



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

中国钨业



ZHONGGUO WUYE



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

中国钨业

北 京

冶金工业出版社

2012

内 容 提 要

本书共分十二篇,内容包括钨的发现发展简史、性质与用途、资源储量、勘查理论与技术、采矿技术与装备、选矿技术与装备、冶炼技术与装备、加工技术与装备、资源综合利用与循环经济技术工艺、国内外产能产量、进出口贸易和消费以及有关法律法规和产业政策。本书尽可能多地搜集了国内外相关技术工艺资料,力争全面反映钨工业发展现状。

本书内容力求简明扼要、深入浅出,可作为关注、从事钨行业的社会各界人士的阅读参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

中国钨业/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 978-7-5024-6041-9

I. ①中… II. ①中… III. ①钨—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 182868 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 李 臻 美术编辑 李 新 版式设计 孙跃红

责任校对 李 娜 责任印制 李玉山

ISBN 978-7-5024-6041-9

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; 5.75 印张; 112 千字; 165 页

22.00 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

《中国钨业》编辑委员会

主任委员 陈全训

副主任委员 张春明 庄志刚 钟晓云

黄 康 黄国平

委 员 吴林浒 吴国根 邹汾生

谢康德 陈启丰 陈建权

陈振亮 黄泽兰 廖大学

主 编 张春明

副 主 编 刘良先 谭炎泮 周国宝

编 辑 谭运金 袁节平 陈玉林

李洪桂 赵中伟 张忠健

赵声志 周国宝 钱文连

编 审 周菊秋 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。

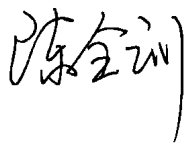
中国是生产有色金属品种最全的国家，门捷列夫化学元素周期表中的 64 种有色金属都能生产。中国是世界生产和消费有色金属最多的国家，到 2011 年十种有色金属产量已达 3438 万吨（快报数），连续 10 年位居世界第一，年消费有色金属已达 3580 万吨以上，连续 9 年位居世界第一。目前全国已有有色金属企业、事业单位 3 万多家，就业人员 360 多万。

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



钨是一种稀有高熔点金属，在地壳中的丰度只有 $1.3 \times 10^{-4}\%$ ，具有高熔点、高密度、高硬度、高耐磨性、高电导率和热导率、高电子发射系数、高压压缩模量和弹性模量、低线膨胀系数、抗高温蠕变以及抗磁、耐腐蚀等一系列优良独特的物理、力学性能和化学稳定性能，其制品钨钢、硬质合金、钨基合金、钨材和钨化合物被广泛应用于冶金、航空、航天、船舶、核能、机械、电子、汽车、石化和军工等制造领域中，被誉为“工业牙齿”，成为现代社会大生产中不可或缺的重要功能性结构材料。由于钨资源在全球的稀少性，在工业应用领域的难以替代性和在国民经济、国防建设、高新产业中的日益重要性，其战略地位十分突出。

中国钨工业的发展已经走过了 100 余年历史，新中国成立以来，特别是改革开放 30 余年来的技

术进步和换代升级,已经形成了从勘查设计、生产经营、科学研究到进出口贸易完整的钨工业体系,中国已发展成为资源储量、产品产量、出口贸易量和消费量均居世界第一的国家。我国的钨冶炼产品和工艺技术已达到国际领先水平,在全球钨产业经济中处于重要地位。

本书是一本有关技术专业、贸易需求以及产业政策的书籍,是应社会各界人士的要求,同时也是为了适应中国钨工业的发展而编写的。其内容力求做到涵盖面广,语言通俗易懂,便于业内人士全面了解和掌握有关钨产业的发展。

在本书的编辑过程中,得到了柿竹园有色金属有限责任公司、中南大学、株洲硬质合金集团有限公司、厦门钨业股份有限公司等单位以及众多业界专业人士的大力支持和帮助,在此一并致以谢意。

由于深入实际调查研究不够,编辑水平所限,搜集和掌握的生产实践和科学研究方面的资料不够全面,因此,本书存在的缺陷和不足敬请广大读者批评斧正。

编 者

2012年6月

目 录



第一篇 钨的发现发展简史 1

第一章 发现和起步阶段	1
第二章 创业和崛起阶段	3
第三章 攻关和开发阶段	5
第四章 改革和升级阶段	7

第二篇 钨的性质与用途 11

第一章 钨及其化合物的性质	11
第一节 金属钨的性质	11
第二节 钨化合物的性质	16
第二章 钨及其化合物的用途	20
第一节 钢铁工业	21
第二节 硬质合金	22
第三节 耐磨和热强合金	23
第四节 钨基合金	23
第五节 电真空照明材料	24

第六节 钨的其他材料	25
------------------	----

第三篇 钨资源储量 28

第一章 世界钨资源储量	28
-------------------	----

第一节 世界钨储量	28
-----------------	----

第二节 世界钨矿资源的特点	29
---------------------	----

第二章 中国钨资源储量	30
-------------------	----

第一节 中国钨矿资源的特点	30
---------------------	----

第二节 中国钨矿资源的潜力	32
---------------------	----

第四篇 钨的勘查理论与技术 33

第一章 运用“五层楼”规律找矿	33
-----------------------	----

第二章 应用隐伏岩体顶突标高进行找矿预测	34
----------------------------	----

第三章 在已知钨矿床外围或深部探寻新的矿种 或新的钨矿床类型	35
---	----

第四章 运用地球化学、地球物理的新技术、 新方法开展新一轮地质找矿	36
--	----

第五篇 采矿技术与装备 37

第一章 概述	37
--------------	----

第二章 露天开采	38
----------------	----

第一节 开采过程的主要环节	38
---------------------	----

第二节 开采境界的确定	38
-------------------	----

第三节 开拓运输	39
第四节 采剥工作	41
第三章 地下开采	42
第一节 开采过程的主要环节	42
第二节 采矿方法	42
第六篇 选矿技术与装备	51
第一章 概述	51
第二章 黑钨矿选矿	52
第一节 黑钨矿选矿工艺	52
第二节 黑钨矿选矿工艺流程	54
第三章 白钨矿选矿	62
第一节 白钨矿的特点	62
第二节 白钨矿的选矿工艺及流程	63
第四章 黑白钨混合矿选矿	63
第一节 黑白钨混合矿的特点	63
第二节 黑白钨混合矿选矿的原则工艺流程	63
第三节 柿竹园法	65
第五章 国内外选矿工艺、设备对比	67
第七篇 钨冶炼技术与装备	70
第一章 概述	70
第一节 钨冶炼的原料	70

第二节 钨冶炼的产品	73
第三节 钨冶炼过程的主要阶段	73
第四节 钨冶炼工艺原则流程	74
第二章 钨矿物原料的分解	79
第一节 氢氧化钠分解 (亦称碱压煮) 法	79
第二节 氢氧化钠-磷酸盐分解法	81
第三节 苏打压煮法	81
第三章 Na_2WO_4 溶液的净化与转型	83
第一节 镁盐沉淀法除磷、砷、硅、氟	83
第二节 离子交换法除磷、砷、硅、锡	84
第三节 有机溶剂液-液萃取法	88
第四节 钨钼分离	89
第五节 仲钨酸铵的制取	93
第四章 金属钨粉的制取	95
第一节 钨氧化物的制备	96
第二节 钨氧化物的氢还原	99
第五章 碳化钨的制取	103

第八篇 钨加工技术与装备

第一章 概述	104
第二章 硬质合金加工技术与装备	105
第一节 概述	105
第二节 硬质合金加工技术与装备	105
第三章 钨丝加工技术及装备	121

第一节 概述	121
第二节 钨丝加工技术与装备	122

第九篇 中国钨资源综合利用、循环经济技术工艺 130

第一章 共(伴)生钨资源的回收	130
第二章 钨二次资源回收	131
第一节 废旧硬质合金回收	131
第二节 废旧高密度合金的回收	137
第三节 废旧钨材的回收	138

第十篇 钨产品国内外产能产量 139

第一章 矿产品产能产量	139
第一节 世界矿产品产能产量	139
第二节 中国矿产品产能产量	142
第二章 冶炼产品产能产量	143
第三章 加工产品产能产量	143
第一节 硬质合金产能产量	143
第二节 钨基高密度合金产能产量	144
第三节 钨-铜合金产能产量	145
第四节 钨材产能产量	145

第十一篇 钨品进出口贸易和消费 147

第一章 世界钨品进出口贸易	147
---------------------	-----

第一节 世界钨品进出口贸易格局	147
第二节 中国在世界钨品进出口贸易中的地位	149
第二章 世界钨品市场消费需求	155
第一节 消费需求	155
第二节 消费需求结构	157
 第十二篇 有关法律法规和产业政策	 158
 参考文献	 162
 附 录	 163
附录一 64 种有色金属元素	163
附录二 元素周期表	165

钨的发现发展简史

钨是 1781 年由瑞典化学家舍勒 (C. W. Scheele) 发现的, 但之后百余年来并未在国民经济中得到应用, 而仅仅在实验室取得某些进展。一直到 19 世纪末 20 世纪初, 钢铁工业才开始以钨作为合金元素生产高速钢, 在照明领域中采用钨丝制作的白炽灯泡得到应用, 继而在 1927 ~ 1928 年成功研制出碳化钨基烧结硬质合金, 从而推动了钨工业的诞生和发展。

中国钨工业的发展已经走过了 100 余年历史, 经历了发现和起步、创业和崛起、攻关和开发、改革和升级四个发展阶段。

第一章 发现和起步阶段

发现和起步阶段是指 1907 ~ 1948 年。中国钨矿于 1907 年被首次发现。据历史记载考证, 当时供职于福音堂的德籍传教士邬利亨在江西西华山发现了不少暴露在地表的黑色石头, 因质量较大, 不知为何物, 遂将此石携至国外化验, 方知为钨。自此开始在少数矿区建立矿场, 形成中国早期的钨