『中國學』第65輯 (2018.12) DOI http://dx.doi.org/10.14378/KACS.2018.65.65.20
pp.343-355 ISSN : 1229-9618

政府规制视角下金砖国家碳排放控制路径研究

安明哲* · 胡世前**

【目 录】

1. 引言
2. 文献综述
3. 指标选取和模式设置
4. 实证研究
5. 结论与建议

【摘要】

金砖国家在经济增长过程中出现的不合理碳排放具有典型的负外部性特征，要通过政府强干预进行控制。本文延续EKC理论研究路线，利用半参数回归模型对金砖国家环境质量与经济发展间的互动关系进行研究，并通过引入相关控制变量确定引发不合理碳排放的主要影响因素，探索促进金砖国家经济与环境协调发展的有效路径。研究结果表明：大部分金砖国家在环境质量与经济增长之间存在脱钩现象；产业结构、城镇化和能源消耗等方面存在的不科学性降低了环境质量；推动可持续发展对改善环境质量和经济发展有促进作用。政策建议是金砖国家要高度重视经济发展的质量与生态保护工作，通过采取加强低碳技术研发与应用的财政投入力度、推动生态文明建设、加强国际合作、加大监督与执法力度等措施提高政府治理的有效性和推动可持续发展。

【关键词】政府规制；金砖国家；碳排放；半参数回归模型；控制路径。

* 第一著者，중국연변대학교 사회학과 조교수（an99918@hanmail.net）。
** 通迅著者，중국동북재경대학교 공공관리대학 행정관리학과 부교수（hushiqian2017@126.com）。

1. 引言

2001年中国、巴西、俄罗斯和印度作为新兴市场投资代表，被称为“金砖四国”，2010年12月伴随着新成员南非的加入该合作机制正式更名为“金砖国家”。2008年以来虽然受到“次贷危机”的影响，巴西与南非出现了经济发展增速趋缓的迹象，但是2015年金砖国家的GDP总量已经接近七国集团(G7)的总和。虽然在2016年，由于受到中国按照“稳中有进”的总基调推进经济结构调整与转型、俄罗斯经济陷入困境、巴西经济萧条、印度推进“经济革命”等复杂因素影响，金砖国家的经济发展增速所有降低，但是新兴经济体国家的发展在为世界经济增长增添了活力的同时，打破了西方超级大国主导世界政治与经济的传统格局却是不争的事实。十年来，金砖国家经济总量在全球经济中的占比从12%提升到23%，贸易总额的占比从11%升至16%，对外投资比重从7%上升到12%，对世界经济增长率贡献达到50%。虽然经济总量在不断的提升，但是西方国家却基于金砖国家存在的生产与消费模式失衡、社会需求膨胀、生态环境遭受破坏等结构性问题对其经济发展的可持续性表达了极大的担忧。2017年9月3日至5日金砖国家领导人第九次会晤围绕着“深化金砖伙伴关系，开辟更加光明未来”提出了新的经济发展方案。有效地控制碳排放和推进可持续发展成为了金砖国家亟待解决的问题。从本质来看，目前金砖国家的碳排放是由生存型与国际转移型构成，其中后者主要来自于西方发达国家。因此金砖国家应在坚持“共同但有区别”原则的前提下实现控制碳排放和全球可持续发展的宏伟目标。传统的经济发展模式会导致经济发展与环境之间形成不协调关系，所以金砖国家在解决贫困人口比例较高、民生工作任务艰巨、城镇化率有待进一步提高等复杂性问题过程中所选择的发展模式将直接影响环境质量与经济发展间的关系是否和谐。鉴于此，本文为了科学具体地阐释金砖国家在不同经济发展阶段对环境质量产生的反哺作用的差别性，在依托被学界广泛认同与使用的EKC理论的基础上，借助EKC经验模型对金砖国家的经济增长与环境质量间是否存在脱钩关系进行检验的基础上，从政府规制视角出发探索有效地控制碳排放的路径。

2. 文献综述

近年来在低碳经济、可持续发展、全球治理、应对全球气候变化等大背景下，环境质量问题与经济发展间互动关系的研究成为了国内外学术界关注的焦点。虽然，金砖国家已被认为是未来世界经济发展的核心动力，但是基于国情发展经济过程中受到资源与环境的严厉约束，不可避免地增加了碳排放量。因此，学者使用EKC经验模型来验证金砖国家的环境质量问题与经济发展间存在脱钩关系。通过采用非参数模型对中国二氧化碳排放与经济增长之间的互动关系研究发现中国经济增长和环境质量间不存在显著的倒“U”型曲线关系的基础上，验证了贸易额与能源消耗强度的增加对中国环境质量造成了巨大的压力（胡宗义等，2013)[1]；通过采用非参数方法对中国碳排放效

1） 胡宗义、刘亦文、唐李伟，〈低碳经济背景下碳排放的库兹涅茨曲线研究〉，《统计研究》，2013（2），pp.73-79。

率、减排潜力进行分析，发现中国碳排放效率在总体上处于较低的水平，结构、技术和管理的无效率是碳排放低效的共同原因（丰超、黄健柏，2016）[2)]；以中国30个省市1999-2010年面板数据为研究对象，利用空间动态面板数据模型验证了二氧化碳排放与经济增长之间的长期作用关系，并明确指出EKC经验模型在中国具有较强的适用性（范丹，2014）[3)]；利用协整模型对金砖国家二氧化碳排放、能源消耗和经济增长之间的长期互动关系进行检验，并在验证三者间的格兰杰因果关系和EKC曲线的适用性的基础上，对金砖国家环境质量与经济发展脱钩现象的形成过程进行了具体说明（Hsiao-Tien Pao Chung-Ming Tsai，2011)[4)]；对金砖国家经济增长、能源消耗、二氧化碳排放与贸易额间的长期关系进行回归拟合，通过误差修正模型验证了金砖国家经济增长对环境质量的反哺机制（Ben-Salha，2014）[5)]。

综上所述，目前针对环境质量与经济发展互动关系相关研究主要是基于EKC经验模型的再检验，试图采用不同的曲线拟合模型对环境质量与经济增长的表征指标进行回归拟合，并通过控制变量的引入试图对EKC经验模型的形成机理做出合理的经济学解释。本文延续上述技术路线对中国与其他金砖国家的经济发展过程中产生的环境质量压力程度的变化趋势进行全面系统的剖析。最后，本文在科学合理地对影响环境与经济间协调度的重要因素进行验证分析基础上，从政府规制视角出发对金砖国家在经济发展过程中碳排放量进行比较研究后提出相关政策建议。

本文创新之处体现在以下两方面：第一，为了更加清晰的描述金砖国家的经济增长与环境质量间长期互动关系，本文对相关表征指标进行回归拟合过程中，不局限回归模型的一致性，采用半参数模型对相关表征指标和控制变量进行回归拟合。在获得较高曲线拟合优度的同时，增强了模型的解释力度；第二，为了更加准确解释相关变量对金砖国家经济增长与环境质量长期互动关系的影响程度，本文在半参数模型中引入多维度控制变量进行参数回归拟合研究。借此，对金砖国家在经济发展过程中碳排放量形成过程进行系统全面的比较分析，探索在政府规制视角下金砖国家控制碳排放的有效路径。

3. 指标选取和模式设置

1）指标选取和数据说明

本文实证研究对象是金砖国家碳排放量进行比较的基础上，探索控制碳排放的有效路径。因此，在现有的EKC模型研究中，虽然存在使用综合环境指标来取代单一指标表征环境质量的研究趋

---

2) 丰超、黄健柏，〈中国碳排放效率、减排潜力及实施路径分析〉，《山西财经大学学报》，2016（4），pp. 1-12。

3) 范丹，〈中国二氧化碳EKC曲线扩展模型的空间计量分析〉，《宏观经济研究》，2014（5），pp.83-91。

4) Hsiap，T.P and Chung，M.T. Modeling And Forecasting The CO2 Emissions，Energy Consumption. And Economic Growth in Brazil[J]. *Energy*，2011（7）。

5) Maamar，S，Ousama，B.S. On the causal dynamics between economic growth，renewable energy consumption，CO2 emissions and trade openness: Fresh evidence from BRICS countries[J]. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*，2014（39）。

势，但在对金砖成果国家间的环境质量进行比较时，由于指标综合方法和标准的不一致，所以采用综合指标的方法很可能降低比较结果的准确性。基于此，本文将采用二氧化碳排放量作为表征环境质量的唯一指标；对于表征经济发展指标的选取，现有研究中主要提出两种观点：第一，认为影响环境质量的关键因素是经济总量增长速度，而选取GDP总量作为指标；第二，认为环境质量不仅受经济总量影响，而且与人口规模密切相关，所以选取人均GDP作为指标。结合本文研究对象的特殊属性，为了更加科学准确地体现出金砖国家成员间经济发展程度存在的差异性，本文将人均GDP作为衡量经济发展的表征指标；为了确定影响金砖国家经济发展与环境质量互动关系的制约因素，本文在对环境和经济指标进行回归拟合的同时，在回归模型中引入控制变量，用以解释拟合曲线形成原因。综合前期研究成果和比较研究的可行性，本文选取能源消耗总量（EN）、外贸出口总额（ET）、第二产业比重(SP)和城镇化率(CP)作为回归模型中的控制变量，阐释政府规制视角下制约金砖国家成员国经济发展的影响因素。

传统的EKC模型是建立在长期趋势验证基础上的，如果单一的对环境质量与经济增长关系的短期趋势进行分析，容易出现只是验证了部分变化趋势但无法充分说明EKC曲线的现象。因此，本文基于长期趋势分析，选取1992年至2012年共21年的时间跨度作为趋势研究的对象。所有数据均来源于中国国家统计局数据库、世界银行统计数据库和美国能源信息中心（EIA）。

2）模型设置

基于本文的研究技术路线，实证分析应采用回归模型分析环境质量与经济发展间的互动关系及其决定因素。现有的回归模型大致分为三类：参数回归、非参数回归以及半参数回归模型。比较而言，参数回归是在假设归回方程形式基础上进行的验证性分析，虽然具有操作简单和可以灵活地根据方程形式进行预测等优点，但存在假设方程形式具有主观性、方程约束条件复杂、数据难以满足方程拟合要求等局限性；非参数回归虽然不局限于方程形式的假设前提，回归拟合的效果也相对较好，但存在由于不能通过模型计算获得回归方程具体形式，对解释回归模型的经济学含义存在一定难度，且无法进行基于回归方程的预测分析的现象；半参数回归模型集合了参数回归和非参数回归的基本算法和形式，在传统非参数回归拟合的基础上，加入了控制变量的参数回归拟合部分，虽然模型的形式更加复杂和模糊，但该模型具有在提高回归拟合优度的同时，增加控制变量解释力度的优点。

本文的实证研究基于两个检验目的：一是经济增长与环境质量间的互动关系分析，强调回归的拟合优度，适合采用非参数回归模型；二是经济增长与环境质量间互动关系的影响因素研究，强调回归模型的解释度，适合采用参数回归模型。综合上述研究目的，本文采用半参数回归模型的基本形式，即兼顾回归拟合优度的同时，加强了模型控制变量的解释力度。半参数线性回归模型的基本形式为：

$$Y_i = X_i'\beta + g(T_i) + \varepsilon_i,\ \ i = 1, \Lambda, n \qquad (1)$$

其中，$g(T_i)$为半参数模型的非参数部分，用以拟合经济增长与环境质量间的长期互动趋势，T是N维空间中取值范围在上的随机或非随机向量；$X'_i\beta$为半参数模型的参数部分，用以解释

控制变量对经济发展模型的制约作用，β为参数回归部分的系数向量。

对于半参数模型的未知函数$g(T_i)$，一般采用权函数法对其进行的估计：

$$\hat{g}_n(t) = \sum_{i=1}^{n} \omega_n(t) Z_i = \sum_{i=1}^{n} \omega_n(t) Y_i - \sum_{i=1}^{n} \omega_n(t) X_i' \beta \qquad (2)$$

其中，非参数部分估计解析式可表示为：

$$Y_i - X_i'\beta = \hat{g}_{1n}(T_i) - \hat{g}_{2n}(T_i)'\beta + \varepsilon_i \qquad (3)$$

参数部分估计解析式可表示为：

$$Y_i - \hat{g}_{1n}(T_i) = (X_i - \hat{g}_{2n}(T_i))'\beta + \varepsilon_i \qquad (4)$$

β的LSE估计量可通过以下方程获得：

$$\widetilde{\beta}_n = (\widetilde{X}'\widetilde{X})^{-1}\widetilde{X}'\widetilde{Y} \qquad (5)$$

$$\hat{\sigma}_n^2 = \frac{1}{n}(\widetilde{Y} - \widetilde{X}\widetilde{\beta}_n)'(\widetilde{Y} - \widetilde{X}\hat{\beta}_n) \qquad (6)$$

用以进行估计的权函数表达式为：

$$\omega_{ni}(t) = K\left(\frac{t - T_i}{h}\right) / r_n(t) \qquad (7)$$

$$r_n(t) = \sum_{i=1}^{n} K\left(\frac{t - T_i}{h}\right) \qquad (8)$$

其中，K是用以估计权函数的核函数，可取概率密度核：

$$K(x) = \frac{3}{4}(1 - x^2), |x| < 1 \qquad (9)$$

4. 实证研究

1）金砖国家的环境质量与经济增长互动关系比较

本文实证研究的主线是基于政府规制视角确定金砖国家经济增长模式间存在的同质性或差异性。基于EKC经验模型，本文需对环境质量指标和经济增长指标进行回归拟合。由于拟合优度的效果直接影响到实证研究的准确性，所以本文对参数估计和半参数估计两种方法的回归拟合优度进行

了比较分析，借此来验证回归模型的有效性。结果显示，在金砖国家成员国间经济增长和环境质量互动关系的回归拟合过程中，半参数估计的拟合优度普遍优于参数拟合效果，因此本文实证研究将采用半参数回归拟合模型（如<表1>）。

<表1> 实证研究回归拟合参数估计和半参数估计效果比较表

		中国	巴西	俄罗斯	南非	印度
参数估计	调整后R^2	0.9967	0.9916	0.9788	0.9982	0.9976
	P值	2.1e-16	5.2e-15	6.1e-15	2.2e-15	2.1e-15
半参数估计	调整后R^2	0.9999	0.993	0.984	0.9999	0.999
	P值	0.0015	0.00041	0.0109	0.0218	0.000143

为了保证实证研究结果的可比性和准确性，结合金砖国家自身发展的异质性特征，本文选定人均GDP（*egdp*）作为半参数回归的非参数拟合部分，并选定控制变量出口贸易总额（*EX*）、能源消耗总量（*EN*）、第二产业比重（*SP*）和城镇化水平（*CP*）作为回归拟合的参数部分，考虑到出口贸易对环境质量影响的方向性并不确定，本文借助EKC经验模型将出口贸易总额作为EKC曲线形成的解释变量。

综上所述，本文在检验金砖国家经济增长与环境质量互动关系过程中采用的一般方程为公式（10）。考虑到金砖国家在各自发展过程中存在的异质性，并结合实际数据的拟合效果检验，本文分别建立了代表金砖各国经济发展与环境质量互动关系的检验模型，即公式（11）至公式（15）分别为中国、巴西、俄罗斯、南非和印度的实证检验模型。通过半参数模型的非参数回归拟合部分可知：金砖国家的二氧化碳排放量和人均GDP的非参数拟合效果较好，调整后的拟合优度均达到0.98以上，拟合的回归方程明确地说明金砖国家的经济发展与环境质量间存在长期互动趋势。

$$\ln(co_{2i}) = c_i + g[\ln(egdp_i)] + \alpha_{1i}\ln(EX_i) + \alpha_{2i}\ln(EX_i)^2 + \alpha_{3i}\ln(EX_i)^3 + \beta_i\ln(EN_i) + \rho_i\ln(SP_i) + \omega_i\ln(CP_i) + \varepsilon_i \quad (10)$$

$$\ln(co_2) = c + g[\ln(egdp)] + \alpha_2\ln(EX)^2 + \beta\ln(EN) + \rho\ln(SP) + \varepsilon \quad (11)$$

$$\ln(co_2) = c + g[\ln(egdp)] + \alpha_1\ln(EX) + \alpha_2\ln(EX)^2 + \alpha_3\ln(EX)^3 + \omega\ln(CP) + \varepsilon \quad (12)$$

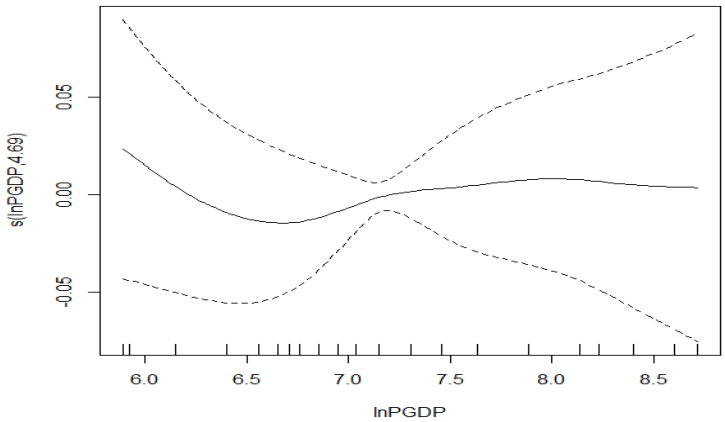
$$\ln(co_2) = c + g[\ln(egdp)] + \beta\ln(EN) + \rho\ln(SP) + \omega\ln(CP) + \varepsilon \quad (13)$$

$$\ln(co_2) = c + g[\ln(egdp)] + \alpha_3\ln(EX)^3 + \beta\ln(EN) + \rho\ln(SP) + \omega\ln(CP) + \varepsilon \quad (14)$$

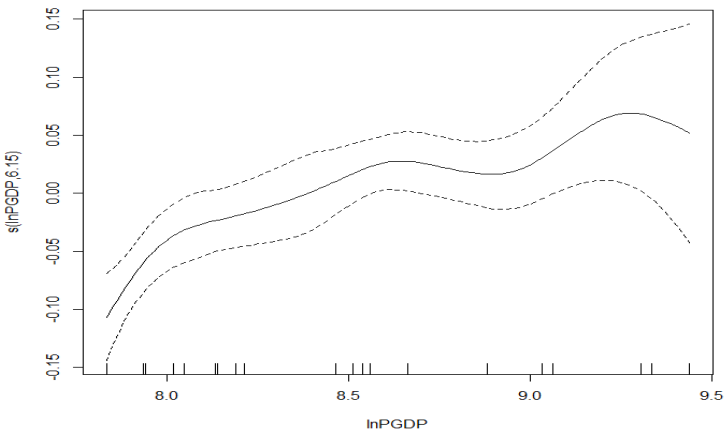
$$\ln(co_2) = c + g[\ln(egdp)] + \beta\ln(EN) + \varepsilon \quad (15)$$

如图1至图5所示，中国、巴西、俄罗斯和印度在经济发展过程中都出现过环境质量与经济增长之间脱钩现象，即伴随着经济的增长“金砖四国”都出现了环境质量得以改善的趋势。但是南非在经济增长过程中，二氧化碳排放量较中国及其他金砖国家相比却始终处于持续增长的趋势。具体

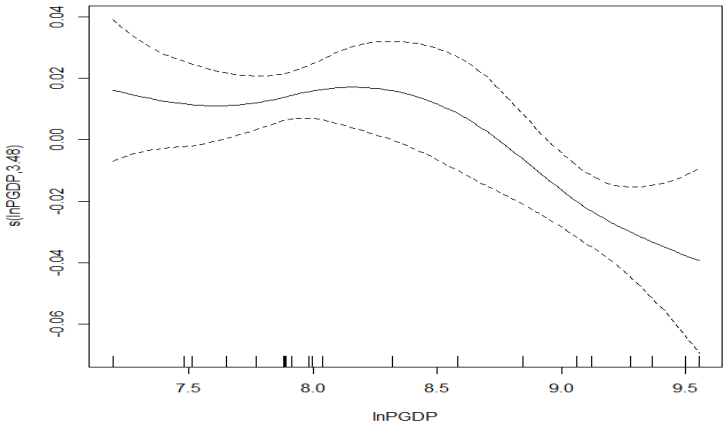
而言，中国二氧化碳排放量随经济增长呈现出了脱钩趋势，但近年经济与环境间的脱钩程度趋于放缓。另外，中国的二氧化碳排放总量虽呈现小幅增加，但经济增长对环境质量的影响程度总体趋于稳定，可持续发展能力正逐步增强（胡世前，2016）；巴西二氧化碳排放总量随着经济增长呈现出了总体上升趋势，但在二氧化碳排放总量增加的过程中出现了经济与环境间的脱钩现象。特别是在近几年，环境质量改善的趋势较为明显；俄罗斯二氧化碳排放总量随着经济增长呈现出了总体下降趋势，但该下降趋势略有波动，在个别年份曾出现过伴随经济增长二氧化碳的排放量上升的趋势；印度在济发展增长过程中，二氧化碳排放量同样呈现出了总体持续下降的趋势，且该下降趋势较为明显，没有出现过大的波动。由于印度的人均经济发展水平较低，所以与其他金砖国家相比不具备同规模经济发展水平环境质量比较的标准。另外，南非在经济增长过程中，二氧化碳排放量水平持续增加，经济发展程度和环境质量间存在着显著不协调的因素。



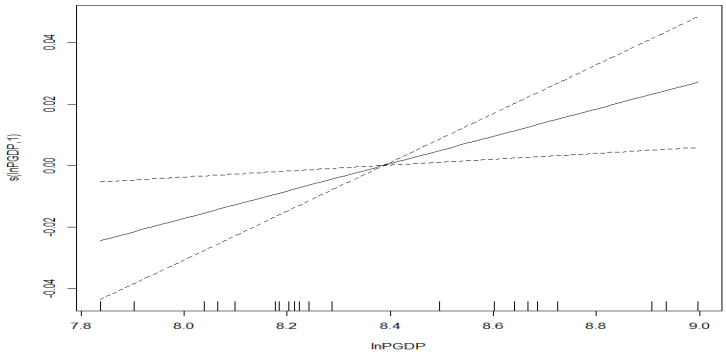
<图1> 中国经济增长与环境质量互动关系拟合图



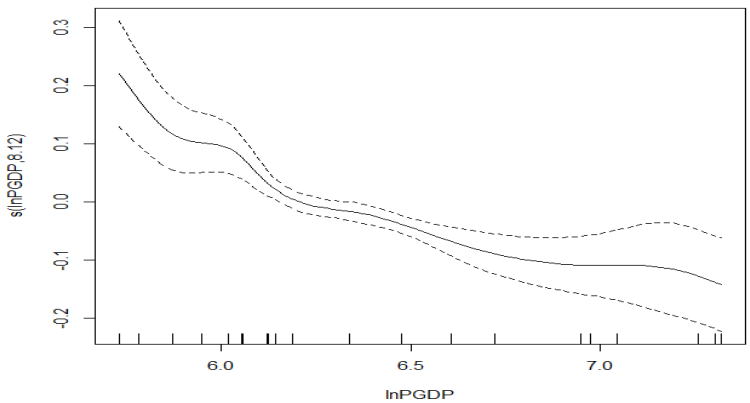
<图2> 巴西经济增长与环境质量互动关系拟合图



<图3> 俄罗斯经济增长与环境质量互动关系拟合图



<图4> 南非经济增长与环境质量互动关系拟合图



<图5> 印度经济增长与环境质量互动关系拟合图

2）金砖国家的环境质量与经济增长间互动关系制约因素分析

通过半参数模型非参数回归拟合分析，本文在系统地对金砖国家的经济增长与环境质量间的协调程度进行比较研究的基础上，通过使用半参数模型的参数回归拟合部分具体分析制约各国经济可持续发展的相关因素影响程度，本文分别从能源消耗量（EN）、出口总额（EX）、第二产业比重（SP）和城镇化水平（CP）四个方面出发，分析总结基于政府规制视角下特定影响因素在金砖国家经济发展过程中所发挥的具体作用。具体而言，城镇化水平对中国经济发展过程中二氧化碳排放量变化的影响并不显著，能源消耗和第二产业比重两者对二氧化碳排放量的影响则较为显著，出口贸易对二氧化碳排放量的影响则呈现出倒“U”趋势，伴随着出口贸易额的增加，中国二氧化碳排放出现了脱钩现象。也就是说，中国出口贸易的增长不仅有效地促进了经济发展，而且也大幅地降低了二氧化碳排放量，因此出口贸易在促进经济和环境协调发展过程中起到了较好的积极推动作用；巴西在经济发展过程中，能源消耗和第二产业比重对二氧化碳排放量的影响不显著，在提高城镇化水平过程中降低了环境质量，继而推动了二氧化碳的排放量的持续增加。出口贸易额对二氧化碳排放量的影响则呈现出了正“N”趋势，虽然出口贸易增长对二氧化碳排放起到过脱钩作用，然而在近几年里则出现了伴随着出口贸易额的增加也提高了二氧化碳排放强度的趋势；相对中国和巴西两国而言，俄罗斯经济发展过程中，出口贸易增长对于二氧化碳排放量的影响并不显著，能源消耗量、第二产业比重和城镇化水平均对俄罗斯提升二氧化碳排放总量起到了促进作用。

从回归系数看，能源消耗的回归系数达到1.0625，远高于第二产业比重的0.00361和城镇化水平的0.04986，因此三者成为了俄罗斯经济增长过程中，导致环境质量恶化的主要影响因素；在南非，能源消耗、第二产业比重和城镇化水平均对二氧化碳排放量的增长具有显著的促进作用，与俄罗斯相同，能源消耗成为导致环境质量恶化的最主要影响因素，出口贸易额的增长与二氧化碳排放总量间呈现出倒“N”趋势，出口贸易额的增长对二氧化碳排放具有显著的抑制作用，也就是说出口贸易在促进经济增长的同时有效地降低了二氧化碳排放量；相比其他四国，印度的出口贸易额、第二产业比重和城镇化水平对二氧化碳排放量的影响均不显著，而在经济发展过程中能源消耗对二氧化碳排放量的增加具有显著的正面影响。

<表2> 金砖国家的环境质量及经济增长互动关系半参数拟合结果表

		中国	巴西	俄罗斯	南非	印度
人均GDP	F值	7.021	8.932	4.865	7.321	8.658
	P值	0.00147	0.000521	0.00998	0.0352	0.000198
截距项	系数	4.5781	0.9651	0.7956	0.0086	6.3321
	P值	3.68e-10	0.00698	0.6984	7.28e-12	8.36e-8
EN	系数	1.1369		1.0625	0.9145	1.3654
	P值	9.63e-12		2.18e-12	3.85e-13	7.96e-10
EX	系数		4.6358			

	P值		0.00921			
EX平方	系数	-0.0023	-0.3544			
	P值	0.00698	0.00752			
		中国	巴西	俄罗斯	南非	印度
EX三次方	系数		0.01291		-0.00028	
	P值		0.00625		3.15e-10	
SP	系数	0.00987		0.00361	0.00385	
	P值	0.000658		0.0362	0.0498	
CP	系数		0.06594	0.04986	0.00791	
	P值		7.29e-09	0.0801	0.0395	

5. 结论与建议

1）结论

针对环境质量与经济发展互动关系的前期研究过于重视曲线拟合与控制变量研究模型的一致性。经济增长与环境质量的回归拟合较为重视拟合精度，而控制变量对EKC经验模型的解释则更加重视具体回归方程，但是在现实中很难同时兼顾回归拟合优度和具体方程形式。本文为了提高研究结果的准确性与合理性，并在此基础上引入半参数模型对金砖国家经济增长与二氧化碳排放量进行非参数回归拟合，利用控制变量进行参数回归分析。通过实证分析本文得到以下基本结论：

第一，中国在金砖国家中经济增长与环境质量间脱钩现象显著。多数金砖国家存在环境与经济间的脱钩现象。除南非以外的金砖国家在经济发展过程中出现二氧化碳排放量减少的现象，也就是说环境与经济存在脱钩现象有效地促进了经济与环境的协调发展。相对而言，中国和俄罗斯在保持人均GDP高速增长的同时，二氧化碳排放量总体呈现出下降趋势则充分地说明两国的经济发展具有较大潜力与可持续性；印度在发展过程中出现的二氧化碳排放量减少趋势虽然一定程度上表明该国具有一定的可持续发展潜力，但是由于人均GDP水平不高，导致环境与经济间的协调度相对较低；巴西虽然在经济增长过程中二氧化碳排放总量呈上升趋势，但是近年来二氧化碳排放量呈明显下降趋势，根据趋势分析该指标的下降趋势在未来短期内仍将持续。

第二，能源消耗成为中国经济发展过程中环境质量恶化的首要因素。通过回归拟合结果可知，在控制变量中，能源消耗成为影响金砖国家二氧化碳排放量持续增长的首要因素。除巴西以外的金砖国家的能源消耗对环境质量的影响均十分显著：中国、俄罗斯和印度的回归拟合系数均大于1，二氧化碳排放速度超过了能源消耗速度，能源消耗带来的环境污染程度较为严重。中国能源消耗对环境质量得影响系数达到1.1369，位于金砖国家之首。进一步验证了能源消耗不合理将会降低环境质量和提高碳排放量的结论。因此，金砖国家应积极通过采取降低能源消耗、转变能源消耗结

构、研发与推广新型清洁能源等方式来应对全球气候变化和环境污染问题。同时，金砖国家也要在降低能源消耗领域积极地寻求和加强国际合作。

第三，与其他金砖国家相比产业结构不合理对中国环境质量变化影响最大。中国、俄罗斯与南非的第二产业占据主导地位不仅导致二氧化碳排放强度不断增大，而且也极大地降低了环境质量。另外，通过回归模型说明在工业化程度较低的巴西和印度第二产业比重对二氧化碳排放的影响不显著。但是伴随着两国的经济发展，第二产业比重的提升而加大了二氧化碳排放量增加的隐患。通过论证结果可知，在金砖国家中第二产业结构不合理对中国环境质量恶化产生的影响最为严重。因此，在加强生态建设和科学发展观的指导下，中国政府要采取加强机制建设、优化产业结构调整、激发创新活力等措施以推动可持续发展。

第四，中国在金砖国家中城镇化进程中环境压力相对较小。通过回归拟合结果可知，巴西、俄罗斯和南非的城镇化水平对二氧化碳排放量的影响较为显著，因此城镇化水平成为了导致金砖国家环境质量恶化的重要影响因素之一。虽然经济发展与城镇化水平是正向互动关系，但是通过实证分析结果可知，城镇化水平的提升，不仅在一定程度上降低了金砖国家环境质量，而且对经济与环境间的协调关系产生了负面影响。由于中国政府在城镇化规划与推进工作中高度重视科学性与合理性性，所以有效地避免了环境污染与生态环境破坏等问题。因此，中国政府的相关经验值得其他金砖国家借鉴。

第五，外贸出口推动了中国经济与环境间的协调发展。中国、南非和巴西存在外贸出口在促进经济发展的同时，降低二氧化碳排放强度的现象，即外贸出口是三个国实现可持续发展的重要保障。但是在巴西和南非存在外贸出口给环境质量带来压力的过程，具体表现为在巴西贸易出口对二氧化碳排放影响呈现正“N”趋势，而在南非则呈现出倒“N”趋势，即两国同时存在贸易出口遏制二氧化碳排放和提高二氧化碳排放的两个相反过程。比较而言，中国在经济发展过程中，外贸出口与环境质量间呈现出显著的EKC趋势。因此，外贸出口对中国环境质量改善的促进作用尤为明显，有助于政府控制碳排放。

2）相关政策建议

结合主要结论，本文提出以下相关政策建议：

第一，提高控制碳排放相关机制的有效性。政策执行与机制保障是应对气候变化和控制碳排放的最核心要素。因此，金砖国家政府要将碳排放控制作为约束性指标系统地纳入到国民经济和社会发展的中长期规划中，并从国际合作机制出发为确保成员国所承诺的碳减排目标在执行全过程中受到相应法律约束和社会监督。

第二，控制碳排放是人类共同的事业，应在坚持公平性原则的前提下，加强国际合作。基于西方发达国家的碳排放量总量与碳消费总量都大幅超过金砖国家的客观事实，联合国应倡议和督促西方国家率先承担起大幅削减碳排放的责任。鉴于此，西方发达国家在应对气候变化的过程中应坚持“合作、差异化责任”的原则，积极地向金砖国家长期提供充足的资金、技术及管理经验方面的支持，以协助其完成无法承担已经超出金砖国家应尽义务与能力范围的碳减排任务。

第三，通过体制机制改革，推动产业结构调整与节能减排工作的全面有效地开展。由于金砖

国家中产业结构不合理对中国环境质量影响最严重，因此，中国政府可以从两个方面采取措施予以应对：首先，政府通过采取预算制度改革的方式加大对绿色清洁、提高能效、可再生能源等低碳技术的研发和产业化的政府投入；其次，政府通过采取完善税收制度，推进资源性产品价格改革，构建科学合理的环境补偿机制等措施，在实现有效地吸引民间资本投入到绿色新能源产品的研发领域目标的基础上，通过营造有利于现代服务业发展的新环境来推动产业结构调整，以实现可持续发展。

第四，政府在制定发展规划中应注重目标的合理性和可持续性。金砖国家政府在应对气候变化和控制碳排放工作中，既要着眼长远，更要立足当前。金砖国家在规划未来经济发展和推进城镇化过程中要注重改善经济增长质量，最大限度地降低碳排放和避免给环境带来压力。另外，一般型外贸经济是带有两面性的，在给金砖国家带来经济效益的同时，也成为西方国家“转移型碳排放”的“受害者”。因此，金砖国家政府在降低碳排放和应对气候变化领域内加强国际合作，并探索改善出口贸易结构和发展绿色外贸经济的有效路径。

【参考文献】

范　丹，〈中国二氧化碳EKC曲线扩展模型的空间计量分析〉，《宏观经济研究》，第5期，2014。

丰　超、黄健柏，〈中国碳排放效率、减排潜力及实施路径分析〉，《山西财经大学学报》 第4期，2016。

胡世前，〈激发东北老工业基地全面振兴活力〉，《人民日报》 2015.11.19（7）。

胡世前、姜倩雯、凌冰，〈基于改进支持向量机的空气质量监测预警模型〉，《江苏大学学报(自然科学版)》第4期，2016。

胡宗义、刘亦文、唐李伟，〈低碳经济背景下碳排放的库兹涅茨曲线研究〉，《统计研究》，第2期，2013。

贾晓薇、孙刚、李辉，〈碳交易市场中的价格关联与波动冲击—基于ECX与EEX交易数据的实证分析〉，《苏州大学学报(哲学社会科学版)》，第6期，2017。

李　旸、陈少炜，〈金砖国家碳排放、能源贸易对经济发展的影响分析〉，《四川大学学报(哲学社会科学版)》，第2期，2017。

马　颖、张铁刚、黄新颖，〈金砖国家碳排放与GDP脱钩因素异质性实证研究〉，《统计与决策》，第18期，2016。

Hsiap，T.P and Chung，M.T.，“Modeling And Forecasting The CO2 Emissions，Energy Consumption. And Economic Growth in Brazil”. *Energy*，2011（7）。

Maamar，S，Ousama，B.S. “On the causal dynamics between economic growth，renewable energy consumption，CO2 emissions andmtrade openness: Fresh evidence from BRICS countries”，*Renewable and Sustainable Energy Reviews*，2014（39）。

【논문초록】

키워드 Key Words	중문	政府规制, 金砖国家, 碳排放, 半参数回归模型 控制路径
	영문	Government Regulation, BRICS, Carbon Emission, Semi Parametric Regression Model, control path

Research on the Carbon Emission Control Path of the BRICS from the Perspective of Government Regulation

An, Ming-Zhe / Hu, Shi-Qian

Unreasonable carbon BRICS appear in the process of economic growth in the emission of the negative externalities of the typical characteristics, needs under the government strong interference can be effectively controlled. In this paper, we study the relationship between environmental quality and economic development of the BRICS by using the semi parametric regression model, and explore the effective path to promote the coordinated development of economy and environment in the BRIC countries by introducing relevant control variables to determine the main influencing factors of EKC. The results show that: most of the BRIC countries in the environmental quality and economic growth in the presence of decoupling phenomenon; due to the industrial structure, urbanization and energy consumption and other aspects of the existence of irrational phenomenon to reduce the environmental quality; The promotion of sustainable development helps to improve environmental quality and promote economic development. The policy recommendations of this research is that the BRICS should pay more attention to the quality of economic development and energy saving and emission reduction work, and should adopt the strong low-carbon technology development and application of financial investment, promote the construction of ecological civilization, strengthen international cooperation, strengthen supervision and law enforcement efforts and other measures to achieve sustainable development goals.

저 자 인적사항	성 명	안명철 / 安明哲 / An, Ming-Zhe	호세전 / 胡世前/ Hu, Shi-Qian
	소 속	중국 연변대학교 사회학과	중국 동북재경대학교 행정관리학과
	Em@il	an99918@hanmail.net	hushiqian2017@126.com

논 문 작성일시	투 고 일	2018년 11월 13일	심 사 일	2018년 11월 19일
	수 정 일	2018년 12월 16일	게재확정일	2018년 12월 21일