

智慧城市技术创新效应研究^{*}

——基于中国282个地级城市面板数据的实证分析

付平, 刘德学

(暨南大学经济学院, 广州510632)

摘要: 基于中国282个地级及以上城市的专利数据, 利用双重差分法分析了智慧城市的技术创新效应。研究表明: 智慧城市能促进城市的创新产出增加, 尤其是技术含量最高的发明专利上; 这种创新效应在人力资本禀赋高、城市行政等级低和东中部城市中表现尤为显著。最后就研究结论提出相应的政策建议。

关键词: 智慧城市; 创新效应; 双重差分法; 城市化

中图分类号: F292

文献标识码: A

文章编号: 1006-2912(2019)09-0072-10

一、提出问题

技术创新是经济发展的驱动力和决定力量。随着世界经济形势的发展, 中国经济在经过几十年的高速发展后, 陷入“中等收入陷阱”, 经济发展进入“新常态”。为了突破困境, 党的十九大报告将创新作为引领经济发展的第一动力, 党中央提出要加快完善国家创新体系发展, 深化区域创新制度改革。技术创新是一个地区经济增长的原动力, 也是衡量一个地区竞争力的重要指标。而城市创新体系又是国家创新体系的重要组成部分, 如何提高区域和城市的科技创新能力成为我国各级政府关注的一个焦点问题。

已有文献偏重于从环境治理^{[1][2][3]}、FDI^{[4][5]}、产业集聚^[6]、政府行为^[7]、财政分权^[8]、信息化^[9]、城市化^{[10][11][12]}等方面来探讨城市创新效应。这些研究中, 与本文研究主题最相关的是城市化与城市创新。所谓的城市化就是所有生产要素, 在地理空间上集聚, 因集聚产生知识和技术的溢出效应, 进而提高集聚区(城市)创新效应。城市内拥有研发投入资金和人力资本禀赋, 为技术创新搭建良好的平台。其中 Carlinoet 等^[13]通过统计城市的专利申请数, 发现城市的就业密度与人均专利申请

数高度相关, 当一个城市的就业密度增加1倍, 则人均专利申请数将增加20%; Pred^[14]估计了美国35个大城市的人口与专利申请数后, 发现大城市的专利申请数是全国平均水平的4.1倍; Feldman 等^[15]从产业集聚角度实证考察, 认为技术创新主要集中于城市区域; Jacobs^[10]认为城市化水平与专利申请数量之间显著正相关; 城市内企业和人才集聚, 产生MAR外部性, 产业内部的激烈竞争会使人们更有效率的进行知识生产和技术创新^{[16][17]}。程开明等^[11]通过构建向量自回归模型和脉冲响应动态分析模型, 认为中国城市化与技术创新互为格兰杰因果关系; 欧阳博强等^[12]利用城市面板数据, 借助固定效应和面板门板模型, 考察了产业结构对城市劳动生产率的影响, 得出产业结构是城市劳动生产率速度放缓的主要因素; 鲁开元等^[18]基于空间计量模型, 研究发现中国城市化与技术创新正相关, 其中人力资本集聚和科教支出是影响城市技术创新的重要因素。

以上文献都只研究了传统意义上的城市化模式对城市技术创新的影响, 即聚焦于城市的人口规模、人力资本、产业集聚等因素对城市技术创新的影响。但随着城市化的深入发展, 城市内的高房价、交通堵

作者简介: 付平(1984-)女, 河南新郑人, 暨南大学经济学院博士研究生, 研究方向: 城市经济与区域创新; 刘德学(1961-)男, 吉林人, 暨南大学经济学院教授, 博士生导师, 研究方向: 跨国公司与技术看创新。

* 基金项目: 本研究受到国家自然科学基金(71403102)、中央高校基本科研业务费专项资金(15JNQM020)资助。

塞、环境污染等问题日益突出，给城市创新发展带来阻碍。我们不仅反思：城市化是否必然会导致“城市病”的产生？能否通过变革城市发展模式，解决以上问题，促进城市技术创新？自2008年IBM提出“智慧城市”的理念后，“智慧城市”发展模式作为解决“城市病”的灵丹妙药，受到越来越多国家和政府的追捧。学术界也展开了对其的研究，在中国知网上以“智慧城市”为主题，搜索到相关的CSSCI文献有280余篇，比较这些文献，发现现有文献多以定性分析为主，涉及其中的实证研究较少，而运用差分方法研究智慧城市技术创新效应的实证分析较欠缺。

鉴于此，本文以智慧城市为研究对象，结合中国282个地级及以上城市层面的专利数据，运用双重差分方法对智慧城市的技术创新效应展开实证分析，在此基础上，对智慧城市创新效应的异质性进行拓展分析，探究智慧城市影响城市创新的内在机理，从而打开智慧城市对城市创新影响的黑匣子。

我们以中国这样一个处在大规模智慧城市建设浪潮中的新兴市场经济体为例，考察与审视智慧城市的技术创新效应，所得出的经验证据，无疑能够为该研究领域增添基于发展中国家的新发现，同时也为中国新型城市化建设提供一定的政策建议。

本文结构安排如下：第二部分背景介绍和机制分析；第三部分为本文的模型构建、变量统计描述和相关性分析；第四部分为实证结果和异质性分析；第五部分为稳健性检验；第六部分为结论和政策启示。

二、智慧城市项目的制度背景和相关性分析

（一）智慧城市的制度背景

借助互联网、物联网和云计算等新技术的发展，IBM公司于2008年率先提出“智慧地球”的设想，后又发展为“智慧城市”理念。所谓的“智慧城市”指运用新一代信息技术，以全面感知、深度融合、智能协同的方式管理城市的运行，为城市内的企业提供优质的发展空间，为市民提供更高的生活品质，实现城市可持续发展^[19]。智慧城市的主要特征就是物联化、互联化和智能化，即将城市中的人，政务、交通、通讯、水和能源等连接和融合，形成高度集成的城市管理网络和感知化系统。

具体来讲，智慧城市通过以下三个方面影响城市的技术创新：

1. 智慧城市通过变革政府、企业、个人和组织

与城市系统的关系，重新定义了城市创新中参与主体的角色。对企业而言，通过大数据分析、爬虫等技术，挖掘、收集和整理消费者和市场的信息，掌握市场对产品的需求量和消费者的需求偏好等信息，不断地调整生产模式以满足市场需求，实现企业资本、劳动力等资源的调整，提升企业的资源配置效率；对消费者而言，通过微信、公众号、微博等方式强化用户参与，汇聚大众智慧，推动大众创新，营造开放创新的环境；对政府而言，智慧城市建设中发达的智能和信息系统，能够提高城市的社会管理和基础设施的智能化水平，进而提升政府的管理水平和城市交通系统等基础设施的运行效率，降低经济集聚条件下的拥堵成本，提高集聚的边际收益，最终提高城市的空间承载力^[24]。智慧城市通过对参与主体的创新，推动了信息共享和知识的扩散，加快了创新民主化进程和知识信息化社会的形成，推动城市技术创新能力的提升。

2. 智慧城市的建设通过加速新技术向传统行业的渗透和扩散（如物流、农业、教育等传统行业），促进传统产业进行技术创新，提高产品的质量和竞争力。具体来讲，利用新技术推动传统产业的设备进行技术改造，提高设备的生产效率；增加传统行业的产品技术含量；引进科学管理模式，提高传统行业的整体管理水平，进而提升城市的创新力。

3. 智慧城市通过加大对物联网、大数据、云计算等信息技术的研发投入，促使新一代信息技术产业和以新能源新材料、信息材料为主的新材料产业蓬勃发展。这些具有高附加值、高技术含量、低能耗的高新技术服务业将吸引更多的高端人才和技术要素集聚，产生MAR外部性。高新产业内部的激烈竞争会使人们专业化地从事各自的领域，更有效率的进行生产和技术创新^[25]，提升城市创新力。

随着科技的进步和人民认识水平的提高，世界各国的政府组织不约而同地提出“智慧城市”的发展规划。美国的迪比克市与IBM于2009年9月共同宣布，建设美国第一个“智慧城市”，基本原理是：运用IBM的新技术，将城市内部的所有资源（水、电、油、气、交通和公共服务等）连接起来，通过侦测、分析和整合各种信息，为市民提供智能服务。瑞典的“智慧城市”建设方案，主要利用IBM的RFID技术，识别出进入市中心的车辆，对其收取“道路堵塞税”，从而减少车流和交通堵塞问题，成功解决了首

都斯德哥摩交通拥堵问题。此外，英国和爱尔兰也相继提出“数字英国”计划和“智慧湾”项目。在东亚，日本于2009年7月推出“i-japan（智慧日本）战略2015”，将电子政务、医疗健康信息服务和教育三大公共事业进行智慧化管理；韩国政府则实施“U-Korea”战略，打造绿色、资讯化、无缝连接的生态型“智慧城市”；新加坡提出“智慧国2015”，实现政府、企业、个人与城市交通的高度融合。与此同时，纽约、巴塞罗纳、维也纳、斯德哥尔摩、首尔、东京等城市先后制定了具体的战略规划和实施方案，都取得了良好的效果^[20]。目前全球大概有200多个智慧城市项目正在实施（中国通信学会，2017）。

我国政府对智慧城市发展高度重视。自2010年开始，从中央到地方政府，不断地推出各项鼓励智慧城市发展的政策措施，促进中国“智慧城市”建设和发展。2012年12月，国务院印发《国家智慧城市试点暂行管理办法》和《国家智慧城市（区、镇）试点指标体系（试行）》。2014年8月29日，经国务院同意，发改委、工信部、科技部、公安部、财政部、国土部、住建部、交通部等八部委印发《关于促进智慧城市健康发展的指导意见》，要求各地区、各有关部门落实本指导意见提出的各项任务，确保智

慧城市建设健康有序推进^[21]。地方政府也相继推出适合当地城市发展的“智慧城市”战略，如“感知北京”、“生态沈阳”、“数字广东”、“智慧东营”、“智慧南京”、“健康重庆”等规划目标^[22]。

目前，我国智慧城市建设尚处于示范、试点和规划设计初期。据有关统计，迄今为止，智慧城市试点含193地区，171城市^[23]。在各地政府的积极推动下，100%副省级以上城市、89%的地级市和47%的县级市已开启了智慧城市建设的步伐。

（二）初步相关性分析

在运用DID进行基本回归之前，我们首先通过图1来描述2012年智慧城市建设前后各城市间的每万人均专利申请量的变化情况。如图1所示，在智慧城市建设之前的（2007-2011年），实验组和对照组城市人均专利申请量具有较好的一致性；在政策实施后（2013-2016年），实验组的每万人均专利申请量的增长速度明显快于对照组，表明智慧城市建设对城市创新存在显著的正效应。双重差分使用的前提条件是：实验组和对照组的被解释变量在政策实施前具有平行趋势，从而降低实证结果出现偏误的概率^[26]。图1的结果表明，实验组和对照组城市的每万人均专利申请量在政策实施前基本满足共同趋势假设。

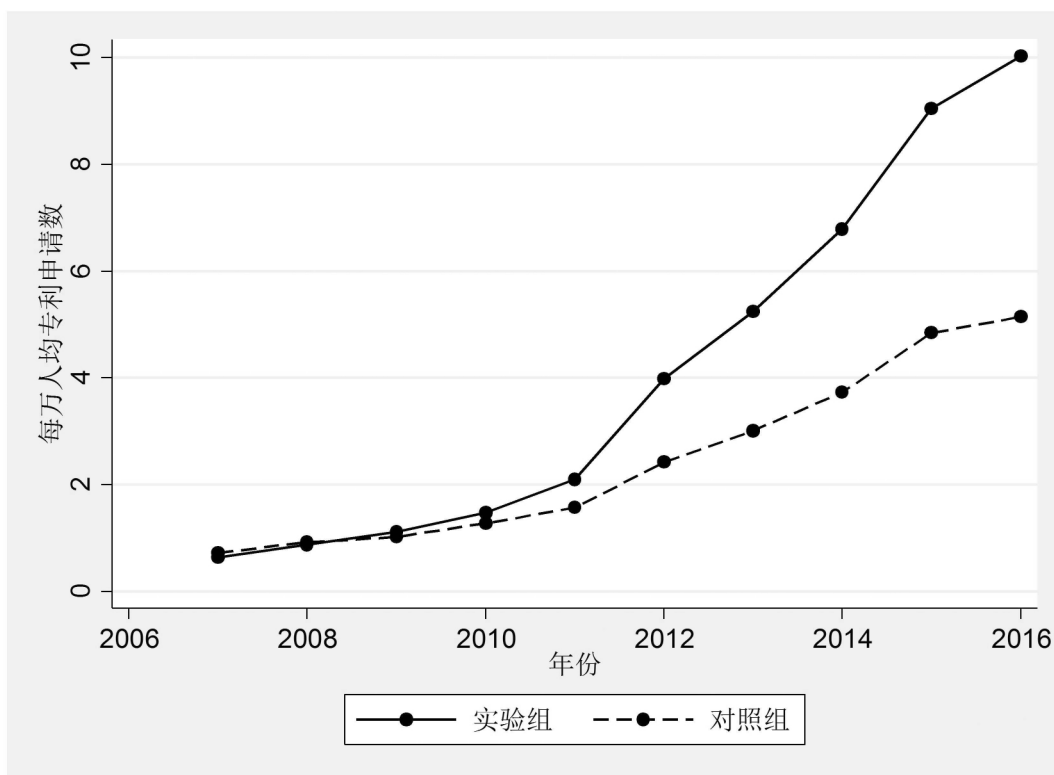


图1 相关性分析 (2007-2016)

三、模型设定与数据、变量统计描述

(一) 模型设定

如果将智慧城市建设作为一项政策试验，那么对于政策效果的评价，通常使用 DID 方法（刘瑞明和赵仁杰，2015）^[26]。我们以 2012 年作为政策实施时间点，并将设立智慧城市的地级市^①作为实验组，其他城市则作为对照组。遵循 Bertrand et al.^[27]、龙小宁和林茵馨^[28]、周茂等^[29]的设定思想，设定基准模型如下：

$$Innovation_{it} = \beta_1 + \beta_2 SMCT_i \times Post_t + \theta CV_{it} + \varepsilon_{it}$$

其中，因变量 $Innovation_{it}$ 表示第 t 年城市 i 的创新产出，用每万人均专利申请数来衡量。核心解释变量 $SMCT_i$ 用来识别 2012 年试点为智慧城市的样本，如果属于 2012 年设立的智慧城市，则将 $SMCT_i$ 赋值为 1（作为实验组），其他城市则设 $SMCT_i = 0$ 。用 $Post_t$ 标识 2012 年政策实施前后的年份， $Post_t = 0$ 代表设立智慧城市之前的年份， $Post_t = 1$ 代表设立智慧

城市之后的年份（包括 2012 年）。 CV_{it} 代表城市层面的控制变量，包括固定资产投资水平、人均 GDP、人力资本水平、对外投资水平、人口规模、产业结构和科研投入水平。 ε_{it} 为随机误差项。本文关心的是估计系数 β_2 ，它表示设立智慧城市对于城市创新产出的平均效应，如果 β_2 显著为正，则代表智慧城市建设促进了城市创新产出的增加。

(二) 数据来源和变量统计描述

本文选择 2007 - 2016 年全国 282 个地级及以上城市作为研究样本，通过国家知识产权局出版的《中国专利数据库》手工整理了城市的专利申请数据。该数据库包含了 1995 - 2016 年申请的所有中国专利（包括发明专利、实用新型专利、外观设计专利三大类）。地级市层面的其他数据均来自 2008 - 2017 年《中国城市统计年鉴》和各省城市统计年鉴，智慧城市试点名单通过百度搜索引擎进行搜索整理获得。表 1 为主要变量的详细计算方法：

表 1 主要变量及其计算方法

变量名称	变量含义	计算方法
Perpatent	每万人均专利申请量	城市专利申请量/总人口
SMCT	智慧城市	虚拟变量 (0, 1)
Pfai	人均固定资产投资水平	当年固定资产投资额/总人口
PGDP	人均 GDP	地区实际人均 GDP 取对数
Hum	人力资本水平	普通高校在校人数/总人口
Invest	对外投资水平	对外投资额/GDP
Inpop	人口规模	年末户籍总人口的对数
Structure	产业结构	第二产业占比/第三产业占比
Rdratio	科研投入水平	科研经费支出/GDP

1. 创新产出。为了度量城市的创新产出，我们参照已有的文献，以专利申请作为衡量城市的创新产出，主要因为：一是我们是外贸出口大国，新产品很难被明确定义和衡量^[30]，采用专利数据作为技术创新的度量更为科学^[31]；二是与专利授权量相比，专利申请量更能真实反映创新水平，专利授权需要缴纳年费，数据存在不稳定和更新不及时等问题^[32]。

2. 核心解释变量。 $SMCT_i \times Post_t$ 为智慧城市虚拟变量与年份虚拟变量的交互项。

3. 控制变量。根据已有文献，我们加入了可能影响城市创新产出的变量。城市的经济基础（PG-

DP）是发展的基础，亦是创新的基础；人力资本水平是创新的核心要素，地区人力资本的受教育程度（Hum）和人口规模大小（Inpop）将直接影响该地区的创新水平；产业结构（Structure）越趋向于服务业发展，对创新的产出越有利；政府的科研经费支出（Rdratio）、人均固定资产支出（Pfai）和基础设施情况（Invest）亦对创新有影响，故本文将这些因素列为控制变量。表 2 对主要变量的统计性描述做了报告。从表 2 可知，衡量创新的每万人均专利申请量的均值为 7.996，标准差为 20.27，说明城市间的每万人均专利申请量差异较大，城市间的创新能力层次不齐。

① 考虑到以地级及以上城市做为研究对象，我们将删除智慧城市中的县级市和只包括地级市的某个区的样本。

表2 主要变量的统计性描述

变量	样本量	均值	标准差	最小值	最大值
每万人均专利申请量	2754	8.984	22.39	0	334.06
智慧城市	2754	0.112	0.315	0	1
固定资产投资水平	2746	2.848	2.315	0.096	21.94
人均GDP	2754	10.36	0.759	8.126	13.11
人力资本水平	2705	0.017	0.023	0	0.131
对外投资水平	2623	0.019	0.018	0	0.132
人口规模	2754	5.875	0.690	2.898	8.129
产业结构	2754	0.002	0.002	0	0.063
科研投入水平	2750	1.469	0.758	0.240	10.60

四、实证结果与异质性分析

(一) 基本回归结果分析

基本回归结果报告在表3。表3第(1) - (2)列为没有加入控制变量的回归结果，其中第(1)列同时没有控制时间效应和固定效应，结果显示，智慧城市建立后，显著地增加城市每万人均专利申请数增加13.1。第(2)列为加入时间和城市固定效应的回归结果，政策效应依旧显著，并且拟合优度较高。在第(3)列继续加入固定资产投资水平、人均GDP、人力资本水平、对外投资水平、人口规模、产业结构

和科研投入水平等控制变量，但是未对时间和城市效应进行控制，估计系数并未发生显著变化，政策效应依旧显著。第(4)列为同时控制时间、城市固定效应，和控制变量后， $SMCT_{ix}Post_t$ 的系数仍在1%的显著性水平上通过检验。上述结果表明无论是否控制时间和城市效应，也无论是否加入控制变量，回归结果都表明“智慧城市”政策显著地促进了城市每万人均专利申请量的增加，政策系数均在1%水平上显著为正值。

表3 基本回归结果

变量	(1)	(2)	(3)	(4)
$SMCT_{ix}Post_t$	13.119***	14.694***	4.464***	3.121***
	(2.303)	(1.240)	(1.130)	(1.089)
控制变量	否	否	有	有
城市效应	否	有	有	有
时间效应	否	有	否	有
<i>N</i>	2754	2754	2574	2574
R^2	0.019	0.054	0.389	0.453

注：*、**、***分别表示在10%、5%、1%的水平上显著，括号内为以城市为聚类稳健标准误。下同。

(二) 异质性分析

在基本的回归分析中，我们得出智慧城市建设能够推动城市的创新，但是不同城市的初始禀赋不同和国家对其政策倾斜不同，导致各个城市的发展呈现出不平衡的特点。那么对于发展程度不同的城市，智慧城的建设是否存在创新效应异质性？对于该问题的解

析将进一步深化我们对智慧城的政策认识，探析智慧城市技术创新效应的发生机制。我们将分别从不同的城市的等级、不同的人力资本水平和不同的区域三个方面入手，考察智慧城市政策的异质性影响，回归结果见表4和表5。

1. 城市等级异质性。在中国的经济背景下，城

市的各类条件与城市的等级紧密相关，城市的等级越高，基础设施越完善，越有可能获得政府的政策倾斜，成为智慧城市建设名单之列，那么智慧城市是否对不同等级城市存在创新异质性？我们参照刘瑞明等^[27]和周茂等^[29]的做法，将省会城市、副省会城市和较大的市^①作为高等级城市，其他城市则作为低等级城市。表4第(1)和(2)列的结果表明，智慧城市建设对于低等级城市的创新效应的促进作用更大，满足“边际效率递减”规律^[27]，即智慧城市建设对于城市创新的推动作用随着城市等级的下降反而上升，这意味着，低等级城市可以通过投入智慧城市项目的建设来提高其创新产出，促进城市的快速发展。

2. 城市人力资本异质性。如上所述，智慧城市建设需要将感应器和装备嵌入到城市的各个角落，让城市中的各个功能彼此协调运作，通过互联形成“物联网”，提供智慧的基础设施，鼓励政府、企业和个人在智慧基础设施的基础上进行科技创新，为城市提供发

展的动力。智慧城市的建设需要系统里的参与者高度协调，从而达到城市运行的最佳状态^[19]。鉴于此，我们认为城市中的人力资本投入对智慧城市的建设很重要，而不同城市的人力资本水平存在差异，对其异质性做分组分析，将有利于我们深入理解智慧城市建设创新效应的异质性，为政策设计提供指导。

具体来讲，参考石大千等^[33]年的做法，城市的人力资本水平我们用每万名在校大学生人数来衡量，并将其分为高低两组。表4第(3) - (4)列的结果表明，智慧城市建设对于高人力资本的城市具有显著的促进作用，而对低人力资本城市却具有阻碍作用，可能的原因是：智慧城市建设主要利用新一代的IT技术，提供数据支撑，而这些数据的处理需要高端的人才，而低端的人才因受限于文化教育水平，要想短期内掌握这些信息处理技能，较困难。故智慧城市建设在高人力资本水平的城市中更容易开展和运行，对城市的创新激励效果也更显著。

表4 智慧城的创新效应：区分城市发展程度

变量	城市等级		人力资本水平	
	高(1)	低(2)	高(3)	低(4)
<i>SMCTixPostt</i>	1.356 (3.498)	5.242*** (1.056)	3.047** (1.385)	-1.213 (0.533)
控制变量	是	是	是	是
城市效应	是	是	是	是
时间效应	是	是	是	是
<i>N</i>	460	2114	1784	790
<i>R</i> ²	0.481	0.417	0.483	0.449

3. 区域异质性。吴非等^[35]认为，专利创新产出存在区域异质性，即东部地级最强，中西部依次降低。那么智慧城市建设创新效应是否也存在区域异质性？我们根据各省份地理位置和经济发展水平，将其划分为东部^②、中部^③和西部^④地区，各地级市的样本依据所在省份的组别而定。表5第(1) - (3)列的回归结果表明，智慧城市的创新效应对东部地区的城市效应最显著，中部次之，对西部无影响。该结

果的合理解释是：智慧城市建设需要一定人、财、物和技术等基础设施的支撑，相对于西部地区，东部和中部的基础设施较完善、经济和科技发展水平较高，能够吸引大量高素质的人才集聚，为城市创新营造良好的环境，故智慧城市建设可以更显著的促进东中部城市的每万人均专利申请量增加，而对西部地区效果不明显。

① “较大的市”指非省会地级市一旦获得“较大的市”地位，就拥有了地方立法权。本文是狭义的概念，包括：唐山市、吉林市、大同市、包头市、大连市、鞍山市、抚顺市、齐齐哈尔市、无锡市、淮南市、青岛市、洛阳市、宁波市、邯郸市、本溪市、淄博市、苏州市、徐州市。

② 东部地区主要包括北京、天津、河北、辽宁、上海、江苏、浙江、福建、山东、广东、广西和海南共12个省份直辖市的115个地级市。

③ 中部地区主要包括吉林、黑龙江、内蒙古、山西、河南、湖北、湖南、江西和安徽共9个省份的108个地级市。

④ 西部地区主要包括陕西、青海、宁夏、新疆、四川、重庆、云南、贵州和甘肃共9个省份直辖市的59个地级市。

表 5 智慧城的创新效应：区分不同区域

变量	东部 (1)	中部 (2)	西部 (3)
$SMCTixPost_t$	4.746 ^{**}	1.922 ^{***}	-1.613
	(2.116)	(0.480)	(1.238)
控制变量	是	是	是
城市效应	是	是	是
时间效应	是	是	是
N	1131	998	445
R^2	0.503	0.599	0.491

五、稳健性检验

接下来，我们将对基本回归结果进行稳健性分析，具体包括：改变窗期、双重差分倾向得分匹配法、反事实检验、用创新的其他衡量指标、区分创新的不同类型和控制潜在遗漏变量等。

(一) 改变窗期

为了检验智慧城市政策实施之后，不同的时间窗口期对城市的创新影响，我们参照景守武和张捷^[36]的做法，仍以 2012 年为政策分界点，分别取 2012 年前后 1 年和前后 2 年为窗宽进行回归。表 6 第 (1) - (2) 列 $SMCT_{iX} Post_t$ 的系数均在 1% 水平显著为正，且系数无显著变化，表明无论选择 1 年还是 2 年的前后窗期，都没有改变智慧城市对城市创新存在显著正效应的结论。

(二) 双重差分倾向得分匹配法

考虑到用双重差分法的前提条件是实验组和对照组必须满足共同趋势假设^[37]。即如果不存在智慧城

市建设政策，实验组和对照组城市间的每万人均专利申请数的变动趋势应该不存在系统性差异。实际中这种差异无法避免，为了减低双重差分的估计偏误，依据 Heckman et al.^[38] 思想，运用 PSM - DID 来进行稳健性检验。具体来讲，我们首先用智慧城市哑变量对协变量（固定资产投资水平、人均 GDP、人力资本水平、对外投资水平、人口规模、产业结构和科研投入水平）进行回归，得出各个协变量的分数，基于此分数，对样本进行匹配，得出匹配后的样本。因为倾向得分匹配法，可以解决可观测样本选择性偏误，而对于影响智慧城市的不可观测变量的选择偏误，则需要继续使用 DID 方法，故我们在已匹配的样本中再次进行双重差分估计，回归结果报告在表 6 第 (3) 列。交互项 $SMCT_{iX} Post_t$ 的系数在 1% 水平上显著为正，表明智慧城市建设显著增加了每万人均专利申请量，且与基本回归结果无显著差异，进一步的证明了结论的稳健性。

表 6 稳健性检验 1

变量	改变窗期		PSM - DID	反事实检验	
	前后一年 (1)	前后两年 (2)	专利申请 (3)	2007 - 2009 (4)	2007 - 2011 (5)
$SMCTixPost_t$	3.147 ^{***}	4.025 ^{***}	7.274 ^{***}	0.221	0.463
	(0.970)	(1.077)	(1.841)	(0.442)	(0.965)
控制变量	是	是	是	是	是
城市效应	是	是	是	是	是
时间效应	是	是	是	是	是
N	784	1301	537	758	1277
R^2	0.202	0.239	0.504	0.208	0.212

(三) 反事实检验

为了进一步的验证基本结论，本文借鉴范子英和田彬彬^[39]；刘啟仁和黄建忠^[40]的做法，通过人为的

设置政策实施时间，进行反事实检验。反事实检验的基本原理是：通过假设不存在的事实进行检验，从而排除其他因素导致的创新差异^[41]。我们假设智慧城

市发生在 2008 年或者 2009 年，如果回归系数不显著，则可以排除其他因素的影响，证明基本结论的稳健性；反之，则表明结论是不稳健的。表 6 第 (4) - (5) 列 $SMCT_{ix}Post_t$ 的回归系数均不显著，表明城市每万人均专利申请数的增加确实由智慧城市建设带来的，而不是假想的其他政策冲击或者随机因素导致的，基本回归结果很稳健。

(四) 其他衡量创新的指标

本文选取每万人均专利授权量作为创新的衡量指标，进行安慰剂检验，主要因为：专利授权数量较专利申请数量更能折射出区域创新能力^[35]。在基准方程的基础上，我们将因变量变换为每万人均专利授权量。依旧以 2012 年作为政策分界点，对专利授权量进行双重差分检验。表 7 第 (1) 列的回归结果中， $SMCT_{ix}Post_t$ 的系数在 1% 水平上显著为正，表明变换创新的其他衡量指标，不会影响本文结论。

(五) 创新的类型

除了对城市创新进行整体分析外，我们进一步将整体专利申请细分为发明专利、外观设计专利和实用新型专利三种，在此基础上进行再次回归，以考察海

归高管对不同类型创新的影响是否一样。回归结果报告在表 7 第 (2) - (4) 列。第 (2) - (4) 列的回归系数均在 5% 水平上显著为正，表明智慧城市建设对三种专利都起到了显著的促进作用。进一步地，从回归系数的大小可以看出，智慧城市与发明专利申请之间的关联性，要明显大于其他两种专利申请之间的关联，意味着智慧城市对技术含量最高的发明专利的创新作用更为明显，促进了城市的“实质性创新”^[32]。

(六) 控制潜在遗漏变量

尽管我们已经控制了城市、时间效应和城市层面的其他指标，从而减轻了遗漏变量问题，但是仍然可能存在某些随时间、地点变化而难以观察和控制的地区层面的特征变量，导致估计结果偏误。因此，参照许和连等^[42]和周茂等^[29]的研究，在基准方程的基础上加上省 - 年固定效应。回归结果见表 7 第 (5) 列。第 (5) 列的结果表明，在控制了省 - 年固定效应后，智慧城市建设仍然显著促进了城市的每万人均专利申请量，说明遗漏变量问题并没有对基本结论造成冲击。

表 7 稳健性检验 2

变量	创新其他衡量指标	不同的专利申请类型			控制省 - 年效应
	专利授权 (1)	发明专利 (2)	实用新型 (3)	外观设计 (4)	专利申请 (5)
$SMCT_{ix}Post_t$	5.222***	1.921***	1.483***	1.110**	2.970***
	(1.090)	(0.454)	(0.477)	(0.467)	(1.073)
控制变量	是	是	是	是	是
城市效应	是	是	是	是	是
时间效应	是	是	是	是	是
省 - 年效应	否	否	否	否	是
N	2574	2574	2574	2574	2574
R^2	0.369	0.360	0.417	0.123	0.471

六、结论和政策启示

(一) 研究结论

“智慧城市”建设，作为新兴城市化发展模式，经过这些年的发展和实践，对治理“城市病”起到举足轻重的作用。本文运用政策评估中较常用的双重差分估计方法，基于 2007 - 2016 年 282 个地级及以上城市层面的面板数据，对智慧城市建设的技术创新效应进行实证研究，结果表明“智慧城市”建设能

够显著地提高我国城市创新力，具体而言，能够促进城市每万人均专利申请量增加 3.121 件。

在此基础上，我们围绕不同城市等级水平、不同人力资本水平和不同区域的城市技术创新效应的差异性进行拓展分析。不难发现，对于城市等级低、人力资本水平高和东中部城市，智慧城市建设的技术创新效应更显著。最后从改变窗期、双重差分倾向得分匹配法、反事实检验、用其他衡量城市创新的指标、区

分创新的类型和控制潜在遗漏变量等方面进行一系列稳健性检验,表明基本结论是稳健和可靠的。

(二) 政策启示

基于研究结论,我们提出以下建议:

1. 中国政府应持续推进智慧城市建设,实现智慧城市内部的经济、文化、社会、环境、公共事业部门和交通运输部门等相互融合。

2. 应做好研发平台的搭建,为创新提供良好的研发环境,并做好高素质人才的培养和引进工作,为智慧城市建设中的研发和创新提供人力资本支撑。

3. 政府要引导各个城市因地制宜,分步骤、分阶段、有层次的推进智慧城市建设,并制定完善的政策法规,从数据开发、信息技术和产业政策等方面给予政策支持。

4. 政府要扮演好“守夜人”的角色,在“智慧城市”建设上,做到既不越位也不缺位,确保“智慧城市”项目在稳定的市场环境下,获得良性发展,为中国城市创新力的提升提供动力源泉。

参考文献:

[1] Porter, M. E., Van Der Linde C. Toward a new conception of the environment competitiveness relationship [J]. The Journal of Economic Perspectives, 1995, 9 (4): 97 - 118.

[2] 李玲,陶峰. 中国制造业最优环境规制强度的选择——基于绿色全要素生产率的视角[J]. 中国工业经济 2012(5): 70 - 82.

[3] 蒋伏心,王竹君,白俊红. 环境规制对技术创新影响的双重效应——基于江苏制造业动态面板数据的实证研究[J]. 中国工业经济 2013(7): 44 - 55.

[4] 李晓钟,张小蒂. 江浙基于 FDI 提高区域技术创新能力的比较[J]. 中国工业经济 2007(12): 102 - 109.

[5] 李政,杨思莹,何彬. FDI 抑制还是提升了中国区域创新效率? ——基于省际空间面板模型的分析[J]. 经济管理 2017(4): 6 - 19.

[6] 张昕,李廉水. 制造业集聚,知识溢出与区域创新绩效——以我国医药,电子及通讯设备制造业为例的实证研究[J]. 数量经济技术经济研究 2007, 24 (8): 35 - 43.

[7] 胡凯,蔡红英,吴青. 中国的政府采购促进了技术创新吗? [J]. 财经研究 2013, 39(9): 134 - 144.

[8] 李政,杨思莹. 财政分权体制下的城市创新水平提升——基于时空异质性的分析[J]. 产业经济研究 2018(6): 50 - 61.

[9] 韩先锋,惠宁,宋文飞. 信息化能提高中国工业部门技术创新效率吗? [J]. 中国工业经济 2014 (12): 70 - 82.

[10] Jacobs, J. The Economy of Cities [M]. Vintage Books, 1969.

[11] 程开明,李金昌. 中国城市化与技术创新关联性的动态分析[J]. 科学学研究 2008, 26(3): 666 - 672.

[12] 欧阳博强,孙学涛,王振华. 城市化和产业结构对劳动生产率的影响——基于中国 285 个城市面板数据的分析[J]. 城市问题 2018(12): 28 - 36.

[13] Carlino G., Chatterjee, S., Hunt, R. Urban density and the rate of invention [J]. Journal of urban economics, 2007, 61(3): 389 - 419.

[14] Pred, A., Manufacturing in the American mercantile city: 1800 - 1840 [J]. 1965, 3(23): 307 - 338.

[15] Feldman, M. P., Audretsch, D. B., Innovation in cities: Science - based diversity, Specialization and localized competition [J]. European Economic Review, 1999, 43(2): 409 - 429.

[16] 于斌斌. 产业结构调整与生产率提升的经济增长效应——基于中国城市动态空间面板模型的分析[J]. 中国工业经济 2015(12): 83 - 98.

[17] 张萃. 什么使城市更有利于创业? [J]. 经济研究 2018(4): 151 - 166.

[18] 鲁元平,王品超,朱晓盼. 城市化、空间溢出与技术创新——基于中国 264 个地级市的经验证据[J]. 财经科学, 2017(11): 78 - 89.

[19] 秦洪花,李汉清,赵霞. “智慧城市”的国内外发展现状[J]. 信息化建设, 2010(9): 50 - 52.

[20] 王广斌,崔庆宏. 智慧城市建设目标绩效的实证研究[J]. 软科学 2016(7): 124 - 139.

[21] 张骥. 发展应急产业联盟共建美丽智慧城市——中关村应急管理产业联盟发展动态[J]. 中国应急救援 2015(7): 16 - 19.

[22] 李德仁,姚远,邵振峰. 智慧城市中的大数据[J]. 武汉大学学报(信息科学版). 2014(6): 631 - 639.

[23] 成思危. 广义智慧城市导论[J]. 人民出版社

社 2016(6):28-29.

[24]张卫东,丁海,石大千. 智慧城市建设对全要素生产率的影响——基于准自然实验[J]. 技术经济, 2018(3):107-114.

[25]成德宁. 城市化与经济发展[M]. 上海人民出版社 2005:226-263.

[26]刘瑞明,赵仁杰. 西部大开发:增长驱动还是政策陷阱——基于PSM-DID方法的研究[J]. 中国工业经济 2015(6):32-43.

[27] Bertrand, M., Duflo, E., Mullainathan, S. How Much Should We Trust Differences-in-Differences Estimates[J]. Quarterly Journal of Economics, 2004, 119(1):249-275.

[28]龙小宁,林菡馨. 专利执行保险的创新激励效应[J]. 中国工业经济 2017(12):116-135.

[29]周茂,陆毅,符大海. 贸易自由化与中国产业升级:事实与机制[J]. 世界经济 2016(10):78-102.

[30]刘鹏,张运峰. 产业集聚、FDI与城市创新能力——基于我国264个地级市数据的空间杜宾模型[J]. 华东经济管理 2017(5):56-65.

[31]Tong, T. W., He, W., He, Z., L., Lu, J. Patent Regime Shift and Firm Innovation: Evidence from the Second Amendment to China's Patent Law[J]. Academy of Management Proceedings, 2014(1), 14174.

[32]黎文靖,郑曼妮. 实质性创新还是策略性创新?——宏观产业政策对微观企业创新的影响[J]. 经济研究 2016(4):60-73.

[33]石大千,丁海,卫平,刘建江. 智慧城市建设能否降低环境污染[J]. 中国工业经济 2018(6):117

-135.

[34] Acemoglu, D., Akcigit, U., William, K. Networks and the Macroeconomy: An Empirical Exploration[J]. NBER Macroeconomics Annual, 2016, 30(1):273-335.

[35]吴非,杜金岷,李华民. 财政科研投入、地方政府行为与区域创新异质性[J]. 财政研究, 2017(11):60-74.

[36]景守武,张捷. 新安江流域横向生态补偿降低水污染强度了吗? [J] 2018 28(10):152-159.

[37]陈强. 高级计量经济学及Stata应用(第二版)[M]. 高等教育出版社 2014:540-541.

[38] Heckman, J. J., Ichimura, H., Todd, P. Matching as an econometric evaluation estimator[J]. The Review of Economic Studies, 1998, 65(2) 1: 261-294.

[39]范子英,田彬彬. 税收竞争、税收执法与企业避税[J]. 经济研究 2013(9):99-111.

[40]刘啟仁,黄建忠. 人民币汇率、依市场定价与资源配置效率[J]. 经济研究 2016(12):18-31.

[41]刘金山,徐明. 对口支援政策有效吗?——来自19省市对口援疆自然实验的证据[J]. 世界经济文汇 2017(4):43-61.

[42]许和连,王海成. 简政放权改革会改善企业出口绩效吗?——基于出口退(免)税审批权下放的准自然试验[J]. 经济研究 2018(3):157-170.

(编辑校对:崔文林)

Research on the Effect of Technological Innovation in Smart Cities:

An Empirical Analysis Based on the Panel Data of 282 Prefecture-level Cities in China

Fu Ping, Liu Dexue

Abstract: Based on the patent data of 282 prefecture-level cities in China, this paper analyzes the technological innovation effect in smart cities by using the differences-in-differences (DID) method. The result shows that smart cities can promote the city's innovation output, especially in the innovation of the most technologically advanced invention patents; the cities with high level of human capital, low urban administrative levels and central and eastern regions can significantly enhance the technological innovation effect in smart cities. Finally, the paper puts forward corresponding policy recommendations on the research conclusions.

Key words: smart city; innovative effect; differences-in-differences (DID); urbanization