

分类号 CB/261
U D C

密级
编号 10741

兰州财经大学

LANZHOU UNIVERSITY OF FINANCE AND ECONOMICS

硕士学位论文

论文题目 产业集聚对生态效率的影响研究—以长三角
城市群为例

研究生姓名: 戴加州

指导教师姓名、职称: 宋马林 教授

学科、专业名称: 应用经济学 统计学

研究方向: 经济与社会统计

提交日期: 2021.06.06

独创性声明

本人声明所呈交的论文是我个人在导师指导下进行的研究工作及取得的研究成果。尽我所知，除了文中特别加以标注和致谢的地方外，论文中不包含其他人已经发表或撰写过的研究成果。与我一同工作的同志对本研究所做的任何贡献均已论文中作了明确的说明并表示了谢意。

学位论文作者签名： 戴加洲 签字日期： 2021.5.31

导师签名： 宋子林 签字日期： 2021.5.31

关于论文使用授权的说明

本人完全了解学校关于保留、使用学位论文的各项规定， 同意（选择“同意” / “不同意”）以下事项：

- 1.学校有权保留本论文的复印件和磁盘，允许论文被查阅和借阅，可以采用影印、缩印或扫描等复制手段保存、汇编学位论文；
- 2.学校有权将本人的学位论文提交至清华大学“中国学术期刊（光盘版）电子杂志社”用于出版和编入 CNKI《中国知识资源总库》或其他同类数据库，传播本学位论文的全部或部分内容。

学位论文作者签名： 戴加洲 签字日期： 2021.5.31

导师签名： 宋子林 签字日期： 2021.5.31

The impact of industrial agglomeration on Ecological Efficiency: a case study of Yangtze River Delta

Candidate : Jiazhou Dai

Supervisor: Malin Song

摘 要

自改革开放之后,我国经济迅猛发展,而长三角城市群现已成为我国经济发展最具活力、科技文化实力最强、对外开放程度最高的地区之一,产业集聚促进了长三角地区的经济发展,但也带来了环境问题,近年来长三角地区经济发展与环境保护之间的矛盾表现的越来越突出,各个市的发展更是参差不齐,如何统一长三角整体经济发展与环境效益,值得我们深思。

本文首先分别从单一产业集聚和异质产业协同集聚的角度,分析产业集聚对生态效率的影响机制,为分析其对生态效率影响提供了理论依据,并对 2008-2018 年长三角城市群 26 个地级市的产业集聚特征进行测度。其次选用超效率 SBM 模型计算 2008-2018 年各市的生态效率值,并对其进行分析,最后利用空间杜宾模型模型分析单一产业集聚和产业协同集聚对生态效率的影响,以便于为长三角城市群高质量发展提供相应理论参考。

结果表明 (1) 长三角地区制造业总体集聚水平呈现上升趋势,且制造业存在由东部向西部地区转移的趋势;知识密集型服务业相对于制造业集聚水平而言总体水平较低,且知识密集型服务业集聚水平总体呈现下降趋势,同时知识密集型服务业逐渐转移向经济发达地区。二者协同集聚水平总体呈下降趋势,产业发展不均衡;(2) 长三角地区生态效率的平均水平呈现轻微下降趋势,各个城市生态效率差异较大,可以明显的看出存在东西差异,其次上海和杭州周边城市的生态效率水平较高,同时长三角地区的生态效率高点逐渐向上海地区转移;(3) 制造业集聚以及制造业和知识密集型服务业的协同集聚均能提高区域生态效率,且制造业集聚有着明显的正的空间溢出效应。而知识密集型服务业集聚促进区域生态效率提高不明显。科学技术水平能显著地提高生态效率,且有显著的正空间溢出效应,而产业结构和城市规模参数估计显著为负,且有着显著的负的空间溢出效应。但经济发展,对外开放水平对生态效率的影响并不显著。

关键字: 产业集聚; 生态效率; 超效率 SBM 模型; 空间杜宾模型

Abstract

Since the reform and opening up, China's economy has developed rapidly. The Yangtze River Delta has become one of the regions with the most dynamic economy, the highest degree of openness, the strongest ability of scientific and technological innovation, the most complete industrial system and the most convenient factor flow. Industrial agglomeration promotes the economic development of the Yangtze River Delta, but it also brings about environmental problems. In recent years, the contradiction between economic development and environmental protection in the Yangtze River Delta has become more and more prominent, and the development of various cities is uneven. How to unify the overall economic development and environmental benefits of the Yangtze River Delta is worth thinking deeply.

Firstly, based on the theoretical analysis of the impact of single industrial agglomeration and heterogeneous industrial collaborative agglomeration on the ecological efficiency of industrial agglomeration, this paper provides a theoretical basis for the analysis of its impact on the ecological efficiency, and measures the industrial agglomeration characteristics of 26 prefecture level cities in the Yangtze River Delta urban agglomeration from 2008 to 2018. Secondly, super efficiency SBM model is used to calculate and analyze the ecological efficiency of each city from 2008 to 2018. Finally, the spatial Durbin model is used to

analyze the impact of industrial agglomeration on ecological efficiency, so as to provide corresponding theoretical reference for the high-quality development of Yangtze River Delta urban agglomeration.

The results show that (1) the overall agglomeration level of manufacturing industry in the Yangtze River Delta region is on the rise, and the manufacturing industry has a trend of transferring from the east to the West; the overall level of knowledge intensive service industry is lower than that of manufacturing industry, and the agglomeration level of knowledge intensive service industry is on the decline, and the knowledge intensive service industry is gradually transferring to the economically developed regions . The collaborative agglomeration level of the two shows a downward trend, and the industrial development is unbalanced. (2) The average level of ecological efficiency in the Yangtze River Delta region showed a slight downward trend, and the ecological efficiency of each city was quite different. It can be seen that there were obvious differences between the East and the West. Secondly, the ecological efficiency level of the cities around Shanghai and Hangzhou was higher, and the ecological efficiency peak of the Yangtze River Delta region gradually shifted to Shanghai. (3) The agglomeration of manufacturing industry and the collaborative agglomeration of manufacturing industry and knowledge intensive service industry can improve the regional ecological efficiency, and the agglomeration of

manufacturing industry has obvious positive spatial spillover effect. However, it is not obvious that the agglomeration of knowledge intensive service industry promotes the improvement of regional ecological efficiency. The level of science and technology can significantly improve the ecological efficiency, and has a significant positive spatial spillover effect, while the estimation of industrial structure and city size parameters is significantly negative, and has a significant negative spatial spillover effect. However, economic development and the level of opening to the outside world have no significant impact on ecological efficiency.

Keywords: Industrial Agglomeration; Ecological efficiency; Super SBM
Spatial Durbin model

目 录

1 绪 论	1
1.1 研究背景及研究意义.....	1
1.1.1 研究背景.....	1
1.1.2 研究意义.....	2
1.2 文献综述.....	3
1.2.1 生态效率研究现状.....	3
1.2.2 产业集聚研究现状.....	5
1.2.3 产业集聚对生态效率影响的研究现状.....	7
1.2.4 文献述评.....	8
1.3 研究内容与研究方法.....	8
1.3.1 研究内容.....	8
1.3.2 研究方法.....	9
1.4 研究的创新与不足.....	10
2 相关概念，理论基础及作用机制	10
2.1 相关概念.....	10
2.1.1 区域生态效率.....	10
2.1.2 制造业与知识密集型产业.....	11
2.1.3 产业集聚与产业协同集聚.....	11
2.2 理论基础.....	12
2.2.1 外部规模经济理论.....	12
2.2.2 竞争优势理论.....	12
2.2.3 产业协同集聚理论.....	13
2.3 作用机制.....	13
2.3.1 产业集聚对提升生态效率的作用机制.....	13
2.3.1 产业协同集聚对提升生态效率的作用机制.....	14
3 长三角城市群产业集聚测度分析	15
3.1 长三角城市群产业集聚测度.....	15

3.1.1 指标选择.....	15
3.1.2 数据说明.....	16
3.2 长三角城市群产业集聚结果分析.....	16
3.2.1 长三角城市群制造业和知识密集型产业集聚结果分析.....	16
3.2.2 长三角城市群制造业和知识密集型产业协同集聚结果分析.....	21
4 长三角城市群生态效率测度分析.....	25
4.1 模型的选择.....	25
4.2 指标体系的构建.....	28
4.2.1 指标选取原则.....	28
4.2.2 样本选取与数据来源.....	28
4.3 长三角城市群生态效率结果分析.....	29
5. 产业集聚对生态效率的影响分析.....	33
5.1 空间计量模型介绍.....	33
5.2 相关变量及数据说明.....	34
5.2.1 相关变量.....	34
5.2.2 数据说明.....	35
5.3 空间计量检验.....	36
5.3.1 空间相关性分析与空间权重矩阵设置.....	36
5.3.2 空间模型选择.....	37
5.4 空间计量模型估计结果.....	39
6 结论与建议.....	41
6.1 结论.....	41
6.2 建议.....	43
致谢.....	45
参考文献.....	46

1 绪 论

1.1 研究背景及研究意义

1.1.1 研究背景

改革开放以来，我国经济发展速度与日俱增，到了 2019 年，中国国内生产总值已经超过了 98 万亿元，占到全世界生产总值的近五分之一，经济总量位列世界第二。但是在我国经济发展的过程当中，仍然存在着过度消耗资源以及污染生态环境的问题。中国的一大部分产业，尤其是工业，长期以来，都存在着对能源高消耗，对环境高污染的问题。这样在经济发展的过程当中只盲目地关注经济增长而忽视对生态环境资源保护，不仅会对资源造成大量的浪费，而且还会对中国的生态环境造成很大甚至不可逆的影响。

以环境污染及自然资源过度损耗为代价换来的经济发展成果所引发的一系列社会和生态问题，使人们越来越关注经济生产对自然环境的影响。党的十九大中不仅强调要在发展经济的同时进行生态文明建设，更是把污染防治作为我国三大攻坚战之一，这些都表明我国经济发展要从注重速度发展转向注重质量发展。这就要求我国现阶段必须协调好经济发展与环境资源之间的关系，实现经济发展与环境保护、能源效率提升并重已成为我国经济建设的重中之重。我国早期经济发展带来了大量破坏污染环境的问题，而对环境污染的治理远比破坏困难，如果发展思想以及结构不转变，那么在经济发展的过程中环境污染与资源浪费的现象还将继续恶化，在生态文明建设过程当中，我们很难做到不再造成污染，因此我们应该研究如何用更少的资源投入，带来更高的经济收益，以及造成更低的环境污染。

作为我国经济最发达的城市群之一，长三角城市群在经济发展过程中同样存在我国经济发展中存在的粗放式、高能耗、高污染的问题。根据全国第二次污染源普查，长三角地区的浙江和江苏两省都属于全国前五位污染地区，再从带来高污染的行业来看，主要集中在金属矿物制造业、设备制造业以及纺织轻工业等行业内，这几种制造业在我国工业体系中所造成的污染源占比达到国家污染源总数

的近百分之五十，而这些制造业正是长三角地区的主要产业。种种迹象表明长三角地区的生产方式仍然存在高污染的问题，是我国污染物排放量、资源和能源消耗强度最高的地区之一。

本文选取基于长三角城市群 26 个地级市 2008-2018 年的面板数据，研究分析产业集聚以及生态效率水平，并基于研究得到的结果建立空间计量模型来研究产业集聚对生态效率的影响，并从产业集聚视角对提升长三角城市群生态效率提出一些可行性建议。

1.1.2 研究意义

1.理论意义

区域生态效率以及产业集聚的相关问题现已被诸多学者研究，其中对于区域生态效率的研究，主要包括了生态效率的影响因素、时空特征以及评价方法，关于产业集聚的研究，多是集中在其对经济增长、全要素生产率以及环境污染的影响上。而分析产业集聚对区域生态效率影响的文献相对较少，特别是不同类型产业协同聚集对区域生态效率影响的研究更少。因此，本文从投入产出角度考虑，根据长三角城市群 26 个城市的宏观数据，构建生态效率指数，并利用相关模型对不同产业集聚模式对区域生态效率的影响进行研究，通过创新研究产业集聚对区域生态效率的影响的角度对目前产业集聚研究内容进行丰富与发展。

2.现实意义

长三角城市群是中国经济最发达的地区之一，但其在经济发展过程，伴随着人口和城市的扩张，而导致了资源过度的消耗、环境污染，破坏了各市生态文明建设，经济发展与生态文明之间发展不协调的矛盾与日俱增。通过梳理国内外相关文献，从产业聚集角度，利用既有数据对目前长三角城市群的生态效率等方面内容进行深入细致的研究，既能了解现阶段生态经济发展水平，又能把握产业集聚对生态效率的影响，提出的对策性研究成果更能为政府相关部门制定科学、合理的健康快速发展政策提供依据和有力支撑。这对长三角地区经济的绿色高效发展有着重要的现实意义。

1.2 文献综述

1.2.1 生态效率研究现状

生态效率 (eco-efficiency) 最早由 Schaltegger 和 Burritt (1990) 提出。随后经济合作与发展组织(OECD, 1998)为生态效率提供了一个广泛的定义, 即生态效率是指企业、行业、地区或经济体在生产更多的商品和服务的同时, 对环境的影响更小, 对自然资源的消耗更少, 从而将经济和生态问题结合起来。

生态效率描述了经济、资源、环境三个方面的问题, 因此对生态效率的测度结果应该能够同时反映经济增长、资源消耗以及对环境的影响。部分学者通过对经济增长、资源消耗以及环境影响三个方面的多个相关数据进行加权处理, 使其最终被合并为一个单独的指标, 例如 Seppala 等 (2005) 将 GDP, 工业生产总产值以及基本商品输出价格的加权值之和作为衡量区域经济发展的指标, 而将对能源以及水资源的消耗、二氧化碳与污染物的排放的加权值之和用来衡量对环境影响的指标, 并将二者比率结果来衡量该地区的生态效率。但是这种方法在对相关数据进行权重赋予的过程当中往往会带有一定的主观性, 因此更多的学者选择使用模型法去测度区域生态效率, 如 DEA 模型、UMM 模型、TOPSIS 模型等模型在国内外收到广泛应用, 其中学者使用最多的是 DEA 模型, 如 Kuosmanen 等 (2005) 利用网络 DEA 模型对芬兰东部三个城镇公路运输的生态效率做了静态分析, 用 Malmquist 指数对其做了动态分析。

学者们对区域生态效率的时空变化特征做了大量的研究, Camarero 等 (2013) 利用 DEA 模型测算了 1980-2008 经合组织国家的生态效率, 并且发现生态效率最高的国家和生态效率最差的国家都倾向于形成趋同俱乐部。Wei (2016) 利用 SBM 模型分析了中国各省生态效率, 认为我国各省生态效率存在集聚现象, 其中我国东南部沿海地区主要表现为高-高集聚, 而我国西部以及部分中部地区则表现为低-低集聚。任宇飞等 (2017) 基于 SBM 模型研究了京津冀地区各个城市的生态效率, 发现县级市的生态效率在空间上存在正的相关性, 其中京津唐三市及其周边地区主要是高值区; 韩燕, 邓美玲 (2020) 根据研究分析了中原城市群的生态效率, 研究发现中原城市群的生态效率在空间上同样呈现正的相关

性，西北地区呈现低低集聚而东南部地区呈现高高集聚，且这种在空间上集聚的趋势正在逐年加强。韩增林等（2018）研究环渤海地区各个城市生态效率，结果发现渤海地区各个城市之间存在省际差异性且不均衡，并且在空间上显著集聚。李成宇等（2018）研究分析了我国各省的工业生态效率，结果表明各省的工业生态效率在地域分布上有着从东部到西部逐渐降低的趋势，并且在空间上显著集聚，近邻效应显著。众多国内外文献表明，生态效率发展存在区域不平衡现象，且在空间上存在俱乐部趋同。

由于生态效率全面反应了经济发展和生态环境保护的协调性，那么如何提高生态效率就成了学者们关注的话题，越来越多的学者开始研究生态效率的影响因素，李青松等（2016）基于 Malmquist 指数研究了河南省的生态效率，研究表明技术进步是生态效率增长的重要原因，而技术效率的变动对生态效率影响较小，影响生态效率增长的主要原因是城市的经济规模以及当地的产业结构。付丽娜等（2012）研究分析了长株潭城市群的生态效率，结果表明促进生态效率增长的主要原因是产业结构以及对科研的投入，而外商投资则显著地抑制了生态效率地增，同时地区生态效率增长的内在动力是技术进步。韩增林等（2018）在研究环渤海各个城市生态效率时发现，科技水平、产业结构、环境规制、城市规模、对外开放都是重要的影响因素，且存在双门槛效应。任宇飞（2017）在研究东部沿海四个城市群生态效率时，认为导致不同区域生态效率低的因素存在差异，影响京津冀城市群生态效率的市其人力资源利用效率低，山东半岛城市群的主要原因是外资利用率不高；长三角城市群生态效率的各影响因素均存在问题；而抑制了珠三角城市群生态效率主要原因是其从业人员总数与建城区面积。李成宇等（2018）在研究分析我国省际工业生态效率时发现，地区的经济发展水平、对外开放程度、产业集聚水平等促进了工业生态效率增长，而环境规制，产业结构则起到抑制作用。

一个地区的生态效率不仅受到该地区内的因素影响，韩燕等（2020）分析了中原城市群生态效率，发现生态效率具有显著的正向空间溢出效应。卢燕群等（2017）分析我国工业生态效率，发现工业生态效率的空间滞后项对生态效率有显著的促进作用，而产业集聚的空间滞后项与工业生态效率之间的关系大致符合 U 型。

通过对国内外生态效率的文献进行梳理,可以看出生态效率作为一个衡量区域经济发展和生态保护平衡的指标,越来越受到学者们的关注。在研究层面上,从微观的企业行业,扩展到宏观的城市,国家。在研究方法上,包括建立指标体系,随机前沿分析,DEA模型。其中由于求解DEA模型需要的相关指标相对较少,而且原始数据的信息丢失的较少,因此更多的学者选择使用DEA模型。DEA模型包括了Malmquist指数,SBM模型,超效率DEA模型等。对于生态效率影响的研究也从最初的Tobit回归,到引入地理因素的空间计量模型和门槛回归等。研究结论主要是生态效率发展存在区域不平衡现象,且在时空演变上存在俱乐部趋同;地区生态效率增长的主要动力是技术进步;而经济发展规模,地区产业结构,外商投资额,城市规模大小,对外开放水平等都对生态效率有着显著影响,且不同区域造成的影响存在差异;影响因素存在空间溢出效应。

1.2.2 产业集聚研究现状

产业集聚的相关概念最初由Marshall提出,Marshall(1890)认为外部规模经济是产业集聚形成的主要动因,并且劳动力共享,中间产品投入共享和技术溢出是带来外部规模经济的原因。Weber(1909)首次对集聚理论进行了全面的阐释,他基于企业区位角度,认为企业因为会考虑运费成本的降低,而选择企业集聚,最终由于企业关于区位的选择形成了产业集聚。Porter(1990)认为知识与技术外溢带来的外部经济主要发生在行业内部,集聚能够使得知识外溢,从而促进生产效率的增长,同时他还强调区域内企业间的竞争能够提高区域内创新水平,从而形成整个区域对外的产业竞争优势。Lucas(1988)认为空间距离上相对靠近的经济主体之间,它们之间会发生的合作和学习的行为,而正是这种行为造成了是新增长模型中溢出效应。在国外研究的基础上,国内学者也做了大量的研究,王冰和顾远飞(2002)研究发现产业集聚的形成是市场需求的结果,而企业之间的关于知识的交流能够促进经济增长,而产业集聚有利于这种知识的交流。陈强远、梁琦(2014)认为产业集聚是经济发展过程的必然产物,而且产业集聚在不同经济发展阶段也呈现出不同特色,因此政府需要做好相关调控工作,保证产业集聚与经济发展能够相互促进。张廷海(2014)研究发现城市化的提高也会促进产业集聚。

为了衡量地区的产业集聚，学者们提出了许多方法，Ellison & Glaese (1997) 最先提出 EG 指数，并对美国的制造业的集聚水平进行的测度分析，结果显示大部分制造业的行业都又集聚现象。Maurel & Sedillo (1999) 对 EG 指数做了改良，并基于改良后的 EG 指数对法国行业的集聚水平进行测度分析。Amiti (1999) 基于基尼系数对欧盟内的五个国家的行业集聚水平进行了研究分析，研究结果表明规模经济以及中间投入品比重与产业集聚成正比例的关系。Koh & Riedel (2009) 基于 DO 指数测度了德国制造业和服务业的集聚程度，研究发现，相对与服务业来说，制造的产业集聚程度要高很多，同时在制造业下属行业里面，钢铁业和纺织业的产业集聚程度最高。国内学者也对我国的产业集聚进行了测度。梁琦 (2003) 运用区位基尼系数方法分析了我国制造业产业集聚程度，发现制造业产业集聚呈上升趋势，以劳动密集型和知识密集型为代表的产业集聚水平变化速度较快。罗勇和曹丽莉 (2005) 借助 EG 指数测度了工业产业集聚，研究发现工业生产总值与工业产业集聚水平成正比。丁鑫等 (2014) 借助区位熵指数分析了长三角各地级市的旅游产业集聚情况，并从空间布局的角度分析其产业集聚的变化。王文翌等 (2014) 运用层次分析法分析了武汉市物流业集聚问题，结果表明对物流业集聚影响程度最大的是政府。付书科、廖莉莉等 (2018) 借助空间基尼系数研究分析了长江经济带沿途省份的物流业的集聚程度，研究结果表明这些省份的物流业集聚结果在空间上呈现出明显的聚集现象。丁鹏飞 (2019) 基于上海市的主要三位数制造行业，借助了 DO 指数测度了制造业集聚水平，发现了上海市集聚程度最大的主要是高技术制造业。一般来说，一个地区内的产业集聚现象往往不是单独一个产业出现，Ellison & Glaeser (1997) 首先发现了产业协同集聚的现象，Ellison & Glaeser 在研究中发现一个地区往往存在多种产业集聚水平较高的产业。Ellison et al. (2010) 测度了产业协同集聚指数，并分析了产业协同集聚的影响因素，主要包括中间投入与最终产出的联系，劳动力市场以及信息的共享。

通过对国内外相关文献的梳理，可以发现，产业集聚带来的共享要素禀赋，较低的运输成本，以及集聚带来的规模效应是促成产业集聚形成的主要原因。而关于测度产业集聚程度的方法，国内外学者提出了许多种类的研究方法，其中主要包括了区位熵、基尼系数、DO 指数、EG 指数等。由于一个地区的产业往往

会发展多种产业，且产业多样化也会带来产业协同集聚，学者们会对不同产业的协同集聚也有大量研究，结果表明不同的产业集聚往往有着相互促进的关系，在空间上也存在一定的相关性和集聚效应。

1.2.3 产业集聚对生态效率影响的研究现状

产业集聚带来的要素禀赋集中，成本降低，知识和技术的溢出等优势往往对经济产出，资源消耗等产生一定的影响，Philippe&、Gianmarco（2001）发现一个地区的产业集聚和经济增长往往能够相互促进。Cingano, Schivardi（2004）研究产业专业化对劳动生产率产生的效应，发现产业专业化有助于生产率的提高。Gao（2004）运用不同的经济学理论分析产业发展，将产业多样性、地方化经济和产业竞争进行分析，发现仅有产业竞争对产业发展有正影响。国内学者也有类似的发现，范剑勇（2006）研究发现非农产业集聚产生的主要原因，而产业集聚能够提高地区的生产效率，进而影响地区间经济增长的差异，刘修岩（2009）同样提出类似观点，即专业化产业集聚能够促进地区非农产业的生产效率。但是产业集聚也可能会导致生产效率的降低，Henderson（1986）在对产业集聚和经济增长关系进行研究分析时候发现，在经济发展规模较小时产业集聚带来的规模经济效应能够促进经济的增长，但随着城市规模的增大这种影响会减弱，反而带来拥挤效应。汪彩君等（2011）分析了长三角地区的六大制造业集聚水平以及制造业利润率的关系，发现这些制造业集聚存在拥挤效应。韩峰等（2014）研究发现生产性服务业的产业集聚能够促进地区经济的发展，但是对处于不同分位数水平的经济增长影响明显存在差异。周圣强，朱卫平（2013）分析我国地级市产业集聚程度时，证实了随着产业集聚水平提高，会导致规模经济效应转化为拥挤效应。

部分学者考虑环境因素，研究产业集聚对生态效率的影响。陈竞（2019）研究表明异质性产业集聚均能提高地区生态效率，并且制造业集聚与地区生态效率呈现“U”型关系，但一些地区的异质性产业集聚抑制了地区生态效率。张广胜，陈晨（2019）研究分析了制造业以及生产性服务业对生态效率的影响，结果表明任一产业的集聚虽然能够促进生态效率的提高，但存在门槛效应，而二者的协同集聚对生态效率的促进作用比单一产业要强。Chen 等（2020）研究认为工业集聚、污染物排放和生态效率都具有显著的空间溢出效应，前者与后两者都呈现显

著的正 U 型关系，并且不同地区工业集聚对后两者的影响存在显著差异，而相关产业之间的协同集聚可以显著地降低污染排放。

通过对相关文献梳理，可以发现早期学者主要研究产业集聚对生产效率或者是经济效率的影响，主要结论可以概括为规模效应，区位效应，拥挤效应。研究结论主要集中在产业集聚对生态效率的影响可能存在拐点；产业集聚存在显著空间溢出效应；异质性产业集聚对生态效率改进效果比单一产业集聚显著等方面。同时也有学者考虑不同产业协同集聚对经济效率的影响，但在产业协同集聚对生态效率影响研究上相关文献数量有限，研究还不够成熟。

1.2.4 文献述评

本文通过对大量的文献进行整理归纳总结后，发现国内外相关学者们从不同角度利用不同方法对生态效率、产业集聚以及二者的关系做了大量的相关研究。生态效率是反应同时考虑经济增长和环境资源消耗的指标，对其的测度方法主要有指标体系，随机前沿分析，DEA 模型等，而大部分学者主要利用 DEA 模型，包括 Malmquist 指数，SBM 模型，超效率 DEA 模型等。产业集聚反映的是相同产业在一个定空间范围的聚集密集程度，其成因主要包括要素禀赋，运输成本，规模经济，市场需求等，其测度主要包括区位熵指、基尼系数、DO 指数以及 EG 指数等。同时大量文献表明产业集聚无论是对经济发展和生态效率都产生的很大影响，这些研究对本文接下来的研究提供了重要的经验与启示，但是已有文献基本基于单独产业集聚分析，而鲜有文献站在产业集聚以及产业协同集聚的角度，去探究其对生态效率的影响。因此本文试图从产业集聚出发分别研究单一产业集聚以及不同产业协同集聚对生态效率的影响。

1.3 研究内容与研究方法

1.3.1 研究内容

文章研究内容主要分为 6 个部分，具体内容如下：

第一部分是绪论，主要介绍本文的研究背景、研究意义、研究内容、文献综述、研究方法以及创新与不足。

第二部分是相关概念、理论基础与作用机制，首先是对本文研究涉及到的生态效率、产业集聚等概念进行介绍；其次介绍了产业集聚的相关理论基础；最后分析了产业集聚以及产业协同集聚对生态效率的作用机制。

第三部分是长三角城市群产业集聚的测度和分析，首先测算了长三角城市群各个城市 2008-2018 的制造业集聚指数、知识密集型服务业集聚指数以及二者的协同集聚指数，其次对三者的特征分布进行分析。

第四部分是长三角城市群生态效率的测度和分析，首先是对超效率 SBM 模型的介绍，其次基于该模型测度了长三角各个城市 2008-2018 的生态效率，最后对长三角城市群生态效率的特征分布进行分析。

第五部分是长三角城市群产业集聚对生态效率影响分析。首先是对空间计量模型的简单介绍，其次利用文献梳理法以及数据的可获得性选择其它控制变量，与产业集聚指数构成影响因素指标，并通过检验来构建空间计量模型，最后基于空间杜宾模型研究单一产业集聚以及异质产业集聚对生态效率的影响。

第六部分为结论与建议。首先对前文的重要研究结果进行总结归纳，并根据本文研究结果对长三角地区提升生态效率提出相关的可行性建议。

1.3.2 研究方法

1. 文献分析法

通过大量阅读相关书籍和相关文献资料，尽可能全面地了解国内外关于产业集聚、产业与区域生态效率方面的研究成果。通过对相关研究成果的研究和分析，整理出自己的研究思路。

2. 比较分析方法

根据产业集聚的相关测度指标，计算得出长三角城市群制造业集聚指数、知识密集型服务业集聚指数以及二者协同集聚指数，利用超效率 SBM 模型测度长三角城市群各城市的生态效率值，并分别基于时间和空间视角对二者的分布特征进行比较分析。

3. 空间计量分析方法

基于长三角城市群 2008-2018 的相关数据，使用空间杜宾模型分析制造业和知识密集型服务业产业集聚及其协同集聚对生态效率的影响。

1.4 研究的创新与不足

其一，以往学者大多考察产业集聚对经济发展，生态环境或者是生产效率的影响。本文从经济增长出发结合生态保护，研究产业集聚对生态经济的影响。其二，很少有学者考虑不同产业之间协同集聚对生态效率的影响，本文试图基于单一产业集聚（制造业和知识密集型服务业）以及异质产业协同集聚视角研究二者对生态效率的影响。

由于本人能力有限，本文的研究可能会存在一不足，首先是对生态效率的影响指标选取不够可能不够全面，这可能会导致生态效率的测度结果不够准确。其次，在生态效率的模型选择上，没有对多个测度方法进行对比，这也可能导致生态效率的测度结果不够准确。最后本文对产业协同集聚的测度研究也还不够，产业协同集聚的测度结果可能会对研究结果造成一定的影响。

2 相关概念，理论基础及作用机制

2.1 相关概念

2.1.1 区域生态效率

生态效率的概念最开始出自生态学，随后被学者们用来衡量经济与环境的协调发展情况。Schaltegger 和 Sturm（1990）最早定义了生态效率的概念，他们认为生态效率是经济增长和环境污染的比值。世界可持续发展理事会（WBCSD）对生态效率内涵进行了定义，认为生态效率在提供满足人们物质生活需求的产品和服务同时，尽可能地降低对环境资源地消耗以及减少对生态环境地污染，从而同时达到社会经济与生态环境的协调发展。经合组织（OECD）则认为生态效率是某一企业、产业或者经济体总体所提供的产品及服务的价值与消耗的资源环境比值。本文认为区域生态效率是指在某一区域范围内，地区的所有经济活动以最

少的资源消耗和获取最大的经济产出，同时造成最低的环境污染。区域生态效率实现了经济效率和环境效益的统一，反映了一个地区的经济可持续发展的实际情况。

2.1.2 制造业与知识密集型产业

制造业是指利用某种资源，包括自然资源、工具设备、资金技术等，通过一定的加工手段，将各种自然资源转变为各种商品，工具或者是工业产品。

知识密集型服务业并非直接面向终端消费者提供产品的部门，而是为其他生产部门和服务部门提供中间投入服务的部门，这里的中间服务包括了咨询信息、提供技术技能等。知识密集型服务业的内容涵盖范围比较广，包括了金融保险、管理咨询、研发设计、信息与软件服务、运输及仓储物流、法律、会计等各细分行业，根据我国对产业类别的划分，本文的知识密集型服务业包括金融业、科学研究技术服务和技术勘探业、信息传输软件和信息技术服务业、租赁和商务服务业，这些产业都具有高智力、高辐射、高技术的特点。知识密集型服务业存在于生产到消费的各个环节，通过产业之间的前后向关联，与制造业相互融合，推动制造业升级，最终促进了经济结构的优化升级。

2.1.3 产业集聚与产业协同集聚

产业集聚是指在一定区域范围内，相似或者相同行业的大量企业在集聚在一起发展。由于大量类似产业的企业在一定范围内集聚发展，导致这些企业所需要的各种要素资源，包括资本、技术、人才等，都慢慢向这些企业所在的区域集中，最终在这个区域形成了产业集聚。

产业协同集聚指在某区域范围内，多个相关产业存在集聚现象。由于相关企业一定范围内集聚，这些归属不同行业的企业之间的联系和交流合作就更加紧密。本文主要针对制造业与知识密集型服务业之间的协同集聚展开研究。

2.2 理论基础

2.2.1 外部规模经济理论

Marshall (1920) 最早提出相关概念, 他将规模经济分为内部规模经济和外部规模经济。其中内部规模经济产生的原因是由于企业本身的生产规模的扩大, 而使得企业在生产中的效率提高, 所需要的生产成本降低。由于企业生产规模地扩大, 便能够更有效率地利用生产设施以及各种要素地投入, 同时也可以在大规模购买生产要素中减少成本, 最终使得企业在生产单位产品时所需要的成本减少, 这即包括了劳动力成本也包括了其它要素成本, 企业生产效率的提高。外部规模经济又可以分为两类, 其中一类是基于行业层面的, 另一类是基于城市层面的, 前者是由于整个行业规模的扩大, 产业内的企业的投入虽然没有变化, 但是得益于整个行业的发展最终生产效率得到提高。后者是由于企业所在城市规模的扩大, 最终使得企业的生产效率提高。而相较之内部规模经济, Marshall 认为产业集聚更依赖于外部规模经济的产生, 而导致外部规模经济产生的原因, 主要有三点, 劳动力市场共享, 中间产品投入共享效应和知识与技术溢出。(一) 劳动力市场共享, 企业在一定空间内集聚, 就能够形成一个特定的劳动力市场, 这不仅降低了企业的用人成本, 同时能够确保劳动力及时匹配。(二) 中间产品投入共享, 使得企业在一定空间内集聚后形成, 一个中间产品生产的规模效应, 从而降低了企业的成本。(三) 知识与技术的溢出, 使得企业在知识和技术溢出中受益, 提高自己的技术水平, 最终使得集聚企业生产效率高于单个企业的生产效率。

2.2.2 竞争优势理论

竞争优势理论指的是企业通过寻求合作的方式来共同发展, 即使这些企业市场竞争中互为竞争对手, 企业也可以在竞争的过程中合作, 同时提高各自的创新水平, 最终形成区域产业的对外优势。产业集聚不仅仅为区域内的企业提供了资源上的共享便利, 降低了企业的成本, 同时也使得企业会面临区域内部更多同行与其竞争问题, 如果企业不被淘汰, 那么企业就必须通过改良生产工艺, 采用消

耗更低能源的生产技术，这样企业生产中减缓了成本、降低了资源消耗，来保证企业在竞争中能够获得一定优势。由于产业集聚的地区存在着大量相似的企业，因此这个地区的竞争激烈程度远远大于产业集聚水平低的地区，导致无论是生产效率还是产品上的创新，对于其他地区的该产业来说，该地区都会形成很大的地区竞争优势。

2.2.3 产业协同集聚理论

Haken (1971) 最早提出了协同概念，他认为协同是指在一个复杂的系统内部，多个子系统相互之间协调合作产生的共同作用远大于各自无序的结果，这便被称为协同效应。Ellison 和 Glaeser (1997) 在此基础上提出产业协同概念，将区域视为一个复杂的系统，而将区域内的不同产业视作子系统，不同产业相互合作，良性竞争共同作用最终能够产生大于各自单独产生的价值。产业协同包括了相同产业间以及产业内部的良性竞争，处于同一产业链不同阶段的企业之间的合作，以及各个相关产业之间的协调合作等。从产业协同的角度出发，产业协同集聚的产生正是因为产业协同带来的整个系统性的协同效用，使得各个产业的技术水平和生产效率提高。

2.3 作用机制

2.3.1 产业集聚对提升生态效率的作用机制

首先，产业集聚带来了一定区域内的知识和技术溢出，这对区域内的相同或者类似企业来说，知识和技术溢出为这些企业创造了更好的合作交流环境，使得这些企业的先进思想和技术能够在相互之间更好传播，促进企业自身的创新。同时因为交流的及时，也使得企业们能够少走弯路，避免无用的研发。从而提高这个区域内相当或者类似行业的总体的生产效率。

其次，当多个类同企业集中在一定区域范围内时，会导致这些企业所需要的生产要素也在该区域集聚或者是可以减少生产要素运输的成本，减少了生产要素的交易成本，这样不仅降低了企业的成本，同时还降低了因为运输或是交易可能

会带来的污染。并且多个相似企业集中在一个区域，那么它们由于生产过程产生的污染也可以一起处理，企业同样可以共同承担治理污染的费用，一方面分担成本后使得单个企业的治污成本降低，另一方面，政府或者企业将污染物集中处理，也能够提高处理污染物的效率，最终提高了区域内的生态效率。

相似雷同企业在某一区域内地集聚的同时，也意味着相似产业的劳动力也在该区域内形成了一个市场，因此这些企业能够共享劳动力市场，对于企业来说，首先这意味着可以降低对劳动力的成本，因为当集聚水平越高时，劳动力市场的规模也就越大，那么企业在匹配劳动力时，所需要付出的时间和金钱成本就会更低。其次，规模越大的集聚水平就以为着一个庞大完整的产业体系，这样就更容易培养出高质量的劳动力，因此区域的企业的劳动力成本不但降低，劳动力的质量还会更高。最终，企业的生产效率提高，这样企业就会更关注环境污染问题。

同一区域内集聚的相似企业，由于空间位置的靠近，以及生产产品的雷同，这些相似企业之间必然存在比其他一般相似企业存在更大的竞争。企业在竞争过程中，必须研发出更好的产品，同时消耗更低的成本。这样这一区域内的企业便更容易提高生态效率。

最后，相似企业集聚，有利于政府对这些企业进行集中监管，对于政府来说，首先降低了监管的费用，其次集聚的企业更方便政府同一对其进行环保政策的宣传，也更方便政府对排污企业进行同一监管。而企业本身由于在这样的环境下，也会相互监督，更加重视环保，最终也提高了生态效率。

2.3.1 产业协同集聚对提升生态效率的作用机制

本部分主要探讨知识密集型生产性服务业与制造业的协同集聚提升生态效率的作用机制。

首先知识密集型服务业与制造业关联较大，二者往往分别处在同一条生产链的前后位置，知识密集型服务业的高技术、高知识的特性能够促进制造业的发展，而二者的协同集聚，有利于信息的交流，有利于知识密集型服务业为制造业提供更好的服务，例如研发设计类能够使得制造业的产品提高质量，增加其生产效率或是降低其生产成本。

其次知识密集型服务业和制造业的集聚，有助于二者的分工合作，协调，使

得各自发挥各自的特长。对于制造业来说，协同集聚能够使得企业将无关生产的部分剥离，从而提高生产效率。而对于知识密集型服务业来说，由于其主要向制造业提供中间投入品，协同集聚意味着企业的产出的知识技术能够及时流动到制造业领域得到应用，将自己的知识技术产出及时地转化为经济产出，从而有利于激发知识密集型服务业从业人员地积极学，有利于该产业企业的创新和效率。

此外，知识密集型服务业和制造业的协同集聚必然会导致相关产业的资本和劳动力在一个区域的集聚。资本的集聚使得相关企业的技术创新能力提高，技术发展速度增加。劳动力的集聚也使得相关人才交流合作增加，从而提高了该区域相关产业劳动力的质量和成本。因此能够使得相关企业生产效率大大提高。

最后，二者的协同集聚也有利于成本的降低。包括由于集聚带来的企业生产要素成本的降低，因为空间上的接近交通通运输成本的降低，以及包括政府对相关企业的管理成本，以及政府建设相设施的成本。

3 长三角城市群产业集聚测度分析

3.1 长三角城市群产业集聚测度

3.1.1 指标选择

1. 产业集聚

根据对文献的分析归纳，本文选用区位熵来代表产业集聚的程度，具体公式如下所示：

$$A_{ij} = S_{ik} / SK \quad (3.1)$$

用 i 市 k 产业的就业人数与 i 市的就业人数的比来表示 S_{ik} ，用全国 k 产业就业人数与全国总就业人数的比来表示 S_k 。

2. 产业协同集聚

国外学者 Ellison & Glaeser (1997) 最先基于产业和企业两个维度构建了 E-G 指数来测度产业协同集聚水平。国内学者陈国亮和陈建军 (2012) 从产业集聚水

平相对差异的角度提出了衡量地区两个不同产业的协同集聚程度。杨仁发（2013）在陈国亮和陈建军（2012）的研究基础上提出了 Coaggl 指数。本文主要使用杨仁发（2013）的方法，来测度长三角城市群各城市的产业协同集聚程度，具体公式如下所示：

$$r_{ij} = 1 - \frac{|LQ_{mi} - LQ_{mj}|}{LQ_{mi} + LQ_{mj}} \quad (3.2)$$

其中， LQ_{mi} 表示 i 产业在 m 城市的区位熵指数， LQ_{mj} 表示 j 产业在 m 城市的区位熵指数。

3.1.2 数据说明

本章中用来测度制造业集聚程度、知识密集型服务业集聚程度以及二者协同集聚指程度的相关原始数据均来自于《中国统计年鉴》以及《中国城市统计年鉴》。

3.2 长三角城市群产业集聚结果分析

3.2.1 长三角城市群制造业和知识密集型产业集聚结果分析

产业集聚是指在某一区域范围内，相同及相关行业的大量企业在相邻位置上的集聚发展行为。随着某产业及相关产业的聚集发展，其所需的要素资源也纷纷集中到该区域，产业以及其所需的资本、人力等要素资源的集中导致在某一地区形成专业化的产业集聚发展模式。

1. 基于地区层面的产业集聚特征分析

根据产业集聚指数的计算方法（公式 3.1），测算了长三角城市群 2008-2018 年 26 个城市的制造业集聚指数及知识密集型服务业集聚指数。从图 3.1 可以看出，长三角地区各城市的制造业集聚水平在 2010 年到达最高点，2011 年到达最低点，从 2013 年开始制造业集聚水平呈现上升趋势，这说明长三角地区各城市仍然依靠制造业集聚来推动地区的经济发展。从图 3.2 可以看出，长三角地区知识密集型服务业集聚水平大致呈 M 形，而在总体呈下降趋势，且相对于制造业来说，知识密集型服务业集聚水平要低很多，这说明长三角地区的经济发展更依

赖于制造业来推动，地方政府也更加重视制造业的发展。

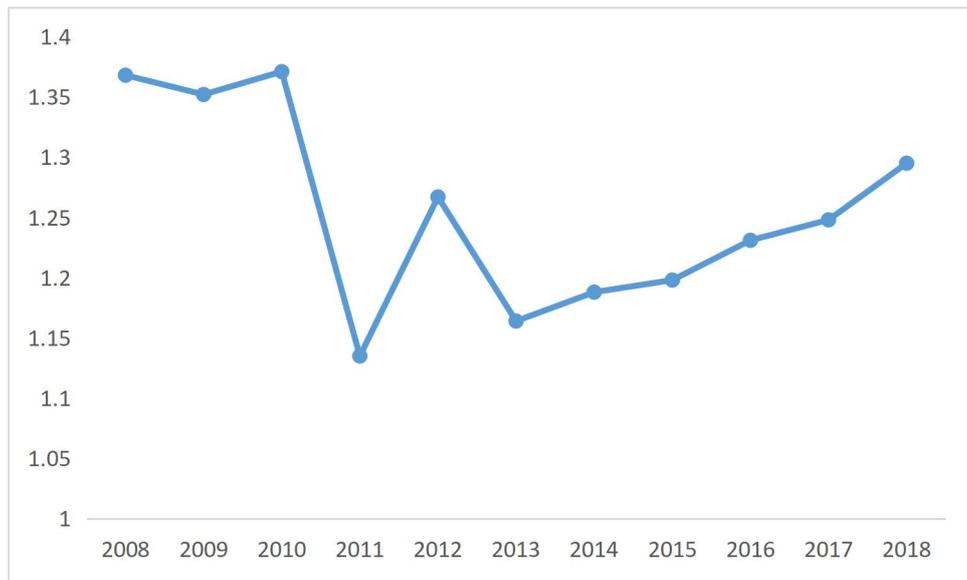


图 3.1 长三角城市群制造业集聚指数平均值



图 3.2 长三角城市群知识密集型产业集聚指数平均值

2. 基于城市层面的产业集聚特征分析

其次从城市层面分析制造业以及知识密集型服务业集聚水平的变化趋势，由于篇幅有限，本文仅对 2008 年、2011 年、2014 年及 2018 年的各城市制造业以及知识密集型服务业集聚结果加以分析，结果如表 3.1 所示。

从表 3.1 可以看出，整体来看，整个长三角地区各个城市的制造业集聚水平都较高，其中无锡、徐州、常州、嘉兴等地的制造业集聚水平最高，基本上都大于 1.8，且近年来集聚水平呈现上升趋势，只有合肥周边地区，例如安庆、滁州、池州、宣城等地的制造业集聚水平相对较低，但近来职业也集聚水平上升趋势明显。整体上来看，各个城市的知识密集型服务业集聚水平远不如制造业集聚水平，

表 3.1 2008, 2011, 2014, 2018 年长三角各城市产业集聚指数

地区	2008		2011		2014		2018	
	LQM	LQK	LQM	LQK	LQM	LQK	LQM	LQK
上海市	1.346	1.829	1.276	1.485	1.029	2.072	1.043	1.485
南京市	1.302	1.153	1.212	1.207	0.844	1.576	0.838	1.207
无锡市	1.899	0.881	1.595	0.707	1.999	0.730	2.230	0.707
徐州市	1.630	0.876	1.164	0.839	1.577	0.808	1.842	0.839
常州市	2.446	0.517	1.849	0.595	2.425	0.610	2.752	0.595
苏州市	1.780	0.772	1.181	0.806	0.733	0.472	0.774	0.806
南通市	1.077	1.037	0.706	0.968	1.042	0.646	0.868	0.968
扬州市	1.267	0.745	0.940	0.749	0.953	0.593	0.926	0.749
镇江市	1.670	0.865	1.173	0.867	1.741	0.813	1.526	0.867
泰州市	1.365	1.201	0.980	0.968	0.960	0.429	0.802	0.968
杭州市	1.381	1.342	1.055	1.388	0.839	1.371	0.915	1.388
宁波市	1.604	0.921	1.711	0.872	1.553	1.002	1.759	0.872
嘉兴市	2.334	0.650	2.270	0.802	2.101	0.780	2.277	0.802
湖州市	1.816	0.824	1.522	0.641	1.339	0.784	1.488	0.641
绍兴市	1.566	0.410	1.040	0.387	0.928	0.361	0.919	0.387
金华市	1.022	1.030	0.970	0.968	0.572	0.620	0.620	0.968
舟山市	1.017	1.111	0.863	1.092	0.787	0.898	0.696	1.092
台州市	1.021	0.941	1.287	0.810	1.164	0.656	1.338	0.810
合肥市	0.968	1.216	0.919	0.977	0.873	0.849	0.814	0.977
芜湖市	1.430	0.601	1.320	0.681	1.366	0.673	1.604	0.681
马鞍山市	1.591	0.838	1.317	0.964	1.023	1.005	1.309	0.964
铜陵市	1.507	0.627	1.668	0.601	1.438	0.527	1.370	0.601
安庆市	0.428	0.807	0.451	0.876	0.843	0.755	1.188	0.876
滁州市	0.696	0.635	0.653	0.900	0.990	0.866	1.414	0.900
池州市	0.499	1.289	0.481	1.358	0.703	1.102	0.934	1.358

宣城市	0.834	0.826	0.219	0.386	1.031	0.857	1.408	0.386
-----	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

存在产业发展不均衡的现象，其中作为长三角地区的中心城市，上海、南京、杭州、合肥的知识密集型服务业集聚水平较高，在大部分年份甚至高于制造业集聚水平，这也说明了知识密集型服务业更集中于省会城市或是经济较发达地区，苏州、南通、金华等地的知识密集型服务业集聚水平也相对较高，而其他地区知识密集型服务业集聚水平相对较低，这说明长三角地区大部分城市经济发展主要还是比较依赖制造业的集聚。

3.制造业与知识密集型服务业产业集聚的空间分布

根据表 3.1 中各个产业集聚指数，借助 Arcgis 软件的到长三角城市群制造业集聚以及知识密集型产业集聚的冷热点图，将城市群划分为四个等级，每个等级之间产业集聚水平差距较大，如图 3.3 和 3.4 所示，颜色越深便代表产业集聚水平越高。由图 3.3 可以看出，2008 年长三角地区制造业集聚高点集中在包括常州、无锡、苏州、湖州等城市，其次是这个地区周边的城市，包括杭州、上海、南京、绍兴等，制造业集聚的冷点处于长三角西部以及南部的最外圈地区，包括合肥周边地区，例如安庆、通州等地，以及浙江南部部分城市，这些城市的制造业集聚水平较低。而后可以明显看出制造业集聚高低逐渐从苏州周边地区开始向外扩散，而长三角北部地区和南部地区开始变为制造业集聚低点地区，这说明长三角地区的制造业集聚逐渐由苏州周边地区向周边扩散，且存在制造业由东向西部地区转移的趋势。由图 3.4 可以看出，作为长三角地区中心城市，上海、杭州、南京三个城市一直是集聚高点城市。2008 年，除了 3 个中心城市，长三角地区其它城市也是集聚高点，但是到 2018 年，知识密集型服务业主要集中在上海、杭州一带以及南京，这说明知识密集服务业逐渐转移向经济发达地区。

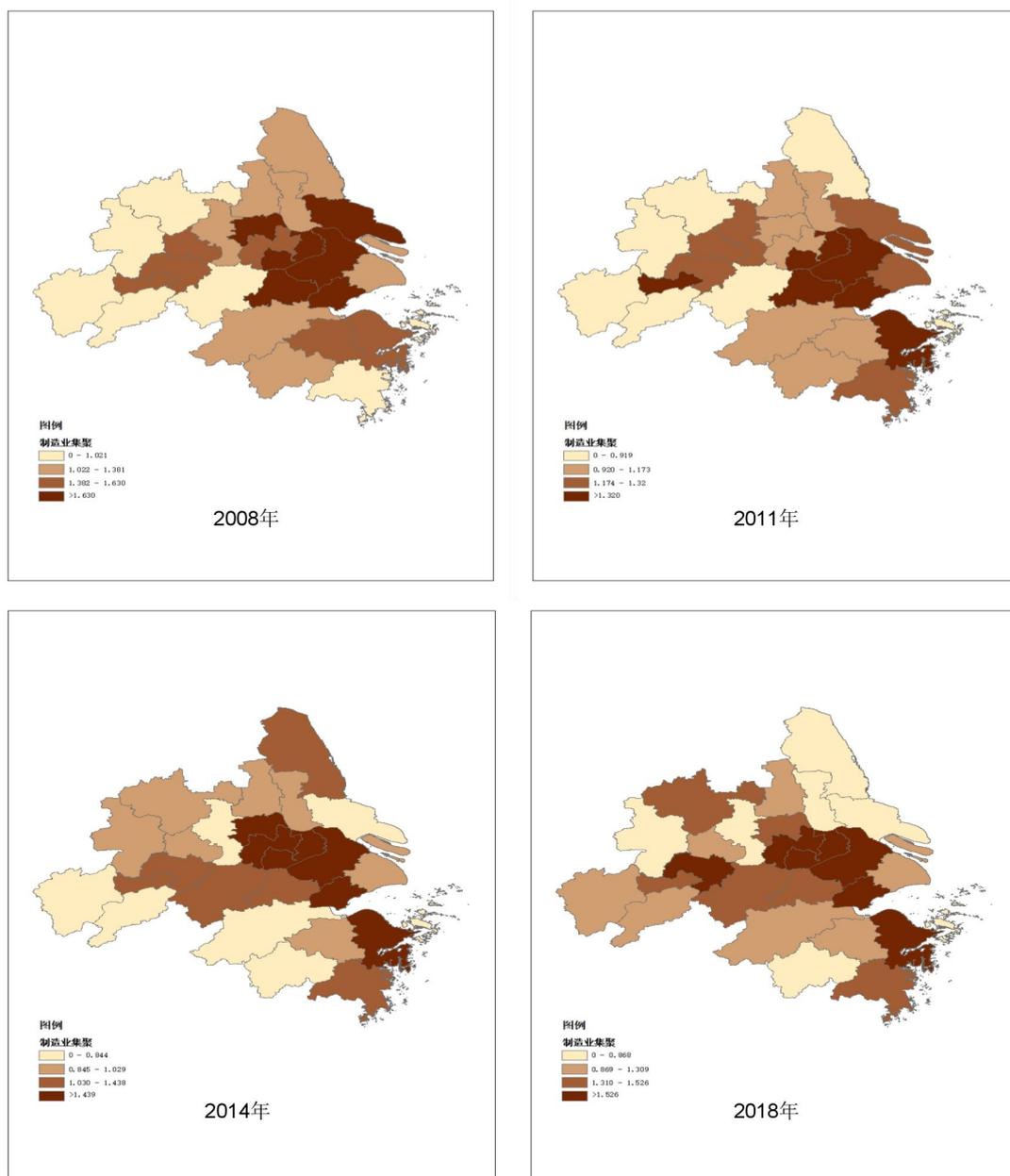


图 3.3 主要年份长三角城市群制造业集聚空间分布

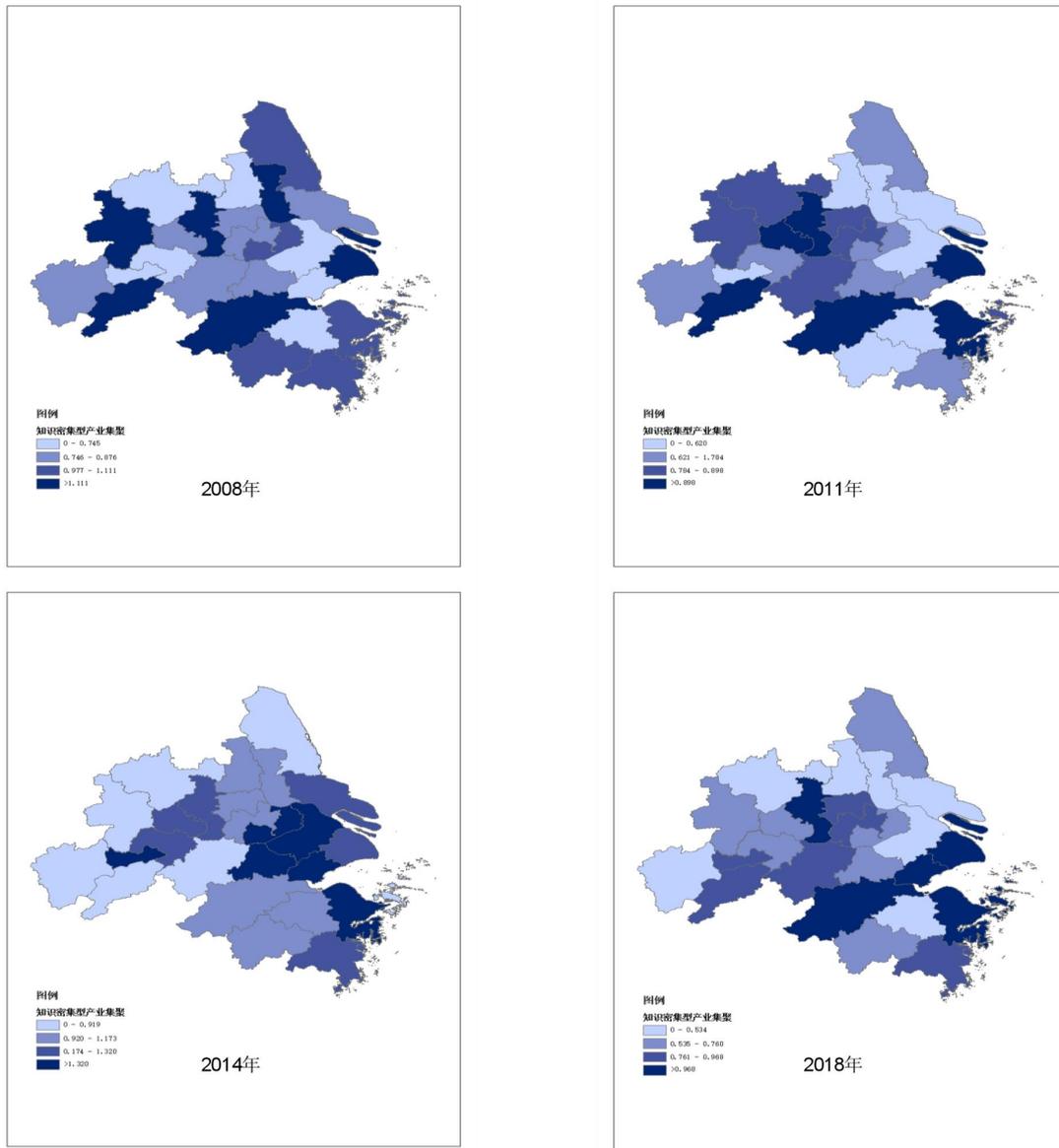


图 3.4 主要年份长三角城市群知识密集型服务业集聚空间分布

3.2.2 长三角城市群制造业和知识密集型产业协同集聚结果分析

1. 基于地区层面的产业协同集聚特征分析

根据产业协同集聚指数的计算方法（公式 3.2），测算了长三角城市群 2008-2018 年 26 个城市的制造业集聚指数与知识密集型服务业协同集聚指数。从图 3.5 可以看出，2008-2018 年间长三角地区各城市的制造业和知识密集型产业协同集聚水平大致呈 N 型，在 2011 年到达最高点，从 2011 年之后协同集聚水平总体上呈现下降趋势。



图 3.5 长三角城市群制造业和知识密集型产业协同集聚指数平均值

2. 基于城市层面的产业集聚特征分析

其次从城市层面分析制造业和知识密集型服务业协同集聚水平的变化趋势，由于篇幅有限，本文仅对 2008 年、2011 年、2014 年及 2018 年的各城市制造业以及知识密集型服务业集聚结果加以分析。结果如表 3.2 所示，可以看出，上海、南京、以及杭州作为长三角地区的中心城市，产业协同集聚指数虽然在所有城市中相对较高，但历年来呈现下降趋势，结合表 3.1 可以发现，三个城市的制造业集聚指数呈现下降趋势，而知识密集型服务业集聚水平上升，这说明作为长三角地区的中心城市，上海、南京和杭州在经济发展上已经不单纯依靠制造业集聚带来的优势，而更加注重知识密集型服务业的发展。同时制造业集聚相对密集的苏州、无锡、常州等地，产业协同集聚指数相对较低，这也反应了这些地区知识密集型服务业并不发达，结合表 3.1 也可以看出这些地区的知识密集型服务业集聚水平基本保持不变，这反应了这写地区对知识密集型服务业发展并不重视，只是单纯地依靠制造业集聚来带动经济发展。而在安徽西部地区的合肥、安庆、滁州、宣城等地，协同集聚指数较高，结合 3.1 可以发现，该地区大部分城市虽然无论是制造业还是知识密集型服务业的集聚水平都较低，但产业发展较为均衡。在浙江东南部沿海地区，例如台州、宁波等地，协同集聚水平较高，可以看出该地区不仅产业发展比较均衡，而且制造业和知识密集型服务业集聚水平也相对较高。

表 3.2 2008-2018 年长三角制造业和知识密集型服务业协同集聚指数

地区	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	均值
上海市	0.848	0.832	0.807	0.924	0.978	0.645	0.663	0.663	0.685	0.684	0.684	0.765
南京市	0.939	0.877	0.912	0.998	0.996	0.751	0.698	0.701	0.712	0.713	0.668	0.815
无锡市	0.634	0.617	0.553	0.614	0.515	0.553	0.535	0.535	0.564	0.529	0.505	0.559
常州市	0.699	0.707	0.696	0.838	0.706	0.680	0.677	0.676	0.636	0.605	0.585	0.682
苏州市	0.349	0.363	0.326	0.487	0.412	0.472	0.402	0.362	0.352	0.340	0.325	0.381
南通市	0.605	0.620	0.595	0.811	0.691	0.852	0.783	0.727	0.727	0.714	0.608	0.703
盐城市	0.981	0.990	0.788	0.843	0.932	0.790	0.765	0.749	0.780	0.778	0.825	0.838
扬州市	0.740	0.742	0.693	0.887	0.773	0.878	0.767	0.700	0.699	0.677	0.653	0.746
镇江市	0.682	0.653	0.586	0.850	0.670	0.722	0.636	0.605	0.617	0.746	0.739	0.682
泰州市	0.936	0.828	0.694	0.994	0.822	0.637	0.618	0.586	0.628	0.597	0.631	0.725
杭州市	0.986	0.980	0.945	0.863	0.820	0.763	0.759	0.749	0.701	0.716	0.738	0.820
宁波市	0.729	0.694	0.711	0.675	0.736	0.778	0.784	0.779	0.791	0.752	0.725	0.741
嘉兴市	0.436	0.456	0.336	0.522	0.540	0.547	0.542	0.529	0.532	0.524	0.612	0.507
湖州市	0.624	0.561	0.476	0.592	0.680	0.751	0.738	0.659	0.649	0.647	0.644	0.638
绍兴市	0.415	0.491	0.416	0.542	0.572	0.528	0.560	0.553	0.548	0.526	0.521	0.516
金华市	0.996	0.996	0.777	0.999	0.965	0.928	0.960	0.955	0.936	0.921	0.999	0.948
舟山市	0.955	0.815	0.803	0.883	0.751	0.822	0.934	0.943	0.987	0.705	0.662	0.842
台州市	0.959	0.895	0.793	0.772	0.833	0.770	0.721	0.793	0.760	0.705	0.732	0.794
合肥市	0.886	0.871	0.939	0.970	0.966	0.976	0.986	0.987	1.000	0.975	0.956	0.956
芜湖市	0.592	0.636	0.585	0.680	0.662	0.622	0.660	0.628	0.603	0.619	0.581	0.624
马鞍山	0.690	0.683	0.685	0.845	0.854	0.994	0.991	0.946	0.951	0.989	0.735	0.851
铜陵市	0.588	0.518	0.515	0.530	0.537	0.529	0.536	0.628	0.659	0.613	0.723	0.580
安庆市	0.693	0.697	0.690	0.679	0.685	0.912	0.945	0.789	0.837	0.806	0.599	0.758
滁州市	0.954	0.996	0.961	0.841	0.830	0.952	0.933	0.818	0.809	0.605	0.543	0.840
池州市	0.558	0.468	0.529	0.523	0.561	0.651	0.779	0.809	0.820	0.847	0.982	0.684
宣城市	0.995	0.937	0.880	0.723	0.939	0.950	0.908	0.797	0.926	0.869	0.763	0.881

3.制造业与知识密集型服务业协同集聚的空间分布

根据表 3.2 中制造业与知识密集型服务业协同集聚指数，选取 2008、2011、2014、2018 四个年份的数据，借助 Arcgis 软件得到长三角城市群制造业集聚和知识密集型服务业协同集聚的热度图，将城市群划分为四个等级，每个等级之间产业集聚水平差距较大，如图 3.6 所示，颜色越深便代表产业协同集聚水平越高。由图 3.6 可以看出，2008 年，杭州周边地区，包括宣城、杭州、金华、台州等城市，以及盐城属于协同集聚高点城市，合肥周边地区协同集聚水平次之，苏州一代制造业集聚水平较高的地区基本上属于协同集聚低点城市。随后协同集聚高点逐渐由东南方向往西北方向转移，2014 及 2018 年合肥周边地区属于协同集聚高点城市而长三角中间地区特别是制造业集聚水平较高的苏州一带，一直以来大多是协同集聚低点城市，这说明长三角中部城市产业发展不均衡。

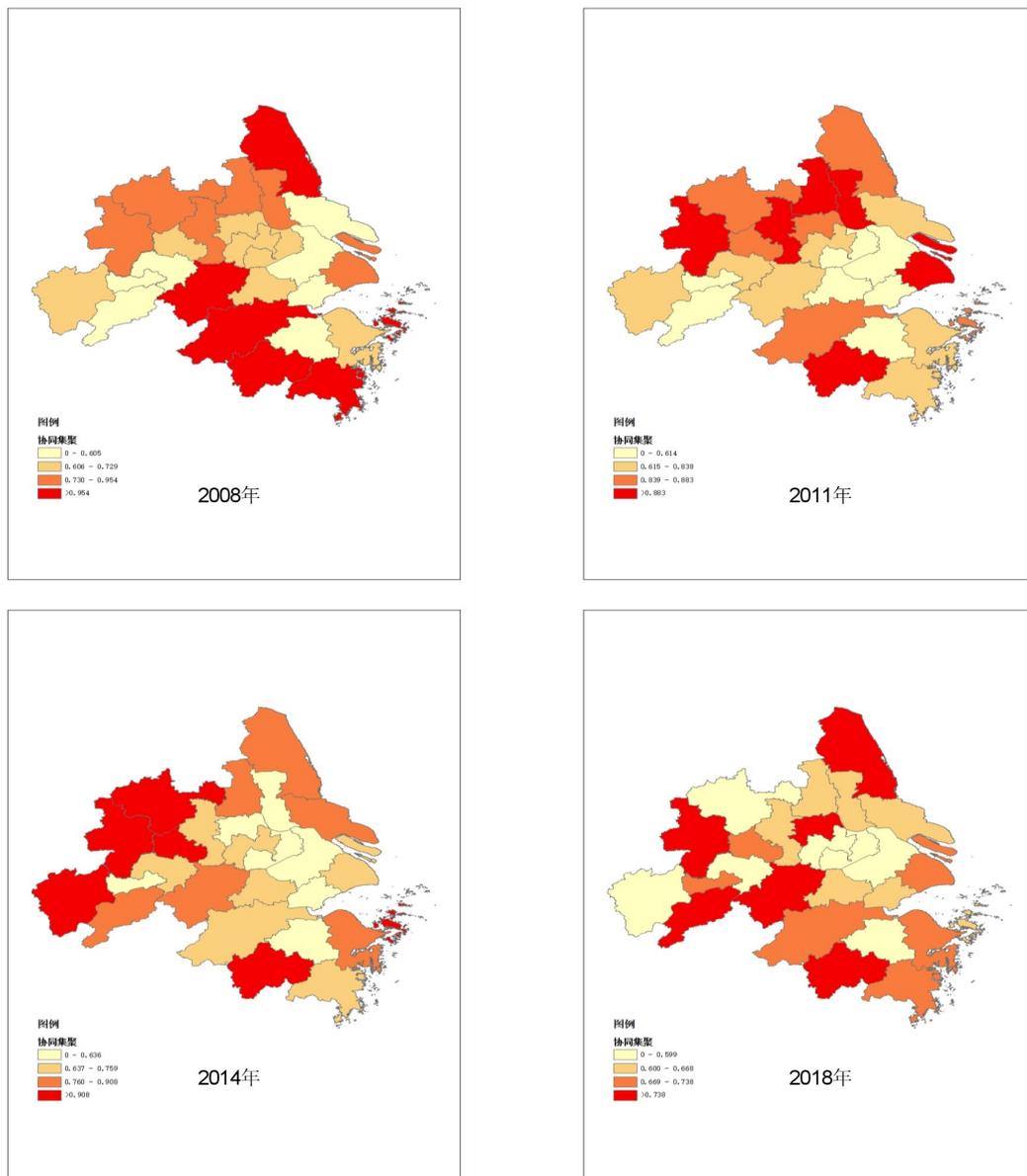


图 3.6 主要年份长三角城市群制造业与知识密集型服务业协同集聚空间分布

4 长三角城市群生态效率测度分析

4.1 模型的选择

A. Charnes 等（1978）年首次提出最原始的数据包络模型（DEA）——C2R 模型，这是一种非参数的效率评估方法，它使用线性规划方法，基于多个决策单元（DMU）若干个的投入和产出得到相对有效的决策单元。所有决策单元构成

了生产可能集，而相对有效的决策单元则构成了生产前沿面，而根据 DMU 与生产前沿面的相对距离便能得到该 DMU 的效率值。例如图 4.1 所示，X 为投入、Y 为产出，ABCD 为生产前沿面，其中 BC 两点都是 DEA 有效的决策单元，E、F 落在生产可能集中，但是为 DEA 无效，E、F 在 ABCD 上的投影为 E'、F'，则其效率值分别为 OE'/OE ， OF'/OF 。

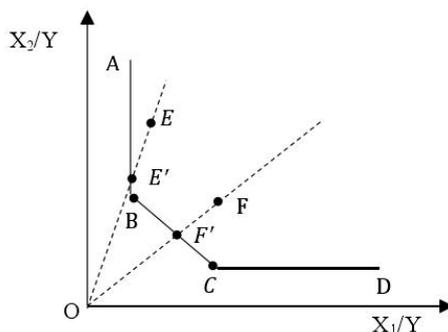


图 4.1 DEA 效率评价原理

但是传统的 DEA 模型会出现多个决策单元均为 DEA 有效的问题，为了解决这个问题，Anderson and Perterson (1993) 提出了超效率模型，他通过将生产前沿面移动，而使得部分 DEA 有效的决策单元效率值大于一。例如图 4.2 所示，其中可以看出 B、C、D 均为 DEA 有效，当要对决策单元 C 评价效率时，将其从有效决策单元集合中除去，而由剩下的 DEA 有效的决策单元 (B、C 两点) 构成新的生产前沿面，此时决策单元 C 的效率值为 OC'/OC ，大于 1。

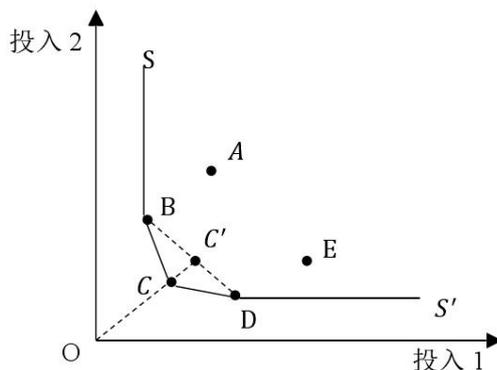


图 4.2 超效率 DEA 模型

传统 DEA 模型在计算效率值时，时根据调节投入或者产出的比例来，因此最后的投入和产出会产出松弛量，而传统 DEA 模型忽视了松弛变量的存在，最终会导致效率值的评价结果出现偏差。针对这一问题，Tone (2001) 提出了考虑松弛变量的 SBM 模型，公式如 (4.1) 所示。其中 s^- , s^+ 分别表示投入和产出的

松弛变量。

$$\begin{aligned} \min \rho &= \frac{1 - \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \frac{s_i^-}{x_{ik}}}{1 + \frac{1}{q} \sum_{r=1}^q \frac{s_r^+}{y_{rk}}} \\ \text{s.t. } X\lambda + s^- &= x_k \\ Y\lambda - s^+ &= y_k \\ \lambda, s^-, s^+ &\geq 0 \end{aligned} \quad (4.1)$$

在现实的生产过程中，产出既包括了预期想要的产出，即期望产出，也包括了预期不想要的产出，即非期望产出，改进后的 SBM 模型同时考虑了期望和非期望产出，如公式（5.2）所示，其中 b 表示非期望产出，而 $s = (s_i^-, s_r^+, s_t^-)$ 分别表示了投入、期望产出和非期望产出的松弛量。

$$\begin{aligned} \min \rho &= \frac{1 - \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \frac{s_i^-}{x_{ik}}}{1 + \frac{1}{q_1 + q_2} \left(\sum_{r=1}^{q_1} \frac{s_r^+}{y_{rk}} + \sum_{t=1}^{q_2} \frac{s_t^{b^-}}{b_{rk}} \right)} \\ \text{s.t. } X\lambda + s^- &= x_k \\ Y\lambda - s^+ &= y_k \\ B\lambda + s^{b^-} &= b_k \\ \lambda, s^-, s^+, s^{b^-} &\geq 0 \end{aligned} \quad (4.2)$$

同样为了防止多个决策单元最后效率为 1, Tone 基于 Anderson and Perterson (1993) 的超效率模型，提出了超效率 SBM 模型，从而解决了 SBM 可能存在的无法对决策单元排序评价的问题，公式如（4.3）所示。

$$\begin{aligned}
\min \rho &= \frac{1 - \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \frac{s_i^-}{x_{ik}}}{1 + \frac{1}{q_1 + q_2} \left(\sum_{r=1}^{q_1} \frac{s_r^+}{y_{rk}} + \sum_{t=1}^{q_2} \frac{s_t^{b-}}{b_{rk}} \right)} \\
s.t. \quad &\sum_{j=1, j \neq k}^n x_{rj} \lambda_j - s_i^- \leq x_{ik} \\
&\sum_{j=1, j \neq k}^n y_{ij} \lambda_j + s_i^+ \geq y_{rk} \\
&\sum_{j=1, j \neq k}^n b_{ij} \lambda_j - s_i^{b-} \leq b_{ik} \\
&\lambda, s^-, s^+, s^{b-} \geq 0
\end{aligned} \tag{4.3}$$

4.2 指标体系的构建

4.2.1 指标选取原则

第一，科学性。本文通过对大量生态效率相关文献的梳理总结，结合本文测度生态效率值的所用模型，构建了指标体系，使得模型最终测度结果能够客观地反映长三角城市群生态效率值。

第二，全面性。为了真实、客观、全面地反映长三角城市群生态效率真实情况，在投入产出指标的选取方面，要包括经济生产活动中一切相关投入和产出，以免造成最终测度值无法真是反应生态效率情况。

第三，可行性。在满足一二点条件后，还要考虑到数据地可获得性。本文的数据均来自《中国统计年鉴》和《中国城市统计年鉴》。

4.2.2 样本选取与数据来源

生态效率主要要反映经济增长、资源消耗以及对环境影响三个方面，因此本文从这三个层面出发，将资源消耗作为投入、经济增长作为期望产出、对环境的影响作为非期望产出。其中本文又将对资源的消耗分为自然资源消耗以及人力资本资源的消耗，自然资源包括水、土地以及能源的投入，而人力资本则是劳动力和资本的投入，对环境的影响用污染物的排放量来衡量。综上讨论，本文选取了

长三角城市群 26 个城市 2008-2018 年的相关指表作为模型的变量，具体结果如下所示。

1.水资源投入。无论是农业、工业以及其他各自经济活动，还是居民日常生活都需要消耗大量的水资源，因此本文选取全社会用水量来表示经济发展过程中水资源的投入。全社会用水量相关数据来源于《中国城市统计年鉴》。

2.土地资源投入。参考相关文献，本文选取建成区面积来表示土地资源的投入。建成区面积相关数据来源于《中国城市统计年鉴》。

3.能源资源投入。由于全社会的能源消耗最终形式主要为对电力的消耗，而其他能源消耗不好衡量，因此本文最终选用全社会用电量来表示能源资源的投入。全社会用电量相关数据可以从《中国城市统计年鉴》中获得。

4.劳动力投入。经济建设离不开人的参与，本文选取年末就业人口来衡量每年的劳动力投入。年末就业人口数据可从《中国城市统计年鉴》中获得。

5.资本投入。所有政府公开的经济数据中，均只有固定资本投入，但是固定资本投入是流量，每年作用于经济发展的是资本存量。因此本文利用各年固定资产投资额，先以 2008 年为基期对其进行平减，再根据永续盘存法得到 2008-2018 年各个城市的固定资本存量。最后以固定资本存量来衡量资本投入。固定资产投资额数据可以在《中国城市统计年鉴》中获得。

6.经济增长。地区生产总值反映了一个地区一年的经济增长，因此本文选择用实际 GDP 来表示经济增长，各年的名义 GDP 数据来自《中国城市统计年鉴》，得到数据后，以 2008 年为基期对其进行平键，最后得到各年的实际 GDP。

7.污染物排放量。本文将经济发展过程产生的污染物作为模型的非期望产出，在环境污染物的选择上，本文分别从水污染，固体污染和大气污染角度，选取了工业废水排放量、工业烟（粉）尘排放量以及工业二氧化硫排放量来代表污染物的排放量。相关数据来自《中国城市统计年鉴》。

4.3 长三角城市群生态效率结果分析

基于上文关于生态效率评价指标的选取超效率 SBM 模型的介绍，选取长三角地区 2008-2018 年 26 个城市相关投入产出数据，运用 Maxdea 软件对生态

效率进行测度，测算结果如表 4.1 所示。

1. 基于地区层面的产业集聚特征分析

根据表 4.1 中的结果，测算出 2008-2018 年长三角地区各个城市的平均生态效率，结果如图 4.5 所示，可以看出，长三角地区的生态效率大致呈 M 型，且整体呈现向下的趋势，分别在 2011 年及 2017 年到达峰值。这与长三角地区的经济发展状态相反，这表明随着经济的发展，长三角地区的环境污染问题并没有减弱，反而影响了它的生态效率水平。

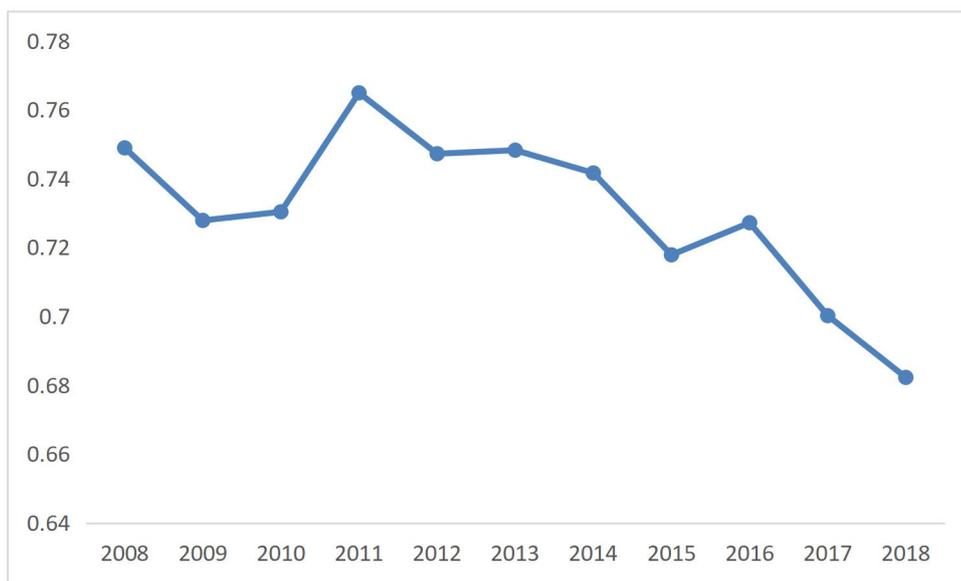


图 4.5 2008-2018 年长三角城市群生态效率平均水平

表 4.1 2008-2018 年长三角城市群生态效率水平

地区	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
上海	1.121	1.138	1.126	1.123	1.113	1.116	1.080	1.125	1.219	1.269	1.272
南京市	0.495	0.482	0.476	0.479	0.486	0.476	0.493	0.474	0.406	0.359	0.351
无锡市	1.029	1.022	1.063	1.048	1.068	1.063	1.070	1.072	1.058	1.045	1.050
常州市	0.594	0.564	0.579	1.001	1.029	1.021	1.005	0.607	0.578	0.557	0.530
苏州市	1.057	1.043	1.043	1.069	1.013	1.030	1.043	1.037	1.024	1.031	1.037
南通市	1.090	1.048	1.016	1.012	1.009	1.017	1.005	0.766	1.003	1.062	1.086
盐城市	1.071	1.053	1.044	1.046	1.030	1.020	1.005	0.669	1.002	1.024	1.024
扬州市	1.015	1.018	1.026	1.017	1.007	1.030	1.004	1.004	1.001	0.892	0.702
镇江市	0.685	0.687	0.687	0.621	0.661	0.641	0.671	0.663	0.648	1.023	1.011
泰州市	0.715	1.014	1.007	1.010	1.018	1.022	1.003	1.033	1.020	1.051	1.046
杭州市	1.017	0.666	0.708	1.017	1.006	1.005	0.683	0.740	1.022	0.553	0.496
宁波市	1.021	1.020	1.003	1.000	0.767	1.003	1.021	1.017	0.709	0.633	0.632
嘉兴市	1.012	1.016	0.700	0.715	0.717	0.721	1.012	1.036	1.050	1.039	1.064
湖州市	0.560	0.521	0.542	0.565	0.555	0.541	0.529	0.520	0.516	0.504	0.468
绍兴市	1.031	1.018	1.018	1.028	1.044	0.648	0.568	0.542	0.550	0.399	0.471
金华市	1.075	1.084	1.079	1.069	1.056	1.088	1.088	1.070	1.059	1.056	1.044
舟山市	1.050	1.035	1.034	1.038	1.044	1.059	1.050	1.057	1.078	1.048	1.171
台州市	1.095	1.117	1.124	1.087	1.087	1.052	1.099	1.064	1.060	1.034	1.039
合肥市	1.165	1.168	1.091	1.025	1.029	1.040	0.480	1.056	1.034	1.031	0.332
芜湖市	0.392	0.388	0.416	0.404	0.395	0.333	0.350	0.330	0.324	0.312	0.309
马鞍山	0.304	0.347	0.363	0.321	0.320	0.316	0.295	0.300	0.319	0.341	0.326
铜陵市	0.327	0.448	0.336	0.388	0.383	0.346	0.348	0.281	0.283	0.274	0.278
安庆市	0.394	0.411	0.484	0.549	0.538	0.594	0.496	1.001	0.618	1.008	0.563
滁州市	0.475	0.452	0.610	1.008	0.468	0.431	0.351	0.359	0.376	0.431	0.380
池州市	0.318	0.311	0.330	0.361	0.352	0.350	0.331	0.356	0.379	1.047	1.031
宣城市	0.406	0.402	0.403	0.394	0.418	0.369	0.383	0.405	0.479	0.478	0.454

2.基于城市层面的生态效率特征分析

从城市层面上来看，如图 4.5 所示，从长三角城市群各个城市的平均生态效率来看，平均生态生率大于 1 的地区有上海、无锡、苏州、南通、金华、舟山、台州，集中在上海周边以及浙江南部地区，而生态效率排名靠后有芜湖、马鞍山、铜陵、滁州、池州、宣城，生态效率值均小于 0.5，主要集中在长三角城市群的西部，绍兴、湖州、杭州、常州等地生态效率基于 0.5-1 之间。首先表明长三角地区各个城市之间的生态效率水平存在着较大的差别，并且在空间上存在高高集聚以及低低集聚的现象。其次长三角城市群的生态效率在空间上由东向西依次衰减，分为 3 个梯队，第一梯队为最东面的上海、舟山、台州等沿海城市，这些城市的生态效率值基本在 1 以上；第二梯队为杭州、嘉兴、扬州等城市，这些城市大多靠近第一梯队，其生态效率介于 0.5-1 之间；第三梯队都是在长三角比较靠西部的城市，例如南京、芜湖、宣城等，它们的生态效率低于 0.5。

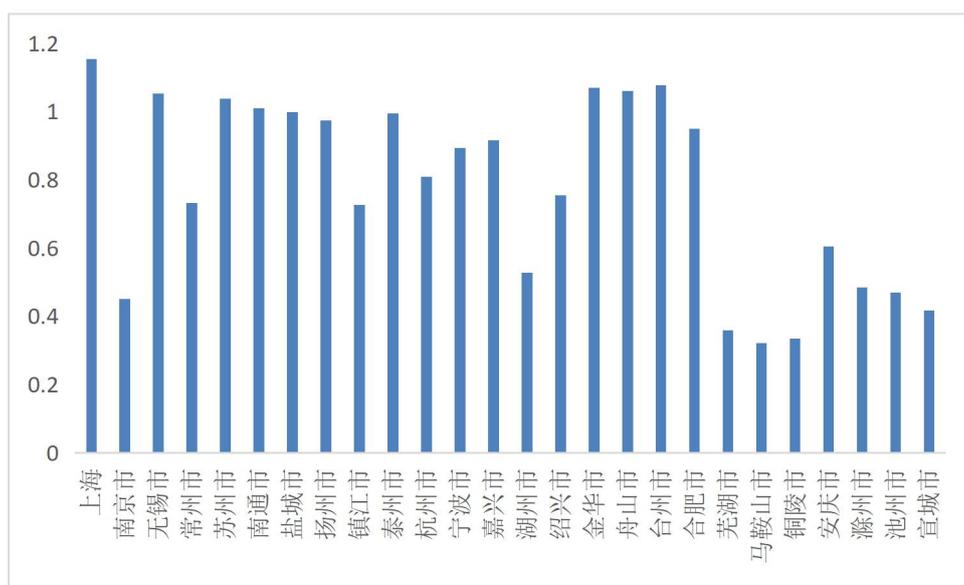


图 4.6 长三角城市群各城市生态效率平均水平

3.生态效率的空间分布

根据表 4.1 中生态效率测算的结果，选取 2008、2011、2014 及 2018 4 个年份数据，借助 Arcgis 软件得到长三角城市群生态效率热度图图，将城市群划分为四个等级，每个等级之间产业集聚水平差距较大，结果如图 4.7 所示。首先，可以明显的看出长三角地区生态效率值明显存在一个东西差异，生态效率高点基本都在东部城市，而合肥周边的城市，生态效率相对较低。其次在东部地区，上海周边地区和杭州周边城市的生态效率水平较高。同时可以看出在 2008-2018 年

间，长三角地区的生态效率高点逐渐向上海地区转移，在 2018 年，所有生态效率值大于 1.044 的城市都集中在上海的周边地区。

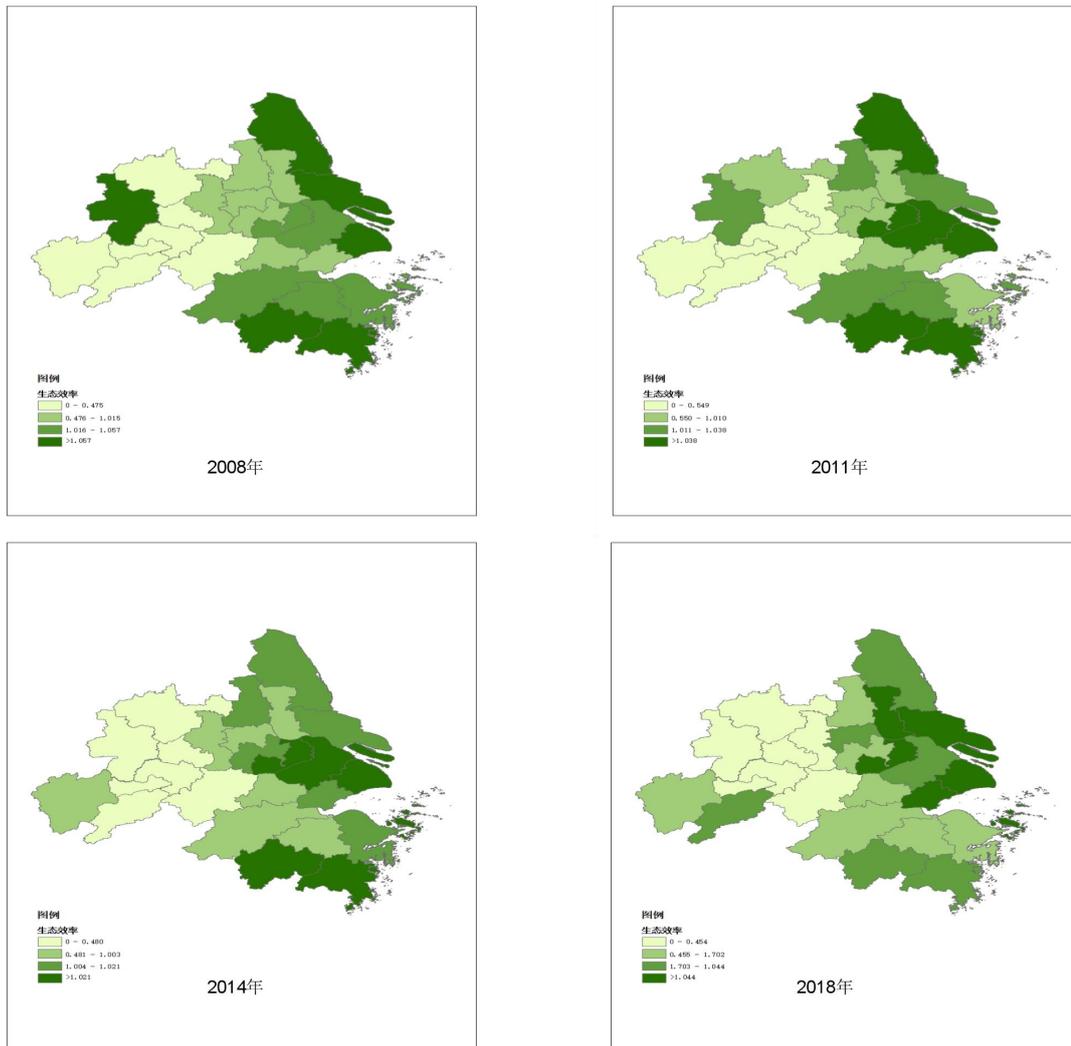


图 4.7 长三角地区生态效率空间分布

5.产业集聚对生态效率的影响分析

5.1 空间计量模型介绍

传统的计量经济通常会对变量进行假设，假设变量之间是相互独立的，在对区域经济问题进行研究时候，许多经济数据都有一定的空间位置属性，空间位置越是接近的变量，二者之间的关系可能越是密切。因此便有了考虑地理因素的空间计量模型。

首先，考虑被解释变量会收到其空间滞后项的影响，不同于时间序列的滞后项，解释变量的空间滞后项可以来自所有方向的所有距离，即所有其他样本对他的影响。因此便引出了空间滞后模型（SAR），如下所示。

$$Y = \lambda wY + X\beta + \varepsilon \quad (5.1)$$

在式子（5.1）中， w 为空间权重矩阵， y 为被解释变量，本文指生态效率， X 为解释变量， λ 是被解释变量空间滞后模型的系数， w 为空间权重矩阵， ε 均值为 0，方差一定的随机扰动项向量。

被解释变量的空间效应可能通过误差项来实现，这便是空间误差模型（SEM），其一般表达式为：

$$Y = X\beta + \mu, \mu = \rho w\mu + \varepsilon \quad (5.2)$$

其中， w 为空间权重矩阵， μ 为扰动项， ρ 为空间误差的系数， ε 均值为 0，方差一定的随机扰动项向量。

被解释变量的空间效应还有可能通过其他样本的解释变量来实现，这便是空间杜宾模型（SDM），如下所示：

$$Y = \rho wY + X\beta + wX\delta + \varepsilon \quad (5.3)$$

在式（4.6）中， w 为空间权重矩阵， ρ 为空间滞后项系数、 β 为解释变量系数， δ 为解释变量滞后项的系数。

5.2 相关变量及数据说明

5.2.2 相关变量

本文借鉴已有文献对区域生态效率影响因素的研究，结合长三角地区经济发展现状并根据数据的可得性，对本文所涉及的主要变量进行说明：

1. 被解释变量

生态效率（EE）能够综合反应经济发展和生态环境的状况，计算方法及结果在第四章叙述过。

2. 核心解释变量

制造业集聚指数（ma）、知识密集型服务业集聚指数（ka）以及二者产业

协同集聚指数 (co) 均采用第三章计算出来的相关集聚指数来衡量各自的集聚水平。

3.控制变量

本文最终选择了经济发展水平、产业结构、城市规模、对外开放水平、科技投入五个影响因素作为对生态效率影响的控制变量，具体变量如下所示。

(1) 产业结构：产业结构在一定程度上反应了一个地区经济发展的质量。产业结构的升级可能会促进经济发展的同时降低对环境的污染以及资源的消耗。故地区产业结构对生态效率的影响不可忽视，本文选用第二产业值占地区生产总值比来表示产业结构。

(2) 城市规模：一般来说，随着经济的发展，城市规模会越来越大，人口也会越来越多，而会消耗更多的资源以及对环境造成的污染程度更大，生态效率越低。用各市辖区建成区面积表示城市规模。

(3) 对外开放水平：在当今经济全球化的环境下，对外开放一方面意味着可以带来的科学技术的交流，这能够促进当地技术水平的提高，同时还能促进当地竞争。另一方面，对外开放可能会带来技术保护，环境污染等问题，从而影响生态效率。本文最终该选择实际利用外资占比作为对外开放水平的衡量。

(4) 经济发展水平：一个地区的经济发展水平会直接影响到地区的生态效率，经济发展水平较高的地区自然需要更多资源的投入，从而对生态环境造成更多污染。同时经济发展水平更高的地区，人们会更加重视环保，从而又促进了生态效率的提高。本文选择人均地区生产总值来衡量经济发展水平。

(3) 科技水平：科技投入是创新的驱动力，而创新是推进社会经济和生态环境协调发展的关键，因此必须考虑科技投入对生态效率的影响。本文选用政府科技支出占财政支出的比重来表示一个地区的科技投入水平，其数值越大，说明该地区的科技投入水平越高，数值越小说明该地区的科技投入水平越低。

5.2.2 数据说明

本文分析生态效率所需的数据均来自《国家统计年鉴》与《中国城市统计年鉴》，其中制造业集聚指数、知识密集型服务业集聚指数以及产业协同集聚指数在第四章计算得到。而其经济发展水平、产业结构、城市规模、对外开放水平、科技投

入分别用人均 GDP(PGDP)，第二产业生产总值占比(IS)、建成区面积 (CS)、外资占比(FI)以及科技支出占比(ST)表示。

5.3 空间计量检验

5.3.1 空间相关性分析与空间权重矩阵设置

在进行空间计量相关性分析之前，要先设定好空间权重矩阵。空间权重矩阵反映了研究地区内的各个样本之间的空间距离，最常见的空间权重矩阵为 0-1 矩阵，即两个地区向量则系数为 1，反之则系数为 0。本文主要为了分析各个城市之间的空间交互效应，因此最终采用空间地理距离权重矩阵作为本文空间计量模型的空间权重矩阵。此时，假定对观测值起到显著影响的观测值之间的地理距离，并且这种影响效果随着距离的增加而减弱，故本文首先根据各城市的经纬度算出其地理距离，再将其倒数作为系数，最后空间地理矩阵结果如下所示，其中 d_{ij} 表示 i、j 两地的地理距离。

$$W_G = 1/d^2 \quad i \neq j, i = j \text{ 时, } W_G \text{ 为 } 0 \quad (5.4)$$

在使用空间计量方法分析长三角城市群生态效率之前，要先分析长三角城市群各个城市的生态效率是否存在空间相关性，学者们使用最多的方法市“莫兰指数 I”，具体如下所示：

$$Moran's I = \frac{n}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n W_{ij}} \times \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n W_{ij} (X_i - \bar{X})(X_j - \bar{X})}{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2} \quad (5.5)$$

其中 X_i 为地区 i 的观测值， W_{ij} 是对空间权重矩阵 W 进行标准化后的结果。莫兰指数的取值范围在-1 到 1 之间，越接近 1，则表示观测值在空间上越有正相关性，即高高集聚，低低集聚。反之，若越接近-1，则表示观测值在空间上越有负相关性，即高低集聚。当莫兰指数越接近 0，则表示观测值在空间上越没有相关性，当莫兰指数为 0 时，观测者在空间上的分布时完全随机的，此时空间计量模型就简化为一般的计量模型。

首先考察长三角城市群生态效率指数的空间相关性，本文进行莫兰检验，结果如表 5.1 所示，检验结果表明从 2008-2018 年，长三角城市群生态效率的莫拉指数检验显著通过，且均大于 0，即长三角城市群的生态效率呈现显著的正相关性，这也表示长三角城市群的生态效率再空间上呈现高高集聚，低低集聚的分布。

表 5.1 地理距离权重下 2008-2018 年生态效率的面板全局莫兰值

年份	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
莫兰值	0.401	0.357	0.342	0.356	0.382	0.366	0.478	0.244	0.291	0.189	0.209
P 值	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.008	0.002

5.3.2 空间模型选择

根据上文的空间自相关性分析可知，长三角地区生态效率存在显著的空间相关性。因此要选择合适的空间计量模型对产业集聚对生态效率的影响进行分析。

首先进行 LM 检验及其稳健性检验 (Robust LM)，结果如表 5.2 所示，LM-lag 和 R-LM-lag 的统计量分别为 43.892 和 55.019，均通过了 1% 的显著性检验，这说明空间滞后项的显著性明显；而 LM-err 和 R-LM-err 的统计量分别为 15.082 和 26.209，也都通过了 1% 的显著性检验，这说明空间误差项的显著性也明显，因此空间滞后模型 (SAR) 模型和空间误差模型 (SEM) 均可以有效地控制空间相关性。

表 5.2 空间计量模型 LM 及 Robust LM 检验

模型	检验方法	统计量	P 值
SAR	LM-lag	43.892	0.000
	R-LM-lag	55.019	0.000
SEM	LM-err	15.082	0.000
	R-LM-err	26.209	0.000

其次对空间滞后模型 (SAR)，空间误差模型 (SEM) 以及空间杜宾模型 (SDM) 进行 Hausman 检验，结果如表 5.3 所示，结果表明三种模型的统计量

分别为-34.254, -18.364 以及 17.461, 在 5%的显著性水平上均通过了 Hausman 检验, 因此三种模型都选用固定效应。再判断选择时间固定、空间固定以及时空双固定三种模式, 根据结果显示时空双固定的 R^2 最大, 因此选择时空双固定效应。

表 5.3 空间计量模型 Hausman 检验

模型	统计量	P 值
SAR	-34.254	0.000
SEM	-18.364	0.002
SDM	17.461	0.026

最后判断根据 Wald 和 LR 检验判断空间杜宾模型 (SDM) 是否会退化为空间滞后模型 (SAR) 或是空间误差模型 (SEM), 检验结果如表 5.4 所示, 结果显示 Wald-lag 和 LR-lag 的统计量分别为 15.57 和 17.32, 在 5%的显著性水平上通过了 Wald 和 LR 检验; Wald-err 和 LR-err 的统计量分别为 15.98 和 18.15, 同样在 5%的显著性水平上通过了 Wald 和 LR 检验, 检验结果拒绝了原假设, 表明空间杜宾模型 (SDM) 并不会退化为空间滞后模型 (SAR) 或是空间误差模型 (SEM)。根据以上的检验结果, 本文最终采用了空间和时间双重固定效应的空间杜宾模型。

表 5.5 空间计量模型 Wald 及 LR 检验

模型	检验方法	统计量	P 值
SAR	Wald-lag	15.57	0.0293
	LR-lag	17.32	0.0154
SEM	Wald-err	15.98	0.0154
	LR-err	18.15	0.0253

5.4 空间计量模型估计结果

根据本文 5.3 的分析，本文最终选择空间和时间双重固定效应的空间杜宾模型。空间计量模型结果如表 5.6 所示。

表 5.6 时空双固定效应的空间杜宾模型结果

变量	SDM (时空双固定)
制造业集聚 (ma)	0.171 ^{***} (0.069)
知识密集型服务业集聚 (ka)	0.101 [*] (0.320)
协同集聚 (ca)	0.320 ^{***} (0.100)
经济发展水平 (pgdp)	0.091 [*] (0.062)
产业结构 (is)	-0.086 ^{***} (0.024)
对外开放水平 (fi)	0.152 [*] (0.053)
城市规模 (cs)	-0.074 ^{**} (0.041)
科技水平 (s't)	0.044 ^{**} (0.056)
制造业集聚滞后项 (W*ma)	0.651 ^{***} (0.209)
知识密集型服务业集聚滞后项 (W*ka)	0.643 ^{**} (0.204)
协同集聚滞后项 (W*ca)	0.491 [*] (0.267)
经济发展水平滞后项 (W*pgdp)	0.216

	(0.215)
产业结构滞后项 (W*is)	-1.574***
	(0.199)
对外开放水平滞后项 (W*fi)	0.75
	(0.157)
城市规模滞后项 (W*cs)	-0.72**
	(0.143)
科技水平滞后项 (W*s't)	0.605***
	(0.171)

注：*，**，***分别表示在 10%，5%，1%的显著性水平上通过检验

首先分析核心解释变量，从表 5.6 可以发现制造业集聚与生态效率呈正相关关系，并且通过了 1%的显著性检验。结果表明制造业集聚促进了地区生态效率的提高，这说明，长三角城市群的制造业集聚仍然处于外部规模经济阶段，而非拥挤效应阶段。制造业的集聚带来了长三角城市群内知识和技术的溢出，这为长三角城市群制造业的企业创造了更好的合作交流环境，使得这些企业的创新思想和先进技术能够相互辐射传播，同时长三角城市群制造业的集聚使得集聚区域内的劳动力市场以及资本市场成熟，更多的资金能够流入到需要资金的地方，高质量劳动力也能够及时地和企业匹配。此外由于长三角城市群制造业集聚水平较高，地区内部竞争激烈，因此该地区的企业之间创新能力更强，区域竞争优势明显。最后由于制造业的集聚，各个城市对制造业的监管，以及对生产污染物的监督排放以及排放后的处理都能够集中解决，这大大降低了政府的工作成本，同时也提高了工作效率。知识密集型服务业与生态效率呈正相关关系，但是知识密集型服务业仅通过了的 10%显著性水平，这说明知识密集型服务业对生态效率的影响并不显著，这可能是由于长三角城市群的知识密集型服务业并没有发挥其潜力，也许和产业本身发展质量，资金技术不到位，以及人才缺乏有关系。协同集聚与生态效率呈正相关关系，并且通过了 1%的显著性检验。虽然知识密集型服务业对生态效率的影响并不显著，但其与制造业的协同集聚显著地促进生态效率地提高，在协同集聚过程中，知识密集型服务业对制造业有一定的知识技术溢出效应，这可能是知识密集型服务业与制造业形成了良好的合作发展关系，提高了

制造业生产过程中的技术水平，减少了对资源投入的消耗，以及污染物的排放。

就控制变量而言，产业结构和城市规模参数估计显著为负，这说明相对与其他产业，第二产业会产生更多污染，消耗更多能源，而城市规模的扩大则导致人口增加，无疑也会会产生更多的污染，消耗更多的能源，给生态环境带来严重的破坏。科学技术投入的参数估计显著为正，这说明长三角城市群各城市政府的科技投入时有效的，科技投入提高了地区的创新水平，提高了地区生产水平，从而降低了对能源的消耗以及对加强了对环境的保护，科技投入的提高使得地区的经济从快速向高质量转变。人均 GDP 能够生态效率的促进作用但结果不显著，这可能由于经济发达的地方，人们的环保意识并没有随着经济发张而增长，而政府也并没有因为经济发展较好而更多地去关注生态环境。外商投资占比对生态效率的影响不显著，这可能与长三角城市群引进的外资质量不高，技术水平不高有关系。

其次分析解释变量的滞后项，制造业集聚的估计系数为正且通过了 1% 的显著性检验，这表明临近城市的制造业集聚会提高本市的生态效率，这表明制造业集聚带来的知识溢出效应和规模经济效应能够影响一块区域，该区域内相同资源要素的大量积聚，企业人才相互沟通与合作，大大地提高了相互的生态效率。同时区域内产生相同或相似的污染物，也方便集中治理污染和降低污染治理成本。在地理距离权重下，知识密集型服务业集聚的估计系数为正，且通过 5% 显著性检验，这表明知识密集型服务业集聚会提高周边城市的生态效率。在地理距离权重下，二者协同集聚的估计系数为正，且通过 1% 显著性检验，这说明知识密集型服务业与制造业的协同集聚对城市城市生态效率存在正向的促进作用。

6 结论与建议

6.1 结论

(1) 长三角地区制造业总体集聚水平呈现上升趋势，在空间分布上，制造业集聚高点主要集中在，苏州周边地区，包括无锡、徐州、常州、嘉兴等城市，但近年来制造业集聚高点有逐渐从苏州周边地区开始向外扩散趋势，同时长三角北部地区和南部地区开始由制造业集聚较高点转变为制造业集聚低点地区，而合

肥周边地区逐渐出现制造业集聚高点,这说明长三角地区制造业存在由东部向西部地区转移的趋势。

(2) 长三角地区知识密集型服务业相对于制造业集聚水平而言总体水平较低,且知识密集型服务业集聚水平总体呈现下降趋势。在空间分布上,上海、南京、杭州的知识密集型服务业集聚水平较高,其次为苏州、南通、金华等地,而其他地区知识密集型服务业集聚水平相对较低,这说明长三角地区大部分城市经济发展主要还是比较依赖制造业的集聚。同时,知识密集型服务业集聚高点越来越向集中在上海、杭州一带集聚,这说明知识密集服务业逐渐转移向经济发达地区。

(3) 长三角地区制造业和知识密集型服务业协同集聚水平总体呈下降趋势,产业发展不均衡。其中最为代表性的为制造业集聚相对密集的苏州、无锡、常州等地,协同集聚水平远低于平均水平,产业发展极不均衡,而作为中心城市,上海、杭州、南京的协同集聚水平较高,但近年来略微有所下降。长三角南部地区城市,包括金华,台州等地,协同集聚水平整体上呈现V型,相反长三角西部地区的合肥、安庆、滁州、宣城等地,由于制造业和知识密集服务业的转移的影响,产业协同集聚水平呈现倒V型。

(4) 长三角地区生态效率的平均水平呈现轻微下降趋势,与其经济发展状况相反。这说明,随着经济发展,长三角地区的环境污染问题并没有减弱,反而影响了它的生态效率水平。长三角城市群内部各个城市生态效率差异较大,可以明显的看出存在东西差异,生态效率高点基本都在东部城市,而合肥周边的城市,生态效率相对较低。其次在东部地区,上海周边地区和杭州周边城市的生态效率水平较高。同时长三角地区的生态效率高点逐渐向上海地区转移。

(5) 利用空间杜宾模型分析产业集聚对生态效率的影响,结果表明在地理距离权重下,在地区经济发展过程中,提高其制造业集聚水平或实现知识密集型服务业与其制造业二者的协同集聚水平的话,均能提高区域生态效率,且有着明显的正的空间溢出效应。而单独从知识密集型服务业聚集水平对区域生态效率的促进作用来说,其促进区域生态效率提高不明显。通过提高地区生态效率的措施及路径如经济发展水平、科学技术水平以及外商投资等这些方法及手段均能够提高生态效率,其中科学技术水平和经济发展水平有着明显的正的空间溢出效应,

但经济发展水平和对外开放水平对生态效率的提升效果不明显。产业结构和城市规模参数估计显著为负，且有着明显的负的空间溢出效应。

6.2 建议

(1)重视知识密集型服务业建设，提高产业间协同集聚水平。

发现长三角地区制造业集聚水平总体上升而知识密集型服务业集聚水平呈下降趋势，产业协同集聚下降，特别是苏州、常州、无锡地区，制造业集聚水平高，但知识密集型服务业集聚水平相对过低，产业发展及不均衡。因此，在制造业集聚水平较高地区，重视知识密集型服务业的建设，经济发展不能光光依靠制造业集聚来带动，避免出现产业协同集聚水平过低的情况。

(2)适度引入制造业数量，重视引入制造业质量。

长三角地区制造业主要呈现由东部向西部地区转移，而知识密集型服务业却逐渐向经济发达地区转移，这必然会导致西部地区的产业协同集聚水平下降。因此，西部地区城市在提高制造业集聚水平时，要根据当地城市发展实际状况。同时，由于制造业中的许多产业往往会带来环境的污染和资源的过度消耗，因此在引入制造业时，要注重其质量，做好对引入产业的层层把关，避免因追求经济发展，而引入高污染，高消耗的产业。

(3)引导中小企业合作交流发展，提高集聚效应

研究发现知识密集型服务业的集聚并没有带来显著的生态效率提高，这与理论分析结果不符，这说明长三角城市群各城市的知识密集型服务业的相关企业，并没有因为集聚而产生外部规模经济效应，因此生态效率无法得到提高。若想尽快摆脱这种困境，从政府角度来说，在政策上应该积极创造知识密集型服务业内部的交流合作机会，使得企业能够相互交流创新知识和先进的技术。同时政府也要鼓励相关企业地发展，鼓励创新，并为这些企业地发展提供一个更好环境。

(4)发挥中心城市带动作用

产业集聚、科技水平和经济发展均有着正的空间溢出效应，而上海、南京、杭州作为长三角地区中心城市，无论是产业集聚水平，还是科技与经济发展水平都达到较高层次，因此要充分发挥其带头作用，增加与周边城市的交流，引领周边城市发展，发挥其溢出效应，带动整个地区生态效率的提高。

（5）调整产业结构，促进产业优化升级

长三角城市群第二产业占比较高，已经抑制了生态效率的提高，一方面工业作为污染相对较高的产业，过高的占比一定会对生态环境造成破坏，因此长三角城市群各个城市要根据自身产业结构实际情况，做出调整，增加第三产业比重。其次由于长三角的制造业多是劳动密集型，因此要提高制造业的技术水平。对于企业来，首先加强对落后技术的改造，尤其是一些落后的、高污染的、耗能高的设备，引入新技术，加强创新。而对于政府来说，要制定相关政策，例如相关污染物排放限额，限制高污染、高耗能企业的生产。

（6）加强外商投资监管，提高引入外资质量

研究中发现外商投资对我国长三角城市群的生态效率影响较小，即对经济发展过程中生态效率提升的水平较低，这可能与长三角城市群引进外资质量不高，规模不当有关。一方面政府应该限制外资对高消耗，高污染，低水平产业的投资，同时控制外资引入的数量。另一方面，政府应该积极引入带有高技术的外资进入，从而提高资源利用效率，减少环境污染。

致谢

时光如梭，转眼间，三年的研究生求学之路便要画上句号，站在毕业的门槛上，回首往昔，三年间的奋斗与汗水已成为丝丝回忆，三年间的甜美与欢笑也已尘埃落定。财大以其优良的学习科研氛围教我求学，以其博大的情怀包容我成人。值此毕业论文完成之际，我谨向所有关心、爱护、帮助我的人们表示我最真挚的感谢和最美好的祝福。

首先应该感谢的就是我的导师宋马林教授，本论文是在宋老师的悉心指导下完成，从论文的开题到最终定稿，宋老师都提出了宝贵的建议并进行了细致的研读，并细心地对我的论文提出修改批注，倾注了导师大量的心血。三年来，宋老师严谨的科学研究态度，精益求精的工作作风，诲人不倦的高尚师德，朴实无华、平易近人的人格魅力也都深深地感染和激励着我，在此向我的恩师送上最诚挚的谢意与祝福。

其次我要感谢研究生生活中遇到的各位老师和同学，无论是在学习上还是在生活上在遇到困难束手无策的时候，你们的悉心建议和无私帮助使得我能够解决难题。

最后，我要感谢我的家人，是你们在我求学生涯中给了我无微不至的关怀与照顾，一如既往地支持和鼓励我。

参考文献

- [1] Ozyurt, Selin. Total Factor Productivity Growth in Chinese Industry: 1952-2005[J]. *Oxford Development Studies*, 2009: 1-26.
- [2] Jiandong Zhang, Xiaoyu Qu, Arun Kumar Sangaiah. A Study of Green Development Mode and Total Factor Productivity of the Food Industry Based on the Industrial Internet of Things[J]. *IEEE Communications Magazine*, 2018.05, 56(5): 72-78.
- [3] Xuehong Zhu, Ying Chen, Chao Feng. Green total factor productivity of China's mining and quarrying industry: A global data envelopment analysis[J]. *Resources Policy*, 2018, 57: 1-9.
- [4] Chao Feng, JianBai Huang, Miao Wang. Analysis of green total factor productivity in China's regional metal industry: A meta-frontier approach[J]. *Resources Policy*, 2018.10, 58: 219-229.
- [5] Shuli Wang, Xuliang Wang. Does Service Inward Foreign Direct Investment Improve Green Total Factor Productivity: An Empirical Study Based on China's Provincial Panel Data[J]. *Journal of International Trade*, 2017, 12: 83-93.
- [6] Xiulu Huang, Xianfeng Han, Pengfei GE. Green Total Factor Productivity Shifts and Influential Mechanisms for 'The Belt and Road' Countries[J]. *Business Management Journal*, 2017, 39(9): 6-19.
- [7] Yu Sheng, Tom Jackson, Shiji Zhao, Dandan Zhang. Measuring Output, Input and Total Factor Productivity in Australian Agriculture: An Industry-Level Analysis[J]. *Review of Income & Wealth*, 2017.
- [8] Bin Li, Shusheng Wu. Effects of local and civil environmental regulation on green total factor productivity in China: A spatial Durbin econometric analysis[J]. *Journal of Cleaner Production*, 2017, 153(1): 342-353.
- [9] Seker Murat, Saliola Federica. A cross-country analysis of total factor productivity using micro-level data[J]. *Central Bank Review*, 2018, 18(1): 13-27.
- [10] Männasoo Kadri, Heili Hein, Ruubel Raul. The contributions of human capital,

- R&D spending and convergence to total factor productivity growth[J]. *Regional Studies*, 2018, 52(12): 1598-1611.
- [11] Ying-Hsiu, Chen. Estimating the speeds of long-run technological catch-up and growth of total factor productivity for countries[J]. *Journal of International Trade & Economic Development*, 2018, 27(2): 220-234.
- [12] Agnieszka Gehring, Inmaculada Martínez-Zarzoso, Felicitas, Nowak-Lehmann Danzinger. What are the drivers of total factor productivity in the European Union?[J]. *Economics of Innovation and New Technology*, 2016, 25(4): 406-434.
- [13] Jiansheng Zhang, Wei Tan. Study on the green total factor productivity in main cities of China[J]. *Social Science Electronic Publishing*, 2016, 34(1): 215-234.
- [14] Herzer, Dierk. Foreign direct investment and total factor productivity in Bolivia[J]. *Applied Economics Letters*, 2016, 06: 399-403.
- [15] Boqiang Liu, Ziyue Chen. Does factor market distortion inhibit the green total factor productivity in China?[J]. *Journal of Cleaner Production*, 2018, 197(1): 25-33.
- [16] Subaran Roy. Foreign Direct Investment and Total Factor Productivity Growth: Does Distance from Technology Frontier Matter[J]. *Global Business & Economics Review*, 2016, 18(2): 1-13.
- [17] BM Balk, JL Zofio. The Many Decompositions of Total Factor Productivity Change[J]. *Social Science Electronic Publishing*, 2018: 1-149.
- [18] Sato Masayuki, Tanaka Kenta, Managi Shunsuke. Inclusive wealth, total factor productivity, and sustainability: an empirical analysis[J]. *Environmental Economics & Policy Studies*, 2018, 20(4): 741-757.
- [19] Juan Du, Yao Chen, Ying Huang. A Modified Malmquist-Luenberger Productivity Index: Assessing Environmental Productivity Performance in China[J]. *European Journal of Operational Research*, 2018, 269(1): 171-187.
- [20] Christophe, Feder. A measure of total factor productivity with biased technological change[J]. *Economics of Innovation & New Technology*, 2018, 27(3): 243-253.

- [21]Liangshi Zhao, Caizhi Sun, Fengchao Liu. Interprovincial two-stage water resource utilization efficiency under environmental constraint and spatial spillover effects in China[J]. Journal of Cleaner Production, 2017, 164: 715-725.
- [22]S Chen , X Tang. Where is the way for China's economic sustainable development? [J]. Acad Mon, 2017, 49 (1): 179-184.
- [23]Malin Song, Shuhong Wang. Participation in global value chain and green technology progress: evidence from big data of Chinese enterprises[J]. Environmental Science and Pollution Research, 2016, 24(2): 1648-1661.
- [24]李占风,张建.资源环境约束下中国工业环境技术效率的地区差异及动态演变[J].统计研究, 2018. 35(12): 45-55.
- [25]童馨乐,杨向阳,陈媛.中国服务业集聚的经济效应分析:基于劳动生产率视角[J].产业经济研究, 2009(06): 30-37.
- [26]任宇飞,方创琳,蔺雪芹.中国东部沿海地区四大城市群生态效率评价[J].地理学报, 2017. 72(11): 2047-2063.
- [27]田时中.长三角城市群绿色化测量及影响因素[J].经济地理, 2019.39(09):94-103
- [28]何宜庆,陈林心,周小刚.长江经济带生态效率提升的空间计量分析——基于金融集聚和产业结构优化的视角[J].生态经济, 2016.32(01): 22-26.
- [29]张治栋,陈竞.异质性产业集聚及其协同发展对经济效率的影响——以长江经济带 108 个城市为例[J].工业技术经济, 2019.38(06): 97-104.
- [30]韩峰,王琢卓,阳立高.生产性服务业集聚、空间技术溢出效应与经济增长[J].产业经济研究,2014,(02):1-10
- [31]潘雨,陕西省金融集聚与生态效率耦合关系研究[D].西安理工大学,2019 .
- [32]刘云强,权泉,朱佳玲,王芳.绿色技术创新、产业集聚与生态效率——以长江经济带城市群为例[J].长江流域资源与环境, 2018. 27(11):2395-2406.
- [33]王永进,张国峰, 开发区生产率优势的来源:集聚效应还是选择效应?[J].经济研究, 2016.51(07):58-71.
- [34]邵帅, 张可,豆建民.经济集聚的节能减排效应:理论与中国经验[J]. 管理世界, 2019. 35(01):36-60+226.

- [35]张可, 经济集聚的减排效应:基于空间经济学视角的解释[J]. 产业经济研究, 2018(03): 64-76.
- [36]任宇飞,方创.京津冀城市群县域尺度生态效率评价及空间格局分析[J]. 地理科学进展, 2017. 36(1): 87-98.
- [37]何宜庆,陆佳俐.金融集聚、产业结构及生态效率耦合协调实证分析[J].南通大学学报(社会科学版), 2015. 31(06): 114-120.
- [38]徐成龙,庄贵阳.基于环境规制的环渤海地区工业集聚对生态效率的时空影响[J].经济经纬,2020,37(03):11-19.
- [39]韩增林,吴爱玲,彭飞,孙嘉泽,夏康.基于非期望产出和门槛回归模型的环渤海地区生态效率[J].地理科学进展, 2018. 37(2): 255-265.
- [40]孙金岭,朱沛宇.基于 SBM-Malmquist-Tobit 的“一带一路”重点省份绿色经济效率评价及影响因素分析[J].科技管理研究, 2019. 39(12): 230-237.
- [41]尹庆民,吴秀琳.环境约束下长江经济带工业能源环境效率差异评价与成因识别研究[J].科技管理研究, 2019. 39(6): 240-247.
- [42]郑季良,彭晓婷.高耗能产业群复合生态效率协同及影响因素研究[J].科技管理研究, 2019. 39(8): 230-235.
- [43]张广胜,陈晨.产业集聚与城市生态效率动态关系研究[J].科技进步与对策, 2019. 36(13):48-57.
- [44]周圣强,朱卫平.产业集聚一定能带来经济效率吗:规模效应与拥挤效应[J]. 产业经济研究, 2013(03):12-22.
- [45]汪彩君,唐根年.长江三角洲地区制造业空间集聚、生产要素拥挤与集聚适度识别研究[J].统计研究, 2011(2) :25-27.