



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

中国稀散金属



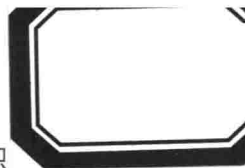
ZHONGGUO XISAN JINSHU



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



有色金属系列丛书

中国稀散金属

北 京

冶 金 工 业 出 版 社

2014

内 容 简 介

本书共分六篇,简要而全面地介绍了镓、铟、铊、锗、硒、碲的有关知识和产业基本情况,包括元素的发现、物理和化学性质、主要用途、产品形式、资源分布、提取方法和工艺技术、产业基地和主要生产商、市场供求、价格变化、循环经济、环境保护等。

本书适合从事相关产业生产、消费、贸易、投资的专业人员阅读和参考。

图书在版编目(CIP)数据

中国稀散金属/中国有色金属工业协会主编. —北京:冶金工业出版社, 2014. 5

(有色金属系列丛书)

ISBN 978-7-5024-6504-9

I. ①中… II. ①中… III. ①稀散金属—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(2014)第 083287 号

出 版 人 谭学余

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 yjcbbs@cnmip.com.cn

责任编辑 张熙莹 美术编辑 彭子赫 版式设计 孙跃红

责任校对 李 娜 责任印制 李玉山

ISBN 978-7-5024-6504-9

冶金工业出版社出版发行;各地新华书店经销;三河市双峰印刷装订有限公司印刷
2014 年 5 月第 1 版, 2014 年 5 月第 1 次印刷

148mm×210mm; 7.125 印张; 139 千字; 203 页

29.00 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

《中国稀散金属》编辑委员会

主 编 唐武军 冯君从

副主编 裴立双

编 辑 杨美彦 夏 丛 郭秋影 何笑辉

王伟伟 郭 宁 刘 丁 刘 麦

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》（共21本）。《丛书》集中了全行业的智慧和力量，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，融知识性、实用性为一体，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。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 种元素的有色金属都能生产。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元素外，余下 64 种都为有色金属元素。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，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

陈全训

2012 年 8 月于北京

前 言



根据中国有色金属工业协会的统一要求，所属各分会要针对自己所辖品种编写一本兼具专业性、科普性和趣味性的书，以满足国家相关部门、资产管理和投融资机构、企事业单位、基础行业从业人员等不同层次的需求，增强其对有色金属行业的认识，铟铋锗分会承担了铟、锗、镓、硒、碲和铊等六个品种的撰写任务。在广大会员企业的支持下，经过一年多的时间，铟铋锗分会终于完成了全部内容的写作。

铟、锗、镓、硒、碲和铊属于稀散金属，资源稀缺，全球原生精炼金属年产量都不足千吨，它们是铜、铝、铅、锌四种基本金属生产过程中的副产品，除了硒之外的其他五种金属在铅锌冶炼过程中

都有产出，硒和碲主要是铜的副产品，镓大部分是氧化铝生产过程中的副产物。六种金属除了铈之外都是薄膜太阳能电池的重要原材料，铜铟镓硒电池和碲化镉电池是目前世界上产业化程度最高的薄膜太阳能电池。

铟被誉为合金维生素，与许多材料形成特殊合金，具有节能环保的功效，抗腐蚀、反辐射、反光射、防雾，可广泛用于节能玻璃和焊料、轴承制造。铟可以与一些金属和非金属形成半导体化合物，最典型的有锑化铟、磷化铟、砷化铟，在红外探测、光纤通信方面展现出广阔的应用前景。在太阳能电池领域，含铟化合物薄膜材料正异军突起，以其高转换率、低成本、便于携带等优势受到瞩目。以信息技术为中心的新产业仍在日新月异发展，铟锡氧化物（ITO）是各类平板显示器不可缺少的关键材料，目前全世界的铟有 75% 左右消耗在这方面，未来仍然大有作为。LED 光源也是铟应用的一个重要方向。

锆的主要产品有二氧化锆、有机锆、四氯化锆、金属锆（区熔锆）和锆单晶。高纯二氧化锆作为催化剂主要用于塑料瓶（PET）生产，以改善饮

料瓶的耐高温能力；二氧化锗可以加工为锗烷用于太阳能电池；有机锗具有提高免疫力、抗癌的功效，可用于医疗保健；四氯化锗主要用于光纤制造；金属锗通过进一步提纯加工可制成高纯度、高强度又易于加工抛光的晶体或镜片，广泛用于红外探测，主要用于军工和航空航天，救援等民用领域的用量也在快速增长。

镓的熔点很低，仅为 29.78°C ，人的体温就可使它熔化成液体，且它可过冷到 -120°C ，故镓的液态温度范围最宽。镓可与许多金属、非金属形成低熔点合金、超导合金和半导体化合物，砷化镓、磷化镓、磷砷化镓、磷化铝镓、砷铝化镓等半导体材料广泛用于制作发光二极管、电视和电脑的显示器件，氮化镓作为第三代半导体材料是目前世界上最先进的半导体材料，是新兴半导体光电产业的核心材料和基础器件。

硒和碲都属于半金属，都可以用于玻璃的着色或脱色，改善碳素钢、不锈钢和铜的切削加工性能。硒还可用于制造低压整流器、光电池、热电材料以及各种复印、复写机的光接收器；硒化物有益于解毒和保健，可用作有机合成氧化剂、催化剂、

动物饲料添加剂等。高纯铈主要用于温差电材料的合金制造；铈化合物主要用于制冷材料和半导体材料生产。

可溶性铈化合物有剧毒。当人体吸入或皮肤接触铈及其化合物的粉尘和溶液，或食用被铈污染的食物和饮水时，铈会从消化道、呼吸道或皮肤毛孔迅速进入人体并积累，难以排出。从 1965 年起，美国等许多国家禁止用铈作杀灭剂，仅用铈的放射性同位素诊断心血管病。一些含铈合金有良好的抗酸腐蚀性和耐磨性，还有一些工业用途。

随着铜、铝、铅、锌等主要有色金属生产的发展，铟等稀散金属产量也逐年增长，我国成为世界铟、锗、镓最大生产国，2011 年生产精铟近 400t、金属锗 80t、镓 125t。此外，我国硒、碲年产量也居世界前列。随着经济发展，我国终端市场对稀散金属需求也增长较快，但是因技术瓶颈难以突破，许多关键的稀散金属深加工产品不能生产，因此，国内稀散金属的直接消费量还比较少，精铟、金属锗、二氧化锗、金属镓等基础产品主要出口，终端市场需要的深加工产品则大量进口。我国对硒、碲需求量比较大，国内产量不能满足需求，每年需要

大量进口。

随着经济发展和人民生活水平的提高，资源综合利用水平也在提高，包括铟、锗、镓、硒、碲和铊在内的稀有金属产量和需求量将继续保持增长。加强深加工产品研发和产业化是我国稀有金属产业未来努力的方向，稀有金属应用技术的进步将推动我国新兴产业的发展和壮大，为提高综合国力作出贡献。希望通过本书能使大家增强对铟等分散金属的认识，并为我国分散金属产业的健康发展贡献应有的力量。

在此，向参与本书撰写的专家表示感谢，特别感谢云铜锌业股份有限公司、铟铋锗分会秘书处和安泰科对本书写作的大力支持。

由于编写人员能力有限以及分散金属数据稀缺，书中若存在不足，希望广大读者理解并批评指正。

编 者
2013 年 8 月

目 录



第一篇 镓	1
第一章 镓的发展历史	1
第二章 镓的性质和用途	1
第一节 镓的性质	1
第二节 镓的用途	2
第三章 镓资源分布	5
第四章 镓生产技术	6
第一节 碳酸化处理法流程	6
第二节 混联法处理流程	7
第三节 粗镓的提纯	8
第四节 世界镓生产概况	9
第五节 中国镓生产概况	11
第五章 镓产品标准体系	12
第一节 金属镓质量标准	12
第二节 氧化镓质量标准	13
第六章 镓市场概况	14

第七章 中国镓产业	16
第八章 中国镓的上市公司	17
第一节 南风化工	17
第二节 中国铝业	18
第三节 西部矿业	18
第二篇 铟	19
第一章 铟的发展历史	19
第二章 铟的性质和用途	20
第一节 铟的性质	20
第二节 铟的用途	21
第三章 铟资源	22
第一节 全球铟资源	22
第二节 中国铟资源	23
第四章 铟的生产技术	25
第一节 铟的提取技术概况	25
第二节 铟的原料制备及富集	25
第三节 粗铟的生产	29
第四节 再生铟的回收技术	41
第五节 精铟的制备	44
第六节 国内外企业铟提取生产实践	51
第五章 铟的循环经济与环保	60
第一节 铟的再生回收与循环经济	60
第二节 铟的安全环保	62

第六章 铟产品标准体系	65
第七章 铟市场	68
第一节 生产	68
第二节 需求	70
第三节 贸易	73
第四节 价格	76
第八章 主要政策法规	78
第一节 关税制度	78
第二节 配额管理	80
第三篇 铊	82
第一章 铊的发展历史	82
第二章 铊的性质和用途	82
第一节 铊的物理性质和化学性质	82
第二节 铊的主要化合物	84
第三节 铊的毒性及其防护	85
第四节 铊的用途	87
第三章 铊的资源概况	88
第一节 铊矿物	88
第二节 全球铊资源分布	89
第三节 中国铊矿物资源	92
第四章 铊的生产技术	93
第一节 铊的富集分离	93
第二节 铊的提纯工艺	101

第五章 铊市场概况	102
第四篇 铋	105
第一章 铋的发现与发展历史	105
第二章 铋的性质和用途	108
第一节 物理化学性质介绍	108
第二节 金属铋产业链及其主要用途	110
第三章 铋资源	120
第一节 全球铋资源	120
第二节 中国铋资源	122
第四章 铋的生产技术	125
第一节 金属铋的提取	125
第二节 高纯铋单晶的制备	129
第五章 铋产业基地和骨干企业	129
第一节 内蒙古产业基地	129
第二节 云南产业基地	130
第三节 南京中铋科技股份有限公司	131
第四节 北京国晶辉红外光学科技有限公司	132
第五节 云南北方驰宏光电股份有限公司	132
第六节 中金岭南	133
第六章 铋产品标准体系	133
第七章 铋市场概况	135
第一节 铋的生产供应	135
第二节 铋消费需求	140