德国创新体系对区域创新绩效的影响

寇　蔻　史世伟

内容提要:创新体系在德国经济运行过程中起着非常重要的作用,德国政府对于创新政策和科技政策也越来越重视,近年来加强了从上到下的政策支持。本文采用德国联邦州创新活动的数据,着重分析德国创新体系要素对区域创新绩效的影响。研究发现,经济发展水平和人力资本对于创新产出有积极影响,同时,联邦政府的资金投入也发挥了十分重要的作用。自2006年以来德国政府开始对新兴产业和高科技产业进行系统性的支持,从研究结果来看,联邦政府的资金投入发挥了显著的积极作用。此外,地区的产业特征对于联邦州的创新绩效也有影响。不过,德国产业发展存在"能力陷阱",优势产业的创新能力越来越强,而新兴产业难以有效发展。德国创新体系也未减弱这种路径依赖的负面效应。

关键词:德国　创新体系　创新绩效　产业政策

创新体系指公共和私营部门中发起、改变和扩散新技术的活动和互动的制度和组织网络。创新体系方法强调创新是一个系统作用的结果,创新很少是孤立发生的。[①]从伦德瓦尔(Bengt-Åke Lundvall)[②]和纳尔逊(Richard R. Nelson)[③]开始,相关创新体系研究就重视分析外部制度对企业和其他主体的创新活动的影响,强调知识和信息的扩散,这种信息传播的网络根植于当地的社会、传统和文化当中,而这些都会对创新活动产生影响。创新体系强调体系内制度的相互作用,并关注知识在创造、扩散和应用

① 史世伟:"从国家创新系统角度看集群的创新作用——以德国为例",《欧洲研究》2011年第6期,第57-76页。

② Bengt-Åke Lundvall ed., *National Systems of Innovation: Toward a Theory of Innovation and Interactive Learning*, Pinter Publishers, 1992, pp.8-11.

③ Richard Nelson, *National Innovation Systems: A Comparative Analysis*, Oxford University Press, 1993, pp.9-13.

中的互动过程。[①] 此外,市场运转的条件、规则和政府的政策都会对整个体系产生重要影响。[②]

创新体系研究最开始的关注点主要集中在国家层面。帕特尔(Parimal Patel)和帕维特(Keith Pavitt)认为,对涉及整个制度(主要包括企业、高校和政府)技术学习的非物质投入、创新主体间的联系以及基础设施在创新体系中起了十分重要的作用。[③] 在实证研究领域,福尔曼(Jeffrey Furman)等人创建了 FP&S 分析模型(Furman, Porter and Stern's Model),对经济合作与发展组织(OECD)成员国的创新能力进行了量化分析,[④]胡美智(Mei-Chih Hu)和马修斯(John Mathews)将这一模型运用到了分析"亚洲四小龙"(香港地区、新加坡、韩国和台湾地区)[⑤]以及中国大陆[⑥]的创新绩效上。

OECD 发布的《奥斯陆手册》从企业的视角出发,结合创新体系理论,认为所有创新活动都以提高企业绩效为最终目的。该分析理论将创新体系分成五个部分:基础设施和制度结构、创新政策、企业、教育和公共研究系统以及需求,尝试建立一套测度创新的框架。它融合了不同的以企业为基础的创新理论,强调企业内的创新,企业与其他企业以及公共研究机构之间的关系,企业运行其中的制度机构以及需求的作用。[⑦]

区域创新体系的发展与国家创新体系类似,认为当地的企业、科研机构、风险投资、创新环境以及基础设施,会对区域的创新绩效产生影响。[⑧] 特别是一个国家的不同地区会存在区域性的差异,如经济发展水平、教育水平和科研投入,对创新体系进行区域性的分析有助于理解不同地区的创新过程,对制定政策也有参考价值。[⑨]

德国是一个联邦制国家,实行一种在横向和纵向上多重治理的模式。从创新政策的角度看,在联邦和联邦州层面上,政府各部门以及准国家的权威机构(如独立的科

---

① 史世伟、寇蔻:"德国国家创新体系特征、发展和启示——兼论中德创新合作",郑春荣主编:《德国蓝皮书:德国发展报告(2017)》,北京:社会科学文献出版社 2017 年版,第 110 页。

② OECD, *National Innovation Systems*, 1997, p.9, https://www.oecd.org/science/inno/2101733.pdf, last accessed on 23 June 2017.

③ Parimal Patel and Keith Pavitt, "National Innovation Systems: Why They Are Important, and How They Might Be Measured and Compared", *Economics of Innovation and New Technology*, Vol.3, No.1, 1994, pp.77-95.

④ Jeffrey Furman, Michael Porter and Scott Stern, "The Determinants of National Innovative Capacity", *Research Policy*, Vol.31, No.6, 2002, pp.899-933.

⑤ Hu Mei-Chih and John Mathews, "National Innovative Capacity in East Asia", *Research Policy*, Vol.34, No.9, 2005, pp.1322-1349.

⑥ Hu Mei-Chih and John Mathews, "China's National Innovative Capacity", *Research Policy*, Vol.37, No.9, 2008, pp.1465-1479.

⑦ Peter Stendahl Mortensen and Carter Walter Bloch, *Oslo Manual-Guidelines for Collecting and Interpreting Innovation Data*, OECD, 2005, p.34.

⑧ Philip Cooke, Mikel Gomez Uranga and Goio Etxebarria, "Regional Innovation Systems: Institutional and Organisational Dimensions", *Research Policy*, Vol.26, No.4-5, 1997, pp.475-491.

⑨ 史世伟、寇蔻:"德国国家创新体系的特征、发展和启示——兼论中德创新合作",第 112 页。

学委员会、德国工商会和行业协会等)共同对政策的理念、设计和执行负责。① 而在制度设计上,各联邦州由于执政党执政方式的差别,包括创新环境和产业结构在内的经济框架都显示出了地区性的差异。而从历史的视角来看,冷战期间形成的经济发展水平的差异直到今天依旧存在,竞争力水平和创新能力都较为发达的联邦州与落后联邦州的差距也使区域层面的分析变得更加重要。本文将建立一个 2000-2010 年的德国 16 个联邦州的面板数据,使用 FP&S 模型,结合创新体系理论对德国创新体系中的因素对区域创新绩效的影响展开实证分析。

一 德国创新活动的特点

长期以来,德国的创新能力都排在世界的前列。世界经济论坛(World Economic Forum)每年发布的创新指数经常被用作衡量国家和地区创新的指标,在其发布的 2016 年度《全球竞争力报告》(Global Competitiveness Report)中,德国的创新能力排在全部 138 个国家或地区中的第 5 位,被视为最具创新能力的经济体之一。② 德国创新活动的特点主要表现在企业对研发的高投入以及良好的研发环境,例如企业与大学的合作和强大的公共科研机构。2006 年和 2010 年,德国政府分别制定了《德国高科技战略 2006-2009》和《德国高科技战略 2020》,并在 2011 年提出了工业 4.0 战略,力图在新的产业变革中占领制高点,继续保持并提高自身的创新能力。

从创新投入来看,德国的研发支出近些年来保持稳步攀升的趋势,2014 年研发投入占 GDP 比重已达 2.9%(见图 1)。到了 2015 年,德国研发经费已经占到 GDP 的 3%,③完成了《德国高科技战略 2020》④制定的目标。欧盟在全世界属于创新能力领先的地区,在与欧盟国家的横向比较中,德国的研发强度排在第五位,是欧盟的研发大国(见图 2)。

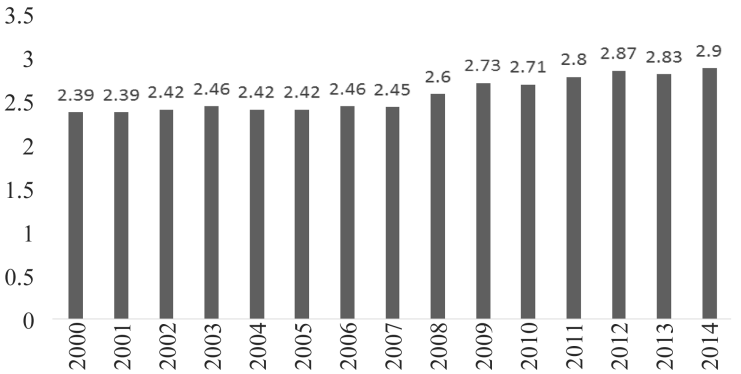
① 史世伟、寇蔻:"德国国家创新体系的特征、发展和启示——兼论中德创新合作",第 113 页。

② Klaus Schwab, *The Global Competitiveness Report 2016-2017*, Geneva: World Economic Forum, 2016, p.50.

③ „Forschungsausgaben: Drei-Prozent-Ziel ist erreicht", *Pressemitteilungen*, Bundesministerium für Bildung und Forschung, 2016, https://www.bmbf.de/de/forschungsausgaben-drei-prozent-ziel-ist-erreicht-3693.html, last accessed on 23 June 2017.

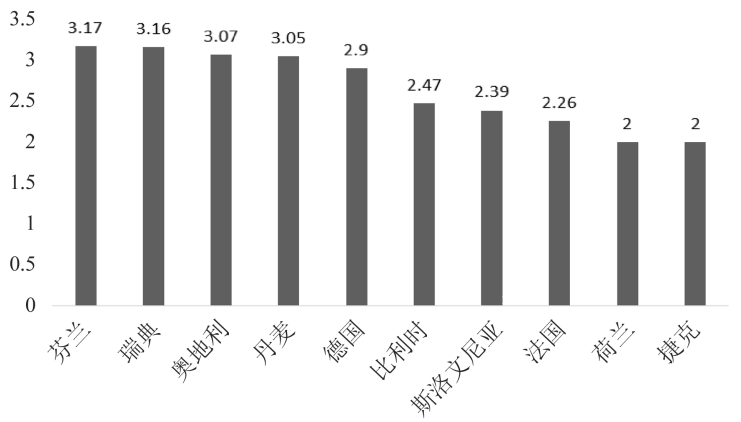
④ 数据来源:德国联邦教研部报告, BMBF, *Hightech-Strategie 2020 für Deutschland*, Bonn, 2007, 第 6 页。

图 1 德国研发投入占 GDP 的比重(%)



数据来源:德国教育与研究部,OECD,http://stats.oecd.org/index.aspx? DatasetCode = STIO_2016,2017 年 5 月 26 日访问。

图 2 2014 年研发强度最高的十个欧盟国家(%)



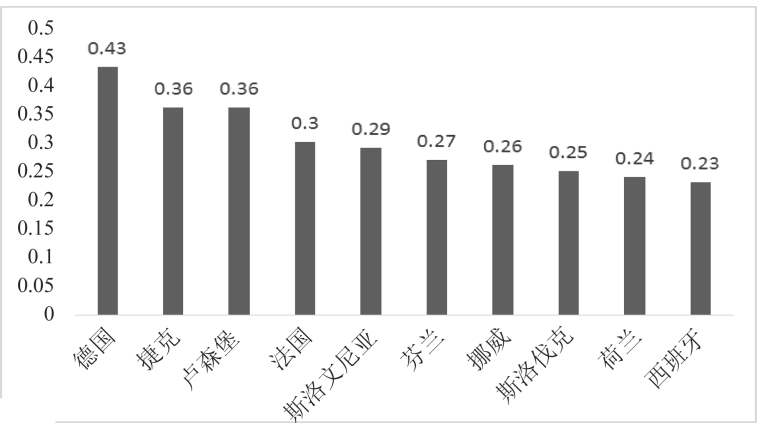
数据来源:OECD,http://stats.oecd.org/index.aspx? DatasetCode = STIO_2016,2017 年 5 月 26 日访问。

从创新行为的主体来看,在德国的国家创新体系中,企业无疑处于中心的地位,其研发活动所用资金的比例一直以来都占总研发资金的 70%左右。德国创新体系中最强大的是其在历史上不断演化的工业体系,尤其是在 19 世纪最后 20 年及 20 世纪初形成的四大优势产业(车辆制造、电子技术、化学和制药以及机械制造)在研发方面始

终走在前列,这些领域的持续创新成为德国制造业国际竞争优势的根本保障。近年来,德国的私人研发又有向上述优势领域集中的倾向。在 2013 年德国企业研发活动中,制造业的研发投入占到所有行业的约 86%,而上述四大优势行业更是研发活动的重中之重。四大行业的研发投入总共占所有行业的 74%,其中车辆制造业占 32%,总研发投入大约为 163 亿欧元,是研发投入力度最大的产业,研发人员达到 9 万人,占德国企业全部科研人员的四成;①电子技术产业在全球产业变革中发挥了越来越重要的作用,德国在这方面的研发投入占总额的 18%;化学和制药工业占 14%,在这个领域中,德国拥有多家大型跨国企业,其中拜耳和巴斯夫的研发投入一直在世界化工企业中位居前列;而机械制造业则多年来都是德国雇佣人数最多的行业,2015 年有约 100 万人,其中研发人员超过 4 万,机械制造业研发投入占全行业的 10%。在德国经济所有通过产品创新获得的销售额中,汽车产业占了约 30%,而在汽车工业的总销售额中,新产品占到 49%。②

不过,值得注意的是,尽管企业在德国的创新活动中占有重要位置,但政府在创新活动中也发挥了举足轻重的作用。同时,与其他主要欧洲国家相比,德国政府对研发活动的支持力度远高于其他国家,政府研发支出占 GDP 的比重在 2014 年达到了 0.43%,

图 3　2014 年欧洲十国政府研发支出占 GDP 的比重(%)



数据来源:OECD,http://stats.oecd.org/index.aspx? DatasetCode = STIO_2016,2017 年 5 月 26 日访问。

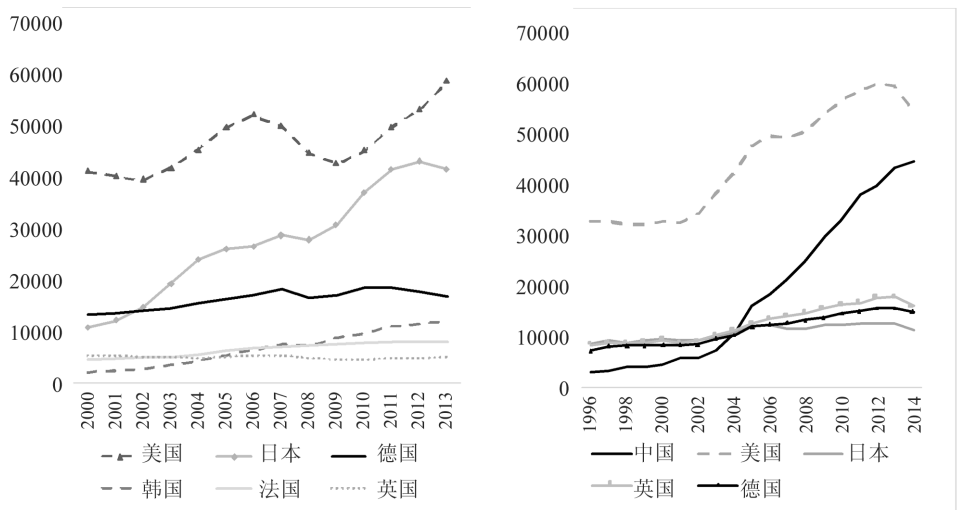
① 数据来源:BMBF, Bildung und Forschung in Zahlen 2016, p.21, https://www.bmbf.de/pub/Bildung_und_Forschung_in_Zahlen_2016.pdf, last accessed on 23 June 2017.

② 史世伟、寇蔻:“德国国家创新体系的特征、发展和启示——兼论中德创新合作”,第 110-132 页。

远高于第二位的 0.36%(见图 3)。在 20 世纪 80、90 年代,德国产业政策的重点是以支持基础研究为主的科技政策。不过随着欧盟“里斯本战略”和 2006 年德国联邦政府“高科技战略”的推出,情况发生了根本性变化。德国产业政策从以往比较偏重科学与技术政策转向创新政策。① 在推进方式上,其政策重点由对大学、公立科研机构以及企业的单独促进转变到推动产学研的联合,通过促进创新集群建设将部门结构政策与区域结构政策结合起来,加强联邦促进政策与州和地方促进政策之间的协调,使推动研究机构与企业的创新合作以及集群发展成为德国政府科技政策、区域政策和创新政策的核心。② 此外,联邦政府还选出了特定的新兴行业和高科技领域,进行了全方位的扶持,具体措施就包括大量财政资金的投入。

衡量创新活动的结果即创新能力,较常用的指标是专利申请量和学术论文发表量。图 4 中的左右两幅图是科研产出大国在专利申请数和论文发表数量上的对比,这两项指标通常被用来判断一国基础性研究和突破性创新的产出能力。在这两个方面,美国均常年保持世界领先地位。图4(左)是OECD国家《专利合作条约》

图 4 (左)专利申请量最大的 OECD 国家 图 4 (右)最大论文发表国的论文发表数量



数据来源:OECD,SCImago Journal Rank (SJR),http://stats.oecd.org/;http://www.scimagojr.com/countryrank.php,2017 年 5 月 26 日访问。

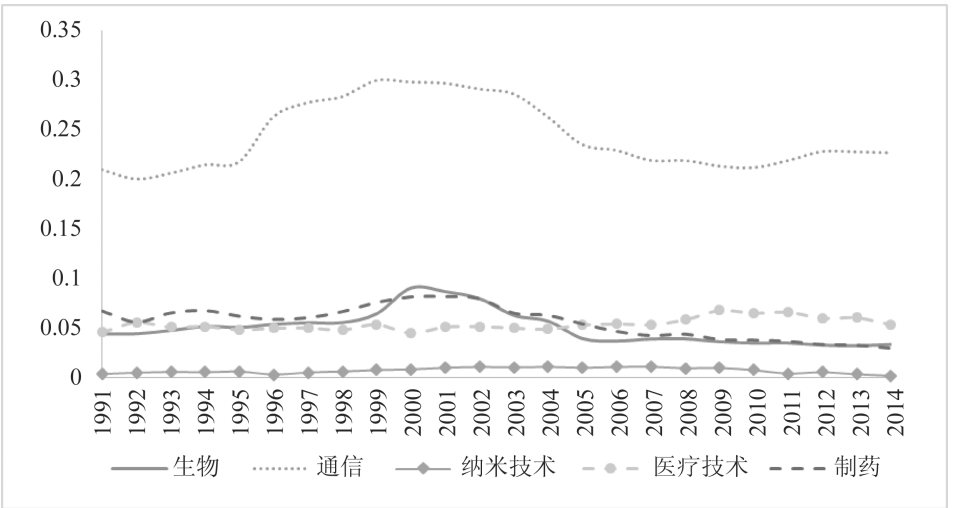
① 史世伟、寇蔻:“德国工业 4.0:基于国家高科技战略的分析”,郑春荣主编:《德国蓝皮书:德国发展报告(2015)》,北京:社会科学文献出版社 2015 年版,第 115 页。

② 陈强、赵程程:“德国政府创新集群策动的演化路径研究及启示”,《德国研究》2011 年第 3 期,第 58 页。

(Patent Cooperation Treaty,PCT)专利申请量。从专利申请量的总趋势上看,德国一直保持稳中有升的水平,从 2000 年的 13480 项增长到了 2013 年的 16986 项,但近年来一直落后于美国和日本。在论文发表量上,德国也远落后于美国和中国,与英国和日本处于同一水平。

图 5 列举了 1991-2014 年间五个重要的高科技行业(生物、通讯技术、纳米、医疗和医药)PCT 专利申请量的情况。德国主要行业专利占比较为稳定,其中通信技术是德国最重要的高科技专利申请行业,所占比重在 20%-30%之间。

图 5　主要高科技行业专利申请量占总量的份额



数据来源:OECD,http://stats.oecd.org, 2017 年 5 月 26 日访问。

以上我们从国家层面分析了德国的创新投入和创新绩效,通过这一初步分析可以看出,德国作为世界最具创新性的国家之一,不论就创新投入还是创新产出而言,近年来都保持较高的水平并较为稳定,这也与德国较为成熟的经济体制特征相一致。从创新主体来看,除了企业,德国政府也积极参与其中。

不过,在国际竞争中,德国的创新活动也存在一定的问题,在高新技术领域还存在一定的不足,例如,信息通信领域尽管创新能力提高较快,但在与领先国家的竞争中,

德国仍然存在差距。[①] 根据德国研究与创新专家委员会(Expertenkommision Forschung und Innovation, EFI)2014 年的报告,德国陷入了“能力陷阱”(competence trap),也就是说,在已有的优势产业不断吸引研发投资和优秀科研人员之际,新出现的产业没有获得充分的发展,有时候甚至会失去优秀的人才。由于创新体系的路径依赖,德国在一些技术前沿产业的发展难言成功,除了通信与信息技术,还包括半导体、生物与遗传工程等领域。

对于这个问题,德国尝试通过创新政策来进行解决。近年来,德国政府出台了一系列创新促进政策(如工业 4.0 计划),其出台的背景是为应对知识经济兴起和全球化的挑战,以及以中国为代表的新兴国家的快速崛起所带来的压力。在这样的背景下,了解德国创新绩效的影响因素变得更加有意义。

以下我们将进行实证分析,研究各个创新体系的因素对创新绩效的影响。

二 分析框架

这一部分实证分析使用的是福尔曼等人的 FP&S 模型,这个模型以三个理论为基础:罗默(Paul Romer)的内生增长理论[②]、波特(Michael Porter)的国家竞争优势理论[③]以及纳尔逊的国家创新体系思想。[④] 罗默的内生增长理论主要涉及创新投入,即新投入和知识积累其他两位学者的思想则偏重创新体系。

根据罗默的知识生产函数(Knowledge Production Function),知识的产生受到新的研发投入和知识存量的影响,技术的进步和知识的积累是经济发展的结果,同时又促进经济的发展。波特的钻石模型不仅可以分析国家的竞争优势,同时也适用于分析一个国家集群中的产业和企业的竞争力。波特认为,一个产业内部存在四个主要因素:(1)要素条件。它包括人力资本、资金资本和知识等生产要素;(2)企业和行业的竞争。竞争能够促进一家企业创新和生产力水平的提高,这种竞争不仅来自当地的竞争者,同时也有来自国际上的压力,而这也取决于一个地区的开放程度;(3)需求条件。需求条件同样影响创新行为,因为那些较为挑剔的顾客能够促使企业变得更有效率,

① “Comparison of the Innovation Systems in China and Germany”, *Joint Paper of the Expert Group of the Sino-German Platform Innovation*, Sino-German Platform Innovation, 2015, p.25, http://plattform-innovation.de/_media/Dokument%202%20Leimbindung%2010x.pdf, last accessed on 23 June 2017.

② Paul Romer, “Endogenous Technological Change”, *Journal of Political Economy*, Vol.98(5, Part 2), 1990, pp.71-102.

③ Michael Porter, “The Competitive Advantage of Nations”, *Harvard Business Review*, Vol.68, 1990, pp.73-93.

④ Richard Nelson, *National Innovation Systems: A Comparative Analysis*, Oxford University Press, 1993, pp.3-20.

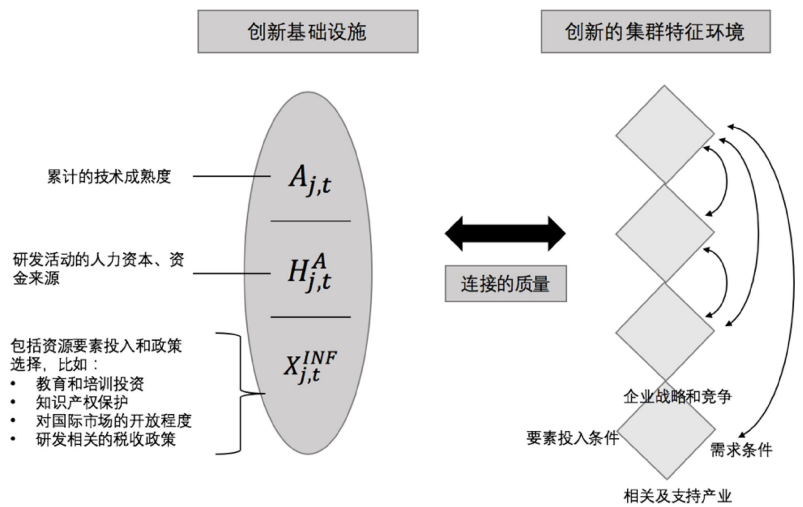
生产出质量更高的产品;(4)产业间的相互联系。横向和纵向的产业是一个集群的基础,通过地理上接近的机构之间的交流加强溢出效应,降低交易成本。此外,还有两个辅助的因素:机会和政府的作用。机会带有较大随机性,难以控制,但政府的作用不可忽视,它会通过具体的政策和措施对上面四个因素产生积极或消极的影响。

与波特的理论相似,纳尔逊也把注意力放到系统中制度的作用上,但是与竞争优势相比,纳尔逊的国家创新体系更加强调宏观层面的政府政策(如产权保护和贸易政策)和制度安排(如融资渠道和高等教育体系)的重要性。

传统的创新政策主要侧重于通过竞争政策修正市场失灵、维护竞争秩序,而创新体系理论则强调不同主体之间的互动效应。在一国内部的集群中,以创新为导向的竞争决定了企业和产业的创新绩效,企业在竞争和创新的过程中发挥了重要作用,而政府则需要为企业提供必要的公共资源和公平的竞争环境。

福尔曼等人结合了以上三种理论,将国家创新能力分为三部分:(1)基础设施、创新资源和政策;(2)产业集群;(3)两者之间的联系(见图 6)。

图 6　FP&S 模型



资料来源:Jeffrey Furman, Michael Porter and Scott Stern,"The Determinants of National Innovative Capacity", p.906。

根据罗默的知识生产函数,知识的产生受到对研发的新投入以及知识积累的影

响,技术的进步和知识的积累对经济的发展有促进作用。知识生产函数可以表达为模型[1]:

$$\dot{A}_t = \delta L_{A,t}^{\lambda} A_t^{\varphi} \quad [1]$$

其中 $\dot{A}_t$ 代表在 t 年里新知识和创新的产出,$L_{A,t}^{\lambda}$ 代表研发人力资本,A_t^{φ} 代表在 t 年的知识积累。结合波特与纳尔逊的集群和创新体系理论,福尔曼等人将创新环境因素的三个部分——基础设施、创新资源和政策,产业集群的作用,以上两者之间的联系——进行量化,并引入到模型[1]中,得到模型[2]:

$$\dot{A}_{j,t} = \delta_{j,t}(X_{j,t}^{INF}, Y_{j,t}^{CLUS}, Z_{j,t}^{LINK}) L_{j,t}^{A\lambda} A_{j,t}^{\varphi} \quad [2]$$

其中 $\dot{A}_{j,t}$ 代表 j 地区在 t 年的创新产出,$L_{j,t}^{A\lambda}$ 代表资本和人力投入,$A_{j,t}^{\varphi}$ 表示知识积累。$X_{j,t}^{INF}$ 指创新基础设施,包括政府参与的研发活动和地区的开放程度,$Y_{j,t}^{CLUS}$ 是该地区的集群环境,$Z_{j,t}^{LINK}$ 代表创新基础设施和集群之间的联系。

$X_{j,t}^{INF}$、$Y_{j,t}^{CLUS}$、$Z_{j,t}^{LINK}$ 三者之间相互补充,在这一框架中与创新投入和知识积累一样,都是影响创新产出的重要因素,之后等式[2]经过改写可以得出新的形式①:

$$\dot{A}_{j,t} = \delta X_{j,t}^{INF\delta_1} Y_{j,t}^{CLUS\delta_2} Z_{j,t}^{LINK\delta_3} L_{j,t}^{A\lambda} A_{j,t}^{\varphi}$$

再经过对数形式的变换,可以得出一个新的等式[3]:

$$\ln\dot{A}_{j,t} = \delta + \delta_1 \ln X_{j,t}^{INF} + \delta_2 \ln Y_{j,t}^{CLUS} + \delta_3 \ln Z_{j,t}^{LINK} + \lambda \ln L_{j,t}^{A} + \varphi \ln A_{j,t} + \epsilon_{j,t} \quad [3]$$

福尔曼等人与胡美智和马修斯分别将这一模型运用到了 OECD 国家和亚洲几个经济体进行的国家层面的量化分析。而罗森博格(Nathan Rosenberg)和纳尔逊则指出,每个国家内部的各个区域和产业都可能存在差异,国家层面的分析并不能完全反映单个创新主体的创新绩效和作用。② 阿斯海姆(Bjørn Asheim)和伊萨克森(Arne Isaksen)认为,区域资源和创新活动对于企业提高其全球竞争力来说十分关键。③

本文将该框架用于德国联邦州的区域创新体系分析,原因是,德国虽然面积不大,但由于其实行联邦制,各个联邦州在财政收支、部分经济政策的制定和执行以及经济结构方面具有较高的独立性。同时,不同的执政党组合在每个联邦州都展现出了不同的施政理念,因此以联邦州为分析对象更能反映实际的创新情况。

在实证分析层面,不少学者都对创新绩效的影响因素做过研究。例如,李习保通

---

① Jeffrey Furman and Richard Hayes, "Catching up or Standing Still? National Innovative Productivity among 'Follower' Countries, 1978-1999", *Research Policy*, Vol.33, No.9, 2004, pp.1329-1354.

② Nathan Rosenberg and Richard Nelson, "American Universities and Technical Advance in Industry", *Research Policy*, Vol.23, No.3, 1994, pp.323-348.

③ Bjørn Asheim and Arne Isaksen, "Regional Innovation Systems: The Integration of Local 'Sticky' and Global 'Ubiquitous' Knowledge", *The Journal of Technology Transfer*, Vol.27, No.1, 2002, pp.77-86.

过分析创新环境中的创新主体评估了中国各省份在创新绩效影响因素上的差异,他将创新体系分为两部分:一是地区的参与者,比如企业、大学、研究机构和政府,以及这些主体之间的相互作用;二是制度,比如规则以及政府与市场之间的关系。他认为,创新主体的变化以及企业创新绩效的不同在地区层面形成了地区创新能力的差异。但是很多分析中涉及的制度通常是国家层面的,而一些区域的制度因素常常被忽略。①

具体到德国,雷德斯多夫(Loet Leydesdorff)和弗立契(Michael Fritsch)认为,德国的联邦制体制以及各地区的经济差异使得在对德国创新进行分析时,对联邦州进行区域分析要优于国家层面的分析,他们利用"三螺旋"(Triple Helix)模型,分析了大学-业界-政府三个因素对德国区域创新体系的影响。结论认为,中型制造业企业决定了区域创新体系的质量。② 弗立契(Michael Fritsch)和斯拉夫切夫(Viktor Slavtchev)利用知识生产函数分析了影响德国区域创新体系效率的决定因素,他们认为,私有企业和公共研究机构之间的知识溢出效应,以及私有机构的角色对创新活动有较大影响。同时他们发现,区域创新体系在德国西部联邦州的效率要高于东部。③

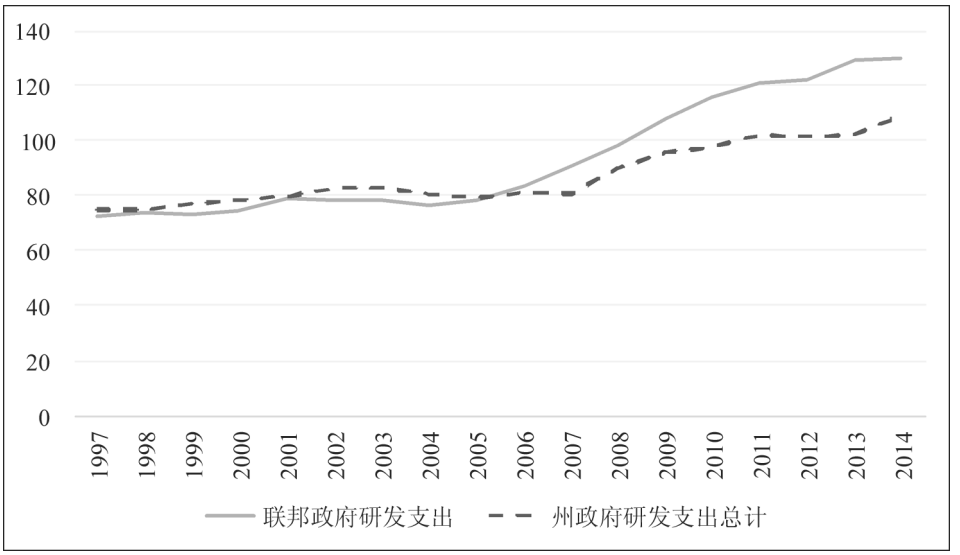
由于是联邦制国家,德国各联邦州在经济政策制定和财政收支上有较大的自由度。因此,州政府的富裕程度直接影响到其政府对本州的研发投入情况。但与州政府不同的是,联邦政府需要统筹全局,顾及各个州的发展情况。从图 7 的联邦政府和州政府研发支出对比来看,2006 年之前,16 个州政府研发支出总计略高于联邦政府。但从 2006 年开始,联邦政府支出开始显著上升,并大幅超过州政府支出,这一趋势与德国政府高科技战略的实施相一致。2014 年,16 个州政府研发总额为 109.45 亿欧元,而联邦政府则达到 129.82 亿欧元。

① 李习保:"区域创新环境对创新活动效率影响的实证研究",《数量经济技术经济研究》2007 年第 8 期,第 13-24 页。

② Loet Leydesdorff and Michael Fritsch, "Measuring the Knowledge Base of Regional Innovation Systems in Germany in Terms of a Triple Helix Dynamics", *Research Policy*, Vol.35, No.10, 2006, pp.1538-1553.

③ Michael Fritsch and Viktor Slavtchev, "Determinants of the Efficiency of Regional Innovation Systems", *Regional Studies*, Vol.45, No.7, 2011, pp.905-918.

图 7 德国联邦政府与州政府研发支出(1997-2014 年)(单位:亿欧元)



资料来源:德国联邦统计局,https://www.govdata.de/dl-de/by-2-0,2017 年 6 月 23 日访问。

德国最近的一些创新政策和高科技政策多是由联邦政府直接负责并进行拨款,而政府研发支出在各个州之间如何分配,则要考虑多方面的因素,如该州的创新潜力、基础设施状况,以及为了兼顾地区平衡发展而对相对落后地区加大投入,或是采取竞赛项目制度,加强对有竞争力的创新项目的支持。因此,联邦政府的促进政策对创新绩效的影响成为我们关心的一个重点。本文的第一个假设是:联邦政府投入对德国区域创新绩效具有积极作用。

第二次世界大战结束之后,德国西部和东部走上了两条不同的发展道路。主张社会市场经济制度的西德逐步建立起较为完善且领先的工业体系,而东德虽然在冷战时期奠定了强大的工业基础,但工业结构以重工业为主,经济结构不均衡成为当时东欧社会主义阵营的共同特征。1990 年两德统一之后,德国东部地区进行了产业结构调整,近些年来取得了一些成效,但在经济发展水平上仍与西部有一定的差距。除了东部和西部之间的差异,各个联邦州之间的经济结构也有较大的不同。德国很多产业集群都是以一家大型企业为主,带动供应链上的多家中小企业共同发展,再加上德国联邦州面积普遍较小的特点,使得一个联邦州的支柱型企业会直接影响到该州整体的经济结构。所以各个联邦州产业结构之间的差异成为我们关注的另一个重点。因此,本文的第二个假设是:产业结构影响德国的区域创新绩效。

三 数据

我们建立了一个关于德国16个联邦州的面板数据,时间跨度为2000-2010年,[①]数据来源包括德国联邦统计局和德国财政部等机构。表1展示了文中使用的变量的具体定义。

表1 变量的定义

变量名称	定义	来源
PATENT	德国联邦州的专利申请量的对数	德国联邦教育与研究部
PATENT_POP	德国联邦州每百万人的专利申请量的对数	德国联邦教育与研究部
GDP_PC	人均GDP的对数	德国联邦教育与研究部
PERSONAL	科研人员数量的对数	统计年鉴
OPENNESS	开放程度:出口额/GDP	德国联邦统计局
RD_GOV	每万人政府研发投入(百万欧元)的对数	德国联邦教育与研究部
CHEMIE	化工产业专利申请量的对数	欧盟统计局
ELECTRI	电子产业专利申请量的对数	欧盟统计局
BIO	生物产业专利申请量的对数	欧盟统计局
ICT_L	信息通信技术产业在欧洲专利局申请量占该州全部专利申请量的比例(滞后一期)	经济合作与发展组织(OECD)
BIO_L	生物产业在欧洲专利局申请量占该州全部专利申请量的比例(滞后一期)	经济合作与发展组织(OECD)
CHEMIE_L	化工产业在欧洲专利局申请量占该州全部专利申请量的比例(滞后一期)	经济合作与发展组织(OECD)
UNI	大学科研人员数量占全部科研人员数量的比例	统计年鉴

注:表由作者自制。

(一)创新产出

我们使用当期各个联邦州在德国的专利申请量(PATENT)以及该申请量与每百万居民的数量(PATENT_POP)的比值来衡量创新产出。在实证研究中,专利是一个

① 由于数据可得性的限制,我们将数据限定在了2010年。

常用的衡量创新活动的指标,二者之间的正向联系也被学者广泛接受。① 阿克斯(Zoltan Acs)和奥璀兹(David Audretsch)②以及阿克斯(Zoltan Acs)、安瑟林(Luc Anselin)和瓦格(Attila Varga)③认为,专利为创新绩效提供了一个较为可靠的量化方法。由于德国各联邦州之间在专利规章制度方面较为一致,所以专利也是一个衡量德国区域创新绩效的合适变量。

(二)创新投入

创新投入指标使用的是研发人员的数量(PERSONAL),而知识积累的变量则使用人均国内生产总值(GDP_PC)。

(三)创新基础设施

创新基础设施指标使用了地区开放程度(OPENNESS),即出口额与 GDP 的比值。在政府的角色方面,使用的是政府的研发投入。在德国,联邦州的研发投入拨款分别来自德国联邦政府和联邦州自身,由于联邦州独立性较高,且研发支出依赖于本地的经济发展水平,因此为了更能反映政府作用,同时降低地方经济状况的影响,我们选择联邦政府研发投入除以每万名居民(RD_GOV),来代表德国联邦一级的政府对研发和创新的影响。德国东部和西部在冷战时期实行了不同的经济制度,尽管德国已经统一了二十多年,但东西部经济上的差异仍然存在。

(四)集群环境

德国是世界重要的工业和制造业强国,很多行业都经历了几十年甚至上百年的发展,工业结构较为稳定。机械制造、汽车、电子电气、化工和制药行业是德国的传统优势产业,德国通过多年来持续性的创新使得这些传统行业依旧保持较强的创新能力,并在全球竞争中保持了优势地位。同时,一些与创新联系更加紧密的新兴产业在德国也越来越受到重视。考虑到优势产业和新兴产业的代表性和数据的可得性,我们选择了化工(CHEMIE)、生物(BIO)以及机械制造(MACHINE)行业在欧洲专利局专利的申请量,来反映各个行业在该地区创新方面的重要性。

---

① 相关文献详见 Zvi Griliches, "R&D, Patents, and Productivity", National Bureau of Economic Research, Inc, 1984; Zvi Griliches, "Patent Statistics as Economic Indicators: A Survey", *R&D and Productivity: The Econometric Evidence*, University of Chicago Press, 1998, pp.287-343; Edwin Mansfield, "Patents and Innovation: An Empirical Study", *Management Science*, Vol.32, No.2, 1986, pp.173-181; Parimal Patel and Keith Pavitt, "National Innovation Systems: Why They Are Important, and How They Might Be Measured and Compared", *Economics of Innovation and New Technology*, Vol.3, No.1, 1994, pp.77-95; Keith Pavitt, "Uses and Abuses of Patent Statistics", in A.F.J. van Raan, *Handbook of Quantitative Studies of Science and Technology*, North Holland, 1988, pp.509-536。

② Zoltan Acs and David Audretsch, "Patents as a Measure of Innovative Activity", *Kyklos*, Vol.42, No.2, 1989, pp.171-180.

③ Zoltan Acs, Luc Anselin and Attila Varga, "Patents and Innovation Counts as Measures of Regional Production of New Knowledge", *Research Policy*, Vol.31, No.7, 2002, pp.1069-1085.

不过,如上文所述,德国产业的创新存在“能力陷阱”的潜在问题,优势产业能够不断吸收高水平的科研人才和大量科研资金,以保证自身的领先地位,而新兴产业虽然受到政府重视,但因为缺乏高效增长的环境,可能失去发展机遇,这将会限制德国产业升级的进程。为了检验这种路径依赖的负面影响,本文还引入了各个联邦州的信息通信技术产业(ICT_L)、生物产业(BIO_L)和化工产业(CHEMIE_L)专利申请量占总量之比的滞后一期,以反映某个产业过去的创新能力对未来的影响,其中信息通讯和生物产业代表新兴的高科技行业,而化工产业则是德国的传统优势行业。

(五)基础设施与集群的联系

高校在创新活动中起着特殊作用,不仅直接参与研发,同时还为学术界以及业界培养后备人才,并与企业有着紧密的联系,因此我们借鉴福尔曼等人以及胡美智和马修斯的经验,使用大学的研发情况来衡量创新基础设施与集群的联系。

表 2 描述性统计量

变量名称	观测值	平均值	标准差	最小值	最大值
PATENT	176	7.085	1.385	4.984	9.631
GDP_PC	176	10.155	0.287	9.669	10.862
PERSONAL	176	9.741	1.119	7.892	11.719
OPENNESS	176	0.259	0.107	0.076	0.534
RD_GOV	176	1.238	0.806	0.308	4.064
CHEMIE	176	4.219	1.456	0.104	6.856
MACHINE	176	4.042	1.634	0.445	7.162
BIO	176	3.275	1.324	0.000	5.432
ICT_L	160	0.234	0.075	0.102	0.452
BIO_L	160	0.066	0.054	0.010	0.342
CHEMIE_L	160	0.148	0.066	0.054	0.379
UNI	176	0.275	0.088	0.123	0.494

注:表由作者自制。

先来观察德国创新活动中最重要的、也是本文较为关心的几项数据,通过对这些数据的比较可对创新绩效进行初步分析。从专利申请的总量上看,各个联邦州在专利申请上分化较为明显,其中巴登-符腾堡州和巴伐利亚州在申请量上远远领先于其他

几个州,2010 年的专利申请量均超过 13000 项,北莱茵-威斯特法伦州的专利数也处于领先地位,达到 7536 项。而德国东部的联邦州在这方面的劣势十分明显,申请量最多的萨克森州只有 1124 项,其他东部州均在 600 项以下。

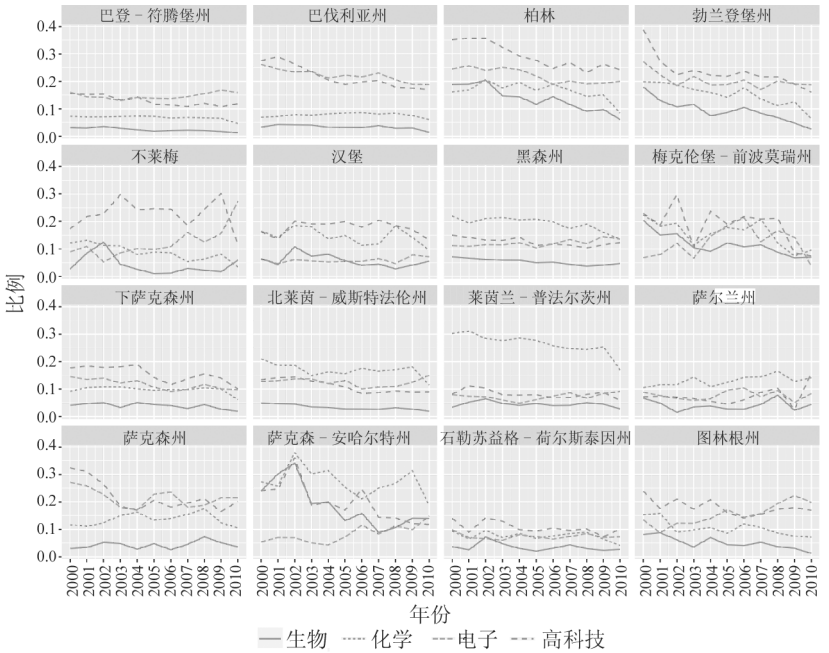
如果将人口数量因素考虑在内,观察每百万居民的专利申请量,可以发现,一些人口较少的州的表现有所提高,如汉堡每百万居民申请量在 2010 年达到 514 项,仅次于巴登-符腾堡州(1375 项)和巴伐利亚州(1039 项)。但是德国东部联邦州仍然没有太大起色,石勒苏益格-荷尔斯泰因州、萨克森-安哈尔特州、勃兰登堡州和梅克伦堡-前波莫瑞州这四个东部联邦州排在所有 16 个联邦州的最后四位,其每百万居民专利申请量都在 200 项以下。由此可以看出,德国联邦州之间的创新绩效存在较大差异。也正因为如此,对德国创新绩效进行区域层面的分析更加符合实际情况。

从德国联邦一级的政府对各联邦州的研发投入情况来看,总体而言,联邦政府对各州的研发资金投入都有所增加。其中创新能力强的联邦州不会受到联邦政府的特别青睐,不莱梅、柏林和汉堡这三个人口较少的州每万人获得的联邦研发资助最多,2010 年的资助分别达到 400 万欧元、337 万欧元和 288 万欧元,相较而言,研发能力最强的巴登-符腾堡州和巴伐利亚州分别只有 183 万欧元和 130 万欧元。而梅克伦堡-前波莫瑞州则是资助增长最快的东部联邦州,联邦政府的投入从 2000 年的 85 万欧元/万人增长到了 2010 年的 218 万欧元/万人。

图 8 展示了每个联邦州内几个主要行业在欧洲专利局申请的专利数占该联邦州专利申请数的份额,该数据在一定程度上反映了每个行业在该州的创新活动中的重要性。总体而言,西部的几个州,如巴登-符腾堡州、巴伐利亚州、黑森州、下萨克森州、莱茵兰-普法尔茨州近年来行业的发展较为稳定,而德国东部的如梅克伦堡-前波莫瑞州、萨克森州、萨克森-安哈尔特州、图林根州的产业结构则发生了较大变化,几个行业专利情况的波动比较大。如果看具体的行业,我们可以发现各州之间的经济结构差别明显,如高新技术和电子行业在巴伐利亚的创新活动中具有重要作用。柏林的高科技行业较为领先,这可能得益于柏林较为成功的高科技集群。而化工行业在莱茵兰-普法尔茨州的专利申请量远高于其他三个行业,一个重要原因就是位于该州的大型化工企业巴斯夫(BASF)具有强大的科研能力。而在东部的萨克森-安哈尔特州的创新活动中,化工行业同样起了重要作用,这是由于萨克森-安哈尔特州在民主德国时期就是以化工产业为主,哈勒(Halle)、洛伊纳(Leuna)、施科保(Schkopau)、比特费尔德(Bitterfeld)均建有大型的化工工厂,这一地区也被称为“德国中部的化学产业三角地带”(Mitteldeutsches Chemiedreieck)。这一组数据确认了德国各个联邦州之间的产

业结构存在较大差异,也进一步说明具体分析经济结构对创新产出的影响的重要性。

图 8　德国各联邦州主要行业在欧洲专利局专利申请量占总量的份额



资料来源:欧盟统计局,http://ec.europa.eu/eurostat/web/regions/data/database,2017 年 2 月 20 日访问。

四　实证分析结果

本文采用了固定效应模型对具体的影响因素进行分析。表 3 报告了关于德国联邦州创新绩效的实证分析结果,其中因变量是 i 联邦州在 t 年的国内专利申请量。第(1)列对创新投入的两个最基本变量进行回归,第(2)列中加入了创新环境因素,其中三个产业的当期数据反映了当前产业结构的影响,第(3)列引入了行业的滞后项,以检验路径依赖的效应。第(4)列到第(6)列将该模型运用到了德国西部 10 个联邦州(不含柏林)。

从第(1)列和第(2)列来看,研发人员数量和当地的人均 GDP 对创新的产出有显著的积极影响,根据第 (1) 列的结果,研发人员数量增长 10%会带动专利申请量上涨

表 3 回归结果(专利申请量作为因变量)

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
	全部联邦州	全部联邦州	全部联邦州	西部联邦州	西部联邦州	西部联邦州
PERSONAL	0.532***	0.778***	0.628***	0.658***	0.867***	0.495*
	(0.153)	(0.164)	(0.188)	(0.201)	(0.232)	(0.250)
GDP_PC	0.740*	1.003***	1.105**	0.329	0.615	0.362
	(0.394)	(0.382)	(0.425)	(0.649)	(0.700)	(0.700)
OPENNESS		−0.055	−0.032		−0.599	−0.817
		(0.451)	(0.482)		(0.694)	(0.697)
RD_GOV		0.207***	0.253***		0.245***	0.225**
		(0.065)	(0.065)		(0.091)	(0.090)
CHEMIE		0.126**			0.154*	
		(0.050)			(0.079)	
MACHINE		0.045			0.035	
		(0.035)			(0.066)	
BIO		0.040			0.018	
		(0.029)			(0.043)	
ICT_L			−0.521*			−0.769
			(0.277)			(0.517)
BIO_L			−0.481			−1.281
			(0.407)			(0.925)
CHEMIE_L			1.064**			2.362***
			(0.440)			(0.883)
UNI		1.465***	1.178***		1.478**	1.163
		(0.376)	(0.396)		(0.688)	(0.703)
_cons	−5.384	−11.884***	−10.944**	−2.223	−8.653	−1.572
	(4.243)	(4.407)	(4.970)	(6.982)	(8.005)	(7.996)
N	176	176	160	110	110	100
r2	0.382	0.507	0.452	0.431	0.538	0.540
r2_a	0.269	0.393	0.314	0.296	0.385	0.376

注:表由作者自制。Standard errors in parentheses, $^{*}p<0.1$, $^{**}p<0.05$, $^{***}p<0.01$。

约 5.32%,人均 GDP 增长 10%则能够提高专利申请量上涨约 7.4%。我们在第(2)列加入了创新环境的影响因素后发现,研发人员数量和人均 GDP 的积极影响得到进一步加强,二者的相关系数分别提高到了 0.778 和 1.003。从创新基础设施来看,联邦政

府对研发的投入对创新有直接的积极影响,联邦政府研发支出每提高 10%,能够促进该联邦州的专利申请量提高 2.07%。在产业结构方面,我们选取的三个行业对创新的影响各有不同,化工行业与总体创新绩效具有显著的正相关关系(0.126),机械行业和生物行业的影响并不显著。最后一个影响因素高校科研人员比例对创新产出具有显著的正影响,可见高校在德国的创新活动中起着较为重要的作用。

第(3)列加入滞后项后,可以看出,如果一个地区的化工产业过去是创新的领先产业,那么便会对该地区未来的创新产生积极影响,而信息通信技术产业这样的新兴产业反而会对今后的整体创新产生负面影响,这显示了产业结构上较为明显的路径依赖。

从第(4)列到第(6)列,我们将回归分析的范围缩小到德国西部的 10 个联邦州,目的是为了评估我们的模型对于德国经济最为发达的地区的解释效力。科研人员的影响力在德国西部有了一定程度的提高,但是知识积累因素,即人均 GDP 的影响不再显著。联邦政府的研发投入和高校科研人员比例的相关系数基本上保持一致。但在产业结构方面,化学工业当期专利申请情况的相关系数从 0.126 增长到了 0.154,而化工产业滞后项的系数也得到了提高。信息通讯技术产业占比的滞后项的影响不再显著。这说明在德国西部联邦州,化工产业的重要性和路径依赖的作用更为明显,而信息通讯技术产业受到路径依赖负面效应的影响有所减弱。

最后我们将因变量由专利申请总量替换为各联邦州每百万人的专利申请量,这就消除了人口数量对专利申请量的影响,能够更加准确地表示各州的实际创新水平,同时也检验模型的稳健性。表 4 展示了回归结果,总体而言,各个因素的影响程度与表 3 的结果较为一致。

表 4　回归结果(以每百万人的专利申请量作为因变量)

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
	全部联邦州	全部联邦州	全部联邦州	西部联邦州	西部联邦州	西部联邦州
PERSONAL	0.558***	0.763***	0.611***	0.661***	0.849***	0.478*
	(0.151)	(0.164)	(0.190)	(0.197)	(0.229)	(0.248)
GDP_PC	1.213***	1.399***	1.449***	0.565	0.786	0.518
	(0.389)	(0.381)	(0.428)	(0.637)	(0.691)	(0.695)
OPENNESS		0.051	0.069		−0.668	−0.891
		(0.449)	(0.485)		(0.685)	(0.692)

RD_GOV		0.191***	0.242***		0.235**	0.216**
		(0.065)	(0.066)		(0.090)	(0.089)
CHEMIE		0.126**			0.150*	
		(0.050)			(0.078)	
MACHINE		0.057			0.035	
		(0.035)			(0.065)	
BIO		0.040			0.019	
		(0.029)			(0.042)	
ICT_L			−0.483*			−0.735
			(0.279)			(0.513)
BIO_L			−0.579			−1.307
			(0.409)			(0.918)
CHEMIE_L			1.099**			2.318***
			(0.443)			(0.876)
UNI		1.298***	1.026**		1.320*	1.003
		(0.374)	(0.399)		(0.679)	(0.697)
_cons	−11.666***	−16.989***	−15.519***	−6.085	−11.559	−4.371
	(4.188)	(4.388)	(5.001)	(6.852)	(7.904)	(7.934)
N	176	176	160	110	110	100
r2	0.376	0.494	0.429	0.451	0.548	0.543
r2_a	0.263	0.377	0.285	0.320	0.399	0.380

注:表由作者自制。Standard errors in parentheses, * $p<0.1$, ** $p<0.05$, *** $p<0.01$。

五 结论

本文利用 16 个德国联邦州的数据,分析了创新环境对德国区域创新绩效的影响。结果显示,创新环境对于德国创新绩效的提高做出了较大贡献。具体而言,科研人员数量和本地区的知识积累即经济发展水平,对创新绩效有积极的影响。其中,人力资本的作用最为明显,这也验证了科研人才是创新发展的重要动力。而从创新主体来看,德国的高校多年来都将科研放到与教学同等重要的位置,高校科研投入的增加对地方创新也有正面影响,这一点与福尔曼等人对 OECD 国家层面的研究结果一致。

此外,德国政府的作用也不可忽视,联邦一级政府的研发拨款起到了显著的积极作用,有利于提高地方的创新产出。作为资源贫乏且高工资的发达国家,德国历来十分重视科技创新在经济发展上的作用,政府为科学研究与技术创新提供基础设施(公立大学与公立研究机构),资助作为公共产品的基础研究以及对重要技术领域的试验性研发。如今,联邦政府扮演了比以往更加积极的角色,在诸多促进项目中,比如在集群政策和中小企业促进政策上,政府都投入了大量资金。从上述实证分析可以看出,联邦政府的投入促进了区域创新绩效的提高。

最后值得注意的是,在产业结构对创新的影响方面,德国整体的情况和西部联邦州有一定的差别,地区之间经济结构的差异会直接影响区域创新绩效,其中化学工业的积极影响最为显著。德国研究与创新委员会指出的"能力陷阱"问题,也在本文中得到证实:传统优势产业会在未来变得更加具有创新能力,而新兴产业很难从中得到充分发展。

德国如今也面临产业转型的问题,四大传统行业虽然在整个产业结构中占有主导地位,但在全球产业变革的新趋势下,信息技术和生物技术这样的新兴产业已成为未来经济发展的方向,如果错过这次产业升级的机会,德国将会在国际市场上失去竞争优势。从本文的分析来看,德国已有的创新体系更加有利于传统行业的发展,而新兴产业难以从中获益,因此尽快打破路径依赖的"锁定效应",应成为德国创新促进措施中较为迫切的任务。我们也可以看到,不管是"高科技战略"、工业 4.0 战略,还是数字化战略,德国政府近年来都在尝试通过政策引导,加快新兴产业的发展,以改变这些产业创新能力较弱的现状。比如工业 4.0 战略就是试图通过将德国传统的优势产业(机械制造)与新兴的互联网技术相结合,通过协同效应促进德国信息电子技术的创新,保持德国在新技术革命中的竞争优势。联邦政府积极投入,将研究促进措施、创新活动的框架条件与战略性创新政策结合起来,类似的全国性战略在德国历史上从未出现过。如果现有的创新体系因此得到优化,那么这一系列促进计划将帮助德国跳出"能力陷阱",重回世界创新和高科技的领导者行列。

(**作者简介**:寇蔻,德国哈勒-维腾贝格大学法学与经济学院博士研究生;史世伟,对外经济贸易大学教授、欧洲研究中心主任。**责任编辑**:莫伟)