

# 绿色金融与生物多样性

## ——基于中国观鸟数据的考察

刘 钊 孔令乾 张俊飏

### 目录

附录 I 主要变量定义及描述性统计 .....	2
附录 II 稳健性检验 .....	4
附录 III 辐射效应考察 .....	10
参考文献 .....	12

## 附录 I 主要变量定义及描述性统计

### 1. 被解释变量

如何度量一个地区的生物多样性水平是本研究的重点。受制于数据和衡量方法，经济学领域较少关注生物多样性这一现实问题。鸟类在生物多样性系统中占据重要地位，鸟类的多样性反映了生态系统的健康状态（Gregory and van Strien, 2010）。因此，本文使用鸟类多样性作为被解释变量，基于中国观鸟记录数据，借鉴 Liang et al. (2020) 计算城市层面鸟类的丰富度，衡量该地区的鸟类多样性水平，且在稳健性分析部分，进一步使用鸟种的观察次数衡量生物多样性水平。具体计算方法如下：

$$\ln birds_{cohdm} = \beta_1 hours_{cohdm} + \beta_2 number_{cohdm} + \delta_h + \gamma_m + \Gamma_{ct} + \varepsilon_{cohdm}, \quad (I1)$$

其中， $birds_{cohdm}$  表示在  $t$  年  $m$  月  $d$  天中的  $h$  小时，于  $c$  地区  $o$  观鸟组观察到的鸟类数量； $hours$  是观鸟组观鸟的时间，用于控制观察时间的长短； $number$  是观鸟组的人数，即也是在同一时间段同一观测点的观鸟人数； $\delta_h$  是小时固定效应，用于控制每天内的所有共同变量，如平均鸟类可探测性或白天与夜晚观察鸟类的的能力，可以控制一天中鸟类活动或观察员在不同时间探测鸟类的的能力； $\gamma_m$  是月度固定效应，控制月份间可能影响观察的因素； $\varepsilon_{cohdm}$  是时间扰动项；最后， $\Gamma_{ct}$  是我们所重点关注的地区鸟类（数量）丰富度<sup>1</sup>。简言之，在控制了小时和月度固定效应后，在同一时间段，一个地区某个观测点所观察到的鸟类数量，是与观测者观测时间长度、观测范围以及该地区的鸟类丰富度有关。由此，基于上述逻辑，可以计算出城市在某一年份的鸟类丰富度。与 Liang et al. (2020) 相似，由于本文的目标是估计绿色金融改革创新试验区的设立对鸟类丰富度的影响，并不是估计鸟类数量本身。因此，式 (I1) 中忽略的可能会影响鸟类丰富度的因素，只要与绿色金融改革创新试验区没有系统性的关系，就不会影响本文的研究结论。

### 2. 解释变量

本文的解释变量为绿色金融，使用绿色金融改革创新试验区的设立作为政策冲击，差分变量使用处理组的识别变量与政策实施时间虚拟变量的交乘项。考虑到绿色金融改革创新试验区的设立可能不会立刻对该地区鸟类丰富度产生影响，我们将政策生效时间滞后一年，试点期设置为 2018 年，在 2018 年之后取值为 1，在此之前则取值为 0；同时，属于绿色金融改革创新试验区的城市取值为 1，否则取值为 0。由于新疆维吾尔自治区昌吉州和哈密市鸟类观测记录很少，数据缺失严重，同时考虑到 2021 年城市很多指标数据的缺失，最终使用 2017 年设立的 8 个绿色金融改革创新试验区城市确定为政策试点城市，包括衢州市、湖州市、广州市、贵阳市、安顺市、南昌市、九江市、克拉玛依市等 8 个城市，样本期为

---

<sup>1</sup> 为全面考察地区的鸟类丰富度，在稳健性部分，本文进一步计算鸟的种类的丰富度衡量鸟类多样性，文中没有明确标注即为鸟类数量的丰富度。

2012—2020 年。

### 3. 控制变量

为了避免其他因素对估计结果的潜在影响，本文参考 Liang et al. (2020)、文书洋等 (2022)，选取了一系列地级市层面的控制变量，主要包括：经济发展水平（人均地区生产总值取对数）、外商直接投资（当年实际使用外资取对数）、产业结构（第三产业从业人数/年末户籍人口数）、基础设施水平（公路里程数与全市年末户籍人口数之比取对数）、人口密度（全市年末户籍人口数/城市行政区域面积）、政府干预程度（地方财政一般预算内支出/地区生产总值）；此外，本文还控制了城市地貌、温度等环境因素，包括：地级市的坡度、高程、年平均温度以及夜间灯光等变量，以控制地级市的自然因素，以及光污染等对该地区生物多样性的影响；其中，不随时间变化的坡度和高程数据，本文构造了与时间趋势的交乘项进入回归。

### 4. 描述性统计

本文主要变量的描述性统计结果如表 II 所示。从观鸟数据来看，在样本期，共有 1258660 条观鸟记录，总计 62338 个观鸟报告。为保证数据的准确性，删除了由于记录错误导致的观鸟时间小于 0 小时的观鸟记录。每个观鸟记录报告的观鸟种类的均值为 17.97，观鸟记录中鸟目的均值为 4.581，观鸟记录中鸟科的均值为 11.09。此外，其余控制变量的分布都处于合理区间内。

表 II 变量的描述性统计

变量	观测值	均值	标准差	最小值	最大值
观察鸟种	62338	19.64	17.18	1	511
观鸟时间	62338	4.940	5.362	0.017	23.993
目	62338	4.581	2.866	1	21
科	62338	11.09	7.040	1	65
<i>bio</i>	1782	-2.62e-09	1.000	-4.026	4.986
<i>lnrgdp</i>	2407	10.652	0.578	7.211	13.003
<i>lnforeign</i>	2273	21.098	1.916	12.103	25.932
<i>Structure</i>	2405	0.070	0.063	0.001	0.608
<i>lninfrastructure</i>	2255	3.470	0.691	-0.652	5.906
<i>Density</i>	2412	439.210	352.885	0.615	2,959.439
<i>Gov</i>	2407	0.233	0.284	0.044	8.113
<i>slop</i>	2385	0.747	1.120	0	3.397
<i>high</i>	2385	1.843	2.750	0	8.514
<i>temp</i>	2373	2.642	0.444	-1.469	3.255
<i>night</i>	2385	1.438	1.350	-6.109	4.080

## 附录 II 稳健性检验

### 1. 平行趋势检验

双重差分法在使用时要满足平行趋势假定，即政策实施前处理组与控制组需具有平行变化趋势，而在政策实施之后，试验区内鸟类多样性相对于非试验区存在显著的趋势变化。为此，本文以政策生效前一期为基期，对窗口期以外的观测值作两端收尾处理，检验各地区鸟类多样性在绿色金融试点政策实施前后的动态趋势变化。结果如图 II 1 所示<sup>1</sup>，在政策实施前，所有回归结果都不显著，说明试验区和非试验区的鸟类多样性变化趋势没有显著差异；在试验区设立后，回归结果显著为正，说明绿色金融改革创新试验区的设立有效提升了鸟类的多样性，且样本满足平行趋势假设。

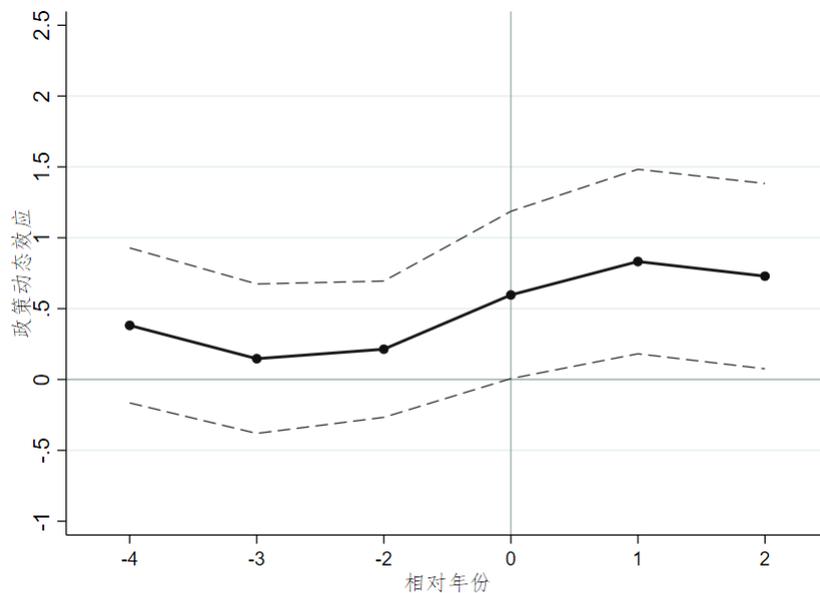


图 II 1 基准结果平行趋势检验

### 2. 倾向得分匹配

考虑到试验区城市在区域、等级、规模等方面的差异性，由此可能会存在绿色金融政策效应评估的自选择偏差问题。为保证回归结果的可靠性，借鉴王修华等（2021）的做法，进一步使用双重差分倾向得分匹配的方法，验证绿色金融改革创新试验区试点政策对鸟类多样性的影响。本文采用核匹配方法对数据的倾向性进行评分，以试验区设立当年进行匹配，倾向匹配的变量选择了经济发展水平、外商直接投资、产业结构、基础设施水平、人口密度、政府干预程度、温度、降雨量等，匹配完成后，处理组有 7 个城市，控制组有 66 个城市。使得实验组和对照组在绿色金融改革创新试验区设立生效前尽可能没有显著差异。为了验证倾向匹配结果的稳健性，进一步采用混合匹配方式。在此基础上，使用双重差分

<sup>1</sup> 图 II 1 给出了基准回归第 (2) 列回归结果的平行趋势检验。

法评估试点政策对鸟类多样性的净影响效应。回归结果如表 III 所示。表中第 (1) — (3) 列对应以试验区设立当年为基期的回归结果，第 (4) — (6) 列采用混合匹配。从倾向得分匹配的回归结果中可以看到，回归系数在 5% 的水平上显著为正，并且回归系数值与基准回归结果基本一致，说明城市间的差异没有对本文的估计结果产生干扰，验证了本文回归结果的稳健性。

表 III 倾向得分匹配检验

变量	设立当年	设立当年	设立当年	混合匹配	混合匹配	混合匹配
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
<i>treat*post</i>	0.492** (2.03)	0.492** (2.06)	0.490** (2.08)	0.533*** (2.65)	0.535*** (2.69)	0.521*** (2.61)
<i>GF*t</i>	YES			YES		
<i>GF*t*t</i>	YES			YES		
<i>GF*t*t*t</i>	YES			YES		
<i>GF*post<sub>2018</sub></i>		YES			YES	
<i>GF*Year dummy</i>			YES			YES
控制变量	YES	YES	YES	YES	YES	YES
样本量	531	531	531	851	851	851
Adj.R <sup>2</sup>	0.336	0.333	0.345	0.274	0.270	0.274
城市固定效应	YES	YES	YES	YES	YES	YES
年份固定效应	YES	YES	YES	YES	YES	YES

### 3. 安慰剂检验

为防止结果可能是由其他不可观测因素导致的，本文进一步通过安慰剂检验进行稳健性分析。从所有地级市样本中随机选取与原处理组相同数量的城市样本，并随机生成试点政策实施时间，构建城市与试点政策时间均随机的新处理组，对基准回归结果进行安慰剂检验，并随机重复 500 次实验。从图 II 2 可知，交互项系数集中分布于 0 附近，*p* 值基本都是大于 0.1，并且随机系数大都位于真实值 0.496 的左侧<sup>1</sup>，说明在随机化处理后试点政策的效果和显著性大幅减弱，在一定程度上验证了本文基准回归结果的稳健性。

<sup>1</sup> 以基准回归第 (2) 列为例。

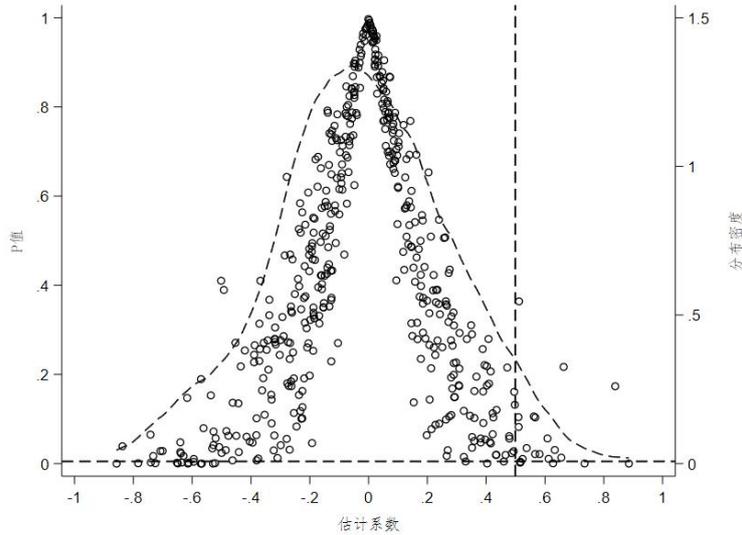


图 112 安慰剂检验

#### 4. 更换被解释变量

为进一步验证本文回归结果的稳健性，我们进一步更换鸟类丰富度的计算方法，借鉴 Liang et al. (2020)，分别使用每个观鸟报告观测到的鸟类数量计算出每年城市的平均观鸟数，以及使用通过最小绝对值收敛和选择算子 (LASSO) 计算鸟类的丰富度，作为衡量鸟类丰富度的指标。此外，考虑到衡量一个地区的鸟类多样性不仅包含数量上的丰富度，也要同时包含鸟的种类丰富度。为更加全面验证试点政策对鸟类多样性的影响，本文进一步计算鸟种的丰富度，验证试验区的设立是否促进了试验区内鸟的种类增加。回归结果如表 II 2 所示，在控制了试验区设立的非随机性问题后，试点政策交互项的系数显著为正，验证了本文回归结果的稳健性，并且也说明绿色金融改革创新试验区的设立不仅促进了鸟类数量的增加，也显著促进了鸟的种类增加。由此，也为绿色金融支持生物多样性保护提供了更为全面的证据。

表 112 更换被解释变量

变量	观鸟数量	LASSO	鸟种丰富度
	(1)	(2)	(3)
<i>treat*post</i>	0.828* (1.92)	0.554** (2.49)	0.485** (2.31)
<i>GF*t</i>	YES	YES	YES
<i>GF*t*t</i>	YES	YES	YES
<i>GF*t*t*t</i>	YES	YES	YES
控制变量	YES	YES	YES
样本量	1360	1344	1427
Adj.R <sup>2</sup>	0.399	0.256	0.310
城市固定效应	YES	YES	YES
年份固定效应	YES	YES	YES

## 5. 排除新冠疫情的影响

2020年新冠疫情暴发，中国政府为应对疫情出台了“封城”和“社交隔离”等防疫措施（蔡昉等，2021）。新冠疫情的暴发在一定程度上对人类出行以及生产活动产生了限制，但这也间接减少了污染排放，改善了环境，会对鸟类的多样性产生有益的影响（Madhok and Gulati, 2022）。因此，为保证回归结果的稳健性，本文进一步控制新冠疫情的影响。考虑到回归模型是以试验区设立后一期的2018年作为试点期，如果直接删除2020年，会导致试点政策生效后的样本期较短，所以本文进一步使用累计感染新冠人数作为控制变量<sup>1</sup>，用以控制新冠疫情对鸟类丰富度的影响。从回归结果来看，累计感染新冠人数的回归系数不显著。可能原因是，虽然疫情会带来环境的改善，有利于鸟类的生存，但是考虑到在封城期间，公众出行受到限制，在一定程度上对鸟类的观察产生影响，所以导致新冠疫情对生物多样性的回归结果并不显著。绿色金融改革试点政策交互项的回归结果仍然显著为正，进一步验证了本文实证结果的稳健性。

表 113 排除新冠疫情的影响

变量	<i>bio</i>	<i>bio</i>	<i>bio</i>
	(1)	(2)	(3)
<i>treat*post</i>	0.504** (2.41)	0.507** (2.46)	0.499** (2.40)
<i>lnCOVID</i>	0.041 (1.32)	0.043 (1.42)	0.041 (1.32)
<i>GF*t</i>	YES		
<i>GF*t*t</i>	YES		
<i>GF*t*t*t</i>	YES		
<i>GF*post<sub>2018</sub></i>		YES	
<i>GF*Year dummy</i>			YES
控制变量	YES	YES	YES
样本量	1427	1427	1427
Adj.R <sup>2</sup>	0.272	0.272	0.269
城市固定效应	YES	YES	YES
年份固定效应	YES	YES	YES

## 6. 控制当地社会经济发展情况

此外，考虑到观鸟记录数据与观鸟者群体规模的变化和观测经验的积累相关，而观鸟群体规模及观测经验的变化与当地的社会经济发展情况有着系统性联系，所以本文进一步控制了互联网的发展水平、是否旅游城市、人口年龄结构、教育水平等地区层面的因素，以降低观鸟群体规模等与当地社会经济发展情况的系统性联系影响。所得回归结果依然是稳健的。

<sup>1</sup> 2020年之前感染人数都设置为0。

表 114 控制当地社会经济发展情况

变量	<i>bio</i>	<i>bio</i>	<i>bio</i>
	(1)	(2)	(3)
<i>treat*post</i>	0.512** (2.48)	0.515** (2.54)	0.507** (2.48)
<i>GF*t</i>	YES		
<i>GF*t*t</i>	YES		
<i>GF*t*t*t</i>	YES		
<i>GF*post<sub>2018</sub></i>		YES	
<i>GF*Year dummy</i>			YES
控制变量	YES	YES	YES
样本量	1427	1427	1427
Adj.R <sup>2</sup>	0.271	0.271	0.269
城市固定效应	YES	YES	YES
年份固定效应	YES	YES	YES

## 7. 改变控制组城市

考虑到本文主要使用 2017 年首批设立的绿色金融改革创新试验区的城市，实验组城市为 8 个试验区城市，同时考虑到本文的样本为城市层面，如果将控制组限定在试验区同一省份，会导致样本量较少，可能会对回归结果产生影响，所以本文控制组选择除试验区外包含观鸟记录的其他城市。但是，考虑到控制组的样本太大可能会影响到本文回归结果的稳健性，本文进一步改变控制组的选定方式。具体方法如下，分别使用试验区所在省份的其他城市、使用试验区周边其他城市、使用试验区省内其他城市和周边城市，以及使用试验区所在省份之外的其他城市作为控制组。通过改变选定控制组范围的方式，进一步验证本文回归结果的稳健性。两种改变控制组之后的回归结果如表 II5 所示。从回归结果可以看出，在改变控制组的选定方式后，回归结果依然显著为正，即验证了本文回归结果的稳健性。

表 115 改变控制组城市

变量	省内	周边	省内+周边	省外
	(1)	(2)	(3)	(4)
<i>treat*post</i>	0.395 (1.68)	0.475* (1.98)	0.484** (2.03)	0.492** (2.27)
<i>GF*Year dummy</i>			YES	YES
控制变量	YES	YES	YES	YES
样本量	316	221	385	1154
Adj.R <sup>2</sup>	0.282	0.323	0.293	0.270
城市固定效应	YES	YES	YES	YES
年份固定效应	YES	YES	YES	YES

## 8. 剔除观测记录较少城市

为了避免观鸟报告数据波动可能会对回归结果的稳健性造成影响，作者分别剔除观鸟报告小于等于 10、30、50、100 个的城市，以验证本文回归结果的稳健性。具体回归结果如表 II6 所示。在分别剔除观鸟报告小于等于 10、30、50、100 个的城市之后，回归结果依然显著为正，也即说明本文得出的结果没有受到一些城市观察点较少的影响，再次验证了本文回归结果的稳健性。

表 116 剔除观测记录较少城市

变量	剔除小于等于 10	剔除小于等于 30	剔除小于等于 50	剔除小于等于 100
	(1)	(2)	(3)	(4)
<i>treat*post</i>	0.605*** (3.05)	0.538*** (3.29)	0.394** (2.39)	0.516*** (4.75)
<i>GF*t</i>	YES	YES	YES	YES
<i>GF*t*t</i>	YES	YES	YES	YES
<i>GF*t*t*t</i>	YES	YES	YES	YES
控制变量	YES	YES	YES	YES
样本量	1324	1101	938	704
Adj.R <sup>2</sup>	0.335	0.379	0.395	0.463
城市固定效应	YES	YES	YES	YES
年份固定效应	YES	YES	YES	YES

### 附录 III 辐射效应考察

绿色金融改革创新试验区的设立，不单是为推动加快建设环境友好型社会、推进环境治理、助力生态文明建设，更是希望通过试验区发挥先行先试、示范带头作用，进而转化为可复制可推广的经验，带动周边甚至全国的绿色发展。因此，结合本文的研究目标，随之而来的问题是，绿色金融改革创新试验区设立对生物多样性保护的推动作用是否具有辐射作用，即是否会带来试验区周边城市对生物多样性保护的重视？基于此，本文进一步探究试点政策对邻近城市鸟类多样性的影响。借鉴蒋灵多等（2021）的方法，构建如下回归模型：

$$bio_{ct} = \alpha_0 + \beta_1 REC_{ct} + \beta_i X_{ct} + \delta_t + \gamma_c + \varepsilon_{ct}, \quad (III1)$$

其中， $REC_{ct}$ 表示城市  $c$  在年份  $t$  时，其毗邻城市中是否有绿色金融改革创新试验区，如有，则取值为 1，否则赋值为 0。模型中其他变量设置与基准回归模型相同。需要说明的是，式（III 1）的回归中不包含绿色金融改革创新试验区本身。此外，回归系数 $\beta_1$ 如果显著为正，则说明绿色金融改革创新试验区的设立带动了周边城市的生物多样性保护；如果 $\beta_1$ 显著为负，则说明绿色金融改革创新试验区内鸟类丰富度的增加，可能是由于试验区的设立仅改善了自身的生态环境，进而吸引了周边城市鸟类的迁移。

辐射效应的检验结果如表 III1 所示，结果显示，绿色金融改革创新试验区对周边城市鸟类多样性的影响显著为正，说明试验区的设立对周边城市具有辐射效应，能够发挥先行先试、示范带头作用，带动周边地区鸟类丰富度的提升。因此，在后续绿色金融改革创新试验区的建设过程中，要积极归纳总结在生物多样性保护上可复制可推广的经验，积极推广到周边地区甚至全国，更好地发挥绿色金融改革创新试验区辐射效应。

此外，在辐射效应分析中，考虑到控制组会受到实验组的影响，可能会导致绿色金融改革创新试验区对生物多样性的影响被低估，进而对本文的估计结果产生影响。因此，本文为进一步验证本文回归结果是否稳健，将实验组的周边城市剔除后，剩余城市作为控制组，重新进行分析，具体回归结果见表 III2。从表中的回归结果可以看出，交互项的回归结果仍然是显著为正的，也即进一步验证绿色金融改革创新试验区促进生物多样性的结果是稳健的。

表 III1 试验区辐射效应检验

变量	<i>bio</i>	<i>bio</i>
	(1)	(2)
<i>REC</i>	0.222** (2.29)	0.206** (2.02)
控制变量	YES	YES
样本量	1551	1551
Adj. <i>R</i> <sup>2</sup>	0.269	0.286
城市固定效应	YES	YES
年份固定效应	NO	YES

表 III2 剔除试验区周边城市

变量	<i>bio</i>	<i>bio</i>	<i>bio</i>
	(1)	(2)	(3)
<i>treat*post</i>	0.523** (2.52)	0.525** (2.57)	0.522** (2.53)
<i>GF*t</i>	YES		
<i>GF*t*t</i>	YES		
<i>GF*t*t*t</i>	YES		
<i>GF*post<sub>2018</sub></i>		YES	
<i>GF*Year dummy</i>			YES
控制变量	YES	YES	YES
样本量	1249	1249	1249
Adj. <i>R</i> <sup>2</sup>	0.261	0.262	0.258
城市固定效应	YES	YES	YES
年份固定效应	YES	YES	YES

## 参考文献

- [1] 蔡昉、张丹丹、刘雅玄，“新冠肺炎疫情对中国劳动力市场的影响——基于个体追踪调查的全面分析”，《经济研究》，2021年第2期，第4—21页。
- [2] Gregory, R. D., and A. van Strien, “Wild Bird Indicators: Using Composite Population Trends of Birds as Measures of Environmental Health”, *Ornithological Science*, 2010, 9(1), 3-22.
- [3] 蒋灵多、陆毅、张国峰，“自由贸易试验区建设与中国出口行为”，《中国工业经济》，2021年第8期，第75—93页。
- [4] Liang, Y., I. Rudik, E. Y. Zou, A. Johnston, A. D. Rodewald, and C. L. Kling, “Conservation Cobenefits from Air Pollution Regulation: Evidence from Birds”, *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2020, 117(49), 30900-30906.
- [5] Madhok, R., and S. Gulati, “Ruling the Roost: Avian Species Reclaim Urban Habitat during India's COVID-19 Lockdown”, *Biological Conservation*, 2022, 271, 109597.
- [6] 王修华、刘锦华、赵亚雄，“绿色金融改革创新试验区的成效测度”，《数量经济技术经济研究》，2021年第10期，第107—127页。
- [7] 文书洋、刘浩、王慧，“绿色金融、绿色创新与经济高质量发展”，《金融研究》，2022年第8期，第1—17页。

注：该附录是期刊所发表论文的组成部分，同样视为作者公开发表的内容。如研究中使用该附录中的内容，请务必在研究成果上注明附录下载出处。