

居民视角下辽宁省可再生能源 发展建议及影响因素研究

刘珊, 孙文, 李彦龙, 李润东

(沈阳航空航天大学, 辽宁 沈阳 110134)

摘要: 大力发展可再生能源有助于实现“双碳”战略目标。在影响可再生能源发展的诸多因素中,居民看法的影响程度有待进一步研究。文章以辽宁省居民对可再生能源认知、态度、行为以及政策意见为研究内容,依据人口数、可用耕地面积以及通过 U-Net 模型识别计算的可用屋顶面积,结合内曼分布设计各市所需问卷数,在线上线下同时展开调查。在所得的 1 332 份问卷中,20.00%以上的居民对可再生能源有错误认知,63.62%的居民愿意推动可再生能源发展,65.57%的居民更希望企业发挥较大的作用。对所得数据进行主成分分析和回归分析,结果表明,职业类型显著影响居民对可再生能源的认知和行为,企业类居民对我国能源资源、家庭储能系统的了解程度比非企业类居民分别高 9.66%,18.20%;企业类居民主动选择价格稍高的绿色节能家电比非企业类居民高 10.37%;非在校学生为可再生能源发电支付更高电价的意愿比在校学生高 10.93%。支持在辽宁发展可再生能源产业的居民,更容易接受价高的绿色节能家电,同时支持将自己的低碳行为转化为绿色积分或碳配额。文章基于以上研究成果,提出开展社会活动,提升辽宁省居民可再生能源认知水平;鼓励金融机构增加可再生能源技术的研发投入,降低产品价格,增加居民参与积极性;提出可再生能源总体运作框架,促进绿色积分交易,在辽宁省打造一批净零碳排放的示范区。

关键词: 辽宁省; 可再生能源; 影响因素; 节能减排; 政策建议

中图分类号: TK51; TK81 **文献标志码:** A **文章编号:** 1671-5292(2024)08-1019-10

0 引言

随着经济的快速发展,气候变化问题日益严重。加强节能减排和环境保护,是实现可持续发展的重要举措^[1]。2022年10月,我国提出将以能源资源禀赋为基础,积极而稳妥地推进“碳达峰”和“碳中和”,深入推动能源革命,加快规划建设新型能源体系,积极参与应对气候变化全球治理^[2]。可再生能源具有资源可持续、清洁低碳等优点,因此开发利用可再生能源是建设新型能源体系的必由之路,是实现“双碳”目标的重要手段。然而,可再生能源固有的资源波动性、间歇性导致其使用占比较低^[3]。据统计,2022年我国新增可再生能源装机规模为 1.52×10^8 kW,占国内新增发电装机容量的 76.2%。可再生能源实际电力消纳量占全社会用电量的 31.3%,同比提高 1.7%。不断增长的能源市场需求,使可再生能源的发展仍有广阔的空间。辽宁省是我国重要的传统工业基地和能源消费大省,具有较好的资源禀赋和发展基础,可再生能源品类丰富,开发空间广,但目前

能源结构还是以化石能源为主。2022年辽宁省非化石能源发电量占全省发电量的 34.55%,其中可再生能源发电量仅占全省发电量的 13.48%。截至 2021 年底,我国可再生能源发电量占全国发电量的 29.9%,相比之下,辽宁省可再生能源的发展之路任重而道远。可再生能源的发展离不开民众的支持,包括居民对可再生能源知识的了解,是否支持其发展,居民能源使用偏好以及参与可再生能源建设的经济承受能力等。

在调研方法上,王萍基于房屋面积、耕地面积、养猪数量及人均农业纯收入等因素的影响,调查了农户选择可再生能源的意愿^[4]。余霞基于省级面板数据探究产业结构和人口密度变化对可再生能源发展的影响^[5]。对城乡居民来说,自家屋顶是发展可再生能源的优质资源。基于全卷积神经网络(Fully Convolutional Neural Network, FCNN)发展而来的 U-Net 模型^[6],可以将图形轮廓从图片中提取出来,计算可用屋顶面积,为问卷设计提供了高效的技术支持。U-Net 模型在深层的卷积中

收稿日期: 2023-08-25。

基金项目: 辽宁省“兴辽英才计划”(XLYC2008013)。

通信作者: 李彦龙(1982-),男,博士研究生,教授,研究方向为固体废物无害化处理。E-mail: liyanlong@sau.edu.cn

能够体现出浅层的简单特征,强化图像的原始信息^[7],被用于语义分割的各个方面,如卫星图像分割、特征识别等。在设计辽宁省各市所需问卷量时,采用内曼(Neyman)分层抽样方法^[8],考虑全省与各市的置信度、研究预算和答卷质量等^[9],极大地提高了调查的真实性、适用性。

相关研究表明,居民自身基本情况(包括年龄、性别、受教育程度、收入 and 环境保护意识等)会影响居民对可再生能源发展的态度。例如,Liu W 对山东省农村居民可再生能源部署接受度的研究发现,居民的接受意愿与家庭收入、知识水平和环境意识呈正相关,与年龄呈负相关,收入水平较高的居民更愿意为绿色电力支付更多费用^[10]。同样,Ding L 对武汉居民太阳能光伏发电政府补贴政策的期望度调查也得出类似结果^[11]。通过回归分析发现,居民的收入、受教育程度以及就业领域对政府补贴期望有显著影响。

此外,居民对可再生能源的态度还受到很多其他因素的影响。例如,居民对不同类型可再生能源的了解程度、政府政策的支持程度等。可再生能源发电设施的建设和运行可能给居民带来噪声、采光、空间占用等不利影响,为了避免产生邻避效应,政府在可再生能源的发展路径规划上仍须制定科学标准,推行政策时更要考虑公众参与机制,尊重利益相关者。印度一项研究表明,大多数公众赞成增加可再生能源的使用和能源自给自足,积极支持当地的可再生能源项目,同时

他们期望能参与其中^[12]。Hast A 对我国上海居民购买绿色电力或可再生能源设备意愿的调查结果表明,节能和能源安全是购买绿色能源的动机,价格、设备维护和环境原因是购买绿色能源的障碍^[13]。一些居民认为,低价、政府补贴和广告活动可以激励他们购买绿色能源。另外,刘贞从经济、环境和社会的角度综合评价,发现重庆居民愿意支付相关费用发展可再生能源^[14]。

现有研究主要集中在民众对可再生能源认知、态度情况的调查,对可再生能源政策意见及行为情况的研究空白亟待填补。因此,本研究针对以上不足,设计了一套具有基本信息题、非量表题以及五级量表题的问卷,增加了居民对可再生能源政策意见及行为情况的调查,并且将居民对可再生能源的认知、行为、态度及政策意见进行系统的耦合,从多维度对居民视角下可再生能源发展的影响因素进行分析,得出可再生能源总体运作模型,为辽宁省发展可再生能源的政策制定提供参考依据,贯彻新发展理念,提高可再生能源发展的居民参与率,在创新变革中促进可再生能源发展。

1 调研结果统计与分析方法

1.1 调研结果统计

本研究考虑了居民对可再生能源发展的三大重要影响因素:人口数量、可用耕地面积、可用屋顶面积。人口数量和可用耕地面积数据来源于国家统计局,可用屋顶面积通过 U-Net 模型识别并计算,具体识别效果如图 1 所示。将 3 种因素按照

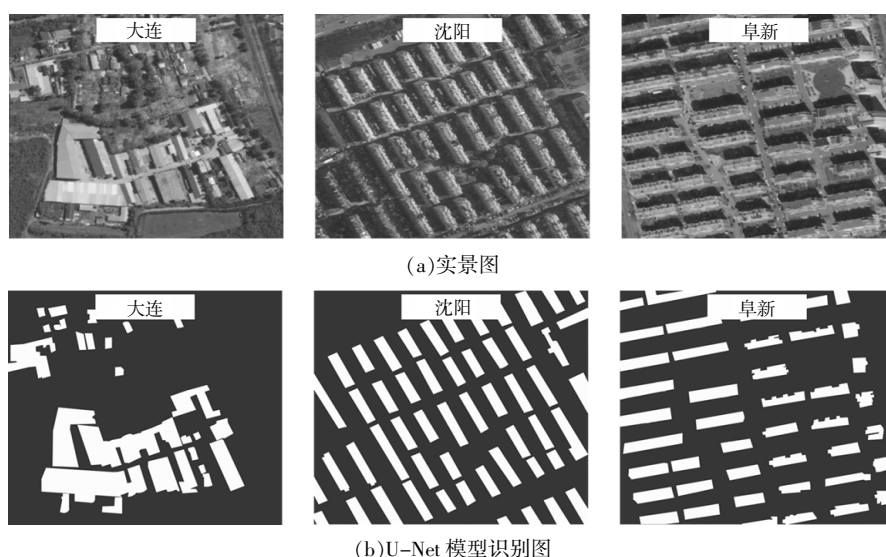


图 1 屋顶识别效果图举例

Fig.1 Roof recognition effect diagram example

4:3:3 耦合得到各市数据权重,结合内曼分布方法设计辽宁省各市所需问卷数。采用线上线下相结合的方式对辽宁省居民进行问卷调查,所得样本总数为 1 396 份,剔除无效问卷后,得到有效问卷 1 332 份,达到设计要求。

屋顶识别为二分类任务,通常采用交并比 (Intersection over Union, IoU)、总体精度 (Overall Accuracy, OA) 评估分类精度。模型评定性能 IoU, OA 得分分别为 72.253, 89.968, 精确度较高。从提取结果来看, U-Net 模型具有较优的屋顶轮廓提取能力, 轮廓纹理清晰。各市可用屋顶面积占比: 沈阳 20.41%、大连 17.59%、丹东 4.22%、营口 7.61%、辽阳 4.92%、盘锦 4.04%、铁岭 4.44%、葫芦岛 3.97%、鞍山 8.64%、抚顺 6.04%、本溪 5.42%、锦州 4.64%、阜新 3.61%、朝阳 4.45%。

问卷地区分布情况如图 2 所示。由图 2 可以看出, 调查问卷主要集中在辽宁省比较发达的两个城市: 沈阳、大连, 问卷数分别为 233, 191 份; 铁岭和朝阳可用耕地面积较多, 问卷数分别为 117, 114 份; 鞍山市可用屋顶面积较多, 问卷数达到 102 份。

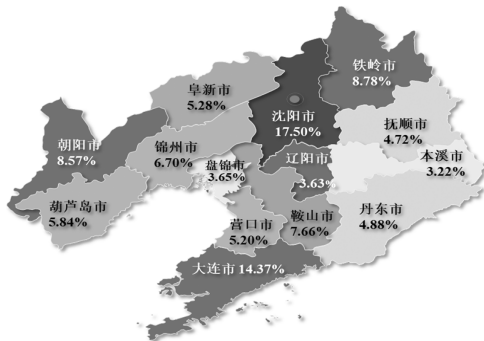


图 2 调查问卷地区分布

Fig.2 Regional distribution of the questionnaire

表 1 为样本分布情况, 分别为性别比例、年龄层次、学历层次、职业占比以及工作领域与能源相关性。调查数据中, 男性占比 44.46%, 女性占比 55.54%; 年龄分布中, 20~30 岁的居民占比为 55.69%, 其他各年龄层次的居民数较为平均; 学历分布中, 本科生学历最多, 占比 58.38%, 其他学历分布较为均衡; 职业分布中, 企业人员占比最高, 为 41.17%, 其次为事业单位人员以及全日制学生, 分别为 20.21% 和 18.86%, 职业分布范围广泛。所得问卷中 62.80% 的居民的工作领域与能源相关, 占比较高, 对可再生能源发展因素的看法更

表 1 样本分布情况
Table 1 Sample distribution

名称	选项	频数	占比/%
性别	男	594	44.46
	女	738	55.54
年龄	20 岁以下	46	3.44
	20-30 岁	742	55.69
	30-50 岁	504	37.87
	50 岁以上	40	2.99
学历	博士及以上	56	4.19
	硕士	364	27.40
	本科	780	58.38
	高中及以下	132	10.03
职业	在校学生	252	18.86
	企业人员	550	41.17
	行政机关人员	292	22.01
	自由职业	170	12.87
	其他	68	5.09
工作领域与能源相关性	是	836	62.80
	否	496	37.20

具有专业性, 调查得到的建议更具推动作用。受访者的性别、学历、职业分布均衡且多元, 体现了样本的代表性和调查的科学性。

由图 3 可以看出, 居民对可再生能源知识的了解程度不容乐观。虽然所得问卷中工作领域与能源相关的居民人数较多, 但仍有分别超过 20.00% 和 30.00% 居民认为煤炭和石油属于可再生能源, 认为太阳能、风能、水能为可再生能源的居民占比超过一半, 可以看出居民对可再生能源的了解还存在不足。因此, 本研究提出政府、学校、社会还应该加强可再生能源的知识教育与普及, 可以通过设立“能源日”或开展公益宣传活动, 加强政府与民众之间的沟通, 进一步提高居民对可再生能源国情知识的了解。

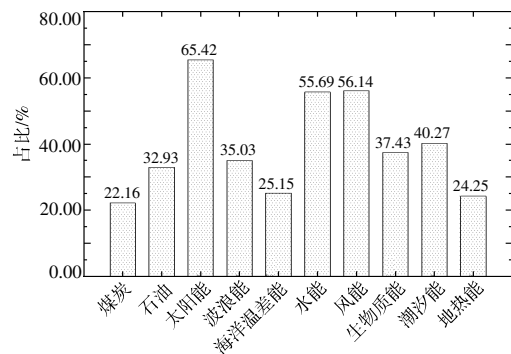


图 3 居民对可再生能源认知情况

Fig.3 Residents' cognition of renewable energy
在环境责任问题上, 70.51% 的居民认为 (图

4),他们应在解决气候环境问题时出一份力。但在期望发挥作用这一问题中,政府和企业得票率各增加了 5.68%,5.69%,居民更希望企业和政府能在可再生能源发展中发挥巨大的作用。政府可

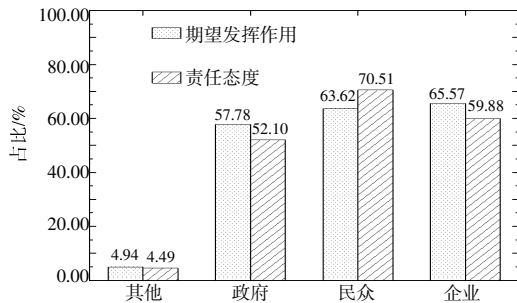


图 4 Residents' attitudes, expectations survey situation

规定高耗能企业碳配额,企业通过树立减排标杆、设置节能先锋等政策激励方式,鼓励居民参与可再生能源的发展,提质增效,增加企业责任意识,推广可再生能源发展基金,加快步入高质量发展新阶段。

1.2 数据分析方法

参照国内外相关研究,并结合辽宁省人口数量、土地结构、环境资源与经济发展等实际情况,遵循完整性、科学性、可比性、层次性等评价指标选取原则,本研究基于 15 个因素建立了居民视角下可再生能源发展影响因素的评价指标体系^[15],如表 2 所示。通过 SPSS 26 软件对五量级评价指标体系题目进行数据分析。

表 2 居民视角下可再生能源发展影响因素的评价指标体系

Table 2 Evaluation index system of influencing factors of renewable energy development from the perspective of residents

一级指标	序号	评价指标
认知情况调查	A1	是否了解我国能源资源相关情况
	A2	是否了解电价计费方式
	A3	是否了解家庭分布式光伏发电
	A4	是否了解可再生能源发电补贴
	A5	是否了解家庭储能系统
态度情况调查	B1	是否支持可再生能源在您家乡的建设
	B2	是否支持政府发展分布式光伏发电系统
	B3	是否支持通过低碳行为对家庭用电给予补贴
	B4	是否支持建立“能源日”向大家普及能源知识
行为情况调查	C1	是否愿意主动选择价格稍高的绿色节能家电
	C2	是否愿意主动安装分布式光伏发电系统
	C3	是否愿意为可再生能源发电支付更高的电价
政策意见情况调查	D1	是否认同风电项目全面平价上网取消补贴政策
	D2	是否认同国家开展绿色电力交易工作
	D3	是否认同将政府补贴转为绿色证书或碳配额

①信度、效度检验方法

信度分析主要用于说明量表数据的稳定性和一致性。本研究采用克朗巴赫系数 α (Cronbach's α) 指标表征信度分析的结果, α (取值 0~1) 值越大, 一致性程度越高, 即该变量各题项间的相关性越大。

效度分析是指测定项目能真实反映出所需测量问题的准确程度和普遍性, 反映研究的有效性。通常采用 KMO 检验及 Bartlett 球形度检验作为衡量问卷效度的重要指标。KMO 检验用于检查变量间的偏相关性, KMO (取值 0~1) 值越大, 因子分析的效果越好, 如 $0.8 < KMO < 0.9$ 非常适合因子分析。Bartlett 球形度检验可以反映变量间的相关性, 如果 $Sig(p \text{ 值}) < 0.001$, 说明问卷测量指标的

效度很好, 表示变量的相关矩阵间有共同因素存在, 适合进行因子分析。

②主成分分析方法

主成分分析法 (Principal Component Analysis, PCA) 是将多个指标通过正交变换转化为少数主成分, 利用降维思想提取相互独立的主变量信息, 简化问题的复杂性, 是多指标评价中常用的统计分析方法。因为本文采用的指标具有不同意义, 先标准化原始数据, 然后求取 KMO 与 Bartlett 值, 确定主成分分析的适用性。

相关计算式如下:

$$\hat{x}_j = \frac{\sum_{i=1}^m x_{ij}}{m} \quad (1)$$

$$S_j^2 = \frac{1}{m-1} \sum_{i=1}^m (x_{ij} - \hat{x}_j)^2 \quad (2)$$

$$z_{ij} = \frac{x_{ij} - \hat{x}_j}{S_j}, i=1, 2, \dots, m; j=1, 2, \dots, n \quad (3)$$

式中: x_{ij} 为原始数据; \hat{x}_j 为第 j 题的平均值; S_j^2 为第 j 题的方差; z_{ij} 为标准化原始数据。

根据标准化后的数据求相关系数矩阵 $R_{m \times n} = (r_{ij})_{m \times n}$, 计算 $R_{m \times n}$ 的特征值和特征向量, 通过计算 $R - \lambda I = 0$, 得出特征值 λ_i , 同时得到对应特征向量 u_1, u_2, \dots, u_n 。最后计算各主成分 F_j 及其方差贡献率 ω_i 和累计方差贡献率 $\sum_{j=1}^p \omega_j$ 。

$$r_{ij} = \frac{\sum_{k=1}^n z_{kj} z_{ki}}{n-1}, i=1, 2, \dots, m; j=1, 2, \dots, n \quad (4)$$

$$F_j = \sum_{i=1}^p \sum_{i=1}^m u_{ij} z_{ij} \quad (5)$$

$$\omega_i = \frac{\lambda_i}{\sum_{j=1}^n \lambda_j} \quad (6)$$

$$\sum_{j=1}^p \omega_j = \frac{\sum_{j=1}^p \lambda_j}{\sum_{j=1}^n \lambda_j} \quad (7)$$

③多元有序 logistic 回归分析方法

多元有序 logistic 回归 (Ordinal Logistic Regression, OLR) 是基于累计概率构建的回归模型, 适用于分析因变量为等级或程度差别的数据。为了进一步探究个人基本情况与可再生能源发展因素间的相关性, 结合已有文献的研究经验, 以不同影响因素为因变量 (g 个类别), 以个人基本情况为自变量, 建立多元有序 logistic 回归模型, 检验标准 $\alpha=0.05$ (双侧)。该模型的基本公式如下:

$$\ln \left[\frac{P(Y \leq j)}{1 - P(Y \leq j)} \right] = \beta_{0j} + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_m X_m \quad (8)$$

$$OR = e^{\beta_m} \quad (9)$$

式中: $j=1, 2, \dots, g-1$; β_{0j} 为第 j 个回归方程的常数项; β_m 为自变量 X_m 的回归系数; OR 值用来判定自变量变化后对因变量的影响。

④多元线性回归分析方法

多元线性回归 (Multiple Linear Regression,

MLR) 是研究多个自变量 X 对一个因变量 Y 的影响情况的分析方法, 该方法具有原理简单, 以少量数据获得高精度预测的优点。为探究居民对可再生能源认知、态度与政策、行为 3 种影响因素之间的相互作用, 采用多元线性回归方法进行计算, 其核心为最小二乘法。回归方程的数学模型为

$$Y = \gamma_0 + \gamma_1 X_1 + \gamma_2 X_2 + \dots + \gamma_q X_q + \varepsilon \quad (10)$$

式中: γ_0 为截距, 是常数项; $\gamma_i (i=1, 2, \dots, q)$ 为每个自变量对因变量的影响程度; ε 为残差项, 通常假设满足正态分布。

2 调研结果与分析

2.1 信度、效度检验

经计算, 总量表的 Cronbach's α 系数为 0.906, 大于 0.9, 该调查数据有较高的可靠性和有效性。居民认知、态度、行为、政策意见情况的 Cronbach's α 系数分别为 0.857, 0.785, 0.673, 0.763, 可以看出量表题均有很好的内部一致性, 说明本次数据的信度质量水平较好, 研究数据真实可靠。

KMO 值为 0.866, 说明研究对象的样本量足够大, 可以被有效提取信息。Bartlett 球形度检验结果显示, $\text{Sig}(p \text{ 值}) = 0.000 < 0.001$, 说明各变量间相关性较高, 适合进行因子分析。在本研究中, 3 个因子的方差解释率分别为 26.138%, 23.673%, 13.909%, 旋转后累积方差解释率为 63.720% > 50%, 该研究项的量表结构效度较好, 信息量可以有效地提取出来, 数据适合进一步用于分析。

2.2 主成分分析

通过最大方差旋转法 (Varimax Rotation Method, VRM) 进行旋转, 得到主成分的旋转后因子载荷系数 (表 3)。政策意见情况调查中的 D1, D2, D3 被合并到态度与政策的 B5, B6, B7。通过对数据进行因子分析, 发现所有研究项对应的共同度值均在 0.65 左右, 评价因子对每个主成分的贡献率较高, 研究项和因子间关联性较强, 可以有效地提取出信息。具体来看, 居民是否支持政府在家乡建设可再生能源发电系统, 推行低碳行为补贴, 设立“能源日”; 居民是否认同政府开展绿色电力平价上网, 推广绿色电力交易平台, 将补贴转为碳配额或绿色证书, 以上因素在因子 1 中作用显著, 这些变量多为态度因素指标和政策因

表 3 旋转后因子载荷系数
Table 3 Rotated factor load coefficient table

名称	因子 1	因子 2	因子 3	共同度(公因子方差)
认知 A1	0.025	0.692	0.616	0.859
认知 A2	0.281	0.720	0.057	0.601
认知 A3	0.199	0.775	0.065	0.644
认知 A4	0.203	0.783	0.004	0.654
认知 A5	0.188	0.781	0.044	0.647
态度与政策 B1	0.701	0.095	0.187	0.536
态度与政策 B2	0.685	0.073	0.253	0.538
态度与政策 B3	0.730	0.096	0.144	0.563
态度与政策 B4	0.649	0.283	0.075	0.507
态度与政策 B5	0.640	0.360	0.120	0.554
态度与政策 B6	0.709	0.174	0.127	0.550
态度与政策 B7	0.632	0.281	0.114	0.492
行为 C1	0.390	0.382	0.447	0.497
行为 C2	0.548	-0.033	0.739	0.847
行为 C3	-0.003	0.691	0.611	0.851

素指标。居民能否清晰认识我国能源资源情况,了解电价计费方式,可再生能源发电及其补贴,储能方式这些认知因素对因子 2 影响作用明显。因子 3 中起主要作用的指标为居民是否愿意通过自身付费的方式来支持可再生能源发展的行为因素。通过对 15 类评价变量进行整理分析,制定出可再生能源评价指标体系的 3 个因子分别为居民认知情况、居民态度与政策情况和居民行为情况。

2.3 回归分析

通过多元有序 logistic 回归,分析居民基本信息与量表题之间的相关性,将显著性水平 $p < 0.05$ 的数据筛选出来得到表 4。研究发现,性别对购买绿色节能家电行为会产生负面影响,性别每增加一个单位,购买意愿减小 0.786。学历和工作领域与能源相关性对可再生能源补贴政策的了解程度有积极影响,学历的影响程度最高。学历每增加一个单位,对发电补贴政策的了解程度增加

表 4 Logistic 回归分析

名称	回归系数	p 值	OR 值	对应指标
性别	-0.241	0.044	0.786	C1
学历	0.685	0.027	1.983	A4
学历	0.455	0.021	1.576	A5
职业	-0.587	0.041	0.556	C1
职业	0.551	0.046	1.667	C3
职业	0.713	0.011	2.040	A5
职业	0.743	0.015	2.101	A1
工作领域与能源相关性	0.431	0.001	1.538	A1
工作领域与能源相关性	0.275	0.017	1.316	A4

1.983。工作领域与能源相关性每增加一个单位,居民对我国能源资源相关情况的了解程度增加 1.538。

由表 4 可知,职业类型与是否愿意主动选择价格稍高的绿色节能家电呈负相关;与是否愿意为可再生能源发电支付更高的电价,是否了解我国能源资源相关情况,是否了解家庭储能系统呈正相关。通过卡方检验进一步研究(表 5),发现在 4 个与职业高相关性题目中企业类居民有 3 个题目比非企业类居民得分高,在对我国能源资源了解程度上高 9.66%;在对家庭储能系统的了解程度上高 18.20%;在主动选择价格稍高的绿色节能家电上高 10.37%,呈现出显著性差异。在校学生与非在校学生在是否愿意为可再生能源发电支付更高的电价这一问题中表现出显著性差异,愿意支付的占比分别为 77.78%,88.71%,其余职业与 4 个题目间的表现无显著性差异。

表 5 卡方检验分析
Table 5 χ^2 test analysis table

题目	企业类/%	非企业类/%	χ^2	p
是否了解我国能源资源相关情况	96.36	86.70	26.613	0.000**
是否了解家庭储能系统	89.82	71.62	38.287	0.000**
是否愿意主动选择价格稍高的绿色节能家电	92.72	82.35	24.639	0.000**

注:* $p < 0.05$; ** $p < 0.01$ 。

多元线性回归是研究变量之间因果关系的常用统计方法。本研究利用多元线性回归探求认知、态度与政策、行为对发展可再生能源具有推动作用因素之间的相互影响关系。研究发现,数据拟合度均在 45%左右,且 ANOVA 显著性水平 $p < 0.05$ 。因此,在几个自变量里面一定有一个或多个因素可以显著影响个人行为 and 态度与政策。

将显著性水平 $p < 0.05$ 的数据筛选出来,得到回归系数,如表 6 所示。从统计学角度进行定性分析,若未标准化系数中 $B > 0$,说明存在正相关,反之存在负相关。表 6 中的数据可以分两类进行分析,一类是行为影响因素,另一类是态度与政策影响因素。①对行为的影响主要集中在认知和态度与政策这两个因素。居民对电价和政府政策越了解,越支持国家开展绿色电力交易,选择主动安装分布式光伏发电系统的几率越大;对电价计费方

表 6 多元线性回归系数
Table 6 Multiple linear regression coefficient

因变量	自变量	B	标准错误	Beta	t	显著性
态度与政策 B1	行为 C1	0.204	0.038	0.202	5.316	0.000
行为 C2	态度与政策 B6	0.204	0.041	0.188	5.020	0.000
行为 C3	认知 A5	0.169	0.039	0.187	4.359	0.000
行为 C2	认知 A2	0.154	0.036	0.169	4.334	0.000
行为 C3	态度 B1	-0.165	0.043	-0.149	-3.790	0.000
行为 C3	态度与政策 B5	0.155	0.042	0.139	3.662	0.000
行为 C2	态度与政策 B2	0.139	0.039	0.136	3.576	0.000
态度与政策 B3	认知 A4	-0.124	0.035	-0.151	-3.575	0.000
行为 C3	认知 A4	0.128	0.039	0.138	3.264	0.001
行为 C3	态度与政策 B3	0.117	0.044	0.104	2.667	0.008
行为 C3	态度与政策 B7	0.119	0.046	0.099	2.603	0.009
行为 C2	态度与政策 B7	0.101	0.041	0.092	2.463	0.014
行为 C3	认知 A1	-0.100	0.043	-0.089	-2.302	0.022
态度与政策 B1	认知 A3	-0.078	0.034	-0.093	-2.270	0.024
行为 C3	态度与政策 B2	0.096	0.043	0.086	2.209	0.028
行为 C2	态度与政策 B1	0.086	0.039	0.084	2.174	0.030
行为 C3	认知 A3	0.082	0.038	0.089	2.153	0.032
态度与政策 B1	认知 A2	-0.076	0.036	-0.085	-2.142	0.033

式越了解,同时支持将补贴政策转为绿色证书或碳配额的居民越容易接受支付可再生能源的高电价。②行为是态度的体现。居民了解可再生能源发电方式,选择价高的绿色节能家电,会促进可再生能源在他们家乡的建设;居民了解电价计费方式,关注可再生能源发电补贴政策,支持通过国家绿色电力交易平台将低碳行为转为绿色积分或碳配额,会使居民更容易接受将低碳行为转为用电补贴的政策,使他们能以较低的价格享受绿色电力。

3 结论

虽然被调查居民分布在不同的城市,对促进可再生能源发展的各个因素有不同的看法,但总体的变化趋势基本一致。

①居民视角下可再生能源发展的影响因素包含认知、态度与政策和行为因素。其中,影响程度最大的是认知因素。

②学历和工作领域与能源相关性对认知因素有正向影响,学历越高的居民对可再生能源发电补贴和家庭储能系统的了解越充分,工作领域与能源相关性越强的居民对我国能源资源和发电补贴政策的认识越充分。在行为因素中,与男性居民相比,女性居民更不愿意选择价高的绿色节能家电。

③职业类型与居民认知情况存在以下关系:与非企业类居民相比,企业类居民更了解我国能源资源以及家庭储能系统情况。职业类型与行为因素存在以下关系:与非企业类居民相比,企业类居民更愿意主动选择价格稍高的绿色节能家电;而与在校学生相比,非在校学生愿意支付更高的电价。

④认知因素推动着态度与政策和行为的正向发展,居民对可再生能源认知程度越高,对国家政策越支持,居民使用和安装可再生能源的几率越大。支持在辽宁发展可再生能源产业的居民,更容易接受价高的绿色节能家电,同时支持将自己的低碳行为转化为绿色积分或碳配额。

4 政策与建议

2022年2月,辽宁省印发了《辽宁省深入推进结构调整“三篇大文章”三年行动方案(2022-2024年)》,为辽宁省绿色低碳发展指明了方向,明确了目标、重点任务和实践路径。为了推进辽宁省可再生能源产业发展,基于本研究得出的结论提出3点建议。

①大众参与,大众认同。通过开展社会性活动,例如:政府联合企业和学校在全社会开展“碳路者计划”,寻找可再生能源高效利用“碳先锋”,通过立标杆、政策激励,增加辽宁省居民参与感;

通过设立“可再生能源日”或开展公益宣传活动,普及可再生能源知识^[6],提升辽宁省居民可再生能源认知水平。

②筹集绿色资金,支撑技术迭代。发展可再生能源严重依赖于土地空间资源,辽宁农村资源丰富^[6],发展分布式可再生能源的潜力巨大。综合前人研究,居住在农村的被调查者迫切需要资金和技术支持^[17,18],可以鼓励金融机构加大对农村地区能源产业发展和设施建设的信贷支持^[19],降低产品价格。探索可再生能源设备租赁模式^[20],缓解资金压力。开发易回收风、光能组件,方便资源回收利用。采用光-热-电联产技术提高发电效率,完善可再生能源建筑应用,探索能源技术迭代更新。

③绿色积分助力碳交易。响应有关部门提出的“千乡万村驭风行动”、“千家万户沐光行动”,找到一条符合辽宁本土情况的可再生能源发展之

路。依托辽宁省可再生能源资源禀赋,实现碳减排及环境生态与能源开发利用的双重效益^[21]。本研究设计了一套可再生能源总体运作框架,如图5所示。推广可再生能源发展基金^[22],满足城乡居民参与可再生能源发展的需要。居民无法消纳的电能,可以并网出售或兑换成绿色积分。对绿色节能电器以绿色积分或碳配额的形式加以补贴^[23,24],鼓励居民绿电配绿色家电。由政府牵头成立绿色积分交易机构,设立可再生能源发展基金,规定采矿等高耗能企业碳减排指标。采取配额指标市场化手段,通过绿色积分市场化交易,帮助高耗能企业以较低的履行成本完成政府规定的碳配额。该项工作可与碳交易市场对接,降低可再生能源电力财政直接补贴的强度,解决可再生能源发展资金不足的问题。推动示范工程建设,选择有条件的社区、学校或园区作为试点,打造一批净零碳排放的示范区。

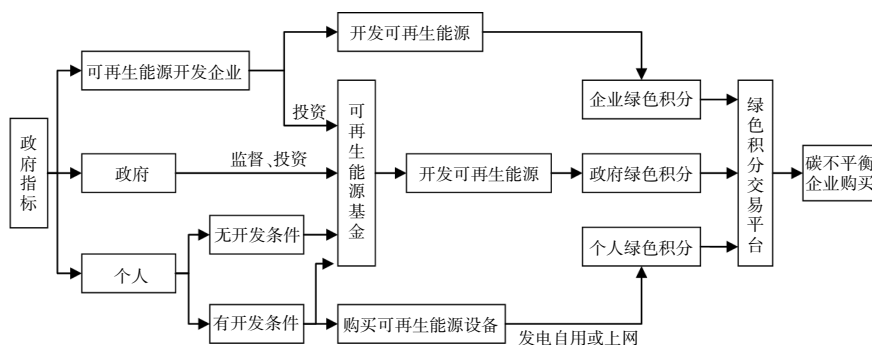


图5 可再生能源总体运作框架

Fig.5 The overall operation framework of renewable energy

参考文献:

[1] 姜璐,薛冰,刘惠玉.家庭能源消费的调查方法及实证研究[J].可再生能源,2021,39(7):885-892.

[2] 刘娟,马涟蕊,冯婉怡.可再生能源技术创新与行业碳减排——基于中国省级面板数据的实证检验[J].科技进步与对策,2023,40(15):1-11.

[3] 王宇,朱沈超,陈芳斌,等.中国核电与可再生能源发电协调发展初探[J].可再生能源,2021,39(8):1069-1077.

[4] 王萍.农户可再生能源选择的影响因素分析[J].可再生能源,2018,36(7):1102-1106.

[5] 余霞,邢军,王雁群,等.产业结构和人口密度对可再生能源影响分析——基于省级面板数据的实证研究[J].科技风,2021(4):122-123.

[6] Zunair H, Ben H A. Sharp U-Net: Depthwise convolutional network for biomedical image segmentation [J]. Comput Biol Med, 2021, 136: 104699.

[7] Mohseni Salehi S S, Erdogmus D, Gholipour A. Auto-context convolutional neural network (auto-net) for brain extraction in magnetic resonance imaging[J]. IEEE Transactions on Medical Imaging, 2017, 36 (11): 2319-2330.

[8] 吕萍,郭淡泊.域的样本量分配方法研究[J].统计与信息论坛,2018,33(5):3-7.

[9] 金勇进,杜子芳,蒋妍.21世纪统计学系列教材普通高等教育精品教材抽样技术第5版[M].北京:中国人民大学出版社,2021.

[10] Liu W, Wang C, Mol A P J. Rural public acceptance of renewable energy deployment: The case of Shandong in China[J]. Applied Energy, 2013, 102: 1187-1196.

[11] Ding L, Zhang F, Shuai J. How do Chinese residents expect of government subsidies on solar photovoltaic

- power Generation—A case of Wuhan, China[J]. *Energies*, 2018,11(1):228.
- [12] Kumar A, Choudhary S. Renewable energy in India: assessment of public understanding, social acceptance and attitude [J]. *Indian Journal of Engineering and Materials Science*, 2022,29(2):201-210.
- [13] Hast A, Alimohammadisagvand B, Syri S. Consumer attitudes towards renewable energy in China—The case of Shanghai [J]. *Sustainable Cities and Society*, 2015,17: 69-79.
- [14] 刘贞,朱开伟,贲可蒙,等.基于 IOSLAB 的可再生能源发电投资个人支付意愿选择实验研究[J].*电力建设*, 2015,36(12):131-136.
- [15] 孙艺宁,许嘉巍.基于主成分分析的长春市土地生态安全评价[J].*安徽农业科学*, 2017,45(34):207-210.
- [16] 崔迪,霍丽丽.都市型农村地区生活用能调查[J].*可再生能源*, 2012,30(9):120-123.
- [17] 马林茂.可再生能源发展影响因素模型构建及情景模拟研究[D].北京:中国地质大学,2019.
- [18] 赵振宇,范磊磊.可再生能源法规、政策分析及其对发电结构的影响[J].*可再生能源*, 2010,28(4):5-9.
- [19] Benedek J, Sebestyén T, Bartók B. Evaluation of renewable energy sources in peripheral areas and renewable energy -based rural development [J]. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2018,90: 516-535.
- [20] Ghalebani A, Das T K. Design of financial incentive programs to promote net zero energy buildings [J]. *IEEE Transactions on Power Systems*, 2017,32(1):75-84.
- [21] 全师渺,郝凤明,王娇月,等.在矿山废弃地上发展可再生能源的潜力——以辽宁省为例 [J]. *应用生态学报*, 2019,30(8):2803-2812.
- [22] Fu J, Ng A W. Scaling up renewable energy assets: issuing green bond via structured public -private collaboration for managing risk in an emerging economy [J]. *Energies*, 2021,14(11):3076.
- [23] 方行明.中国民众能源问题意向与政府政策导向——基于问卷调查研究 [J]. *经济理论与经济管理*, 2018(10):87-101.
- [24] 赵文会,高姣倩,于金龙,等.计及碳交易和绿色证书交易机制的发电权交易模型[J].*可再生能源*, 2016,34(8):1129-1137.

A study on recommendations and influencing factors for the development of renewable energy resources in Liaoning Province from the perspective of residents

Liu Shan, Sun Wen, Li Yanlong, Li Rundong
(Shenyang Aerospace University, Shenyang 110134, China)

Abstract: In order to achieve the target of "dual carbon", it is important to develop renewable energy resources. There are many factors that affect the development of renewable energy. The extent to which the view of residents influences this needs further research. Therefore, this study focuses on the cognition, attitude, behaviour, and policy opinions of residents in Liaoning Province on renewable energy resources. According to the population, available arable land area, and calculations of available roof area, questionnaire numbers for each city are designed by Neiman Distribution. The survey is conducted both online and offline. Among the 1 332 questionnaires, more than 20.00% of residents have misconceptions about renewable energy. The proportion of residents willing to promote the development of renewable energy is 63.62%. Residents prefer enterprises to play a greater role, accounting for 65.57%. By conducting principal component analysis and regression analysis, it is found that occupation type significantly impacts residents' renewable energy cognition and behaviour. The knowledge levels concerning China's energy resources and household energy storage systems are observed to be 9.66% and 18.20% higher among corporate residents than non-corporate residents. Enterprise residents display a 10.37% increase in their willingness to actively select green energy-saving appliances with slightly higher prices when compared to non-enterprise residents. Additionally, non-students exhibit a 10.93% higher inclination than students to pay premium electricity tariffs for renewable energy generation. Residents who support the development of renewable energy resources industries in Liaoning are more likely to accept high-priced green energy-saving appliances and support their low-carbon behaviour with green credits or carbon credits. Based on the above research results, it is proposed that: ① Government departments carry out social activities to enhance residents' awareness of renewable energy in Liaoning Province; ② Financial institutions are encouraged to increase research investment in renewable energy technologies, thereby reducing product prices and increasing residents' participation enthusiasm; ③ The authors design an overall operational framework for renewable energy to promote green point trading and create a batch of demonstration zones with net zero carbon emissions in Liaoning Province.

Keywords: Liaoning Province; renewable energy; influencing factor; energy conservation and emission reduction; policy recommendation