

济南大学绿色发展研究院

# 工作论文

2016年第1期

## 城市环境基础设施投资与其他环境保护投资 对中国可持续发展影响的比较研究

张伟 李国祥

(济南大学绿色发展研究院, 中国济南, 250022)

摘要: 在亟需解决环境危机和应对气候变化的背景下, 进行环境污染治理和控制碳排放是中国未来发展的必然趋势。本文利用 2004—2012 年中国 30 个省份的面板数据, 从环境保护投资结构的角度出发, 通过固定效应模型来探讨城市环境基础设施投资等环境保护投资对环境治理和碳减排的影响效应, 结果表明: 城市环境基础设施投资和老工业污染源治理投资并不能显著改善环境质量, 且对碳减排有消极作用; 建设项目“三同时”投资虽然没有起到降低碳排放总量的作用, 但使得碳排放量增长率保持每年 3.8% 的下降速度, 而且能够显著提高中国环境质量。在进行空间分析后, 也得出了类似的结论。由此可见, 在未来发展中, 建设项目“三同时”投资在污染治理和碳减排两个方面都将发挥积极作用, 因此, 政府要合理安排环境保护投资结构, 提高环境保护资金的使用效率。

关键词: 环境保护投资结构; 污染治理; 碳减排; 建设项目“三同时”投资

### 一、引言

近年来, 随着环境污染问题和温室效应的日益突出, 中国加强污染治理和碳减排的呼声不断高涨。与此同时, 人们认识到, 二者对可持续发展都很重要, 必须统

筹兼顾。污染治理是为改善国内生态环境而采取的措施，碳减排是为改善国际生态环境而采取的措施，这些对中国来说都不可偏废。所以，中国的可持续发展不应仅仅局限于污染治理，还应包括实施碳减排来维持大气的稳定性（郑林昌等，2014）。

然而，无论是污染治理，还是碳减排，都离不开投资的作用。所谓投资，是指为获得预期收益而进行的货币投入。所以，投资的过程，也就是货币转化为资本的过程。Samuelson 等(1998)曾经指出，投资导致资本积累，能提高一国或地区的潜在生产能力，从而促进长期的经济增长。事实上，从理论上来说，投资不仅能够促进经济增长，也应该能够促进可持续发展。绿色技术的研发、应用，以及设备和工艺的更新改造，甚至专业人才的培养等等，哪一样都离不开资本的作用。正因为如此，环境保护投资才显得非常重要。按照中国目前的分类标准，环境保护投资主要包括城市环境基础设施投资、老工业污染源治理投资和建设项目“三同时”投资。所谓城市环境基础设施投资，是指为加强城市环境基础设施建设而进行的投资。所谓老工业污染源治理投资，是指对老工业造成的污染进行治理的投资。所谓建设项目“三同时”投资，是指在一切新建、扩建和改建的企业中，防治污染项目必须和主体工程同时设计、同时施工、同时投产（简称“三同时”）的投资。这三类环境保护投资的特点不同，因而其发挥的作用也不尽相同。

城市环境基础设施投资不仅可以治理环境污染，而且对 GDP 增速的拉动作用也比较大，使得其在环境保护投资中的比重一直居高不下。据测算，“十五”期间城市环境基础设施投资在环境保护投资中的占比超过 50%，并且在近年来一直保持在一半以上，到 2012 年达到了 61%左右（见图 1）。

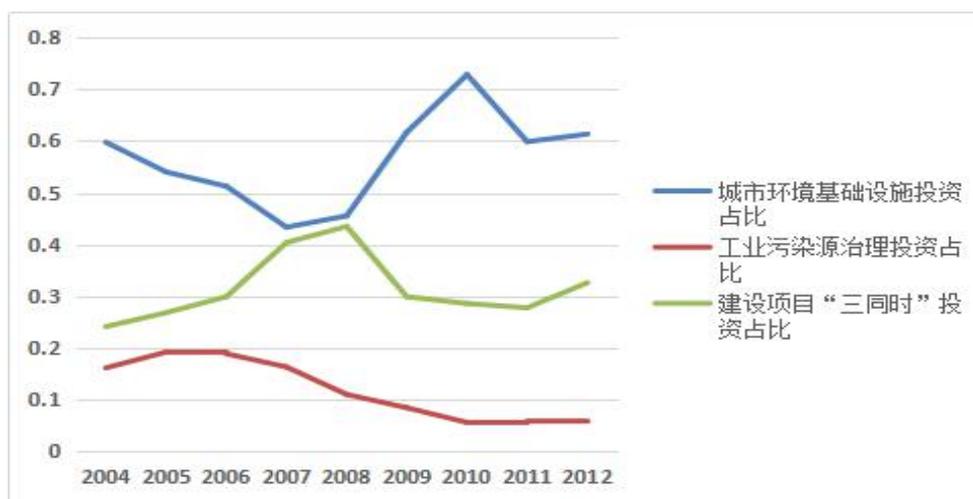


图 1 三类投资在环境保护投资总额中所占比重的折线图

而老工业污染源治理投资以及对企业进行污染防治的建设项目“三同时”投资，却没有达到相应的规模，虽然近几年来有上升趋势，但投资比重一直偏低，影响了这些投资作用的发挥。长期来看，建设项目“三同时”投资能够从根源上治理环境

污染，优化企业生产流程，但是该投资是与建设项目同时设计、同时建设、同时运营，发挥作用的周期长，建设和运营成本高，大部分企业可望而不可及，在缺少政府政策扶持的情况下，“三同时”投资规模一直有限。有鉴于此，联想到当前中国污染治理和碳减排的现状，可以认为，不仅要重视环境保护投资规模的增长，还要注意环境保护投资结构的优化。所以，加强对城市环境基础设施投资与其他环境保护投资对可持续发展作用的比较研究，显得尤为必要。

## 二、文献综述

在环境保护投资与污染治理和碳减排的关系方面，学术界进行了一些探索。例如，Kathleen M.day (2001)对加拿大人均收入和污染指标进行单位根检验后发现，这两个变量之间的关系是非平稳的，恩格尔—格兰杰检验和最大特征根检验都证明两者之间没有协整关系，据此提出采取政策抑制各部门污染的排放、转变投资结构从而带动产业结构升级，从根本上减少污染物的排放。Caetanoa M 和 Gherardi D 等(2009)认为，对于碳金融、碳贸易等碳市场而言，均衡有效的投资以及合理的投资结构能够有效地促进二氧化碳的减排，降低碳排放强度。Hsiao-Tien Pao 等(2011)利用1980-2007年的数据对巴西污染物排放、能源消耗和产出的动态影响关系进行了研究，并采用灰色预测方法对其未来5年进行预测，最终提出巴西政府应加大能源建设投资，尤其是相关的基础设施投资，从而降低二氧化碳的排放量，促进经济增长。

与此同时，中国学术界对中国环境保护投资与污染治理及碳减排的关系给予了一定的研究。李若凝(2002)的研究表明，中国环境保护投资与污染物排放量呈负相关，且环境保护投资与废水排放量之间的相关性最高，与二氧化硫排放量之间的相关性最低。全玉莲等(2009)的研究表明，中国工业废水排放强度和排放量均与单位GDP水污染治理投资比重呈负相关。工业废水污染未得到有效控制的原因有：环保投资总量不足、单位GDP水污染治理投资比例不稳定、投资结构不合理、投资效率低、环保投融资渠道单一等。李增福等(2010)认为，要建设低碳城市，政府必须加大与碳减排相关的城市环境基础设施投资力度，同时积极引导社会资本进入低碳生产领域，形成合理的低碳投资结构。董竹等(2011)认为，在中国目前的发展状况下，环境保护投资能促进环境质量的改善，且存在长期作用。张平淡等(2012)认为，中国政府主导的环境保护投资对企业技术进步具有明显的溢出效应，通过这种技术溢出效应，政府主导的环境保护投资能够推动企业生产工艺的改进，从源头上降低污染排放强度。毛晖等(2014)利用中国2003-2011年的省际面板数据，对环境治理投资与环境质量之间的关系进行了分析，结果发现，环境治理投资对中部地区的环境改善效果最明显，西部次之，东部最不显著。与此同时，他也对治理投资结构进行了研究，他认为老工业污染源治理投资的减排效应最为显著，因此，中国应该改善治理投资的结构，提高环境保护投资的利用效率。根据这一思路，高明、黄清煌(2015)进行了进一

步的研究，认为中国环境保护投资和工业污染减排之间呈现倒“U”型关系，具有显著的双重门槛效应，即环境保护投资对工业污染减排的效应只有在特定的治理投资结构区间内才能发挥作用。因此，要加大环境保护投资规模，优化治理资金配置水平以提高环境保护投资的使用效率。由此可见，环境保护投资在环境质量改善方面发挥了不可替代的作用。Xiao-Hong Zhang, etc. (2011)认为，中国从1996年开始加强环境保护投资只是降低了碳排放强度，教育水平提高、研发投资和环境保护投资的增长并没有阻止由于经济总量扩大所造成的碳排放量的增加，在这一时期转折点并没有出现。因此，改善治理投资结构是降低碳排放强度的重要举措。

通过对学者们现有研究成果进行分析可以发现，目前对环境保护投资的研究主要集中在其对污染治理和碳减排等的作用方面。一些学者通过理论和数据分析了环境保护投资结构对污染治理和碳减排的影响，发现并非所有的环境保护投资都能够促进污染治理和碳减排，有些环境保护投资不仅不能促进污染治理和碳减排，而且还会增加环境污染和碳排放。所以可以认为，只有合理有效的环境保护投资结构才能促进污染治理和碳减排。需要说明的是，已有研究成果虽然注意到不同类型的环境保护投资对污染治理或碳减排的作用不同，但是系统性和深度不够。例如，一些成果进行的是环境保护投资结构对污染治理或碳减排的单一研究，将二者结合起来进行研究的成果的较少；一些成果进行的是环境保护投资结构对污染治理或碳减排的宏观研究，而没有考虑不同地区的环境保护投资对污染治理或碳减排的作用不同。有基于此，我们需要进一步研究环境保护投资结构对可持续发展的作用，尤其是需要进行城市环境基础设施投资与其他环境保护投资对可持续发展作用的比较研究。本文拟通过机理和实证研究，分析环境保护投资结构中，城市环境基础设施投资与其他环境保护投资（老工业污染源治理投资和建设项目“三同时”投资）对污染治理和碳减排的不同影响，以探寻合理有效的环境保护投资结构。

### 三、机理分析

按照经典的经济学理论，投资能够带来乘数效应，对经济增长带来显著的促进作用。当然，这也意味着投资尤其是工业投资能够造成环境污染和碳排放。环境保护投资不同于工业投资，它是专门治理环境污染的投资，它在治理环境污染方面容易形成共识（李若凝，2002；董竹等，2011；毛晖等，2014），但对碳排放能否起到抑制作用需要考察。由于环境保护投资包括三类投资，发挥的作用不尽相同，所以需要具体情况具体分析。

#### （一）城市环境基础设施投资对可持续发展影响的机理分析

在中国官方统计框架内，城市环境基础设施投资是城市中与生态环境相关的部分基础设施的总和，包括园林绿化、排水、集中供热、燃气、市容环境卫生等。其中，排水、市容环境卫生与污染治理直接相关，园林绿化、集中供热、燃气与污染治理非直接相关。但从统计数据来看，近年来中国排水投资、市容环境卫生投资所

占比重较低，表明城市环境基础设施投资对污染治理的作用有限。如表 1 所示，排水投资在 2008-2012 年所占比重分别为 27.5%、29.1%、21.3%、22.2% 和 18.5%，市容环境卫生投资在 2008-2012 年所占比重分别为 12.4%、12.5%、7.1%、11.1% 和 7.8%，二者合计在 30%~40% 左右，而园林绿化、集中供热、燃气等合计在 60%~70% 左右。

表 1 全国近年城市环境基础设施投资构成

单位：亿元、%

年份	投资总额	城市环境基础设施投资构成				
		燃气	集中供热	排水	园林绿化	市容环境卫生
2008	1801.2	163.5 (9.1)	269.7 (14.9)	496 (27.5)	649.9 (36.1)	222 (12.4)
2009	2512.0	182.2 (7.3)	368.7 (14.7)	729.8 (29.1)	914.9 (36.4)	316.5 (12.5)
2010	4224.2	290.8 (6.9)	433.2 (10.3)	901.6 (21.3)	2297.0 (54.4)	301.6 (7.1)
2011	3469.4	331.4 (9.5)	437.6 (12.6)	770.1 (22.2)	1546.2 (44.6)	384.1 (11.1)
2012	5062.7	551.8 (10.9)	798.1 (15.8)	934.1 (18.5)	2380.0 (47.0)	398.6 (7.8)

资料来源：中国环境保护部。

在城市环境基础设施投资中，增加城市园林绿化投资虽然对污水处理没有影响，但可以不断提升城市园林绿化水平，通过植物的光合作用吸收二氧化碳，进而减少二氧化碳排放量。据统计，森林蓄积每生长 1 立方米，就能平均吸收 1.83 吨二氧化碳，释放 1.62 吨氧气。同样，在城市环境基础设施投资中，增加污水处理投资虽然能够提升污水处理能力，但会导致能源消耗的增加，进而增加碳排放量。据统计，目前中国污水处理厂的能源消耗主要是电力消耗，处理每吨污水耗电约 0.2-0.3 度，电费约占污水处理成本的 50-70%。所以，城市环境基础设施投资与碳减排的关系比较复杂。城市环境基础设施投资对碳减排既存在积极作用，也存在消极作用，最后的效果取决于两种力量的对比。

## (二) 老工业污染源治理投资对可持续发展影响的机理分析

老工业污染源治理投资主要改善产品的生产和制作流程，简化生产工艺，对煤炭、发电等超标排放污染物的企业加大治理力度，从而减少生产过程中对能源和资源的消耗和浪费，进而减少碳排放量。据统计，中国工业污染占总污染的 70%，是环境污染的主要来源。所以，加强老工业污染源治理投资势在必行。根据统计数据可知，近年来中国老工业污染源治理投资主要用于废气和废水的治理。如表 2 所示，废气投资在 2008-2012 年所占比重分别为 48.9%、52.5%、47.6%、47.6% 和 51.5%，废水投资在 2008-2012 年所占比重分别为 35.9%、33.8%、32.8%、35.5% 和 28.0%。

目前，工业污染源治理出现了多种投资模式，例如单独治理、联合治理、委托治理、循环经济等。单独治理模式是指工业企业单独对自己产生的污染进行治理，它需要该工业企业单独出资建设污染治理设施，并需要单独承担设施的运营成本，

一般适用于大企业。联合治理模式是指多个工业企业通过合作对自己产生的污染进行治理。它需要多个工业企业联合出资建设污染治理设施，并需要分担设施的运营成本。委托治理模式是指许多专业相近的工业企业集中到一起，由具有资质的专业污染治理企业为这些工业企业提供污染治理服务。与单独治理和联合治理相比，委托治理不需要工业企业购买治理设备和原料，能够降低工业企业的经营成本。据统计，排污企业采用该模式，成本要比工业企业自己治理低 10-20%。循环经济模式是指以废弃物综合利用为基础，一些工业企业与核心工业企业形成上下游产业链，通过废弃物的循环利用减少对周围环境的污染（于晓鹏等，2014）。总之，老工业污染源治理投资模式经过多年的实践和探索，对解决工业环境污染问题发挥了重要作用。但是，从中国目前的治理现状来看，工业污染源治理主要是一种事后治理。中国国家统计局数据显示，近年来该项投资的 80%以上被用于进行废水、废气、固体废物等污染物的治理，而中国目前对废水、废气、固体废物等污染物治理的能力较低，在进行治理过程中尤其是废气治理过程中，会产生大量的二氧化碳，增加碳排放量。因此，老工业污染源治理投资对碳减排的影响效应也比较复杂，要视具体情况而定。

表 2 老工业源污染治理投资构成

单位：亿元、%

年份	投资总额	废水	废气	固体废物	噪声	其他
2008	542.6	194.6 (35.9)	265.7 (48.9)	19.7 (3.6)	2.8 (0.5)	59.8 (11.0)
2009	442.5	149.5 (33.8)	232.5 (52.5)	21.9 (4.9)	1.4 (0.3)	37.3 (8.4)
2010	396.9	130.1 (32.8)	188.8 (47.6)	14.3 (3.6)	1.5 (0.4)	62.2 (15.7)
2011	444.4	157.7 (35.5)	211.7 (47.6)	31.4 (7.1)	2.2 (0.5)	41.4 (9.3)
2012	500.5	140.3 (28.0)	257.7 (51.5)	24.7 (4.9)	1.2 (0.2)	76.5 (15.4)

资源来源：中国环境保护部。

### （三）建设项目“三同时”投资对可持续发展影响的机理分析

“三同时”制度是在中国出台最早的一项环境管理制度。早在 1973 年，中国国务院批准的《关于保护和改善环境的若干规定》中就出台了“三同时”制度。1979 年，《中华人民共和国环境保护法（试行）》对“三同时”制度从法律上给予了确认。“三同时”制度与环境影响评价制度相辅相成，是中国环境保护“预防为主”方针的具体化、制度化。经过 30 多年的实践，“三同时”制度逐步体现出其优越性。它从程序上保证了将污染预防和治理纳入开发建设活动的计划之内，是一项符合中国国情、具有中国特色的环境保护法律制度，是落实环境保护措施、防止新污染产生的关键，是加强环境保护管理的核心（陈庆伟等，2006）。

建设项目“三同时”投资可以为环境污染企业更新设备提供补贴，有利于企业采用新技术，从而降低企业生产成本，能够减少对能源的消耗，促进了节能减排工作的开展。另外，从表面上看，“三同时”制度诞生于末端治理的建构思想，但却具有可运用于循环经济生产的外在模式。“三同时”制度在企业内部开辟了一条环

环境保护与生产活动紧密结合的路线，使得大规模循环或者局部循环成为可能，这种模式只要经过改良是可以符合循环经济要求的（郑杰，2007）。显然，通过循环利用，通过技术的更新，企业也可以减少对能源的消耗，从而达到碳减排的目的，至少可以抑制碳排放上升的势头。据统计，近年来中国建设项目“三同时”投资占建设项目投资总额的比重不高，只有4%左右，是环境保护投资总额的1/3左右（见表3），具有较大的提升空间。

表3 建设项目“三同时”投资情况

年份	“三同时”投资额 (亿元)	占建设项目 投资总额 (%)	占全社会固定资 产投资总额 (%)	占环境保护投 资总额 (%)
2008	2146.7	6.4	1.3	47.8
2009	1570.7	3.2	0.7	34.7
2010	2033.3	4.1	0.7	30.6
2011	2112.4	3.1	0.7	35.1
2012	2690.4	2.7	0.7	31.9

资料来源：中国环境保护部。

#### 四、变量选择与模型构建

##### 1. 变量的选取

选取碳排放量作为碳减排的衡量指标，将中国30个省(西藏除外)的一次能源(煤炭、石油、天然气)消费实物量折算为标准统计量。折算方法为：

$$E_{irt} = Q_{irt} \cdot \delta_r \quad (1)$$

$$CO_{2it} = \sum (E_{irt} \cdot \rho_r) \quad (2)$$

$Q_{irt}$  表示 i 省第 t 年内 r 类能源消费实物量， $E_{irt}$  表示 i 省第 t 年内 r 类能源消费标准量（万吨）， $\delta_r$  表示 r 类能源实物量折算为标准煤的系数， $\rho_r$  表示 r 类能源的碳排放系数， $CO_{2it}$  表示 i 省第 t 年内的碳排放量（万吨）。

参考董竹(2011)等人的变量选择标准，选取单位工业 GDP 的工业废气排放量作为环境质量的衡量指标。以城市环境基础设施投资、老工业污染源治理投资和建设项目“三同时”投资来衡量环境保护投资结构，作为模型的解释变量。选取森林覆盖率和第三产业在 GDP 中的占比作为控制变量，来探讨环境保护投资结构对碳减排的影响。

为了保证分析的全面性，在整体分析的基础上，我们将按区域进行深入研究。按照国家统计局的划分标准，将中国划分为东部（北京、天津、河北、辽宁、上海、江苏、浙江、福建、山东、广东、海南）、中部（山西、内蒙古、吉林、黑龙江、安徽、江西、河南、湖北、湖南）和西部（重庆、四川、贵州、云南、广西、西藏、陕西、甘肃、宁夏、青海、新疆）三大区域。

##### 2. 模型构建

在考察城市环境基础设施投资等各类环境保护投资对碳排放量的影响之前，我们首先分析各类环境保护投资对环境质量的影响情况，建立模型一：

$$eq_{it} = C_{it} + \beta_1 \ln ef_{it} + \beta_2 \ln ipg_{it} + \beta_3 \ln ts_{it} + \beta_4 tia_{it} + \beta_5 fcr_{it} + \varepsilon_{it} \quad (3)$$

碳排放量作为碳减排的衡量指标，受多方面因素影响，我们在借鉴 C—D 函数对数模型的基础上，建立模型二：

$$\ln ce_{it} = C_i + \beta_1 \ln ef_{it} + \beta_2 \ln ipg_{it} + \beta_3 \ln ts_{it} + \beta_4 tia_{it} + \beta_5 fcr_{it} + u_{it} \quad (4)$$

其中，在模型中  $t$  表示时间跨度， $i$  表示中国 30 个省（西藏除外）， $ce$  为碳排量， $ef$  为城市环境基础设施投资， $ipg$  为老工业污染源治理投资， $ts$  为建设项目“三同时”投资，以  $ef$ 、 $ipg$  和  $ts$  来衡量环境保护投资结构， $tia$  为第三产业产值在 GDP 中的占比， $fcr$  表示森林覆盖率， $\beta$  为变量系数。

### 3. 变量来源

各变量数据均为 2004—2012 年间中国 30 个省（西藏除外）的统计数据，并对一些数据做相应处理。一次能源消费实物量来自 2005—2013 年《中国能源统计年鉴》，工业总产值、工业废气排放量、城市环境基础设施投资、老工业污染源治理投资、建设项目“三同时”投资、第三产业产值及国内生产总值数据来自 Wind 数据库和国家统计局。

## 五、实证分析

### （一）描述性统计

利用 2004-2012 年中国 30 个省的相关数据对各个变量做统计分析，具体结果见表 4。

表 4 变量描述

变量名称	样本容量	均值	标准差	最小值	最大值
碳排放量(lnce)	270	3.7421	0.3450	2.4876	4.4330
环境质量(eq)	270	3.9817	0.4764	0.9907	25.3852
城市环境基础设施投资(lnef)	270	1.6924	0.4923	0.0908	3.1013
老工业污染源治理投资(lnipg)	270	1.0163	0.4371	-0.6990	1.9263
项目“三同时”投资(ln ts)	270	1.3594	0.4637	0.1461	2.6015
第三产业占 GDP 比重(tia)	270	0.4026	0.0792	0.2830	0.7646
森林覆盖率(fcr)	270	0.2951	0.1765	0.0290	0.6600

通过对表 4 进行分析可知，各省之间碳排放量存在很大差异，碳排放量(lnce)的最大值为 4.433，而最小值为 2.4876。作为环境质量的衡量指标，单位工业 GDP 的

工业废气排放量的地区差异也非常明显，最大值为 25.3852，最小值为 0.9907。在环境保护投资中，各省在城市环境基础设施投资、老工业污染源治理投资以及建设项目“三同时”投资方面差距较大，尤其是在城市环境基础设施投资上差距最为显著，由于各省环境保护投资的侧重点有所不同，使得环境保护投资方向差异较大，而且在这三项投资中，城市环境基础设施投资的均值明显高于其他两项投资，说明近年来在环境保护投资方面，中国一直比较注重环境基础设施的建设。受产业结构优化的影响，各省第三产业都呈现出不断上升趋势，第三产业在 GDP 中的占比不断提高，在这一方面各省的差距比较小。森林覆盖率作为影响碳排放量的一个重要因素，普遍受到各省的重视，省际之间的差异相对较小。

为了更直观的观察近年来环境保护投资的波动状况，分别作了环境保护投资总额、城市环境基础设施投资、老工业污染源治理投资和建设项目“三同时”投资的折线图，见图 2。

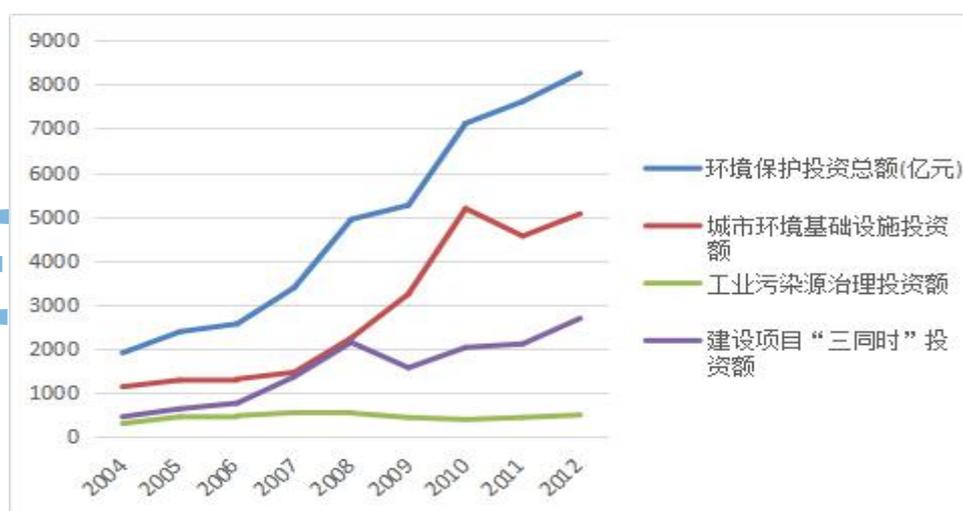


图 2 中国近年来环境保护投资折线图

由中国近年来环境保护投资的折线图可知，总体来看，中国近年来环境保护投资总额保持持续增加态势，而其中的老工业污染源治理投资波动一直比较小，且近年来有下降态势，它作为一种环境污染事后治理方式，虽然能够有效的缓解环境污染，但不能从根本上解决环境污染问题。城市环境基础设施投资在环境保护投资总额中的比重一直保持在 50%以上，但从 2010 年达到最高值后投资额度有所下降，而作为从根源上治理环境污染的建设项目“三同时”投资，投资总额不断上升，与城市环境基础设施投资的差距不断缩小，这一现象表明，污染源头治理的时间周期虽然比较长，投资成本高，但其治理成效正不断得到政府和社会的认可，投资力度不断加大。

## (二) 回归分析

为避免因为数据不平稳而出现“伪回归”现象，我们采用 LLC 检验、Hadri LM 检验、IPS 检验对面板数据进行单位根检验，检验结果如表 5 所示。

表 5 面板单位根检验

	lnce	eq	lnef	lnipg	ln ts	tia	fcr
LLC	-3.045	-4.361	-2.370	-7.909	-4.448	-1.658	-2.120
	0.001	0.037	0.026	0.000	0.000	0.049	0.017
Hadri	21.420	19.457	18.970	8.051	16.549	19.409	18.674
	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
IPS	1.253	3.479	7.338	-3.266	0.417	2.284	3.542
	0.895	0.993	1.000	0.001	0.662	0.989	1.000

通过对各变量进行单位根检验发现，在 IPS 检验中，除了变量 ln ts 显著性效果比较差之外，其余变量均显著拒绝“存在单位根”原假设；在 LLC 检验中，变量 ln ef、eq、tia、fcr 在 5% 的显著性水平下通过检验，ln ce、ln ipg 和 ln ts 在 1% 的显著性水平下拒绝原假设；在 Hadri 检验中，所有变量均在 1% 的显著性水平下拒绝原假设。因此，在 IPS 检验、LLC 检验和 Hadri 检验中，所有变量均在 10% 的显著性水平下通过检验，拒绝“存在单位根”的原假设，即面板数据中各变量原序列是平稳的。

经检验所有变量的原序列为平稳序列，在此基础上对各变量做进一步分析。我们首先分析中国城市环境基础设施投资等各类环境保护投资对环境质量的影响，Hausman 检验结果表明应采用固定效应模型进行回归。模型一回归结果如表 6 所示。

表 6 模型一回归结果

	$\beta$	se	t	p
ln ef	0.1199	0.4316	0.28	0.781
ln ipg	-0.6783	0.4096	-1.66	0.099
ln ts	-0.6698	0.3533	-1.9	0.059
tia	11.7692	3.9137	3.01	0.003
fcr	-4.607	2.9154	-1.58	0.115
_cons	2.0003	1.7076	1.17	0.243
F		22.13		
rho		0.7979		
Prob		0		

通过对模型一回归结果进行分析可以发现，城市环境基础设施投资对改善环境质量没有显著影响，主要是因为在中国城市环境基础设施投资中，园林建设投资和污染治理投资所占比重较大。园林建设投资主要是为了提高城市绿化水平，吸收二氧

化碳，对二氧化硫等污染物的吸附能力较低，而且各地区绿化面积整体偏低，园林建设投资发挥的作用相对有限，因此对改善环境质量的影响比较小。水污染治理投资虽然有利于污水处理，但会导致大量的能源消耗，使其在污染治理的同时产生新的污染物排放，从而影响了城市环境基础设施投资改善环境质量的效果。老工业污染源治理投资和建设项目“三同时”投资对改善环境质量具有显著作用，老工业污染源治理投资每增加1%，单位GDP的废气排放量将下降0.6783%，而建设项目“三同时”投资每增加1%，单位GDP的废气排放量将下降0.6698%，这两项环保投资都显著提高了环境质量。

在对模型一进行回归后，初步探讨了各类环境保护投资对环境质量的影响，下面我们将对这一关系进行细化，深入分析中国城市环境基础设施投资等各类环保投资对碳减排的影响效应。采用固定效应模型和随机效应模型进行分析，结果如表7。

表7 模型二估计结果

	固定效应模型				随机效应模型			
	$\beta$	Std. Err	t	p	$\beta$	Std. Err	t	p
lnef	0.1439	0.0404	3.56	0.001	0.1716	0.0411	4.18	0
lnipg	0.0962	0.0186	5.18	0	0.1165	0.0205	5.69	0
lnnts	0.1170	0.0253	4.62	0	0.1244	0.0266	4.67	0
lntia	-0.0685	0.3299	-0.21	0.837	-0.2154	0.3009	-0.72	0.474
lnfcr	-0.3948	0.1439	-2.74	0.01	-0.0870	0.1492	-0.58	0.56
_cons	3.1528	0.1571	20.07	0	3.2252	0.1619	19.93	0
F		53.54				12.996		
rho		0.9457				0.8431		
Prob		0.0000				0.0000		

由表7可知，在随机效应模型中，变量lnntia、lnfcr没有通过显著性检验，P值分别为0.474和0.56，rho为0.8431，其余变量均在1%的显著性水平下拒绝原假设。在固定效应模型中，除了变量lnntia没有通过显著性检验外，其余变量均在1%的显著性水平下通过检验。两种效应模型的P值均为0，但固定效应模型的F值明显大于随机效应，且其rho为0.9457，明显大于随机效应模型的0.8431。

为了保证分析的准确性和严谨性，我们用豪斯曼检验(Hausman)来选择合适的效用模型，具体结果见表8。

表8 Hausman 检验结果

	固定效应	随机效应
lnef	0.1438639	0.1438639

lnipg	0.0962095	0.0962095
lnts	0.1170304	0.1170304
tia	-0.0685289	-0.0685289
fcr	-0.3947546	-0.3947546
Prob	0	

通过豪斯曼检验发现，P 值为 0，所以拒绝原假设，即随机扰动项与解释变量之间存在相关关系，因此接受固定效应模型。

对固定效应模型进行分析可知，城市环境基础设施投资、老工业污染源治理投资、建设项目“三同时”投资对碳排放量均具有正向效应。城市环境基础设施投资（lnef）对碳排放量（lnce）的影响系数为 0.1439，建设项目“三同时”投资的影响系数为 0.117，即城市环境基础设施投资和“三同时”投资每增加 1%，省域碳排放量分别增加 0.1439%和 0.117%；老工业污染源治理投资对省域碳排放量的影响较小，其每增加 1%，省域碳排放量增加 0.0962%。第三产业在 GDP 中的占比对碳排放量具有反向作用，但影响效果不显著；森林覆盖率对碳排放的影响效果最大，森林覆盖率每增加一个百分点，省域碳排放量将减少 0.3948%，影响效应显著。

为了更好的研究中国城市环境基础设施投资等环境保护投资对中国环境质量和碳排放量的影响，我们将中国 30 个省份（西藏除外）细分为三个区域（东部、中部和西部）进行样本回归，得到表 9。

表 9 东部、中部和西部地区样本模型一回归结果

变量\地区	东部	中部	西部
lnef	0.0571 (0.010)	0.1167 (0.000)	0.1244 (0.000)
lnipg	-0.0219 (0.247)	-0.0285 (0.374)	0.0813 (0.006)
lnts	-0.0532 (0.003)	-0.0573 (0.010)	-0.0913 (0.000)
tia	0.6499 (0.007)	-0.0465 (0.849)	0.5682 (0.054)
fcr	0.2036 (0.249)	-0.1417 (0.500)	-0.4069 (0.018)
_cons	4.7956 (0.000)	5.0533 (0.000)	4.4332 (0.000)
F	287.44	241.6	106.97
Prob	0	0	0

注：“( )”中为 p 值

通过对表 9 进行分析可以发现，在中国东部、中部和西部地区，城市环境基础设施投资对环境质量具有显著影响，随着城市环境基础设施投资的增加，环境质量不断恶化。主要是因为在中国城市环境基础设施建设过程中，污水处理等工程会造成大量的能源消耗，产生的二氧化硫、氮氧化物等污染物会使环境质量不断恶化。老工业污染源治理投资对环境的影响也具有一定的地域差异，在东部和中部地区，随着老工业污染源治理投资的增长，污染物排放量下降，但这一影响效果并不显著，西部地区的老工业污染源治理投资使得该地区的环境质量下降，产生这种现象的主要原因是中国目前在废气、固体废物等污染物治理方面能力不足，各区域之间技术水平差距较大，而且西部地区经济落后，各地方政府以经济发展为首要目标，为避免经济下滑而忽视了污染治理，使得环境保护投资效率较低，污染物治理成效存在区域差异。东部、中部和西部地区的建设项目“三同时”投资对降低污染物排放量具有显著作用，提高了环境质量，这表明“三同时”项目建设对改善中国环境质量具有重要作用。

在城市环境基础设施投资等各类环境保护投资对碳排放量的影响方面，回归结果见表 10。

表 10 东部、中部和西部地区样本模型二回归结果

变量\地区	东部	中部	西部
lnef	0.2125 (0.00)	0.0835 (0.006)	0.1112 (0.001)
lnipg	0.0753 (0.055)	0.0401 (0.287)	0.1008 (0.002)
lnts	0.0921 (0.010)	0.1057 (0.000)	0.1376 (0.000)
tia	0.7913 (0.103)	-0.7326 (0.013)	-1.0696 (0.001)
fcr	0.0816 (0.821)	0.2986 (0.227)	0.3901 (0.039)
_cons	2.7794 (0.000)	3.6896 (0.000)	3.5202 (0.000)
F	22.14	47.82	69.03
prob	0	0	0

注：“( )”中为 p 值

通过对中国东部、中部和西部三个区域的样本进行回归发现，城市环境基础设施投资对碳排放量的影响是显著的且具有明显的区域差异，在中部和西部地区，城市环境基础设施投资每增长 1%，碳排放量将分别增加 0.0835%和 0.1112%，均低于

全国平均水平，而东部地区的城市环境基础设施投资每增长 1%，其碳排放量将增加 0.2125%，明显高于全国平均水平。产生这种区域差异的原因是东部地区为较发达地区，城市环境基础设施投资力度大，投资总额比较高，该投资每增加 1%所带来的绝对量的增加明显高于中西部地区，而在城市环境基础设施建设过程中，会消耗大量的能源，导致碳排放量增加。老工业污染源治理投资和建设项目“三同时”投资对碳排放量的影响也非常显著，老工业污染源治理投资每增加 1%，东部和中部地区的碳排放量将增加 0.0753%和 0.0401%，低于全国平均水平，而西部地区的碳排放量却增加了 0.1008%，增长幅度高于全国平均水平，建设项目“三同时”投资呈现出与此相似的区域差异。老工业污染源治理投资和建设项目“三同时”投资对碳排放量的影响呈现出明显的区域差异，导致这种差异的原因是东部和中部地区经济发达，技术先进，污染物处理和再利用效率比较高，处理单位污染物所释放的二氧化碳比较少，而且在“三同时”项目建设中，东部和中部地区可以购买和使用更先进的治污设备，提高治污效率。因此，在东部和中部地区，老工业污染源治理投资和建设项目“三同时”投资对增加碳排放量的作用是有限的。

环境保护投资的目的是为了改善环境质量，治理环境污染，但环境保护投资对碳排放却起到了负面的促进作用。主要原因如前所述，在于城市环境基础设施投资中每年有相当一部分资金最终用于城市的排水和市容环境卫生投资，表现为污水处理和垃圾处理，大量的能源消耗会产生较多的碳排放，导致城市碳排放量的增加。建设项目“三同时”投资能够从根源上治理环境污染，改善城市环境质量，但却导致了碳排放量的增加，主要是由于三同时投资总额很小，在总投资中的比例微乎其微，使得其涉及到的企业比较少，之前碳排放的主力军现在仍然存在，改善碳排放现状的作用没有得到发挥。并且通过对碳排放量增长率与“三同时”投资的对数做 OLS 回归发现，“三同时”投资每增加 1%，碳排放量增长率将下降 3.8%左右，由此可见，在目前阶段，由于“三同时”投资比例较低，其对碳排放量的负向影响要远小于非“三同时”投资企业碳排放量增长率，从而使得“三同时”投资对碳排放量呈现出正向效应，但用最小二乘法进行回归可知，这一正向效应将不断减弱，未来“三同时”投资达到一定比例后，其对城市碳排放量将呈现出正面的积极效应，使碳排放量下降。

## 六、结论及政策建议

上述研究结果表明，城市环境基础设施投资对污染治理的影响并不显著，主要原因在于废水等污染物治理过程中的能源消耗造成了新的环境污染，而且园林建设投资对二氧化硫等污染物的治理效果不佳，使得城市环境基础设施投资的作用相对有限。同时，通过分析城市环境基础设施投资对碳排放量的影响，我们发现该项投资增加了碳排放量，主要是因为在对污水等治理过程中，能源需求导致了一定的能

源消耗，整个流程排放出了大量的二氧化碳，使得碳排放量增加。老工业污染源治理投资和建设项目“三同时”都显著提高了环境质量，减少了污染物排放量，但对碳减排具有反向作用，导致了碳排放量的增加。主要是因为老工业污染源治理投资在具体实施过程中会造成能源消耗，产生一定的碳排放，所以虽然减少了环境污染，降低了二氧化硫、氮氧化物等污染气体的排放，但却没有对碳减排起到积极作用。但建设项目“三同时”投资有所不同，它虽然也增加了碳排放总量，却降低了碳排放量的增长率，对碳排放量的增长起到了一定的削弱作用，当“三同时”投资达到一定比例或额度之后，新建项目的碳减排效果显现，此时将降低各省的碳排放总量。

中国城市环境基础设施投资等各类环境保护投资对环境和碳排放量的影响呈现出明显的地域差异。东部、中部和西部地区的城市环境基础设施投资使环境质量不断恶化，原因是污水治理过程中能源的消耗产生了大量的二氧化硫、氮氧化物等污染物，影响了环境质量。在中部和西部地区，城市环境基础设施投资增加所带来的碳排放量的增长幅度要小于东部地区，且明显低于全国水平，主要原因在于东部地区投资总量大，该项投资每增加1%所带来的能源消耗多，产生了更多的碳排放量。在东部和中部地区，老工业污染源治理投资对改善环境质量的影响并不显著，在西部地区却呈现出显著的负向效应。这三个地区的建设项目“三同时”投资对提高环境质量具有显著作用，但其区域差异并不明显。在对碳排放量的影响方面，老工业污染源治理投资和建设项目“三同时”投资却呈现出相似的区域特征，即在东部和中部地区，该投资对碳排放量增长的影响程度要小于西部地区，主要是由于东部和中部地区经济发达、技术水平高，拥有先进的生产技术，提高了污染物的处理和再利用效率。

因此，中国城市环境基础设施投资与其他各类环境保护投资对可持续发展的作用既有共同之处，也有区别。总体来看，城市环境基础设施投资对污染治理的影响并不显著，对碳减排难以起到促进作用。与其不同的是，建设项目“三同时”投资对提高环境质量具有显著作用，也能抑制碳排放上升的势头。从污染治理和碳减排的角度看，应当鼓励发展建设项目“三同时”投资，提高建设项目“三同时”投资在环境保护投资中所占的比重。同时，调整城市环境基础设施投资与老工业污染源治理投资的结构，通过加强技术集成与研发，实现污染治理与碳减排的协同。另外，考虑到环境保护投资的空间分布，应促进城市环境基础设施投资与老工业污染源治理投资向中部、西部的转移，实现环境保护投资空间结构的合理化。

#### 参考文献：

- [1]郑林昌,付加锋.中国城市低碳环保发展协调性分析[J].生态经济,2014,03:26-30.
- [2]Paul A.Samuelson,William D. Nordhaus.Economics[M].New York:McGraw-Hill Companies, 1998.

- [3]S.Waddock, S.B.Graves, The Corporate Social Performance-Financial Performance Link[J], Strategic Management Journal,1998,18(4):303-319.
- [4]M.Kathleen. Growth and environment in Canada:An Empirical Analysis Canadian[J], Journal of Agricultural Economics,2001,51:197-216.
- [5] Caetanoa M, Gherardi D, Ribeiro G. Reduction of 二氧化碳 emission by optimally tracking a pre-defined target. Eco-logical Modelling, 2009, 220(19): 2536-2542.
- [6]Hsiao-Tien Pao, Chung-Ming Tsai. Modeling and forecasting the CO<sub>2</sub> emissions, energy consumption, and economic growth Brazil[J]. Energy,2011(36):2450-2458.
- [7]李若凝.环境保护投资与工业污染控制关系研究[J].河南农业大学学报,2002,02:172-175.
- [8]全玉莲,孙玉龙,石碧清,张雪花.环保投资对工业废水污染控制的影响研究[J].安徽农业科学,2009,19:9097-9098+9106.
- [9]李增福,郑友环.“低碳城市”的实现机制研究[J]. 经济地理,2010,06:949-954.
- [10]董竹,张云.中国环境治理投资对环境质量冲击的计量分析——基于 VEC 模型与脉冲响应函数[J]. 中国人口、资源与环境,2011,08:61-65.
- [11]张平淡,朱松,朱艳春. 我国环保投资的技术溢出效应——基于省级面板数据的实证分析[J]. 北京师范大学学报(社会科学版),2012,03:126-133.
- [12]毛晖,郭鹏宇,杨志倩. 环境治理投资的减排效应:区域差异与结构特征[J]. 宏观经济研究,2014,05:75-82.
- [13]高明,黄清煌. 环保投资与工业污染减排关系的进一步检验——基于治理投资结构的门槛效应分析[J]. 经济管理,2015,02:167-177.
- [14]Xiao-Hong Zhang,etc. Several novel indicators being applied to analyze the relationships between Chinese economic growth, energy consumption and its impact of emissions[J]. Ecological Indicators,2011,15(1):52-62.
- [15]于晓鹏,郭伟.我国工业污染源治理投资现状问题与对策分析[J].天津城建大学学报,2014,04:274-280.
- [16]陈庆伟,梁鹏.建设项目环评与“三同时”制度评析[J].环境保护,2006,12:42-45.
- 郑杰.浅论我国“三同时”制度的发展模式[R].2007.
- [17]郑杰.浅论我国“三同时”制度的发展模式[R].2007.
- [18]杨骞,刘华军. 中国二氧化碳排放的区域差异分解及影响因素——基于 1995~2009 年省际面板数据的研究[J]. 数量经济技术经济研究,2012,05:36-49+148.

[19]申萌,李凯杰,曲如晓. 技术进步、经济增长与二氧化碳排放:理论和经验研究[J]. 世界经济,2012,07:83-100.

[20]林伯强,姚昕,刘希颖. 节能和碳排放约束下的中国能源结构战略调整[J]. 中国社会科学,2010,01:58-71+222.

[21]林伯强,刘希颖. 中国城市化阶段的碳排放:影响因素和减排策略[J]. 经济研究,2010,08:66-78.

[22]唐国平,李龙会. 企业环保投资结构及其分布特征研究——来自 A 股上市公司 2008—2011 年的经验证据[J]. 审计与经济研究,2013,04:94-103.

[23]李广泳,武普照. 节能环保技术 R&D 投资的“挤出效应”研究——兼论中国的碳排放[J]. 科学管理研究,2015,01:5-8.

[24]骆瑞玲,范体军,夏海洋. 碳排放交易政策下供应链碳减排技术投资的博弈分析[J]. 中国管理科学,2014,11:44-53.

[25]杨树旺,杨书林,魏娜. 不同来源外商直接投资对中国碳排放的影响研究[J]. 宏观经济研究,2012,09:19-26.

[26]张乐勤,李荣富,陈素平,祝亚雯,许信旺. 安徽省 1995 年-2009 年能源消费碳排放驱动因子分析及趋势预测——基于 STIRPAT 模型[J]. 资源科学, 2012, 02: 316-327.

[27]杨子晖. 经济增长、能源消费与二氧化碳排放的动态关系研究[J]. 世界经济,2011,06:100-125.

[28]Jenny Crawford and Will French. A low-carbon future: spatial planning's role in Enhancing technological innovation in the built environment [J]. Energy Policy, 2008 (12):4575-4579.

[29]Glaeser E L,Kahn M E.The greenness of cities: carbon dioxide emissions and urban development [J].Journal of Urban Economics,2008,38(1):650-655.

---

主编：张伟

责任编辑：廖显春

---

地址：济南市南辛庄西路 336 号济南大学；邮政编码：250022；联系电话：0531—82767650；联系人：廖显春；电子信箱:cfy0610@163.com

二〇一六年二月二十五日

工作论文， 版权所有