



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

中国硅业



ZHONGGUO GUIYE



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

中国硅业

北 京

冶 金 工 业 出 版 社

2014

内 容 简 介

本书共分九篇，内容包括硅的发现及硅业发展史、性质及主要产品形式、资源分布、生产技术与工艺、市场供需、产业资本与资本运营、循环经济与安全环保、行业管理与政策法规及主要生产厂家。

本书简明扼要，深入浅出，适合关注、从事硅行业的社会各界人士参阅。

图书在版编目(CIP)数据

中国硅业/中国有色金属工业协会主编. —北京: 冶金工业出版社, 2014. 7

(有色金属系列丛书)

ISBN 978-7-5024-6619-0

I. ①中… II. ①中… III. ①硅—有色金属冶金—冶金工业—中国 IV. ①F426.52

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第152985号

出 版 人 谭学余

地 址 北京市东城区嵩祝院北巷39号 邮编 100009 电话 (010)64027926

网 址 www.cnmp.com.cn 电子信箱 yjcb@cnmp.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 978-7-5024-6619-0

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7月第1版,2014年7月第1次印刷

148mm×210mm; 4.125印张; 78千字; 111页

22.00元

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

冶金工业出版社营销中心 电话 (010)64044283 传真 (010)64027893

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

冶金工业出版社天猫旗舰店 yjgy.tmall.com

(本书如有印装质量问题,本社营销中心负责退换)

《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

《中国硅业》编辑委员会

总 编 林如海

副总编 徐爱华

编 辑 马海天 谢 晨 俞中华

闫 瑾 刘 晶

编 审 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。

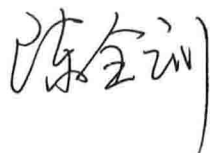
中国是生产有色金属品种最全的国家，门捷列夫化学元素周期表中的 64 种元素有色金属都能生产。中国是世界生产和消费有色金属最多的国家，到 2011 年十种有色金属产量已达 3438 万吨（快报数），连续 10 年位居世界第一，年消费有色金属已达 3580 万吨以上，连续 9 年位居世界第一。目前全国已有有色金属企业、事业单位 3 万多家，就业人员 360 多万。

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



2012 年 8 月于北京

前 言



硅是一种常见的化学元素，在自然界中极少以单质的形式存在，而是以复杂的硅酸盐或二氧化硅的形式广泛存在于岩石、砂砾、尘土之中。在地壳中，它是第二丰富的元素，构成地壳总质量的 26.4%。

随着科学技术的进步和人民生活水平的不断提高，硅不知不觉成为了与每个人生活息息相关的元素。硅广泛用于国民经济的各个领域，包括建筑、电子电气、纺织、汽车、机械、皮革造纸、化工轻工、油漆、化妆品、医药、光伏发电等。因此，硅对于国民经济发展起到了重要的作用。

中国不仅是硅的消费大国，同时还是全球最大的生产国。除 2009 年金融危机外，近几年中国每年硅产量都以 10% ~ 15% 的速度稳步递增。值得欣喜的是，随着下游需求日益扩大，中国涌现出了一批硅行业的骨干企业，推动整个行业健康稳定地

发展。

硅是具有现实意义的战略性半金属元素，无论在战略性新兴产业，还是在高端制造业中都正在或即将发挥重要作用。特别是作为第三次产业革命发展基础的半导体产业和光伏产业，其基础原材料都是高纯硅材料。

为适应中国硅工业的技术进步和产业发展，满足硅行业广大干部职工和社会各界的要求，我们编写了本书，目的是让全行业都来学习硅业知识，让全社会都来认识硅、了解硅，为我国硅工业的发展贡献一份力量。

在此，谨向参与本书撰写和编辑的专家表示感谢，尤其感谢中国有色金属工业协会硅业分会秘书处的大力支持和帮助。由于编写人员能力所限，本书不足之处，恳请广大读者予以批评指正。

编 者
2013年10月

目 录



第一篇 发现发展史	1
第一章 硅的发现及世界硅业发展史	1
第一节 工业硅发展史	1
第二节 有机硅发展史	3
第三节 多晶硅发展史	6
第二章 中国硅业发展史	9
第一节 中国工业硅发展史	9
第二节 中国有机硅发展史	10
第三节 中国多晶硅发展史	11
第二篇 硅的性质及主要产品形式	14
第一章 硅的性质	14
第一节 硅的物理性质	14
第二节 硅的化学性质	14
第三节 硅的用途	15
第二章 硅的主要产品形式	18
第一节 配制合金	19

第二节	有机硅	20
第三节	高纯硅材料	21
第三篇	硅资源分布	24
第一章	世界硅资源	24
第二章	中国硅资源	26
第四篇	生产技术与工艺	31
第一章	工业硅生产工艺	31
第一节	工业硅冶炼所用原料要求	31
第二节	工业硅冶炼工艺	33
第三节	工业硅冶炼的技术进步	35
第二章	有机硅单体生产工艺	36
第三章	多晶硅生产工艺	38
第一节	改良西门子法	39
第二节	硅烷法	41
第三节	冶金法	44
第四节	多晶硅生产技术的进步	47
第五篇	硅市场供需	49
第一章	工业硅市场	49
第一节	全球工业硅产业分布情况	49
第二节	全球工业硅市场供需情况	51
第三节	中国工业硅市场供需情况	54
第二章	有机硅市场	56

第一节	全球有机硅产业分布情况	56
第二节	全球有机硅市场供需情况	58
第三节	中国有机硅市场供需情况	60
第三章	多晶硅市场	62
第一节	全球多晶硅产业分布情况	62
第二节	全球多晶硅市场供需情况	64
第三节	中国多晶硅市场供需情况	66
第六篇	产业资本与资本运营	69
第一章	硅企业发展历程	69
第二章	中国硅上市公司	70
第三章	硅的价格	72
第一节	工业硅价格走势	72
第二节	多晶硅价格走势	74
第七篇	循环经济与安全环保	76
第一章	工业硅的循环经济与安全环保	76
第二章	多晶硅和有机硅的循环经济与安全环保	77
第一节	概述	77
第二节	多晶硅副产四氯化硅的循环使用	79
第三节	有机硅副产物的综合利用	80
第四节	安全环保问题	80
第八篇	行业管理与政策法规	82
第一章	铁合金行业准入条件（2008年修订）	82

第一节	工艺与装备	82
第二节	能源消耗	84
第三节	资源消耗	84
第四节	环境保护	85
第五节	监督与管理	85
第六节	附则	86
第二章	多晶硅行业准入条件(2011年)	87
第一节	项目建设条件和生产布局	87
第二节	生产规模与技术设备	88
第三节	资源回收利用及能耗	88
第四节	环境保护	89
第五节	产品质量	90
第六节	安全、卫生和社会责任	90
第七节	监督与管理	91
第八节	附则	93
第九篇	主要生产厂家	94
第一章	世界主要生产商	94
第一节	大西洋铁合金集团	94
第二节	环球冶金集团	95
第三节	道康宁公司	95
第四节	瓦克公司	96
第五节	OCI	97
第六节	Hemlock 半导体公司	98
第二章	中国主要生产商	99

第一节	云南永昌硅业股份有限公司	99
第二节	新疆西部合盛硅业有限公司	100
第三节	湖北三新硅业有限责任公司	100
第四节	中国蓝星(集团)总公司	101
第五节	山东金岭化工股份有限公司	102
第六节	江苏中能硅业科技发展有限公司	102
第七节	洛阳中硅高科技有限公司	104
第八节	江西赛维 LDK 太阳能高科技有限公司 ...	105
第九节	重庆大全新能源有限公司	106
第十节	四川永祥多晶硅有限公司	106
第十一节	有研新材料股份有限公司	107
第十二节	亚洲硅业(青海)有限公司	108
附 录	109
附录一	64 种有色金属元素	109
附录二	元素周期表	111

发现发展史

第一章 硅的发现及世界硅业发展史

1787年，法国化学家拉瓦锡（A. L. Lavoisier, 1743 ~ 1794年）首次发现硅存在于岩石中。1800年，英国化学家戴维（H. Davy, 1778 ~ 1829年）将其错认为一种化合物。1811年，法国化学家盖·吕萨克（Joseph Louis Gay-Lussac, 1778 ~ 1850年）通过将单质钾和四氟化硅混合加热的方法制备了不纯的无定形硅。1823年，硅首次作为一种元素被瑞典化学家琼斯·雅可比·贝采里乌斯（Jons Jakob Berzelius, 1779 ~ 1848年）发现，并于一年后提炼出了无定形硅，其方法与盖·吕萨克使用的方法大致相同。他随后还用反复清洗的方法将单质硅提纯。

第一节 工业硅发展史

在发现初期，硅主要是经金属热还原法制得，价格昂贵，因此没能得到广泛应用。20世纪初，人们深入研究了



硅石与碳的热还原反应，才找到大规模生产硅的途径，工业硅的制取从此从实验室研究逐渐扩大到工业化、规模化生产。

20世纪50年代前，法国、美国、日本、意大利、瑞典和苏联等国家相继建设了容量为数千千伏安的单相和三相电炉，以硅石为原料、碳质材料为还原剂，在电炉内熔炼工业硅。随着成本降低和应用领域扩大，工业硅的生产规模也以较快的速度发展。

到60年代末，已有10多个国家生产工业硅，年产量约达20万吨。70年代初期，世界工业硅的需求量年增长率为8%~10%，特别是用于有机硅方面的消费量增长得更快，在欧洲市场年增长率曾达到40%~45%。

70年代，石油输出国组织大幅度调整油价，一些国家受石油危机的影响，为了节能，汽车等交通工具不断向轻型化发展，铝硅合金等一些含硅合金的用量增加，使世界工业硅市场曾一度供不应求，售价猛涨。这些情况刺激着一些国家和地区增加或扩大工业硅生产设施，南非、澳大利亚、罗马尼亚等国新建了工业硅厂，加拿大、美国、挪威、委内瑞拉等国扩大了其工业硅厂的生产规模。70年代末，世界工业硅的消费量几乎翻了一番，约达40万吨/年，产量约达44万吨/年，巴西、印度、阿根廷等国的工业硅生产也进一步增加。

80年代，由于资本主义国家经济衰退，世界工业硅供过于求，迫使一些国家不得不压缩生产能力，美国、挪威和日本等国都转产和关停了一些设备。1980年，资本主义国