

白洪强 仲伟科 唐乃美 等编  
全国硅产业绿色发展战略联盟 组织编写

# 中国硅产业年鉴

China Silicon Industry  
Yearbook (2014)

# 2014



化学工业出版社

白洪强 仲伟科 唐乃美 等编  
全国硅产业绿色发展战略联盟 组织编写

# 中国硅产业年鉴 (2014)

China Silicon Industry  
Yearbook (2014)



化学工业出版社

·北京·

我国硅产业经过多年高速发展,基本形成以有机硅、高纯硅、纳米硅材料、金属硅、高纯石英为主要支柱的完整产业体系。

本年鉴按硅材料发展概况、分支行业、硅产业专利、产业政策、重点企业、安全生产几个方面详细阐述了2013~2014年硅产业在国内的发展情况,包括产业的基本情况、进出口数据、消费数据等,对于硅材料产业的管理人员、从事相关产业发展咨询的技术人员、产业政策制定者有很好的参考价值。



#### 图书在版编目(CIP)数据

中国硅产业年鉴(2014)/白洪强,仲伟科,唐乃美等编;  
全国硅产业绿色发展战略联盟组织编写. —北京:化学  
工业出版社,2015.1

ISBN 978-7-122-21916-9

I. ①中… II. ①白…②仲…③唐…④全… III. ①硅-  
化学工业-中国-2014-年鉴 IV. ①F426.7-54

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第007372号

---

责任编辑:仇志刚  
责任校对:宋玮

装帧设计:张辉

---

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)

印刷:北京永鑫印刷有限责任公司

装订:三河市宇新装订厂

787mm×1092mm 1/16 印张17¼ 字数445千字 2015年3月北京第1版第1次印刷

---

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网址:<http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

---

定 价:368.00元

版权所有 违者必究

京化广临字2015—1号

# 《中国硅产业年鉴（2014）》编委会

- 顾问：**原化工部晨光化工研究院院长 中国有机硅工业奠基人傅积赉
- 名誉主任：**中国石油和化学工业联合会副会长兼秘书长 赵俊贵  
中国有色金属工业协会副会长、硅业分会会长 赵家生  
中国氟硅有机材料工业协会理事长 曹先军
- 主任：**中国化工经济技术发展中心主任 魏乃新
- 副主任：**中国氟硅有机材料工业协会秘书长 葛方明  
国家知识产权局知识产权发展研究中心副主任 陈燕  
景德镇宏柏化学科技有限责任公司董事长 纪金树  
浙江新安化工集团股份有限公司副总经理 邵月刚  
中国石油和化学工业联合会中小企业工作委员会委员秘书长 王静敏  
中国化工经济技术发展中心主任助理、总工程师 高阳
- 委员（排名不分先后）：**  
国家知识产权局知识产权发展研究中心副主任 陈燕  
江苏省东海县人民政府副县长 张正干  
江西省永修县人民政府副县长 杨柯林  
中国化工信息中心副总工程师 程长进  
江苏中能硅业股份有限公司副总经理、总工程师 蒋立民  
国家知识产权局知识产权发展研究中心研究二处处长 孙全亮  
江苏省东海县硅产业发展局局长 陶士振  
国家知识产权局知识产权发展研究中心助理研究员 寿晶晶  
中国建筑材料科学研究总院石英玻璃研究院院长 王玉芬  
中国蓝星集团江西星火有机硅厂市场总监 戴加勇  
全国橡胶与橡胶制品标准化技术委员会秘书长 刘惠春  
中海油天津化工研究院环境工程中心副主任 朱春雨  
教育部有机硅化合物与技术工程中心主任 廖俊  
广州吉必盛科技实业有限公司董事长 王跃林

奥瑟亚(中国)投资有限公司中国区总裁 司俊芬  
浙江合盛硅业有限公司总经理 方红承  
迈高精细高新材料(深圳)有限公司董事长 辛宇  
教育部有机硅化合物与技术工程中心副主任、教授 黄驰  
洛阳中硅高科技有限公司工程师 罗洁  
武汉大学印刷与包装系教授 黎厚斌  
洛阳中硅高科技有限公司安全环保部经理 鲁永洁  
广州标美硅氟新材料有限公司总经理 黄振宏  
洛阳中硅高科技有限公司高纯原料部副经理 黄争先  
浙江新安化工集团股份有限公司工程师 蒋志秋  
中国化工信息中心原总工程师 钱鸿元  
原化工部晨光化工研究院副总工程师 姜承永  
中国有色金属工业协会硅业分会副秘书长 马海天  
河南省化工医药安全生产协会秘书长、高级工程师 徐晓航  
景德镇宏柏化学科技有限公司副总经理 李明崽  
浙江新安化工集团股份有限公司工程师 邱本陆  
云南硅储物流有限公司总经理 谢洪  
武汉绿凯科技有限公司副总经理 易生平  
张家港楚人新材料有限公司技术总监 张方方

---

本书第三章第一部分节选自2013年度国家知识产权局专利分析和预警项目“有机硅产业专利分析和预警报告”，由寿晶晶同志摘编。

## 有机硅产业专利分析和预警项目组

### (1) 领导小组

组长：贺化 杨铁军

成员：廖涛 黄庆 马维野 龚亚麟 徐聪 葛树 高康 毛金生 崔军

### (2) 课题组

负责人：崔军 陈燕

组长：朱芳 孙全亮

副组长：李开扬

成员：蔡林歆 丛丽晓 叶坤 马进 陈辉 孙玮 王瑞阳

### (3) 主要撰稿人

朱芳 寿晶晶 李开扬 马进 丛丽晓 陈辉 蔡林歆 叶坤 刘庆琳 王瑞阳

(4) 课题秘书：寿晶晶

(5) 主要统稿人：崔军 朱芳 丛丽晓

(6) 审稿人：崔军 陈燕

(7) 入编内容执笔人：寿晶晶



# 序



为了新中国的国防和国民经济建设需要，我国在 20 世纪 50 年代初就开始对有机硅开发、生产和应用技术进行研究。1954 年开始我有幸与我国有机硅学科的先行者杨大海、杨冬麟两位一起，共同参与了有机硅单体与高聚物等相关项目的研究开发，并从此开始与硅结了缘，得以参与和见证了新中国硅工业、特别是有机硅工业 60 来年的发展历程。

新中国刚成立的 50 年代初，外有西方国家的“巴黎统筹会”对新中国需要的新材料、新技术严密封锁；国内科研开发所必需的物质条件很是欠缺；科研工作必不可少的技术资料、情报信息也十分有限。我国有机硅产业就是在这样的条件下逐步实现从无到有、从小到大，打破重重壁垒，支持了国家的国防、航空、航天等尖端领域的发展需求。今天，我国硅产业的发展，无论产业规模、产品门类都已今非昔比。不仅能满足自身建设的需要，还开始走出国门为世界其他国家和地区的社会经济发展作贡献。今天，我们的研究单位、大专院校和企业的人才资源充沛，研发、生产实力大大增强，充分具备了向更高层次迈进的基础和实力，在硅产业的各个分支领域不断取得新的进展。每每看到这些，我就不由自主的为国家在硅产业领域的实力增强而欣喜。

关于硅产业未来如何向更高层次发展的问题，我看到、听到许多业内人士的真知灼见，也进行过一些思考。我赞同本书编者的一个基本观点，那就是未来硅产业的前进方向，要继续依靠、加强基础性研究并不断创新。原因有二：一是产业发展有了较雄厚的基础，特别是人才的成长。如果只跟随别人亦步亦趋是难以走到世界行业的前列和实现新超越的，必须要有新的思维；二是硅产业本身经过多年的发展，已经显露出一些深刻的瓶颈，不依靠深度创新是难以克服的。因此搞好基础性研究和创新不仅是目前自身发展的需要，也是长远、持续发展的内在需求。

我们国家也有引进外国先进技术的需要和国策。历史告诉我们要发展工业确实可以通过引入先进技术、装备和管理模式走一些捷径，但因此认为凡引进的必先进，而产生了一种重引进、轻创新的惯性思维则是错误的。特别是硅产业不同于装配性工业和来料加工，可以说没有一家外国的重化工企业会轻易地将他们的所谓“先进工艺”和“技术诀窍”传授给潜在的竞争对手！外资企业对其核心技术是极其保密、严加防范的。所以尽管我们国家有钱、愿意出高价，“先进技术”也不见得能买得到手。西方国家在硅产业方面能够放手卖给中国的技术或工艺很难称得上是一流的，愿意高价转让的技术多半也是他们要剥离的、或是行将过时、缺少竞争活力的技术。

中国工业 60 多年的发展历程证明，依赖引进，不搞消化吸收和再创新，很难有突破和发展，甚至求复制亦不可得。如果不加强基础性研究，自主研发、自主创新更是一条不能大步前进的窄胡同。这应该成为硅产业决策者和技职人员们时刻不能忘记的重要经验和教训。

硅是重要的战略资源，硅产业是重要的战略产业。目前，硅产业在清洁能源和高性能材料等领域的重要性还将不断加强，这已经成为有识之士的共识。

衷心祝愿我国硅产业的上层决策者、专家学者和一线职工同志们，能够在现有基础上立足基础性研究、不断创新，把我国由硅产业大国建设成硅产业强国！为国家的国防和经济建设与世界硅产业发展贡献更大力量！

A handwritten signature in black ink, consisting of the Chinese characters '傅积奎' (Fu Jie) written in a cursive style.

二〇一四年十一月

# 前言

硅的地壳丰度为 25.7%，仅次于氧（49.4%），相当于其他所有元素总和，是碳元素的 1000 倍，其可采储量近乎无限。硅与碳同属第四主族过渡元素，与碳性质相似但更为稳定，这决定了它作为能源材料、电子材料、节能材料以及非石油基替代材料的巨大潜力。

随着人类社会工业化、现代化步伐的逐渐加快，能源、资源问题逐渐成为影响人类社会和平稳定乃至进一步发展的瓶颈。在这宏观背景下，以硅材料开发利用为核心的硅产业近年来蓬勃兴起，在太阳能开发利用、替代碳基有机材料和各领域的节能减排工作中取得了令人瞩目的璀璨成就。

经过数十年的发展，我国已经成为名副其实的硅材料开发利用大国。目前我国多晶硅、有机硅、金属硅、纳米二氧化硅及高纯石英行业产能、产量和消费量各占世界总量的 1/3 以上，均居世界首位。但总体而言，我国硅产业得以大发展的基础在于资源、成本优势，在技术和市场层面距离硅产业强国仍有明显差距，突出表现在基础科研落后、技术创新不足、关键技术尚未完全掌握；企业竞争力偏弱，尚未出现世界级领军企业。

为客观、全面记载我国硅产业发展成就，总结经验，引导我国硅产业健康、稳定、可持续发展，中国化工经济技术发展中心、全国硅产业绿色发展战略联盟（SAGSI）决定共同编辑出版《中国硅产业年鉴（2014）》。全书约 45 万字，共分为六章，第一章由白洪强编写，第二章主要由仲伟科、唐乃美、王玉芬、朱春雨、马海天编写，第三章第一节由国家知识产权局“有机硅产业专利分析和预警”项目组提供，寿晶晶同志编写，第三章第二节及第四、第五章由仲伟科、唐乃美同志编写，第六章由徐一星等同志编写，全书由白洪强统稿、仲伟科统校。编写过程中，中国有色金属工业协会硅业分会、中国氟硅有机材料工业协会相关领导给予了大力支持，各位编委参与稿件撰写并悉心指导，在此一并致谢！由于行业发展成果浩繁、编者水平有限，难免出现遗漏和不足，恳请读者提出宝贵意见和建议。

祝祖国硅产业永远蓬勃兴旺！

编者

二〇一四年十月



# 目 录

第 1 章 我国硅产业发展概论	1
1.1 我国硅产业发展成就	1
1.1.1 产业规模进一步扩大,市场占有率持续提高	2
1.1.2 关键技术持续突破	4
1.1.3 安全、环保水平进一步提升	4
1.1.4 单位能耗及碳排放水平持续降低	6
1.1.5 相关产业政策体系迅速完善,国家重视程度显著提高	6
1.2 我国硅产业国际竞争力分析	7
1.2.1 我国硅产业发展阶段分析	7
1.2.2 成本仍是我国硅产业核心优势	8
1.2.3 不同类型企业在本土市场的竞争优势分析	8
1.2.4 我国企业在世界硅产业中的地位	8
1.3 “十三五”硅产业发展走势预测与中国硅产业面临的挑战	11
1.3.1 对“十三五”硅产业发展的走势预测	11
1.3.2 未来中国硅产业发展面临的挑战	12
1.4 对当前硅产业发展的六点建议	14
1.4.1 加大知识产权保护力度	15
1.4.2 扶持基础科研和创新性研究	15
1.4.3 扶持优势企业和特色产业聚集区	17
1.4.4 调整外贸和对外投资政策,鼓励优质过剩产能输出	17
1.4.5 加强硅材料标准研究	18
1.4.6 加强全产业链统筹协调,推动产业健康发展	18
第 2 章 分支行业发展成就	19
2.1 金属硅	19
2.2 多晶硅	26
2.3 三氯氢硅	35
2.4 聚硅氧烷	36
2.5 高温硫化硅橡胶	46
2.6 室温硫化硅橡胶	55
2.7 硅油乳液	62

2.8	功能性硅烷	75
2.9	气相二氧化硅	85
2.10	沉淀法白炭黑	94
2.11	单硅烷	100
2.12	高纯石英玻璃	103
2.13	其他分支	108
2.13.1	氟硅酸盐	108
2.13.2	碳化硅	110
<b>第3章</b>	<b>硅产业中国专利概况</b>	<b>113</b>
3.1	有机硅产业专利概况	113
3.1.1	中国有机硅产业专利整体状况	113
3.1.2	有机硅各分支行业2013年专利汇总	120
3.2	我国硅产业各分支行业2013年专利申请情况	142
3.2.1	金属硅专利申请	143
3.2.2	多晶硅专利申请	144
3.2.3	聚硅氧烷专利申请	148
3.2.4	高温硫化硅橡胶和液体硅橡胶专利申请	150
3.2.5	室温硫化硅橡胶专利申请	151
3.2.6	硅油乳液专利申请	153
3.2.7	功能性硅烷专利申请	155
3.2.8	气相白炭黑专利申请	157
<b>第4章</b>	<b>产业政策</b>	<b>158</b>
4.1	宏观政策	158
4.1.1	能源	158
4.1.2	科技	159
4.1.3	安全、环保及基础设施建设	160
4.1.4	对外贸易	161
4.2	国家对硅产业各分支行业的产业政策摘编	163
4.2.1	金属硅政策	163
4.2.2	多晶硅政策	164
4.2.3	聚硅氧烷政策	166
4.2.4	高温硫化硅橡胶政策	166
4.2.5	室温硫化硅橡胶政策	166
4.2.6	硅油政策	167
4.2.7	高纯石英政策	167
<b>第5章</b>	<b>硅业风采专栏</b>	<b>169</b>
5.1	区域性产业集群	169
5.1.1	江西永修	169
5.1.2	江苏东海	170
5.1.3	江苏张家港	170
5.1.4	福建三明	170
5.2	龙头企业	171

5.2.1	多晶硅行业 .....	171
5.2.2	聚硅氧烷行业 .....	173
5.2.3	高温硫化硅橡胶行业 .....	176
5.2.4	室温硫化硅橡胶行业 .....	177
5.2.5	硅油及乳液行业 .....	180
5.2.6	功能硅烷行业 .....	182
5.2.7	气相二氧化硅行业 .....	183
5.3	科研院所 .....	186
5.3.1	中蓝晨光化工研究院 .....	186
5.3.2	武汉大学 .....	186
5.3.3	中国建筑材料科学研究总院 .....	187
5.3.4	山东大学 .....	188
5.3.5	中科院化学所 .....	189
5.3.6	北京有色金属研究总院 .....	189
5.3.7	浙江大学 .....	189
5.3.8	中国电子科技集团公司第四十六研究所 .....	190
5.3.9	大连光明特气化工研究所 .....	190
5.4	跨国公司在华 .....	191
5.4.1	道康宁 .....	191
5.4.2	瓦克 .....	191
5.4.3	迈图 .....	191
5.4.4	赢创 .....	192
5.4.5	卡博特 .....	192
5.4.6	贺利氏 .....	192
<b>第6章</b>	<b>河南省多晶硅行业安全生产管理实践</b> .....	<b>193</b>
6.1	生产特点及危险物质 .....	193
6.2	典型事故案例危害及分析 .....	205
6.3	实用安全生产技术规范和管理办法 .....	207
6.4	安全生产相关的操作规程 .....	211
6.5	监督措施与管理方法 .....	215
6.6	成果和建议 .....	217
附录一	责任关怀全球宪章 .....	219
附录二	硅产业链示意图 .....	222
附录三	2013年硅业大事记 .....	223
附录四	国务院《关于促进光伏产业健康发展的若干意见》 .....	232
附录五	国家发改委修改《产业结构调整指导目录(2011年本)》 .....	237
附录六	新材料产业“十二五”发展规划 .....	240
附录七	金属硅精炼平衡图 .....	254
附录八	常见硅材料基本物理化学信息 .....	255
附录九	安全环境事故警示录 .....	256
附录十	《危险化学品名录》2012版涉及的87种含硅物质分类 .....	264

# 第1章 我国硅产业发展概论

硅是重要的石化替代材料、能源材料和电子材料。硅的地壳丰度为 27%，仅次于氧（46%），大约是碳的 1000 倍，资源极其丰富，开发潜力巨大。大规模、低成本利用硅资源以生产人类社会需要的能源及材料，并以此应对化石资源减少带来的威胁，减少碳排放及温室效应，是人类社会通向未来的一条必经之路，因此，硅材料的开发利用已成为工业界和全社会关注的焦点。

我国硅产业经过多年高速发展，基本形成以有机硅、高纯硅、纳米硅材料、金属硅、高纯石英为主要支柱的完整产业体系，主要产品生产、消费和出口规模均占世界前茅，我国也已成为全球首屈一指的硅材料生产、消费大国，并连续多年为其它国家提供了大量的基础硅原料；基本建立了覆盖基础科研、工程开发和下游应用，学科健全的硅材料科研开发体系，取得了众多工业化成果，部分掌握了主干领域的核心知识产权，并培养了一批科研人才、工程师和产业工人；近年来，国家先后出台多项重大政策，对多晶硅、金属硅、有机硅单体等实行行业准入、淘汰落后产能及节能改造，大力扶持国内光伏电站建设，对光伏产业争取公平贸易环境提供国家支持，为硅产业健康发展提供了坚强后盾。

我国硅产业得以快速发展有三个重要前提条件：一是我国有丰富且廉价的硅石资源，能源和劳动力成本较低，发展基础硅材料工业具有难得的资源保障；二是技术基础较好，新中国建立之后，以化工部晨光化工研究院等为代表的一大批科研单位和老一辈工程技术人员，从无到有，自力更生，艰苦创业，建立起了较为完善的硅材料科研和工业体系，并且培育了一批关键人才，为 20 世纪末以来硅产业快速发展提供了智力保障；三是改革开放后国民经济快速发展，轻工、机电、冶金、新能源等硅材料下游行业国内外需求迅速扩大，为硅产业发展提供了难得的市场空间和历史机遇。

当前，国内外宏观形势正在发生深刻变化，硅产业自身在快速发展过程中也面临着更多新问题，随着我国国民经济发展水平的逐步提高，“十三五”我国硅产业将进入一个关键时期，如何适应新常态，在国内外形式发生深刻变革的新环境下自我调整，进一步提高发展质量，实现产业转型升级、环境保护及资源合理利用，使我国真正成为世界硅产业强国，是摆在硅产业面前的最核心议题。本章将主要分析硅材料产业发展现状，研究产业发展趋势并提出有关政策建议，旨在抛砖引玉，推动这方面的深入研究。

## 1.1 我国硅产业发展成就

截至 2013 年，我国共有规模以上硅材料企业 600 余家，从业人员约 15 万人（表 1-1），剔除行业内部销售后的整体对外销售收入约为 800 亿元，分别较 2010 年增长约 200 家，3 万人和约 250 亿元。



表 1-1 2013 年我国主要硅材料分支行业经营情况和从业人数统计

行业	平均开工率/%	开工企业数/家	TOP5 产量集中度/%	直接从业人员
金属硅	35.3	>100	50	20000
多晶硅	35.0	7	95	20000
有机硅-单体	58.6	16	64	20000
有机硅-HTV	61.3	>50	73	5000
有机硅-RTV	78.2	>150	31	15000
有机硅-LSR	62.6	<30	84	2000
有机硅-硅油	76.4	>200	55	5000
有机硅-硅烷	62.3	>50	55	5000
气相二氧化硅	53.3	33	65	5000
沉淀二氧化硅	53.1	62	26	10000
高纯石英	30.0	<50	20	5000
其他		—		38000
合计		约 600		150000

来源：SAGSI 统计及估计。

截至 2013 年年底，我国硅产业规模以上生产企业数量达到约 600 家（包含外资在华生产基地、合资企业和中资在国外生产企业），其中销售收入超过 100 亿元左右 1 家，20 亿～50 亿元 2 家，10 亿～20 亿元约 30 家，5 亿～10 亿元约 60 家，1 亿～5 亿元约 100 家，2000 万～1 亿元企业约 400 家。

根据行业分布情况看，2013 年销售收入超过 20 亿元的企业，主要是大型的多晶硅、有机硅一体化企业；5 亿～20 亿元销售收入的企业多属在某一行业具有较强竞争优势的中型企业，如具备一定生产规模和技术水平的多晶硅、有机硅单体企业和较大型金属硅企业及一部分硅烷、沉淀二氧化硅及高纯石英加工企业。其余销售收入低于 5 亿元的企业中，以有机硅下游生产企业为主，约占 50%，金属硅企业约占 20%，其余硅烷、气相二氧化硅、沉淀二氧化硅和高纯石英加工企业也均有一定分布。

据全国硅产业绿色发展战略联盟统计，2013 年，我国主要硅材料行业中，有机硅行业销售收入约 260 亿元，多晶硅行业约 140 亿元，金属硅行业约为 150 亿元（扣除国内消费），硅烷、高纯石英和沉淀二氧化硅行业各约 50 亿元，气相二氧化硅行业约 15 亿元，其他约 80 亿元。

全国硅产业绿色发展战略联盟分别以产能简单累计和省区对外销售收入为基准对我国硅产业地域分布进行了分析：根据产能计算，江苏、浙江、新疆、云南、山东、四川、江西、广东是我国比较重要的硅产业聚集区；从产值规模来看，江苏省是我国最重要的硅产业聚集区，浙江、山东、广东、新疆次之，江西、云南、四川硅产业也较为发达（图 1-1 和图 1-2）。

### 1.1.1 产业规模进一步扩大，市场占有率持续提高

近年来，国外经济形势时有反复，而国内经济保持稳定高速增长，使我国硅产业的市场地位进一步巩固。硅材料的各应用领域都呈现出市场活跃、需求旺盛的特点，拉动我国硅材料的市场占有率不断提高。

受关税政策利好、国外市场复苏和国内产业向新疆等低成本地区转移等影响，我国金属

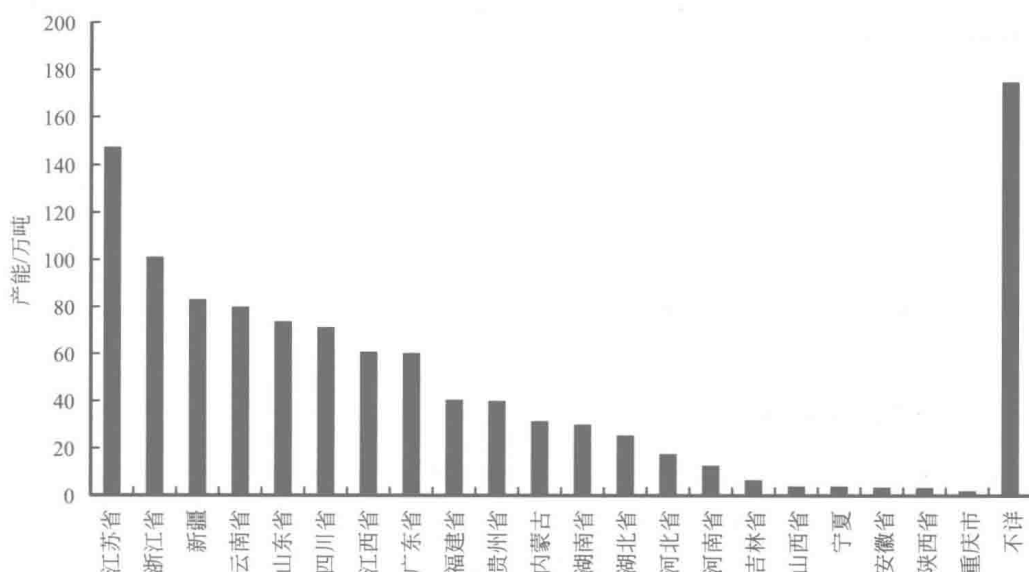


图 1-1 2013 年我国各省区硅产业按产能地域分布情况

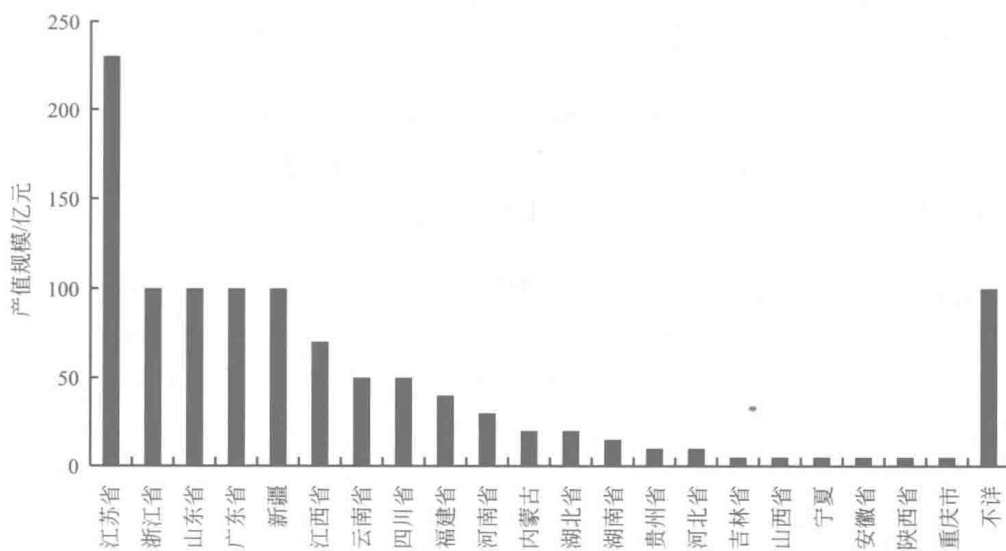


图 1-2 2013 年我国各省区硅产业按产值规模地域分布情况

硅行业近几年保持快速增长，出口复苏并同比大幅增长，继续在国际市场占据主要地位；多晶硅行业合理运用反倾销等贸易政策工具，推进冷氢化等大规模技改，产量和行业开工率稳步提高，开始扭转进口量连续增加的态势；有机硅行业经过阶段性调整，产量继续增加，产品结构有所改善，有望在 2015 年成为净出口国；气相二氧化硅、沉淀二氧化硅和硅烷等行业在产量方面已基本满足国内高速增长的需求，其中气相二氧化硅方面我国已逆转成为净出口国，硅烷和沉淀二氧化硅行业则继续保持净出口国地位。

截至 2013 年，全球金属硅、有机硅（折纯硅氧烷）、多晶硅、气相二氧化硅产量分别约为 231 万吨、162 万吨、26.6 万吨和 23.5 万吨，我国产量分别达到 148.8 万吨、64.1 万吨、8.2 万吨和 5.5 万吨，分别占世界总产量的 64.4%、39.6%、30.8%和 23.4%，可见我国硅产业在世界市场已经占据举足轻重的地位（表 1-2）。



表 1-2 2013 年我国主要硅产业产量占世界总产量的比例

产品	全球产量 /万吨	我国产量 /万吨	我国产量占比 /%	净出口量 /万吨	净出口占比 /%
硅氧烷	162.0	64.1	39.6	-4.6	—
多晶硅	26.6	8.2	30.8	-7.8	—
金属硅	231.0	148.8	64.4	69.9	47.0
气相二氧化硅	23.5	5.5	23.4	0.6	10.9
沉淀二氧化硅	N. A.	107.0	约 50	29.9	27.9
硅烷	29.1	14.0	48.1	4.0	28.6

来源：SAGSI 统计及估计。

### 1.1.2 关键技术持续突破

金属硅方面：大功率金属硅冶炼炉逐步开始国产化，自 2012 年后，新建装置大量采用 25500kW 以上炉型，基本实现尾气回收，部分厂商开始采用余热发电装置，金属硅生产电耗、物耗继续下降，与发达国家水平逐渐缩小，微硅粉回收率显著提高，低灰份煤批量使用，减少了对环境的污染。产品质量稳步提高，部分企业可以达到欧美有机硅企业的质量要求并已实现大量定向出口。

有机硅方面：有机硅单体合成装置单套能力持续扩大，逐步掌握 15 万吨/年及以上单套装置设计、运行技术，部分生产企业通过多年摸索，在流化床设计、催化剂、硅粉和周期控制方面取得一定进步，能耗、收率及选择性等显著改善，少数大型企业自主完成装置改扩建，并取得了良好的运行效果，部分国内装置成本水平接近外资在华同类装置；有机硅下游产品开发进程加快，室温胶企业在高端工业胶种市场份额不断扩大，高温胶、液体胶内资企业产能产量逐渐占据市场主流，硅油及硅树脂产品国内生产规模扩大，动摇了国外厂商长久以来的垄断地位。

多晶硅方面：西门子法多晶硅能耗物耗水平显著降低，冷氢化技术基本实现普及，还原炉等关键设备由完全进口基本实现国产化；硅烷流化床多晶硅生产技术实现自主突破，已经建成 5000t 级装置并实现开车，高纯单硅烷生产规模迅速扩大，自给率显著提高。

高纯石英方面：高纯石英原料纯度取得突破性进展，逐步替代进口原料成功应用于石英坩埚及高纯石英管，产品质量接近国外先进水平，大尺寸电子级石英坩埚、高性能熔石英玻璃、超纯石英玻璃取得突破，成功应用于半导体单晶生产中。

其他方面：成功建成并运行万吨级硅醇直接法烷氧基硅烷生产装置，实现无氯生产硅烷原料；纳米硅材料产业规模逐渐扩大，高纯硅溶胶、超细纳米沉淀二氧化硅等中高端产品逐渐规模化，附加值稳步提高。

### 1.1.3 安全、环保水平进一步提升

金属硅、多晶硅、有机硅副产物综合治理水平大幅提高，循环经济模式基本建立，实现了四氯化硅、一甲基三氯硅烷产品的全面综合利用，刺激了企业副产物回用的积极性；有机硅、多晶硅和氯硅烷生产系统 HCl 回收率稳步提高，2013 年达到 75% 以上，逐步接近国外 90% 的水平，从根源上减少了环境事故发生的风险；各级政府环保执法力度不断加强，通过严打环境危害事故，杜绝了偷排现象。

行业安全生产形势明显改善，2008 年至今国内公开披露的硅行业安全事故在 59 起以上，造成多人死伤。2013 年较 2012 年披露的安全事故显著下降，但 2014 年上半年又有所反复（表 1-3）。全国硅产业绿色发展战略联盟统计认为，2008 年之后我国硅产业安全及环

境事故进入高发期，并在 2010~2012 年达到非常严重的程度，全国硅产业绿色发展战略联盟认为，这一趋势与近年来我国大量上马硅材料项目、装置试车管理不到位、经验不足有关，其后在安全、环保等管理部门严格管理、加强引导等政策刺激下，2013 年行业安全形势有所缓解，企业管理逐步规范。但总体而言，我国硅产业面临的安全生产形势仍比较严峻，我们建议各硅分支产业继续根据国家安全、环保法规要求主动整改，同步实现增长、安全与健康的和谐统一。

表 1-3 2008~2014 年上半年硅材料各分支行业安全及环境事故及伤亡情况

行业	人员伤亡	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	合计
多晶硅	4 死 4 伤	1	1	6	10	3	1	3	25
有机硅	3 死 5 伤	3	5	7	1	9	4	1	30
金属硅	1 死 19 伤	1	1	1			1	1	5
合计	8 死 28 伤	5	7	14	11	12	6	5	60

在公开披露的 59 起事故中，从地区来看，湖北、江苏、浙江、河南等地是事故高发区，湖北、内蒙古、四川、江西、云南、山东、浙江等省发生的事故造成了人员死亡（表 1-4）。

表 1-4 2008~2014 年上半年我国各省区硅产业安全及环境事故及伤亡情况

省份	事故数	伤亡人数	省份	事故数	伤亡人数
湖北	14	2 死 1 伤	甘肃	2	1 死 1 伤
江苏	10	1 伤	广东	2	
浙江	7	5 伤	山东	2	7 伤
河南	5		四川	2	2 死 1 伤
河北	4		云南	2	9 伤
江西	4	1 死 2 伤	陕西	1	
内蒙古	3	2 死 1 伤	上海	1	
合计				59	8 死 28 伤

从行业来看，多晶硅行业事故更为频繁，特别是氯硅烷副产物泄露和违规倾倒造成的环境危害事故和危险气体引发的爆炸事故，相当一部分的事故属于环境违法或运输途中发生；金属硅行业事故烈度较高，需要严格预防冶炼过程发生炸炉事故和硅熔浆外泄造成人员伤亡；有机硅下游发生的事故主要属于燃烧事故，烈度相对可控，但上游原料生产也多次发生人员死伤的烈性事故。从事故类型来看，泄漏和环境违法事件主要发生在有机硅和多晶硅的副产物处理环节，爆炸事故则多与硅粉、单硅烷、多晶硅和有机硅生产涉及的危险气体相关，特别是造成多人伤亡的事故多与硅粉爆炸和单硅烷爆炸有关。对事故过程简单分析即可看出，绝大部分的事故属于违规操作、知法犯法造成的责任事故，完全可以避免，应该给予惩戒（表 1-5）。

表 1-5 2008~2014 年上半年硅产业安全及环境事故类型分析

类型	数量	物质
泄漏	28	四氯化硅和三氯氢硅 13 起，硅熔浆 1 起，各类有机硅 14 起
爆炸	15	硅粉 3 起，单硅烷 1 起，有机硅 9 起，氯硅烷 2 起
燃烧	13	硅粉 1 起，有机硅 10 起，氯硅烷 2 起
违规倾倒	4	四氯化硅 4 起
其他明显违规操作引发的事故	9	





### 1.1.4 单位能耗及碳排放水平持续降低

2010年以来,我国硅材料产业节能减排有较明显进步。截至2013年,我国西门子法多晶硅生产平均还原能耗已基本接近国外水平,已降低至2010年水平的50%左右,硅粉/三氯氢硅等原材料消耗也较2010年同期降低60%以上;金属硅新建项目的炉型和装机数量均持续扩大,使副产物和余热回收技术得以实质推广,还原剂和硅石消耗降低,金属硅生产电耗较2010年平均下降约1200~1500kW·h/t,有10%以上产能单位能耗接近欧美先进水平;有机硅单体合成阶段平均能耗持续下降,通过对流化床和生产工艺进行改造,开车水平都有明显提高,使蒸汽消耗、电耗水平持续下降,与世界巨头水平的差距不断缩小。

据SAGSI统计,2010年我国有机硅、多晶硅、金属硅三大硅产品的产量约占世界总量的1/3,但是碳排放约占全球总量的一半以上(有机硅和多晶硅按照能耗折算),单位销售收入对应的碳排放更几倍于发达国家。如2010年我国每生产1t金属硅的直接碳排放当量约为6.5t,远高于巴西、挪威等国。而随着生产技术的改进,2013年该指标已经降低至约5t以下(表1-6)。如综合考虑能耗、物料和副产物回收抵扣,2013年我国硅产业全口径二氧化碳碳排放总量估计较2010年减少200万~250万吨,少消耗木材30万~50万吨以上;每吨金属硅、多晶硅、聚硅氧烷的二氧化碳排放分别减少25%、50%和15%。

表 1-6 2013 年我国硅产业各分支行业平均能耗水平

行业	电力 /kW·h	蒸汽 /t	折标煤 (含原料) /t	国外先进 水平 /t	2013年产品 吨价/元	吨煤实现产 品价值/元	备 注
金属硅	14500	—	2.1	1.8	15000	7150	—
多晶硅	110000	10	23	15	130000	5600	金属硅 1.3t/t, TCS 6t/t。 TCS=0.3tce
硅氧烷	4000	15	4.3	2	16500	3800	金属硅 0.5t/t, 甲醇 0.4tce
气相二氧化硅	1800	0.5	0.3	0.25	30000	100000	氢气已折算至电力中

来源: SAGSI 调研。

### 1.1.5 相关产业政策体系迅速完善, 国家重视程度显著提高

硅材料作为重要的军工材料和半导体材料, 新中国建立后即投入大量人力物力扶植其发展, 奠定了行业发展的基础。21 世纪初以来, 硅材料作为能源新材料、碳基替代材料产业, 对缓解我国化石资源紧缺状况的加剧并满足我国半导体电子工业发展需要的重要意义日益凸现, 国家逐步从多方面开始鼓励硅材料行业引进先进技术和装置、促进资源合理开发、促进公平贸易, 保护民族工业等角度, 先后出台了一系列相关政策。2009 年以来, 国务院常务会议多次讨论如何引导多晶硅光伏产业健康发展, 扶持光伏新能源产业, 并先后出台多项文件和优惠政策, 大力促进我国光伏装机发展, 并从国家层面积极协调我光伏出口遭遇的多起贸易争端。这些举措, 都使硅产业的重要性在一定程度上上升到了国家层面。

截至 2013 年年末, 适用于硅产业的全国性产业政策主要包括四大类: 一是采取反倾销和贸易救济等政策措施确保硅材料、光伏行业的公平贸易; 二是通过设置行业准入条件积极引导硅产业转型升级; 三是提高光伏新能源安装容量, 直接扶持光伏及硅材料产业; 四是鼓励硅材料科技创新, 重点引导配置科研资源向重点领域倾斜(表 1-7)。