

参赛学生姓名： 韩佳良

中学： 西安高新第一中学

省份： 陕西

国家/地区： 中国

指导老师姓名： 曹欢心、史耀波

指导老师单位： 西安理工大学

论文题目： 收入差距对环境治理需求的影响
机理分析：来自陕北能源产区的经验证据

收入差距对环境治理需求的影响机理分析：来自陕北能源产区的经验证据

Mobile Costs and Environment Governance: Theoretical model And Empirical analysis

摘要：已有的研究认同收入分配差距的扩大通常会带来环境Kuznets曲线拐点的推迟出现。就西部地区某一能源产区来看，由于存在向较高环境质量的地区移民的流动成本，扩大的收入差距降低了对本地区环境治理的需求水平，将导致本地环境治理的缺失与环境质量的恶化。采用陕北地区环境治理投资额的时间序列数据的检验结果也支持这一结论。提出提高资源环境税率，降低个人所得税率；增强公众的环境保护意识，促进公众对环境保护的参与意识

关键词：收入差距；流动成本率；本地环境需求

Mobile Costs and Environment Governance: Theoretical model And Empirical Analysis of North of Shaanxi

Abstract: The research proved that widening gap between income distribution will normally lead to environmental Kuznets curve inflection point in the delay. In the western energy production area like North Shaanxi area, recent years witness the high-income people's migration to area of higher environment quality and higher urbanization level. This paper thought high-income people has a stronger ability to pay the mobile cost, this kind of migration cause reduced demand level of local environment product. When the total environment product supplies decided, the paper established a two-region-spaces-flowing model, proved low level of local environment demand will result in the environment quality worsening, and through regression the North Shaanxi area's time series data of government's environment investment supported this conclusion. So the paper explained the intrinsic mechanism of how the enlarged income disparity causes regional environment quality drops. In order to promote energy-production-city's level of Sustainable development and ecology, we should combine the principle of paying expenses that used environment product and paying cost who pollute; enhance the resources tax rate; reduce the individual income tax rate and so on.

Keywords: Income gap; Local environment; Environmental Governance

目录

一、引言.....	4
二、对环境质量总需求的比较静态分析.....	4
2.1 本地环境治理供给水平的确定.....	5
2.2 本地环境治理需求.....	5
三、收入差距与环境治理的实证分析.....	8
3.1 样本的选择及数据来源.....	8
3.2 分析方法.....	9
3.3 检验结果分析.....	10
四、政策含义.....	11
参考文献.....	13
致谢.....	14

2024 S.-T. Yau High School Science Award
仅用于2024丘成桐中学科学奖论文公示

一、引言

环境库兹涅茨曲线 (EKC) 描述了经济发展与环境污染水平演替关系, 而对EKC转折点出现原因的分析成为经济发展与环境污染量化关系的核心。大多研究更多地认为由于规模效应、复合效应和技术进步效应的联合作用使其拐点出现并呈现倒U型态势。事实上, 2002至2010年间, 我国能源消耗量翻了一番, 废气排放增加了二倍。国家“十二五规划”明确提出, 到2015年单位国内生产总值二氧化碳排放比2010年下降17%, 单位国内生产总值消耗比2010年下降16%。最新的研究也表明, 不仅仅是收入水平决定着环境质量的变化趋势和EKC的曲线形态, 收入差距对EKC的变化趋势产生了重要影响。经济发展中收入分配差距给环境治理带来的影响也逐渐得到了更多关注^[1]。

环境作为一种公共物品, 所有的人都消费同样的当地环境质量水平, 社会因此要确定单一水平的环境产品供给。但环境质量在一个较大的区域内差异很大, 无论低收入者 (收入低于社会中间收入阶层的收入水平, 即低于人均收入的中值) 还是高收入者都可以通过选择居住的地点来选择环境质量水平, 较高的环境质量对应较高的价格, 这种价格是环境质量租金。个人财产价值可以反映其环境质量需求的差别^[2]。因此, 通过居住地的选择行为, 收入分配在环境治理中起重要作用。对环境质量的需求可能会由于高收入者的移民等因素存在巨大的差异, 原因在于环境治理成本在不同收入人群中的分担出现了偏差, 当总量环境治理的供给一定时, 环境治理总成本既定, 对本地区环境治理的需求下降会导致本地区环境质量水平下降。当社会收入分配差距扩大时, 如果忽略环境政策的收入分配效应, 就可能使低收入者承担过多的环境治理成本, 从而损害了他们的利益, 破坏了环境政策的群众基础^[3]。

对此, 有些学者认为收入分配的公平化对于环境保护和环境质量改善具有正面效应, 因为公平的收入分配会形成公平的权利分配, 通行的社会决策准则能够使收入公平对环境保护产生正效应^[4-10]。一方面, 越富有的人可以利用已有的经济资源, 将他们的财产转移到政治和环境风险较低的国家或地区, 从而改变他们原来的生活环境, 他们是环境恶化中的最小受害者。当收入差距扩大时, 穷人更容易开采自然资源造成环境的破坏, 他们是环境污染中最大的受害者。另一方面, 对于治理环境中所需的成本费用, 富人往往有更多的选择权, 而穷人对环境往往缺乏选择权^[2]。而另一些学者认为较高收入的富人对环境保护和环境质量提出了更高的要求, 最终会导致增加的收入与提高的环境质量之间的正相关^[11-12]。对于2种不同观点, 本文认为前者的观点较为符合实际。以往研究探索了很多的影响EKC拐点出现的因素: 环境政策、政治和经济的平衡性、市场机制和信息等^[13-14]。但很少有从收入差距导致的高收入者移民角度出发, 探讨收入差距对地区环境治理和环境保护需求影响的机理。本研究通过分析现实中环境保护需求与供给内在机理与逻辑, 提出环境保护问题的重点在于提高对本地环境的需求, 改善本地居民的收入差距状况会提高对本地环境的需求, 进而改善环境质量。

二、对环境质量总需求的比较静态分析

地区环境质量取决于地区环境治理的供给与需求状况, 如果环境治理的总供给是固定不变的, 环境质量的水平就由对环境治理的需求来决定, 本地环境治理水平将是中间收入阶层所偏好的相应治理水平。如果环境质量在本地区 (如西部特定能源产区) 与外地区 (如东部地区) 存在较大的差别, 且移民是自由行为的条件下, 低收入者与高收入者都有可能在环境质量好的地区与环境质量差的地区配置环境需求。

能提供优良环境质量的地区具有更高的租金价格，一般居住成本较高，移民者需要支付占其收入一定比例的流动成本（移民成本和维持较高环境质量的租金）。如果本地区环境质量较差，居民可通过跨地区移民到环境质量好的地区生活，需要支付相对于其收入来说比较高的流动成本，流动成本包括迁移成本与维持在环境质量较高地区生活的环境租金。迁移成本包括移民所要支付的交通、购买房地产以及生活品的费用，由于高收入者愿意对优良环境质量的区域支付更高的价格，环境较好地区的居住价格会上涨，对于穷人来说就提高了他们居住在当地的价格，因而会产生环境租金。单从价格数量上来说，流动成本中用于购买环境质量较高地区的房地产价格会占据较大的比例。

在自由移民的条件下，流动成本对于高收入者来说在其总收入中所占的比例很低，而低收入者恰好相反。高收入者可以通过选择其居所的地理位置来确定周围环境的质量水平。现实的情况是：高收入者移民使得本地环境由较低收入者来治理，低收入者只能在环境质量差的本地地区配置环境需求，而较低的环境需求会导致较低的环境治理水平^[2]。

2.1本地环境治理供给水平的确定

由于政府在治理环境时，需要依据地区的环境破坏程度来决定治理环境的支出，而地区污染程度主要取决于该地区累积的产出情况。即累积的产出又大致相

当于地区财富的总量 $\sum m$ ，则该地区政府对环境污染的治理供给量：

$S(X_2) = \beta \cdot M$ ，式中， β 为污染程度系数，该地区有 γ 比例的高收入者和 $(1-\gamma)$ 比例的低收入者，则 $S(X_2) = \beta[\sum m_p \cdot \gamma + \sum m_v(1-\gamma)]$ ，这表明低收入者对本地环境的需求并不是随着贫困程度的加大、流动成本率的绝对值的变化而无限增长，在达到一定程度后，其对于环境的需求也趋于稳定状态。

2.2本地环境治理需求

设 x_1 为消费者消费普通商品的数量； X_2 为本地环境的消费量； X_3 为外地环境的消费量。对本地环境与外地环境的消费由于家庭可跨地区流动而具有替代性： $X_2 X_3$ ，假定消费普通商品与环境商品之间不存在交叉性，称为可加性效用函数。 P_1, P_2, P_3 分别为3种商品的价格。则消费者效用最大化方程为：

$$\max U(x_1, x_2, x_3) = x_1 + x_2 \cdot x_3 \quad (1)$$

$$s.t \begin{cases} P_1 x_1 + P_2 x_2 + P_3 \left(\frac{c}{m} - a\right) m \cdot x_3 = m, \\ x_2 \cdot x_3 \geq P. \end{cases} \quad (2)$$

根据拉格朗日乘法，可以引入2个拉格朗日乘子 λ_1 和 λ_2 ，将上述带约束的优化问题转化为

$$\begin{aligned} L(x_1, x_2, x_3, \lambda_1, \lambda_2, \eta) \\ = x_1 + x_2 x_3 + \lambda_1 (m - P_1 x_1 - P_2 x_2 - P_3 \left(\frac{c}{m} - a\right) m \cdot x_3) + \lambda_2 (P + \eta^2 - x_2 x_3) \end{aligned} \quad (3)$$

函数 $L(x_1, x_2, x_3, \lambda_1, \lambda_2, \eta)$ 的最优解可通过对 $x_1, x_2, x_3, \lambda_1, \lambda_2, \eta$ 求偏导得到，令 $\bar{x}_1, \bar{x}_2, \bar{x}_3, \bar{\lambda}_1, \bar{\lambda}_2$ 分别表示 $L(x_1, x_2, x_3, \lambda_1, \lambda_2)$ 达到极值时 $x_1, x_2, x_3, \lambda_1, \lambda_2$ 的解，则可以建立如下的线性方程组

$$\frac{\partial L}{\partial x_1}(\bar{x}_1, \bar{x}_2, \bar{x}_3, \bar{\lambda}_1, \bar{\lambda}_2) = 1 - \bar{\lambda}_1 P_1 = 0 \rightarrow \bar{\lambda}_1 = 1/P_1 \quad (4)$$

$$\frac{\partial L}{\partial x_2}(\bar{x}_1, \bar{x}_2, \bar{x}_3, \bar{\lambda}_1, \bar{\lambda}_2) = \bar{x}_3 - \bar{\lambda}_1 P_2 - \bar{\lambda}_2 \bar{x}_3 = 0 \rightarrow (1 - \bar{\lambda}_2) \bar{x}_3 = P_2 / P_1 \quad (5)$$

$$\frac{\partial L}{\partial x_3}(\bar{x}_1, \bar{x}_2, \bar{x}_3, \bar{\lambda}_1, \bar{\lambda}_2) = \bar{x}_2 - \bar{\lambda}_1 P_3 (c/m - a)m - \bar{\lambda}_2 \bar{x}_2 = 0 \rightarrow (1 - \bar{\lambda}_2) \bar{x}_2 = \frac{P_3}{P_2} \left(\frac{c}{m} - a \right) m \quad (6)$$

$$\frac{\partial L}{\partial \lambda_1}(\bar{x}_1, \bar{x}_2, \bar{x}_3, \bar{\lambda}_1, \bar{\lambda}_2) = P + \bar{\eta}^2 - \bar{x}_2 \bar{x}_3 = 0 \quad (7)$$

$$\frac{\partial L}{\partial \lambda_2}(\bar{x}_1, \bar{x}_2, \bar{x}_3, \bar{\lambda}_1, \bar{\lambda}_2) = 2\bar{\lambda}_2 \bar{\eta} = 0 \quad (8)$$

由式 (8) 可得 $\bar{\eta} = 0$, 由式 (5) 和式 (6) 可得

$$\frac{\bar{x}_2}{\bar{x}_3} = \frac{P_3}{P_2} \left(\frac{c}{m} - a \right) m \rightarrow \bar{x}_3 = \frac{\bar{x}_2}{\frac{P_3}{P_2} \left(\frac{c}{m} - a \right) m} \quad (8)$$

将 $\bar{\eta} = 0$ 代入式 (7) 可得

$$\bar{x}_2 \bar{x}_3 = P \quad (9)$$

由式 (8) 和式 (9) 可得

$$\bar{x}_2 = \sqrt{\frac{P \cdot P_3}{P_2}} \cdot \sqrt{\left(\frac{c}{m} - a \right) m} \quad (10)$$

令 $\frac{c}{m} = c'$, c' 为流动成本率, 则

$$\bar{x}_2 = \sqrt{\frac{P \cdot P_3}{P_2}} \cdot \sqrt{(c' - a) \frac{c}{c'}} \quad (11)$$

令 $D(c') = \bar{x}_2$ 为消费者效用达到最大时消费者的本地环境的需求函数, 则

$$D(c') = \sqrt{\frac{P \cdot P_3}{P_2}} \cdot \sqrt{(c' - a) \frac{c}{c'}} \quad (12)$$

通过计算可得

$$\frac{dD}{dc'} = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{P \cdot P_3}{P_2}} \cdot \frac{1}{\sqrt{c - \frac{ac}{c'}}} \cdot \frac{ac}{(c')^2} > 0, \quad (13)$$

表明当流动成本率 c' 上升时, 对本地环境消费量 x_2 的需求增加。

又因为

$$\frac{d^2 D}{d(c')^2} = -\frac{1}{2} \sqrt{\frac{P \cdot P_3}{P_2}} \left[\frac{a^2 c^2}{\left(\sqrt{c - \frac{ac}{c'}} \right)^3} + \frac{ac}{\sqrt{\left(c - \frac{ac}{c'} \right) \cdot (c')^2}} \right] < 0, \quad (14)$$

因此 $D(c')$ 为关于 c' 的凹函数。

如图1所示, Dc'_p 为穷人对环境产品的需求, Dc'_p 为高收入者对环境产品的需求。根据以上数理分析可得:

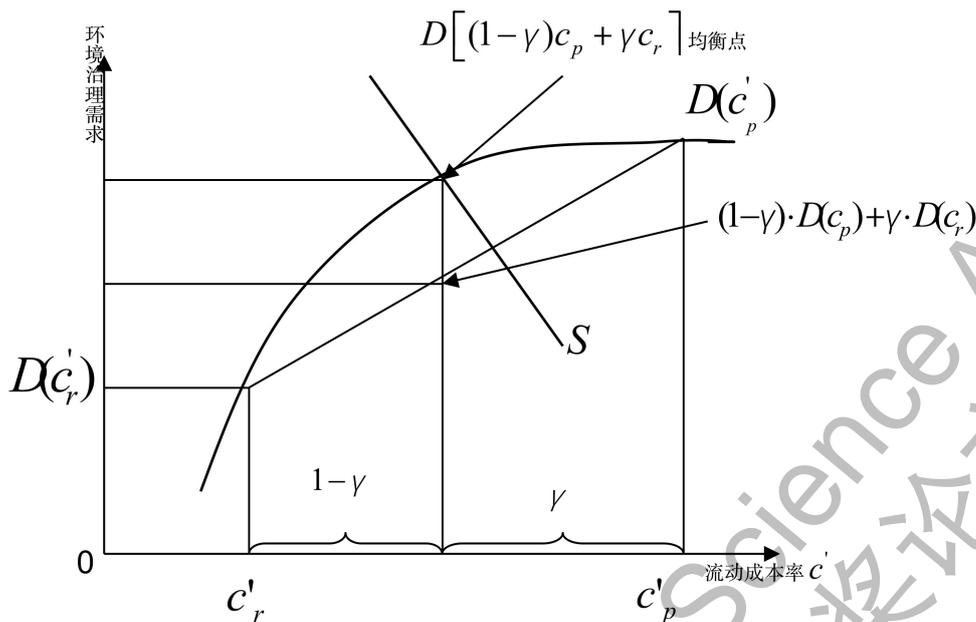


图1 流动成本率与本地区环境需求函数
Fig 1 mobile cost and local environment demand

命题1: 由于高收入者的流动成本率低, 其对本地环境的需求量小于低收入者。

设 c'_p 为低收入者的流动成本比率, c'_r 为高收入者的流动成本比率。

$\because D'(x_2) > 0, D''(x_2) < 0, \therefore \frac{dx_2}{dc'} > 0; \frac{d^2x_2}{dc'^2} < 0$, 则 $c'_p > c'_r$ 。随着收入的提

高, 流动成本占家庭总收入的比重就越低, 即流动成本率 c' 越低, 区域流动成本对高收入者的效应越小, 则高收入者对本地清洁空气、水源等环境产品的需求就越低。对于穷人则相反, 由于其收入较低, 跨区域流动的成本占总收入的比例较高, 低收入者无能力支付较高的流动成本率, 其对其他地区更好的空气、水源等环境产品需求受到流动成本的约束与限制, 作为替代, 为了实现效用最大化, 会加大对本地环境产品的需求。

命题2: 在地区内存在巨大收入差距时, 环境治理需求总量小于环境治理供给总量, 地区环境污染不能彻底治理。

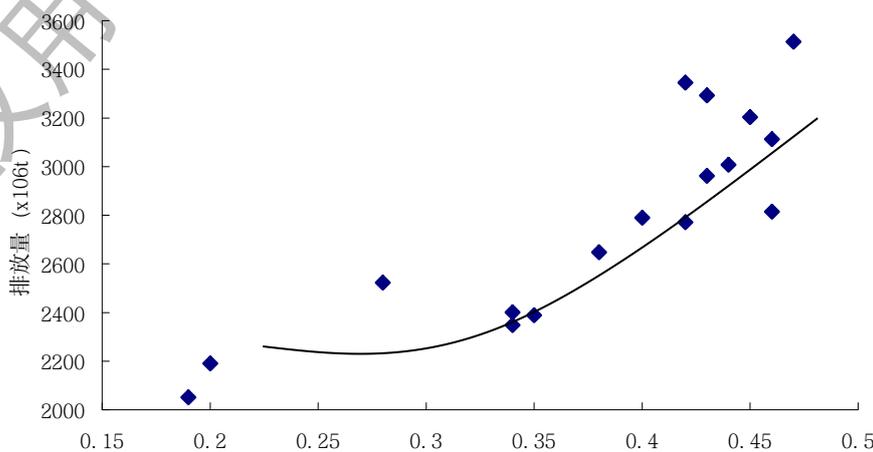


图2 基尼系数与二氧化碳排放量关系

Fig2 the relation of geni and CO2

资料来源：中国统计年鉴（1990—2008年）

基尼系数反映了从图2可以看出，随着基尼系数的增加，排污水平提高。在收入差距扩大时，环境污染没有彻底治理，1990年~2008年排污水平的上升支持了这一观点。

就个体而言，高收入者和低收入者对环境的总量需求愿望并没有多大的差异，只不过存在各自的财产总量、实际的支付能力和支付意愿的差异。当收入差距过于拉大时，高收入者完全可以自由流动，把较多的环境需求配置在环境质量较高的地区，而减少生活在环境质量较差的地区，这就减少了对本地区环境的需求。而低收入者则不同，不能通过家庭的流动与迁移生活在环境质量较高的地区，这就使他们把环境需求配置在本地。这种对本地环境产品的需求效果，会随着贫富差距的扩大而不断拉大。

在图1中取2点 $D(c'_p)$ 和 $D(c'_r)$ ，其中直线 S 为环境治理的供给水平，则该地区的环境需求总量为 $(1-\gamma) \cdot D(c'_p) + \gamma \cdot D(c'_r)$ ，可见当该地区收入差距为零时，即 $D(c'_p) = D(c'_r)$ 时， $(1-\gamma)D(c'_p) + \gamma D(c'_r) = D(c'_p) = D(c'_r)$ 。即1图中 $D(c'_p)$ 和 $D(c'_r)$ 的连线上的任意一点，具体位置由参数 γ 的比例大小而定。可见，该地区存在巨大的收入差距时，地区对环境治理需求的总量远远小于环境治理供给总量的，由于环境供给总量其实代表了地区总的污染程度，也与污染程度系数指标 β 关系密切，所以说地区的污染是不能彻底治理的。

命题3：环境治理需求函数为凹函数，对本地区清洁环境的总需求不足，从而导致环境污染的供过于求，应当从缩小收入差距的角度来提高环境需求。

由于 $\frac{dx_2}{dc'} > 0, \frac{d^2x_2}{dc'^2} < 0$ ，所以对本地环境产品 x_2 的需求函数 $D(x_2)$ 为凹函数，根据凹函数的基本性质和地区的环境需求总量函数 $(1-\gamma) \cdot D(c'_p) + \gamma \cdot D(c'_r)$ ，可得 $(1-\gamma) \cdot D(c'_p) + \gamma \cdot D(c'_r) < D[(1-\gamma)c'_p + \gamma c'_r]$ ，如果令 $D[(1-\gamma)c'_p + \gamma c'_r]$ 为实现均衡时的环境产品的需求，则显然目前 $(1-\gamma) \cdot D(c'_p) + \gamma \cdot D(c'_r)$ 的需求水平远远低于均衡时的需求水平。

进一步分析来看，在地区环境治理中，基本环境治理的主体是大型能源化工企业、私营企业等，其生产考虑的环境污染水平 $\gamma \cdot D(c'_r)$ ，这一水平反映了市场者对本地环境的需求状况。由于决定企业市场状况的领导层和能源市场租金的主要获得者收入较高，具有较高的流动性，可以到全国各地根据个人需要去购买、定居和生活，所以对本地环境产品的需求水平 $\gamma \cdot D(c'_r)$ 非常低，对治理环境愿意投入的支出较少。

三、收入差距与环境治理的实证分析

3.1 样本的选择及数据来源

本文中心是要论证流动成本对高收入者与低收入者的约束不同，高收入者移民会造成的对本地区环境治理需求的不足，在总量需求既定的情况下环境治理需求在地区间配置。当总供给由全国平均的环境水平决定时候，总供给等于总需求，本地区环境治理需求的下降会导致本地区环境质量下降。

由本文以上模型推导可得，假定其它条件不变，当流动成本既定时，收入差距越大则本地区环境治理需求越低；当收入差距既定时，流动成本越大则本地区环境治理需求越高。因此在控制住其它影响因素后，根据上文中的理论建

构与模型推导，我们预期自变量收入差距对因变量环境治理投资具有负的影响，而流动成本对因变量环境治理投资具有正的影响。

选择合适的自变量来反映收入差距与流动成本会更加准确来检验与测度本文提出的理论。实证检验中当收入差距作为因变量或被解释变量时，经常会遇到时间序列数据的缺失或数据质量不高的问题，大多数研究者采用基尼系数来衡量收入分配的不公平程度。基尼系数是联合国规定的一种测量社会经济发展状况的统计指标，用于国家或地区间社会收入与财富分配不平等程度的比较，并大量地被用于政策分析和学术研究中。本文采用西部地区的基尼系数值GINI coeff.来反映陕北地区的收入分配状况，系数没有具体区分城市内部和农村内部的差别，采用总体的基尼系数。西部地区基尼系数值均来自国家统计局网 (<http://www.stats.gov.cn>)。

新经济地理学认为经济活动的分散力有两种形式：劳动力个体的差别和以房地产为主的不可贸易品地区间价格的差距 (Ottaviano and Puga,1998)。流动成本主要由迁移成本与维持在环境质量较高地区生活的环境租金构成。相对于迁移成本，北京地区较高的环境质量导致的需求上升（不考虑其他导致房地产几个较高的因素）使在北京地区购买商品住房的成本成为流动成本的主要部分，因此我们选取陕北地区（榆林与延安）市区的房地产价格与北京市区的房地产价格差（P-gap）这一指标来反映流动成本率。这一数据均来自中国资讯行网 (<http://www.bjinfobank.com>) 和陕北两地区统计年鉴。但这种流动成本率的指标与环境治理支出的关系是线性的还是二次方关系，我们在下面的模型中将分别回归。

环境治理支出是否会随着陕北地区人均GDP的提高而提高，或者说随着经济增长程度的提高环境质量是否会自动得到改善。并且这种相关关系是否具有时间趋势，在随后三个回归模型中我们加入了时间趋势变量t，我们预期人均GDP的提高会提高环境治理的支出，但这一观点要与基尼系数结合起来考虑。Per capita GDP的数据均来自《榆林市统计年鉴（1990—2023）》，《延安市统计年鉴（1990—2023）》。我们采用1990—2023年的时间序列数据进行计量分析。

3.2分析方法

实证分析是为命题2和命题3提供经验证据，对于地区环境治理支出的影响因素中，除了考虑人均GDP对环境治理支出的直接影响，还要综合考虑基尼系数、本地区与外地区房地产价格差距，以及差距的平方项，时间趋势因素。我们建立如下对数—线性计量模型：

$$\ln(I_t) = a + \beta_1(GDP) + \beta_2(GINI) + \beta_3(P-gap) + \beta_4(P-gap)^2 + \beta_5t + \varepsilon_t \quad (15)$$

在方程(15)中， a 为常数， ε_t 为随机误差项， t 为时间因素。Per capita GDP采用两个市区人均GDP的平减指数对人均GDP进行平减，得到以1985年为基年的不变价格；因变量 I_t 为陕北地区的环境治理投资额，也分别来自两个年鉴序列数据的整理，同样以1985年为基年的不变价格，将两个市区环境治理投资额相加的和再取自然对数，得到模型中因变量 $\ln(I_t)$ 。 β_1 为人均GDP的回归系数，测度GDP增加对环境治理投资的弹性。 β_2 为基尼系数的回归系数， β_3, β_4 分别为两地区房地产价格差、价格差平方项的回归系数，随着外地区每平方米房地产价格的提高，本地区能够在外地区买房定居的人数在减少，留在本地区的较高收入者更多，预期本地区的环境治理需求会增加，也就是说两地区房地产价格差与本地区环境治理投资额的自然对数是正相关关系， β_3, β_4 测度了流动成本上升时的环境治理投资的弹性。

3.3 检验结果分析

表1 环境治理投资额与流动成本率回归模型的估计结果

$\ln(I_t)$	I	II	III	IV	V	VI
constant	-10.5** (0.259)	- 15.36** (0.458)	- 11.72** (0.295)	- 16.25** (4.211)	-15.7** (5.094)	- 17.91** (2.105)
Per capita GDP	0.093** (0.037)	0.0486 (0.544)	0.0298** (0.005)	0.0126** (0.0047)	0.0241* (0.0181)	0.0294** (0.006)
GINI coeff.	-0.035 (0.154)	-0.047 (0.251)	-0.06* (0.029)	-0.092 (0.219)	-0.043 (0.165)	-0.046* (0.024)
P-gap	0.072** (0.0192)	-	0.0261* (0.122)	0.068* (0.0351)	-	0.025* (0.014)
(P-gap) ²	-	0.0029** (0.1264)	0.0035 (0.0158)	-	0.0023 (0.292)	0.0048 (0.1195)
Time trend	-	-	-	0.053** (0.004)	0.035* (0.021)	0.062* (0.035)
R ²	0.61	0.64	0.58	0.65	0.71	0.51
D.W.	1.96	1.73	1.85	1.78	2.05	1.62
F.	11.36	9.51	7.63	7.28	4.65	5.96
F.sign.	0.002	0.025	0.032	0.005	0.062	0.012
N.	34	34	34	34	34	34
t(avg.)	6.7	8.5	9.2	5.68	4.26	13.5

注释：1、 $\ln(I_t)$ 因变量为陕北地区环境治理投资额时间序列的自然对数（1990年 - 2023年）。自变量回归结果括号内为回归标准差。**, * 分别代表2%，5%的显著性水平。

回归模型 I、II、III 没有考虑时间趋势因素，模型 IV、V、VI 加入了时间趋势变量 Time trend。模型 I 没有将解释变量 (P-gap)² 加入到回归方程中来，模型 II 加入了平方项但剔除了一次项，回归模型 III 中将二者都放入进行回归，回归模型 IV、V、VI 与此类似，同时加入了时间趋势变量。

人均GDP项回归结果都是显著的，但这一项的回归系数都比较小，平均只有0.04左右，说明经济增长带来人均收入提高的同时，虽然对环境治理投资额有正向的影响，但这种影响由于某些原因，例如收入分配问题，使得该因素的影响会变的非常小，也从一个侧面说明经济增长不会自动带来环境质量的提高，或者说这种改善微不足道。GINI系数与环境治理投资为负相关，在同时加入了P-gap和(P-gap)²解释变量后，回归结果在5%显著性水平上显著。负的相关系数正是我们预期要达到的结论，随着收入分配差距的拉大，对环境保护的投资降低的弹性在回归模型 III 中达到了0.06，在模型 VI 中达到了0.046。P-gap与因变量为正相关关系，在没有加入(P-gap)²二次方项进行回归时，弹性系数达到0.07左右；加入二次方项，无论有无时间趋势变量，其系数都降低至0.025左右；同时将P-gap和(P-gap)²解释变量进行回归时，他们的显著性降低了，同时拟合优

度 R^2 也有一定的降低。正的相关性支持了我们提出的论点，流动成本占总收入的提高会使更多的人留在本地区，提高对本地区环境治理的需求，进而提高与改善本地区环境。

自变量中的P-gap相对于基尼系数和人均GDP的变化，是否存在异方差性。通过做辅助回归的White检验来验证。采用White检验后可以判定在5%显著性水平下接受“不存在异方差”的原假设。

经济增长（贫困的降低）与环境治理正相关，这一点研究为大多数学者认同，但回归结果显示这种效应的系数平均只有0.04。当经济增长伴随着收入分配不公平、贫富差距拉大时，相对于富人收入来说，占其财富比重较低的P-gap不会影响他们用外地区较高的环境质量对本地区的环境质量进行替代。在回归结果中流动成本指标一次方项系数平均为0.07，二次方项的系数平均为0.003。富人通过较低的流动成本比率，轻松迁移到环境质量较高的地区，而穷人则由于流动成本占其收入比例很大而无法实现家庭的跨区域迁移或移民。富人的这种跨区域流动具有普遍性，特别是在西部能源产区，能够享受能源租金带来巨大利益的高收入者纷纷向东部环境质量较高、城市化发展充分的东部发达城市移民。因此富人的这种跨地区移民避开了对本地公共产品的消费与需求，本地环境产品的需求主体为支付能力较弱的穷人，如果本地区环境治理由本地区环境税费来承担，可见穷人承担的环境税较大比例，这会使环境税费具有更强的累退性，本地区对私人物品的消费倾向大于对环境质量等公共物品的消费倾向，因此本地区环境治理的需求水平会下降。

四、政策含义

本的研究证实了Boyce^[2]的基本观点，即收入差距扩大会导致地区之间的移民，本地区环境质量会下降，这会改变传统的EKC曲线形态，导致EKC曲线变得陡峭，环境改善的转折点滞后到达。环境质量的改善不仅与收入水平有关，也与居民的收入差距程度有关，因此控制环境污染不仅要靠政府环境保护部门的污染治理和法规约束，也需要注重缩小居民的收入差距程度。

从环境治理的供求角度来看，由于富人的流动成本占总收入的比重低，而穷人刚好相反；收入差距导致了富人可以通过移民将对优良环境质量的需求配置在外地区，而穷人成为本地区环境治理的主要需求者。这使得本地区环境治理需求总量小于环境产品供给总量，本地环境污染不能彻底治理，环境污染的供过于求，应当从缩小收入差距的角度来提高环境需求。所以要改善地区环境质量，必须提高对地区环境治理的需求，而为了提高地区环境治理需求，则必须进行收入分配改革，缩小能源产区的收入差距，学习国际上收入比较均等国家的环境治理经验。

从Boyce1994年提出的对EKC拐点推迟出现的理论解释出发，认为在重视经济增长对环境改变的同时，必须重视收入分配对环境的影响，政策含义如下：

第一，提高资源环境税率，降低个人所得税率，通过提高收入分配的公平程度来改善环境治理。这一政策在西部能源产区尤其适用，当少数人通过发展矿产资源和污染型产业而富起来的同时，其有通过移民和搬迁到环境质量较好的地区而摆脱污染责任的动机。因此，政府在控制污染发展经济的同时，更要通过税收以及环境管理等制度来限制和约束此类现象的发生。改善大多数低收入者的收入状况，缩小收入差距可以降低因富人流动性过大而造成的本地区环境治理需求低下。

第二，从富人具有较强的地区流动性角度来讲，应该促使更多的富人留在本地区，使享受能源租金的人愿意提供更多的资金用于本地环境治理。提高广大民众的环境治理意识与环境治理需求。增强公众的环境保护意识，提高诉讼

补偿，以此促进公众对环境保护的参与意识；促进执法程序公开化、透明化，降低诉讼成本，吸引公众参与，降低环境保护部门的监督成本，可从外部约束污染企业的排放。

第三，关注扶贫和开发政策的环境效应。为了改善收入分配的状况，调节地区之间与城乡之间的差距，国家采取的直接的扶贫开发措施，应该充分考虑政策的环境效应，特别是西部地区生态环境比较脆弱，各项扶贫开发政策的环境影响必须加以考虑。

第四，考核地方政府官员的指标中提高环境因子的权重，如绿色GDP指标等，使地方政府具有增加环境治理支出的激励。

2024 S.-T. Yau High School Science Award
仅用于2024丘成桐中学科学奖论文公示

参考文献

- [1] 范维娜,李静. 收入差距与环境质量的关系——基于安徽省扩展的EKC假说验证[J]. 华东经济管理,2012,(2):33-35.
- [2] Boyce, J. K. (1994). "Inequality as a cause of environmental degradation". *ecological economics* 11 (3): 169-178.
- [3] 史耀波,任勇. 收入差距、流动成本与地区环境治理[J]. 生态经济,2007,(9).
- [4] Magnani, E. (2000). "The environmental Kuznets curve, environmental protection Policy and income distribution: *ecological economics* 32:431-443.
- [5] Juan Huang (2005). "the environmental Kuznets curve and income inequality : An aggregation approach" *Frontier Environmental Issues*, 复旦大学出版社, PP65.
- [6] Eriksson, C. and J. Person (2003). "Economic growth, inequality, democratization, and the environmental and resource economics, 25(1):1-16.
- [7] Bousquet, A. and P. Favard (2000). "Dose S. Kuznets' Belief Question the Environment Kuznets Curve?" FEEM Working Paper 106.
- [8] Heerink Nico, Mulatu Abay and Bulte Erwin (2001). "Income Inequality and the Environment: Aggregation Bias in Environmental Kuznets Curves". *Ecological Economics* 38(3): 359-367.
- [9] Panayotou, T. (1997). "Demystifying the Environmental Kuznets Curve: Turning A Black BOX into A Policy TOOL: *Environment and Development Economics*, 2:465-484.
- [10] Bergstrom, T., L. Blume and H. Varian (1986). "On the private provision of Public Goods". *Journal of public Economics*, **29(1):25-29**.
- [11] Bimonte, S. (2002). "Information access, income distribution, and the Environmental Kuznets Curve". *Ecological Economic*, 41(1):145-156.
- [12] Ottaviano, G.I.P., Puga.D. 1998, Agglomeration in the Global Economy: A Survey of the new Economic Geography, *World Economic*, vol.21, Issue 6,707-731.
- [13] Torras, Boyce. Income, inequality and pollution: are assessment of the environmental Kuznets curve [J].*EcologicalEconomics*, 1998, 25:147~160.
- [14] Marsiliani, Renstrom. Inequality, environmental protection and growth. Center working paper [R]. Tilburg University, the Netherlands, 1997.
- [15] Selden T, Song D. Environmental quality :is there a Kuznets curve for air pollution estimate? [J]. *Journal of Environmental Economics and Management*, 1994, (27): 147-162.
- [16] Ekins S. The Kuznets Curve for the environment and economic growth: examining the evidence [J].*environment planning*, 1997, (29):805-830.
- [17] Magnani E. The Environmental Kuznets Curve: development path or police result? [J].*Environmental Modeling and Software with Environment Data News*, 2001, 16(2):157-165.
- [18] 吴玉萍, 董锁成, 宋键峰.北京市经济增长与环境污染水平计量模型研究[J]. *地理研究*, 2002, 21(2):239- 246.

致谢

首先，我衷心感谢我的指导老师史耀波和曹欢心老师，在整个研究过程中给予了我无私的指导和帮助。史耀波和曹欢心教授在本研究的选题过程中提出了宝贵的意见，并在论文的框架构建、数据分析和研究方法的选择上给予了重要的指导。史耀波和曹欢心教授的专业知识和丰富的研究经验为我的研究提供了坚实的理论基础。在论文撰写过程中，史耀波和曹欢心教授为我提供了详细的修改建议和意见，帮助我不断完善和提升论文的质量。

在本次研究中，我主要负责了选题的初步构思、数据的收集与处理、文献综述的撰写以及论文的初步撰写工作。具体来说，我通过查阅大量文献，确定了研究的选题方向，并通过公开数据库收集了陕北地区的环境治理投资相关数据，进行了一系列的数据整理和统计分析。在实验设计和数据分析部分，史耀波和曹欢心教授为我提供了明确的指导，帮助我理清了研究思路，确保了研究的科学性和严谨性。此外，论文的撰写和修改过程中，史耀波和曹欢心教授多次审阅，并提出了详细的修改意见，使得论文的整体逻辑和表达更加清晰流畅。

值得特别指出的是，本研究的部分数据分析和实验设计过程得到了同学们的帮助。在数据分析过程中，曹欢心老师协助我完成了部分数据的处理和分析工作，曹欢心老师在实验设计的优化上提供了宝贵的意见。在此，我对他们的协助表示由衷的感谢。

此外，我要特别感谢我的家人和朋友们在我进行这项研究期间的支持和理解。正是他们的鼓励和关心，使我能够在研究过程中克服困难，保持积极的心态，顺利完成了这项研究。

最后，我想说明的是，本研究完全是在无偿的情况下，由指导老师和协作者共同完成的。在研究过程中，我们严格遵守了学术研究的规范和伦理要求，所有实验设计、数据分析和论文撰写均由我本人和相关协作者独立完成，未涉及任何商业或有偿的合作。

本研究从选题、数据获取、数据分析与计算、实验设计及实施到最终论文的撰写，都是在导师和协作者的共同努力下完成的。选题来源于对现有文献的系统梳理，并结合了导师的建议；数据的获取和处理主要由我本人负责；在数据分析和计算过程中，我在导师的指导下进行了多次实验和分析；实验设计和实施则是在导师的建议下，由我和协作者共同完成。论文的撰写由我主导，曹欢心老师导师在多个阶段进行了详细的修改与建议。研究过程中，遇到的最大困难在于数据处理和分析的复杂性，在导师的帮助下，我通过多次尝试最终解决了这些问题。

通过这次研究，我不仅提高了自己的学术研究能力，也深刻认识到团队合作和导师指导的重要性。在此，谨再次向所有支持和帮助过我的人致以最诚挚的感谢。