

# 生态气象产品价值货币转化及实现途径初探

孙维<sup>1,2,3</sup> 陶国清<sup>4</sup> 姚叶青<sup>1</sup> 江春<sup>1</sup> 丁国香<sup>1</sup> 杨彬<sup>1</sup>

(1 安徽省公共气象服务中心, 合肥 230031; 2 大气科学与卫星遥感安徽省重点实验室, 合肥 230031;  
3 寿县国家气候观测台/中国气象局淮河流域典型农田生态气象野外科学试验基地/寿县国家综合气象观测专项试验外场,  
寿县 232200; 4 安徽省气象局财务核算中心, 合肥 230031)

**摘要:** 为了体现生态系统中气象资源的价值, 在生态系统生产总值(GEP)核算体系的基础上, 通过挖掘生态系统中的气象产品, 评估气象条件在生态系统中所起的作用以及产生的价值, 给出生态气象产品价值核算的指标体系和核算方法, 并以安徽省旌德县为例, 核算其2020年生态气象产品价值。结果表明, 旌德县2020年生态气象产品价值为59.76亿元, 略高于当年地区生产总值(GDP)(54.92亿元), 且在气象旅游资源等方面仍有较大的开发利用潜力, 气象资源提供的价值不容小觑。核算结果基本可以反映一个地区气象资源实际提供的价值, 具有一定的科学意义和现实意义。

**关键词:** 生态系统生产总值(GEP), 生态气象产品, 价值核算, 旌德县

**中图分类号:** P4

**文献标志码:** A

**DOI:** 10.3969/j.issn.2095-1973.2025.01.006

## A Preliminary Study on the Currency Transformation and Implementation Approach of Eco-Meteorological Product Value

Sun Wei<sup>1,2,3</sup>, Tao Guoqing<sup>4</sup>, Yao Yeqing<sup>1</sup>, Jiang Chun<sup>1</sup>, Ding Guoxiang<sup>1</sup>, Yang Bin<sup>1</sup>

(1 Anhui Public Weather Service Center, Hefei 230031; 2 Anhui Province Key Laboratory of Atmospheric Science and Satellite Remote Sensing, Hefei 230031; 3 Shouxian National Climatology Observatory/Huaihe River Basin Typical Farm Eco-meteorological Experiment Field of CMA/Shouxian National Special Test Field for Comprehensive Meteorological Observation, Shouxian 232200; 4 Anhui Meteorological Bureau Financial Accounting Center, Hefei 230031)

**Abstract:** In order to evaluate the meteorological resources in the ecosystem, a framework for accounting eco-meteorological products is proposed on the basis of GEP (gross ecosystem product) accounting system. In this framework, an index system and its quantifying method are given by identifying meteorological products in the ecosystem and assessing the role played by meteorological conditions in the ecosystem and the values brought by the conditions. And then from the perspective of implementation approach, a case study is conducted in Jingde County of Anhui Province by using the framework to account the eco-meteorological value of its meteorological products in 2020. The research results indicated that the total value of eco-meteorological products in Jingde County in 2020 reached 5.974 billion yuan, slightly higher than the GDP (5.492 billion yuan) of the same year. Moreover, there is still a great potential in the development and utilization of meteorological tourism resources, so the value provided by meteorological resources should not be underestimated. The accounting results can basically reflect the actual value provided by meteorological resources in a region, so they have certain scientific and practical significances.

**Keywords:** gross ecosystem product (GEP), eco-meteorological product, value accounting, Jingde County

### 0 引言

生态价值自生态系统服务概念提出并形成后<sup>[1]</sup>, 一直受到国内外学者的重视, 其价值商品化和货币化历经了一个较长的辩论和认识过程<sup>[2-4]</sup>。近年来, 随着社会经济的高速发展, 生态环境受到人们越来越多的关注, 生态价值的评估也得到了广泛而深入的研

究。2012年中国科学院有关学者在全球首次提出生态系统生产总值(GEP)的概念<sup>[5]</sup>, 即生态系统为人类福祉和经济社会可持续发展提供的各种最终产品与服务价值的总和, 主要包括生态系统提供的物质产品、调节服务和文化服务<sup>[6-8]</sup>。随后国内十余家学术研究机构百余名研究人员在全国不同生态地理区已开展百余项GEP核算研究。目前已有学者针对浙江、贵州、青海、内蒙古等地构建了相应的指标体系, 分别从不同维度、不同尺度行政单元和区域尺度对GEP的核算方法、转化路径等进行了有益探索, 开展了GEP的核算研究<sup>[9-13]</sup>。

收稿日期: 2023年4月13日; 修回日期: 2024年5月20日  
第一作者: 孙维(1981—), Email: sunnydancer@163.com  
通信作者: 杨彬(1964—), Email: 353428290@qq.com  
资助信息: 中国气象局2024年度气象软科学研究课题  
(2024ZDIANXM02)

生态环境不仅包括影响人类生存与发展的水资源、土地资源、生物资源等,也包括气候资源的数量与质量<sup>[14]</sup>。气象条件是生态环境中不可缺少的一部分,作为无机环境直接参与了生态系统的运行,直接和间接地影响着人类生产、生活,也为生态系统贡献了重要的价值。但气象资源作为公共产品,在公众传统观念里只是提供光、热、降水和风等因素,其价值一直被忽略。如何探索实现生态气象资源的货币量化,转变公众观念,体现气象资源作为生态产品的应有价值,是当前研究的一个热点。

本研究在GEP核算体系的基础上,通过梳理气象条件在生态系统循环中参与的环节,给出气象产品价值核算的指标体系和核算方法,并以安徽省旌德县为例,核算其2020年气象产品的价值,同时尝试在价值实现途径上给出方向,力求为当地政府挖掘区域气象条件潜力、开发优质气象资源赋予的生态产品提供技术依据。

## 1 资料与方法

### 1.1 核算指标和方法

GEP为生态产品价值(EPS)、生态调节服务价值(ERS)和生态文化服务价值(ETS)三者的总和。气象要素参与生态系统循环的各个环节,气象条件直接参与生态产品中各种农业、林业、牧业等物质产品的产出,以及风光参与能源产品的转化等;气象在生态循环中提供了净化空气、防灾减灾等支持、调节作用;在生态服务文化中,气象因素还贡献了如云海、彩虹等奇特的天气、气候景观和物候景观,赋予地方

宜人舒适的气候条件等,从气象角度提供了休闲、旅游、教育和文化方面的服务。因此,根据气象产品的类型和特点,也将其分为气象供给产品、气象调节服务和气象文化服务三个类别,而GEP气象价值,即指在特定地域单元生态系统中,气象要素诸如太阳辐射、降水、温度、风等,在人类合理利用下所产生的产品和服务总价值,以对应的货币价值量表示。气象供给产品是指可被人类直接或转化利用的气象产品(如淡水、食物、风电光电能源等);气象调节服务包括可对人类生活条件和生存环境产生惠益的气象产品(如降水和风对空气的净化、人工影响调节服务等);气象文化服务主要指可以满足人们文化兴趣和休闲娱乐、知识获取等方面需求的气象产品(如气象旅游等)。生态系统气象产品价值核算指标内涵见表1。根据生态系统气象产品和服务的类型与特点,考虑数据的可获得性,GEP气象产品价值核算指标和方法见表2。

### 1.2 研究区概况

旌德县隶属安徽省宣城市,位于皖南腹地,地理位置为(30°07′—30°29′N, 118°15′—118°44′E),东依宁国市,西倚黄山,南邻绩溪县,北接泾县。旌德县辖10镇,东西长42.3 km,南北宽33.6 km,总面积904.8 km<sup>2</sup>,常住人口为112368人。旌德县属北亚热带湿润季风气候区,气候温和,雨量充沛,光照适中,季风影响明显。县内生态优良,生物多样性好,植被覆盖度高,水资源丰沛,污染负荷小,生态系统主要以森林、农田、草地为主,旌德县生态系统类型分布见图1。

表1 GEP气象产品价值核算指标内涵  
Table 1 Connotation of GEP meteorological product value accounting indices

一级指标	二级指标	三级指标	指标内涵
气象供给产品	淡水	核算区域可利用淡水	核算地域内自然降水中可有效利用(考虑损益价值)的淡水资源产生的价值
	气温	气温电量(冬、夏季与春、秋季平均用电量之差)	核算地域适宜的气温使得居民能源消耗降低,由此节省的电量价值
	气象能源转化产品	太阳能、水能、风能资源转化为能利用的产品	主要指人类将气象资源如太阳辐射、降水、风转化为能量即光伏发电、水力发电、风能发电产生的价值
	农林畜牧产品	农业产品(食物、中药材、烟叶、花卉等) 林业产品(林木、林副产品、林区农产品等) 畜牧业产品(肉、蛋、奶等)	是农业(种植业)产品、林业产品、畜牧业产品价值中因日照、降水、气温等气象条件贡献的价值
气象调节服务	降水和风对空气的净化	降水和风对PM <sub>10</sub> 的净化 降水和风对PM <sub>2.5</sub> 的净化	指降水或风通过对大气的沉降或稀释扩散,降低大气中颗粒物的浓度,从而改善大气环境质量所产生的价值
	人工影响天气对作物等防灾、减灾的调节	人工影响天气以地面、空中等不同方式开展的防雹、增雨、消雨等作业	指气象部门开展的人工防雹作业,起到减轻冰雹灾害对作物、重大基础设施等影响所产生的价值;对重大活动保障进行的人工消雨,以及开展的人工增雨作业,起到提升土壤湿度,解除或缓解旱灾所产生的价值
气象文化服务	气象旅游	雷电防护对建筑物、轨道交通等的保护	指通过雷电防护作业,防止或者减少雷击对建筑物、轨道交通等带来的灾害所避免的损失或产生的价值
		由于气象因素直接开展的旅游活动	以气象旅游资源(气象公园、气象博物馆、气象景观、气候品牌等)为主导开展旅游活动所产生的价值
		由于优良的气候条件间接开展的旅游活动	因气候条件间接吸引游客开展的旅游活动(如避暑、避寒旅游等)所产生的价值

表2 GEP气象产品价值核算指标和方法  
Table 2 Indices and methods of GEP meteorological product value accounting

核算科目	核算指标	价值量指标	定价方法
淡水资源	可有效利用淡水总量	供水产值	市场价值法
气温资源	适宜气温减少的用电量	用电量产值	市场价值法
气象转化能源	光伏发电、水电、风电的发电量	能源产值	专家打分法 市场价值法
农业(种植业)产品	农产品产量	农产品产值	专家打分法 市场价值法
林业产品	林产品产量	林产品产值	
畜牧业产品	畜牧业产品产量	畜牧业产品产值	
降水和风对空气的净化	净化PM <sub>10</sub> 、PM <sub>2.5</sub> 等空气污染物的总量	PM <sub>10</sub> 、PM <sub>2.5</sub> 治理代价	替代成本法
人工影响天气对作物等防灾、减灾的调节	人工影响天气作业总量	人工影响天气防灾、减灾所产生的价值	投入产出比
雷电防护对建筑物、轨道交通等的保护	雷电防护作业总量	防止或者减少雷击灾害所避免的损失或产生的价值	投入产出比
气象旅游目的地的文化服务	天气景观、气候康养、人文气象旅游游客人次	景观游憩价值	旅行费用法
其他旅游目的地的气象文化服务	其他旅游目的地因气候条件间接吸引来的游客人次		专家打分法

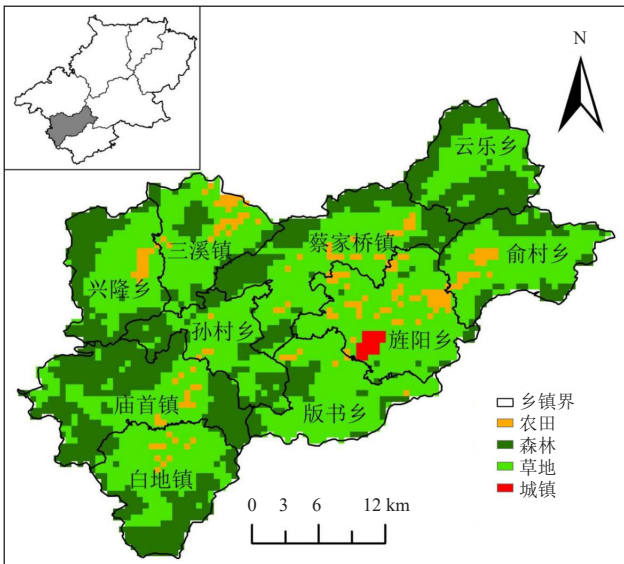


图1 旌德县生态系统类型分布

Fig. 1 Distribution of ecosystem types in Jingde County

### 1.3 GEP气象产品价值核算方法研究

#### 1.3.1 淡水和气温价值

淡水和气温价值的核算:

$$V_d = \sum_{i=1}^{n_1} (Y_{di} \times P_{di} \times \delta_i - Z_i), \quad (1)$$

式中,  $V_d$ 为淡水或气温资源总价值;  $Y_{di}$ 为淡水总量或由于适宜气温节省的用电量;  $P_{di}$ 为居民用水或用电价格;  $\delta_i$ 为溢价系数, 为实际市场价格与公布价格之比, 默认为1;  $Z_i$ 为损益价值, 旌德县2020年由于暴雨洪涝灾害造成的损失共为37228万元;  $n_1$ 为核算地域供给产品种类数。

淡水总量以全年降雨量和全年平均实际蒸散量为基础核算。建立气温电力模型, 为剔除各地由于经济发展水平因素对基础用电量的影响, 电量采用气象上

夏季或冬季日用电量与春、秋季平均日用电量差值, 气温采用日平均气温5 d平均值, 据此可得旌德县由于适宜的气温而减少的用电量。

#### 1.3.2 风电、水电和光伏发电价值

风电、水电和光伏发电中气象因素贡献价值的核算:

$$V_e = \sum_{i=1}^{n_2} ((Y_{ei} \times P_{ei} - C_{ei}) \times \theta_{ei}), \quad (2)$$

式中,  $V_e$ 为气象能源转化产品的气象总价值;  $Y_{ei}$ 为气象能源发电量;  $P_{ei}$ 为发电并网价格, 取0.3844元/(kW·h);  $C_{ei}$ 为人工维护和投入的成本, 旌德县无风力发电设施, 水电的运行成本取0.07元/(kW·h), 光伏发电成本约在0.3元/(kW·h);  $\theta_{ei}$ 为气象资源贡献占比, 采用专家打分法来确定, 取30%;  $n_2$ 为核算地域气象能源转化产品的种类数。

#### 1.3.3 农林畜牧产品价值

农林畜牧产品中气象因素贡献价值的核算:

$$V_a = \sum_{i=1}^{n_3} ((Y_{ai} \times P_{ai} \times \delta_i - C_{ai}) \times \theta_{ai}), \quad (3)$$

式中,  $V_a$ 为农林畜牧产品的气象总价值;  $Y_{ai}$ 为产品产量;  $P_{ai}$ 为产品价格;  $\delta_i$ 为溢价系数, 为实际市场价与公布价格之比, 默认为1;  $C_{ai}$ 为人工维护和投入的成本;  $\theta_{ai}$ 为气象资源贡献占比, 根据核算地域主要农作物历年产量数据及相关气象资料, 同时结合专家打分法确定;  $n_3$ 为核算地域农林畜牧业产品的种类数。

根据《2021年宣城统计年鉴》以及实地调研, 可得旌德县2020年农产品、林产品和畜牧业产品的具体产品名录、产量以及成本; 人工维护和投入的成本参照安徽省发展和改革委员会价格成本调查监审局公布的数字, 并结合实地调研确定; 根据旌德县主要农作物历年产量数据及相关气象资料, 计算气象贡献率,

同时结合专家打分法, 确定气象贡献率为35%。

### 1.3.4 降水和风对空气质量的净化价值

降水和风对空气质量的净化价值核算:

$$V_p = \sum_{i=1}^{n_4} (Q_{pi} \times C_i), \quad (4)$$

式中,  $V_p$ 为降水和风净化空气质量的总价值;  $Q_{pi}$ 为第*i*类大气颗粒物的净化量;  $C_i$ 为第*i*类大气颗粒物治理成本或造成的健康危害经济损失;  $n_4$ 为核算地域大气颗粒物的种类数。

以近3年的气象和生态环境观测数据为基础, 将旌德县的自然日以空气质量指数(AQI)值划分为非污染日(AQI≤100)和污染日(AQI>100)。对污染日和非污染日分类统计降水和风对大气颗粒物(PM<sub>10</sub>和PM<sub>2.5</sub>)的清除率, 可计算2020年降水和风对旌德县PM<sub>10</sub>的净化量为1058.765 t、PM<sub>2.5</sub>的净化量为939.708 t。PM<sub>10</sub>的治理成本参照《中国环境经济核算技术指南》和《排污费征收标准管理办法》, 治理成本为1875.9元/t。PM<sub>2.5</sub>排放造成的健康危害经济损失为4897.0元/kg<sup>[15]</sup>。

### 1.3.5 人工防雹/增雨对农作物等防灾、减灾调节功能价值

人工防雹/增雨对农作物等防灾、减灾调节功能的价格核算:

$$V_w = \sum_{i=1}^{n_5} ((Q_{wi} \times P_{wi}) \times \theta_{wi}), \quad (5)$$

式中,  $V_w$ 为人工防雹/增雨调节功能总价值;  $Q_{wi}$ 为第*i*类人工防雹/增雨作业量;  $P_{wi}$ 为第*i*类人工防雹/增雨每次作业人工维护和投入的成本;  $\theta_{wi}$ 为人工防雹/增雨的投入产出比;  $n_5$ 为核算地域人工防雹/增雨作业种类数。

2020年旌德县进行的人工防雹/增雨作业的总量为2次, 人工影响天气作业只有地面火箭作业方式, 物资、人员、作业点、设备维护等运行经费约3万元。气象部门开展的人工防雹作业以投入产出比来反映其价值, 根据中国气象局公布的数字, “十三五”期间, 我国气象服务投入产出比达到1:50。

### 1.3.6 雷电防护对建筑物、轨道交通等的保护作用价值

雷电防护对建筑物、轨道交通等的保护作用的价值核算:

$$V_t = \sum_{i=1}^{n_6} ((Q_{ti} \times P_{ti}) \times \theta_{ti}), \quad (6)$$

式中,  $V_t$ 为雷电防护对建筑物、轨道交通等的保护作用所避免的损失或产生的总价值;  $Q_{ti}$ 为第*i*类雷电防护作业量;  $P_{ti}$ 为第*i*类雷电防护每次作业人工维护和投入的成本;  $\theta_{ti}$ 为雷电防护的投入产出比;  $n_6$ 为核算地域雷电防护作业的种类数。

2020年旌德县进行的雷电防护作业总量为60次左右, 按照分类, 二类易燃易爆场所23次, 三类一般建筑物37次。成本方面投入设备1万元左右, 人力投入11万元左右。雷电防护的投入产出比参考气象服务投入产出比取1:50。

### 1.3.7 气象文化服务价值

气象文化服务价值的核算:

$$V_c = R_c \times C_c, \quad (7)$$

式中,  $V_c$ 为气象文化服务价值总量;  $R_c$ 为核算地域气象文化服务游客总人次;  $C_c$ 为核算地域气象文化服务游客每人平均旅游消费水平。

旌德县避暑旅游目的地有1个(云乐镇), 气象景观景点有2个(灵芝基地、泥鳅山庄); 根据专家打分法确定的因气候条件到访其他旅游景区游客比例为10%, 综合统计旌德县2020年气象旅游目的地直接到访游客和由于气象因素到访其他旅游目的地的游客共2万人, 游客人均消费为100元。

## 2 旌德县GEP气象产品价值核算结果

综上所述, 旌德县2020年GEP气象产品价值为59.76亿元, 具体见表3。旌德县2020年气象产品价值的分布见图2。

### 2.1 GEP气象供给产品价值

由表3和图2可知, 旌德县2020年气象供给产品价值为13.42亿元, 占GEP气象价值的22.46%。其中淡水价值为10.13亿元, 占GEP气象价值的16.96%, 占比最大; 其次为林产品, 林产品价值为1.70亿元, 占GEP气象价值的2.84%; 农产品价值为1.08亿元, 占GEP气象价值的1.81%; 占比最小的为光伏发电, 一方面是由于旌德县在太阳能发电的开发利用上还不够充分(安徽省太阳能资源为丰富及以上等级<sup>[16]</sup>), 另一方面跟光伏电站的投入运营成本有关。同时根据气温价值核算, 旌德的地形使得夏季炎热程度明显降低, 乡镇气温比城区低2~3℃; 冬季不太冷, 冬季平均气温5.0℃, 气温优势明显。

### 2.2 GEP气象调节服务价值

旌德县2020年气象调节服务价值为46.31亿元, 占GEP气象价值的77.49%。其中降水和风净化PM<sub>2.5</sub>的价值为46.22亿元, 占GEP气象价值的77.34%, 占比最大; 其次为雷电防护服务价值, 为600万元; 占比最小的是人工影响天气防灾、减灾服务。

### 2.3 GEP气象文化服务价值

旌德县2020年气象文化服务价值为200万元, 占GEP气象价值的比例较小。旌德县境内旅游资源丰富, 气候舒适宜人, 生态环境优越, 拥有“安徽避暑

表3 2020年旌德县GEP气象产品价值核算汇总表  
Table 3 Summary of GEP meteorological product value accounting in Jingde County in 2020

类别	产品	物质量	价值量/万元		
气象供给产品	淡水	115467.016万t	101332.00		
	气温	122万kW·h	68.98		
	光伏发电	307万kW·h	7.77		
	水电	2621万kW·h	247.21		
	农产品				
	粮食	53442 t	10755.10		
	豆类	186 t			
	薯类	449 t			
	油料	1768 t			
	棉花	3 t			
	烟叶	597 t			
	药材	50 t			
	蔬菜	27979 t			
	瓜果类	1215 t			
	林产品				
	茶园	661 t		16975.00	
	果园作物	936 t			
	针叶木材	31921 m <sup>3</sup>			
	茶叶	480 t			
	毛竹	36500 根			
香榧	20 t (鲜果)				
山核桃	1260 t (干重)				
油茶	685 t				
黄精	525 t				
灵芝	300 t				
毛竹笋	1590 t				
畜牧业产品					
猪肉	3264 t	4842.55			
牛肉	321 t				
羊肉	35 t				
家禽	2424 t (禽蛋)				
蜂蜜	18 t				
气象调节服务	降水和风净化PM <sub>10</sub>		1058.765 t	198.61	
	降水和风净化PM <sub>2.5</sub>	939.708 t	462175.00		
	人工影响天气防灾、减灾	2次, 投入3万元	150.00		
	雷电防护	60次, 投入12万元	600.00		
气象文化服务	气象旅游	2万人, 人均消费100元/人	200.00		
总计			597552.22		

旅游目的地”称号, 夏季局地气温较周边低, 适宜开展避暑旅游, 具有较大的生态旅游发展潜力。

## 2.4 旌德县GEP气象产品价值开发潜力浅析

### 2.4.1 气象供给产品

1) 淡水: 一个地区的降水量年际变化不会太大, 一方面要减少洪涝灾害发生的可能性, 如做好洪水、

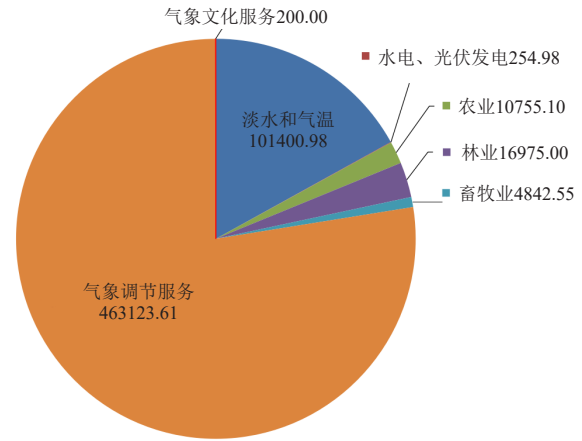


图2 旌德县2020年GEP气象产品价值分布 (单位: 万元)  
Fig. 2 Distribution of the values of GEP meteorological products in Jingde County in 2020 (Unit: ten thousand yuan)

天气的科学预报, 另一方面, 要尽可能把已发生的洪涝灾害损失降到最低, 最大限度地提升地区淡水资源价值。

2) 气温: 旌德县气温适宜, 山区的地形使得夏季炎热程度明显降低, 山区乡镇气温比城区低2~3℃, 气温优势明显, 加上山体海拔落差条件, 具有发展反季节果蔬种植等的较大潜力, 利用高山果蔬的品质和季节优势, 满足高质量无公害果蔬的市场需求, 还可在高山建立外向型农业基地、加工原料基地、果蔬花卉种苗基地等, 综合开发山区资源优势。

3) 水电、风电和光伏: 旌德县境内河流海拔相对落差达千米, 水资源丰富, 但目前已开发利用的水资源尚不足可开发利用的20%<sup>[17]</sup>, 水电资源开发潜力巨大。旌德县太阳能资源等极为丰富<sup>[16]</sup>, 目前境内无风力发电装置, 对风能资源的开发较为薄弱。为了进一步探明旌德县风能资源的开发价值, 可结合地形、交通等因素, 在旌德县内设立测风塔开展短期风观测, 获得更精准的风能资源情况, 为今后旌德县风能资源的开发利用提供数据支撑。

### 2.4.2 气象调节服务

1) 降水和风对空气质量的净化: 旌德县生态环境好, 大气自净能力强, 降水和风对大气颗粒物的清除能力较强, 具有一定的排污权交易潜力。

2) 人工防雹、增雨对作物等防灾、减灾调节功能: 旌德县可以发展高效增雨、精准防雹的保障服务, 在确保安全度汛的情况下, 开发利用空中云水资源, 开展水库增蓄水作业, 提高农业生产的抗旱能力, 开展常态化的人工增雨改善空气质量作业, 在林区开展应对森林火灾火险的人工影响天气应急作业, 同时可

以开展针对重大社会活动人工影响天气保障服务。

3) 雷电防护对建筑物、轨道交通等的保护作用: 随着近几年经济发展, 旌德城市的规模也是越来越大, 旌德县2020年房地产新开工房屋面积为367930 m<sup>2</sup><sup>[18]</sup>, 城市中的高层建筑、易燃易爆场所如油库、加油加气站、燃气供气场站、燃气储备站、城市燃气设施等不断涌现, 在此背景下, 加强雷电防护和防雷检测工作, 有效降低雷击造成的损失, 保障人民群众生命、财产安全, 可以让防雷防护为旌德县的发展产生巨大的经济效益和安全效益。

### 2.4.3 气象文化服务

旌德县于2021年荣获“中国天然氧吧”称号, 境内旅游资源丰富, 气候舒适宜人, 空气质量极佳, 负氧离子含量高, 生态环境优越, 是适宜旅游、休闲、度假、养生的区域, 尤其夏季局地气温较周边低, 适宜开展避暑旅游。而旌德县2020年气象文化服务价值占比较小, 说明旌德县对气象文化服务、气象旅游等资源开发利用远远不够, 因此, 旌德县可以借助自身区位优势, 充分挖掘自身气象旅游资源, 打造精品旅游, 加强线路串联, 推动全域旅游发展。

旌德县对于区域内气象产品的挖掘利用, 可以通过生态气象资源精细化普查评估来加大气象供给产品特别是能源转化产品价值的实现力度; 通过构建综合性的气象服务平台、创新气象服务产品和模式、提高气象对行业的参与度等方式, 将气象融入地方产业规划布局, 指导地方借助特色资源发展优势产业等, 提升气象调节服务的价值; 通过避暑资源时、空分布评估和气象旅游品牌创建宣传等, 拓展避暑旅游价值的新增长点, 通过上述策略和路径, 以统筹实现气象资源的最大化利用和价值的最大化转化实现。

## 3 讨论与总结

国务院印发的《气象高质量发展纲要(2022—2035年)》中, 明确提出要建立气候生态产品价值实现机制, 本研究基于GEP核算体系, 通过挖掘生态系统中的气象产品, 提出了气象产品价值核算指标体系和核算方法, 为实现气候生态产品价值体现提供了一定的理论基础和技术支撑。

通过在安徽旌德县的实例应用可知, 旌德县2020年生态气象产品价值总量为59.76亿元, 略高于当年GDP值(54.92亿元), 气象资源提供的价值不容小觑。本研究在核算实例中使用的是统计数据 and 监测数据, 参数上选取的是在核算地域居民生活中广泛应用的价格参数, 因此核算结果基本上可以反映该地域气象资源实际提供的价值, 具有一定的科学意义和现实

意义。

基于旌德县GEP气象价值特征及开发潜力, 旌德县对其辖区内生态系统中气象价值的挖掘和实现途径, 可以从以下几方面尝试: 1) 依托气温优势和山区的有利地形, 发展高山果蔬种植产业; 同时还可以借助气温优势, 大力发展避暑旅游、康养旅游等, 打好地方“气候牌”, 发展全链条康养产业。2) 以太阳能资源普查和评估结果为依据, 结合当地特点, 一方面建设集中式电站, 促进太阳能发电并网, 另一方面因地制宜建设分布式电站, 就近开发, 就近消纳, 最大限度地将太阳能资源转化为经济价值。3) 针对旌德县生态环境好, 大气环境容量剩余空间较大的特点, 可以考虑在省内或者长三角区域进行大气污染物排污权流转交易, 充分发挥市场作用, 提高旌德大气环境资源利用效率, 实现气象价值的高效“变现”。

本研究在气象价值货币化上进行了有益探索, 气象价值核算工作可以厘清核算地域气候资源可开发利用量, 核算结果在一定程度上可以反映当地气象资源的开发利用程度, 为当地政府开发利用优质气象资源赋予的生态产品提供参考方向。同时可以为地方政府在“双碳”目标下, 精准开发利用水电、风电和光伏发电等新能源资源, 探索大气等要素建立横向生态保护补偿方式, 挖掘优美气象景观与振兴旅游和乡村等方面提供参考, 促进地域生态保护和修复, 助力绿水青山变为金山银山。

气象要素参与到生态系统循环的方方面面, 但受参与程度、表征方式和当前研究水平等因素的限制, 本研究在气象产品的梳理方面仍有一定的欠缺, 同时在气象贡献率的确定方面, 客观性有待提高。因此, 在进一步的研究中, 应重点在以下几个方面进行改进, 以提高核算的科学性: 1) 深入研究气象要素参与生态循环的各个环节, 对气象产品清单进行挖掘和完善; 2) 进一步识别影响气象贡献的主要因素, 尝试采用多种方法对气象贡献率的确定进行改进; 3) 不仅仅把气象要素当作单一元素, 更应考虑将其所在的生态系统作为统一整体进行综合定价, 探索如何在价格上充分体现生态环境的外部性与外溢价值; 4) 在核算区域生态气象价值的基础上, 加强对区域生态气象资源的开发利用程度、途径、方式、机制等方面的研究, 为提高生态气象资源经济价值转化效率提供科学参考。

### 参考文献

- [1] Spyra M, Kleemann J, Cetin N I, et al. The ecosystem services concept: A new Esperanto to facilitate participatory planning processes?[J]. Landscape Ecology, 2019, 34(7): 1715-1735.
- [2] Costanza R, Daly H E. Natural capital and sustainable

- development[J]. Conservation Biology, 1992, 6(1): 37-46.
- [3] Gómez-Baggethun E, Ruiz-Pérez M. Economic valuation and the commodification of ecosystem services[J]. Progress in Physical Geography: Earth and Environment, 2011, 35(5): 613-628.
- [4] 廖菊阳, 祁承经, 冯贵祥, 等. 国外生态系统服务的科学意义及其价值评估研究进展[J]. 中南林业科技大学学报, 2019, 39(12): 77-85.
- [5] 朱春全. “以自然为本”推进生态文明[M]//赵庆忠. 生态文明看聊城. 北京: 中国社会科学出版社, 2012.
- [6] 欧阳志云, 郑华. 生态系统服务的生态学机制研究进展[J]. 生态学报, 2009, 29(11): 6183-6188.
- [7] 欧阳志云, 朱春全, 杨广斌, 等. 生态系统生产总值核算: 概念、核算方法与案例研究[J]. 生态学报, 2013, 33(21): 6747-6761.
- [8] 马国霞, 赵学涛, 吴琼, 等. 生态系统生产总值核算概念界定和体系构建[J]. 资源科学, 2015, 37(9): 1709-1715.
- [9] 马国霞, 於方, 王金南, 等. 中国2015年陆地生态系统生产总值核算研究[J]. 中国环境科学, 2017, 37(4): 1474-1482.
- [10] 欧阳志云, 林亦晴, 宋昌素. 生态系统生产总值(GEP)核算研究——以浙江省丽水市为例[J]. 环境与可持续发展, 2020, 45(6): 80-85.
- [11] 程翠云, 葛察忠, 杜艳春, 等. 浙江省衢州市绿金指数核算研究[J]. 生态学报, 2019, 39(1): 37-44.
- [12] 宋昌素, 欧阳志云. 面向生态效益评估的生态系统生产总值GEP核算研究——以青海省为例[J]. 生态学报, 2020, 40(10): 3207-3217.
- [13] 董天, 张路, 肖焱, 等. 鄂尔多斯市生态资产和生态系统生产总值评估[J]. 生态学报, 2019, 39(9): 3062-3074.
- [14] 《中国大百科全书·环境科学》编委会. 中国大百科全书: 环境科学[M]. 北京: 中国大百科全书出版社, 2002.
- [15] 赵寅成, 孙雷, 岳正波, 等. 安徽省六安市生态系统生产总值核算研究[J]. 安徽农业科学, 2021, 49(4): 73-77.
- [16] 安徽省气候中心. 2021年安徽省气候公报[EB/OL]. (2022-01-01)[2023-04-10]. [http://ah.cma.gov.cn/zfxxgk/zwgk/qxbg/qxbg1/202205/t20220523\\_4847956.html](http://ah.cma.gov.cn/zfxxgk/zwgk/qxbg/qxbg1/202205/t20220523_4847956.html).
- [17] 宣城市人民政府. 宣城市养殖水域滩涂规划(2018—2030年)[EB/OL]. (2021-07-25)[2023-04-10]. <https://www.xuancheng.gov.cn/OpennessContent/show/2197150.html>.
- [18] 宣城市统计局, 国家统计局宣城调查队. 2021宣城统计年鉴[EB/OL]. (2021-12-13)[2023-04-10]. <https://tjj.xuancheng.gov.cn/News/show/1307205.html>.

(编辑: 卢冰)

(上接47页)

- [5] Crisp C A. Training guide for severe weather forecasters[R]. Offutt AFB, NE: Air Weather Service (MAC), Air Force Global Weather Central, 1979.
- [6] 陈春艳, 孔期, 李如琦. 天山北坡一次特大暴雨过程诊断分析[J]. 气象, 2012, 38(1): 72-80.
- [7] 李超, 隆霄, 曹怡清, 等. 贺兰山东麓20次暴雨过程环流形势及低空急流特征[J]. 干旱区研究, 2022, 39(6): 1753-1767.
- [8] 田莹, 叶成志, 姚蓉. 2008—2018年江南暖区暴雨特征[J]. 大气科学学报, 2022, 45(1): 51-64.
- [9] 肖逸祥, 杨康权, 俞小鼎, 等. 四川盆地极端暴雨过程基本特征分析[J]. 气象, 2017, 43(10): 1165-1175.
- [10] 张芳丽, 李国平, 罗潇. 四川盆地东北部一次突发性暴雨事件的影响系统分析[J]. 高原气象, 2020, 39(2): 321-332.
- [11] 肖红茹, 王佳津, 肖逸祥, 等. 四川盆地暖区暴雨特征分析[J]. 气象, 2021, 47(3): 303-316.
- [12] 何丽华, 王咏青, 隆璘雪, 等. 弱天气强迫下一次暖区MCSs发生发展研究[J]. 大气科学学报, 2020, 43(5): 810-823.
- [13] 段中夏. 豫北一次夏季雷雨大风过程分析[J]. 气象科技进展, 2018, 8(6): 33-38.
- [14] 王丽芳, 张雪蓉, 廖一帆, 等. 一次秋季台风倒槽大暴雨过程诊断及中尺度分析[J]. 气象科学, 2021, 41(2): 209-220.
- [15] 朱娟, 张立凤, 张铭. 一次对流性强降水过程的分析及诊断[J]. 解放军理工大学学报(自然科学版), 2016, 17(3): 270-277.
- [16] 赵娴婷, 魏建苏, 朱定真. 急流在梅雨期持续暴雨过程中的作用[J]. 气象科学, 2011, 31(2): 211-216.
- [17] Saulo C, Ruiz J, Skabar Y G. Synergism between the low-level jet and organized convection at its exit region[J]. Monthly Weather Review, 2007, 135(4): 1310-1326.
- [18] Findlater J. A major low-level air current near the Indian Ocean during the northern summer[J]. Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society, 1969, 95(404): 362-380.
- [19] 刘鸿波, 何明洋, 王斌, 等. 低空急流的研究进展与展望[J]. 气象学报, 2014, 72(2): 191-206.
- [20] 张芹, 王洪明, 张秀珍, 等. 2017年山东雨季首场暖区暴雨的特征分析[J]. 高原气象, 2018, 37(6): 1696-1704.
- [21] 陶诗言, 丁一汇, 周晓平. 暴雨和强对流天气的研究[J]. 大气科学, 1979, 3(3): 227-238.
- [22] Du Y, Chen G X. Heavy rainfall associated with double low-level jets over southern China. Part I: Ensemble-based analysis[J]. Monthly Weather Review, 2018, 146(11): 3827-3844.
- [23] 沈向阳. 某水电站局部强降雨灾害应急处置及体会[J]. 福建水力发电, 2017(2): 61-62.
- [24] 钱维宏. 气候变化与中国极端气候事件图集[M]. 北京: 气象出版社, 2011.
- [25] 沈游英, 杨文发. 金沙江流域下段暴雨特征分析[J]. 水资源研究, 2007, 28(1): 39-41.
- [26] 陈丹, 周长艳, 熊光明, 等. 近53年四川盆地夏季暴雨变化特征分析[J]. 高原气象, 2018, 37(1): 197-206.
- [27] 杨小波, 杨淑群, 马振峰. 夏季东亚副热带西风急流位置对川渝地区降水的影响[J]. 高原气象, 2014, 33(2): 384-393.
- [28] 张小玲, 谌芸, 张涛. 对流天气预报中的环境场条件分析[J]. 气象学报, 2012, 70(4): 642-654.
- [29] 蒋兴文, 李跃清, 李春, 等. 四川盆地夏季水汽输送特征及其对旱涝的影响[J]. 高原气象, 2007, 26(3): 476-484.
- [30] 陈栋, 李跃清, 黄荣辉. 在“鞍”型大尺度环流背景下西南低涡发展的物理过程分析及其对川东暴雨发生的作用[J]. 大气科学, 2007, 31(2): 185-201.
- [31] 陈鹏, 刘德, 李强, 等. 2009年夏季四川盆地两次暴雨过程对比分析[J]. 暴雨灾害, 2014, 33(2): 112-120.
- [32] 陈艳, 邓国卫, 边茜, 等. 白鹤滩水电站坝区极端大风天气分析[J]. 高原山地气象研究, 2023, 43(S1): 75-80.
- [33] 吴安南, 李国平, 师义成, 等. 采用次网格地形方案对白鹤滩水电站坝区一次大风天气的数值模拟[J]. 高原山地气象研究, 2022, 42(3): 22-30.

(编辑: 郑秋红)