

美国冶金 工业概况

有色金属部分

冶金工业出版社

美国冶金工业概况

有色金属工业部分

中国金属学会 编

冶金工业出版社

美国冶金工业概况
有色金属工业部分
中国金属学会 编
(限国内发行)

冶金工业出版社出版
新华书店北京发行所发行
冶金工业出版社印刷厂印刷

787×1092 1/32 印张 7 11/16 字数 169 千字

1978年3月第一版 1978年3月第一次印刷

印数 00,001~10,500 册

统一书号: 15062·3349 定价(科二) 0.54 元

出版说明

伟大的领袖和导师毛主席一九五六年在谈到把我国建设成为一个社会主义现代化强国时，指出要在经济上赶超美国。毛主席说：“你六亿人口干什么呢？在睡觉呀？是睡觉应该，还是做工作应该？如果说做工作应该，人家一亿七千万人口有一万万吨钢，你六亿人口不能搞它两万万吨、三万万吨钢呀？”还说：“这是一种责任。你有那么多人，你有那么一块大地方，资源那么丰富，又听说搞了社会主义，据说是优越性，结果你搞了五、六十年还不能超过美国，你象个什么样子呢？那就要从地球上开除你的球籍！所以，超过美国，不仅有可能，而且完全有必要，完全应该。”冶金工业要赶超美国，这是毛主席给我们制定的战略目标。在本世纪内，实现我国农业、工业、国防和科学技术现代化，这是毛主席、周总理的遗愿。英明领袖华主席为首的党中央一举粉碎“四人帮”，领导我们抓纲治国，取得了一个又一个胜利。冶金工业新的大跃进现在已经开始了。我们一定要遵循毛主席的教导，响应华主席的号召，振奋大无畏的革命精神，在本世纪内，使我国的冶金工业，不仅要赶上美国，而且要超过美国。

为了做到知己知彼，赶有方向，超有目标，中国金属学会组织了介绍和评述美国冶金工业的学术报告会。内容包括在冶金各主要专业方面重点介绍美国冶金工业的生产能力、采用的主要技术、机械装备以及主要技术经济指标。也介绍了新技术发展动向、理论研究、科研手段、技术力量（队伍）等。并就国际先进水平进行了综合评述。

33176

I

美国冶金工业历史较久，技术和装备水平也比较先进。但是，近年来发展缓慢，一些技术、装备和技术经济指标已被日本、西德等国家超过。

自一九七七年九月上述报告会举办以来，各方面反应较好。根据领导同志指示和广大群众要求，中国金属学会将报告会讲稿整理选编成《美国冶金工业概况》一书。本书分“钢铁工业部分”、“有色金属工业部分”和“综合部分”（包括冶金矿山、冶金建筑、自动化、综合利用、环境保护等）三册出版。

由于水平所限，书中不妥之处，请读者批评指正。

一九七八年一月

目 录

第一讲 美国重有色金属工业简介	1
一、资源与矿山.....	1
二、冶炼能力与消费量.....	1
三、影响重有色金属生产能力发展的因素和 消费量增长的预计.....	3
四、铜的冶炼.....	5
五、铅的冶炼.....	11
六、锌的冶炼.....	13
七、镍的冶炼.....	15
八、值得注意的几个问题.....	17
九、结束语.....	20
第二讲 美国有色金属矿选矿	22
一、概述.....	22
二、选矿厂大型化.....	25
三、改进选矿工艺, 发展联合流程.....	33
四、选矿厂自动化.....	38
第三讲 美国炼铜工业	43
一、铜产量和消费量.....	43
二、铜矿资源.....	43
三、铜冶炼技术.....	45
四、炼铜工业的特点.....	46
五、炼铜工业的烟害和治理.....	50
六、炼铜工业的投资和生产费用.....	51

七、本世纪末铜产量的估计.....	53
八、今后铜冶炼技术发展动态.....	54
九、流程简介.....	55
第四讲 美国炼铅工业	63
一、铅的资源.....	63
二、生产与消费.....	64
三、炼铅工业现状.....	66
四、炼铅科研概况.....	74
五、其他炼铅方法.....	76
第五讲 美国炼锌工业	78
一、锌的资源.....	78
二、产量.....	79
三、消费量与用途.....	81
四、研究机构.....	83
五、炼锌厂概况.....	84
六、美国和世界炼锌技术现状和发展趋向.....	88
七、湿法炼锌新技术.....	94
八、综合利用.....	96
第六讲 美国铝工业	98
一、引言.....	98
二、铝工业概述.....	104
三、铝土矿开采.....	124
四、氧化铝生产.....	125
五、电解铝生产.....	129
第七讲 美国稀有金属工业	141
一、概述.....	141
二、美国稀有金属工业基本情况.....	153

三、新技术发展动向·····	157
第八讲 美国半导体材料工业·····	178
一、什么是半导体·····	178
二、半导体材料有哪几种·····	179
三、半导体的应用·····	180
四、半导体硅的生产与研究·····	182
五、半导体锗的生产与研究·····	189
六、化合物半导体的生产与研究·····	191
七、今后的展望·····	196
第九讲 美国铜加工工业·····	200
一、概述·····	200
二、铜加工技术现状·····	203
三、板带材生产·····	206
四、管材生产·····	210
第十讲 美国铝加工工业·····	215
一、概述·····	215
二、熔铸·····	216
三、热轧·····	218
四、冷轧·····	220
五、挤压·····	221
六、模压·····	230
七、拉伸·····	232
八、精整热处理·····	234
九、国外铝材生产现状的初步分析·····	235

第一讲 美国重有色金属工业简介

北京有色冶金设计院 郑 永 用

一、资源与矿山

美国铜的资源，已查明储量有9070万吨金属铜，潜在的资源也有9000万吨，其中斑岩铜矿占储量的90%左右，占潜在资源约60%。斑岩铜矿是细脉浸染矿床，特点是矿床大，品位低。美国铜的矿山大部分是露天开采。据37个铜矿统计，露天开采占30个，开采规模年产矿石300万吨以上的就有24个。最大的矿山是肯尼柯特公司的宾汉姆矿。它的储量有1800万吨金属，年产3500万吨矿石，折合26万吨铜。铜矿又集中在亚利桑那州，1976年该州生产的矿石含铜101万吨，占当年全国产量的64%。

美国铅锌资源，铅的储量5350万吨金属，锌的储量3100万吨。铅锌的开采都是地下开采，开采的规模又比铜矿小。主要铅矿集中在密苏里州，锌矿则分散在几个州。

美国镍的资源，已查明硫化镍矿石量69万吨，平均品位0.21%；红土矿1亿吨，品位0.94%。至今，美国本土开采的镍矿只有俄勒冈州一处，是硅酸镍矿石，露天开采，规模为5000吨/日，品位1.5%。

二、冶炼能力与消费量

美国的铜冶炼工业，现在生产的计有粗铜冶炼厂16家（分属9家公司），精炼和电解厂27家（分属20家公司）。估计的生产能力，矿山为181万吨，熔炼为190万吨，精炼为

263万吨。1976年的生产量为：矿铜144万吨，精铜171万吨（内有再生铜27万吨）。铜的消费量178万吨，半数以上是用于电力工业。

美国1976年有色金属产量为721万吨，钢产量为11634万吨，两者的比值为6.2%（同年苏联为3.8%，日本为2.6%，西德为4.1%，英国为3.7%）。

美国铜铝镍铅锌锡六种有色金属的总消耗量对钢消耗的比例：1970年世界为4.3%，美国为5.8%。

16家粗铜冶炼厂中，生产能力最大的年产30万吨（肯尼柯特公司加菲尔特厂，犹他州）。此外，还有20万吨、19万吨、15万吨的冶炼厂各一家。最大的精炼厂生产能力为年产38万吨（美国熔炼与精炼公司，阿马里略厂，得克萨斯州）。还有一家年产36万吨（埃尔·帕索，得克萨斯州）。

美国铅的生产量，1976年矿石产铅59.1万吨，再生铅60万吨，铅消费量估计为127万吨。因此铅进口12.8万吨。比较大的炼铅厂是密苏里州的希尔姑兰厂，该厂设备能力为25万吨铅/年。

美国锌的生产量，1976年矿石锌为43.3万吨，再生锌12万吨，共产锌锭55万吨。锌消费量为102万吨，进口锌64.8万吨，进口量为消费量60%左右。应当指出，1966年和1969年美国锌锭产量达到过100万吨。现在产量最大的炼锌厂是宾夕法尼亚州的蒙纳卡电热法炼锌厂，生产能力23万吨/年。

美国镍的生产，本国自产镍矿石炼成镍铁，其中含镍量为1.4万吨/年。此外还建有镍精炼厂一家，生产能力为4万吨/年，该厂原料是从南非博茨瓦纳，新喀里多尼亚等地运来。美国镍的年消耗量为15~19万吨。镍进口量为消费量的90%。

三、影响重有色金属生产能力发展的因素和消费量增长的预计

1. 美国重有色金属生产受经济危机的深刻影响

以铜为例,1896~1900年平均年产量达到10万吨,1901~1910年年平均为42万吨,1911~1920年年平均是71万吨。但是,经济危机经常使产量下降。1929~1933年这次资本主义世界严重的经济危机,使美国的工业产量下降了46.2%,铜的下降幅度更大。1929年美国铜产量曾经突破100万吨,而1933年只产铜23万吨,可见影响之深刻。

2. 公害问题的影响

美国重有色冶炼工厂,建厂年代较早,当时对二氧化硫污染空气问题并未考虑。六十年代以来,环境污染问题引起了社会上的重视,各州不得不作出保护环境的规定。现在,除了对二氧化硫的排放浓度加以限制外,还规定各厂对进厂物料所含的硫要回收90%,达不到的要罚款。美国粗铜冶炼企业不得不花费巨额资金,以适应美国政府的规定。有人估算这项代价相当于现有粗铜冶炼厂的建设总投资。产品成本也相应提高,从而降低了它在世界市场上的竞争能力。因公害问题解决不了等原因关闭了一些工厂,如美国锌冶炼方面,就有这种情况。

回收二氧化硫制硫酸,又有一个硫酸市场问题。美国开采的天然硫和石油、天然气中回收的硫,供过于求。硫磺价格下降。由于硫价特低,产品的运输费用在很大程度上决定硫在销售市场的竞争能力。美国合理的硫酸市场,距离货源不过几英里,如果邻近没有硫酸市场就不能制酸。这一点又是美国重有色冶炼企业长期以来硫的回收率不高的重要原因。

3. 能源调价的影响

美国消耗的能源，目前的构成是石油占47%，天然气占27%，煤占19%，水电占4%，核动力占3%（1976年统计数字）。石油与天然气均不足，需要进口。煤的产量很大，炼焦煤却不足。能源调价以来，美国一方面研究节省能量消耗的工艺，一方面探索新的能源。

目前美国生产的十二种基本原材料（包括钢、铝、水泥、铜、镍、铅、锌等），铜镍两项由于原矿品位低，单位产量的能量消耗是最大的。因此，寻找铜镍新工艺的研究工作进行得比较多。例如，如何开发本土的低品位镍矿的研究等，但新建镍厂还没有。相反，对高品位的海底锰瘤，资本家很想开采。据报道，在北太平洋发现一处， $\text{Ni} + \text{Cu}$ 品位达3%。海底锰瘤的高品位镍钴，对今后世界上镍钴的生产会发生重大的影响。但目前还存在政治上和技术上的问题，即海洋法谈判和深海采矿问题（它赋存在水下5000~6000米深海海底）。

为了节约能源，再生金属比重逐年有所增加，再生金属消耗的能量少，有利可图。

至于新的能源，估计到本世纪末原子能的利用会增长，这种情况，也会影响到重有色冶炼工业。

4. 战争储备

五十年代末，美国曾按当时国防政策上的构想，提出按打一场为时五年的战争作过储备。铜铅锌镍也是储备对象。到六十年代中，曾经改变了想法，储备的物资有相当的一部分抛售了。但到1976年9月，福特又宣布了要准备打一场为时三年的战争作战争储备，提出了各种物资储备数量，这个数量有的相当于一年的产量，有的略少。卡特上台以后又重

申了这一政策。因此，对这几种主要有色金属产量也发生了一定影响。例如，1976年下半年铜的生产量有下降趋势，这项目标宣布以后，产量有所上升。

此外，科学技术的发展对生产发展有重要影响。

综合以上几点，美国重有色金属生产的增长速度，还是依资本主义社会价值法则的规律变化。特别是美国主要生产重有色金属的公司是跨国公司，为了获得超额利润，往往掠夺殖民地半殖民地的资源，利用当地廉价劳动力就地加工成为商品。所以，美国本土几种主要重有色金属的发展速度不会太快。

美国重有色金属需要量的增长，分述如下：

铜的发展，据美国内务部矿山局H.J.施罗德1975年的推测，1985年铜的需要量将达360万吨，2000年将达600万吨，每年增长速度为3.4%（其中1985年再生铜占四分之一，2000年再生铜占三分之一）。

铅的增长速度将是每年平均增长1.6%，到2000年预计为153万吨。

锌的增长速度将是每年平均增长2.5%，到2000年预计为320万吨。

镍的消费增长速度，每年3%，到2000年将会达到38万吨。

四、铜的冶炼

铜矿一般分为硫化矿与氧化矿两种类型，处理的工艺也不相同。

硫化铜精矿一般经过焙烧-熔炼-吹炼-电解等几个工序，得到电解铜。前三个工序都是火法处理过程，一般把它们组织在一个工厂内进行，叫做熔炼工厂。电解是在另一个工厂进行，叫精炼厂。

氧化铜矿的冶炼一般采用浸出-净液-电积法得电铜，或者在浸出后加铁屑置换得海绵铜，是湿法冶金工艺。

美国铜的开采，初期都是采硫化矿，以后才有氧化矿的开采。所以在熔炼厂和精炼厂的布局上，在三十年代形成的局面，熔炼厂多数靠近矿山，即在铜矿集中的几个州（亚利桑那、新墨西哥、犹他、内华达），精炼厂则多半在美国的东海岸。现在的情况略有改变，一些精炼厂也建到西部各州，但还是尽量靠近燃料丰富的地区。精炼厂又常常与加工厂布置在一起。

1. 铜熔炼工厂的工艺流程

美国16家铜熔炼工厂，工艺流程不完全相同。其中，采用反射炉的有11家，电炉3家，闪速炉1家，诺兰达连续炼

表 1 犹他厂反射炉熔炼指标

项 目	单 位	指 标
产铜能力	万吨/年	21~23
熔炼方法	万吨/年	(生精矿)
反射炉	台	2
转炉	台	9
反射炉面积	米 ²	360
处理精矿量	吨/日·台	1200
精矿含铜	%	23~24
精矿含硫	%	~32
燃料种类	—	天然气
燃料消耗		5417标米 ³ /时
折合	百万大卡/吨	1.1
床能率	吨/米 ² ·日	3~3.5
炉渣含铜	%	0.41
余热利用	—	(用余热锅炉)
职工人数	人	1300

铜炉 1 家。建厂年代较早的都是反射炉，其余 5 家则是六十年代末期以后建设的。反射炉熔炼-转炉吹炼仍然是美国现在铜熔炼工厂中占主要地位的工艺流程。

现将采用反射炉处理生精矿的美国犹他熔炼厂的部分技术经济指标如表 1 所示。

从以上可以看出，美国精矿品位高，炉子面积大，燃料消耗低，余热用余热锅炉回收，职工人数少。

转炉的生产，现以美国肯尼柯特为例，其主要指标列于表 2。

表 2 肯尼柯特厂转炉生产指标

项 目	单 位	指 标
转炉台数	台	3
转炉尺寸	米	$\phi 3.66 \times 9.2$, 2 台 $\phi 3.95 \times 9.2$, 1 台
冰铜品位	%	26.7
粗铜产量	吨/炉·日	70
耐火材料消耗	公斤/吨铜	5~8
捅风眼	—	机械

从表 2 可以看出，美国转炉较大，炉令长，耐火材料消耗低，用机械捅风眼。

2. 反射炉-转炉工艺存在的问题

反射炉产生的烟气含二氧化硫浓度约为 0.5~1.5%。由于烟量大、浓度低，回收制酸不经济，因此美国用反射炉的工厂，除了焙烧烟气的二氧化硫制酸外，反射炉烟气二氧化硫没有回收，造成严重空气污染。特别是各州政府制订了环境保护法令以后，资本家面临被罚款的威胁，被迫考虑熔炼工艺的改造问题。

反射炉的热利用率较低，理论上处理一吨热焙砂需要热量为23万大卡，而实际上要加入的热量达到100万大卡，热效率不到25%。

3. 改造熔炼工艺的情况

美国在反射炉烟气二氧化硫回收上，做过一些文章。例如，利用有的州环保法令不严，采用高烟囱排空，并在工厂周围设空气监测站，迁到报警就减产的办法。还有在反射炉中使用富氧来提高二氧化硫浓度，以利于回收等办法。

进一步的改造是采用新的工艺流程来代替旧的工艺。

1974年投产的茵斯皮瑞申炼铜厂是将反射炉、转炉闲置，新建电炉、虹吸转炉，花费5400万美元。结果二氧化硫浓度由0.5~0.8%提高到4~6%，和虹吸转炉的烟气一起送去制酸。该厂生产能力为16万吨铜。当然，电炉的使用受到工厂所在地区电力供应条件限制，只有当地电力充裕，电价低，而且精矿品位高，含硫低，用电炉才经济。

1977年投产的希达哥炼铜厂（在新墨西哥州，属菲利浦·道奇公司）采用芬兰闪速熔炼工艺，低温富氧，电子计算机控制，全自动化，并利用烟气生产元素硫。该厂生产能力为10万吨。闪速炉烟气中二氧化硫浓度高，可以制酸或制成元素硫，从而解决了空气污染问题。此外，热的利用效率也高，它充分利用精矿中的硫、铁在氧化反应中产生的热量，进行自热熔炼，所以需要燃料加入的热量比较少。因此，闪速熔炼现已被世界上公认是比较成熟的工艺。美国现在只有一家工厂用了闪速熔炼。而在日本，从1963年到1974年，11年间铜的产量由30万吨迅速提高到100万吨，日本除了是进口精矿而不受矿山建设速度影响外，主要靠采用闪速炉。日本现有闪速炉7座，产铜量占全国产量二分之一以

上。日本在使用闪速炉中还有一些发展，如采用高温富氧等技术是日本首先发展的。闪速炉的缺点是渣含铜0.8~1.2%左右，需要再贫化处理。

美国肯尼柯特公司加菲尔特厂（犹他州）采用诺兰达连续炼铜法。该法是加拿大诺兰达公司所发展，已建设了一个工厂，这是第二个。精矿制粒后入诺兰达炉，从这座炉生产出粗铜，它的二氧化硫浓度高，可以制酸，燃料也比反射炉省。但据报道，美国引进诺兰达的炉子并不打算用它直接产出粗铜，而是生产高品位冰铜，利用该厂原有的转炉吹炼成粗铜。炉渣也不用选矿法回收铜，而是用电炉贫化渣。诺兰达连续炼铜法的主要缺点是渣含铜高达8~12%，导致直收率太低。

目前连续炼铜共有诺兰达法、三菱法和沃克拉法三种，前两种已经各建设了一个工业化的生产厂。沃克拉法只做了试验工厂规模的试验。

几种炼铜方法的燃料消耗比较列于表3。

表 3 几种炼铜方法燃料消耗的比较

厂 名	小名滨	直岛	奥托昆布	佐贺关	玉野	沃克拉	三菱	诺兰达	诺兰达
炼铜方法	生精矿 反射炉	焙烧矿 反射炉	闪速炉	闪速炉 高 温 富 氧	闪速炉	连续 炼铜 (半工 业)	连续 炼铜 (工业 试验)	连续 炼铜 (空气)	连续 炼铜 (富氧)
国 别	日本	日本	芬兰	日本	日本	澳大利 亚	日本	加拿大	加拿大
总合换算燃料 (百万大卡/ 吨精矿)	1.46	1.15	0.54	0.64	0.58	1.39	0.69	1.43	0.51

4. 铜的电解精炼

美国得克萨斯州阿马里略厂是美国熔炼与精炼公司建设