

文章编号: 1007-6301 (2003) 01-0094-09

新经济地理学的研究视角探析

张文忠

(中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101)

摘 要: 本文研究和分析了当今经济学界和地理学界带来较大冲击的“新经济地理学”产生的背景、研究视角和方法等问题。认为经济区位论、传统经济地理学、新国际贸易理论和产业组织论及非线性动力学理论的发展是新经济地理学产生的基础; 收入递增带来的规模经济、运输费用、生产要素的不可移动性、历史发展的偶然性、路径依赖等相互作用是新经济地理学研究经济活动的区位选择和经济发展的基本视角; 集聚力和分散力的相互关系是研究空间经济发展的内在动力机制。

关 键 词: 新经济地理学; 规模经济; 集聚力; 分散力

中图分类号: F119.9

在最近十年间, 经济学界的许多知名学者都试图构建“新的经济学理论”, 如“新经济增长理论”、“新国际经济理论”等; 同时, 也有很多经济学者正立足于新的视角, 把以空间经济现象为研究对象的区域经济学、城市经济学和经济区位论等传统经济学科统一起来构建所谓的“新经济地理学(new Economic Geography)”或“地理经济(Geographical Economics)”。关于“区域”和“空间”一直是地理学研究的中心课题, 在经济学领域以空间为对象的研究学科主要有区域经济学、城市经济学等应用经济学, 但近年来, 以克鲁格曼(Krugman, P. R.)为首的系列研究成果反映了在主流派经济学领域也开始积极地吸纳和接受空间的概念、研究思维和分析方法。从“新经济地理学”的研究成果来看, 它与传统(或新古典学派)的经济学相比较, 最大的特点是吸收了经济区位论关于空间集聚以及运输费用的理论, 在此基础上它强调由规模经济和运费的相互作用产生的内在集聚力, 以及由于某些生产要素的不可移动性等带来的与集聚力相反的作用力(分散力)二者对空间经济活动的影响(见表 1); 在研究方法上它主要是依赖于 70 年代迅速发展起来的产业组织论和非线性动力学理论, 特别是迪克西特和斯蒂格利兹(Dixit and Stiglitz, 1977)的垄断竞争理论等^[1]。新经济地理学主要是由一些经济学家, 特别是主流派的经济学家如克鲁格曼等倡导和推进, 这一点既让地理学家感到欣慰, 同时也让地理学家深受刺激^[2]。近年来, 由于克鲁格曼、藤田(Fujita, M)等的声望和他们所取得的大量有别于传统经济地理学(相对“新经济地理学”暂且加上“传统”二字)和经济学的研究成果^[3], 吸引了许多经济学家和地理学者加入了新经济地理学的研究行列, 并且这一学派得到了经济学界和地理学界的广

收稿日期: 2002-10; 修订日期: 2002-12

基金项目: 本文得到中国科学院地理科学与资源研究所创新项目(CXI0G-B00-03)的资助。

作者简介: 张文忠(1966-), 男, 呼和浩特市人, 博士, 副研究员, 主要从事经济区位论和区域经济学等方面研究。E-mail: zhangwz@igsnrr.ac.cn

泛关注，甚至有人预言克鲁格曼获得诺贝尔经济学奖只是时间早晚的问题。在我国经济学界和地理学界对这一学派的研究尚处于一个起步阶段，系统的介绍和研究相对较少，因此，有必要对该学派的研究内容、研究方法和研究动态进行跟踪。

1 新经济地理学产生的背景

近年来，主流派的经济学者之所以对“空间”问题产生兴趣是因为很多人发现了传统经济学在分析现代经济问题时的局限性，同时也看到了经济学与经济区位论在研究问题时的互补性和交叉性。如经济学理论一般都忽视现实的空间，认为生产要素不需要费用瞬间可以从一个活动空间转移到另一个活动空间，在研究国际贸易时不考虑“空间摩擦”对国家之间贸易实现的作用，也就是说不分析运费对国际贸易的影响^[4]。另外，经济学为了追求分析的严密性，一般都采用数学抵抗性最小的简单方法来分析问题^[5]，如许多经济理论建立的前提是假定完全竞争和收入不变。与此相反，经济区位论则认为生产要素可以自由移动，但需要运输费用；生产企业在空间上不断集聚可产生出规模效益，一个城市或地区的发展与企业的高度集聚产生的规模效益有关（见表1）。不过，经济区位论和传统的经济地理学的研究内容，特别是研究方法长期以来偏离了主流经济学派，这些出色和独特的思想没有用严密的数学方式和经济学语言表达出来，因此，没能引起主流派的经济学家的足够重视。正如滕田对中心地理论评价的那样，尽管中心地理论论述了等级结构，但它没有说明这种等级结构怎样从个别主体行为中产生出来，这种等级结构为什么能够持续等问题^[3]。另外，克鲁格曼认为，经济区位论学者和传统的经济地理学者在研究产业区位问题时，大多忽视市场结构，特别市场结构的模型化问题。他认为，经济地理学者更多的是热衷于研究理想的市场圈的构成，以及在市场和资源给定的条件下各种设施的最佳配置等问题，在他看来这属于本末倒置^[5]。

表1 新经济地理学与古典学派经济学的比较

Tab. 1 A comparison of "new economic geography" with "new schools Economics"

新经济地理学	新古典学派国际（区域）经济学
收入递增（规模经济）	收入递减（不变）
不完全竞争	完全竞争
自我增殖的集聚力	资源禀赋的差异
——内在的区位因素	——外在的区位因素
运输费用	国界/区域边界
非线性的动态研究方法	线性的静态研究方法

新经济地理学研究的兴起和发展当然也与世界经济的全球化和区域化的发展趋势有关。如一些跨国界的区域经济组织的出现，使各国之间的经济关系运用传统的国际经济学的视角来研究，其说服力显得苍白无力。像在欧洲统一体（EU）内部，资本和劳动者等能够自由移动的统一市场正在形成，作为整体的EU区域经济体正在构建，过去传统的贸易格局也将必然消失。在这种形势下，从经济地理学的角度来研究EU的经济问题变得重要起来。如伦敦、巴黎、罗马和法兰克福等城市的职能将如何变化？金融中心在哪些城市形成？作为EU整体的新产业中心将在哪里出现？其对边缘国家和地区的影响又是如何？像诸如此

类的问题按照经济地理学的思维和方法进行研究和分析, 远比以国界为前提的国际经济学更具有说服力^[3]。

在近 10 年来, 跨国企业对世界经济的影响不断增强, 以跨国企业为中心的跨国境的经济活动对各国贸易和产业结构发挥着巨大的作用。跨国企业在哪里生产? 在哪里销售? 另外从哪里获得原材料、零部件等问题不仅与投资区位候选地的劳动费用、技术水平等有关, 也与距产品销售市场和零部件购买市场的距离和运输费用等密切相关。也就是说, 跨国企业的投资区位决策的因素不仅与生产费用有关, 也与国际间的运输费用、以及由于产业集聚带来的生产效益提高的作用等因素有关, 在这种背景条件下, 如果忽视空间因素对经济活动的作用, 无疑难以把握国际贸易和各国经济发展的内部机制^[6]。

另外, 新经济地理学的兴起也与传统经济学理论的局限性有关(见表 1)。众所周知, 传统均衡论的经济学一般假定随着企业生产量的增加, 平均费用也在增加, 并在所谓的收入增减原则基础上建立了许多经济学定理。但许多事实证明了这一前提假设并不能完全成立, 在现实世界中同时存在着大量收入递增的经济现象, 如随着企业规模的扩大, 企业平均生产费用将会不断下降, 这可以说是一个常识性知识。特别是在当今新经济潮流的作用下, 由于知识信息具有可共享性、外溢性、扩散性, 在以知识为基础的经济领域边际收益递增取代边际收益递减成为新经济的特点。一些高科技产业在收入递增上与传统产业表现出明显的不同, 高科技产业的收入递增不是依赖大型设备投入, 而主要靠新技术开发获得垄断利润, 另外, 高科技产业的收入递增不仅存在于企业层次, 同时也涉及到整个产业。当然收入递增也并非是无限制增长, 而且在收入递增基础上建立的经济学所反映的最终状态趋于多样化, 但未必是一个最佳的状态^[7]。

新经济地理学的发展与 20 世纪 70 年代出现的产业组织论在经济学成功地建立了不完全竞争模型有关, 运用这些模型使得严密地、精致地研究在收入递增条件下的经济活动成为可能。这一理论革命很快波及到了经济学的许多研究领域, 在 80 年代, 以克鲁格曼为首的新贸易理论学派就认为, 国际间的贸易与其说是产生于资源和生产率的禀赋状态这一外在差异, 还不如说是产生于收入递增(规模经济)基础上的专业化^[6]。可以说, 新经济地理学发展的理论基础之一就是克鲁格曼倡导的新贸易理论。另外, 其他学科的发展, 如复杂科学的研究成果, 特别是非线性动态理论对研究经济学的复杂系统起到了推动作用。总之, 经济学和相关学科的理论以及研究方法的突破性进展为新经济地理学的发展提供了科学的保障。

2 经济发展的空间分析

在一个由“核心”和“边缘”构成的经济地域结构中, 按照一般的推断来看, 由于边缘地区与经济发达的核心区相比较, 工资水平相对较低, 当其它条件假定不变时, 企业在边缘地区投资可以获得更多的利润。也许正因为存在这种可能性, 均衡论经济学派认为, 市场机制是缩小地区差异的最佳方法。事实上, 在规模经济条件下, 当收入递增对制造业部门发挥作用时, 生产区位一般具有在少数几个地区集中化的倾向。原因在于企业生产所需要的原材料、零配件等的购入, 以及企业生产的产品向市场销售都需要运输费用, 如果相关企业在地理空间上相互接近、集中生产, 企业可以获得规模经济效益。集聚力可以促使

企业在一个地区高度集中，换言之，正是由于企业不断追求空间的集聚效益，才促进地区经济的不断发展。

集聚力虽说是推动地区经济发展的一个动力，但同时与空间距离有关的运输费用也会影响企业区位决策，进而作用于地区经济发展。譬如企业在“核心”投资，优点在于接近市场，但缺点是工资费用高，如果在“边缘”投资情况正好相反。在现实中，一个企业在任何区位都有投资的可能，当运费较低，企业有可能由“核心”向“边缘”转移，但这仅仅只是一个可能。事实上，在运输费较低的情况下，仍然存在着两种区位选择可能，一是追求低下的生产费用在“边缘”生产，二是为了获得规模经济效益，集中在“核心”生产。后者的选择尽管生产费用较高，但具有接近市场的优势，集中生产同样可以获得利益^[8]。

新经济地理学认为，推动经济发展的动力机制是集聚力和分散力（图 1）。集聚力不仅存在于一个国家内部地区之间，而且也存在于国家之间。如一个国家的制造业部门占世界市场份额的比例相当大，由于规模经济带来的收入递增的作用，它将以低于其他国家的价格进行生产，这样制造业部门的产品需求会进一步扩大。在上述发展过程，工业化获得成功的国家，经济会不断发展，而工业化失败的国家将处于停滞状态，产生出类似因果累积的关系。

一个地区产业结构形成和演变按照新经济地理学的观点来看，一定程度是取决于由促进企业集中化生产的集聚力，以及与运输相关促进企业分散化生产的分散力两者之间平衡关系。

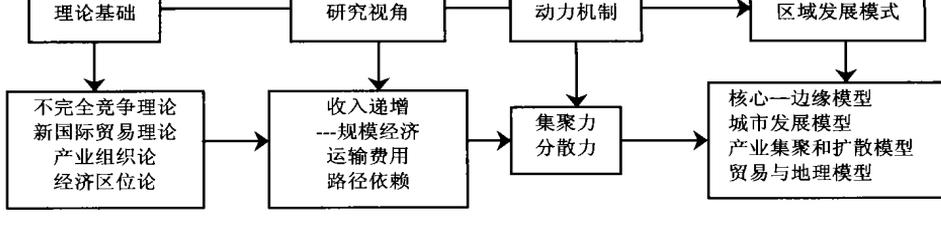


图 1 区域发展的新经济地理学研究框架

Fig. 1 The study frame of new economic geography of regional development

经济发展与人口、技术、历史传统以及资源的相对集中有关。各种生产要素在某地区相对集中时，该地区有可能以较便宜的费用组织生产，它与其它地区相比具有一定的比较优势，而且这种优势将会不断累积成为地区经济迅速发展的源泉。换言之，在生产者大量集中的地区，需求比较大，很容易形成大的市场空间，同时也易于形成原材料和消费产品的供给地，一旦生产空间集聚的形态形成之后，将会有持续发展的趋势。初期各区位之间的规模经济差异可能很小，但随着时间的推移，如同滚雪球一样，这种差异将会发生巨大的变化，最终导致区位之间的对称性自然消失。

新经济地理学强调经济发展依赖于国家或地区的历史演化经纬，或者说依赖于初期的发展状态，即所谓的“路径依赖（Path Dependence）”。在初期条件基础上，由开始的较小差异，沿着该路径发展将会带来巨大的差异。一个行业在某地区的集中具有历史原因和偶

然性, 某个企业家的成功, 会导致其他人的效仿和发展, 最终形成该行业的地区集聚, 但这个集聚过程需要时间, 是一个持续的过程。促使行业地区集聚因素主要是相关劳动者的集聚、专业化的中间产品的供给、以及技术的波及等。

3 国际贸易的空间研究视角

近年来, 随着国际贸易和投资自由化的发展, 国际间的贸易变得越来越复杂化, 跨国企业在世界经济体系中的作用不断提高; 另外, 由于企业不断追求规模经济, 推动各国企业间的兼并和联合, 使得行业内的垄断竞争也越演越烈。在这种形势下, 传统的比较优势贸易模式所重视的各个国家之间要素禀赋之差, 以及关税、数额限制等政策性贸易壁垒在国际贸易中的作用不断减弱, 而两国间的距离和企业区位决策的因子(如规模经济、集聚利益), 即所谓的地理因素的重要性却逐渐提高。在这种背景下, 经济区位论和经济地理学的理论对分析和研究国际贸易成为可能。

地理因素对研究国际贸易问题具有重要意义的因素主要有以下两个: 一是广义的贸易壁垒, 二是需求和生产结构的地域特性。广义的贸易壁垒包括两个国家之间的运费等空间距离壁垒, 关税和数额限制等政策壁垒, 以及文化、语言和习惯等社会壁垒。即使关税、数额限制等政策壁垒取消, 但广义的贸易壁垒仍有一部分存在。需求和生产结构的地域特性主要是与“集聚”等有关的规模经济因素, 这些因素导致企业区位和劳动者在区域间移动。

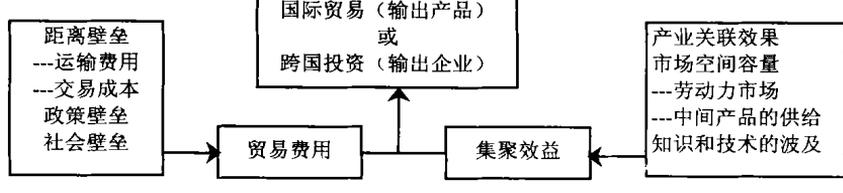


图 2 国际贸易的新经济地理学研究视角

Fig. 2 The study angles of the new economic geography of international traded

如图 2 所示, 分析一个国家某产品是直接向国外输出还是在海外建立生产企业, 主要原则是: 当一个国家向其它国家输出产品所支付的运费和贸易费(由政策贸易壁垒和社会壁垒带来的费用)如果超出集中生产带来的成本节约, 集中生产就变得不合算, 这时企业的生产将会向国外扩散, 通过建立国际生产网络组织来获得利润; 相反, 如果运费和贸易费用比较低, 由集中生产获得的利益超过向其他国家输出的费用(运费和贸易费), 那么在本国集中生产, 然后输出产品比较合理。换言之, 如果运费和贸易费用等太高, 企业会在接近市场的区位进行直接生产; 如果企业的规模经济作用很强, 企业将在几个地方集中生产, 然后向国外输出产品^[9]。

新经济地理学认为, 如果从事制造业的劳动者可以自由移动, 并且他们主要向高工资的地区移动, 其结果是: 当运费和其它贸易费用较低, 制造业部门将在一个地区不断集中; 当运费和其它贸易费用超出由于集中生产所带来的收入递增的效果, 那么, 集中的趋势将会减弱, 可能会出现分散布局的趋势。新经济地理学强调, 包括运费在内的贸易费用与规

模经济所带来的利益两者间的关系是决定企业集聚和分散的主要动力机制。一个国家对其产品的国内需求增大时，按照传统的比较优势模式来分析，该产品的进口也将增大；但新经济地理学则认为，如果该国的国内需求规模不断增大时，由于运输费用等贸易壁垒的存在，这个国家不是进口，而是在国内组织生产，并且随着生产规模的增加，规模经济效益也将会不断发挥作用，促使这个国家该产品的竞争力也相应提高，进口相反会减少，而且有可能出口。在极端的情况下，可能出现该产品在世界市场上的垄断化生产。也就是说，当一个国家某种产品的市场需求规模相对大时，很有可能成为该类产品的主要生产地和出口国。

新经济地理学也探讨了国际贸易自由化与一个国家产业空间变化的关系，他们认为，一个国家随着贸易自由化的加速，就整体而言，将会出现企业空间的分散化，但在各个区位点随着生产专业化出现，会带来特定产业的集聚。比如墨西哥在 80 年代前期，主要采取的进口替代产业发展政策，在这期间，面向国内的经济基础得到了发展，产业高度集中在墨西哥城；进入 80 年代后期，随着墨西哥贸易自由化的加速，特别是北美自由贸易协定的建立，产业开始由墨西哥城向北部分散，在接近于美国的边界地区布局不断增多。促使产业分散化的动力是便于向美国市场出口，追求空间接近优势，即空间距离是决定因素；在边界区出现特定产业的集聚则是由于这些企业主要属于与美国大企业相关联的生产中间产品的企业群，在累积循环和“路径依赖”作用下所致^[10]。

4 城市研究的空间思维

从第二次大战以来，特别是近 20 年间，在世界经济空间结构体系中最为显著的变化特征之一是经济活动向城市的集中。现在大部分发达国家城市人口占总人口的比例已经达到或者超过了 70%，发展中国家城市化发展也非常迅猛，城市作为国内经济系统和国际经济系统的基本单位已毫无疑问。

城市是空间经济系统的主体，它对经济空间的组织化和发展起着重要的作用。新经济地理学对城市发展的分析和研究与新古典经济学相比有许多新的思维和方法，主要表现在以下几个方面。一是认为现代城市发展的主要动力来自于城市内在的自我增殖优势，即规模经济的效果远远超过了外在的区位条件如资源、气候等条件的优势对城市发展的作用。二是自克里斯泰勒的中心地理论出现以来，人们已不把各个城市作为一个独立的经济单元来看待，新经济地理学同样认为，了解各城市间的相互关系以及它们的等级系统对研究城市发展具有重要的意义，因此研究各城市的形成和发展必须立足于等级系统这一广阔的视眼。三是运用历史的观点来研究某一时点的城市空间结构成为一个不可缺少的分析方法。城市的发展主要源于集聚效果即自我增殖的优势，其自身产生的区位空间“锁定 (look in) 效果”。锁定效果使个体不仅不能从内部分离出来，而且还会吸引新的主体加入。正如藤田所说的那样，在城市发展初期推动城市增长的基石，即外部区位优势丧失之后，支撑城市繁荣的原因是“锁定效果”。四是城市系统结构是一个动态系统，随着经济的发展将会逐渐发生变化，研究城市系统要立足一个复杂的动态理论和方法视角^[3]。

新经济地理学认为，集聚循环累积的因果关系是促使人口和产业在城市集中的主要因素。在一个非均衡地域中，与农村相比较城市拥有更多的劳动者和企业，这也就意味着城

市具有较大的市场需求，需求将不断刺激企业大量生产各种产品。另外，在城市中，不同企业生产和需求的产品类型的多样化，客观上进一步刺激了不同生产类型和相关企业在城市的集中。从销售环节来看，企业生产的产品也主要在城市内部销售，这就说城市不仅是生产的聚集地，也是各种产品的消费集中地。当投入不断增加，企业就可以生产更多便宜的产品，满足各种不同的消费者需求。大量的不同产品的生产可以给企业带来较大的生产效用，同时由于相互竞争也促使企业不断提高劳动者的工资。这样，在城市大量不同的产品源源不断地生产出来，同时工资也将相应地增加，城市在地域中变得更加具有吸引力，从而促使人口由边缘向城市迁移，这种趋势由于累积循环作用将会不断增强，最终会导致人口和企业在城市的高度集中，这就是集聚（向心）力来源的动力机制^[3]。换言之，当一个城市对中间产品的多样性要求增强时，生产中间产品的企业将不断在该城市投资，中间产品类型增多也必然导致生产最终消费产品的企业的生产效率提高，从而会刺激生产最终消费产品的企业在该城市投资；当生产最终消费产品的产业规模不断扩大时，势必为生产中间产品的产业提供更大的市场空间，这样会有更多的生产中间产品的企业在城市布局。如图 1 所示，在前向和后向关联效果的作用下，最终形成一个累积循环过程，不断地刺激生产中间产品和最终产品的企业在城市集聚。

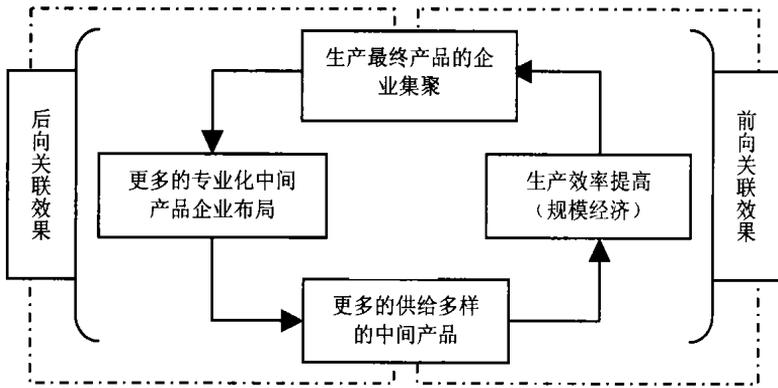


图 3 累积循环带来的企业向城市的集中

Fig. 3 The urban concentration of the enterprise caused by the cumulative causation

相反，来自于农村和农业部门的需求是构成城市分散（或离心）力的主要因子。分散力是由于城市和农村之间在进行工业产品和农产品的交易过程中所花费的运费而产生的。当工业企业在接近城市边缘的农场布局时，主要目的是降低运输费用，使产品能够更接近最终消费者和地方需求。当一个企业的市场空间主要集中在边缘农场时，或者说，边缘工业企业与农场的比例与核心区的工业企业与农场之比更低时，工厂的投资区位将向城市边缘移动。另外，人口和产业不断地向城市集中时，势必会引起城市土地价格的上涨，同时自然条件、噪音、交通拥挤和污染等外部不经济因子也将强烈地阻止潜在的人口和产业向城市集中，在这种离心力的作用下，人口和产业将会远离城市中心向郊区发展。但就一个企业而言，工厂区位选择在城市还是农村，最终的决定取决于集聚（向心力）和分散力（离心力）哪方占有优势，或者说取决于工厂在两者能够获得的潜在收益的大小。

5 总结

新经济地理学与经济区位论和传统的经济地理学相比其突破点在于引入了“收入递增”的概念,并将其用精致的数学语言表达出来,更加赋予科学内涵;与新古典经济学相比,它是建立在收入递增和不完全竞争的基础上,运用 70 年代出现的产业组织论和非线性动力学理论来研究经济活动的空间问题。

新经济地理学研究区域、城市发展、国际贸易的最基本的立足点,一是收入递增和运输费用作用下的产业前向关联效果和后向关联效果带来的集聚力;二是不可移动的生产要素带来的分散力,这一对相反作用力的相互关系是研究区域发展、城市体系和国际贸易形成和发展的内在动力机制。

收入递增带来的规模经济、运输费用、生产要素的不可移动性、历史发展的偶然性、路径依赖等相互作用是新经济地理学研究经济活动的区位选择和经济发展的基本视角。

新经济地理学研究经济活动的空间问题具有以下独特的思维和方法,一是认为初期条件的状态对今后的发展路径具有较大的影响作用;二是表示区域、城市和国际贸易发展和变化的运动方程式是非线性数学模式;三是认为看上去混乱的经济运动,随着时间的变化可能会表现出某种秩序,即认为经济空间变化是一个自组织过程;四是认为经济事物的运动规律在某时间会出现突变现象。

新经济地理学的问题主要表现在以下两方面:一是集聚力和分散力是否是决定所有空间经济问题的关键值得商榷;二是目前的研究仍然停留在理论探讨层次,缺乏实际操作性和预测性。但是,该学派的研究方法和研究视角非常值得地理学家思考和借鉴。

参考文献

- [1] Dixit, A. K, J. E. Stiglitz. Monopolistic competition and optimum product diversity, *American Economic Review*, 1977, (67): 297 ~ 308.
- [2] Martin, R. Paul Krugman's Geographical Economics and Its Implications for Regional Development Theory: A Critical Assessment, *Economic Geography*, 1996, (72): 259 ~ 287.
- [3] Fujita, M, Krugman, P, Venables, A. J. *The Spatial Economy: Cities, Regions, and International Trade*. MIT Press, 1999.
- [4] 张文忠, 张军涛. 经济学和地理学对区位论发展轨迹的影响, *地理科学进展*, 1999, (18): 54 ~ 58.
- [5] Krugman, P. *Geography and Trade*, Cambridge, MIT Press, 1991.
- [6] 张文忠. *经济区位论*. 科学出版社, 2000.
- [7] Arthur, W. B. *Increasing Returns and Path Dependence in the Economy*, University of Michigan Press, 1994.
- [8] Krugman, P. *Development, Geography, and Economic Theory*, MIT Press, 1995.
- [9] Junius, K. *The Economic Geography of Production, Trade, and Development*. Mohr Siebeck (printed in Germany), 1999.
- [10] Hanson, G. Localization Economies, Vertical Organization, and Trade, *American Economic Review*, 1996, (5): 1266 ~ 1278.

Study Angles of the New Economic Geography

ZHANG Wen-zhong

(Institution of geographic sciences and natural resources research, CAS, Beijing 100101)

Abstract: The emergence background, the study angles and methods of the new economic geography that has brought bigger effect on the fields of current economics and geography are studied and analyzed in this paper. Based on these analyses, the following opinions are pointed out. First, the development of the location theory, the traditional economic geography, the new international trade theory, the industrial organization theory and the non-linear dynamic theory are thought to be the base of the production of the new economic geography. Second, the interaction among the scale economics, the transportation costs, the non-mobility of the key element of production, the historical contingency and the path dependence brought by the increasing income are the basic study angles when using the new economic geography to study the location selection of economic activity and development. Third, the interaction between the centripetal forces and the centrifugal forces is the internal motive mechanism for the study of the development of space economics.

Key words: New economic geography; Economic of scale; Centripetal forces