

中试产业化的理论逻辑、实践困境及优化策略

杜云晗^{1,2} 吴跃³ 刘浩然⁴ 何文军⁵

(1. 西南财经大学人口与发展数据实验室 四川成都 611130; 2. 四川省人力资源和社会保障厅科学研究所 四川成都 610015; 3. 西南财经大学中国西部经济研究院 四川成都 611731; 4. 西华大学管理学院 四川成都 610039; 5. 西华大学现代农业装备研究院 四川成都 610039)

摘要: 加快中试产业化发展, 建设现代化中试产业体系, 有助于加快我国科技成果的形成与转化, 促进创新链与产业链深度融合, 加快实现高水平科技成果产业化发展。我国中试具备产业化的可能性与必要性, 中试产业化的有效运行依赖于规范的内部管理机制、良性的外部协作机制和有效的政府宏观调控机制。目前中试产业化面临的现实困境是创新主体与生产主体信息沟通不畅、存在知识泄露和人才流失风险、创新主体积极性不高、市场定位不清晰、监管制度不完善等问题, 需在中试信息流通、技术服务保护、人才评聘和收益分配机制、专业化市场建设和监管制度改革等方面持续优化完善。

关键词: 中试产业化; 科技成果; 制造业; 现实困境

中图分类号: G311; G301 **文献标志码:** A **文章编号:** 2095-1124(2024)03-0019-12

DOI: 10.12181/jjgl.2024.03.03

引言

创新是引领发展的第一动力, 是经济发展的决定性力量之一, 同时也是经济转型升级的内在要求^[1]。党的二十大报告提出, 要加快实施创新驱动发展战略, 提高科技成果转化和产业化水平。打通创新驱动的“最后一公里”需将创新科技成果变为实实在在的产业活动, 中间试验就是提高科技成果落地转化成功率与速度的关键环节, 是实验室研发成果走向产业化的关键“衔接者”^[2], 是推动创新的潜在产出到实际产出的“惊险一跃”。中国高科技产业化研究会的调查表明, 若经过中试, 科技成果产业化成功率可达 80%, 否则成功率只有 30%^[3]。除促进科技成果成功转化的中试外, 那些证明研究可行性不高的中试也有重要作用, 因为其试验结果避免了后续稀缺资源的浪费^[4]。中试活动通常需要联合工业企业、高校、公共组织和其他科研团体广泛合作^[5-6], 通过合适的方式整合调配人才、装备和设施等资源^[7], 建立中试产业基地是有效缓解企业资金和科研力量薄弱问题, 规避中试风险, 提高科技成果转化的一种有效途径^[8]。然而, 目前我国中试产业发展较为薄弱, 发达国家科技项目的中试率高达 70%, 而我国中试率只有 3% 左右^[9], 中试环节的滞后与缺失已经成为我国科技创新成果转化的主要障碍之一^[10-11]。中试具有高风险、低投资回报率的特点, 且中试对象是高新技术成果, 对场地、技术、设备、人员都有较高要求, 但是相当多的高校、科研院所及中小规模企业或因不存在足够的抗风险能力, 或因难以提供开展中试活动需要的全部资源, 欠缺中试条件、中试能力甚至中试意愿^[12]。推动建

收稿日期: 2024-02-03

基金项目: 成都市哲学社会科学规划专项重点项目“成都市科技创新与科技成果转化同时发力的瓶颈及发展路径(2023A17)”。

作者简介: 杜云晗(1987—), 男, 博士, 助理研究员, 从事人口与产业经济研究; 吴跃(1998—), 女, 硕士研究生, 主要从事人口与产业经济研究。

通信作者简介: 刘浩然(2000—), 男, 硕士研究生, 主要从事工业工程管理研究。

成现代化中试产业及推动中试产业化有助于促进我国科技成果转化,促进创新链与产业链深度融合发展,提升产业链韧性,赋能现代产业体系,实现高水平科技自立自强。

一、中试产业化的理论逻辑

(一) 中试产业的科学内涵

1. 中试概念

中试即中间试验的简称。我国国家科学技术委员会发布的《中国科学技术政策指南》对中间试验有明确的定义:“中试是经初步技术鉴定或实验室阶段研试取得成功的科技成果到生产定型以前的科技活动。”工信部和国家发改委印发的《制造业中试创新发展实施意见》指出,中试是“把处在试制阶段的新产品转化到生产过程的过渡性试验,是科技成果产业化的关键环节,是制造业创新体系的有机组成部分和现代化产业体系的重要支撑。”基于《中国科学技术政策指南》关于中试的定义,有学者提出中试的科技活动主要指为了实现企业技术创新,通过建立生产经营微系统进行的一系列技术试验活动、生产试验活动和市场营销试验活动^[13]。王帅帅^[14]将中间试验定义为“研发成果在实验室研制成功或取得初步技术鉴定后,为完善技术规范、解决工业化生产的关键技术,从而形成更接近于规模化生产的成熟技术产品而进行的放大试制”。林筠等^[15]提出中间试验是以实验室小试研究成果为基础、以大规模产业化生产为目标,对小试成果进行试验放大化生产,为产业化发展提供技术、生产和营销准备的一项风险性实验活动。Porta^[16]将中间试验界定为对将在更大范围内使用的方法和程序进行的小规模测试。Frishammar等^[17]提出中试需要提供更大的、接近全面生产的实验环境,从原型设计开始,在反复实验中进行调整、改进、评估,将新的技术和组织发明推向市场并获得商业认同。一些学者提出进行中间试验的基本目的是对最终用于更大规模研究的方法和程序的可行性进行检验^[18],且这个检验流程对所有类型的研究都适用^[19]。不同学者对中间试验的定义虽然侧重点有差异,但也具有共性:第一,中间试验的对象是经初步技术鉴定或实验室阶段研试取得成功的科研成果,是生产中试产品的核心投入要素;第二,中间试验是初步产品投入大规模生产前的试验环节,中间试验不进行规模化生产;第三,中间试验的实质是一种科技活动,是一系列技术试验,目的在于验证、补充初步科研成果相关数据,确定、完善有关技术规范(即产品标准和产品工艺规程),以及解决科研成果工业化、商品化规模生产的关键技术问题;第四,中间试验的产出是中间试验或试生产阶段产出的产品;第五,中间试验的目的是检验研究的可行性,将实验室成果推广到工业生产中。

2. 中试产业概念及发展的基础条件

中试经历了长期发展,取得了丰富的研究成果,然而中试产业化研究成果较少,仍有大量空白有待填补。产业是具有某种同类属性的、相互作用的经济活动组成的集合或系统^[20]。目前学术界对中试产业还没有形成统一的定义。中试产业化的实现主要体现在两个方面:有大量的中试企业,有大量广泛应用于生产性企业的中试产品^[8]。中试产业化的目的在于建设开展中间性试验的专业试验基地,从根本上解决各主体在角色定位与协调配合中产生的争议^[21],通过必要的资金、装备与技术支持对科技成果进行成熟化处理和工业化检验^[22]。据此,本文将中试产业定义为集聚大量中试企业、建成大量专业试验基地、生产大量中试产品,整合配置资源,进行放大试制试验,实现技术、产品成熟化和工业化的,独立于科研与生产之外的产业部门。中试要实现产业化,需要具备以下条件:

第一,中试与上下游的界限明确。长期以来,人们没有从产业化的高度去认识中试的重要性,在科研—中试—生产这一科技成果转化链条中,中试常被看作是依附于科研或生产的一个步骤,因此要充分发挥中试在科研与生产之间的桥梁作用,推动中试产业化发展,必须首先明确中试的定位,确定中试与上下游的界限。根

据科研、中试和生产的不同组织形式,中试可以采取以下四种模式:一是科研、中试、生产同属一个公司(或企业);二是科研独立,中试和生产在同一个公司(或企业);三是科研、中试在同一个公司(或企业),与生产分离;四是科研、中试、生产相互独立,中试既不归属于科研机构,又不归属于生产企业,而是由专门的实体完成^[23]。第一种和第二种模式的中试风险完全由生产企业独立承担,需要企业具有雄厚的实力,第三种模式的中试风险由科研机构承担,生产企业直接受益,然而,现实中鲜有企业或者科研机构愿意独立开展中试并承担全部风险,因此这三种模式都不是中试产业发展的理想道路。第四种模式的中试费用与风险由专门的中试单位承担,虽然在整个流程中中试单位与科研机构、生产企业有交易,但中试单位是完全独立的。将第四种模式作为中试产业化发展的基本模式,让中试单位成为一个完全独立的部门开展经济和技术活动,自主经营、自负盈亏、自我发展^[24],有助于将中试发展为一个独立的科技产业。

第二,有明确的目标市场。选定目标市场,明确产品服务对象是产业营销活动的重要决策,是构建完整的产业链的关键一环。已有研究发现,一些科研院所转制为科技型企业后,其科研成果产业化受阻的一个重要原因就是目标市场评估与选择不到位^[25]。科研成果具有物质性商品的特性,推进科研成果转化,必须建立要素健全的市场体系和交易机制^[26]。要实现中试产业化就意味着中试要有完善的科技成果转化目标市场评估与选择机制,有明确的目标市场,并能够实时进行动态调整,具备完整、畅通的产业链。

第三,具有一定的规模。产业集群的竞争优势来源于集群所拥有的资源禀赋、资源整合能力以及集群内部的协同效应,在一定的极限约束内,集群的集聚效应随着成员企业数量增加而增加^[27]。此外,产业集群还可以通过促进内部竞争、加强信息互通、优化制度体系等方式为成员企业创造良性竞争、信息丰富、制度完善的成长环境,发挥规模优势与技术创新优势,提高企业全要素生产率^[28]。综上,在产业集群成员企业数量的极限约束内中试产业拥有尽可能多的成员企业,形成一定的产业规模,有利于中试产业化的推进。

(二) 中试产业化的必要性与可行性

1. 必要性

第一,中试产业化有助于推动科研机构开展中试。高校与科研院所自身经济、生产条件有限,缺乏足够的中试手段,风险抵御能力、中试能力较弱,缺乏专业的转化机构及人才^[11],因此,仅靠高校和科研机构自身的力量完成科研成果转化的可行性较低^[29]。中试产业搭建科研机构与企业共享的信息平台、配套完整的试验平台,建立相应的激励机制,可以增强科研项目与市场需求的适配度,提高研究人员转化成果的积极性。

第二,中试产业化有助于推动企业开展中试。越来越多的研究认为,打造产业集群有助于小企业克服增长限制,增强企业市场竞争力,但这并不是自然形成的结果^[30]。推进中试产业化有利于打造出一个可以将企业聚集起来,助力企业成长的集群组织。国内很多企业、研究院尚未成为技术研发的主体,研发人员相对匮乏,研发力量不强,工程化能力有所欠缺^[31],同时企业与科研院所都存在抗风险能力弱的问题,中试产业化则可以为企业提供配套服务完整的中试平台,在产业内部整合各企业引入的资源,降低单个企业的沉没成本和风险,帮助企业避免在成本高昂的研究过程中出现致命缺陷,从而实现中试的经济效益与社会效益。

第三,中试产业化有助于推动上下游合作。中试产业为上游科研单位如高等院校、科研院所等和下游生产企业提供了综合性中试平台,推进中试产业化更有利于中试中介作用的充分发挥,通过建立更加完备的信息共享系统,优化管理机制、利益分配机制,加强各主体间的沟通与信任,更好地推动上下游中试主体的交流与合作^[32]。因此,需加快中试产业化进程,推动中试从“两头不愿干、两头干不好”的局面转变为“两头积极干、两头都改善”的局面。

2. 可行性

第一,市场有需求。由于中试具有复杂性、高风险性等特征,大部分科研机构与企业没有意愿或能力开

展中试,中试环节成为技术转化的“达尔文死海”。跨越这片“死海”需要深刻认识中试的重要性,将中试扩大发展成独立产业,提供人才、技术、金融、设备、场地等中试配套服务,优化各主体利益分配机制,真正建立起连通科技成果与产品的通道与桥梁,实现中试活动各主体优势互补、风险共担、成果共享、合作共赢。

第二,资源供应到位。实现中试产业化需要具备一些基础条件,包括场地、设施、技术、人员、资金等。在我国工业发展进程中,许多资源型城市的老工业区遗留问题亟待解决^[33],中试产业基地可以以老工业基地为基础进行建设,这样不仅能解决中试产业场地、设施问题,还可以有效促进老工业区“二次振兴”,推动资源型城市转型发展。而且,老工业基地本身有很深厚的技术沉淀,在相关政策与资金的支持下,利用老工业基地打造产业集群,有助于中试产业有效链接高校与科研机构,发挥产业集群效应,吸引行业龙头企业、“专精特新”企业,聚集高精尖人才及高新技术。

第三,中试产业可以实现自主经营。自主经营、自负盈亏、自担风险是独立产业的基本经营原则,盈利能力是支撑产业各部门持续运转的有力保障。中试产业经营决策应以市场为导向,积极开发和推广具有直接经济效益的新技术、新产品,缩短新产品从工业规模试制到商业规模示范的周期,走上自主经营、自负盈亏、自我发展的正常经营轨道^[6]。基于自身功能与特点,中试产业有三条路径实现盈利:一是提供成熟的中试成果;二是提供配套服务,如租赁或出售配套技术、设备,帮助培训人员^[9],提供金融服务等;三是专门培训技术人员,借鉴“迪士尼模式”,将高校师资力量与“迪士尼”培训模式结合起来培养人才,以满足市场需求^[34],在中试产业基地建立专业知识学习与产业基地实践培训相结合的双驱动培训系统。

第四,有政策支撑。中试产业作为技术产业的同时也是社会服务性部门。各地相继出台政策推进中试产业发展,如2016年6月四川省人民政府印发《关于进一步支持科技创新的若干政策》^①,支持基础研究创新平台加快建设、设立省级研发平台,并对获批国家级、省级产业创新中心项目给予不同水平的基金支持;辽宁省出台《辽宁省科技成果转化中试基地项目管理办法(试行)》^②,引导和规范辽宁省科技成果转化中试基地建设发展,以进一步提升中试服务能力,发挥中试的成果转化通道作用。2024年1月16日,工业和信息化部、国家发展改革委印发《制造业中试创新发展实施意见》,提出要围绕政策协同、关键技术攻关、中试示范线和新型中试服务业态等创新发展中试产业。随着各地区促进中试产业发展政策的优化和支持力度的加大,中试实现产业化发展有了更多的保障。

(三) 中试产业运行机理

中试产业化运行机理包括以下几方面,如图1所示。

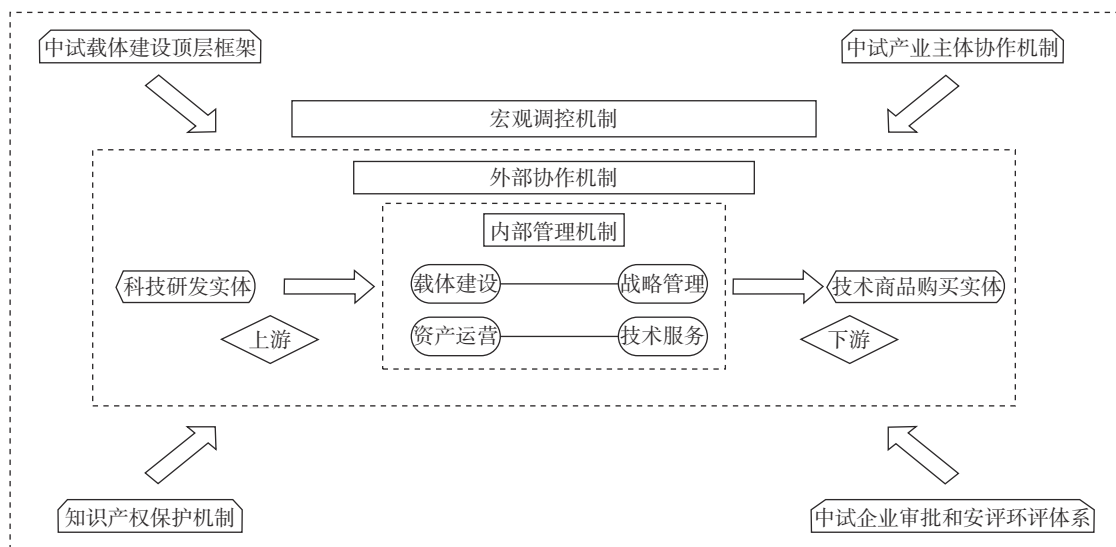


图1 中试产业运行机理

1. 规范的内部管理机制

第一, 规范的载体建设。中试产业化的关键在于中试独立。中试产业化发展过程中应将中试从科研或生产活动中分离出来, 促使中试成为产业链的一个环节, 打造中试产业集群以及培育中试目标市场。中试载体建设需要依托特定的单位, 要有专门的运营空间和完善的制度体系。中试载体建设要以全过程市场化运作为目标导向, 规划决策、生产经营、收益分配、投资基金等均应遵循市场规律, 让市场机制在中试载体建设过程中发挥决定性作用。中试载体建设依托的特定单位负责载体建设和运营, 这个特定单位可以是具备中试资质和能力的独立法人, 也可以是若干存在内在联系, 且通过书面协议确立了牵头单位的单位联合体。中试载体建设的空间规范涉及区位择定、功能架构与外部性管制。为减少物流成本, 提高信息交换效率, 特定生产部门的中试载体通常位于和上游产业布局相契合的地段, 且一般具有完备的中试配套设施, 包括专用厂房、设备以及特殊实验场地等。中试载体还要具有完善的能够对自身外部性影响进行规范管理的制度体系, 以保障其从施工、落成再到运营均符合国家安全和环保等方面的有关规定。第二, 有效的战略管理。中试产业化实现市场拓展与价值链提升的前提是中试企业要在技术交流、并购、吸引投资等方面实施有效的战略管理。其中技术交流包括对国外先进知识与技术的引进、消化吸收与二次创新, 以充分利用经济全球化红利提高中试技术、增加知识积累; 吸引投资包括对国外天使投资与风险投资的吸引, 其目的是获得充足的资金来拓展中试企业的成长空间, 提升企业抗风险能力。第三, 专业化的资产运营。中试企业资产的系统化运营和管理包括以下几方面: 重点投资、研究和开发有广阔应用前景的科研成果, 拓宽产业价值链, 如可以通过购买有潜在市场价值的科研成果来进行转化, 优化企业利润结构; 重视中试技术知识与实践经验等无形资产, 拟定一套有利于培育中试人才和扩大队伍规模的方案。第四, 完善的技术服务与支持。中试产业化要为有中试需求的科研机构、院校、企业等提供可靠的中试服务, 包括中试目标设计、研究框架、环境搭建、生产试验等一系列服务, 承担对需要中试且具有共性的重大工程技术或农科技术的孵化任务。中试产业还要基于自身知识与经验技术积累, 为下游产业提供生产、技术、管理、品控以及培训等服务。

2. 良性的外部协作机制

中试产业化是更高层次的产学研合作。中试产业链条的上游部门为科技成果的供给方, 其向下游部门供给经技术鉴定或实验阶段获得成功的各类科技成果。中试成果市场化本身具有一定的风险, 因此中试企业与前者分享的是成型产品未来预期市场价值的确定部分, 与后者分享的是成型产品未来预期市场价值的非确定部分。中试企业获取上游部门科技成果后, 市场化风险便转移至产业链中游, 其产品价值能否实现取决于市场需求与下游产业链构造变化情况, 即中试产业利润需要通过与上下游部门的“二次交易”来实现。对上游部门而言, 中试产业化带来的规模化、长期化中试产品需求, 能够激励其持续开发科学技术产品。对下游部门而言, 中试产业化能够提供有技术含量的高附加值中试产品以及优于中试初期产品标准和品质的成熟化产品, 是其购买成熟中试产品并进行工业化生产的基本动力。中试产业化需要特定行业领域中试企业与高校、科研院所等上游部门维持良性供求关系, 与有中试服务需求的企业等下游部门建构以市场为导向的风险分担机制, 因此, 构建高校、科研院所和企业共同体有利于加强中试产业与上下游部门的衔接, 降低科技成果转化风险。

3. 有效的政府宏观调控机制

对中试产业化, 政府宏观调控的基本原则应是“顺势而为”, 即不过度干预中试市场运行, 基于中试产业发展的基本规律和显著特点, 打造地方重点产业集群, 依托高精尖特色产业优势构建中试产业链, 建立并完善中试资源和要素市场化配置体制机制, 促进创新链和中试产业链有效衔接与深度融合。一是设计中试载体建设顶层框架。普通中试环节的特点是临时性强、独立性弱, 中试投入的各类资源要素所形成的资产具有较高

的专用性,难以重复利用或缺乏重复利用。相关部门应以建设有效的中试载体为目标,出台相应的配套政策,相应的配套应涵盖项目名称、选址、人才引进、管理运营和实施方案等内容。二是建立中试产业主体协作机制。为避免中试载体出现低效运转甚至“空壳化”现象,相关部门应鼓励、支持和引导科研院所、高等院校以及高新技术企业等中试要素供给方融入载体,可以通过设立分支机构、委派常驻人员等方式形成各供给方常态化协作机制。对入驻载体的上游部门主体,可以根据其技术实力、入驻年限以及服务质量等给予相应的补助,这样可以较好地解决中试要素供给不足等问题,降低中试基础设施与设备成本以及设施设备的专用度,提高资源利用效率。三是建立健全中试知识产权保护机制。中试本身需要以知识和技术信息双向开放为前提,应根据中试产业的本质与特点建立灵活有效的法律和地方法规,充分发挥法治调控能力,确保在初步科研成果熟化到工业化产品生产的过程中各方利益平衡协调,降低知识产权侵害的发生率,维护市场公平与秩序。四是建立精准高效的中试企业审批和环评环评体系。加强中试产业项目审批有利于最大程度地减少中试项目的负外部性,提高中试项目运营的规范性、安全性。同时应提高中试项目审批效率,通过减少不必要的审批环节和流程来降低审批成本,缩短中试产品从孵化到熟化的时间。特别是对化工类中试项目,应建立分类审批渠道,减少审批程序冗余。相较于小试而言,中试对环境安全的直接影响更为明显,且难以用传统的生产项目管理监督办法予以评估,相关部门应通过更完善的中试环评和环评体系来审核中试项目入驻相应载体的资格,在控制项目外部性与风险的前提下筛选出能够进入后续工程化放大环节的中试项目。

二、中试产业化的实践困境

从实践看,中试产业化主要借助中试平台或中试产业基地等载体,瞄准特定行业,围绕行业高精尖技术或有重大经济社会价值的对象开展运营,主要演化路径是通过区域中试产业载体数量增加形成一定的产业规模,进而建构起中试产业化优势。中试产业载体能否有效发挥作用,主要在于其是否具有促进中试产业化的核心功能。英国中试产业发展采用了科学园区模式^[35],在空间上集聚各主体,但由于其研发与生产制造的联系不紧密,抑制了创新。要充分发挥科学园区这类中试载体的作用,必须依靠知识存量丰富的大学,同时还要充分利用其附近的房地产开发项目,这样才能最大限度地促进学术研究人员与工业界专家合作,实现知识的重大转移,比如联合研发计划(阿尔维计划和欧盟 ESRPIT)的成功就是这方面的典型案例。美国纽约大力发展以科技园为载体的中试产业^[36],通过引进各行业研发中心加强大学与企业的合作,并在高新技术商业化过程中孵化出具有较强市场竞争力的先进企业。近年来我国已由相关部门牵头推动企业和高校等主体逐步在新材料、新能源和新装备等方面展开中试产业化合作,以促进更多的具有较高经济效益的环境友好型科研成果实现转化,从而充分释放创新链潜力,但目前中试产业化仍存在以下困难。

(一) 创新主体与生产主体信息沟通不畅

中试产业化需要充分联通上游创新部门与下游产业部门,将创新主体单个的、不成熟的成果转化为一定比例的供放大生产的初级产品,从而满足生产主体的需求,将科研成果在实验室阶段的高风险性与不确定性转化为批量生产阶段的低风险性和可靠性。目前,大量的高校、科研院所、高新技术企业等创新主体与作为生产主体的企业尚未结成稳定的科技成果转化共同体。一方面,生产企业缺乏对不同区域、不同行业的科研系统的了解,不清楚自己所处行业有哪些初具雏形的科技成果或有哪些发展规划,也不了解这些成果具体由哪些机构或团体研发。因为双方信息沟通不畅,作为技术需求方的企业通常选择和技术市场上购买成熟的技术或自行设立研发部门,但这两种途径分别面临高溢价和选择空间窄、投入成本高的问题。另一方面,高校等创新主体对当前市场需求及其发展变化趋势缺乏足够的了解,其所开展的科学研究在从理论到应用的过程中未完全以效益为导向。同时,高校等创新主体主要以完成课题、项目为主要目标,对技术成果未来在产业

化、市场化上的表现不够重视,因而有的课题、项目在研发过程中没有将技术应用与推广的可行性作为研究设计的重要内容。创新主体和生产主体都面临的信息交换不充分问题一方面导致众多的创新主体无法将科技成果的潜在效益全部实现,另一方面又使得生产主体只能选择主要通过购买或自行研发的方式获得新技术。在大量的供需方都不进入中试市场的情况下,中试产业化空间被压缩。

(二) 可能存在技术泄露或人才流失等风险

中试企业除了出于自身战略需求投资购买科研成果外,还存在服务他方的科研成果转化行为,如为拥有初级技术产品的中试服务购买方提供中试放大服务。在中试过程中,中试企业会接触到中试服务购买方的科研资料,并且中试环节主要在中试企业内部完成,中试服务购买方无法完全监控中试企业的实际运作情况。在此情形下,中试企业有产生不合规的复制、仿制或违背服务对象意愿将技术资料存档等行为的机会,中试服务购买方存在技术直接或间接泄露的风险。一旦中试企业违规将技术成果作价转让,就会导致购买中试服务的企业遭受相应的损失。如果没有建立专门的针对中试产业特点的产权保护法规或管理办法,就无法最大程度地给予中试服务购买方充分的权利保障。这类产权风险虽然并不影响中试服务购买方关于中试产品产权的基本结构,即中试服务购买方仍拥有中试产品的狭义所有权、占有权、支配权与使用权,但产权风险可能损害其实施权利可能获得的经济价值,即通过破坏中试产品产权的排他性降低该产品的稀缺性,进而大幅降低其潜在经济价值,同时技术泄露本身也是对狭义所有权的侵害,会弱化中试服务购买方关于中试产品的基本权能。产权风险还体现在中试服务供给方完成中试放大服务后,最终形成的中试成果可能还包含一系列衍生知识或工艺,如果缺乏界定其产权边界的制度工具,从长期来看亦将影响中试服务供求双方的交易预期。产权风险在一定程度上会扭曲中试需求端的需求,使中试市场规模远小于中试潜在市场容量,阻碍中试产业化发展。此外,中试企业自身也面临人才流失的风险,如为了以较低的成本和风险越过中试环节,下游企业有可能仿制中试生产线,对中试企业的研究、管理和服务人员及团队进行招募,从而影响中试企业人才队伍的稳定性。

(三) 创新主体让渡中试产品的积极性不高

高校和科研院所缺乏推动成果转化的动力与创新成果评价和管理体制机制有关。高校或科研院所通常采用学术评价机制,主要对成果发明人在基础研究、应用基础研究或应用研究方面取得的成果进行评估。学术评价机制主要考察研究成果在理论或应用层面的实际贡献,主流学术评价机制较少对研究成果转化情况进行全面考察评估。有的创新发明成果技术成熟度较低,创新发明模拟环境试验与真实环境试验尚有一段距离,无法直接进入技术开发和工程化放大阶段,但是在这种评价机制下,科研人员凭借这些成果能够完成项目,所以缺乏进一步研究和推动成果社会化生产的动力。此外,科研人员知识产权股权量化工作目前仍停留在政策指导层面,缺少相关法律法规的实施细则,科研人员无法对未来收益形成长期和稳定的预期,因此对科研成果产业化的热情并不高。从事科研成果管理工作的人员则由于担心国有资产流失或估价出现问题,对教师和专职科研人员转化职务科技成果持谨慎态度,导致在此过程中可能出现行政审批流程过长、条件过于严格等问题。

(四) 中试产业市场定位不清晰

对特定部门而言,产业化构成要素不外乎包括相对完整的生产链、一定程度的规模化和定位清晰的市场。目前我国中试产业市场定位不清晰,各地中试产业化发展表现为以区域特定行业中试基地或平台为载体,构建行业内各类中试产品生产链。由于地方政策有差异,区域中试载体发展并不平衡,市场定位也不尽相同。大多中试产业市场主要以特定行业中试产品为主要交易内容,如与实验室创新成果有关的概念设计、工业化设备和材料筛选制备、成品性能测试等,包括生产线架设,核心管理、技术或操作人员培养,市场调查、

开拓以及金融服务供给等项目在内的中试市场发育尚不成熟,在一定程度上也抑制了中试产业化赋能上下游产业的能力。当前我国中试产业化依托的载体中有相当一部分为地方政府牵头推进建设的中试基地或平台,属于公益一类事业单位,并且大多数中试载体发展导向是服务地方经济发展。不同区域经济禀赋存在差异,产业发展目标也各不相同,因此中试产业化通常定位为推进当地高新技术产业规模扩大,加快相应技术成果转移,中试市场没有从全域层面如开拓中试产业国外市场、推进中试服务国际化贸易等方面定位中试市场,同时也较少对中试市场作进一步细分,比如根据中试产业发展水平与技术实力为下游部门提供技术人员、成套专业生产设备和生产线以及技术培训等。市场定位不准将阻碍中试市场形成、发育和扩大,中试市场发展迟滞与僵化反过来又会影响中试产业化的进一步发展,影响中试产业的独立性,降低中试产业各企业竞争的充分程度,中试需求的不稳定与不充分还会影响上游科研部门创新积极性,弱化下游生产部门自由选择中试成果进行扩大生产的能力。

(五) 中试项目监管和审批制度尚不完善

中试项目对人居环境带来的影响是客观存在的,因此需要有完善的环评和环评制度对中试予以约束、引导和规范。目前在实践中一些包含共性技术或相近技术的中试项目缺乏正面清单,一些具有关键共性技术或相近核心技术的中试项目均需单独进行评测,导致对同一类型中试项目的行政审批成本较高,延缓了初步科研成果到成熟化中试产品的进程,这不仅会影响中试产业供求双方的积极性和市场稳定性,还会提高中试产业链的制度性成本。同时,中试项目的环评和环评政策供给相对不足,目前中试环评和环评着重于对单个项目进行评测,这种评测方式导致中试产业无法通过集聚资源、要素和项目的方式来降低各类中试项目审批和监管成本,不利于中试产业集聚效应的充分释放。此外,部分行业中试项目的监管和审批还面临审批配套政策有所缺失的问题。如一些中试设备或装置难以套用传统行业的安全监督管理办法,且由于中试产业的机器设备和以获得利润为目标的生产性装置有所不同,难以对其进行全面的经济效益分析,现有的审批和监管办法对这些设备或装置的评测存在边界模糊问题。还有一些中试项目涉及测试周期短、工艺和装置更新快的中试产品,加上中试环节生产的产品本身就不同于正常工业化生产产出的产品,没有与之对应的高效的审批和监管办法成为阻碍其发展的因素之一。

三、中试产业化的优化策略

中试产业化的实现及其水平的提高体现为其经济形态发展演变能够契合现代创新链和产业链建构过程,因此中试产业优化目标主要包括中试主体信息交换体系有效、创新成果产权制度完善、中试供应链稳定可靠、中试市场发育成熟以及中试治理体系健全。

(一) 健全中试信息流通体系,推动多元主体参与中试载体建设

一是着力推动建设专业化中试公共信息服务平台。由于中试产业化发展尚处于初级阶段,创新主体、中试主体和生产主体三者间存在信息交流不顺畅、不充分问题,导致相应的市场机制作用发挥有限,中试要素配置效率和产品市场规模较小。完善中试公共信息服务平台,整合科研成果交易、监管、保护及信息披露等功能模块和打造中试主体信息获取与处理窗口,能够打通导致主体间信息不对称、不充分的痼疾和堵点,发挥综合信息服务平台的交易示范作用和信息发布优势。

二是注重培养中试产业技术经纪人才。中试产业技术经纪人才不仅要具备常规的经纪知识和技能,还需要掌握大量的行业相关理论知识和信息,这样才能更好地推动初步科研成果交易与中试产品交易,提高技术商品流通效率。在推动中试产业化的过程中应鼓励有意愿的技术人员向中试经纪类岗位转型,支持中试企业根据自身需求设立技术经纪部门或岗位,以培养更多的中试经纪人才。

三是鼓励、支持、引导多元主体参与中试载体建设,通过利益联结与整合间接促进各主体间信息交换机制的形成。积极探索在多元主体利益共享、资源共用和风险共担的协作机制基础上共建中试载体,以充分促进主体间的信息互联互通,使创新主体及时了解市场信息并明确研发方向,进而促使中试主体获得更多的中试需求,生产主体凭借中试成果提升竞争优势。在多元主体共建载体的基础上,注重中试载体场所活力与场所精神培育^[37],并通过“中试基金+科研经费”的形式拓宽资金来源,强化资金保障,降低一般性生产企业的科技成果转化风险,培育市场信心,实现全链条联动,中试基金可由政府引导基金和市场化基金共同构成。持续引进、培育各类中试服务机构,加强配套功能区建设,构建“主体—辅体”式多元主体中试载体,促进中试生产与生产类服务的融合,提升中试载体运行有效性。

(二) 加快中试技术服务涉及的相关知识产权的保护立法,强化产业内部人员和技术管理

中试产业涉及的技术性服务与普通技术交易有本质区别,也不同于中试企业因战略性投资进行的科研成果购买,其交易对象主要是经中间试验转化而成的,与特定工艺、产品或服务相关的综合性知识的二次开发测试成果。中试技术服务购买方的技术性材料会暂时提供给中试技术服务提供方,相关的知识产权包括对中试产品所有权、占有权、支配权与使用权等权益需要法律予以保护。在此过程中尤其需要加强对技术服务提供方的监管,防止技术服务提供方利用对科研成果和中试产品的临时占有对成果或产品进行不合理的支配与使用,从而保护所有权人的相关利益。与此同时,要加快完善中试行业从业人员管理办法,通过细化中试行业执业规范,从源头减少下游产业对中试行业个别人员或团队流动性的不当影响,降低“挖人”行为对中试产业和市场的冲击,避免行业内部信息和人才流失。此外,中试企业应充分重视非市场行为对技术材料的不合理获取,保持一定比例的保密技术产品购买预算,加强内部数据保护与网络安全管理,提高对数据安全威胁与风险的防范化解能力,有效保护客户及自身知识产权与技术安全。

(三) 持续完善科研人员评聘和收益分配制度,激发科研人员成果转化积极性

一是把科研人员职业生涯与其科技成果转化的实际状况挂钩。将科技成果中试成效以及科技成果转化后的社会效益纳入科研人员职务评聘评价体系,进一步提升科技成果转化在人才评定与培养中的地位,同时将科技成果转化数量和质量作为科研人员未来申报课题项目的一项考核内容,从而促使科研人员主动将科技成果经济价值整合进研究目标,提升科研人员科技成果转化内生动力。二是健全科研人员绩效评价体系。将科技成果走向中试乃至成批生产的实际效益以及科研人员为中试企业提供部分或主要技术支持等情况纳入科研人员绩效考核,以促使科研人员在研究全过程形成以成果转化为导向的价值取向,提升科研人员寻求专业化中试机构或企业完成科技成果转化任务的积极性。三是优化科技成果转化收益分配结构。基于分配比例应充分反映各方对科技成果转化经济价值贡献的原则,严格划分科研人员与学校或科研机构间的科技成果转化收益分配比例,建立合理的收益分配制度,明晰学校或研究机构与科研人员各自的责任权利。在当前职务科技成果不再纳入国资管理清单的背景下,应深化科技成果转化收益股权量化机制,借助与股权对应的法定权益激励科研人员主动推进科技成果转化相关事宜。

(四) 深入推进中试产业供给侧结构性改革,促进行业细分与中试服务市场发育

中试产业可持续发展需要以推动中试市场规模与产品多样性提升为前提。从中试产业、创新链和产业链整体发展的角度考虑,促进中试产业更好地发展应立足于上游创新部门和下游生产部门的实际需求明确市场定位与调整供给结构。上游部门的需求包括与创新成果有关的中试咨询、科学实验与知识产权保护机制设计等,下游部门的需求包括中试成果交易、综合性中试服务、科技产品市场调查分析、专业化生产人员培训和付费知识交易等。从中试产业内部看,市场发育深化要求产业多元化发展与产业内部分工深化、协调发展,通过集聚专业化企业产生集聚效应,为有中试服务需求的市场主体提供专业化服务。中试产业专业化服

务一般包括以下几方面:一是基础服务市场。其主要为特定行业或某些行业提供基础性中试服务。二是咨询服务市场。其为基础研究成果转化、前沿科技成果信息以及中试成果相关信息服务类产品流通提供场所。三是检测服务市场。中试企业利用自身的知识技术存量和设备、厂房为初步科研成果或基础研究提供测试条件、测试场所或其他直接服务,满足需求方在技术验证、实验设计和工艺创新等方面的要求。四是安全评价和环境影响评价服务市场。主要为有需求的中试企业提供专业的安全评价和环境影响评价服务,降低因行政审批导致的时间成本和市场风险。五是人力资源服务市场。主要提供中试产业人力资源服务,促进人才在产业内部的优化配置。应建立并持续完善中试人才引进和评价制度,建立起一支有意愿、有能力的中试人才队伍,并通过完备的中试服务评价体系与规章制度促进中试产业职业道德规范完善和中试产业从业人员专业水平提升,充分保障中试服务质量。六是融资服务市场。主要为财务状况、生产条件等不能满足经营需要的中试企业提供融资服务,帮助企业维持和扩大中试生产线。

(五)健全审批监督制度,提升中试产业“放管服”实效

针对中试相关装置、场所和试验工艺等进行法定的环境影响和安全生产评估,是政府积极履行公共管理职能的一个体现,加强对中试产业的监管有助于推动中试产业向规范化、安全化方向发展。但目前一些传统化工行业和新材料行业中试项目的申报、备案和审批缺乏具体细致的政策规定,实践中也存在相关部门在此方面职能划分不够清晰等问题,因此,应尽快出台指导性、原则性更强的政策,持续完善中试监管审批管理办法和规定。在拟定地方性行政法规和部门规章等政策文本时,要兼顾个别行业试验、生产和经营的特殊性与强化产业整体审查监督的必要性,着力提升中试产业“放管服”实效。加快中试产业部门分工细化、深化,培育中试专业化服务市场,促进中试环评、安评服务类市场发展壮大,满足不同行业中试企业的实际需求。深化环评、安评“放管服”改革,优化政务服务流程,出台规范的中试载体选址、建设实施细则,优化中试项目环评、安评事项,拓宽环评、安评正面清单,探索同类中试项目集中审批办法,促进评测成本降低。

注释:

①资料来源:四川省人民政府 <https://www.sc.gov.cn/10462/zfwjts/2021/6/22/f0b9b58d6166433a913b12d169a96d24.shtml>。

②资料来源:辽宁省科技厅 <https://kjt.ln.gov.cn/kjt/kjzc/lnkjzc/2023011210501990109/index.shtml>。

参考文献:

- [1] 冯之浚,刘燕华,方新,等.创新是发展的根本动力[J].科研管理,2015,36(11):1-10.
- [2] 林筠,吴婷,张茹鑫,等.中试运行中的知识问题缓解:行动者网络管理的作用[J/OL].科技进步与对策,2023:1-10(2023-09-01).<https://link.cnki.net/urlid/42.1224.G3.20230901.1108.002>.
- [3] 郑琦.基于资源整合的中试公共平台战略[J].科技进步与对策,2008(8):1-6.
- [4] THABANE L, MA J, CHU R, et al. A tutorial on pilot studies: The what, why and how[J]. *BMC Medical Research Methodology*, 2010, 10(1): 1-10.
- [5] HELLSMARK H, FRISHAMMAR J, SÖDERHOLM P, et al. The role of pilot and demonstration plants in technology development and innovation policy[J]. *Research Policy*, 2016, 45(9): 1743-1761.
- [6] 张茹鑫,林筠,李随成,等.中试演进路径与有效运行机理研究[J].科学学研究,2023,41(6):1027-1037.
- [7] 李恒光,唐兴信.高技术产业化中试配套协作工作的探索与思考[J].中国科技论坛,1999(6):45-47.
- [8] 陈兴禹,黄瑛,刘俊友.浅谈技术转移与中试产业化[J].中国高校科技,2014(3):72-73.
- [9] 邱超凡.基于中试资源共享的科技成果转化战略[J].中国发展观察,2015(9):54-55.
- [10] 张高明,张善从.基于全过程的高校科技成果转化能力研究[J].科技管理研究,2020,40(23):92-99.
- [11] 宗倩倩.高校科技成果转化现实障碍及其破解机制[J].科技进步与对策,2023,40(4):106-113.
- [12] NEMET G F, ZIPPERER V, KRAUS M. The valley of death, the technology pork barrel, and public support for large demonstration projects[J]. *Energy Policy*, 2018, 119: 154-167.

- [13] 夏保华, 关士续. 技术创新的中间试验研究[J]. 自然辩证法研究, 1995(7): 63-68.
- [14] 王帅帅. 我国中试基地的发展建言[J]. 科技导报, 2012, 30(15): 11.
- [15] 林筠, 刘冰蕊, 蔡颖, 等. 不同类型知识整合对中试有效性的影响[J]. 科技进步与对策, 2023, 40(24): 124-132.
- [16] PORTA. A dictionary of epidemiology[M]. 5th ed. Oxford: Oxford University Press, 2008.
- [17] FRISHAMMAR J, SÖDERHOLM P, BÄCKSTRÖM K, et al. The role of pilot and demonstration plants in technological development: Synthesis and directions for future research[J]. Technology Analysis & Strategic Management, 2015, 27(1): 1-18.
- [18] TERESI J A, YU X, STEWART A L, et al. Guidelines for designing and evaluating feasibility pilot studies[J]. Medical Care, 2022, 60(1): 95-103.
- [19] LEON A C, DAVIS L L, KRAEMER H C. The role and interpretation of pilot studies in clinical research[J]. Journal of Psychiatric Research, 2011, 45(5): 626-629.
- [20] 于立宏, 孔令丞. 产业经济学[M]. 北京: 北京大学出版社, 2017: 1.
- [21] 李向阳. 关于中试实现产业化的几点思考[J]. 科学管理研究, 1996(5): 51-52.
- [22] 侯小星, 曾乐民, 罗军, 等. 科技成果转化中试基地建设机制、路径及对策研究[J]. 科技管理研究, 2022, 42(21): 112-119.
- [23] 王志康. 试论目前加速发展我国高新技术产业化的关键——加强对中试的投入、组织和管理[J]. 科学学与科学技术管理, 1996(3): 20-23.
- [24] 赵修卫. 中试基地建设与管理中的问题及对策[J]. 科研管理, 1994(2): 17-22.
- [25] 刘书庆, 苏秦, 陈丹丹. 科技成果产业化目标市场评估与选择模型研究[J]. 科技进步与对策, 2012, 29(15): 119-125.
- [26] 陈辉林, 薛红, 翟博文. 高校科研成果转化的市场机制与决定因素[J]. 中国高校科技, 2019(S1): 59-61.
- [27] 李煜华, 胡运权, 孙凯. 产业集群规模与集群效应的关联性分析[J]. 研究与发展管理, 2007(2): 63-70.
- [28] 陈抗, 战绍磊. 规模经济、集聚效应与高新技术产业全要素生产率变化[J]. 现代经济探讨, 2019(12): 85-91.
- [29] 刘临, 王宏伟, 张斌, 等. 基于科技成果转移转化的中试思考和建议[J]. 科技视界, 2021(9): 46-48.
- [30] SCHMITZ H, NADVI K. Clustering and industrialization: Introduction[J]. World Development, 1999, 27(9): 1503-1514.
- [31] 徐中舟. 制约我国科技中试发展的问题研究及建议[J]. 现代经济信息, 2016(2): 64.
- [32] LOWE N K. What is a pilot study?[J]. Journal of Obstetric, Gynecologic & Neonatal Nursing, 2019, 48(2): 117-118.
- [33] 刘昱晓. 资源型城市老工业区改造思想及技术探析[J]. 大众标准化, 2021(12): 166-168.
- [34] 张映, 何赛男, 唐淑芬. 迪士尼进驻上海对旅游人才培养模式的影响分析[J]. 经济师, 2010(9): 207-209.
- [35] MASSEY W D. Academic-industry links and innovation: Questioning the science park model[J]. Technovation, 1992, 12(3): 161-175.
- [36] AL-MUBARAKI H M, MUHAMMAD A H, BUSLER M. Categories of incubator success: A case study of three New York incubator programmes[J]. World Journal of Science, Technology and Sustainable Development, 2015, 12(1): 2-12.
- [37] 侯寰宇, 刘吉臣, 田磊, 等. 基于活力营造的创新型生物医药产业园设计策略研究——以北京亦庄细胞治疗研发中试基地项目为例[J]. 工业建筑, 2022, 52(7): 199-203.

Theoretical Logic, Practical Difficulty and Optimizing Strategy in the Industrialization of Pilot-Scale Production

Du Yunhan^{1,2} Wu Yue³ Liu Haoran⁴ He Wenjun⁵

(1. Sichuan Provincial Data Laboratory of Population and Development, Southwestern University of Finance and Economics, Chengdu, Sichuan 611130, China; 2. Scientific Research Institute, Department of Human Resources and Social Security of Sichuan Province, Chengdu, Sichuan 610015, China; 3. Institute of Western China Economic Research, Southwestern University of Finance and Economics, Chengdu, Sichuan 611731, China; 4. School of Management, Xihua University, Chengdu, Sichuan 610039, China; 5. Institute of Modern Agricultural Equipment, Xihua University, Chengdu, Sichuan 610039, China)

Abstract: Accelerating the development of pilot-scale industrialization and constructing a modern pilot-scale industrial system are crucial for speeding up the transformation and application of China's scientific and technological achievements. This will foster a deeper integration between the innovation and industrial chains, propelling the industrialization of high-level scientific and technological achievements. Pilot-scale production in China holds both the potential and necessity for industrialization. Its effective operation hinges on robust internal management mechanisms, effective external collaboration, and efficient government macro-control measures. Currently, the industrialization of pilot-scale production in China faces several challenges, including inadequate communication between innovators and producers, risks of intellectual property breaches and talent attrition, low motivation among innovators, vague market positioning, and an incomplete regulatory framework. To address these issues, it is essential to continuously refine and enhance mechanisms for information flow, technical service protection, talent evaluation and recruitment, profit distribution, market specialization, and regulatory reforms.

Keywords: industrialization of pilot-scale production; scientific and technological achievements; manufacturing; practical difficulties

[编校: 杨瑜]