

中国生态环境科技创新体系建设研究

么新¹, 熊天煜¹, 郭文婷¹, 陈思¹, 刘毅^{1,2*}

(1. 清华苏州环境创新研究院, 江苏苏州215163; 2. 清华大学环境学院, 北京100084)

【摘要】 分析国内外生态环境科技创新的发展现状, 相比较国外以市场机制为导向、以企业为创新主体、政府通过政策和管辖支撑创新的体系特征, 我国已形成四大类环境类科创载体, 但尚未形成成熟有效的技术成果产业化机制以及市场与政策协同促进科技创新的发展模式。本文根据生态环境科技创新的强政策驱动性、技术验证放大周期长以及集成性强的特点, 重点通过环境技术研发、技术成果转化、技术放大与赋能、产业拓展与推广四个方面阐述了生态环境科技创新体系建设的主要环节: 环境技术的研发由以科研机构为主的传统自发性研发、企业迭代性研发和联合应用型研发组成; 技术成果的转化经历挖掘发现、技术识别与判断、知识产权评估评价后进入已成立的企业或新设公司, 在这一过程中, 成果转化专业队伍起着至关重要的作用; 技术放大与赋能旨在为有创新技术的企业提供科技创新政策、二次研发中试验证、首台套工程案例、投融资等资源的对接, 以协助初创企业成长; 产业的拓展与推广则通过为解决环境问题形成集成方案、孵化平台为企业背书和产业政策匹配等方式助力企业长期发展。最后从加强专业化创新平台、技术评估体系、成果转化人才培养体系建设以及疏通投融资渠道等方面对中国未来生态环境科技创新发展提出相关建议。

【关键词】 生态环境科技创新; 成果转化; 产业发展; 体系研究

【中图分类号】 F124.3; X324

【文献标识码】 A

【文章编号】 1674-6252(2020)06-0013-08

【DOI】 10.16868/j.cnki.1674-6252.2020.06.013

引言

科技创新是指原创性科学研究和技术创新, 通过创造和应用新知识、新技术、新工艺、新的生产方式和经营管理模式, 改进或者开发新的产品, 提高产品质量、提升服务等。科技创新涉及政府、企业、科研机构、国际组织、社会公众、创新载体等多个主体, 包含人才、资金、知识产权、政策制度、创新氛围等多个要素, 产生于创新主体、创新要素交互的复杂作用, 是体系间相互渗透的持续过程。

习近平总书记在2020年9月的科学家座谈会上提出我国科技创新发展的“四个面向”与“两个导向”, 要整合优化科技资源配置, 加强创新人才的教育培养, 推动重要领域关键核心技术攻关。《国家创新驱动发展战略纲要》《关于深化科技体制改革加快国家创新体系建设的意见》等文件通过政策支持助力科技创新, 推动科技成果的转移转化。生态环境保护与生态文明建设是建设美丽中国、实现中华民族伟大复兴发展的保障。解决复杂的环境问题、防治环境污染、

防范环境风险等都需要新的理论、方法、技术作为指导和支撑来应对生态环境形势的变化。这些都离不开科技的创新与进步, 以及创新管理体制机制的协调。

1 生态环境科技创新的发展现状

1.1 国外生态环境科技创新发展现状

生态环境保护与污染防治是全世界共同的责任, 各国特别是发达国家纷纷出台政策、投入巨额资金, 以技术创新为主线, 加快技术研发和科研成果的实际应用, 提高先进技术装备的应用普及率, 抢占经济科技竞争制高点^[1-3]。全球环保产业市场规模已从1992年的2500亿美元增至2019年的11682亿美元, 年均增长率5.9%, 超过全球的经济增长率(2019年3.1%), 美国、日本和欧盟的环保产业成为全球环保市场的主要力量^[4,5]。

美国的生态环境科技创新始终以市场机制为导向, 以企业为创新主体, 以环境效益与产业发展、国民经济效益为目的。政府制定政策和专项计划, 而技

作者简介: 么新(1978—), 男, 高级工程师, 清华苏州环境创新研究院副院长, 研究方向为国家生态文明、绿色环保领域的法律政策、产业发展和政府投资管理, E-mail: yaoxin@sina.com。

*** 责任作者:** 刘毅(1975—), 男, 博士, 清华大学环境学院教授、博士生导师、院长、清华苏州环境创新研究院院长, 研究方向为环境系统分析理论与方法及其在城市、产业、流域等复杂系统变化模拟与评估中的应用, 开展战略环境评价、环境系统规划、环境管理与政策等领域的应用实践, E-mail: yi.liu@tsinghua.edu.cn。

术、成果的产业化过程已交由企业竞争与市场的优胜劣汰^[6]。例如20世纪70年代美国加大了页岩气的学术与产业研究以应对石油危机,到20世纪90年代末水平钻井和水平压裂及多种技术的推广应用导致了页岩气革命的到来,改变了美国甚至世界的能源格局^[7]。

日本政府建设了以企业为产品化研发主体的科技创新体系,企业在技术研发的投入约占总研发经费的80%^[8],通过政策与机制加速,保障技术的转移与成果的转化。此外,除了环保企业,与生产生活息息相关的日本企业都将维护生态平衡作为一项基本准则。例如丰田公司早在2003年就制定了《丰田再生利用规划》,全面推动各种再生利用的技术,2007年丰田对报废汽车的再生利用率已达90%以上^[9]。

1.2 国内生态环境科技创新发展现状

中国的生态环境保护与污染防治从末端治理进入攻坚阶段,环境治理需求量依旧巨大,然而现阶段的生态环境科技水平与治理需求之间存在较大的差距:虽然中国的环保产业经历了30余年的发展已具有一定的产业规模,但受资金、人才、市场等因素的限制,大部分核心技术难以突破,材料、工艺、装备水平等核心技术仍无法满足市场的需求,有效的技术成果产业化机制以及市场政策协同促进科技创新的发展模式均尚未形成。

近年来国家生态环境保护重点科研任务的承担主体逐渐由科研机构(高校、科研院所)向企业倾斜,随着“产学研企政”结合模式的提出,国家积极营造适于高科技产业化和科技创新的政策环境,同时国内的科技创新载体也在不断提升服务能力,探索形成完整的科技创新链条^[10]。

目前国内的环境类科技创新载体分为几大类:

(1) 传统研发机构。传统研发机构包括国内各大高校、中国科学院(以下简称中科院)体系的科研院所等,这类机构更侧重基础技术的研发,在产业端的助力较少,大部分技术通过横向课题的形式实现输出,整体研发实力较强,但对于技术的产业发展和迭代衍生介入较少^[11]。如中科院体系在全国有100多家科研院所,其中的生态环境研究中心是我国第一个全国性生态环境领域综合性研究机构,其搭建了3个国家重点实验室,重点研究持久性有毒污染物环境过程与控制、环境污染健康风险等领域,也转化了大量应用型创新技术。

(2) 大型企业研究院。大型环保企业以及国企、央企,依托自身在原有领域的产业资源,为环境技术

的创新提供应用场景,为优化自身产业绿色发展提供技术积累。如三峡集团投身到环保产业后,与清华大学、中科院等单位共建环保研究院,开展基础性、应用性、前瞻性的技术研究,为集团内部的产研协同搭建平台体系,促进科技创新。

(3) 新型研发机构。新型研发机构有校地合作、校企合作、企地合作等模式,是国家提倡的产学研合作新模式。其中与省级、市级政府或企业共建的科技创新机构,依托于学校的科研资源,以二次研发与产业化为主,提升高校的科技成果转化,推动产业的发展。长三角、珠三角等地区在90年代初期效仿此种创新模式开始建立新型研发机构,目前这些机构正逐渐走向专业化、综合性,成为集科技攻关、成果转移、企业孵化、人才培养、技术咨询等为一体的平台载体。如清华大学与苏州市政府联合共建的清华苏州环境创新研究院,是为整合环保产业资源,连接优秀技术成果与市场需求,通过企业合作、产业集成助力企业科技水平提升,协助初创与中小企业发展的新型环保专业化科创平台。

(4) 众创空间和孵化器。由联合办公空间发展起来的众创空间和孵化器也在逐步向专业化发展,环保类科创服务平台如蝌蚪生态空间、绿天使集团等,逐渐从单一小型的场所供给方转型为集众创空间—孵化器—加速器—产业园为一体的全生命周期专业化科创服务机构^[12]。

虽然政府鼓励环保产业的发展和技术创新,但是从目前取得的成果来看,生态环境科技创新仍处于发展初期,真正对产业形成支撑引领作用的关键成果较少^[13,14],生态环境科技创新的实际成果与规划的目标仍存在差距,大部分科创载体仅仅处在招商引企等基础服务阶段,缺乏后期对于入驻企业的培育与赋能。

2 生态环境科技创新发展的特征分析

2.1 强政策驱动行业

在完全市场经济下,从追求经济利益最大化的角度出发,市场参与者从事污染治理、环境保护的意愿并不强烈,因此,环保行业被普遍认为具有一定的公益性质,需要政府的有力引导。环保行业是强政策驱动的行业,政策红利是环保行业最大最直接的红利。生态环境科技创新植根于环保行业这片土壤,也因此带有强烈的政策驱动属性。《清洁空气研究计划》为《大气污染防治行动计划》(以下简称“大气十条”)

提供有力的科技指引；水体污染控制与治理科技重大专项（以下简称“水专项”）在“十三五”决胜阶段，要形成一批整装成套技术、综合解决方案和治理模式，全方位支撑地方“水十条”目标的实现；2019年7月1日起，《上海市生活垃圾管理条例》全面施行，引发全民对垃圾分类的关注与讨论，同年11月的中国国际进口博览会上，可以看见包括思爱普（SAP）这类老牌软件巨头也推出了垃圾分类相关产品。可以说，时下政策制定的趋势和要求，在很大程度上引导着产业要素集聚的方向。生态环境科技创新可以超前，但不应偏离政策发展的轨道或滞后于政策更新的步伐。

2.2 技术推广需要中长周期的验证和放大

我国环境保护事业的发展尚处在以环境治理为主的阶段。党的十九大报告明确指出，污染防治是决胜全面建成小康社会的三大攻坚战之一。环境治理效果的好坏一定程度上也受到当地自然经济等条件的影响。现阶段的环保产品具有种类繁多、关联性不强、地域色彩较浓、非标和定制多的特点，这就要求生态环境科技创新应充分考虑技术研发成功后的可用性和适用范围。这需要一定的时间和空间，通过机制的设立予以判断和验证。只有经过验证的创新技术才有后续成果转化和产业发展的价值。虽然主要考虑实际的环境治理效果，但实际应用中还需要综合考虑安全性、成本、经济效益等其他因素，因此，生态环境科技创新不可避免要经历从小试、中试到工业试验再到工业化装置的放大过程。验证和放大是生态环境科技创新体系不可或缺的组成部分，是保证创新价值的重要环节。

2.3 环境技术具有多维技术集成特点

环境技术是各个底层学科技术在解决环境问题的过程中通过交叉整合、系统集成而形成的技术，它的创新可以总结为“一个基础、两个集成”（图1）。“一个基础”是指包括生物、化学、材料、机械、大数据甚至人工智能等各个领域的基础学科技术，例如，18世纪中叶生物法首次应用在污水处理领域，奠定了污水处理行业百年来的发展基础。“两个集成”中的第一个集成是集成多个底层学科技术，以解决单一环境问题，这类集成主要通过企业自主研发或联合高校共同研发而形成；第二个集成是集成多个单一环境技术，形成一个整体解决方案以解决区域复杂环境问题，这个集成通常由一些大型企业或研究院来完成。

以区域水环境问题为例，其涉及的单一环境技术包括自来水管网的净化、污水处理厂的优化运行与节能降耗、城市给水排水管网的智能调度、水质监测与预警分析系统、突发性水污染事件应急等。而每个技术又涉及了许多基础学科底层技术，如污水处理厂的优化运行与节能降耗就涉及活性污泥、膜材料、自动化控制技术。

3 生态环境科技创新体系的主要环节

3.1 环境技术研发

（1）传统自发型研发。传统自发型研发往往源自科研机构，多数具有一定的超前性，初期并没有可见的市场空间，需要等到相关环境标准提高或有新兴污染物控制要求出现时，才适合进行转化。

（2）企业迭代性研发。企业迭代性研发具有明确

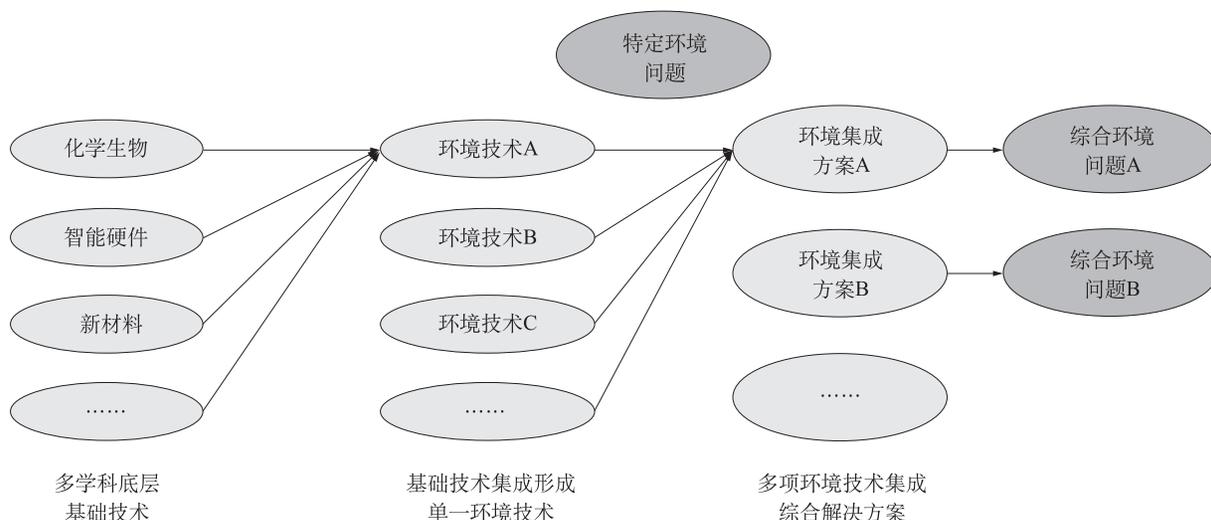


图1 环境技术的“一个基础”与“两个集成”

市场导向,通常由企业牵头,明确相关需求,通过与科研院所或高校签订横向课题合同的方式进行针对性研发。

(3) 联合应用型研发。联合应用型研发具有一定的综合性和集成性,需要对政策的导向、市场的需求、技术的积累和发展方向都有较为全面的理解,甚至需要突破环境学科本身,延伸至生物、化学和材料等学科。这类研发多半由技术及产业整合能力都比较强的新型研发机构来牵头。

3.2 技术成果转化

3.2.1 技术发现渠道

科技创新的源头是技术,如何发现合适的技术是生态环境科技创新的基本问题,目前主要有以下四种途径:

(1) 高校技术转移机构。高校环境技术的转化早期主要以企业治理需求为导向,点对点进行技术转化,效率低且不成体系。近年来各高校也在尝试建设产学研用为导向的技术转移机构,打通技术走向市场的最后一公里,一些专业从事环境类技术转化的机构开始出现,使得高校的技术沉淀有了较为明确的出口,也为产业端提供了一个系统性的技术出口。

(2) 创新创业类大赛。创新创业的热潮推动了创新创业大赛的发展,早期的大赛往往会聚集许多不同行业的创业项目同台竞技,环境类项目占比较少且细分领域多,评委往往会因为“看不懂”“看不透”而使得一些优质项目被忽视。近年来,大赛的形式逐渐向专业化发展,环境类专项大赛涌现,如由清华苏州环境创新研究院与中国环境报共同主办的绿色技术创新应用大赛,目前已成功举办三届,荟萃了近百个绿色环境创新技术,根据项目的细分领域邀请专家进行专业化的评审。

(3) 专利分析与识别。借助知识产权信息检索、分析和预警等方法,针对特定环境细分领域的专利申请概况进行分析,了解技术成熟度和迭代升级方向。如智慧芽专利检索平台(Patsnap),现已有1.4亿专利数据,覆盖116个国家地区,可以提供专利趋势分析、技术分析、价值分析等。

(4) 技术转移平台推广。自2013年起,经科技部批准,全国已建设了多个国家技术转移中心,如国家技术转移东部中心是由科技部、上海市人民政府共同推进建设的国家级区域技术转移平台,提供技术交易、产业孵化等服务。同时,环境技术线上交易平台

也不断涌现,如生态环境部主管的国家生态环境科技成果转化综合服务平台,汇聚了生态环境部近十多年组织研发的环境治理技术类和管理类成果4000多项,为各级地方政府、环境技术转化机构提供了技术信息支持。但目前环境技术转移平台还处在发展初期,缺少专业人员对数据进一步加工挖掘,平台未能真正“活”起来。

3.2.2 技术识别与判断

目前对于环境技术的评价多采用专家评审会的方式分析讨论形成相关意见,并未形成真正客观、公正、科学、透明的评价体系。而对于涉及国有资产的专利技术的转化,则需要由第三方评估公司对技术进行估值,根据技术投入的成本或未来可能会产生的市场效益进行评估,这样的评价体系是比较公允且市场化的,但是对于技术本身各类特性未做出评价。2020年4月,生态环境部发函就《关于加强生态环境技术评估工作 增强技术服务能力的实施意见(征求意见稿)》征求意见,尤其是在生态环境科技创新体系中,技术本身的创新性、先进性、成熟性和经济效益等多方面价值评估对于技术应用转化具有很大的指导意义。目前清华苏州环境创新研究院已开发了绿色创新技术智慧评价与匹配系统LUX 1.0,系统以客观的技术评估为核心,以优化的产业布局建议为根本,旨在解决技术落地过程中技术本身价值无法评价的问题,打通创新技术的投融资渠道。

3.2.3 知识产权评估与转化

环境类技术创新具有比较高的门槛,涉及多学科的技术综合利用,对于高校技术成果的依赖会更大。但目前国内高校成果转化体系的建设还在起步阶段,许多高校在这方面投入不够,清华大学的技术转化工作走在前端,已逐步摸索出了相关道路。以清华大学成果转化体系为例,教师在校内形成的知识产权会以授权使用、转让或作价入股的形式进行产业转化。重点分析一下作价入股,知识产权会以一定的估值作价入股进入到外部公司,学校、技术发明人及技术转化参与团队会按照《中华人民共和国促进科技成果转化法》相关要求将股权按比例分配。作价入股解决了核心专利技术权属争议的问题,企业完全地拥有了核心专利技术,同时还以股权的方式联合了技术发明人,这对企业未来的可持续发展和融资都带来了莫大的帮助。

3.2.4 成果转化专业队伍

科技创新成果转化与产业发展是系统性工程,决

定了相关工作人员应具备较强的协调能力和较为全面的知识体系。一个能陪伴环境技术产品从实验室走到市场的技术专家，应至少了解基本的环保知识，甚至对化学、生物、机械、自控、信息化等环境技术交叉学科都有所了解，才能与项目方较为顺畅地进行沟通；应熟悉常见的公司股权架构和治理体系搭建模式；应长期跟踪行业发展动态、时下热点和未来趋势，熟悉环保工程的运作模式，才能就产品定位、商业模式选择等给予具有一定价值的建议；应知悉常规的推广路径和宣传手段，帮助技术成果提高知名度等。

在我国目前几乎很少有专业从事成果转化的队伍，主要原因有以下几点：首先，国内对于成果转化工作的价值认同度还不够。虽然北京市在 2019 年底已经率先开展了关于技术经纪专业职称的评价工作，但无论是在收入水平还是能力认可方面，对于科研人员和市场人员的重视明显强于成果转化人员，这点是阻碍成果转化队伍专业化的最大障碍。其次，国内对于成果转化的相关培训体系还不够健全。高校没有专门讲述成果转化相关内容的课程，市场上主要是通过短期培训来颁发相关证件，很难做到系统、有效。最后，目前的成果转化机构大多数都是职能部门，可办理相关的技术转让手续，完成一些既有的规范性流程，但成果转化尤其是环境技术的成果转化是一个全生命周期的过程，从成果被发现到转化成公司并最终有所发展都需要专业的人员进行跟踪、服务。短期来看，在成果转化的相关体系内想要留住高水平的人才，需要机构具有一定的实力背景，通过品牌效应能够吸引住人才；长期来看，需要提升成果转化人员收入，才能吸引更多有企业或技术经验的人才加入成果转化的队伍，从而带动整个产业的创新发展。

3.3 技术放大与赋能

3.3.1 科技创新政策对接

各地政府对科技型企业的支持策略有不同，但整体上都包括人才项目补贴、企业资质评定、研发投入减免等几大类。获批人才项目的优质企业，会得到政府的经费支持。企业发展过程中，满足相应条件后可以申请高新技术企业等认定，获批后可享受税收的减免，同时各地对于企业研发等费用都会有一定的返补，可以帮助初创企业在技术创新中减轻资金压力。目前市场上虽然有专业从事这方面科技支撑的机构，但水平参差不齐，初创公司在对接这类机构上缺乏经

验，往往花费大量精力却没有得到很好的结果。孵化平台或相关科创服务机构，由于旗下初创公司集聚，可以通过平台整体与科技支撑机构进行合作，并对各机构的合作情况进行考核，结果供初创公司参考，同时转化人员也可以协助初创公司，传授相关经验。

3.3.2 二次应用型研发及中试验证

环境技术是用于解决实际问题的，所以技术的研发落地需要经历从实验室小试、中试到工程验证的过程。最早期的实验室小试主要是对环境目标物质的反应进行分析认定，对相关物料成本进行核算；而中试则是要将小试技术的过程装备化，这就涉及了更多的环节，包括材料选型、泵选型、控制系统搭配等工程型问题；中试装备解决后才能进行设备的放大，直到现场调试完毕后才能完成工程化应用。大多数环境问题的本质是成本问题，即如何在成本可控的范围内把环境问题处理好，所以环境技术的研发需要兼顾成本和技术两端。创业者往往很难通过自身研发掌握核心技术并不断更新迭代，只能更多地依赖于国内的科研院所或重点院校。

目前国内进行环境技术的应用型研发及中试的主体主要可以分为三种：高校、企业研究院、产学研机构。高校在小型研发端有独特的优势，其具有高水平的研究人才和相对完备且先进的仪器设备，但涉及中试放大环节，往往需要研究人员在校外点对点地寻找合适的场地来进行，技术人员的派驻及中试进度的跟踪指导都会产生一定困难。企业端则与高校相反，头部企业会设立各自的技术研究院，并且企业自身一般就能提供技术中试验证的场所，但企业由于成本的考虑，往往在实验室的投入和高端人才的引进上有所欠缺，头部企业可以通过与高校合作来弥补这一问题，但对于初创企业就举步维艰了。近年来产学研机构的诞生很好地弥补了高校与企业在技术创新上的一些问题，如清华苏州环境创新研究院这类环境技术产学研机构，可以同时提供专业的实验室与定制化、场景化的中试基地，依托自身的高校背景能够吸引到高水平的人才从事相关技术创新工作，丰富的专家资源也可以使技术在发展中少走弯路，有效提高了科技创新的效率。

3.3.3 助力企业首台套落地

环境技术企业的首台套工程案例，对于企业的发展是至关重要的，技术采购方通常希望相关技术已经有成功应用甚至已稳定运行多年。有的企业为了首台套工程能够落地，甚至要接受在工程稳定运行达标两

三年后才收款的条件,长期的大额垫资对于绝大多数初创企业都是毁灭性的打击,这也很大程度上导致许多创新技术难以落地。企业的首台套工程落地可以依托行业内的龙头企业,共同承接相关业务,使双方的创新技术、资金、经验优势互补,同时创新孵化机构、行业协会等的共同参与可以让供需的对接更为畅通,为创新技术背书,实现多方共赢。

3.3.4 企业融资与退出

环保行业政策驱动和资金密集型的特征使得环保企业在行业中的影响力及自身的资金实力显得尤为重要,但这却是环保初创企业无法具备的。经过多年的发展,我国的直接融资市场,特别是广义股权融资,已建立起了包括天使投资、风险投资、私募股权投资,再到区域性股权交易市场、新三板、创业板、中小板、主板乃至国际股权市场,这一整套伴随企业整个生命周期的股权融资安排。然而值得注意的是,细分到生态环境科技创新项目的投融资,不少项目会遭遇投资方看不懂、不愿投的情况,其中一个重要原因在于环境项目较强的工程属性,即使是以设备销售为主的企业,因为业务基本以企业端销售(To Business)为主,必须保证安装和售后服务,依然带有较强的工程色彩。所以环保初创企业难以得到投资人的青睐,而这又加大了环保企业在技术研发升级及承接项目垫资中资金匮乏的问题,使得行业整体创新难有突破性进展。如何让投资人看得懂环保项目是解决环境创新创业的一个关键问题,清华苏州环境创新研究院参与组建了中国第一支环境创投领域专项基金,在基金投资评审的前段设立技术评审,一方面可以让基金的投资在技术判断上更可靠,另一方面可以为创新技术提供一定的认定背书。而对于环保类企业投资最终的退出也不仅仅拘泥于上市这一条路,通过被其他企业收购而形成技术融合也不乏是一个好的途径。

3.4 产业拓展与推广

3.4.1 稳定的技术支撑

对于环境技术创新企业,技术的更新迭代贯穿企业发展的始终,技术的不断进步有助于赶超同类竞争对手。技术的持久支撑涉及多个方面,包括技术人才团队的建设、专业导师的指导、同行的交流碰撞,在这几方面新型研发机构具有独特的优势。初创公司的人才队伍建设具有很大难度,依托新型研发机构可以吸引更多人才的关注,再结合股权激励可以很好地解决这一问题;而导师资源是研发机构最大的优势,可

以助力企业的技术长期迭代发展;新型研发机构还能产生初创公司的集聚效应,良好的创新生态可以让众多创业者之间产生“化学反应”,通过互相的交流学习,不断修正技术的发展方向。

3.4.2 技术集成推广

我国目前面临的环境问题大多是区域性的集成问题,如黑臭河道治理就涉及了底泥清淤、河道整治、排污企业监测等多方面的技术;工业园区综合整治的覆盖面更广,涉及工业水处理、工业废气、整体监管、应急、企业环境责任险等多个方面。现阶段的很多环境遗留问题都是具有一定技术难度的,但掌握创新技术的初创公司往往在这些集成性的项目上显得孤立无援,无法为政府或企业提供整包服务,只能承接多次转包的子项目,最后收益甚微。由于孵化行业整体对环保行业的认知不够,目前市场上提供环保类产业推广的平台很少,还处于很初步的阶段,如启迪之星等大型创新创业平台通过自身在各地的资源了解当地的环境需求,进而为旗下的孵化企业提供对接途径,但对于创新技术本身以及多个技术的集成整合还未涉及。清华苏州环境创新研究院,在环境技术集成方面迈出了很大一步,其针对环境领域的热点问题设立了多个研究中心,如环境大数据中心、环境风险与应急中心、工业水中心等,各中心都有各自的专业队伍,通过整合院内孵化企业、合作伙伴的创新技术,联合金融机构共同集成解决区域性的环境热点问题,目前已有多个成功案例。

3.4.3 企业信用度提升

环境技术最终面向的是社会环境问题,技术应用的好坏会直接影响到我们生存环境的好坏。但环境问题复杂多变,技术采购方往往缺乏专业的技术判断能力,所以企业的社会信用度往往是采购方很关注的点。对于多数拥有创新技术的初创企业而言,其社会影响力很小,只能依托创始人或技术发明人的资历来提升企业的信用度。目前,初创企业通过寻找优质的平台进行孵化是提高自身社会信用度的方法,旨在借助优质平台的背书为自身提供保障。这也对生态环境科技创新的孵化平台提出了相关的要求:首先,孵化平台需要有专业的环境技术鉴别能力,对于企业的技术原理、实际应用效果和经营管理能力都做出一定的评估;其次,初创企业与孵化平台是紧密关联的,最好存在股权上的关联。

3.4.4 产业政策评估与匹配

产业政策可以说是环保创新的主要推动力之一。环境创新创业企业需要密切跟踪相关政策的走向，及时对公司的相关技术进行产业转型与升级。但对于一些特定的环境细分领域，如危险废物领域，很多危废的判别标准还不够完善，创新技术往往已经存在，但由于缺乏相关的标准而没法实施。此外，相比于成熟的企业，初创企业对于政府而言信用度不高，这也导致了許多创新活力难以被激发。因此，搭建一个政府与初创企业对接的政策平台很有必要，一方面可以为企业提供更专业的政策评估意见，另一方面平台可以发挥其技术判断与信用度高的优势，作为桥梁使企业能够参与到相关标准、规范的制定中来，这将同时有助于政策的完善和技术的发展。

4 我国生态环境科技创新的未来发展建议

4.1 加强环保专业化创新平台建设

科技创新成果转化与产业发展是一项系统性工程，涉及需求的挖掘、技术的引进、人才的配套、资金的支持、市场的推广等诸多方面。市场中的第三方服务机构往往只聚焦其中的一两个方面，无法给予创新项目全方位、全生命周期的支持，因此需要搭建创新平台，通过平台汇聚各类服务和资源，发挥集群效应。早在2016年，国家发展改革委即提出要建设环保创新平台，但目前国内专业从事环境领域创新活动的平台并不多，环境更多被作为平台多样化业务中的一个可选项。考虑到环保的公益性和生态环境科技创新体系强政策驱动特征，环境创新平台的搭建离不开政府的参与和指导。由政府搭台，高校和研究机构导入技术资源，按照市场化机制进行运营，向第三方平台方向发展，是一条可以尝试的建设路径。

4.2 加强环境技术评估体系的建设

环境技术的技术鉴别是现阶段科技创新里比较缺失的环节，做好这方面的工作，可以让技术采购方能够了解技术，有利于创新技术被采用；可以让投资人能够看懂技术，有利于环境技术的投融资；可以让孵化平台能够深挖技术，有利于为技术提供更合适的产业服务与配套。通过分析环境技术本质的特征，挖掘更多与其相关联的技术，能够使环境技术得到飞速创新发展。国内目前缺乏真正能够对环境技术进行识别、判断的机构，更不用说通过应用需求端深挖技术创新源头促成重大突破。政府应该牵头加强绿色技术

评估体系的建设，设立一批具有技术沉淀的专业化机构对绿色技术进行评估、挖掘，并做好产业端的赛道匹配。

4.3 健全成果转化专业人才的培养体系

目前的创新体系下，存在重市场人才和技术人才、轻成果转化专业人才的现象，成果转化专业人才往往被简单定位为行政办公人员，提供一些流程性服务，科创工作者的积极性与主观能动性受到打击，业务能力较难获得提升，项目方也无法享受到高质量的科创服务。人员专业性不够，各方评价偏低，难以吸引到更高素质的从业者，从而更难提升专业性和认可度，这一怪圈正在逐渐形成。

要打破怪圈，一方面需要让更多人了解到成果转化工作的重要性，另一方面要加强对现有人员和潜在从业者的培养，提高其创造价值的能。2020年，由清华大学五道口金融学院开设的非全日制金融硕士（技术转移）学位项目已经启动了首届招生工作。该项目是国内首个聚焦科创与金融深度融合的硕士学位项目，旨在培养兼具科技创新能力和金融创新能力的复合型高端人才。这样定向服务技术转移的深度培养计划已经较目前的短期培训计划有了很大的提升，但这只是个开端，未来如果能将科技成果转化的课程写入高校课本，让接触科研的一线人员们都认识到成果转化的价值，相信会有更多的人才投入到成果转化的工作中来。

4.4 提高项目投融资渠道的畅通性

环保行业是一个经常需要垫资、杠杆率很高的领域，外部资金能否迅速及时地注入，会成为投标项目能否被拿下和顺利做完的“卡脖子”环节。广义股权融资相对漫长的谈判、尽调流程，与环保行业对资金的高敏感性不完全匹配。生态环境科技创新项目的发展壮大，更依赖政府政策支持和引导下构建多元化的投融资体系。一方面，通过前述平台的对接功能，由高校、研究机构和平台自身储备的专家资源，为现有的投资机构投资环境类项目提供技术判断方面的建议与参考；另一方面，应鼓励针对生态环境科技创新的特点，开发更多专属的金融工具和更快速的融资通道。

参考文献

- [1] 王荣栓. 科技创新过程的哲学思考 [J]. 发展论坛, 2001(9): 68-69.
- [2] 刘高岑. 科技创新的过程论分析 [J]. 科学技术哲学研究, 2011,

- 28(6): 91-95.
- [3] 智研咨询. 2017 年全球环保产业市场规模、产业结构及发展特点分析 [EB/OL]. (2017-09-12)[2020-9-23]. <http://www.chyxx.com/industry/201709/561526.html>.
- [4] 金智创新, 节能环保产业现状 (国内现状及国外现状) [R/OL]. (2018-08-28)[2020-9-23]. <http://www.jzcx.net/article/32.html>.
- [5] 走出去智库. 世界经济观察 | 高盛 2020 年全球经济展望: 全球 GDP 平均增速将提高至 3.4% [R/OL]. (2019-12-20)[2020-9-23]. https://www.sohu.com/a/361361719_610982.
- [6] 常杪, 杨亮, 孟卓琰, 等. 中国环保科技创新的推进机制与模式初探 [J]. 中国发展, 2016, 16(6): 4-10.
- [7] 张西玲. 国内外生态产业园区建设典型案例研究 [J]. 科技创新与生产力, 2011(3): 54-58, 62.
- [8] 田恬. 国外科技创新政策概览 [J]. 科技导报, 2016, 34(4): 111-113.
- [9] 吕美花. 探讨环保科技创新能力的发展 [J]. 环境与发展, 2018, 30(10): 232-233.
- [10] 王承云, 杜德斌. 日本企业的 R&D 模式与科技创新研究 [J]. 中国科技论坛, 2007(9): 131-135.
- [11] 江海, 袁传思. 珠三角高校科技创新机构的发展现状 [J]. 中国高校科技, 2016(12): 15-17.
- [12] 沈鹏, 傅泽强, 高宝. 我国环保产业园区建设模式研究 [J]. 环境保护, 2016, 44(6): 41-43.
- [13] 李栋亮, 陈宇山. 广东新型科研创新机构发展的现状与对策 [J]. 科技管理研究, 2013, 33(3): 99-101, 106.
- 苏亚莉, 帅桥昌. 国外技术创新支撑环境评述 [J]. 价格月刊, 2008(10): 71-75

Research on the Construction of Environmental Science and Technology Innovation System in China

YAO Xin¹, XIONG Tianyu¹, GUO Wenting¹, CHEN Si¹, LIU Yi^{1,2*}

[1. Research Institute for Environmental Innovation (Suzhou) Tsinghua, Suzhou 215163, China; 2. School of Environment, Tsinghua University, Beijing 100084, China]

Abstract: Analysis of current development of environmental science and technology innovation in China and overseas shows that four categories of environmental innovation institutions have formed in China without a mature and effective system motivated by commercialization of research findings and coordination between policy and market, while in foreign countries innovation is guided by the market mechanism, and enterprise usually leads technical innovation, supported by government policy and administration. According to the characteristics of environmental science and technology innovation, which are policy-driven, long period of technical demonstration and identification, and technology integration, the discuss of the environmental science and technology innovation system construction is mainly focused on four aspects: environmental technology research, the transformation of achievements, technical application and acceleration, industry development and promotion. Types of environmental technology research mainly include traditional spontaneous R&D by scientific research institutions, iterative R&D by enterprise, and joint application-oriented R&D. The transformation of achievements involves phases of discovering valued findings, technical identification and assessment, intellectual property evaluation, and property entering the established enterprises or new companies. In this process, a professional team of achievement transformation plays a crucial role. The purpose of technical application and acceleration is to provide companies with scientific and technological innovation policy consultation, secondary research and pilot test verification opportunities, the first set of engineering project, investment and financing support and other resources to assist the growth of start-ups. The expansion and promotion help the long-term development of enterprises through the formation of integrated solutions to environmental problems, endorsement of incubating platforms for enterprises and matching of industrial policies. Finally, suggestions are put forward for the future of environmental science and technology innovation in China, such as strengthening the construction of professional innovation platform, technology evaluation system, training system for transformation team and simplified investment and financing process.

Keywords: environmental science and technology innovation; achievement transformation; industrial development; system research