

基于多级模糊综合评价法的我国光伏产业成长能力研究

涂宏烨, 张冀新

(湖北工业大学 太阳能高效利用湖北省协同创新中心, 经济与管理学院, 武汉 430068)

摘要:在我国光伏产业陷入高端产业价值链低端化的背景下,从支撑能力、效益能力和创新能力三个维度,构建了我国光伏产业成长能力评价指标体系。利用多级模糊综合评价模型,对我国发展光伏产业的 21 个省份进行成长能力综合评价。结论表明我国光伏产业成长能力与区域布局、地区经济发展水平存在较强关联性。四大区域板块中,东部光伏产业成长能力最强,产业集聚的中部成长能力高于西部,东北最弱,在此基础上提出了不同区域板块提升光伏产业成长能力的相关建议。

关键词:光伏产业;价值链;成长能力;多级模糊综合评价

中图分类号:F204 **文献标志码:**A **文章编号:**1671-1807(2015)08-0029-07

我国十二五规划纲要中明确指出要把战略性新兴产业培育发展成为先导性、支柱性产业。战略性新兴产业目前以其替代性、创造性、低碳性等,在围绕新能源、新技术的发展背景下,纷纷抢占先机,具有一定话语权,但部分产业仍缺失价值链控制力。我国人口众多、人均资源少、生态环境脆弱,又处在快速发展时期,不协调、不平衡问题仍然尖锐,尤其是新能源产业中的光伏产业在近几年的发展,跌宕起伏。据欧洲光伏工业协会(EPIA)预测^[1],到 2030 年,在总能源结

构中,可再生能源将占到 30% 以上的份额;而在世界总电力供应中,太阳能光伏发电的占比也将达到 10% 以上;到 2040 年,可再生能源将占比 50% 以上,太阳能光伏发电将占比 20% 以上;到 21 世纪末,可再生能源占比高达 80% 以上,太阳能发电则将占比 60% 以上。这说明未来能源发展中,光伏发电将占据重要战略地位,并成为未来主要能源形式。21 世纪以后,我国太阳能光伏产业发展也十分迅猛,如图 1、图 2 所示。

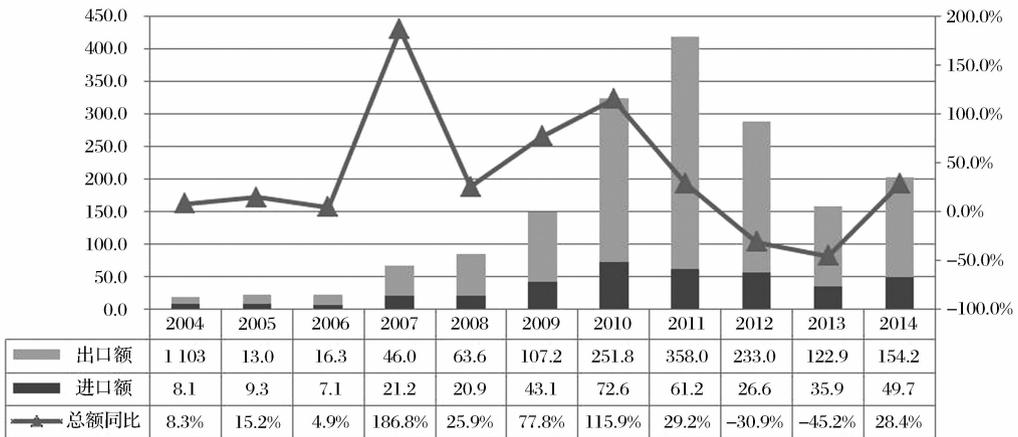


图 1 2004—2014 年我国太阳能光伏产品进出口额 亿美元

数据来源:solarbe 索比太阳能网。

收稿日期:2015-04-09

基金项目:国家自然科学基金项目(71303075);湖北省软科学项目(2014BDF090);太阳能高效利用湖北省协同创新中心项目(HBSKFMS2014026)。

作者简介:涂宏烨(1995—),女,福建三明人,湖北工业大学经管学院,本科生,研究方向:技术经济;张冀新(1982—),男,河北邯郸人,湖北工业大学经管学院,讲师,管理学博士,研究方向:技术经济。

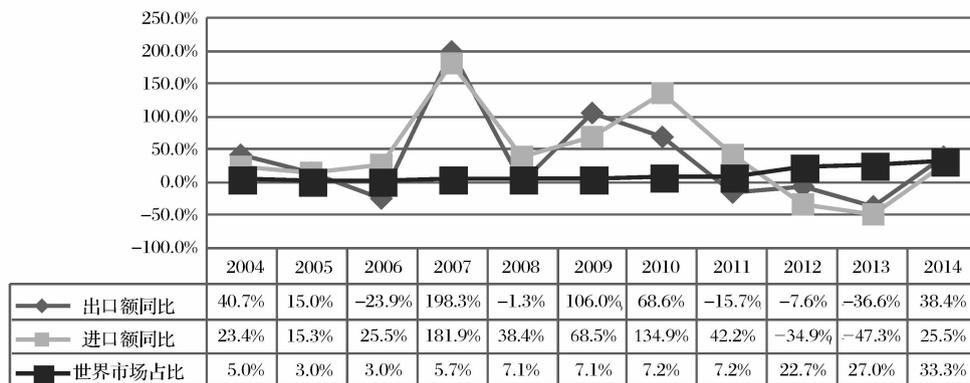


图2 2004—2014年我国光伏产品世界市场占比与进出口同比 %

数据来源: solarbe 索比太阳能网。

2004—2006年,在欧洲市场的拉动下,我国太阳能光伏产业得到了飞速发展;在光伏产业的发展期间,光伏企业的数量逐年增加,2007年中国已经成为太阳能电池第一生产大国。而形成我国整个太阳能光伏产业链中唯有中游的太阳能电池制造产业突出的结果的原因在于光伏产业链上中下游不同阶段的激励政策导致产业链补贴的“夹击效应”^[2];2004—2011年,我国太阳能产品进出口额逐年增加,最高达到358亿美元,短短几年就进入供过于求的阶段,其实质原因在于地方政府利用土地、金融和环保等体制缺陷对产业投资的不当干预,导致了光伏产业投资的“潮涌现象”^[3];从2011年开始,受国外“双反”步步紧逼的影响,出口和进口都开始逐年下降,我国光伏企业迎来了“寒冬”,电池片首次出现负增长,产业链的发展也是极不平衡的。在产业演进的过程中,随着市场份额的扩大,产业的价值创造却在降低,这就需要我国厂商结合生产者驱动和价值链治理者的争夺两方面的努力才能改变这一现象^[4]。因此,建立科学系统的光伏产业成长能力评价指标体系与评价模型,对我国光伏产业成长能力进行客观的评析就显得尤为重要。这样不仅有利于我国光伏产业在自身能力的调整范围内提供发展策略,也有利于各级政府部门制定针对性强、实效好的解决措施。

1 研究综述

目前,国内学者已对我国光伏产业竞争力、发展能力等进行了有益探索,取得了十分丰硕的研究成果。近几年,我国光伏产品有90%以上都是用于出口,而上游的硅料、硅锭生产也长时间依靠国外的技术。因此,在经济危机的背景下,我国对外依存度高的光伏企业不得不面对“下滑”的局面。为了摆脱“两头在外”的局面,我国光伏企业开始重视各类技术的

研发和创新,但是,大多数企业的技术未饱和,纯技术效率未达到最优化,原因在于,我国光伏产业本质上是以制造业为主,在基础研发和技术研发方面受制于人^[5];而我国在政策操作和战略模式上都呈现了过之无不及的特点,这也是我国光伏企业面临高投入、低产出,破产率上升,减产、停产与再停产并存等困境的主要原因^[6];并且,我国技术创新能力较其他国家有一定的差距,在太阳能专利上的申请较少,“产、学、研”结合的创新体系尚不成熟^[7]。通过对我国光伏企业组织模式的研究,采用模糊评价方法对组织模式竞争优势的评析,Chen和Pang认为我国光伏产业技术落后的重要原因在于缺乏适当的知识管理战略和模式^[8];从政策角度评析,McDonald and Pearce则认为光伏产业的发展一方面要强调企业的环境责任,另一方面则要实行一定的经济刺激政策^[9];而Chen et al.认为产业的健康发展和竞争优势的不断提升,除了需要政策支持外,更为重要的还是企业自身竞争优势的培养^[10];郑燕等人则认为应开拓国内市场需求,降低国际依存度,通过加大新能源补贴,构建完善的智能电网,适度提高化石能源价格,增加抵御外界冲击的能力^[11]。

综合上述学者研究,可以看出,评价一个产业成长能力是由多种因素构成的,并且由于设计的指标体系和评价方法的不同也会存在较大的差异,究竟哪种方法实效性强,至今仍没有统一定论。目前我国学者在光伏产业成长能力的评价方面往往采取德尔菲法,但是,由于评价过程中的主观因素过多,往往无法准确发挥实效性。因此,从我国光伏产业成长能力的各组成要素的相对因素角度出发,构建了一套全面的、科学的多级化指标,并采用多级模糊综合评价法对我国光伏产业成长能力进行评价,以期政府部门和我

国光伏产业制定相关政策措施提供理论指导。

2 多级模糊综合评价模型构建

2.1 基本原理

模糊综合评价就是应用模糊变换原理和最大隶属度原则,考虑与被评价事物相关的各个因素,对其所做的综合评价。由于在评价事务时,并不是由单个因素所决定的,而是由许多不确定因素决定,所以在评价时很难将其归于某个类别。因此,利用多级模糊综合评价模型,对单个因素进行评价,进而对所有因素进行综合模糊评价,有利于解决对客观实际偏离的问题。由于我国光伏产业发展受多个模糊性因素的影响,并且各因素之间又不是独立存在的,因此,选用多级模糊综合评价法作为研究方法。但是,该方法在确定指标权重时往往采用德尔菲法,对事务本身的评价存在一定的主观意识,容易影响结果的客观性和真实性,因此,采用变异系数法确定指标权重,使得在综合评价时尽量客观,达到更好的实际效果。

2.2 模型建立

首先,对评价因素集中的 $u_{ij} (j = 1, 2, \dots, n)$, 按照评价目标划分为若干评级层次:

$$u_{ij} = \{u_{j1}^*, u_{j2}^*, \dots, u_{jy}^*, \dots, u_{jz}^*\} \quad (1)$$

其中 $1 \leq y \leq z$, 为第 i 个评价方面、第 j 个评价要素的评价因素个数。

再在不同评级层次的基础上用变异系数法确定变异系数 v_i 。变异系数公式为:

$$v_i = s_i / \bar{x}_i \quad (2)$$

其中 $s^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{j=1}^n (a_{ij} - \bar{x}_i)^2$ 为第 i 项指标值的方差,

$\bar{x}_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n a_{ij}$ 为第 i 项指标值的平均值。

对 v_i 进行归一化,即得到各指标的权重 w_i :

$$w_i = \frac{v_i}{\sum_{i=1}^m v_i} \quad (3)$$

由上述过程可知,如果我国省域光伏产业成长能力指标体系中某项指标值能明确区分我国省域光伏产业成长能力,说明该指标在这项评价上的分辨信息丰富,因而应给该指标较大的权重,反之亦然。

然后,通过建立相对偏差模糊矩阵,确定各评价指标的隶属度。相对偏差模糊矩阵为:

$$R = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1n} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ r_{m1} & r_{m2} & \dots & r_{mn} \end{bmatrix} \quad (4)$$

$$\text{式(4)中的 } r_{ij} = \frac{|a_{ij} - u_i^o|}{\max\{a_{ij}\} - \min\{a_{ij}\}}, u_i^o = \begin{cases} \max\{a_{ij}\} \\ \min\{a_{ij}\} \end{cases}, \text{当 } a_{ij} \text{ 为效益型指标时, } u_i^o \text{ 取 } \max\{a_{ij}\};$$

当 a_{ij} 为成本性指标时, u_i^o 取 $\min\{a_{ij}\}$ 。

最后,由综合评价模型(5)求出综合评价结果 F_j 。

$$F_j = \sum_{i=1}^m \omega_i \cdot r_{ij} (j = 1, 2, \dots, n) \quad (5)$$

由于所建立的相对偏差模糊矩阵为成本型模糊矩阵,所以,若 $F_p < F_o$,则表示第 p 个省域的光伏产业成长能力强于第 o 个省域。

3 实证分析

3.1 评价对象选取

目前,我国符合工信部光伏制造行业规范条件的光伏企业只有 180 家,而这 180 家企业难以搜集到准确数据。鉴于统计数据的可得性和地域分布的代表性,选取了 115 家光伏上市企业,分布在北京、天津、河北等 21 个省域作为成长能力评价对象。这些上市企业都分别代表了所在地区光伏企业发展的最高水平,将它们作为评价对象,不仅有利于了解这些上市企业的成长能力,而且也能够通过上市企业提供的数据确定各省域的光伏产业发展状况,找出省域间光伏产业成长差异。

3.2 指标体系设定

本着全面性与科学性、可行性与实效性相结合的原则,在广泛参考我国光伏产业评价方面已有研究成果的基础上,密切结合现今我国光伏产业发展的环境,设计出能从不同角度反映我国光伏产业成长能力的综合评价指标体系。该指标体系由一级指标、二级指标、三级指标和四级指标构成:一级指标层由反映我国光伏产业成长能力的三个重要部分组成,即支撑能力、效益能力和创新能力;二级指标层是在不同视角下对一级指标层的细化,分为基础支撑、环境支撑、效益规模能力和效益产出能力等 7 项指标;三级指标层则是在 7 项二级指标层的基础上,从规模、财务和科技等角度进一步拆分;四级指标层则反映准则层的具体内容,由 32 项终极指标组成。我国光伏产业成长能力评价指标体系的构成如表 1 所示。

3.3 数据计算

21 个省域光伏上市企业的相关指标数据根据新浪财经网、科技部颁布的《2013 年中国科技统计数据》和《2014 年中国统计年鉴》计算整理得出。评价指标相关原始数据如表 2、表 3 所示。

表 1 我国光伏产业成长能力评价指标体系

目标	一级指标	二级指标	三级指标	四级指标
我国光伏 产业成长能力 A	支撑能力 B ₁	基础支撑 C ₁	规模水平 D ₁	E ₁ 太阳能资源
				E ₂ 企业密度
			服务水平 D ₂	E ₃ 基础设施
				E ₄ 交通设施
				E ₅ 税收政策
		环境支撑 C ₂	政策环境 D ₃	E ₆ 资金扶持政策
				E ₇ 专利保护政策
				E ₈ 产权保护政策
			社会环境 D ₄	E ₉ 经济社会发展指数(科技)
				E ₁₀ 科技进步环境指数
	效益能力 B ₂	效益规模能力 C ₃	基础指标 D ₅	E ₁₁ 资产平均总额
				E ₁₂ 负债平均总额
			利润指标 D ₆	E ₁₃ 平均营业收入
				E ₁₄ 利润平均总额
		效益产出能力 C ₄	财务绩效指标 D ₇	E ₁₅ 平均净利润
				E ₁₆ 平均主营业务利润率
				E ₁₇ 平均净资产收益率
			技术绩效指标 D ₈	E ₁₈ 平均资产报酬率
				E ₁₉ 综合科技进步水平指数
				E ₂₀ 科技活动产出指数
		科技要素环境 C ₅	科技人力资源 D ₉	E ₂₁ 万人研究与开发人员数
				E ₂₂ 万人大专以上学历人数
			科研物质条件 D ₁₀	E ₂₃ 每名 R&D 人员仪器和设备支出
				E ₂₄ 科研新增固定资产比重
创新能力 B ₃	科技活动投入 C ₆	人力投入 D ₁₁	E ₂₅ 万人 R&D 研究人员数	
			E ₂₆ 企业 R&D 研究人员占比	
		财力投入 D ₁₂	E ₂₇ R&D 经费支出与 GDP 比值	
			E ₂₈ 企业 R&D 经费占主营业务收入比重	
	科技活动产出 C ₇	产出水平 D ₁₃	E ₂₉ 获国家级科技成果奖系数	
			E ₃₀ 万人发明专利拥有量	
		产出效率 D ₁₄	E ₃₁ 万人输出科技技术成交额	
			E ₃₂ 万元生产总值技术国际收入	

表 2 我国光伏产业成长能力评价指标相关原始数据(2013 年)

家/万元

变量 省域	企业密度 E ₂	经济社会 发展指数 E ₉	科技进步 环境指数 E ₁₀	资产平均 总额 E ₁₁	负债平均 总额 E ₁₂	平均营业 收入 E ₁₃	利润 平均总额 E ₁₄	平均 净利润 E ₁₅
北京	10	3 309 419	2 408 594	1 115 879	91 314	70 452	20.59	-21.10
天津	1	1 065 710	702 951	372 630	9 928	7 707	12.30	2.05
河北	7	1 169 337	902 154	641 485	-94 879	-98 358	-4.41	-4.81
山西	1	1 518 700	647 180	760 796	211 249	156 767	45.13	20.89
内蒙古	1	3 902 040	2 628 560	1 391 020	140 114	112 890	26.92	11.10
辽宁	1	547 780	240 933	651 260	6 779	5 649	7.01	2.03
黑龙江	1	144 302	70 676	55 276	5 854	3 562	26.43	4.71
上海	8	105 2946	522 412	607 227	52 134	40 448	17.47	1.49
江苏	19	514 768	437 358	331 798	-6 872	-7 624	15.12	-1.03
浙江	12	353 491	158 825	224 094	13 656	11 114	22.18	3.59
安徽	1	213 204	50 156	98 263	17 191	14 709	24.54	8.96

续表 2

家/万元

省域 \ 变量	企业密度 E_2	经济社会发展指数 E_9	科技进步环境指数 E_{10}	资产平均总额 E_{11}	负债平均总额 E_{12}	平均营业收入 E_{13}	利润平均总额 E_{14}	平均净利润 E_{15}
福建	4	393 277	170 680	21 110	32 082	26 969	33.77	11.08
江西	4	867 479	610 160	905 448	35 395	28 107	16.28	14.16
山东	4	876 870	516 227	549 423	14 660	10 193	17.99	5.81
河南	7	274 020	108 472	127 048	22 946	7 282	21.01	4.03
湖北	5	819 004	501 905	276 863	31 608	23 619	19.19	-0.82
广东	17	25 770 041	19 005 333	13 353 823	-1 712 242	-1 793 538	21.22	6.33
四川	3	829 412	369 966	570 325	54 907	51 694	25.79	5.34
陕西	3	538 589	254 640	398 361	9 998	7 809	13.97	-2.76
宁夏	4	388 143	238 836	177 307	-979	-2 127	15.11	-26.10
新疆	2	2 628 610	1 815 979	1 502 140	155 365	137 839	16.43	6.41

数据来源:新浪财经网、《2013 年中国科技统计数据》及《2014 年中国统计年鉴》。

表 3 我国光伏产业成长能力评价指标相关原始数据(2013 年)

省域 \ 变量	平均主营业务利润率 E_{16}	平均净资产收益率 E_{17}	平均资产报酬率 E_{18}	综合科技进步水平指数 E_{19}	科技活动产出指数 E_{20}	科技要素环境 C_5	科技活动投入 C_6	科技活动产出 C_7
北京	13.72	-21.14	13.72	81.78	100.00	84.59	75.49	100.00
天津	10.55	2.05	10.55	75.75	82.58	79.93	76.48	82.58
河北	14.55	-4.81	14.55	39.07	15.55	40.09	44.26	15.55
山西	25.87	20.89	25.87	43.20	19.75	44.47	51.00	19.75
内蒙古	16.78	11.10	16.78	43.28	26.78	45.07	42.90	26.78
辽宁	26.07	2.03	26.07	56.89	52.59	58.53	56.82	52.59
黑龙江	20.15	4.71	20.15	53.83	54.83	52.82	49.95	54.83
上海	16.36	1.49	16.36	82.37	95.06	86.49	79.75	95.06
江苏	13.61	-1.03	13.61	72.06	64.91	77.60	77.68	64.91
浙江	19.61	3.59	19.61	63.92	52.14	64.96	75.31	52.14
安徽	16.86	8.96	16.86	46.63	25.01	51.78	61.09	25.01
福建	17.27	11.08	17.27	53.86	30.87	51.89	58.86	30.87
江西	24.00	14.16	24.00	39.13	18.90	38.43	36.31	18.90
山东	31.31	2.24	30.14	55.73	33.00	63.93	66.53	33.00
河南	20.59	4.03	20.59	39.17	14.75	34.81	48.08	14.75
湖北	20.56	-1.40	15.07	55.19	45.53	52.98	57.71	45.53
广东	14.07	6.58	11.96	71.48	65.36	68.40	74.87	65.36
四川	12.66	5.34	12.66	52.11	43.33	48.62	48.45	43.33
陕西	17.57	-2.76	17.57	56.40	59.50	57.69	56.99	59.50
宁夏	24.95	-12.03	25.43	39.37	21.80	41.44	39.72	21.80
新疆	8.98	6.41	8.98	35.29	13.70	42.11	30.24	13.70

数据来源:新浪财经网、《2013 年中国科技统计数据》及《2014 年中国统计年鉴》。

根据表 1 建立的光伏产业成长能力评价指标体系,对 21 个省域光伏企业成长能力进行综合评价和排序,我国 21 个省域光伏产业成长能力评价的一级指标权重为 w_A ,评价结果如表 4 所示。

$$w_A = (0.6786, 0.9421, 0.4749)^T$$

3.4 结果分析

从一级指标层的权向量分布来看,效益能力的权

重最大,表明我国 21 个省域光伏企业效益能力差异明显,发展的不均衡度最大。而衡量光伏企业核心竞争力的创新能力最小,表明 21 个省域的光伏企业在创新和科技投入上的离散程度不大,也就是说即使是发展水平较高的光伏企业,产品研发和创新等方面也没有突破性进展。综合来看,江苏、上海、北京、广东等经济发展状况较好区域的光伏企业成长能力较强。

支撑能力前五名分别为江苏、广东、浙江、北京和上海,效益能力较强的多为中部太阳能产业集中地区,并且北京、上海、天津、江苏等东部沿海地区的创新能力最强;从区域四大板块来看,我国经济发展较快的东部地区光伏企业综合成长能力最强,而处于我国太

阳能资源最差的地区之一的东北地区,发展水平较其他地区弱,光伏企业的成长受到制约,加之基础设施与支撑环境相对落后,光伏企业发展明显不足,说明我国光伏企业成长能力与地理位置分布、地区经济发展水平存在较强关联性。

表4 我国21个省域光伏产业成长能力评价分项指标值及综合评价排名

省域	综合能力	排名	支撑能力	排名	效益能力	排名	创新能力	排名
江苏	0.444	1	0.033	1	0.177	15	0.234	4
上海	0.611	2	0.425	5	0.156	12	0.030	2
北京	0.620	3	0.353	4	0.251	19	0.016	1
广东	0.736	4	0.124	2	0.358	20	0.254	5
浙江	0.821	5	0.334	3	0.148	10	0.339	6
天津	1.017	6	0.726	13	0.165	13	0.126	3
陕西	1.255	7	0.714	11	0.179	16	0.362	7
湖北	1.270	8	0.648	8	0.169	14	0.452	10
山东	1.278	9	0.658	9	0.137	7	0.484	11
福建	1.331	10	0.679	10	0.113	4	0.540	13
辽宁	1.335	11	0.780	16	0.152	11	0.404	8
四川	1.381	12	0.740	15	0.140	8	0.501	12
河南	1.475	13	0.632	7	0.145	9	0.698	19
山西	1.506	14	0.823	20	0.039	1	0.643	16
安徽	1.512	15	0.817	19	0.126	5	0.569	14
河北	1.514	16	0.609	6	0.208	17	0.697	18
江西	1.531	17	0.731	14	0.096	2	0.704	20
内蒙古	1.551	18	0.825	21	0.101	3	0.625	15
宁夏	1.634	19	0.718	12	0.245	18	0.671	17
新疆	1.669	20	0.794	17	0.126	6	0.748	21
黑龙江	7.652	21	0.799	18	6.434	21	0.420	9
东部	0.930	1	0.438	1	0.190	3	0.302	1
中部	1.474	2	0.746	3	0.113	1	0.615	4
西部	1.485	3	0.741	2	0.173	2	0.571	3
东北	4.494	4	0.789	4	3.293	4	0.412	2

4 结语

目前,我国光伏产业发展总体形势虽有所好转,但仍面临发展极不平衡的问题,在支撑能力、效益能力和创新能力上都应该予以重视。总体来说,目前光伏制造业亏损状况未有根本性改变。并且,各区域光伏产业受资源禀赋、发展政策和地理位置等因素的影响,成长能力存在明显的不平衡。因此,一套全面有效的光伏产业成长能力评价指标体系,加之科学的评价方法,不仅可以全面地反映制约其成长能力提升的影响因素,而且可以帮助各地光伏企业在发展过程中认识自身不足,取长补短。对于成长能力较弱的地区,其发展重点应当是通过政策吸引和招商引资来促进各种生产要素的集聚,提升支撑能力和创新能力;对于光伏产业成长能力较强的省域,则要注重提升科

技资源的优化配置、加强优质服务的软环境建设,以发挥产业效应,并不断增强社会责任感,提升光伏产业对区域经济结构调整和国民经济发展贡献能力,推动我国光伏产业在全球价值链高端锁定。

参考文献

- [1] 李俊峰. 中国战略性新兴产业研究与发展·太阳能[M]. 北京:机械工业出版社,2013:36-39.
- [2] 吴昱,边永民. 新能源产业链激励政策及其补贴合规性——以太阳能光伏产业为例[J]. 求索,2013(4):1-4.
- [3] 王文祥,史言信. 我国光伏产业困境的形成路径机理与政策反思[J]. 当代财经,2014(1):87-97.
- [4] 张路阳,石正方. 基于价值链理论的我国光伏产业动态演进分析[J]. 福建论坛:人文社会科学版,2013(2):58-64.

(下转第51页)

Empirical Study on the Influence of Irrigation and Water Conservancy Facilities on Agricultural Production

TANG Juan-li

(Business School, Zhengzhou University, Zhengzhou 450001, China)

Abstract: Using the panel data of 26 provinces and eastern, central and western regions from 2000 to 2011, Cobb Douglas production function model is adopted to analyze the influence of irrigation and water conservancy facilities on agricultural production. The results show that the impact of agricultural production mainly comes from the effective irrigation area, disaster area and rural hydropower installed capacity; total sown area of farm crops had different influence on the agriculture output value in eastern, central and western regions.

Key words: irrigation and water conservancy facilities; agricultural production; C-D production function model

(上接第 34 页)

- [5] 刘雪琴, 王建国, 陈红喜, 袁瑜. 基于 DEA 模型的上市公司经营绩效评价研究——来自光伏产业的数据[J]. 财会通讯, 2014(27): 44-47.
- [6] 陈昭锋. 政府主导式的中国光伏产业成长困境研究[J]. 现代经济探讨, 2013(7): 39-43.
- [7] 滕飞, 刘志高, 刘毅, 等. 中国太阳能产业技术创新能力与竞争态势——基于专利信息分析的视角[J]. 经济问题探索, 2013(11): 84-90.
- [8] CHEN H H, C PANG. Organizational forms for knowledge management in photovoltaic solar energy industry [J].

Knowledge-Based Systems, 2010, 23(8): 924-933.

- [9] MCDONALD N C, J M PEARCE. Producer responsibility and recycling solar photovoltaic modules[J]. Energy Policy, 2010, 38(11): 7041-7047.
- [10] PANDEY S, et al. Determinants of success for promoting solar energy in Rajasthan, India [J]. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2012, 16(6): 3593-3598.
- [11] 郑燕, 张吉国, 王同敏. 中国光伏产业国际竞争力研究——SCP 视角[J]. 科技和产业, 2013(12): 46-50.

Research on the Growth Ability of Photovoltaic Industry Based on Multistep Fuzzy Comprehensive Evaluation

TU Hong-ye, ZHANG Ji-xin

(Hubei Collaborative Innovation Center for High-efficiency Utilization of Solar Energy, Economics and Management Department, Hubei University of Technology, Wuhan 430068, China)

Abstract: Under the high-end industry but the low end of value chain of photovoltaic industry, this paper sets up the evaluation index system of the growth ability of China's photovoltaic industry, from the three dimensions of supporting ability, beneficial result ability and innovation ability. Using the multistep fuzzy comprehensive evaluation model, this paper has comprehensive evaluation on the ability of the growth of 21 provinces and regions. The conclusion shows that the level of the growth ability has greater relevance of regional distribution and economic development level. In the four major regional plates, eastern is the strongest growth ability of photovoltaic industry, the growth ability of the industrial agglomeration in middle area is greater than the west, northeast is the weakest, and puts forward the related suggestions of different regional section to enhance the growth ability of photovoltaic industry on this basis.

Key words: photovoltaic industry; value chain; the growth ability; multistep fuzzy comprehensive evaluation