

绿色专利产出的耦合模式与驱动机制

殷雪, 梁沁*, 张力舟

国家知识产权局专利局光电技术发明审查部, 北京 100089

摘要 基于系统动力学模型, 以 2015—2021 年为模拟时间段, 基于政府、企业、学研 3 个维度, 探索绿色专利产出耦合模式与驱动机制, 通过历史性检验、灵敏度分析验证模型有效性, 并模拟未来绿色专利产出量变化趋势。结果表明: 政府、企业、学研 3 个维度通过不同驱动路径影响绿色专利产出量, 在所有驱动路径中, 增加政府对学研或对科技创新的投入强度、企业对产学研的投入强度以及金融机构对学研的投入强度能促进未来绿色专利产出量增加。建议在政府、企业与学研的综合作用下, 以绿色低碳产业与“双碳”目标为引导, 以绿色技术创新为发展手段, 将进一步加快“双碳”目标的完成进度。

关键词 绿色专利产出; 驱动机制; 系统动力学

“双碳”目标的不断推进有效降低了气候变化对全球环境与经济发展的不利影响。绿色技术创新作为实现“双碳”目标的有效手段, 能够促使技术创新有利于经济与资源、环境、生态协调发展, 是中国实现低碳经济与环境和谐发展的新路径。“双碳”目标不仅为绿色技术创新与成果转化的快速高质量发展提供了更加完善的平台, 也对中国技术创新能力提出了更高的要求^[2-3]。在应对气候变化和发展低碳经济的双重驱动下, 绿色技术创新成为全球未来发展的着力点, 也成为中国实现经济绿色增长^[4-7]与推动“双碳”目标实现进程的战略支撑^[8-9]。

绿色技术能够为绿色经济发展提供驱动力, 实

现绿色技术升级与创新是中国实现经济与环境和谐发展的必然选择^[6-7, 10-11]。中国“十四五”规划中明确提出, 2020—2025 年全社会研发经费投入增长年均大于 7%, 力争投入强度高于“十三五”时期; 每万人高价值发明专利拥有量要由 6.3 件增至 12 件; 数字经济核心产业增加值占 GDP 比重至 2025 年达到 10%。从建设创新型国家的战略任务下发后, 截至 2021 年, 中国科技进步对经济增长贡献率达到 60%, 每万人高价值发明专利拥有量达 7.5 件^[7], 由此可见中国科技进步已取得显著成效, 但环境保护依然迫在眉睫。面对资源约束趋紧、环境污染严重等问题, 目前只能以生态修复为主要手段, 投入经

收稿日期: 2023-03-10; 修回日期: 2023-07-27

作者简介: 殷雪, 五级审查员, 研究方向为光纤光缆和照明, 电子信箱: yinxue202303@163.com; 梁沁(通信作者), 二级审查员, 研究方向为光纤光缆和照明, 电子信箱: liangqin@cnipa.gov.cn

引用格式: 殷雪, 梁沁, 张力舟. 绿色专利产出的耦合模式与驱动机制[J]. 科技导报, 2023, 41(21): 134-144; doi: 10.3981/j.issn.1000-7857.2023.21.013

济成本与生态技术实现“绿水青山”的保护。若以绿色技术为引导,以“双碳”目标为约束,以预防代替治理为手段,在技术产生时即以生态文明理念在专利制度^[12]上构筑防线,提前对技术的生态负面影响进行评估,以绿色专利制度^[13]树立正确的价值导向,与环境资源立法^[14]形成互补,激励绿色技术研发,促进绿色技术大范围传播、应用,从源头对环境资源进行高效保护,为节能降耗贡献力量,从而加快“双碳”目标的实现^[12]。

绿色技术是指遵循生态原理和生态经济规律,节约资源和能源,避免、消除或减轻生态环境污染和破坏,生态负效应最小的“无公害化”或“少公害化”的技术、工艺和产品的总称。主要包括:污染控制和预防技术、源头削减技术、可再生能源技术、废物最少化技术、循环再生技术、生态工艺、绿色产品、净化技术等。《与贸易有关的知识产权协议》(Agreement on Trade-Related Aspects of Intellectual Property Rights, TRIPS)指出对非环保技术不授予专利权的指导方针。本研究中,绿色专利可视为上述绿色技术符合专利授权条件而获得的专利。绿色技术创新是反映国家、地区和领域技术发展和创新能力最直接的因素,专利技术是一种具有可靠性、可统计性和准确率高的技术文献。作为科技创新的载体,专利分析能够反映一个地区或行业技术发展的创新能力和竞争能力,是解决技术问题的重要参考依据。然而,绿色技术范围较广,大多数研究从外部制度(即环境政策^[14],包括政府行政管制和市场型环境规制)、微观企业自身(即管理者环境关注度和以绿色环境为约束的企业行为)^[15]和内外环境的共同作用(包括中介及金融机构的环保意识和对绿色技术的研发投入程度)^[3,16]以及金融视角(促进社会资金及各类资本等要素更多地流向环境友好型、气候友好型的国际市场 and 国内市场,通过提升区域环境质量和规避环境风险,促进人与自然和谐共生)^[17]进行探讨,且绿色技术目前没有权威的衡量方法。因此,基于绿色专利与绿色技术二者之间的联系,选取绿色专利产出量来量化描述绿色技术,将绿色专利产出量作为绿色技术发展水平的最终解释变量。专利是支撑技术创新的保障,专

利的产出依赖于相关科研机构、企业、高校等主体,而政府通过出台相关政策鼓励创新主体开展技术创新、为创新活动提供保障。因此,科研机构、企业、高校和政府共同作为促进专利产出的主要因素参与专利的研发、生产、推广和应用。本研究采用系统动力学方法,将学研(高校与科研机构的专利产出具有相似性,因此将二者合并为一个角色)、企业、政府作为耦合系统的一级子系统,各参与方在耦合系统中相互影响,综合作用,共同促进绿色专利产出。以北京市为例,以2015年为基准年,2022—2030年为预测时间段,基于系统视角,探索绿色专利产出耦合模式与驱动机制,为全面构建基于专利的绿色低碳创新评价体系,加强绿色低碳专利保护,助力“双碳”目标实现提供科学依据。

1 研究区概况

北京作为中国的科技创新中心,高校、科研机构、高科技企业高度聚集,汇集了大量的高端人才,拥有优质的科技创新资源^[18]。截至2021年,北京市专利授权量达到19.88万件,其中,发明专利7.92万件,实用新型专利9.61万件,每万人发明专利拥有量185件,绿色发明占地区年度申请发明专利总数的14.22%,在中国各地级市绿色专利申请量数据中,以13133件绿色专利申请量位列第1。因此,选取北京市作为研究案例,探究北京市绿色专利产出驱动机制。

2 方法

2.1 系统动力学理论基础

系统动力学(system dynamics, SD)^[19]可以很好地反馈系统内部要素的相互作用,借助计算机建模,完成一系列非线性复杂系统问题的研究。了解动态系统行为之间的密切关系和内部机制,通过建立一个数学模型以及在操作过程中获得逐渐变化的因果关系的形式称为系统动力学的结构。信息反馈环(information feedback loops, IFL)是系统动力学建模的关键组成部分,该循环由当前情况、目

标和由当前情况(存量)和目标之间的差距引起的调节工作(速率变量)组成。除了目标追求中的消极循环外,还有一个自我强化的积极反馈循环,即因果相互强化。

SD模型在Vensim软件中建立并运行,建模的基本步骤如下:(1)确定研究问题、收集研究问题相关的数据资料、分析影响因素和确定系统边界。(2)根据研究内容选取变量、梳理变量之间的因果关系,确定系统回路。(3)建立模型。将变量之间的逻辑关系定量化,确定变量方程、常数值参数、存量、流量与辅助变量。(4)模型检验。进行直观检验,对模型的合理性、是否符合客观事实的检验;通过检验单位一致性和结构合理性对模型结构和变量单位进行检验;通过历史数据模拟对模型进行历史性检验;通过灵敏度分析对模型是否稳定进行检验。(5)模型仿真,调节自定义的参数,观察模型变动。使用数据分析工具(图形和图表)更详细地检查模型的行为特征。(6)模型预测。

本文研究的是绿色专利产出(专指当年申请的绿色发明专利数量)的驱动机制,故着重分析各类行为主体在模型中所起作用,根据对先前研究的总结以及对绿色专利产出路径的探索^[1-4,13,18,20],可以得出,企业、学研以及政府在其中起主要作用。因此,该耦合模型主要包括3个子系统,分别是:企业行为子系统、学研行为子系统以及政府行为子系统。其中企业行为子系统是指系统运行过程中,企业既是专利产出的供给

者,也是专利产出的需求者。当企业更加积极地参与创新投入,企业内专利产出的效率就会增强,这不仅可以促进企业收益的增加,也能引起专利产出的良性循环;学研行为子系统指高校和科研机构作为创新主体,在系统运行中对专利产出的创造和运用。学研行为子系统的专利产出不仅可以帮助企业突破技术难点、增强了产学研合作意愿,也会通过企业促进经济产出从而提高企业对学研的科研经费投入比例;政府行为子系统指政府作为政策制定者,在政策影响绿色专利产出的系统中进行调控,以宣传引导作为软约束,以政策制定作为硬约束。专利产出的增加可以带给政府更多的财政收入,使政府经济效益提升,市场需求也会增加,政府行为引导力度也会提高,政府的服务、基础设施的增加以及良好的市场导向都在系统内不同程度地提供支撑,从而加速实现专利产出^[18,20]。在耦合模型中,绿色发明专利产出量指绿色专利作为最终产出变量,各种政策、资源配置、资金流动以及产学研联系程度在耦合系统中起着重要作用,各子系统的产出效果综合起来共同影响耦合系统内专利产出,绿色专利产出系统的演化是一个连续驱动且不断反馈的过程。

2.2 模型建立

将变量之间的逻辑关系定量化,确定变量方程、常数值参数、存量、流量与辅助变量,建立的影响绿色专利产出的SD耦合模型(图1),所涉及的核心变量与方程如表1所示。

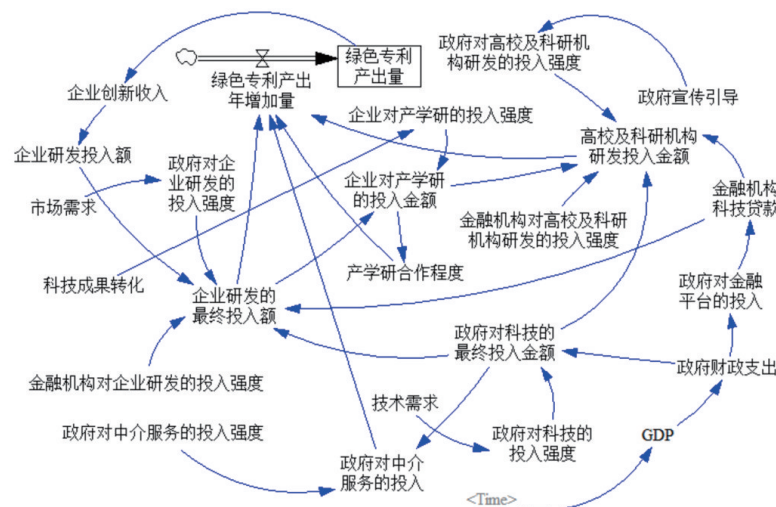


图1 耦合系统的SD模型

表1 系统动力学模型核心变量及方程

变量	核心方程 ^[18,20-21]
绿色专利产出量/个	INTEG(绿色专利产出年增加量,13657)
绿色专利产出年增加量/个	0.61567×企业研发的最终投入额+1.12962×高校及科研机构研发投入金额+1.518×政府对中介服务的投入+1.7×产学研合作程度
企业创新收入/亿元	0.010832×绿色专利产出量+6003.25
企业研发投入额/亿元	0.0589686×企业创新收入+8.44257
企业研发的最终投入额/亿元	企业研发投入额+政府对科技的最终投入金额×政府对企业研发的投入强度+金融机构对企业研发的投入强度×金融机构科技贷款
政府对中介服务的投入/亿元	政府对科技的最终投入金额×政府对中介服务的投入强度
政府对科技的最终投入金额/亿元	政府对科技的投入强度×政府财政支出
政府对金融平台的投入/亿元	0.08434×政府财政支出+1.13951
金融机构科技贷款/亿元	0.582895×政府对金融平台的投入+15.3746
高校及科研机构研发投入金额/亿元	企业对产学研的投入金额+政府对科技的最终投入金额×政府对高校及科研机构研发的投入强度+金融机构科技贷款×金融机构对高校及科研机构研发的投入强度
企业对产学研的投入金额/亿元	企业研发的最终投入额×企业对产学研的投入强度
产学研合作程度/%	6.22085×企业对产学研的投入金额-78.6253 WITH LOOKUP(Time, ((0,0)-(3000,70000)),(2015,24779.1),(2016,27041.2),(2017,29883),(2018,33106),(2019,35445.1),(2020,35943.3),(2021,40269.6),(2025,49171.7),(2030,60335.9)))
GDP/亿元	

2.3 模型检验

2.3.1 直观检验

直观检验,本研究进行了单位一致性、结构合理性检验,在构建模型的过程中,参阅了大量文献资料,力求模型结构与实际系统的结构相一致。保证水平变量、速率变量及辅助变量设置符合变化规律,系统边界设置真实有效。在进行模型仿真过程中,通过反复校正,使得单位与结构保持良好的 consistency。

2.3.2 历史性检验

历史性检验,检验系统行为与历史数据的拟合度。以2015年为基准年,根据公式(1)和(2),利用

2015—2020年的数据拟合各变量方程,通过对比历史数据与模拟结果的相对误差验证模型的模拟误差,进一步利用模型预测2021年的数据,比较2021年的预测值与真实值,验证模型预测误差。

$$\delta = \frac{\varepsilon}{R} \times 100\% \tag{1}$$

$$\varepsilon = R - M \tag{2}$$

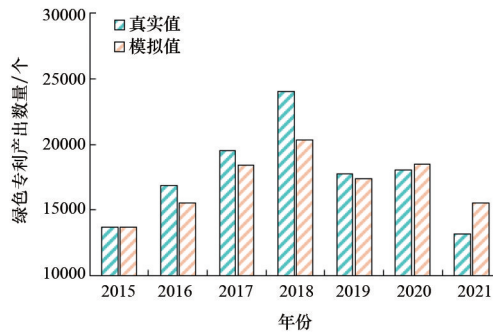
式中, δ 为相对误差, ε 为绝对误差, M 为模拟值, R 为真实值。

此次历史性检验,计算了输入变量政府财政支出和产出变量绿色专利产出数量的模拟误差和预测误差,结果如表2所示,并利用柱状图展示了真

表2 历史性检验的相对误差计算结果

年份	绿色专利产出数量			政府财政支出		
	真实值/个	模拟值/个	相对误差/%	真实值/亿元	模拟值/亿元	相对误差/%
2015	13657	13657	0.00	5737.70	5327.51	7.15
2016	16844	15511	-7.91	6406.77	5813.86	9.25
2017	19545	18411	-5.80	6824.53	6424.85	5.86
2018	24051	20367	-15.32	7471.43	7117.79	4.73
2019	17771	17387	-2.16	7408.19	7620.70	-2.87
2020	18056	18455	2.21	7116.18	7727.81	-8.59
2021	13133	15533	18.27	7205.12	8657.96	-20.16

实值与模拟值的拟合程度(图2)。由计算结果可知,除2018年和2021年的相对误差较高外,其他数



值均小于10%,证明模型精度较高,可用于未来绿色专利产出数量模拟。

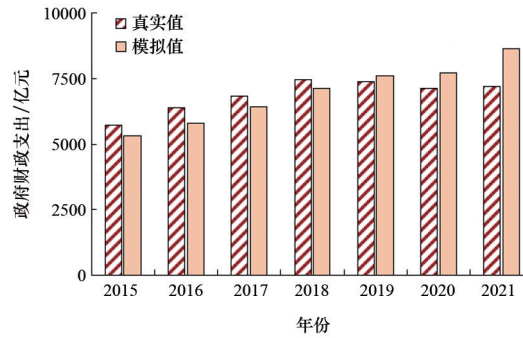


图2 真实值与模拟值的拟合程度

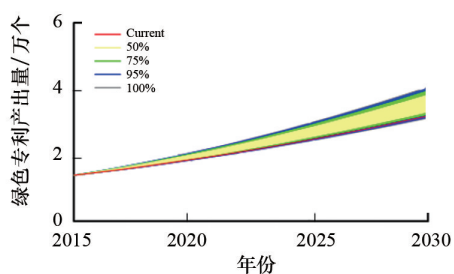
2.3.3 极端性检验

极端性检验是在考虑极端情况下,数据的发展状况是否符合预期的发展规律。通过耦合系统模型图可以看出,GDP通过影响政府财政收入,进而影响企业研发的最终投入额、政府对中介服务的投入、高校及科研机构研发投入金额和产学研合作程度,最终影响绿色专利申请年增加量,此时,假设将GDP的数值设置为0,则绿色专利的年增加量为0,绿色专利申请量也为0,由此结果分析可知,模型符合现实发展规律。

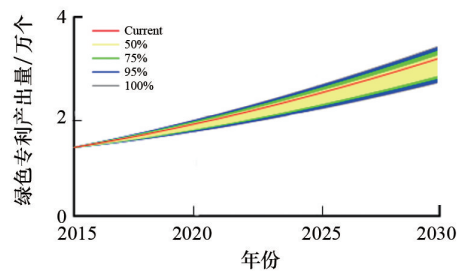
2.3.4 灵敏度分析

研究模型行为对参数值在合理范围内变化的灵敏度,观察模型行为是否因某些参数的微小变动而改变,是检验模型稳定性的关键。在本研究中,

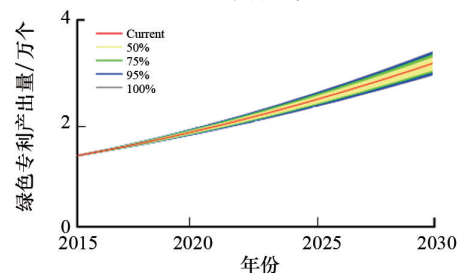
采用蒙特卡洛随机均匀分布对主要常数值参数(每次仅调节1个参数值)进行灵敏度分析。其中,噪声种子用来指定随机数长序列的开始取值位置,设置不同的噪声种子,为避免每次仿真采用相同的仿真数据,通常取1234。此次灵敏度检验,我们选取了市场需求、科技成果转化、政府宣传引导和技术需求4个常数值变量,分别对4个常数值变量设置了50%、75%、95%和100%的变化范围,观察这4个常数值变量对绿色专利产出量的影响程度(图3)。总体来说,各变量均对目标观测值产生不同程度的影响,但变化幅度较小,说明数值灵敏程度较低,表明本研究建立的SD模型符合一个复杂耦合系统应具备的稳定性。



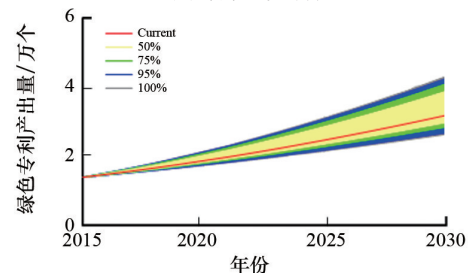
(a) 市场需求



(b) 科技成果转化



(c) 政府宣传引导



(d) 技术需求

图3 常数值变量的灵敏度响应

3 分析

3.1 政府对绿色专利产出的驱动路径分析

在耦合系统图1中,政府对绿色专利产出的作用途径具体通过企业、学研、中介及科技创新4条路径,这4条路径分别如下。

1) 政府对企业研发的投入强度→企业研发的最终投入额→绿色专利产出年增加量→绿色专利产出量。

2) 政府对高校及科研机构研发的投入强度→高校及科研机构研发投入金额→绿色专利产出年增加量→绿色专利产出量。

3) 政府对中介服务的投入强度→政府对中介服务的投入→绿色专利产出年增加量→绿色专利产出量。

4) 政府对科技的投入强度→政府对科技的最终投入金额→企业研发的最终投入额(高校及科研机构研发投入金额)→绿色专利产出年增加量→绿色专利产出量。

第(1)条、第(2)条和第(3)条路径是政府对企业、学研和中介的直接投入,其驱动源头在于市场需求和政府宣传引导等,第(4)条是政府对企业 and 学研的间接投入,其驱动源头在于技术需求。由于驱动源头不同产生了4条影响路径。因此首先通过改变政府对4条路径的投入强度来观察绿色专利产出量的变化幅度。在保持其他变量及变量函数关系不变的情况下,做出以下假设:政府对企业的投入强度增加15%,则政府对学研、中介和科技

创新的投入强度分别减少5%;政府对学研的投入强度增加15%,则政府对企业、中介和科技创新的投入强度分别减少5%;政府对中介的投入强度增加15%,则政府对企业、学研和科技创新的投入强度分别减少5%;政府对科技创新的投入强度增加15%,则政府对企业、学研和中介的投入强度分别减少5%。按照以上假设将耦合模型分别进行2022—2030年未来变化量仿真模拟,结果如图4所示;并分别计算了4种假设下绿色专利产出量的变化率,结果如表3所示。

由图4可以看出,政府对科技创新的投入增加时,绿色专利产出量变化幅度最大,政府对学研的投入强度增加时,绿色专利产出变化幅度最小。比较4个路径的投入强度可以发现,政府加大对企业和中介的投入强度得到负反馈效应,绿色专利产出量变化率均为负(表3),而政府加大对学研和科技创新的投入强度得到正反馈效应,绿色专利产出量变化率均为正。

由以上假设可知,当政府加大对企业的投入强度,表明政府将更多的资金投入企业,那么学研、中介和科技创新得到的资金会相应的减少,而学研和科技创新在专利的研发、生产、推广和应用过程中,主要作用于研发阶段,资金的减少会直接影响绿色成果的来源,导致绿色专利产出量减少。政府加大对学研的投入强度,即政府将更多的资金投入高校和科研机构,北京市高校及科研机构不仅拥有优质的科技创新资源,且科技人才聚集,这将极大促进高校及科研机构的成果产出,并且随着时间

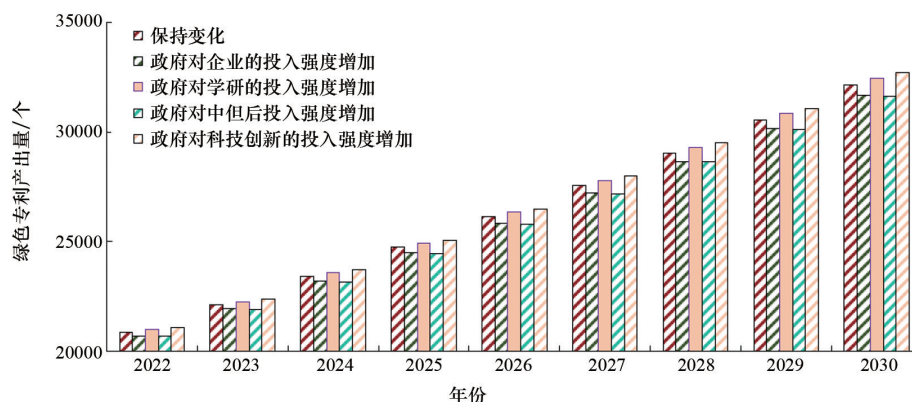


图4 改变政府投入强度预测2022—2030年绿色专利产出变化趋势

表3 改变政府投入强度时2022—2030年绿色专利产出变化率

年份	政府对企业的投入	政府对学研的投入	政府对中介的投入	政府对科技创新的
	强度增加/%	强度增加/%	强度增加/%	投入强度增加/%
2022	-0.79	0.56	-0.86	0.99
2023	-0.89	0.62	-0.97	1.11
2024	-0.98	0.69	-1.06	1.22
2025	-1.07	0.75	-1.16	1.33
2026	-1.15	0.81	-1.25	1.43
2027	-1.22	0.86	-1.33	1.53
2028	-1.30	0.91	-1.41	1.62
2029	-1.37	0.96	-1.49	1.71
2030	-1.43	1.01	-1.56	1.79

推移和资金的不断注入,这种正向促进效果越发明显,至2030年,绿色专利产出的正向变化率约为2022年的2倍。政府加大对中介的投入强度,绿色专利产出量减少,变化率为负,这主要取决于中介本身的属性。中介在北京市及其相邻区域的合作创新中发挥着重要作用,加强科技中介建设不仅能够搭建良好的技术转移转化平台,充分承接转移到本地的科技成果,而且能发挥北京市技术、人才等科技创新资源的引领作用,促进北京带动周边区域的技术转化、转移与协同创新,但若将投入高校及科研机构的资金减少反而投入到中介服务中,势必会影响科技成果的直接源头,这种压缩源头而扩大传播途径的方式会阻碍最终科技成果的产出量。因此,在4条作用途径中,政府选择对科技创新的投入强度增加15%,同时对企业、学研和中介的投入强度分别减少5%,能够实现1.79%的绿色专利增长率,自2022—2030年不断提高创新能力和创新成果产出。

3.2 企业对绿色专利产出的驱动路径分析

产学研融合能够使企业、高校及科研机构实现资源互补、科研成果的高效转化。其对绿色专利产出的影响途径表现为:企业对产学研的投入强度→企业对产学研的投入金额→产学研合作程度→绿色专利产出年增加量→绿色专利产出量。因此在保持其他变量及变量函数关系不变的情况下,做出以下假设:企业对产学研的投入强度分别增加15%、减少15%,将耦合模型进行2022—2030年绿色专利产出变化量仿真模拟,结果如图5所示,

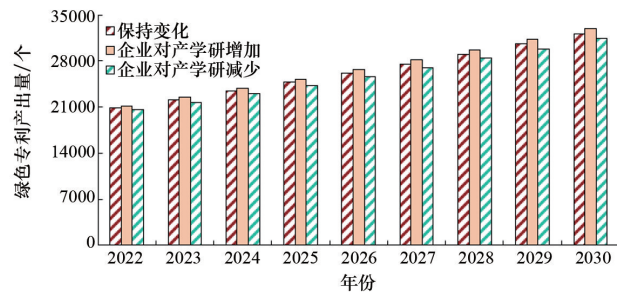


图5 改变企业对产学研的投入强度预测
2022—2030年绿色专利产出变化趋势

计算假设下绿色专利产出量的变化率,结果如表4所示。

由图5可以看出,企业对产学研的投入强度对绿色专利产出量的影响是一条正反馈路径。企业对产学研的投入强度增加时,绿色专利产出量呈正向增长趋势,且增加量逐年增大,绿色专利产出量变化率均为正(表4);企业对产学研的投入强度减少时,绿色专利产出量均减少,且减少量逐年增大,

表4 改变企业对产学研的投入强度时2022—2030年
绿色专利产出变化率

年份	企业对产学研的 投入强度增加/%	企业对产学研的 投入强度减少/%
2022	1.57	-1.57
2023	1.71	-1.71
2024	1.83	-1.83
2025	1.94	-1.93
2026	2.03	-2.03
2027	2.12	-2.12
2028	2.19	-2.19
2029	2.26	-2.26
2030	2.32	-2.32

绿色专利产出量变化率均为负。

由以上假设可知,当企业增加对产学研的投入强度,产学研合作将获得更多的资金支持,从而促进产学研的合作程度,带来绿色专利产出量的增加,而产出量的增加将为企业带来更多的收益,协同推进企业对科技人才的培养,而绿色技术与科技人才的产出会提升企业在领域内的影响力,进一步促进企业合作、提高经济产出,当企业获得收益,就会增大对产学研的投入强度,不断为绿色专利产出带来正向的良性循环。企业作为产学研合作的主导方,对产学研的投入强度将极大影响绿色创新成果产出量,且这种影响效果随时间推移越发显著,相比2022年,2030年将增加0.75%的绿色专利产出量。

3.3 金融机构对绿色专利产出的驱动路径分析

除以上影响路径外,金融机构对企业研发、高校及科研机构研发的投入强度也会影响绿色专利产出量的变化。其影响路径表现为:金融机构对企业研发的投入强度→企业研究的最终投入额→绿色专利产出年增加量→绿色专利产出量;金融机构对高校及科研机构研发的投入强度→高校及科研机构研发投入金额→绿色专利产出年增加量→绿色专利产出量。因此在保持其他变量及变量函数关系不变的情况下,做出以下假设:金融机构对企业研发的投入强度分别增加15%、减少15%,金融机构对高校及科研机构研发的投入强度则相应减少15%、增加15%,将耦合模型进行2022—2030年绿色专利产出变化量仿真模拟,结果如图6所示,计算假设下绿色专利产出量的变化率,结果如表5所示。

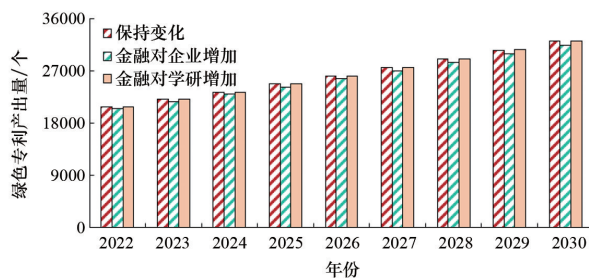


图6 改变金融机构对企业研发的投入强度预测
2022—2030年绿色专利产出变化趋势

由图6可以看出,金融机构对企业研发的投入强度增加时,绿色专利产出量均减少,且减少量逐年增加,绿色专利产出量变化率均为负(表5);金融机构对学研的投入强度增加时,绿色专利产出量先减少后增加,且增加量逐年增大,绿色专利产出量变化率先负后正,这种现象是由于成果产出相对于资金投入在时间尺度上具有滞后性,故在短时间内,加大对学研的资金投入不会立刻改变专利产出量。通过对比表5的计算结果,企业相较于学研对金融机构的资金投入将更加敏感,故变化率更大。由模拟未来变化趋势可知,金融机构加大对企业研发的投入强度,高校及科研机构得到的资金支持就会相应减少,而企业与学研相比,学研更擅长专利研发与技术创新,故金融机构应该更注重对学研的投资。

表5 改变金融机构对企业研发的投入强度时
2022—2030年绿色专利产出变化率

年份	金融机构对企业研发的投入强度增加/%	金融机构对学研的投入强度增加/%
2022	-1.50	-0.12
2023	-1.63	-0.08
2024	-1.74	-0.04
2025	-1.84	0.01
2026	-1.93	0.06
2027	-2.01	0.11
2028	-2.08	0.17
2029	-2.14	0.22
2030	-2.19	0.28

4 讨论

“双碳”目标既是一个环保战略,更是一个经济战略,是未来中国经济竞争力的重要基础。环境对一个行业的发展至关重要,良好的产业环境对绿色经济发展有很大的促进作用。因此,政府应扩大环境型政策的制定范围,同时提高环境型政策的针对性,充分调动社会各要素明确自身职责,通过宣传引导、科技服务等政策措施促进产学研结合,鼓励高校、科研机构投身于绿色创新技术的研究,从而推动行业绿色发展和“双碳”目标的实现。政府应

推动环境型政策成为企业、学研绿色专利产出的保障力和支撑力,从而促进绿色技术革新以及绿色技术的发展和运用。企业行为子系统在专利产出中要发挥企业的自觉能动性,遵循市场规律,了解市场需求,才能加快专利产出^[4,13]。

耦合系统能够更加全面地体现政府、企业和学研对绿色专利产出量的影响程度和在模拟时间段内的变化趋势。政府、企业、学研作为耦合模型中3大子系统,同时扮演着专利产出的研发者、运营者和受益者。政府、企业和学研既能作为单独的子系统对绿色技术创新和专利产出做出贡献,又能够相互协调、相互促进使专利量得到三者叠加效应的提升。总体来看,单独调整耦合系统中的某一投入强度,与未调整前相比,未来专利产出量或增或减,但均呈增长趋势。说明在政府、企业与学研的综合作用下,未来的技术创新将朝着绿色、可持续方向发展。政府、企业和学研对专利产出的影响效果不同。政府通过企业、学研、科技中介和科技创新4条路径影响未来专利产出量的变化趋势。其中,改变对学研及科技创新的投入强度会对专利产出产生积极影响。企业通过影响产学研合作程度对专利产出起到正反馈作用。学研主要作为资金受益方与专利研发直接来源参与耦合系统的运行。

环境效益被认为是绿色创新区别于一般创新的一个重要特征,除了创新活动本身所带来的溢出效应(如技术溢出和知识外部性),还包括外部环境成本带来的外部性,即绿色创新的结果具有双重外部性。也就是说,基于环境-经济-社会绩效的原则,绿色创新的结果不仅对企业绩效产生正面影响,而且会减少对环境带来的负面作用,即减少负外部性,并且给社会带来正向影响,使他人和社会受益(正外部性)等。通过分析企业行为子系统、学研行为子系统以及政府行为子系统三者间的驱动过程,可以看出,学研作为创新主体主要负责专利的研发和创造,在科研经费的支持下,人才驱动对于创新领域能够有效降低资源投入并减少环境破坏,提高人才培养与促进人才转化是学研及科技创新对专利产出产生积极影响的根本原因。

绿色专利制度的完善是促进绿色专利产出的

重要保障^[22]。绿色专利制度引导技术发展符合可持续发展战略及“双碳”战略的要求,满足生态环境保护的需要。因此,应遵循绿色原则,以资源节约、环境友好为宗旨,通过立法保障绿色专利产出自研发到应用的顺利实施,以具体法律规则为绿色技术创新提供制度依据和价值导向^[6,12,23]。

本研究在模型建立以及结果检验的过程中,总结了相关研究成果。雷歆^[20]等研究了装配式建筑对于专利产出的影响,认为环境型政策对于专利产出具有明显的促进作用;隋依庭^[18]等通过系统动力学方法,将企业、政府及学研作为区域协同创新发展的主要参与方,认为绿色创新技术对于环境保护与生态文明建设具有十分重要的作用。这些结论与本研究结果呈一致性。本研究着重探索绿色专利产出的驱动机制,在建立耦合模型的过程中仅将专利产出作为输出变量,在之后的研究中,希望将专利授权量与专利应用范围同时作为输出变量纳入耦合模型中,来探索绿色专利从研发、产出到推广、应用整个生命周期对生态环境保护与“双碳”目标实现的推动作用。

5 结论

采用系统动力学方法,通过建立耦合模型,将绿色专利产出量作为最终输出变量,研究其不同影响路径下,改变投入强度,未来产出量变化趋势。从系统耦合的角度探索企业、学研及政府对绿色专利产出影响因素和影响路径。以2015—2021年的历史数据进行单位一致性、结构合理性、极端性检验和灵敏度分析,验证模型有效性,并以2022—2030年为预测时间段,进行耦合系统的数据模拟与影响路径分析,得到以下3点结论。

1) 在耦合系统中,政府对绿色专利产出的作用途径具体通过企业、学研、中介及科技创新4条路径。政府对科技创新的投入增加时,绿色专利产出量变化幅度最大,政府对学研的投入强度增加时,绿色专利产出变化幅度最小。比较4个路径的投入强度可以发现,政府加大对企业和中介的投入强度得到负反馈效应,绿色专利产出量变化率均为

负,而政府加大对学研和科技创新的投入强度得到正反馈效应,绿色专利产出量变化率均为正。

2) 企业对产学研的投入强度对绿色专利产出量的影响是一条正反馈路径。企业对产学研的投入强度增加时,绿色专利产出量呈正向增长趋势,且增加量逐年增大,绿色专利产出量变化率均为正;企业对产学研的投入强度减少时,绿色专利产出量均减少,且减少量逐年增大,绿色专利产出量变化率均为负。

3) 金融机构对企业研发的投入强度增加时,绿色专利产出量均减少,且减少量逐年增加,绿色专利产出量变化率均为负;金融机构对学研的投入强度增加时,由于成果产出相对于资金投入在时间尺度上具有滞后性,故绿色专利产出量先减少后增加,且增加量逐年增大,绿色专利产出量变化率先负后正。

参考文献(References)

- [1] 赵炎, 齐念念, 孟庆时. 技术整合能力、绿色专利质量与企业持续性创新[J]. 科技进步与对策, 2023, 40(8): 11-21.
- [2] Li Z, Liu Z. Does environmental regulation affect urban green technology innovation in China? Evidence from the low-carbon city pilot policy[J/OL]. *Frontiers in Energy Research*, 2023, doi: 10.3389/FENRG.2023.1068563.
- [3] Nabila A, Salman S M, Song H M, et al. A step towards environmental mitigation: Do green technological innovation and institutional quality make a difference[J/OL]. *Technological Forecasting & Social Change*, 2023, doi: 10.1016/J.TECHFORE.2023.122413.
- [4] 郭秋秋, 马晓钰. 市场激励型环境规制对企业绿色创新的影响研究——基于上市公司绿色专利视角[J]. *技术经济与管理研究*, 2022(9): 44-50.
- [5] 周衍平, 尹意, 陈会英. 外商直接投资对绿色专利产出的影响——基于中国省际面板数据的实证分析[J]. *科学与管理*, 2022, 42(1): 34-42.
- [6] 肖秀. 绿色专利的权利限制研究[D]. 成都: 四川师范大学, 2021.
- [7] 胡逸群. 区域异质性视角下公众参与、环境规制对工业绿色专利产出的影响研究[D]. 徐州: 中国矿业大学, 2020.
- [8] 任亚运, 余坚, 刘俊霞. “双碳”目标下绿色金融的碳减排效应及作用机制检验[J]. *财会月刊*, 2023, 44(1): 147-153.
- [9] 吴朝霞, 潘小丹. “双碳”目标下我国制造业绿色技术创新升级路径研究[J]. *湖南财政经济学院学报*, 2022, 38(5): 5-13.
- [10] 安晓慧, 许轶. 绿色专利技术创新趋势[J]. *世界科技研究与发展*, 2020, 42(3): 358.
- [11] 张久森, 苍正伟, 张雅媛, 等. 区域绿色技术创新驱动因素分析——基于我国省级绿色专利数据的证据[J]. *长江技术经济*, 2021, 5(4): 50-56.
- [12] 吴鸣宣. 我国绿色专利制度发展的困境与完善研究[D]. 兰州: 兰州大学, 2020.
- [13] 席诚浩, 严鹏飞. 我国绿色专利制度路径探析[J]. *科技创业月刊*, 2022, 35(10): 153-155.
- [14] Liu J J, Zhao M, Zhang C, et al. Analysis of the influence of heterogeneous environmental regulation on green technology innovation[J/OL]. *Sustainability*, 2023, 15(4), doi: 10.3390/SU15043649.
- [15] Li Z H, Huang Z M, Su Y Y. New media environment, environmental regulation and corporate green technology innovation: Evidence from China[J/OL]. *Energy Economics*, 2023, doi: 10.1016/J.ENERCO.2023.106545.
- [16] Liu X, Liu F Z, Ren X Y. Firms' digitalization in manufacturing and the structure and direction of green innovation[J/OL]. *Journal of Environmental Management*, 2023, doi: 10.1016/J.JENVMAN.2023.117525.
- [17] Sui B, Yao L Y. The impact of digital transformation on corporate financialization: The mediating effect of green technology innovation[J/OL]. *Innovation and Green Development*, 2023, 2(1), doi: 10.1016/J.IGD.2022.100032.
- [18] 隋依庭. 基于系统动力学的京津冀三地协同创新发展研究[D]. 秦皇岛: 燕山大学, 2022.
- [19] Yin Y T, Lin G, Jiang D, et al. Multi-Scenario simulation of a water-energy coupling system based on system dynamics: A case study of Ningbo City[J/OL]. *Energies*, 2021, 14(18), doi: 10.3390/EN14185854.
- [20] 雷歆. 基于系统动力学的装配式建筑政策对专利产出的影响研究[D]. 西安: 西安建筑科技大学, 2022.
- [21] 北京市统计局. 北京统计年鉴[EB/OL]. (2022-12-12) [2023-02-01]. <https://nj.tjj.beijing.gov.cn/nj/main/2022-tjn/zk/indexch.htm>.

- [22] 王曼曼, 连帅, 李海燕, 等. 中国双向 FDI、知识产权保护与绿色专利产出——基于省际面板数据的实证分析[J]. 系统管理学报, 2020, 29(6): 1136-1149.
- [23] 武力超, 游子逸. 新发展理念下绿色专利优先审查制度的国际比较和政策效果分析[J]. 工信财经科技, 2022(6): 13-27.

On the coupling model and driving mechanism of green patent output

YIN Xue, LIANG Qin*, ZHANG Lizhou

Department of Examination of Photoelectric Inventions, Patent Office, China National Intellectual Property Administration, Beijing 100089, China

Abstract Innovation, promotion and application of green and low-carbon technology is an important measure to implement the "double carbon" goal, and it is also an important driving force to promote the green and low-carbon transformation of industry and achieve high-quality economic development. Using the system dynamics model, this paper takes 2015—2021 as the simulation period, explores the coupling model and driving mechanism of green patent output based on the three dimensions of government, enterprise, and university and research, verifies the validity of the model through historical test and sensitivity analysis, and simulates the change trend of green patent output in the future. The results show as follows. The three subsystems of government, enterprise, and university and research affect the output of green patents through different driving paths. Among all the driving paths, increasing the intensity of government's investment in university and research or scientific and technological innovation, enterprises' investment in industry, university and research, and financial institutions' investment in university and research can promote the increase of green patent output in the future. Therefore, this paper suggests that under the comprehensive action of the government, enterprises, and university and research, and guided by the green low-carbon industry and the "dual carbon" goal, taking green technology innovation as the means of development will further accelerate the completion of the "dual carbon" goal.

Keywords green patent output; driving mechanism; system dynamics ●



(责任编辑 傅雪)