

夜间灯光视角下长江经济带主体城市群的发展差异分析¹

徐慧敏^{1,2} 胡守庚³

(1. 武汉轻工大学经济学院, 湖北 武汉 430023;

2. 湖北县域经济发展研究中心, 湖北 武汉 430048;

3. 中国地质大学(武汉)公共管理学院, 湖北 武汉 430074)

【摘要】: 长江经济带的五大城市群是该区域内城市化的主体, 评估不同城市群的发展差异有助于准确理解该区域内的城市化进程。基于美国宇航局新一代夜间灯光遥感产品, 利用灯光增长率、变异系数、位序-规模法则、灯光基尼系数等方法评估了 2012~2020 年长江经济带五大城市群的发展差异。通过比较城市群之间的差异, 发现长三角城市群一直雄踞五大城市群之首, 长江中游城市群的增长率最快, 黔中城市群较滇中城市群发展更快, 五大城市群的整体差异呈现先减少后增加的趋势; 对于城市群内部的不同城市发展差异而言, 长三角城市群呈现愈加均衡的趋势, 而其它四个城市群的趋势不明显; 对于城市群内部不同地理网格的发展不平衡度而言, 长三角内部发展不平衡度在降低, 而成渝城市群、滇中城市群和黔中城市群的不平衡度有上升的趋势, 而长江中游城市群的变化趋势性不明显。总的来说, 长三角城市群的核心城市已经产生了明显的辐射带动作用, 而其它城市群虽然发展较快, 但辐射带动效应尚不明显。最后, 总结了各城市群发展差异的原因, 并指城市群的交通建设以及寻找符合自身优势的发展战略有助于实现长江经济带的协同发展。

【关键词】: 长江经济带; 夜间灯光; 发展差异; 城市群; 基尼系数

【中图分类号】: P237 **【文献标识码】**: A **【文章编号】**: 1004- 8227(2023)01- 0014- 10

【DOI】: 10. 11870 / cjlyzyyhj202301002

长江经济带的概念由来已久。早在 1984 年, 中科院地理所的陆大道就提出了沿江—沿海“T”字型发展战略, 与此同时“长江沿岸产业带”也被提出。2013 年, 习近平主席和李克强总理均强调要依托长江流域建设长江经济带。2014 年, 国务院发布了《关于依托黄金水道推动长江经济带发展的指导意见》和《长江经济带综合立体交通走廊规划(2014-2020 年)》, 长江经济带被正式提升为国家重大战略。2016 年, 国务院批复了《长江经济带发展规划纲要》, 明确了经济带内不同城市群的定位和发展战略。长江经济带跨越内陆和沿海、横贯东西, 包含上海、江苏、浙江、安徽、江西、湖北、湖南、重庆、四川、云南、贵州共 11 个省市, 面积约为 205 万 km², 人口和 GDP 均占我国的 40% 以上。长江经济带是我国政府重点实施的“三大战略”之一, 是一条横

¹ **【收稿日期】**: 2022- 01- 26; **【修回日期】**: 2022- 03- 23

【基金项目】: 湖北省自然科学基金项目(2021CFB172); 国家自然科学基金项目(42171272)

【作者简介】: 徐慧敏(1985 ~), 女, 副教授, 主要研究方向为土地经济学. E-mail: shannon_x@whpu.edu.cn

贯东西的“产业密集带”，也是我国生态文明建设的示范区。长江经济带是我国区域科学的研究热点之一^[1]，这些研究包括长江经济带的环境保护^[2]、区域经济^[3]、产业升级^[4]等诸多方面。

长江经济带的主要城市群是区域内部新型城镇化的空间主体^[5]，因此城市群规模、结构及空间分异特征是长江经济带研究领域的关注焦点。冯兴华等^[6]通过构建城市影响力指数计算得到 1988~2012 年期间长江经济带 110 个地级市的影响力指数，发现了长江经济带存在一条主轴、多条辅轴和大核心圈的空间结构，区域内存在多个城市化阶段并存的现象。冯兴华等^[7]还发现，1988~2012 年期间长江经济带城市规模体系符合初级首位型特征，但城市规模的演变朝着合理化的趋势演进。马静等^[8]对 2006~2015 年长江经济带 126 个主要城市的经济统计数据，采用泰尔系数等空间分析方法，发现长江经济带的内部发展水平差异较大，但差异呈现减弱的趋势，各城市间的差异大于城市群之间的差异，其中长三角城市群集中了大部分经济发展水平较高的城市。王雅竹等^[9]基于人口、产业结构等数据，发现长江经济带的空间结构由强聚集转化为弱聚集，并且区域经济的差异先扩大、后缩小，并且当前向均衡化的方向发展。王俊龙等^[10, 11, 12, 13]基于城市化水平、生态环境水平等多指标分析了 2008~2017 年长江经济带三大城市群的演变规律，发现了城市群之间的差异逐渐缩小，城市群内部的差异扩大，其中长三角和长江中游城市群的差异较大。除了对长江经济带城市群的整体研究之外，还有大量的研究针对区域内单个城市群开展研究。姚作林等^[11]通过统计数据的分析发现成渝经济区城市群的结构可以归纳为成渝“双核”“绵阳-南充-宜宾-万州”二级中心和“乐山-内江-达州-永川”三级中心。唐健雄等^[12]通过多源统计数据结合多种空间分析方法，发现长三角城市群城镇化质量与规模存在空间错位，其中人均 GDP 和土地的城镇化率对错位的贡献最大。肖泽平等^[13]测度了 2007~2017 年长江中游城市群的空间结构时空演化特征，发现该区域呈现明显的“小经济集团”，而环鄱阳湖地区是全区发展的短板，整体来说长江中游城市群集聚程度不高。通过总结上述研究文献，可以发现 21 世纪以来长江经济带城市群之间的差异在逐渐缩小，但城市群内部的差异在逐渐扩大。

经济统计数据是研究城市群的传统数据源，但是经济统计存在口径不一致、数据不全、空间细节不足等诸多局限性。由于卫星遥感数据具有统计口径一致、时空覆盖面广、空间细节丰富的优势，近年来已经被广泛应用于社会经济研究^[14]。其中，遥感卫星获取的夜间灯光数据能够直接反映人类社会经济活动的时空分布，已经被广泛应用于城市化动态制图、城市群拓扑结构分析、城市群碳排放等诸多研究领域^[15]。因此，夜间灯光数据也广泛应用于长江经济带的城市群研究。张超等^[16]利用 1996~2010 年的 DMSP/OLS 夜间灯光数据，基于城市位序-规模法则、标准离差椭圆等分析方法，分析了长江经济带的城市体系结构，发现了长江经济带的城市体系体现为东部密集、中西部稀疏的条形核心-边缘结构，并且城市群经历了由数量增长向规模扩张的演化过程。刘华军等^[17]利用 1993~2013 年 DMSP/OLS 的夜间灯光数据，基于核密度等分析方法，分析了长江经济带的发展差异，发现了上、中、下游之间的差异明显大于各自内部城市之间的差异，因此上、中、下游的差异是长江经济带差异的主要原因。孙钦珂等^[18]基于 1992~2012 年的 DMSP/OLS 灯光数据，基于支持向量机、城市扩张指数等方法，发现了长江流域主要城市建成区呈现快速扩张的趋势，并呈现出“上游-下游-中游”递减的扩张模式。晁静等^[19]通过 DMSP/OLS 和 NPP-VIIRS 构建的时间序列灯光数据集，基于标准差、变异系数、位序-规模法则等方法分析了 1995~2015 年期间长江经济带城市群的规模差异，发现了各城市群内部不同城市的绝对差异逐渐增大，长三角城市群由首位分布向位序规模分布转化等若干规律。官冬杰等^[20]利用 1992~2012 年的 DMSP/OLS 灯光数据，基于捷夫指数和城市扩展指数，发现了区域内的特大城市位序稳定，大城市晋级速度较慢，东部地区已经进入了都市连片阶段，而内陆城市尚处于中心城市发展阶段。

综上所述，评估城市群发展的差异性长江经济带的研究热点，其中夜间灯光数据在此问题的研究上发挥了重要作用。但是，现有研究中存在一定的局限性：(1) 相关研究主要基于 DMSP/OLS 灯光数据，2013 年之后的数据已无法获取，而 DMSP/OLS 影像的辐射质量存在明显的不足，难以满足准确分析灯光变化的需求。少数研究虽然增补了少量的新一代灯光数据集 VIIRS 影像，但数据中的非灯光噪声未能有效去除，对结果分析有一定的影响。(2) 研究长江经济带城市群内部差异性极为重要，灯光数据能够提供空间网格尺度的精细尺度的信息，然而现有研究中对城市群的内部差异性刻画不足。

为了更加精准评估长江经济带城市群发展的差异性，本研究拟采用美国宇航局新一代夜间灯光遥感产品-“黑色大理石”(Black Marble)，该产品是目前辐射质量最高的夜光遥感产品，本文通过空间基尼系数等方法精细刻画长江经济带不同城市群的空间差异性，以便更好地理解长江经济带城市化进程的时空规律。

1 研究区域和数据

1.1 研究区域

根据长江经济带的规划，根据《长江经济带发展规划纲要》，本文将分析长江经济带包含的 5 个城市群。图 1 和表 1 显示了 5 个城市群的范围。

表 1 长江经济带城市群及所辖城市

城市群	所辖城市
长三角城市群	上海市、南京市、无锡市、常州市、苏州市、南通市、扬州市、镇江市、泰州市、杭州市、宁波市、嘉兴市、湖州市、绍兴市、舟山市、台州市、合肥市、芜湖市、马鞍山市、铜陵市、安庆市、池州市、滁州市、宣城市、金华市、盐城市
长江中游城市群	武汉市、黄石市、荆州市、鄂州市、黄冈市、孝感市、咸宁市、仙桃市、潜江市、天门市、襄阳市、宜昌市、荆门市、长沙市、株洲市、湘潭市、岳阳市、益阳市、常德市、衡阳市、娄底市、南昌市、九江市、景德镇市、鹰潭市、新余市、宜春市、萍乡市、上饶市、抚州市、吉安市
成渝城市群	重庆市、成都市、德阳市、绵阳市、眉山市、资阳市、遂宁市、乐山市、雅安市、自贡市、泸州市、内江市、南充市、达州市、广安市、宜宾市
黔中城市群	贵阳市、遵义市、安顺市、毕节市、黔东南苗族侗族自治州、黔南布依族苗族自治州
滇中城市群	昆明市、曲靖市、玉溪市、楚雄彝族自治州、红河哈尼族彝族自治州



图 1 长江经济带主要城市群的空间范围

Fig. 1 Spatial extent of major urban agglomerations
in YREZ

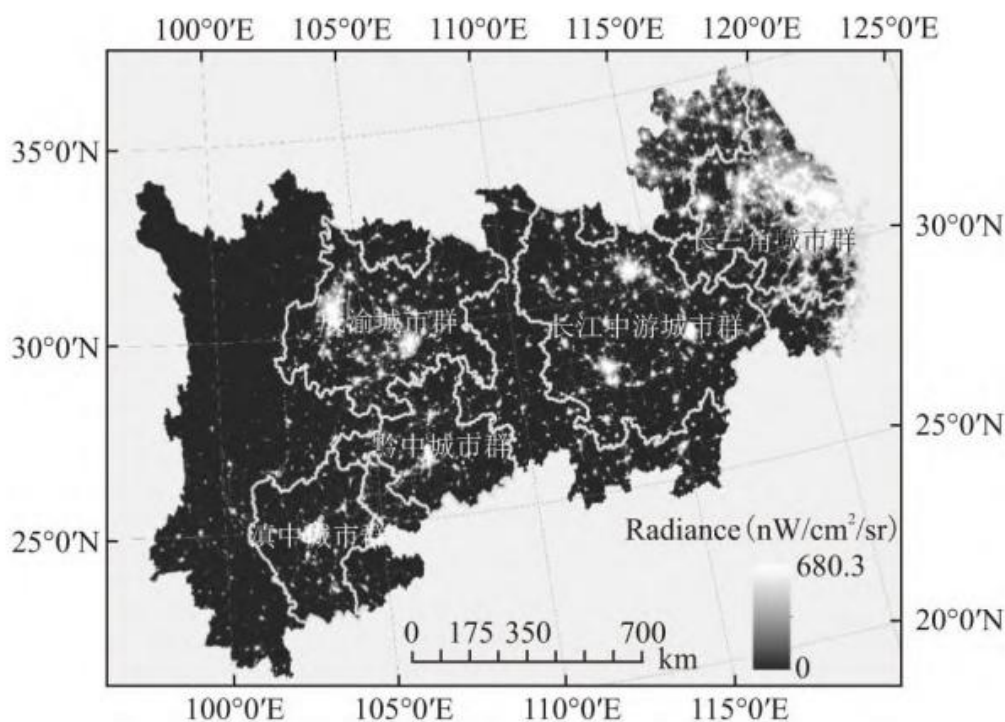


图 2 2020 年长江经济带的平均夜间灯光遥感影像
Fig. 2 Average night-time light image for YREZ in 2020

1.2 夜间灯光数据源

自从 20 世纪 60 年代以来,美国的军事气象卫星计划(DMSP)搭载的线阵扫描系统(OLS)能够在无云天气下获得城镇夜间灯光信息^[21]。Christopher Elvidge 博士领导的地球观测组(EOG)自 2010 年发布了全球时间序列的 DMSP/OLS 夜间灯光数据集,该数据集被广泛应用于评估各国的城市化^[22]。但 EOG 已经发布 DMSP/OLS 灯光数据集的持续时间段仅为 1992~2013 年,无法用于评估近年来世界各国的城市化进程。美国于 2011 年底成功发射了 Suomi NPP 卫星,其搭载的 VIIRS 传感器能够精确的获得城镇夜间灯光数据,已经被广泛应用于城市化研究。2013 年,EOG 开始发布 VIIRS 夜光遥感产品,并得到广泛应用。2020 年,NASA 也发布了自己生产的“黑色大理石”夜间灯光数据集^[23]。相比于 EOG 发布的 VIIRS 灯光数据,“黑色大理石”夜间灯光遥感产品消除了大气、月光、植被和地表反射率等因素的影响,能够更加真实地反映城镇夜间灯光的实际分布,是夜间灯光遥感产品的重要里程碑。由于该产品的发布时间较晚,其用户目前主要集中在遥感专业领域,而经济地理、区域经济的研究者对该卫星遥感产品涉及较少。本研究尝试将最新的 NASA“黑色大理石”夜间灯光遥感产品应用于研究长江经济带的城市化问题。

为了减小偶发因素对城市化评价结果的影响,本研究采用“黑色大理石”夜间灯光遥感产品中的年均值产品(VNP46A4)作为夜间灯光数据源。所选择的研究数据时段为 2012~2020 年,具体的数据处理类型为全角度(all angle)平均辐亮度产品。在此基础上,将夜间灯光影像转换至 Albers 北亚洲投影坐标系统(等面积投影),空间分辨率为 1 km。

2 研究方法

研究中主要采用灯光增长率和变异系数指标分析城市群之间的发展差异,通过位序-规模法和空间基尼系数分别度量城市群内部差异和空间网络尺度的差异。其中,空间网格在影像中的对应的部分就是像素,其分辨率为 1 km× 1 km。

2.1 灯光总量

夜间灯光的总量和区域经济的各项指标均存在较强相关性^[24,25],因此灯光总量可以用来度量一个区域的经济规模。某个区域的灯光总量(Total Night-time Light, TNL)定义如下:

$$TNL_i = \sum_{j=1}^n x_{ij}$$

式中: x_{ij} 表示区域 i 中第 j 个网格的灯光亮度; n 表示区域内网格的数量。由于所采用的夜间灯光影像使用的等面积投影,每个网格(即像素)对应的面积相同,因此每个网格的灯光亮度具有可比性,其总和也能有效的反映区域内的经济规模。为了刻画不同城市群的平均增长速度,计算了 2012~2020 年中不同城市群的平均灯光增长率:

$$r_i = \frac{TNL_i^{(2020)} - TNL_i^{(2012)}}{TNL_i^{(2012)}}$$

为了度量不同城市群之间的灯光总量差异,本文还采用了变异系数:

$$CV_{sol} = \frac{\text{std}(TNL)}{\text{mean}(TNL)}$$

式中: $TNL = \{TNL_1, \dots, TNL_m\}$, $\text{std}(TNL)$ 表示 m 个城市群灯光总量的标准差; $\text{mean}(TNL)$ 表示 m 个城市群灯光总量的平均值。研究中共有 5 个城市群参与计算,所以 $m=5$ 。

2.2 位序规模法则

位序-规模法则反映的是城市规模和其对应位序的关系,也就是将城市规模由大到小排序后测度城市群内各城市规模分布状态的方法。位序-规模法则的公式为:

$$P_i = P_1 R_i^{-q}$$

式中: P_i 表示第 i 个城市的规模; P_1 表示排名第一的城市的规模; R_i 为第 i 个城市位序; q 为捷夫指数,它反映了城市规模和位序的关系。当 q 等于 1 时,城市的规模分布最为合理;当 q 大于 1 时,说明城市规模的分布偏向于向大城市集中,小城市发展不足;当 q 小于 1 时,说明城市规模的分布较为分散,大城市发展不够突出,小城市发展良好。传统的研究中,常以人口、建设用地规模或者 GDP 来表征城市的规模,但由于统计数据存在偏差的原因,灯光总量被认为是一种更为客观和可比的城

市规模指标，被广泛应用于位序规模法则的计算^[26]。

2.3 灯光基尼系数

本研究采用灯光基尼系数度量城市群内部发展水平的不均衡性，该指数已经被广泛应用于评估区域发展不平衡^[27, 28]。其原理为：如果少量的土地拥有绝大部分灯光，则认为区域发展极端不平衡，如果所有土地的灯光量都一致，则区域发展十分均衡。为了计算基尼系数，需要计算洛伦兹曲线(图 3)，计算分为如下步骤：(1) 确定研究区域，选取研究区域内的灯光影像；(2) 根据每个栅格的灯光亮度对所有栅格进行从小到大的排序；(3) 根据排序的顺序，计算前 x 个栅格对应的灯光总量，并换算成为面积比例和灯光比例，绘制洛伦兹曲线；(4) 计算洛伦兹曲线中 B 区域的面积，将 $2B$ 作为灯光基尼系数。

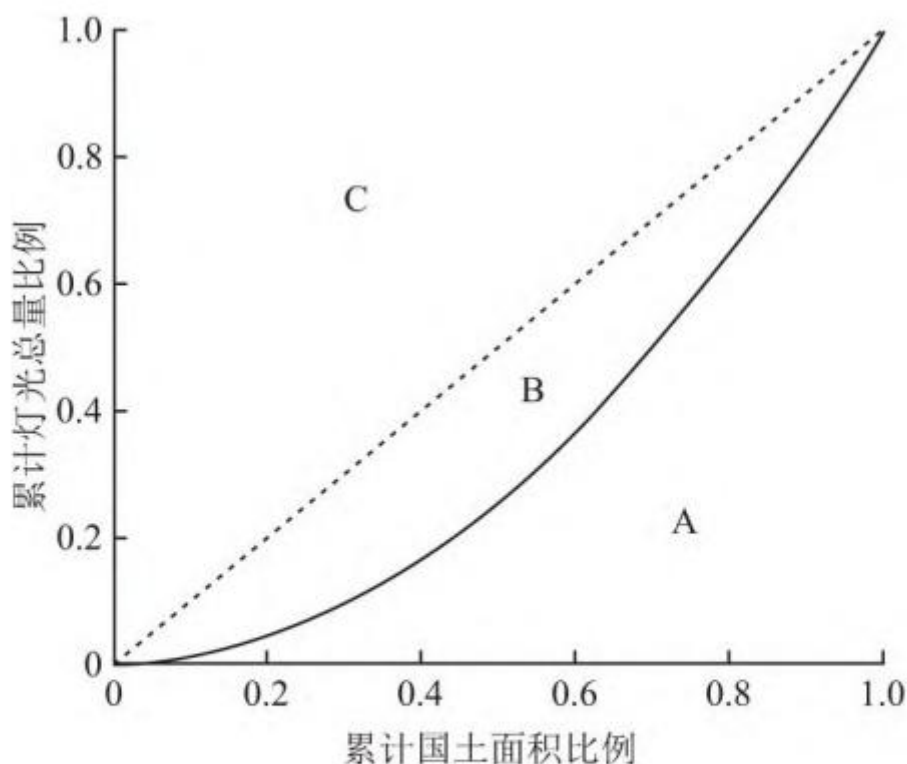


图 3 灯光基尼系数的洛伦兹曲线示意图

Fig. 3 Lorenz curve of light Gini coefficient

根据图 3 中的定义，基尼系数的最大值为 1，最小值为 0。如果洛伦兹曲线正好与 $y=x$ 重合，灯光基尼系数的值等于 0，则说明区域内每个栅格上的灯光亮度值是一致的，即该区域的经济发展是完全空间均衡的。反之，如果灯光基尼系数的值越趋近于 1，则说明区域内的灯光分布越不均衡。

3 分析结果与讨论

3.1 城市群之间的灯光总量差异分析

通过不同城市群灯光总量的变化过程分析城市群之间的差异。图 4 显示了 2012~2020 年五大城市群灯光总量的时间序列结果。从灯光规模上看,长三角城市群一直遥遥领先其他城市群,是第一梯队的城市群。长江中游城市群和成渝城市群的灯光总量十分接近,是第二梯队的城市群。值得注意的是,在 2012 年成渝城市群的灯光规模大于长江中游城市群,但是经过 5 年的发展,2017 年长江中游城市群的灯光规模实现了反超成渝城市群,并且这种优势在逐步扩大。黔中城市群和滇中城市群的规模较为接近,远小于第二梯队,2012 年滇中城市群的规模明显大于黔中城市群,虽然两个城市群的位次在 2015~2016 年进行了转换,2020 年滇中城市群的规模最终还是大于黔中城市群。从 2012~2020 年灯光增长率的角度来说(图 5),长江中游城市群规模增长率为 70.17%;其次为黔中和成渝城市群,分别为 54.41%和 51.83%;再次为长三角城市,增长率 43.90%;滇中城市群的增长速度最慢,为 36.82%。上述分析结果表明,虽然长江中游城市群和成渝城市群均属于第二梯队,但前者在 2012~2020 年期间发展明显更快,并且优势逐步扩大。虽然这两个城市群均有各自的优势,但成渝城市群受到山地地形和陆路交通相对落后的影响,其区域发展和城市扩展受到了一定的限制^[29],这也表明了区位优势 and 自然条件是长江中游城市群能够更快发展的因素之一。在西南地区,2012~2020 年期间黔中城市群的增长速度明显高于滇中城市群,其中贵州省政府开展大数据产业建设、优化投资环境等一系列战略措施是黔中城市群发展较滇中城市群更快的主要因素[30]。从五个城市群灯光总量的变异系数角度来看(图 6),可以发现 2012~2018 年,五大城市群之间的总体差异在逐渐减小,但是 2018 年之后,这种差异又逐渐增大,差异的增减与不同城市群的相对发展速度变化直接相关。

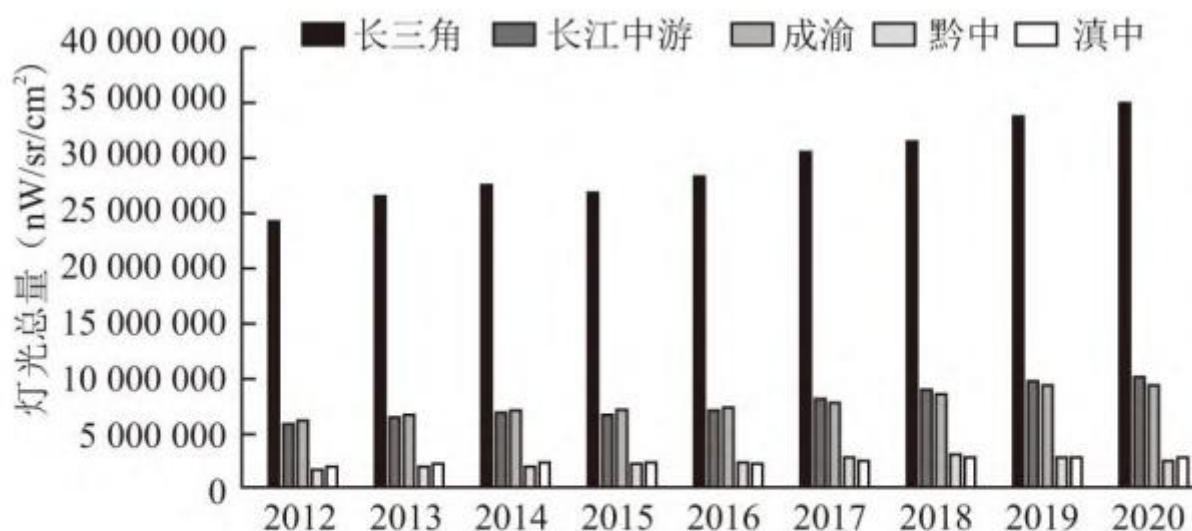


图 4 2012~2020 年五大城市群的灯光总量变化

Fig. 4 Total night-time light of five major urban agglomerations during 2012–2020

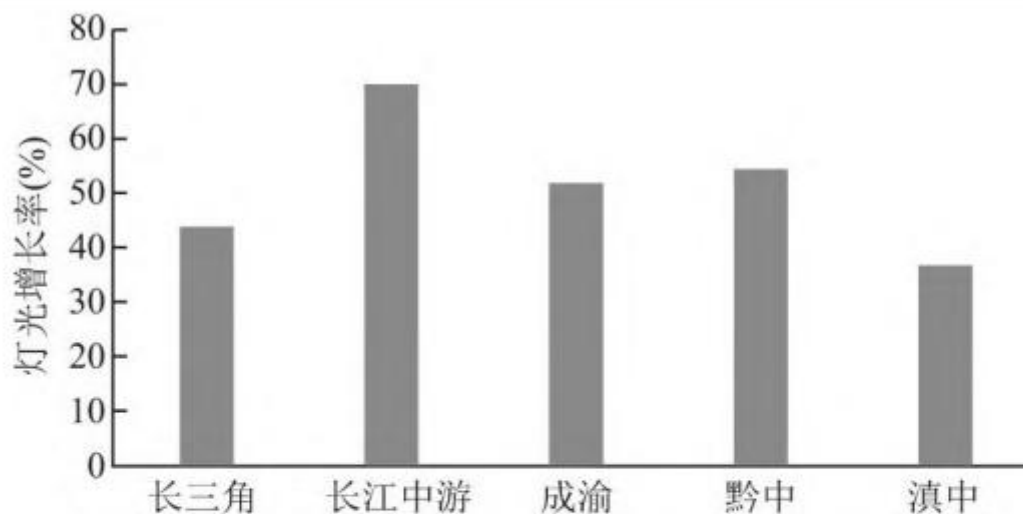


图 5 2012~2020 年五大城市群的灯光增长率

Fig. 5 Light growth rate of five major urban agglomerations during 2012–2020

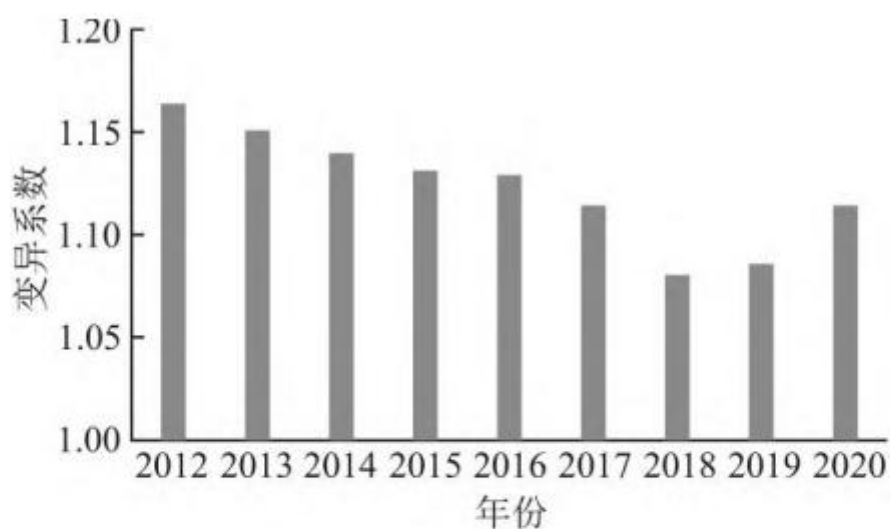


图 6 2012~2020 年五大城市群灯光总量的变异系数

Fig. 6 Coefficient of variation for total night-time light of five major urban agglomerations during 2012–2020

3.2 城市群内部的差异性分析

3.2.1 位序-规模分析

研究中采用位序-规模法则计算了城市规模的集中程度。图7显示了长三角城市群在2012和2020年双对数变换下的位序-规模关系(该变换有助于快捷的计算 q 值)。通过公式4可以计算得到每个城市群的捷夫指数(q 值)。图8显示了2012~2020年五大城市群内部位序-规模的 q 值,并且计算了 q 值和年份的皮尔逊相关系数以及显著性,用来判断 q 值是否呈现显著性上升或者下降。可以发现:(1)长三角城市群的捷夫指数呈现逐年递减趋势,随着中小城市的不断发育,城市体系的集中程度减弱,该区域的城镇分布由首位型分布转化为位次型分布;(2)长江中游城市群的捷夫指数表现为先增加后减少再回升的模式,长期趋势不明显,总的来说,该城市群一直处于位次型分布的状态,大城市的地位不明显;(3)成渝城市群的捷夫指数表现为更加复杂的波动,长期趋势性不明显,但该城市群一直处于首位分布状态,城市规模的集中度较高;(4)黔中城市群的捷夫指数略有升高,但长期趋势不明显,城市规模始终较为分散,一直处于位次型分布的状态;(5)同样处于西南地区,滇中城市群的城市规模始终较为集中,一直处于首位分布状态,并且城市规模的集中度略有下降,表明中小城市的相对地位略有提高。

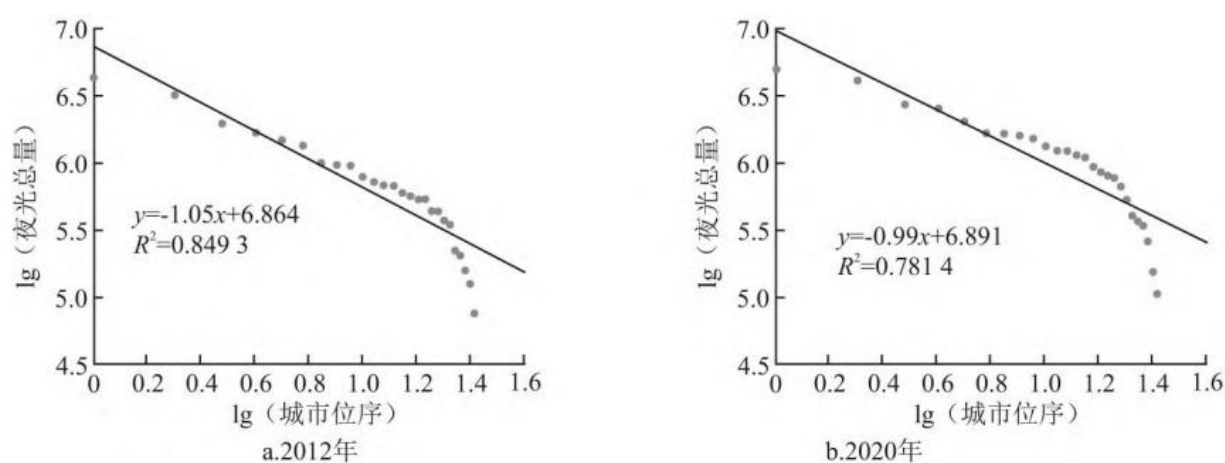


图7 长三角城市群双对数城市位序-规模关系(2012和2020年)

Fig. 7 Log-log rank-size relation for cities in YREZ (years of 2012 and 2020)

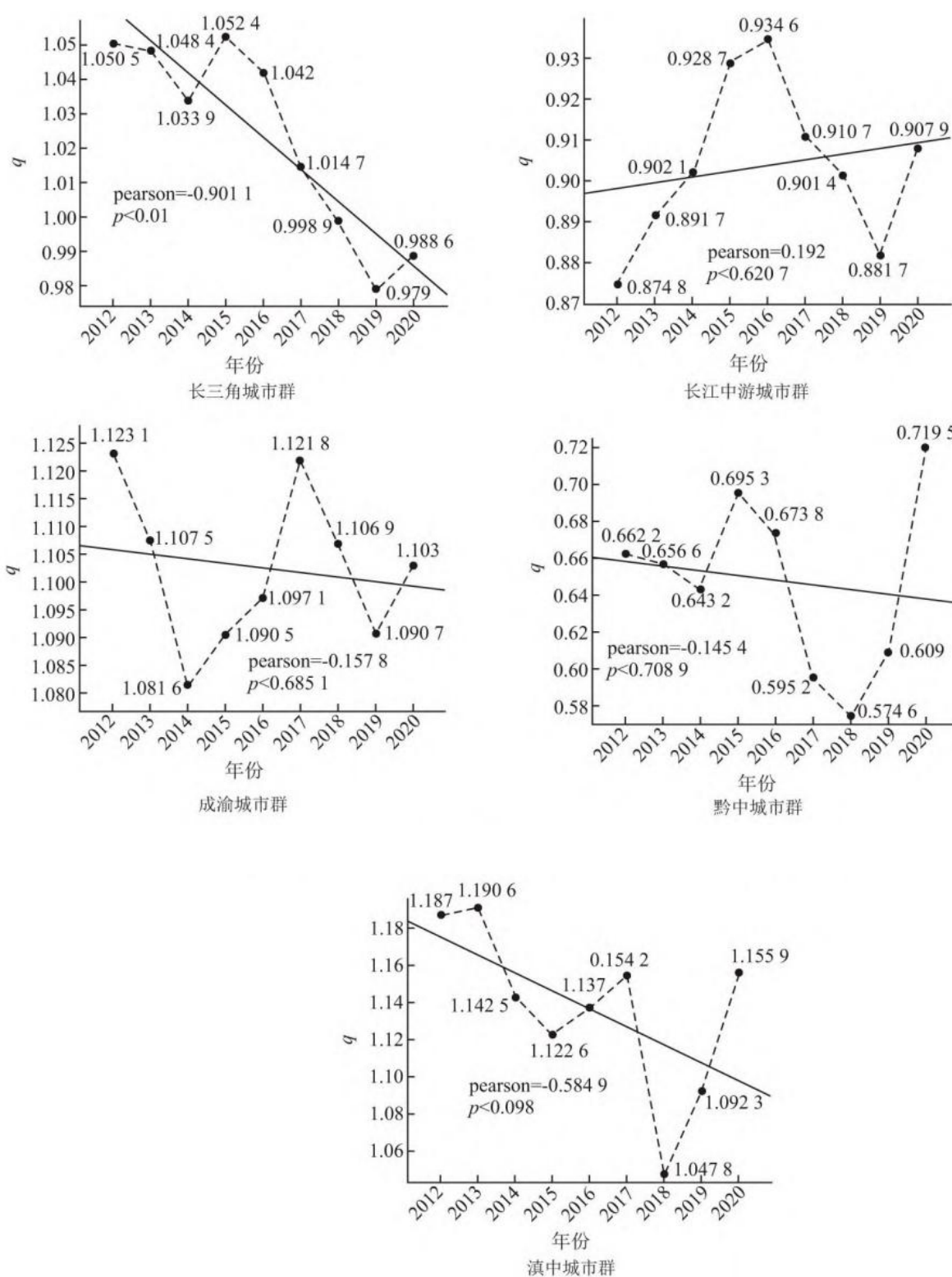


图 8 2012~2020 年五大城市群位序-规模的 q 值

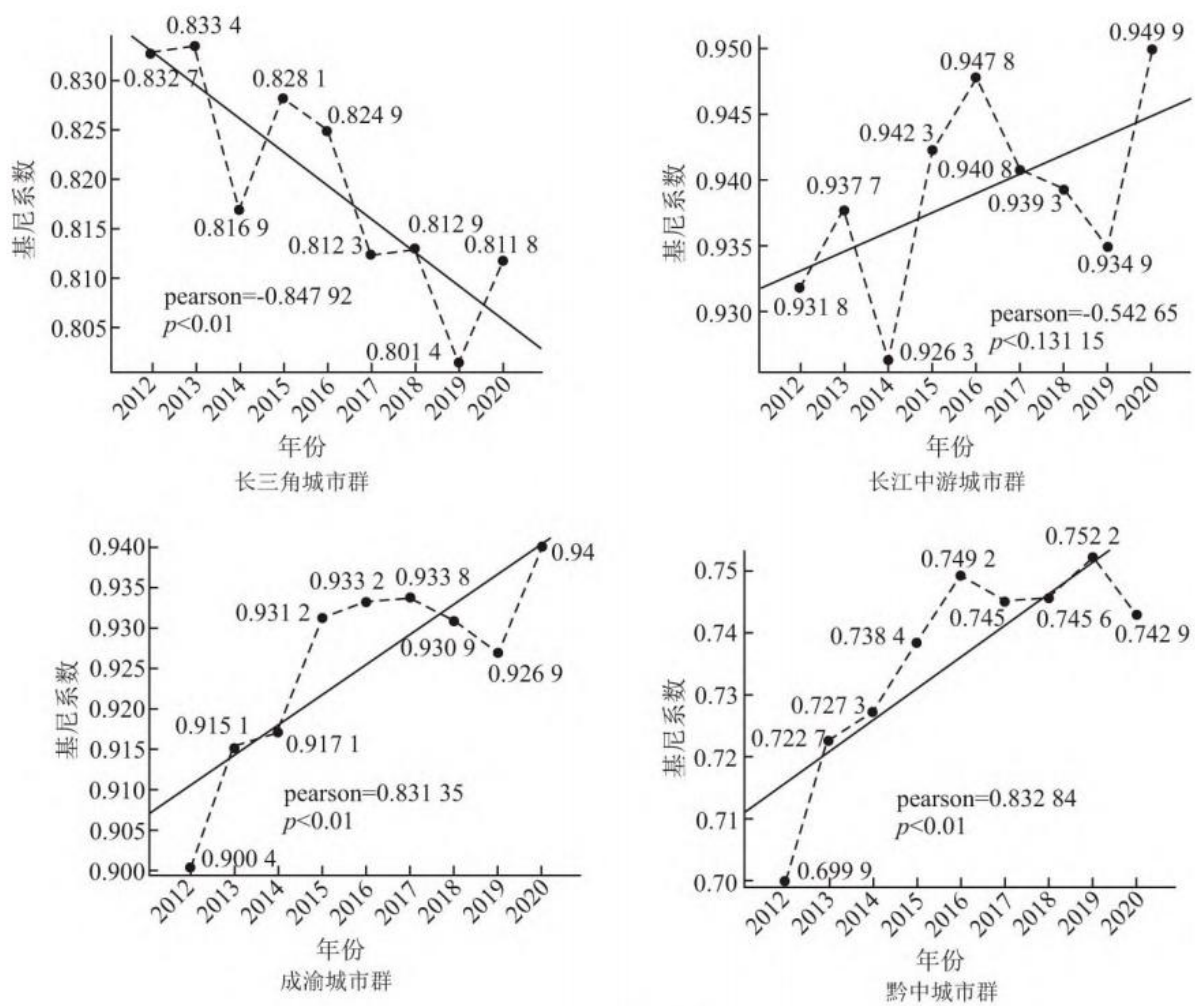
Fig. 8 Q -value for the rank-size relation of five major urban agglomerations during 2012–2020

总的来说，五大城市群中，只有长三角城市群的规模分布呈现出明显的长期变化趋势（即城市规模趋于分散），体现出长三角

的核心城市已经对周围城市发展产生了明显的辐射作用，其他城市群的规模分布呈现一定的波动性，其中成渝城市群和滇中城市群始终处于首位型分布，而长江中游城市群和黔中城市群一直处于位次型分布，并且黔中城市群最为分散。

3.2.2 灯光基尼系数分析

位序-规模法则能够有效分析城市群内部不同规模城市的分布，相比之下，灯光基尼系数能够突破城市与城市之间的行政边界限制，用来分析城市群内部不同地理位置发展的整体差异性。图 9 显示了 2012~2020 年五大城市群的灯光基尼系数的变化，并计算了灯光基尼系数与年份的关系，用来表示灯光基尼系数的变化趋势。通过图 9,可以发现：(1)长三角城市群的区域发展较为平衡，并且近 9 年的发展变得更加均衡；(2)长江中游城市群发展不均衡度较高，尽管趋势不显著，但这种不均衡度总体上表现为逐年上升；(3)成渝城市群的发展不均衡度很高，而且这种不均衡度有显著增加趋势；(4)黔中城市群内部发展较为均衡，但不均衡度在逐年升高；(5)滇中城市群内部发展较为均衡，虽然存在一定的波动，但这种不均衡度总体表现为逐年升高。



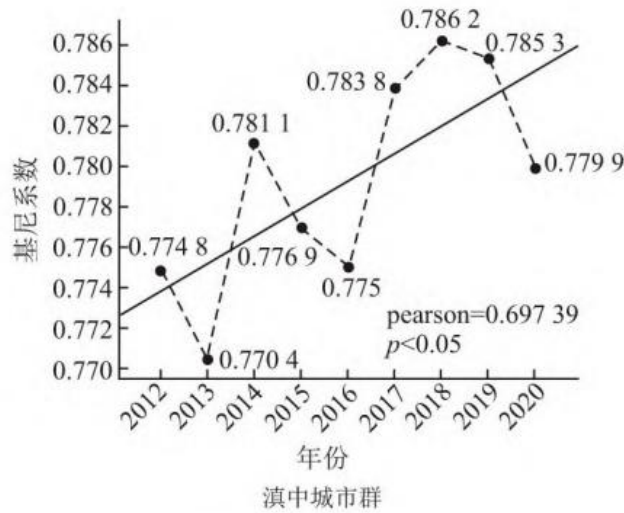


图 9 2012~2020 年五大城市群的灯光基尼系数

Fig. 9 Light Gini Coefficient for five major urban agglomerations during 2012–2020

总体而言，五大城市群中仅有长三角城市群的发展呈现愈加均衡的趋势，长江中游城市群和成渝城市群发展的不均衡度较高，并且呈现更加不均衡的趋势，黔中城市群和滇中城市群虽然历史上较为均衡，但正在逐渐转向不均衡。上述发现和其他已有的文献存在一定的契合。例如长江中游城市群发展的不均衡可以体现在武汉城市圈的聚集程度在变高，而环鄱阳湖城市群的发展则一直较为分散^[13]。

4 结论

评估长江经济带主要城市群的差异性对于研究该区域的城市化进程具有重要意义。本文通过新一代夜间灯光遥感“黑色大理石”产品分析了长江经济带的区域发展规律，相比已有的相关研究，研究中采用了辐射质量更高的夜间灯光产品（黑色大理石产品），结果的可靠性更高。研究的主要发现如下：(1) 揭示了近年来五大城市群规模的差异性及转换模式：虽然长三角城市群一直雄踞三大城市群的第一梯队，但长江中游城市群的增长速度最快，并从规模上反超成渝城市群并将优势逐渐扩大，而滇中和黔中城市群同属第三梯队，两者间的竞争较为激烈，两者的位次发生了两次转换；总体上来说，五大城市群的总体差异呈现先减小后增加的趋势。(2) 从城市位序-规模角度来说，五大城市群中，仅有长三角城市群的发展呈现愈加均衡的趋势，其他城市群的发展均衡度无显著变化趋势。(3) 如果将城市群作为整体且关注空间网格的差异性，同样发现仅有长三角城市群的发展呈现愈加均衡的趋势，而其它城市群内部的不平衡度在增加。

根据 2016 年国务院批复的《长江经济带发展规划纲要》，需要以长江黄金水道为依托，发挥长江三角洲城市群、长江中游城市群、成渝城市群为主体的辐射带动作用，打造长江经济带三大增长极。从夜间灯光的分析来看，目前长三角内部的发展正在趋于均衡，表明长三角的核心城市已经充分发挥了辐射作用，长三角内部已经正在实现协同发展，这与《长江经济带发展规划纲要》中提出充分发挥上海国际大都市龙头作用、以建设世界级城市群为目标的定位是完全符合的。但是，由于长江中游城市群和成渝城市群的发展基础相对薄弱，从灯光的位序-规模分析上看，其核心城市的辐射作用尚不显著。2022 年 2 月国务院批复的《长江中游城市群发展“十四五”实施方案》指出该城市群是中部地区崛起的重要支撑，到 2025 年长江中游城市群协同发展需要取得实质性进展，考虑到长江中游城市群的灯光整体增长率遥遥领先其他的城市群，该目标有望得以实现。此外，《长江经济带发展规划纲要》反复指出交通建设对于实现该区域协调发展的关键作用，本研究发现长江中游城市群的灯光增长率明显高于成渝城市群，这与长江中游城市群的交通优势密切相关，再次说明了交通建设必须放在长江经济带建设的核心地位。《长江经济带发展规划纲要》中，黔中城市群和滇中城市群均被定位为区域性城市群，是对三大增长极的有效补充，但是相比之下，

黔中城市群发展速度明显更快，说明了贵州省政府的招商引资政策，特别是发展大数据产业的战略，已经明显提升了黔中城市群的地位，上述现象说明了各城市群需要寻找符合自身区位优势的发展战略，才能加速区域经济发展，实现长江经济带内部的协同发展。

参考文献

- [1] 王丰龙, 曾刚. 长江经济带研究综述与展望[J]. 世界地理研究, 2017, 26(2):62-71, 81. WANG F L, ZENG G. A review and prospect on studies of Yangtze River Economic Belt[J]. World Regional Studies, 2017, 26(2):62-71, 81.
- [2] 杨冕, 王银. 长江经济带 PM_{2.5} 时空特征及影响因素研究[J]. 中国人口·资源与环境, 2017, 27(1):91-100. YANG M, WANG Y. Spatial-temporal characteristics of PM_{2.5} and its influencing factors in the Yangtze River Economic Belt[J]. China Population, Resources and Environment, 2017, 27(1):91-100.
- [3] 周成, 冯学钢, 唐睿. 区域经济-生态环境-旅游产业耦合协调发展分析与预测——以长江经济带沿线各省市为例[J]. 经济地理, 2016, 36(3):186-193. ZHOU C, FENG X G, TANG R. Analysis and forecast of coupling coordination development among the regional economy-ecological environment-tourism industry:A case study of provinces along the Yangtze Economic Zone[J]. Economic Geography, 2016, 36(3):186-193.
- [4] 苏科, 周超. 人力资本、科技创新与绿色全要素生产率——基于长江经济带城市数据分析[J]. 经济问题, 2021(5):71-79. SU K, ZHOU C. Human capital, technological innovation and green total factor productivity:Based on the data analysis of cities in the Yangtze River Economic Belt[J]. On Economic Problems, 2021(5):71-79.
- [5] 方创琳, 周成虎, 王振波. 长江经济带城市群可持续发展战略问题与分级梯度发展重点[J]. 地理科学进展, 2015, 34(11):1398-1408. FANG C L, ZHOU C H, WANG Z B. Sustainable development strategy and priorities of spatially differentiated development of urban agglomerations along the Yangtze River Economic Belt[J]. Progress in Geography, 2015, 34(11):1398-1408.
- [6] 冯兴华, 钟业喜, 徐羽, 等. 长江经济带区域空间结构演化研究[J]. 长江流域资源与环境, 2015, 24(10):1711-1720. FENG X H, ZHONG Y X, XU Y, et al. Evolvement of regional spatial structure in the economic belt of Yangtze River[J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2015, 24(10):1711-1720.
- [7] 冯兴华, 钟业喜, 李峥荣, 等. 长江经济带城市体系空间格局演变[J]. 长江流域资源与环境, 2017, 26(11):1721-1733. FENG X H, ZHONG Y X, LI Z R, et al. Evolvement of spatial pattern of urban system in the economic belt of Yangtze River[J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2017, 26(11):1721-1733.
- [8] 马静, 邓宏兵, 张红. 长江经济带区域经济差异与空间格局分析[J]. 统计与决策, 2017(16):86-90. MA J, DENG H B, ZHANG H. Analysis on regional economic difference and spatial pattern of YREZ[J]. Statistics & Decision, 2017(16):86-90.
- [9] 王雅竹, 段学军, 王磊, 等. 长江经济带经济发展的时空分异及驱动机理研究[J]. 长江流域资源与环境, 2020, 29(1):1-12. WANG Y Z, DUAN X J, WANG L, et al. Spatial and temporal differentiation and driving mechanism of economic development in the Yangtze River Economic Belt[J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2020, 29(1):1-12.
- [10] 王俊龙, 郭贯成. 长江经济带城市化发展水平时空差异——基于 108 个城市的实证分析[J]. 北京理工大学学报(社会科学版)

学版), 2021, 23(5):66-74, 100. WANG J L, GUO G C. The spatial and temporal differences of urbanization development level in the Yangtze River Economic Zone: Based on empirical analysis of 108 cities[J]. Journal of Beijing Institute of Technology (Social Sciences Edition), 2021, 23(5):66-74, 100.

[11] 姚作林, 涂建军, 牛慧敏, 等. 成渝经济区城市群空间结构要素特征分析[J]. 经济地理, 2017, 37(1):82-89. YAO Z L, TU J J, NIU H M, et al. The research on urban agglomeration spatial structure of Cheng-Yu Economic Zone[J]. Economic Geography, 2017, 37(1):82-89.

[12] 唐健雄, 何庆, 刘雨婧. 长三角城市群城镇化质量与规模的时空错位及影响因素分析[J]. 华中师范大学学报(自然科学版), 2022, 56(4):703-716. TANG J X, HE Q, LIU Y J. Spatiotemporal dislocation and influencing factors of urbanization quality and scale in Yangtze River Delta urban agglomeration[J]. Journal of Central China Normal University (Natural Sciences), 2022, 56(4):703-716.

[13] 肖泽平, 钟业喜, 冯兴华, 等. 长江中游城市群空间结构演变及效应分析[J]. 长江流域资源与环境, 2021, 30(11):2607-2617. XIAO Z P, ZHONG Y X, FENG X H, et al. Spatial structure evolution and effect analysis of urban agglomeration in middle reaches of Yangtze River[J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2021, 30(11):2607-2617.

[14] DONALDSON D, STOREYGARD A. The view from above: Applications of satellite data in economics[J]. Journal of Economic Perspectives, 2016, 30(4):171-198.

[15] 余柏菡, 王丛笑, 宫文康, 等. 夜间灯光遥感与城市问题研究: 数据、方法、应用和展望[J]. 遥感学报, 2021, 25(1):342-364. YU B L, WANG C X, GONG W K, et al. Nighttime light remote sensing and urban studies: Data, methods, applications, and prospects[J]. National Remote Sensing Bulletin, 2021, 25(1):342-364.

[16] 张超, 王春杨, 吕永强, 等. 长江经济带城市体系空间结构——基于夜间灯光数据的研究[J]. 城市发展研究, 2015, 22(3):19-27. ZHANG C, WANG C Y, LV Y Q, et al. Research on city system spatial structure of the Yangtze River Economic Belt: Based on DMSP/OLS night time light data[J]. Urban Development Studies, 2015, 22(3):19-27.

[17] 刘华军, 彭莹, 贾文星, 等. 长江经济带区域发展差异及空间溢出效应——基于 1992-2013 年 DMSP/OLS 城市夜间灯光数据的考察[J]. 山东财经大学学报, 2017, 29(5):25-35, 53. LIU H J, PENG Y, JIA W X, et al. Regional development difference and spatial spillover effects of Yangtze River Economic Belt: Based on DMSP/OLS nighttime lighting data from 110 cities from 1992 to 2013[J]. Journal of Shandong University of Finance and Economics, 2017, 29(5):25-35, 53.

[18] 孙钦珂, 周亮, 申如如, 等. 基于 DMSP/OLS 数据的长江经济带城市用地空间分异特征[J]. 遥感信息, 2019, 34(4):79-86. SUN Q K, ZHOU L, SHEN R R, et al. Spatial heterogeneity of urban land use in Yangtze River Economic Belt based on DMSP/OLS data[J]. Remote Sensing Information, 2019, 34(4):79-86.

[19] 晁静, 赵新正, 李同昇, 等. 基于多源夜间灯光数据的长江经济带三大城市群规模结构动态比较[J]. 地理与地理信息科学, 2020, 36(1):44-51. CHAO J, ZHAO X Z, LI T S, et al. Comparative analysis on the dynamic characteristics of scale structure among three urban agglomerations in the Yangtze River Economic Belt based on multi-source nighttime light data[J]. Geography and Geo-Information Science, 2020, 36(1):44-51.

-
- [20] 官冬杰, 和秀娟, 陈林. 长江经济带不同尺度城市规模扩张特征及空间差异研究[J]. 重庆交通大学学报(自然科学版), 2020, 39(6):108-116. GUAN D J, HE X J, CHEN L. Characteristics and spatial difference of urban scale expansion in different scales in the Yangtze River Economic Belt[J]. Journal of Chongqing Jiaotong University (Natural Science), 2020, 39(6):108-116.
- [21] 李德仁, 李熙. 论夜光遥感数据挖掘[J]. 测绘学报, 2015, 44(6):591-601. LI D R, LI X. An overview on data mining of nighttime light remote sensing[J]. Acta Geodaetica et Cartographica Sinica, 2015, 44(6):591-601.
- [22] BENNETT M M, SMITH L C. Advances in using multitemporal night-time lights satellite imagery to detect, estimate, and monitor socioeconomic dynamics[J]. Remote Sensing of Environment, 2017, 192:176-197.
- [23] ROMÁN M O, WANG Z, SUN Q, et al. NASA's Black Marble nighttime lights product suite[J]. Remote Sensing of Environment, 2018, 210:113-143.
- [24] CHEN X, NORDHAUS W D. VIIRS nighttime lights in the estimation of cross-sectional and time-series GDP[J]. Remote Sensing, 2019, 11(9):1057.
- [25] ELVIDGE C D, BAUGH K E, KIHN E A, et al. Relation between satellite observed visible-near infrared emissions, population, economic activity and electric power consumption[J]. International Journal of Remote Sensing, 1997, 18(6):1373-1379.
- [26] SMALL C, ELVIDGE C D, BALK D, et al. Spatial scaling of stable night lights[J]. Remote Sensing of Environment, 2011, 115(2):269-280.
- [27] ELVIDGE C D, BAUGH K E, ANDERSON S J, et al. The Night Light Development Index (NLDI): A spatially explicit measure of human development from satellite data[J]. Social Geography, 2012, 7(1):23-35.
- [28] XU H, YANG H, LI X, et al. Multi-scale measurement of regional inequality in China's mainland during 2005-2010 using DMSP/OLS night light imagery and population density grid data[J]. Sustainability, 2015, 7(10):13469-13499.
- [29] 刘安长. 四大城市群竞争中国经济“第四极”的比较研究[J]. 理论月刊, 2013(10):118-122.
- [30] 黄穆艳. 地方政府在城市群发展中的作用研究——基于滇中城市群与黔中城市群的比较分析[J]. 昭通学院学报, 2019, 41(2):23-28. HUANG M Y. Research on the roles of local government in the development of urban agglomerations: Based on comparative analysis between the urban agglomerations in central Yunnan and Guizhou[J]. Journal of Zhaotong University, 2019, 41(2):23-28.