

中国光伏产业发展研究报告(2006—2007)(中)

■ 赵玉文 吴达成 王斯成 王文静
 励旭东 刘祖明 邱第明 宋爽 葛纯

二 光伏发电在我国能源和环境可持续发展中的作用和地位

1 中国的常规能源资源

图 13 给出了 1999 年中国一次能源资源储量和世界平均储量(储采比)的对比情况。可以看出,中国一次能源资源的储量远低于世界平均水平。说明中国的能源形势比世界能源形势要严峻得多,同时也清楚地表明,中国可再生能源的替代形势比世界要严峻得多、紧迫得多。

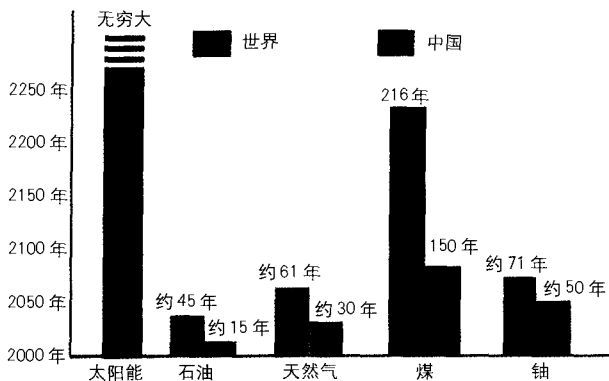


图 13 中国主要能源资源储量和世界的对比

2 我国的能源消费结构

我国是一个能源生产和消费大国。2006 年一次能源消费总量为 24.6 亿吨标煤,比 2005 年增长 9.3%。一次能源品种的消费构成比例为:煤炭占 69.7%、石油占 20.3%、天然气占 3.0%、水电占 6.0%,核电 0.8%,其他 0.2%,如图 14 所示。可以看出,煤炭在我国能源结构中比例超过 2/3,而比较清洁的化石燃料(如石油和天然气)比例较小,与世界能源结构形成鲜明对照。这种情况给我国能源需求和发展带来很大压力。2006 年,中国的原油进口达到 1.5 亿吨,约占中国原油总需求量的 45%;中国天然气的进口量也在逐年增加。我国能源结构亟待改善,但任务非常艰巨。

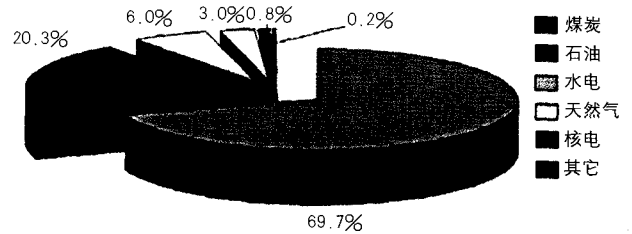


图 14 2006 年中国一次能源消费构成

我国有丰富的太阳能资源,为大力发展太阳能光伏发电提供了有利条件,为从战略上彻底改善能源结构和能源的可持续发展提供了有利条件。

3 我国的电力需求

由于我国经济持续快速发展,自 2001 年以后,电力需求快速增长。表 17 列出了 2004 年我国电力的装机容量和发电量。中国电力科学院对我国 2010、2020 和 2050 年中国电力装机和发电量的预测结果如表 18、表 19 和图 15 所示,可以看出,我国未来电力供应存在一定的缺口,2010 年和 2020 年分别为 7.7% 和 8.2%。

表 17 2004 年中国电力装机和发电情况

类型	装机容量		发电量	
	容量(GW)	比例(%)	发电量(TWh)	比例(%)
煤电	324.9	73.4	1807.3	82.5
水电	108.3	24.4	328	15.0
核电	6.84	1.5	50.1	2.3
其它	2.80	0.6	6.3	0.3
合计	442.8	100	2191.7	100

表 18 2010 年和 2020 年中国电力总装机容量和总发电量预测

年份	装机容量(GW)	发电量(TWh)
2004	442	2190
2005	517	2494
2006	623	2834
2010	685	3140
2020	1112	5090
2050	2000	9270

表 19 2010 年和 2020 年中国发电装机预测(GW)

	煤	水	核	其它	缺口	合计
2010 年	500	100	16.4	15.7	52.9	685
	73%	14.6%	2.4%	2.3%	7.7%	100%
2020 年	750	170	53	48	91	1112
	67.4%	15.3%	4.8%	4.3%	8.2%	100%

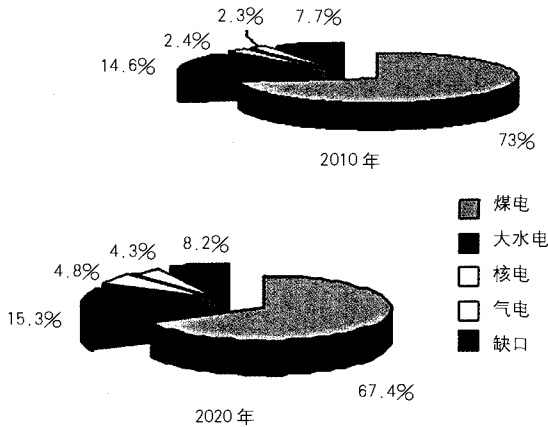


图 15 中国未来电力发展的预测

4 发展光伏发电的必要性

(1) 我国能源消耗量大、增长快

中国能源消费伴随着经济发展而持续快速增长,表 20 给出了 2002~2006 年中国能源消费总量的增长情况,其增长速度大于 2020 年 GDP 翻两番、能源翻一番的规划速度,这对我国能源发展造成很大压力,加快可再生能源发展势在必行。

表 20 2002~2006 年中国能源消费总量(亿吨标准煤)

年度	2002	2003	2004	2005	2006
消费量	15.18	17.50	20.32	22.47	24.57
增长率(%)	6.0	15.3	16.1	10.6	9.3

(2) 常规能源的枯竭进程加快

我国能源利用技术相对落后,传统高能耗产业比重大,单位 GDP 能耗比世界平均水平高出许多,如表 21 所示。这就加快了我国常规化石燃料能源资源的消耗和枯竭进程,使得本来就相对短缺的能源形势更加严峻。

表 21 中国主要能耗指标与世界平均水平的比较

	中国	美国	日本	OECD	世界平均
1996 单位 GDP 能耗	1.674	0.549	0.232	0.439	0.567
1997 人均能耗	1118	11530	5820	6580	2080
1997 人均发电量	919	13739	8132	8021	2090(1996)

(3) 中国未来电力需求大

在充分考虑煤电、水电和核电发展的情况下,2010 年和 2020 年我国仍然存在着较大的电力供应缺口,因此加快可再生能源电力以弥补“电力缺口”是优化能源结构、满足电力需求、改善生态环境、实现可持续发展的必由之路。

(4) 环境形势十分严峻

中国一次能源以煤炭为主,煤炭比例超过 2/3 (图 13),与世界一次能源消费构成形成鲜明对比,如表 22 所示。中国是世界 SO₂ 排放最严重的国家,因而也是酸雨污染最严重的国家,表 23 给出了中国燃煤发电所排放的 SO₂ 的数量。煤炭燃烧排放的污染物如表 24 所示。2007 年,除中国 SO₂ 排放持续为世界第一外,中国 CO₂ 排放也超过美国,成为世界第一。2007 年美国 CO₂ 排放 59.1 亿吨,我国 CO₂ 排放 60.2 亿吨(引自环球时报 2007 年 4 月 27 日,2007 年 11 月 9 日 IEA 北京发布会)。这给中国节能减排、改善能源结构以及能源可持续发展带来了巨大压力。

表 22 中国一次能源消费结构与世界的对比(2001 年)

	世界(%)	中国(%)
煤炭	24.71	67.0
石油	38.47	23.6
天然气	23.72	2.5
核能	6.59	0.4
水电	6.51	6.5

表 23 中国燃煤火电排放 SO₂ 对大气环境的污染

年	2004	2005	2006
燃煤火电年排放 SO ₂ (万吨)	1200	2255	1300
全国 SO ₂ 年排量(万吨)	2549	1350	2589
%	53.2	51.0	52.1

表 24 中国煤炭燃烧过程的排放物占全国同类排放物的比例

排放物	比例(%)
SO ₂	87
CO ₂	71
NO _x	67
烟尘	60

虽然中国人均排放、历史排放还远低于美国等其他发达国家,但作为一个负责任大国,采取更加有效措施缓解这一矛盾义不容辞,更是造福于国家和民族的千秋大计。因此加快可再生能源发展,优化能源消费结构,增加清洁能源比例,减少温室气

体和有害气体排放是中国能源和环境可持续发展的当务之急。

三 中国光伏产业发展状况

1 光伏发电产业链

整个光伏产业链是由超纯硅材料制造、硅锭/硅片生产、太阳电池制造,光伏组件封装以及光伏发电系统建设等多个产业环节组成,可用图 16 表示。

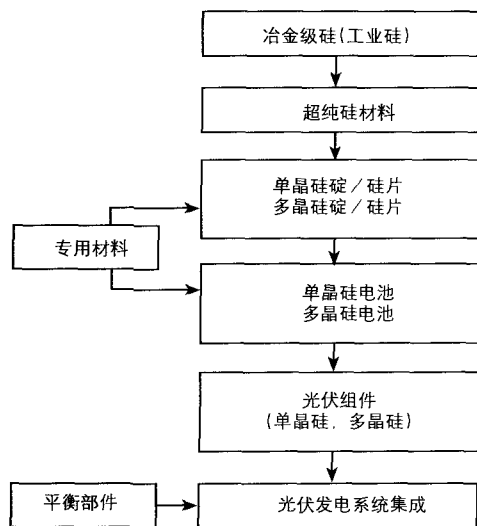


图 16 光伏产业链示意图

2 多晶硅材料产业发展概况

(1) 国际背景

迄今为止,晶硅电池仍然占据着光伏市场的主导地位,截至 2007 年,晶硅电池的市场份额仍高达 91.25%,因此制造晶硅电池的基本材料——太阳级多晶硅是光伏产业链上最重要的环节之一。

历史上太阳级多晶硅供应主要来自半导体工业电子级多晶硅的废次料和少量废次单晶料。近 10 年来光伏产业以 40%~60% 的年增长率发展,远远超越年增长率为 5%~6% 的半导体工业的发展,光伏工业使用的硅材料比例逐步扩大,除电子级多晶硅废次料和少量废次单晶料外,还使用一部分正品电子级多晶硅。

目前世界超纯多晶硅生产的经济规模为千吨以上,其主要生产技术为西门子改良法和流化床法,前者为市场提供 80% 的产品,后者为市场提供了大约 20% 的产品。为了降低成本,长期以来人们不断探索着许多新的太阳级硅材料的低成本制造方法,

但迄今为止尚没有一种方法和技术投入规模化商业生产。

多晶硅材料的生产属于大型化工产业,规模大(经济规模为千吨以上)、技术复杂、建厂或者扩产周期长,投入大(平均 10 亿元/千吨),因此多晶硅产量的增长落后于光伏产业链其他环节的增长,导致 2004 年以来世界范围内多晶硅原材料的持续紧缺,使太阳级硅材料成为光伏产业发展的主要制约因素和瓶颈,因而也成为世界光伏产业发展的热点,倍受世界关注。自 2006 年起,在多晶硅材料中太阳级硅材料比例超过电子级硅材料,成为多晶硅材料的最大市场,而且这种形势将持续扩大。

多晶硅原材料供不应求使多晶硅的价格持续上涨。2001~2003 年,世界多晶硅原材料的销售价格大致为:电子级多晶硅平均 40 美元/公斤,太阳级多晶硅平均不到 25 美元/公斤。2004 年以后价格不断上涨,2006 年世界市场上的合同平价多晶硅超过 50 美元/公斤,而现货热卖市场价超过 200 美元/公斤;2007 年 12 月份,现货热卖市场达到 350~400 美元/公斤。多晶硅价格上升使太阳电池成本增加,减缓了光伏组件成本下降的速度。

多晶硅材料生产基本上掌握在发达国家的 10 家生产商手中,光伏市场拉动着多晶硅材料产业的快速发展。除原有厂商加速扩产外,许多新企业积极投资建立新的多晶硅生产线,如表 25 所示。表 26 和图 17 为 2004~2007 年多晶硅的实际产量及 2008~2015 年的预测产量,根据预测,2010 年和 2015 年世界多晶硅产量将分别达到 12 万吨和 40 万吨,考虑到薄膜电池的发展以及每 MW_p 电池硅材料用量的逐渐减少,2010 年后太阳级硅材料会逐渐满足光伏产业发展的需求。

(2) 中国多晶硅产业发展现状

2001 年国内只有 2 家厂商(峨嵋半导体厂和洛阳单晶硅厂)生产多晶硅,年产总计 80 吨,只占世界多晶硅产量的 0.6%;随后洛阳单晶硅厂停产,到 2003 仅剩峨嵋半导体材料厂一家生产多晶硅,产量 60~70 吨;2005 年洛阳中硅以西门子法为技术基础建立年产能力 300 吨的多晶硅生产线,于同年底开工投产;2006 年峨嵋半导体材料厂由 100 吨/年的能力扩产到 200 吨/年的能力。2006 年我国多晶硅产量 290 吨,其中洛阳中硅生产 185 吨,峨嵋半导

表 25 2006~2010 年世界主要多晶硅厂商发展计划(吨/年)

企业名称		2006	2007	2008	2009	2010
日本	德山	6000	6000	6000	8000	8400
	三菱(日本)	1600	1600	1800	1800	1800
	住友	900	1300	1400	1400	1400
	JFE	100	100	500~1000	500~1000	500~1000
	新日铁	—	500	500	500	500
	M.setek	—	500	3000	3000	3000
	太阳硅公司(智索、新日铁、东邦钛)	—	—	100	100	100~15950
美国	Hemlock	10000	14500	19000	27500	31750
	REC	5970	6670	13500	13500	13500
	MEMC 2600	2700	6700	6700	6700	
	三菱(美国)	1250	1500	1500	1500	1500
	Hoku	—	—	1500	2000	2000
欧洲	Wacker(德国)	6600	8000	10000	14500	14500
	MEMC(意大利)	1000	1000	1000	1000	1000
	JSSI(德国)	—	—	850	850	850
	Elkem(挪威)	—	—	5000	5000	5000
	SilPro(法国)	—	—	2500	2500	2500
	中国*	290	1130	3500	9000	18000
	DC 化学(韩国)	—	—	3000	3000	3000
	合计	36310	45500	97750	118550	132200

注：* 中国产量预测值为本报告给出

表 26 2007~2015 年多晶材料产量预测(万吨)

年	2005	2006	2007	2008	2010	2011	2013	2015
电子级多晶硅 EG	1.8	1.9	2	2.15	2.4	2.56	2.87	3.23
太阳能级多晶硅 SG	1.4	2.2	3	4.35	9.6	12.44	22.13	36.77
合计	3.2	4.1	5.0	6.5	12	15	25	40

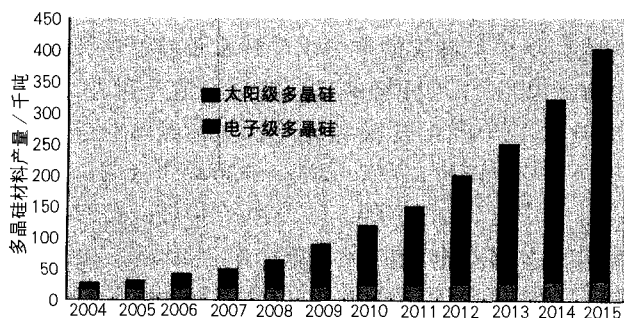


图 17 2004~2007 年世界多晶硅的产量及 2008~2015 年的预测(solar Annual 2007)

体生产 105 吨。

2007 年, 乐山新光硅业的 1260 吨多晶硅生产线开始投产, 并于该年生产 155 吨多晶硅; 洛阳中硅在原来 300 吨基础上扩建至 1000 吨, 并于同年生产

520 吨多晶硅; 2007 年徐州中能建成 1500 吨生产线, 并于同年生产 150 吨多晶硅; 无锡中彩建成年产 300 吨生产线并于同年生产 55 吨多晶硅; 峨嵋半导体厂 2007 年生产 155 吨多晶硅。2007 年我国共计生产了 1130 吨(含上海棱光 20 吨), 如表 27 所示。至此, 中国多晶硅产业突破了年产千吨大关, 在中国多晶硅产业发展史上具有标志性的意义。图 18 为中国多晶硅产量的历年变化情况, 由此看出中国多晶硅产业近年来的快速发展趋势。

表 28 给出了 2005~2007 年中国多晶硅产量、需求量和缺额。可以看出, 随着中国太阳能电池产量的飞速发展, 硅材料缺额仍在持续增加, 反映出中国多晶硅产业在市场需求拉动下快速发展的内在原因。

2005、2006、2007年晶硅电池产量分别按照137.7、426和1059.7MW_p(即扣除薄膜电池产量)计

算;太阳电池的多晶硅用量分别按照12、11、10吨/MW_p计算。

表27 2005~2007中国高纯硅产量和生产能力

公司名称	2005年		2006年		2007年	
	产能(吨)	产量(吨)	产能(吨)	产量(吨)	产能(吨)	产量(吨)
峨嵋半导体	100	80	100	105	200	155
洛阳中硅	300	-	300	185	1000	520
四川新光	-	-	-	-	1260	230
徐州中能	-	-	-	-	1500	150
无锡中彩	-	-	-	-	300	55
上海棱光	-	-	-	-	50	20
总计	400	80	400	290	4310	1130

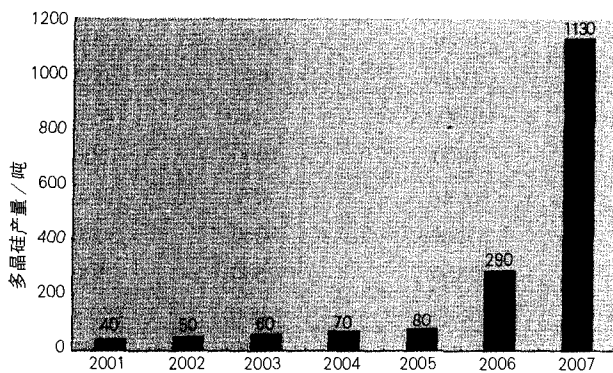


图 18 2001~2007年中国多晶硅产量的变化情况

表 28 2005~2007年中国的多晶硅产量及需求

	2005年	2006年	2007年
多晶硅产量(吨)	80	290	1130
多晶硅需求量(吨)	1652	4686	10597
多晶硅缺额(吨)	1572	4396	9467

(3)中国多晶硅产业蓬勃发展形势

在国内外光伏市场需求的拉动下,中国多晶硅产业自2005年以来发展迅速。继洛阳中硅、四川新光硅业、徐州中能和峨嵋等新建和扩建后,许多实力雄厚的大中型企业看好多晶硅产业发展商机,纷纷投入到多晶硅产业中来,建立多晶硅生产线,形成了我国多晶硅产业发展热潮。据不完全统计,到目前为止,有近50家公司正在建设、扩建和筹建以西门子改良法为技术路线的多晶硅生产线,总建设规模超过10万吨,总投资超过1000亿,其中一期规模超过4万吨,投资超过400亿。一期建设基本上都在2006~2009年期间开始,在2007~2010年期间建成投产。科技部和国家发改委根据拥有自主创新和关键技术程度对上述部分项目给予了支持。

市场需求同时激发起开发提纯硅新制备方法的

热潮。中国科技界、学界和企业界不少专家和学者与企业结合,积极探索和开展提纯硅的新方法、新技术。科技部和国家发改委从鼓励科技创新及拥有自主知识产权要求出发对部分项目给予了支持。

中国多晶硅制造技术落后,产业基础薄弱,对大部分新建产业来说,能否顺利实现尾气回收循环利用技术是关键,注重节能降耗和防止造成环境污染也是多晶硅材料制造环节中需要重视的问题。四川新光硅业攻克尾气回收循环利用技术的范例以及市场对技术进步的强大推动力,使我们有理由坚信,中国多晶硅产业必然会健康、快速发展。

3 太阳级硅锭/硅片制造产业

太阳级硅锭/硅片制造是光伏产业链的第二个环节。近几年来在光伏市场驱动下,太阳级硅锭/硅片制造业与时俱进,同样得到了健康快速发展。到目前为止,中国硅锭/硅片生产厂家超过70家(本报告将硅锭、硅片作为一个产业链考虑)。表29给出中国太阳级单晶硅锭的主要生产厂家及其产量,2005、2006和2007年太阳级单晶硅锭总产量分别为2216、4550和8070吨;表30给出中国太阳级多晶硅锭生产厂家及其产量,2005、2006和2007年太阳级多晶硅锭总产量分别为300、1120和3740吨;表31为单晶硅锭和多晶硅锭的合计总产量,2005、2006和2007年的总合计产量分别为2516、5670和11810吨。根据最近统计,截至2007年底,全国单晶硅炉子数约2400台,总能力约14400吨/年,拥有多晶硅铸造炉230台,合计能力约7000吨/年;单晶硅和多晶硅合计总能力约21400吨/年。显然,生产能力比产量高出许多,其原因之一是,在快速发展过程,设备增加很快,许多设备到年底没有充分发挥作用,

表 29 2006、2007 年单晶硅锭产量

序号	企业名称	产量(吨)		
		2005	2006	2007
1	宁晋晶隆	1126	1250	1500
2	浙江昱辉	300	750	1100
3	锦州新日	400	750	900
4	扬中环太	-	350	900
5	常州天合	-	300	680
6	扬州顺大	100	250	500
7	上海卡姆丹克	-	30	450
8	常州亿晶	80	200	300
9	江阴海润	-	40	200
10	北京廊房	-	100	150
11	浙江嘉善	-	-	120
12	内蒙呼市	-	-	100
13	浙江开化	-	70	100
14	上海合晶	-	30	80
15	上海松江	-	30	70
16	新疆新能源	-	-	60
17	湖州新元泰	-	-	50
18	上海九晶	-	20	50
19	天津环欧	-	20	40
	其他	210	360	710
	合计	2216	4550	8070

表 30 2006、2007 年多晶硅锭产量(吨)

公司名称	2005	2006	2007
LDK	-	450	2300
保定英利	260	550	1200
常州天合	-	-	120
绍兴精工	-	80	80
宁波晶元	40	40	40
多晶合计	300	1120	3740

表 31 2006、2007 年晶(单晶+多晶)硅锭产量(吨)

	2005	2006	2007
单晶硅锭	2216	4550	8070
多晶硅锭	300	1130	3740
合计	2516	5680	11810

二是缺原材料,设备不能满负荷生产,近几年在硅材料短缺情况下,各产业链环节都存在类似情况。

图 19 为 2001~2007 年中国为太阳级多晶硅锭产量的历年变化情况。2007 年晶硅锭总量 11810 吨,比 2006 年 5680 吨增加 108%,其中多晶硅增加了 231%,单晶硅增加 77%,太阳级硅锭生产逐渐由初期的以单晶为主向多晶为主过渡,向世界主流趋势

靠近,说明中国硅锭产业渐趋成熟。

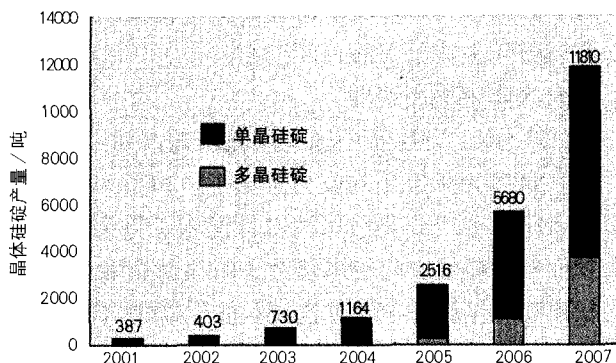


图 19 2001~2007 年中国太阳级晶体硅锭产量

表 32 给出了中国晶硅锭产量与太阳能电池产量之间的供求情况。考虑到统计上的误差,可以看出,二者基本上满足供求平衡关系。事实上,在世界经济一体化程度愈来愈高和市场经济支配下,晶硅锭/硅片是有出有进的。二者相对平衡的供求关系与 2004 年以前情况形成鲜明对照,由此也可说明中国光伏产业是日趋向着健康方向发展。

表 32 多晶硅锭产量与太阳能电池产量间供求情况

	2005	2006	2007
晶硅锭(吨)	2516	5680	11810
折合电池 *(MW _p)	210	516	1181
晶硅电池产量(扣除非晶硅电池)(MW _p)	137.7	426	1059.7

注: *2005、2006 和 2007 年晶硅电池的硅材料消耗分别按照 12、11 和 10 吨/MW_p 考虑。

中国晶体硅锭/硅片产业发展有以下特点:

① 发展迅速,2004~2007 年以 116% 的年平均增长率增长;

② 对多晶硅原材料的依存度高。多晶硅原材料主要依靠进口,而国际市场多晶硅材料严重短缺,因此受材料供应不足和材料涨价影响,部分企业开工不足;

③ 技术比较成熟,硅锭/硅片产品质量与国际基本持平(少数企业掺入劣质材料除外);

④ 单晶硅锭继续占主导地位。国内单晶硅拉制的技术比较成熟,单晶炉已实现国产化,价格低廉;多晶硅浇铸炉依靠进口,价格昂贵;拉单晶投资少,建设周期短,资金回收快,因此许多企业从选择单晶硅开始。但多晶硅锭的增长率从 2007 年开始超过单晶硅锭(2007 年多晶硅锭比 2006 年增加了 234%,单晶硅增加 77%),其中江西赛维 LDK 正在建立世

世界上最大的多晶硅锭/硅片生产基地。随着我国多晶硅铸锭炉的国产化，多晶硅铸锭比例将持续增加，愈来愈向国际主流趋势靠近(表 31)。

4 太阳能电池制造业

(1)2006、2007 年中国太阳能电池的产量

在世界光伏市场的强力拉动下，2006、2007 年中国太阳能电池产业仍然保持着快速增长势头，尽管受到原材料制约，两年来仍然不断有新企业加入到光伏产业的队伍中来。据统计，截至 2007 年底，我国从事太阳能电池生产的企业达到 50 余家，按照在位设备计算，太阳能电池的再生产能力达到 2900MW_p (其中非晶硅薄膜电池约 100MW_p)。表 33 列出了 2006、2007 年中国主要太阳能电池生产商的太阳能电池产量。在电池生产方面，尚德持续领先，排在全国首位，2006、2007 年的电池产量分别为 157.5MW_p 和 327MW_p，分别占当年全国产量的 35.9% 和 30.1%，

表 33 2006、2007 年我国太阳能电池产量及 2007 年末的生产能力(MW_p/年)

序号	公司名称	2006 年		2007 年	
		产量	排序	产量	排序
1	无锡尚德	157.5	1	327.0	1
2	保定英利	35.0	3	142.5	2
3	河北晶澳	25.0	5	113.2	3
5	江苏林洋	25.0	5	88.05	4
4	南京中电	54.0	2	78.0	5
6	苏州阿特斯	25.0	5	55.0	6
7	宁波太阳能	30.0	4	45.0	7
8	常州天合光能	7.0	-	37.0	8
9	江阴浚鑫	14.0	7	35.0	9
10	常州亿晶	-	-	30.0	10
11	交大泰阳	21.0	6	25	12
12	无锡尚品	-	-	17	13
13	深圳拓日	8.0(α-6)	8	10.0(α-8)	14
14	上海超日	-	-	10.0	15
15	上海太阳能科技	2.0	-	8.0	16
16	浙江向日葵光能	-	-	8	16
17	云南天达	7.0	8	7.0	17
18	杉杉尤利卡	3.0	-	7.0	17
19	北京中轻	0.5	-	7.0	17
20	深圳珈伟	-	-	5.0	18
	其他	24(α-6)	-	33.3(α-20.3)	-
	合计	438(α-12)	-	1088.0(α-28.3)	-

注：α - 表示非晶硅电池

其他公司的产量及排序见表 33。2006 年我国太阳能电池产量为 438MW_p，其中非晶硅电池 12MW_p，晶硅电池 426MW_p；2007 年太阳能电池产量为 1088MW_p，其中非晶硅电池 28.3MW_p，晶硅电池 1059.7MW_p。2006、2007 年比上一年的增长率分别为 201% 和 148.1%，显示太阳能电池持续快速增长的势头。

图 20 给出了 2000~2007 年中国太阳能电池产量的历年变化情况，显然，自 2002 年以后，中国太阳能电池进入了快速发展阶段，以超常速度迅速崛起。

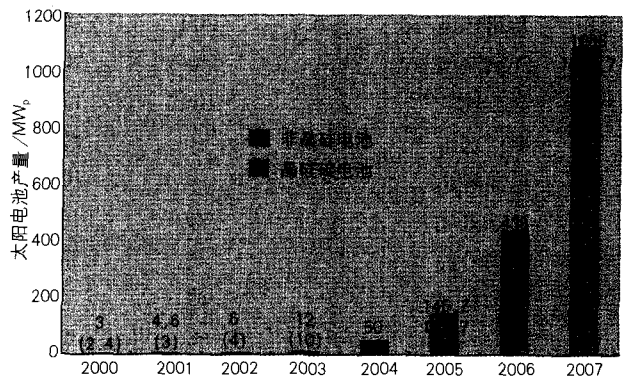


图 20 2000~2007 年中国太阳能电池产量的历年变化

表 34 给出了 2006、2007 年台湾太阳能电池的生产商及其产量。可以看出，台湾近两年太阳能电池的发展也非常迅速，已经成为世界太阳能电池的主要生产地区之一。2007 年大陆和台湾太阳能电池产量之和为 1456MW_p，超过日本(日本 2007 年为 920MW_p，2006 年 926.9MW_p)和欧洲(1062.8MW_p)。

表 34 2005、2006 和 2007 年台湾太阳能电池生产量(MW_p)

	2005	2006	2007
茂迪(Motech)	60.0	102.0	196.0
益通(E-TON)	28	32.5	72.0
旺能(Del Solar)	-	20.0	45.0
Gintech	-	15.0	55.0
总计	88	169.5	368

资料来源：PV News, Vol.27, No.3, March, 2008.

(2) 我国太阳能电池产业在国际光伏产业中的地位

① 中国已经成为世界太阳能电池的第一大生产国

2006 年中国太阳能电池产量 438MW_p，占世界总产量 2561.2MW_p 的 17.1%，超过美国(179.6MW_p)，成为继日本(926.9MW_p)和欧洲(680.3MW_p)之后的第三大太阳能电池生产国，2007 年中国太阳能电池产量 1088MW_p，超过日本(920MW_p)和欧洲(1062.8MW_p)，成为世界第一大太阳能电池生产国。

法国 Photowatt 长期以来一直是太阳能电池的主要生产商之一, 2007 年 Photowatt 生产了 20MW_p 太阳能电池。本报告对 2007 年太阳能电池产量等于和大于 20MW_p 的所有太阳能电池生产商进行排队, 共有 35 家公司表中有名, 如表 35 所示, 其中 14 家为中国公

表 35 2006、2007 中国主要太阳能电池厂商
在全球排序中的位置(MW_p/年)

序号	公司名称	2006 年		2007 年	
		产量(MW _p)	排名	产量(MW _p)	排名
1	Q-Cell(DE)	253.1	2	389.2	1
2	Sharp(JP)	434.4	1	363.0	2
3	Suntech(CH)	157.5	4	327	3
4	Kyocera(JP)	180	3	207	4
5	Firstsolar(US+DE)	60	13	207	4
6	Motech(TW)	102	7	196	5
7	Sanyo(JP)	155	5	165	6
8	SunPower(PH)	62.7	11	150.0	7
9	Baoding Yingli(CH)	35.0	17	142.5	8
10	Solar world(whole)	86.0	9	130.0	9
11	Misubishi(JP)	111	6	121	10
12	Jing-Ao(CH)	25.0	20	113.2	11
13	BP Solar(whole)	85.7	9	101.6	12
14	Solarfun(CH)	25.0	20	88.0	13
15	Isofoton(SP)	61	12	85	14
16	Schott Solar(DE+US)	93.0	8	80.0	15
17	CEEG Nanjing(CH)	54.0	14	78.0	16
18	E-TON(TW)	32.5	17	72.0	17
19	ATS-Solar(CH)	25	20	55	18
20	Gintech(TW)	15.0	21	55.0	18
21	Ersolr(DE)	40	15	53	19
22	Ever-Q(DE)	15	21	49.8	20
23	United Solar(US)	28.0	19	48.0	21
24	Scancell(NW)	37.0	16	46.0	22
25	Ningbo Solar(CH)	30	18	45	23
26	Delsolar(TW)	20	20	45.0	23
27	Kaneka(JP)	28.0	19	40.0	24
28	Solland(NE)	18.0	21	37.0	25
29	Trina Solar(CH)	7.0	-	37.0	25
30	Sunways(DE)	30.0	18	36.0	26
31	Jiangsu Junxin(CH)	14	-	35	27
32	Photovoltaic(BE)	18.0	-	29.1	28
33	Microsol Inter.(UAE)	15.0	-	28.0	29
34	交大泰阳(CH)	21	-	25	30
35	Photowatt	24	-	20	31

资料来源: PV News 2008; *本报告对中国数据及相关数据进行了修正。

司(包括 4 家台湾公司), 占 37 家的 40%。由此可以看出中国太阳能电池产业的发展趋势及其在国际光伏产业中的地位。

②中国形成了一个高水平、国际化的光伏产业群体

伴随着 21 世纪的到来, 中国光伏产业开始进入快速、健康发展轨道。在中国原有光伏产业基础上, 通过引进、消化、吸收和再创新, 使中国光伏产业在进入快车道的同时, 沿着国际化、专业化和规模化的道路和方向前进。不但力求选用国际上最先进的技术和设备、最具竞争力的规模和现代化的管理模式, 同时把产业发展和资本市场有机结合起来, 使产业发展最大限度地适应市场发展的需求, 充分发挥市场经济规律作用, 极大地促进了中国光伏产业的快速发展。5 年(2002~2007)来, 中国不但以 191.3% 的年平均增长率高速、健康发展, 而且形成了一个高水平、国际化的光伏产业群体。自 2005 年 12 月无锡尚德在纽约交易所上市起, 不到两年时间, 相继有 10 家中国光伏企业在海外上市, 并且大都表现良好。这些上市光伏企业如表 36 所示。2008 年 2 月深圳拓日在国内上市成功。目前还几家公司已经做好上市前的准备。一个国际化的光伏产业群体悄然在中国大地上异军突起, 成为世界光伏产业发展的奇迹。

表 36 截至 2007 年底在海外上市的中国光伏公司

序号	公司名称	上市时间及交易所
1	无锡尚德	2005 年 12 月美国纽交所
2	浙江昱辉	2005 年英国伦敦交易所 2007 年 7 月转到美国纽交所
3	苏州 ATS	2006 年 11 月美国纳斯达克
4	江苏林洋	2006 年 12 月美国纳斯达克
5	常州天合	2006 年 12 月 19 日美国纳斯达克
6	河北晶澳	2006 年 12 月底美国纳斯达克
7	南京中电	2007 年 2 月美国纳斯达克
8	保定英利	2007 年 4 月美国纽交所
9	江苏浚鑫	2007 年 5 月英国伦敦交易所
10	江西 LDK	2007 年 8 月美国纽交所

(3) 中国薄膜电池产业的发展概况

从上世纪 80 年代中后期中国引进单结非晶硅电池后, 中国非晶硅电池产业一直处于稳步发展态势。进入本世纪后显示出快速发展态势, 近年来多晶硅

材料紧缺更加促进了薄膜电池产业发展。2004年以前中国薄膜电池产业以单结非晶硅电池为主,从2004年天津津能引进了2.5MW_p双结非晶硅电池后,非晶硅双结电池产业发展较快。截至2007年底,中国从事薄膜电池生产的企业接近20家,总生产能力达到80MW_p。2006、2007年中国非晶硅电池的产量分别为12MW_p和28.3MW_p,其中10个主要生产商及他们两年的分别产量如表37所示。图21给出了2000~2007年中国非晶硅电池历年来的产量变化情况。从图中看出,自2004年起我国非晶硅电池产业进入快速发展时期。分析其原因:一是由于世界光伏市场的拉动,二是薄膜电池产业技术不断走向成熟,三是太阳级多晶硅材料短缺成为世界光伏产业发展的制约因素,从而加速了薄膜电池产业的发展。

表37 2006~2007年我国非晶硅薄膜太阳电池产量(MW_p)

序号	企业名称	2006 产量	2007 产量
1	深圳拓日	6	8
2	深圳创益	2	4
3	北京世华	—	1
4	天津津能	1.2	2.0
5	福建金太阳	—	2
6	深圳日月环	1	1
7	浙江富升	—	1
8	深圳恒阳	—	1
9	哈尔滨格瑞	—	1
10	黑龙江哈克	1	1
	其他	0.8	6.3
合计		12	28.3

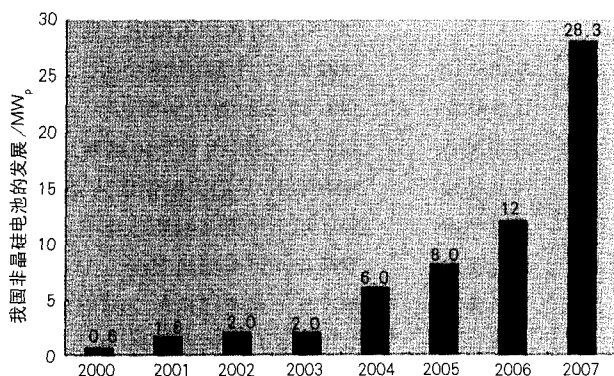


图21 2000~2007年我国非晶硅电池产量的变化情况

2007年中国薄膜电池新增生产能力达到80MW_p。目前有一大批企业正在筹建和引进技术水平更高的

微非迭层电池(α -Si/ μ c-Si)生产线,如尚德电力(上海)和河北新奥分别在引进50MW_p的双结微非电池(一期),福建金太阳通过与南开大学等单位合作建立技术研发中心、自主制造设备扩大生产能力等,这些电池线建成并形成生产能力后,将使我国薄膜电池产业提高到一个新的技术水平。

目前非晶硅电池因其成本较低、外观漂亮以及弱光性能较好而受到重视。但非晶硅电池还面临着一些挑战,如效率较低且有衰减,使用寿命较晶硅电池低,市场认知度较低等。此外,薄膜电池产业化技术还在不断完善过程,技术更新快,设备不定型,设备初投资高,因此投资风险较晶硅电池高。欲涉入薄膜电池产业的新企业对此应进行深入了解和审慎分析。

5 组件封装产业

(1) 组件封装产业概况

太阳电池必须经过封装形成组件才能应用,封装是太阳电池使用寿命的基本保证,因此组件封装是光伏产业链的重要环节。由于组件封装技术和设备相对简单,投入少、启动快,风险小,最接近市场,适于小企业投资。有太阳电池生产线的大型企业一般也都配有组件封装生产线。据不完全统计,我国有组件封装生产线的企业共计200余家,2007年封装能力总计约3800MW_p,前30家公司的生产能力占总生产能力的约87%。表38给出了我国30家有组件封装生产线的企业以及它们在2006、2007年的组件产量。仅有组件封装生产线的企业数量很多,但其总能力只占三分之一,总产量只占五分之一。

2006、2007年中国光伏组件产量分别为721MW_p和1717MW_p,而太阳电池的产量分别为438MW_p和1088MW_p,说明2006、2007年分别从国外净进口283MW_p和629MW_p电池,即分别相当于中国当年电池产量的64.6%和57.8%。组件封装是产业链中相对劳动密集型环节,中国劳动力费用相对较低,组件封装能力又远大于电池生产能力,因此会有一部分国外电池进入中国进行封装,使光伏组件产量高于电池产量。例如,德国Q-Cells公司2007年生产太阳电池389.2MW_p,是2007年世界太阳电池的最大生产商,他们只生产太阳电池,而电池销售给其他组件生产商。这是光伏产业链上的分工现象,而中国的组件封装比发达国家更具竞争力。

表38 我国光伏组件生产企业及2006、2007年产量(MW_p)

序号	企业名称	2006	2007
1	无锡尚德	150	364
2	保定英利	55	150
3	晶澳	30	130
4	深圳珈伟	45	120
5	江苏林洋	45	82
6	苏州阿特斯	25	82
7	常州天合	30	80
8	南京中电	30	80
9	宁波太阳能	40	70
11	无锡尚品	25	50
10	上海航天科技	50	50
12	云南天达	7	30
13	交大泰阳	20	30
14	京瓷天津	10	25
15	浙江向日葵	5	25
16	无锡二泉	5	20
17	常州亿晶	-	20
18	江苏中盛	-	15
19	武汉日新	10	15
20	BP 佳阳	10	15
21	北京哈博	10	12
22	无锡国飞	8	10
23	东莞华源	5	10
24	厦门巨茂	5	10
25	山东东营	5	10
26	上海超日	5	10
27	江苏顺大	5	10
28	江阴浚鑫	5	8
29	北京中轻	-	7
30	杉杉尤利卡	3	7
	其他	78	150
	合计	721	1717

(2) 2007 年光伏组件的成本分析

2007 年晶体硅太阳能电池组件的国际价格比 2006 年上半年有所回落, 从平均 4.05 美元/W_p 下降到平均 3.60 美元/W_p, 国内价格也从 2006 年上半年的平均 38 元/W_p 下降到今年的平均 32 元/W_p。中国光伏组件产品绝大部分出口, 因此光伏组件价格基本上跟随国际价格。

2007 年底太阳能电池组件市场价格构成分析如表 39 和图 22 所示。

① 多晶体硅材料: 市场现货采购价 (spot price) 或称高价在 200~250 美元/kg 之间, 按照平均 220 美元/kg 计算 (集团内长期供货合同价 (或称平价) 为 50~60 美元/kg), 按照 9.3g/W_p 多晶体硅计算, 则每公斤硅材料可生产 107.5W_p 太阳电池, 相当于市场现货采购价 2.05 美元/W_p (集团内长期供货合同价 0.47~0.56 美元/W_p);

② 晶体硅片 (铸锭、切片后): 125 × 125 的硅片 6.0 美元/片, 每片 2.4W_p, 相当于 2.5 美元/W_p;

③ 太阳能电池片: 3.0~3.1 美元/W_p;

④ 太阳能电池组件: 3.6~3.7 美元/W_p。

表 39 2007 年太阳电池的售价分析 (美元/W_p)

生产环节		多晶硅	硅片	太阳电池	太阳电 池组件
售价	高价硅	2.05	2.5	3.05	3.65
	平价硅	0.515	0.92	1.42	1.97
增值	高价硅	2.05	0.45	0.55	0.6
	平价硅	0.515	0.405	0.50	0.55
占总价 (%)	高价硅	56.16	12.33	15.07	16.44
	平价硅	26.14	20.56	25.38	27.92

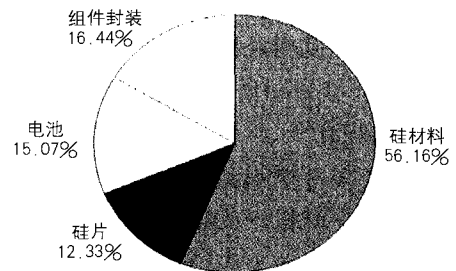


图 22 2007 年太阳电池组件价格构成

目前国际上光伏组件的售价基本上受高价硅材料的影响, 太阳电池组件的价格在 3.65 美元上下, 其中硅材料在组件总价格中占 56.16%。如果按照 50~60 美元/kg 的平价硅材料, 则价格构成将如表中斜体数字所示, 组件价格将会降低到 1.97 美元/W_p, 硅材料价格占组件价格的 26.14%。如按太阳电池组件价格约 2 美元/W_p 计, 扣除 15% 的利润和税收, 则目前太阳电池组件的实际成本大约 1.7~1.8 美元/W_p。

因此, 只要硅材料供应充足, 光伏组件价格会进一步大幅度降低。光伏发电在 10 年之内硅材料下降到 25 美元/kg 以下 (2003 年水平), 加上硅片继续减薄、电池效率提高和其他技术全面提升, 光伏组件价格有可能下降到 1~1.5 美元/W_p, 光伏发电成本有可能达到与当时常规电力相竞争的水平。(待续)