



垄断竞争转向充分竞争

— 新能源系列研究之“多晶硅”

要点:

- **从垄断竞争到充分竞争:** 高纯多晶硅最初主要用于半导体领域, 自 2004 年以来受晶体硅太阳能电池需求拉动而出现供不应求, 致使多晶硅价格持续上涨并带来暴利, 暴利的诱惑下产业壁垒被攻克(资金+技术), 大量的新增产能不断涌现。当越来越多的厂商掌握了生产技术, 行业出现超额利润时供应商能够迅速扩产, 多晶硅行业从之前的寡头垄断格局, 转向充分竞争格局。自 2008 年 4 季度以来, 多晶硅价格步入下跌通道。
- **2009 年供需逆转, 2010 年行业洗牌:** 大部分 08 年新增产能投产于 08 年底, 这些产能将冲击 2009 年多晶硅市场。自 2008 年 4 季度以来, 由于金融危机影响了下游光伏需求, 许多曾出台庞大扩产计划的多晶硅制造商必将推迟或取消其部分后期项目, 而目前已经在建产能将陆续于 2009-2010 年投产。通过分析全球的多晶硅项目供给及需求状况, 我们判断 2009 年全球多晶硅供需逆转, 而随着在建项目于 2010 年再度冲击市场, 2010 年将发生无情的洗牌。
- **新技术路线的冲击不可忽视:** 以改良西门子法为代表的传统工艺是当前高纯多晶硅的主要生产方法, 占据着 80% 的份额。而以硅烷法、冶金法为代表的新兴技术正在逐步的成熟中, 这些新方法直接瞄准太阳能级的多晶硅, 相对传统工艺而言成本大幅降低。新技术的突破及扩产, 将给现有行业格局带来影响。需要密切关注冶金法的提纯纯度, 若能量产 6N 级, 则足以对行业形成较大冲击。

分析师

周 涛:

☎(86-10) 88366060-8727

✉ zt@cgws.com

徐 超:

☎(86-10) 88366060-8711

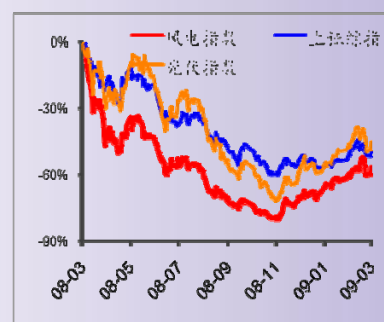
✉ xuc@cgws.com

张 霖:

☎(86-10) 88366060-8752

✉ zhangl@cgws.com

行业相对上证指数走势图



相关报告

《电力设备与新能源 09 年投资策略》

2008. 12. 9

《光伏需求继续旺盛, 价格预期下跌》

2008. 9. 25

《非晶硅薄膜电池步入加速期》

2008. 6. 30

《能源格局转型孕育投资机会》

2008. 6. 7

《总体竞争加剧, 亮点在高压和节能》

2008. 5. 8

《光伏两路突围, 子行业投资机会凸现》

2008. 3. 28

独立声明

作者保证报告所采用的数据均来自合规渠道, 分析逻辑基于本人的职业理解, 通过合理判断并得出结论, 力求客观、公正, 结论不受任何第三方的授意、影响, 特此声明。



目 录

1. 多晶硅——从垄断竞争到完全竞争	3
1.1 传统七大厂	3
1.2 国际新进入者	4
1.3 国内项目及进展.....	6
1.4 2009 年供需逆转.....	10
2. 新技术路线的冲击不可忽视	11
2.1 改良西门子法	12
2.2 ASiMi 法(硅烷法)	12
2.3 流体床反应法	13
2.4 物理法	13

图 目 录

图 1、传统七大厂产能产量预计(吨)	4
图 2、国际新进入者产能产量预计(吨)	6
图 3、国内多晶硅项目产能产量预计(吨)	10
图 4、全球多晶硅供需预测(太阳能级): 2009 年供需逆转.....	11
图 5、改良西门子法流程图	12
图 6、Asimi 方法示意图	12
图 6、硫化床方法示意图	13

表 目 录

表 1、截至 2008 年底传统 7 大厂多晶硅产能及产量情况	3
表 2、传统七大厂产能(吨)	4
表 3、截至 2008 年底国际上新进入的多晶硅产能	5
表 4、国际新进入者产能产量预计(吨)	6
表 5、截至 2008 年底大陆多晶硅项目状况	7
表 6、国内多晶硅项目统计及产量预测	9
表 7、全球多晶硅产量预测合计	10



1. 多晶硅——从垄断竞争到完全竞争

高纯多晶硅最初主要用于半导体领域，自 2004 年以来受晶体硅太阳能电池需求拉动而出现供不应求，致使多晶硅价格自 2003 年约 35 美元/公斤持续上涨至 2008 年 400 美元/公斤。价格暴涨的重要原因在于，高纯多晶硅生产在 2007 年以前基本上为 Hemlock、Wacker 等七家国际大厂所垄断。持续的价格上涨带来暴利，暴利的诱惑下产业壁垒被攻克（资金+技术），大量的新增产能不断涌现。

当越来越多的厂商掌握了生产技术，现有厂商能够在超额利润出现时迅速扩产，整个行业的行业壁垒无从谈起，多晶硅行业变得更像传统的低壁垒化工行业。

供给增加主要分为三部分：以 Hemlock 为代表的传统厂商扩产、以 Hoku 为代表的国际新进入者、以江西赛维为代表的国内新进入者。

1.1 传统七大厂

从传统七大厂情况来看，截至 2008 年底，七大厂合计产能为 5.8 万吨。预计 2009-2010 年产能分别达到 7.3 和 10.0 万吨。2008-2010 年产量约为 4.6、5.8、8.0 万吨。其中 Hemlock、Wacker、REC 已经成为拥有万吨级产能的多晶硅供应商。

表 1、截至 2008 年底传统 7 大厂多晶硅产能及产量情况

名称	简介	多晶硅产能产量统计
Hemlock	全球最大高纯多晶硅生产商，由道康宁公司和两家日本企业——信越半导体 (Shin-Etsu Handotai) 和三井材料 (Mitsubishi Materials) 合资成立	Hemlock 公司多晶硅的年产能在 2008 年底高达 1.9 万吨。并计划在 2010 年完成另一扩建项目。预计到 2011 年底，该厂总产能将增至 3.6 万吨。
Wacker	德国慕尼黑的瓦克集团 (WACKER Chemie AG)，是全球性的化学企业，全球据点分布于欧美亚三大洲。2008 年前 9 个月，Wacker 高纯多晶硅销售额 5.89 亿欧元，同比增 86%，ebit 为 2.59 亿欧元，同比增 200%，息税前利润率为 44%。	2008 年底 10000T 产能。瓦克化学股份有限公司于 08 年 10 月宣布，将在德国萨克森州的农特里茨生产基地投资 7.6 亿欧元新建一套年产 1 万吨多晶硅生产装置，预计 2011 年 1 季度投产至年底达产。除此之外，该公司还将投资约 1 亿欧元，将其在博格豪森生产基地正在扩建的多晶硅装置年产能从 7000 吨提高到 1 万吨，至 2010 年底达产。这些扩建项目完成后，瓦克多晶硅年总产能将从目前的 1 万吨增加到 3.55 万吨。
Tokuyama	日本德山化工及材料领域的集团公司	目前拥有 5200 吨产能，至 2009 年 1 季度将增至 8200 吨，目前的生产基地位于 Shunan City, Yamaguchi。2008 年 4 月，公司启动计划开创新的生产基地，位于 Samalaju Industrial Park。
REC	包括 SGS, Asimi	2007 年 Q3 至 2008Q3，季度产量一直维持在 1400-1600T，2007 年产 5780T，2008 年预计产量 6600T。2009 年底产能将扩充至 1.15 万吨。公司 2008 年硅片产量约 590MW，电池片产量约 135MW，电池组件约 85MW。公司 2009 年计划硅片产量增加至 1100MW，电池片增加至 225MW。公司远景规划至 2011 年的硅片产能将扩充至 1875MW，电池片产能将扩充至 1430MW。



MEMC 包括 Italy 和 USA 两个分部, 目前生 2008 年底达到 8000T, 2009 年底达 12000T, 到 2010 年达到 15000T。
产和销售多晶硅、硅片(以硅片为主)

Mitsubishi 包括 USA 和 Japan 两个分部 截至 2008 年底为产能 3750T, 两个分部计划每年扩产共计 450T, 预计 2009-2010 年每年递增 450T, 至 2010 年达 4650T。

Sumitomo 日本住友, 旗下 Sumitomo Titanium 1400T 产能, 目前没有扩产计划。

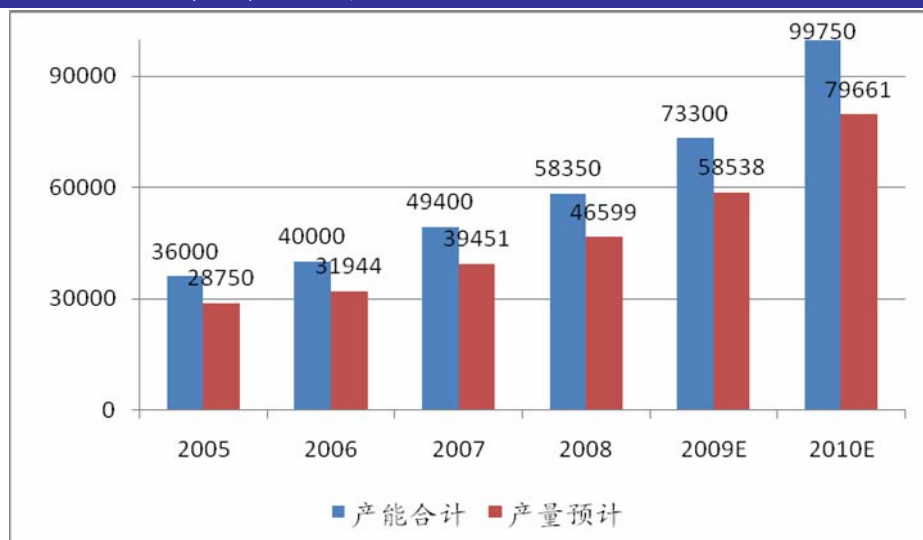
数据来源: 公开资料, 长城证券研究所

表 2、传统七大厂产能(吨)

产能	2005	2006	2007	2008	2009E	2010E
Hemlock			14500	19000	22000	29000
Wacker			10000	10000	14000	30000
REC			8000	10000	11500	11500
MEMC			6000	8000	12000	15000
Mitsubishi			3300	3750	4200	4650
Tokuyama			6200	6200	8200	8200
Sumitomo			1400	1400	1400	1400
产能合计	36000	40000	49400	58350	73300	99750
增速		11.1%	23.5%	18.1%	25.6%	36.1%
产量预计	28750	31944	39451	46599	58538	79661

数据来源: 长城证券研究所

图 1、传统七大厂产能产量预计(吨)



资料来源: 长城证券研究所

1.2 国际新进入者

国际新进入者当中, DC chemical、M. Setck、Hoku 这三家已经在 2008 年商业化



量产，另外加拿大的 BIS 的 5N 级多晶硅对市场也有较大的冲击。如果包含 BIS 的 5N 级多晶硅在内，则 2008-2010 年国际新进入者贡献的产能分别为 2.2、4.7、7.4 万吨，产量分别为 1.1、2.8、5.2 万吨。

表 3、截至 2008 年底国际上新进入的多晶硅产能

名称	简介	多晶硅产能产量统计
JFE	川崎制铁， (NKK 和 Kawasaki 合并) (日本)	于 2006 年 7 月宣布掌握了制作太阳能级硅的技术，并开始建造 100T 产能，采用等离子焰、电子束和定向凝固方法除杂生产太阳能电池用多晶硅。截至 2008 年 JFE 拥有 400 吨产能。
NSC	新日铁 (日本)	在八幡市设立新日铁太阳能材料公司，以冶金工艺为基础生产 6N 的太阳能用多晶硅厂，产能约 500 吨/年，于 2007 年下半年投产。
JSSI (Joint Solar Silicon GmbH & Co.KG)	德国	Rheinfelden 地区，用硅烷生产多晶硅。截至 08 年底拥有产能为 800 吨/年。JSSI 宣称此法所消耗的电量为传统西门子法的 10 分之 1。如果改方法大规模化，则对西门子技术路线是一个挑战。
ELKEM	挪威	公司在挪威 Kristiansand 建设了一家工厂，08 年底投产，09 年逐步达产，产能 5000 吨，其产品在 2012 年前全部销售给德国晶硅电池商 Q-cells 公司。
Silicio Energia	西班牙	位于安达卢西亚的一家公司其多晶硅生产设备由 centrotherm photovoltaics AG 提供。产能为 2500 吨，2009 年初投产。
DC Chemical	韩国	第一座工厂产能 5000 吨，建于 06 年 6 月，于 2007 年 12 月竣工，并于 2008 年 3 月开始商业化量产，预计 09 年底增加至 6000 吨。第二座工厂产能 10000 吨，生产 9N 级多晶硅，2009 年初竣工。第三座工厂 10000 吨，计划于 2009 年底竣工。至 2010 年产能将扩充至 2.6 万吨。它是诸多台系硅晶圆、太阳能电池厂签约取料的对象。
M.Setek	日本	截至 2008 年年底产能 5000 吨，2008 年产量约 3600 吨；预计 2009 年底达产能 1 万吨。
Hoku Materials	美国	截至 2008 年底拥有 4000 吨多晶硅年生产能力。
Nitol Group	俄罗斯	Nitol Solar 正致力于在 Irkutsk 的新厂房建设，以实现其在 2009 年 3700 吨多晶硅产能的目标。
Silfab	意大利	9N 级产品，Silfab 公司将在 2009 年 3 季度达到 3000 吨多晶硅产能，并将在 2010 年底增至 5000 吨。
BIS (Timminco)	加拿大	冶金法，5N 级产品，成本为高纯多晶硅的至少 1/2，其规模化成本预计为 10-15 美元/公斤。加拿大多晶硅生产商 (其全权母公司为 Timminco, Advanced Metallurgical 集团控制其母公司 50.5% 的股份) 2008 年出售产品 1044 吨，4 季度平均售价为 65 美元/公斤，08 年平均售价为 61 美元/公斤。2009 年中旬，其产能将扩充至 1.44 万吨。(BSI 正在加拿大魁北克省建设拥有 3 条年产量为 3600 吨的生产线。)



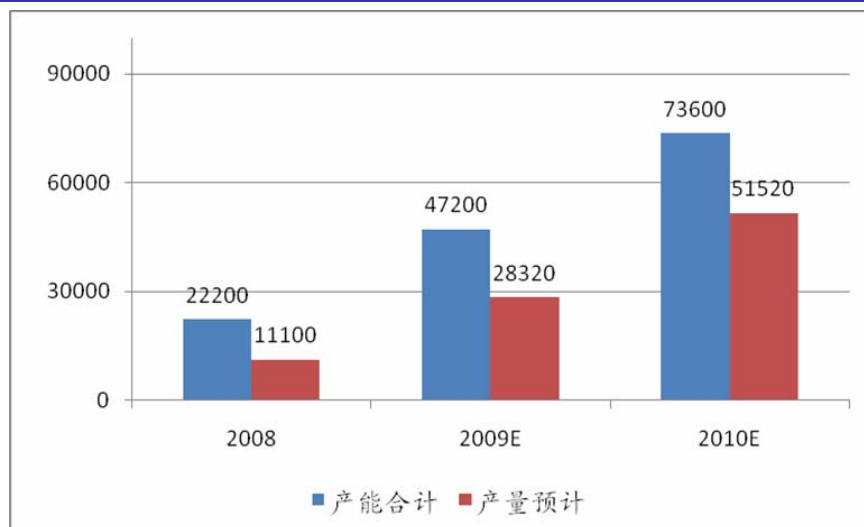
数据来源：公开资料，长城证券研究所

表 4、国际新进入者产能产量预计（吨）

产能	2008	2009E	2010E
JFE	400	400	400
NSC	500	500	500
JSSI	800	800	800
ELKEM	5000	5000	5000
Silicio Energia	0	2500	2500
DC Chemical	5000	10000	26000
Hoku Materials	4000	4000	4000
M. SETEK	5000	10000	10000
Nitol Group	0	5000	5000
Silfab	0	3000	5000
BIS (Timminco)	1500	6000	14400
产能合计	22200	47200	73600
产量预计	11100	28320	51520

数据来源：长城证券研究所

图 2、国际新进入者产能产量预计（吨）



资料来源：长城证券研究所

1.3 国内项目及进展

2007 年，洛阳中硅、新光硅业、江苏中能、东汽峨嵋等四家企业共生产 1130 吨高纯度多晶硅，其中洛阳中硅约占产量贡献的 45%。2008 年，永祥、宜昌南玻、江苏顺大、大全集团、顺大、中能、赛维等一批多晶硅生产项目投入生产，2008 年全年产量约 4100 吨。



截至 2008 年底，已投产的项目包括宜昌南玻、亚洲硅业、江西赛维、宁夏阳光、江苏顺大、江苏中能等，产能合计约 1.16 万吨。而随着后续项目如特变电工、新光硅业扩建等项目陆续于 2009-2010 年投产，2009-2010 年产能预计为 4.0 和 7.0 万吨。

在 2008 年上半年多晶硅最狂热的时候，通威股份、大全集团等企业抛出了万吨计划，而随着经济危机的突如其来，诸多项目的二期、三期必然因为市场环境突变而取消。我们在产能统计中，只计入了 2008 年底已投产和在建的项目，处于规划中的项目未计入。

表 5、截至 2008 年底大陆多晶硅项目状况

公司名称	多晶硅项目状况
深圳南玻	湖北宜昌，一期项目 1500 吨多晶硅于 08 年 12 月底顺利投产，预计该项目 2009 年产量 1000 吨，2010 年 1350 吨。多晶硅项目总规划 5000 吨。产品为电子级。
亚洲硅业	青海，亚洲硅业（一期 1000 吨，总投资 9980 万美元）第一炉多晶硅于 2008 年 12 月 31 出炉，计划总规模 6000 吨，产品为太阳能级。
江西赛维	一期 6000 吨项目，自 2008 年 2 月开工，其中 1000 吨已投产，5000 吨项目推迟至 2009 年 6 月投产。赛维 LDK 规划到 2010 年实现 16000 吨的多晶硅产能。美国德克萨斯州的 Fluor 公司负责设计、采购设备和安装建设。产品为太阳能级。
宁夏阳光	一期 1500 吨项目于 07 年 4 月底开工至 2008 年 12 月 23 日正式投产，规划年产多晶硅 4000 吨，产品为太阳能级（7N）。隶属于上市公司：（江苏阳光 600220）
江苏顺大	一期 3000 吨（总投资 22 亿元）多晶硅项目 2008 年 11 月 9 日正式投产。其采用改良西门子工艺，美国 Hemlock 技术。反应炉采取低温高压技术，生产周期约 70 个小时，低于国内多晶硅一个星期的生产周期。顺大公司的炉子最多可以产出 3.5 吨多晶硅，月产量在 25 吨以上。产品纯度已经达到“9-11”个 9，属于电子级。
江苏中能	江苏中能光伏多晶硅项目由香港协鑫集团投资 70 多亿元人民币，2006 年 8 月落户徐州经济开发区，2007 年 9 月 21 日，一期 1500 吨生产线正式投产，第二条 1500 吨生产线于 2008 年 4 月份投产。2007 年 12 月，江苏中能开始计划和建设年产 10500 吨的第三期生产线，其第一炉多晶硅已于 08 年底出炉。公司计划于 2010 年将其多晶硅产能提高到 1.35 万吨。
四川超磊	一期 1500 吨于 07 年 9 月动工，预计 2009 年初投产；规划 5000 吨多晶硅项目，电子级。
特变电工	1500 吨多晶硅项目，投资 16 亿元，2009 年底投产。技术源自东气峨半。电子级。
陕西天宏	07 年 9 月底动工，建设期 24 个月；首期 1250 吨，首期预计 09 年底投产。规划 3750 吨。微电子级。
大陆多晶硅	首期 2500 吨于 07 年底开工，建设周期 18 个月，预计 09 年初投产。规划 18000 吨。
唐山硅业	1000 吨，07 年 9 月动工，预计 09 年中旬投产。电子级。
神舟硅业	一期 1500 吨于 07 年 8 月动工，09 年上半年试生产，预计 09 年产量 400 吨。2 期



	3000吨正处于建设中,预计2010年投产。29.43%归属于上市公司航天机电(600151)
江苏大全	一条1500吨多晶硅项目,从2007年6月27日开工建设到2008年7月8日建成投产,一期扩建2650吨多晶硅项目也于2008年5月31日开工建设,2009年3月30日建成投产,届时总产能达到4150吨。大全2009年将开工建设二期6000吨项目,在一期项目的基础上采用国际上最新研究成果和54根芯棒的还原炉技术,2009年年底建成投产3000吨,2010年全部建成投产,届时总产能达到10000吨。大全所公布的数据显示其多晶硅生产能耗为170度/公斤。
新光硅业	四川新光技术来源俄罗斯研究院,主要科研人员也来自峨嵋半导体厂。产能1260吨(3条420吨生产线)2007年2月投产,当年实际产量228吨,2008年产量约800吨,预计2009年可达1000吨。后期2个3000吨项目,分别位于乐山和新津,目前在建,预计09年底投产。
通威股份	1000吨多晶硅项目于08年3季度投产,后续规划9000吨目前处于停滞状态。
洛阳中硅	洛阳中硅2007年两期工程产能1000吨,2007共生产510吨左右多晶硅,2008年1至5月份,前两期工程生产多晶硅306吨,预计08全年产量1000吨。2007年2月份启动的第三期工程2000吨项目投产于2008年底。截至2008年底合计产能为3000吨。
峨嵋半导体	2006年10月,东汽峨半就启动了一期500吨多晶硅项目;2007年7月,二期3000吨多晶硅项目开工。一期500吨项目在峨眉山市,2008年9月投产(6台还原炉,采用优化的精馏提纯和加压还原,项目总投资4.9亿元);二期3000吨项目在乐山市五通桥区西坝镇,二期第一个1500吨于2008年12月份投产,第二个1500吨将于2009年9月投产;规划2009年初启动三期5000吨项目至2010年投产。
国电宁夏太阳能	由国电宁夏太阳能有限公司投资50亿元建设的年产5000吨多晶硅项目,20081018在惠农区开工,项目一期2500吨,投资30亿元,建设期1年半,预计2010年底投产。改良西门子法,电子级。
江西通能	一期总投资达五千万美元,年产多晶硅五百吨、三氯氢硅一点六万吨,已于08年底投产,产品为太阳能级。该项目由美国通用硅材料有限公司与南昌赣宇有机硅有限公司合资兴办,创建江西通能硅材料有限公司。采用西门子改良法工艺。
瑞能硅材料	Renasolar(浙江昱辉)旗下瑞能硅材料,年产3000吨多晶硅项目于2008年4月开工,将于2009年初投产。后期规划再上3000吨。
麦克斯新能源	霍林郭勒市,2008年10月开工,一期工程投资5亿元,预计于2009年9月投产,多晶硅产能500吨。
永旺多晶硅	四川雅安,永旺多晶硅有限公司,截止2009年1月,有2条300吨多晶硅生产线。2008年产量约100吨,预计2009年产量400吨。
丹阳海润	项目总投资3.2亿元年产1500吨多晶硅,和香港新恒基公司合资。预计2009年1季度末投产。
棱光实业	公司拥有40吨产能,08年多晶硅收入1.17亿元。
齐星晶星	2008年8月湖北齐星晶星公司多晶硅项目日前在随州正式点火生产。该项目一期



年产 500 吨的西门子法多晶硅。

协成硅业	一期 1000 吨项目在建, 预计于 2009 年底投产。项目计划 3000 吨。
晶湛科技	项目地处南昌, 物理法“区熔定向排杂提纯技术”, 成本约 40 美元/公斤。截止 08 年底产能 300 吨, 08 年产量约 180 吨。
盛吉硅业	2008 年 4 月签署意向, 至 2009 年 7 月底前建成 5 万吨金属硅和 2000 吨多晶硅生产线, 后续不详。
路安集团	2008 年 4 月奠基, 拟建电子级多晶硅产能 2500 吨, 光伏级多晶硅产能 2500 吨。德国森特赛姆技术, 改良西门子法。预计将于 2009 年底建成投产。
天津胜宝旺	2009 年 2 月签署协议, 建设太阳能级多晶硅产能 5000 吨, 将于 2010 年下半年全面投产。
河南讯天宇	物理法, 规划 6000 吨, 1 期 2500 吨。其千吨投资成本仅 4 亿左右。纯度 5N。一旦达到批量 6-7N, 对国内市场冲击将很大。
江苏特华	该公司年产 500 吨多晶硅项目已于 2008 年 11 月建成投产。当年 12 月生产多晶硅产量已达 40 多吨, 产品质量主要技术指标均达标, 目前生产稳定、运行良好。

数据来源: 公开资料 长城证券研究所

表 6、国内多晶硅项目统计及产量预测

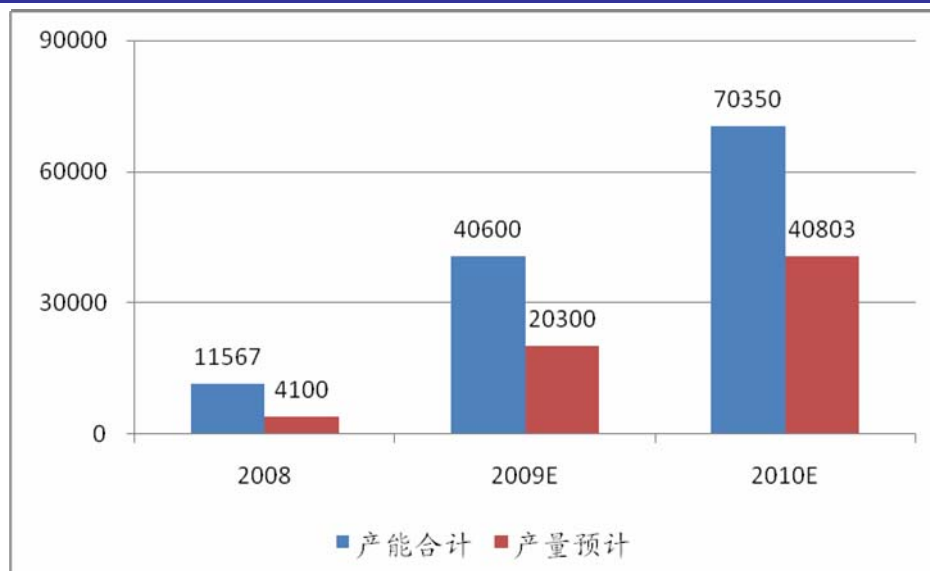
产能(吨)	2008	2009E	2010E
深圳南玻	0	1500	1500
亚洲硅业	0	1000	1000
江西赛维	1000	3500	6000
宁夏阳光	0	1500	1500
江苏顺大	0	3000	3000
江苏中能	3000	5000	10000
四川超磊	0	1500	1500
特变电工	0	0	1500
陕西天宏	0	0	1250
大陆多晶硅	0	1250	2500
唐山硅业	0	500	1000
神舟硅业	0	1000	1500
江苏大全	1500	4150	4150
新光硅业	1260	1260	7260
通威股份	500	1000	1000
洛阳中硅	3000	3000	3000
峨嵋半导体	500	3125	3500
国电宁夏太阳能	0	0	1250
江西通能	0	500	500
瑞能硅材料	0	3000	3000
麦克斯新能源	0	125	500



永旺多晶硅	300	600	600
丹阳海润	0	750	1500
棱光实业	40	40	40
齐星晶星	167	500	500
协成硅业	0	0	1000
晶湛科技	300	300	300
盛吉硅业	0	1000	2000
潞安集团	0	0	5000
天津胜宝旺	0	0	0
河南讯天宇	0	1000	2500
江苏特华	0	500	500
产能合计	11567	40600	70350
产量预计	4100	20300	40803

数据来源：长城证券研究所

图 3、国内多晶硅项目产能产量预计（吨）



资料来源：长城证券研究所

1.4 2009 年供需逆转

综合国际国内的多晶硅供应，判断 2009-2010 年全球多晶硅产量可达 10.7 万吨、17.2 万吨，分别同比增长 73.4%和 60.5%。受金融危机影响，谨慎预测 2009-2010 年半导体级多晶硅需求量复合增速 3%，需求量分别为 2.2 万吨和 2.3 万吨；则 2009-2010 年用作晶硅电池的多晶硅供应量为 8.2 万吨和 14.4 万吨。

表 7、全球多晶硅产量预测合计

	2005	2006	2007	2008E	2009E	2010E
七大	28750	31944	39451	46599	58538	79661

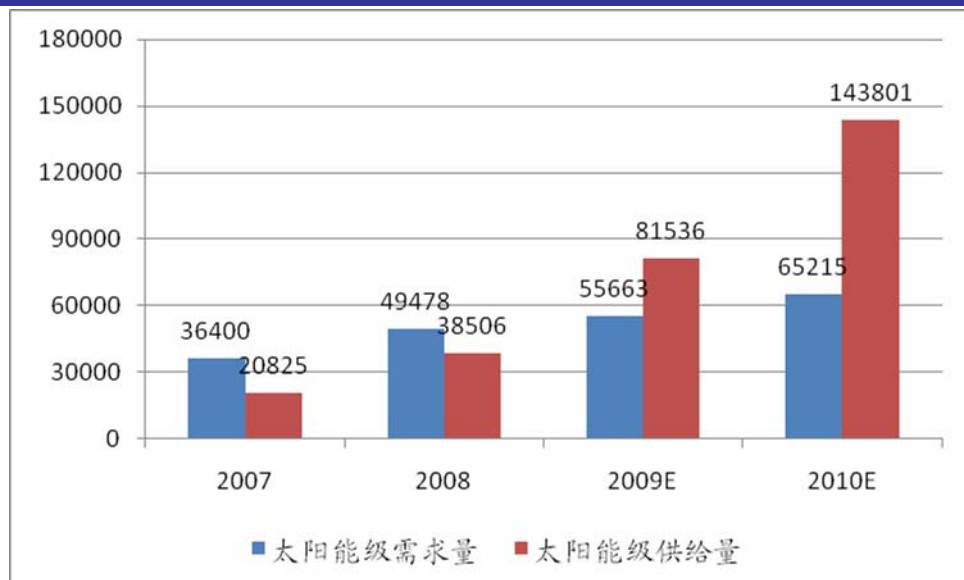


国际其它	0	0	1000	11100	28320	51520
国内	150	300	1000	4100	20300	40803
合计	28900	32244	41451	61799	107158	171984
增速		11.6%	28.6%	49.1%	73.4%	60.5%

数据来源：长城证券研究所

2008年，全球晶体硅太阳能电池产量约为5500MW，同比增长60%，预计2009-2010年增速分别为25%和40%，产量分别达到6870MW和9621MW。考虑到自2004年以来，硅片厚度从最初的300微米降至目前的平均160-180微米，硅消耗量从最初的12克/瓦降低至目前平均7-10克/瓦。预计2008-2010年的每瓦多晶硅消耗量降至9.0克、8.1克、7.3克(行业平均)。由此预测2009-2010年的太阳能级多晶硅需求量为5.6万吨和6.5万吨。

图4、全球多晶硅供需预测（太阳能级）：2009年供需逆转



资料来源：长城证券研究所

2009年是多晶硅供需逆转的时刻。而按照目前在建产能的投放进度，2009年底的新增产能投产将直接导致产能大幅过剩，洗牌不可避免！

2. 新技术路线的冲击不可忽视

目前国际上多晶硅生产主要的传统工艺有：改良西门子法、硅烷法和流化床法。其中改良西门子工艺生产的多晶硅的产能约占世界总产能的80%。除了传统工艺（电子级和太阳能级兼容）及技术升级外，还涌现出了几种专门生产太阳能级多晶硅的新工艺技术，其中有代表性的是冶金法。

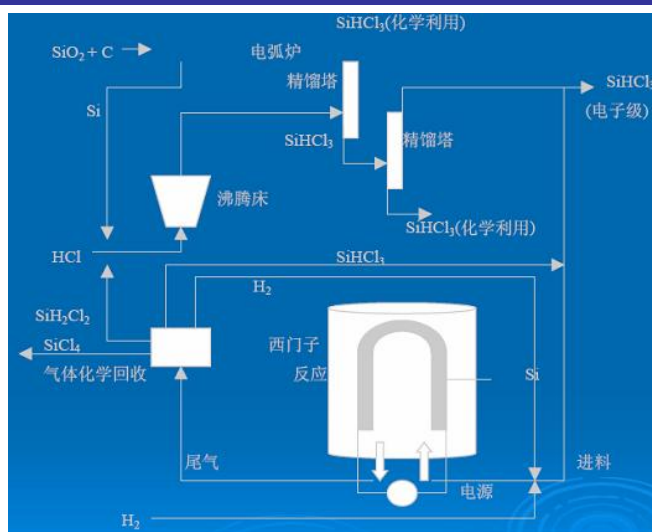
传统工艺可产出纯度较高的多晶硅，但由于中间牵涉到许多副产品的控制与处理，技术难度较高，依照不同技术来源，成本各异，一般来说成本比物理法制程高。大部分化学法都需利用冶金级硅(metallurgical grade silicon; MG)来当作硅化合物的原料，少数是直接利用二氧化硅来制备硅化合物。

物理法成本低廉，在多晶硅暴利的催生下，技术研发进展较快。一旦能够达量产6-7N级多晶硅，将给行业带来极大的冲击。

2.1 改良西门子法

用氯和氢合成氯化氢（或外购氯化氢），氯化氢和工业硅粉在一定的温度下合成三氯氢硅，然后对三氯氢硅进行分离精馏提纯，提纯后的三氯氢硅在氢还原炉内进行CVD反应生产高纯多晶硅。国内外现有的多晶硅厂绝大部分采用此法生产电子级与太阳能级多晶硅。

图 5、改良西门子法流程图



资料来源：长城证券研究所

从技术来源方面看，从俄罗斯有色金属研究院引进的只有南玻，在俄罗斯研究院的基础上改进的有新光硅业、东方电气，采取自主研发的仅有洛阳中硅。

设备来源方面，全球采购设备可部分弥补俄罗斯工艺的高能耗弱点，南玻、通威股份、东方电气、特变电工、江苏阳光、江苏中能采取这种策略，而新光硅业主要采用俄罗斯设备、洛阳中硅采用自主研发。

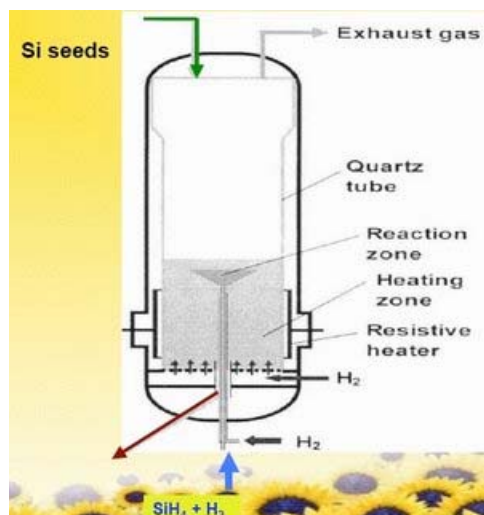
南玻、新光硅业、通威股份、东方电气、特变电工、江苏中能都在生产线中设计了闭环，闭环可增加尾气运用效率，减少企业能耗，降低成本和减少环境污染。但江苏阳光和洛阳中硅没有涉及这方面。

2.2 ASiMi 法(硅烷法)

Advanced Silicon Material (ASiMi)公司研发，利用硅甲烷(silane/ SiH₄)为原料的高纯度多晶硅制程技术。2005年ASiMi宣布退出多晶硅市场，大部分股权由挪威REC (Renewable Energy Corp)收购，因此此项技术目前仍由REC在进行生产。

该方法是以四氯化硅氢化法、硅合金分解法、氢化物还原法、硅的直接氢化法等方法制取硅烷(SiH₄)；然后将制得的硅烷气提纯后在热分解炉生产纯度较高的棒状多晶硅。

图 6、Asimi 方法示意图



资料来源：长城证券研究所

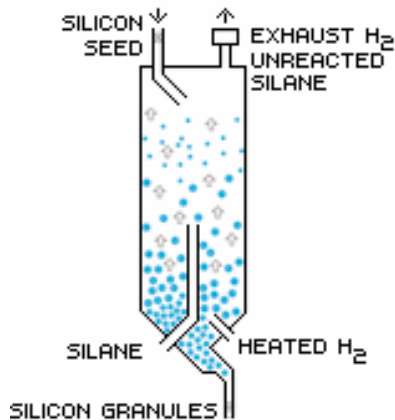
2.3 流体床反应法

以四氯化硅、氢气、氯化氢和工业硅为原料在流化床内（沸腾床）高温高压下生成三氯氢硅，将三氯氢硅再进一步歧化加氢反应生成二氯二氢硅，继而生成硅烷气。

制得的硅烷气通入加有小颗粒硅粉的流化床反应炉内进行连续热分解反应，生成粒状多晶硅产品。因为在流化床反应炉内参与反应的硅表面积大，生产效率高，电耗低与成本低，适用于大规模生产太阳能级多晶硅。唯一的缺点是安全性差，危险性大。其次是产品纯度不高，但基本能满足太阳能电池生产的使用。目前世界上只有美国 MEMC 公司采用此法生产粒状多晶硅。

图 7、硫化床方法示意图

FLUIDIZED BED REACTOR TECHNOLOGY (FBR)



资料来源：长城证券研究所

2.4 物理法

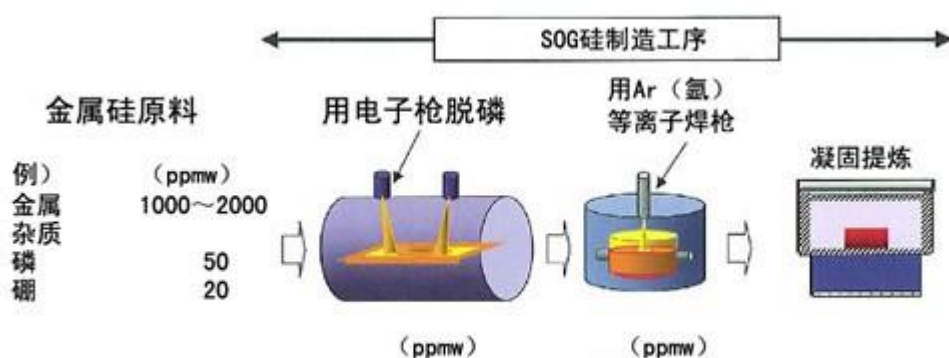
物理法的技术最早是德国 WACKER 公司先开发的，后来日本的川崎制铁也开发出



来，他们也称之为“冶金法”。但因为过去多晶硅的主要用途是 IC，而物理法只能到 6N 的程度，因此，这个方法一直没有推广。但现在，随着太阳能多晶硅的市场的兴起，6N 的多晶硅由于完全可以满足太阳能电池的用途，因此又开始重新被研究。

目前加拿大的 BIS 生产的 5N 级多晶硅已经批量，2008 年产量约 1000 吨，预计 2009 年可达 3000 吨。另据报道讯天宇、福源硅业、南安三晶硅品、大悟硅光电、益阳晶鑫新能源、浙江碧晶、河北尚硅光伏、荆门珈伟、晶湛科技、上海普罗新能源等公司都拥有冶金法的多晶硅中试生产线。截至日前，冶金法尚未见 6N 以上的商业化量产。

图 8、冶金法提纯多晶硅示意图



资料来源：长城证券研究所

冶金法的成本约为传统工艺的 1/3-1/4，由于其巨大的成本优势，值得密切关注。若能够量产 6N 级产品，则足以对整个行业形成较大冲击。

研究员介绍及承诺:

周 涛: 清华大学物理学博士, 2007 年加入长城证券, 任电力设备新能源行业分析师。

本人具有中国证券业协会授予的证券投资咨询执业资格或相当的专业胜任能力, 在执业过程中恪守独立诚信、勤勉尽职、谨慎客观、公平公正的原则, 独立、客观地出具本报告。本报告反映了本人的研究观点, 不曾因, 不因, 也将不会因本报告中的具体推荐意见或观点而直接或间接接收到任何形式的报酬。

免责声明

本报告由长城证券有限责任公司(以下简称长城证券)向其机构或个人客户(以下简称客户)提供, 除非另有说明, 所有本报告的版权属于长城证券。未经长城证券事先书面授权许可, 任何机构和个人不得以任何形式翻版、复制和发布, 亦不得作为诉讼、仲裁、传媒及任何单位或个人引用的证明或依据, 不得用于未经允许的其它任何用途。如引用、刊发, 需注明出处为长城证券研究所, 且不得对本报告进行有悖原意的引用、删节和修改。

本报告是基于本公司认为可靠的已公开信息, 但本公司不保证信息的准确性或完整性。本报告所载的资料、工具、意见及推测只提供给客户作参考之用, 并非作为或被视为出售或购买证券或其他投资标的的邀请或向他人作出邀请。在任何情况下, 本报告中的信息或所表述的意见并不构成对任何人的投资建议。在任何情况下, 本公司不对任何人因使用本报告中的任何内容所引致的任何损失负任何责任。

长城证券在法律允许的情况下可参与、投资或持有本报告涉及的证券或进行证券交易, 或向本报告涉及的公司提供或争取提供包括投资银行业务在内的服务或业务支持。长城证券可能与本报告涉及的公司之间存在业务关系, 并无需事先或在获得业务关系后通知客户。长城证券有权在发送本报告前使用本报告所涉及的研究或分析内容。

长城证券版权所有并保留一切权利

评级标准:

	评级	说明
公司评级	推荐	预期未来6个月内股价上涨幅度超过20%;
	谨慎推荐	预期未来6个月内股价上涨幅度在10%~20%之间;
	中性	预期未来6个月内股价波动幅度在-10%~10%之间;
	回避	预期未来6个月内股价下跌幅度超过10%;
行业评级	推荐	预期未来6个月内行业指数超越大盘10%以上;
	谨慎推荐	预期未来6个月内行业指数超越大盘在5%~10%之间;
	中性	预期未来6个月内行业指数相对大盘波动幅度在-5%~5%之间;
	回避	预期未来6个月内行业指数落后大盘5%以上;

本报告版权归长城证券有限责任公司所有, 未经授权不得进行任何形式的发布、复制, 如引用、刊发, 须注明出处为“长城证券金融研究所”, 且不得对本报告进行有悖原意的删节和修改。报告内容完全基于公开信息, 虽然力求其准确完整但并不对此做出任何承诺和保证。长城证券有限责任公司及有关联的任何人均不承担因使用本报告而产生的法律责任。