

浙江省生物医药产业链创新发展特征研究

周元

(浙江省科技信息研究院, 杭州 310000)

摘要: 本文对生物医药产业链的要素组成、基本特征和创新环节进行了理论分析, 基于2014—2017年浙江省生物医药高新技术企业的面板数据, 采用随机效应模型, 分别研究生物医药各行业的研发经费投入对技术开发环节和成果转化环节的影响, 以及营业规模与两个环节的关系。结果表明, 研发经费投入对化学药、生物药、中药、医疗器械4个子行业的技术开发环节和成果转化环节均有显著正向影响, 对生物药的成果转化环节在10%水平下显著; 主营业务收入对4个子行业的成果转化均有显著正向影响, 而技术开发和营业规模关系不显著。据此对浙江省生物医药产业链创新发展提出政策建议。

关键词: 生物医药产业链; 随机效应模型; 研发经费投入; 技术开发; 成果转化

中图分类号: F062.9 **文献标识码:** A **DOI:** 10.3772/j.issn.1009-8623.2019.05.006

生物医药产业是指将现代生物技术与新药研究、开发、生产以及各种疾病的诊断、防治和治疗相结合的产业, 是中国制造2025和战略性新兴产业的重点领域, 在惠民生、稳增长、调结构等方面发挥着积极作用。习近平总书记指出, 要着力围绕产业链部署创新链、围绕创新链完善资金链, 聚焦国家战略目标, 集中资源、形成合力, 突破关系国计民生和经济命脉的重大关键科技问题^[1]。生物医药作为研发高密度与知识最密集的高新技术产业代表, 具有较强成长性、关联性和带动性, 其产业链的每个环节联系紧密, 特别是技术创新、新药研发、成果转化等相关过程的实现高度依赖于相关上下游企业之间的联系网络^[2]。因此, 以产业链发展的视角探寻产业升级过程中遇到的短板和影响技术创新的制约因素, 是政策制定者和研究者共同关注的重要问题。

近年来, 关于产业链和生物医药产业创新的文献日益增多。国外研究起步较早, 但专门针对产业链的研究甚少, 大多涉及的是生物医药价值链、

供应链等^[3, 4]领域, 产业的创新发展研究主要集中在战略集团、开放创新、知识产权交易等^[5-7]几个方面。国内学者对生物医药产业链的研究可以分为3个方面: 一是关于生物医药产业链构成、产业链的形成与演化等方面^[8-10]的研究; 二是关于生物医药产业链的培育与构建^[11-14], 以及基于产业链的中美创新能力比较^[15-16]等方面的研究; 三是关于生物医药产业链效率和评价等方面^[17-20]的研究。生物医药产业中包括的产品众多, 不同门类的产品之间有不同的产业链条^[21], 其产业链的创新发展特征也将存在差异, 对生物医药的产业链分析必须细化到子行业。目前, 仍然缺少对生物医药细分领域产业链的创新发展研究和定量分析。

浙江省医药产业起步较早, 在部分领域具备国内先进水平。然而, 产业发展仍面临着自主创新能力薄弱、产业结构不协调、市场秩序欠规范等诸多问题。本文以浙江省生物医药产业为例, 深入剖析生物医药产业链发展情况, 基于2014—2017年生物医药高新技术企业数据, 借助面板数据回归模型

作者简介: 周元(1986—), 男, 助理研究员, 主要研究方向为数量经济学。

项目来源: 浙江省软科学研究计划项目“新经济模式下浙江生物医药产业链的结构特征与培育发展研究”(2017C35075); “智江南”智库的相关成果。

收稿日期: 2019-04-22

进行实证分析，研究细分行业领域研发投入对产业链不同环节创新产出的影响作用机制，提出具有针对性的建议，以期为生物医药产业创新能力提升和推进健康中国建设提供政策启示。

1 生物医药产业链分析

1.1 产业链模型建立

本文所研究的生物医药产业链（以下简称产业链）是以生物医药产品的研发、中试、生产、销售

和服务各个环节紧密的分工协作为基础，以物质流、信息流、资金流、技术流等形式的产业联系为纽带，以生物医药科技企业为产业主体，依据企业间的上下游功能关系和特定的空间布局构成的链网状组织体系。

如图 1 所示，整个生物医药产业链可分为上游、中游和下游 3 个主要功能部分，分别对应药物发现和开发、生产制造、销售服务，各部分涵盖多个环节，而各个环节又涉及多个不同行为主体。医

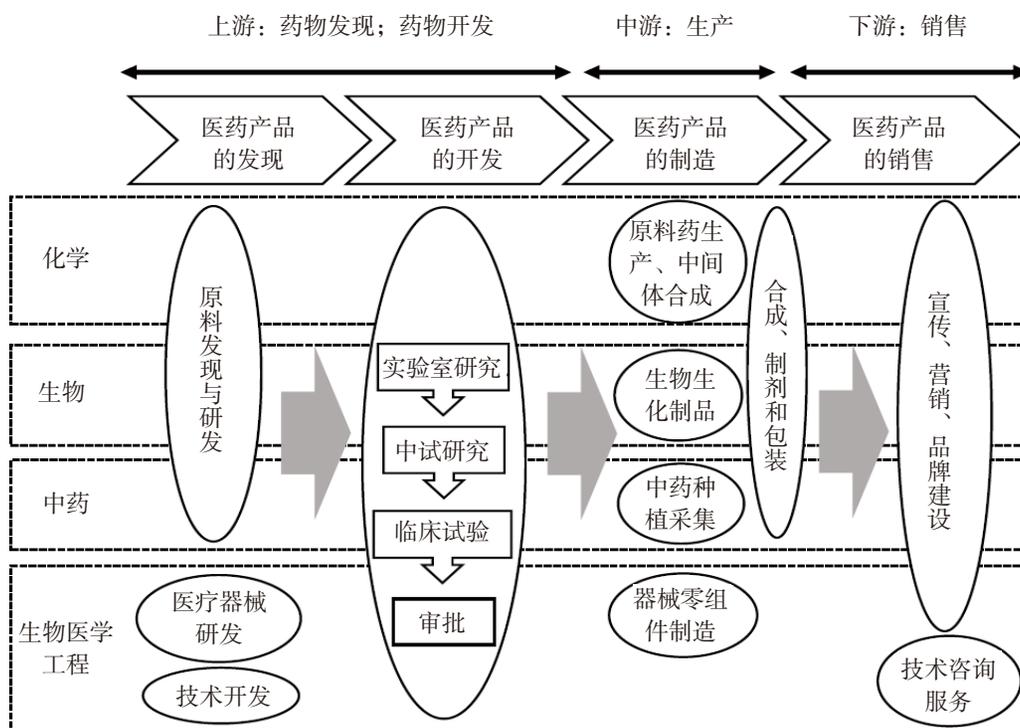


图 1 生物医药产业链流程图

药产品的发现环节从新药开发开始，到确定候选药物为止。在这个过程中，原料被提取后，根据药理模型被合成先导化合物，再通过定量构效关系研究选出候选药品进行开发。候选药品随后进入医药产品的开发环节，先是中试研究候选药品进行第二次筛选，然后通过临床前研究（在实验室和动物系统里进行药效、药理和毒理研究）和临床试验（即在人体进行药物系统性研究）并获得新药申请（New Drug Application, NDA）的批准。这两个环节的主要参与组织有高等学校、科研院所、制药企业药物研究部门、合同委托研究机构等。医药产品的制造

环节包括原料药制造（即将药品原材料或原辅料制作成药物活性成分，如粉末、浸膏）、制剂制造（即将原料药加工成不同的剂型，如片剂、溶剂，以确定用量并增加药物稳定性）和包装 3 个阶段，涉及各类制药企业，其主要作用是生产、制造质量优良并易于服用的医药产品并投放到医药市场中，供消费者选择使用。医药产品的销售环节则通过各种营销手段，使产品到达终端客户平台。医院、医药商业企业（代理商、批发商、零售商等）、第三方物流企业和一些制药企业都是销售环节的主要组织。

1.2 产业链特征及创新环节分析

生物医药产品不同于其他商品或一般的生物技术产品,具有以研发为核心,高技术性、高投入性、高风险和高回报的特点,需要多门学科知识和多种技术手段作为基础,用大量的时间和资金去发现药品并进行研究、开发和测试。临床实验也是生物医药产业独有的一个环节^[22],其产业链化的周期很长,产业关联度高,分工相对细化,因此对集群环境和政府政策导向都具有依赖性。

创新链是描述一项科技成果从创意产生到商品化生产销售整个过程的链状结构,可分为要素整

合、研发创造、商品化生产、社会效用化4个环节^[23]。通过梳理产业链和创新链的关系,可以发现生物医药产业链创新发展最关键的3个环节,即研发投入、技术开发、成果转化(如图2所示)。

2 研发投入对生物医药产业链影响的实证分析

2.1 浙江省生物医药产业创新发展情况

“十二五”以来,浙江省生物医药产业取得快速发展,虽然原料药仍然占据较大市场份额,但同

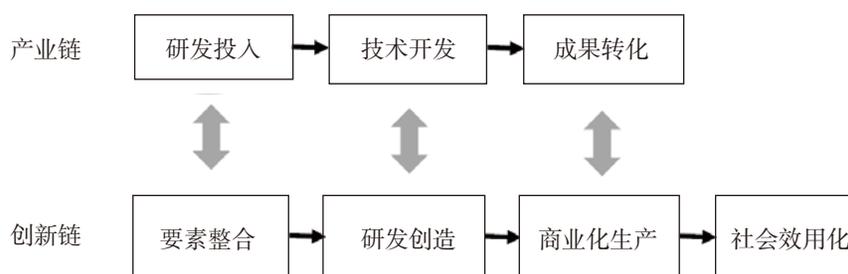


图2 产业链创新环节分析

时在创新药、生物药、创新医疗器械等多个方面也取得明显进步,应用基础研究和技术创新得到重视,产业链不断完善。截至2018年底,浙江省拥有生物医药类国家高新技术企业近500家,建有余杭生物医药、绍兴现代医药和台州现代医药三个医药类的省级高新园区,有约1/3的省级及以上高新园区将生物医药或生命健康作为主导产业。在重要创新平台方面,建有传染病诊治国家重点实验室、国家化学原料药合成工程技术研究中心、温州医学院生物医药国际科技合作基地,以及浙江大学医学院附属第一医院、浙江大学医学院附属儿童医院、温州医科大学附属眼视光医院国家临床医学研究中心。2019年浙江省政府工作报告提出,要“争创生物医药等产业新优势,打造生命健康科技创新高地”。

2.2 模型及数据说明

通过对产业链和创新链的分析,我们可以把产业链的创新过程分为创新资源转化和创新知识转化两个阶段^[24],第一个阶段的关键环节是研究与技术开发,第二阶段的关键环节是科技成果转化。基于重点关注的问题,本文选择研发经费支出(RD)、

研发人员数(RDP)、拥有发明专利数(IV)、新产品产值(NP)、主营业务收入(INC)等指标建立回归模型,研究研发投入对产业链不同环节创新产出的影响情况。其中,拥有发明专利数是研究与技术开发阶段产业创新绩效的主导产出变量,新产品产值是成果转化阶段产业创新绩效的主导产出变量^[25],研发投入通过研发经费支出和研发人员数两部分来体现,主营业务收入既反映了产业(企业)规模,同时又能体现经营情况。这里考虑对变量进行自然对数变换,使得在不改变数据性质和相关关系的情况下,缩小不同变量的数量级差距,削弱模型中数据的异方差性,同时取对数后回归系数解释为弹性或半弹性。因此,分别建立研发投入对技术开发和成果转化两个阶段的模型如下:

$$\ln IV = \alpha + \alpha_1 \ln RD + \alpha_2 \ln INC + \varepsilon \quad \text{和} \quad \ln NP = \beta + \beta_1 \ln RD + \beta_2 \ln INC + \varepsilon$$

α 和 β 分别为截距项, ε 为误差项。

由于研究对象为面板数据,既有横截面的维度(n 位个体),又有时间维度(T 个时期),考虑到个体效应(个体间不可观测或被遗漏的异质性),不能简单地混合回归,因此需要考虑个

体效应模型，主要有固定效应模型和随机效应模型两种。固定效应模型主要表现形式为： $\ln IV_{it} = \alpha_i + \alpha_1 \ln RD_{it} + \alpha_2 \ln INC_{it} + \varepsilon_{it}$ ，随机效应模型主要表现形式为： $\ln IV_{it} = \alpha + \alpha_1 \ln RD_{it} + \alpha_2 \ln INC_{it} + u_i + \varepsilon_{it}$ 。（ $i=1, \dots, n$ ； $t=1, \dots, T$ ）

固定效应模型和随机效应模型该如何选择，一般通过豪斯曼（Hausman）检验来判断。豪斯曼检验的基本虚拟假设是两个模型估计量没有实质上的差异，其检验统计量是一个渐进的 χ^2 分布，若虚拟假设被拒绝了，结论就是固定效应模型不合适而使用随机效应模型更好。本文通过豪斯曼检验，结合回归效果和数据实际情况进行具体研究和选择。

本文为进一步考察揭示研发投入对生物医药产业创新发展的作用机制，实证分析采用浙江省生物医药高新技术企业的短面板数据，数据来源为浙江省高新技术企业年度调查统计。再参照《战略性新兴产业分类（2018）》（国家统计局令 23 号）和《浙江省高新技术产业（制造业）统计分类目录（2018）》筛选生物医药高新技术企业，并将高新技术企业按照化学药、生物药、中药、医疗器械等行业归类，由于连续 4 年填报生物药和中药完整数据的高新技术企业偏少，从各子行业中分别随机抽取 27 家、16 家、16 家、27 家企业作为样本进行研究。

2.3 技术开发环节的产业创新发展实证结果分析

以拥有发明专利数为因变量，以研发经费支出、研发人员数、主营业务收入为自变量，建立面板数据回归模型，通过 BP 检验和豪斯曼检验，最终确定化学药、生物药、中药和医疗器械 4 个子行

业均选用随机效应模型，且序列相关、异方差检验等都好于固定效应模型。通过计算发现，研发人员数在 4 个子行业中均无显著影响，且企业填报该项数据质量较差，因此在回归模型中将其去除。从计算结果来看，如表 1 所示，化学药企业研发经费支出、主营业务收入的估计系数分别为 0.833 8、-0.03，研发经费投入对技术开发环节有显著正向影响，而营业规模无显著影响；生物药企业研发经费支出、主营业务收入的估计系数分别为 0.334 1、0.253 3，研发经费投入存在显著正向影响，营业规模无显著影响；中药企业研发经费支出、主营业务收入的估计系数分别为 0.809 5、0.161 1，研发经费投入存在显著正向影响，营业规模无显著影响；医疗器械企业研发经费支出、主营业务收入的估计系数分别为 0.786、-0.075 4，研发经费投入存在显著正向影响，营业规模无显著影响。

可以看出，研发经费投入对 4 个行业的技术开发均有正向促进作用，而主营业务收入对技术开发均不存在显著影响。化学药企业研发经费支出的系数最大，研发经费每增长 1 个百分点能带动发明专利增长 0.83 个百分点，营业收入的系数为负值但不显著，这一方面是因为浙江省如贝达药业等一批创新药企业崛起，研发实力强劲，另一方面说明技术开发与企业规模大小无明显关系，不少化学原料药企业规模较大，但技术开发环节薄弱。中药作为中国特有的行业，创新发展的潜力较大，每份研发投入带来的增益也较高，规模较大的中药企业能吸引更多资源进行技术开发，但作用不强。医疗器械

表 1 研发投入对生物医药高新技术企业技术开发环节的影响

变量	研发经费支出 (lnRD)	主营业务收入 (lnINC)	常数	F 值	P 值	拟合优度
化学药	0.833 8 (6.884 5)***	-0.030 0 (-0.266 8)	-5.305 5 (-4.742 8)***	86.187 1	0.000 0	0.450 8
生物药	0.334 1 (2.117 5)**	0.253 3 (1.545 4)	-4.022 9 (-2.736 1)***	18.520 4	0.000 0	0.291 6
中药	0.809 5 (4.986 6)***	0.161 1 (1.453 8)	-7.387 9 (-4.951 0)***	41.567 8	0.000 0	0.439 6
医疗器械	0.786 0 (4.555 1)***	-0.075 4 (-0.640 5)	-4.394 3 (-3.767 3)***	31.113 3	0.000 0	0.228 6

注：括号里的数字是 t 统计量，*、**、*** 分别表示 10%、5%、1% 水平下显著。

企业研发经费每增长 1 个百分点能带动发明专利增长 0.79 个百分点, 而主营业务收入的系数为负值, 说明浙江省有一部分中小型医疗器械企业技术开发能力较强, 在细分产业领域形成了一批单打冠军。生物药企业研发经费每增长 1 个百分点只带动发明专利增长 0.33 个百分点, 浙江省生物药企业仍在起步阶段, 发明专利相对较少, 这个环节研发驱动效应仍然不足。

2.4 成果转化环节的产业发展实证结果分析

以新产品产值为因变量, 以研发经费支出、研发人员数、主营业务收入为自变量, 建立面板数据回归模型, 通过 BP 检验和豪斯曼检验, 最终确定化学药、生物药、中药和医疗器械 4 个子行业均选用随机效应模型, 且序列相关、异方差检验等都好

于固定效应模型。由于 t 检验不显著, 同样去除研发人员变量。从计算结果来看, 如表 2 所示, 化学药企业研发经费支出、主营业务收入的估计系数分别为 0.643 4、0.271 4, 研发经费投入和营业收入均为显著正向影响; 生物药企业研发经费支出、主营业务收入的估计系数分别为 0.175 5、0.739 5, 研发经费投入和营业收入均为显著正向影响; 中药企业研发经费支出、主营业务收入的估计系数分别为 0.580 5、0.284 6, 研发经费投入和营业收入均为显著正向影响; 医疗器械企业研发经费支出、主营业务收入的估计系数分别为 0.384 1、0.559 7, 研发经费投入和营业收入均为显著正向影响。

可以发现, 4 个行业研发经费投入和营业收入对成果转化均有显著促进作用, 研发投入的影响效

表 2 研发投入对生物医药高新技术企业成果转化环节的影响

变量	研发经费支出 (lnRD)	主营业务收入 (lnINC)	常数	F 值	P 值	拟合优度
化学药	0.643 4 (3.882 1)***	0.271 4 (1.707 0)*	2.447 5 (1.794 5)*	69.977 9	0.000 0	0.400 2
生物药	0.175 5 (1.742 3)*	0.739 5 (6.735 0)***	0.998 8 (0.970 0)	96.190 4	0.000 0	0.684 3
中药	0.580 5 (2.905 3)***	0.284 6 (2.156 2)**	2.693 5 (1.427 6)	21.439 8	0.000 0	0.288 0
医疗器械	0.384 1 (4.162 4)***	0.559 7 (8.939 4)***	1.199 5 (1.842 4)*	243.051 0	0.000 0	0.698 3

注: 括号里的数字是 t 统计量, *, **, *** 分别表示 10%、5%、1% 水平下显著。

应大于营业收入。其中, 化学药企业每份研发经费投入带动新产品增长幅度最大, 营业收入带动作用最小且只在 10% 水平下显著, 在成果转化环节, 化学药研发驱动的特征明显, 但同时浙江省规模较大的药企仍以化学原料药为主, 规模效应促进科技成果转化有限。其次是中药, 研发经费投入对成果转化和产业化的影响较大, 创新发展前景较好, 中药作为资源依赖型行业, 大型中药企业在获得原材料方面也具有一定优势。医疗器械企业研发经费每增长 1 个百分点带动新产品增长 0.38 个百分点, 研发投入的促进作用小于营业收入, 一方面某些细分领域的市场不大导致产品产量不多, 减弱了研发投入的增益, 另一方面浙江省医疗器械企业规模普

遍偏小、行业集中度低, 亟需做大做强来进一步推动成果转化。生物药企业每份研发经费投入带动新产品增长幅度最小, 而营业收入的促进作用最大, 生物药企业的成果转化目前主要靠规模驱动, 研发创新有待加强。

3 主要结论及政策建议

3.1 主要结论

研发经费投入在当前生物医药产业链的创新发展过程中发挥着关键作用。实证结果表明, 研发经费投入对化学药、生物药、中药、医疗器械 4 个子行业的技术开发环节和成果转化环节均有显著影响, 对生物药成果转化环节的影响在 10% 水平下

显著。在技术开发环节，研发经费投入对化学药的正向影响最大，其次是中药和医疗器械，对生物药的作用最小。在成果转化环节，研发经费投入对化学药的促进作用最大，其次是中药，对医疗器械和生物药的促进作用较小。

企业规模与生物医药产业链的创新发展同样关系密切。在技术开发环节，主营业务收入对4个子行业的影响均不显著。在成果转化环节，规模越大的企业成果转化情况越好，主营业务收入的促进作用从大到小依次是生物药、医疗器械、中药、化学药。

3.2 政策建议

一是围绕产业链制定有效政策，营造鼓励生物医药发展的良好生态。在项目支持、知识产权保护、行政审批和税收优惠政策等方面对企业加大支持力度。加强专利侵权惩罚力度，加大宣传，提高企业知识产权保护意识，完善知识产权诉讼系统，保护企业创新成果以激励创新药物研发。改革审批技术手段，提高对新项目、新药品的审批效率，为研发周期较长、金额较大的重点研发产品开辟绿色通道。全面落实研发加计扣除和高新技术企业税收减免等优惠政策，提高企业的研发积极性。

二是加大研发投入和关键领域核心技术攻关。重点研发项目向生物医药的关键领域给予适当倾斜支持，加大高校的研发投入，加强前沿技术研究，注重生物医药的基础研究、应用基础研究和技术创新。设立创新药开发的专项基金，扶持和鼓励一批有发展潜力的高尖端项目，打破进口药的垄断。实现重点专项领域的创新突破，在化学药方面，重点开展针对新靶点、新机制创新药以及新释药系统的研发；生物药方面，重点开展新型抗体药、抗体偶联药、基因治疗等研发；中药领域，重点开发基于经典名方、疗效特色明显的重要复方；医疗器械方面，推进人工智能和医疗的有效结合等。

三是推动产业结构优化调整，形成强有力的产业链体系。制定优惠政策，为企业的兼并重组创造环境，培养出一批具有规模优势、技术含量高、辐射能力强、拥有自主知识产权的国际领先型药企。科学规划生物医药产业布局，避免大量不必要的同质竞争，引导建立中高端产业集群。对于关键性的薄弱环节进行重点培育，实现产业链上下游的协同

配套、优势互补，最终合作共赢。建设生物医药产业多主体合作创新网络和数据共享平台，对难度大的基础核心项目开展关键共性技术攻关。

四是积极开拓国内外市场，打响一批生物医药品牌。通过对生物创新药的政府优先采购和纳入医保目录，拓宽自主创新药的早期市场。瞄准市场需求，积极拓宽销售渠道，例如发挥中药在代谢药、慢性病方面的优势，加大支持推广和走向国际市场。鼓励商业医疗保险发展，对将创新药纳入保险范围的商业保险公司给予一定财政补贴，进一步扩大创新药的市场需求。■

参考文献：

- [1] 习近平. 在中国科学院第十七次院士大会、中国工程院第十二次院士大会上的讲话[M]. 北京：人民出版社：15-16.
- [2] 程磊. 湖北省生物医药产业链构建研究[D]. 武汉：华中科技大学，2011：1-2.
- [3] Gurău C. Positioning strategies in the value-added chain of the biopharmaceutical sector: the case of UK SMEs[J]. *Journal of Consumer Marketing*, 2004, 21(7): 476-485.
- [4] Rossetti CL, Handfield R, and Dooley KJ. Forces, trends, and decisions in pharmaceutical supply chain management[J]. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 2011,4(6): 601-622.
- [5] Erden Z, Von Krogh G, Nytorp C, et al. Strategic groups in the biopharmaceutical industry: implications for performance[J]. *Perspective*, 2009, 14(15-16): 726-730.
- [6] Wuyts S, Dutta S. Licensing exchange—Insights from the biopharmaceutical industry[J]. *Intern. J. of Research in Marketing*, 2008, 25(4): 273-281.
- [7] Mazzola E, Bruccoleri M, Perrone G. Open innovation and firms' performance: state of the art and empirical evidences from the bio-pharmaceutical industry[J]. *Int. J. Technology Management*, 2016, 70(2-3): 109-134.
- [8] 辛群涛. 山东省生物、医药高新技术产业链培育规划[D]. 济南：山东大学，2005.
- [9] 刘志迎，赵倩. 产业链概念、分类及形成机理研究述评[J]. *工业技术经济*，2009，28（10）：51-55.
- [10] 马彦. 生物医药产业价值链的整合化研究[D]. 上海：复旦大学，2009：37-38.

- [11] 郑海涛. 生物医药产业的创新链模式研究 [J]. 科技进步与对策, 2003, 20(7): 113-115.
- [12] 吴曙霞, 李培进, 蔡国友, 等. 基于区域竞争力的生物医药产业规划研究 [J]. 科技情报开发与经济, 2005, 15 (21) : 129-130.
- [13] 韩立民, 周乐萍. 青岛市海洋生物医药产业链发展研究 [J]. 中国渔业经济, 2013, 31 (5) : 109-116.
- [14] 邵蕾蕾, 魏骅, 干行健. “互联网+”环境下安徽中医药产业链模式重构与案例分析 [J]. 华东经济管理, 2018, 32 (4) : 26-31.
- [15] 刘玉成, 孙利华. 中美医药产业链的比较及启示 [J]. 沈阳药科大学学报, 2013, 30 (6) : 474-477.
- [16] 王晓珍. 中美产业创新能力比较分析——以生物医药产业为例 [M]. 北京: 中国经济出版社, 2018.
- [17] 赵腾, 刘立春. 上海生物医药产业高端高效评价指标分析与应用 [J]. 中国医药工业杂志, 2012, 43 (12) : 1 049-1 050.
- [18] 谢胜强, 陈鑫, 顾丹, 等. 上海市生物医药产业发展评价研究 [J]. 经济研究导刊, 2012 (30) : 195-197.
- [19] 欧绮琼. 广东省生物医药产业价值链研究——基于高端高效评价分析 [D]. 广州: 暨南大学, 2015.
- [20] 许志彪, 张永庆. 长三角地区生物医药产业链效率评价 [J]. 技术与创新管理, 2018, 39 (1) : 71-75.
- [21] 张永庆, 许志彪. 长三角地区生物医药产业链分工模式研究 [J]. 科技和产业, 2017, 17 (5) : 28-32.
- [22] 温晓慧, 黄海洋, 王晓珍, 等. 生物医药产业创新能力评价指标体系构建 [J]. 科技管理研究, 2016, 36 (13) : 42-46.
- [23] 淘永. 发展服务机器人, 助理智能社会发展 [J]. 科技导报, 2015, 33 (23) : 58-65.
- [24] 庞瑞芝, 李鹏, 李嫣怡. 网络视角下中国各地区创新过程效率研究: 基于我国八大经济区的比较 [J]. 当代经济科学, 2010, 32 (6) : 56-65.
- [25] 李培楠, 赵兰香, 万劲波. 创新要素对产业创新绩效的影响——基于中国制造业和高技术产业数据的实证分析 [J]. 科学学研究, 2014, 32 (4) : 604-612.

Research on the Characteristics of Innovation-driven Development of the Biomedical Industry Chain in Zhejiang

ZHOU Yuan

(Institute of Scientific and Technical Information of Zhejiang Province, Hangzhou 310000)

Abstract: This paper analyzes the element composition, basic characteristics and innovation links of the biomedical industry chain based on the panel data of biomedical high-tech enterprises in Zhejiang, China, from 2014 to 2017. The random effects model is used to study the impact of R&D expenditure on technological development and results transformation links and their relationship with business scale in four sub-sectors, namely chemical medicines, biological medicines, traditional Chinese medicines and medical devices. The results show that the R&D expenditure has a significantly positive impact on both technological development and results transformation of the four sectors, which is significant at the 10% level in biological medicines. Prime operating revenue has a significantly positive impact on results transformation of the four sectors, but there is no significant correlation between technological development and business scale. Based on this study, policy recommendations are proposed for the innovation-driven development of the biomedical industry chain in Zhejiang.

Key words: biomedical industry chain; random effects model; R&D expenditure; technology development; transformation of scientific and technological achievements