



开放科学
(资源服务)
标识码
(OSID)

未来技术产业化成熟度研究 ——以氢能和超材料为例

熊书玲 崔丹 席雪萍

中国科学技术信息研究所 北京 100038

摘要: [目的/意义] 未来产业是面向未来社会需求、由当下尚未成熟的技术突破驱动、将可能会发展成为战略性新兴产业的产业,然而目前较少有围绕未来产业的成熟度评价研究。[方法/过程] 从技术创新成果、技术创新转化、技术创新产品、技术创新主体、技术政策环境多个维度,综合研判未来技术是否具备产业化特征,评估其当前所处的产业化阶段以及当前产业化的优势和短板。在建立未来技术产业化成熟度评价体系的基础上,分别围绕能源、材料领域的氢能、超材料技术展开实证研究。[结果/结论] 通过分析目前我国氢能、超材料领域在政策环境、创新产品、创新主体方面的短板,针对性地提出培育未来产业的发展建议,为基于氢能、超材料的新产业培育提供参考。

关键词: 未来技术; 产业化; 成熟度; 氢能; 超材料

中图分类号: G35; C93

Research on the Industrialization Maturity of Future Technologies: Taking Hydrogen Energy and Metamaterials as Examples

XIONG Shuling CUI Dan XI Xueping

Institute of Scientific and Technical Information of China, Beijing 100038, China

Abstract: [Objective/Significance] Future industries are industries that are oriented towards future social needs, driven by current immature technological breakthroughs, and may develop into strategic emerging industries. However, there is currently little research on evaluating the maturity of future industries. [Methods/Processes] From the perspectives of technological innovation achievements, technological innovation transformation, technological innovation products, technological innovation subjects and technological policy environment, the research comprehensively evaluates whether future technologies possess industrialization characteristics, and evaluates the current industrialization stage as well as the advantages and disadvantages of current industrialization. On the basis of establishing the evaluation system of future technology industrialization maturity, the empirical

基金项目 中央级公益性科研院所基本科研业务费重点项目“未来技术产业化成熟度研究”(ZD2023-16)。

作者简介 熊书玲(1988-), 通信作者, 博士, 副研究员, 主要研究方向为新能源与新材料、未来技术产业, E-mail: xiongshl@istic.ac.cn; 崔丹(1985-), 博士, 副研究员, 主要研究方向为人才和科技政策、区域经济; 席雪萍(2001-), 硕士研究生, 主要研究方向为前沿领域分析与专利分析。

引用格式 熊书玲, 崔丹, 席雪萍. 未来技术产业化成熟度研究——以氢能和超材料为例[J]. 情报工程, 2025, 11(5): 72-81.

research is carried out on hydrogen energy technology and metamaterial technology in energy and materials fields respectively. [Results/Conclusions] By analyzing the current shortcomings in policy environment, innovative products and innovative subjects in the field of hydrogen energy and metamaterials in China, the research puts forward suggestions for the development of future industries, which can provide references for the cultivation of new industries based on hydrogen energy and metamaterials.

Keywords: Future Technology; Industrialization; Maturity; Hydrogen Energy; Metamaterials

引言

未来产业源自未来技术，只有当未来技术发展至一定程度，具备了产业化基础后，才能培育未来产业。根据 Gartner 技术成熟度曲线，处于萌芽期和导入期的技术可以认为是能够形成未来产业的技术，萌芽期的技术可能在未来的几十年实现产业化（比如侵入式脑机接口、核聚变等），而处于导入期的技术可能在未来 10~15 年就有望成长为新兴产业。可以看出，未来产业所依托的未来技术当前都处于产业化前的积累期。

技术成熟度聚焦技术自身的发展阶段，用于评价某项技术当前是处于技术发现阶段、实验室验证阶段、原型产品阶段、试用产品阶段还是成熟产品阶段。产业成熟度聚焦已有产业的发展阶段，用于评价某个产业是处于诞生阶段、发展阶段还是成熟阶段。技术产业化成熟度聚焦技术到产业的关键跨越，用于研判某项技术当前是否已经具备了进一步开展产业培育的特征。当前国内外对技术成熟度和产业成熟度的研究主要集中在两个方面：一是对产业中新兴技术发展的成熟度评价，以 Gartner 公司技术成熟度曲线和美国国家航空航天局（NASA）提出的技术成熟度等级（TRL）^[1] 为代表，主

要评价技术自身所处的发展阶段；二是面向战略性新兴产业发展情况的产业成熟度评价，以王礼恒等^[2-16]的研究成果为代表，评价对象为已形成规模的产业，只是进一步细化这些产业所处的阶段，从而达到精准施策，如正处于培育期、已进入发展期、已达到成熟期等。然而目前较少有围绕未来技术产业化成熟度的评价研究，因此通过多维度情报指标综合研判未来技术的发展是否具备了可以产业化的特征，评估其当前所处的产业化阶段以及产业化的优势和短板，有助于及时开展基于未来技术的新产业培育，从而助力我国抢占未来产业竞争制高点。

本文基于扎根理论对未来技术产业化影响因素的分析研究，从技术创新成果水平、技术创新转化水平、技术创新产品水平、技术创新主体水平和技术政策环境水平 5 个维度评估某个未来技术领域是否具备了产业化的特征，研判其产业化潜力^[17-27]，建立了宏观层面的未来技术产业化成熟度模型。基于模型，分别针对氢能和超材料技术进行了实证分析，评估了我国氢能和超材料技术当前所处的产业化阶段以及产业化的优势和短板，并对培育氢能和超材料未来产业提出了发展建议。本文对我国政府部门开展未来产业培育精准施策、相关企业开

展未来产业投资等具有重要参考意义。

1 未来技术产业化成熟度模型构建

1.1 评价指标确定

首先,通过文献调研,采用案例分析(以氢能为例),基于扎根理论对未来技术产业化的影响因素展开研究。使用万方数据库和行业智库搜集整理与“氢能产业化”相关度较高的近十年的期刊论文以及近两年的研究报告(总计30份),把数据资料按4:1划分为实验组和饱和度检验组,研究过程采用期刊论文和研究报告全文。借助NVivo20软件对实验组资料依次进行开放性译码、主轴性译码和选择性译码三重译码过程,通过对实验组资料进行归纳分析,共梳理出14个子范畴,分别对应政策环境、技术环境和市场环境3个主范畴,最终形成了氢能产业化影响因素结构图,如图1所示。最后,饱和度检验组资料的分析结果未发现新的特征范畴,因此认为对氢能产业化影响因素的归纳已经达到饱和。

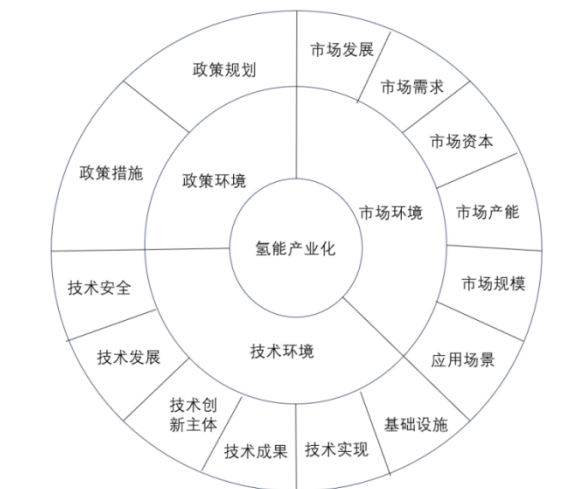


图1 氢能产业化影响因素结构图

在此基础上,本着科学性、系统性和可测性的原则,从数据易量化、易获取的角度,在技术环境主范畴里选择技术(创新)成果和技术创新主体子范畴;在政策环境主范畴里选择政策措施(对应技术政策环境)子范畴;在市场环境主范畴里选择市场发展(对应技术创新转化)和市场资本(对应技术创新产品融资情况)子范畴,整体从技术创新成果水平、技术创新转化水平、技术创新产品水平、技术创新主体水平和技术政策环境水平5个维度评估未来技术产业化潜力,建立未来技术产业化成熟度评估指标体系,如表1所示。

1.2 评价方法选择

熵权法是针对系统内部信息,通过信息熵对效用大小和有序程度进行评价的较为常见的综合评价方法^[28]。熵权法通过对指标变化程度所造成的影响,来确定指标所具有的信息熵,使得指标权重得以明确,既能够对指标信息重叠和确立权重主观性较大的问题进行有效解决,同时还能够体现各项指标的相对重要性,是一种度量不确定性的客观赋权方法。专家打分法由行业内拥有丰富经验和专业知识的专家进行评价,该方法可以综合考虑多个指标和因素,从不同角度对所评价对象进行全面分析和评价。未来技术产业化成熟度指标体系的构建需具备可行性、层次性的特征,且初始数据为5个维度的多项指标数据,客观真实,结合未来技术的特点及成熟度评估指标的精度要求,为尽可能使权重的得出具有科学性、严谨性,对采集了事实型数据的各二级指标采用熵权法客观赋权,以确定成熟度评估指标的权重,对一级指

表 1 未来技术产业化成熟度评价指标

一级指标	二级指标	指标衡量方式
技术创新成果 (U1)	发明专利 (U11)	发明专利数量
	授权专利 (U12)	授权专利数量
	高被引论文 (U13)	高被引论文数量
	国际合作论文 (U14)	国际合作论文数量
技术创新转化 (U2)	专利转让 (U21)	专利转让次数
	专利许可 (U22)	专利许可次数
	校企合作 (U23)	校企合作专利及论文数量
技术创新产品 (U3)	培育期融资产品 (U31)	天使轮 / 天使 + 轮 / 种子轮融资产品数量
	成长期融资产品 (U32)	Pre-A 轮 / A 轮 / A+ 轮 / B 轮 / B+ 轮融资产品数量
	成熟期融资产品 (U33)	C 轮及以上 / Pre-IPO/IPO 融资产品数量
技术创新主体 (U4)	上市企业 (U41)	认证为上市企业数量
	独角兽企业 (U42)	认证为独角兽企业数量
	高新技术企业 (U43)	认证为高新技术企业数量
	瞪羚企业 (U44)	认证为瞪羚企业数量
	专精特新企业 (U45)	认证为专精特新企业数量
	中国 (特色) 研究型大学 (U46)	认证为中国 (特色) 研究型大学数量 (校友会发布)
	中国区域研究型大学 (U47)	认证为中国区域研究型大学数量 (校友会发布)
	新型研发机构 (U48)	认证为新型研发机构数量
技术政策环境 (U5)	培育期政策 (U51)	鼓励技术创新政策数量 (技术攻关, 设立专项研发基金和技术发展计划, 提供经费支持等)
	成长期政策 (U52)	促进产业发展政策数量 (税收、补贴等金融财税, 对研发、示范、创新活动的资金支持, 企业培育、应用推广等)
	成熟期政策 (U53)	规范市场环境政策数量 (制定产业规则, 标准体系等)

标则采用专家打分主观赋权的方法计算权重得分。采用主观赋权和客观赋权相结合的方法可以克服传统赋权方法的不足之处, 方法的可信度和权威性较高。

1.3 评价指标体系构建

使用熵权法确定二级指标权重的过程如下: 首先对原始数据进行收集和整理, 并对数据进行指标的标准化, 标准化公式如下:

$$U_{ij} = \frac{V_j - V_{min}}{V_{max} - V_{min}} \quad (i=1,2,\dots,m; j=1,2,\dots,n) \quad (1)$$

其中, U_{ij} 为 i 年第 j 项指标的标准化数值, V_{max} 和 V_{min} 分别为第 j 项指标的最大值和最小值。

随后, 求出 j 指标的信息熵 E_j , 具体公式为:

$$E_j = -\frac{1}{\ln(m)} \sum_{i=1}^m q_{ij} \ln(q_{ij}) \quad (2)$$

$$q_{ij} = \frac{U_{ij}}{\sum_{i=1}^m U_{ij}} \quad (3)$$

其中, m 为年数。

然后, j 指标权重 W_j 计算方法为:

$$W_j = \frac{1 - E_j}{\sum_{i=1}^m (1 - E_j)} \quad (4)$$

因此, 运用熵值法计算的二级指标综合

水平 K 为:

$$K = \sum_{i=1}^m U_{ij} W_j \quad (5)$$

采用专家问卷法对一级指标技术创新成果水平 (U1)、技术创新转化水平 (U2)、技术创新产品水平 (U3)、技术创新主体水平 (U4) 和技术政策环境水平 (U5) 进行一级指标权重 W_j 计算与确定, 专家问卷采用 9 级量表法, 从 9 (非常重要) 到 1 (非常重要), 运用公式 (6) 计算出各一级指标的得分 S_j :

$$S_j = W_j \times \sum_{i=1}^m K_i \quad (6)$$

最后, 运用公式 (7) 计算出未来技术产业化成熟度评价指标体系总得分 S :

$$S = \sum_{j=1}^n S_j \quad (7)$$

其中, n 为指标数量。

再把未来技术产业化成熟度一级指标水平 S_j 划分为低水平、较低水平、中级水平、较高水平和高水平 5 个等级, 并以未来技术产业化不同阶段的特征来确定未来技术产业化成熟度的 5 个评判等级 (I, II, III, IV, V), 如表 2 和表 3 所示。

表 2 未来技术产业化成熟度一级指标水平等级

水平等级	低水平	较低水平	中级水平	较高水平	高水平
S_j	[0, 0.2)	[0.2, 0.4)	[0.4, 0.6)	[0.6, 0.8)	[0.8, 1)

表 3 未来技术产业化不同阶段特征

评判级	总分值	产业化阶段	产业化特征
I 级	$0 \leq S < 1$	产业化萌芽期	至少有 4 个一级指标处于较低水平及以下, 技术尚处于萌芽期, 完全不具备产业化特征。
II 级	$1 \leq S < 2$	产业化预备期	至少有 3 个一级指标处于较低水平及以下, 技术产业化特征即将出现。
III 级	$2 \leq S < 3$	产业化形成 1 期	至少有 3 个一级指标处于中级水平及以上, 技术具备少许产业化特征。
IV 级	$3 \leq S < 4$	产业化形成 2 期	至少有 3 个一级指标处于较高水平及以上, 技术具备一定的产业化特征。
V 级	$4 \leq S$	产业化形成 3 期	至少有 3 个一级指标处于高水平, 技术具备明显的产业化特征。

2 实证分析

2.1 数据来源与处理

本文分别设定氢能检索词 (析氢反应 OR 氢电池 OR 氢燃料 OR 碱性燃料电池 OR 磷酸燃料电池 OR 熔融碳酸盐燃料电池 OR 固体氧化物燃料电池 OR 质子交换膜燃料电池 OR 直接甲醇燃料电池 OR 氢气运输 OR 氢气储存 OR 氢制造 OR 氢能 OR 氢产生 OR 氢储存 OR 电解水 OR 高压氢 OR 氢气轮机 OR 纯净氢 OR PEM 电

池 OR 氢输送 OR 氢注入 OR 绿色氢 OR 氢化物 OR 氢分离 OR 缓释氢 OR 储氢 OR 氢液化 OR 氢氧燃料电池 OR 氢填充站 OR 氢发电机 OR 氢气 OR 固态氢 OR 氢经济 OR 蓝色氢 OR 灰色氢 OR 氢的纯化 OR 氢的转运 OR 水蒸气重整 OR 氢系统 OR 氢压缩 OR 液态氢 OR 制氢) 以及超材料检索词 (超材料 OR 超表面 OR 频率选择表面 OR 超构透镜 OR 微腔光学频率梳 OR 微纳制造 OR 光子晶体 OR 低损耗等离子激元 OR 超快激光 OR 超构材料 OR 左手材料 OR 负泊松比材料 OR 微波吸收材料 OR 负介电材料 OR 新型功

能材料 OR 双负材料 OR 超磁性材料)。专利检索通常有 18 个月的滞后期, 设置所有数据检索时间范围为 2014 年 1 月 1 日至 2023 年 12 月 31 日。

专利、论文、科研机构和校企合作数据来自 Mongoddb 专利摘要数据库、万方数据库、知网数据库、Web of Science 数据库等, 企业和产品数据来自企查查企业工商数据库、企查查软著数据库, 高校和新型研发机构数据来自互联网公开数据资源(校友会网、各省市科技局官网等)。根据检索条件以及二级指标需求范围, 采用 python 程序和人工检索相结合, 从各类数据库中过滤关联出符合要求的数据集合。对重

点字段做精细化治理保证数据质量, 通过规范化符号、分词、过滤、清洗、去重等过程对数据结果批量处理。对部分特殊的数据问题做人工处理加工, 进行删除、明文翻译、补充、排序等。

2.2 氢能产业化成熟度研判

2.2.1 氢能产业化阶段分析

采用专家问卷法对氢能技术产业化成熟度一级指标权重 W_j 进行计算与确定。根据公式, 计算出二级指标综合水平 K_i , 然后计算出各一级指标得分 S_j , 最后计算出氢能产业化成熟度评价指标体系总得分 S 。计算结果如表 4 所示。

表 4 氢能产业化成熟度评价体系得分和产业化阶段

	技术创新成果 U1	技术创新转化 U2	技术创新产品 U3	技术创新主体 U4	技术政策环境 U5
W_j	0.18	0.20	0.23	0.20	0.17
S_j 值	0.86	0.83	0.37	0.66	0.29
S_j 值水平等级	高水平	高水平	较低水平	较高水平	较低水平
S 值	3.01				
氢能产业化阶段	IV 级, 产业化形成 2 期, 氢能具备一定的产业化特征。				

对专家问卷法打分情况进行统计可知, 技术创新成果、技术创新转化、技术创新产品、技术创新主体和技术政策环境这 5 个一级指标在未来技术产业化成熟度评价体系中所占的比重分别是: 18%、20%、23%、20% 和 17%。由各一级指标得分 S_j 可以看出, 氢能的技术创新成果和技术创新转化的分值最高, 均为高水平; 氢能的技术创新主体的分值相对较高, 为较高水平; 氢能的技术创新产品和技术政策环境的分值相对较低, 均为较低水平。最终, 经计算得到氢能产业化成熟度评价体系的总分为 3.01 分, 根据建立

的模型可知, 氢能刚刚步入产业化成熟度模型第 IV 级, 目前处于产业化形成 2 期, 具备了一定的产业化特征。

2.2.2 氢能产业化优势与短板分析

计算得到氢能技术产业化成熟度评价体系一级指标水平的历年变化趋势, 如图 2 所示。可以看出, 氢能技术创新成果水平在 2014—2021 年间不断提升, 自 2018 年起超过其他一级指标水平, 整体处于高水平。氢能技术创新转化水平紧随其后, 在 2015—2021 年间不断提升, 领先于其他一级指标水平, 整体也处于高水平。氢能技术创新主体水平整体处于较高水

平，次于技术创新成果和技术创新转化水平。氢能技术创新产品水平和技术政策环境水平在

2014—2022 年间较低，2023 年开始提升，整体处于较低水平。

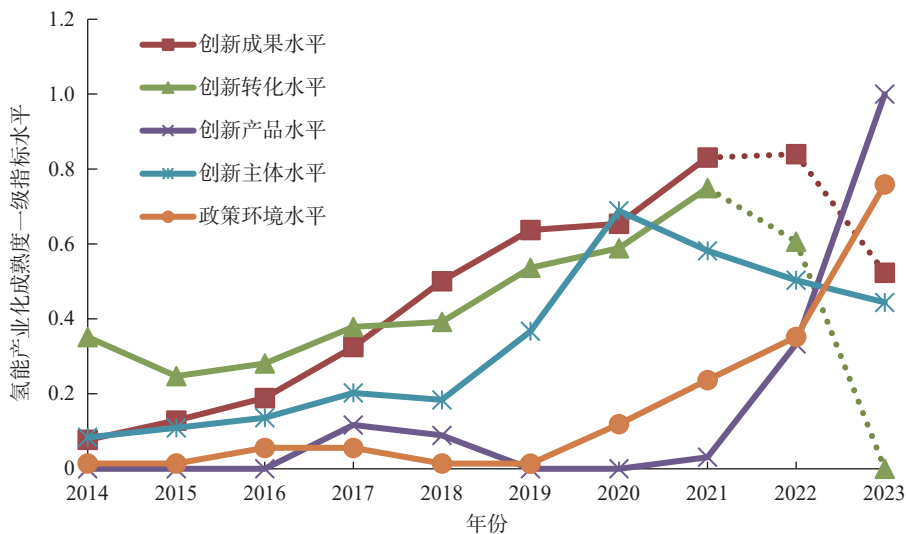


图 2 氢能产业化成熟度一级指标水平历年变化趋势

由此可见，我国在氢能技术创新成果和技术创新转化方面达到了高水平，在产业化方面具有优势。近几年我国氢能领域发明专利、授权专利、高被引论文和国际合作论文等高质量成果快速涌现，氢能基础研究和应用研究得以快速发展。同时我国校企合作专利次数、专利转让次数和专利许可次数不断增加，氢能技术转移转化成效显著。我国在氢能技术创新主体方面处于较高水平，在产业化方面具有一定的优势。我国专精特新企业、瞪羚企业、高新技术企业等认证数量不断增加，新型研发机构和研究型大学也快速步入研发轨道。

但与此同时，我国在氢能技术创新产品和技术政策环境方面均处于较低水平，是产业化的短板。我国氢能领域近几年才开始出现氢能融资产品，融资产品数量不多。我国对氢能产业的战略布局起步也较晚，氢能产业政策与战略规划尚不完善。

2.3 超材料产业化成熟度研判

2.3.1 超材料产业化阶段分析

基于专家问卷法对 5 个一级指标计算出的权重 w_j ，根据公式计算出超材料在二级指标的综合水平 K_i ，然后计算出各一级指标得分 S_j ，最后计算出超材料产业化成熟度评价指标体系总得分 S 。计算结果如表 5 所示。

由各一级指标得分 S_j 可以看出，超材料的技术创新成果水平和技术创新产品水平分值最高，处于较高水平；超材料的技术创新转化水平分值相对适中，处于中级水平；超材料的技术创新主体水平和技术政策环境水平分值较低，处于较低水平。最终，经计算得到超材料产业化成熟度评价体系的总分为 2.70 分，根据建立的模型可知，超材料处于技术产业化成熟度模型的第 III 级，即产业化形成 1 期，具备了少许产业化特征。

表 5 超材料产业化成熟度评价体系得分和产业化阶段

	技术创新成果 U1	技术创新转化 U2	技术创新产品 U3	技术创新主体 U4	技术政策环境 U5
W_j	0.18	0.20	0.23	0.20	0.17
S_j 值	0.73	0.57	0.71	0.38	0.31
S_j 值水平等级	较高水平	中级水平	较高水平	较低水平	较低水平
S 值	2.70				
产业化阶段	III 级，产业化形成 1 期，超材料具备少许产业化特征。				

2.3.2 超材料产业化优势与短板分析

超材料技术产业化成熟度评价体系一级指标水平历年变化趋势如图 3 所示，可以看出，超材料的技术创新成果水平自 2018 年起超过其他一级指标水平，整体与技术

创新产品水平相当，处于较高水平。超材料技术创新转化水平紧随其后，整体处于中级水平。超材料技术创新主体和技术政策环境水平近两年才开始快速提升，整体处于较低水平。

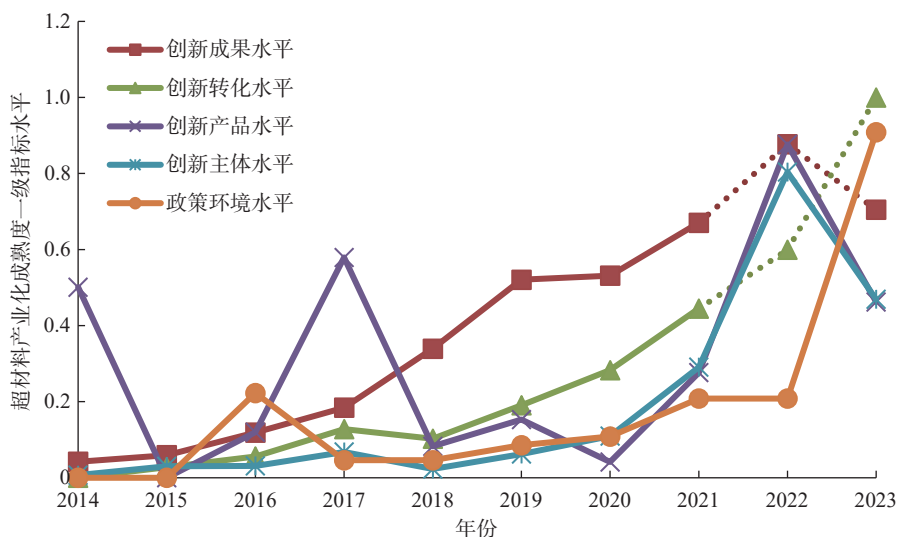


图 3 超材料产业化成熟度一级指标水平历年变化趋势

由此可见，我国在超材料技术创新成果和技术创新产品方面处于较高水平，在产业化方面具有一定的优势。近几年我国超材料领域发明专利、授权专利、高被引论文和国际合作论文等高质量创新成果不断积累，基础研究和应用研究快速发展。在超材料隐身技术、声波负折射等基础研究方面，已取得多项原创性成果。我国超材料产品投融资主要集中在电超磁材料

技术领域，技术相对成熟并已经有商业化的产品和器件。

但与此同时，我国在超材料技术创新转化方面处于中级水平，仍需进一步提升产业化水平。近几年我国超材料领域的校企合作专利次数、专利转让次数和专利许可次数开始不断增加，但研发主要集中在科研机构 and 高校，与产业界的联系还不够紧密。我国在超材料技术创

新主体和技术政策环境方面处于较低水平，是产业化的短板。瞪羚企业、独角兽企业、上市企业、新型研发机构等认证数量还不太多，国家和地方出台的推动超材料产业发展、标准体系制定方面的政策数量仍然较少。

3 结论与建议

本文从技术创新成果水平、技术创新转化水平、技术创新产品水平、技术创新主体水平和技术政策环境水平 5 个维度评估未来技术产业化潜力，并基于实证研究，对氢能和超材料技术的产业化优势与短板进行分析。现对我国氢能和超材料产业化培育提出以下建议：

在氢能领域，一是完善技术标准体系建设，突破产业发展政策瓶颈。制定并完善氢能发展规划与激励政策，出台国家级制氢质量、检测评价等基础标准，完善制氢各个环节的标准与规范；二是加强氢能产品金融支持，提升产品竞争力。以市场应用为牵引，推动氢能多元化发展，通过强化财政金融支持、推动各地创新发展模式等，积极推进氢能产品融资；三是加强关键核心技术攻关，强化多方创新主体协同参与。持续推进绿氢制取、储存、运输和应用等各环节关键核心技术研发。由政府主导，联合知名院校、新型研发机构及龙头企业，通过产学研政联合，加快氢能产业协同研发。

在超材料领域，一是制定完善相关政策标准，优化超材料产业市场环境。通过税收优惠、资金支持等政策措施来支持超材料产业发展，推动建立标准化的生产流程和质量控制体系，加快建立超材料应用的标准体系。二是加强产

业链协同发展，不断激发创新主体活力。建立超材料关键、共性技术研发和服务平台，鼓励企业、高校院所、关键用户开展深层次合作研发。支持超材料领域科技型骨干企业充分发挥引领作用，引导创新要素向企业集聚。三是加强产业链协同发展，促进成果转移转化。建立产学研用一体化的创新体系，完善超材料创新成果转化平台和产业化支撑平台，加强超材料产业链上下游企业间的技术合作，促进超材料技术科技成果转化应用。

参考文献

- [1] INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO 16290-Space systems-Definition of the Technology Readiness Levels (TRLs) and their criteria of assessment [S]. Switzerland: ISO, 2013: 1-12.
- [2] 王礼恒, 屠海令, 王岷声, 等. 产业成熟度评价方法研究与实践 [J]. 中国工程科学, 2016, 18(4): 9-17.
- [3] 王礼恒, 周志成, 王岷声, 等. 产业体系成熟度评价方法研究 [J]. 中国工程科学, 2020, 22(2): 93-95.
- [4] 胡思思, 江洪, 叶茂. “3+X”产业成熟度评价体系研究及应用 [J]. 科技和产业, 2021, 21(12): 225-227.
- [5] 姚冰. 基于技术成熟度曲线的标准化与技术创新的互动关系研究 [J]. 中国标准化, 2023(17): 39-43.
- [6] 张歌, 李光涛. 基于产业成熟度的北斗产业高质量发展水平评估体系的构建 [J]. 卫星应用, 2022(8): 54-58.
- [7] 陈佩瑶, 刘寅欣, 黄凌霞. 基于 Logistic 模型的中国蚕桑产业生命周期研究 (2000—2019)[J]. 蚕桑通报, 2022, 53(2): 1-5.
- [8] 汪江桦, 冷伏海, 汤建国. 基于专利的新兴技术未来产业影响力评价研究 [J]. 情报杂志, 2014, 33(5): 44-48.
- [9] 吴燕生. 技术成熟度及其评价方法 [M]. 北京: 国防工业出版社, 2012.

- [10] 胡安俊. 产业生命周期 [M]. 北京: 中国人民大学出版社, 2016.
- [11] 王山, 谭宗颖. 技术生命周期判断方法研究综述 [J]. 现代情报, 2020, 40(11): 144-153.
- [12] 辛竹琳, 魏凤, 邓阿妹, 等. 基于技术成熟度的技术评价方法研究 [J]. 科技管理研究, 2024(11): 80-89.
- [13] 罗家豪. 专利技术成熟度测度方法研究 [D]. 北京: 中国农业科学院, 2022.
- [14] 尹雨晨, 李朝崢, 熊学文, 等. 技术成熟度评价体系在新材料成果转化方面的应用 [J]. 科技与创新, 2024(23): 178-181.
- [15] 刘晓静. 技术成熟度评价准则分析 [J]. 科海故事博览, 2023(4): 91-93.
- [16] 王萌, 刘瑜, 段琼. 一种智能化的前沿技术成熟度评估方法研究 [J]. 航天工业管理, 2024(7): 5-10.
- [17] 薛惊理, 郗可心, 李丹. 基于生命周期理论的时尚产业时空特征研究 [J]. 北京服装学院学报 (自然科学版), 2022, 42(1): 81-87, 104.
- [18] RAYMOND V. International investment and international trade in product cycle[J]. Quarterly Journal of Economics, 1966, 80(2): 190-207.
- [19] 陈燕, 黄迎燕, 万建国. 专利信息采集与分析 [M]. 北京: 清华大学出版社, 2006.
- [20] 李建蓉. 专利信息与利用 [M]. 北京: 知识产权出版社, 2006.
- [21] 林晨. 生命周期视角下的专利技术价值评估研究 [D]. 北京: 中国石油大学 (北京), 2019.
- [22] LERNER J. The importance of patent scope: an empirical analysis[J]. Rand Journal of Economics, 1994, 25(2): 319-333.
- [23] 胡伟. 基于产品生命周期理论的物流需求及对策 [J]. 特区经济, 2008(1): 299-300.
- [24] 丛瑛瑛, 黄盼, 王冲鹄. 基于产业生命周期的人工智能产业政策研究 [J]. 信息通信技术与政策, 2019(9): 61-64.
- [25] 李晓华, 王怡帆. 未来产业的演化机制与产业政策选择 [J]. 改革, 2021(2): 54-68.
- [26] 陈燕. 运用专利情报研究专利技术发展动态 [J]. 安徽科技, 2003(9): 30-31.
- [27] 余致力. 基于专利信息分析的紫杉醇技术生命周期 [J]. 医学信息学杂志, 2010, 31(11): 46-49.
- [28] 孙利娟, 邢小军, 周德群. 熵值赋权法的改进 [J]. 统计与决策, 2010(21): 153-154.