,本书还对铝工业中铝的生产工艺、生产成本和铝的最终用途作了简要的概述和精辟的分析,这对从事铝的生产、科研和管理人员具有重要的指导意义。

参加本书编写工作的还有吴秀铭、刘有锡、韩冰、杨勇强、党积囤、蔡显昇、陈佑华、高京龙、梁凤有、李兆军、杨昭民、丁湧海、薛剑光、陈棋、宋永高、刘敏等。

在本书编写过程中承蒙刘有锡给予指导及帮助,还得到了罗德先、张素荣、王京生和沈增锦的热情支持,在此一并致以谢意。

由于我们水平有限,加之时间仓促,书中不足之处在所难免,恳请广大读者不吝指教。

目 录

前言

1 概 论	1
1.1 引言	1
1.2 生产工艺和生产成本	2
2 世界原铝工业布局变化	6
2.1 引言	6
2.2 电解铝工业向电力充裕、价廉地区转移	8
2.3 电解铝工业随铝土矿资源布局	9
2.4 原铝生产向发展中国家转移	10
2.5 铝库存量	20
3 中国铝工业	23
3.1 铝及铝加工材的社会需求	23
3.2 铝土矿	24
3.3 氧化铝	24
3.4 电解铝	25
3.5 铝加工装机和技术水平	31
3.6 加工材产品品种与质量	39
3.7 铝及铝加工材的深度加工	39
3.8 铝加工材的进出口量	40
3.9 废铝回收	40
3.10 原铝生产吨铝电耗分析	41
4 非洲铝工业	44
4.1 喀麦隆	44
4.2 埃及	44
4.3 加纳	44
4.4 几内亚	45
4.5 南非	45
5 北美洲铝工业	46
5.1 加拿大	46
5.2 美国	49
6 拉丁美洲铝工业	57
6.1 阿根廷	57
6.2 巴西	57
6.3 智利	58
6.4 牙买加	58
6.5 墨西哥	59
6.6 巴拉圭	59
6.7 苏里南	59

6.8	委内瑞拉	59
7	东亚铝工业	61
7.1	日本	61
7.2	韩国	63
8	南亚铝工业	64
8.1	巴林	64
8.2	印度	64
8.3	印度尼西亚	66
8.4	伊朗	67
8.5	土耳其	67
8.6	阿拉伯联合酋长国	67
9	欧洲经济共同体各国铝工业	68
9.1	法国	68
9.2	德国(前西德)	68
9.3	希腊	69
9.4	意大利	69
9.5	荷兰	70
9.6	西班牙	70
9.7	英国	71
10	欧洲其它国家铝工业	72
10.1	奥地利	72
10.2	冰岛	72
10.3	挪威	73
10.4	瑞典	74
10.5	瑞士	74
10.6	前南斯拉夫	75
11	大洋洲铝工业	76
11.1	澳大利亚	76
11.2	新西兰	78
12	东欧各国铝工业	79
12.1	保加利亚	79
12.2	前捷克斯洛伐克	79
12.3	前东德	79
12.4	匈牙利	79
12.5	波兰	80
12.6	罗马尼亚	80
12.7	前苏联	80
13	国际贸易	82
13.1	世界各国铝进口量	94
13.2	世界各国铝出口量	95
14	价格	97
15	消费	103
15.1	铝及其合金的消费量	103
15.2	世界各国铝消费量	105

15.3	按最终用途划分的世界铝消费量	110
16	1990—2000 年铝需求量预测	116
17	铝产品的用途	119
17.1	建筑业	119
17.2	容器和包装业	127
17.3	交通运输业	139
17.4	电力工业	162
17.5	耐用消费品	170
17.6	机械和设备	172
17.7	其它应用领域	173
附录 世界未变形铝及铝合金贸易量(1981—1986 年)		177
参考文献		190

1 概 论

1.1 引 言

1990年,全世界从原矿和可再生铝的物料中所生产的铝的总量为 $2\,500\times 10^4\text{t}$,达到历史最高水平。

1990年原铝产量为 $1\,780\times 10^4\text{t}$.与此相比较,次高峰值出现在1980年,为 $1\,540\times 10^4\text{t}$;1980年以前的峰值出现在1974年,为 $1\,350\times 10^4\text{t}$,而1960年仅 $440\times 10^4\text{t}$.

再生铝产量虽然难免受到经济增长周期性的影响,但受影响的程度并不严重。

在原铝和再生铝需求量均下降的年间,再生铝需求量下降的幅度较小.在有些年间,当原铝需求量下降时,再生铝需求量却在上升,而在大多数原铝和再生铝需求量均上升年间,再生铝需求量上升的幅度更大。

从废铝生产再生铝的能耗仅为电解氧化铝生产原铝的能耗的5%左右.冶炼每吨原铝的平均耗电量约 $16\,200\text{kW}\cdot\text{h}$.即使能源利用率最高的现代化电解铝厂,每吨原铝耗电量也在 $13\,800\text{kW}\cdot\text{h}$ 左右,其能源费用占原铝总生产成本的30%以上。

在第一次石油价格上涨时期(1973—1974年),原铝生产所用的高电耗给原铝工业的发展带来较大困难,至今仍未完全克服。

目前,铝厂用电已出现向水力发电方面发展的趋势.而无条件实现上述转变的铝厂,就在供电合同规定上采用灵活措施,即将固定电价变为可变电价.电价是基于与原铝的市场价格相关的价格方式计算的,即电力部门与铝厂共担风险,当铝价高时,电力部门和铝厂收益均较高,反之亦然。

当铝价为中等水平或更低时,欧共体各国和美国的许多铝厂仅赚得边际利润.1973—1974年以来,虽然上述国家的铝消费量大幅度增长,但是铝产量并没有相应增长.在1973—1974年,日本的铝产量从 $100\times 10^4\text{t}$ 降到 $3.5\times 10^4\text{t}$.1989—1990年,美国铝产量略低于1973—1974年的水平,而欧共体各国的铝产量有所增加,这是因为将1973—1974年还不是其成员的国家在1989—1990年度所产的铝也计算在内的缘故.目前,美国和日本尚无增加原铝生产能力的计划.在法国,有一大型铝厂正在兴建,其目的是为过剩核电力寻求一条出路。

在确保对铝厂长期供电(包括水力发电和天然气发电)的一些国家,如巴西、委内瑞拉、加拿大、挪威等,已经形成稳定的原铝生产能力.而某些发达国家,如日本、美国和西欧诸国的原铝产量却停滞不前或下降,但这些国家产出的废铝量(这些废铝来自铝加工作业过程中产生的废料和不合格的铝制品)却很大,这些废铝用来进行再生铝的生产.由于生产再生铝所消耗的电量比生产原铝所消耗的电量低得多,因此再生铝生产厂家即使完全按市场价支付电费,也仍能盈利经营。

1989年,日本再生铝产量比1972年翻了一番,北美和西欧各国的再生铝产量超过 $500 \times 10^4 \text{t}$ 。1989年,仅日本、北美和西欧各国的再生铝产量就占世界再生铝总产量的92%以上。

在发达国家之间,美国铝的消费结构与其它发达国家的消费结构差异很大。在美国,容器和包装业是铝的最大消费市场,其用铝量占美国铝消费总量的30%以上。而在其它发达国家,容器和包装业的用铝量只占铝总消费量的10%左右。

1973—1989年,世界铝消费量每年以2.45%的速率增长,预计整个90年代每年按1.7%的速率增长。因此,在世界范围内,1995年铝消费量将达到 $2\,740 \times 10^4 \text{t}$,2000年将达到 $2\,980 \times 10^4 \text{t}$ 。

废铝的可获量增加导致再生铝占铝总产量的比例增加,预计1995年上升到31%,2000年上升到33%。这就意味着,1995年世界原铝需求量为 $1\,890 \times 10^4 \text{t}$,而到2000年为 $2\,000 \times 10^4 \text{t}$ 。

为了使铝的供应具有适当程度的可靠性,原铝生产厂必须保持至少15%的富裕生产能力。近几年来,在整个国际原铝协会区域内,能够保持一次连续3个月以上的开工率的铝厂占93—94%。由于大部分铝厂主要依赖于水力发电,所以要求铝厂生产能力有较大的富裕度以允许因降雨量下降或雪水减少而出现的强制性停产。

1.2 生产工艺和生产成本

铝是一种银白色的金属元素,属于元素周期表第Ⅲ族。铝是所有元素中资源最丰富的元素,铝在自然界中不是以单质存在的,而是以铝硅酸盐矿物形式存在的。

唯一大规模生产铝的工业方法是于1886年由美国的霍尔(C. Hall)和法国的赫劳尔特(P. L. Heroult)同时独立研究出来的,通称为霍尔-赫劳尔特(Hall-Heroult)方法。该工艺涉及溶解在熔融冰晶石(Na_3AlF_6)熔池中的氧化铝的电解。铝沉积到炭素阴极上,炭素阴极嵌衬在电解槽内。氧气在炭素阳极上释出,炭素阳极因而被消耗掉。

纯冰晶石的熔点为 $1\,012^\circ\text{C}$,但是氧化铝和添加剂,如像氟化钙、氟化铝的加入,以及在有些情况下加入氟化锂以使冰晶石熔点降低,其目的是允许铝的电解能在 $940\text{—}980^\circ\text{C}$ 进行。

霍尔-赫劳尔特工艺要消耗大量的直流电,也要消耗数量相当大的炭素阳极。

当所用直流电压在600—700V时,从氧化铝转化为铝的转化率高,所需的投资费用最低。单个电解槽的操作电压大多在4.5—5.0V之间,所以一般采用由130或130个以上的电解槽组成的生产线。在电解槽系列中的诸电解槽呈串联形式,通常在高达260kA的电流强度下运行。

尽管对生产铝的工艺进行了广泛的研究,但是迄今还没有研究出可以完全取代霍尔-赫劳尔特工艺的其它的工艺。最成功的尝试是美国铝业公司的炼铝法,该法采用氯化物工艺而不是氟化物工艺以使电耗减少。在美国铝业公司炼铝法中,氧化铝、炭素及氯化物发生反应,产出氯化铝和二氧化碳,接着把氯化铝电解成金属铝和氯气,氯气再返回循环以产出更多的氯化铝。据报道,该法与霍尔-赫劳尔特法相比,可降低电耗30%,且后者在环境保护方面更令人满意,因为它几乎不向环境中排放废渣和废气。

许多铝厂对霍尔-赫劳尔特法也进行了改进,从而使得大幅度降低吨铝电耗和吨铝炭素消耗成为可能。其改进的措施有:改进阳极材质和阳极设计;增强电解槽的热绝缘效果;缩小阳极尺寸和增加向电解质加入氧化铝的频率。

挪威希德罗铝业公司对电解槽进行了改进,从而提高了电解电流效率、降低了吨铝电耗和炭素消耗量,并降低了成本,见表 1.1。

表 1.1 希德罗铝业公司电解槽系列操作的改进结果(1987—1990 年)

	1987 年	1988 年	1989 年	1990 年
电流效率(%)	92.5	92.5	93.5	94.5
电耗(kW·h/kg)	14.5	14.5	14.0	13.5
炭素净消耗(g/kg)	455	460	435	425

资料来源:Journal of Metals, November 1990.

为了降低生产成本,许多铝厂在操作方法方面作了各种改革,如彼施涅铝业公司所属铝厂用提高原铝电解槽系列运行电流强度的方法以增加原铝的产量;同时将槽压降到了 4.35V,这是由于采用了现行整流器技术而实现的。该项技术的基本要点是:采用高电流,而不必对槽间距、所用阳极尺寸或母线的尺寸作大的变更,也避免了在电解槽中由于电磁场的扩展而引起的麻烦。

根据国际原铝协会 1989 年公布的数字,生产效率最高的铝厂的电耗约为 13 500 kW·h/t,而较老的铝厂的电耗约为 17 500kW·h/t。1990 年,原铝平均耗电量超过了 14 000kW·h/t。

电价是原铝生产成本的主要决定因素。据报道,1988 年原铝的电力成本最低为 50 美元/t,最高为 700 美元/t。与此相比,劳动力费用最低为 11 美元/t,最高为 400 美元/t。原材料成本在 510 美元/t 和 745 美元/t 之间变化。所以,大多数铝厂最为关注的是电费问题,并为降低电费作出了巨大的努力。降低电费既可以通过降低吨铝耗电量来实现,也可以通过降低发电成本或者降低所付电价来实现。已实现的降低电费的主要途径之一是优先选用水力发电,而不是火力发电以至于核电。

据有关部门对 1980 年世界各国所用电力类型所作的统计,其中水力发电占总发电量的约 50%,燃煤火力发电约占 25%,燃油火力发电约占 10%,其余 15%为天然气发电和核电站发电。至 1989 年,水力发电已上升到占总发电量的 55%,燃煤火力发电占 35%,其余 10%为燃油火力发电、天然气发电和核电站发电。

国际原铝协会统计的来自不同能源的电力的消耗量的变化示于表 1.2 中。

表 1.2 1980 年和 1989 年原铝厂所用电力来源

电 力 来 源	1980 年		1989 年	
	TW·h	%	TW·h	%
水力发电	108.4	50.7	125.9	55.0
燃煤发电	54.5	25.5	79.8	34.9
燃油发电	21.2	10.0	2.7	1.2
天然气发电	16.6	7.8	8.4	3.7
核 电	13.0	6.0	12.0	5.2
合 计	213.7	100.0	228.8	100.0

注:T 为太[拉],表示 10^{12} 。下同。

资料来源:International Primary Aluminium Institute.

国际原铝协会也发布了各地区所耗电力的详细资料,具体数据示于表 1.3 中。水力发电的使用比例,拉丁美洲最高,占其总量的 94%;非洲占 72%;北美洲占 61%;而在国际原铝协会成员国所在的其它四个地区,则远远低于 55% 这个世界平均值。在大洋洲,水力发电所占比例仅 28%,余下的 72% 的电力是由燃煤发电站供给的。除拉丁美洲外,其它地区燃煤发电量占总耗电量的 28—37%。目前,核电只在欧洲供应充足。1989 年,在欧洲的原铝厂所耗电力总量中,核电占 18%。

表 1.3 原铝厂所耗电力来源

(按国际原铝协会成员所在地区统计的 1989 年数据)

地区	电力来源	水力发电	燃煤发电	燃油发电	天然气发电	核 电	总 计
非洲	(TW·h)	6.9	2.7	—	—	—	9.6
	(%)	72	28	—	—	—	100
北美洲	(TW·h)	57.5	35.0	—	0.2	1.5	94.2
	(%)	61	37	—	—	2	100
拉丁美洲	(TW·h)	25.4	—	0.9	0.6	—	26.9
	(%)	94	—	3	2	—	100
东亚和南亚	(TW·h)	5.4	6.1	0.2	5.9	0.1	17.7
	(%)	30	34	2	33	1	100
欧洲	(TW·h)	24.3	19.4	1.6	1.7	10.4	57.4
	(%)	42	34	3	3	18	100
大洋洲	(TW·h)	6.4	16.5	—	—	—	22.9
	(%)	28	72	—	—	—	100
合 计	(TW·h)	125.9	79.7	2.7	8.4	12.0	228.7
	(%)	55	35	1	4	5	100

资料来源:International Primary Aluminium Institute.

据报道,1988 年世界各国在原铝生产中所支付的总生产成本为每磅^①40—80 美分。详细数据汇总在表 1.4 中。

表 1.4 按原铝生产能力计的生产成本分布

成本范围(美分/磅)	占总产能的比例(%)
<50	14.3
<53	28.6
<60	48.2
<66	73.6
<70	85.7

资料来源:Commodities Research Unit, Paper at AGM of Institution of Mining & Metallurgy, 1989.

1990 年,原铝的平均生产成本为 63.7 美分/磅,平均总成本为 81 美分/磅。据估算,1990 年原铝生产成本最高的国家是意大利,为 75 美分/磅,其次是前西德(74 美分/磅)和

① 1 磅=0.453592 公斤,下同。

西班牙(73 美分/磅)。同一年间,原铝生产成本最低的国家是委内瑞拉,为 47 美分/磅,其次是加拿大(53 美分/磅)和澳大利亚(58 美分/磅)。

世界上几个著名的铝业公司的原铝平均成本是:加拿大铝业公司 59 美分/磅;澳大利亚铝业公司 60 美分/磅;阿鲁马克斯铝业公司 61 美分/磅;雷诺金属公司 62 美分/磅;彼施涅铝业公司 64 美分/磅;美国铝业公司 65 美分/磅;凯撒铝业公司 66 美分/磅;联合铝业公司 66 美分/磅;希德罗铝业公司 68 美分/磅;瑞士铝业公司 77 美分/磅。

对原铝生产成本的两种估算结果示于表 1.5 中。

表 1.5 按主要生产厂家和按选定国家估算的 1990 年中原铝生产成本(美分/磅)

公司名称	成本	国家	成本
加拿大铝业公司	59	委内瑞拉	47
澳大利亚铝业公司	60	加拿大	53
阿鲁马克斯铝业公司	61	澳大利亚	58
雷诺铝业公司	62	西班牙	73
彼施涅铝业公司	64	前西德	74
美国铝业公司	65	意大利	75
凯撒铝业公司	66		
联合铝业公司	66		
希德罗铝业公司	68		
瑞士铝业公司	77		

资料来源:Anthony Bird Associates Aluminium Production Costs,1990.

2 世界原铝工业布局变化

2.1 引言

如果将年生产或消费铝在 $30 \times 10^4 \text{t}$ 以上的国家视为铝生产或消费大国,则在 80 年代初期及以前,世界上的原铝生产大国基本上也是铝的消费大国(见表 2.1)。从 1977—1981 年的五年平均产量看,世界上原铝产量在 $30 \times 10^4 \text{t}$ 以上的国家有美国($443 \times 10^4 \text{t}$)、前苏联($172 \times 10^4 \text{t}$)、日本($102 \times 10^4 \text{t}$)、加拿大($102 \times 10^4 \text{t}$)、前西德($74 \times 10^4 \text{t}$)、挪威($65 \times 10^4 \text{t}$)、法国($41 \times 10^4 \text{t}$)、中国($33 \times 10^4 \text{t}$)、英国($35 \times 10^4 \text{t}$)。同期消费量在 $30 \times 10^4 \text{t}$ 以上的国家是美国($469 \times 10^4 \text{t}$)、前苏联($168 \times 10^4 \text{t}$)、日本($162 \times 10^4 \text{t}$)、前西德($100 \times 10^4 \text{t}$)、法国($56 \times 10^4 \text{t}$)、中国($55 \times 10^4 \text{t}$)、意大利($42 \times 10^4 \text{t}$)、英国($40 \times 10^4 \text{t}$)、加拿大($30 \times 10^4 \text{t}$)。从以上排序可以看出:1)原铝生产大国中仅挪威不是消费大国;消费大国中也只有意大利不是生产大国。2)这两个国家在两类国家中的排序都比较靠后,产量和消费量各占这些国家的 6.1% 和 3.7%,比例很小。3)除加拿大的位置有较大变化外,其它国家原铝生产大国与消费大国的排序基本相同。

表 2.1 1977—1981 年世界原铝产消大国($\times 10^4 \text{t}$)

国 名	产 量	国 名	消 费 量
美 国	443	美 国	469
前苏联	172	前苏联	168
日 本	102	日 本	162
加 拿 大	102	前西德	100
前西德	74	法 国	56
挪 威	65	中 国	55
法 国	41	意大利	42
中 国	33	英 国	40
英 国	35	加 拿 大	30
合 计	1067	合 计	1122

因此不难得出这样的结论:70 年代末至 80 年代初原铝生产大国基本上也是铝消费大国,反之,原铝消费大国大都也是原铝生产大国。原铝生产基本上是按消费地区布局的。

但到 80 年代末期,世界电解铝工业布局发生了很大的变化,原铝生产国与消费国出现明显分离趋势。以铝的年生产或消费量在 $40 \times 10^4 \text{t}$ 以上的国家视为铝生产或消费大国,1989 年原铝产量在 $40 \times 10^4 \text{t}$ 以上的国家有美国($403 \times 10^4 \text{t}$)、前苏联($238 \times 10^4 \text{t}$)、加

拿大($156 \times 10^4 \text{t}$)、澳大利亚($124 \times 10^4 \text{t}$)、巴西($89 \times 10^4 \text{t}$)、挪威($86 \times 10^4 \text{t}$)、中国($73 \times 10^4 \text{t}$)、前西德($71 \times 10^4 \text{t}$)、委内瑞拉($55 \times 10^4 \text{t}$)、印度($42 \times 10^4 \text{t}$)。同年原铝消费量在 $40 \times 10^4 \text{t}$ 以上的国家是美国($433 \times 10^4 \text{t}$)、日本($220 \times 10^4 \text{t}$)、前苏联($172 \times 10^4 \text{t}$)、前西德($129 \times 10^4 \text{t}$)、中国($72 \times 10^4 \text{t}$)、法国($68 \times 10^4 \text{t}$)、意大利($61 \times 10^4 \text{t}$)、加拿大($46 \times 10^4 \text{t}$)、英国($45 \times 10^4 \text{t}$)、巴西($42 \times 10^4 \text{t}$) (见表 2.2 和图 2.1)。

表 2.2 1989 年原铝生产消费大国($\times 10^4 \text{t}$)

国 家	产 量	国 家	消费量
美 国	403	美 国	433
前 苏 联	238	日 本	220
加 拿 大	156	前 苏 联	172
澳 大 利 亚	124	前 西 德	129
巴 西	89	中 国	72
挪 威	86	法 国	68
中 国	73	意 大 利	61
前 西 德	71	加 拿 大	46
委 内 瑞 拉	55	英 国	45
印 度	42	巴 西	42
合 计	1337	合 计	1288

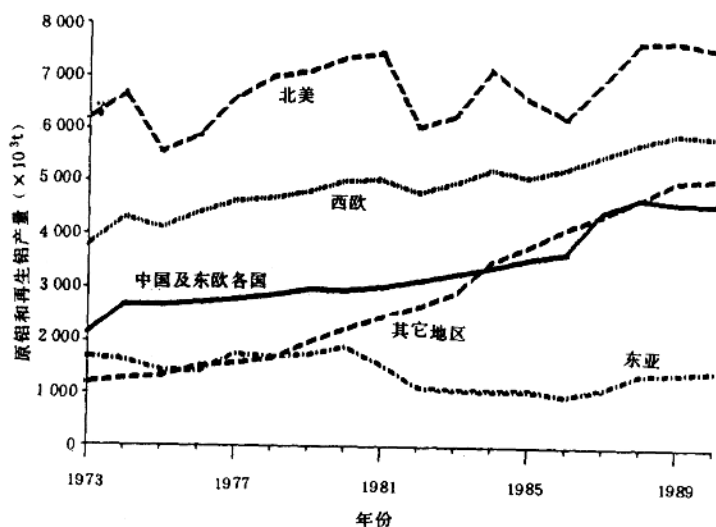


图 2.1 世界原铝和再生铝总产量

从以上排序可以看出:1)原铝生产大国中,澳大利亚、挪威、委内瑞拉和印度四国都不是原铝消费大国,它们的产量为 $307 \times 10^4 \text{t}$,占铝生产大国总产量的 23%,是 80 年代初期比例的 4 倍。2)铝消费大国中,日本、法国、意大利、英国四个国家都不是铝生产大国,其消费达 $394 \times 10^4 \text{t}$,占铝消费大国原铝消费量的 30.8%,是 80 年代初期的 8 倍。3)原铝生产大国和消费大国中,除美国、前苏联、中国在两者中的排序基本没变外,巴西、前西德和加拿大均有很大的变化。这些事实表明,原铝生产大国已很可能不是原铝的消费大国。反之,不少原铝消费大国其产量不大。总而言之,原铝生产大国与消费大国已互相分离,原铝生产在 80 年代已不再就其主要消费地布局。这是世界电解铝工业 80 年代发生的最显著变化之一。

2.2 电解铝工业向电力充裕、价廉地区转移

电解铝工业是用电大户,每吨原铝在电解时需耗用 $13\,500\text{--}17\,000 \text{kW} \cdot \text{h}$ 电量。因而用电价格的高低及供电保障程度直接影响电解铝厂的经济效益。目前炼铝用电价格在世界各国差别很大。原铝生产布局越来越转向电力供应充足、价格低廉的国家和地区,具体表现在电价较高地区原铝产量下降,电价低供电足的地区原铝产量显著增加。

2.2.1 能源电力紧张、价格较高的国家,原铝产量普遍下降

日本是一个能源资源十分短缺的国家,主要依赖进口,其中比例最大的是石油。由于 70 年代两次石油危机,油电价格很高。据伯德研究会估计,日本油电价格高达每千瓦时 7.5 美分,而国际铝业平均用电价格在 $2.0\text{--}2.1$ 美分/ $(\text{kW} \cdot \text{h})$ 。因而,日本铝工业 80 年代初开始作重大调整,原铝产量由 1980 年的 $110 \times 10^4 \text{t}$ 急剧下降,1982 年仅产 $35 \times 10^4 \text{t}$,1989 年下降到只有 $3.5 \times 10^4 \text{t}$ 。

美国能源资源拥有量不少,但其电价不低。以水电为主的西北部铝厂电价为 2.3 美分/ $(\text{kW} \cdot \text{h})$,利用煤电的沿海铝厂电价为 3.0 美分/ $(\text{kW} \cdot \text{h})$ 。因而,80 年代美国没有新建铝厂,一些铝厂也处于关闭的边缘,原铝产量在 80 年代一半年份低于 $350 \times 10^4 \text{t}$ 。到 80 年代后期因市场形势较好,及实行铝电价格挂钩,产量有所回升。但仍比 1980 年 $465 \times 10^4 \text{t}$ 低 $62 \times 10^4 \text{t}$,下降了 13%。

1989 年法国电价为 2.4 美分/ $(\text{kW} \cdot \text{h})$,前西德 2.6 美分/ $(\text{kW} \cdot \text{h})$,英国 3.2 美分/ $(\text{kW} \cdot \text{h})$,意大利 3.5 美分/ $(\text{kW} \cdot \text{h})$ 。就分类电种而言,水电平均价为 2.4 美分/ $(\text{kW} \cdot \text{h})$,核电 3.9 美分/ $(\text{kW} \cdot \text{h})$,油电 6.6 美分/ $(\text{kW} \cdot \text{h})$,均高于世界平均铝业用电价格。故这些国家 1989 年原铝产量与 80 年代初期相比均有不同程度的下降,如法国下降了 20%,英国 17%,意大利 15%,前西德降幅最低,为 4%。

2.2.2 电力资源丰富、价格低廉的国家原铝产量显著增加

电力资源丰富,特别是水电资源丰富的国家,电价明显低于上述国家,80 年代其电解铝产量均有了很大的增加。这集中反映于加拿大、挪威、巴西和委内瑞拉四国。

加拿大 1980 年原铝产量已达 $100 \times 10^4 \text{t}$ 左右,但因其拥有大量可开发的水能资源,水电价格仅 1.0 美分/ $(\text{kW} \cdot \text{h})$,只有美国、西欧共同体国家的 $1/3$ 到 $1/2$ 之间。所以,尽

管没有可开采利用的铝土矿资源,其原铝产量在 80 年代仍增长了 50% 以上,1989 年产量达到 $156 \times 10^4 \text{t}$,挪威与加拿大类似,水电价格虽高于加拿大达到的 1.5 美分/(kW·h),但比世界平均电价低,更比欧共体国家的电价低很多,因而其产量由 1980 年的 $65 \times 10^4 \text{t}$ 增加到 1989 年的 $86 \times 10^4 \text{t}$,成为西欧最大的原铝生产国。

巴西和委内瑞拉的原铝生产增长更快。1980 年巴西原铝产量在 $22 \times 10^4 \text{t}$ 左右,因其有大量可开发水能资源,铝土矿储量也十分丰富,且均位于亚马逊河流域。为此,巴西政府积极鼓励开发利用这两大资源,炼铝用电价格也只有 1.5 美分/(kW·h)。因而吸引了加拿大、美国、日本等的不少铝业公司在那里投资兴建铝工业,原铝产量 80 年代翻了两番,1989 年达到了 $89 \times 10^4 \text{t}$ 。委内瑞拉与巴西相同之处是也拥有水能和铝土矿两大资源,但委内瑞拉水电价格更低,一般在 0.7—1.0 美分/(kW·h),最高不超过 1.5 美分/(kW·h),因而大大地鼓励了国内投资(不鼓励外商投资),原铝产量 1989 年比 1980 年增长了两倍,达到了 $59 \times 10^4 \text{t}$ 。

澳大利亚是一个煤炭资源十分丰富的国家,有大量可供露天开采的煤田,发展电力工业十分有利,而且与巴西、委内瑞拉一样拥有大量的铝土矿资源。因而尽管其煤电价格不低,在 2.6 美分/(kW·h)左右,与美国、欧共体国家不相上下,但仍大力发展电解铝工业。1989 年原铝产量是 1977 年的 5 倍,是 1930 年的 4 倍多,产量达 $124 \times 10^4 \text{t}$ 。

其它还有巴林、迪拜等国,其电力价格仅在 0.4—0.5 美分/(kW·h),故在 80 年代原铝产量增长了 13%。

2.3 电解铝工业随铝土矿资源布局

电解铝工业随铝土矿资源大国布局,是 80 年代出现的一个显著特点。在此以前铝土矿资源大国的原铝产量很少。

2.3.1 70 年代世界铝土矿资源大国产铝情况

世界铝土矿资源储量最丰富的 10 个国家是澳大利亚($93.6 \times 10^8 \text{t}$)、几内亚($70 \times 10^8 \text{t}$)、委内瑞拉($40 \times 10^8 \text{t}$)、巴西($33 \times 10^8 \text{t}$)、印度尼西亚($29 \times 10^8 \text{t}$)、印度($26.5 \times 10^8 \text{t}$)、越南($22 \times 10^8 \text{t}$)、喀麦隆($18 \times 10^8 \text{t}$)、中国($16 \times 10^8 \text{t}$)、牙买加($10 \times 10^8 \text{t}$)。这 10 个国家中,几内亚、印度尼西亚、越南、牙买加四国在 70 年代没有原铝生产,喀麦隆、委内瑞拉的产量均在 $10 \times 10^4 \text{t}$ 以下。余下 4 个国家的原铝产量稍大一些,如澳大利亚 1977 年为 $23 \times 10^4 \text{t}$,中国、巴西、印度三国 70 年代年均产量均不足 $20 \times 10^4 \text{t}$ 。10 个国家合计原铝产量也不足 $100 \times 10^4 \text{t}$ (1970—1979 年平均而言),占世界原铝总产量的比例只在 8—9% 之间。10 个国家中没有一个是进入世界 10 大原铝生产国的行列,可见当时世界铝土矿资源大国的原铝产量很少。

2.3.2 80 年代铝土矿资源大国原铝产量迅速增加

铝土矿资源大国的原铝生产发展很不平衡,直到 1989 年几内亚、牙买加和越南仍无原铝生产。但总的来看,10 大铝资源大国原铝产量已从 70 年代末期的 $131 \times 10^4 \text{t}$ 增加到 1989 年的 $413 \times 10^4 \text{t}$,增加了两倍多。其中印度尼西亚 1982 年开始生产原铝,1989 年产量

达 $20 \times 10^4 \text{t}$,但它不是利用本国资源.喀麦隆的原铝产量从 $5 \times 10^4 \text{t}$,增加到1989年的 $8.7 \times 10^4 \text{t}$,增长了72%.其它5个国家的原铝增产速度更快.其中又可分为两类,一类是电力供应紧张,电价不低的国家,另一类是电力比较充裕,电价较低的国家.

中国和印度属于前一类.如中国电力供应十分紧张,1985年取消对电解铝工业用电的优惠政策.1980年以来,电价不断上涨,1980年单位电价(人民币)仅3—4分,1985年达6分,1990年已高达14分,电价成倍增长[以美元计已高达2.6美分/(kW·h)].尽管如此,中国的原铝产量1989年达到 $73 \times 10^4 \text{t}$,比1980年增加了 $33 \times 10^4 \text{t}$,增长率为118%.印度情况类似,其几大铝业公司常因供电不足生产能力无法得以运转.如印度铝业公司的贝格姆铝厂的产能利用率仅55%,阿尔普兰姆铝厂在60%左右,印度斯坦铝公司1987年和1988年的产能利用率也只在80—82%之间.然而印度发展电解铝工业的决定未变,如印度斯坦公司准备90年代扩大其产能,由 $15 \times 10^4 \text{t}$ 增至 $25 \times 10^4 \text{t}$,印度铝业公司也准备再增加 $10 \times 10^4 \text{t}$ 的原铝产能.80年代印度原铝产能翻了一番多,由1980年的 $20 \times 10^4 \text{t}$,增加到1989年的 $42 \times 10^4 \text{t}$,跨入了10大原铝生产国的行列.

属于后一类的国家是澳大利亚、委内瑞拉和巴西,由于其两方面的优势,原铝产量呈跳跃式发展,其原铝增长比具单方面优势的加拿大和挪威快了6—9倍,比仅有铝资源优势的印度、中国快了2—3倍.可见,这后一类国家的原铝产量增加得益于双重因素,其中以资源优势的推动作用更大一些.

1989年10大铝土矿资源国的原铝产量达到 $413 \times 10^4 \text{t}$,占当年原铝总产量的23%,上升了十五个百分点.可见,80年代原铝生产明显向铝土矿资源大国转移,且就资源布局.

2.4 原铝生产向发展中国家转移

电解铝工业发展的另一很大特点是向发展中国家转移.整个80年代,美国、欧共体国家、日本的原铝产量普遍下降.就地区而言,欧洲产量仅增加了 $25 \times 10^4 \text{t}$,北美洲只有 $19 \times 10^4 \text{t}$,日本下降了100多万吨,仅剩不足 $5 \times 10^4 \text{t}$ 产能.总的来看,发达国家(不包括澳大利亚)的原铝产量80年代是下降的.其产量占世界原铝产量的比例由80年代初期的69%,下降为1989年的53%,产量增加的 $350 \times 10^4 \text{t}$ 中,70%以上来自发展中国家.

发展中国家和地区以拉丁美洲增长最快,年均增长率在11%,其次是南亚为10%,中国也在这个水平,非洲和东欧各国较低,各为4.1%和2.7%.它们占世界原铝总产量的比例也有不同程度的提高.出现这种变化究其原因有哪些呢?除了前述的铝土矿资源丰富,电力价格优惠这两个重要原因外,还有以下三方面的原因.

(1) 劳动力价格便宜.

劳动力价格是原铝生产中的重要成本项目之一.据伯德研究会资料,在西方国家吨铝的劳动费用达380—400美元,美国内政部矿业局1989年报告,原铝直接成本中劳动费用占22%,估计在300美元左右.但在印度、中国等发展中国家劳动力成本远没有这么高.据文献介绍,中国劳动力成本仅为日、美两国的6—10%,即只有30—40美元.巴西也只有欧美的40—50%.所以,劳动力价格低廉是电解铝工业在发展中国家迅速发展的原因之一.