

中国城市群运行效率与区域创新绩效及其溢出效应研究

黄哲豪 章裕博¹

摘要

在新时代城市区域规划背景下，本文基于资源依赖理论，选取 2018—2022 年中国十九大城市群的面板数据，研究城市群运行效率对区域创新绩效的影响机制。首先，本文构建计量模型检验城市群经济发展、城市建设、交通运输对区域创新绩效的直接作用，并分析区域位置和 FDI 的调节效应；其次，本文运用空间杜宾模型检验空间溢出效应。研究发现，城市群运行效率显著促进区域创新绩效，区域位置和 FDI 具有正向调节作用；城市群 GDP 和 R&D 投入对邻近地区创新成果具有正向空间溢出效应，而市政建设投资存在负向溢出。基于以上分析，本文提出了相应的政策建议。

关键词：城市群运行效率 区域位置 FDI 区域创新绩效 空间溢出效应

1 引言

城市群是由多个城市所构成的庞大城市化区域，是城市发展到成熟阶段的空间组织形式，也是当前城镇化发展的主体形态。国家之所以规划实施城市群发展战略，主要是因为城市群在教育资源、医疗资源、人力资源的集中化和产业集中化规模化方面具有强大优势，便于优化布局，形成梯度发展。

诸多学者对区域创新绩效的影响因素进行了研究。冀梦暄（2019）研究了不同主体政府研发经费配置对区域创新绩效的影响。范斐等（2019）研究了在不同经济发展水平下区域协同创新对创新绩效的影响机制。代兰（2021）基于 2007—2016 年间中国西部高新技术产业的发展情况检验了专业化产业集聚和多样化产业集聚模式对区域创新绩效水平的影响。总的来看，影响区域创新绩效的因素可以分为内部因素和外部因素。企业或政府对知识和技术的研发投入和经费配置是内部因素的主要来源，不仅能够激励区域创新活动的进行、丰富区域创新成果，同时能够提升区域对外部知识和技术的学习和吸收能力，从而提高区域运行效率。外商直接投资等外部因素则是区域外部知识和技术的重要来源，为城市带来丰裕的资金支持和外部的知识技术，同时也激发当地高新技术企业的研发热情，促进区域创新能力的提高。

学界目前对中国城市群运行效率研究仍然较少。杨兰桥等（2021）使用 DEA 方法、Malmquist 指数和 TOPSIS 法构建城市群运行效率的评价体系。徐凤等（2018）运用熵权与模糊综合评价模型构建了城市交通运行效率的评价体系。可见，目前学者们对中国城市群运行效率的研究，主要停留在构建评价体系以及单一维度运行效率的测量，缺乏对中国城市群运行效率与区域创新绩效之间关系的研究。

根据资源依赖理论，一个组织体的生存不仅依赖自身发展，同时也需要从周围环境中吸取资源。城市群的运行效率同样对其所在区域位置有所依赖，优越的地理位置直接影响该城

¹ 黄哲豪，澳门城市大学国际旅游与酒店管理专业；章裕博（通讯作者），澳门科技大学金融学专业。

市群内高新技术企业对技术、知识等资源的获取和吸收，也为城市群的发展和创新提供了条件（吕拉昌等，2016）。因此，区域位置会影响城市群运行效率对区域创新绩效的效果。外商对城市的直接投资为城市注入了活力，能够激发当地高新技术企业的研发热情，促进了区域创新活动的开展（柳卸林等，2020），因此考虑 FDI 在城市群运行效率与区域创新绩效关系中的调节作用是有必要的。因此，本文将城市群运行效率的空间分布考虑在内，研究城市群运行效率对区域创新绩效的空间溢出效应。

2 理论基础与研究假设

城市群的经济发展、城市建设以及交通运输需要科技创新的支持，需要持续不断的研发活动和技术成果转化，而专利授权数量是衡量区域创新绩效的重要指标。城市群经济蓬勃发展、交通运输通畅，其所属区域的创新活动越多，专利拥有量也随之增加，进而促进整个区域创新水平的提升。同时，优越的地理位置便于城市群从周围环境中吸取资源，弥补自身创新资源的不足。与其他城市群相比，京津冀、珠三角和长三角城市群拥有强大的经济实力、丰厚的优惠政策以及充足的劳动力，这些因素均对区域创新活动的进行、科技成果的研发和转化提供了帮助。此外，外商直接投资能够扩大我国外贸规模，增加国内投资，提高就业水平，不仅为城市群带来充裕资金，也是国外知识和技术的重要来源，周边区域的知识和技术溢出效应也会对当地创新绩效产生影响。基于以上分析，本文提出如下研究假设：

H1：中国城市群运行效率越高，区域创新绩效越好。

H2：区域位置对城市群运行效率与区域创新绩效之间的关系有正向调节作用。

H3：FDI 对城市群运行效率与区域创新绩效之间的关系有正向调节作用。

H4：城市群运行效率对区域创新绩效具有空间溢出效应。

3 研究设计

3.1 样本选择、数据来源与变量选取

本文根据《国家新型城镇化规划（2014—2020 年）》以及“十三五”规划的内容，选取中国十九大城市群 213 个城市进行研究，采用 2018-2022 年共 5 年的面板数据。相关统计指标数据来自《中国城市统计年鉴》、《中国统计年鉴》以及《中国科技统计年鉴》。为提升模型的收敛速度和精度，所有数据均通过无量纲化处理。

本文的因变量是区域创新绩效（INN），采用各城市群专利授权数量来衡量。参考 Bettencourt（2007），本文选用专利授权数量作为衡量区域创新绩效的指标，一方面，专利具有垄断性、时间性和地域性的特点，能充分体现一个区域所拥有的发明和技术信息；另一方面，专利授权数量不属于经济指标，在一定程度上能够有效避免寻租行为。自变量上，为评价城市群运行效率，本文从经济发展、城市建设以及交通运输三个维度选取城市群地区生产总值、市政公用设施建设投资、旅客运输量等五个指标。主成分分析法结果显示，前三个主成分的方差贡献率分别为 85.23%，10.72%，3.23%，总方差贡献率为 99.18%，具有充分的代

表性。因此，本文最终选取经济发展水平、市政公用设施建设和旅客运输量三个指标，分别用城市群包含城市每年的地区生产总值、市政公用设施建设和投资额和客运量加总来测量。

参考王海花等（2020）、Driffield（2007），本文选取区域位置和外商直接投资作为城市群运行效率与区域创新绩效之间关系的调节变量。区域位置采用虚拟变量形式，在京津冀或珠江三角洲或长江三角洲城市群的样本取值为 1，其余样本取值为 0。地区 FDI 采用各城市群包含城市每年的外商直接投资额来测量。此外，本文还选取了区域 R&D 人员数量和区域 R&D 经费支出作为控制变量，采用各城市群每年的 R&D 人员数量和 R&D 内部经费支出来衡量。相关控制变量在对应结果表格注释中说明。

3.2 计量模型

根据研究假设，本文构建中国城市群运行效率和区域创新绩效关系的计量模型。为全面检验城市群运行效率各维度对区域创新绩效的影响，本文先将 GDP、PFI、PV 分别单独纳入模型进行回归分析，再将三个变量同时纳入模型进行回归分析，模型如下：

$$INN_{i,t} = \beta_0 + \beta_1 GDP_{i,t} + \beta_2 PFI_{i,t} + \beta_3 PV_{i,t} + \beta_4 \sum_i^k CONTROL_{i,t} + \varepsilon \quad (1)$$

其中 i 表示城市群， t 表示年份， $INN_{i,t}$ 为区域创新绩效； $GDP_{i,t}$ 为地区生产总值； $PFI_{i,t}$ 表示市政公用设施建设和投资； $PV_{i,t}$ 表示旅客运输量； $CONTROL_{i,t}$ 表示控制变量，包括区域 R&D 人员数量和区域 R&D 经费支出； ε 为随机扰动项。在调节效应上，本文将区域位置（R）、外商直接投资（FDI）作为调节变量，分别与地区生产总值、市政公用设施建设和旅客运输量构建交互项，在控制 R&D 人员数量和 R&D 经费支出的基础上，检验调节变量对城市群运行效率与区域创新绩效关系的调节作用。

为探究城市群运行效率对区域创新绩效的空间溢出效应，参考赵滨元（2021），本文采用空间杜宾模型。该模型是空间滞后模型和空间误差模型的一般形式，考虑了自变量空间滞后项与因变量之间的相关性。本文采用极大似然估计法，避免引入空间权重变量而引起的内生性问题。公式如下：

$$INN_{i,t} = \beta_0 + \rho WINN_{i,t} + X\beta + \theta WX + \varepsilon \quad (2)$$

其中 X 表示地区生产总值、市政公用设施建设和投资等自变量； ρ 表示空间自相关系数； W 表示空间邻接矩阵，两个城市群相邻取 1，否则取 0； $WINN_{i,t}$ 和 WX 表示区域创新绩效和自变量的空间滞后项。

4 实证结果与分析

4.1 描述性统计和相关性分析

为更直观反映城市群之间的差异，本文对各城市群未归一化的变量数值进行描述性统计和相关性分析。表 1 显示，各城市群之间经济发展、城市建设以及交通运输的效率都不均衡，整体的城市群运行效率有待进一步提升。其中专利授权量的最小值仅为 2718 个，最大值则达到 65.8 万个，表明各城市群之间区域创新成果分布也不均衡，区域创新能力差异明显。

表 1 变量描述性统计分析

变量	含义 (单位)	样本数	均值	标准差	最小值	最大值
GDP	地区生产总值 (万亿元)	95	3.60	3.69	0.22	17.90
PFI	市政公用设施建设投资 (万亿元)	95	0.06	0.07	0.0003	0.29
PV	旅客运输量 (千万人次)	95	82.9	78.7	3.1	339.1
INN	区域创新绩效 (个)	95	92,951	139,559	2,718	657,607
R&D 人员	区域研发创新人员 (千万)	95	287.2	355.7	14.9	1 594.5
R&D 经费	区域研发创新经费 (万亿元)	95	0.09	0.14	0.001	0.69
FDI	地区外商直接投资 (万亿元)	95	0.01	0.02	0.0001	0.07

表 2 展示了相关性分析结果：各城市群 GDP、PFI 和 PV 均与区域创新绩效显著正相关；区域位置和 FDI 与主要变量均存在一定的相关关系，变量之间的因果关系和作用机制仍需通过假设检验等方式做进一步验证。

表 2 变量相关性分析

变量	1	2	3	4	5	6	7	8
1 GDP	1							
2 PFI	0.875***	1						
3 PV	0.651***	0.525***	1					
4 INN	0.594***	0.621***	0.557***	1				
5 R&D 人员	0.253***	0.248***	0.199***	0.297***	1			
6 R&D 经费	0.294***	0.326***	0.296***	0.631***	0.109*	1		
7 FDI	0.623***	0.656***	0.595***	0.855***	0.230***	0.865***	1	
8 R	0.638***	0.645***	0.597***	0.828***	0.371***	0.882***	0.620***	1

注：表中数值为 Pearson 相关系数。***、**、*分别表示在 1%、5%、10%的显著性水平下显著。

4.2 基准回归结果

基于本文构建的计量模型，利用面板回归考察城市群运行效率对区域创新绩效的影响。表 3 展示了四个模型的回归结果，结果显示，GDP、PFI 和 PV 对区域创新绩效的影响系数均为正且在 1%水平上显著，表明城市群运行效率的三个维度均对区域创新具有显著促进作用。模型 4 的全模型结果与模型 1-3 近似相同，验证了假设 H1，即城市群运行效率对区域创新绩效具有显著促进作用。

表 3 城市群运行效率与区域创新绩效的基准回归结果

变量	模型 1 INN	模型 2 INN	模型 3 INN	模型 4 INN
GDP	0.72*** (10.32)			0.63*** (5.63)
PFI		0.20*** (5.87)		0.06* (1.67)
PV			0.10*** (2.77)	-0.03 (-1.03)
Hausman test	0.55	0.42	15.12	0.98
控制变量	是	是	是	是
效应模型	随机效应	随机效应	固定效应	随机效应
N	95	95	95	95

R2	0.893	0.931	0.940	0.903
F (Wald chi2)	560.21***	545.59***	26.01***	594.28***

注：固定效应括号中为 t 值，随机效应括号中为 z 值；***、**、* 分别表示在 1%、5%、10% 的显著性水平下显著。

4.3 调节效应

为检验区域位置和外商直接投资的调节作用，本文将 GDP、PFI、PV 分别与调节变量构建交互项并纳入模型。其中区域位置的调节作用检验结果如表 4 所示。结果显示，GDP×R、PFI×R、PV×R 三个交互项对区域创新绩效均在 1% 的显著性水平上具有显著正向影响，表明城市群所处的区域位置显著强化了城市群运行效率对区域创新绩效的正向影响，假设 H2 得到验证。

表 4 区域位置的调节效应回归结果

变量	模型 1 INN	模型 2 INN	模型 3 INN
GDP	0.52*** (8.59)		
PFI		0.14*** (3.61)	
PV			0.07*** (3.02)
R×GDP	0.50*** (7.52)		
R×PFI		0.17*** (3.33)	
R×PV			0.83*** (10.66)
Hausman 检验	0.75	1.36	54.78
控制变量	是	是	是
效应模型	随机效应	随机效应	固定效应
N	95	95	95
R2	0.921	0.910	0.866
F (Wald chi2)	906.08***	525.21***	78.00***

注：固定效应括号中为 t 值，随机效应括号中为 z 值；***、**、* 分别表示在 1%、5%、10% 的显著性水平下显著。GDP 为地区生产总值，PFI 为市政公用设施建设投资，PV 为旅客运输量，INN 为区域创新绩效，R&D 人员为区域 R&D 人员数量，R&D 经费为区域 R&D 经费支出，R 为区域位置。下表同

地区 FDI 的调节作用检验结果如表 5 所示。GDP×FDI、PV×FDI 交互项对区域创新绩效在 10% 和 1% 的水平上具有显著正向影响，而 PFI×FDI 交互项的影响不显著。结果表明，FDI 能够在一定程度上正向调节城市群运行效率与区域创新绩效之间的关系，假设 H3 得到验证。说明外商直接投资通过引入资金和技术，增强了城市群经济发展和交通运输对创新绩效的促进作用。

表 5 FDI 的调节效应回归结果

变量	模型 1 INN	模型 2 INN	模型 3 INN
GDP	0.65*** (8.37)		
PFI		0.18***	

		(4.05)	
PV			-0.06 (-1.17)
FDI×GDP	0.17* (1.75)		
FDI×PFI		0.06 (0.79)	
FDI×PV			0.62*** (4.09)
Hausman 检验	0.49	0.45	32.72
控制变量	是	是	是
效应模型	随机效应	随机效应	固定效应
N	95	95	95
R ²	0.891	0.928	0.892
F (Wald chi ²)	574.82***	523.99***	27.91***

注：固定效应括号中为 t 值，随机效应括号中为 z 值；***、**、* 分别表示在 1%、5%、10% 的显著性水平下显著，FDI 为外商直接投资。其余变量同表 4。

4.4 空间计量模型

本文使用空间计量模型来检验 GDP、PFI 和 PV 等变量对区域创新绩效影响的空间溢出效应。首先，本文利用 Moran I 指数检验变量的空间自相关性，结果如表 6 所示。2018—2022 年间各城市群 GDP 和 PV 的 Moran I 指数均大于 0，在 (0.19, 0.31) 之间波动且在 5% 的水平上显著，表明城市群地区生产总值和旅客运输量在区域之间存在明显的空间相关性。其次，本文通过 Hausman 检验来确定模型是否需要控制固定效应。其中 Wald 检验通过 1% 的显著性检验，LR 检验通过 5% 的显著性检验，拒绝原假设，说明应采用空间杜宾模型检验，不可简化为空间滞后模型和空间误差模型。

表 6 变量的 Moran I 指数

变量	GDP	PV	PFI
2018 年	0.30***	0.29**	0.06
2019 年	0.30***	0.25**	-0.01
2020 年	0.30***	0.20**	0.07
2021 年	0.31***	0.19**	0.18*
2022 年	0.31***	0.23**	0.24**

注：***、**、* 分别表示在 1%、5%、10% 的显著性水平下显著。GDP 为地区生产总值、PV 为旅客运输量、PFI 为市政公用设施建设投资。Moran I 指数大于 0 表示存在正的空间自相关。

本文利用偏微分方法将空间杜宾模型进一步分解，其中直接效应表示各城市群的解释变量对本城市群区域创新绩效的影响；间接效应表示各城市群的解释变量对其他城市群的影响；总效应为二者之和。空间溢出效应的结果如表 7 所示。结果表明，GDP 的直接效应和总效应显著为正，表明地区生产总值对邻近地区的区域创新成果具有空间外溢作用。PFI 对区域创新绩效的间接效应显著为负，说明城市群对自身城市建设的投资会对邻近城市群的区域创新成果产生不利影响，城市群间城市建设协同性较弱，同时表明了资源一定的情况下，对自身的投资可能会在一定程度上超过邻城市群的投入，产生相对不利的影响。R&D 人员和 R&D 经费对区域创新绩效的直接效应和总效应显著为正，表明各城市群的研发人员和经费的投入对本区域创新活动具有显著的空间溢出效应。

表 7 空间杜宾效应分解

变量	直接效应	间接效应	总效应
GDP	0.89***	0.094	0.93***
PFI	0.02	-0.15***	-0.12**
PV	-0.02	0.06	0.03
R&D 人员	0.27***	-0.01	0.28**
R&D 经费	0.11**	0.01	0.12**

注：***、**、*分别表示在 1%、5%、10%的显著性水平下显著。GDP 为地区生产总值、PV 为旅客运输量、PFI 为市政公用设施建设投资，R&D 人员为区域 R&D 人员数量，R&D 经费为区域 R&D 经费支出。

5 结论与启示

本文基于资源依赖理论，选取中国 19 大城市群 2018-2022 年的平衡面板数据，对城市群运行效率对区域创新绩效的影响进行研究。研究发现：城市群运行效率对区域创新绩效具有显著促进作用，经济发展、市政建设和交通运输效率越高，区域创新能力越强。京津冀、长三角和珠三角城市群的促进作用更显著，外商直接投资越多，促进效果越强。城市群 GDP 和 R&D 投入对邻近地区创新成果具有显著正向空间溢出效应，而市政建设投资对邻近城市群创新成果产生负向影响，反映出城市群间建设协同性较弱和资源竞争效应。根据以上结论，本文提出如下政策建议：第一，政府应根据自身优势提升经济发展水平，加强基础设施建设，推进运输结构改革，提高交通运输效率，为吸纳高新技术人才和区域创新活动提供基础支撑。二，政府需合理配置资源，通过优惠政策引导创新资源向京津冀、长三角、珠三角城市群聚集，激发高新技术企业研发热情。三大核心城市群应把握区域位置优势，充分利用创新资源，推动创新绩效提升。三，政府应完善引资政策，改善投资环境，推动投资便利化，引导外资企业与国内企业良性竞争，将外商投资带来的先进技术转化为区域创新成果。

参考文献

- 冀梦暄。科技财政支出对省级区域创新绩效影响研究[J]. 青海社会科学, 2019(05):125-130.
- 范斐, 连欢, 王雪利, 王嵩。区域协同创新对创新绩效的影响机制研究[J]. 地理科学, 2020, 40(02):165-172.
- 代兰。高技术产业集聚对区域创新绩效的实证研究——以西部地区为例[J]. 经济研究导刊, 2021(01):26-29.
- 杨兰桥, 王元亮。中国城市群运行效率的综合评价[J]. 统计与决策, 2021, 37(01):69-72.
- 徐凤, 何玉宏, 余霞。基于熵权与模糊综合评价模型的城市交通运行效率测度——以南京市为例[J]. 数学的实践与认识, 2018, 48(23):17-23.
- 柳卸林, 杨博旭。多元化还是专业化? 产业集聚对区域创新绩效的影响机制研究[J]. 中国软科学, 2020(09):141-161.
- 吕拉昌, 黄茹, 廖倩。创新地理学研究的几个理论问题[J]. 地理科学, 2016, 36(05):653-661.
- 王海花, 杜梅, 孙芹, 李玉。高新技术企业认定与区域创新绩效——区域位置与吸收能力的调节作用[J]. 华东经济管理, 2020, 34(03):37-43.
- 赵滨元。京津冀协同创新绩效影响因素分析——基于空间杜宾模型[J]. 商业经济研究, 2021(01):162-166.
- Bettencourt L M, Lobo J, Strumsky D. Invention counts as measures of regional production of new knowledge [J]. Research Policy, 2002, 31(7) : 1069-1085
- Driffield N, James H. Love. Linking FDI Motivation and Host Economy Productivity Effects:

Conceptual and Empirical Analysis[J]. Journal of International Business Studies,2007,38(3).

Research on the Relationship between Local Innovations and their Spillover Effects and Chinese City Clustering Efficiency

Huáng Zhéháo Zhāng Yùbó

Abstract

Against the backdrop of urban regional planning in the new era, this paper examines the impact mechanism of urban agglomeration operational efficiency on regional innovation performance, drawing on resource dependence theory and panel data from China's 19 major urban agglomerations from 2018 to 2022. First, this paper constructs econometric models to examine the direct effects of urban agglomeration economic development, urban construction, and transportation on regional innovation performance, and analyzes the moderating effects of regional location and FDI. Second, this paper employs the spatial Durbin model to test spatial spillover effects. The findings show that urban agglomeration's operational efficiency significantly promotes regional innovation performance, with regional location and FDI exerting positive moderating effects. Urban agglomeration GDP and R&D investment have positive spatial spillover effects on innovation outcomes in neighboring regions, while municipal construction investment exhibits negative spillovers. Based on the above analysis, this paper proposes corresponding policy recommendations.

Keywords: Operational efficiency of urban agglomerations; Regional location; FDI; Regional innovation performance; Spatial spillover effect.