新框架核算下中国省级绿色 GDP 增长时空演变及驱动

尹向飞[1]

（湖南财政经济学院 经济学院，中国湖南 长沙 410205）

【摘 要】：文章借鉴 Solow 全要素生产率测算的思想，建立起绿色 GDP 增长率和绿色 TFP 增长率、综合生产要素增长率之间的联系，并对中国省级数据进行实证研究，结果表明，相比传统 GDP，中国绿色 GDP 以更高的速度增长；自“十五”计划以来，中国和各地区绿色 GDP 增长的主要驱动力为综合生产要素的增长。东中部、东西部传统 GDP 差距呈缩小变化趋势，但绿色 GDP 差距呈扩大变化趋势，而绿色 TFP 差距扩大是主要原因；尽管上海、天津等省市 GDP 增长率排名靠后，但其绿色 GDP 增长位于全国前列。

【关键词】：绿色 GDP 增长率 绿色发展 政绩考核

【中图分类号】：F222.33**【文献标志码】**：A**【文章编号】**：1000-8462（2021）01-0049-09

自改革开放以来，中国经济保持了 40 年左右的高速增长，但经济增长所带来的环境污染备受关注，因此纳入环境污染因素的绿色经济增长成为学术界研究的热点。尽管不少学者提出了各种绿色经济增长的测算方法，但是相关方法计算复杂，相关数据的获取存在很大困难，可行性、可操作性有待提高，因此找到一种科学、可行、难度较低的绿色经济增长测算方法，一直是学术界关注的热点。绿色经济增长也受到政界的关注，早在 2004 年 3 月，时任浙江省委书记习近平就提出：“不能盲目发展，污染环境，给后人留下沉重负担，而要按照统筹人与自然和谐发展的要求，做好人口、资源、环境工作。为此，我们既要 GDP，又要绿色 GDP”，2005 年提出“绿水青山也是金山银山”，2019 年中央经济工作会议上指出：“坚定不移贯彻创新、协调、绿色、开放、共享的新发展理念，推动高质量发展”，因此绿色经济增长测算方法仍然存在很大的研究空间，并具有十分重要的现实意义。

通过对相关文献进行梳理，发现具有如下特征：

(1)绿色 GDP 核算研究。1993 年联合国统计局和世界银行合作制定了系统的综合环境与经济核算账户（简称 SEEA），其核心思想是将资源、污染成本纳入国民经济核算体系，对 GDP 进行调整来测算绿色 GDP，在此基础上，衍生出系列绿色 GDP 间接测算方法，如能值分析法[1]、外部经济和外部不经济测算法[2-4]、社会福利测算法[5]、基于 SEEA 的平衡推算法[6]、投入产出法[7]等等。还有一些学者利用直接法对绿色 GDP 进行测算，该方法和传统 GDP 的核算方法十分类似，包括支出法和生产法，生产法为各部门总产出减去中间投入之和，不过这里的中间投入包括自然资源的投入；绿色 GDP 的支出法和传统 GDP 的支出法类似，包括最终消费、投资和净出口，但增加了自然资产耗减。王铮等[8]在 Bar‐ro[9]和 Asheim[10]的基础上，对上海的绿色 GDP 进行测算。上述测算方法存在治理污染费用存在争议、绿色 GDP 核算中相关项难以货币化、外部影响与虚拟费用的测算困难等问题[11]。

[1]**作者简介**：尹向飞(1974-)，男，湖南邵阳人，博士，教授，主要研究方向为全要素生产率。E-mail:448560773@qq.com
基金项目：国家社会科学基金一般项目(17BJL119);湖南省社会科学成果评审委员会课题(XSP17YBZZ072);湖南省教育厅科学研究重点项目(19A078)

(2)利用绿色全要素生产率来测算绿色经济增长。这方面的大多数研究将废水、SO_2等污染作为非期望产出，利用 Chung 等提出的方向距离函数[12]，通过测算绿色全要素生产率来度量绿色经济增长[13-17]。也有少数其他学者利用其他方法测算绿色全要素生产率，如汪莉等[18]利用 Fukuyama 和 Weber[19]提出的 SBM 模型测算绿色全要素生产率，胡琰欣等将污染综合指标取倒数，利用 DEA 模型对中国各省市绿色全要素生产率进行测算[20]；杨文举将环境变量引入生产函数，利用索洛扩展模型，对中国地区工业绿色全要素生产率进行测算[21]。上述研究在测算绿色经济增长时，忽略了资本、劳动力投入对绿色经济增长的影响。

(3)通过构建指标体系来测算绿色 GDP。贾湖等从经济发展、资源节约、环境友好等四个方面，构建一个由 32 个指标组成的绿色 GDP 指标体系[22]。沈菊琴等利用 DPSIR 模型，从驱动力、状态等五方面，构建由 29 个二级指标组成的绿色 GDP 指标体系[23]。杨雪星构建一个由 3 个二级指标，6 个三级指标和 6 个四级指标组成的绿色 GDP 指标体系[24]。测算方法主要有熵值法、主成分分析法等。通过构建指标体系来测算绿色 GDP，严格意义上是一个绿色发展指数，而非绿色 GDP 或者绿色经济增长率指标。

上述文献丰富了绿色经济增长测算理论，但上述绿色 GDP 增长率测算方法存在测算困难、忽略要素投入的影响和不是严格意义上绿色 GDP 增长率等问题。为此，本文基于 Solow 的思想[25]，提出一个测算绿色 GDP 增长率的新框架，体现在如下两个方面：(1)核心理论基础与前述研究不同。本文的核心理论是基于 Solow 的全要素生产率测算方法，认为绿色 GDP 增长率等于生产要素增长加上绿色 TFP 增长率，这明显不同于将资源、污染成本纳入国民经济核算体系的绿色 GDP 核算理论和利用熵值法、主成分分析法等方法测算的绿色 GDP 测算理论。(2)测算模型和方法存在很大差异。SEEA 等方法是基于国民经济核算体系，利用支出法、生产法、投入产出法等方法来测算绿色 GDP；贾湖、孙悦等构建的绿色 GDP 测算体系，主要用到熵值法、主成分分析法[22-23]；本文提出的绿色 GDP 增长率测算方法主要基于 DEA 测算模型。

本文提出的绿色 GDP 增长率测算方法的优势如下：(1)借鉴已有绿色 GDP 测算方法的优点，并对其进行了改进。借鉴绿色 GDP 间接测算方法，本文在构建模型时，利用 GDP 对环境污染进行调整来构建绿色产出，但不同于以前相关研究，本文中的各类环境污染权重由模型内生产生，从而能够很好避免治理污染费用、绿色 GDP 核算中相关项难以货币化、外部影响与虚拟费用的测算困难等问题，并且本文所提出的绿色 GDP 增长率测算方法，能够处理多产出问题，而非仅仅对 GDP 进行调整。借鉴李江龙等的观点[13]，绿色经济增长应该包括绿色全要素生产率增长率，但不同于上述研究，本文的绿色 GDP 增长率还包括生产要素的增长，这更符合实际。(2)降低了绿色 GDP 增长率测算的难度，提高了测算的可行性。本文借鉴 Solow 的思想[25]，提出的绿色 GDP 增长率测算方法，能够避免治理污染费用、绿色 GDP 核算中相关项难以货币化等问题，因此更加简单，更具可行性。

1 模型构建

基于 Solow 的思想[25],TFP 增长率为经济增长减去生产要素增长的加权平均值（本文简称为综合生产要素增长），这就意味着经济增长为综合生产要素增长加上 TFP 增长率。类似的我们可以定义绿色 GDP 增长率等于综合生产要素增长加上绿色 TFP 增长率。

1.1 绿色 TFP 增长率的测算

数据包络分析模型建立在投入产出的基础上，对于每一个决策单元，都有一个相对效率评价指标。本文基于规模报酬不变的 CCR 模型，来测算绿色全要素生产率，具体如下：

$$\max h_0 = \sum_{r=1}^{s} u_r y_{ro} \Big/ \sum_{i=1}^{m} v_i x_{io}$$

$$s.t.\begin{cases} \sum_{r=1}^{s} u_r y_{rj} \leqslant 1 \Big/ \sum_{i=1}^{m} v_i x_{ij} \ (j = 1,2,\cdots,n) \\ u_r \geqslant 0, r = 1,2\cdots s_1; u_r \leqslant 0, r = s_1 + 1, \\ s_1 + 2\cdots s; v_i \geqslant 0, i = 1,2,\cdots,m \end{cases} \quad (1)$$

式中：n 代表决策单元个数；m 代表生产要素种类数；x_{ij} 表示第 j 个决策单元第 i 种生产要素的投入；s_1 表示期望产出的种类数；$s-s_1$ 表示非期望产出的种类数，前面 s_1 类产出为期望产出，第 s_1+1, s_1+2，…，s 类产出为坏产出；y_{rj} 表示第 j 个决策单元第 r 种产出。由于第 s_1+1, s_1+2，…，s 类产出为非期望产出，所以本文借鉴绿色 GDP 间接测算方法，令模型（1）中对应的 $u_r<0$，体现利用期望产出对非期望产出进行调整来构建绿色 GDP 指数，因此模型（1）目标函数的分子实际上是不同种类产出的加权和；模型（1）目标函数的分母是生产要素的加权和，因此通过其计算出来的决策单元效率值为不同产出的加权和除以投入的不同生产要素的加权和，因此其本质上是单位综合生产要素所带来的综合产出指标。

使用 Charnes-Cooper 变化，令 $t = \frac{1}{v^T x_o}, w = tv,$

μ=tu, v 为由 v_1, v_2，…，v_m 组成的列向量，u 为由 u_1, u_2，…，u_n 组成的列向量，则有

$$\max h_{j0} = \mu^T y_o$$

$$s.t.\begin{cases} w^T x_j - \mu^T y_j \geqslant 0 \ (j = 1,2,\cdots,n) \\ w^T x_0 = 1 \\ w \geqslant 0, \mu_r \geqslant 0, r = 1,2,\cdots,s_1; \\ \mu_r \leqslant 0, r = s_1 + 1, s_1 + 2,\cdots,s \end{cases} \quad (2)$$

显然，模型（1）有无穷多最优解，因为对于任何一个最优解，其 k 倍也是其最优解，因此我们取适当的倍数，使得 t=1，那么 w=v, μ=u，也就是说模型（2）的最优解也是（1）的最优解，模型（2）是将第 0 个决策单元的综合生产要素指标压缩为 1 的情况下来测算效率值。模型（2）的对偶问题为：

$$\min\theta$$

$$s.t.\begin{cases} \sum_{j=1}^{n} \lambda_j x_j \leqslant \theta x_0 \\ \sum_{j=1}^{n} \lambda_j y_{rj} \geqslant y_{r0} \ (r = 1,2,\cdots,s_1) \\ \sum_{j=1}^{n} \lambda_j y_{rj} \leqslant y_{r0} \ (r = s_1 + 1, s_1 + 2,\cdots,s) \\ \lambda_j \geqslant 0, j = 1,2,\cdots,n \end{cases} \quad (3)$$

显然模型（3）表示在期望产出大于第 0 个决策单元对应的期望产出，非期望产出低于第 0 个决策单元对应的非期望产出条件下，第 0 个决策单元各种投入的生产要素能够缩小的倍数，这是一个以投入为导向的效率测量模型，符合经济学原理。

基于模型（2）测算的效率，利用 Fare 等提出的 Malmquist 指数法测算的 TFP 增长指标[26-27]，然后取对数，就可以得到绿色全要素生产率增长率，记为 TFPG，具体公式在此不再赘述。

1.2 综合生产要素增长率和绿色 GDP 增长率的测算

设第 0 个决策单元在第 t 期投入的生产要素为$x_0=(x_{10},x_{20},\cdots,x_{m0})^T$，Fare 等提出的增长指标需要 4 个效率测算模型[26-27]，设它们的最优解如下：在第 t 期技术水平下测算第 0 个决策单元第 t 期效率的最优解为$w_0^t=(w_{10}^t,w_{20}^t,\cdots,w_{m0}^t)^T$，根据模型（2）的第二个约束有$\sum_{i=1}^{m}w_{i0}^t x_{i0}^t=1$，在第 t 期技术水平下测算第 0 个决策单元第 t+1 期效率的最优解为$w_{t+1}^t=(w_{1t+1}^t,w_{2t+1}^t,\cdots,w_{mt+1}^t)^T$，根据模型（2）的第二个约束$\sum_{i=1}^{m}w_{it+1}^t x_{it+1}^t=1$，在第 t+1 期技术水平下测算第 0 个决策单元第 t 期效率的最优解为$w_t^{t+1}=(w_{10}^{t+1},w_{20}^{t+1},\cdots,w_{m0}^{t+1})^T$，根据模型（2）的第二个约束有$\sum_{i=1}^{m}w_{i0}^{t+1}x_{i0}^{t+1}=1$，在第 t+1 期技术水平下测算第 0 个决策单元第 t+1 期效率的最优解为$w_{t+1}^{t+1}=(w_{1t+1}^{t+1},w_{2t+1}^{t+1},\cdots,w_{mt+1}^{t+1})^T$，根据模型（2）的第二个约束有$\sum_{i=1}^{m}w_{it+1}^{t+1}x_{it+1}^{t+1}=1$，借鉴 Fare 等提出的 Malmquist 指数法[26-27],可以构建综合生产要素增长率（记为 InputG），具体如下：

$$inputG_{0t}=\ln\left(\frac{\sum_{i=1}^{m}w_{it+1}^{t}x_{i0}^{t+1}}{\sum_{i=1}^{m}w_{it+1}^{t}x_{i0}^{t}}\frac{\sum_{i=1}^{m}w_{it+1}^{t+1}x_{i0}^{t+1}}{\sum_{i=1}^{m}w_{it+1}^{t+1}x_{i0}^{t}}\frac{\sum_{i=1}^{m}w_{it}^{t}x_{i0}^{t+1}}{\sum_{i=1}^{m}w_{it}^{t}x_{i0}^{t}}\frac{\sum_{i=1}^{m}w_{it}^{t+1}x_{i0}^{t+1}}{\sum_{i=1}^{m}w_{it}^{t+1}x_{i0}^{t}}\right)$$

对上式进行化简，可以得到如下等式

$$inputG_{0t}=\ln\left(\frac{\sum_{i=1}^{m}w_{it}^{t}x_{i0}^{t+1}}{\sum_{i=1}^{m}w_{it+1}^{t}x_{i0}^{t}}\frac{\sum_{i=1}^{m}w_{it}^{t+1}x_{i0}^{t+1}}{\sum_{i=1}^{m}w_{it+1}^{t+1}x_{i0}^{t}}\right)^{1/4} \qquad (4)$$

根据绿色 GDP 增长率为绿色 TFP 增长率和综合生产要素增长率之和，因此本文绿色 GDP 增长率（记为 GGDPG）的计算公式如下：

$$GGDPG_{0t}=inputG_{0t}+TFPG_{0t} \qquad (5)$$

2 实证研究

2.1 变量说明及数据来源

本文实证研究的对象为中国大陆地区省级绿色 GDP 增长率，考虑到青海、西藏的数据缺失严重，因此将其排除后得到 29 个省市，研究时间段为 1995—2018 年。考虑到数据的可获得性，本文的生产要素为就业和资本存量，期望产出为以 1995 年价格表示的 GDP，非期望产出有工业固体废弃物产生量、工业 SO_2 排放量、工业废水排放量。资本存量的折旧率和计算方法，2010 以后各省市就业的处理，1995—1996 年重庆、四川数据的处理、东中西部省份的划分等与尹向飞等的处理方法相同[28]。所涉及的数据来自于历年的《中国统计年鉴》、各省市统计年鉴。

2.2 国家层面绿色 GDP 增长率及其驱动力研究

以历年各省市 GDP 占该年国家 GDP 比重为权重，对各省市绿色 GDP 增长率、绿色 TFP 增长率、综合生产要素增长率进行加权平均，得到全国绿色 GDP 增长率、绿色 TFP 增长率、综合生产要素增长率，具体结果见表 1。

从表 1 可以得出以下结论：(1)在 2015 年之前，除了 1998 年以外，其他年份中国绿色 GDP 都保持两位数以上的高速增长；2015—2018 年,除了 2016 年增长速度为 10.26%以外,其他年份都低于 10%。“九五”“十五”“十一五”“十二五”、2016—2018 年平均绿色 GDP 增长率分别为 11.95%、13.54%、14.17%、12.05%和 9.19%。(2)除了 1998 年以外，其他年份绿色 GDP 增长率都高于传统 GDP 增长率，导致这一结果的原因将在后面进行说明。两者差距最大的三个年份分别为 2011、2012 和 2001 年，绿色 GDP 增长率比传统 GDP 增长率分别高 4.1%、3.98%和 3.97%。“九五”“十五”“十一五”“十二五”、2016—2018 年平均绿色 GDP 增长率和传统 GDP 增长率的差距分别为 2.19%、2.29%、2.02%、2.99%和 2.31%。(3)绿色 TFP 增长率在 1996—2005 年总体上呈下降变化趋势，从 12.77%下降到 0.99%；在 2006 年以后呈波动变化趋势。“九五”期间中国绿色 TFP 增长率为 9.61%，对绿色 GDP 增长率的贡献达到 80.41%，是推动绿色 GDP 增长的主要动力。“十五”“十一五”“十二五”、2016—2018 年平均绿色 TFP 增长率分别为 5.27%、0.73%、-1.49%和 1.15%，对绿色 GDP 增长率的贡献分别为 38.94%、5.18%、-12.38%和 12.47%。(4)综合生产要素在 2001 年之前增长缓慢，增长率在 5%以下，在 2004—2016 年保持两位数以上的增长，在 2017、2018 年后降低到 8.04%和 5.25%。综合生产要素的增长在“九五”期间对绿色 GDP 增长率的贡献为 19.59%，但在其他时间段都超过了 60%。

表 1 1995—2018 年中国绿色 GDP 增长率、TFPG 和综合生产要素增长率（%）

年份	GDP 增长率	TFPG	inputG	绿色 GDP 增长率	TFPG 贡献	inputG 贡献
1996	11.04	12.77	1.27	14.03	90.98	9.02
1997	10.44	10.80	2.16	12.95	83.36	16.64
1998	9.31	7.55	1.30	8.85	85.28	14.72
1999	8.68	9.47	3.19	12.66	74.79	25.21
2000	9.34	7.47	3.79	11.26	66.35	33.65
2001	9.19	7.20	4.86	12.05	59.72	40.28
2002	10.32	7.98	6.26	14.24	56.02	43.98
2003	11.60	4.76	8.66	13.43	35.46	64.54
2004	12.81	5.44	10.07	15.51	35.08	64.92
2005	12.34	0.99	11.49	12.48	7.95	92.05
2006	12.89	2.34	13.93	16.27	14.41	85.59
2007	13.45	4.36	10.84	15.20	28.70	71.30
2008	11.09	0.54	12.60	13.15	4.12	95.88
2009	11.03	-1.90	15.32	13.42	-14.16	114.16
2010	12.32	-1.68	14.51	12.83	-13.10	113.10
2011	11.11	0.82	12.63	13.45	6.10	93.90

2012	9.75	0.02	13.83	13.85	0.13	99.87
2013	9.02	-2.16	15.16	12.99	-16.64	116.64
2014	7.91	-3.19	13.75	10.56	-30.17	130.17
2015	7.50	-2.95	12.36	9.41	-31.33	131.33
2016	7.02	-0.58	10.84	10.26	-5.61	105.61
2017	6.97	1.17	8.04	9.21	12.73	87.27
2018	6.63	2.84	5.25	8.09	35.10	64.90
“九五”	9.76	9.61	2.34	11.95	80.41	19.59
“十五”	11.25	5.27	8.27	13.54	38.94	61.06
“十一五”	12.16	0.73	13.44	14.17	5.18	94.82
“十二五”	9.06	-1.49	13.54	12.05	-12.38	112.38
2016-2018	6.87	1.15	8.04	9.19	12.47	87.53
平均	10.08	3.22	9.22	12.44	25.45	74.55

导致大多数年份绿色 GDP 增长率高于传统 GDP 增长率的可能原因在于污染排放的下降，而污染排放下降的主要原因如下：(1)绿色资本大幅增长。环境污染治理投资是增加绿色资本的重要手段之一。针对人民日益关注的环境污染问题，我国加大环境污染治理投资，从 1999 年的 823.2 亿元上升到 2010 年的 7612.2 亿元，再上升到 2017 年的 9538.95 亿元 1，年均增长 13.6%。环境污染治理投资的大幅增加，推动了绿色资本大幅增长。(2)技术水平大幅提高。信息技术、大数据、人工智能等先进技术的快速发展以及逐步推广到生产领域，大幅提高了生产效率，降低了单位 GDP 的生产原材料、能源投入，提高了产出，降低了排放，促进了绿色 GDP 增长。根据历年中国统计数据进行分析，发现以 1990 年价格计算的 GDP，万元 GDP 能耗从 1996 年的 3.69t 标准煤，下降到 2000 年的 2.89t 标准煤，再下降到 2010 年的 2.60t 标准煤，下降到 2018 年的 2.42t 标准煤。(3)环境规制大幅加强。我国一直重视环境污染问题，制定各种环境保护制度，加大污染排放的处罚力度，这可以从排污费征收金额变化看出来。1996 年中国排污费征收金额为 40.96 亿元，2000 年上升到 61.4 亿元，2005 年上升到 123.2 亿元，2010 年上升到 177.93 亿元，2017 年上升到 600 亿元，排污费的大幅上升提高了企业排污的成本，降低了污染排放量。(4)清洁能源广泛使用。从能源消费的占比来看，从 1996 年开始，煤炭、石油消费的占比总体上呈逐年下降变化趋势，煤炭消费从 1996 年的 75%下降到 2018 年的 69.3%，石油消费占比从 1996 年的 16.9%下降到 2018 年的 7.2%；清洁能源消费占比逐年上升，其中天然气消费占比从 1996 年的 2%上升到 2018 年的 5.5%，一次性电力及其他能源消费占比从 1996 年的 6.1%上升到 2018 年的 18%。

2.3 地区绿色 GDP 增长率、绿色 GDP 增长率差距及其驱动力研究

以历年各省市 GDP 占该年对应地区 GDP 的比重为权重，对各省市绿色 GDP 增长率、绿色 TFP 增长率、综合生产要素增长率进行加权平均，得到各地区绿色 GDP 增长率、绿色 TFP 增长率、综合生产要素增长率。

东部地区 GDP 增长率、绿色 GDP 增长率、绿色 TFP 增长率、综合生产要素增长率变化趋势图如图 1。从图 1 可以看出，东部地区综合生产要素在 1995—2006 年总体上呈加速增长趋势，在 2007 年增速出现较大回调，然后加速增长至 2013 年后，增速呈下降变化趋势。绿色 TFP 在 2015 年之前增长率为正，但总体上增速下降，在 2015 年后增速上升。在 2012 年之前，绿色 GDP 增长率呈波动变化趋势，在 2012 年之后呈下降变化趋势。在 1996—2003 年，绿色全要素生产率的增长是绿色 GDP 增长的主要推动力，但在 2003 年后，综合生产要素增长率是主要推动力。绿色 GDP 增长率在绝大多数年份都高于传统 GDP 增长率，并且差距较大。“九五”“十五”“十一五”“十二五”、2016—2018 年东部地区平均绿色 GDP 增长率分别为 12.96%、15.08%、14.78%、13.56%和 9.40%，分别比对应时期传统 GDP 增长率高 2.70%、3.32%、2.84%、5.01%、2.83%。

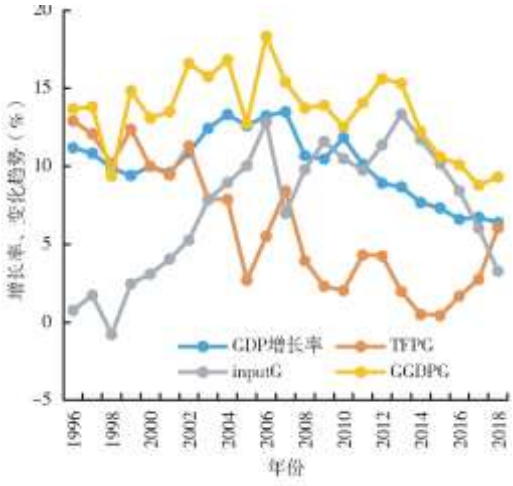

图 1 东部地区 GDP、绿色 TFP、综合生产要入和绿色 GDP 增长变化趋势图

图 2 反映了中部地区 GDP 增长率、绿色 GDP 增长率、绿色 TFP 增长率、要素增长率变化趋势。从图 2 可以看出，中部地区综合生产要素在 1995—2009 年呈加速增长趋势，从 2.06%上升到 21.24%，此后增速呈下降变化趋势。绿色 TFP 在 2004 年之前增速为正，但总体上增速下降，从 2005 年开始为负，这说明中部地区从 2005 年开始，绿色经济增长质量不但没有上升，反而下降。1996—1998 年，绿色 GDP 增长率呈下降变化趋势，在 1999—2007 年总体上呈增长趋势，此后总体上呈下降变化趋势。在 1996—2000 年，绿色全要素生产率的增长是绿色 GDP 增长的主要推动力，此后，要素投入是主要推动力。绿色 GDP 增长率在绝大多数年份都高于传统 GDP 增长率，并且差距不大。“九五”“十五”“十一五”“十二五”、2016—2018 年中部地区平均绿色 GDP 增长率分别为 11.11%、11.17%、13.15%、9.44%和 9.19%，年均增长 10.95%。

图 3 反映了西部地区 GDP 增长率、绿色 GDP 增长率、绿色 TFP 增长率、综合生产要素增长率变化趋势，其变化趋势和中部地区相似程度较高。“九五”“十五”“十一五”“十二五”、2016—2018 年西部地区平均绿色 GDP 增长率分别为 9.83%、11.59%、13.43%、10.65%和 8.53%，和中部地区对应时间段绿色 GDP 增长率大体相当，但低于东部地区。西部地区绿色 GDP 年均增长 11%。

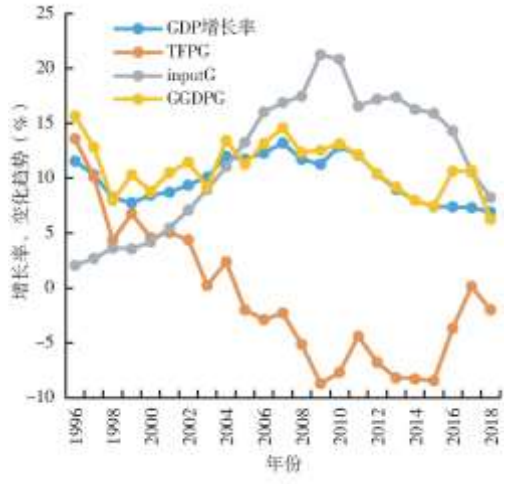

图 2 中部地区 GDP、绿色 TFP、综合生产要素和绿色 GDP 增长变化趋势图

利用东部地区 GDP 增长率、TFPG、inputG 和绿色 GDP 增长率减去中部地区对应指标，用于度量相关变量的东中部差距，具体变化趋势如图 4。从图 4 可以看出，1997—2007 年，东中部 GDP 增长率差距大于 0，但在 2007 年后小于 0，这说明 2007 年后中部地区在传统 GDP 方面存在追赶东部地区现象。但从绿色 GDP 增长率差距来看，绝大多数年份都大于 0，这说明两者绿色 GDP 差距不但没有缩小，反而扩大了。从两者绿色 GDP 增长率差距的来源来看，除了 1996 年以外，其他年份 TFPG 差距都大于 0，并且位于所有直线的上方，是导致东中部绿色 GDP 增长率差距的主要原因。东中部综合生产要素增长率差距小于 0，这说明两者生产要素差距呈缩小变化趋势，是抑制两者绿色 GDP 增长率差距的主要原因。从平均来看，东中部 GDP 增长率、TF - PG、inputG 和绿色 GDP 增长率方面的差距分别为 0.19%、6.95%、-4.42%、2.53%，这说明两者绿色增长质量差距是导致绿色 GDP 增长的主要原因，要缩小两者绿色 GDP 差距，应该从缩小两者绿色增长质量入手。

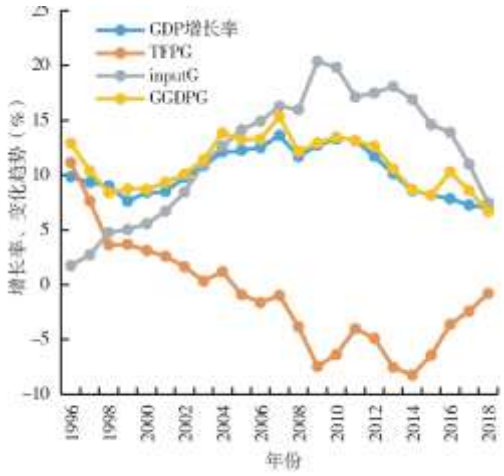

图 3 西部地区 GDP、绿色 TFP、综合生产要素和绿色 GDP 增长变化趋势图

类似可以定义东西部地区 GDP 增长率、TFPG、inputG 和绿色 GDP 增长率差距，其变化趋势如图 5。从图 5 我们可以得出类似于东中部 GDP 增长率、TFPG、inputG 和绿色 GDP 增长率差距方面相关结论。“九五”“十五”“十一五”“十二五”、2016—2018 年 TFPG 差距分别为 5.65%、6.86%、8.49%、8.51%、5.76%，是导致两者绿色 GDP 增长率差距的主要原因。两者综合生产要素增长率差距分别为-2.52%、-3.38%、-7.15%、-5.60%、-4.89%，对两者绿色 GDP 增长率差距起抑制作用。两者绿色 GDP 增长率差距平均为 2.48%。

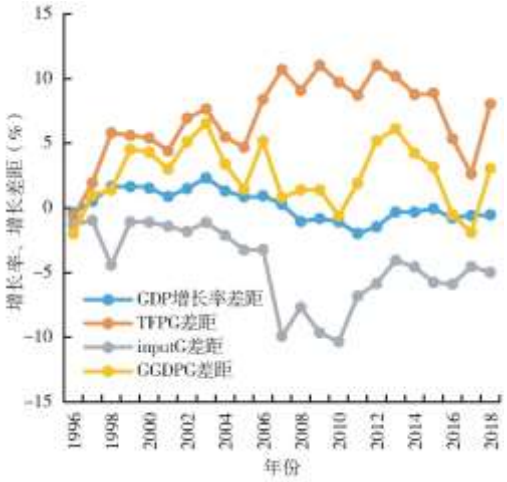

图 4 东中部地区 GDP 增长率、TFPG、inputG、绿色 GDP 增长差距

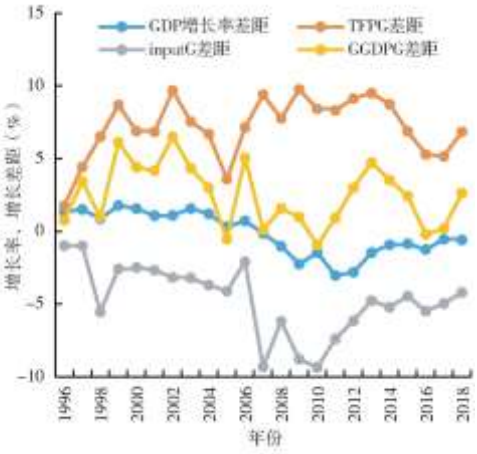

图 5 东西部地区 GDP 增长率、TFPG、inputG、绿色 GDP 增长差距

2.4 省市绿色 GDP 增长率、传统 GDP 增长率及其驱动力研究

为了更好地分析中国绿色 GDP 增长率、传统 GDP 增长率及其驱动力的空间格局特征，本文借助 ArcGIS10.2 软件，对绿色 GDP 增长率、传统 GDP 增长率、绿色 TFP 增长率和 inputG4 个指标，分别做空间分布图（图 6～图 9）。可以得出如下结论：(1)绿色 GDP 增长最快的 5 个省份全部属于东部地区，分别为上海、天津、海南、北京、广东（图 6），其增长率分别为 21.39%、20.65%、18.54%、17.78%、15.44%，同时这 5 个省市是绿色 TFP 增长最快的 5 个省市（图 8）。从这 5 个省市的传统 GDP 增长率排名来看（图 7），天津属于传统 GDP 增长最快的省份，而北京属于增长最慢的省份，这说明在绿色 GDP 增长最快的 5 个省市中，只有天津做到了经济增长速度在数量上和质量上都位居全国前列，而北京在质量上位居全国前列，在数量上在全国排名靠后。(2)绿色 GDP 增长最慢的 5 个省份全部属于中西部地区（图 6），分别为新疆、广西、宁夏、甘肃、山西，其绿色 GDP 增长率分别为 9.91%、9.86%、9.74%、9.71%、9.67%，同时也是绿色 TFP 增长速度排名靠后的 5 个省市（图 8）。从这 5 个省区的传统 GDP 增长率排名来看，新疆、山西属于传统 GDP 增长最慢，这说明这 2 个省区经济总量在数量上和质量上排名都是靠后的。(3)从综合生产要素增长率来看（图 9),inputG 最高的 5 个省份全部为中西部省份，分别为重庆、贵州、河南、安徽和江西；最低的 5 个省份全部为东部省份，分别为天津、北京、辽宁和上海，其中天津属于绿色 GDP 和传统 GDP 增长最快的 5 个省份之一，综合生产要素增长最慢的 5 个省份，说明天津实现了“低投入、低排放、高产出”的高质量增长方式。

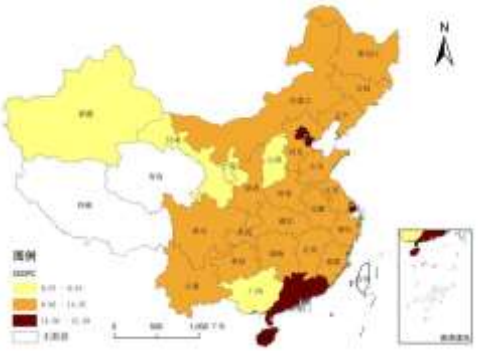

图 6 中国各省（市）的绿色 GDP 增长率空间格局图

图 10 和图 11 分别汇报了中国各省市的 in - putG、TFPG 对绿色 GDP 增长率贡献的空间格局。inputG 对绿色 GDP 增长率贡献最大的 5 个省份都是中西部省份，分别为甘肃、贵州、广西、安徽和江西；inputG 对绿色 GDP 增长率贡献最低的 5 个省份都是东部省份，分别为上海、北京、天津、广东和海南。按照对绿色 GDP 增长率的贡献排名，TFPG 恰好和 inputG 相反，最高的 5 个省份分别为上海、北京、天津、广东和海南，最低的 5 个省份分别为甘肃、贵州、广西、安徽和江西。

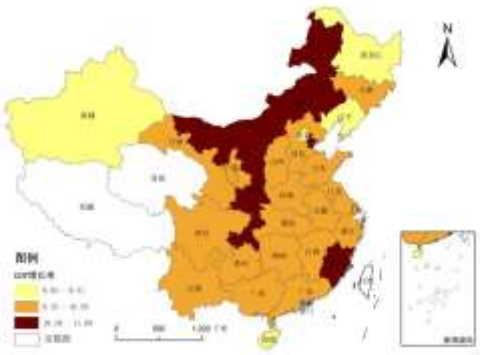

图 7 中国各省（市）的传统 GDP 增长率空间格局图

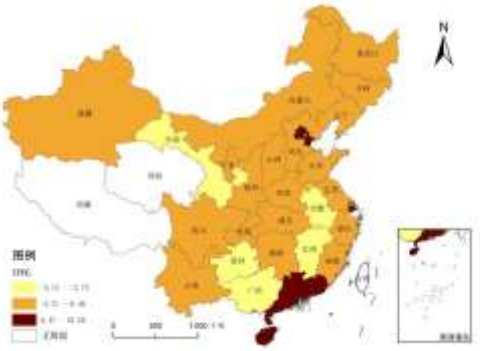

图 8 中国各省（市）的绿色 TFP 增长率空间格局图

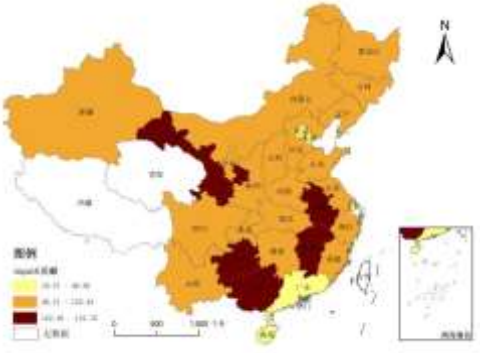

图 10 中国各省（市）的 inputG 对绿色 GDP 增长率贡献的空间格局图

2.5 不同测算方法的比较

为了说明本文测算方法的科学性，本部分对本文的测算结果和其他方法的测算结果进行比较。由于 SEEA 等绿色 GDP 测算方法涉及到资源、环境成本测算难度大等问题，因此这方面最新实证结果尚未见到。汪莉等利用绿色 TFP 增长率度量绿色经济增长率，忽略了要素投入的增长[18]，和本文测算方法没有可比性。因此本部分比较了本文测算结果和文献综述部分第三类方法所测算的绿色发展指数之间的差异，而且后者的实证结果也较少，比较新的是谢瑾岚[29]测算的长江经济带绿色发展。本文采用了和谢瑾岚[29]一样的省份 2，按照东中西部省份划分，从总体平均值和地区平均值的角度对 GDP 增长率、绿色 GDP 增长率等指标进行比较，具体结果见表 2。

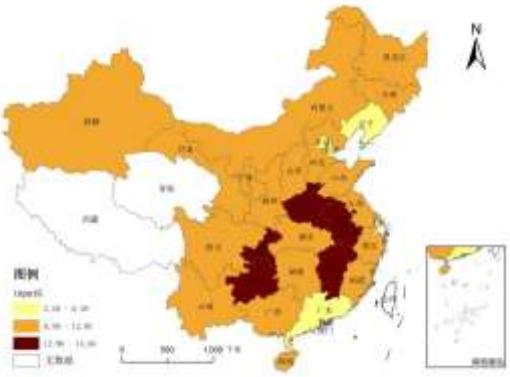

图 9 中国各省（市）的 inputG 空间格局图

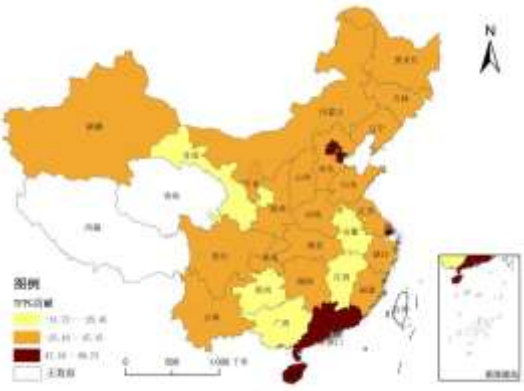

图 11 中国各省（市）的 TFPG 对绿色 GDP 增长率贡献的空间格局图

从表 2 可以得出如下结论：(1)不管从总体来看还是从地区层面来看，谢瑾岚[29]测算的绿色发展增长率都远远低于对应年份的 GDP 增长率，而本文测算的结果恰好相反，都高于对应年份的 GDP 增长率。而中国环境越来越好，因此从实际来看，绿色 GDP 增长率应该高于 GDP 增长率，这说明本文的测算结果更符合实际。(2)从地区之间的比较来看，本文测算的历年东部地区绿色 GDP 增长率高于中西部地区；而从谢瑾岚[29]测算的结果来看，2016、2017 年东部地区绿色发展增长率低于中西部地区，在其他年份东部地区高于中西部地区。事实上从美国次贷危机和欧洲主权债务危机爆发以来，我国东部产业加速向中西部转移，东部地区

一些高污染、高能耗的产业向中西部地区转移，一方面降低东部地区的污染，提升了东部地区绿色发展增长率和绿色 GDP 增长率，另一方面加重了中西部地区环境污染，降低中西部地区绿色发展增长率和绿色 GDP 增长率，因此理论上东部地区上述两个指标都应该高于中西部地区，因此本文的测算结果更符合实际。

表 2 本文测算结果和谢瑾岚[29]测算结果的比较

	2012	2013	2014	2015	2016	2017	平均
平均 GDP 增长率	10.67	9.78	8.67	8.44	8.18	8.03	8.96
平均绿色 GDP 增长率（本文）	14.02	13.57	10.83	10.28	10.28	10.42	11.57
平均绿色发展增长率（谢瑾岚）	3.45	3.71	3.51	3.38	5.72	2.67	3.73
东部地区 GDP 增长率	8.18	8.16	7.48	7.52	7.15	7.02	7.58
东部地区绿色 GDP 增长率（本文）	18.07	20.96	15.35	14.29	12.47	12.13	15.55
东部地区绿色发展增长率（谢瑾岚）	3.65	5.54	3.79	5.30	3.55	2.39	4.02
中部地区 GDP 增长率	10.82	9.69	9.10	8.43	8.11	7.94	9.01
中部地区绿色 GDP 增长率（本文）	11.19	10.04	9.11	8.43	8.11	8.99	9.31
中部地区绿色发展增长率（谢瑾岚）	3.49	2.85	3.66	3.03	7.19	3.06	3.86
西部地区 GDP 增长率	12.40	11.08	9.14	9.14	9.01	8.87	9.94
西部地区绿色 GDP 增长率（本文）	13.80	11.57	9.15	9.14	10.81	10.57	10.84
西部地区绿色发展增长率（谢瑾岚）	3.26	3.20	3.17	2.31	5.88	2.50	3.37

3 结语

本文借鉴 SEEA 将资源、污染成本纳入国民经济核算体系，对 GDP 进行调整的核心思想，基于 DEA 方法，构建绿色全要素生产率测算模型借鉴 Solow 的经济增长等于全要素生产率增长率和综合生产要素增长率之和的思想[25]，建立起绿色 GDP 增长率和绿色全要素生产率增长率、综合生产要素增长率之间的联系，然后对中国省级数据进行实证研究，得出如下结论：(1)中国绿色 GDP 比传统 GDP 以更快的速度增长，年均增长 12.44%；在“九五”以外其他时间段，生产要素是驱动绿色 GDP 增长的主要动力。(2)自 2012 年以来，不管是东部地区，还是中西部地区，绿色 GDP 增长速度总体上放缓，原因在于综合生产要素增长速度放缓，东部地区绿色 TFP 呈现低速增长，而中西部地区呈现负增长。(3)(3)中西部地区在传统 GGDDPP 上存在追赶东部地区的现象，主要原因在于综合生产要素增长速度超过了东部地区。在绿色 GDP 上，两者差距越来越大，而导致这一现象的主要原因在于两者绿色 TFP 差距越来愈大。(4)尽管上海、海南、北京、广东等省市传统 GDP 增长速度比较靠后，但绿色 GDP 增长速度位居全国前列，而天津做到了经济增长速度在数量上和质量上都位居全国前列。新疆、广西、宁夏、甘肃、山西经济总量在数量上和质量上排名都是靠后的。(5)通过对本文和谢瑾岚[29]的测算结果进行比较发现，本文测算结果更符合实际。

本文的研究具有较强的政策含义：(1)有助于正确评价我国过去的发展成果，增强道路自信、制度自信。我国实现了传统 GDP 的中高速增长，而且绿色 GDP 以更高的速度增长，这在一定意义上是对我国过去 40 余年改革政策的肯定，有助于增强人民对中国特色社会主义道路自信、制度自信。(2)应该改变过去重传统 GDP 的政绩考核模式，转向以绿色 GDP 为目标的考核模式。传统 GDP 增长速度快的地区，其绿色 GDP 增长不一定快，反之也是如此。继续采用传统 GDP 的政绩考核模型，可能会导致地方政府继续沿袭过去“高投入、高排放、低产出”的粗放型增长方式，不利于经济可持续发展。(3)政府应该更关注东西部、东中部绿色 GDP 差距和绿色发展效率差距。通过中西部“高投入、高排放、低产出”的发展战略，缩小东西部、东中部经济差距，这种模式不具有可持续性，也不利于效率的提升，因此政府要更加关注缩小地区绿色 GDP 差距。导致东西部、东中部绿色 GDP 差距扩大的主要原因不在于综合生产要素增长率差距，而在于两者绿色 TFP 的差距扩大，因此要实现地区之间绿色 GDP 发展平衡，需要从缩小地区之间绿色增长质量入手。

参考文献：

[1]郭丽英，雷敏，刘晓琼.基于能值分析法的绿色 GDP 核算研究——以陕西省商洛市为例[J].自然资源学报，2015(9):1523-1533.

[2]王德发，阮大成，王海霞.工业部门绿色 GDP 核算研究——2000 年上海市能源-环境-经济投入产出分析[J].财经研究，2005(2):66-75.

[3]沈晓艳，王广洪，黄贤金.1997-2013 年中国绿色 GDP 核算及时空格局研究[J].自然资源学报，2017(10):1639-1650.

[4]黄虹，许祺.人口流动、产业结构转变对上海市绿色 GDP 的影响研究[J].中国软科学，2017(4):94-108.

[5]杨缅昆.绿色 GDP 核算理论问题初探[J].统计研究，2001(2):40-43.

[6]王金南，於方，曹东.中国绿色国民经济核算研究报告 2004[J].中国人口·资源与环境，2006(6):11-17.

[7]王永瑜，郭立平.绿色 GDP 核算理论与方法研究[J].统计研究，2010(11):77-84.

[8]王铮，刘扬，周清波.上海的 GDP 一般增长核算与绿色 GDP 核算[J].地理研究，2006(2):185-192.

[9]Barro R J.Notes on Growth Accounting[J].Journal of Economic Growth,1999(2):119-137.

[10]Asheim C B.Green national accounting:why and how?[J].Environment & Development Economics,2000(1):25-48.

[11]陈梦根.绿色 GDP 理论基础与核算思路探讨[J].中国人口·资源与环境，2005(1):6-10.

[12]Chung Y,Färe R,Grosskopf S.Productivity and undesirable outputs:a directional distance function approach[J].Journal of Environmental Management,1997(3):229-240.

[13]李江龙，徐斌.“诅咒”还是“福音”：资源丰裕程度如何影响中国绿色经济增长？[J].经济研究，2018(9):151-167.

[14]杨文举.基于 DEA 的绿色经济增长核算：以中国地区工业为例[J].数量经济技术经济研究，2011(1):19-34.

[15]王兵，刘光天.节能减排与中国绿色经济增长——基于全要素生产率的视角[J].中国工业经济，2015(5):57-69.

[16]谢婷婷，刘锦华.绿色信贷如何影响中国绿色经济增长？[J].中国人口·资源与环境，2019(9):83-90.

[17]孙付华，李申达，龚茗菲，等.异质性企业对外投资行为如何影响中国绿色经济增长？[J].产业经济研究，2019(5):65-76.

[18]汪莉，邵雨卉，陈登科.地方寻租与区域绿色经济增长效率[J].世界经济文汇，2019(3):85-103.

[19]Fukuyama H,Weber W L.A slacks-based inefficiency measure for a two-stage system with bad outputs[J].Omega,

2010(5):398-409.

[20]胡琰欣，屈小娥，李依颖.我国对“一带一路”沿线国家OFDI的绿色经济增长效应[J].经济管理，2019(6):5-21.

[21]杨文举.基于索洛扩展模型的中国地区工业绿色经济增长核算[J].统计与决策，2015(19):13-17.

[22]贾湖，于秀丽.基于MCDM的非货币化绿色GDP核算体系和六省市算例[J].干旱区资源与环境，2013(8):6-13.

[23]沈菊琴，孙悦.基于DPSIR模型的地区绿色GDP评价指标体系研究[J].河海大学学报：哲学社会科学版，2016(6):56-61,95-96.

[24]杨雪星.包容性绿色经济增长指数构建与实证研究——基于 G20 国家数据[J].福建论坛：人文社会科学版，2014(6):42-48.

[25]Solow R K.Technical change and the aggregate production function[J].Review of Economic Review,1957(3):312-320.

[26]Färe R,Grosskoft S,Norris M.Productivity growth,technical progress,and efficiency change in industrialized countries:reply[J].American Economic Review,1997(5):1040-1044.

[27]Färe R,Grosskopt S,Norris M,et al.Productivity growth,technical progress,and efficiency change in industrialized countries[J].American Economic Review,1994(1):66-83.

[28]尹向飞，欧阳峣.中国全要素生产率再估计及不同经济增长模式下的可持续性比较[J].数量经济技术经济研究，2019(8):72-91.

[29]谢瑾岚.长江经济带绿色发展报告(2019)[M].北京：社会科学文献出版社，2020.

注释：

1 考虑到构建综合生产要素变化指数只需要生产要素对应的系数最优解，本文在此忽略产出变量对应系数的最优解，后同。

2《中国统计年鉴2019》提供的最新数据是2017年数据。

3 具体省市为江苏、上海、浙江、贵州、四川、云南、重庆、安徽、湖北、湖南和江西。