



中国有色金属工业协会专家委员会组织编写

有色金属系列丛书

中国锡业



ZHONG

E



冶金工业出版社

Metallurgical Industry Press



中国有色金属工业协会专家委员会组织编写

有色金属系列丛书

中国锡业

北 京

冶金工业出版社

2012

内 容 提 要

本书共分七篇,简要介绍了锡工业概况,锡及其主要化合物的性质与用途,锡矿资源及采选,锡冶炼,炼锡厂的“三废”治理,国内行业政策和国内外主要炼锡企业等内容。

本书简明扼要,浅显易懂,适合于从事锡冶金及相关专业的人员阅读。

图书在版编目(CIP)数据

中国锡业/中国有色金属工业协会主编. —北京:冶金工业出版社, 2012. 8

(有色金属系列丛书)

ISBN 978-7-5024-6034-1

I. ①中… II. ①中… III. ①锡—有色金属冶金—冶金工业—中国 IV. ①F426.32

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 182869 号

出 版 人 曹胜利

地 址 北京北河沿大街嵩祝院北巷 39 号, 邮编 100009

电 话 (010)64027926 电子信箱 yjchs@cnmip.com.cn

责任编辑 张熙莹 美术编辑 李 新 版式设计 孙跃红

责任校对 禹 蕊 责任印制 李玉山

ISBN 978-7-5024-6034-1

三河市双峰印刷装订有限公司印刷;冶金工业出版社出版发行;各地新华书店经销

2012 年 8 月第 1 版, 2012 年 8 月第 1 次印刷

148mm×210mm; 4.75 印张; 92 千字; 135 页

18.00 元

冶金工业出版社投稿电话:(010)64027932 投稿信箱:tougao@cnmip.com.cn

冶金工业出版社发行部 电话:(010)64044283 传真:(010)64027893

冶金书店 地址:北京东四西大街 46 号(100010) 电话:(010)65289081(兼传真)

(本书如有印装质量问题,本社发行部负责退换)

《有色金属系列丛书》

编辑委员会

主任委员 陈全训

常务副主任委员 高德柱

副主任委员 赵家生 丁学全 贾明星

尚福山 王健 文献军

潘文举 王琴华

总 编 贾明星

副 总 编 张洪国 王华俊 李宴武

王恭敏 潘家柱 钮因健

周菊秋 吴金生

编 辑 王惠芬 孙秀敏 徐国端

王繁滨 张龙 钟琼

刘华 邵朱强 杨鹏

《中国锡业》编辑委员会

主 编 莫建伟

副主编 吴伯增 刘国宇 李 季

编 辑 楚 斌 陈进中 陈光耀 杨培韬

编 审 钮因健 李宴武

序



为适应有色金属工业发展的需要，普及和提高有色金属知识，提升全国有色金属战线广大干部职工的思想业务素质，促进我国从有色金属生产大国向有色金属工业强国的转变，中国有色金属工业协会组织编写了《中国铜业》等有色金属系列丛书21本。《丛书》集中了全行业的智慧和力量，融知识性、实用性为一体，汇集了当今中国乃至世界有色金属领域的最新知识和信息，深入浅出，通俗易懂，是社会各界学习和提高有色金属知识的好教材和实用工具书。

有色金属是经济社会发展必不可少的基础材料和重要战略物资。有色金属作为功能材料和结构材料而广泛应用于人类生活的各个领域，成为当今高新技术发展和国防军工的重要支撑。目前，有色金属的生产和消费水平已经成为衡量一个国家社会进

步的重要标志。

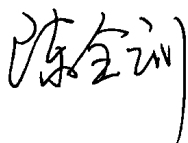
中国是生产有色金属品种最全的国家，门捷列夫化学元素周期表中的 64 种有色金属都能生产。中国是世界生产和消费有色金属最多的国家，到 2011 年十种有色金属产量已达 3438 万吨（快报数），连续 10 年位居世界第一，年消费有色金属已达 3580 万吨以上，连续 9 年位居世界第一。目前全国已有有色金属企业、事业单位 3 万多家，就业人员 360 多万。

有色金属涵盖的金属品种多。在元素周期表中，除了黑色金属铁、锰、铬，铜系和超铜系放射性金属外，余下 64 种金属都为有色金属。有色金属成矿条件复杂，矿床类型多样，矿体形态变化大，元素组合多样，勘探难度大，而且需要综合勘探、综合评价。有色金属结构复杂，多种矿物相嵌共伴生关系密切，选矿和冶炼的技术、装备复杂，工艺流程长。有色金属应用领域广，用途千差万别，材料的研制和加工复杂。有色金属元素在原矿中含量低，富集比都在几十、几百、几千甚至几万以上，导致在采矿、选矿和冶炼过程中固体废物多，节能环保压力大，工艺技术复杂。综合上述不难看出，

有色金属产业是固体矿产资源开发利用领域最复杂的产业，有色金属知识领域宽广、博大精深。

建设现代化的有色金属工业强国是全行业 360 多万职工为之奋斗的目标。我相信，《丛书》的出版发行，对增进全社会对有色金属工业的了解，推动全行业广大干部职工学习和掌握有色金属知识必将发挥积极重要的作用。让我们行动起来，为促进我国有色金属工业的持续、稳定发展，为实现有色金属工业发展的既定目标而奋勇前进。

中国有色金属工业协会会长



2012 年 8 月于北京

前 言



“十一五”以来，中国经济快速发展，极大地促进了锡冶金工业的发展壮大。为了便于社会各界深入浅出地了解 and 掌握锡冶金工业的历史、现状和发展，我们编写了这本科普型读物。

本书分七篇，简要介绍了锡工业发展史，锡及其主要化合物的性质与用途，锡矿地质、资源、采矿、选矿，锡冶炼，炼锡厂的“三废”治理，国内行业政策和国内外主要炼锡企业等内容。

全书简明扼要，浅显易懂，适合于关注或从事锡冶金行业的社会各界人士。

本书由云南锡业集团（控股）有限责任公司莫建伟主编，李季、刘国宇、楚斌、杨培韬，以及广西华锡集团股份有限公司吴伯增、陈进中、陈光耀参加了编写和校阅。中国有色金属工业协会原副会长钮因健、中国有色金属工业年鉴社原副总编

李宴武对全书进行了编审。在本书的编写过程中，主要参考了黄位森主编的《锡》(冶金工业出版社，2000年)，在此深表感谢。

由于时间仓促，加之参编人员水平所限，书中不足之处敬请读者批评指正，竭诚感谢。

编 者

2012年6月

目 录



第一篇 概论 1

第一章 锡工业的发展 1

第二章 锡及其主要化合物的性质与用途 4

第一节 锡的性质 4

第二节 锡及其化合物的用途 8

第二篇 锡矿的形成与分布 18

第三篇 锡矿的采矿和选矿 21

第一章 锡矿物概要 21

第二章 锡矿开采的特点 22

第三章 砂锡矿开采 22

第一节 机械开采 23

第二节 水力机械化开采 23

第三节 采锡船开采 26

第四节 砂锡矿开采的环境保护 27

第四章 脉锡矿开采	28
第一节 脉锡矿的主要类型	28
第二节 矿床开拓	29
第三节 采矿方法	30
第四节 脉锡矿地下开采的环境保护	31
第五章 锡矿石的选矿	32
第一节 概述	32
第二节 锡矿石重选	36
第三节 锡石浮选	37
第四篇 锡的冶炼	40
第一章 锡精矿的炼前预处理	40
第一节 概述	40
第二节 锡精矿的焙烧	42
第二章 锡精矿的还原熔炼	53
第一节 概述	53
第二节 还原熔炼的基本原理	54
第三节 锡的反射炉熔炼	62
第四节 电炉熔炼	64
第五节 澳斯麦特炉炼锡	67
第三章 粗锡的精炼	77
第一节 概述	77
第二节 锡的火法精炼	80

第三节 粗锡和焊锡的电解精炼	103
----------------------	-----

第五篇 炼锡厂的“三废”治理 111

第一章 概述	111
--------------	-----

第二章 废气的治理	112
-----------------	-----

第一节 炼锡厂烟气与烟尘的特点	112
-----------------------	-----

第二节 电收尘的生产工艺	114
--------------------	-----

第三节 滤袋收尘的生产工艺	115
---------------------	-----

第四节 低浓度 SO ₂ 烟气的处理	117
-------------------------------------	-----

第三章 废水的治理	118
-----------------	-----

第一节 高砷污水的产出	118
-------------------	-----

第二节 高砷污水的处理流程和原理	119
------------------------	-----

第四章 废渣的处理	120
-----------------	-----

第一节 烟化炉渣的处理	120
-------------------	-----

第二节 污泥渣的处理	121
------------------	-----

第六篇 行业政策 123

第一章 生产及出口配额管理	123
---------------------	-----

第二章 准入条件	124
----------------	-----

第七篇 世界主要产锡企业 127

第一章 全球十大产锡企业	127
--------------------	-----

第二章	中国云南锡业股份有限公司	128
第三章	印度尼西亚蒂玛公司	129
第四章	玻利维亚文托炼锡厂	130
第五章	秘鲁米苏尔冶炼厂	130
第六章	广西华锡集团股份有限公司	131

附 录	133
-----------	-----

附录一	64 种有色金属元素	133
附录二	元素周期表	135

概 论

第一章 锡工业的发展

锡是人类发现最早、应用最早的金属之一。在我国的一些古墓中，常发掘到一些锡壶、锡烛台之类的锡器。在埃及的古墓中，也发现有锡制的日常用品。由铜和锡组成的青铜合金的发现、生产和广泛应用，给人类文明史上写下了极为辉煌的一页，这便是“青铜器时代”。中国有悠久的用锡和炼锡历史。据报道，唐山出土的一件铜耳环（距今约 4000 余年）主要成分是含有一定数量锡的铜合金。河南偃师县二里头成批出土的商朝早期的青铜凿、小刀等器物，其年代为公元前 (1245 ± 90) 年。通过对青铜器的化验表明，它们是由分别炼出的铜和锡配制成的合金，表明中国在公元前 1200 年左右就已掌握炼锡技术。

我国锡资源丰富，云南个旧和广西大厂是世界著名的大锡矿，此外，广西、广东、江西等省也蕴藏有较多的锡资源。我国产锡历史悠久，个旧是早已闻名世界的“锡都”，早在西汉时期锡的采冶业就很发达，发展到清朝已非常兴

盛。到清末光绪三十一年（1905 年），设个旧厂官商公司，使用进口机器设备和聘用外国专家开展生产作业。至 20 世纪 30 年代末期，个旧锡业达到新中国成立前的鼎盛时期，个旧锡的最高年出口量已达到 1.1 万吨。新中国成立后，我国锡生产发展迅速，除了加强和发展传统的云南个旧锡基地外，还开发和建设了广西大厂新的锡及其伴生资源综合利用基地。特别是改革开放后发展更快，1990 年我国锡产量达到 3.58 万吨，2000 年迅速发展到了 11.24 万吨，2010 年又提升到 15.9 万吨，成为世界第一位产锡国。

古人利用锡氧化物易还原的性质，从锡石中提取锡。最原始的炼锡炉是所谓的地坑炉——在地面上挖坑，里面抹上黏土，装满木柴后点火，烧至通红，陆续加入锡砂矿，然后在其上再加入木柴和锡砂矿进行还原熔炼，产出的金属锡沉积在坑的底部。后来出现了原始的黏土竖炉，并使用原始的风箱向炉内鼓风。

马口铁罐头盒储存食物技术的发展和 18 世纪工业革命的爆发，刺激了锡的生产。据记载，1880 年世界锡产量为 3.8 万吨，到 1894 年就增长了 1 倍以上，1925 ~ 1929 年世界锡的平均年产量为 16.3 万吨。目前世界锡产量约 60 万吨。

传统的炼锡设备有鼓风炉、反射炉和电炉，它们都是从原始的竖炉发展而来的。反射炉炼锡是 18 世纪初在英国康沃尔开始采用的，康沃尔产出的锡曾经一度满足全欧洲的需要。电炉炼锡则是 1934 年由扎伊尔马诺炼锡厂首先采用的。

鼓风炉炼锡只有少数厂家采用。新的炼锡设备有转炉、卡尔多炉和澳斯麦特炉，其中澳斯麦特炉的发展最引人注目，有着广泛的应用前景。

现今的炼锡厂采用的工艺流程可分为两种，即处理高品位精矿的传统“二段熔炼”流程和处理中等品位精矿的“熔炼和烟化”组合流程。烟化炉取代了传统的第二段熔炼，可以实现较彻底的铁锡分离，提高锡的总回收率，并能处理各种低品位复杂含锡物料，所以获得迅速发展。

粗锡火法精炼已有一千多年的历史。世界上大多数炼锡厂都采用火法精炼粗锡，所产出的精锡约占精锡总产量的90%。粗锡火法精炼技术主要有真空蒸馏除铅、铋和离心过滤除铁、砷等。

粗锡电解精炼始于20世纪初期，现今世界上电解精炼生产的精锡约占精锡总产量的10%。

1932年，世界锡生产国成立了国际锡研究协会，以研究和开发锡的应用，其执行机构是国际锡研究所。

1956年，世界锡生产国和消费国成立了国际锡理事会，其主要目的是通过锡生产国和消费国间的协商，实现世界锡生产量和消费量的平衡，减缓产销矛盾，避免锡价的过分波动。

1983年3月，锡生产国协会（ATPC）宣告成立，其宗旨是：“促进成员国之间的密切合作，通过维护锡工业，稳定锡价，强化研究、发展和销售，进一步扩大锡的用途，捍卫成员国在锡工业中的权益。”成员国有澳大利亚、马来西