

doi:10.11835/j.issn.1008-5831.2016.03.008

欢迎按以下格式引用:孙睿. 基于累积碳减排的社会生产环境友好性评价[J]. 重庆大学学报(社会科学版),2016(3):53-63.

Citation Format: SUN Rui. Environment amenity evaluation of social production based on accumulated carbon reduction [J]. Journal of Chongqing University (Social Science Edition), 2016(3): 53-63.

基于累积碳减排的 社会生产环境友好性评价

孙睿^{a,b}

(重庆大学 a. 经济与工商管理学院; b. 能源技术经济研究院, 重庆 400044)

摘要:基于相对基期累积碳减排量所定义的环境产出概念,从“水平—结构—动态效率”三个维度改进提出了社会生产环境友好性评价指标集,应用于国际比较,分析了中欧美德日巴印7大经济体间环境生产与经济增长、技术进步和环境生产努力水平等因素的关系,指出:考察期内,各国环境技术进步水平和环境友好程度呈现趋同趋势。中美欧对经济和环境生产的政策偏好相近。中国作出的环境努力最大,环境改善最为明显。实现同等经济产出规模,中国环境产出水平高。但是,中国环境友好程度仍低。进而,对未来中国和国际碳减排行动提出了有益的政策建议。

关键词:碳减排;累积碳减排努力;环境生产;环境友好性;国际比较

中图分类号:F062.2;F124.5 **文献标志码:**A **文章编号:**1008-5831(2016)03-0053-11

在能源和环境容量约束严峻的背景下,既要保持经济增长,还要推进低碳经济转型和不断提高社会生产的环境友好性程度,是各国特别是发展中国家实现可持续发展和建设生态文明的重要课题。但是,在碳减排意义上如何理解和界定社会生产环境友好性的内涵?如何考虑历史累积碳排放责任与碳强度减排策略的关系?如何对一经济体的碳排放责任和碳减排努力作出更为合理的评价?这些都是需要深入探讨的重要问题。

因此,研究中既需要考察一经济体当前绝对碳减排量,也同时考虑经济发展要求、历史累积碳排放和实际作出的累积碳减排努力程度,进行综合评价和分析判断,在下一阶段国际碳减排磋商谈判和实际碳减排决策中,有助于理性把握各经济体实际碳减排努力程度和可能承诺,进行有效决策。

一、碳减排和环境产出

社会生产的环境友好性,要求纳入环境产出因素,建立社会“环境—经济”复合社会产出目标。假设社会产出包括经济生产和环境生产两个方面,两者之间存在替代关系,但又具有某种联合生产和范围经济特性^[1]。其中,在本研究中,经济产出以一经济体GDP总量,环境产出以碳减排量(根据相对2005年基期2020年中国碳排放强度降低45%的相对减排目标,以2005年中国碳排放强度为基准参照强度,进行绝对减排量

修回日期:2016-03-22

基金项目:重庆大学中央高校基本科研项目“面向低碳转型的区域社会生产环境绩效评价”(2015CDJXY)

作者简介:孙睿(1974-),山东济宁人,男,重庆大学经济与工商管理学院讲师,博士,主要从事能源经济分析、能源管理及其信息化研究。

的换算,参考表1中计算公式)进行度量。借鉴生产可能性的概念,可知:在一定范围内,存在通过技术进步或提高技术效率实现同时提高经济产出和改善环境的社会生产调整路径。从碳减排意义上来说,也就是兼顾实现经济发展和碳减排的环境友好型调整路径。

在主流环境经济学理论中,通常把污染排放(包括碳排放)视为经济发展的外部性效应或负的非期望产出(undesirable output),然后,将其导致的社会负收益或正成本通过内部化而纳入经济分析框架,用以研究环境资源和经济资源的优化配置方式与调整过程。在采用DEA方法进行环境绩效和效率评价时,该理论假设隐含设定负的非期望环境产出具有弱处置性,降低非期望产出,就需要减少正期望产出,不能满足DEA模型产出最大化的要求,因而一般将求解目标调整为在两者之间寻求平衡。为方便研究,对负期望产出的处理方法主要有负产出法、线性数据转换法和非线性数据转换法^[2]。

根据IPCC定义,碳排放是7种主要大气污染物按一定系数加总换算得到的等当量碳排放值,主要与能源利用有关,依据环境经济学假设一般将其作为负期望产出。相对于一般污染排放的概念,碳排放与社会经济发展过程的关系更为紧密和广泛。根据IPAT模型,碳排放主要取决于人口规模(P)、经济发展水平(A,人均GDP)和技术水平(T,一般采用碳排放强度表征)。STIRPAT模型将IPAT模型扩展为C-D函数形式,将碳排放量的变化归因于人口数量、人均GDP、产业结构、城市化等指数化驱动因素的影响^[3]。

不同于传统的环境管理,降低碳排放影响的努力,不仅包括“主动”降低生产生活过程中与能源消费直接相关的碳排放(即碳减排),如能源利用清洁化、能源结构低碳化、能源效率与节能、碳捕获/碳储存(CSS)等,还应包括通过产业结构低碳化、增加碳汇(如植树造林)、不破坏或不过度开发现有环境资源(或碳汇资源)、生活方式低碳化等“消极”或间接的碳减排和提高可排放容量的努力。该努力部份,特别是碳汇资源增量,具有长期的减排效应。该部分的减排努力不易测算,现有基于负期望产出假设的理论,对此未给予明确和充分的解释。

与一般负期望环境产出假设不同,非负环境产出假设^[4]认为,给定经济生产和环境生产可替代,在社会生产可能性边界内,社会生产目标是追求相对实现社会环境产出(Q)和经济产出(P)的最优配置(即林达尔均衡配置)的“合意”目标,而不是一般意义上在径向距离上逼近经济生产前沿面。与碳减排概念相结合,把该“环境产出”概念界定为考察第t年及之前年份的累积碳减排量,满足正期望产出假设,表示为:

$$EN_t = (CI_{05} - CI_t) \times GDP_t \quad (1)$$

其中, $EN_t \geq 0$,是第t年环境产出, CI_t 和 CI_{05} 分别表示2005年和第t年的碳排放强度, GDP_t 是第t年GDP。

进一步,假设碳排放量^①直接取决于一经济体能源消费量及其含碳程度,碳排放量应当是实际发生的碳排放量。因此,与能源消费有关的碳排放量测算的基本方法,是采用各种一次能源消费与相应碳排放系数乘数再加总得到。碳减排量则是该变量的衍生概念,是指相邻年份的相对净碳减排量。作为累积碳减排量的环境产出概念,包括了对已实现碳减排成果(或环境存量)的保护。

采用环境方向产出距离函数的DEA生产效率测度理论,在有关研究^[4-5]的基础上,借鉴采用切克兰德的“水平—结构—动态效率”三维度软系统评价方法,提出了评价—经济体社会生产环境友好性的指标集,对有关概念和评价指标及方法进行了进一步厘清界定、修正和拓展(表1),提取了有关评价指标集,用于对1980—2013年期间美国(USA)、欧盟(EU)、日本(JAP)、德国(GER)、印度(IND)与中国(CHN)的环境友好性进行评价、分析和比较。

同时,对其他国家水平指标的测算均以2020年中国经济产出目标和环境产出目标作为参照指标,结构指标和动态效率指标测算方式不受影响。在国际比较中,水平指标和结构指标本身已经是相对指标,而对于动态效率指标,统一以1980—2013年期间中国对应指标的t-1期值作为参照进行测算,形成可用于比较的相对动态效率指标。

^①本文中有关变量,在未特殊说明的情况下,一般是指年均量。

表1 面向产出的环境友好性评价指标集

指标	缩写	公式	注释	
环境产出 (实物量)	EN	$EN_t = (CI_{05} - CI_t) \times GDP_t - C_{80}$	式(1) CI_{05} 是2005参考年碳排放强度, C_{80} 是1980年碳排放量(用于坐标变换)。结果可比。	
经济产出 水平指数	EL	$\rho_{E_t} = \frac{P_t}{P^*}, \forall \rho_{E_t} \in (0, 1], P_t$ 是当年GDP, P^* 是2020参考年预测GDP。	式(2) 用以评价当前经济生产相对目标经济产出(2020年预期目标)的水平。	
水平 指标	环境产出 水平指数	ENL	$\rho_{EN_t} = \frac{EN_t}{EN_{2020}}, \forall \rho_{EN_t} \geq 0, Q_{EN_t}$ 是当年环境产出, EN_{20} 是2020年目标环境产出。	式(3) 用以评价当前环境生产相对参考环境产出(2020年中国环境产出)的水平。
	“经济 - 环境”综合 发展水平 指数	EENL	$\rho_{EEN} = (\rho_{EN_t} + \rho_{E_t})/2, \forall \rho_{EEN} \in (0, 1]$	式(4) 采用 Fisher 指数算法构造, 对经济生产和环境生产给予相同权重。
	环境友好 度指数	ENF	$\rho_{ENF_t} = \frac{\rho_{EN_t}}{\rho_{E_t}}, \forall \rho_{ENF_t} \geq 0$	式(5) 采用比值形式, 在碳减排意义上刻画社会生产的环境友好程度。
结构 指标	碳排放 强度	CI	$\rho_{C_t} = \frac{C_t}{P_t}, C_t$ 为年碳排放总量	式(6)* 单位经济产出的碳排放量, 作为社会生产碳排放效率和广义碳减排技术水平的评价指标。
	经济产出 对环境产出 的影响 指数	DEEN	$TE_{EN}(t, t+1) = \left(\frac{Q_t}{P_{t+1}\rho_{EN,t}} \cdot \frac{P_t\rho_{EN,t+1}}{Q_{t+1}} \right)^{1/2}$	式(7) 用以评价技术不变条件下, 不同期间经济产出变动对环境产出影响的程度, 受投入规模、经济结构等因素的影响。该指数为负向指标。
	总体环境 绩效动态 指数	DENP	$TE_{ENP}(t, t+1) = \frac{Q_{t+1}}{Q_t}$	式(8) 环境产出环比比率, 用以评价不同年份之间环境产出总体绩效变化。
动态 效率 指标	环境技术 进步动态 指数	DENT	$TE_{ENTP}(t, t+1) = \left(\frac{P_t\rho_{EM,t+1}}{Q_t} \cdot \frac{Q_{t+1}}{P_{t+1}\rho_{EM,t}} \right)^{1/2}$	式(9) 用以评价剔除经济投入因素影响后, 广义环境技术进步因素对环境产出贡献。该指数为正向指标。
	技术 进步 对 碳 排 放 的 影 响 指 数	DCTP	$TE_{CTP}(t, t+1) = \left(\frac{P_t\rho_{Cl,t+1}}{C_t} \cdot \frac{C_{t+1}}{P_{t+1}\rho_{Cl,t}} \right)^{1/2}$	式(10)* 把碳排放强度作为技术评价指标, 用以评价剔除经济投入因素影响后碳减排技术进步对碳排放的影响。该指数为负向指标。根据本文环境产出概念, 碳减排技术是广义环境技术组成部分。
	经济产出 对 碳 排 放 影 响 的 动 态 指 数	DCEF	$TE_{C_t}(t, t+1) = \left(\frac{C_t}{P_t\rho_{Cl,t+1}} \cdot \frac{P_{t+1}\rho_{Cl,t}}{C_{t+1}} \right)^{1/2}$	式(11)* 用以评价经济产出变动对碳排放的影响。该指数为负向指标。

注:(1)标注*的碳排放相关测算公式,用于与“环境产出”有关测算比较,有助于明确和理解两者概念和使用的不同;
(2)广义碳减排技术进步,是指与能源利用直接相关且具有碳减排效应的技术进步;广义环境技术进步,则是指涵纳了直接和间接碳减排效应的技术进步,内涵更宽。

二、数据准备

为了解中国环境生产水平及其效率相对国际水平的差异,选择了发达经济体美国、欧盟、德国、日本和同属金砖四国的巴西、印度作为参照,视为经济规模具有可比性的生产单元进行评价和比较。

2018年及以前各经济体(包括中国)经济产出数据,采用国际货币基金组织世界经济展望2013(IMF

WEO2013)发布的美元单位购买力平价 GDP 及增长率数据;为预测 2019-2020 年各经济体 GDP 总量,采用二次指数平滑法(阻尼系数 $\alpha = 0.05$)和 IMF 所预测 2018 年各经济体货币对美元不变汇率预测各经济体这两年的 GDP 增长率。其他数据采取与中国类似的测算方式。

碳减排方面,以 2005 年中国碳排放强度(约 1.039tC/万美元)为参照基准。在碳减排量和环境产出测算方面,考察期(1980-2013 年)内各经济体碳减排数据参考 BP 公司发布的《2014 年世界能源统计年鉴》,减排目标参考值分别设定为:欧盟承诺 2020 年前碳排放总量相对 1990 年降低 20%,美国承诺 2015 年碳排放总量相对 2005 年下降 17%,印度承诺相对 2005 年碳排放强度降低 25%。以此为依据分别计算各经济体 2015 年或 2020 年绝对碳排放量和环境产出。

另外,需要指出的是,由于采用中国 2005 年碳排放强度作为环境产出测算的基准强度,因部分环境产出指数测算不允许负值,因此采用各经济体各年份环境产出值减去 1980 年中国环境产出(负值),进行坐标变换。这种情况下,采用该算法和坐标变换后得到的 1980 年环境产出值是零,但其他经济体 1980 年环境产出值非零。该坐标变换会影响到中国相关指标考察期间的选择,但不影响国际比较。

三、环境生产和环境友好性评价

(一)环境产出、GDP 和人均 GDP

采用经济产出规模指标——购买力平价 GDP(单位:10 亿美元)为横坐标,根据新环境产出公式(式(1)),以 2005 年中国碳排放强度为参考强度,可换算得到美国、欧盟、日本、德国、印度与中国的环境产出值^②。将该环境产出作为纵坐标,可以看出新的“环境产出”(图 1a)、碳排放量(图 1b)与 GDP 的关系明显不同。

特别是,在图 1a 中,按新的概念测算,在同等约 6.2 万亿美元及以上 GDP 产出水平上,中国 2007 年环境产出水平略超过美国 1994 年的水平,而在图 1b 中,在同等约 4.6 万亿美元及以上 GDP 产出水平上,中国碳排放量(2004 年水平)开始显著超过美国(1986 水平)。显然,两者的涵义相反:实现同等经济产出水平,后者意味着中国碳排放更高,前者则意味着中国同时实现了较高环境产出(累积碳减排),以新的“环境产出”概念进行指标评价,中国作出了更多的环境努力。总的来说,实现同等经济规模,中美欧三者环境产出水平基本相近。

进一步,采用衡量社会经济综合发展水平的人均 GDP 指标(作为横轴),分别以环境产出(以 2005 年碳排放强度为参考强度计算)和碳排放量作为纵轴(如图 2),可知:随着人均 GDP 增长,欧美的环境产出水平高于德日巴 3 国,欧盟显著高于美国;考察期内,除中印外的其他经济体碳排放量增长明显趋于平缓,欧盟和德国甚至开始下降,呈现明显的“碳脱钩”^[6-7]。需要重点指出的是,在人均 GDP 低于 1 万美元水平上,随着人均 GDP 增长,中印两国碳排放量和环境产出量都显著“双高”于其他经济体,中国的增长曲线更为陡峭。并且,同等人均 GDP 水平上,中国碳排放量远高于印度,环境产出则反之。

总体上,“环境产出—GDP(表征经济规模)”、“环境产出—人均 GDP(表征社会经济发展水平)”两组变量数据分别呈现出明显不同的关系模式(如图 1a 和图 2a)。

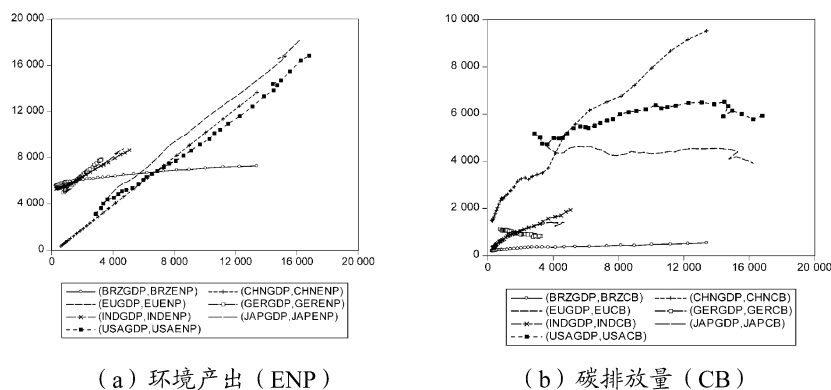


图 1 不同 GDP 水平上的环境产出测算与国际比较(1980-2013)

②因测算方法原因,结合滞后影响分析,环境产出值均采用 1986 年及以后的数据。与环境产出有关的指数测算结果,也作相同处理。

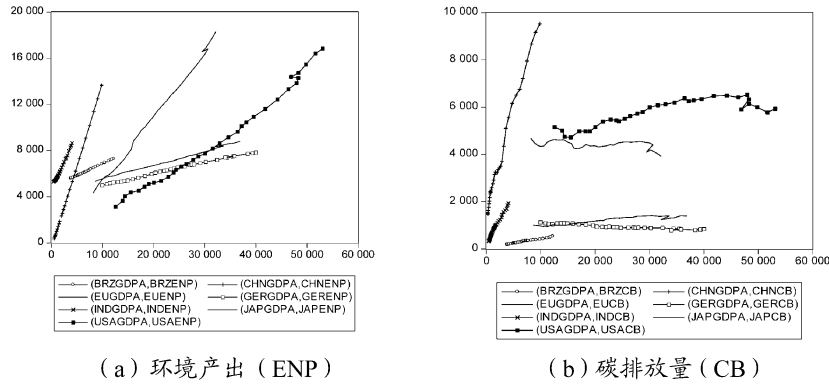


图 2. 不同人均 GDP 水平上的环境产出测算与国际比较 (1980 - 2013)

对此解释之,依据式(1)可知,环境产出和 GDP 之间呈较明显的线性相关关系,出现差别的原因主要是出于各经济体碳排放强度的差异,也就是广义碳减排技术的差异。进而,由式(1)还可推得:

$$EN_t = [(CI_{05} - CI_t) \times GDP_t / POP_t - C_{80} / POP_t] \times POP_t \tag{12}$$

式(12)说明:环境产出与经济发展水平(人均 GDP)、当期与基期的广义技术差距(碳排放强度之差)和人口规模 POP_t 有关。同时可以看出,环境产出与人口规模之间的关系,与碳排放 IPAT 公式的简单关系刻画有所不同。

基于以上关系描述,可以初步理解,中印“双高”的原因主要在于:一方面,因经济增长迅速和高碳能源结构等约束,两国碳排放增长迅速;另一方面,依据本文环境产出测算方法,两国环境产出增长迅速与人口规模增长、GDP/人均 GDP 双增长和年均碳减排量高等原因有关,说明考察期内随着社会经济发展水平提高,两国也同时付出了很大的碳减排和环境生产努力,GDP 的能源消费及相关碳排放强度下降明显。

对应来看,美欧德日巴 5 个经济体环境产出增长与碳排放趋势在内涵上基本一致,即环境生产的提高主要是由碳减排推动。其中,美欧德主要是通过加大碳减排力度和促进碳排放脱钩,来实现环境产出提高;而日巴也呈现出一定的环境产出与碳排放“双略增”的趋势,原因在于两国因经济增长影响碳排放有所增加,具体而言是:仍未走出经济增长停滞“怪圈”的日本近年来的经济增长有所复苏,同时因暂停核电开发,增加了碳基能源消费;巴西则是处于经济追赶阶段的发展中国家,经济增长及其规模效应推动了碳排放的增长。

(二) 基于“水平—结构—动态效率”三维指标的测算和比较

1. 水平相对指标的测算和比较

由测算得到各经济体经济产出(EL)和环境产出水平指数(ENL)、“经济—环境”综合发展水平指数(EENL)(图 3),可得以下发现。

经济产出水平指数(EL):结合 IMF WEO (2014) 预测,2020 年前中国 GDP(PPP 修正)将一直处于快速增长过程,2020 年美国 and 欧洲经济规模将相当于中国的约 90.89% 和 83.33%,其他国家都被远远超越。

环境产出水平指数(ENL):考察期内,中国环境产出在 2008 年和 2009 年分别超过德国和日本,仅次于欧美位居第 3。但是,在考察期内,德日两国环境产出水平相近且始终保持平稳,欧美分别在 1983 年和 1993 年才超过两国,说明德日始终保持较高的低碳化水平。

进一步,采用变异系数法测算不同经济体在发展过程中对环境产出和经济产出的权重(表 2)。变异系数用以描述期内各经济体对于实现环境和经济产出目标的难易程度。结合本研究可知,变异系数越大,意味着对应环境努力程度

表 2 环境产出和经济产出序列的变异系数与权重测算(1986 - 2013)

经济体	指数	变异系数	权重
中国	环境产出	0.933 6	0.514 7
	经济产出	0.880 2	0.485 5
美国	环境产出	0.372 6	0.496 4
	经济产出	0.378 0	0.503 6
欧盟	环境产出	0.323 8	0.487 0
	经济产出	0.341 0	0.513 0
日本	环境产出	0.108 4	0.289 4
	经济产出	0.266 2	0.710 6
德国	环境产出	0.112 3	0.272 7
	经济产出	0.299 5	0.727 3
巴西	环境产出	0.075 2	0.157 5
	经济产出	0.402 5	0.842 5
印度	环境产出	0.159 6	0.188 5
	经济产出	0.687 2	0.811 5

更高。所测算得到的权重系数,可用于评价考察期内对该项指标实现的侧重程度。

由各指标结果可以看到:考察期内,中国环境产出水平相对最低,欧美水平较高,其他相近;欧美中的努力水平较高。由于基础相对较差,中国环境产出改善的效果最为明显。在经济产出方面,中美欧努力水平(变异系数)较高,但中国改善程度最大。整体看,中国对经济发展和环境的政策偏好与欧美相近,说明考察期内中国在致力于社会经济发展方面以欧美发展模式作为主要参考,同时取得了经济环境“双快速增长”的良好成绩。日德巴印4国均相对侧重于经济发展,主要与这些国家环境基础条件保持较好有关。中国要真正实现环境和经济协调的低碳化发展,下一阶段应提高环境产出权重,加大环境努力。

“经济—环境”综合发展水平指数(EENL):该指数测算采用Fisher指数构造方法。环境产出和经济产出的测算均以中国2020年目标水平为参照(标准化为1),因此,据此得到的中国2020年“经济—环境”综合发展水平指数也是标准化值1。

由图3可知,欧美发展水平明显高于除中国外的其他经济体,但中国追赶速度很快。印度增速也较快。从“环境—经济”协调程度改善(综合指数增速)的角度看,中国改善最快,欧美次之,印日德巴4国增长平缓。但是,需要说明的是,中国该指数的改善主要得益于快速经济增长的贡献。

2. 结构指标的测算和比较

考察期内,依据碳排放强度指标,各经济体广义碳减排技术水平基本处于持续进步状态,即碳排放强度持续降低,与多数研究结论一致。但是,依据评价广义环境技术进步的环境生产强度(单位与碳排放强度相同)指标,结论却显然不同(表3)。

表3 各经济体 ENI 与广义环境技术进步状态变化情况(1980-2013)

经济体	ENL 序列特征值					考察期间内变化及其基本解释
	Max	Min	均值	标准差	变异系数	
中国	1.019 7	0.135 7	0.797 7	0.271 2	0.340 0	ENI 单调上升,2007年后 ENI > 1,持续保持广义环境技术持续进步状态。但是,总体环境技术水平最低。
美国	1.208 2	0.935 8	1.013 4	0.074 8	0.073 8	以2000年为分界,分为两阶段。之前,基本表现为技术退步状态,其中,1992年前 ENI > 1;之后表现为持续进步状态,2012年后 ENI > 1。
欧盟	1.264 8	1.093 6	1.153 6	0.048 8	0.042 3	期间保持 ENI > 1。2008年及以前表现为技术缓慢退步;之后恢复技术进步状态。
日本	5.322 5	1.872 7	2.746 0	0.927 9	0.337 9	日德始终保持高 ENI 指数,尽管期间内总体表现为技术退步状态。
德国	6.486 5	2.422 4	3.715 8	1.154 8	0.310 8	
巴西	12.425 0	3.008 8	6.353 3	2.735 4	0.430 5	巴印基本保持相当高 ENI 指数,尽管期间内总体表现为技术退步状态。
印度	18.158 0	1.706 5	6.209 2	4.419 8	0.711 8	

注:总体上,各经济体环境强度有趋同趋势,中国技术进步水平最低,但改善最为明显;欧美技术进步水平相对稳定;德日巴印的所谓“技术退步”状态,主要原因在于 GDP 增速高于环境产出增速,其中,印巴两国更多地强调了经济增长。

环境友好指数是社会产出和环境产出的无量纲化比值,说明的是一经济体在社会发展中趋于环境友好的程度。2020年中国该指数取值为1。虽然这并不完全标志着该年份中国的“环境—经济”生产满足目标“合意”配置,但不影响国际间比较。

由图4和表4看出,各国社会生产的环境友好程度呈现明显的趋同趋势。

考察期内,中国社会生产的环境友好程度底子薄,虽在整个考察期内呈提高趋势,但横向比仍最低。

德日欧美环境友好程度高,发展平稳。结合实际看,4经济体经济发展水平也较高,说明采取了较合理的社会发展方式。其中,美欧人口和经济规模与中国相近,在环境生产上采取“踩碎步”的改进模式,具有更高的可比性和借鉴意义。日德的环境友好程度一直好于欧美,指数略趋降的原因是考察期内总体上 GDP 增长超过环境产出增长。

巴印两国则是在较低经济发展水平上实现的“高”环境友好性。并且,在考察期内,两国环境友好程度

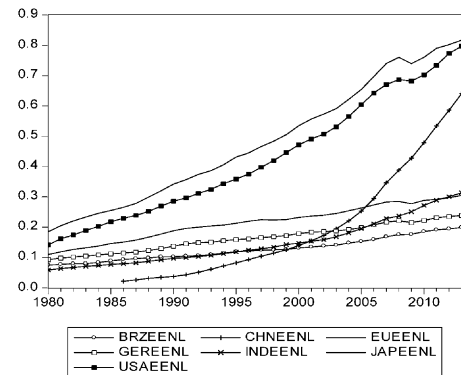


图3 “经济—环境”综合发展水平指数

明显下降,应与两国侧重经济增长的发展模式有关。

3. 动态效率指数的测算和比较

动态效率基本指数集包括对环境产出的总体绩效($DENP$)、广义技术进步影响($DENT$)和经济产出影响($DEEN$)的3项评价指标,是基于相邻年份环比关系对单一经济体环境生产的动态评价。该类指标只能用于经济体自身动态效率的纵向比较。此外,为更便于辨析环境产出和碳排放概念及其应用的不同,也分别给出考察期内经济增长($DCEP$)和技术进步($DCTP$)对碳排放影响的动态指数变化情况,测算方法相同。

由测算结果(如图5)可得以下结论。

第一,对所有经济体,考察期内经济增长对环境产出的动态影响均基本为负向效应($DEEN < 1$),且呈现出一定波动特征。采用参考GDP变量序列的HP滤波,显示经济增长对不同经济体环境产出影响的差异在于:对规模较大经济体的影响较大,对中国影响均最为显著,但在整个考察期内均呈现明显逐步减弱趋势;欧美次之,也基本呈现逐步减弱趋势;对其他4国影响程度很小且变动也很小,但是2002年后对印度和巴西的负向效应有所抬头。

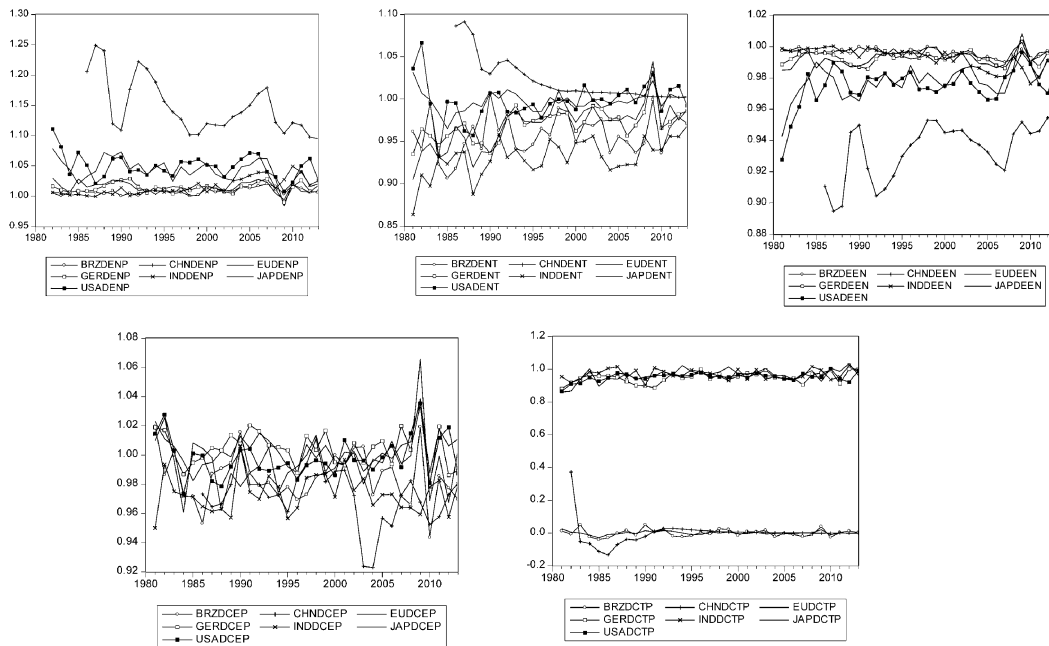


图5 各经济体基本动态效率指数测算结果(1981-2013)

第二,在广义技术进步对环境产出动态影响方面,在整个考察期内对中国始终保持正向效应($DETP > 1$)且最为显著,但作用逐渐减弱;对欧美在多数年份保持平稳正向效应,变动很小,对欧盟作用强于美国;对其他4国均基本保持负向效应($DETP < 1$),其中,对德日效应平稳,而对巴印该负向效应呈逐渐减弱趋势。

第三,依据DCEP指数,考察期内经济增长对碳排放的影响,对发达经济体而言,对欧盟和德国在约1/2年份和对美日在约1/3年份呈现正向效应。

大体以1996年和2001年为两个标志性年份,经济增长对4个发达经济体碳排放的影响方式分为三个阶段:1980-1996年和2001年后4个经济体的影响模式相近,1996-2001年期间有所差异。对中美巴印3国,经济增长的碳排放效应均呈负向效应($DCEP < 1$),效应依次减小,在整个考察期内对3国的影响变化模式相近。

第四,依据DCTP指数,在整个考察期内对各经济体,广义技术进步对碳排放均基本呈正向效应,对中国作用相对最为显著。

进一步,采用同年份中国环境产出及其强度、碳排放及碳排放强度、GDP数据作为参照,仅选取广义环境技术进步可比指数(正向指标,简称为 $RENTP$,测算公式如式(13))和广义碳减排技术进步可比指数(负

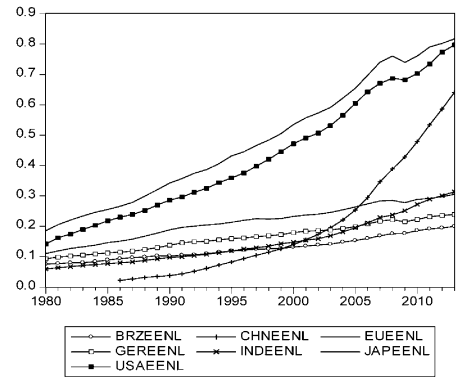


图4 环境友好指数国际比较

向指标,简称为 $RCTP$,测算公式如式(14)),用于比较同期其他经济体与中国的广义环境技术和广义碳减排技术进步差距。

$$TE_{RENTP}(CHN, i) = \left(\frac{P_{CHN} \rho_{ENI, i}}{Q_{CHN}} \cdot \frac{Q_i}{P_i \rho_{ENI, CHN}} \right)^{1/2} \quad (13)$$

$$TE_{CTP}(t, t+1) = \left(\frac{P_t \rho_{CI, t+1}}{C_t} \cdot \frac{C_{t+1}}{P_{t+1} \rho_{CI, t}} \right)^{1/2} \quad (14)$$

由测算结果(如图6)有以下发现。

其一,考察期内,各经济体之间及其与中国的广义环境技术进步差距,均呈现迅速缩小和趋同的趋势。依据 $RENTP$ 指数,总体上,发达经济体均保持较高技术进步水平,德日两国高于欧美。仅依据表面指数值,巴印两国广义环境技术进步衰退明显,原因在于初期两国经济发展较低,碳排放水平低,近年来也采取了侧重经济增长的发展模式。

其二,依据 $RCTP$ 指数,考察期内,各经济体的广义碳减排技术进步影响的变化趋势趋同,且均明显高于中国。但是,巴西的广义碳排放技术退步明显。

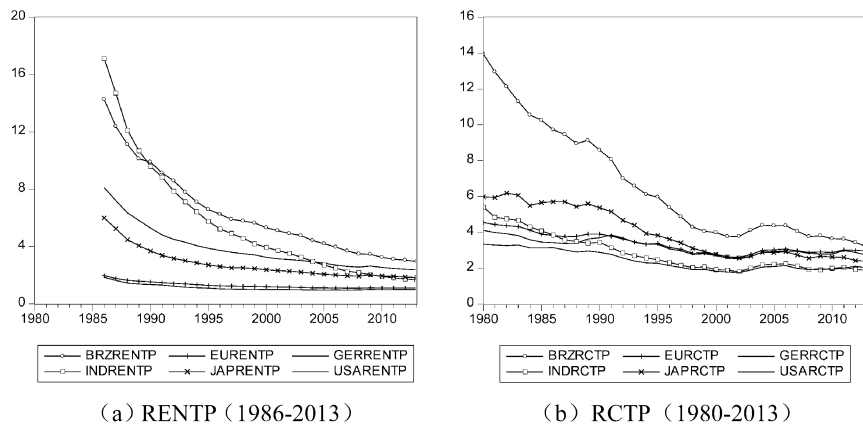


图6 各经济体 $RENTP$ (1986-2013)和 $RCTP$ 相对指数测算结果

4. 基于2020年碳减排承诺的预期环境友好特征评价和国际比较

以2020年预期GDP标准化为参照值1,以及根据中国承诺测算的2020年碳排放量(1 026 652万吨),相应环境产出量(2 962 654万吨)也标准化为参照值1,可知2020年中国环境友好指数和复合产出水平指数也是1。

由表4可知,以2020年中国各环境生产相关指数为参照,日德两国环境产出水平最高,环境技术进步水平也最高。经济发展处于较低水平的巴印两国,环境产出水平和环境友好程度较高的原因在于既有的高环境存量,其环境技术水平较高内涵意味着对环境存量的保护工作开展得好。欧美两经济体与中国经济规模相近,但环境友好程度、环境产出水平和碳减排技术进步程度均高。比较可知,中国“经济—环境”复合生产水平高的原因,主要在于经济发展的贡献,在以碳减排努力为代表的生产领域仍亟待努力。

具体而言,测算得到的中国2015和2020年环境友好指数反而相对之前明显降低。以2020年环境友好为1,考察期内1990年至今的环境友好都高于1。这说明中国现有碳强度减排承诺目标偏低或经济产出目标过高,“环境—经济”生产目标制定的环境友好性偏低。

表4 各经济体相对中国有关指标测算结果(2020年)

经济体	环境友好指数	复合生产水平指数	广义环境技术进步相对指数 ⁽²⁾	广义碳减排技术进步相对指数 ⁽³⁾
美国 ⁽¹⁾	1.435 2	0.905 3	1.385 9	2.901 2
欧盟	1.516 4	1.025 8	1.518 4	2.866 6
日本	2.448 6	0.359 3	2.448 6	3.061 7
德国	2.940 5	0.281 2	2.940 3	3.372 8
巴西	3.390 6	0.253 9	3.390 6	6.639 5
印度	2.253 2	0.507 7	2.253 2	3.279 3

注:(1)按美国对2015年的碳减排承诺测算;(2)相对环境技术进步指数,参照中国2020年45%强度减排承诺及相应环境产出强度测算;(3)相对碳减排技术进步指数,参照中国45%强度减排承诺测算。

四、经济增长对碳排放和环境产出的影响分析

根据前述定义,可以将环境产出看作受经济增长、直接碳排放和影响碳排放的其他间接因素等影响的趋势性成份和周期性成分的叠加。HP 滤波方法可以帮助剔除周期性成分影响,保留某一影响因素的趋势性成份。

这里,采用 HP 滤波方法,对各经济体,在碳排放和环境产出序列中分别剔除经济产出(GDP)周期性因素的影响,识别经济影响趋势性成份(如图 7),用以说明一经济体经济增长对于自身碳排放影响(DCEP)和环境产出影响(DEEN)的不同趋势特征。该趋势成份值大于 1,说明经济增长对该方面影响呈正向效应;趋势成份值小于 1,则说明呈负向效应。

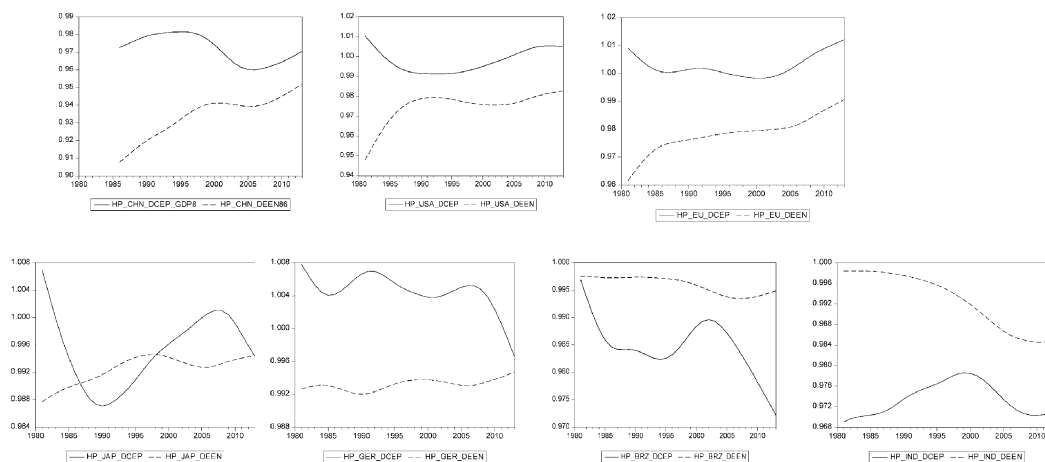


图 7 经济对碳排放和环境产出的趋势影响

依据结果可以看到,各经济体经济增长对环境产出的净影响总体呈负向效应,也就是说,经济增长在一定程度上会抵消碳减排努力。而对碳排放则因经济体不同而不同。相应的趋势影响分析(表 5)也能够说明经济与环境产出、碳排放存在不同的趋势效应。

表 5 经济对碳排放和环境产出的趋势影响分析

经济体	经济对碳排放的趋势影响	经济对环境产出的趋势影响	进一步分析和解释
中国	总体呈负向效应。1980 - 1992 年间,负向增强趋势;1993 - 2002 年间,负向减弱趋势;2003 - 2006 年间,负向增强趋势;2007 - 2013 年间,负向减弱趋势。	总体呈减弱的负向效应。特别在 2001 年前,对环境的影响减弱明显。	考察期内,经济对碳排放的作用与对环境产出的作用及其变化方向一致。
美国	1980 - 1984 年间,呈正向效应;1984 - 2004 年间,呈负向效应。其中,以 1996 年为分界点,前负向增强,后负向减弱;2004 - 2013 年间,呈正向效应。	总体基本呈负向减弱效应,特别是在 1992 年前,对环境产出影响减弱明显。	考察期内,经济对碳排放的作用与对环境影响的及其变化方向基本一致。
欧盟	除 1996 - 2003 年间呈负向效应外,其他年份呈正向效应。	总体呈持续减弱负向效应,对环境产出影响持续减弱。	2003 年后,对碳排放的总体正向效应与对环境的影响情况相反。
日本	1980 - 1990 年间,影响持续减弱。其中,1984 年前,呈正向效应;1984 - 1990 年间,呈持续的负向增强效应;1990 - 2009 年间,除 2006 - 2009 年间呈增强的正向效应,其余年份呈减弱的负向效应。2009 年后,呈负向效应。	总体呈持续的减弱负向效应,对环境产出影响持续减弱。	1990 年后,对碳排放的正向效应与对环境的影响情况基本相反。
德国	2001 年前,总体基本呈持续减弱的正向效应;2001 年后呈负向效应。	经济对环境的影响不明显。	碳排放增量持续下降,经济增长对环境产出影响弱且稳定。
巴西	总体呈明显增强的负向效应。1995 - 2002 年间,趋势呈负向效应减弱。	经济对环境的影响不明显。	总体上碳排放持续下降,对环境产出影响弱且稳定。
印度	1999 年及以前,呈持续减弱的负向效应;之后,呈持续增强的负向效应。	总体呈持续增强的负向效应。	1999 年后碳排放持续增长,总体上对环境的负面影响持续增大。

五、政策建议和结论

本文采用基于正期望产出假设的环境经济分析理论,对中国和美欧等7个主要经济体的社会“环境—经济”生产的状况进行了比较和分析,与采用碳排放或年度碳减排指标的有关国际比较研究结论有所不同,本研究主要有以下结论。

碳减排与社会生产的环境友好性在内涵上具有一致性。经济增长对环境生产(累积碳减排)总体呈负面影响,有效的碳减排政策应与促进经济增长的政策相独立。考察期内,实现同等经济规模,中美欧3经济体环境产出水平相近,日德始终保持较高低碳化水平,巴印环境产出水平较高的原因在于较低经济发展水平上对环境存量的低消耗;中美欧对经济和环境产出的政策偏好相近,但中国未来需要更加重视环境生产;美欧德日巴5经济体环境生产与碳减排变化趋势一致,而中印两国环境生产与碳排放“双增长”的原因在于伴随经济增长的结构调整等政策导致的碳减排;各国社会生产的环境友好程度呈现明显趋同趋势,而中国相对仍最低,德日欧美的社会经济发展模式更为合理。但是,中国累积环境生产努力最大,改善也最明显。此外,从环境友好性角度看,按照中国2020年承诺测算的社会生产环境友好性水平偏低,甚至低于现阶段,需要进行调整。

从动态效率角度看,考察期内,经济增长对环境产出的负面效应,对较大规模的经济体影响也较大,但随时间推移趋于减弱,其中对中国影响最明显;广义环境技术进步影响对各经济体呈现趋同趋势,对中美欧体现为正效应,而对其他4经济体效应为负,对中国正效应最显著。但是与碳减排相关的单纯技术进步也没有遏止碳排放增长的势头。

由此,结合中国实际情况提出以下政策建议:在当前放缓经济增长和建设生态文明的背景下,中国应在未来适当调高环境生产目标或降低经济产出目标,提高环境友好性程度,进一步加大环境和碳减排努力,促进经济低碳化发展;调整经济增长速率和节奏,控制经济增长的负面环境影响;采取与经济增长相独立的碳减排政策,加大该领域投入,推进“碳脱钩”进程;促进经济结构调整和有关制度创新,更加重视碳减排技术的实用化和推广;密切跟踪各国碳减排和社会生产调整进展,学习他国的先进技术和经验。

同时,从推进国际碳减排努力角度,本文认为,应结合经济规模、经济发展阶段、环境存量水平、技术进步水平和历史努力水平等因素,客观评价各经济体的碳减排绩效,分摊碳减排责任;加强碳减排协调国际机制的权威性,实施独立和协调的碳减排政策,显著降低未来经济增长对环境的负面影响;以促进国际碳减排为目标,在国际间协调经济增长政策和经济结构布局,发挥不同规模经济体的碳减排潜力,保护基础较好国家的环境资源存量,促进更多国家实现经济增长的“碳脱钩”;加快碳减排和环境技术扩散,提高技术进步贡献度;各国应加大碳减排经济投入,提高对国际碳减排基金的投入。

本文所采用的环境产出概念及其测算方法,主要针对环境生产的总量核算和评价,在一定程度上能够简化环境核算,降低对数据收集的要求,而且考虑了“消极”碳减排和环境保护的贡献。对比而言,依据本文环境产出相关指数集和测算方法,对经济增长、技术进步和碳排放之间关系及其特征、变化趋势的识别更为敏感和明显,优于现有直接以碳减排量作为评价依据的指数集和测算方法。研究的不足之处在于:以碳减排作为环境产出的衡量指标具有局限性,但对其他环境排放也可采用类似方法进行处理和进行综合环境产出评价。

参考文献:

- [1] 宋马林. 环境效率评价方法及其统计属性研究[D]. 合肥:中国科技大学,2011.
- [2] CHUNG Y, FARE R, GROSSKOPF S. Productivity and undesirable outputs: A directional distance function approach[J]. *Journal of Environmental Management*, 1997, 51: 229 - 240.
- [3] YORK R, ROSA E A, DIET A T. STIRPAT, IPAT and ImPACT: Analytic tools for unpacking the driving forces of environmental impacts[J]. *Ecological economics*, 2003, 46(3): 351 - 365.
- [4] 孙睿, 况丹, 常冬勤. 社会生产的环境友好性评价——基于正环境产出假设[J]. *经济经纬*, 2014(3): 1 - 6.
- [5] 范英. 温室气体减排的成本、路径与政策研究[M]. 北京:科学出版社,2011.
- [6] ZHANG Z X. Decoupling China's carbon emission increase from economic growth: An economic analysis and policy implications[J]. *World development*, 2000, 28(4): 739 - 752.

[7] 孙睿. Tapio 脱钩指数测算方法的改进及其应用[J]. 技术经济与管理研究, 2014(8): 7-11.

Environment amenity evaluation of social production based on accumulated carbon reduction

SUN Rui^{a,b}

(*a. School of Economics and Business Administration; b. Energy Technologies and Economics Research Institute, Chongqing University, Chongqing 400044, P. R. China*)

Abstract: By the concept of environment amenity that is defined based on accumulated carbon reduction compared to base period, a set of environment amenity evaluation indicators is proposed with improvement from “Level – Structure – Dynamic efficiency” dimensions. These indicators are used in international comparison and analysis about environmental production and economic growth, technical progress and environmental production efforts among seven main economies. It is concluded that, during investigated period, environmental technical progress and amenity of these economies become similar; policy preference towards social production between China, EU and USA is alike; China’s taken most efforts and achieves most in environment improvement. Comparatively, China achieves higher environmental production than others on same economic output scale, however with lowest environment amenity. Further, helpful policy advice is proposed about China and international carbon reduction activities.

Key words: carbon reduction; accumulated carbon reduction efforts; environmental production; environmental amenity; international comparison

(责任编辑 傅旭东)