

# 粤港澳大湾区科技基础设施的空间集聚与区域发展效应

王 洋<sup>1</sup>, 张虹鸥<sup>2,3</sup>, 岳晓丽<sup>2,4</sup>

(1. 云南师范大学地理学部, 昆明 650500; 2. 广东省科学院广州地理研究所, 广东省遥感与地理信息系统应用重点实验室/广东省地理空间信息技术与应用公共实验室; 3. 粤港澳大湾区战略研究院, 广州 510070; 4. 广东工业大学建筑与城市规划学院, 广州 510090)

**摘 要:**为探究科技基础设施的空间分布特征和区域发展效应, 论文以粤港澳大湾区688个科技基础设施为研究对象, 以56个县区为基本研究单元, 采用平均最近邻距离法分析粤港澳大湾区科技基础设施的空间集聚性与空间差异格局。基于地理探测器从经济水平、居住收入、住房价格、人口学历结构4个方面分析粤港澳大湾区科技基础设施的区域发展效应。结果表明:①粤港澳大湾区科技基础设施呈现高度的空间集聚性分布, 主要集中在广州核心区、深圳南山区和香港南部地区, 在县尺度上具有显著的空间差异和空间极化现象;②粤港澳大湾区科技基础设施分布对人口学历结构、经济水平、住房价格的空间格局具有显著的正向影响, 显示出区域发展效应;③不同性质科技基础设施的区域发展效应有所差别, 基础研究类科技基础设施对人口学历结构的影响强度最高, 应用类科技基础设施对经济水平的影响最为明显。该研究可为粤港澳大湾区创新地理的学术研究提供案例补充, 也为粤港澳大湾区科技基础设施的合理布局和优化配置提供决策支撑, 具有学术意义和现实价值。

**关键词:**科技基础设施; 创新地理; 创新的区域效应; 粤港澳大湾区

当今世界, 创新能力已成为区域竞争力的核心要素<sup>[1-2]</sup>。研究表明, 创新要素在全球尺度上高度集中在旧金山湾区、纽约湾区、东京湾区等湾区地带, 呈现明显的不均衡分布<sup>[3]</sup>。这些湾区是全球创新驱动发展的典范, 也是全球创新策源地和核心增长极<sup>[4]</sup>。粤港澳大湾区是与旧金山湾区、纽约湾区、东京湾区齐名的4个全球著名湾区之一, 是连接中国与全球的重要门户区域, 也是“一带一路”的核心节点区域。《粤港澳大湾区发展规划纲要》将“创新发展”作为该规划纲要的重要“关键词”, 提出将粤港澳大湾区建设成为“具有全球影响力的国际科技

创新中心”。创新驱动发展已成为当前粤港澳大湾区的关键战略路径<sup>[4-7]</sup>, 因而有必要进一步加强对粤港澳大湾区创新地理领域的研究。

创新驱动发展离不开创新要素的支撑, 科技基础设施是创新活动的基础性关键要素之一<sup>[8-9]</sup>, 支撑着科学研究和产业创新等活动。狭义的科技基础设施可理解为大科学装置、实验室、工程研究中心等支撑科技创新活动的基础设施<sup>[8-10]</sup>。这些科技基础设施往往依托著名高校、科研院所和创新能力较强的企业运行和管理。科技基础设施的数量和质量可间接反映出区域创新机构、创新平台、创新人

收稿日期: 2022-01-20; 修订日期: 2022-06-22。

**基金项目:**国家自然科学基金重点项目(42130712); 国家自然科学基金项目(41871150, 42101182); 粤港澳大湾区战略研究院建设专项(2021GDASYL-20210401001)。[Foundation: Key Program of the National Natural Science Foundation of China, No. 42130712; National Natural Science Foundation of China, No. 41871150 and 42101182; Special Construction Project of Guangdong-Hong Kong-Macao Greater Bay Area Strategic Research Institute, No. 2021GDASYL-20210401001.]

**第一作者简介:**王洋(1984—), 男, 黑龙江黑河人, 博士, 研究员, 研究领域为城市地理、城市与区域规划。

E-mail: wyxkwy@163.com

**引用格式:**王洋, 张虹鸥, 岳晓丽. 粤港澳大湾区科技基础设施的空间集聚与区域发展效应[J]. 地理科学进展, 2022, 41(9): 1702-1715. [Wang Yang, Zhang Hong'ou, Yue Xiaoli. Spatial agglomeration and regional development effects of science and technology infrastructures in the Guangdong-Hong Kong-Macao Greater Bay Area. Progress in Geography, 2022, 41(9): 1702-1715.]  
DOI: 10.18306/dlkxjz.2022.09.012

才等创新要素的集聚水平。因此,科技基础设施是区域创新能力和创新水平的重要体现<sup>[11-16]</sup>。

当前,学术界对粤港澳大湾区创新地理的研究主要集中在创新能力、潜力或效率的区域差异<sup>[12,16-21]</sup>、创新要素的非均衡布局或空间集聚<sup>[14,22-23]</sup>、创新网络特征<sup>[24-29]</sup>、区域协同创新与跨境合作<sup>[30-33]</sup>、区域创新系统<sup>[34-35]</sup>、区域创新链<sup>[36]</sup>、创新人才分布<sup>[37-38]</sup>、创新发展战略<sup>[6,39]</sup>等方面。上述成果对科学理解粤港澳大湾区创新地理的相关问题提供了重要参考和支撑,但对粤港澳大湾区科技基础设施的研究仍然寥寥。分析粤港澳大湾区科技基础设施的分布特征是理解其创新要素分布的重要切入点,因此有必要对该领域开展研究。

区域创新要素往往对区域经济社会发展产生重要影响,这是创新的区域效应。研究表明,创新和经济增长密切相关<sup>[40]</sup>,是经济增长的核心动力之一<sup>[41]</sup>。已有一些学者研究了粤港澳大湾区创新的区域效应。Yang等<sup>[42]</sup>认为技术创新是粤港澳大湾区制造业转型升级的重要动力源之一;曹靖等<sup>[43]</sup>研究表明,2000—2017年,创新投入强度的提升促进了粤港澳大湾区绿色经济效率的上升。粤港澳大湾区的区域特征对其创新也有不可忽视的影响。例如,周四清等<sup>[44]</sup>通过研究证实,制造业集聚显著正向影响区域科技创新水平。上述研究主要从经济增长或制造业的角度研究粤港澳大湾区科技创新的区域效应。但仍需进一步拓展粤港澳大湾区科技创新区域效应的研究维度,例如科技创新要素对居民收入、住房价格、人口学历结构等社会民生领域的影响。此外,专门探讨科技基础设施的区域发展效应成果仍显不足。

鉴于此,本文以粤港澳大湾区688个科技基础设施为研究对象,以56个县区为基本研究单元,分析2020年粤港澳大湾区科技基础设施的空间集聚分布特征和空间差异格局。在此基础上,从经济水平、居住收入、住房价格、人口学历结构4个视角分析粤港澳大湾区科技基础设施布局的区域发展效应,并探索子类型差异。在研究对象方面,本文聚焦于科技基础设施这一重要创新要素,是对创新要素空间分布领域研究的补充。在研究视角方面,本文专门分析了科技基础设施的区域发展效应,并且将该效应从常见的经济与产业领域拓展到社会发展领域,具有一定的进展。研究可为粤港澳大湾区创新地理的学术研究提供案例补充,也为粤港澳大

湾区科技基础设施的合理布局和优化配置提供决策支撑,具有学术意义和现实价值。

## 1 数据与方法

### 1.1 研究区域

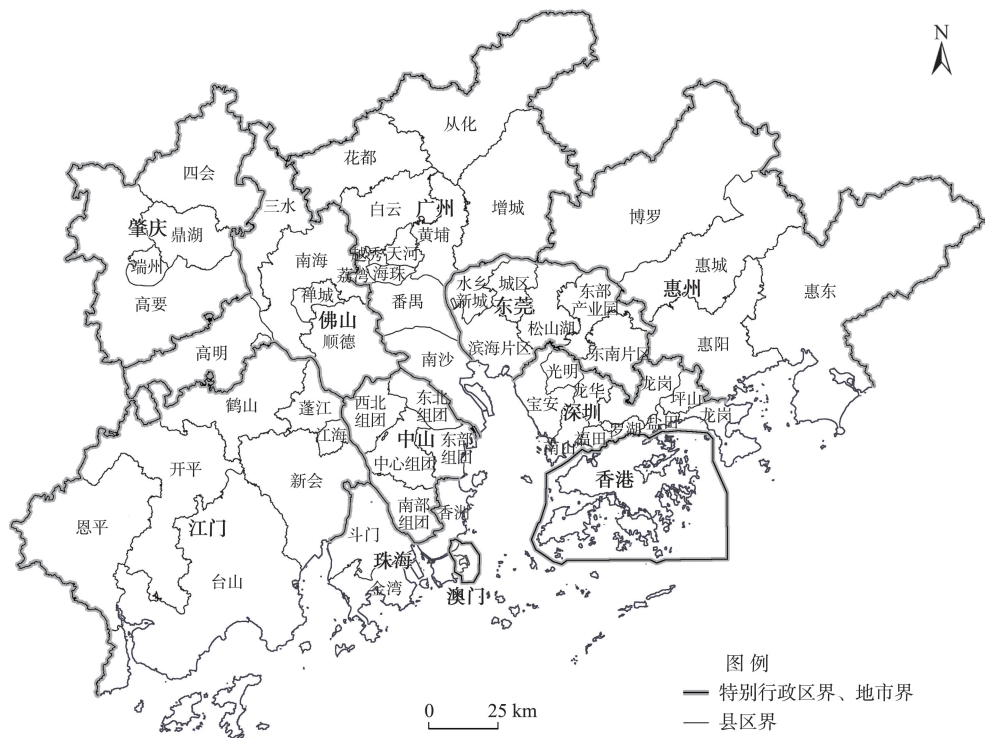
根据《粤港澳大湾区发展规划纲要》,粤港澳大湾区由广州市、深圳市、珠海市、佛山市、东莞市、中山市、惠州市、江门市、肇庆市、香港特别行政区(简称香港)、澳门特别行政区(简称澳门)共同构成。由于粤港澳大湾区5个外围山区县(龙门、德庆、封开、怀集、广宁)的创新基础设施分布较少,且发展水平与珠三角核心区域差距较大,因此本文研究范围不包括上述5个山区县(图1)。

在研究科技基础设施的空间分布与集聚时,以其点数据为基本研究对象,共688个。国务院2013年发布的《国家重大科技基础设施建设中长期规划(2012—2030年)》中指出,重大科技基础设施是为探索未知世界、发现自然规律、实现技术变革提供极限研究手段的大型复杂科学研究系统。根据该定义,本文的科技基础设施研究范畴主要包括大科学装置、重要的实验室、重要的工程/技术研究中心、重要的科技创新平台(表1)。在研究科技基础设施的区域发展效应时,参考王洋等<sup>[45]</sup>的研究单元划分思路,划分为56个基本研究单元。其中,香港、澳门各自为一个研究单元;对于东莞市,参考该市2017年园区统筹片区联动协调发展工作推进会的战略部署,将其划分的6个片区作为基本研究单元;对于中山市,参考《中山市域组团发展规划(2017—2035年)》,将其划分的5个组团作为基本研究单元,其他区域以县、县级市、区为基本研究单元。

### 1.2 数据来源

珠三角9市的科技基础设施数据主要来源于广东省科学技术厅,并根据国家发展和改革委员会网站和其他相关网站进行补充;香港的科技基础设施数据主要来源于中华人民共和国香港特别行政区政府创新科技署、香港6所主要大学的官网;澳门的科技基础设施数据主要来源于澳门主要大学的官网和百度地图。上述数据的统计时间为2020年,科技基础设施的地理位置参考高德地图或百度地图绘制。

珠三角9市各县区的人均GDP、城镇居民人均可支配收入为2020年数据,来源于2021广东统计



注:本图基于自然资源部标准地图服务网站下载的审图号为GS(2019)4342号的标准地图绘制,底图无修改。下同。

图1 研究区域与研究单元划分

Fig.1 The study area and division of study units

表1 本文研究的科技创新基础设施类别

Tab.1 Categories of scientific and technological innovation infrastructure in this study

类型	具体类别名称
大科学装置	大科学装置
重要的实验室	国家重点实验室(含香港、澳门,下同)、国家工程实验室、广东省实验室、广东省重点实验室、广东省公共实验室、中国科学院与香港地区联合实验室、香港实验所认可计划的部分实验所(仅包含“实验”名称的实验所)、中国科学院与澳门地区联合实验室、澳门土木工程实验室
重要的工程/技术研究中心	国家工程研究中心、国家工程技术研究中心(含香港分中心,下同)
重要的科技创新平台	国家地方联合创新平台(工程实验室和工程研究中心)、InnoHK 创新香港研发平台、香港的“中央研究设施”

年鉴、2021 东莞统计年鉴、2021 中山统计年鉴。每 10 万人拥有大学(大专及以上,下同)受教育程度人数来源于珠三角 9 市各自的“第七次全国人口普查公报[1](第五号)”;住房价格数据时间为 2020 年 12 月,来源于“聚汇数据”(https://www.gotohui.com/)。“聚汇数据”是专门聚焦于房价等宏观数据查询的集合信息服务平台。香港的区域发展数据为 2020 年,来源于香港统计年刊(2021 年版),其中,住房价格数据以 40~69.9 m<sup>2</sup> 的私人住宅为统计对象;澳门的区域发展数据为 2020 年,来源于澳门 2020 统计年鉴。其中,每 10 万人大学学历人口数根据中国澳门统计暨普查局,由观研天下(北京)信息咨询有限公司整理

估算。数据时间为 2019 年第 3 季度。香港、澳门的相关数据全部根据 2020 年全年平均汇率转换为人民币,其收入数据按人均本地居民总收入统计。

1.3 研究方法

1.3.1 平均最近邻距离分析法

采用该方法计算粤港澳大湾区科技基础设施点数据的平均距离,进而判断科技基础设施分布的空间集聚性。根据实测的平均最近邻距离值与期望平均最近邻距离值的比率计算出  $R$  值,并通过  $R$  值的大小及其标准差  $Z$  值和显著性  $P$  值共同判断区域科技基础设施的分布是集聚分布、分散分布还是随机分布<sup>[46-48]</sup>。



1.3.2 地理探测器

研究粤港澳大湾区科技基础设施分布的区域发展效应,本质上是以县区为单元,分析其科技基础设施数量对区域主要发展指标(例如人均GDP、收入、住房价格、高学历人口等)的影响关系,这种关系可以采用地理探测器<sup>[49-50]</sup>进行研究。地理探测器可以判断指标之间的因果关系。其主要思路是:根据科技基础设施点数量进行分层,如果科技基础设施与某个区域发展指标在空间分布上具有显著的一致性,就可认为科技基础设施对该种区域发展指标具有影响。其影响强度可采用地理探测力值( $q$ 值)测度,表示为<sup>[50-51]</sup>:

$$q=1-\frac{1}{N\sigma^2}\sum_{h=1}^L N_h\sigma_h^2 \tag{1}$$

式中: $h=1,\cdots,L$ 为根据县区科技基础设施点数量进行的分层, $L$ 为划分的子区域数量; $N_h$ 为层 $h$ (即划分的子区域)的县区单元个数, $N$ 为粤港澳大湾区全部县区单元数(56个); $\sigma^2$ 和 $\sigma_h^2$ 分别为粤港澳大湾区和层 $h$ 的科技基础设施点数量的方差。 $q$ 值取值区间为 $[0, 1]$ , $q$ 值越大表明科技基础设施对该方面区域发展指标的影响强度越高。采用地理探测器软件(<http://www.geodetector.org>)检验 $q$ 值的显著性。

1.3.3 科技基础设施的区域发展效应指标体系

区域的创新能力或创新要素往往可以对该区域的经济水平<sup>[52-53]</sup>、居民收入<sup>[54]</sup>、住房价格<sup>[55]</sup>、人口学历结构(科技人才)<sup>[56]</sup>等方面产生影响,进而形成创新的区域发展效应。科技基础设施作为关键的创新要素之一,在一定程度上代表了该区域的创新能力,因而也可能对上述4个方面的区域发展产生影响,同样具有区域发展效应。①人均GDP是经济发展水平的经典代表性指标。理论上,科技基础设施可促进经济发展,科技基础设施数量越高的县区,其人均GDP预期越高。②采用城镇居民人均可支配收入指标表征区域居民收入水平。理论上,

创新能力较强、创新要素集聚较多的区域,居民的收入水平往往更高。③Wu等<sup>[55]</sup>的研究表明创新具有资本化效应,即,创新要素是影响住房价格的重要因素,创新要素集聚的区域,其住房均价更高。④科技基础设施所依托的单位往往是高学历人口就业集聚地,因此创新能力较高的区域往往能够吸引更多的高学历人口入驻。本文采用每10万人拥有受大学教育程度人数代表区域的人口学历结构。综上,经济水平、居民收入、住房价格、人口学历结构是科技基础设施区域发展效应的重要体现,理论上,科技基础设施对上述4个区域发展指标都有正向的促进作用。这4个方面各自的评价指标、数据时间、数据来源及其统计方式见表2。

2 粤港澳大湾区科技基础设施分布的空间集聚与空间差异

2.1 粤港澳大湾区科技基础设施分布的空间集聚性

采用ArcGIS对各类科技基础设施进行空间化处理,形成粤港澳大湾区科技基础设施空间分布图(图2)。由图可知,粤港澳大湾区科技基础设施呈现明显的空间集聚性分布,主要位于广州的越秀区、天河区、海珠区、黄埔区,深圳的南山区、珠海的香洲区,以及香港、澳门。其中,国家级的科技基础设施更是显著集聚分布在上述区域。

采用平均最近邻距离定量分析科技基础设施及其细分类别的空间集聚程度。在细分类别时,分别根据科技基础设施的重要程度和性质2种视角分类。按重要程度可将科技基础设施划分为大科学装置/国家级科技基础设施、其他科技基础设施2类,前者重要程度更高(级别更高)。其中,国家级科技基础设施包括国家重点实验室、国家工程实验室、国家工程研究中心、国家工程技术研究中心,其余类型(除大科学装置外)划归为其他科技基础设施

表2 粤港澳大湾区科技基础设施区域发展效应的主要分析指标

Tab.2 Indicators of the regional development effect of science and technology infrastructure in the Guangdong-Hong Kong-Macao Greater Bay Area

区域发展效应的研究视角	评价指标(单位)	预期符号
经济水平 $F_1$	人均GDP(元/人)	正向
居民收入 $F_2$	城镇居民人均可支配收入(元/人)	正向
住房价格 $F_3$	住房均价(元/ $m^2$ )	正向
人口学历结构 $F_4$	每10万人拥有受大学教育程度人数(人/10万人)	正向

注:香港、澳门的价格类数据已根据2020年平均汇率换算为人民币。



施,主要是省级(或特别行政区级)科技基础设施。按科技基础设施的性质可将其划分为基础研究类和应用类。其中,基础研究类偏向于基础科学创新,包括大科学装置、国家重点实验室、广东省实验室、广东省重点实验室(学科类)、广东省公共实验室、InnoHK 创新香港研发平台、中国科学院与香港地区联合实验室、香港实验所认可计划的部分实验所(设置在大学)、香港的“中央研究设施”、中国科学院与澳门地区联合实验室。而应用类科技基础设施偏向于工程、技术和企业生产领域的创新,包括国家工程实验室、国家工程研究中心、国家工程技术研究中心、广东省重点实验室(企业类)、国家地方联合创新平台(工程实验室和工程研究中心)、香港实验所认可计划的部分实验所(设置在企业或管理

机构)、澳门土木工程实验室。分别计算全部科技基础设施和按2种视角划分的科技基础设施子类的平均最近邻距离及其相关指标结果(表3)。表3显示,5种类别计算的 $P$ 值全部小于0.01,且 $R$ 值普遍较小,表明5种类别的科技基础设施全部呈现为强烈的集聚分布。这种分布特征符合创新活动呈现高度空间集聚的基本规律与特点<sup>[57]</sup>,也是粤港澳大湾区高校、科研院所、创新型企业等创新机构高度集聚分布的另一种体现,因为绝大多数科技基础设施是依托上述创新机构设立和运行的。此外,科技基础设施的建立和使用也离不开创新人才的支撑作用,粤港澳大湾区的人才也同样呈现高度的集聚分布<sup>[58]</sup>。因而,粤港澳大湾区科技基础设施的高度空间集聚源于该区域创新机构和人才的空间集

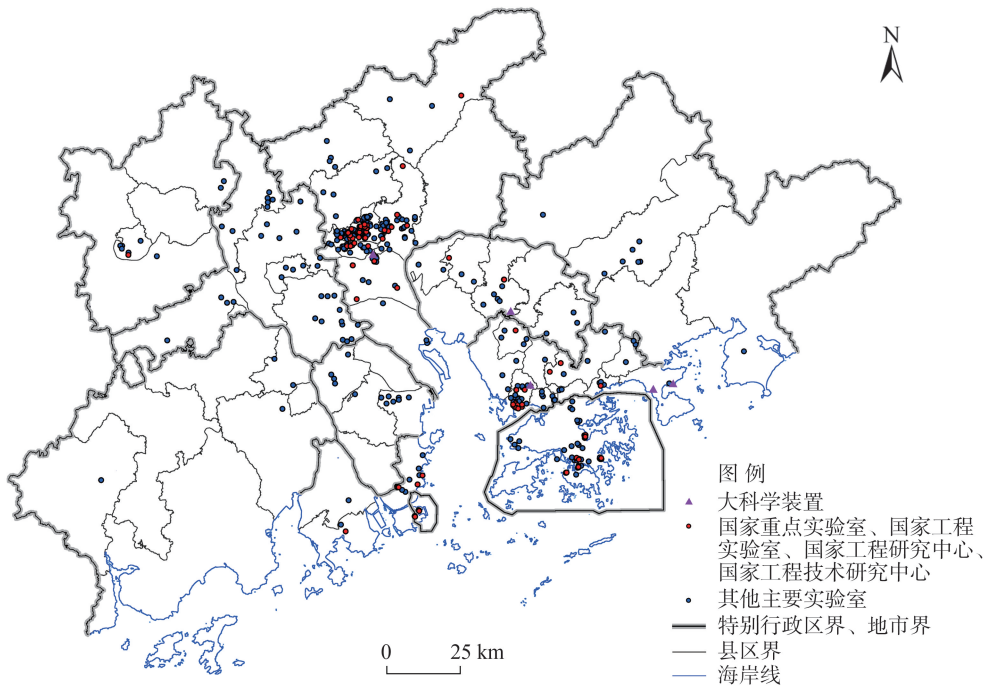


图2 粤港澳大湾区科技基础设施的空间分布

Fig.2 Spatial distribution of science and technology infrastructure in the Guangdong-Hong Kong-Macao Greater Bay Area

表3 粤港澳大湾区5种类型科技基础设施点的空间分布情况

Tab.3 Spatial distributions of the five types of science and technology infrastructure sites in the Guangdong-Hong Kong-Macao Greater Bay Area

类别划分方式	类别名称	数量/个	平均最近邻距离/m	比率 $R$	$Z$ 得分	$P$ 值	分布特征
按重要程度划分	大科学装置和国家级科技基础设施	100	3751.73	0.4737	-10.0691	<0.001	强烈集聚
	其他科技基础设施	588	1403.58	0.3348	-30.8590	<0.001	强烈集聚
按性质划分	基础研究类科技基础设施	413	847.28	0.2140	-30.5587	<0.001	强烈集聚
	应用类科技基础设施	275	2999.14	0.4892	-16.2044	<0.001	强烈集聚
	全部科技基础设施	688	1247.53	0.3219	-34.0279	<0.001	强烈集聚

聚。值得注意的是,基础研究类科技基础设施的 $R$ 值仅为0.2140,平均邻近距离仅847.28 m,空间集聚程度最高,这是由于其依托的大学/科研院所高度空间集聚所致,也符合基础研究类科技基础设施的空间布局特征。

为进一步探索粤港澳大湾区科技基础设施的集聚区域,采用ArcGIS软件将研究区按照 $2\text{ km}\times 2\text{ km}$ 划分成 $4\text{ km}^2$ 的网格单元,并计算每个网格单元内的科技基础设施数量。在此基础上,利用ArcScene软件生成 $4\text{ km}^2$ 网格尺度下科技基础设施数量的三维形式空间分布示意图(图3),该图可清晰地展示出粤港澳大湾区科技基础设施分布的集聚区。图中表明,粤港澳大湾区科技基础设施集聚分布在少数区域,这些区域位于广州的核心区(天河、越秀、海珠)、深圳的南山区、香港南部地区(九龙、港岛、新界南部),形成“广深港”科技基础设施的“三极”式分布。另外,澳门、珠海的香洲区、广州的番禺区(大学城)和黄埔区也集聚分布着一些科技基础设施。这种空间集聚格局与已有粤港澳大湾区高新技术企业<sup>[22]</sup>、人才<sup>[58]</sup>、战略性新兴产业技术创新<sup>[59]</sup>、专利产出<sup>[20]</sup>、知识生产<sup>[24]</sup>等空间集聚格局相呼应,也体现出科技基础设施与其他类型创新要素或创新产出的空间耦合特征。

## 2.2 粤港澳大湾区科技基础设施分布的空间差异与空间极化

根据粤港澳大湾区各县区单元的科技基础设施数量,按 $\leq 4$ 、 $5\sim 9$ 、 $10\sim 19$ 、 $20\sim 39$ 、 $\geq 40$ 由低到高分

为5个等级,分别定义为科技基础设施数量的低、中低、中等、中高、高水平区。根据该分级,绘制出粤港澳大湾区科技基础设施数量的空间差异格局图(图4)。图4表明,粤港澳大湾区科技基础设施呈现明显的空间差异格局。科技基础设施的高水平区为广州的核心区(天河区、越秀区、海珠区)、深圳南山区和香港;中高水平区分布在广州的近郊区(黄埔区、番禺区、白云区);中水平区分布在澳门、珠海香洲区、佛山顺德区、东莞松山湖片区、深圳福田区;中低水平区为深圳的龙岗区和光明区,佛山的三水区、南海区、禅城区,中山的东部组团,惠州的惠城区,肇庆的端州区;其余县区全部为低水平区。从不同等级的县区数量分布看,低水平区的县区数量最多,达35个,占全部县区研究单元的62.5%,而高水平、中高水平的县区数量仅分别为5个和3个。值得注意的是,高和中高水平的8个县区的科技基础设施总数高达516个,占粤港澳大湾区的75%。而其余48个县区的科技基础设施总数仅占粤港澳大湾区的25%。这再次印证了粤港澳大湾区科技基础设施集聚分布在少数县区的特征,也显示出科技基础设施分布的空间极化现象。广州核心区、深圳南山区、香港是科技基础设施布局的“三极”。科技基础设施集聚分布在上述“三极”也与当前粤港澳大湾区的区域发展格局与空间结构<sup>[60]</sup>相符合。广州、深圳、香港是具有全球影响力的城市,也是粤港澳大湾区的3个核心城市和网络联系中心<sup>[61]</sup>,其经济发展水平高,对创新活动的支

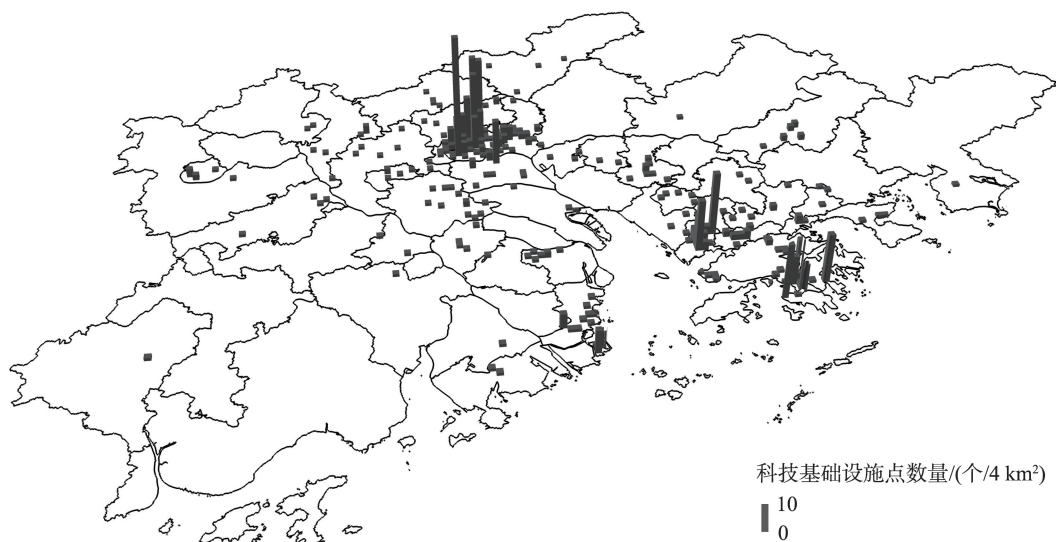


图3 粤港澳大湾区 $4\text{ km}^2$ 网格科技基础设施数量空间分布的三维示意图

Fig.3 3D schematic illustration of the spatial distribution of the number of science and technology infrastructures in the  $4\text{ km}^2$  grids in the Guangdong-Hong Kong-Macao Greater Bay Area

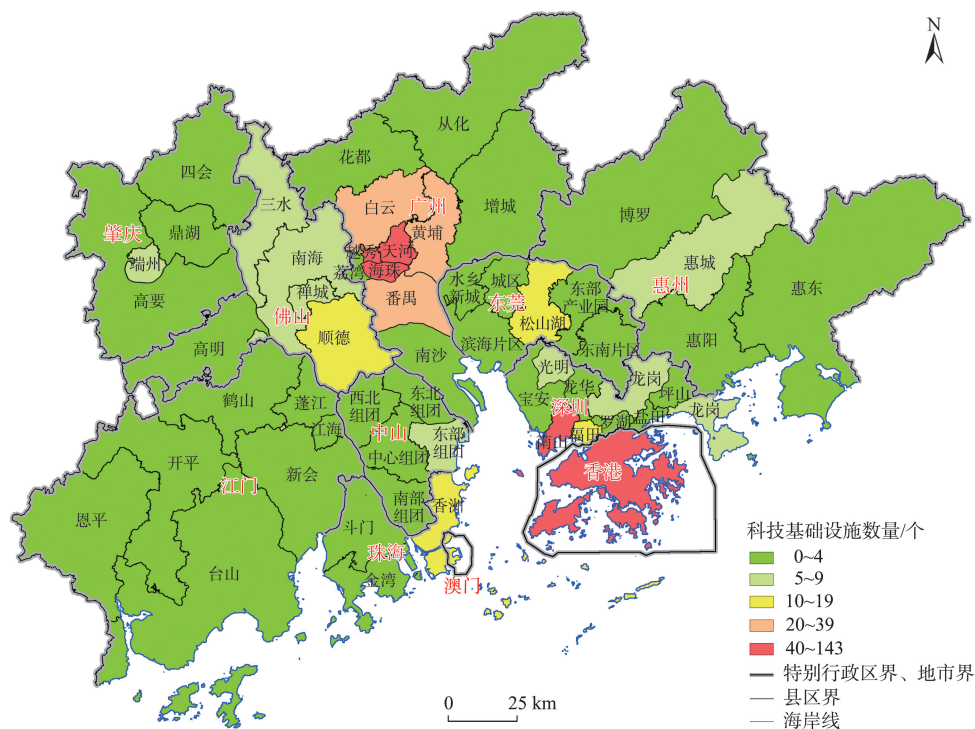


图4 粤港澳大湾区科技基础设施数量的空间差异格局

Fig.4 Spatial differentiation pattern of the number of science and technology infrastructures in the Guangdong-Hong Kong-Macao Greater Bay Area

撑能力强,是粤港澳大湾区创新要素的核心流入地和创新基础设施布局的首选地。广州核心区拥有多所高校和科研院所,具有人才集聚优势;深圳南山区集聚了多家著名的科技创新型企业,技术研发能力强,资本支撑能力高;香港拥有5所QS(Quacquarelli Symonds)世界排名 Top100 的大学(2021年),在原始创新、知识生产和国际化人才方面具有较大优势。这些优势使得科技基础设施集聚分布在上述“三极”区域。

### 3 粤港澳大湾区科技基础设施的区域发展效应

#### 3.1 粤港澳大湾区科技基础设施区域发展效应的主要指标及其空间格局

利用 Jenks 最佳自然断裂法分别对上述4个区域发展指标数据进行分级(划分为5级),采用GIS技术绘制出粤港澳大湾区经济水平、居民收入、住房价格、人口学历结构的区域分异格局图(图5)。总体上,广州、深圳、香港、澳门的区域发展指标普遍较高,而珠三角外围区域(肇庆、江门、惠州)普遍较低。

#### 3.2 粤港澳大湾区科技基础设施的区域发展效应及其差异性

采用地理探测器分别测度县区科技基础设施数量对人均GDP、城镇居民人均可支配收入、住房均价、每10万人拥有受大学教育程度人数影响的显著性和影响强度,以便分析科技基础设施的区域发展效应。这是因为,地理探测器比一般统计方法(例如相关分析)更加确信且可以强烈显示因果关系,原因在于,变量之间在二维空间分布的一致性比其在一维曲线的一致性难度更大<sup>[50]</sup>。在此基础上,根据科技基础设施性质(基础研究类、应用类)划分为子类型分别进行地理探测器分析,目的是探索基础创新研究和应用创新研究的区域发展效应差别。根据县区科技基础设施数量对研究区分层,采用分位数法(Quantile)划分为5层,科技基础设施数量由低到高的阈值分别为0~1、2~3、4~7、8~15、≥16。为了便于结果对比,子类型样本(基础研究类科技基础设施、应用类科技基础设施)的分层阈值与上述总体样本相同。基于该分层方法分别测度粤港澳大湾区科技基础设施数量(含子类型数量)对上述4个区域发展指标的探测力值及其显著性(表



4),根据该结果判断科技基础设施的区域效应,以及不同类型科技基础设施区域效应的差异性。

从全部样本的地理探测显著性看,科技基础设施数量对人均GDP、住房均价、每10万人拥有受大学教育程度人数的影响在0.01水平上显著,对城镇居民人均可支配收入的影响不显著。在探测力值

方面,科技基础设施数量对每10万人拥有受大学教育程度人数空间分异的影响强度最大(探测力值达到0.5255),这表明粤港澳大湾区科技基础设施对人口学历结构、经济水平、住房价格具有显著的区域发展效应。并且,科技基础设施的区域发展效应强度存在差异性,对人口学历结构的影响最为明显;

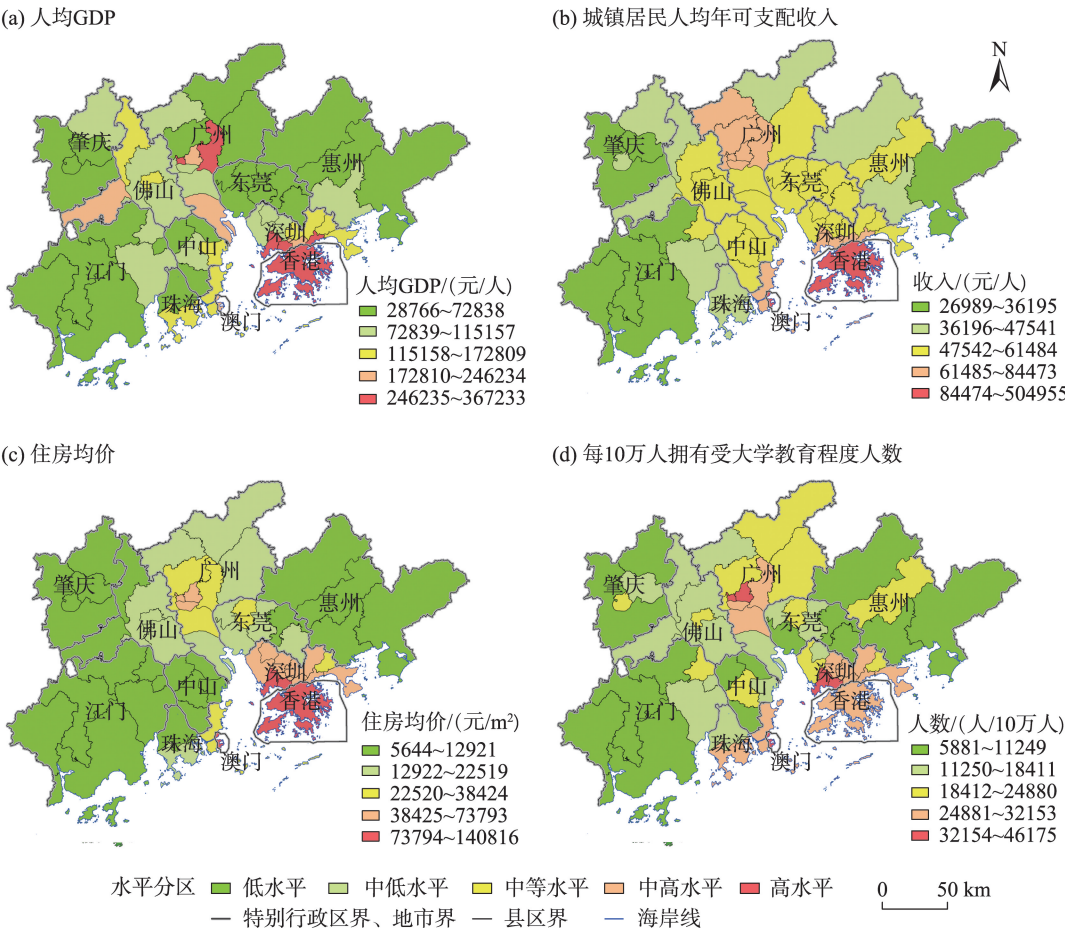


图5 粤港澳大湾区主要区域发展指标的空间分异格局

Fig.5 Spatial differentiation pattern of major regional development indicators in the Guangdong-Hong Kong-Macao Greater Bay Area

表4 粤港澳大湾区科技基础设施数量对4个区域发展指标影响的地理探测结果

Tab.4 Geographical detection results of the influence of the number of science and technology infrastructures on the four regional development indicators in the Guangdong-Hong Kong-Macao Greater Bay Area

样本类别	人均GDP	城镇居民人均可支配收入	住房均价	每10万人拥有受大学教育程度人数
全部科技基础设施	0.3917	0.1582	0.3446	0.5255
	(<0.001)	(0.156)	(0.004)	(<0.001)
基础研究类科技基础设施	0.3518	0.3101	0.3471	0.4776
	(0.048)	(0.083)	(0.018)	(0.016)
应用类科技基础设施	0.5101	0.0938	0.4152	0.4281
	(<0.001)	(0.545)	(0.008)	(0.021)

注:括号内为地理探测器计算结果的显著性P值。

其次为经济水平和住房价格,而对居民收入的影响最弱(不显著)。

从子类型样本的地理探测器计算结果看,应用类科技基础设施对人均GDP、住房均价的影响在0.01水平上显著,探测力值分别为0.5101和0.4152,影响强度高于基础研究类科技基础设施对这2个因素的影响。从各自样本类型的探测力值看,基础研究类科技基础设施对人口学历结构的影响强度最高,而应用类科技基础设施对经济水平的影响强度最高。这种区域发展效应的差异特点符合科技基础设施的性质特征。

## 4 结论与讨论

本文通过研究粤港澳大湾区科技基础设施分布的空间特征及其区域发展效应,得出以下主要结论:第一,粤港澳大湾区科技基础设施呈现高度的空间集聚性分布,主要集聚在广州核心区、深圳南山区和香港南部地区。基础研究类科技基础设施的空间集聚程度最高。第二,粤港澳大湾区各县区单元的科技基础设施数量的空间差异与空间极化现象显著,高水平区和中高水平区分布在广州核心区、深圳南山区、香港、广州近郊区,上述区域的科技基础设施数量占粤港澳大湾区的75%。第三,粤港澳大湾区科技基础设施分布对人口学历结构、经济水平、住房价格的空间格局具有显著的正向影响,体现出明显的区域发展效应。第四,不同性质科技基础设施的区域发展效应有所差别。基础研究类科技基础设施对人口学历结构的影响最强,而应用类科技基础设施对经济水平的影响强度最高。

本文从科技基础设施的角度验证了创新要素的高度集聚性,这与制造业分布格局有所差别。“集聚”是解释创新的重要研究范式之一,这是因为创新要素的集聚更容易推动知识共享及其溢出效应<sup>[62]</sup>。创新要素趋向于在空间上高度集聚并相互作用<sup>[63]</sup>。本文的结论验证了创新研究的“集聚”范式。在粤港澳大湾区创新地理的案例研究领域,本文得出的粤港澳大湾区科技基础设施呈现高度空间集聚性分布的结论呼应了粤港澳大湾区创新要素集聚和非均衡分布的相关研究结论<sup>[14,22-23]</sup>。粤港澳大湾区科技基础设施存在明显空间差异的结论也对相关案例研究(创新要素的空间差异)<sup>[12,16-21]</sup>形成研究视角的补充。

粤港澳大湾区科技基础设施的区域发展效应在已有研究中关注不多,尤其是对人口学历结构和住房价格的影响。而不同类型科技基础设施的区域发展效应具有差异性也是本文结论的另一价值。基础研究类科技基础设施的核心区域发展效应体现在对高学历人才的吸引,进而促进人口学历结构的提升;应用类科技基础设施的最显著区域发展效应是提高区域经济发展水平。值得注意的是,无论哪种类别的科技基础设施都对住房价格有显著的正向促进作用,该结论从科技基础设施的视角验证了“创新的资本化”理论<sup>[55]</sup>。

当前,一批重大科技基础设施在粤港澳大湾区开工建设。《粤港澳大湾区发展规划纲要》和《广东省科技创新“十四五”规划》也都将科技基础设施建设作为粤港澳大湾区创新发展的重要举措。在粤港澳大湾区科技基础设施规划布局时,建议顺应科技基础设施空间集聚分布的基本特点和理论规律,以集聚布局的空间策略为主,打造若干具有全球影响力和创新能力的科技基础设施“集聚区”,进而推动形成创新要素“极核”,发挥其区域发展的带动效应,成为粤港澳大湾区创新驱动发展的重要增长极和发动机。

值得注意的是,科技基础设施名目繁多、类别多样而复杂,本文仅采用了具有一定级别称号(例如国家级、省级)的科技基础设施作为研究对象,未来可根据数据获取情况纳入更多的科技基础设施类型,进一步扩展研究对象。考虑到科技基础设施的创新成果产出也是未来可进一步拓展的研究方向。此外,未来可采用回归分析法进一步验证本文科技基础设施区域发展效应的相关结论。

## 参考文献(References)

- [1] Boyer J, Ozor J, Rondé P. Local innovation ecosystem: Structure and impact on adaptive capacity of firms [J]. *Industry and Innovation*, 2021, 28(5): 620-650.
- [2] Secundo G, Ndou V, Del Vecchio P, et al. Sustainable development, intellectual capital and technology policies: A structured literature review and future research agenda [J]. *Technological Forecasting and Social Change*, 2020, 153: 119917. doi: 10.1016/j.techfore.2020.119917.
- [3] Adler P, Florida R, King K, et al. The city and high-tech startups: The spatial organization of Schumpeterian entrepreneurship [J]. *Cities*, 2019, 87: 121-130.
- [4] 张虹鸥, 吴康敏, 王洋, 等. 粤港澳大湾区创新驱动发展

- 的科学问题与重点研究方向[J]. 经济地理, 2021, 41(10): 135-142. [Zhang Hong'ou, Wu Kangmin, Wang Yang, et al. Scientific issues and key research directions of innovation-driven development in the Guangdong-Hong Kong-Macao Greater Bay Area. *Economic Geography*, 2021, 41(10): 135-142.]
- [5] 刘毅, 杨宇, 康蕾, 等. 新时代粤港澳大湾区人地关系的全球模式与区域响应[J]. 地理研究, 2020, 39(9): 1949-1957. [Liu Yi, Yang Yu, Kang Lei, et al. Human-environment system in the Guangdong-Hong Kong-Macao Greater Bay Area: Global model and local response. *Geographical Research*, 2020, 39(9): 1949-1957.]
- [6] 叶玉瑶, 王景诗, 吴康敏, 等. 粤港澳大湾区建设国际科技创新中心的战略思考[J]. 热带地理, 2020, 40(1): 27-39. [Ye Yuyao, Wang Jingshi, Wu Kangmin, et al. Strategic thinking regarding building an international science and technology innovation center in the Guangdong-Hong Kong-Macao Greater Bay Area. *Tropical Geography*, 2020, 40(1): 27-39.]
- [7] 王云, 杨宇, 刘毅. 粤港澳大湾区建设国际科技创新中心的全球视野与理论模式[J]. 地理研究, 2020, 39(9): 1958-1971. [Wang Yun, Yang Yu, Liu Yi. The Guangdong-Hong Kong-Macao Greater Bay Area developing into an international innovation and technology hub: A global perspective and theoretical model. *Geographical Research*, 2020, 39(9): 1958-1971.]
- [8] 罗扬, 龚美娟, 杨艳红, 等. “十四五”时期区域科技基础设施体系架构研究: 以江苏省为例[J]. 科技进步与对策, 2021, 38(22): 43-49. [Luo Yang, Gong Meijuan, Yang Yanhong, et al. Research on the system architecture of regional science and technology infrastructure during the 14th five year plan period: Based on the empirical analysis of Jiangsu Province. *Science & Technology Progress and Policy*, 2021, 38(22): 43-49.]
- [9] 陈套. 重大科技基础设施内涵演进与发展分析[J]. 科学管理研究, 2021, 39(5): 21-26. [Chen Tao. Connotation evolution and development analysis on major science and technology infrastructure. *Scientific Management Research*, 2021, 39(5): 21-26.]
- [10] 常旭华, 仲东亭. 国家实验室及其重大科技基础设施的管理体系分析[J]. 中国软科学, 2021(6): 13-22. [Chang Xuhua, Zhong Dongting. Study on management system of nation's laboratory and its large research infrastructure. *China Soft Science*, 2021(6): 13-22.]
- [11] 吕萍, 柳卸林. 开放性对科学创新和技术创新的影响: 以国家重点实验室为例[J]. 中国管理科学, 2011, 19(6): 185-192. [Lv Ping, Liu Xiulin. The impact of openness on scientific innovation and technological innovation: Evidence from national key laboratories of China. *Chinese Journal of Management Science*, 2011, 19(6): 185-192.]
- [12] 林善泉, 刘嘉丽, 刘沛. 区域创新能力与潜力评价: 以珠三角国家自主创新示范区为例[J]. 现代城市研究, 2019, 34(4): 60-68. [Lin Shanquan, Liu Jiali, Liu Pei. Regional innovation capabilities and potentials evaluation: A case study of the Pearl River Delta national independent innovation demonstration zone. *Modern Urban Research*, 2019, 34(4): 60-68.]
- [13] 张玲玲, 王蝶, 张利斌. 跨学科性与团队合作对大科学装置科学效益的影响研究[J]. 管理世界, 2019, 35(12): 199-212. [Zhang Lingling, Wang Die, Zhang Libin. Research of the influence of interdisciplinarity and team cooperation on the scientific effects based on large-scale scientific facilities. *Journal of Management World*, 2019, 35(12): 199-212.]
- [14] 邱坚坚, 刘毅华, 袁利, 等. 粤港澳大湾区科技创新潜力的微观集聚格局及其空间规划应对[J]. 热带地理, 2020, 40(5): 808-820. [Qiu Jianjian, Liu Yihua, Yuan Li, et al. Mapping the micro-scale scientific and technological innovation potentials of Guangdong-Hong Kong-Macao Greater Bay Area: A response to spatial planning. *Tropical Geography*, 2020, 40(5): 808-820.]
- [15] 徐慧芳, 侯沁江, 陈思思, 等. 国家重大科技基础设施的社会经济影响评估研究综述[J]. 科技管理研究, 2021, 41(13): 25-34. [Xu Huifang, Hou Qinjiang, Chen Sisi, et al. Summary of research on socio-economic impact assessment of large research infrastructure. *Science and Technology Management Research*, 2021, 41(13): 25-34.]
- [16] 赵卿. 粤港澳大湾区城市创新驱动能力测度[J]. 统计与决策, 2021, 37(22): 59-63. [Zhao Qing. Measurement of urban innovation driving ability in Guangdong-Hong Kong-Macao Greater Bay Area. *Statistics & Decision*, 2021, 37(22): 59-63.]
- [17] 覃艳华, 曹细玉. 粤港澳大湾区城市群科技协同创新研究[J]. 华中师范大学学报(自然科学版), 2019, 53(2): 255-262. [Qin Yanhua, Cao Xiyu. Research on urban agglomeration of Guangdong-Hong Kong-Macao Greater Bay Area collaborative innovation of science and technology. *Journal of Central China Normal University (Natural Sciences)*, 2019, 53(2): 255-262.]
- [18] 程风雨. 粤港澳大湾区都市圈科技创新空间差异及收敛性研究[J]. 数量经济技术经济研究, 2020, 37(12): 89-107. [Cheng Fengyu. Research on the spatial differences and convergence mechanism of technological innovation in the Guangdong-Hong Kong-Macao Greater



- Bay Area. *The Journal of Quantitative & Technical Economics*, 2020, 37(12): 89-107. ]
- [19] Ye W Z, Hu Y P, Chen L M. Urban innovation efficiency improvement in the Guangdong- Hong Kong- Macao Greater Bay Area from the perspective of innovation chains [J]. *Land*, 2021, 10(11): 1164. doi: 10.3390/land10111164.
- [20] Wu K M, Wang Y, Zhang H O, et al. Impact of the built environment on the spatial heterogeneity of regional innovation productivity: Evidence from the Pearl River Delta, China [J]. *Chinese Geographical Science*, 2021, 31(3): 413-428.
- [21] 董会忠, 李旋, 张仁杰. 粤港澳大湾区绿色创新效率时空特征及驱动因素分析 [J]. *经济地理*, 2021, 41(5): 134-144. [Dong Huizhong, Li Xuan, Zhang Renjie. Spatial-temporal characteristics and driving factors of green innovation efficiency in Guangdong-Hong Kong-Macao Greater Bay Area. *Economic Geography*, 2021, 41(5): 134-144. ]
- [22] Wu K M, Wang Y, Ye Y Y, et al. Relationship between the built environment and the location choice of high-tech firms: Evidence from the Pearl River Delta [J]. *Sustainability*, 2019, 11(13): 3689. doi: 10.3390/su11133689.
- [23] 樊德良, 罗彦, 刘菁. 全球视角下的粤港澳大湾区创新发展研究 [J]. *南方建筑*, 2019(6): 6-12. [Fan Deliang, Luo Yan, Liu Jing. Research on the innovative development of the Guangdong-Hong Kong-Macao Greater Bay Area from a global perspective. *South Architecture*, 2019(6): 6-12. ]
- [24] 马海涛, 黄晓东, 李迎成. 粤港澳大湾区城市群知识多中心的演化过程与机理 [J]. *地理学报*, 2018, 73(12): 2297-2314. [Ma Haitao, Huang Xiaodong, Li Yingcheng. The evolution and mechanisms of megalopolitan knowledge polycentricity of Guangdong- Hong Kong- Macao Greater Bay Area. *Acta Geographica Sinica*, 2018, 73(12): 2297-2314. ]
- [25] 高爽, 王少剑, 王泽宏. 粤港澳大湾区知识网络空间结构演化特征与影响机制 [J]. *热带地理*, 2019, 39(5): 678-688. [Gao Shuang, Wang Shaojian, Wang Zehong. Evolution of the structural characteristics and factors influencing the knowledge network of the Guangdong-Hong Kong-Macao Greater Bay Area. *Tropical Geography*, 2019, 39(5): 678-688. ]
- [26] Feng Z J, Cai H C, Zhou W. Structural characteristics and spatial patterns of the technology transfer network in the Guangdong- Hong Kong- Macao Greater Bay Area [J]. *Sustainability*, 2020, 12(6): 2204. doi: 10.3390/su12062204.
- [27] 刘心怡. 粤港澳大湾区城市创新网络结构与分工研究 [J]. *地理科学*, 2020, 40(6): 874-881. [Liu Xinyi. Structure and division of urban innovation network in the Guangdong-Hong Kong-Macao Greater Bay Area. *Scientia Geographica Sinica*, 2020, 40(6): 874-881. ]
- [28] 刘奕涵, 石安杰, 李振威, 等. 粤港澳大湾区专利合作网络结构及链路预测: 以芯片领域为例 [J]. *中国市场*, 2020(35): 32-35. [Liu Yihan, Shi Anjie, Li Zhenwei, et al. Guangdong-Hong Kong-Macao Greater Bay patent cooperation network structure and link prediction: Taking the chip field as an example. *China Market*, 2020(35): 32-35. ]
- [29] Yang W Y, Fan F, Wang X L, et al. Knowledge innovation network externalities in the Guangdong-Hong Kong-Macao Greater Bay Area: Borrowing size or agglomeration shadow? [J]. *Technology Analysis & Strategic Management*, 2021. doi: 10.1080/09537325.2021.1940922.
- [30] 游玳怡, 李芝兰. 粤港澳大湾区港深科技创新政策的现状与优化策略: 创新生态系统视角的分析 [J]. *华中师范大学学报(人文社会科学版)*, 2020, 59(4): 43-52. [You Dingyi, Li Zhilan. The condition and strategy of innovation policy of Hong Kong and Shenzhen in the Greater Bay Area: A perspective from innovation ecosystem. *Journal of Central China Normal University (Humanities and Social Sciences)*, 2020, 59(4): 43-52. ]
- [31] 丁焕峰, 张育广. 粤港澳大湾区“双创”空间协同创新发展研究 [J]. *广东财经大学学报*, 2020, 35(5): 80-88. [Ding Huanfeng, Zhang Yuguang. The collaborative innovation of the mode of innovation and entrepreneurship in Guangdong-Hong Kong-Macao Greater Bay Area. *Journal of Guangdong University of Finance & Economics*, 2020, 35(5): 80-88. ]
- [32] 陈昭, 梁淑贞. 粤港澳大湾区科技创新协同机制研究 [J]. *科技管理研究*, 2021, 41(19): 86-96. [Chen Zhao, Liang Shuzhen. Research on synergy mechanism of technology innovation in Guangdong- Hong Kong- Macao Greater Bay Area. *Science and Technology Management Research*, 2021, 41(19): 86-96. ]
- [33] 李丹, 赵春哲, 蔡芷菁. 深港科技创新合作区生物科技合作对策研究 [J]. *经济研究导刊*, 2021(29): 34-36. [Li Dan, Zhao Chunzhe, Cai Zhijing. Research on countermeasures of biotechnology cooperation in Shenzhen-Hong Kong science and technology innovation cooperation zone. *Economic Research Guide*, 2021(29): 34-36. ]
- [34] 胡际豪, 吴浩存, 姚玲洁. 粤港澳大湾区区域创新系统与经济增长仿真研究 [J]. *统计与决策*, 2020, 36(24): 98-102. [Hu Jihao, Wu Haocun, Yao Lingjie. Simulation research on regional innovation system and economic

- growth in Guangdong-Hong Kong-Macao Greater Bay Area. *Statistics & Decision*, 2020, 36(24): 98-102. ]
- [35] 张玉臣, 朱铭祺, 廖凯诚. 粤港澳大湾区创新生态系统内部耦合时空演化及空间收敛分析 [J]. 科技进步与对策, 2021, 38(24): 38-47. [Zhang Yuchen, Zhu Mingqi, Liao Kaicheng. Space-time transition and convergence trend research on internal coupling coordination of innovation ecosystem in the Guangdong-Hong Kong-Macao Greater Bay Area. *Science & Technology Progress and Policy*, 2021, 38(24): 38-47. ]
- [36] 郑国楠. 粤港澳大湾区创新链协同: 机理、评价与对策建议 [J]. 区域经济评论, 2021(6): 85-92. [Zheng Guonan. The innovation chain collaboration of Guangdong-Hong Kong-Macao Greater Bay Area: Mechanism, evaluation and countermeasures. *Regional Economic Review*, 2021(6): 85-92. ]
- [37] 齐宏纲, 戚伟, 刘盛和. 粤港澳大湾区人才集聚的演化格局及影响因素 [J]. 地理研究, 2020, 39(9): 2000-2014. [Qi Honggang, Qi Wei, Liu Shenghe. Talents concentration in the Guangdong-Hong Kong-Macao Greater Bay Area, China: Evolution pattern and driving factors. *Geographical Research*, 2020, 39(9): 2000-2014. ]
- [38] 周振江, 苏瑞波, 段艳红, 等. 粤港澳大湾区科技人才流动的现状及其影响因素研究 [J]. 城市观察, 2020(3): 7-19. [Zhou Zhenjiang, Su Ruiibo, Duan Yanhong, et al. Research on the current situation and influencing factors of the flow of scientific and technological talents in Guangdong-Hong Kong-Macao Greater Bay Area. *Urban Insight*, 2020(3): 7-19. ]
- [39] 王迎军, 曾志敏, 张龙鹏, 等. 中长期视角下粤港澳大湾区的全球创新与产业高地战略规划研究 [J]. 中国工程科学, 2021, 23(6): 108-119. [Wang Yingjun, Zeng Zhimin, Zhang Longpeng, et al. Strategic planning of global innovation and industry highland in Guangdong-Hong Kong-Macao Greater Bay Area from a medium- and long-term perspective. *Strategic Study of Chinese Academy of Engineering*, 2021, 23(6): 108-119. ]
- [40] Fernandes C, Farinha L, Ferreira J J, et al. Regional innovation systems: What can we learn from 25 years of scientific achievements? [J]. *Regional Studies*, 2021, 55(3): 377-389.
- [41] Xu H Y, Hsu W L, Meen T H, et al. Can higher education, economic growth and innovation ability improve each other? [J]. *Sustainability*, 2020, 12(6): 2515. doi: 10.3390/su12062515.
- [42] Yang F, Sun Y, Zhang Y, et al. Factors affecting the manufacturing industry transformation and upgrading: A case study of Guangdong-Hong Kong-Macao Greater Bay Area [J]. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2021, 18(13): 7157. doi: 10.3390/ijerph18137157.
- [43] 曹靖, 张文忠. 不同时期城市创新投入对绿色经济效率的影响: 以粤港澳大湾区为例 [J]. 地理研究, 2020, 39(9): 1987-1999. [Cao Jing, Zhang Wenzhong. The influence of urban innovation input on green economy efficiency in different periods: A case study of the Guangdong-Hong Kong-Macao Greater Bay Area. *Geographical Research*, 2020, 39(9): 1987-1999. ]
- [44] 周四清, 庞程. 产业集聚及协调发展对区域科技创新水平的影响: 基于粤港澳大湾区制造业、金融业、教育的实证研究 [J]. 科技管理研究, 2019, 39(19): 104-114. [Zhou Siqing, Pang Cheng. Impact of industrial agglomeration and coordinated development on regional technological innovation: An empirical study based on Guangdong-Hong Kong-Macao Greater Bay Area's manufacturing industry, financial industry and education. *Science and Technology Management Research*, 2019, 39(19): 104-114. ]
- [45] 王洋, 张虹鸥, 吴康敏. 粤港澳大湾区住房租金的空间差异与影响因素 [J]. 地理研究, 2020, 39(9): 2081-2094. [Wang Yang, Zhang Hong'ou, Wu Kangmin. Spatial differentiation and influencing factors of housing rents in the Guangdong-Hong Kong-Macao Greater Bay Area. *Geographical Research*, 2020, 39(9): 2081-2094. ]
- [46] 王洋, 杨忍, 李强, 等. 广州市银行业的空间布局特征与模式 [J]. 地理科学, 2016, 36(5): 742-750. [Wang Yang, Yang Ren, Li Qiang, et al. The spatial layout features and patterns of banking industry in Guangzhou city, China. *Scientia Geographica Sinica*, 2016, 36(5): 742-750. ]
- [47] Clark P J, Evans F C. Distance to nearest neighbor as a measure of spatial relationships in populations [J]. *Ecology*, 1954, 35(4): 445-453.
- [48] 田光进, 沙默泉. 基于点状数据与 GIS 的广州大都市区产业空间格局 [J]. 地理科学进展, 2010, 29(4): 387-395. [Tian Guangjin, Sha Moquan. The spatial pattern of Guangzhou metropolitan area industry based on point data and GIS. *Progress in Geography*, 2010, 29(4): 387-395. ]
- [49] Wang J F, Li X H, Christakos G, et al. Geographical detectors-based health risk assessment and its application in the neural tube defects study of the Heshun region, China [J]. *International Journal of Geographical Information Science*, 2010, 24(1): 107-127.
- [50] 王劲峰, 徐成东. 地理探测器: 原理与展望 [J]. 地理学报, 2017, 72(1): 116-134. [Wang Jinfeng, Xu Cheng-

- dong. Geodetector: Principle and prospective. *Acta Geographica Sinica*, 2017, 72(1): 116-134. ]
- [51] Wang J F, Zhang T L, Fu B J. A measure of spatial stratified heterogeneity [J]. *Ecological Indicators*, 2016, 67: 250-256.
- [52] 王淑英, 寇晶晶, 卫朝蓉. 创新要素集聚对经济高质量发展的影响研究: 空间视角下金融发展的调节作用 [J]. *科技管理研究*, 2021, 41(7): 23-30. [Wang Shuying, Kou Jingjing, Wei Zhaorong. Research on influence of innovation factor agglomeration on high-quality economic development: The moderating effect of financial development the spatial perspective. *Science and Technology Management Research*, 2021, 41(7): 23-30. ]
- [53] Law S H, Sarmidi T, Goh L T. Impact of innovation on economic growth: Evidence from Malaysia [J]. *Malaysian Journal of Economic Studies*, 2020, 57: 113-132.
- [54] 陈怡, 刘芸芸. 技术创新对收入分配的影响: 基于不同收入人群的分析 [J]. *南京财经大学学报*, 2019(2): 69-79, 98. [Chen Yi, Liu Yunyun. The impact of technological innovation on income distribution: An analysis based on different income groups. *Journal of Nanjing University of Finance and Economics*, 2019(2): 69-79, 98. ]
- [55] Wu K M, Wang Y, Zhang H O, et al. On innovation capitalization: Empirical evidence from Guangzhou, China [J]. *Habitat International*, 2021, 109: 102323. doi: 10.1016/j.habitatint.2021.102323.
- [56] 芮雪琴, 李环耐, 牛冲槐, 等. 科技人才集聚与区域创新能力互动关系实证研究: 基于2001—2010年省际面板数据 [J]. *科技进步与对策*, 2014, 31(6): 23-28. [Rui Xueqin, Li Huannai, Niu Chonghuai, et al. Interactive relationship of scientific talent accumulation and regional scientific innovation ability. *Science & Technology Progress and Policy*, 2014, 31(6): 23-28. ]
- [57] 孙瑜康, 李国平, 袁薇薇, 等. 创新活动空间集聚及其影响机制研究评述与展望 [J]. *人文地理*, 2017, 32(5): 17-24. [Sun Yukang, Li Guoping, Yuan Weiwei, et al. The spatial concentration of innovation and its mechanisms: A literature review and prospect. *Human Geography*, 2017, 32(5): 17-24. ]
- [58] 张颖莉. 粤港澳大湾区人才集聚与空间分布格局研究 [J]. *探求*, 2020(4): 69-78. [Zhang Yingli. Research on the talent concentration and space distribution pattern of Guangdong-Hong Kong-Macao Greater Bay Area. *Academic Search for Truth and Reality*, 2020(4): 69-78. ]
- [59] 吴康敏, 叶玉瑶, 张虹鸥, 等. 粤港澳大湾区战略性新兴产业技术创新的地理格局及其多样性特征 [J]. *热带地理*, 2022, 42(2): 183-194. [Wu Kangmin, Ye Yuyao, Zhang Hong'ou, et al. The geographical pattern and diversity of strategic industry technological innovation in the Guangdong-Hong Kong-Macao Greater Bay Area. *Tropical Geography*, 2022, 42(2): 183-194. ]
- [60] 李郇, 周金苗, 黄耀福, 等. 从巨型城市区域视角审视粤港澳大湾区空间结构 [J]. *地理科学进展*, 2018, 37(12): 1609-1622. [Li Xun, Zhou Jinmiao, Huang Yaofu, et al. Understanding the Guangdong-Hong Kong-Macao Greater Bay Area from the perspective of mega-city region. *Progress in Geography*, 2018, 37(12): 1609-1622. ]
- [61] 吴炫, 杨家文. 流动量与关注度视角下的城市网络结构: 以广州、深圳为例 [J]. *地理科学进展*, 2019, 38(12): 1843-1853. [Wu Xuan, Yang Jiawen. City network by mobility and attention indices: A comparison of Guangzhou and Shenzhen. *Progress in Geography*, 2019, 38(12): 1843-1853. ]
- [62] Zhang F Z, Wu F L. Rethinking the city and innovation: A political economic view from China's biotech [J]. *Cities*, 2019, 85, 150-155.
- [63] Storper M, Venables A J. Buzz: Face-to-face contact and the urban economy [J]. *Journal of Economic Geography*, 2004, 4(4): 351-370.



## Spatial agglomeration and regional development effects of science and technology infrastructures in the Guangdong-Hong Kong-Macao Greater Bay Area

WANG Yang<sup>1</sup>, ZHANG Hong'ou<sup>2,3</sup>, YUE Xiaoli<sup>2,4</sup>

(1. Faculty of Geography, Yunnan Normal University, Kunming 650500, China; 2. Key Lab of Guangdong for Utilization of Remote Sensing and Geographical Information System, Guangdong Open Laboratory of Geospatial Information Technology and Application, Guangzhou Institute of Geography, Guangdong Academy of Sciences, Guangzhou 510070, China; 3. Institute of Strategy Research for the Guangdong-Hong Kong-Macao Greater Bay Area, Guangzhou 510070, China; 4. School of Architecture and Urban Planning, Guangdong University of Technology, Guangzhou 510090, China)

**Abstract:** This study explored the spatial distribution characteristics and regional development effects of science and technology infrastructure in the Guangdong-Hong Kong-Macao Greater Bay Area (GBA). Taking 688 science and technology infrastructures as the research objects and 56 counties as the basic spatial units, it analyzed the spatial agglomeration and spatial differentiation patterns of science and technology infrastructures in 2020 in the GBA using the average nearest neighbor analysis method. This study combined the Geodetector output to illustrate the regional development effects of science and technology infrastructures in the GBA from four aspects: economic development level, residents' income, housing price, and population educational structure. The evaluation indicators for the four aspects are GDP per capita, per capita disposable income of urban residents, average housing price, and the number of university-educated persons per 100000 people respectively. The results indicate that: 1) The science and technology infrastructures show a remarkable spatial clustering distribution, mainly concentrated in the core area of Guangzhou, Nanshan District of Shenzhen, and the southern area of Hong Kong, with significant spatial differentiation and polarization at the county scale. 2) The science and technology infrastructure distribution in the GBA has a significant positive impact on the spatial patterns of population educational structure, economic development level, and housing price, showing a regional development effect. 3) The regional development effects of different science and technology infrastructures vary. The basic research science and technology infrastructures have the highest impact on the educational structure of the population, and the applied science and technology infrastructures have the most obvious impact on the economic development level. This study provides an additional case for academic research on the innovation geography of the GBA and decision support for the optimal layout and allocation of science and technology infrastructures in the GBA, which has both scientific and practical values.

**Keywords:** science and technology infrastructure; innovation geography; regional effects of innovation; Guangdong-Hong Kong-Macao Greater Bay Area