

# 基于生态位理论的区域可再生能源发电项目 竞争格局研究——以蒙西地区为例

苑曙光<sup>1,2</sup>, 赵小溪<sup>1</sup>, 郝晓燕<sup>1,2</sup>, 高松<sup>3</sup>, 李晗<sup>4</sup>

(1. 内蒙古工业大学 经济管理学院, 内蒙古 呼和浩特 010051; 2. 内蒙古能源战略研究中心, 内蒙古 呼和浩特 010051; 3. 呼和浩特供电分公司 客户服务中心, 内蒙古 呼和浩特 010051; 4. 内蒙古电力集团有限责任公司 调度中心, 内蒙古 呼和浩特 010020)

**摘要:** 优化可再生能源发电项目规划布局,对推动区域可再生能源产业高质量发展具有重要意义。为了科学测量区域各类可再生能源发电项目的竞争力水平,文章基于生态位理论构建了区域可再生能源发电项目生态位宽度、强度以及重叠度模型,并以蒙西地区为例,结合2022年可再生能源发电项目运行数据,对盟市风电以及太阳能发电项目生态位进行测度分析。结果表明:蒙西地区可再生能源发电项目生态位“结构”与“规模”宽度不匹配,须要持续优化乌兰察布和巴彦淖尔等地区可再生能源装机结构和规模;“呼包鄂乌”地区可再生能源生态位强度较低,未来应考虑重点发展分布式可再生能源发电项目;乌海与蒙西其他盟市的生态位重叠度较低,表明乌海地区拥有较强的可再生能源开发潜力。研究结果可为区域可再生能源规划提供理论支撑,同时也能为能源投资企业的项目开发提供决策依据。

**关键词:** 可再生能源发电; 竞争力; 生态位; 项目规划

**中图分类号:** TK81; TK51 **文献标志码:** A **文章编号:** 1671-5292(2025)01-0099-08

## 0 引言

近年来,中国可再生能源产业发展迅猛,虽然我国可再生能源发电产业整体形成较大规模,但在局部地区,由于可再生能源发电装机增速过快,可再生能源消纳<sup>[1]</sup>、电网安全<sup>[2]</sup>以及结构性缺电<sup>[3]</sup>等问题也逐渐显露出来。因此,面向可再生能源装机比例较高的地区,建立一套合理的可再生能源项目竞争能力评价方法,能够深入挖掘消纳潜力区域,对于优化区域可再生能源产业发展布局,推进新型能源体系建设具有重要意义。

随着我国可再生能源装机比重不断提升,关于新型电力系统中可再生能源项目规划的研究较多。文献[4]以系统总成本最低为模型优化目标,以可再生能源发电各环节的投入为约束,构建新型电力系统规划模型,并提出可再生能源发电项目的布局建议。在考虑“源网荷储”协同优化基础上,文献[5]建立了新型电力系统发电规划模型,研究不同的可再生能源发电渗透率对新型电力系

统运行的影响。文献[6,7]构建了多能源共同协调的优化模型,以总成本和排放为目标进行整体优化布局。文献[8]认为在电力市场建设中,合理的省际可再生能源规划可以有效促进可再生能源消纳,保障电力系统的安全稳定运行。从能源供应链视角来看,造成可再生能源消纳问题的主要原因可以归结为可再生能源供应和需求在时间和空间上的不协调。关于可再生能源和需求地匹配问题,目前已有较多研究。以分布式可再生能源发电项目为例,文献[9]认为其选址须要考虑分布式电源的资源侧和需求侧,实现资源需求协调匹配。文献[10]认为可再生能源发电项目对于资源以及需求要素的适应水平决定了分布式可再生能源的利用效率,补全项目建设对资源供给和需求响应短板能够更好地推动可再生能源发电项目建设。同时,由于不同区域资源与需求具有差异性,文献[11,12]分别通过构建区域风电消纳能力评价指标和风电消纳风险计量模型,结合莫兰指数对风

收稿日期: 2023-11-22。

基金项目: 内蒙古自治区哲学社会科学规划项目(2023ZZB075); 内蒙古教育厅“加强我国北方重要生态安全屏障建设”研究专项课题(STAQZX202304); 内蒙古自治区研究生科研创新项目(KC2024039S); 内蒙古工业大学科研基金项目(ZZ202110)。

作者简介: 苑曙光(1987-),男,蒙古族,博士,讲师,研究方向为能源经济、能源项目管理。E-mail: 364908976@qq.com

通信作者: 郝晓燕(1973-),女,博士,教授,研究方向为区域经济增长、能源经济及评价。E-mail: haoxiaoyanyan@163.com

电场消纳风险值进行分析进而寻找风电最具消纳潜力区域,为风电项目规划布局提供思路。当前学术界基于生态位理论来研究产业规划布局问题已经趋于成熟。文献[13,14]从“可再生能源+”的研究角度出发,在构建光伏农业的生态位模型并结合评价指标体系构建的基础上,研究了产业发展的情况,为我国形成新的光伏农业循环经济生态圈,完善光伏农业规划布局提供重要的理论指导。同时,生态位理论能够从生态系统的宏观角度平衡资源与需求的问题,面对土地资源紧缺与供需之间的矛盾,文献[15]通过构建生态位模型并对土地利用生态位进行分析,能够对土地利用实现合理规划,进而推进土地资源可持续发展。

可再生能源发电项目竞争格局研究不仅要关注某一可再生能源发电项目的竞争能力,还须关注区域间可再生能源发电项目的整体布局。对于单一可再生能源发电项目而言,评价其竞争力的维度较为宽泛,主要体现在财务的盈利能力和生存能力上。而对于某地区的发电项目而言,由于发电项目类型众多,每类项目拥有多个个体,且由于不同类型电源在系统中的功能和价值定位存在差异,难以利用传统竞争力评价方法对可再生能源项目集群进行评价。在生态学视阈下,各个类型的电源项目集群在区域内构成了发电项目生态系统,不同类型的发电项目间争夺资源的行为可以看作是不同种群之间的竞争。而生态位可以表征某一地区内各类种群之间的竞合关系,某类可再生能源发电项目竞争力越强,则这类项目在该地区更具有发展潜力。故基于生态位理论研究可再生能源发电项目集群具有一定的可行性。

从现有研究来看,相关学者对于可再生能源发电项目规划的研究多基于传统优化理论,以成本、安全等作为优化目标,其规划过程多依赖场景模拟,鲜有研究在规划中考虑区域各类可再生能源发电项目的竞争能力。尽管有文献探索了可再生能源消纳热点区域,但该类文献不能从可再生能源种群结构、竞争强度、适应能力等方面对区域可再生能源竞争格局进行分析,难以有效指导区域可再生能源项目布局。本文在可再生能源发电项目竞争格局的现有研究基础上,首次引入生态学中的生态位模型,从项目集群的视角对可再生能源发电项目生态位进行测度,结合项目所在区

域可再生能源生态系统的特征,对项目种群之间的存在与竞合关系进行解释分析,并对区域可再生能源发电项目规划布局提出改善建议。

### 1 区域可再生能源发电项目生态位模型

生态位理论主要研究物种或生物群落对环境适应性以及对生态系统影响等问题<sup>[16]</sup>。物种与可再生能源发电项目两者具有一定相似性,区域电网可以看作作为一个生物群落,而在这一电网内不同区域的可再生能源发电项目可视为一类种群。在同一电网内每个区域的可再生能源发电项目只能占据资源空间的一部分,其所占据的部分即为可再生能源发电项目生态位。本文所述的可再生能源发电项目生态位是指在能源生态系统中,各区域可再生能源发电项目在系统中的适应力和竞争力以及与系统内其他区域之间的作用关系。因此,可通过优化可再生能源发电项目生态位来提升区域可再生能源发电项目竞争格局。本文结合生态位理论构建了区域可再生能源发电生态位宽度、强度以及重叠度模型。

#### 1.1 可再生能源发电项目生态位宽度

生态位宽度的概念最早由文献[17]提出,表示被一个物种所利用的各种不同资源的总和。若将每一类可再生能源发电项目视为一类物种,可再生能源发电项目生态位宽度则表示区域内+各类可再生能源发电项目对各类可再生能源资源的利用程度。可再生能源发电装机规模体现的是项目利用可再生能源资源的最大能力。因此,可基于各地区的可再生能源发电装机规模构建可再生能源发电项目生态位宽度模型。为了说明可再生能源发电项目对可再生能源资源的利用度,本文参考 Shannon-Wiener 指数<sup>[18]</sup>,以“结构”以及“规模”两个维度为基础对可再生能源发电项目生态位宽度进行评价。其中,生态位“结构”宽度表示可再生能源发电项目的装机结构情况,生态位“规模”宽度表示可再生能源发电项目的装机规模情况。构建可再生能源发电项目生态位宽度模型为

$$B_i = NW_{1i} + NW_{2i} \quad (1)$$

$$NW_{1i} = - \sum_{j=1}^n p_{ij} \lg p_{ij} \quad (2)$$

$$NW_{2i} = - \sum_{j=1}^n K_{ij} \lg K_{ij} \quad (3)$$

式中: $B_i$ 为可再生能源发电项目生态位宽度; $NW_{1i}$

和  $NW_{2j}$  分别为生态位“结构”宽度以及生态位“规模”宽度;  $p_{ij}$  为  $i$  地区  $j$  类可再生能源装机容量,  $p_i$  为  $i$  地区发电装机总容量,  $k_{ij}$  为  $i$  地区  $j$  类可再生能源发电场数,  $k_i$  为  $i$  地区发电场总数。  $P_{ij}=p_{ij}/p_i$  ( $i=1,2,\dots,8;j=1,2$ ) 代表  $i$  地区  $j$  类可再生能源装机容量占发电装机总容量的比重;  $K_{ij}=k_{ij}/k_i$  ( $i=1,2,\dots,8;j=1,2$ ) 代表  $i$  地区  $j$  类可再生能源发电场数占区域发电场总数的比重。

$B_i$  越大,表明该地区各类可再生能源发电项目对可再生能源资源以及市场资源的需求越高,项目的泛化程度越高;  $B_i$  越小,项目特化程度就越高,与其他项目的生态位重叠的可能性就越小,在竞争中处于劣势。

### 1.2 可再生能源发电项目生态位强度

在生态学中,生态位强度<sup>[9]</sup>是指在同一生态系统中,不同种群对于环境的适应能力以及竞争力。生态位强度越高,种群在生态环境中的生存能力越强。对于可再生能源发电项目,生态位强度指同一能源生态系统中各区域可再生能源发电项目对于环境的适应力和竞争力。而其竞争能力和对环境的适应能力主要体现在其设备的利用水平与其他类型电源的比较上。本文将区域可再生能源平均利用小时数和发电设备平均利用小时数结合,根据不同地区风电和光伏设备的生态位强度值比较不同地区的竞争力和环境适应力。构建的可再生能源发电项目生态位强度模型为

$$Q_i = \sum_{j=1}^n Q_{ij} = \sum_{j=1}^n \frac{q_{ij}}{q_i} \quad (4)$$

式中:  $Q_i$  为  $i$  地区可再生能源发电项目生态位强度;  $q_{ij}$  为  $i$  地区  $j$  类可再生能源平均利用小时数,  $q_i$  为  $i$  地区发电设备平均利用小时数,  $Q_{ij}=q_{ij}/q_i$  ( $i=1,2,\dots,8;j=1,2$ ), 其值为  $i$  地区  $j$  类可再生能源平均利用小时数占区域发电设备平均利用小时数的比重。  $Q_i$  越大,代表该地区可再生能源发电项目竞争力以及对环境的适应能力越强,反之越弱。

### 1.3 可再生能源发电项目生态位重叠度

生态位重叠度是度量同一生态环境中两个或以上生态位相似的种群对同一资源竞争程度的指标。当两个种群需要同一种资源时,就会发生生态位重叠。由于电力系统中具有明显的区域资源竞争性特征,为了测度区域内不同地区的可再生能

源发电项目对资源的竞争程度,构建区域可再生能源发电项目生态位重叠度模型。可再生能源发电项目生态位重叠度指的是同一区域内任意两个地区的可再生能源发电项目对同一资源的竞争程度。通常情况下,在某区域内,某两个地区可再生能源发电项目对市场资源的竞争较为激烈,可再生能源发电项目生态位存在明显重叠。基于 Pianka<sup>[20]</sup>指数模型的生态位重叠度计算式为

$$A_{mn} = \frac{\sum_{j=1}^r P_{mj} P_{nj}}{\sqrt{(\sum_{j=1}^r P_{mj}^2)(\sum_{j=1}^r P_{nj}^2)}} \quad (5)$$

式中:  $P_{mj}$  和  $P_{nj}$  ( $j=1,2$ ) 分别为在某区域内  $m$  地区和  $n$  地区可再生能源发电项目生态位强度值;  $A_{mn}$  为  $m, n$  两地区间可再生能源发电项目生态位重叠度。  $A_{mn}$  取值为 0~1, 重叠度越高,代表两地区对同一资源的竞争程度越强,同时为某一地区所独有的资源空间就越小;当  $A_{mn}=0$  时,表示两地区项目生态位完全分离,当  $A_{mn}=1$  时,两地区项目生态位完全重叠。

## 2 蒙西可再生能源发电项目生态位测度实证分析

### 2.1 蒙西可再生能源发电项目发展情况

2022 年,内蒙古可再生能源发电装机容量为 6 041.58 万 kW,其中,蒙西地区(包括内蒙古呼和浩特市、鄂尔多斯市、包头市、巴彦淖尔市、乌兰察布市、乌海市、阿拉善盟以及锡林郭勒盟 8 个盟市)可再生能源发电设备装机容量 4 192.27 万 kW。由于蒙西电网可再生能源装机比重较高,各盟市可再生能源发电项目“种群”较大,适宜计算生态位强度和宽度;且由于蒙西电网与其他省级电网相对独立,因此,选取蒙西地区作为案例计算各盟市的可再生能源生态位重叠度,结果具有较高的可信度,故本文以蒙西地区为例展开研究。

#### 2.1.1 发电场分布情况

2022 年蒙西地区共有 679 个可再生能源场站,其中,风电场 237 个,主要集中在乌兰察布市、巴彦淖尔市、包头市以及锡林郭勒盟;太阳能发电站 239 个,主要集中在鄂尔多斯市、包头市、乌兰察布市以及巴彦淖尔市等区域。

#### 2.1.2 蒙西地区可再生能源装机容量

2022 年蒙西地区可再生能源发电总装机容量为 7 913.43 万 kW,其中风电总装机容量为 2 164.53 万 kW;占总装机容量的 27.35%;太阳能

发电总装机容量为 1 140.44 万 kW, 占总装机容量的 14.41%。

蒙西各地区装机规模如图 1 所示。

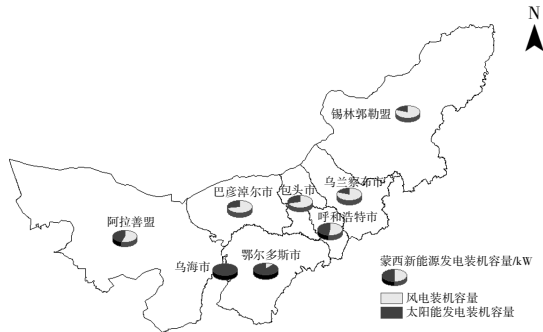


图 1 2022 年蒙西地区可再生能源发电装机情况  
Fig.1 Installed capacity of new energy power generation in Western Inner Mongolia in 2022

由图 1 可以看出, 蒙西地区各盟市间风电装机容量差异较大。其中乌兰察布市风电装机容量最高, 达到了 602.45 万 kW, 其次是包头市、巴彦淖尔市以及锡林郭勒盟, 而乌海市并无风电项目, 该市风电装机容量为 0。对于太阳能发电来说, 鄂尔多斯市装机容量为 293.50 万 kW, 为其他盟市的两倍左右。除鄂尔多斯市外, 各地发电装机容量差异不大。阿拉善盟以及乌海市发电装机容量最低, 分别为 83.56 万 kW 和 53.54 万 kW。

2.1.3 蒙西可再生能源发电平均利用小时数

2022 年蒙西地区发电设备平均利用小时数为 4 014 h, 其中风电设备平均利用小时数为 2 515 h, 太阳能发电设备平均利用小时数为 1 616 h, 蒙西地区各盟市可再生能源发电利用小时数柱状图结果如图 2 所示。

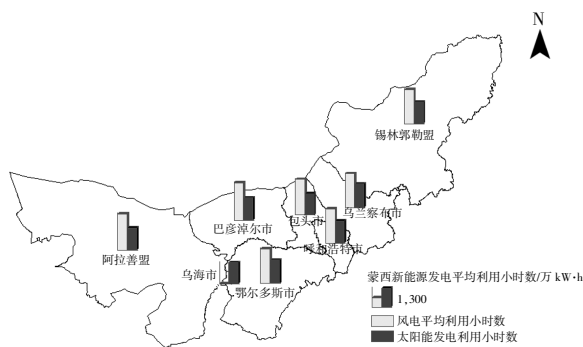


图 2 2022 年蒙西地区可再生能源发电设备平均利用小时情况

Fig.2 Average utilization hours of new energy power generation in Western Inner Mongolia in 2022

由图 2 可知: 各盟市太阳能发电平均利用小

时数均差别不大, 平均为 1 598.09 h; 巴彦淖尔市、阿拉善盟以及包头市的风电平均利用小时数相对较高, 分别为 2 694.02, 2 609.52, 2 539.36 h。通过与图 1 进行比较发现, 可再生能源装机容量高的地区, 其可再生能源发电平均利用小时数越低, 说明蒙西地区可再生能源消纳与发电项目密集度存在较强关联。

2.2 可再生能源发电项目生态位宽度测度

结合蒙西地区可再生能源发电装机容量数据, 利用式(1)~(3)计算得出 2022 年蒙西各盟市可再生能源发电项目宽度值, 结果如表 1 所示。

表 1 2022 年蒙西可再生能源发电项目生态位宽度值情况  
Table 1 Niche width values of new energy power generation projects in Western Inner Mongolia in 2022

盟市	生态位“结构”宽度( $NW_{li}$ )	生态位“规模”宽度( $NW_{2i}$ )	生态位宽度总值( $B_i$ )
乌海市	0.101 4	0.037 8	0.139 2
鄂尔多斯市	0.179 8	0.128 9	0.308 8
锡林郭勒盟	0.143 1	0.182 3	0.325 5
呼和浩特市	0.226 8	0.115 7	0.342 6
阿拉善盟	0.304 0	0.100 1	0.404 1
包头市	0.257 0	0.181 6	0.438 7
乌兰察布市	0.266 0	0.197 2	0.463 2
巴彦淖尔市	0.285 5	0.178 7	0.464 2

由表 1 可以看出, 2022 年各盟市  $B_i$  值均集中在 0.139 2~0.464 2,  $B_i$  平均值较低。其中可再生能源发电项目  $B_i$  较高的几个盟市分别为巴彦淖尔市、乌兰察布市、包头市以及阿拉善盟,  $B_i$  值为 0.4 以上; 乌海市的  $B_i$  值最小, 为 0.139 2, 不足巴彦淖尔市的 30%。

对于生态位“结构”维度来说, 阿拉善盟在充分利用风、光、油、气、土地等资源优势的基础上, 以沙漠戈壁荒漠为重点, 推进大型风电、光伏发电基地建设, 其所占据的可再生能源发电项目资源空间较大, 用于可再生能源发电项目发展的资源种类较为丰富, 故其生态位“结构”宽度值最大, 在各盟市中的可再生能源发电项目竞争力较强。而乌海市“结构”宽度值最低, 说明乌海市占据的资源空间较小, 乌海市风电资源少, 可再生能源发电项目可利用的资源较为单一, 可再生能源建设所需的土地资源紧缺, 在资源竞争以及项目发展中处于劣势, 其装机结构有待优化。巴彦淖尔市、乌兰察布市以及锡林郭勒盟可再生能源发电场数量较

多,生态位“规模”维度较高。而乌海市仅有太阳能发电场,且数量较少,故生态位“规模”维度较低。

从总体布局来说,蒙西地区风光资源较为丰富,生态位宽度总体呈现“中间高,四周低”的态势,如图3所示。

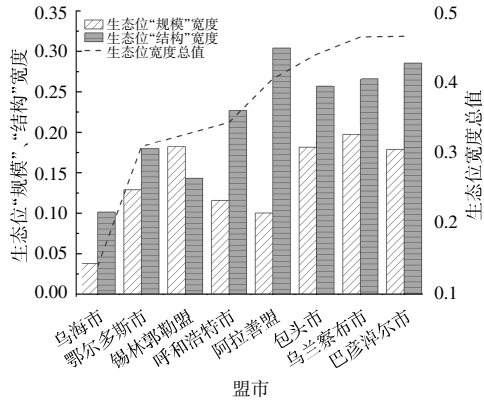


图3 2022年蒙西可再生能源发电项目生态位宽度值  
Fig.3 Niche width value of Western Inner Mongolia new energy power generation project in 2022

蒙西地区各盟市可再生能源发电项目生态位“规模”宽度以及“结构”宽度呈对称态势,且各盟市间差异较大,表明各盟市装机规模与装机结构布局不合理,虽然大多数盟市生态位宽度可利用资源量较为丰富,但各盟市对资源的利用程度普遍不高,蒙西地区可再生能源发电项目仍有较大的发展潜力。因此,在大规模开发可再生能源的背景下,对于区域整体资源分布不均,项目发展不平衡问题,应结合地区电力供需状况、系统调节能力等因素,合理规划调整风电和太阳能发电装机比例,在提升资源利用效率的基础上促进区域可再生能源发电项目发展。

### 2.3 可再生能源发电项目生态位强度测度

结合式(4)以及蒙西可再生能源发电设备利用小时数,可以计算得出2022年蒙西各盟市可再生能源发电项目强度值情况,分别如表2和图4所示。

表2 2022年蒙西可再生能源发电项目生态位强度值情况

Table 2 Niche intensity values of new energy power generation projects in Western Inner Mongolia in 2022

盟市	强度总值	排序	风电项目强度	排序	太阳能发电项目强度	排序
呼和浩特市	1.003 7	5	0.610 1	5	0.393 6	5
包头市	0.875 4	7	0.546 4	7	0.328 9	7
鄂尔多斯市	0.926 7	6	0.552 6	6	0.374 1	6
乌兰察布市	1.292 0	3	0.761 1	3	0.530 9	2
巴彦淖尔市	1.382 5	2	0.862 0	2	0.520 5	3
乌海市	0.310 5	8	0.000 0	8	0.310 5	8
锡林郭勒盟	1.522 0	1	0.929 9	1	0.592 1	1
阿拉善盟	1.139 1	4	0.708 7	4	0.430 4	4

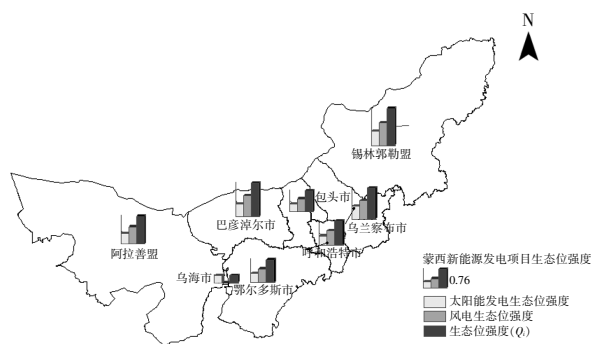


图4 2022年蒙西可再生能源发电项目生态位强度值  
Fig.4 Niche intensity values of Western Inner Mongolia new energy power generation projects in 2022

由表2可知,各盟市可再生能源发电项目生态位强度总值在0.3105~1.5220。由图4可知,锡林郭勒盟强度总值最高,为1.5220,其次是巴彦淖尔市以及乌兰察布市等地区,乌海市生态位强

度总值为0.3105,在各盟市中生态位强度值最小,不足锡林郭勒盟生态位强度总值的40%。分别从风电及太阳能发电项目来看,锡林郭勒盟、巴彦淖尔市、乌兰察布市以及阿拉善盟生态位强度值均高于其他地区。从局部来看,锡林郭勒盟拥有得天独厚的可再生能源资源禀赋、生态环境和区位优势,该盟生态位强度值最大,随着千万kW级可再生能源基地全面建成,锡林郭勒盟可再生能源发电项目的适应力以及竞争力不断增强。同时,全盟坚持绿色发展与项目协同发展并重,其风电及太阳能发电项目的生态位强度也居于首位。而乌海市能源结构单一,能源消费仍以煤炭为主,风电以及太阳能发电项目生态位强度值均落后于其他盟市,说明乌海市可再生能源发电项目发展孱弱,项目竞争力不强。从整体布局来看,蒙西地区可再

生能源发电项目生态位强度呈现“北高南低,东高西低”的态势。蒙西各盟市光电项目生态位强度明显低于风电项目生态位强度,表明风电相较于太阳能发电项目更具竞争力,蒙西太阳能发电项目仍具有较大的发展空间;其次,蒙西可再生能源发电项目生态位强度均值较高,表明各盟市可再生能源发电项目对环境的适应能力以及项目竞争力较强。

对于消纳能力不强的地区,应加强可再生能源项目布局 and 规划,推动虚拟电网发展,完善可再生能源消纳网络;同时,“风光互补”发电系统的合理应用能够通过风能以及太阳能资源的互补,实现“以风促光”,挖掘太阳能发电项目运行潜力,实现区域风光发电项目齐头并进。

#### 2.4 可再生能源发电项目生态位重叠度测度

根据式(5)并结合生态位强度值计算得出2022年蒙西可再生能源发电项目生态位重叠度值。利用Matlab软件并结合生态位重叠度数据绘制2022年蒙西可再生能源发电项目生态位重叠度矩阵,如图5所示。

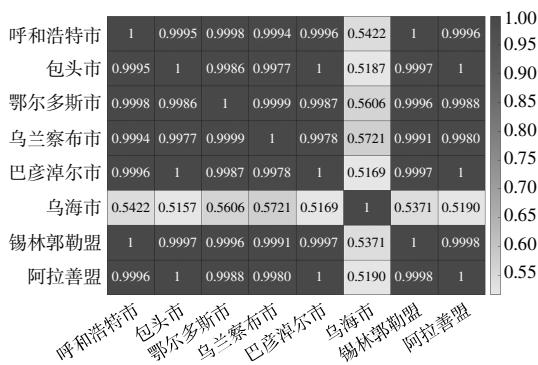


图5 可再生能源发电项目生态位重叠度矩阵

Fig.5 Niche overlap matrix of new energy power generation projects

蒙西地区各盟市可再生能源发电项目生态位重叠度绝大部分在0.9~1.0,占总体的78.13%。而乌海市与其余七个盟市的生态位重叠度均在0.5~0.6,项目生态位重叠度相对较低。除乌海外的其余盟市之间的项目生态位重叠度值接近于1,生态位接近完全重叠,说明蒙西地区各盟市之间可再生能源发电项目竞争激烈,可再生能源发电项目资源重叠度较高。

由于乌海并无风力发电项目,加上乌海市可再生能源发电项目生态位宽度值较低,项目特化

程度高,而项目的特化则代表与其他地区项目生态位重叠较小,故乌海市与蒙西地区其他盟市的生态位重叠度较低,说明乌海市与蒙西其他盟市可再生能源发电项目的竞争程度小,间接体现了乌海市可再生能源发电项目发展态势不良。解决部分地区可再生能源发电项目发展竞争力不足问题,应着重提高区域内优势盟市的外送能力,优化电力系统调度运行机制,同时加强电网建设,推动乌海市与其周边地区可再生能源发电项目协同发展。

传统的电力系统规划模型将成本最优作为目标,探寻能源系统协调优化思路<sup>[21,22]</sup>,并未考虑整体中各项目的竞合情况。从上述结果可以看出,生态位模型能够从发电生态系统这一全新的视角切入,根据不同可再生能源发电项目的生态位宽度、强度以及重叠度情况探讨该生态系统内部各个可再生能源发电项目种群之间的竞合关系,能够从宏观上把握区域可再生能源发电项目的发展格局。与传统规划模型相比,本文结果更具备实际意义和指导作用。

### 3 结论

本文基于2022年蒙西地区风电以及太阳能发电运行数据,对内蒙古自治区蒙西区域发电装机容量以及平均利用小时数进行统计分析。并结合生态位理论,对蒙西各盟市可再生能源发电项目生态位宽度、强度以及重叠度进行测算,分析可再生能源发电项目竞争格局情况,最后结合各盟市发展情况进行分析应用。研究发现,由于蒙西地区可再生能源资源分布不均,各盟市发电项目生态位宽度差别较大,宽度值呈现“结构”与“规模”不匹配的态势,调整可再生能源发电装机比例可以改善对资源利用程度不充分地区的项目发展水平;其次,锡林郭勒盟、巴彦淖尔市、乌兰察布市可再生能源发电项目综合竞争力较强,但仍存在太阳能发电项目竞争力落后于风电项目的现实问题,对于风电和太阳能发电不平衡的地区,实行“风光互补”的发电系统有助于推进可再生能源项目均衡发展。最后,蒙西各盟市之间可再生能源发电项目生态位接近完全重叠,在加强可再生能源外送能力,优化新型电力系统运行机制的基础上,带动如乌海市等可再生能源项目发展滞后的盟市。整体来看,蒙西地区一些盟市可再生能源发电

项目的发展力度与项目发展需求不匹配,与我国实现“双碳”目标的要求不匹配,项目竞争格局有待优化。

本文以蒙西地区可再生能源发电项目为例,构建了可再生能源发电项目生态位模型,该模型能够从空间集群的角度方便高效地识别各区域项目间的竞合关系及竞争格局;同时,将生态学的理论与区域可再生能源发电项目发展结合起来进行研究,丰富了相关理论体系;此外,研究内容为提高区域能源转型效率以及可再生能源发电项目竞争力提供了理论依据,同时对区域可再生能源发电项目的科学规划及合理开发的指导布局具有一定参考价值。

#### 参考文献:

- [1] 孙碣,康赫然,韩永强,等.考虑可再生能源消纳的区域多能源系统网格化储能协调优化模型[J].可再生能源,2020,38(11):1551-1556.
- [2] 张振宇,王文倬,马晓伟,等.基于风险控制的可再生能源纳入电力系统备用方法[J].电网技术,2020,44(9):3375-3382.
- [3] 杜维柱,白恺,李海波,等.兼顾保供电/消纳的源荷储灵活性资源优化规划[J].电力建设,2023,44(9):13-23.
- [4] 任大伟,肖晋宇,侯金鸣,等.双碳目标下我国新型电力系统的构建与演变研究[J].电网技术,2022,46(10):3831-3839.
- [5] 魏旭,刘东,高飞,等.双碳目标下考虑源网荷储协同优化运行的新型电力系统发电规划[J].电网技术,2023,47(9):3648-3661.
- [6] 周斌,胡济洲,郑云飞,等.基于湖北省资源禀赋的分布式风光和水电协同策略[J].可再生能源,2023,41(3):394-400.
- [7] 金红洋,申永山,滕云,等.考虑碳减排的多能源系统网格化优化调度方法[J].可再生能源,2023,41(2):261-267.
- [8] Zhang M, Zhang X, Chen S, et al. Overview and prospect of new power system research in China [A]. 2022 Asia Power and Electrical Technology Conference (APET) [C]. Shanghai: IEEE, 2022.293-297.
- [9] 赵振宇,张焱,余泳杰.基于资源-需求匹配的分布式可再生能源发电项目选址研究[J].运筹与管理,2023,32(2):124-131.
- [10] 赵振宇,张焱,樊伟光.基于“资源-项目-需求”链的分布式可再生能源项目适应度研究[J].系统科学与数学,2021,41(8):2217-2233.
- [11] 赵振宇,苑曙光,胡明辉.基于空间聚类统计模型的风电消纳潜力区域分析[J].电网技术,2019,43(10):3641-3647.
- [12] 赵振宇,苑曙光.基于空间统计模型的区域风电消纳风险聚类分析[J].可再生能源,2020,38(2):225-232.
- [13] Chen Jian, Wang Lingjun, Li Yuanyuan. Research on niche evaluation of photovoltaic agriculture in China[J]. International Journal of Environmental Research And Public Health, 2022, 19(22):1-24.
- [14] Wang L, Wang Y, Chen J. Assessment of the ecological niche of photovoltaic agriculture in China [J]. Sustainability, 2019, 11(8):2268-2284.
- [15] Jing Z, Wang J, Tang Q, et al. Evolution of land use in coal-based cities based on the ecological niche theory: A case study in Shuozhou City China [J]. Resources Policy, 2021, 74:1-14.
- [16] 汲国强,吴姗姗,谭显东,等.2021年我国电力供需形势分析及展望[J].发电技术,2021,42(5):568-575.
- [17] Levins Richard. Evolution in Changing Environments: Some Theoretical Explorations [M]. Princeton: Princeton University Press, 1968.
- [18] 史洁,刘晓飞.新能源功率预测算法优化研究[J].发电技术,2019,40(1):78-82.
- [19] 江露薇,刘国新,王静.我国装备制造业的地区差距与项目布局的空间关联性——基于生态位理论的分析[J].科研管理,2020,41(9):132-141.
- [20] 杨凯,陈中,邓旭晖,等.考虑任务迁移的配电网边缘计算节点部署方法[J].电力工程技术,2023,42(2):119-129,160.
- [21] 潘忠志,孔宁,王燕涛.改进新能源消纳的配电网资源优化配置研究[J].东北电力大学学报,2023,43(6):71-78.
- [22] 葛贤军,袁晓冬,田浩,等.集成可再生能源发电的配电网无功优化模型[J].电测与仪表,2023,60(5):109-115.

# Research on the competition pattern of regional new energy power generation projects based on ecological niche theory ——Take the western region of Inner Mongolia as an example

Yuan Shuguang<sup>1,2</sup>, Zhao Xiaoxi<sup>1</sup>, Hao Xiaoyan<sup>1,2</sup>, Gao Song<sup>3</sup>, Li Han<sup>4</sup>

(1.School of Economics and Management, Inner Mongolia University of Technology, Hohhot 010051, China; 2.Inner Mongolia Energy Strategy Research Center, Hohhot 010051, China; 3.Customer Service Center of Hohhot Power Supply Branch, Hohhot 010051, China; 4.Dispatching Center of Inner Mongolia Electric Power Group Co., Ltd., Hohhot 010020, China)

**Abstract:** It is of great significance to optimize the planning and layout of new energy power generation projects on the basis of fully comparing the competitiveness of various new energy power generation projects to promote the high-quality development of the regional new energy industry. In order to scientifically measure the competitiveness of various new energy power generation projects in the region and analyze the competition pattern of regional new energy power generation projects, this paper constructs a model of niche width, intensity and overlap of regional new energy power generation projects based on the niche theory, and takes the western region of Inner Mongolia as an example, combined with the operation data of new energy power generation projects in 2022, to measure and analyze the ecological niche of wind power and solar power generation projects in each league city. The results show that there is a mismatch between the niche "structure" and the "scale" width of new energy power generation projects in the western region of Inner Mongolia, and it is necessary to continuously optimize the structure and scale of new energy installed capacity in Ulanqab and Bayannur City. The intensity of new energy niche in the "Hohhot-Baotou-Ordos-Wuha" area is low, and the development of distributed new energy power generation projects should be considered in the future. The ecological niche overlap between Wuhai and other cities in the western region of Inner Mongolia is low, indicating that Wuhai area has strong potential for new energy development. The research results can provide theoretical support for regional new energy planning, and also provide a decision-making basis for the project development of energy investment enterprises.

**Keywords:** renewable-energy generation; competitiveness; ecological niche; projects planning