

中国风电设备制造业发展与空间格局研究

李德瑜¹, 邹沛思^{1,2}, 贺灿飞^{1,2}

(1. 北京大学 城市与环境学院, 北京 100871;

2. 北京大学—林肯研究院 城市发展与土地政策研究中心, 北京 100871)

摘要:区域新兴产业的发展是经济地理学的关注重点。尤其在全球气候变化和能源危机背景下, 新能源产业的发展 and 区位特征备受关注。本文选取风电设备制造这一战略性新兴产业作为研究对象, 根据2005-2012年《中国风电装机容量统计》整理了中国风电设备制造企业数据库, 发现中国的内资风电设备制造企业大多由相关装备制造业企业投资设立, 并位于投资企业所在城市; 外资风电设备制造企业倾向于布局在装备制造业基础雄厚的城市。风电设备制造业企业的空间扩展即子公司主要集中在三北(东北、华北和西北)和东部沿海等风力资源丰富和风电场重点建设的地区。在实证部分, 利用零膨胀负二项模型探讨中国风电设备企业及其子公司区位选择的影响因素, 结果表明: ①风力资源禀赋主要影响风电设备企业子公司的区位选择, 风力资源丰富的地区城市风电设备企业子公司个数较多; ②产业基础主要影响风电设备企业母公司区位选择; ③地方政府支持主要影响风电设备企业子公司的区位选择; ④风力资源禀赋、产业基础和地方政府支持同时作用时, 产业基础是最重要的影响因素。研究结果对风电设备企业的区位选择和地方政府有针对性的产业政策制定有指导意义。

关键词:风电设备产业; 区位特征; 产业基础; 资源禀赋; 地方政府支持

doi: 10.11820/dlkxjz.2014.09.006

中图分类号: F293.35

文献标识码: A

1 引言

对于新兴产业而言, 在产业成长的过程中面临技术扩散、市场占有等困难, 而实施创新支持、市场创造的政策支持是推动新兴产业克服这些困难进入成熟期的重要因素(Malerba, 2007)。风电作为清洁可再生能源, 近年来得到了世界各国和地区的青睐。中国为了促进风电产业的发展, 出台了一系列政策措施, 主要包括: 开展全国范围的风能资源评价, 编制风电发展规划, 将风电输送的电网建设纳入国家电网建设规划, 开展风电特许权项目招标, 建立有效的风电价格税收政策, 支持风电设备制造国产化和培育自主品牌等, 这些政策推动了中国风力发电市场和风力发电设备制造产业的迅速发展。截至2012年, 中国大陆累积装机容量达62.4 GW, 占全球累计装机容量的26.2%, 居世界首位; 在风电设备的制造上也逐渐摆脱了对进口和外资风电设备的依赖, 截至2012年, 国内风电场中内资风力发电机组的市场份额已超过了90%(李俊峰等,

2013)。目前针对中国风电行业的研究主要集中在风电特许权的制度经济学分析(曾志敏等, 2012), 企业的创新模式(谢祥等, 2012), 产业链垂直一体化研究(邸元等, 2011)和集群创新的影响(施卫东等, 2010), 尚缺乏对中国风电设备制造业区位特征的研究。

企业的区位选择一直是经济地理学的关注重点。传统区位理论认为, 原料、市场、劳动供给、技术、环境等因素会影响企业的区位选择(陈振汉等, 1982); 新经济地理学认为市场规模、交通条件和集聚经济会影响企业的区位选择(Fujita et al, 1999)。对于新兴产业而言, 产业动态和演化经济地理学认为区域新兴产业通常来源于区域内已有的相关产业的衍生(Spin-off)和多元化发展过程(Klepper, 2002; Boschma et al, 2007), 而由于路径依赖和知识传播的地理距离限制, 这种相关多元化的过程是属于地方化的, 新兴产业的企业通常位于原有企业所在的城市或者企业家的家乡(Stam, 2007)。

因此, 一个地区的产业基础对于新兴产业的区

收稿日期: 2014-06; 修订日期: 2014-08。

基金项目: 国家自然科学基金项目(41271130)。

作者简介: 李德瑜(1989-), 男, 重庆渝北人, 硕士研究生, 主要研究方向为区域产业发展, E-mail: lideyu.theo@gmail.com。

通讯作者: 贺灿飞(1973-), 男, 教授, 博士生导师, 主要从事产业与区域经济等研究, E-mail: hecanfei@urban.pku.edu.cn。

位选择有着重要的影响(Neffke et al, 2011),但国际和国内的产业转移也是区域新产业的来源,尤其是对于产业基础较为薄弱的地区(Neffke et al, 2014)。对于风电设备制造行业而言,2005年出台的风电场建设国产化率的要求,使得大量外资风电设备企业以独资或者合资的形式进入中国,并继续占有中国市场。与此同时,中国的产业政策并非像东亚其他经济体一样由中央政府全权负责,而是由中央和地方政府共同负责(Thun, 2004),1994年分税制改革以后,各地方政府为了获取持久的税收来源而展开竞争(陶然等, 2009)。风电产业新能源的属性和较大的投资额度,使得各地方政府纷纷提出要发展风电产业,尤其是风电装备制造业。根据作者整理,在全国338个地级行政单位的“十一五”规划中提出要发展风电设备制造业的城市和地区一共有69个,而到了“十二五”期间,这个数字激增到139个。地方政府的各种产业政策能够影响区域新兴产业的进入(Theyel, 2012)。

本文对风力发电机组这一核心风电设备生产企业的区位及其子公司的空间拓展进行了分析,发现内资风力发电机组生产企业大多是由装备制造业企业投资设立且基本上位于母公司所在城市;外资风力发电机组生产企业集中在天津、沈阳、上海这3个装备制造业基础雄厚的城市;靠近风力资源是影响风电设备企业进行空间扩展最主要的因素。风力资源禀赋、产业基础和地方政府支持对风电设备企业母公司和子公司之间的影响存在差异,同时对城市是否拥有风电设备企业数量多少的影响上也存在差异。风力资源禀赋主要影响风电设备企业子公司的区位选择,主要体现在风力资源丰富的地区城市风电设备企业子公司个数更多;产业基础主要影响风电设备企业母公司的区位选择;地方政府支持主要影响风电设备企业子公司的区位选择;而在风力资源禀赋、地方政府支持和产业基础3个因素同时起作用的时候,城市产业基础是最重要的影响因素。

下文分4个部分进行阐述:第一部分回顾了我国风力发电市场和风力发电设备制造产业的发展历程;第二部分描述了中国风电设备企业及其子公司的空间特征;第三部分从资源禀赋、产业基础和地方政府支持3个方面选取变量建立实证模型,探讨中国风力发电机组生产企业及其子公司空间分布的影响因素;第四部分对文章进行小结并讨论。

2 中国风电产业发展历程

2.1 风力发电市场的发展

中国风电产业的发展可以追溯到20世纪80年代,1986年5月,中国首个示范性风电场在山东荣成建成并网发电。但截至2003年底,中国风力发电市场装机容量仅为546 MW,仅占全球累计装机容量的1%(施鹏飞, 2004)。从2003年开始,国家发展改革委组织了6期风电特许权项目招标,承诺落实电网接入系统和全额接受风电发电量,上网电价和风力发电设备的本地化率为条件,通过招标选择风电场开发商。风电特许权项目的实施直接带动了中国风力发电市场的迅速发展,尽管期间受到2008年金融危机影响出现过短暂下滑,但2004-2009年的6年时间内,中国风电场新增装机容量的年均增长率仍然超过了100%(图1)。

2005年2月《可再生能源法》公布,为风电行业的发展提供了法律保障;随后,《可再生能源发电价格和费用分摊管理试行办法》、《可再生能源发电有关管理规定》、《可再生能源发展专项资金管理暂行办法》和《可再生能源电价附加收入调配暂行办法》等一系列关于可再生能源的电价、管理权限、责任、资金申报和审批、经费来源等的政策出台,有力地促进了风力发电市场的持续快速发展。

然而,随着风力发电市场规模的逐渐扩大,风电并网和消纳问题逐步成为制约风电开发的重要限制因素。中国风力电场建设主要分布在“三北”地区(东北、华北和西北),但电力负荷主要分布在沿海地区,再加上电网建设相对滞后,“弃风”现象比较突出(刘海燕等, 2008)。2012年,蒙东地区和吉林省的弃风率超过30%,蒙西地区和甘肃省的弃风率超过20%,黑龙江、辽宁、河北三省的弃风率超过

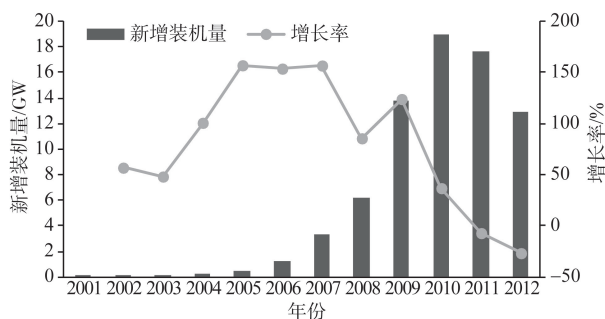


图1 2001-2012年中国风电场新增装机容量(李俊峰等, 2013)

Fig.1 Wind turbines installation of wind farms in China, 2001-2012(Li et al, 2013)

10%。“弃风”导致风电场收益降低,投资难以收回(李俊峰等, 2013)。因此,从2011年开始,中国风电场新增装机容量增速出现大幅度下滑,2011、2012年的新增装机容量较前一年出现了明显下降(图1)。

2.2 风电设备制造业的发展

“九五”期间,中国仍然不具备 600 kW 以上的大型风力发电机组的生产能力,风电场建设所需的风力发电机组完全依赖进口。为实现“九五”期末的装机容量目标,1996年,国家计委推出了“乘风计划”,一方面由新疆金风公司承担“九五”科技攻关项目“Jacobs43/600 kW 风力发电机组国产化研究”;另一方面由西安航空发动机公司和洛阳一拖集团分别与国际著名风电设备生产企业——德国 Nordex 公司和西班牙 Made 公司建立合资公司,引进国外成熟技术生产 600 kW 的风电设备(施鹏飞, 2004)。

但是,在2005年之前的风电场累计装机的市场份额中,进口产品的份额仍然达到了 82.2%,国内产品仅占 17.8%,主要来自国内 6 家生产企业,分别为金风科技、运达、申新、万电以及 2 家在政府乘风计划支持下成立的中外合资企业——西安维德和一拖美德,而 2004 年仍在进行生产的国内企业仅金风科技、运达和西安维德三家(施鹏飞, 2005)。

2005 年 7 月,《关于风电建设管理有关要求的通知》出台,提出通过特许权招标的风电场项目的风电设备国产化率要达到 70% 以上,不满足设备国产化率要求的风电场不允许建设。这一保护政策的实施,带动了中国风电设备制造业的迅速发展,众多新的国内企业通过引进生产许可证、建立合资企业、开展自主研发或联合研发等手段进入风力发电机组生产行业(谢祥等, 2012)。同时,这一政策也促使了外国风电设备企业在中国建厂。根据作者整理,截至 2012 年底,中国投入生产的风力发电机组生产企业共有 72 家,其中,国有及国有控股企业 27 家,民营企业 28 家,合资企业 12 家,外资企业 5 家(图 2)。

从 2005 年开始,每年新投产的风力发电机组生产企业逐渐增加。在国产化率要求提出后的 2006 年,外资风电设备企业大规模进入中国,如全球知名的风电设备企业 Vestas、Gamesa、GE、Suzlon、Nordex、Repower 等。而从 2007 年开始,国有和民营企业也逐渐开始崭露头角。新投产企业数量的增加导致市场竞争逐渐加强,通过 CR3、CR5 和 CR10 指数计算的行业集中度逐年下降(图 3)。然而

伴随着众多新企业的进入和现有企业的盲目产能扩张,2009 年 9 月风电设备已被工信部点名为六大产能过剩产业之一,从 2010 年开始,新成立企业数量逐渐减少,2012 年已无新投产的风力发电机组生产企业(图 2)。

自 2010 年开始,在市场萎缩、产能过剩的背景下,风电设备制造企业不得不依靠价格竞争获取订单,企业利润下滑严重,不少企业不得不停产或者退出风电设备制造行业。2009-2012 年间,当年实际进行生产的风力发电机生产企业数量从 43 家减少到 28 家(李俊峰等, 2013),仅占作者整理的全部风力发电机组生产企业的 38%。

3 中国风电产业的空间格局

3.1 风电设备制造业企业的发展

风电设备制造是一个新兴的行业,依据《国民经济行业分类标准 2011》,风电设备产业属于通用

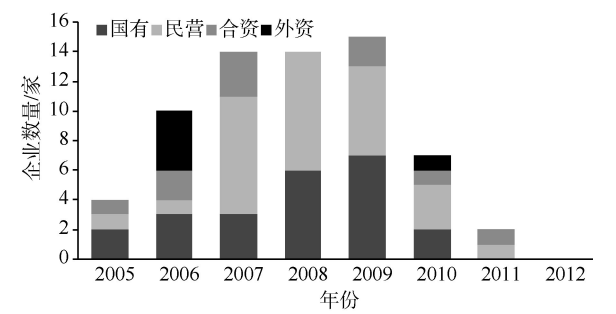


图2 2005-2012年新投入生产的风力发电机组生产企业和子公司数量
(根据2005-2012年的《中国风电装机容量统计》整理)

Fig.2 Wind Turbine manufacturing enterprises and subsidiary companies in China, 2005-2012

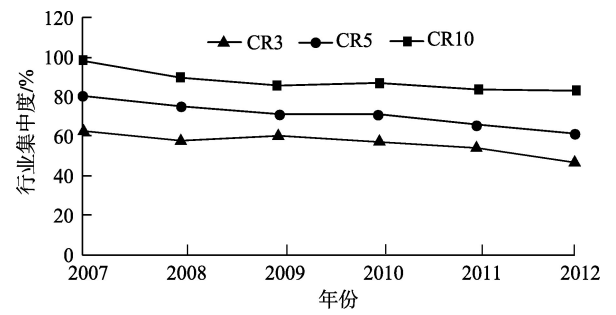


图3 2007-2012年风力发电机组市场行业集中度变化
(根据2005-2012年的《中国风电装机容量统计》整理)

Fig.3 Market concentration of wind turbines in China, 2007-2012

设备制造业。演化经济地理学学者认为,新兴行业的新成立企业大多由同行业或者相关行业的企业或者企业家和员工投资创立(Klepper, 2002; Boschma et al, 2007)。根据作者的整理,2012年有风力发电机组产量的28家风力发电机组生产企业中大部分是由装备制造业企业投资设立的(表1)。

对于装备制造业而言,拥有了产品设计方案不代表能够生产出合格的产品。装备制造业大厂房、重型设备、劳动与技术密集的特点使得中国装备制造业往往都以大型制造企业为核心,衍生出一系列为之服务的中小企业,不同产业之间存在着技术关联和产品配套(李凯等, 2004)。因此,由装备制造企业投资设立的风电设备企业,在成立初期会倾向于布局在原始企业所在城市,充分利用现有的装备制造产业基础。根据作者的整理,大部分内资风力发电机组生产企业均位于母公司所在城市(图4),例如位于德阳的东汽风电,位于中山的明阳风电等。

2005年,在风电特许权项目70%产品国产化要求出台之后,外资风力发电机组生产企业大量在中国设立生产基地以实现产品国产化。对于拥有技术的外资风力发电机组生产企业而言,选择有实力的装备制造业企业进行合资或者选择装备制造业产业基础雄厚的城市设立生产基地无疑是最好的选择; Vestas、GE、Gamesa、Suzlon、Siemens这5家全球知名风力发电机组生产企业均选择以独资的方式进入中国,分布在天津、沈阳和上海等3个城市,与其雄厚的装备制造业基础有关。而12家合资企业中的8家合资企业位于中方投资企业所在城市,与内资风力发电机组生产企业一样,旨在共享母公司的产业基础。

风力资源的接近程度也是一个重要考虑因素,现有7家风力发电机组生产企业位于风力资源较为

丰富的内蒙古通辽、鄂尔多斯、巴彦淖尔、乌兰察布和沿海城市威海、盐城和南通(图4),其中有4家企业是拥有成熟技术的合资企业,另外3家内资企业则分别将研发中心放在了北京和西安。

此外,还存在一些特殊的影响因素,比如企业家的家乡,如位于江西吉安市的麦德风能、位于江苏无锡市的远景能源和苏州市的特谱风能。

3.2 风电设备制造企业的空间扩展

中国风力发电机生产企业新建的子公司(即生产基地)空间分布主要集中在东北、华北、西北为代表的三北地区和东部沿海城市以及云南、贵州的部分城市(图5),与中国风力发电市场的空间分布相似(图6),主要有以下两个方面的原因:

(1) 中国陆上风力资源分布极不均衡,风力资源丰富的地区主要位于三北地区和东部沿海地区(刘海燕等, 2008),而由政府主导的风电场开发也集中在这些区域。由于风能本身没有成本,因此除了设备的生产成本外,将属于大型设备的风力发电机组从生产基地运输到风电场的运输成本决定了风力发电项目的成本,同时风机建成后还存在定期维护的需求。因此,风力发电机组生产企业为节省运输成本,选择在国家重点进行风电场建设的三北地区和东部沿海地区,如甘肃的酒泉、新疆哈密、吉林白城、江苏盐城等城市建设风力发电机生产基地。

(2) 根据国家投资核准目录,任何电站的建设都需由国家发展改革委进行审批,因此一些大型国有电力企业在风电场开发上具有一定的优势。截至2012年底,累计风电装机排名前10的开发商中,

表1 中国风力发电机组生产企业母公司行业类别分析
Tab.1 Industrial classification of the parent firms of wind turbine manufacturing companies in China

母公司行业	企业名称
外资风电企业	Vestas、Gamesa、GE
风电设备研究	金风科技、浙江运达、沈阳华创、远景能源
电气机械和器材制造业	联合动力、明阳风电、湘电风能、上海电气、东方电机、许继风电、浙江华仪、天威风电
通用设备制造业	东方汽轮机、京城新能源、华锐风电、三一电气
专用设备制造业	久和能源、中科天道
交通装备制造业	重庆海装、新誉重工、航天万源
仪器仪表制造业	银星能源、南车株洲所

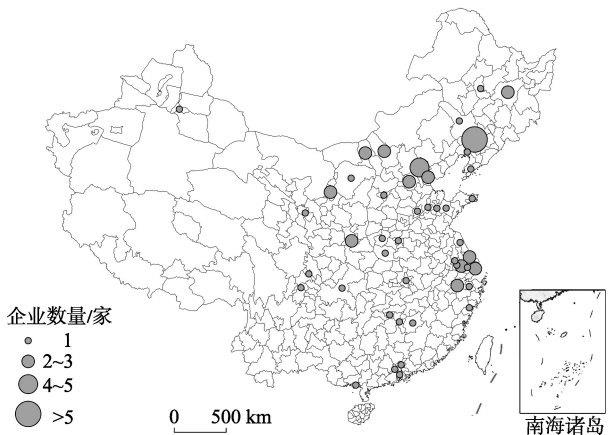


图4 中国风力发电机组生产企业区位分布
(根据2005-2012年的《中国风电装机容量统计》整理)

Fig.4 Spatial distribution of wind turbine manufacturing enterprises in China

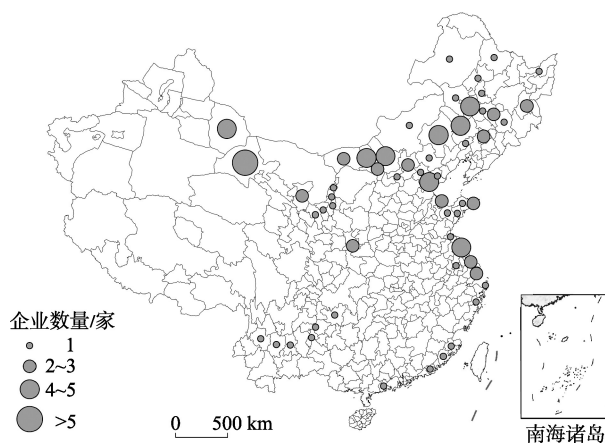


图5 中国风力发电机组生产企业子公司区位特征
(根据2005-2012年的《中国风电装机容量统计》整理)

Fig.5 Spatial distribution of subsidiary companies of wind turbine manufacturing enterprises in China

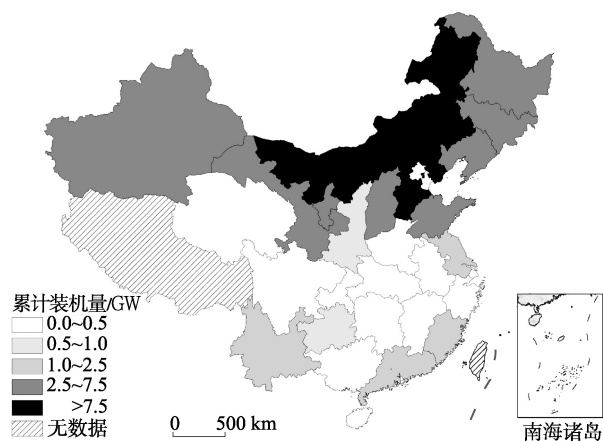


图6 2012年各省区累计风电装机容量(李俊峰等, 2013)

Fig.6 Provincial cumulative installation of wind power capacity in China by 2012(Li et al, 2013)

有8家为大型央企,2家地方国企,占中国风力发电市场的75%(李俊峰等, 2013)。而这些大型能源企业旗下大多拥有自己的风力发电机组生产企业,例如国电集团旗下的联合动力公司等。大量风力发电机组生产企业为获取稳定的订单来源,均采用自己建设风电场再转让的方式来销售风力发电机组,如金风科技。然而,拥有风力资源的城市通常以风电设备企业当地投资建设生产基地作为开发当地风力资源的前提条件(曾志敏等, 2012),于是风力发电机组生产企业纷纷跑马圈地,以投资建设生产基地来换取风力资源开发,导致了我国风力发电机组生产基地的遍地开花,产能利用率低。

4 实证模型

4.1 数据来源

风力发电机组生产企业数据来源于中国可再生能源学会风能专业委员会发布的1998-2012年的《中国风电装机容量统计》,其中包括当年新吊装的风电场的风力发电机组供应商,以及有样机吊装风力发电机组生产企业;通过企业网站及上市公司年度报告等完善企业生产基地的信息,包括其母公司所在地和子公司所在地、成立时间等。

城市数据来源于各年份的《中国区域经济统计年鉴》,各地级行政单元政府的“十一五”规划纲要,以及由国家统计局维护的《中国工业企业数据库》,共包括336个地级行政单元。

4.2 研究方法

上文分析了风电设备企业区位特征,发现城市装备制造基础、风力资源禀赋和地方政府支持等因素均对中国风电设备企业的分布有影响,因此需要建立模型综合探讨风电设备企业的区位选择的影响因素。同时由于风电设备企业母公司和子公司的区位特征差异较大,区位选择的影响因素不尽相同,在建立模型时需要分别探讨母公司和子公司区位选择的影响因素。

区位研究中常用的方法包括条件逻辑模型为代表的离散选择模型和泊松模型为代表的计数模型(Arauzo-Carod et al, 2010),例如贺灿飞等利用负二项回归研究了外资星级宾馆的区位,利用条件逻辑模型分析了外资银行的区位(贺灿飞等, 2009, 2010)。条件逻辑模型的前提条件是选择是随机行为(Mcfadden, 1974),但本文的研究对象风电设备企业大多为多厂商,新建子公司的目的多为靠近风力资源开发热点地区或以生产基地的投资换取风力资源,并不是随机行为,不符合条件逻辑模型的前提条件,因此选择计数模型进行风电设备企业区位特征的影响因素分析。

在计数模型中,泊松模型要求观测值的均值与方差相等,如果均值和方差不相等则应采用负二项模型;而如果观测值中存在较多的0值,应当选择零膨胀模型。

对因变量的描述性统计(表2)发现,超过半数的观测值为0,因此需要考虑零膨胀模型;同时观测值的方差明显大于均值,所以采用零膨胀负二项模型。

零膨胀负二项模型实际上包含了两个模型:一

个是采用logit回归的膨胀模型,如式(1),主要回答自变量影响事件发生与否的问题;另一个是负二项计数模型,如式(2),主要回答自变量影响事件发生次数多寡的概率问题(郭琪等, 2014)。模型的公式如下:

$$\begin{cases} P(y_i=0|x_i,w_i)=p_i+(1-p_i)(1+\alpha\mu_i)^{-\alpha^{-1}} \\ P(y_i|x_i)=(1-p_i)\frac{\Pi(y_i+\alpha^{-1})}{y_i!\Pi(\alpha^{-1})}\left(\frac{\alpha^{-1}}{\alpha^{-1}+\mu_i}\right)^{\alpha^{-1}}\left(\frac{\mu_i}{\alpha^{-1}+\mu_i}\right)^{y_i}, y_i>0 \end{cases} \quad (1)$$

式中: y_i 为因变量, x_i 为自变量; w_i 为膨胀因子; P 表示 $Y=y_i$ 的概率密度; p_i 表示观测值中过多的零的概率; α 为模糊参数的倒数,衡量过度离散程度; μ_i 为因变量服从负二项分布时的期望值。

零膨胀负二项模型中因变量的0值,一部分来源于不可能发生的事件的个体,另一部分来源于在负二项理论分布下没有发生事件的个体。式(1)中的 $P(y_i=0|x_i,w_i)$ 是指因变量为0,即不可能有风电设备企业的概率,其中 w_i 是影响因变量是否为0的自变量向量组,即膨胀因子,如果膨胀因子的回归系数为负,则说明膨胀因子能够降低因变量为0的概率,即提高城市拥有风电设备企业的概率。而在式(2)中,首先排除了式(1)中不可能发生的0值,然后再进行负二项回归。

4.3 变量设定

根据上文的分析,从4个方面选取变量(表3):

(1) 资源禀赋。接近市场需求是企业区位选择的重要考虑因素,除了能够节省交通成本还能促进企业创新(Feldman et al, 2004),对于风力发电机生产企业而言更是如此。由于风力发电机的运输和维护成本较高,企业倾向于选择靠近风力资源丰富

的地区和装机量较大的地区(Russo, 2003),因此用城市风力资源禀赋来衡量市场需求的大小。陆上风力资源(Wind)的衡量标准采用的是2009年7月国家发改委发布的《关于完善风力发电上网电价政策的通知》中对全国风力资源的划分,按照风力资源丰富至贫瘠,将其赋值为“4、3、2、1”;2010年国家能源局发布的《2010年能源工作总体要求和任务》提出要推进海上风电基地的建设,因此加入行政边界沿海的地级行政单位虚拟变量(Coastal)来衡量城市的海上风电开发前景。

(2) 产业基础。城市现有的产业基础对城市新兴产业的出现有着重要意义,尤其城市中关联产业的衍生(Spin-off)和多元化发展(Diversification)过程是城市新兴产业的主要来源(Neffke et al, 2011; Boschma et al, 2012)。上述对中国风电设备企业母公司空间特征的分析结果表明,一方面中国大部分内资企业由装备制造业企业投资且位于母公司所在地;另一方面,主要外资风电设备企业也集中在装备制造业较为发达的城市。因此用2005年城市装备制造业企业个数的自然对数来衡量城市产业基础(Relate),装备制造业的范围包括通用设备、专用设备、交通设备、电气设备和仪器仪表制造业。

(3) 地方政府支持(Plan)。地方政府的产业政策是中国城市产业发展的重要推动力(Thun, 2004)。地方政府扶持产业的手段很多,包括拨款、补贴、知识产权保护、投资激励、规制、就业政策和宏观的经济政策等(Block et al, 2010),为统一衡量标准,本文选取城市“十一五”规划纲要中是否提到发展风电设备制造业的虚拟变量来衡量地方政府的支持,如果提到为1,否则为0。在“十一五”规划纲要中提到发展风电设备制造业的城市一共有69个。

在模型回归中,将资源禀赋、产业基础和地方政府支持同时放入膨胀因子和第二步的负二项回归中,以区分这3个因素对于城市能否吸引风电设备企业进驻和城市风电设备企业数量多少是否有不同的影响。

(4) 控制变量。在进行零膨胀负二项模型的第二步负二项回归时,用土地出让价格(Land)、各地级市人均平均工资(Wage)分别对城市的土地成本、劳动力成本为代表的投入要素进行控制。

4.4 统计结果与分析

4.4.1 模型拟合效果检验

模型的回归结果如表4,所有回归模型均通过

表2 因变量描述性统计表

Tab.2 Descriptive statistics of the dependent variable

分位 点/%	观测值	最小值	统计项目	统计值
1	0		观测值个数	336
5	0		加权值总计	336
10	0			
25	0			
50	0		均值	0.533
		最大值	标准差	1.283
75	1	6		
90	1	7	方差	1.647
95	3	7	偏度	3.535
99	6	9	峰度系数	16.876

表3 模型变量定义
Tab.3 Definition of variables

变量类型	变量名	含义	预期符号
因变量	<i>Y</i>	2012年城市风力发电机组生产企业数量	
自变量			
政策支持	<i>Plan</i>	各城市和地区“十一五”规划中对风电设备产业的支持	+
资源禀赋	<i>Wind</i>	陆上风力资源,从丰富到贫乏分别为4、3、2、1	+
	<i>Coastal</i>	行政边界沿海的地级行政单位虚拟变量	+
产业基础	<i>Relate</i>	2005年城市规模以上通用设备、专用设备、交通设备、电气设备、仪表制造业企业个数	+
控制变量	<i>Land</i>	2005年城市土地出让价格	-
	<i>Wage</i>	2005年城市人均工资水平	-
膨胀因子			
政策支持	<i>Plan</i>	各城市和地区“十一五”规划中对风电设备产业的支持	-
资源禀赋	<i>Wind</i>	陆上风力资源,从丰富到贫乏分别为4、3、2、1	-
	<i>Coastal</i>	行政边界沿海的地级行政单位虚拟变量	-
产业基础	<i>Relate</i>	2005年城市规模以上通用设备、专用设备、交通设备、电气设备、仪表制造业从业人数	-

卡方检验($Prob>chi^2$ 显著接近于0),说明模型拟合效果均较好。为验证零膨胀负二项回归是否能够解决观测值零值过多和过度离散的问题,在模型中加入了 α 系数和 $Vuong$ 系数。风电设备企业子公司模型的 α 系数和 $Vuong$ 系数能够通过卡方检验和 Z 检验,说明零膨胀负二项模型能够很好地解决观测值过度分散和零值过多对模型带来的影响(郭琪等, 2014);而风电设备企业母公司的零膨胀负二项模型中, α 系数和 $Vuong$ 系数不能通过卡方检验和 Z 检验,说明零值过多和过度离散对母公司模型的影响有限。表4中风电设备企业母公司的零膨胀负二项模型的回归结果也与泊松模型的回归结果相似,但为便于与子公司模型进行比较,仍然选择零膨胀负二项模型进行讨论。

4.4.2 模型自变量作用比较

为比较核心变量地方政府支持、风力资源禀赋和产业基础的作用大小,对自变量进行标准化消除量纲后再进行回归,表4中风电设备母公司和子公司零膨胀负二项模型中 I 为自变量直接进行回归的结果, II 为自变量标准化过后的回归结果。

(1) 风力资源禀赋

在风电设备企业母公司的回归模型中,陆上风力资源禀赋($Wind$)在膨胀因子中显著为负,但在第二步回归中不显著,意味着陆上风力资源禀赋($Wind$)越好,拥有风电设备母公司的概率越大,但城市风电设备母公司数量更多的概率并不一定大;而陆上风力资源禀赋($Wind$)对于风电设备企业子公司区位选择的影响则相反,陆上风力资源禀赋($Wind$)

好不能提高城市拥有风电设备子公司的概率,仅能提高城市拥有更多的风电设备企业子公司的概率。这是由于中国风力资源分布极不均衡,主要分布在产业基础较差的三北地区(刘海燕等, 2008),一方面,对于风电设备企业母公司而言,即使进入上述风力资源较好的地区,选择的也是产业基础相对较好的如银川、包头等城市;另一方面,由于风力资源与用电负荷的空间不匹配使得中国风电场“弃风”现象严重(李俊峰等, 2013),一些风力资源并不发达的城市如云南、贵州等省的城市,逐渐成为风电设备企业拓展市场设立子公司的目标,但风力资源发达地区的风电设备企业子公司的数量仍然较多。

在风电设备企业母公司的回归模型中,沿海城市($Coastal$)变量在膨胀因子中不显著,但在第二步回归中显著为负;而在风电设备子公司的回归模型中,沿海城市变量($Coastal$)均不显著。一方面,大部分风电设备企业是由装备制造业企业投资设立,这些企业大多分布在内陆城市,路径依赖使得风电设备企业都位于其投资企业所在的内陆城市(Stam, 2007);另一方面,中国海上风电起步较晚,截至2012年仅在盐城附近海域有两个示范项目,并不是中国风力资源开发的重点区域(李俊峰等, 2013),因此许多沿海城市并没有风电设备企业的子公司进入。

(2) 产业基础

在风力设备企业母公司的回归模型中,城市装备制造产业基础($Relate$)在膨胀因子中显著为负,

表 4 风力发电机组企业及其子公司区位选择影响因素

Tab.4 Determinants of location choice of wind turbine manufacturing enterprises and subsidiary companies						
变量类型	变量名	母公司 泊松模型	母公司 零膨胀负二项		子公司 零膨胀负二项	
			I	II	I	II
地方政府支持	<i>Plan</i>	1.392***	1.157***	0.468***	1.092***	0.442***
资源禀赋	<i>Wind</i>	2.122***	1.224	0.277	2.346***	0.531***
	<i>Coastal</i>	-1.073***	-1.082***	-0.369***	-1.578	-0.054
产业基础	<i>Relate</i>	0.786***	0.551***	1.066***	0.290**	0.563**
控制变量	<i>Wage</i>	0.059	0.215	0.002	-0.090	-0.024
	<i>Land</i>	0.109	0.146	0.078	-0.531**	-0.440**
常数项	Constant	-8.586**	-5.543	-1.970***	-0.537	-1.160***
膨胀因子						
地方政府支持	<i>Plan</i>		-1.091	-0.441	-1.385*	-0.560*
资源禀赋	<i>Wind</i>		-7.072**	-1.602**	-0.132	-0.030
	<i>Coastal</i>		-15.122	-5.158	-11.365	-3.877
产业基础	<i>Relate</i>		-1.453**	-2.811**	0.335	0.648
常数项	Constant		12.011***	-0.898	-0.548	-1.274
观测值数量		336	336	336	336	336
非 0 观测值数量			46	46	57	57
Log Likelihood		-126.04	-122.98	-122.98	-183.71	-183.71
<i>Prob>chi2</i>		0.0000	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
<i>Alpha</i> 系数			0.11	0.11	3.32	3.32
<i>Prob≥chibar2</i>			0.3707	0.3707	0.0343	0.0343
<i>Vuong</i> 系数			0.93	0.93	1.48	1.48
<i>Prob≥ Z</i>			0.1764	0.1764	0.0697	0.0697

注：* $p < 0.10$, ** $p < 0.05$, *** $p < 0.01$

意味着城市的装备制造产业基础提高了该市拥有风电设备企业母公司的概率;同时城市装备制造产业基础在第二步回归中显著为负,意味着城市装备制造基础越雄厚,拥有更多风电设备企业母公司的概率越大。城市的装备制造基础决定了城市是否有风电设备企业以及风电设备企业母公司数量的多少,这与产业动态研究和演化经济地理学研究中新兴产业通常由城市中相关产业发展而来的结论相契合(Boschma et al, 2012)。

而在风电设备企业子公司的回归模型中,城市装备制造产业基础(*Relate*)并不能提高城市拥有风电设备子公司的概率。这是由于风电设备子公司相较于母公司而言,更多承担的是风电设备组装工作,可以通过企业内部的联系获得中间投入、熟练的劳动力等(邸元等, 2011),并不完全依赖城市装备制造产业基础;相反,企业为节约交通成本,更倾向于将子公司的选址放在风力资源丰富但装备

制造业基础较弱的“三北”地区,以节省交通成本。但城市装备制造产业基础(*Relate*)仍能提高城市拥有更多风电设备企业子公司的概率,风力资源丰富同时产业基础较好的地区如银川、包头等城市能够吸引更多的风电设备企业的子公司。

(3) 地方政府支持

在对风电设备企业母公司的回归模型中,地方政府支持(*Plan*)仅在第二步负二项回归中显著,说明地方政府的支持并不能吸引来风电设备企业的母公司,而只能在城市拥有风电设备企业母公司的前提下,提高城市拥有更多风电设备企业母公司的概率。这说明地方政府的产业政策并不是万能的,需要依赖城市的产业基础和资源禀赋等其他因素的共同作用(Dawley, 2014)。

在风电设备企业子公司的回归模型中,地方政府的支持(*Plan*)是城市有没有风电设备企业子公司和子公司数量多少的重要影响因素。通常而言,风

电设备企业建立子公司的目的主要是为了接近市场需求,节省交通成本,而地方政府能够通过税收优惠等政策来吸引风电设备企业的子公司(陶然等, 2009)。同时,对于拥有风力资源的地方政府而言,用风电场开发权来换取企业投资是常用的方法(曾志敏等, 2012)。因此地方政府支持对风电设备企业的子公司的区位选择有着重要的意义。

(4) 自变量作用大小比较

由于核心自变量地方政府支持(*Plan*)、陆上风力资源禀赋(*Wind*)和产业基础(*Relate*)的量纲不一致,回归系数只能反映自变量对因变量的影响程度,不能进行自变量之间的比较。为比较自变量作用的大小,对自变量进行标准化消除量纲后再进行回归,自变量标准化后的回归结果仅会改变自变量的回归系数,不会改变符号、显著性程度以及整个模型的拟合效果,如表4中的母公司和子公司零膨胀负二项回归中的Ⅱ栏。

可以看出,当地方政府支持(*Plan*)、陆上风力资源禀赋(*Wind*)和产业基础(*Relate*)同时显著的时候,无论对于风电设备企业母公司还是子公司而言,城市产业基础(*Relate*)是最重要的影响因素,标准化回归系数均要大于地方政府支持(*Plan*)和陆上风力资源禀赋(*Wind*)。这说明城市新兴产业的选择还是要依托现有的技术关联的产业基础,这与演化经济地理学的“相关多样化发展”的理论相契合(Boschma et al, 2012)。

5 结论与讨论

以风电产业为代表的新能源和新能源装备制造产业最近10年来在中国得到了飞速发展,这得益于国家政策对于风电开发的支持和对于国内风电设备制造业的支持和保护。依据2005-2012年的《中国风电装机容量统计》建立的风电设备制造业企业库发现,从2005年《关于风电建设管理有关要求的通知》提出对国产化率的要求之后,主要外资企业都在2006年进入中国;从2007年开始,国有和民营企业大规模进入该行业。而随着企业数量的增多,市场集中度逐渐降低。随着产能过剩和风电市场增速放缓,新进入企业的数量从2010年开始减少,到2012年已没有新进入企业。

在空间特征方面,中国内资风电设备企业主要由装备制造业企业投资设立,受路径依赖和分享母

公司产业基础的影响,主要位于投资方公司所在城市;而外资风电设备企业主要集中在装备制造产业基础较好的城市,如天津、沈阳、上海。风电设备企业空间扩展主要受到风力资源分布的影响,子公司分布的空间特征同中国风电装机容量的空间分布高度一致,主要集中在三北(东北、华北、西北)地区和东部沿海地区。

实证结果表明,城市装备制造业基础是风电设备企业区位选择最重要的影响因素。城市装备制造业基础越发达,城市拥有风电设备企业母公司的概率越高,拥有更多风电设备母公司和子公司的概率也会越高。风力资源仅能影响城市是否有风力发电机组生产企业母公司,受风力发达地区产业基础较薄弱的影响,风电设备企业母公司的数量更多的概率不会随着风力资源的丰富而提高,但在风力资源越发达的地区,风电设备企业子公司的数量更多的概率会越大,体现了风电设备企业市场导向的属性。地方政府的支持并不能吸引风电设备企业母公司,但能够吸引风电设备企业子公司,并且能够增加城市拥有更多风电设备企业母公司和子公司的概率。

产能过剩是中国风电设备制造业面临的最大挑战,地方政府利用风力资源绑架风电设备企业进行生产基地投资是导致产能过剩的原因之一。通过招商引资而来的企业过分依赖地方政府补贴,缺乏持续创新能力,尤其是现有企业的设备组装子公司,一旦产能过剩利润下滑,则会出现产能利用率低甚至停产等问题。因此如何通过引导创新而不是盲目的招商引资来实现地方的可持续发展成为当下中国地方政府的当务之急。

受企业数据的限制,未能对风电设备生产企业的退出及其影响因素作进一步分析,未来将对此作进一步的深入研究。

参考文献(References)

- 陈振汉, 厉以宁. 1982. 工业区位论. 北京: 人民出版社.
[Chen Z H, Li Y N. 1982. Theory of industrial location. Beijing, China: People's Publishing House.]
- 邸元, 刘晓鸥. 2011. 中国风电产业链的垂直结构研究. 中国人口·资源与环境, 21(4): 95-99. [Di Y, Liu X O. 2011. Vertical relationship between wind-power manufacturing industry and wind-farms. China Population, Resource and Environment, 21(4): 95-99.]
- 郭琪, 贺灿飞, 史进. 2014. 空间集聚、市场结构对城市创业精神的影响研究: 基于2001-2007年中国制造业的数

- 据. 中国软科学, (5): 107-117. [Guo Q, He C F, Shi J. 2014. The influence of agglomeration and market structure on urban entrepreneurship in China. *China Soft Science*, (5): 107-117.]
- 贺灿飞, 傅蓉. 2009. 外资银行在中国的区位选择. 地理学报, 64(6): 701-712. [He C F, Fu R. 2009. An empirical study on the locational choices of foreign banks in China. *Acta Geographica Sinica*, 64(6): 701-712.]
- 贺灿飞, 尹薇. 2010. 中国外资星级宾馆区位研究. 世界地理研究, 19(1): 119-129, 118. [He C F, Yin W. 2010. Location distributions and determinants of foreign star-rated hotels in China. *World Regional Studies*, 19(1): 119-129, 118.]
- 李俊峰, 等. 2013. 2013 中国风电发展报告[R/OL]. 2013-10-18[2014-06-01]. <http://www.creia.net/publish/report/169.html> [Li J F, et al. 2013. China wind power development report 2013[R/OL]. 2013-10-18[2014-06-01]. <http://www.creia.net/publish/report/169.html>]
- 李凯, 李世杰. 2004. 装备制造业集群网络结构研究与实证. 管理世界, (12): 68-76. [Li K, Li S J. 2004. Zhuangbei zhizaoye jiqun wangluo jiegou yanjiu yu shizheng. *Management World*, (12): 68-76.]
- 刘海燕, 方创琳, 蔺雪芹. 2008. 西北地区风能资源开发与大规模并网及非并网风电产业基地建设. 资源科学, 30(11): 1667-1676. [Liu H Y, Fang C L, Lin X Q. 2008. Wind energy resource exploitation and large-scale on-grid and off-grid wind power industrial base construction in Northwest China. *Resources Science*, 30(11): 1667-1676.]
- 施鹏飞. 2004. 2003 年中国风电场装机容量统计[R/OL]. 2010-08-17[2014-06-01]. <http://wenku.baidu.com/view/529ad607e87101f69e3195e5.html> [Shi P F. 2004. 2003 Wind Installation in China[R/OL]. 2010-08-17[2014-06-01]. <http://wenku.baidu.com/view/529ad607e87101f69e3195e5.html>]
- 施鹏飞. 2005. 2004 年中国风电场装机容量统计[R/OL]. 2005-12-19[2014-06-01]. <http://www.cwea.org.cn/upload/200512191634338732004%20capability.pdf> [Shi P F. 2005. 2004 Wind Installation in China[R/OL]. 2005-12-19[2014-06-01]. <http://www.cwea.org.cn/upload/200512191634338732004%20capability.pdf>]
- 施卫东, 金鑫. 2010. 集群创新对我国风电产业发展的影响: 基于风电企业面板数据的实证分析. 经济管理, 32(2): 45-51. [Shi W D, Jin X. 2010. An analysis of the effect on wind power industry of cluster innovation in China: based on the panel data of wind power enterprises. *Economic Management*, 32(2): 45-51.]
- 陶然, 陆曦, 苏福兵, 等. 2009. 地区竞争格局演变下的中国转轨: 财政激励和发展模式反思. 经济研究, (7): 21-33. [Tao R, Lu X, Su F B, et al. 2009. China's transition and development model under evolving regional competition patterns. *Economic Research Journal*, (7): 21-33.]
- 谢祥, 汝鹏, 苏竣, 等. 2012. 基于技术创新模式的我国风电装备制造创新能力分析. 科技进步与对策, 29(11): 9-13. [Xie X, Ru P, Su J, et al. 2012. Study on technological innovative capability of Chinese wind power equipment manufacturing industry based on technological innovation model. *Science & Technological Progress and Policy*, 29(11): 9-13.]
- 曾志敏, 宋雅琴. 2012. 中国风电产业大发展的新制度经济学分析. 中国人口·资源与环境, 22(5): 240-243. [Zeng Z M, Song Y Q. 2012. The neo-institutional economics analysis for the development of China's wind-power industry. *China Population, Resource and Environment*, 22(5): 240-243.]
- Arauzo- Carod J M, Liviano- Solis D, Manjón- Antolín M. 2010. Empirical studies in industrial location: an assessment of their methods and results. *Journal of Regional Science*, 50(3): 685-711
- Block F, Keller M. 2010. State of Innovation: the US government's role in technology development. Boulder, CO: Paradigm Publishers.
- Boschma R, Frenken K, Bathelt H, et al. 2012. Technological relatedness and regional branching//Bathelt H, Feldman M P, Kogler D F. Beyond territory: dynamic geographies of knowledge creation, diffusion and innovation. London, UK: Routledge: 64-81.
- Boschma R, Wenting R. 2007. The spatial evolution of the British automobile industry: does location matter? *Industrial and Corporate Change*, 16(2): 213-238.
- Dawley S. 2014. Creating new paths: offshore wind, policy activism, and peripheral region development. *Economic Geography*, 90(1): 91-112.
- Feldman M P, Francis J L. 2004. Homegrown solutions: fostering cluster formation. *Economic Development Quarterly*, 18(2): 127-137.
- Fujita M, Krugman P, Venables A J. 1999. The spatial economy: cities, regions, and international trade. Boston, MA: The MIT Press.
- Klepper S. 2002. The capabilities of new firms and the evolution of the US automobile industry. *Industrial and Corporate Change*, 11(4): 645-666.
- Malerba F. 2007. Innovation and the dynamics and evolution of industries: progress and challenges. *International Journal of Industrial Organization*, 25(4): 675-699.
- Mcfadden D. 1974. Conditional logit analysis of qualitative choice behavior//Zarembka P. *Frontiers in econometrics*. New York, NY: Academic Press: 105-142.

- Neffke F, Hartog M, Boschma R, et al. 2014. Agents of structural change. The role of firms and entrepreneurs in regional diversification[R/OL]. 2014- 04- 18[2014- 06- 01]. <http://ideas.repec.org/p/egu/wpaper/1410.html>
- Neffke F, Henning M, Boschma R. 2011. How do regions diversify over time: industry relatedness and the development of new growth paths in regions. *Economic Geography*, 87(3): 237-265.
- Russo M V. 2003. The emergence of sustainable industries: building on natural capital. *Strategic Management Journal*, 24(4): 317-331.
- Stam E. 2007. Why butterflies don't leave: locational behavior of entrepreneurial firms. *Economic Geography*, 83(1): 27-50.
- Theyel G. 2012. Spatial processes of industry emergence: US wind turbine manufacturing industry. *European Planning Studies*, 20(5): 857-870.
- Thun E. 2004. Keeping up with the Jones': decentralization, policy imitation, and industrial development in China. *World Development*, 32(8): 1289-1308.

Development and spatial pattern of wind equipment manufacture industry in China

LI Deyu¹, ZOU Peisi^{1,2}, HE Canfei^{1,2}

(1. College of Urban and Environmental Sciences, Peking University, Beijing 100871, China;

2. Peking University-Lincoln Institute Center for Urban Development and Land Policy, Beijing 100871, China)

Abstract: The development of emerging industries in a region is one of the focuses of economic geography research. Particularly, research on the development and spatial distribution of renewable energy industries under the background of global climate change and energy crisis is of great importance in China. This paper examines the spatial distribution of wind turbine manufacturing enterprises and influencing factors. Wind power and wind power equipment manufacturing industry in China developed very rapidly and the country became the largest wind power market during the past 10 years, primarily due to the policy support of the central and local governments. This research built a database of enterprises based on the statistics of China's installed wind power capacity from 2005 to 2012. The paper analyzes the spatial distribution of the wind turbine manufacturing enterprises and subsidiary companies at the prefecture level. The results show that most of the domestic wind turbine manufacturing enterprises were founded by equipment manufacturing enterprises and are located in the same city as their parents firms, while foreign firms are often located in cities with strong equipment manufacturing industrial base. The subsidiary companies of wind turbine manufacturing enterprises are located in the northwest, North China, and northeast as well as the east coastal areas with rich wind resources. The econometric result of zero inflated negative binomial regression model shows that policy, industrial base, and wind resource endowment had different impacts on the location choice of the wind equipment manufacturing enterprises and their subsidiaries. Wind resource endowment and local government support have significant impacts on the location choice of subsidiary companies of wind turbine manufacturing enterprises, while industrial base mainly affects the location choice of the wind equipment manufacturing parent firms. All three factors considered together, industrial base has the most important impact on location choice. The results of this research provides important information for wind equipment manufacturing enterprises to choose new locations and for local governments to develop strategic industrial development policies.

Key words: wind equipment industry; spatial pattern; industrial base; resource endowment; local government support