



# 国外有色冶金工厂

铅 锌

(上册)

陈维东 主编

9  
4

# 国外有色冶金工厂

铅·锌

(上册)

陈维东 主编

## 内 容 简 介

本书按生产过程及处理方法阐述了国外铅、锌冶金工业的现状与发展趋势，介绍了国外140个铅、锌冶金工厂的生产历史及其现状，详细地介绍了各个冶炼厂的生产流程、设备操作情况、生产特点和附属设施以及某些工厂的综合回收的状况，并列举了各个冶炼厂一些主要的技术经济指标。在附录中列出了国外铅、锌生产厂家的名称、生产能力、原料。本书可供从事有色冶金工业方面的设计、科研、生产企业的技术人员和管理人员使用，也可供从事对外经济、贸易的工作人员、大专院校学生参考。

## 国外有色冶金工厂

铅·锌

(上册)

陈维东 主编

\*

株洲冶炼厂 韶关冶炼厂

葫芦岛锌厂 沈阳冶炼厂 水口山矿务局

出 版

冶金部长沙矿冶研究院

印 刷

\*

787×1092 1/16 印张 16 3/4 字数 422千字

1988年1月第一版 1988年1月第一次印刷

## 前 言

为适应我国社会主义建设的需要，促进有色冶金工业的发展，我们编写了《国外有色冶金工厂》这套丛书，供有色冶金工业界各级管理人员、广大工程技术人员了解国外有色冶金生产现状及发展趋势，从中汲取对我国有益的经验。

全套书按金属品种、按地区、国家编排，分册出版。本分册是该书的铅锌部分，是编者根据二十多年来国外各期刊文献所发表的有关资料经过分析综合编写而成。鉴于苏联及某些国家发表的工厂生产资料较少，本书内未予收入。

本分册阐述了国外铅、锌冶金工业的现状与发展趋势，介绍国外140个铅、锌冶金工厂的生产历史及现状，详细地叙述了各个工厂的生产流程、设备操作，生产特点及附属设施，还叙述了某些工厂的综合回收状况，列举了各工厂的主要技术经济指标。

参加本分册编写的有陈维东、董庆和、张锦耘、沙地、方绍富、张国康、罗庆文、赖晋、李敦、王子谦等。在本分册编写过程中曾得到罗清华、李庆芬、陈琳等同志热情帮助，在此谨致谢意。

本分册的出版承蒙株州冶炼厂、韶关冶炼厂、葫芦岛锌厂、沈阳冶炼厂、水口山矿务局等单位的热情资助出版，并相应地得到上述各单位的刘振亚、刘国鼎、林克星、邓德琪、朱雅轩、白汝孝、陈尚明、黄永敬、蹇贵河、易建新、贺善持、袁富华等同志的指导与帮助，编者表示深切感谢。

在本分册出版编辑过程中得到长沙矿冶研究院谭泊曾，《矿冶工程》编辑部胡传焯、李以弘、毛信喜、王伯尧、李秋珍、王国祥、梁祝平等同志的指导与热情帮助，编者对他们表示深切谢忱。由于我们的思想水平及业务能力所限，书中难免存在着错误和缺点，恳请广大读者指正。

编 者

1987年10月于北京



# 目 录

## 铅 冶 金 工 厂

### 第一章 国外铅冶金现状和发展趋势

一、概述.....	2
二、铅的生产现状.....	6
1. 备料.....	6
2. 烧结.....	6
3. 鼓风炉熔炼.....	7
4. 粗铅精炼.....	9
1) 火法精炼.....	9
2) 电解精炼.....	11
5. 中间产品的处理.....	12
1) 鼓风炉渣的处理.....	12
2) 镉烟尘的处理.....	12
3) 铜浮渣的处理.....	13
4) 锑浮渣的处理.....	13
5) 银锌壳的处理.....	13
三、发展方向.....	14
1. 新的火法炼铅.....	14
2. 湿法炼铅.....	18

### 第二章 国外铅冶金工厂

#### 亚洲地区

#### 日 本

直岛铅冶炼厂.....	21
契岛铅冶炼厂.....	27
细仓铅冶炼厂.....	32
佐贺关铅冶炼厂.....	36
小坂铅冶炼厂.....	40

神岗铅冶炼厂.....	43
村上铅冶炼厂.....	51
竹原铅精炼厂.....	55
播磨铅锌冶炼厂(见下册 录)	
八户铅锌冶炼厂(见下册 录)	
印 度	
通都铅冶炼厂.....	60
緬 甸	
南多炼铅厂.....	62
非洲地区	
纳米比亚(西南非)	
楚梅布铅冶炼厂.....	62
摩洛哥	
海默炼铅厂.....	64
赞比亚	
卡布韦铅锌冶炼厂(见下册 录)	
欧洲地区	
联邦德国	
北德精炼厂铅生产.....	67
诺尔登汉炼铅厂.....	77
宾斯费尔德哈姆炼铅厂.....	77
布劳巴希铅银厂.....	83
杜伊斯堡铅锌冶炼厂(见下册 录)	
英 国	
北弗利特铅精炼厂.....	84
马诺尔炼铅厂.....	93
恩菲尔德炼铅厂.....	97
沃尔弗汉普顿炼铅厂.....	98
联合铅制品公司铅厂.....	99
罗瑟希炼铅厂.....	99
达利·代尔炼铅厂.....	100
阿旺茅斯铅锌冶炼厂(见下册 录)	
斯温西铅锌冶炼厂(见下册 录)	

<b>比利时</b>	
霍波肯冶炼厂铅生产.....	100
<b>芬 兰</b>	
奥托昆普公司铅精矿闪速炉熔炼试验厂.....	112
<b>法 国</b>	
诺耶列斯·高道尔特铅锌冶炼厂（见下册 锌）	
<b>瑞 典</b>	
隆斯卡尔冶炼厂铅生产.....	114
<b>奥地利</b>	
加伊利茨冶炼厂铅生产.....	124
<b>意大利</b>	
圣·加维诺铅冶炼厂.....	129
维斯姆港炼铅厂.....	136
维斯姆港铅锌冶炼厂（见下册 锌）	
<b>南斯拉夫</b>	
茨维查炼铅厂.....	139
梅日查炼铅厂.....	144
铁托夫·弗累斯铅锌冶炼厂（见下册 锌）	
<b>美洲地区</b>	
<b>加 拿 大</b>	
特雷尔炼铅厂.....	147
贝利登铅冶炼厂.....	161
<b>美 国</b>	
赫克勒尼姆炼铅厂.....	170
布依克铅冶炼厂.....	181
格洛维尔炼铅厂.....	193
东海伦娜炼铅厂.....	196
埃尔·帕索冶炼厂铅生产.....	199
塞尔比炼铅厂.....	203
奥马哈铅精炼厂.....	204
费德勒尔炼铅厂.....	205
皮思·安博依铅精炼厂.....	206
利德维尔炼铅厂.....	208

图艾尔铅冶炼厂 .....	211
加利纳炼铅厂 .....	212
米德瓦尔炼铅厂 .....	214
东芝加哥铅精炼厂 .....	216
克洛格炼铅厂 .....	219
彼德里克城再生铅冶炼厂 .....	222
纽约再生铅锡熔炼厂 .....	226
<b>墨西哥</b>	
托雷翁炼铅厂 .....	227
契瓦瓦炼铅厂 .....	232
蒙特里铅精炼厂 .....	234
圣·路易斯—波托斯炼铅厂 .....	236
<b>秘 鲁</b>	
欧罗亚冶炼厂铅生产 .....	237
<b>玻利维亚</b>	
波托西铅银冶炼厂 .....	241
<b>大洋洲地区</b>	
<b>澳大利亚</b>	
蒙特·艾萨炼铅厂 .....	243
皮里港铅冶炼厂 .....	246
科克尔·克里克铅锌冶炼厂 (见下册 锌)	
布鲁克林再生铅冶炼厂 .....	257



# 铅 冶 金 工 厂

# 第一章 国外铅冶金现状及发展趋势

## 一、概 述

铅是人类较早冶炼并使用的金属之一。据考古发现，埃及保存有公元前六千多年的金属铅。中国目前发现最早的铅器是河南偃师二里头遗址出土的铅块，距今约三千五百年至四千年。在商代和西周的墓葬中出土了不少铅制器物，有爵、觚、尊、鼎等器皿，还有铅戈，如洛阳机瓦厂出土的西周铅戈，经化验含铅量为99.75%，可见当时生产的铅纯度已较高。直到17~18世纪，铅才开始有较大规模生产。

19世纪初，世界铅产量只有2.2万吨，20世纪初为92万吨，而到1973年已达到400多万吨。在有色金属中，铅的产量仅次于铝、铜及锌，居第四位。

国外铅产量中大约65%来自原生矿，这部分铅称为原生铅，其余35%为再生铅。

据报道，1967年国外原生铅产量为291万吨，到1978年增加到351万吨。在这个时期内每年平均增长率为1.7%。按照这一趋势预测，1978~1990年间铅的产量平均每年的增长率约为1.5%，1990~2000年期间年平均增长率约为1.2%。根据上述增长率推算，1990年原生铅的产量大约为410万吨，而到2000年时将为460万吨。

1985年国外精铅总产量为537.75万吨（表1），其中美国106.79万吨，苏联81万吨，西德35.63万吨，日本36.70万吨，英国32.72万吨，澳大利亚21.21万吨，加拿大24.0万吨，法国22.36万吨。

1985年国外精铅消耗总量为518.78万吨，其中美国为114.17万吨，占22.0%；苏联80万吨，占15.42%；西德34.5万吨，占6.65%；日本为39.49万吨，占7.61%；英国为27.43万吨，占5.28%；法国为20.8万吨，占4.0%。

在1979年前五年间，美国、加拿大、澳大利亚及南非都发现了一些具有重大经济价值的铅矿床。1978年底，世界铅的储量约为一亿零二百五十万吨。假设2000年后世界原生铅的产量年增长率为1.0%，则已知的储量可满足2010年前的需要。

铅由于具有比重大、熔点低、延展性好及抗蚀强等特点，故在国防、电器、机械制造、汽车制造、化工、冶金及原子能等各工业部门中都有较广泛的用途。

1983年美国精铅消耗的百分比如下：蓄电池占49.67%，汽油添加剂占8.24%，弹药3.72%，焊药1.70%，管材及带材等0.54%，板材0.64%，电缆包皮0.94%，颜料5.13%，填隙用铅0.13%，铸造合金0.18%，印刷铅字0.49%，轴瓦0.31%，黄铜及青铜0.81%，其它27.68%。

粗铅的生产仍是火法，湿法炼铅仍处于试验中。各种粗铅熔炼方法为：1) 沉淀熔炼；2) 反应熔炼；3) 烧结焙烧-鼓风炉还原熔炼，即通常所谓的标准流程；4) 基夫赛特炼铅法；5) 顶吹回转炉炼铅法；6) QSL炼铅法。其中(4)与(5)两种方法最近几年也已用于工业实践。

采用沉淀熔炼的工厂不多，日本中外矿业公司的村上炼铅厂是属于这一类型的工厂。该厂设计能力为1,200吨/年，历史最高产量达1,000吨/年。精矿经堆式配料后在烧结锅上进行

国外精铅产量\* 单位: 万吨 (1974~1985年)

表 1

国家或地区	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985
亚 洲												
缅甸	0.49	0.32	0.27	0.52	0.48	0.61	0.59	0.40	0.77	0.75	0.69	0.64
印度	1.40	1.50	1.50	2.00	2.06	2.06	2.55	2.54	2.32	2.32	2.31	2.40
伊朗	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.5	0.75	0.75
日本	22.79	25.24	28.15	28.77	29.11	28.27	30.49	31.70	30.22	32.16	36.29	36.70
马来西亚	—	—	0.20	0.20	0.20	0.20	0.52	0.35	0.30	0.4	0.9	1.00
菲律宾	0.29	0.31	0.33	0.34	0.35	0.36	0.48	0.40	0.60	0.6	0.4	0.70
南朝鲜	0.50	0.57	0.79	0.70	0.90	1.34	1.50	1.47	1.60	1.94	1.92	2.02
朝鲜	8.00	8.00	7.00	7.00	7.50	7.00	6.50	6.50	7.5	0.8	0.95	6.50
土耳其	0.20	0.30	0.32	0.30	0.30	0.59	0.28	0.25	0.31	0.4	0.4	1.00
泰国	—	—	0.08	0.12	0.11	0.15	0.5	0.5	0.5	0.5	0.62	0.75
其它亚洲国家	—	—	0.35	0.35	0.45	0.45	0.4	0.7	1.10	1.08	1.0	0.92
非 洲												
摩洛哥	—	0.92	2.63	3.46	3.00	3.68	4.24	5.23	5.86	5.76	4.83	6.35
纳米比亚	6.42	4.43	3.96	4.27	3.95	4.17	4.27	4.17	4.06	3.54	2.89	3.85
尼日利亚	—	—	—	—	—	0.15	0.20	0.20	0.04	0.15	0.25	0.08
南非	1.00	1.32	2.20	2.40	2.36	2.33	3.54	2.69	3.04	2.36	2.4	3.41
突尼斯	2.75	2.37	2.42	1.97	1.66	1.77	1.92	1.78	1.51	1.04	0.84	0.20
赞比亚	2.46	1.90	1.45	1.34	1.29	1.28	1.00	0.99	1.46	1.46	0.88	1.08
其它非洲国家	—	—	—	0.30	0.30	0.50	0.56	0.50	0.55	0.5	0.55	0.60
欧 洲												
奥地利	1.56	1.48	1.84	1.91	1.76	1.99	1.81	1.66	2.15	2.35	2.06	2.55
比利时	9.47	10.30	10.57	10.41	10.42	9.22	10.59	10.19	9.37	12.63	11.97	10.53
丹麦	1.49	1.37	1.46	2.42	2.62	2.98	2.45	2.38	1.58	1.00	1.30	—
芬兰	—	0.30	0.30	0.30	0.50	0.60	0.32	0.45	0.44	0.6	0.45	0.46
法国	19.72	16.93	19.47	20.58	20.82	21.97	21.88	22.80	20.80	19.84	20.57	22.36
联邦德国	34.78	31.63	33.74	37.35	36.90	37.33	35.03	34.83	35.05	35.25	35.72	35.63
民主德国	3.50	3.60	3.60	4.50	4.50	4.20	4.20	4.3	3.8	3.6	3.5	5.50
希腊	1.46	1.63	1.87	2.04	2.26	2.20	2.11	2.09	0.32	—	1.16	1.37
爱尔兰	—	—	—	0.50	0.50	0.70	0.70	1.00	1.00	0.8	0.91	0.90
意大利	11.18	9.00	11.82	11.77	11.62	12.62	13.37	13.30	13.37	12.68	14.05	13.50
荷兰	4.00	3.70	3.67	3.38	3.19	3.00	2.80	3.39	3.25	2.56	3.36	3.73
挪威	0.07	0.04	0.06	0.09	0.03	0.04	0.03	0.02	0.01	0.01	—	—
葡萄牙	0.20	0.16	0.06	0.04	0.03	0.45	0.56	0.30	0.40	0.6	0.6	0.70
西班牙	9.95	9.82	10.17	11.86	12.22	12.70	12.07	11.72	13.36	14.47	14.76	15.61
瑞典	4.09	3.71	3.32	4.26	4.53	4.67	4.23	2.90	4.95	5.36	7.32	6.91
瑞士	—	—	—	—	0.50	0.50	0.50	0.35	0.30	0.2	0.2	0.2
英国	34.21	31.34	34.19	35.11	34.58	36.83	32.48	33.34	30.62	32.22	33.84	32.72
南斯拉夫	11.39	12.61	11.12	12.99	10.45	15.31	14.29	12.60	11.70	14.02	12.02	13.17
保加利亚	10.50	11.00	11.20	12.20	12.50	12.00	11.80	12.30	11.80	11.6	11.4	11.60
捷克斯洛伐克	1.79	1.84	1.91	1.90	1.90	1.90	2.00	2.07	2.11	2.2	2.1	2.15
匈牙利	0.10	0.05	0.03	0.02	—	0.01	0.01	—	—	—	—	—
波兰	7.16	7.62	7.47	8.54	8.67	8.42	8.20	6.90	7.88	8.11	8.34	8.73
罗马尼亚	4.50	4.50	4.25	4.17	4.28	4.09	4.10	4.07	4.57	4.43	4.2	4.70
苏联	66.00	66.00	70.00	72.00	77.00	78.00	78.00	80.00	80.00	80.00	80.00	81.00

续表 1

国家或地区	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985
美 洲												
加 拿 大	17.98	21.63	23.10	24.30	24.40	25.24	23.10	23.81	23.89	24.20	25.44	24.00
美 国	112.80	105.68	110.72	118.91	118.84	122.57	115.05	106.76	103.22	96.4	92.0	106.79
阿 根 廷	5.10	4.70	5.00	4.50	3.13	3.36	4.17	3.46	3.06	3.13	3.13	3.50
巴 西	6.28	6.27	7.03	7.73	8.05	9.81	8.50	6.58	4.82	4.92	6.25	7.29
墨 西 哥	19.3	16.40	17.30	15.17	16.48	17.12	14.91	15.64	15.26	17.73	17.24	20.19
秘 鲁	10.13	8.14	8.55	8.43	7.93	9.07	8.73	8.42	8.20	6.51	7.12	8.33
委内瑞拉	0.50	0.60	0.70	0.80	0.80	1.00	1.00	1.20	1.50	1.5	1.7	2.20
其它美洲国家	—	—	0.45	0.51	0.65	0.72	0.70	0.80	0.40	0.63	0.36	0.64
大 洋 洲												
澳大利亚	22.48	19.35	21.15	21.80	23.91	25.77	23.37	23.92	25.22	22.31	21.85	21.21
新西兰	—	—	0.80	0.80	0.80	0.90	0.70	0.70	0.60	0.60	0.60	0.60
国外总计	478.44	459.17	488.57	512.33	520.79	542.20	523.24	514.61	505.86	506.25	513.11	537.75

\* 本表中所列数据包括从再生物料回收的铅，但不包单独重熔的再生铅。

烧结，脱硫率控制在25~30%左右。产出的烧结块与铁屑、石灰石和焦粉混合后，装入一台功率为500千伏安的三相圆形电炉中熔炼。熔炼过程中铅的回收率为93.45%，铅在冰铜和炉渣中的损失分别为5.14%和0.45%。

反应熔炼可在膛式炉、电炉或短窑中进行。这类熔炼方法在炼铅工业生产中不占重要地位。

由于膛式炉熔炼只宜处理高品位的、较纯的铅精矿，烟尘率大，劳动条件差，炉渣（含铅高达30~40%）必须处理和直接回收率低等缺点，因此，新建的厂已不采用，而原有的老厂有些已经停厂（如美国的费捷拉尔厂于1959年停产），有些则改变了生产流程（如阿根廷的列维拉斯港厂，南斯拉夫的茨维查厂）。

瑞典隆斯卡尔炼铅厂采用电炉进行反应熔炼。以前，该厂将富铅精矿烧结后产出含硫5~6%的烧结块，可获得最高的铅回收率。烧结块在5000千伏安的长方形电炉内进行熔炼。炉料组成为：烧结块85%，返回烟尘10%，石灰石3%，焦炭2%。产出的炉渣成分为：SiO<sub>2</sub> 24%，CaO 30%，FeO 16%，ZnO 15%，MnO 5%，Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 3%，S 1.2%，Pb 3.2%。渣率为50%，渣中铅损失率为1.5%。产出的粗铅成分为：Pb 90%，S 2.5~3%，Cu 3~4%。粗铅需送转炉吹炼脱硫。电炉单位生产率为5吨/米<sup>2</sup>·日，电极消耗为9公斤/吨料，电能消耗为487度/吨炉料，烟尘率为12%，铅回收率为96%。1945~1947年，该厂进行了闪速熔炼铅精矿的试验，把空气和铅精矿通过喷嘴喷入炉内，使物料在三根电极之间形成旋涡而熔化。熔炼的精矿含铅74.9%；日产粗铅量为210吨。铅进入粗铅的回收率为98%，每吨精铅耗电810度。应该说，波里顿公司隆斯卡尔厂在电炉内进行的硫化铅精矿的“闪速熔炼”虽然仍属反应熔炼法，但却有其独特之处。

短窑反应熔炼是西德鲁奇化学冶金公司发展的一种方法。此法是将高品位硫化铅精矿进行鼓风烧结，使部分硫化铅变成氧化铅或硫酸铅，然后在特殊设计的短窑中进行反应熔炼。此法消除了膛式炉的缺点，铅回收率高、劳动条件好，无需加入任何熔剂，适于处理高品位

铅精矿。西德奥克炼铅厂鼓风炉产的粗铅经熔析除铜和加硫除铜后进行电解精炼。该厂加硫除铜产出的浮渣加入3%的石英熔剂，在短窑中进行熔炼。短窑规格为 $\Phi 3 \times 3$ 米，用褐煤加热，熔炼产出粗铅、冰铜、黄渣和炉渣。粗铅送往精炼，冰铜送往吹炼，炉渣返回鼓风炉，而黄渣留在短窑内再加入石英和铅精矿进行熔炼，再产出粗铅、冰铜、炉渣和富集黄渣。短的燃料率为12~15%褐煤粉，粗铅的回收率为87.5%，总回收率为95%。

烧结—鼓风炉熔炼是占主导地位的炼铅方法，世界上绝大部分铅厂均采用此流程。据统计，至1982年止，西方世界的铅有86%是通过烧结—鼓风炉熔炼产出的，而采用此法的厂家占西方铅冶炼厂总数的78%。

铅锌鼓风炉由于它具有可以处理混合铅锌精矿、能综合回收金、银、铋等成分、投资省、处理能力大、适应性强和回收率高等优点，因此，近二十年来引起了人们广泛的注意。目前，在国外建有12座铅锌鼓风炉，其中11座正在生产。

近年来，出现了几种新的火法炼铅方法，已实现工业生产的有基夫赛特法和顶吹回转炉炼铅法。这几种新方法的特点是取消了铅精矿的烧结焙烧过程，精矿经熔炼后直接产出粗铅。据报道，已有四家工厂采用基夫赛特法、一家工厂采用顶吹转炉炼铅法。QSL炼铅法已在联邦德国进行过示范性工厂试验。

硫化铅精矿的湿法冶炼和高品位铅精矿的直接电解等，目前尚停留在试验阶段。

粗铅精炼仍以火法为主。火法精炼产出的精铅估计占精铅产量的80%，而电解铅约占20%。对含金、银、铋、铊等有价值成分较高的粗铅，以采用电解精炼法有利。电解精炼多采用硅氟酸盐作电解液。意大利圣·加维诺厂于1950年开始曾采用氨基磷酸盐作电解液，但1961年后又改用传统的硅氟酸盐。氨基磷酸盐的优点是毒性较小，铋、砷及铊等杂质实际上不溶于电解液，因此电解铅含铋较低。

炼铅炉渣一般都含有少量的铅（有的达2%）和大量的锌，为了提取其中的有价金属，在大型炼铅厂中多采用烟化炉处理，而在一些规模不大的工厂则采用回转窑挥发法，即所谓“威尔兹”法。个别工厂，如美国的赫克勒尼姆厂则采用电炉还原熔炼，锌蒸汽直接冷凝成粗锌。由于此法的铅锌回收率较低（Pb50%，Zn72%）和电耗大（粗锌电耗为10300度/吨），因此未获得广泛应用。1965年澳大利亚皮里港进行了旋涡熔炼烟化鼓风炉水碎渣的半工业试验，炉子内径305毫米，每小时可处理1吨水碎渣。试验结果表明，当煤与渣之比为0.3时，锌回收率为85%，当煤与渣之比为0.25时，锌的回收率为82%，稍低于烟化炉的指标。旋涡炉处理铅渣的优点是烟化过程可以连续。

为了得到优质的烧结块，提高烟气中 $SO_2$ 的浓度，减少对周围环境的污染，国外炼铅厂烧结机有向大型化发展的趋势，同时采用鼓风烧结代替吸风烧结，烟气中二氧化硫浓度达4~5%，可用于制酸。

为了提高劳动生产率，强化熔炼过程，降低焦炭消耗，鼓风炉趋向于采用大断面和双排风口的结构。有些工厂还采用预热空气或富氧鼓风。

在综合利用方面，有些工厂对于余热利用、废渣处理及综合回收很注意。国外某些炼铅厂，除产铅外，还生产多种副产品，如西德奥克铅厂，除产出精铅外，还生产电铜、铅锡合金、镉、硫酸锌、硫酸铜、硝酸银、硫酸铊、金属镉及镉盐、金、硫酸银、铋、氧化铋精铅合金。

## 二、铅的生产现状

从1979年起,世界铅产量逐渐减少,新建的铅厂也不多。在七十年代新建的铅厂中,只有美国两家工厂、日本一家工厂和加拿大一家工厂采用烧结—鼓风炉熔炼的标准流程,其余新建的工厂则是采用铅锌鼓风炉流程。近几年来,有六家工厂采用了新的火法炼铅流程。

目前各国除了重视改进和完善现有的生产工艺和设备、改善劳动条件、提高原料的综合利用和强化生产过程外,对于采用大型设备、提高作业的机械化及自动化水平十分注意,个别厂家开始采用了工业电视。

### 1. 备料

铅精矿的质量对于熔炼指标具有重要作用,国外炼铅厂都非常重视铅精矿的质量。一般说来,国外大多数炼铅厂所处理的铅精矿的质量比较好。大部分铅厂的精矿含铅高于60%,个别厂甚至达70~80%,含铜不高于1%,含锌为5%左右。

采用的配料方式有仓式配料和堆式配料,仓式配料应用普遍,堆式配料在美洲一些大型铅厂中应用广泛。为获得高质量的烧结块,除了精矿质量及良好的配料、混料外,在烧结前将物料进行制粒,对改善脱硫率,降低烟尘率,提高烧结机生产率及获得高质量烧结块具有重要的意义。在选用制粒设备方面,有些工厂采用圆筒制粒机,有些厂则采用圆盘制粒机。

### 2. 烧结

目前,铅精矿的烧结广泛地采用带式烧结机。烧结锅已被淘汰,圆盘烧结机生产率也很低,故使用的厂家已不多。铅精矿的烧结趋向采用鼓风烧结机,其结构亦向大型化发展。为了消除烟害对环境的污染和改善劳动条件,有些厂采取各种措施提高并回收烟气中二氧化硫,有的厂甚至将整个烧结机用密封罩密封。

鼓风烧结法首创于澳大利亚皮里港铅厂。该厂为提高烟气中二氧化硫浓度,于1950年进行了日产50吨烧结块的鼓风烧结半工业试验,于1955年安装了有效面积为92米<sup>2</sup>的鼓风烧结机进行工业生产。鼓风烧结的优点是:可获得含铅50%左右的烧结块;烧结烟气中二氧化硫浓度提高到5~8%,可直接生产硫酸;风箱漏料减少,消除了因清理风箱所需的20%的停车时间,这样大大提高了生产能力。继澳大利亚皮里港铅厂之后,美国、英国、西德、法国、意大利等国的铅厂相继采用了鼓风烧结技术。美国1968年6月投产的两个大型炼铅厂,即布依克铅厂和格洛维尔铅厂也采用大型鼓风烧结机。

为了提高设备利用率和劳动生产率、节省基建投资,减少漏风和降低烟气量以提高二氧化硫的浓度,采用大型烧结机具有明显的优点。除皮里港铅厂外,美国赫克勒尼姆铅厂于1969年7月用一台总面积为96.75米<sup>2</sup>的大型鼓风烧结机代替了原有的8台有效面积为7.8米<sup>2</sup>的小型吸风烧结机。布依克铅厂及格洛维尔铅厂分别采用了有效面积为59.5米<sup>2</sup>和70米<sup>2</sup>的大型鼓风烧结机。加拿大特雷尔铅厂有三台有效面积为58.5米<sup>2</sup>和70米<sup>2</sup>的大型鼓风烧结机。

为了提高烟气中二氧化硫浓度,一些炼铅厂在采用鼓风烧结的同时,配合返烟或分级抽取SO<sub>2</sub>烟气的措施,使烟气中二氧化硫提高到5~8%,可直接送去制酸。西德宾斯菲尔德哈姆铅厂采用鼓风烧结返烟提浓的方法提高了烟气中二氧化硫浓度。皮里港铅厂试验后认为,返烟不可避免地要降低烧结机的单位生产能力,因此放弃返烟而用分级抽取提浓的方法,把烧结机前面12米段排出的高浓度二氧化硫(含SO<sub>2</sub> 6~8%)烟气单独抽出去制酸。西德奥

克铅厂是用圆盘烧结机进行烧结的，也分级抽出烟气，将二氧化硫含量达4%的烟气送去制酸，加拿大特雷尔铅厂及美国塞尔比铅厂早在1914年就曾作过返烟提浓试验。但目前特雷尔铅厂仍用吸风烧结，烟气含二氧化硫约1.4%，经喷水冷却和电收尘后，用 $\text{NH}_4\text{OH}$ 吸收以产生亚硫酸铵。亚硫酸铵经浓硫酸处理后，获得硫酸铵和高浓度二氧化硫烟气。硫酸铵作肥料，高浓度二氧化硫烟气用来生产硫酸。

国外炼铅厂中，有采用一段烧结的，也有采用两段烧结的。随着鼓风烧结的采用，一段烧结对于获得成分稳定、质量较高的烧结块较为有利。因此，新建的工厂中趋向于采用一段鼓风烧结。美国赫克勒尼姆厂过去采用8台有效面积为 $1.07 \times 6.7 \text{米}^2$ 的小型烧结机进行两段烧结，炉料含Pb50%和S10.8%。第一次烧结块含Pb51.0%，S7.3%，最终烧结块成分为：Pb42.5%，Cu1.0%，Zn4.8%， $\text{SiO}_2$ 7.0%，CaO3.3%，FeO16.5%，S3.2%。烧结机单位生产能力为：第一次烧结按炉料计为27吨/米<sup>2</sup>·昼夜，按脱硫量计为1.05吨/米<sup>2</sup>·昼夜，最终烧结按合格烧结块计为1.33吨/米<sup>2</sup>·昼夜，按脱硫量计为0.6吨/米<sup>2</sup>·昼夜。该厂1969年7月开始用一台大型鼓风烧结机进行一次烧结代替原有的两段烧。烧结机宽3米，鼓风带长30米，有一个吸风箱和13个放料风箱，其中烧结带长9.15米，冷却带长20.85米。炉料含Pb45~50%，S4.7~7%，最终烧结块含Pb45~50%，S1.0~1.5%；烧结料层厚度为250~350毫米，烧结块产量为68~90吨/小时。

加拿大特雷尔炼铅厂原来采用两段烧结流程，有三台大型吸风烧结机，每台有效面积为58.5米<sup>2</sup>，一台用作第一次烧结，一台作最终烧结，一台备用。1959年改为一段吸风烧结，仍是原有设备，两台运转，一台备用。炉料含硫7.5%。产出的烧结块成分为：Pb42~45%  
 $\text{SiO}_2$ 8.5~9.5%，CaO5~6%，ZnO12~15%，FeO17~18%，S1.5~2.0%。烧结机总产量为2150~2400吨/小时，按脱硫率计的床能力为1.6~2.0吨/米<sup>2</sup>·昼夜。

一般说来，烧结机的料层厚度波动在100~400毫米。鼓风烧结料层厚度比吸风烧结的料层厚度要高。烧结机的单位生产力视所处理的物料性质及操作条件不同而不一样，按合格烧结块计波动在6吨/米<sup>2</sup>·昼夜到15~22吨/米<sup>2</sup>·昼夜，按脱硫率计波动在0.3吨/米<sup>2</sup>·昼夜到1.6吨/米<sup>2</sup>·昼夜，最高达2.1~2.5吨/米<sup>2</sup>·昼夜。

当炉料在烧结前经过良好制备时，则烟尘率不会太高。如西德宾斯菲尔德哈姆厂的烟尘量仅占烧结块重的0.8%，瑞典隆斯卡尔厂烧结烟尘率不到总料量的0.4%。

### 3. 鼓风炉熔炼

最早出现的鼓风炉的断面是圆形的。随着生产的发展，圆形炉已不能满足需要，于是出现了矩形断面的炉子。现在圆形炉仅在一些古老的、生产规模不大的小厂中继续使用。西德的布劳巴希铅银厂采用的两台鼓风炉是圆形的，其中一台直径为1.83米，另一台为3.05米。佐贺关冶炼厂鼓风炉的直径为2.30米。目前，世界上的鼓风炉绝大部分都是长方形的或基本上为长方形。

大多数工厂的鼓风炉都有炉腹，也有少数工厂如美国的克洛格铅厂没有炉腹，侧墙是垂直的，整个炉身的断面不变。极个别工厂的鼓风炉设有倒炉腹，如印度的通都铅厂于1950年将1号鼓风炉改成“倒腹”型，以增大炉身断面和增大风口区的容积。改造后，使炉子的熔炼量增大200%，炉渣得到了更好的过热，渣含铅有所降低，焦炭消耗降低到14~15%，鼓风压力有所提高。但由于炉身截面越往上越小，这就相应地增大了炉内烟气速度，因而对炉



料的预热不利。不免会增大烟尘率。

炉子风口区宽度波动在1.2~1.5米，但也有一些工厂炉子宽度达1.8米以上。加拿大特雷尔铅厂有一台鼓风炉风口区宽2.2米。实践证明，炉子太宽，熔炼量会降低，操作不易稳定，容易造成周边跑风而使炉况混乱。因此，风口区太宽是不适宜的。炉子的长度从理论上说没有限制，可按生产需要而定。皮里港铅厂最大的一座鼓风炉下风口区断面积为16.29米<sup>2</sup>，下风口区长10.675米，宽1.524米。炉子有效高度为4~7米，高度太小，熔炼效果不好，渣含铅高，烟尘率增大。据皮里港铅厂的经验证明，炉子有效高度对渣含铅有显著的影响，1934年该厂把4号炉的有效高度从5.486米降为3.962米进行低料柱熔炼，结果不仅熔解量显著降低，而且渣含铅明显升高。目前，国外炼铅厂炉子的常用有效高度为5~6米，但也有个别厂采用高料柱作业，如墨西哥的圣·路易斯一波托斯铅厂炉子的料柱高度为7.9米，由于料柱高，又用两段沉淀，故废渣含铅小于1%。美国利德维尔铅厂一台炉子的有效高度为7.5米。

大多数炼铅厂的鼓风炉的风口比为2~3%，风口直径为70~100毫米。风口比过大，使熔化区温度不集中，影响熔炼正常进行。

在五十年代，一些知名的炼铅厂，如特雷尔、克洛格等厂的鼓风炉的生产率为35~50吨/米<sup>2</sup>·昼夜，而某些工厂，如赫克勒尼姆、米德瓦尔、埃尔·帕索、圣·加维诺等厂则为70~100吨/米<sup>2</sup>·昼夜，这说明并非所有工厂都只追求高的床能力，而应兼顾其它技术经济指标。五十年代后，由于技术进步及设备的改进，再加上氧气和热风的应用，鼓风炉的床能力都有大幅度提高。据1969年的资料，特雷尔厂和克洛格厂的鼓风炉床能力按炉料计已达到90~100吨/米<sup>2</sup>·昼夜。

大多数炼铅鼓风炉的焦率波动在9~12%。西德的一些炼铅厂，在鼓风炉炉料中配入了大量返渣，因此，焦率很低，如宾斯菲尔德哈姆铅厂鼓风炉炉料组成为：烧结块74.3%，返渣24.7%，石灰石1%，床能力为70吨/米<sup>2</sup>·昼夜，焦率仅8%。这种加入大量返渣的熔炼法，尽管焦率低，但无论如何不是好方法，既浪费了焦炭，又降低了炉子的有效生产能力，从经济上说是合算的。

近年来逐渐广泛地采用连续放铅和连续放渣的作业。美国的一些铅厂趋向于用美国熔炼与精炼公司的连续放铅、放渣法。此法是将粗铅炉渣同时经过放出口的溢流堰连续放入前床，然后按比重不同进行分离。这种方法是近15年来美国熔炼与精炼公司的东海伦娜铅厂发展起来的。埃尔·帕索、布依克、图艾尔、托雷翁及皮里港等厂都采用了这一技术。

在美洲尤其是美国的炼铅厂都趋向采用高钙渣，以降低渣含铅。布依克铅厂的渣成分为：

Pb	SiO <sub>2</sub>	FeO	CaO	ZnO	MgO	S
1.5~2%	20%	30%	19%	8%	4%	1.3%

埃尔·帕索铅厂的渣成分为：

Pb	Cu	SiO <sub>2</sub>	CaO	FeO	ZnO
1%	7%	20~22%	17~18%	32~35%	12~15%

克洛格铅厂的渣成分为：

Pb	FeO	SiO <sub>2</sub>	ZnO	CaO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
1~2%	24~25%	24~25%	24~25%	13~14%	4~5%

东海伦娜铅厂的渣成分为：

Pb1.2%，FeO29%，SiO<sub>2</sub>22%CaO20%，ZnO19%

塞比尔铅厂渣成分为：

Pb0.7%，FeO30.5%，SiO<sub>2</sub>23.5%，CaO21.5%，ZnO14.5%

目前，有些工厂的鼓风炉趋向于采用大断面及双排风口结构，以强化熔炼，提高生产能力；趋向于采用富氧和热风，以节省焦炭并降低生产成本。皮里港铅厂对鼓风炉的结构进行了大量研究和改进，自1947年后，形成了一种比较合理的炉型，即所谓“皮里港”型，在世界各地得到了推广。“皮里港”型鼓风炉的特点是双排风口和具有椅形水套的炉腹。据称，1953年底该厂曾建成一座这样的炉子，其生产能力比同样大小的其它炉子提高了一倍。富氧鼓风在加拿大和美国已有较长时间的实践，采用富氧鼓风使炉子处理量增加。美国东海伦娜炼铅厂的鼓风炉有两排风口。上排35个，断面积为2.743×6.096米<sup>2</sup>，下排有46个风口，风口断面积为1.524×6.096米<sup>2</sup>，风口直径为76.2毫米。炉子总高为7.467米，有效高度为4.877米。1961年进行了富氧鼓风工业试验，七天的试验证明，当鼓风含氧提高3%时，熔解量提高25.5%，焦耗下降9.7%。加拿大特雷尔铅厂采用含O<sub>2</sub>23.4%的富氧鼓风，生产能力提高20%，焦耗下降10%，风口区明亮，每班只需清理两次，渣含铅虽略有升高，但由于炉渣需进行烟化，故对回收率影响不大。苏联石山口铅锌厂采用含O<sub>2</sub>27%的富氧鼓风，生产能力提高了15~20%，焦耗下降10~15%，炉况良好，过程稳定，由于焦点区温度升高，可产高锌（含Zn达30%）炉渣。日本从六十年代起开始大力研究预热鼓风，现已在直岛、细仓、神岗、佐贺关、契岛等厂采用，风温为250~400℃，生产能力提高30%，焦耗下降30%，炉内高温焦点区集中，从而降低了渣含铅，炉顶温度有所下降，炉况稳定。苏联契姆肯特铅厂鼓风炉的风温达400~450℃，焦耗降低30%，生产能力提高10~15%。

为了提高劳动生产率，减少有害气体对人体的危害，许多工厂都设法提高自动化程度。如英国阿旺茅斯厂4号炉的加料系统采用了遥控和程序控制，美国克洛格炼铅厂鼓风炉的加料系统采用了工业电视。

#### 4. 粗铅精炼

熔炼产出的粗铅通常含Pb97~98%，需要进行精炼。由于火法精炼基建投资较省，经营费用较低，故国外一些工厂仍以火法精炼为主，只有约20%的粗铅采用电解精炼。

火法精炼趋向于过程连续化，目前，大多数工厂采用精炼铜和反射炉进行两段脱铜、反射炉连续脱砷、锑、锡。真空脱锌应用得越来越广泛，各工厂对于精炼过程中副产品的回收利用愈来愈重视。

电解精炼的劳动条件较好，能很好地回收金、银、铋、铊等有价值成分，一次作业可获纯度99.99%以上的精铅。目前，电解精炼趋向于采用大型设备，提高机械化水平以提高劳动生产率和降低生产成本。

##### 1) 火法精炼

脱铜 按粗铅含铜量不同，脱铜分为一段或两段。国外大多数炼铅厂进行两段脱铜，先进行熔析脱铜，然后进行加硫除铜。

皮里港铅厂采用反射炉进行连续熔析脱铜。据称，这是国外独一无二的操作。该厂有容量14.71米<sup>2</sup>的连续脱铜反射炉，炉子用重油加热。熔池较深，并设有隔墙把熔池分成四个区