

近十年我国工业硅产业格局变化浅析

闫瑾

(北京安泰科信息股份有限公司, 北京 100038)

摘要: 硅产业是有色金属工业重要的产业, 特别是工业硅作为硅铝合金、有机硅、多晶硅光伏产业上游最基础的原材料, 其下游应用已经渗透到日用民生、新能源、通讯等各行各业中, 成为名副其实的“工业味精”。近年来我国工业硅产业实现了长足发展, 产业规模已跻身铝、铜、铅、锌之后的第五大有色金属品种, 产业集中度逐步提高, 生产装备和相关技术经济指标已取得显著进步。同时, 行业也面临着产业结构待优化、环保治理水平待提高等多重挑战, 转型发展、绿色发展和高质量发展的任务依然艰巨。

关键词: 工业硅; 产业格局; 变化

中图分类号: F426.7

文献标识码: A

文章编号: 11-5004 (2020) 23-0231-4

中国工业硅生产始于1957年, 在苏联帮助下辽宁抚顺铝厂建成投产了我国第一台工业硅冶炼炉。1960年以后, 我国开始自行设计建设单相和三相电极工业硅炉。从上世纪60年代初至70年代末, 先后在辽宁、河北、江苏、上海、天津、河南、青海、贵州等省区建成投产了十几个生产单位, 形成了5万吨/年的生产能力。这一阶段, 我国的工业硅生产是国内自产自销, 达到了自给自足。从1980年以后, 我国的工业硅开始出口, 之后随着出口量的迅速增加, 生产企业如雨后春笋、迅速增加。90年代后期, 受国际工业硅价格下滑和亚洲金属危机等因素影响, 我国东北、华北、西北、华东等地区的一些工业硅企业被迫停产或转产, 同时在电力供应充足的贵州、云南、四川等省区又新建了一批工业硅企业。进入21世纪以来, 随着我国各地区能源和原材料供应状况和价格的不断变化, 高成本企业被迫关停, 工业硅企业逐渐集中在西南、西北等地。

1 中国工业硅产业格局变化特点

1.1 产业规模显著扩张

1.1.1 产能产量增速明显高于海外

截止2019年底, 中国工业硅产能达到482万吨/年, 与2009年的240万吨/年相比, 累计涨幅为101%, 年均增长率为7.2%; 同期海外工业硅产能仅从110万吨/年增加至138万吨/年, 累计涨幅为25%, 年均增长率为2.3%。产量方面, 中国工业硅产量从2009年的80万吨增加至2019年的220万吨, 累计涨幅175%, 年均增长率达到10.6%, 同期海外工业硅产量从64.2万吨增加至102万吨, 累计涨幅58%, 年均增长率为4.7%。由此可以看出, 中国工业硅产能、产量增速明显高于海外。

表1 2009-2019年全球及中国工业硅产能产量情况(单位: 万吨)

	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
全球产能	350	387	440	480.5	505	510	580	590	615	638	620
中国产能	240	275	320	360	380	385	450	460	480	500	482
海外产能	110	112	120	120.5	125	125	130	130	135	138	138
全球产量	144.2	203.5	222.1	196.2	232	255.2	293	314	328	352	322
中国产量	80	118	136	115	145	170	195	210	220	240	220
海外产量	64.2	85.5	86.1	81.2	87	85.2	98	104	108	112	102

数据来源: 中国有色金属工业协会硅业分会、安泰科

1.1.2 在全球市场份额逐步提高

21世纪以来, 全球工业硅产业快速发展, 这一时期中国成为全球最大的工业硅生产国。特别是在2010年之后, 中国工业硅产能规模扩张明显, 市场占有率持续提升, 中国工业硅产能快速扩张是拉动全球产能增长的主要动力。2009-2019年期间, 我国工业硅产能、产量占比分别从68.5%、55.5%增长至77.7%、68.3%, 稳居全球最大工业硅生产国。

1.2 产能分布逐步西移

随着多晶硅、光伏和有机硅产业的快速发展, 我国工业硅产能、产量出现大幅增加。特别是在金融危机之后, 随着大量有机硅和多晶硅项目的投产以及汽车产量的剧增, 国内工业硅市场需求大幅增长, 进一步激发了民间投资工业硅产业的热情。新疆地区由于拥有较强的资源、能源优势, 工业硅投资项目层出不穷。据中国有色金属工业协会硅业分会统计, 我国工业硅产能从2009年的240万吨增加至2019年的482万吨, 新增产能总计

表2 2009-2019年中国工业硅产能产量占比情况

	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
产能占比	68.6%	71.1%	72.7%	74.9%	75.2%	75.5%	77.6%	78.0%	78.0%	78.4%	77.7%
产量占比	55.5%	58.0%	61.2%	58.6%	62.5%	66.6%	66.6%	66.9%	67.1%	68.2%	68.3%

数据来源: 中国有色金属工业协会硅业分会、安泰科

242万吨, 其中新疆新增产能155万吨, 占比达到64.1%; 同期我国产量从80万吨增加至220万吨, 产量增长140万吨, 其中新疆产量增长91万吨, 占比达到65%, 年均增长率达到32.7%。新疆自2015年超越云南, 成为我国工业硅产量第一的省份; 2018年, 地区产量首次突破一百万吨, 稳居全国产量榜首位置。截止2019年, 新疆工业硅产能产量占全国的比重分别为35.2%和44.1%, 较2009年分别提高了29个百分点和36.6个百分点。以上数据表明, 我国工业硅产业向西北地区转移的态势已逐步显现。

收稿日期: 2020-12

作者简介: 闫瑾, 女, 生于1990年, 山西人, 学士学位, 工程师, 研究方向: 硅产业。

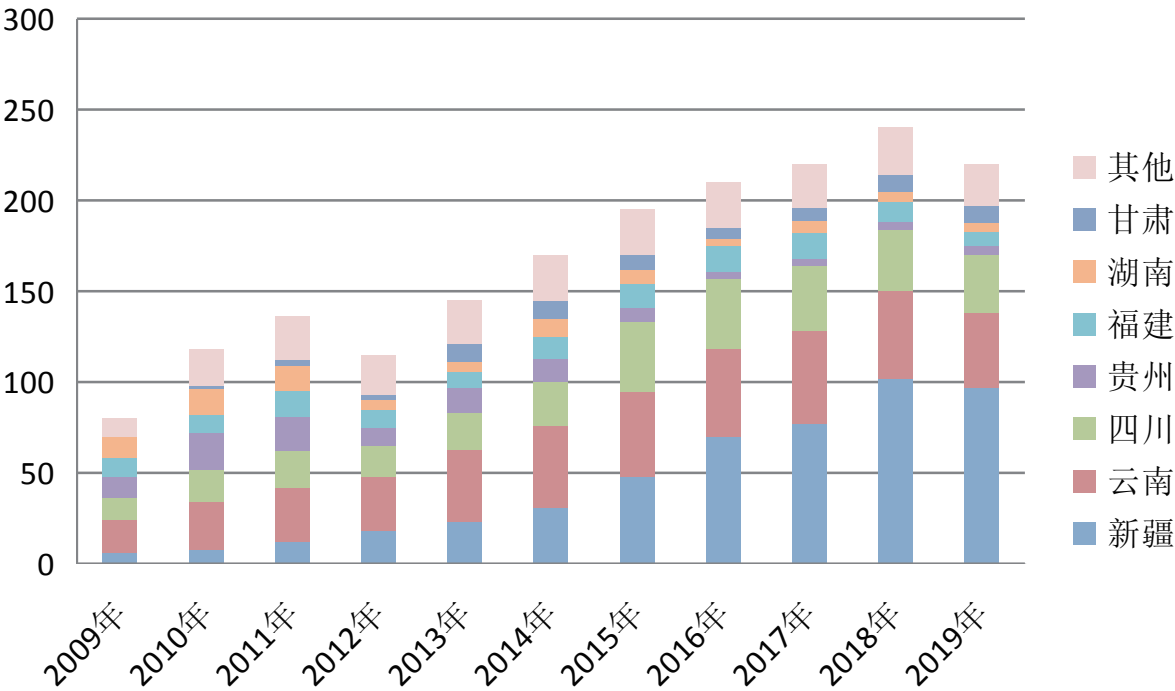


图1 2009-2019年我国工业硅分地区产量分布图 单位：万吨

表3 2009-2019年我国工业硅分地区产量情况表(单位：万吨)

	新疆	云南	四川	贵州	福建	湖南	甘肃	其他	总计
2009年	6	18	12	12	10	12	0	10	80
2010年	8	26	18	20	10	14	2	20	118
2011年	12	30	20	19	14	14	3	24	136
2012年	18	30	17	10	10	5	3	22	115
2013年	23	40	20	14	9	5	10	24	145
2014年	31	45	24	13	12	10	10	25	170
2015年	48	47	38	8	13	8	8	25	195
2016年	70	48	39	4	14	4	6	25	210
2017年	77	51	36	4	14	7	7	24	220
2018年	102	48	34	4	11	6	9	26	240
2019年	97	41	32	5	8	5	9	23	220

数据来源：中国有色金属工业协会硅业分会、安泰科

2 推动产业格局变化的成因

2.1 需求稳步增长推动产业规模扩张

据硅业分会统计，截至2019年，我国国内工业硅消费量为158万吨，其中铝合金行业消费工业硅46万吨，占国内消费总量的29.1%；有机硅行业消费工业硅63万吨，占国内消费总量39.8%；多晶硅行业消费工业硅42万吨，占国内消费总量的26.5%。2009-2019年期间，国内消费增量总计为132万吨，年均增速高达19.7%。

在国家不断推动战略性新兴产业发展的大背景下，近年来，多晶硅市场需求呈现爆发式增长，并成为工业硅下游消费的新增长点。我国多晶硅企业在国家政策支持下，依靠自主创新以及引进技术再创新，打破了发达国家对多晶硅生产技术的垄断和封锁，实现了多晶硅规模产业化，产能、产量快速增长。据中国有

色金属工业协会硅业分会统计，截止2019年底，我国多晶硅行业产能达45.2万吨；我国多晶硅产量已经从2009年的1.83万吨增加至2019年的34.4万吨，年均增速达到34.1%。

工业硅的另一主要消费领域有机硅行业同样表现不凡。有机硅消费领域众多，几乎覆盖到民生、国防等大多数行业。有机硅室温硅橡胶用于建筑、汽车行业；高温硅橡胶、密封胶和硅树脂广泛应用于电子行业；另外，化工行业的农药助剂、染料助剂、药品助剂、杀虫剂和灭火剂中的助剂也都广泛使用有机硅。近些年，随着国民经济的不断发展，国内的有机硅单体规模发展迅速。中国有机硅深加工及其应用，正在形成一批以高温胶、液体硅橡胶、纺织助剂、硅烷偶联剂等为特色的企业和产业群，活跃在国内外市场。

配制合金是我国工业硅传统消费领域之一，包括铝合金、镁合金以及少量的铜基、铁基合金都要添加少量的硅，以提高合金的强度、增加抗氧化和耐腐蚀能力。2008年金融危机结束后，汽车行业的快速复苏带动了铝合金消费量增长。

我国不仅是全球最大的工业硅生产国及消费国，也是最大的贸易国。2013年初，我国取消工业硅出口关税，使出口秩序得到一定改善，同时带动工业硅出口量稳步回升。

我国工业硅出口目的地主要集中在亚洲、欧洲国家，其中日韩地区由于没有金属硅生产企业，其对中国金属硅供应的依赖程度高达80%，我国每年出口至日韩的金属硅总量稳定在30万吨，占出口总量的35-40%。美国、加拿大自1991年开始中国进口的工业硅征收高额关税，导致我国出口至美洲的工业硅数量极少。欧盟地区对中国进口的工业硅同样征收反倾销税，税率在2016年由原来的19%降至16.8%。由于欧洲本地金属硅工厂产量不足以满足下游市场需求，以及考虑中国金属硅物美价廉的优势，欧洲每年从中国进口工业硅量稳定在15-20万吨，占我国出口总量的15-20%。值得关注的是，2013-2018年期间，我国对印

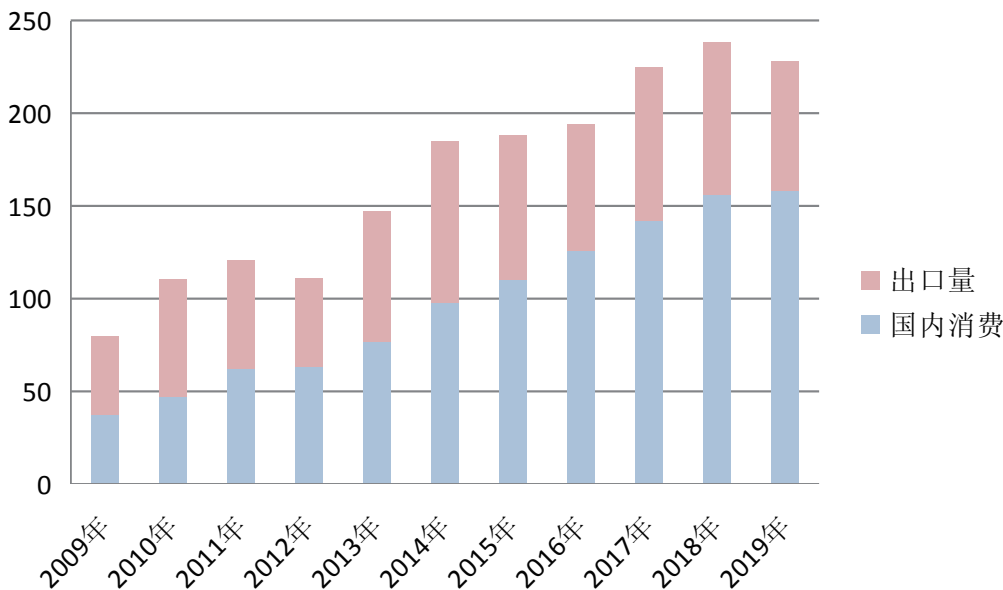


图2 2009-2019年我国工业硅下游消费及出口量增长走势图 单位：万吨

度、马来西亚、泰国地区出口量同比逐年增加。随着“一带一路”倡议的提出，我国与东南亚、南亚、西亚国家积极推进铁路、旅游等各领域合作，一些国家基础设施建设因此加快，我国对亚洲地区工业硅出口量呈现稳步增长态势。

近些年，无论是国内外下游企业规模发展迅速，还是国外下游企业在中国建厂带动国内消费，无疑都一定程度刺激了我国工业硅产业规模的显著扩张。

2.2 成本优势带动产业向西转移

通常，工业硅的生产是在电炉中由碳还原二氧化硅而制得。化学反应方程式为： $\text{SiO}_2 + 2\text{C} \rightarrow \text{Si} + 2\text{CO}$ ，其中产生的一氧化碳再和空气中的氧气反应生成二氧化碳排放到大气中。根据上述反应原理，硅石 SiO_2 和碳质还原剂 C 是工业硅冶炼的两种主要原料。通常情况下生产 1 吨工业硅需要 2.7-3 吨硅石。对碳质还原剂而言，根据上述反应原理，生产 1 吨工业硅理论上需要 0.86 吨碳质还原剂的固定碳。目前，工业硅冶炼所用的主要还原剂有石油焦、烟煤、木炭。当然，为了增加导电性，工业硅冶炼过程中需要使用电极，而且通常是碳素电极，也会增加一定数量的固定碳，所以总的原则是冶炼 1 吨工业硅，需要使用 0.86 吨固定碳。

下面是目前国内采用非全煤工艺和全煤工艺，分别冶炼 1 吨工业硅的电耗和原料配比的典型情况及 2019 年我国主要地区工业硅生产成本细分图。

表4 冶炼1吨工业硅的电耗及原料配比情况

	非全煤工艺	全煤工艺
电耗, kWh	12000-13000	12000-13500
硅石, kg	2700-3000	2650-2900
低灰煤, kg	450-600	1100-1200
木炭, kg	500-950	-
石油焦, kg	800-1000	-
木块, kg	300-680	500-850
电极, kg	60-100	70-100

数据来源：中国有色金属工业协会硅业分会、安泰科

如图3所示，电力成本的高低直接影响工业硅生产成本的多少。工业硅属于资源性、高能耗、高污染行业，在生产过程中，需要消耗大量的能源，能源成本占到总成本的 50% 以上。传统工业硅大省湖南、贵州地区受到淘汰落后产能政策以及电价的不不断上调的影响，企业竞争力大大降低，不少企业退出市场，而拥有电力资源优势的新疆企业以及水电丰富的西南地区企业得到快速增长。特别是新疆地区，依托于廉价的自然资源优势及特有的政策优势成为近年来工业硅产能扩张最快的省份。另一方面，新疆全年电价平稳，生产稳定，不存在丰枯水期，这对下游客户的采购来说也是一利好因素。

根据硅业分会统计，新疆地区产能自 2015 年出现明显增长，产能同比增长 61.5%。值得关注的是东方希望孤网运行的煤电硅一体化项目给业内带来巨大的冲击，行业内纷纷效仿。在之后的两至三年内新疆新建项目投资热情持续高涨，地区产能以年均 16.9% 的增速快速增长，并于 2016 年超越云南成为我国工业硅生产第一大省份。截至 2019 年底，新疆工业硅产能共计 170 万吨，占到国内总产能的 35.2%，带动我国工业硅产能逐步向西北地区转移。

3 我国工业硅产业格局变化过程中对产业发展带来的影响

3.1 产业集中度逐步提高

随着我国工业硅产能西移以及产业规模逐渐扩张，我国工业硅产业集中度也在逐步提高。根据硅业分会统计，2019 年产量排名前十的企业生产总量共计 102.6 万吨，占国内总产量的 46.6%，较 2009 年提高 27.6 个百分点。纵观全球市场，国外工业硅市场经过几十年的发展，企业数量一直保持在 20 多家，单个企业产能相对较高。国外前 10 家工业硅厂集中度达到 70% 以上，仍远高于我国的产业集中度。当前我国工业硅行业市场集中度正逐渐提高，规模经济效益初步显现。

3.2 推动生产装备向大型化、自动化方向发展

2009 年我国工业硅生产主要是以 6300KVA 矿热炉为主，

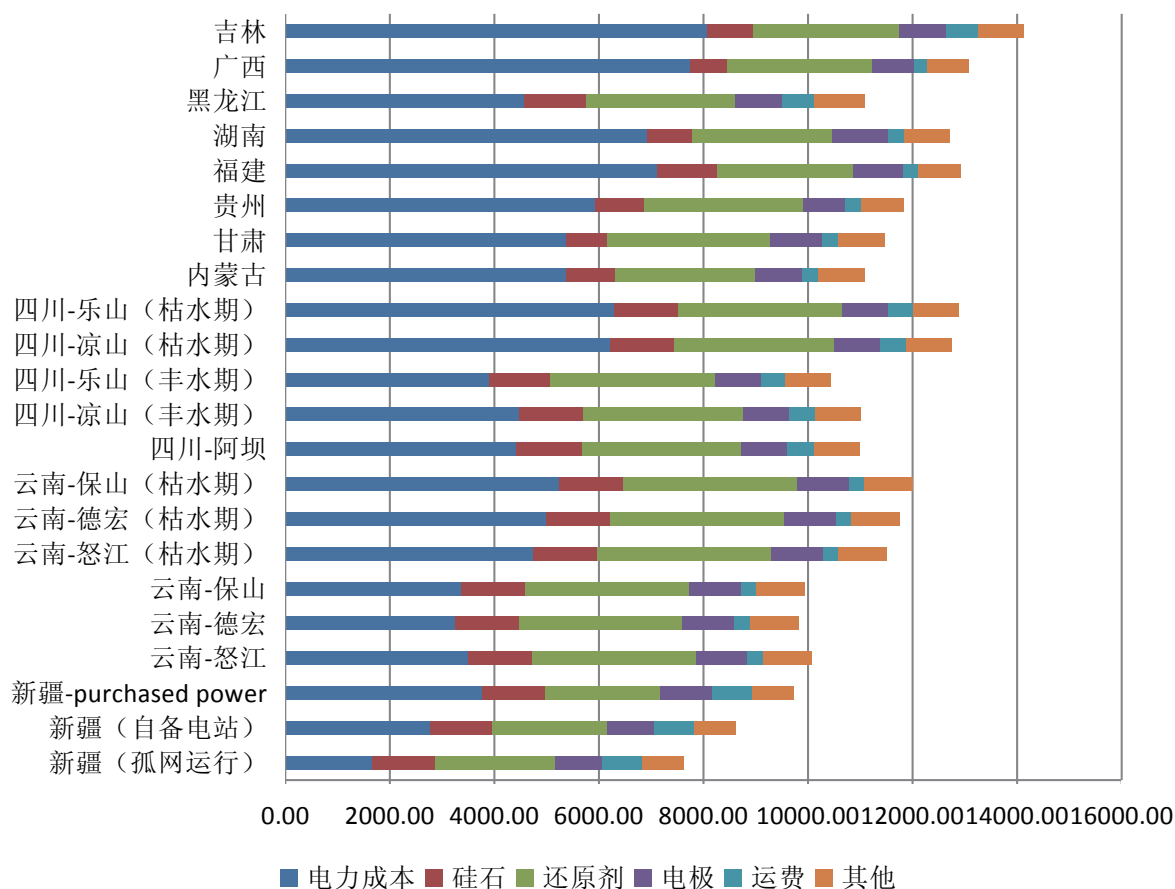


图3 2019年我国主要地区工业硅生产成本细分图(单位:元/吨)

12500KVA 矿热炉刚刚起步,生产过程中,以木炭为主要还原剂,绝大部分企业使用人工加料、捣炉。在工业硅产能逐步西移的带动下,由于西部地区人口密度较低,推进了新建工业硅生产装备向大型化、自动化方向发展的进程。截止到2019年底,我国已投产炉型中,25000KVA及以上的大型冶炼炉数量已从2012年的28台增长至104台,占总量的20.1%,产能约148万吨,产能占全国总量的32%左右;12500KVA以下冶炼炉数量为70台左右,不足总量的15%,产能48万吨,占全国总产能的10%左右;12500KVA-16500 KVA冶炼炉约284台,占总量的54.8%,是我国目前数量最多的炉型,产能约206万吨,占全国总产能43%左右。当前,我国工业硅先进企业的生产工艺和装备已经达到国际先进水平。随着国内工业硅炉向大型化发展,其生产过程已基本摆脱木炭,改用煤或油焦作为还原剂,产品质量不断提升。同时,自动上料、加料和捣炉已得到普遍应用,余热利用等先进技术正逐步推广。

4 行业面临的问题与发展建议

近十年来我国工业硅产业实现了长足发展,产业规模已跻身铝、铜、铅、锌之后的第五大有色金属品种。但随着产业规模的逐步扩张,行业也面临着环保治理水平待提高、产业结构待优化等多重挑战。

4.1 环保设施副产物回收治理问题

党的十九大报告把污染防治作为决胜全面建成小康社会的三大攻坚战之一,我国环境治理力度因此明显加大。对于工业硅

行业,云南、新疆政府相继出台文件强制要求地区企业配套建设环保除尘、脱硫等设备。2018-2019年间,云南、新疆部分企业着手建设环保脱硫设施,并陆续投入运行阶段。这是我国工业硅行业向绿色环保方向发展迈出的第一步。然而随着脱硫设施在各地普遍投入运行,其运行过程中在清理了工业硅粉尘污染的同时,有副产物石膏产生,副产物石膏的回收再利用问题成为企业面临和关注的又一问题,也是未来值得探讨的课题之一。

建议:未来我国工业硅行业在突破环保约束瓶颈的同时,仍需抓住技术创新不放松。要增加研发投入,与科研院所合作,加强基础研究,对其环保设施副产物石膏的合理应用实现突破。重塑产业价值链体系,持之以恒开展重点攻关。

4.2 需求增速放缓 供给侧面临结构性改革

我国工业硅消费市场在2018年已呈现出需求增速放缓的态势,并延续至2019年。下游铝合金行业消费增速放缓表现最为明显,甚至在2019年呈现出负增长态势。相较于前些年我国民间投资工业硅产业的高涨热情,2018-2019年间我国工业硅新增产能不足20万吨,增速明显放缓;产量方面,在外需收缩、内需不足的倒逼下,2019年国内产量首现七年来同比回落态势。

建议:对于发展新常态的中国来说,需求和供给的失衡正在给中国经济带来长期性的隐忧。2015年11月10日在中央财经领导小组会议上,习主席首次提出“供给侧结构性改革”,旨在适度扩大总需求的同时,提高供给体系质量和效率。当前我国工业硅行业处于阶段性产能过剩时期,未来一方面要严控盲目投资,一方面如能在产业格局变化的过程中,通过采取兼并重组,获取规模效益,也不失为是提高工业硅产业生产效率的有效途径。