



国外有色冶金工厂

铅 锌

(下 册)

陈维东 主编

153.152.61

国外有色冶金工厂

铅·锌

(下册)

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

(下册)

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31 $\frac{3}{4}$ 字数808千字

1988年7月第一版 1988年7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，列举了各个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

第二篇 锌冶金工厂

第三章 国外锌冶金现状和发展趋势

一、概述	2
二、锌精矿焙烧	5
三、锌的火法冶炼	6
1. 平罐蒸馏法	7
2. 竖罐蒸馏法	7
3. 电热熔炼法	8
4. 鼓风炉熔炼法	9
5. 回转窑挥发法	10
6. 喷射炼锌法	10
四、锌的湿法冶炼	10
1. 概述	10
2. 浸出	11
3. 溶液净化	12
4. 电解	13
5. 湿法冶金的研究	14
五、综合回收及残渣处理	15

第四章 国外锌冶金工厂

亚洲地区

日本

饭岛锌冶炼厂	20
彦岛炼锌厂	31
广岛炼锌厂	39
神岗锌冶炼厂	45
安中锌冶炼厂	55
细仓锌冶炼厂	62
秋田湿法炼锌厂	72

会津锌冶炼厂	83
三池锌冶炼厂	89
三日市锌冶炼厂	101
播磨铅锌冶炼厂	108
八户铅锌冶炼厂	115
小名滨氧化炼厂	123
四版岛再生铅锌厂	126
会津氧化锌厂	128
印 度	
德巴里锌冶炼厂	130
奥韦尔锌冶炼厂	132
土 耳 其	
开塞利炼锌厂	133
泰 国	
达府锌冶炼厂	137
非 洲 地 区	
摩 洛 哥	
波·贝克氧化锌厂	138
阿 扎 尼 亚 (南 非)	
沃格尔斯特·罗斯布尔特锌电解厂	139
纳 米 比 亚 (西 南 非)	
凯林氧化锌厂	142
赞 比 亚	
卡布韦铅锌冶炼厂	150
布罗肯·希尔锌电解厂	157
扎 伊 尔	
科尔韦齐锌电解厂	162
欧 洲 地 区	
西 德	
杜伊斯堡铜厂锌生产	163
尼芬海姆炼锌厂	167
哈兹(奥克)炼锌厂	169
杜伊斯堡铅锌冶炼厂	181

达特恩锌电解厂.....	193
诺尔登汉锌电解厂.....	204
施蒂策尔贝格冶炼厂氧化锌生产.....	208
荷 兰	
布德尔锌电解厂.....	209
西 班 牙	
卡塔黑纳锌电解厂.....	215
毕尔巴鄂锌电解厂.....	227
葡 萄 牙	
里斯本炼锌厂.....	229
意 大 利	
维斯姆港铅锌冶炼厂.....	231
维斯姆港锌电解厂.....	235
马格拉港锌电解厂.....	241
诺萨港电锌解厂.....	247
英 国	
阿旺茅斯铅锌冶炼厂.....	251
斯温西铅锌冶炼厂(已停产).....	267
明沃思锌厂.....	274
维多利亚锌厂.....	275
杜哈姆化学公司锌粉生产厂.....	277
哈特利普尔锌电解厂.....	279
法 国	
诺耶列斯—高道尔特铅锌冶炼厂.....	279
奥贝炼锌厂.....	284
维维埃锌电解厂.....	286
比 利 时	
巴伦锌电解厂.....	288
奥文佩尔特锌电解厂.....	300
埃恩锌电解厂.....	301
芬 兰	
科科拉锌电解厂.....	305

挪 威	
埃特海姆锌电解厂.....	319
奥地利	
加伊利茨锌电解厂.....	325
南斯拉夫	
铁托夫·佛累斯铅锌冶炼厂.....	329
美洲地区	
加拿大	
特雷尔锌电解厂.....	328
瓦利菲尔德锌电解厂.....	334
提明斯炼电解厂.....	346
弗林·弗朗锌电解厂.....	355
美 国	
帕尔默顿炼锌厂.....	369
德甫炼锌厂.....	375
约瑟夫城炼锌厂.....	385
巴特勒斯维尔锌电解厂.....	401
科尔普斯·克列斯特锌电解厂.....	409
萨格特锌电解厂.....	415
大瀑布锌电解厂.....	422
阿纳康达锌电解厂.....	428
克洛格锌电解厂.....	430
克拉克斯维尔锌精炼厂.....	434
布莱克韦尔锌精炼厂.....	443
米多布鲁克锌厂.....	447
墨西哥	
新罗西塔炼锌厂.....	449
萨尔提尤炼锌厂.....	449
托雷翁锌电解厂.....	460
巴 西	
依塔库艾锌电解厂.....	463
秘 鲁	
艾罗亚锌电解厂.....	464

澳大利亚

科克—克里克铅锌冶炼厂.....	466
皮里港锌电解厂.....	479
里斯登锌电解厂.....	484

附 录

附表1. 国外一些铅生产厂家.....	497
附表2. 国外一些锌的生产厂家.....	502

锌冶金工厂

第三章 国外锌冶金现状及发展趋势

一、概 述

锌是一种“古老”的金属，我国早在唐朝以前就掌握了生产锌与铜的合金——黄铜的技术，是世界最早生产和使用黄铜的国家。金属锌的生产方法也是首先由我国发明的，已有九百多年的历史。后来金属锌的冶炼技术从我国输往欧洲，到十八世纪欧洲才有锌的冶炼。

二十世纪以来，世界锌产量增长速度较快，尤其是六十年代以后增长更加迅速。据统计，国外锌的产量从1967年的492万吨，增加到1978年的589万吨，在这期间年平均增长率为2.1%。按文献资料所作分析，未来锌产量的增长率将会下降。可以预料，1978~1990年间锌产量年平均增长率将为1.8%，而1990~2000年期间年平均增长率将为1.5%。按上述增长率推算，1990年国外锌产量将达到729万吨，而到2000年时将达到846万吨。

1985年，国外锌的总产量为638.85万吨(见表1)，其中苏联的产量占首位，为105万吨，其次是日本，达73.96万吨，加拿大为69.24万吨，美国为31.16万吨，西德为36.69万吨，澳大利亚为28.84万吨。

目前全世界已探明的锌储量大约为一亿五千万吨，可满足2000年前之需要。

据统计，1985年国外锌的总消耗量约为611.35万吨，其中苏联消耗量最大，为100万吨，占16.35%；美国为94.06万吨，占15.38%；日本78.0万吨，占12.7%；西德为40.88万吨，占6.68%，法国为24.69万吨，占4.0%；意大利为21.8万吨，占3.5%；英国为19.51万吨，占3.1%。

在世界锌的消耗中，约有50%以上的锌用于镀锌工业，以保护钢铁制件。此外还用于加压铸造、黄铜及青铜等合金的生产及其它方面。近些年来，锌还用来制造微晶锌版及高强度锌铝合金。

1983年，美国锌的消耗按用途的分配百分比大致为：镀锌占42.98%，压铸合金占22.55%，黄铜合金占13.32%，轧制锌占6.09%，氧化锌占2.81%，其它占12.34%。

锌的生产方法分火法和湿法。火法炼锌的方法有：平罐蒸馏法、竖罐蒸馏法、电热法及鼓风炉熔炼法。火法炼锌的基本过程是将硫化锌精矿预先焙烧或烧结脱硫后，用间接或直接加热的办法加入焦炭进行还原蒸馏，然后将锌蒸汽冷凝成粗锌。为了获得纯度较高的锌，粗锌需要进一步精炼。湿法炼锌也是预先将硫化锌精矿焙烧后，用废电解液进行浸出，使锌进入溶液，然后将溶液净化，最后电解产出电解锌。

1915年以前，平罐炼锌几乎是唯一的锌生产方法。由于此法比较落后，目前已基本上被淘汰。竖罐炼锌发展很慢，其占锌产量的百分比在不断下降，只有少数厂家采用。电热法炼锌自1930年至今，世界上只有四个厂家采用此法生产，几乎无发展。湿法炼锌从1915年第一个湿法厂投产以来，发展迅速，目前已成为占绝对优势的炼锌方法。五十年代初出现的鼓风炉熔炼法，由于它设备能力大，并能同时炼出锌和铅，因而一度引起人们较大的重视。从六十年代以来，此法发展迅速，增产幅度较大。在六十年代初，鼓风炉熔炼法与湿法形成了竞争的局面，但到六十年代末期，由于焦炭价格上涨，加上该法铅中毒和产品质量低等缺点，发展已减慢了。目前除处理混合硫化铅锌精矿外，已基本上失去其竞争力。表3为国外各种炼锌方法的产锌量的百分比。

国外锌的产量(1974~1985年)

单位: 万吨

表 1

国家或地区	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985
亚 洲												
印 度	2.11	2.57	2.68	3.60	6.19	6.33	4.36	5.74	5.26	5.41	5.55	7.09
日 本	85.08	69.84	74.21	77.84	76.79	78.94	73.52	67.02	66.24	70.13	75.44	73.96
南 朝 鲜	1.15	2.08	2.71	3.16	5.90	8.08	7.57	8.10	9.92	10.79	10.85	11.17
朝 鲜	13.00	14.00	13.50	13.50	13.00	12.00	10.50	10.50	10.00	10.50	11.50	18.00
越 南	0.50	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
土 耳 其	—	—	0.23	1.61	1.73	1.72	1.26	1.81	1.49	1.43	1.95	2.22
非 洲												
阿尔及利亚	0.40	0.50	0.60	1.60	2.57	2.33	2.50	2.70	2.85	3.12	3.5	3.57
南 非	6.54	6.37	6.62	7.60	7.91	7.53	8.14	8.09	7.97	8.24	9.03	9.37
扎 依 尔	6.87	6.56	6.06	5.11	4.35	4.37	4.38	5.76	6.44	6.25	6.61	6.61
赞 比 亚	5.83	4.69	3.83	4.01	4.24	3.82	3.28	3.33	3.92	3.79	2.92	2.28
欧 洲												
奥 地 利	1.65	1.69	1.66	1.68	2.20	2.32	2.21	2.27	2.34	2.33	2.39	2.52
比 利 时	28.88	21.82	23.61	27.36	23.29	25.26	24.76	23.47	22.83	26.26	27.07	27.14
芬 兰	9.18	10.99	11.06	13.80	13.29	14.66	14.67	13.98	14.39	15.53	15.88	16.06
法 国	27.67	18.11	23.33	23.83	23.12	24.90	25.28	25.75	24.37	24.95	25.88	24.72
联邦德国	40.00	29.47	30.48	35.48	30.68	35.55	36.52	36.61	33.36	35.65	35.63	36.69
民主德国	1.50	1.52	1.50	1.55	1.60	1.70	1.60	1.60	1.70	1.65	1.70	1.70
意 大 利	19.64	17.97	19.12	16.94	17.76	20.28	20.67	18.09	15.82	15.56	16.68	21.01
荷 兰	7.82	11.60	12.32	10.94	13.53	15.40	16.95	17.74	18.60	18.75	20.97	20.28
挪 威	7.24	6.09	6.44	6.98	7.16	7.78	7.91	8.03	7.9	9.07	9.42	9.27
葡 萄 牙	—	—	—	—	—	—	0.20	0.46	0.42	0.38	0.64	0.59
西 班 牙	13.00	14.67	14.93	14.01	17.70	18.60	15.17	17.95	18.18	18.99	20.74	21.33
英 国	8.44	5.34	4.16	8.15	7.36	7.67	8.67	8.17	7.93	8.77	8.56	7.43
南斯拉夫	7.94	8.91	9.55	9.88	9.52	9.89	8.45	9.64	8.68	8.80	9.26	8.34
保加利亚	8.00	8.00	9.25	9.00	9.10	8.90	9.10	9.00	9.00	9.3	9.3	9.00
匈 牙 利			0.07	0.06	0.07	0.07	0.07	0.07	—	—	—	—
波 兰	23.30	24.31	23.70	22.82	22.20	20.90	21.70	16.70	16.54	17.03	17.61	18.01
罗马尼亚	5.00	5.57	5.34	5.19	4.98	4.65	4.59	4.52	4.40	4.20	4.78	4.50
苏 联			100.0	102.0	105.5	108.5	106.0	106.0	105.0	106.0	105.0	105.00

续表 1

美 洲												
加 拿 大	43.77	42.69	47.23	49.48	49.54	58.04	59.16	61.87	51.19	61.7	68.3	69.24
美 国	57.49	44.99	51.47	45.43	44.15	52.57	36.99	39.30	30.25	30.51	33.12	31.16
阿 根 廷	3.72	3.95	3.52	2.90	3.67	3.87	3.87	2.68	2.89	3.44	2.87	3.04
巴 西	3.05	3.14	4.32	4.72	5.61	6.83	7.88	9.18	9.60	3.99	10.69	11.61
墨 西 哥	13.68	16.32	17.16	17.44	17.22	15.96	14.54	13.01	13.16	17.96	18.52	18.44
秘 鲁	6.90	6.32	6.44	6.70	6.29	6.84	6.38	12.86	16.07	15.58	14.85	16.31
大 洋 洲												
澳大利 亚	28.38	20.13	24.92	25.64	29.48	31.02	30.60	30.04	29.59	30.30	30.64	28.84
国外总计	585.73	534.21	563.02	581.01	588.70	628.29	600.48	602.93	579.30	613.36	638.85	653.51

国外金属锌的标准及典型成分见表2。

国外金属锌的标准成分, %

表 2

级 别	Zn	Pb	Fe	Cd	Sn	Cu	Al
特 级 锌	99.99	0.001	0.0007	0.0005	0.0005	0.0002	<0.001
高 级 锌	99.95	<0.01	0.0007	0.0006	0.0005	0.0003	<0.001
西 方 初 级 锌	99.00	0.86	0.001	0.0005	0.0005	0.0002	<0.001

国外各种炼锌方法的产锌量, %

表3

生产方法	1965年	1970年	1975年	1980年	1985年
电解法	49	57	70	73	74
平罐法	26	14	3	1	1
竖罐法	11	11	8	6	6
电热法	8	7	7	6	5
鼓风炉法	6	11	12	14	14

从1968年开始, 黄钾铁矾法应用于湿法炼锌, 使得传统的湿法炼锌的回收率从87~93%提高到96~98%。这是近十多年来湿法炼锌技术发展的突出成就, 因而使该法发展迅速。

到目前为止, 世界上生产的锌, 除少数几个厂是从菱锌矿和异极矿提取的外, 绝大部分是从硫化锌精矿中提取的。硫化锌精矿中往往伴生有多种有价元素, 除铁和硫外, 还含有铜、铅、镉、汞、贵金属和稀散金属等。

因此, 综合利用这些金属, 是较为重视的课题。例如, 世界上产出的镉中大部分是从炼锌过程中获得的。

无论是火法炼锌还是传统的湿法炼锌, 其残渣都含有较高的锌和其它有价金属, 这种残渣必须再单独进行处理。残渣处理过程较复杂, 费用也较高。处理锌浸出渣的新法有黄钾铁矾法、针铁矿法、赤铁矿法和转化法。这些方法的出现使浸渣处理大为简化, 并能直接产出可丢弃的“废渣”。黄钾铁矾法还可以用来有效地处理火法的残渣及其它含锌残料。

二、锌精矿焙烧

目前,世界上绝大部分的锌都是从硫化锌精矿中提取的。除鼓风炉焙烧法以外,其他各种炼锌方法,都要求优质的“单一”锌精矿,以保证高的冶炼回收率和较好的产品纯度。例如,在传统的湿法炼锌生产中,锌的冶炼回收率随锌精矿的含锌的增加而提高。锌精矿中铁的含量愈低,则锌的回收率就愈高。因此,人们力求在选矿厂产出含杂质少(尤其是铁),品位高的锌精矿。但是,对于一些复杂铅锌矿,现代的选矿技术还不能经济而有效地分离。在这方面,鼓风炉焙烧法却具有独特的适应性和优点。

用火法从硫化锌精矿中提取锌,需先将硫化锌精矿进行焙烧或烧结,以除去硫和其它有害杂质,然后再按所选定的流程进一步提取锌。火法炼锌的焙烧或烧结,是将硫化锌精矿进行死烧,尽可能完全地脱除硫;而湿法炼锌的焙烧,虽然也要求尽可能完全地将硫化物硫脱尽,但希望在焙砂中保留约3%的硫酸盐形态的硫,以补偿在下一步浸出和电解时的酸耗。

五十年代前,世界各国广泛采用机械多膛炉进行氧化焙烧,这种设备的缺点是:1)生产能力低,每昼夜每平方米炉床面积的脱硫量仅为70公斤左右;2)烟气中二氧化硫浓度低,最高为3%左右;3)设备维修麻烦;4)焙砂中铁酸盐含量高。因此,这种古老的焙烧设备逐渐被淘汰或改造。自六十年代起新建的工厂均未采用此种设备。

悬浮焙烧炉于1930年开始在工业上应用,克服了多膛炉的缺点,曾一度在某些工厂采用。但是,这种设备也有一些缺点:由于精矿在炉内的焙烧过程系发生在颗粒悬浮于气流中的短暂时间内,因此,要求精矿粒度很细,为此,通常需要将浮选精矿再磨细;粒度较细的焙砂使得浸出后的矿浆浓密和过滤困难;此外,悬浮炉本身的操作也困难。因而六十年代后期新建的工厂几乎均不采用悬浮焙烧炉,而广泛采用沸腾焙烧炉。

沸腾焙烧技术在五十年代初开始用于焙烧锌精矿。由于沸腾炉具有生产能力大、烟气含 SO_2 浓度高、温度分布均匀、结构简单、容易操作、易于自动化,能较准确地控制焙烧过程,能产出所要求质量的焙砂等一系列优点,所以广泛地用来焙烧锌精矿。近20年来,新建的冶炼厂大多数都采用沸腾焙烧。

五十年代,沸腾焙烧技术的特点是:炉子直径一般不超过6~7米,炉膛高度不超过10米;皆为浓相层(即道尔型沸腾炉)的工作制度;在氧化焙烧时,炉子的生产能力一般为4~6吨精矿/米²·昼夜。

随着沸腾焙烧技术的发展,六十年代以后,都趋向于采用鲁奇型沸腾炉进行稀相焙烧。鲁奇型沸腾炉的优点是:1)焙烧流程简单,设备少;2)空气直线速度大(约2米/秒),物料在炉内形成稀相焙烧,使过程更加强化,因而单位炉床面积的处理能力可达20吨精矿,比道尔型沸腾炉高三倍以上;3)适于处理易熔结的物料。此种炉型的缺点是:物料在炉内停留时间短,因而不易使硫脱尽;此外,80~90%的炉料被烟气带走,增加了收尘系统的负荷,而且烟尘易形成结块,也增加了清理的困难。

为了克服鲁奇型沸腾焙烧炉的缺点,出现了锌精矿制粒沸腾焙烧。

在加料方式方面,有干法加料和湿法加料。采用干法加料时,收尘系统包括余热锅炉、旋风收尘器、电收尘器等装置;采用湿法加料时,由于炉气中含有大量的水汽,不利于采用电收尘器处理,而宜采用快速收尘器和洗涤塔。

1966年，加拿大电锌公司的瓦利菲尔德电锌厂建立了两座日处理200吨锌精矿的鲁奇型湍动层沸腾炉，炉床面积为34米²，有3,300个风孔，风孔直径为6.35毫米。采用干法加料，沸腾层高度为1米。沸腾层温度为950℃，悬浮层温度为970℃，采用余热锅炉-旋风收尘器-电收尘器的收尘装置。焙烧产物分配是：沸腾层溢流占10—15%，余热锅炉烟尘—55—65%，旋风收尘器—20—25%，电收尘器—2—6%。每吨精矿可产出1.05—1.15吨蒸汽。

日本三菱金属矿业公司秋田湿法炼锌厂的沸腾炉直径为10.4米，高7.5米，溢流口高1.1米。采用湿法加料，矿浆含水25%，用自动喷水装置调节炉温。收尘系统为余热锅炉-旋风收尘器-洗涤塔。沸腾层温度为930℃，处理的精矿含硫31.7%，焙砂含硫化物硫0.3%，含硫酸盐硫为2.17%。焙砂分布是溢流口占53.5%，收尘系统占46.5%。每吨精矿产出0.85吨蒸汽。该厂沸腾炉的一个特点是，装有两套废热锅炉和旋风收尘器，交替使用，便于清理烟灰粘着物。炉子处理能力为535吨精矿/日。

1969年，日本东邦锌公司小名浜厂建立了一座直径13米的大型炉子，每日处理500吨精矿。炉子的作业采用遥控，并有防止空气和水污染的措施。

1969年，澳大利亚电锌公司里斯登厂建立了一座直径9.14/12.2米，高18.3米的鲁奇型沸腾炉，日处理357吨精矿，采用自动化控制，预计将采用富氧鼓风。该厂1975年又建成一座床面积为123米²的大型沸腾炉，每天处理将达800吨精矿。用两座沸腾炉代替该厂原有的全部悬浮焙烧炉。

美国新泽西公司德普炼锌厂于1967年建立了两座沸腾炉，炉子长11米，高4.3米，炉膛区宽685毫米。该厂处理精矿的平均成分为：Zn52%，Fe10%，S32%，Pb0.65%，Cd0.22%，脉石6%。精矿配料后，经φ3.65米的圆盘制粒机制粒，然后干燥到含水0.5%。干矿粒度为4—28目。制粒精矿装入沸腾炉内在1,000—1,100℃温度下平均焙烧2小时。产出的焙砂含硫1.35—2.1%，烟气含SO₂11.6%。

综上所述，与五十年代比较，从六十年代到今沸腾焙烧技术发展的特点是：1)炉子尺寸不断加大，处理量不断提高；2)趋向于采用鲁奇型沸腾炉进行稀相焙烧；3)为降低焙砂含硫，提高焙砂质量，出现了制粒高温沸腾焙烧，有的还采用了富氧空气；4)不断地提高机械化和自动化程度。

三、锌的火法冶炼

如前所述，火法炼锌的方法可分为：平罐蒸馏法，竖罐蒸馏法，电热熔炼法及密闭鼓风炉熔炼法。这些方法均属还原蒸馏的原理。

1. 平罐蒸馏法

平罐炼锌是一种古老的方法。此法虽具有投资少、设备简易、容易建设的优点，但是此法由于间歇作业、劳动强度大、操作条件差、锌的直接回收率低、燃料消耗大、耐火材料消耗多、劳动生产率低等缺点，处于被淘汰之中。目前，采用平罐炼锌的工厂多属于老的炼锌厂，而且在不断地进行技术改造。

平罐炼锌发展到现在，在加料及排料的机械化、改善劳动条件、减轻劳动强度、提高热利用率、降低燃料消耗、改善锌蒸汽的冷凝等方面，均有所改进。

比利时奥维尔特厂首先实现了加料和排料的机械化，并采用了新式的平罐炉。

墨西哥萨尔提尤炼锌厂于1964年末曾进行了扩建，这是六十年代唯一新建的平罐炼锌

厂，年产锌6万吨。该厂精炼的平均成分为：

Zn56.5%，Pb1.07%，Cu0.77%，Fe5.7%，Cd0.49%，As0.20%，SiO₂1.52%，Au0.35克/吨，Ag148克/吨。

精矿经多膛炉焙烧和两段烧结后，得到成品烧结块，其成分为：

Zn65.5%，Pb0.06%，Cd0.002%。

将烧结块与焦炭、蓝粉、食盐、萤石、冷凝器的富集物等一起装入平罐内进行蒸馏，焦炭比例占混合料重的15.3%。该厂有20座平罐炉，用煤气间接加热，每座炉有448个平罐，共计8960个平罐。每10座平罐炉有一个锌蒸汽冷凝器，进行集中冷凝。炉料的配料自动化，装料和排料采用奥维尔特厂的机械。平罐的操作数据如下：每座炉子的平罐容积为30.38米³，锌的回收率为90.7%；每吨精矿消耗811米³煤气；产渣率(占生精矿重量计)为22~24%；蒸馏周期为48小时，其中排渣和装料时间为4~4.5小时。

2. 竖罐蒸馏法

竖罐炼锌法是1927年开始在工业上应用的。与平罐炼锌法相比，此法前进了一大步，其优点是：过程连续化，生产率高；机械化程度较高；锌的回收率较高；燃料消耗较少。其缺点是：需要消耗昂贵的碳化硅材料和焦炭；炉料制备复杂，且费用高；粗锌需要精炼；由于系外部加热，限制了设备容量的扩大。因此，该法发展缓慢。采用此法炼锌的工厂多为六十年代前的老厂。目前世界上仍有10多个炼锌厂采用竖罐炼锌法，其中以美国新泽西公司帕尔默顿炼锌厂为最大，年产锌达10万吨。

美国帕尔默顿炼锌厂是首先采用竖罐炼锌的工厂。其生产流程是：硫化锌精矿经悬浮焙烧后，再与烧结返粉、无烟煤按比例混合，制成6毫米的小球后，在带式烧结机上进行一段烧结。烧结块破碎后，其中45%作为返粉，其余部分与焦粉混合，压成团块。团块干燥后，在焦结炉中利用竖罐燃烧室排出的废气加热并使之焦结。焦结后的团矿送竖罐蒸馏。该厂有竖罐炉32座，竖罐尺寸为1.83×0.305米，加热部分高7.6米，罐体用碳化硅砖砌成。采用转子冷凝器，蒸馏温度为1300℃。每天每平方米罐侧面的加热面积平均产锌146公斤，锌的挥发率为96%，进入金属锌的回收率为92%。

美国新泽西公司德普炼锌厂有27座竖罐，年产锌6.3万吨，该厂竖罐用碳化硅砖砌成，用天然气加热，燃烧室温度为1,280~1,330℃，罐体截面积为1.85×3.05米，采用转子冷凝器。主要技术经济指标为：每天每平方米竖罐加热表面产金属锌160公斤，锌的总回收率为92~93%，每吨锌消耗天然气374.5米³，竖罐热效率为45%，蓝粉产出率为12%，蒸馏残渣含锌2.5~3.0%。

3. 电热熔炼法

电热法炼锌是1930年由美国发展起来的，首先在美国圣·约瑟夫矿业公司的约瑟夫城炼锌厂获得工业上应用。此法较之平罐和竖罐炼锌法具有对原料成分要求不严，适于处理含铜、铁较高的原料、金属回收率高等优点，但该法耗电多、产品纯度低，需要精炼，只适于电价便宜的地区采用。

目前，采用电热法的厂家有约瑟夫城炼锌厂，日本三市冶炼厂和西德杜伊斯堡冶炼厂等。

约瑟夫城炼锌厂于1930年投产，年产锌22.2万吨(按金属锌计)，是世界大的炼锌厂之一，其产品有金属锌、氧化锌和锌合金等，此外，还副产镉、汞和硫酸等。

该厂处理精矿成分为：

Zn 52~56%，Pb 0.3~0.5%，S 31%，Cd 0.22~0.35%，Fe 5.0~7.8%，Cu 0.25~0.40%，Mn 0.12~0.20%，Sn 0.005~0.05%，Hg 0.004~0.013%。按不同精矿质量分别处理，以生产高纯锌、普通纯度锌和西方一级锌。

生产高纯锌和普通纯度锌的精矿经多膛炉焙烧后，再进行沸腾焙烧。生产西方一级锌的精矿进行悬浮焙烧。所有的焙砂经制粒后进行烧结。除高纯锌系统采用两段烧结外，其余均为一段烧结。产出的烧结块成分为：

Zn 55.5~58.6%，Pb 0.006~0.33%，Fe 7.9~8.9%，Cd 0.006~0.017%，SiO₂ 8.8~9.4%，S 0.10~0.15%。

该厂有17座竖式电炉，小炉的生产能力为16~25吨锌/日(按金属锌计)，大炉为100吨锌/日，入炉炉料(烧结块、焦炭及其它含锌物料)预热到750℃后装入，于1,200~1,400℃温度下在电炉内进行还原蒸馏。含锌烟气从蒸汽环排出，其平均温度为850℃，经冷凝后产出金属锌。电炉残渣含锌7%，送选矿厂处理。全厂主要指标如下：锌的总回收率95.6%，块焦消耗为580公斤/吨锌，粉焦消耗为100公斤/吨锌，天然气消耗为125米³/吨锌，CO气消耗为250米³/吨锌，电耗按全厂计3,360度/吨锌，竖式电炉用电2,683度/吨锌，从烧结块到金属锌耗电量为2,990度/吨锌。

美国新泽西锌公司帕尔默顿炼锌厂于1951年安装了一台5000千伏安的电弧炉，以处理斯捷列克矿区的铁锌矿。电炉为长方形，其规格为：9.75×4.9米²，高3米，有三根φ600毫米的石墨电极。烟气出炉温度控制在1000℃以上，以防止锌蒸汽被CO₂氧化。为产出流动性良好的炉渣，渣中CaO：SiO₂保持在0.861~1.4：1。炉渣温度为1350℃。当处理含Zn 50%，Fe 15%的锌精矿时，金属回收率为95%。精矿中约70%的铁、几乎全部的铜、金以及约30%的银进入生铁。电炉产出1吨粗锌耗电量为3,000度，电极消耗为5~7公斤。

4. 鼓风炉熔炼法

多年来，人们就寻求用鼓风炉炼锌的方法，但是，由于产生的锌蒸汽易氧化成氧化锌而未实现。英国经过了几乎30年的研究，采用高温炉顶(1,000~1,050℃)和铅雨飞溅冷凝器后，才于1950年实现了小规模的工业生产。

最初的工业化鼓风炉的风口面积为5.1米²，日产锌20吨，以后，炉子的宽度从1.52米增至3.05米，生产能力扩大到日产锌40吨和铅20吨。

由于鼓风炉熔炼法具有生产率高、投资少、金属回收率高，特别是适于处理含有锌、铅、铜的复杂矿石，因而引起了人们的很大重视。所以，在六十年代前期，此法曾得到迅速的发展。

1960年，英国首先在斯温西锌厂建立了一座炉床面积为17.2米²的标准型鼓风炉，年产锌5~7万吨。炉子有26个风口，其直径为85.6毫米，风口中心距为400毫米，炉子有效高度为5.64米。处理的烧结块成分为：

Zn 41.8%，Pb 21.1%，Fe 7.4%，Cu 0.5%，SiO₂ 4.2%，CaO 7.3%，Cd 0.06%，S 0.9%，要求烧结块含S<1%。

典型的炉渣成分为：

Zn 8.2%，Pb 0.7%，Cu 0.3%，S 2.7%，FeO 32.0%，SiO₂ 21%，CaO 29.6%，(FeO、SiO₂和CaO的数值均按渣不含锌时算出)。

主要指标如下：粗锌产量102~122吨/日，粗铅产量51~122吨/日，最大耗碳量112~