

# 国家生态文明建设与空气质量改善

## ——来自合成控制法与 DID 的双重验证

谢晗进 毛瑜芮 李成<sup>1</sup>

(华东交通大学经济管理学院, 江西南昌 330013)

**【摘要】:** 生态兴则文明兴, 生态环境关系着生态文明体系的构建。2014 年, 我国设立第一批生态文明先行示范区, 为生态文明建设在环境质量方面的成果评价提供了准自然实验环境。为了评价我国生态文明建设在空气质量改善方面的绩效, 将江西、福建、贵州、云南和青海这 5 个省级生态文明先行示范区设定为处理组, 运用合成控制法和 DID 模型对空气质量改善状况进行双重检验。结果表明: 整体上, 生态文明先行示范区建设对空气质量改善具有显著的效果; 江西、贵州和云南的生态文明先行示范区建设均表现出对环境质量的改善作用, 其中江西生态文明建设对空气质量改善成效尤为显著。因此, 我国设立生态文明先行示范区对于空气质量改善具有显著效应, 这对今后国家生态文明试验区建设尤其是在社会经济、资源环境等方面的协调发展具有重要的参考价值。

**【关键词】:** 生态文明 先行示范区 空气质量 合成控制法 双重差分模型

**【中图分类号】:** F062.2; X51 **【文献标识码】:** A **【文章编号】:** 1671-4407(2021)02-209-07

### 0 引言

生态兴则文明兴, 生态衰则文明衰。生态环境是人类生存和发展的根基, 生态环境变化直接影响文明兴衰演替<sup>[1]</sup>。党的十八大以来, 生态文明建设纳入中国特色社会主义事业“五位一体”总体布局, 生态文明建设正全方位、全过程地融入经济建设、政治建设、文化建设、社会建设中: 一是制度建设方面, 我国深入实施大气、水、土壤污染防治三大行动计划, 特别是中央环境保护督察制度成为推动地方党委和政府及其相关部门落实生态环境保护责任的硬招、实招, 对 AQI、PM<sub>2.5</sub> 和 PM<sub>10</sub> 等空气污染数据均产生显著的治理效应<sup>[2]</sup>; 而且, 有学者基于河北省的数据研究发现, 中央环保督察制度对河北省居民的健康水平有显著的促进作用<sup>[3]</sup>。二是经济效益方面, 生态旅游是实现生态文明和绿色发展的“样板间”<sup>[4]</sup>, 生态旅游也正在通过其经济效益印证着“绿水青山就是金山银山”的理念; 生态文明建设与生态旅游协调发展, 提高了地区旅游收入, 提升了旅游环境治理能力<sup>[5]</sup>。三是生态文化方面, 有学者认为生态文明理念只有被理解到一定程度后, 才能显著促进环保行为<sup>[6]</sup>, 这也意味着像垃圾分类这样的文明行为是可以被生态文明教育激励的<sup>[7]</sup>, 所以生态文化建设也应该被重视起来。四是民生福祉方面, 生态文明建设不仅满足人们物质层次的需求, 还满足人们精神层面的需求, 既有利于人们的身体健康, 又有利于提高幸福感指数<sup>[8]</sup>, 生态文明建设与幸福梦想之间紧密相连<sup>[9]</sup>。

2013 年我国正式提出建设“生态文明先行示范区”, 这意味着生态文明建设正式上升为国家层面的战略部署; 2014 年确定了第一批“生态文明先行示范区”, 其中江西、福建、贵州、云南和青海更是作为省级建设单位被设立; 2015 年中共中央和国务院提出关于加快推进生态文明建设, 将生态文明建设推向高潮。经过两年多的生态文明先行示范区建设, 江西、福建和贵州被设立

**作者简介:** 谢晗进, 博士, 讲师, 硕士研究生导师, 研究方向为区域环境政策、经济地理。E-mail:184197658@qq.com

**基金项目:** 国家自然科学基金地区科学基金项目“基于工业化和城镇化协调的污染集聚效应及调控机制研究——以长江中游城市群为例”(71864011); 国家自然科学基金地区科学基金项目“产业转移、环境规制与污染集聚——基于我国区际产业转移的分析”(71764007); 江西省社会科学基金项目“中央苏区振兴发展机制研究: 政策驱动效应与空间溢出效应”(20JL06)

为统一规范的“国家生态文明试验区”，并出台了具体的实施方案。这一方面表明了生态文明建设已初具雏形，未来将在更具体、更细节的地方将生态文明建设落到实处，另一方面也说明了我国生态文明建设在江西、福建、贵州三省取得了阶段性进展，未来将从可复制、可推广角度构建统一的生态文明体系。

近年来，全国范围的空气质量得到改善，根据我国生态环境部的数据显示，2017 年全国 338 个地级及以上城市可吸入颗粒物 (PM<sub>10</sub>) 平均浓度下降 22.7%。这说明我国生态文明建设在空气污染治理上取得了明显效果，但生态文明建设对空气质量的具体影响还有待进一步的实证验证。为此，本文将对 2014 年确立的生态文明先行示范区形成的准自然实验环境进行双重差分模型验证，以评估生态文明建设对空气质量改善的成效。然而，省级层面所受到的政策影响和非政策影响远多于城市层面或县域层面，对实证结果产生诸多干扰而导致实证结果不可信，故本文将采用合成控制法 (synthetic-control-method, SCM) 对江西、福建、贵州、云南和青海分别检验生态文明先行示范区建设成效，再运用合成控制法过程中计算得到的相关合成省份作为双重差分模型的控制组进行 DID 检验，由此实现生态文明先行示范区成效的双重验证。

## 1 研究方法数据来源

### 1.1 研究方法

#### 1.1.1 合成控制法 (SCM)

借鉴 Abadie 等<sup>[10-11]</sup>对合成控制法的研究方法进行研究，是目前较为有效的政策评估方法之一，尤其是在无法精准确定最佳控制组时，可以运用合成控制法对现有控制单位计算出最优权重，合成一个虚拟的且变化特征与实验组最为相似的控制组，分析政策前后实验组与合成控制组之间的变化差异，避免主观确定控制组所带来的内生性<sup>[12]</sup>。国内运用合成控制法的相关研究相对较少且 2019 年后才逐渐增多，宋妍等<sup>[13]</sup>运用合成控制法研究汶川地震受灾区县遭遇自然灾害后的经济增长变化，这是县域级别的研究，合成控制组在四川省内选择；唐天伟等<sup>[14]</sup>采用合成控制法研究合肥经济圈建设的生态环境影响进行评价，这是都市圈级别的研究，合成控制组在其他省份省会城市选择，涉及太原、南宁、长春和银川；郭金花和郭淑芬<sup>[15]</sup>采用合成控制法对山西被设立为国家综合配套改革试验区而开展产业结构优化评价，这是省域级别的研究，合成控制组在其他省份之间选择；刘传明等<sup>[16]</sup>采用碳排放权交易试点的上海、北京、广东等 7 个省市进行合成控制法研究，评价碳减排效应，这也是省域级别的研究，而且是多个省份单独选择合成控制组；李国平和李宏伟<sup>[17]</sup>的研究范围再度扩大，研究经济区规划与西部地区经济增长的关系，将北部湾经济区和关中一天水经济区进行合成选择控制组。由此可见，合成控制法在选择控制组方面具有得天独厚的优势，尤其是省级行政范围、经济区、城市群等不具备天然控制组，受到内生性影响又较大的研究范围，对于丰富区域经济学的研究方法具有重要意义。

因此，本文运用合成控制法对生态文明先行示范区江西、福建、贵州、云南和青海生态文明建设对空气质量改善成效进行评价，其余 26 个省份 (除港澳台地区外) 作为控制组按一定权重进行合成，分别合成为合成江西、合成福建、合成贵州、合成云南和合成青海。以江西为例，假设观察到 C+1=27 个省份的空气质量指数，其中第 1 个省份 (江西)，2014 年起具有被设立为生态文明先行示范区的优势，在制度、建设项目、资金等方面获得了优先支持，其他 C=26 个省份为控制组。其中 T<sub>0</sub> 表示生态文明先行示范区开始前的年份，即 2014 年以前，记为 1 ≤ T<sub>0</sub> ≤ T。Y<sub>it</sub><sup>Before</sup> 表示省份 i 在时刻 t 没有建设生态文明先行示范区的空气质量指数，Y<sub>it</sub><sup>After</sup> 表示省份 i 在时刻 t 因建设生态文明先行示范区的空气质量指数。因此，α<sub>it</sub> = Y<sub>it</sub><sup>After</sup> - Y<sub>it</sub><sup>Before</sup> 表示生态文明先行示范区建设的成效。假设当 t ≤ T<sub>0</sub> 时，所有省份 i 符合 Y<sub>it</sub><sup>After</sup> = Y<sub>it</sub><sup>Before</sup>；当 T<sub>0</sub> < t ≤ T 时，则符合 Y<sub>it</sub><sup>After</sup> = Y<sub>it</sub><sup>Before</sup> + α<sub>it</sub>。同时，假设 Dummy<sub>it</sub> 是省份 i 在时刻 t 是否为生态文明先行示范区，是则为 1，否则为 0。由此，第 i 个省份在 t 时刻观测到的空气质量指数可表示为 Y<sub>it</sub> = Y<sub>it</sub><sup>After</sup> + Dummy<sub>it</sub> × α<sub>it</sub>。由于 T<sub>0</sub> 之后只有第 1 个省份 (江西) 开始生态文明先行示范区建设，所以从来没有人估计 α<sub>it</sub>。当 t > T<sub>0</sub> 时，生态文明先行示范区建设成效可用 α<sub>it</sub> = Y<sub>it</sub><sup>After</sup> - Y<sub>it</sub><sup>Before</sup> 表示，Y<sub>it</sub><sup>After</sup> 是生态文明先行示范区的空气质量指数，是可以被观测到的，这是一个“事实”数据；但 Y<sub>it</sub><sup>Before</sup> 却不能被观测到，故我们需要从 26 个可控制省份中合成一个“江西”作为 Y<sub>it</sub><sup>Before</sup> 的“反事实”结果，具体形式如下：

$$Y_{it}^{Before} = \delta_t + \theta Z_i + \lambda \mu_i + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

式中:  $Z_t$  是控制变量;  $\delta_t$  是时间固定效应;  $\theta_t$  是未知的参数向量;  $\lambda_t$  是一个在  $(1 \times F)$  维度上无法观察到的共同因素;  $\mu_t$  是地区固定效应;  $\varepsilon_{it}$  是误差项。为了估计生态文明先行示范区建设的成效, 就必须估计出  $Y_{it}^{Before}$ 。所以, 通过非生态文明先行示范区的省份作为控制组来近似合成 2014 年之前的江西。考虑一个  $(C \times 1)$  维权重向量  $W = (w_2, \dots, w_{j+1})$ , 满足任意的  $c$ ,  $w_c \geq 0$ , 并且  $w_2 + \dots + w_c = 1$ 。权重  $w$  为合成控制的最优解, 即:

$$\sum_{c=2}^{C+1} w_c Y_{ct} = \delta_t + \theta_t \sum_{c=2}^{C+1} w_c Z_c + \lambda_t \sum_{c=2}^{C+1} w_c \mu_c + \sum_{c=2}^{C+1} w_c \varepsilon_{ct} \quad (2)$$

假设存在最优解向量组  $W^* = (w_2^*, \dots, w_{c-1}^*)$  满足:

$$\sum_{c=2}^{C+1} w_c^* Y_{ct} = Y_{11}, \dots, \sum_{c=2}^{C+1} w_c^* Y_{cT_0} \quad (3)$$

其中:

$$\sum_{c=2}^{C+1} w_c^* Z_c = Z_1 \quad (4)$$

若  $\sum_{t=1}^{T_0} \lambda_t^T \lambda_t$  是非奇异矩阵, 则:

$$Y_{it}^{Before} - \sum_{c=1}^{C+1} w_c^* Y_{ct} = \sum_{c=2}^{C+1} w_c^* \sum_{s=1}^{T_0} \lambda_s \left( \sum_{n=1}^{T_0} \lambda_n^T \lambda_n \right)^{-1} \lambda_s^T (\varepsilon_{cs} - \varepsilon_{1s}) - \sum_{c=2}^{C+1} w_c^* (\varepsilon_{ct} - \varepsilon_{1t}) = 0 \quad (5)$$

Abadie 等<sup>[10]</sup> 研究通过最小化实际值与合成值的目标规划进行求解最优解, 式 (5) 已经证明趋于 0, 也就说明当  $T_0 < t \leq T$  时, 即江西在生态文明先行示范区建设后, 可以用  $\sum_{c=2}^{C+1} w_c^* Y_{ct}$  作为  $Y_{it}^{Before}$  的无偏估计, 以此可以估计出生态文明先行示范区建设的成效,  $Y_{it}^{After} - \sum_{c=2}^{C+1} w_c^* Y_{ct}$ 。至此, 可以通过合成控制法对江西、福建、贵州、云南和青海这五个生态文明先行示范区建设对空气质量改善的成效进行一一验证。但要检验生态文明先行示范区整体改革成效, 可以借鉴采用两种方法: 第一, 借鉴李国平和李宏伟<sup>[17]</sup> 将经济区规划城市在数据上归并为一个经济区单位; 第二, 借鉴刘传明等<sup>[16]</sup> 将合成控制组与处理组再做一次双重差分检验。而本文将通过合成控制法选择省份作为控制组, 以表示最大程度展现出与处理组建设生态文明先行示范区之前的拟合效果, 同时还将权重大于 0 的全部省份作为控制组进行稳健性检验, 以验证合成控制法选择控制组的可行性和科学性。换言之, 本文将采用 SCM-DID 模型, 先由合成控制法选择合适的控制组验证生态文明先行示范区的成效, 再运用选择的控制组不计权重的与处理组进行双重差分模型再检验。

### 1.1.2 双重差分模型 (DID)

DID模型在区域经济学研究中发挥着重要作用,刘瑞明和赵仁杰<sup>[18]</sup>运用PSM-DID研究方法对西部大开发进行验证;余靖雯等<sup>[19]</sup>和刘勇政等<sup>[20]</sup>分析了省直管县改革成效;周迪和王明哲<sup>[21]</sup>对国家扶贫改革试验区政策进行了检验;齐绍洲等<sup>[22]</sup>对排污权交易试点政策前后地区的二氧化硫排放企业进行了差分研究。直接验证排污权交易机制对地区环境影响的双重差分和对试点地区企业影响的多重差分的研究,来源于任胜钢等<sup>[23]</sup>,研究表明排污权交易制度显著降低了试点地区的二氧化硫排放量;周迪等<sup>[24]</sup>对低碳试点政策进行影响评估。环境规制同样是生态文明体系中制度建设的重要组成部分。因此,双重差分模型是当前检验政策有效的有效方法之一,故将生态文明先行示范区对空气质量指数的双重差分模型设定如下:

$$API_{it} = \beta_0 + \beta_1 Treat_t \times Post_i + \sum_{j=2}^n \beta_j X_{jit} + \gamma_t + \alpha_i + \varepsilon_{it} \quad (6)$$

式中:API<sub>it</sub>为i省市第t年的空气污染指数,表示空气质量状况;Treat<sub>t</sub>表示第t年是否为生态文明先行示范区建设年份(2014年),是则为1,否则为0;Post<sub>i</sub>表示i省市是否为生态文明先行示范区,是则为1,否则为0;Treat<sub>t</sub>×Post<sub>i</sub>表示i省市第t年在2014年后生态文明先行示范区建设单位,是则为1,否则为0,β<sub>1</sub>是本文研究所关注的系数,若β<sub>1</sub><0,则表示生态文明先行示范区对空气质量具有改善成效;X<sub>jit</sub>表示i省市第t年的第j个控制变量。由于GB3095-2012《环境空气质量标准》出台,使得当前空气质量研究出现了分水岭,胡艺等<sup>[25]</sup>只研究了2004—2013年空气污染数据,以API为因变量;王玉君和韩冬临<sup>[26]</sup>采用2013年截面数据研究空气质量;王岭等<sup>[2]</sup>采用2015—2018年空气质量指数(air quality index, AQI)研究;罗勇根等<sup>[27]</sup>直接将2000—2017年API和AQI作为连续变量纳入研究中。虽然二者都是国内权威的空气质量衡量标准,但新国标将PM<sub>2.5</sub>纳入空气质量指数中,显著降低了诸多地区的空气质量指数,具体证据来源于《中国统计年鉴》关于2013年大部分地区空气质量达到二级标准天数明显下降<sup>①</sup>。因此,为了保证空气质量指数具有连续性,本文仍延续2012年以前使用的空气污染指数来衡量空气质量,故我们需要计算2012年以后的API,具体计算方法借鉴贺灿飞等<sup>[28]</sup>,具体形式如下:

$$API = \max \left[ \frac{I_{high,i} - I_{low,i}}{BP_{high,i} - BP_{low,i}} (C_i - BP_{low,i}) + I_{low,i} \right] \quad (7)$$

式中:API是空气污染指数;i表示纳入空气污染指数统计的三种污染物PM<sub>10</sub>、SO<sub>2</sub>和NO<sub>2</sub>浓度;C<sub>i</sub>是污染物i的平均浓度;BP<sub>high,i</sub>和BP<sub>low,i</sub>分别代表表1中与C<sub>i</sub>相邻的两个值;I<sub>high,i</sub>和I<sub>low,i</sub>分别代表与BP<sub>high,i</sub>和BP<sub>low,i</sub>对应的API值。

表1 API指数参考

API	0	50	100	150	200	300	400	500
PM <sub>10</sub> /(μg/m <sup>3</sup> )	0	50	150	250	350	420	500	600
SO <sub>2</sub> /(μg/m <sup>3</sup> )	0	50	150	475	800	1600	2100	2620
NO <sub>2</sub> /(μg/m <sup>3</sup> )	0	80	120	200	280	565	750	940

## 1.2 数据来源

本文研究数据均来源于《中国统计年鉴》,为了强化合成控制法的合成效果,2014年前数据尽可能时间更长,故采用2005—2018年31个省份(港澳台地区除外)相关研究数据。API数值采用PM<sub>10</sub>、SO<sub>2</sub>和NO<sub>2</sub>年均浓度进行换算;lnperGDP和(lnperGDP)<sup>2</sup>

采用人均 GDP 对数值表示,采用经典的环境库兹涅茨曲线形式;其他控制变量参考周兆媛等<sup>[29]</sup>气象要素,如年均降雨量(Rainy)、日照时数(Sunny)、相对湿度(Humidity)和平均气温(Temp),再引入经济变量包括社会零售消费总额的对数(lnConsume)、固定资产总额的对数(lnInvest)、财政支出(lnGov)进出口总额的对数(lnXM)。另外,在运用合成控制法时,本文借鉴 Abadie 等<sup>[10]</sup>的模型设置,还引入了 2005 年、2010 年和 2013 年 API。描述性统计结果,如表 2 所示。

表 2 描述性统计

变量	观测值	平均值	标准差	最小值	最大值
API	434	73.844	16.081	34.000	177.500
lnperGDP	434	10.413	0.649	8.578	11.855
(lnperGDP) <sup>2</sup>	434	108.857	13.434	73.580	140.535
Temp	434	14.393	5.068	4.300	25.400
Humidity	434	64.694	11.507	31.000	85.000
Sunny	434	2022.905	556.101	598.400	3245.200
Rainy	434	912.130	539.516	74.9	2939.700
lnGDP	434	9.293	1.102	5.526	11.485
lnConsume	434	17.477	1.197	13.504	19.794
lnInvest	434	18.048	1.110	14.489	20.170
lnGov	434	16.965	0.885	14.229	18.874
lnXM	434	14.901	1.781	9.930	19.807

## 2 实证检验

### 2.1 合成控制法检验

#### 2.1.1 结果分析

运用 Stata16.0,运行 Abadie 等<sup>[10]</sup>编写的 Synth 程序指令,对生态文明先行示范区建设的江西、福建、贵州、云南和青海的合成结果如图 1~图 5 所示。其中,图 1、图 2 和图 3 分别是江西与合成江西、福建与合成福建、贵州与合成贵州的空气质量比较,图中不仅显示了 2014 年生态文明先行示范区对空气质量的成效对比,还展示了 2016 年被设立为国家生态文明试验区的成效对比。如图所示,2014 年生态文明先行示范区建设对江西和贵州的空气质量有显著效果;而从 2016 年起,生态文明先行示范区在对空气质量改善成效逐渐减弱。一方面由于全国层面的生态文明建设都在加快推进,另一方面被设立为“国家生态文明试验区”时本身空气质量较好,而且江西、贵州在经过生态文明先行示范区建设后的空气质量改善成效也显著,故与合成控制组省份对比后的生态文明先行示范区成效便不再显著。从云南情况来看,生态文明先行示范区建设对空气质量在 2014 年未见明显成效,但在政策实施后第 1 年出现较为明显的下降,之后也与合成控制组产生了分化走势;从青海情况来看,生态文明先行示范区建设对空气

质量在 2014 年出现了大幅改善, 2015 年也出现了小幅度下降。

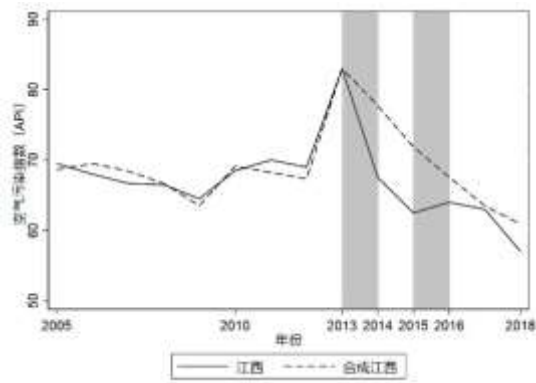


图 1 江西与合成江西 AQI

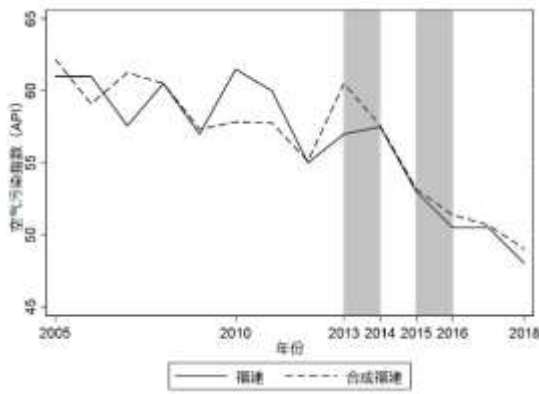


图 2 福建与合成福建 AQI

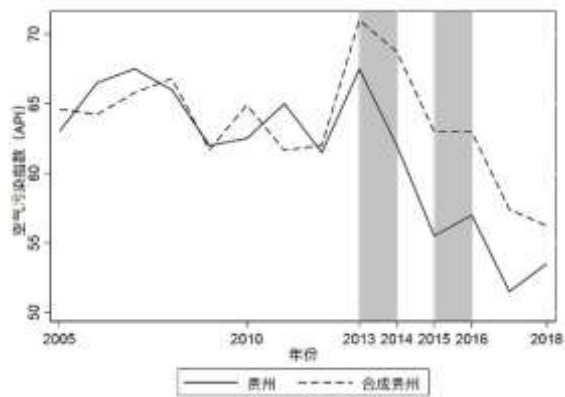


图 3 贵州与合成贵州 AQI

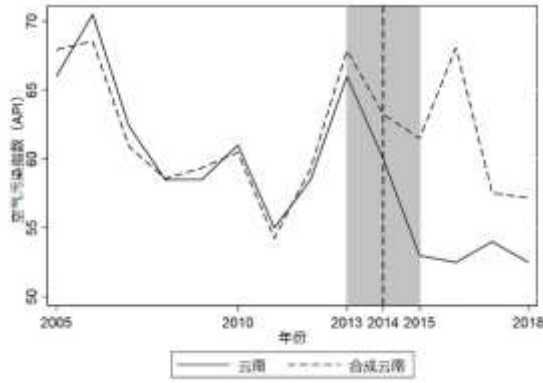


图4 云南与合成云南 API

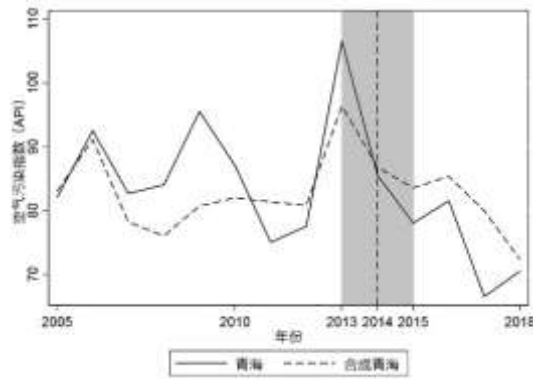


图5 青海与合成青海 API

### 2.1.2 安慰剂检验

从合成情况来看,除福建外,江西、贵州、云南和青海的空气质量均出现了显著改善,但是否真实改善,还要经过“反事实检验”,对其他 26 个省份同时进行合成检验,观察 2014 年后生态文明先行示范区的空气质量改善情况好于其他省份,采用均方根预测误差 (root means quarepre diction error, RMPSE) 衡量生态文明先行示范区与其合成对照组之间的政策前后空气质量差异程度,具体公式如下:

$$RMSPE = \left[ \frac{1}{T_0} \sum_{t=1}^{T_0} \left( C_{1t} - \sum_{k=2}^{k+1} w_k \times C_{kt} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad (8)$$

为了方便比较,本文将整个样本期按照生态文明先行示范区的实施年份划分为两个阶段:政策实施之前 (Before RMPSE) 和政策实施之后 (After RMPSE), After RMPSE 除以 Before RMPSE 作为衡量生态文明先行示范区建设前后成效对比,是为了防止出现政策实施之前就有较大的均方根误差,而导致之后的均方根误差也很大,如图 6~9 所示。图中仅展示了江西、贵州、云南和青海所有权重大于 0 的合成省份比较。结果表明:生态文明先行示范区建设前后,江西的空气质量变化最大,达到了近 14 倍;贵州和云南的空气质量变化在 2 倍左右;而青海变化远没有其合成控制组中的宁夏大。由此可见,2014 年生态文明先行示范区建设对江西、

贵州和云南的空气质量改善成效较为显著。

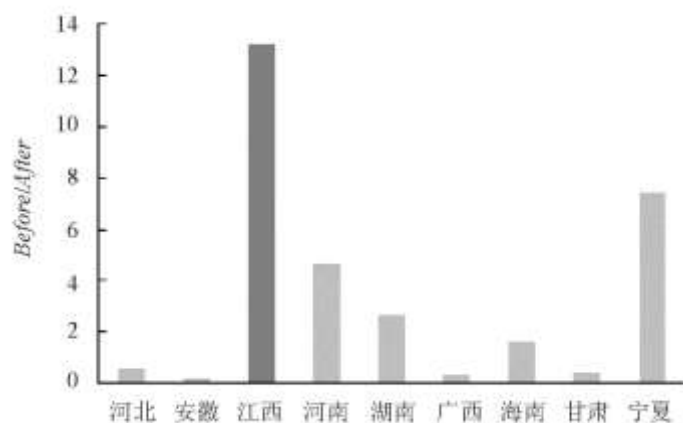


图6 江西政策前后 RMPSE 比值

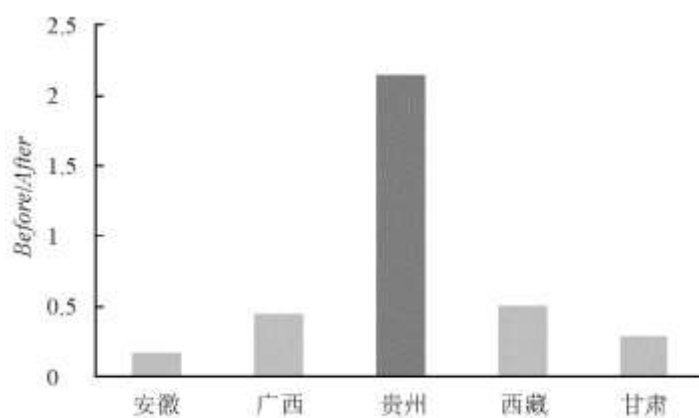


图7 贵州政策前后 RMPSE 比值

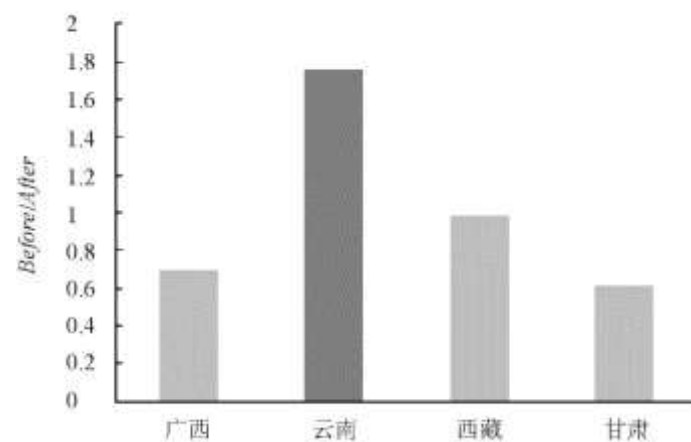


图 8 云南政策前后 RMPSE 比值

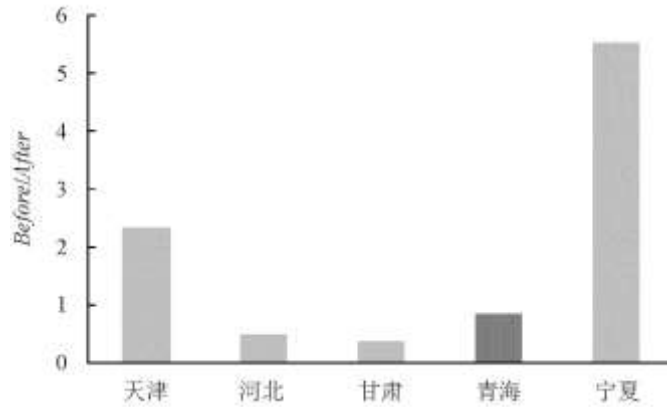


图 9 青海政策前后 RMPSE 比值

## 2.2 双重差分再检验

### 2.2.1 结果分析

根据合成控制法检验结果发现:合成江西由 3.8%河北、17.5%安徽、11.5%河南、0.66%湖南、50.6%广西、0.1%海南、3.3%甘肃和 6.6%宁夏组成;合成福建由 13.9%安徽、60.9%广东和 25.3%海南组成;合成贵州由 36%安徽、32.4%广西、30.2%西藏和 1.4%甘肃组成;合成云南由 19.8%广西、61.5%西藏和 18.7%甘肃组成;合成青海由 6%天津、6%河北、33.1%甘肃和 54.9%宁夏组成。按照尽量不多增加控制组省份数量的原则,选择权重大于 10%的安徽、河南、广东、广西、海南、西藏、甘肃和宁夏作为生态文明先行示范区的控制组。由模型(6)对生态文明先行示范区这一政策的整体效果进行双重差分再检验,结果如表 3 所示。结果表明,无论有无加入控制变量,抑或是单固定效应或双固定效应,生态文明先行示范区建设对空气质量均有改善成效。而且,无控制变量的双重差分项的  $R^2$  达到了 0.859,也表明控制变量对空气质量解释程度很低。因此,我们认为空气质量的改善主要是由生态文明先行示范区建设带来的成效。

表 3 双重差分模型估计结果

变量	OLS (1)	OLS (2)	FE (1)	FE (2)	FE (3)	FE (4)
Treat×Post	-7.559*** (2.390)	-11.521*** (2.240)	-6.305* (3.443)	-8.829** (3.092)	-11.170** (4.001)	-7.818* (3.658)
控制变量	NO	YES	NO	YES	YES	YES
时间固定	NO	NO	YES	NO	YES	YES
地区固定	NO	NO	YES	YES	NO	YES
Adj-R <sup>2</sup>	0.026	0.764	0.859	0.829	0.779	0.866
观测值	182	182	182	182	182	182

### 2.2.2 平行趋势检验

对双重差分模型的平行趋势检验发现,如图 10 所示,2014 年以前的动态政策效应均不显著,2014 年以后包括 2014 年生态文明先行示范区对空气质量改善的成效就已经显现,但 2016 年开始便逐渐失效,延续性不强,这与合成控制法的结论基本一致。

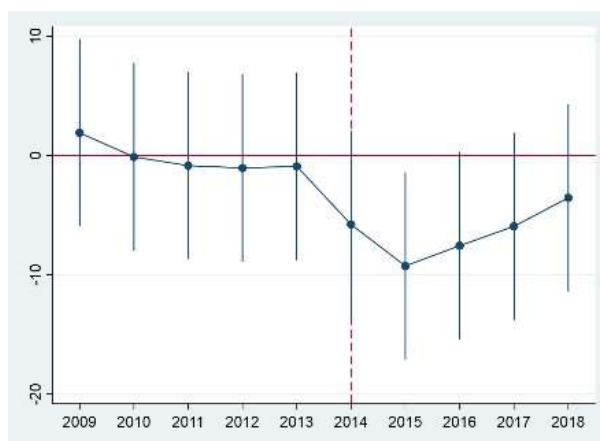


图 10 平行趋势检验

### 2.2.3 安慰剂检验

由于控制变量基本不显著,也对模型解释作用不大,而且为了排除控制变量对空气质量产生作用,安慰剂检验部分将不再加入控制变量。在对双重差分进行安慰剂检验中,如表 4 所示,将生态文明先行示范区建设时间提前一年和提前两年开始施行,检验结果均不显著;再对控制组进行随机选择两次,发现双重差分项系数仍然不显著。因此,通过安慰剂检验结果表明上述研究结论有效,生态文明先行示范区对空气质量有改善成效。

表 4 安慰剂检验与稳健性检验结果

变量	提前一年	提前两年	随机一次	随机两次	PM <sub>10</sub>	增加样本
Treat×Post	-5.487 (3.803)	-4.999 (3.577)	0.432 (5.094)	-1.108 (4.809)	-0.016* (0.007)	-6.848** (3.028)
控制变量	NO	NO	NO	NO	NO	NO
时间固定	YES	YES	YES	YES	YES	YES
地区固定	YES	YES	YES	YES	YES	YES
Adj-R <sup>2</sup>	0.857	0.856	0.853	0.850	0.857	0.773
观测值	182	182	182	182	182	224

### 2.3 稳健性检验

无论是合成控制法结论的安慰剂检验还是双重差分模型结论的安慰剂检验,均得到了生态文明先行示范区对空气质量具有

改善成效的结论。这部分将再次对双重差分模型进行稳健性检验,首先将  $PM_{10}$  年均浓度替代空气污染指数 API,结果表明生态文明先行示范区对  $PM_{10}$  仍然具有改善作用;再将合成控制法筛选剩余的低于 10% 权重的省份加入控制组中进行双重差分回归发现,结果仍然显著。因此,我们认为,生态文明先行示范区建设对空气质量确实有了改善成果。

### 3 结论与讨论

生态文明先行示范区为设立统一规范的生态文明试验区以及构建生态文明体系起到了关键作用。习近平总书记指出,生态环境是人类生存和发展的根基,生态环境变化直接影响文明兴衰演替。江西、福建、贵州、云南和青海作为省级生态文明先行示范区,承担了生态文明体系探索和推广的重要任务,首先要在生态环境质量上有所突破。为此,本文运用合成控制法和双重差分模型对空气质量改善成效进行双重验证,得到以下结论。

(1) 合成控制法验证结果表明,江西、贵州和云南的生态文明建设对空气质量具有显著的改善成效,其中江西的生态文明建设成效最为明显;2016 年开始,随着全国范围开始加快推进生态文明建设,江西、贵州和云南的生态文明建设成效相对于其他控制组省份不再显著;此外,福建和青海的生态文明建设在空气质量改善方面尚未产生明显效果。

(2) 双重差分模型验证结果表明,生态文明先行示范区建设总体上对空气质量改善具有推动作用;在经过多次稳健性检验下,双重差分系数仍然显著,说明生态文明先行示范区在大气环境治理措施上具有显著成效;而且,2016 年开始,生态文明先行示范区建设对空气质量改善作用受到生态文明试验区干扰,出现不显著情况。

(3) 通过合成控制法和双重差分模型的双重验证,我们发现两种方法互为补充。具体而言,合成控制法优势在于对单一处理组进行合成再比较,得到政策的地区异质性;双重差分模型优势在于对整体处理组进行估计,得到政策的整体效应。二者相互强化了本文生态文明先行示范区对空气质量改善成效。

(4) 生态文明先行示范区对空气质量改善的评价结果支持了我国大力推进生态文明建设的重大意义,也为生态文明试验区建设,以及更长远的生态文明体系的构建起到了较好的经验价值。江西、贵州和云南应当作为生态文明建设的模板,向全国推广建设经验,加快社会经济与资源环境的协调发展,最终实现人与自然和谐共生。

#### 参考文献:

- [1] 习近平. 推动我国生态文明建设迈上新台阶[J]. 求是, 2019(3): 4-19.
- [2] 王岭, 刘相锋, 熊艳. 中央环保督察与空气污染治理——基于地级城市微观面板数据的实证分析[J]. 中国工业经济, 2019(10): 5-22.
- [3] 涂正革, 邓辉, 谌仁俊, 等. 中央环保督察的环境经济效益: 来自河北省试点的证据[J]. 经济评论, 2020(1): 3-16.
- [4] 马勇, 郭田田. 践行“两山理论”: 生态旅游发展的核心价值与实施路径[J]. 旅游学刊, 2018(8): 16-18.
- [5] 丛小丽, 黄悦, 刘继生. 吉林省生态旅游与旅游环境耦合协调度的时空演化研究[J]. 地理科学, 2019(3): 496-505.
- [6] 王然, 孙桦, 成金华, 等. 高校生态文明教育对大学生垃圾分类行为的影响——基于全国 152 所高校的实证研究[J]. 干旱区资源与环境, 2020(5): 21-27.

- 
- [7]张惠虹. 生态文明教育的反思与优化——从垃圾分类说起[J]. 思想理论教育, 2019(10):107-111.
- [8]李龙强, 李桂丽. 民生视角下的生态文明建设探析[J]. 中国特色社会主义研究, 2016(6):82-87.
- [9]牛建宏. 建设生态美丽云南实现幸福梦想[J]. 中国人口·资源与环境, 2013(S2):25-27.
- [10]Abadie A, Diamond A, Hainmueller J. Synthetic control methods for comparative case studies: Estimating the effect of California's tobacco control program[J]. Journal of the American Statistical Association, 2010, 105(490): 493-505.
- [11]Abadie A, Diamond A, Hainmueller J. Comparative politics and the synthetic control method[J]. American Journal of Political Science, 2015, 59(2):495-510.
- [12]刘友金, 曾小明. 房产税对产业转移的影响:来自重庆和上海的经验证据[J]. 中国工业经济, 2018(11):98-116.
- [13]宋妍, 李振冉, 张明. 自然灾害对经济增长的长期间接影响——基于汶川地震灾区县级数据的合成控制法分析[J]. 中国人口·资源与环境, 2019(9):117-126.
- [14]唐天伟, 凌玉洁, 史菲菲. 省会经济圈建设对区域生态环境影响的实证分析——以合肥经济圈为例[J]. 经济经纬, 2020(1):17-24.
- [15]郭金花, 郭淑芬. 国家综合配套改革试验区设立促进了地方产业结构优化吗——基于合成控制法的实证分析[J]. 财经科学, 2019(8):69-81.
- [16]刘传明, 孙喆, 张瑾. 中国碳排放权交易试点的碳减排政策效应研究[J]. 中国人口·资源与环境, 2019(11):49-58.
- [17]李国平, 李宏伟. 经济区规划促进了西部地区经济增长吗?——基于合成控制法的研究[J]. 经济地理, 2019(3):20-28.
- [18]刘瑞明, 赵仁杰. 西部大开发:增长驱动还是政策陷阱——基于PSM-DID方法的研究[J]. 中国工业经济, 2015(6):32-43.
- [19]余靖雯, 孙文莉, 龚六堂. 省管县改革对公共教育供给的影响——基于双重差分模型的估计[J]. 经济评论, 2017(6):38-52.
- [20]刘勇政, 贾俊雪, 丁思莹. 地方财政治理:授人以鱼还是授人以渔——基于省直管县财政体制改革的研究[J]. 中国社会科学, 2019(7):43-63, 205.
- [21]周迪, 王明哲. 改革迸活力:国家扶贫改革试验区政策的经济效应研究[J]. 中国农村观察, 2019(6):127-144.
- [22]齐绍洲, 林岫, 崔静波. 环境权益交易市场能否诱发绿色创新?——基于我国上市公司绿色专利数据的证据[J]. 经济研究, 2018(12):129-143.
- [23]任胜钢, 郑晶晶, 刘东华, 等. 排污权交易机制是否提高了企业全要素生产率——来自中国上市公司的证据[J]. 中国工业经济, 2019(5):5-23.

- 
- [24]周迪,周丰年,王雪芹. 低碳试点政策对城市碳排放绩效的影响评估及机制分析[J]. 资源科学, 2019(3):546-556.
- [25]胡艺,张晓卫,李静. 出口贸易、地理特征与空气污染[J]. 中国工业经济, 2019(9):98-116.
- [26]王玉君,韩冬临. 空气质量、环境污染感知与地方政府环境治理评价[J]. 中国软科学, 2019(8):41-51.
- [27]罗勇根,杨金玉,陈世强. 空气污染、人力资本流动与创新活力——基于个体专利发明的经验证据[J]. 中国工业经济, 2019(10):99-117.
- [28]贺灿飞,张腾,杨晟朗. 环境规制效果与中国城市空气污染[J]. 自然资源学报, 2013(10):1651-1663.
- [29]周兆媛,张时煌,高庆先,等. 京津冀地区气象要素对空气质量的影响及未来变化趋势分析[J]. 资源科学, 2014(1):191-199.