

基于余值法的贵州省科技创新对生态文明建设的贡献率核算^①

刘开迪^②*** 杨多贵^③*** 孟 浩*** 王立盟***

(* 中国科学院科技战略咨询研究院 北京 100190)

(** 中国科学院大学 北京 100049)

(*** 中国科学技术信息研究所 北京 100038)

摘 要 为探究科技创新在贵州省生态文明建设中的贡献程度,在分析贵州省相关规划、政策、实施方案与发展现状的基础上,以余值法为基本思想构建贵州省科技创新对生态文明建设贡献率的一般性核算模型,创造性地核算了贵州省生态文明建设过程中科技创新的贡献率。结果表明,2006 年以来贵州省科技创新在生态文明建设中的地位不断提高,对生态文明建设的贡献率保持年均 1% 的增加趋势;贵州省科技创新对生态文明建设的贡献率跨越两大台阶,每跨越一级的增速比前一阶段提高约 0.5%;科技创新对贵州省生态文明建设与经济增长的贡献同步提高,实现了在两个领域的相对均衡发展;第三产业增加值、单位能耗 GDP、单位水耗 GDP 等成为贵州省科技创新支撑生态文明建设的贡献优势指标,科技创新将成为进一步提高贵州省生态文明建设水平的关键贡献因素。

关键词 科技创新;生态文明建设;贡献率;余值法;贵州省

0 引 言

生态文明建设事关经济社会发展全局和人民群众切身利益,是实现可持续发展的重要基石,2018 年全国生态环境保护大会中习近平同志将生态文明建设上升为关系中华民族永续发展的根本大计。随着创新驱动发展战略的实施和推进,科技创新在提升生产生活水平中的地位日益显著,生态文明建设中科技创新的作用也日渐增大。科技创新支撑生态文明建设具有重大的现实意义,也一直是学术界的热点研究问题。通过文献调研发现,科技创新支撑生态文明建设的作用途径主要包括优化利用国土空间、促进资源集约节约、加强环境治理和提高生态保护成效等。科技创新对于优化国土空间开发格局、

促进经济发展方式转变方面具有重要意义,从而在生态文明建设中发挥重要的支撑作用^[1]。增加科技投入、提高技术水平对中国能源效率具有长期的提高效应^[2-4]。技术进步对节能减排具有显著正向影响,技术创新对于节能减排与绿色增长的贡献大于结构调整、规模效率等要素^[5-7]。生态环境保护方面,学者认为科技创新与生态环境协调发展,从大气、水、土壤 3 个重点方面实现生态环境保护^[8,9]。综上可知,生态文明建设是目前值得研究的热点问题,已有研究主要集中于对生态文明建设水平的评价,而较少地对生态文明建设各作用力量(如资金投入、科技创新、政策因素等)的贡献程度进行研究,对于科技创新在生态文明建设中贡献程度的研究则更少,因此,探究科技创新对生态文明建设的贡献程度具有一定的研究价值。

① 国家重点研发计划(2016YFC0503407)资助项目。
② 女,1995 年生,博士生;研究方向:绿色创新,区域发展;E-mail: liukaidi@ casipm. ac. cn
③ 通信作者,E-mail: yangdg@ casipm. ac. cn
(收稿日期:2018-12-01)

贵州省是我国最早推动生态文明制度建设的省份之一,也是我国首批生态文明先行示范区、首批3个国家生态文明试验区之一^[10],并于2009年制定了国内首部促进生态文明建设的法规《贵阳市促进生态文明建设条例》。贵州省近年来在科技创新方面的表现与成绩较为突出,作为全国首个大数据综合试验区,其2017年大数据产业规模总量超1 100亿元。贵州省在科技创新推动生态文明建设方面也利用自身大数据产业优势升级改造传统产业,建成了空气、水流自动监测、数据管理和发布平台等。鉴于以上分析,本文认为对于贵州省科技创新对生态文明建设贡献程度的研究具有较强的代表性和研究价值,对于进一步研究我国科技创新对生态文明建设的作用及贡献具有一定的先导意义。本文首先分析近年来贵州省在科技创新推动生态文明建设方面的规划、政策条例、实施方案与发展现状,后基于索洛余值思想建立科技创新支撑生态文明建设贡献率的一般性核算模型与指标体系,核算2006年至2016年贵州省科技创新对生态文明建设水平的贡献率,并对实证结果进行分析。

1 贵州省科技创新支撑生态文明建设的现状分析

作为我国生态文明建设较早的先行者,贵州省于2014年成为首批国家生态文明先行示范区,于2016年成为首批3个国家生态文明试验区之一。2017年贵州省提出全省3大战略行动(大扶贫、大数据、大生态),将生态文明建设、科技创新与扶贫有机结合,利用其作为全国首个大数据综合试验区

的自身条件优势,将大数据与生态文明建设相结合,升级改造传统产业同时建设生态文明。在通过科技创新推进生态文明建设的相关政策助力下,贵州省的生态文明建设工作在资源利用、环境治理、生态保护等领域取得了显著进步。

1.1 资源利用效率实现倍增

通过科技创新促进资源集约节约是贵州省科技创新支撑生态文明建设的第一个方面。为提高能源利用效率,贵州省于2013年通过了《贵州省节约能源条例》,把节能技术研究开发作为政府科技投入的重点领域,支持相关技术的研究、开发与应用。为加快淘汰省内煤炭工业落后产能并实现产业转型升级,贵州省成立了煤炭工业淘汰落后产能加快转型升级工作领导小组,还制定了《贵州省淘汰落后产能财政奖励资金管理实施细则》等一系列文件,鼓励主动淘汰落后产能,通过科技创新实现资源高效利用,并加快科技项目的成果转化。

在科技创新的推动作用下,贵州省的资源利用效率不断提高(图1)。能源利用效率方面,2005~2016年12年间以可比价格衡量的单位能耗GDP由3 076元/吨标准煤增加至12 500元/吨标准煤,增幅超过3倍。“十一五”期间贵州省的单位能耗GDP的年均增速为7.89%,而同时期的GDP年均增速为18.18%。这一情况在“十二五”期间发生了反转,这一时期贵州省单位能耗GDP的年均增速攀升至19.12%,而地区生产总值依旧保持了上一阶段的年均增速(18.00%),单位能耗GDP的年均增速从而快速超过了GDP的年均增速,高速而显著地实现了资源集约节约。在水资源利用效率方面,以可比价格衡量的贵州省单位水耗GDP由2005年的

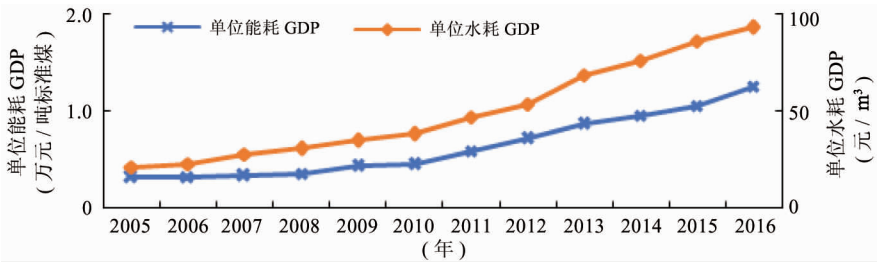


图1 2005-2016年贵州省单位能耗GDP与单位水耗GDP变化情况

20 元/m³ 增长至 2016 年的 93 元/m³,增幅近 5 倍,平均增速超过 14.8%。与全国同时期水资源利用效率相比,2005 年贵州省的单位水耗 GDP 相当于同年全国水平的 62%,在有效提高资源的利用效率

后,贵州省 2016 年单位水耗 GDP 的水平与全国单位水耗 GDP 水平只相差 4.24%(表 1),快速追赶全国水平。

表 1 2005 - 2016 年贵州省及全国单位水耗 GDP 水平对比

年份	贵州省单位水耗 GDP (元/m ³)	全国单位水耗 GDP (元/m ³)	贵州省相当于全国水平	年份	贵州省单位水耗 GDP (元/m ³)	全国单位水耗 GDP (元/m ³)	贵州省相当于全国水平
2005	21	33	62.47%	2011	47	62	74.88%
2006	23	37	61.90%	2012	53	69	77.43%
2007	27	43	63.21%	2013	68	74	92.06%
2008	30	47	64.26%	2014	76	83	91.90%
2009	35	52	66.72%	2015	86	90	95.77%
2010	38	57	66.42%	2016	93	97	95.76%

数据来源:根据国家统计局数据计算。

1.2 环境治理绩效快速改进

借助科技创新提高环境治理水平是贵州省通过科技创新支撑生态文明建设的第二方面。贵州省将其以大数据为代表的科技创新优势与环境治理紧密联结,建成了空气、水流等的自动监测、数据管理发布、排污权数据云管理等环境质量监测平台,并完善了空气环境质量等 8 大监测网络^[11],提高环境治理水平与环境质量。贵州省还提升了科技在解决区域性水、大气、土壤等环境问题中所占的比重。贵州省人民政府于 2017 年印发了《贵州省“十三五”节能减排综合工作方案》,明确要以技术创新为改善生态环境质量的动力。

在科技创新的驱动下,贵州省的环境治理水平得到了大幅提高。以废水排放为例,2011 年至 2016

年贵州省废水中的化学需氧量排放量不断降低(图 2),单位工业增加值化学需氧量排放量的平均年减少速度超过 20%,比全国同期平均水平高出 3 个百分点。贵州省科技创新对废气排放的改善作用亦十分显著,2016 年的二氧化硫排放量(64.71 万吨)比 2011 年(110.43 万吨)减少了 41.4%,以可比价格计算的单位工业增加值二氧化硫排放量则是从 2011 年的 719.57 吨/亿元下降至 2016 年的 175.59 吨/亿元,降幅超过 75%。将贵州省环境质量改善与经济发展水平提高进行对比分析,发现 2011 - 2016 年贵州省单位工业增加值二氧化硫排放量的平均年减少速度为 21.42%,高于工业增加值的平均年增加速度。

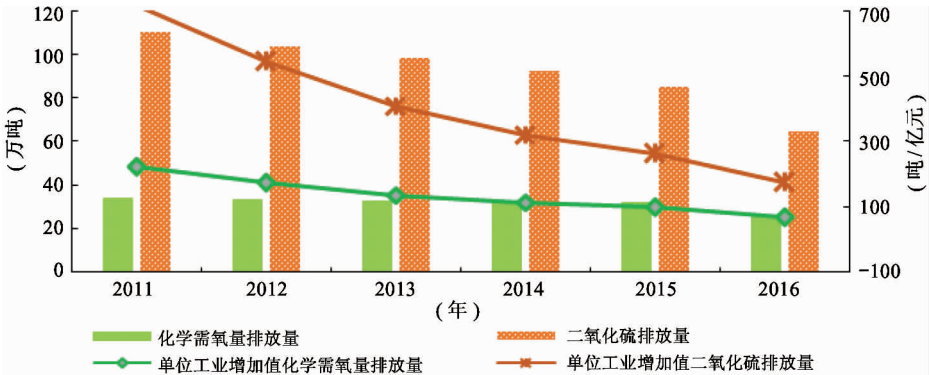


图 2 2011 - 2016 年贵州省废水、废气相关指标变动情况

1.3 生态保护走在全国前列

生态保护是贵州省科技创新对其生态文明建设的第三大贡献领域。在通过科技创新实现生态保护与绿色发展的过程中,贵州省出台了《关于推动绿色发展建设生态文明的意见》,大力推进绿色科技创新,发展生态利用型、循环高效型、低碳清洁型、环境治理型“四型产业”。贵州省将新一代信息技术作为其生态工业中制造业领域信息化的新核心技术。其他政策文件如《2014—2015 年贵州省节能减排低碳发展行动方案》,要求加强技术创新,通过加大节能减排技术研发投入来实现低碳发展;《贵州省打赢蓝天保卫战三年行动计划》则要求强化科技基础在改善空气环境质量方面的基础性支撑作用。

为衡量贵州省在生态保护方面取得的建设成果,此处选取国务院《“十三五”生态环境保护规划》中提出的 12 项约束性指标中的前 5 项进行分析。在空气质量方面,贵州省 2017 年地级及以上城市(贵州省监测省内 9 个中心城市的空气)空气质量优良天数比率为 96.5%,超过同时期的全国水平 18.5%;细颗粒物未达标地级及以上城市比例只有 11.1%,而全国未达标城市比例则为 64.2%;水体质量方面,贵州省有 94.7%的地表水质量达到或好于Ⅲ类水体,而全国则只有 67.9%的地表水达到这一标准;生态资源方面,2017 年贵州省森林覆盖率为 55.3%,是全国同期水平的 2.6 倍(表 2)。

表 2 2017 年“十三五”生态环境保护部分约束性指标贵州省与全国整体水平对比

指标名称	贵州省	全国
地级及以上城市空气质量优良天数比率	96.5%	78.0%
细颗粒物未达标地级及以上城市比例	11.1%	64.2%
地表水质量达到或好于Ⅲ类水体比例	94.7%	67.9%
地表水质量劣Ⅴ类水体比例	1.3%	8.3%
森林覆盖率	55.3%	21.6%

数据来源:《2017 年中国省环境状况公报》及《2017 年贵州省环境状况公报》

1.4 政策措施支撑效果显著

科技创新支撑生态文明建设不仅体现在贵州省环境保护规划中,在其他规划中也有体现;政策条例中多次明确提出要加大县级以上政府的科技投入,促进具有共性、先进性的科技成果转化,推动科技人才队伍建设;同时,科技创新融入了与生态文明建设相关的各项实施方案。具体规划、政策条例以及实施方案(表 3)。

科技创新在贵州省环境保护专项规划中的地位由不断提高环境管理、科技支撑能力进而提高生态文明水平⁽¹⁾为指导思想,到明确提出要提高环境保护科学化和信息化水平⁽²⁾。在非环境保护专项规划如科技创新发展规划中指出要依托科技创新支撑,形成以高科技产业和现代服务业为主的低碳产业体系⁽³⁾;综合交通运输发展规划则将实现资源集约节约依托于科技创新应用⁽⁴⁾。政策条例中对于

科技创新支撑生态文明建设主要围绕政府科技投入、科技成果转化与推广应用以及科技人才培养视角展开⁽⁵⁾。科技创新对于生态文明建设的主要作用路径,则可以分为促进循环经济和环保产业发展⁽⁶⁾、提高能源利用效率⁽⁷⁾、淘汰落后产能⁽⁸⁾⁽⁹⁾等。

科技创新在贵州省近年出台的多项实施方案中均被视为推进工作的重要力量,融入了生态文明建设。如将加快节能减排共性和关键技术研发作为节能减排的支撑力量⁽¹⁰⁾;将适用技术的研发和推广示范作为实现改善水污染状况的重要途径⁽¹¹⁾;提出提升土壤环境信息化管理水平,构建贵州省土壤环境信息化管理平台⁽¹²⁾等。此外,科技创新在湿地保护修复⁽¹³⁾、温室气体控制⁽¹⁴⁾、生态环境监测⁽¹⁵⁾、生态扶贫⁽¹⁶⁾、空气质量改善⁽¹⁷⁾等工作中均占据重要地位。

表 3 近年来贵州省科技创新支撑生态文明建设的主要规划、政策条例与实施方案

序号	时间	文件名称	文件类型	主要内容
1	2012	贵州省“十二五”环境保护专项规划	规划	不断提高环境科技支撑能力和水平,增强科技产业支撑,加快科技成果转化,推动环境科技人才队伍建设。
2	2017	贵州省“十三五”环境保护规划		建立环保科研队伍,扩充环保系统人才总量;增强环境科技能力,推进绿色科技创新,将科技创新和绿色经济发展、生态建设和环境保护结合,实施生态环境科技工程。
3	2017	贵州省“十三五”科技创新发展规划		提高环保科研能力,加强环境科技保障体系;发展关键应用技术。
4	2017	贵州省综合交通运输“十三五”发展规划		加大科技投入,研究开发、推广应用新技术,促进资源高效利用,加大科技创新应用实现资源集约节约。
5	2014	贵州省生态文明建设促进条例	政策条例	强化科技支撑,完善技术创新体系,开展关键技术攻关;健全科技成果转化机制,促进先进技术推广应用;加强生态文明建设相关领域的学科建设、人才培养和科学技术研究开发。
6	2012	贵州省人民政府关于加强环境保护重点工作的意见		促进循环经济和环保产业发展,加快用高新技术和先进适用技术改造提升传统产业;推进环境保护科研成果产业化,实施环保产业创新发展工程。
7	2013	贵州省节约能源条例		把节能技术研究开发作为政府科技投入的重点领域,支持开展节能技术应用研究,开发节能共性和关键技术。
8	2016	中共贵州省委贵州省人民政府关于推动绿色发展建设生态文明的意见		大力推进绿色科技创新,发展绿色经济,从而使生态文明体制机制改革取得显著成效,生态环境持续改善,经济发展质量和效益明显提高。
9	2017	贵州省人民政府关于煤炭工业淘汰落后产能加快转型升级的意见		淘汰落后产能,保护生态环境,促进高碳能源低碳发展,通过科技创新实现资源高效利用,加快科技项目的成果转化。
10	2011	贵州省“十二五”节能减排综合性工作方案	实施方案	加快节能减排共性和关键技术研发,加大对节能减排科技研发的支持力度,完善技术创新体系。
11	2016	贵州省水污染防治行动计划工作方案		加强适用技术的研发和推广示范,加快水污染防治技术研发,推动组建产学研技术创新战略联盟。
12	2017	贵州省土壤污染防治工作方案		加快防治技术成果转化,积极开展国际合作研究与技术交流;依托生态环境大数据及环保云平台提升管理水平。
13	2017	贵州省湿地保护修复制度实施方案		加强湿地保护修复科学研究,提升科研综合能力;探索研究湿地修复新方法与新技术,建立多学科专家库。
14	2017	贵州省“十三五”控制温室气体排放工作实施方案		把低碳发展作为生态文明建设的重要途径,大力推进科技创新和制度创新,积极参与应对气候变化,加快建成国家生态文明试验区。
15	2018	贵州省生态环境监测网络与机制建设方案		提高环境管理与风险防范科学化水平、环境监测信息化水平;开展环境治理大数据关联分析。
16	2018	贵州省生态扶贫实施方案(2017-2020 年)		优化科技服务体系,提升贫困群众科技水平;搭建专业合作平台,引进和推广新技术、新产品。
17	2018	贵州省打赢蓝天保卫战三年行动计划		构建清洁低碳高效能源体系,强化科技基础在改善空气环境质量方面的基础性支撑作用。

注:表中政策文件序号对应 1.4 节正文角标。

2 科技创新对生态文明建设贡献率的核算模型

2.1 核算方法与模型建立

本文以余值法为基本思想,尝试建立科技创新对生态文明建设贡献率的一般性核算模型。首先,对于科技创新,本研究将科技创新定义为技术进步中以科技创新硬产出为代表的纯粹技术进步。对于劳动力和资本的弹性系数 α 和 β , 固定规模收益下 $\alpha + \beta = 1$, 只有提高技术水平,才会提高经济效益。余值法建立于希克斯中性技术进步条件下,该条件下技术进步不会引起资本投入和劳动投入比例 (K/L) 的变化,由此可得劳动力与资本的边际替代率 $\frac{dY}{dK} / \frac{dY}{dL}$ 发生变化,从而生产函数可以表示为 $Y = A(t)F(K, L)$, $A(t)$ 即产出中技术进步贡献的部分,技术进步在经济增长中的贡献率也就可以测算。余值法在本研究中的应用如下:

希克斯中性技术条件下的柯布-道格拉斯生产函数可表示为

$$Y_t = A_t K_t^\alpha L_t^\beta \quad (1)$$

其中 Y 为产值, K 为资本, L 为劳动力, A 为技术因素。

对生产函数式(1)取对数并求导,得:

$$\frac{d \log Y_t}{dt} = \frac{\log A_t}{dt} + \alpha \frac{\log K_t}{dt} + \beta \frac{\log L_t}{dt} \quad (2)$$

进一步可改写为

$$r_Y = r_A + \alpha r_K + \beta r_L \quad (3)$$

由式(3),可得科技创新速度:

$$r_A = r_Y - \alpha r_K - \beta r_L \quad (4)$$

从而科技创新对经济增长的贡献率 EA :

$$EA = \frac{r_A}{r_Y} \times 100\% \quad (5)$$

科技创新对经济增长的贡献率即扣除了资本和劳动后科技创新等因素对经济增长的贡献份额,反映了科技创新对经济增长的作用程度。

为研究科技创新对生态文明建设的贡献程度,在此将经济产值替换为生态文明建设产值(具体计算方法见 2.2 小节),根据式(4)可得科技创新对生

态生态文明建设的贡献率:

$$E = \frac{r_A}{r_Y} \times 100\% = \frac{r_Y - \alpha r_K - \beta r_L}{r_Y} \times 100\% \quad (6)$$

其中 r_Y 为生态文明建设的增长速度, r_A 为科技创新速度,可由式(3)求得。

2.2 科技创新支撑生态文明建设的评价指标体系

本文将经济产值替换为生态文明建设产值从而开展科技创新对生态文明建设的贡献率核算,需要对生态文明建设的水平进行衡量评估。关于生态文明建设成果的衡量,目前尚未有统一的评价方法或指标体系,已有的相关研究主要可以归结为单指标评价与多指标加权评价 2 种思路。单指标评价方法将各个子系统都运用指定指标进行表征后加和,主要以生态足迹^[12]、绿色 GDP 等为代表;多指标加权评价方法则确定评价指标体系的层次结构和具体指标后对指标数据进行处理、赋权并加以计算,主要以联合国可持续发展指标体系、环境可持续指数等为代表,近年来得到了更多的应用与深入研究^[13-18]。通过对近年来关于生态文明建设评价指标体系设计相关文献的研究,梳理出相关文献中在生态文明建设指标体系设计中所涉及的主要指标(见表 4)。结合前文对于贵州省的自身特点分析,同时考虑到科技创新对生态文明建设的贡献作用,本研究设计了指标体系的目标层、要素层和指标层,构建了贵州省科技创新对生态文明建设贡献的评价指标体系如表 5 所示。因此,对各评价要素及指标采用等权法赋权,据此计算出贵州省科技创新支撑生态文明建设指数。计算时首先根据各指标计算出各要素层的得分,随后根据要素层的得分加权得出贵州省科技创新支撑生态文明建设指数,最后采用定基标准化的方法将所求得的指数进行标准化处理。

3 贵州省科技创新对生态文明建设贡献率核算的实证结果分析

根据前文建立的核算模型,使用收集到的数据核算了 2006—2016 年贵州省科技创新对生态文明建设的贡献率,通过分析实证结果得到以下 4 点发现:一是贵州省科技创新对生态文明建设的贡献率每年增长约 1%,增速较快;二是科技创新对生态文

表 4 相关文献中生态文明建设指标体系涉及指标梳理

序号	作者	评价指标	指标层
		要素层	
1	齐心 ^[19]	生态自然建设、生态经济建设、生态社会建设、生态政治建设、生态文化建设	生态用水比例、生态用地比例、森林覆盖率、全年空气质量达标率、地表水功能达标率、人均淡水资源量、耕地保有量、第三产业增加值占 GDP 的比重、高新技术产业增加值占 GDP 比重、单位 GDP 主要工业污染物排放强度、污水处理率、“三废”综合利用产值占 GDP 比重、万元 GDP 能耗、万元 GDP 水耗、土地产出率等
2	刘庆志， 国凤兰 ^[20]	生态本色文明、生态发展文明	人均公共绿地面积、森林覆盖率、空气质量达标率、人均 GDP、万元 GDP 水耗、万元 GDP 能耗、人均受教育年限、研发支出占 GDP 比重等
3	齐岳等 ^[21]	经济建设、社会建设、环境建设	GDP 增长率、三次产业占比、全员劳动生产率、人均可支配收入、城镇登记失业率、第三产业从业人员比重、万元 GDP 水耗、万元 GDP 能耗等
4	杜宇等 ^[22]	资源环境、经济发展、社会发展、生态文化等	人均耕地面积、自然保护区面积比重、环境治理指数、人均 GDP、单位 GDP 能耗降低、人口平均预期寿命、基尼系数、高等教育毛入学率、研发支出比重、每万人专利授权量等
5	张琪等 ^[23]	资源利用、环境保护、经济发展	建成区面积比重、能源消耗总量、单位面积农业增加值、单位能耗 GDP、森林覆盖率、自然保护区占国土面积比重、三次产业比重、地区生产总值等
6	吴慧玲等 ^[24]	增长方式、产业结构、消费模式、生态治理	单位 GDP 能耗、单位 GDP 水耗、单位 GDP 占建设用地比重、农业增加值增长率、服务业增加值占 GDP 比重、高新技术产业产值占工业总产值比重、COD 排放强度、SO ₂ 排放强度、城镇建成区绿化率等
7	胡悦等 ^[25]	生态压迫、生态系统健康、生态可持续能力	人口自然增长率、单位 GDP 能耗、单位 GDP 水耗、单位 GDP 固体废弃物排放量、空气质量达到及好于二级的天数、森林覆盖率、人均公园绿地面积、第三产业占 GDP 比重、R&D 经费比重、专利授权量、技术市场成交额等
8	刘耀彬， 柯鹏 ^[26]	生态经济、生态环境、生态制度、生态文化、生态人居	第三产业比重、人均可支配收入、单位 GDP 能耗、每平方千米产出值、R&D 经费占 GDP 比重、工业固体废弃物综合利用率、森林覆盖率、农药施用强度、人均公共绿地面积、水环境主要污染物排放强度、二氧化碳排放总量、生态环境投资占财政收入比例等
9	康喜平， 胡卫华 ^[27]	生态环境、经济质量、社会发展	森林覆盖率、自然保护区建设、空气质量指数、工业污水排放达标率、万元 GDP 能耗、万元 GDP 水耗、农林牧渔总产值、城镇化率、人均可支配收入等
10	秦昌才， 韦洁成 ^[28]	经济建设、环境友好、社会文明	R&D 经费内部支出、第三产业占 GDP 比重、城镇居民人均可支配收入、农村居民可支配收入、三废排放量、林地与湿地总面积、建成区总面积、人口密度、每万人拥有公交车辆、高校数量、申请专利授权数、公共财政支出等
11	李艳芳， 曲建武 ^[29]	生态经济发展、资源能源利用、生态环境保护、生态文化建设、生态制度建设	人均 GDP、服务业比重、战略性新兴产业比重、有机农产品种植面积比例、单位 GDP 能耗、单位 GDP 水耗、单位 GDP 废水排放量、单位 GDP 废气排放量、单位 GDP 固体废弃物排放量、森林覆盖率、城区绿化覆盖率、人均淡水资源量、城区人口密度、城市污水集中处理率、空气质量指数为优良的天数占比、人均受教育年限等
12	高珊 ^[30]	增长方式、产业结构、消费模式、生态治理	单位 GDP 能耗、单位 GDP 水耗、单位 GDP 建设用地、农业增加值增长率、服务业比重、高新技术产业比重、最终消费占 GDP 比重、城乡人均支配收入比、城乡人均消费支出比、COD 排放强度、SO ₂ 排放强度等

表 5 贵州省科技创新支撑生态文明建设的评价指标体系

目标层	要素层	指标层
1 国土空间开发	1.1 生活空间优化	1.1.1 城镇化率
		1.1.2 城镇人均绿地面积
	1.2 生产空间优化	1.2.1 城镇 GDP 占地区 GDP 比重
		1.2.2 第三产业增加值
	1.3 生态空间优化	1.3.1 生态空间面积比例
		1.3.2 自然保护区面积比例
2 资源集约节约	2.1 土地集约利用	2.1.1 单位地耗 GDP
		2.1.2 单位播种面积粮食产量
	2.2 能源集约利用	2.2.1 单位能耗 GDP
		2.2.2 能源加工转换效率
	2.3 用水集约利用	2.3.1 单位水耗 GDP
		2.3.2 农田灌溉水有效利用系数
3 环境治理改善	3.1 土壤污染控制	3.1.1 土壤污染指数
		3.1.2 受污染耕地面积比例
	3.2 大气污染控制	3.2.1 单位 SO ₂ 排放量工业增加值
		3.2.2 地级及以上城市空气质量优良天数比率
	3.3 水体污染控制	3.3.1 单位化学需氧量排放量工业增加值
		3.3.2 地表水达到或好于 III 类水体比例
4 生态环境保护	4.1 生态资产增加	4.1.1 生态资产指数
		4.1.2 单位面积生态系统生产总值(GEP)
	4.2 生态服务增值	4.2.1 生态系统生产总值(GEP)
		4.2.2 人均生态系统生产总值(GEP)
	4.3 气候变化应对	4.3.1 非化石能源占一次能源比重
		4.3.2 万元 GDP 的 CO ₂ 排放量
5 创新支撑发展	5.1 创新资源投入	5.1.1 人力资本存量
		5.1.2 每万人拥有研发人员数
		5.1.3 R&D 投入占 GDP 比例
	5.2 新动能培育	5.2.1 信息化发展指数
		5.2.2 技术合同成交额
		5.2.3 高技术产值占 GDP 比重
	5.3 高质量发展	5.3.1 全员劳动生产率
		5.3.2 生态生产率
		5.3.3 人均可支配收入

明建设的贡献率在 11 年中跨越了两大台阶;三是科技创新对于贵州省生态文明建设与经济增长的贡献呈现同步增长;四是贡献率的主要驱动因素聚集于创新支撑领域,科技创新对贵州省生态文明建设的驱动作用日益显著。

3.1 科技创新对生态文明建设的贡献率持续快速增长

2006 年以来贵州省科技创新对生态文明建设的贡献率整体上表现出上升趋势(图 3),2006 年的生态文明科技贡献率水平为 33.58%,2013 年超过 40%,至 2016 年贵州省的生态文明科技贡献率达

44.53%,年均增速约为 1%。“十一五”期间,贵州省科技创新对生态文明建设贡献率为 35.70%，“十二五”(41.25%)比“十一五”提高近 6%。贡献率的不断高速增长反映了贵州省科技创新在生态文明建设过程中不断提高的重要地位,说明科技创新正逐渐成为提升贵州省生态文明建设水平和成效的新兴贡献力量。

科技创新对生态文明贡献指数是贡献率核算过程中的重要环节,指数的绝对值与地区生态文明建设水平呈正相关;而指数的增速与科技创新在地区生态文明建设中的贡献作用呈正相关,科技创新对

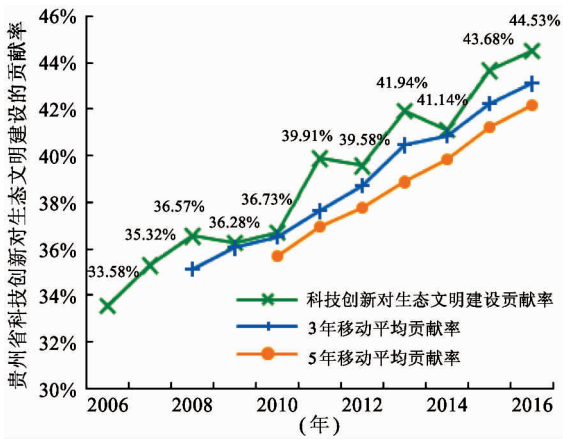


图3 2006-2016年贵州省科技创新对生态文明建设的贡献率

生态文明贡献指数的增速越大,说明科技创新在该地区生态文明建设中的贡献越大。贵州省2006-2016年的科技创新对生态文明建设指数总体上表呈现出不断增长态势(图4),2014年及以前指数的增速相对较小,2015年开始进入高速增长阶段,2015-2016年的增长幅度超过了2006-2014年的增长幅度,表明近年来贵州省生态文明建设水平不断提高,科技创新在贵州省生态文明建设所取得的成效中的贡献作用也日益显著。

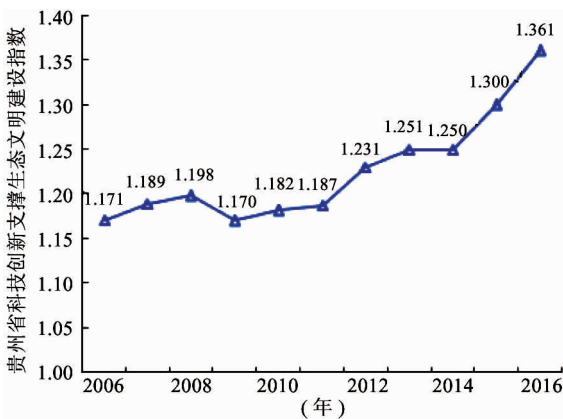


图4 2006-2016年贵州省科技创新支撑生态文明建设指数

3.2 科技创新对生态文明建设的贡献率跨越两大台阶

2006-2016年间,贵州省科技创新对生态文明建设的贡献率分别在2011年、2015年迈上了两个台阶,贡献率的加速度随着台阶的跨越而升至更高的速度区间,将贡献率的变化划分为3个阶段。第

1阶段为2006-2010年,该阶段中贵州省科技创新对生态文明建设的贡献率先上升后保持稳定,5年的贡献率累计增长3.15%,年均增长约为0.6%。2011年,贵州省科技创新对生态文明建设的贡献率跨上第1个台阶,由2010年的36.73%跃升至39.91%,自此科技创新对生态文明建设的贡献率进入第2个发展阶段。第2阶段(2011-2014年)内,贵州省生态文明建设中科技创新的贡献率在波动中上升,累计增长幅度超过4%,贡献率的年均增长速度比第1阶段中提高了0.5%,达1.1%。随着2015年贵州省科技创新对生态文明建设的贡献率跨上第2个台阶,贡献率开始进入较快增长的第3阶段(2015-2016年),仅2年时间内的增长幅度就达到了3.39%,年均增速约1.7%,是第1阶段年均增速的2.8倍,是第2阶段年均增速的1.5倍。随着贵州省科技创新对生态文明建设的贡献率跨越两大台阶,其在贵州省生态文明建设中的驱动作用显著增强。

3.3 科技创新对生态文明建设与经济增长的贡献同步提高

生态文明科技贡献率衡量科技进步在地区生态文明建设中的贡献程度,而科技进步贡献率则衡量的是科技进步在地区经济增长中的贡献程度,对比贵州省2010年以来的生态文明科技贡献率与科技进步贡献率,发现二者水平较为接近,几乎呈同步增长。2015年贵州省的生态文明科技贡献率为43.68%,科技进步贡献率为45.42%,二者相差1.74%;2016年贵州省的生态文明科技贡献率增长至44.53%,而同年的科技进步贡献率为46.4%,二者的差距为1.87%;2010-2016年的年均差距为2.19%。2015年与2016年我国科技进步贡献率分别为55.1%和56.2%,科技创新对生态文明建设的贡献率约为44.37%和45.46%,二者的差距分别为10.73%和10.74%,均超过了10%。对比同一时期的全国生态文明科技贡献率与科技进步贡献率水平可知,贵州省科技创新对生态文明建设与经济增长的贡献率差距远小于全国的两个贡献率差距。故而可以得出结论,相对于全国平均水平,贵州省的科技创新对于经济增长和生态文明建设两大领域实现了较为均衡

的带动作用,基本处于同步增长状态(表6)。

表6 2010-2016年贵州省科技进步对经济发展与对生态文明建设的贡献率

年份	科技进步对经济发展的贡献率(%)	科技进步对生态文明建设的贡献率(%)
2010	39.8	36.7
2011	41.0	39.9
2012	42.2	39.6
2013	43.4	41.9
2014	44.5	41.1
2015	45.4	43.7
2016	46.4	44.5

数据来源:2010年数据来源于《贵州省“十三五”科技创新发展规划》;2011年数据为估计值;2012年数据来源于《科技支撑贵州守底线走新路奔小康》,科技日报2015年7月28日第04版;2013-2016年数据来源于2013-2017年贵州省人民政府《政府工作报告》。

3.4 科技创新相关指标成为生态文明建设的主要贡献力量

余值法根据变量的增速来计算贡献率,通过分析科技创新支撑生态文明建设指标体系中的各项指标的表现情况,可知贵州省科技创新支撑生态文明建设中的贡献优劣势指标。分析得到2016年贵州省的5大贡献优势指标为第三产业增加值、单位能耗GDP、单位水耗GDP、全员劳动生产率、居民人均可支配收入等,集中于空间优化、资源节约和创新支撑发展板块。其中,除单位水耗GDP的增速为8.39%外,其他4项贡献优势指标的增速均接近或超过10%(图5),贵州省2016年的单位能耗GDP增速达18.4%。在5大贡献优势指标中处于首位;

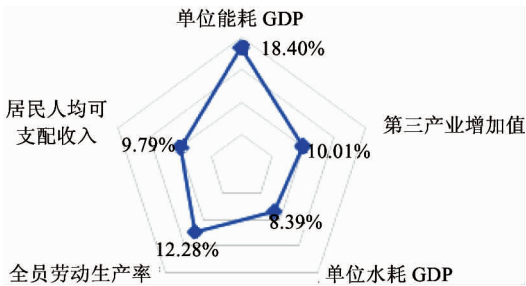


图5 2016年贵州省科技创新支撑生态文明建设5大贡献优势指标及增速

第三产业增加值的增速为10.01%,位居全国第1位,体现了其“大扶贫”、“大数据”、“大生态”战略对于地区国土空间优化方面的正向促进作用。

2016年贵州省科技创新对生态文明建设贡献中的5大劣势指标为自然保护区面积比例、生态系统生产总值、生态资产指数、单位面积生态系统生产总值、R&D投入占GDP比例,集中于空间优化和生态保护板块,除R&D投入占GDP比例一项为相对值外,其他4项均为与生态环境相关的绝对指标,这一特点说明,与其他省份相比,贵州省在与科技不存在直接相关关系的纯粹生态文明建设指标方面的增长水平较低。5项贡献劣势指标中,除生态系统生产总值的增速为5.50%外,其他3项指标的增速均未能超过5%,自然保护区面积比例的增速只有0.22%(图6),成为贵州省科技创新对生态文明建设贡献率的贡献劣势指标。

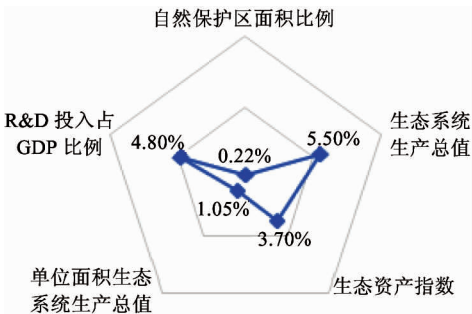


图6 2016年贵州省科技创新支撑生态文明建设5大贡献劣势指标及增速

通过分析2016年贵州省科技创新对生态文明建设贡献率的贡献优劣势指标可知,贵州省科技创新对生态文明建设的贡献优势指标以创新支撑相关指标为主,第三产业增加值、单位能耗GDP、单位水耗GDP等指标虽然不直接属于创新支撑发展板块,但都与科技创新存在间接关联关系。贡献优势指标的这一特点反映出在提高贵州省生态文明建设水平方面,科技创新能够起到较强的推动作用。而贵州省科技创新对生态文明建设的贡献劣势指标中绝大多数指标(如自然保护区面积比例、生态系统生产总值、生态资产指数等)均为与生态环境相关的绝对指标,这些指标的绝对值在全国的排名则相对靠前,这一特点表明当前贵州省生态文明建设的水平

较高,若延续当前的发展状态,其生态文明建设水平的增速会一直放缓,维持现有科技创新水平无法促进生态文明建设取得大幅进步,必须依靠科技创新。

4 结 论

本文在梳理贵州省在通过科技创新促进生态文明建设相关领域的建设现状、政策与行动基础上,以余值法及科技进步贡献率为基本指导思想,核算了 2006~2016 年贵州省科技创新对于生态文明建设的贡献率,并对实证结果及驱动因素进行了分析。得到如下的主要结论:

(1)2006 年以来贵州省科技创新对生态文明建设的贡献率整体表现出年均 1% 的增加趋势。随着创新驱动发展战略的实施和深入推进,科技创新在贵州省生态文明建设过程中的地位不断提高,“十一五”期间,贵州省科技创新对生态文明建设贡献率为 35.70% ,“十二五”(41.25%)比“十一五”提高近 6% 。

(2)贵州省科技创新对生态文明建设与经济增长的贡献同步提高。贵州省科技创新对生态文明建设的贡献率接近其对经济增长的贡献率水平,2010~2016 年的年均差距为 2.19% ,2015 年以来差距控制在 2% 以内,科技创新在其经济建设和生态文明建设中的贡献程度实现同步增长,体现了其发展的相对均衡。

(3)贵州省科技创新对生态文明建设的贡献优势指标以创新支撑相关指标为主,其他指标如单位能耗 GDP 等虽然不直接属于创新支撑发展板块,但都与科技创新存在间接关联关系,说明科技创新在贵州省生态文明建设进程中能够起到较强的推动作用。进一步提高贵州省生态文明建设的水平,科技创新的驱动力量不容忽视。

参考文献

[1] 白春礼. 科技支撑我国生态文明建设的探索、实践与思考[J]. 中国科学院院刊,2013,28(2):125-131

[2] 陈军,徐士元. 技术进步对中国能源效率的影响:1979~2006[J]. 科学管理研究,2008(1):9-13

[3] 赵领娣,郝青. 人力资本和科技进步对能源效率的影

响效应——基于区域面板数据[J]. 北京理工大学学报(社会科学版),2013,15(1):19-25,33

[4] 程中华,李廉水,刘军. 环境约束下技术进步对能源效率的影响[J]. 统计与信息论坛,2016,31(6):70-76

[5] 成艾华. 技术进步、结构调整与中国工业减排——基于环境效应分解模型的分析[J]. 中国人口·资源与环境,2011,21(3):41-47

[6] 何小钢,张耀辉. 技术进步、节能减排与发展方式转型——基于中国工业 36 个行业的实证考察[J]. 数量经济技术经济研究,2012(3):19-33

[7] 张伟,蒋洪强,王金南,等. 科技创新在生态文明建设中的作用和贡献[J]. 中国环境管理,2015,7(3):52-56

[8] 向丽. 中国省域科技创新与生态环境协调发展的时空特征[J]. 技术经济,2016,35(11):28-35

[9] 玮娜. 中国环境污染治理科技创新及其机制研究[J]. 科学管理研究,2017,35(3):30-33

[10] 扬起生态贵州强劲风帆贵州生态文明建设成就综述[EB/OL]. http://www.gzgov.gov.cn/xwdt/gzyw/201807/t20180707_1399563.html: 贵州省人民政府网站,2013

[11] 贵州省人民政府办公厅. 关于印发贵州省生态环境监测网络与机制建设方案的通知(黔府办发[2018]9号)[Z],2018

[12] Rees W E. Ecological footprint and appropriated carrying capacity: what urban economics leaves out[J]. *Environment and Urbanization*,1992(4):121-130

[13] Singh R K,Murty H R, Gupta S K, et al. An overview of sustainability assessment methodologies [J]. *Ecological Indicators*. 2012,15(1):281-299

[14] 成金华,陈军,易杏花. 矿区生态文明评价指标体系研究[J]. 中国人口·资源与环境,2013,23(2):1-10

[15] 世界可持续发展年度报告研究组. 2015 世界可持续发展年度报告[M]. 北京:科学出版社,2015

[16] Orsato R J, Garcia J, Mendes-Da-Silva W, et al. Sustainability indexes: why join in? A study of the ‘Corporate Sustainability Index (ISE)’ in Brazil[J]. *Journal of Cleaner Production*, 2015, 6(7): 161-170

[17] Dias J G. An empirical analysis of its reliability[J]. *Ecological Indicators*, 2017, 73(2): 589-596

[18] Dialga I. A sustainability index of mining countries[J]. *Journal of Cleaner Production*, 2018, 179(4): 278-291

[19] 齐心. 生态文明建设评价指标体系研究[J]. 生态经济,2013(12):182-186

[20] 刘庆志,国风兰. 山东省生态文明建设评价指标体系

- 的构建与实证研究[J]. 生态经济,2016,32(10):215-219
- [21] 齐岳,赵晨辉,廖科智,等. 生态文明评价指标体系构建与实证[J]. 统计与决策,2018,34(24):60-63
- [22] 杜宇,刘俊昌. 生态文明建设评价指标体系研究[J]. 科学管理研究,2009,27(3):60-63
- [23] 张琪,石惠春,巩萧,等. 甘肃省生态文明城市综合评价指标体系构建[J]. 资源开发与市场,2017,33(12):1422-1427
- [24] 吴慧玲,齐晓安,张玉琳. 我国区域生态文明发展水平的测度及差异分析[J]. 税务与经济,2016(3):36-41
- [25] 胡悦,金明倩,王漂,等. 京津冀生态文明发展水平测度与分析研究[J]. 科技管理研究,2018,38(5):243-252
- [26] 刘耀彬,柯鹏. 江西省生态文明建设水平评价及优化路径分析[J]. 生态经济,2015,31(4):174-180
- [27] 康喜平,胡卫华. 生态文明综合评价指标体系的构建与实证研究——以陕西省为例[J]. 新视野,2018(2):83-88
- [28] 秦昌才,韦洁成. 山东省城市生态文明综合评价研究[J]. 经济与管理评论,2018,34(2):153-161
- [29] 李艳芳,曲建武. 城市生态文明建设评价指标体系设计与实证[J]. 统计与决策,2018,34(5):57-59
- [30] 高珊,黄贤金. 基于绩效评价的区域生态文明指标体系构建——以江苏省为例[J]. 经济地理,2010,30(5):823-828

Assessing the scientific and technological innovation's contribution rate to ecological civilization construction—an empirical research on Guizhou province based on residual method

Liu Kaidi^{***}, Yang Duogui^{**}, Meng Hao^{***}, Wang Limeng^{***}

(*Institutes of Science and Development, China Academy of Sciences, Beijing 100190)

(**University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049)

(***Institute of Scientific and Technical Information of China, Beijing 100038)

Abstract

To explore the role and contribution of scientific and technological innovation in the ecological civilization construction in Guizhou province, related plans, policies, implementation plans and current situation are analyzed. Based on the residual method, a general calculation model of the contribution rate of scientific and technological innovation to ecological civilization construction is established, by which we calculate the rate in Guizhou province creatively and analyze the empirical results. The results show that: (1) Scientific and technological innovation has been playing an increasing important role in building ecological civilization in Guizhou province since 2006. (2) The contribution rate in Guizhou province divides the development process into three stages, in which each stage having a growth rate about 0.5% higher than that of the previous stage. (3) The contribution of scientific and technological innovation to the construction of ecological civilization and economic growth in Guizhou province has been improved synchronously. (4) Added value of the tertiary industry, energy consumption per unit of GDP, water consumption per unit of GDP are the main driving factors in innovation supporting ecological civilization construction. Innovation is the key contribution factor of further improving the level of ecological civilization construction in Guizhou province.

Key words: scientific and technological innovation, construction of ecological civilization, contribution rate, residual method, Guizhou province