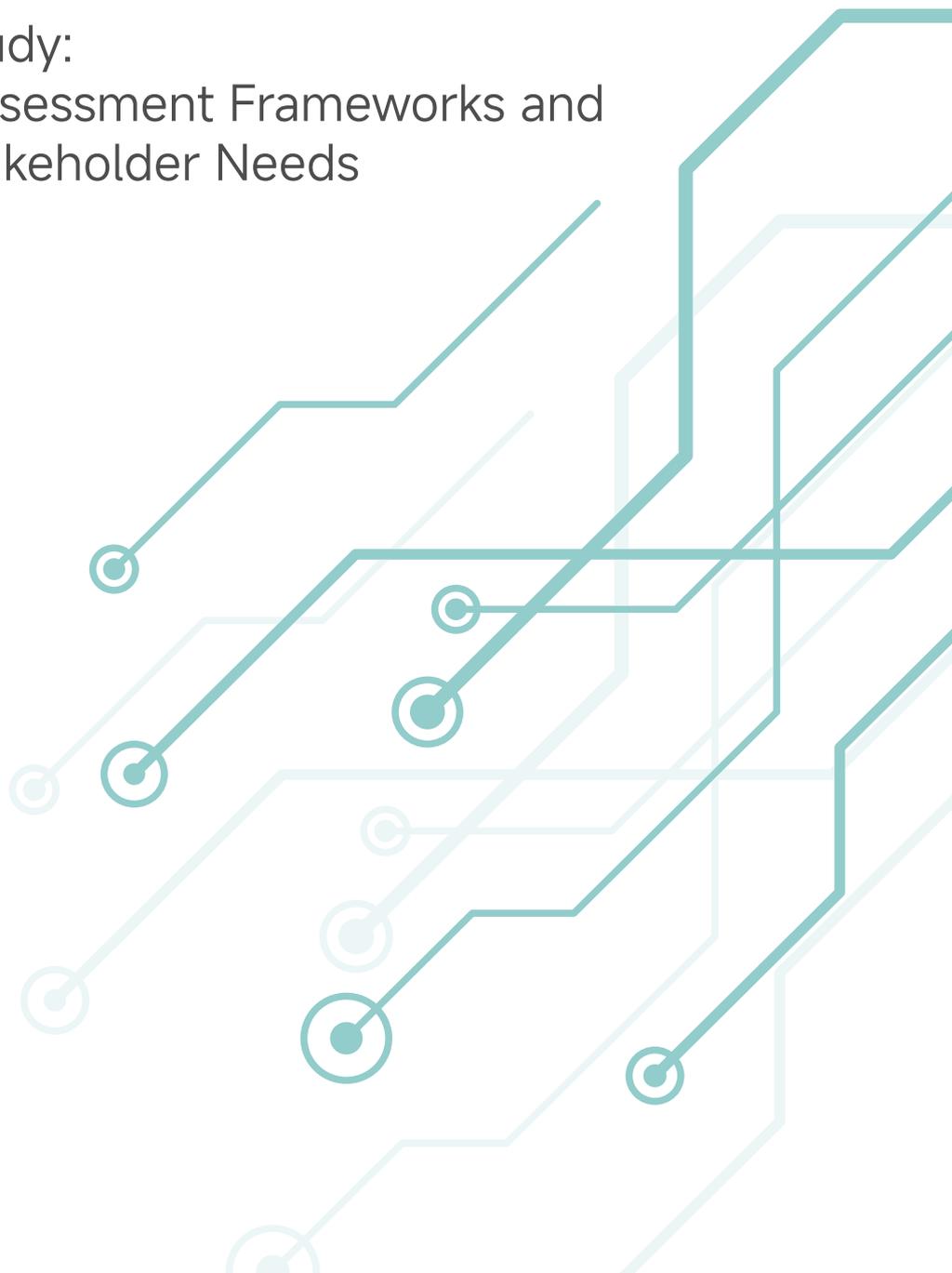


# 创新技术

## 评估指标体系研究 与相关方需求观察

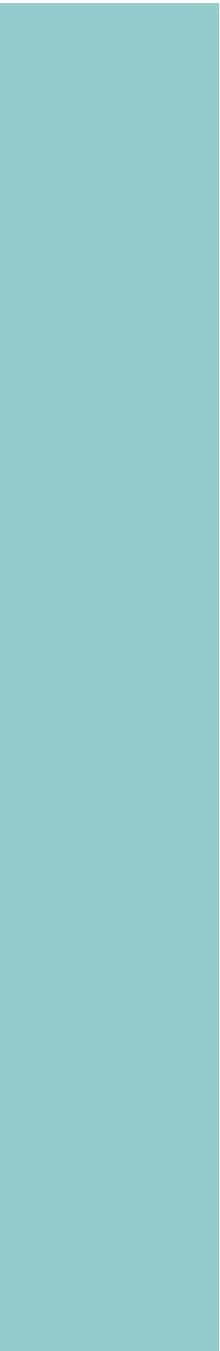
Climate Tech Study:  
A Mapping of Assessment Frameworks and  
Evaluation of Stakeholder Needs



# 目录



01	1 背景
04	2 创新技术评估体系现状观察
06	2.1 评估体系概览
16	2.2 维度与指标分析
36	2.3 案例解读
39	3 气候技术评估需求与挑战
42	3.1 主要需求方
44	3.2 开发实践
45	3.3 挑战观察
48	4 中国创新技术评估体系发展建议
52	参考文献



# 背景



1 根据联合国气候变化框架公约 (UNFCCC), 气候技术指用来应对气候变化的技术, 如: 专注于减少温室气体排放的技术, 包括风能、太阳能和水电等可再生能源技术、帮助适应气候变化的不利影响的技术, 包括采用抗旱作物、预警系统和海堤等技术、节能实践或设备使用培训等提升对气候认知的“软性”气候技术。

根据国际能源署 (International Energy Agency, IEA) 的报告, 从现在起到 2030 年, 在实现净零排放的道路上, 全球绝大多数减排量都来自当前可用的技术。但是, 到 2050 年, 将近一半的减排量将来自目前仅处于示范或原型阶段的技术。这也要求各国政府迅速增加研发支出并调整其优先次序, 以及在示范和部署清洁能源技术上投入, 并让这些措施成为国家能源和气候政策的核心。而我国实现碳中和目标的时间周期短, 现有技术储备不足, 需要加快气候技术<sup>1</sup> 创新、提前部署低碳/零碳/负碳科技研发与示范, 才能为保障“双碳”目标实现提供有力的科技支撑。

在此背景下, 作为致力于赋能可持续创新商业全球网络中的一员, 影响力工场上海创新中心 (Impact Hub Shanghai, 下称“Hub 上海”) 在 2022 年内部孵化、成立了 1.5DO 气候创新实验室, 旨在推动从气候愿景出发的创新系统变革, 在气候目标框架下深化既有的、以创业支持和产业对接为核心的工作方式, 寻找、推广和落地早期气候技术企业, 推动行业及区域的低碳转型和绿色经济发展。

但商业化道路对于气候技术初创公司, 尤其是硬件和硬科技领域的公司而言, 比其他领域的初创公司更加漫长和崎岖。落基山研究所 (Rocky Mountain Institute, RMI) 指出, 气候技术领域对初创团队在技术、商业和政策把握能力上的要求更高, 现有主导利益方的在位者惰性更强, 对资本的要求也更高。致力于投资和帮助早期气候技术规模化的影响力投资机构 Elemental Impact (该组织原名为 Elemental Excelerator) 的研究同样显示, 气候技术初创公司在完成技术开发后, 如何推动试点、产业应用、实现气候技术的规模化部署才是真正的难点。在各类报告和研究中, 我们发现气候技术企业家面临的挑战最终往往指向: 如何向相关方证明技术的潜力——无论是减碳的潜力还是商业化的潜力——从而基于技术评估的结果能够吸引并获得更多的资金、人才和业务机会。而在过往的工作中, 我们也屡次经历过如下场景:

## 案例一

创新技术企业 A 在参与某 500 强企业 B 的开放式创新项目时, 得到了 B 企业国内创新中心负责同事的认可, 并对接给企业内负责研发和投资的同事进一步评估技术可行性和经济性, 此过程耗时数月并需要 A 不断提供各种证明材料。而在 B 企业国内创新中心希望进一步将 A 推荐给海外总部时, 总部又向 A 提出了更多认证材料文件的需求, 其中不乏需要付费请第三方出具的评估认证文件。企业 B 的需求和流程合理合规, 但对 A 来说却意味着更多的成本和风险因素, 故最后未抓住机会与 B 企业总部成功对接。

## 案例二

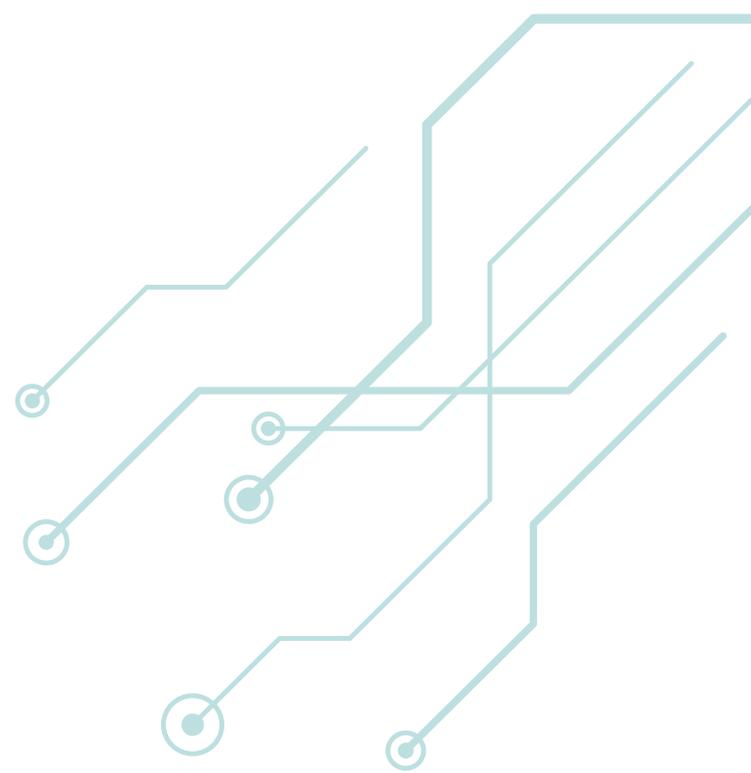
创新技术企业C提供的是具有跨行业应用潜力的技术产品，但是在面向不同行业的潜在客户、甚至是同一行业的不同企业时，C发现对方看中的关键指标都不尽相同甚至大相径庭，这对C的业务拓展增加了巨大难度。

与此同时，我们也看到有合作伙伴基于明确的创新技术支持目标，在搜索、评审、交叉验证技术的完整流程里匹配了技术科学家、产业专家、投资专家，针对技术路线形成了一整套评审的框架流程与评分标准，从而在项目周期内确实实现了找到技术最优的项目并且匹配到合适的产业需求场景开展合作试点的目标，在行业内创造了积极的示范效应。

当然并非在类似案例一、二的场景中就完全不会有顺利、成功的产出，某种程度上，上文的成功实践需要企业投入巨大的人力物力，且耗时较长，未必适合其他相关方直接推广应用。但结合一系列案例和相关方需求沟通，一套**能够被相对广泛认可和使用的创新技术评估体系的重要性及必要性愈发凸显**。这不仅是我们团队自身开展业务的需求，也是促进气候技术创新发展、推动“双碳”目标实现的重要工具和媒介。

于是，我们检索了国内外公开发布的创新技术评估体系和工具，针对其评估目的、方法等进行了梳理，对目前评估体系的维度与指标、计算方式等进行了统计分析，并与已有技术评估体系、工具开发经验或正在探索中的相关方进行了访谈，希望通过观察现有的技术评估体系、理解其开发需求与挑战，引导评估体系的开发者更有针对性地设计、完善未来的技术评估体系。本报告的后续内容便将向读者具体介绍我们在调研过程中的观察和思考。

技术评估体系作为政府、园区、产业企业、金融投资机构等对创新技术建立充分认知的重要桥梁，其开发过程需要不同利益相关方展开充分交流与协作，该过程也同样有利于评估体系的进一步推广应用和迭代。因此，我们期待从本篇报告开始，与气候创新生态的各相关方一起逐步建立一个更加开放的、充满活力的技术评估体系交流机制，以提高产业企业开展“开放式创新”的合作效率，加速实现气候技术解决方案的规模化部署，最终推动绿色经济发展和“双碳”目标实现。



# 创新技术评估体系 现状观察

- 2.1 评估体系概览
- 2.2 维度与指标分析
- 2.3 案例解读

我们聚焦以技术为评估对象（或评估框架可运用于对技术的评估）、具有完整可识别的指标结构且已在社会层面公开发布的国内外评估体系，同时结合应用需求，重点关注针对气候技术的评估体系，通过标准信息平台、相关方官网、报告文献等公开资料的不完全调研，共收集国内外相关评估体系 18 个。需要注意的是，在调研过程中，以及与相关方的合作与沟通中，我们发现政府部门、企业、高校、金融机构等相关方都可能会根据自身需求（如政府部门发布示范技术、金融机构投资创新技术等）开发技术评估体系，但由于未曾在社会层面公开指标结构等具体内容，我们未将其纳入本轮调研样本。

本章，我们将对这些评估体系的评估相关方、评估目的与方法，以及评估维度与指标特点进行梳理和观察。其中，具有典型特征或者在实践应用中具有较高参考价值的评估体系，我们将以案例的形式在本章第三部分进行展示。以下是调研的 18 个技术评估体系，在下文中，我们将以其简称指代对应的评估体系：

表 2-1 18 个评估体系名单

技术评估体系名称	正文简称	发布主体	国别	年份
潮流能发电装置技术成熟度评估导则	潮流能导则	国家市场监督管理总局 国家标准化管理委员会	中国	2023
玻璃工业低碳技术减排潜力及环境影响评估分析	玻璃工业评估	中国建筑材料科学研究总院有限公司	中国	2023
绿色技术评价导则	/	中国标准化协会	中国	2022
科技成果经济价值评估指南	经济价值指南	国家市场监督管理总局 国家标准化管理委员会	中国	2021
科技成果评估规范	/	中国科技评估与成果管理研究会	中国	2020
新材料技术成熟度等级划分及定义	新材料文件	国家市场监督管理总局 国家标准化管理委员会	中国	2018
工业节能减排技术评估指标体系与评估方法	工业节能减排文件	工业和信息化部	中国	2012
钢铁行业烧结烟气脱硫工艺技术后评估实施细则	钢铁脱硫细则	工业和信息化部	中国	2010
商业采用成熟度评估工具 Commercial Adoption Readiness Assessment Tool	CARAT	U.S. Department of Energy	美国	2023
从空气中提取二氧化碳：碳捕集和封存 Extracting CO <sub>2</sub> from the Air: Carbon Capture and Storage	/	Foundation for Technology Assessment (TA-SWISS)	瑞士	2023
气候影响矩阵 Climate Impact Metrics	/	Net Zero Insights	葡萄牙	2022
创新影响评估 Innovation Impact Assessment	/	Evolved Energy Research (EER) Environmental Defense Fund (EDF)	美国	2021
长流程钢铁脱碳技术评估	钢铁脱碳评估	Rocky Mountain Institute (RMI)	美国	2021
技术成熟度量表 Technology Readiness Level Scale	/	International Energy Agency (IEA)	国际	2020
新企业碳减排评估 Carbon Reduction Assessment for New Enterprises	CRANE	Prime Coalition Rho Impact	美国	2020
技术成熟度评估 Technology Readiness Assessment	TRA	U.S. Department of Energy	美国	2015
全球温室气体减排成本曲线 2.0 Version 2 of the Global Greenhouse Gas Abatement Cost Curve	/	McKinsey & Company	美国	2010
生命周期评估 Life Cycle Assessment	LCA	International Organization for Standardization (ISO)	国际	2006 <sup>2</sup>

筛选标准：（1）以技术为评估对象（或评估框架可运用于对技术的评估）；“/”代表下文以原体系名称描述，或正文不涉及  
 （2）具有完整可识别的指标结构；  
 （3）已在社会层面公开发布

2 LCA评估体系，重点参考ISO14040与ISO14044，发布年份为2006。在维度与指标分析环节中，将选取OpenLCA等具有参考性的LCA评估工具进行观察。

## 2.1

### 评估体系概览

3 若评估体系的文件中没有关于目标受众的表述,则本节不作延展或归纳。

创新技术评估是一项针对创新技术,涉及多个维度、多种视角和多方参与的综合活动。本节将介绍调研的18个评估体系中的关键信息,围绕谁参与了技术评估、为何需要对这些技术进行评估以及如何进行评估三个方面提供相关观察。

#### 2.1.1 评估相关方

评估相关方主要包含评估体系发布主体与目标受众<sup>3</sup>两类,前者主要充当着推动者的角色,鼓励评估行为,以达成促进技术进步、行业发展等多种目的,后者则为使用者,是发布主体希望使用该评估体系的对象,以及通过该评估体系能够惠及到的群体。在18个调研样本中,发布主体主要为政府单位、标准化组织、企业、非营利性组织、科研机构与智库等,目标受众则主要包括科研机构的研究者、相关行业的企业、投资人、政策制定者、第三方评估机构等,个别评估体系将更广泛的公众作为其目标受众。

表 2-2 发布主体分类

国内/国外	发布主体类别	评估体系数量
国际	政府间组织	1
	标准化组织	1
国内	政府	2
	学会	1
	标准化组织	2
	科研机构	1
国外	政府	1
	非营利性组织/平台	2
	智库	2
	咨询公司	3

## 国际

### 政府间组织

**国际能源署 (IEA)**<sup>4</sup> 属于专注于能源领域的政府间组织，该组织提出 Technology Readiness Level Scale 框架，主要面向能源技术进行技术发展与市场采用成熟度评估，虽未明确目标受众，但政策制定者、企业、投资机构等作为潜在的目标受众，都可以通过该评估框架更清晰地了解能源技术市场规模角度的成熟度，进而对技术的政策制定、投资方向等提供参考依据。

### 标准化组织

**国际标准化组织 (ISO)**<sup>5</sup> 于 2006 年发布了关于全生命周期环境影响评价 (LCA) 的标准文件——ISO14040 与 ISO14044，规范了 LCA 的关键环节与步骤，评估产品、过程、服务、技术在全生命周期内各环节 (资源开采、产品生产、包装运输、使用维护、废弃处理、循环利用) 的整体环境影响。

## 国内

### 政府

**国家市场监督管理总局**<sup>6</sup>，连同标准化组织国家标准化管理委员会发布了三个体系文件，分别是《潮流能导则》《新材料文件》和《经济价值指南》，分别将潮流能发电装置技术、新材料技术和成熟市场（低增长率、高占有率的市场）的科技成果作为评估对象，其中，仅《经济价值指南》明确评估体系目标受众为独立科研机构、大专院校、企业或个人，其余两个评估体系虽未提及，但相关技术的研发团队、技术需求方均可作为评估体系的目标受众。

**工业和信息化部**<sup>7</sup> 发布了《钢铁脱硫细则》和《工业节能减排文件》，分别将钢铁行业烧结烟气脱硫技术、工业四大环节节能减排技术（生产过程节能减排技术、资源能源回收利用技术、污染物治理技术、产品节能减排技术）作为评估对象，前者的目标受众主要为政府部门、烧结脱硫工艺技术提供方，以及应用该工艺的工程应用企业。

### 学会

**中国科技评估与成果管理研究会**<sup>8</sup> 属于科技部主管的国家一级社团组织，其发布的《科技成果评估规范》以科技成果（即通过科学研究与技术开发所产生的具有实用价值的成果）为评估技术对象，明确以第三方评估机构、科技成果所有方为主要的目标受众去使用该规范评估科技成果。

4 国际能源署 (International Energy Agency, IEA) 成立于 1974 年，是全球能源对话的核心，提供权威性分析、数据、政策建议和现实世界的解决方案，帮助各国为所有人提供安全和可持续的能源。

5 国际标准化组织 (International Organization for Standardization, ISO) 成立于 1947 年，是一个独立的非政府国际组织，也是制定全世界工商业国际标准的国际标准建立机构，ISO 通过制定全球统一的工业和商业标准，促进国际贸易、保障产品质量和安全、提高效率，以及推动技术兼容性。

6 国家市场监督管理总局，标准简称市场监管总局，是中华人民共和国国务院负责市场综合监督管理的正部级直属机构。

7 中华人民共和国工业和信息化部 (Ministry of Industry and Information Technology, MIIT)，标准简称工业和信息化部，是中华人民共和国国务院主管工业和信息化产业的组成部门。主要负责拟订实施行业规划、产业政策和标准，监测工业行业日常运行，推动重大技术装备发展和自主创新，管理通信业，指导推进信息化建设，协调维护国家信息安全等。

8 中国科技评估与成果管理研究会是国家一级社团组织，旨在推进科技成果转化和创新型国家建设。

9 中国标准化协会成立于1978年，经民政部登记注册，是从事标准化工作的组织和个人自愿组成的全国性法人社会团体。其职责在于团结和组织全国标准化工作者，开展标准化学术交流、标准研制、宣传推广、咨询服务、国际交流等，服务我国经济社会发展。

10 绿色技术的定义并不唯一，不单属于某一技术领域或者工业分支、部门，具有跨学科、跨领域的特点。我国所说的绿色技术是指降低消耗、减少污染、改善生态，促进生态文明建设、实现人与自然和谐共生的新兴技术，主要包括能源与节能、温室气体捕获与利用、环保材料、绿色交通、绿色建筑、绿色农林业等方面。

11 国家标准化管理委员会是国务院直属事业单位，负责全国标准化工作的管理和监督。

12 中国建筑材料科学研究总院有限公司是我国无机非金属材料领域极具规模的国家级科研机构，在集成电路用关键材料、低碳建材、新能源材料与装备等七个研究领域取得四千余项专利，是中国重要的产业战略研究院。

13 美国能源部 (United States Department of Energy, DOE)，是美国联邦政府负责能源政策制定，能源行业管理，能源相关技术研发、管理美国核电和核武器的研发工作等职责的行政部门。

14 美国环保协会 (Environmental Defense Fund, EDF) 是著名的国际非营利性环保组织，成立于1967年，总部位于纽约。EDF聚焦的领域包括气候、能源、生态、健康、海洋等，开展工作涉及美国、中国、英国、印度等30余个国家和地区，致力于减少气候污染物提供创新性的解决方案。

15 Prime Coalition是一家非营利组织，成立于2014年，致力于释放催化资本，改变气候融资的未来。Prime Coalition的每个项目都旨在促进、深化或加速能够大幅减少温室气体排放的解决方案。

## 标准化组织

(行业协会) 中国标准化协会<sup>9</sup>发布的《绿色技术评价导则》主要用于评估能产生经济、生态和社会效益的绿色技术<sup>10</sup>，以绿色技术评估需求方，以及第三方评估机构（特指经绿色技术银行备案，遵循该导则独立开展绿色技术评价工作的专业机构）为评估体系使用方，并指出金融机构或投资机构亦可成为评估结果使用方，用于投融资等参考。

(事业单位) 国家标准化管理委员会<sup>11</sup>，与政府部门——国家市场监督管理总局共同发布了三个评估体系文件，详见上述“政府”分类。

## 科研机构

中国建筑材料科学研究总院有限公司<sup>12</sup>的《玻璃工业评估》用于评估平板玻璃产业内五种典型的玻璃工业低碳协同治理技术，目标受众主要为玻璃生产企业，为其推进温室气体深度控制提供参考。

## 国外

### 政府

美国能源部 (DOE)<sup>13</sup>发布有两个评估体系：Technnology Readiness Assessment (TRA) 和 Commercial Adoption Readiness Assessment Tool (CARAT)。前者在开发之初用于协助项目的经济资助评估工作，参与技术成熟度评估的个人和团队都是评估体系的直接受众，随着TRA在全球范围内的广泛应用，投资机构、产业企业、创新技术企业、政府部门等均成为该体系的使用者。后者在商业核心风险领域进行评价，主要以有商业化需求的技术为评估对象，目标受众涉及研究人员、投资者及项目管理者等需要了解技术风险，或对其进行研究、管控等工作的人群。

### 非营利性组织/平台

美国环保协会 (EDF)<sup>14</sup>委托 Evolved Energy Research (EER) 开发的 Innovation Impact Assessment 评估了15类能够在能源领域支持经济深度脱碳的技术，主要面向美国政策制定者、决策者和其他利益相关方。

Prime Coalition<sup>15</sup>开发了计算碳排潜力的计算工具CRANE，为各类相关方评估其投资技术的减排潜力（包括早期投资者、孵化器、加速器、政府机构、大公司、慈善家），目前可供农业、建筑业、能源、制造业、交通业、碳去除六大行业的247个技术类型进行评估。

16 TA-SWISS是一个完全由公共资金资助的基金会，为了研究新技术的机会和风险而建立，聚焦生物技术与医药、数字化与社会、能源与环境三大议题，旨在为政策制定者、公众提供有用的、并载有今后行动方针的建议。

17 落基山研究所(RMI)是一家专业、独立的智库，自1982年创立以来，持续与企业、政策制定者、社区和非政府机构紧密合作，通过识别并规模化推广能源系统转型解决方案，旨在大幅降低温室气体排放，创造清洁、繁荣的零碳共享未来。

18 McKinsey & Company(麦肯锡)为一所由芝加哥大学会计系教授詹姆斯·麦肯锡创立于芝加哥的管理咨询公司，营运重点是为企业或政府的高层干部献策、针对庞杂的经营问题给予适当的解决方案。

19 Net Zero Insights 成立于2020年，是一个著名的市场情报平台，专门致力于气候创新，为领先的投资者、公司和研究机构提供服务。公司通过提供气候技术数据库、市场调研报告等形式，为领导者提供关键的气候技术数据、见解和研究，以推动资本流动。

20 Evolved Energy Research (EER) 是一家专注于能源经济转型相关问题的研究与咨询公司。该公司通过能源系统技术分析，提供咨询服务和见解，旨在为政策制定者、利益相关者、公用事业公司、投资者和科技公司提供战略决策支持。

## 智库

TA-SWISS<sup>16</sup>发布的Extracting CO<sub>2</sub> from the Air: Carbon Capture and Storage以五类主要的碳捕获和封存技术为评估对象，主要面向政策制定者和公众。

落基山研究所(RMI)<sup>17</sup>在其发布的《碳中和目标下的中国钢铁零碳之路》中运用的“钢铁脱碳评估”对钢铁行业长流程改造技术，以及短流程技术进行了评估，政府相关部门、钢铁企业均为其核心目标受众。

## 咨询公司

麦肯锡<sup>18</sup>发布的Version2 of the Global Greenhouse Gas Abatement Cost Curve评估了21个地区十个行业的清洁技术，为企业、学者、政策制定者提供针对不同行业技术的客观且统一的数据。

(市场情报平台)Net Zero Insights<sup>19</sup>开发的Climate Impact Metrics以政策制定者、企业和投资者为目标群体，专注于衡量各种太阳能技术的环境影响潜力。

Evolved Energy Research (EER)<sup>20</sup>发布了Innovation Impact Assessment，详见上述“非营利性组织/平台”分类。

## 2.1.2 评估目的

不同的评估体系对创新技术进行评估时，往往展现出各自独特的立场、目的。国内的评估体系文件通常较为规范、简明，多以筛选技术进而促进行业发展为主要目的，国外评估体系的评估目的大多与气候变化相关。

表 2-3 评估目的分类

评估目的	数量
促进技术商业化	3
识别技术优化机会	2
提供技术投资依据	3
提供政策制定依据	4
促进行业发展	7
引导国家气候战略	1

## 目的1：促进技术商业化

### 综合

广为人知的TRA提供了9个等级的技术成熟度评估框架，帮助DOE项目办公室确定技术的成熟度水平，以识别满足商业化条件或具有商业化潜力的技术。CARAT认为任何主体（实验室、院校和公司）的研究和开发，都必须考虑到终端应用市场，因此着重评估技术的商业化风险，目标在于提高实验室技术在商业上的可行性。

### 能源部门

由于是否规模化对能源政策目标十分关键，IEA认为TRL的9个阶段不足以说明能源技术的成熟度，故在其基础上针对技术的商业性和竞争力进行了等级补充，形成了Technology Readiness Level Scale评估框架，以充分评估能源领域技术的市场规模化程度。

## 目的2：识别技术优化机会

TRA在识别有商业化潜力的技术之外，还可在评估过程中发现技术的潜在风险，以达到优化技术性能使其满足预期标准的目的。同样的目的也存在于LCA，帮助识别技术在生命周期内的改进机会，以提高技术的环境影响表现。

## 目的3：提供技术投资依据

CRANE旨在为早期投资者、孵化器、加速营、政府部门、大企业等提供技术在气候变化影响潜力方面的数据，以帮助各类相关方作出投资决策。

《绿色技术评价导则》也指出其评估结果可作为金融机构或投资机构提供相应优惠鼓励政策的依据。此外，《科技成果评估规范》的评估目的中，也包括作为投融资过程中开展尽职调查的参考依据。

## 目的4：提供政策制定依据

《全球温室气体减排成本曲线2.0》旨在为政策制定者、研究者对不同行业技术的减排潜力提供统一的定量基础，以支持对减排行动、减排目标的讨论与政策制定。Innovation Impact Assessment旨在通过评估技术的降本能力与市场部署规模趋势，为政府在能源领域的R&D资金支持框架提供全

面、科学的参考依据。《绿色技术评价导则》以国家产业政策、技术政策和技术发展方向为参考依据界定评估对象范围，旨在为制定绿色技术评价标准提供总体指南。此外，LCA除了识别技术优化机会，也旨在为政府等其他组织制定环境政策、战略决策等方面提供科学依据。

### 目的5：促进行业发展

国内评估体系在评估目的上大多具有政策引导的特征，且多以筛选或推广合适的技术以促进行业发展为目的：《工业节能减排文件》旨在提高工业节能减排技术水平，推广相关技术应用、促进工业转型升级。《科技成果评估规范》主要是作为科技成果转移转化过程中技术筛选、交易的参考依据。《钢铁脱硫细则》对已建成并通过环保验收的行业内烧结烟气脱硫装置所对应的脱硫技术进行综合评价，以加快实施钢铁烧结脱硫工程。《玻璃工业评估》的目标则是填补玻璃工业低碳技术评估方面的空白，为玻璃生产企业推进温室气体的深度控制提供参考，以推动玻璃工业的低碳发展。《潮流能导则》希望促进潮流能发电向更可靠性、稳定的产业化方向发展。

在该目的类型下，国外评估体系的目的多加上了“低碳”标签：钢铁脱碳评估聚焦于中国钢铁行业在未来的低碳转型趋势、技术经济发展。Climate Impact Metrics以太阳能初创企业作为评估起点，衡量气候技术初创企业的环境影响潜力，以期能够促进净零排放目标的达成。

### 目的6：引导国家气候战略

Extracting CO<sub>2</sub> from the air: carbon capture and storage期待能够引发负排放技术在公众与政府层面的关注与讨论，旨在提高负排放技术在瑞士气候战略中的重要性。

21 节能减排评价方法(Energy Conservation and Emission Reduction assessment, ECER方法),由四川大学、清华大学、亿科环境科技等单位提出的基于LCA方法框架的生命周期节能减排评价方法,只对环境指标进行分析。

## 2.1.3 评估方法

评估方法指的是评估体系在文件中明确说明的,在进行创新技术评估时采用的具体方法。不同的评估体系文件提供的评估方式存在显著的差异。6个评估体系提供了相对精细的评估方法,形成了较为完整的评估方法架构;8个评估体系对评估方法的描述则相对较为笼统,仅给出采用评估方法的定义,但没有提供具体的使用指南。其余4个评估体系仅提供了评估维度,但对评估方法未作说明,故在本节不作展开。

### 6个评估体系提供了较为完整的评估方法

#### 评估体系1:《全球温室气体减排成本曲线2.0》

为了实现对不同行业技术提供统一定量基础的目的,《全球温室气体减排成本曲线2.0》在评估视角方面基于宏观区域层面,最小以国家为层级,在技术选取方面以欧盟碳市场的60€/tCO<sub>2</sub>为选取技术的边界标准,在数据方面,具体的行业减排趋势以行业内的标准文件或企业披露数据为依据,如石油与天然气行业的排放曲线基于国际能源署(IEA)、联合国气候变化框架公约(UNFCCC)、国际石油和天然气生产商协会和碳披露项目的数据。此外,模型还考虑技术随时间递减的机会成本、学习成本等因素变化,以提高评估体系的科学性。

#### 评估体系2:《工业节能减排文件》

基于其推广技术应用的目的,《工业节能减排文件》提供了从指标的确定、技术清单的选定到技术调查与评估的详细流程,全面指导行业如何筛选并评估节能减排技术。考虑到行业的复杂性,该评估体系在评估环节给出了四种详细的方法学以适应不同子行业的评估需求:

- **多属性综合评估**,通过数学建模(或算法),整合评估“反映能源效率”和“综合环境影响”的维度;
- **生命周期评估**,对产品生产的生命周期过程中产生的七项“十二五”节能减排约束性指标,按照节能减排评价方法(ECER<sup>21</sup>)进行节能减排评估;
- **成本效益分析**,用于衡量方案经济性,计算清洁技术的成本和效益;
- **专家辅助综合评估**,用于快速平行比较节能减排技术的综合水平。

22 表征因子 (Characterization Factor) 是生命周期影响评估 (LCIA) 中的一个关键概念, 用于将生命周期清单 (LCI) 中的物质流数据转换为具体环境影响类别中的影响值。它们是连接定量排放数据与环境影响的桥梁, 帮助评估不同排放物对环境的相对影响。

### 评估体系3: TRA

基于其识别技术风险, 进而对技术进行优化以达到预期成熟度的目的, TRA形成了有三个步骤的过程模型:

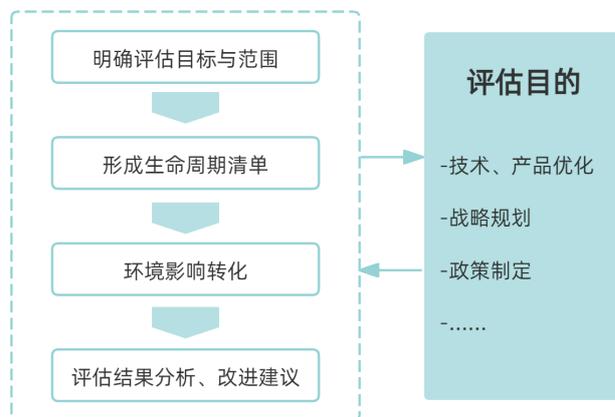
- **识别关键技术要素(CTE):** 指识别有风险的, 但对设施的成功运营至关重要的技术;
- **评估技术成熟等级(TRL):** 对技术进行成熟度等级评估, 评估测试应在适当的环境中进行, 所测试的技术应具有适当的规模和保真度;
- **制定技术成熟计划(TMP):** 如果CTE的TRL水平未达到每个关键决策级别期望的水平, 要通过进一步的行动使其达到预期成熟度。

### 评估体系4: LCA

作为评价环境影响的重要评估体系, LCA 评估方法较为复杂、严谨, 通常包括以下步骤:

- **明确评估目标与范围:** 确定评估目的与用途, 同时确定系统边界、功能单位, 以及假设和限制条件;
- **形成生命周期清单:** 在界定的范围内收集所有相关的输入 (如原材料、能源)、输出 (如排放物、废弃物等) 等环节的数据, 整理形成生命周期内各个环节的数据清单;
- **环境影响转化:** 将清单中的数据分配到不同的环境影响类别中 (如全球变暖潜力、酸化、毒性等), 再通过特定的表征因子<sup>22</sup> 将原始数据转化为环境影响数据;
- **评估结果分析并提供改进建议。**

图 2-1 LCA 的评估步骤与评估目的



LCA 为评估者提供系统的环境影响评估, 图中展示的是 ISO 于 2006 年发布的 ISO14040 中关于 LCA 的评估步骤与应用方向。

(来源: ISO)

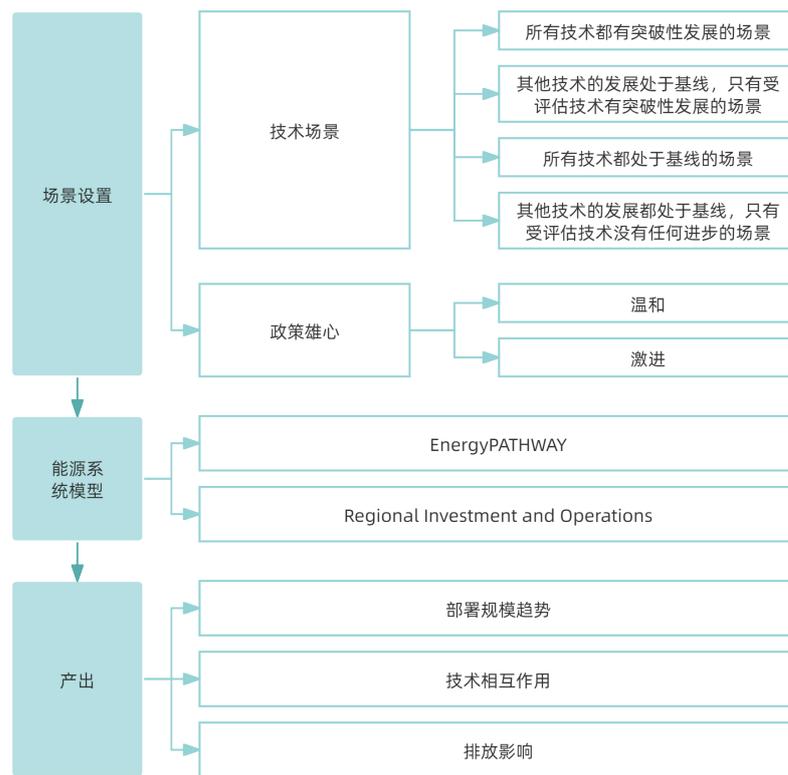
## 评估体系5: CARAT

CARAT认为对技术进行有效管理,使其成功实现商业化目标,除了TRA识别出的技术风险外,还需要对其商业采用风险进行评估。该评估工具对技术的四个核心风险领域的17个风险指标进行定性但基于事实的风险评估,从成本差异、应用可能性、市场接受度等因素入手,对各个指标的风险层级给出定性标准,并通过统计中风险和高风险指标的数量制作风险矩阵图,呈现某项技术能够被商业采用的成熟程度。

## 评估体系6: Innovation Impact Assessment

为了帮助政府在能源领域确定R&D资金支持的优先级,以促进经济的深度脱碳,Innovation Impact Assessment选择了15类具有前景的脱碳技术在设置的场景层面进行模拟。该评估体系分别评估每种技术在每个场景下,到2050年的部署规模和投资成本趋势,同时模拟2050年各项技术在部署规模方面的相互影响,为决策者做出最优R&D资金支持方案提供参考依据。

图 2-2 Innovation Impact Assessment 的评估过程



Innovation Impact Assessment 提供对能源领域各技术路线的部署规模与投资成本趋势、技术之间的相互影响等评估结果,图中展示的是该评估体系所进行的场景设置与模型运用的流程。

(来源: EER & EDF)

## 8 个评估体系仅对评估方法做出简要说明

国内体系中，《潮流能导则》和《新材料文件》直接以 TRL 作为评估依据，只对每一等级的评估标准进行定性说明。《绿色技术评价导则》给出 5 种评估方法的定义，在具体评估时按需选择方法，方法具体包括：标准对照法、类比分析法、专家判断法、实证评价法以及用户评价法。《经济价值指南》提供了收益法、市场法、成本法三种经济维度分析方法评估科技成果的经济价值，同时明确三种方法的操作步骤及需要考察的因素。《玻璃工业评估》运用层次分析方法对评价指标进行打分，并根据评估目的的侧重通过敏感性分析法调整指标权重，使结果更符合决策需求。

国外体系中，**Climate Impact Metrics** 为评估太阳能技术的环境影响潜力，以 1000 家左右的太阳能技术初创企业信息为评估的初始数据。**Technology Readiness Level Scale** 为响应能源领域对技术在部署规模上的重视程度，将 TRL 扩展成 11 个等级评估技术成熟度。**CRANE** 将内置的技术数据库模块化，构建了建模工具，通过修改相关参数，预测某一技术在全球范围内从当前时间到未来的发展趋势。

通过对调研的 18 个评估体系的相关方、评估目的与方法的观察，我们发现在评估相关方中，评估受众方面主要包括科研机构的研究者、相关行业的企业、投资人、政策制定者等，评估主体方面，国内主要为政府部门，国外的非政府组织在评估体系开发方面相对更加活跃。在评估目的上，国外体系对于评估目的的表述多与气候议题相关，国内评估体系的目的多数具有以政策为导向的特征。在评估方法上，给出了详细评估方法架构的体系仅有 6 个，多数体系只对方法进行了简要说明。

## 2.2

### 维度与指标分析

#### 要点展示柜

- 基于调研样本，大多数技术评估体系都会围绕“经济”“技术特性”和“环境”三方面进行评估：
  - “经济”维度中，75%的评估体系会使用“成本”类指标，在该维度中使用最为广泛；
  - “技术特性”维度中，评估技术在实际应用时的整体特点的软性指标（如“技术成熟度”“技术先进度”等，与技术的功能性能等硬性指标相对）的应用率最高，达100%；
  - “环境”维度中，“温室气体排放”类指标被使用得最为广泛，在该维度下，有70%的评估体系都使用该类指标。
- 在调研样本中，综合型评估体系（评估维度有5个及以上）相对较少，仅占17%，而聚焦型的评估体系数量居多（评估维度有1至2个），占比55%，其中，有半数聚焦型评估体系与气候议题高度相关，专注于评估技术在碳排放潜力、环境影响方面的表现。
- “环境”维度是在应对气候变化大背景下，评价技术对环境影响的重要维度。经梳理，我们发现国外的相关评估体系更注重“温室气体排放”类指标的设置，相比之下，国内更注重“污染物排放”类指标。通过深入挖掘相关评估体系的发布年份，我们进一步观察到相比于国内，国外相关评估体系发布主体更早且更加普遍地关注气候议题，而可能由于政策的差异与国家发展阶段的不同需求，中国早期更注重发展与减污，与气候议题高度相关的评估体系则较晚出现。
- 将视角聚焦于气候相关的技术评估体系，我们发现可能受目前全球气候融资趋势影响，调研的气候相关评估体系超过80%均为“减缓”技术评估，仅有2个可对“适应(Adaptation)”技术进行评估，但其中一个的指标并非针对该类技术进行定制化设置，另一个也因“适应”相对更难量化，而在实际操作中更多针对“减缓”技术展开评估。

表 2-4 18 个评估体系分类列表

技术评估体系名称	综合性分类	是否属于气候技术评估	“减缓”与“适应”倾向
潮流能发电装置技术成熟度评估导则	●	○	减缓
玻璃工业低碳技术减排潜力及环境影响评估分析	●	○	减缓
绿色技术评价导则	●	○	双重倾向
科技成果经济价值评估指南	●	×	/
科技成果评估规范	●	×	/
新材料技术成熟度等级划分及定义	●	×	/
工业节能减排技术评估指标体系与评估方法	●	×	/
钢铁行业烧结烟气脱硫工艺技术后评估实施细则	●	×	/
商业采用成熟度评估工具 Commercial Adoption Readiness Assessment Tool	●	×	/
从空气中提取二氧化碳：碳捕集和封存 Extracting CO <sub>2</sub> from the Air: Carbon Capture and Storage	●	○	减缓
气候影响矩阵 Climate Impact Metrics	●	○	减缓
创新影响评估 Innovation Impact Assessment	●	○	减缓
长流程钢铁脱碳技术评估	●	○	减缓
技术成熟度量表 Technology Readiness Level Scale	●	○	减缓
新企业碳减排评估 Carbon Reduction Assessment for New Enterprises	●	○	减缓
技术成熟度评估 Technology Readiness Assessment	●	×	/
全球温室气体减排成本曲线 2.0 Version2 of the Global Greenhouse Gas Abatement Cost Curve	●	○	减缓
生命周期评估 Life Cycle Assessment	●	○	双重倾向

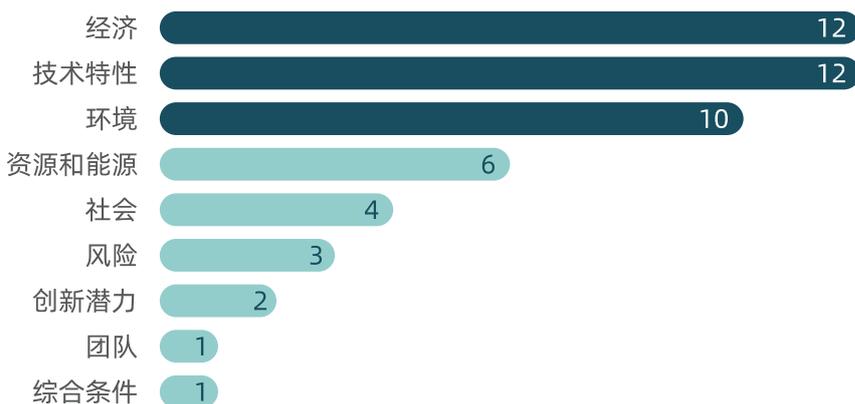
- 综合型
- 半综合型
- 聚焦型

## 2.2.1 维度分析

基于调研的18个技术评估体系的一级指标分类方式，我们将这些体系所包含的评估维度分为“经济”“技术特性”“环境”“资源和能源”“社会”“风险”“创新潜力”“团队”和“综合条件”9种，并对其所包含的细分指标按照以上分类进行了汇总统计。关于各维度所包含的指标类型，详见“2.2.2 指标概览”中各维度详情。

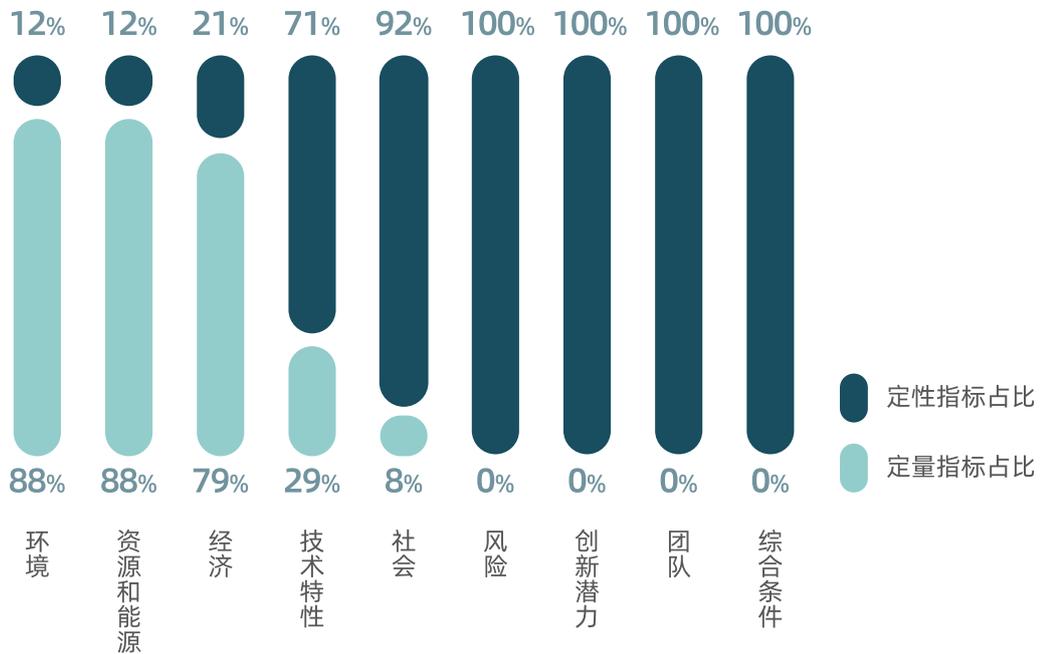
如图2-3，包含“经济”“技术特性”和“环境”这三方面维度的评估体系数量最多，在所有调研的体系中均超过半数。相比之下，包含“资源和能源”与“社会”两个维度的评估体系数量相对较少。

图 2-3 各类维度被 18 个评估体系纳入的情况



从各维度的定量与定性指标占比情况来看，“环境”“资源和能源”与“经济”三大维度更倾向于使用定量指标进行评估。在其余六大维度中，定性评估方法占据主导地位。我们发现，“技术特性”维度的定性指标主要为成熟度、先进性、普适性等展现实际应用特点的指标，同时，该维度约46% (11/24) 的定性指标均为“技术成熟度”，在国内外评估体系中均使用广泛。

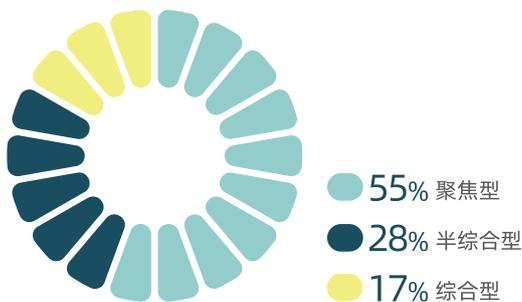
图 2-4 基于调研的 18 个评估体系，各维度所含定性指标与定量指标占比统计



通过进一步观察每个评估体系的定性定量指标设置，我们还发现定性指标占主导地位的仅有 7 个，其余 11 个评估体系的定量指标占比均超过六成，在整体上呈现“定量为主，定性为辅”的特点。

根据汇总出的 9 种维度，我们进一步将调研的每个评估体系按照其所包含的维度数量分为“综合型”（即该评估体系包含 5 个及以上维度）、“半综合型”（即包含 3 至 4 个维度）、“聚焦型”（即包含 1 至 2 个维度）三类，更加直观地呈现这些体系在维度层面的综合程度。

图 2-5 18 个评估体系的综合性分类统计



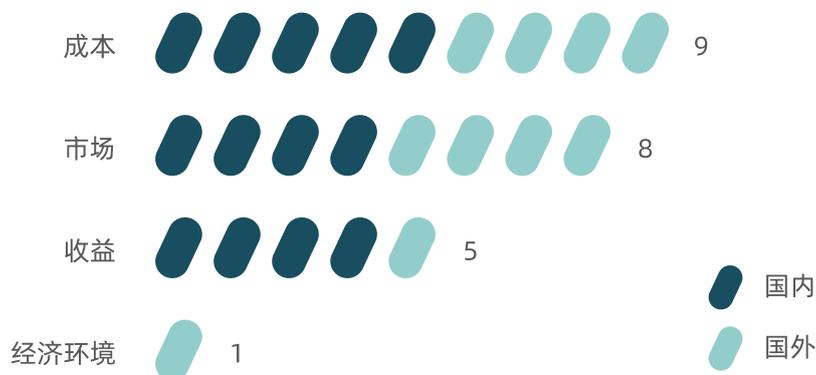
从图中我们可以看出，综合型的技术评估体系相对较少，专注于少量维度的聚焦型评估体系相对较多。另外，10 个聚焦型评估体系中，有超半数与气候议题高度相关，专注于评估技术在碳排放潜力、环境影响方面的表现，有三分之一更专注于“技术特性”维度的评估。

## 2.2.2 指标概览

### 经济维度

基于18个调研样本，经济维度主要包含“成本”“收益”“市场”以及“经济环境”相关的四类指标。12个包含经济维度的评估体系中，有9个涉及“成本”类指标，评估体系覆盖率最高，达75%（9/12），其次为“市场”类指标，在经济维度中有六成的评估体系包含该类指标。

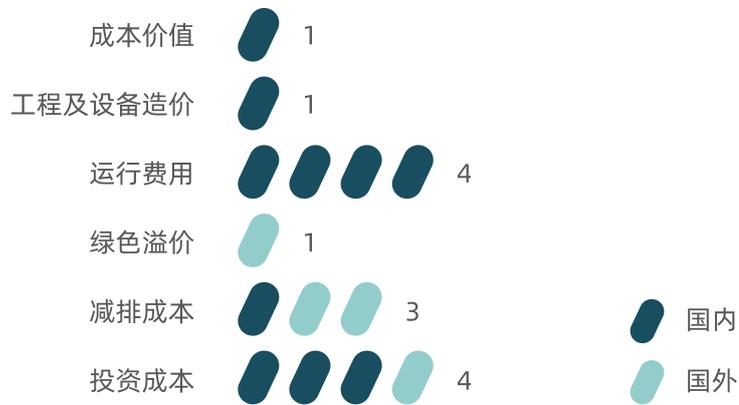
图 2-6 各类经济指标类型被 12 个含有经济维度的评估体系纳入的情况



为了解国内外在设置指标时的偏好差异，我们将各类指标根据发布主体所属国别，按照“国内”“国外”进行了区分，发现“成本”和“市场”类指标均受到了国内和国外较高的关注度（关于两类指标下细分指标的深入观察，详见“2.2.3 经济指标”）。其中，“成本”类指标在国内和国外含有“经济”维度的评估体系中，使用频率分别约为 83%（5/6）和 67%（4/6）。同样的，“市场”类指标在国内和国外的使用频率均为 67%（4/6），略低于“成本”类指标。此外，国内的评估体系也给予了“收益”类指标一定的关注。

在使用频率最高的“成本”类指标中，最常使用的指标有“投资成本”“运行费用”和“减排成本”三种，在包含“成本”类指标的 9 个评估体系中，数量占比分别约为 44%（4/9）、44%（4/9）和 33%（3/9）。

图 2-7 成本类指标中各细分指标的国内外评估体系数量统计



在“经济”维度下，国外的6个体系均与气候议题高度相关，关注气候技术的各类经济指标，国内仅有2个体系与气候议题强相关。通过进一步观察使用最为广泛的“成本”类细分指标，发现国内对“运行费用”和“投资成本”指标相对更感兴趣。

通过细分指标观察，我们还发现这些评估体系中的经济维度多聚焦技术本身所带来的成本或收益（趋势），较少有将宏观经济环境，如化石燃料价格变化、技术的相互影响、跨区域合作、政策环境影响等因素纳入模型或作为指标计算公式的变量进行考量。

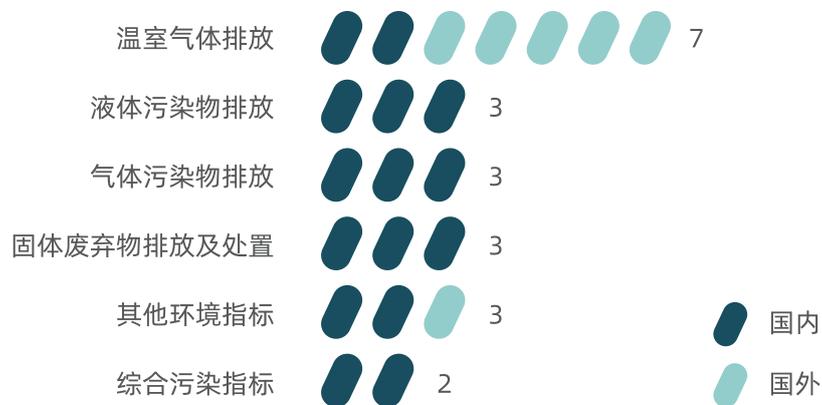
与成本和收益类指标不同，市场指标对宏观环境的影响相对更为关注，尤其是在涉及到“市场普及率”“市场规模”“市场装机容量”等指标，多有对未来市场变化的预期。但除了 Innovation Impact Assessment 将政策雄心影响与技术的不同发展场景两大因素嵌入了模型，其他评估体系均未明确其在模型中或指标计算公式中有哪些关于影响未来市场变化预期的因素。

但在与创新技术企业的合作和交流中，我们发现创新技术的未来发展趋势是他们在商业洽谈中的一项重要内容，宏观经济因素如政策对经济大环境的影响、化石燃料价格的变化、区域经济发展与合作等均是影响其技术未来经济指标数据的重要因素，创新技术的长期、健康发展也因此需要对宏观经济因素给予适当的关注。

## 环境维度

根据观察，环境维度可汇总得到包含“温室气体排放”“液体污染物排放”“气体污染物排放”“固体废弃物排放及处置”“综合污染指标”（如对生态系统的影响，和在减污、保护生态、应对气候变化方面的综合环境作用）以及“其他环境指标”（如二次污染、臭氧损耗Ozone depletion、环境毒性Ecotoxicity、电离辐射Ionizing radiation等）共6类指标；

图 2-8 各类环境指标被 11 个含有环境维度的评估体系纳入的情况



如图 2-8 所示，在 11 个含有环境维度的评估体系中，“温室气体排放”类指标被使用得最为广泛，体系覆盖率达 70% (7/10)。而在“温室气体排放”类指标中，设置“减排”相关指标的体系相对较多，共有 6 个，设置“排放”相关指标的体系则相对较少（关于该类指标下细分指标的深入观察，详见“2.2.3 环境指标”）。含有液体、气体污染物排放、固体废弃物排放及处置和其他环境指标的评估体系数量持平，占比均为 30% (3/10)。

从国内外指标设置偏好角度来看，国外在环境类指标的设置中更注重“温室气体排放”类指标。经统计，5 个含有环境维度的国外评估体系全部都含有“温室气体排放”类指标，而 5 个国内的评估体系中，只有 40% (2/5) 含有该类指标。相比之下，国内更注重污染物排放类指标，设置了气、液、固废的排放和处置相关指标的国内评估体系占比达 90% (4/5)。

## 技术特性维度

根据技术与实际应用场景的相关性，我们把围绕技术特性设置的指标分为两类，一是**技术硬性指标**，指针对技术性能、功能等设置的，与实验、试验等相关的指标，该类指标多为技术的各项参数，以定量指标为主，但由于各类技术存在行业特性，所以通常情况下该类指标的跨行业普适性较弱；二是**技术软性指标**，指针对技术在实际应用时展示的整体特点，如先进性、成熟度、普适性、合规性等，该类指标只有在实际应用场景下才有意义，且均为定性指标。

经观察，设置了技术硬性指标的共4个评估体系，相比之下，含有“技术特性”维度的12个评估体系均设置了技术软性指标，其中“技术成熟度”和“技术先进性”两种指标的评估体系覆盖率相对更高，分别约为92%（11/12）和33%（4/12）。可以看出，软性指标在评估体系中的应用更为广泛，综合考量技术性能功能与应用场景特点的评估体系相对较少。

图 2-9 技术硬性与软性指标被 12 个含有技术特性维度的评估体系纳入的情况

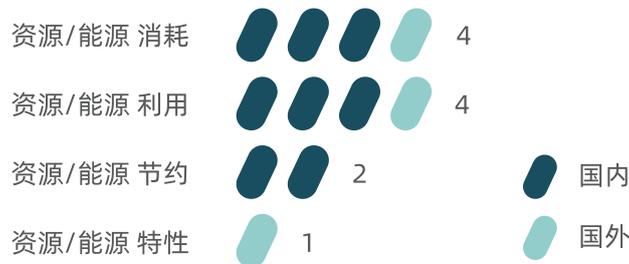


经观察，国外的评估体系更注重技术软性指标，5个国外的体系均设置了相关指标，但其指标设置较为单一，仅有“技术成熟度”和“过渡性”指标两类，后者仅有一个评估体系涉及，主要关注某项技术在完全实现之前是否有过渡性的解决方案替代，以更好地与现实接轨。而国内对于软性指标的设置则更为多样，除了“技术成熟度”和“技术先进度”之外，部分评估体系还设置了“技术普适性”“技术目标达成度”“技术合规性”“技术国产化水平”以及“技术可靠性”等指标，相对更为全面地了解技术的发展情况，让技术的应用特点更加立体。

## 资源和能源维度

“资源和能源”维度主要包括“资源/能源消耗”“资源/能源利用”“资源/能源节约”以及“资源/能源特性”四类指标。在含有该维度的评估体系中，4个设置了“资源/能源消耗”相关指标，其中3个均设置了电耗、煤耗等能源介质消耗指标。另有4个评估体系考虑了“资源/能源利用”类指标，包含原材料的利用以及资源能源的再利用指标，其中，《工业节能减排文件》将利用类指标设计得最为详尽，涉及到循环水重复利用、固体废弃物再生利用、产品及副产品的相关指标。相比之下，仅有1个评估体系涉及到“资源/能源特性”，其指标设计为“资源可得性”。

图 2-10 各类资源和能源指标被 6 个含有该维度的评估体系纳入的情况



根据观察，国内的评估体系相对更看重“资源和能源”维度，并在指标设置上更倾向于在“消耗”与“利用”两个方向进行设计。而设置相关指标最为多样、全面的要数《工业节能减排文件》，该体系在“消耗”类指标中对原料消耗、辅料消耗、能源介质消耗、能耗物耗水平等均进行了评估，在“利用”类指标中更关注再利用方面的指标评估。

相比之下，国外评估体系在技术的能源资源方面关注较少，2个含有“资源和能源”维度的国外评估体系一个关注“水资源利用”与“煤、石油和可再生能源等资源消耗”，另一个关注资源的可获得性，设置的指标相对更加宏观。

## 社会维度

通过汇总整合，18个样本中所涉及到的“社会”维度主要包含以下几类指标：一是对就业、教育以及健康等民生问题的影响，二是对行业以及对不同技术产生的影响，三是对国家与公共安全方面的影响，四是对法律法规、政策、文化的影响，五是对农村地区、民族区域、边远及贫困地区发展的影响，六是对防灾减灾的影响。

23 公正转型(Just Transition)是指在向绿色低碳经济转型过程中,确保所有人都能公平地分享转型的收益,同时尽量减少转型的负面影响。它强调在经济、社会和环境三个维度上实现可持续发展。

总体来说,将“社会”维度纳入评估的体系相对较少,在所有调研的体系中仅占22%(4/18)。各类指标中,被纳入较多的指标设置方向是技术对就业、教育、健康等的民生影响,其次是对产业技术水平,或对不同技术的影响,对国家与公共安全的影响也同样相对更受关注。

在应对气候变化的大背景下,“公正转型<sup>23</sup>”的概念越来越成为国家、区域及企业在可持续发展、低碳转型过程中的关注重点,其社会层面的含义主要包含在转型的过程中,确保社会群体在就业、社会福利、教育等方面的公平受益,与此间“社会维度”中技术对就业、教育、健康等的民生影响较为相像。

但基于对调研样本的观察,我们发现各体系尚未形成明确的“公正转型”评估意识,即使有类似指标的设置,对此概念的重视程度也有待提升。不过,我们能看到目前国内对于“公正转型”的相关研究、政策、措施正在不断加强和完善。2023年,山西省大同市还联合中国邮政,落地了中国首笔公正转型贷款,贷款部分资金用于给一家以煤炭生产和火力发电为主的企业的员工提供再培训,提高员工专业技能与就业能力。

值得注意的是,2022年,Principles for Responsible Investment (PRI) 联合商道融绿发布《投资实现公正转型:对中国制定公正转型披露框架的建议》,报告中拟议了公正转型披露框架,并希望该框架能被纳入中国现行的ESG披露框架中,倡导投资者加入“公正转型”视角,通过投资推动中国低碳转型中的社会公正。

### 风险维度

经统计,“风险”维度主要包括“市场风险”“资源风险”“技术价值风险”“政策/公共环境风险”,以及“综合风险”五大类风险指标,且所有指标均为定性指标。

只有3个调研的评估体系将“风险”维度纳入了评估。其中,两个体系在该维度下的评估指标方向基本一致,均设计了市场、资源、技术价值和政策/公共环境风险相关指标。但两个体系中,美国能源部发布的商业采用评估工具CARAT专门针对技术采用的风险进行评估,其指标设计更为细致,具体介绍详见“2.3.2 案例二”。

在ESG理念被广泛认知的今天，越来越多的企业将ESG战略贯彻到日常的经营管理和商业模式中，致力于加强环境、社会和公司治理方面的表现与风险管理能力，进而提高企业的ESG评级。在调研过程中，部分技术评估体系如CARAT的风险指标设置涵盖了技术性能与价值等“环境”风险，人力等“社会”风险，市场、供给侧、资金、政策与监管环境等与“公司治理”相关的风险，能够有效为企业识别相关风险并及时应对，在一定程度上提高企业的风险管理能力。

### 创新潜力维度

“创新潜力”维度主要涉及以下两类指标：一是“技术创新度”，由中国科技评估与成果管理研究会发布的科技成果评估规范中，明确列出技术创新度等级表，用于考量某项科技成果在特定地域范围以及应用领域范围内有无创新点的情况；二是知识产权相关指标，围绕知识产权对其保护范围、强度、实效性、不可规避性等进行评估。

在调研的评估体系中，只有2个含有该维度，且均涉及“技术创新”和“知识产权”相关指标。可以看出，“创新潜力”维度很少出现在技术评估体系的考虑范围之内，且其指标类别也相对较为单一。

### 团队维度

根据观察，在所调研的评估体系中，仅有一个专门为“团队”维度设计了相关指标，主要考察团队的“研发能力”“商务能力”“团队完整性”与“团队稳定性”四个方面。该体系是由中国科技部科技评估中心提出、中国科技评估与成果管理研究会归口的团体标准，旨在标准化评估科技成果，以促进科技成果转化，团队是科技成果转化必不可少的推动者，因此在团队方面设计了相关指标进行考察。

在产业方与创新技术企业的对接工作中，我们意识到“团队”是产业方在评估筛选创新技术时非常重视的维度，因为相比于产业企业，创新技术企业团队往往缺乏更高的稳定性与完整性，而技术的长期健康发展需要团队具备高度专业性、创新潜力与角色结构的完整性。

## 综合条件维度

“综合条件”指技术在应用场景下的自身发展潜力与外部发展条件，主要包含以下两类：一是优势，即发展某项技术的内部或外部有利条件等；二是局限性，即某项技术在发展的过程中遇到的来自技术、资源、社会等方面的制约。仅有1个评估体系将该维度纳入了评估，一般使用定性方法评估。

### 2.2.3 Deep Dive

#### 指标解析

##### ◆ 经济指标：成本类

经汇总，9个包含成本类指标的评估体系中，共设有相关指标16个。其中，除了一个负排放技术影响分析的成本指标为定性指标，描述相关技术的成本区间，其余15个均为定量指标，但公开定量计算方式的只有3个，分别是《全球温室气体减排成本曲线2.0》的“减排成本”、《工业节能减排文件》的“投资成本”和“运行费用”。

“投资成本”方面，《工业节能减排文件》中的“投资成本”指的是年度投资成本，即将初始投资成本通过利率进行折算，同时明确初始投资成本包含了使用该项技术所需要的购置费用、设备安装费用、工程建设费用以及其他在初始投资过程中发生的相关费用。而《玻璃工业评估》中的“投资成本”指的是技术所必需主要设备和基础设施的一次性投资，并未将利率计算在内。另一份国内的《绿色技术评价导则》中也有“投资成本”指标设置，但并未给出相关释义。Innovation Impact Assessment也包含类似指标“投资成本”(capital cost)，但其更注重变化趋势，呈现2020至2050年间的成本变化轨迹，该指标的数据主要参考NREL、IRENA、IEA发布或发表的权威报告、论文以及其他文献。

再来看“减排成本”，《全球温室气体减排成本曲线2.0》中的“减排成本”(abatement cost)是相比于“基线情景”(Business as Usual, BAU)，低碳技术减排1公吨温室气体在当年所花费的成本溢价。但是指标的计算仅给出了基本公式，并没有针对公式中变量的计算方式进一步地公开，如只明确公式中的“Full cost of CO<sub>2e</sub> efficient alternative”包含投资成本、运行成本，以及可能的成本节约，但不包括交易成本、税收或对经济的连带影响（如技术领先带来的经济优势等）等因素，同时也明确由于国家间的税收、补贴、利率等成本构成存在差异，该指标并非适用

于决策者，也因此不存在一个全球的决策者视角；由中国建筑材料科学研究总院提出的《玻璃工业评估》中的“单位减排成本”则没有BAU的限制，根据其对该指标的描述，即“减排单位CO<sub>2</sub>排放量所需成本”，并非BAU情况下的成本溢价，无需计算并减去BAU情况下的成本投入。

根据统计，成本类指标中有4个指标涉及“运行费用”。《工业节能减排文件》中，将技术运行过程中需要的年能源/资源成本、年原辅料成本等作为“运行费用”的主要变量。《玻璃工业评估》中涉及的指标名称为“运行维护成本”，虽未给出具体计算公式，但明确描述其为“技术所需原材料、水、电等运行费用和日常维护费用”，增加了日常维护费用。由节能司发布的《钢铁脱硫细则》，以及中国标准化协会发布的《绿色技术评价导则》中也列出了“运行费用”作为评估指标之一，但未给予明确的描述。

### ○ 相关前沿文献

2023年，Sustainable Energy & Fuels Karlsruhe Institute of Technology 卡尔斯鲁厄理工学院的 Institute for Technology Assessment and Systems Analysis (ITAS) 研究发表了一篇关于能源技术可持续性评估体系的文章，其中采用了平准化总成本 (Levelized Total Cost) 这一指标，按照产品的全生命周期将成本分为三种类型——“Capital Expenditures (CAPEX)” “Operational Expenditures (OPEX)” “End of Life Expenditures (EOLEX)”，该指标的公式中包含了前两种类型的成本支出，并明确不包含外部性成本 (external cost)、税收以及补贴。

其他成本类指标中，“成本价值”指标并未给出明确的定义，是一种衡量科技成果转化和应用中获得的经济利益的货币衡量形式，是经济价值从成本角度的体现。虽然该指标没有明确其计算方式，但给出了评估成本价值所需要进行的步骤，即（1）选择具体估价路径；（2）测算重置成本或重建成本；（3）测算实体性、功能性、经济性贬值；（4）计算成本价值。并明确可作为独立研发项目进行重新研发的评估对象更适宜成本价值的评估。Climate Impact Metrics中的“绿色溢价”(Green Premium)主要指煤/气产电和太阳能发电之间的年均成本差异。“工程及设备造价”指标的计算方式并未公开，且其指标设置高度依赖应用场景、评估的技术对象，相对更具个性化。

通过深入了解指标的含义与计算方式，我们发现：不同指标虽然有时计算公式不同、名称不同，但确实表意和指代相同，计算过程也包含了同样的变量。但由于不同评估体系设计的初衷、逻辑不同，会导致某个指标本身的设计与计算的逻辑具有与众不同的特性。

### ◆ 经济指标：市场类

在“市场”类指标下，8个评估体系共设置了相关指标11个。其中4个指标为定性指标，描述技术的市场定位、市场前景等，7个为定量指标，均未公开具体算法。但7个定量指标中，有5个明确了指标含义，其中1个给出了评估方法步骤，1个提供了修改模型数据的渠道，1个介绍了相关模型。

由《经济价值指南》提出的“市场价值”指标同“成本价值”一样，是科技成果经济价值在市场角度的体现，虽然没有提供具体的计算方式，但对于其评估步骤、应用时的考虑因素等均有较详细的描述，明确指出计算该指标的科技成果应有一个充分发育的、活跃的、公平的、信息透明的交易市场，且能在市场上找到与其相同或类似的交易案例，并给出主要的评估步骤：（1）搜集交易实例；（2）选取可比实例；（3）建立比较基础；（4）进行交易情况修正；（5）进行市场状况调整；（6）进行成果状况调整；（7）计算市场价值。

《玻璃工业评估》中提出的“应用潜力”指的是到2030年该技术可以达到的市场普及率。类似的指标如CRANE在其工具中展示的“预期市场规模”（Serviceable Obtainable Market），指的是新技术在未来（年限可自定义）能够抢占的市场规模，未来每年的规模数据均可根据评估者所在公司自身的影响力，或对技术潜在影响力的判断而更改，进而生成自当下至设定的未来年限间的预期市场规模变化曲线。但该指标主要用于计算技术的减排潜力。

还有两个指标涉及到部署规模，一个是Climate Impact Metrics设置的“装机容量”（Installed Capacity）指标，表示各个太阳能技术的总装机容量，另一个是Innovation Impact Assessment的“部署”（Deployment）指标，主要表示在假设的场景下，技术到2050年间的部署规模。前者是一个相对静态的部署规模数据，相比之下，后者是一个动态的变化曲线，运用EnergyPATHWAY（EP）和Regional Investment and Operations（RIO）两个模型进行边界条件的确认与优化，在假设的两种政策雄心背景与四个技术发展场景下，分别模拟各个能源系统内新技术的部署规模变化，同时，也明确该指标并没有包含化石燃料价格、地质封存潜力、区域合作假设、电力和燃料部门之间的耦合等会影响技术部署的敏感因素。

Innovation Impact Assessment 将场景分为政策雄心场景和技术发展场景两类。该体系首先将场景按照政策雄心（Policy Ambition）分为温和（Modest）和激进（Aggressive），分别代表“到2050年碳排放是2020年排放水平的一半”以及“到2050年实现净零排放”两个场景。再根据

技术的发展情况分为 4 个场景，分别为：

- 所有技术都有突破性发展的场景；
- 其他技术的发展处于基线，只有受评估技术有突破性发展的场景；
- 所有技术都处于基线的场景；
- 其他技术的发展都处于基线，只有受评估技术没有任何进步（no progress）的场景。

通过对比不同场景下各技术的部署规模，呈现技术在 2020 年至 2050 年间的部署轨迹，可视化场景差异。

### ◆ 环境指标：温室气体排放

关于计算方法

含有“温室气体排放”类指标的7个评估体系共涉及8个细分指标，其中7个指标使用定量方法进行评估，1个运用定性方法进行指标评价。虽然采用定量分析方法的指标相对较多，但直接对外公开计算公式的却只有2个指标，他们是属于Prime Coalition和Rho Impact共同研发的CRANE的两项指标：“单位影响”（Unit Impact）和“年计划影响”（Annual Planned Impact）；使用文字描述计算方法，但并未给出具体公式的有1个，即《全球温室气体减排成本曲线2.0》的“减排潜力”（Abatement Potential）。

CRANE主要用于评估某项技术的气候影响力，该评估工具设置了“单位影响”（Unit Impact）指标，即温室气体减排密度，将现有技术单位市场规模的排放量（Incumbent Unit Emissions）减去新技术单位市场规模的排放量（Solution Unit Emissions），用于观察某项新技术单位市场规模的温室气体减排量，便于不同技术之间，以市场规模为单位，通过排放密度进行排放强度的比较。其温室气体减排量指标“年计划影响”（Annual Planned Impact），即通过“单位影响”（Unit Impact）与“预期市场规模”（Serviceable Obtainable Market）的乘积，获得某年份在已抢占的市场规模下能够减少的温室气体排放量。

《全球温室气体减排成本曲线2.0》的“减排潜力”（Abatement Potential）指标指的是排放量基线（Emissions Baseline）与各项技术应用后的排放量之间的体积差（Volume difference）。其中，“排放量基线”根据如特定矿物燃料的碳强度、基础原料的生产量或单位交通工具的燃料消耗量等若干驱动因

素计算得到。各项技术应用后的排放量的量化数值通常由文献或专家讨论决定。

此外，基于LCA评估的计算过程会涉及到各类“因子”（如温室气体排放因子、毒性特性因子等），这些“因子”的计算通常可以追溯其来源，如科研文献、权威国际组织、政府机构、行业标准和指南等，因此其计算方法可自定义或来源可追溯。

### 关于场景设置

值得注意的是，8个指标中有5个设置了（或可以灵活设置）场景，以对比不同场景下技术使用的价值，或更科学地体现外部环境的变化对技术减排潜力的影响。5个中有1个主要以是否配合使用碳捕捉与封存技术（Carbon Capture and Storage, CCS）为场景，预估技术减排潜力，另1个为全生命周期评估，可根据具体需求定制化场景计算碳排放量，其他3个指标涉及到2种场景设置如下：

《全球温室气体减排成本曲线2.0》设置了基线情景，该场景中的关键假设包括但不限于发达国家GDP年增长率为2.1%、发展中国家GDP年增长率为5.5%、全球人口年增长率为0.9%（发达国家0.2%、发展中国家1.1%）、油价每桶60美元等。此外，在能源部门方面还设置了两个场景。一是假设到2030年，每种低碳技术在每个地缘市场上都能充分发展到它们的最大预估潜力，当然，每种技术的潜力大小取决于其相对成本竞争力，以及每个国家在2030年前对新发电容量的需求。二是相对保守的场景设置，即假设主要的可再生能源技术（如风能、太阳能光伏、生物质能等）和核能的增长速度为上一场景中的50%，同时，在该场景下，会建设更多基于化石燃料的发电容量，其中部分将配备CCS技术，对比两种场景下，能源部门各技术的减排潜力。不仅如此，由于各项技术的减排潜力和成本对能源价格、利率水平的变化较为敏感，还可以通过设置不同能源价格、利率等场景，模拟技术的减排情况。

CRANE的两项指标均设置了技术应用的场景，但仅用“更高”(Higher)、“中等”(Mid)、“更低”(Lower)进行不同场景差异的可视化展示，并未进一步阐明三种场景所代表的含义。

与没有设置场景的指标相比，有场景设置的指标考量的因素更多，如市场的变化、政策的激进程度以及其他技术的影响等，但需要注意的是，由于各个场景的叠加多基于假设，有无场景设置无法成为评判指标是否更加专业、科学的标准。

### ◆ 技术特性指标：技术先进度

值得注意的是，由中国科技评估与成果管理研究会发布的关于科技成果评估的评估体系中，“技术先进度”指标设计了详细的技术先进度等级表，将科技成果的核心性能指标或功能参数值，与包括国家到企业标准、权威媒体报道或第三方检测、国内外专利、国内外核心期刊的发表论文等数据进行比较，或由专家组对相应技术指标进行讨论，将先进性按照由低到高的顺序分为7个等级进行指标评价。

该等级表的设置与技术成熟度的等级评价方法相类似，将各等级的准入标准事先进行规范，再根据所制定的标准进行定性评价，最终获得相应的等级编号。等级表虽无法完全避免人为干扰因素，但其制定在一定程度上使得评分标准边界清晰，且评价依据相对而言可追溯，同时，也明确了“先进”的概念，规范了该指标的含义与评价标准。

### ◆ 技术特性指标：技术成熟度

2020年，国际能源署因认为由美国能源部(DOE)提出的TRL已不足以满足能源政策目标，对其进行了改进，将原本的9个技术成熟度等级延展至11个等级，延展的两个等级分别为：

- TRL10: 技术已经商业化并具有竞争力，但当以一定规模进行部署时，为了融入能源系统和价值链仍需进一步的创新努力
- TRL11: 技术已经获得可预测的规模增长

可以看出，新增的两个等级在原第9等级的商业化基础上，进一步对技术的部署规模进行了分类评价，进一步强化了“技术成熟度”指标对技术在商业化规模上的评价能力。

## 气候技术合集

随着气候变化对环境、经济等方面的影响日益加剧，全球对气候技术的关注与投入都在不断增加，尤其是减缓技术。根据Climate Policy Initiative (CPI)，2021/2022年气候减缓相关融资在全球气候融资总额中占比高达91%。如何科学选择合适的气候技术进行投资、合作等决策，越来越成为各界关注的话题。为进一步了解气候技术相关的评估特点，我们针对与气候议题高度相关的评估体系展开了观察。

在18个调研的评估体系中，有11个体系与气候议题高度相关，针对各行业

的气候技术展开相应评估。在这些气候相关的体系中,有3个来自中国的评估体系,分别属于聚焦型、半综合型与综合型体系,8个评估体系来自国外,包含5个聚焦型、2个半综合型和1个综合型体系,整体以聚焦型评估体系为主,聚焦环境影响、经济与技术特性三方面的评估。

由于在工作中主要涉及气候技术中“减缓”与“适应”两大类技术,我们就评估体系的“减缓”与“适应”倾向对目前的调研样本做了进一步统计。与目前全球气候融资呈现的数据相一致,在调研的气候相关体系中,超过80%的体系均为“减缓”技术评估,它们或是在指标设计上直接评估技术在“减缓”方面的作用,或直接针对“减缓”技术开展评估。仅有2个评估体系对所评估的技术没有明确的“减缓”或“适应”倾向,其中一个在其绿色技术分类表中,除了“减缓”技术,有关环境治理、生态保护、灾害防控等“适应”技术也同样是其评估的技术对象,不过该评估体系并未对“减缓”“适应”技术的评估指标作出明确的区分。另一个虽然也可以对技术在“适应”方面的作用进行评估,但由于“适应”的相关指标相对更难量化,在实际应用中也更倾向于“减缓”方面的评估。

### 那我们应该如何评估“适应”技术?

2001年,联合国气候变化框架公约UNFCCC在第7次缔约方大会(COP7)中正式提出Technology Needs Assessment (TNA)概念,后在发展中国家开展“减缓”和“适应”技术的需求评估工作。2010年,联合国开发计划署(UNDP)正式发布*Handbook for Conducting Technology Needs Assessment for Climate Change*(下称“TNA手册”)用以“帮助各国针对技术需求作出非正式的决定”,提供系统的方法来识别并确定所需技术的优先级,进而评估、推广优先的减缓或适应技术。

在确定技术的优先级后,TNA手册还分解了对技术进行评估所需的步骤,其中提出了部分用于评估减缓与适应技术的标准(Criteria),并指出这些标准需要被充分定义:

- 对国家优先发展领域(环境、社会、经济优先发展领域)的贡献;
- (减缓)技术的温室气体减排潜力;
- (适应)技术对减低气候变化脆弱性的贡献潜力;
- 技术投资的生命周期成本(即考虑前期投资成本与运行维护成本);
- 技术投资的利润或收回成本的潜力(如内部投资回报率和净现值)

同时, TNA 手册中也建议了可以添加的其他评估标准, 如市场潜力等。以此作为参考, 也对比目前调研的各减缓技术评估体系, 适应技术与减缓技术评估的主要差异在于其环境影响类指标, 前者是对减低气候变化脆弱性的贡献潜力, 但并未给出具体的定义。

在评估方法上, 为解决在评估过程中多个利益相关者意见不一致, 进而导致评估结果存在不确定性的问题, TNA 手册提供了多准则决策分析法 (Multi Criteria Decision Analysis, MCDA), 允许参与评估的利益相关者通过讨论达成共识, 统一意见。同时, 结合敏感性分析, 检验评估结果在场景变化、权重差异等影响评估结果的内外不确定因素影响下的稳健性。

为进一步了解相关指标的设计特点, 我们将对气候相关评估体系关注较多的“环境影响”“经济”与“技术特性”三方面进行深入挖掘。

### ◆ 环境影响观察

我们将环境影响相关的指标 (含资源能源类指标) 基本分成了“正向环境影响”与“负向环境影响”两大类指标, 前者代表从积极的角度出发, 评估技术对环境的友好程度, 如“温室气体减排量”“废弃物利用”“污染物去除率”“清洁能源使用比例”等指标, 后者的指标设置则相对消极, 评估技术对环境的损耗程度, 如“温室气体排放量”“臭氧损耗”“有害物质使用”等指标。还有少数指标并未展示出对环境的损耗或友好倾向, 如“对生态系统的影响”和“资源可得性”指标, 较为“中立”, 且均为定性指标。

调研的 11 个气候相关的评估体系中, 有 8 个设置了环境影响相关指标, 这些体系更倾向于从技术对环境的友好程度方面进行评估, 从技术对原材料的使用到资源能源的使用, 再到污染物的减排均有相关指标设置, 对技术的正向环境影响有较为多样的评估。

仅有两个评估体系设置了“负向环境影响”类指标, 分别是来自中国的《绿色技术评价导则》和目前国际上广泛采用的 LCA。前者同时也设置了正向环境影响指标, 但在整体上更倾向于从损耗角度评估绿色技术的环境影响, 主要从温室气体及其他污染物的排放、资源能源消耗以及有害物质使用三方面进行评估。后者是一项系统性的环境影响评估体系, 对“温室气体排放”“环境毒性”“臭氧损耗”“颗粒物形成”等多方面对技术的整体环境影响开展更为全面的评估。

### ◆ 经济指标观察

我们将经济指标分成了“成本”“收益”与“市场”指标三类，分别代表应用某项技术所花费的各类成本、可能获得的各类收益指标，以及与市场相关的各类指标。

在气候相关评估体系下，同样有8个体系涉及经济指标，其中，“成本”与“市场”类指标均有75%(6/8)的体系进行了设置，前者主要集中在“减排成本”“投资成本”与“运行费用”三类指标的评估，仅有1个体系设置了“绿色溢价”指标，后者的指标设计则相对较为多样，如“市场规模”“技术市场渗透率”“市场前景”“市场普及率”等，但值得注意的是，有2个国外体系均设计了“市场装机容量”指标，评估技术的市场部署情况。

仅有3个评估体系设置了正向的经济指标，即“收益”类指标，评估技术的“投资回收期”“经济性”与“投资收益”，且国内评估体系一般对“成本”与“收益”指标均有涉及，但涉及“收益”类指标的国外评估体系仅有1个，其指标为“经济性”，相对较为宏观。

### ◆ 技术特性指标观察

11个气候相关的评估体系中，有7个体系涉及到对技术特性的评估，这些体系均设置了“技术软性指标”，尤其是“技术成熟度”指标，其评估体系覆盖率达100%，其他软性指标的设置主要集中在两个国内的综合型与半综合型评估体系中，如“技术可靠性”“技术先进性”“技术目标达成度”等。仅有2个评估体系设置了“技术硬性指标”，分别关注“技术有效服务时间”与“产品寿命”。

本节通过梳理与观察，我们能看到在评估技术时，大多数评估体系所采用的维度都围绕在上述九个分类中，其中“经济”“技术特性”“环境”三个维度最常被光顾，但这些体系所采用的相关指标却更具多样性，即便是同种指标，其所代表的含义、计算方式也千差万别，甚至有些指标在不同的应用场景也会有不同的计算方式，为技术评估过程的一致性与实际可操作性带来较大困扰。

为更好地给技术评估体系开发者、使用者们提供有价值的体系参考，我们将在下一小节结合产业企业与创新技术企业对接过程中的实际评估需求，筛选部分调研样本作为案例进行具体展示。

## 2.3

### 案例解读

本小节，我们将以气候技术在产业企业与创新技术企业对接过程中的实际评估需求为出发点，将产业体系的复杂性、创新技术的商业化风险，以及技术对比的宏观视角纳入需求考量，结合评估方法的完整性、实际应用的可操作性、评估主体的权威性筛选部分评估体系作为案例进一步展示，期待能够为技术评估提供有价值的参考。

#### 2.3.1 案例一 | 工业节能减排技术评估

发布国别 **中国** 适用行业 **工业** 特点 **评估方法系统** **评估流程清晰** **技术分类评估**

为进一步提高工业节能减排技术水平、加强工业转型升级的技术支撑，工信部节能司于2012年组织发布《工业节能减排文件》，旨在运用科学的定量与定性结合的技术评估方法，遴选并评估节能减排潜力大，且有一定推广应用空间的先进技术。

随着中国“30·60”双碳目标的提出，低碳转型必然成为各行业，尤其是高碳排行业的重要发展趋势。在此背景下，如何全面、科学地评估在复杂的产业体系中出现的各种创新技术，是评估体系（尤其是以多种技术类型为评估对象的评估体系）在开发过程中需要解决的重要问题。《工业节能减排文件》充分意识到由于在整个生产系统中技术所处的位置不同，其评估侧重也有差异。因此，该评估体系将工业节能减排技术按照其在系统中所处的环节与功能分为“资源能源回收利用技术”“生产过程节能减排技术”“产品节能减排技术”与“污染物治理技术”四大类，系统性地定制化各类技术的指标体系，并提供四种评估方法以适应不同行业的特殊需求，在拥有相对灵活的指标结构的同时，尽可能科学、全面地评估不同类型的技术。

#### 指标体系构成

该体系主要从资源能源消耗或利用、污染物排放、经济成本、技术特性四个维度展开评估，但由于技术在工业生产系统中的功能与环节不同，四种技术的指标侧重也有所不同。因生产过程和产品使用过程均涉及资源和/或能源消耗，并存在一定的污染物排放，因此，“生产过程节能减排技术”和“产品节能减排技术”在这四个维度均有侧重，“资源能源回收利用技术”主要关注资源和能源的节约与综合利用情况，“污染物治理技术”则主要侧重于污染物的削减和达标排放情况。

#### 方法学概论

该体系整个评估流程分为“准备”“技术调查”“技术评估筛选”三个阶段，通过“准备”阶段拟定适合受评估行业节能减排技术的评估指标体系后，将其一级指标作为技术的初步筛选指标，形成需要进入下一阶段进行调查的技术清单，并采用书面调查与现场调查相结合的方式获得可靠数据。最后，对技术进行定量与定性相结合的科学评估。

在最后一阶段中，有“多属性综合评估”“生命周期评价”“成本效益分析”“专家辅助综合评估”四种评估方法可供选择，评估者可根据数据的可得性、指标的复杂程度等因素，同时结合行业特征与技术特点，选用某个或多个方法的组合开展评估工作。

## 2.3.2 案例二 | 商业采用成熟度评估

发布国别 **美国** 适用行业 **全行业** 特点 **风险早期识别** **指标设计全面** **操作便捷**

Adoption Readiness Level (ARL) 是DOE用于推动技术商业化的评估框架,因TRL的技术阶段管理无法实现**技术商业化过程中的风险规避**,故进一步开发了ARL评估框架及其评估工具 Commercial Adoption Readiness Assessment Tool (CARAT),为项目设计、投资和风险管理决策提供参考。

在科技创新引领社会变革的当下,创新技术的商业化成为社会关注重点,而作为多数企业在投资与合作实践中的重要考量,“**风险**”的快速、准确识别在创新技术的商业化过程中发挥着关键作用。经观察,我们发现CARAT工具不仅能够更立体深入地收集商业采用风险(Commercial adoption risks),且易于操作,使用门槛低,并适用于广泛的技术类型。因此,使用者能快速识别技术进入市场路径中可能存在的**关键障碍**。同时,评估过程鼓励技术参与商业环境的交流,有利于识别技术在早期发展过程中的**风险**,进而优化发展流程,或建立预期外的商业合作,提高技术的最终价值。

### 指标体系构成

该评估体系识别出以下四类风险来源,并在此基础上设置相关风险指标以对技术的商业化风险进行全方位评估:

1. 价值主张(Value Proposition): 评估新技术以客户愿意支付的价格满足市场所需功能的能力,以满足市场需求(即广义上的“**产品-市场契合度**”);
2. 市场接受度(Market Acceptance): 着眼目标市场需求特征和现有市场参与者(包括竞争对手、客户和其他价值链主体)带来的风险;
3. 资源成熟度(Resource Maturity): 确定生成技术解决方案所需投入(如关键原材料、投资资金、输电线路、道路桥梁等)存在的风险;
4. 经营许可证(License to Operate): 识别可能阻碍技术部署的社会(国家、州和地方)非经济风险,如地方法规限制、运输困难等风险。

### 方法学概论

在评估方法上,CARAT假设具体应用的政策因素在评估过程保持稳定,并明确评估内容,包括具体的技术种类、评估价值链边界(如是否考虑运输、基础设施等因素)、时间范围(即评估技术在多长时段内的风险)。同时,根据相关评判依据,如新技术与当前市场选择的技术之间的成本差异、短期(三年)内应用可能、市场接受度等因素,在每个风险指标下设置了**低中高**三个层次的评价等级。

评估者根据每个等级的定性描述评估技术各个指标的风险等级,并可通过统计中风险和高风险指标的数量,制作**风险矩阵图**,综合了解新技术在搭建的**风险网络**中所处的位置。

## 2.3.3 案例三 | 全球温室气体减排成本曲线 2.0

发布国别 **美国** 适用行业 **10 个行业** 特点 **评估方法系统** **计算方法统一** **技术对比**

《全球温室气体减排成本曲线 2.0》由咨询公司 McKinsey & Company 发布，评估了 2005 年至 2030 年间，全球 21 个地区 10 个行业的减排技术，评估结果包括对每项技术的减排潜力、减排成本的深入评估。

我们认为一个包含行业间和行业内气候技术的减排成本和减排潜力对比分析，对企业、政府，以及国家和区域进行低碳转型探索至关重要。该体系评估的行业主要分布在“能源效率”“低碳能源供应”和“农林业碳汇”三个领域，是中国双碳“1+N”政策体系的重点关注领域，且该体系为气候技术的减排成本提供了统一的定量算法，让各个技术的数据之间具有可比性，因此，为各技术需求方提供了具有较高参考价值的方向性指导。此外，麦肯锡与来自工业和学界的专家网络深度合作，对 200 多个相关技术进行了深入评估，提供了相对科学，且全球统一的数据集，在数据质量方面具有较高权威性。

### 指标体系构成

该体系的指标主要由减排成本和减排潜力构成：

- 减排成本从社会角度计算(即不包括税收、补贴，资本成本与政府债券利率相似)，可以比较不同国家、不同部门和不同技术减少 1 公吨二氧化碳当量在当年所花费的成本差异；
- 减排潜力指采用对应的技术能够实现的年二氧化碳减排当量。

此外，曲线可以用作模拟工具，通过设置不同能源价格、不同利率等场景，模拟出技术减排趋势的发展。

### 方法学概论

该曲线采用统一的计算方法，采取全球、跨部门的观点，用以比较不同技术的规模和成本。麦肯锡在评估减排问题时从经济可行的角度明确了选取技术的边界，即选取欧盟碳市场中技术减排成本在 60 €/tCO<sub>2</sub>e 以内的技术，并基于基线场景，对技术的减排潜力、成本、投资水平和现金流影响进行了建模。

基于项目经验，我们相信上述案例在技术评估体系的开发方面均具有较强的指导价值，但这些评估体系在具体场景的应用过程中仍存在局限性和问题，如：因地区产业结构、政策差异等因素而导致的评估体系本土化水平不足问题，以及忽略技术发展对当地社区产生的潜在经济、社会影响等问题，这些都需要技术评估体系在开发和应用过程中因时制宜、因地制宜。下一章，我们将与智库、企业、投资机构等相关方就评估体系开发的话题展开探讨，进一步了解评估体系在开发与应用推广过程中遇到的挑战和困难。



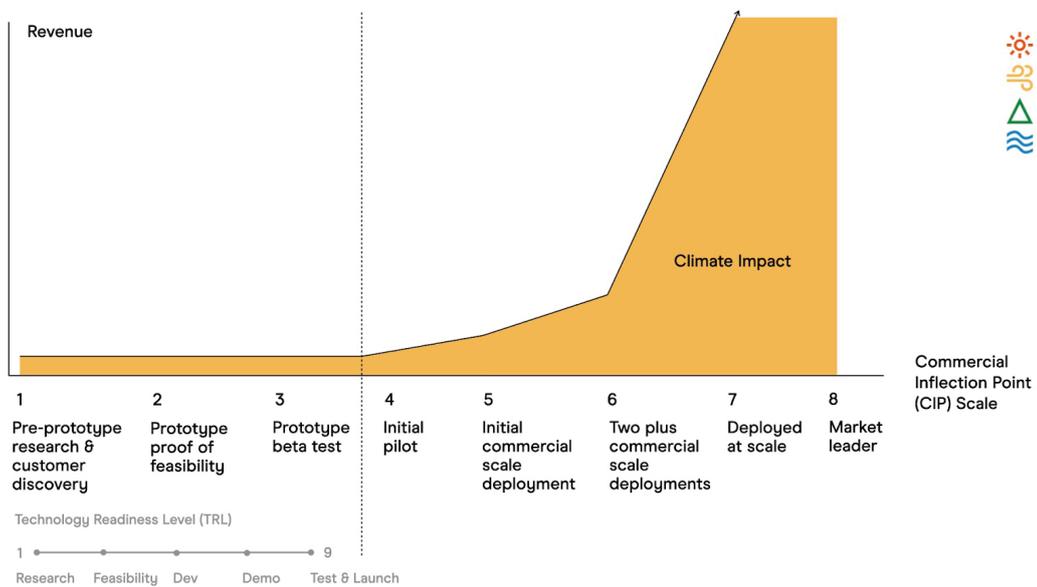
# 气候技术评估 需求与挑战

- 3.1 主要需求方
- 3.2 开发实践
- 3.3 挑战观察

23 Elemental Impact 提出了 Commercial Inflection Points Scale, 通过等级 1~8 指示技术的商业成熟度。其中第 4 等级 (CIP4) 指小规模试点, 即在真实世界环境中进行小规模试点。公司利用早期技术和商业结果来驱动首次商业部署的兴趣, 并为进一步的产品开发和市场情报提供信息, 而在此过程中, 公司可能不会从试点中获得报酬。

技术的发展通常遵循从概念到商业化的路径。根据非营利性气候技术投资机构 Elemental Impact 在过去十年支持 130 多家气候技术公司的经验: 产品的推出实际上只是技术开发周期的结束, 真正能够撬动气候技术规模化影响力的拐点始于 TRL9——也就是 Elemental Impact 所说的 "CIP 4"(Commercial Inflection Point, 商业拐点<sup>23</sup>)。这也明确揭示出: 技术尤其是气候技术, 在概念验证及研发阶段之后所面临的更漫长的生命周期。而这段“旅程”在 Impact Hub 国内的工作案例经验中也呈现出更多相关方的协同参与以及对技术评估更深入的需求。

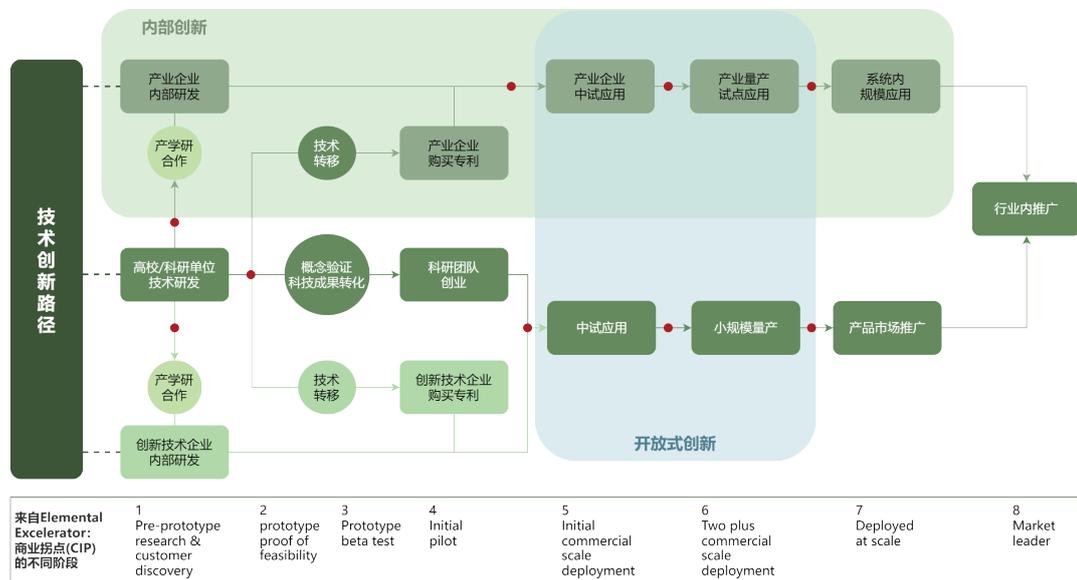
图 3-1 技术在不同 CIP 阶段的气候影响力变化



(来源: Elemental Impact)

由图 3-2 可见，无论是产业企业内部创新，还是开放式创新，在技术的研发、转化、应用与推广的各个环节都需要技术评估工具来保障创新技术的科学选用、评估并提升技术应用的效果、提高获得更多资金支持的机会、降低产业推广技术的风险，最终实现创新技术的产业化应用及气候影响力的指数增长。我们基于相关流程，与同样关注气候科技，且在技术评估方面有需求，或已有探索的智库、企业、投资机构等相关方针对技术评估展开了一系列访谈，深入探讨技术评估体系的开发需求、挑战等问题，以期提供关于气候技术评估体系在开发、应用过程中的多元视角观察。

图 3-2 技术创新到产业化应用的流程示意图



(红圈代表需要进行技术评估的环节，来源：Impact Hub Shanghai)

# 3.1

## 主要需求方

### 气候技术评估需求方 1：创新技术企业

在与一家专注于技术孵化、对接、投资的平台机构的交流中我们了解到，创新技术企业对技术评估的需求要从评估本身能够带来的价值去挖掘。由于该机构的评估方式一般采用“企业路演-专家点评-企业答辩-专家评分”的模式，其评估的价值可以从评估过程与评估结果两方面去探索：

- **从评估过程出发：**指评估过程中企业能够获得的专家资源以及专家对于其技术、团队、商业模式等多方面的评价与建议；
- **从评估结果出发：**结合企业对于技术商业化、规模化应用的需求，重点关注评估结果是否具有权威性与实用性，能否将其转化或在多大程度上能够转化为融资、商业合作等形式。

### 气候技术评估需求方 2：投资机构

我们发现，接受访谈的企业（专注于技术孵化、对接、投资）、投资机构（私募股权基金）与智库均认为技术评估在投资机构的投资决策环节扮演着重要角色，是辅助投资机构做出合理投资决策的重要依据。

其中，智库基于其对风险投资、家族办公室等投资方的调研，发现投资方对技术评估的需求主要来自以下两点：

- **提供专业性参考依据。**很多投资方主要以政策关键词为导向寻找适合投资的技术，但在创新技术不断涌现的当下，投资方若希望全面了解各行业技术，其专业门槛和研究能力要求都在不断提高，且基于投资回报的需求，仅通过政策关键词来寻找技术的方法不足以支撑投资决策，因此需要系统的技术评估体系辅助投资方作出相对科学合理的投资决策；
- **识别具有前景的关键技术。**政策关键词仅代表了部分具有发展前景的技术领域，还有一些同样具有发展前景的技术领域如若未被政策识别，又缺乏可靠且系统的技术筛选与评估体系，投资方则无从得知。

与智库的观点相一致，接受访谈的投资机构同样认为在科学技术不断进步的当下，其在某技术领域的专业能力，以及在跨专业如相关产业、金融、市场、管理等领域的综合专业能力要求都在不断提升，在此背景下，技术评估确实对投资方更加科学、全方位地了解被投资企业有着不可忽视的作用。

但这也对技术评估体系开发者提出了更高的要求，如需要清晰地知道某技术的基线或行业平均水平等重要参考边界的位置，以提供更加准确、科学的评估结果，再如不仅要具备某技术领域的专业能力，还要综合了解产业、金融、市场等领域，以开发出更加符合投资机构实际需求的技术评估体系。

### 气候技术评估需求方 3：园区或区域地方政府

访谈中我们了解到，智库还曾为多个区域地方政府提供技术的需求识别与推荐服务，从宏观层面的行业减排程度入手，倒推某地的减排需求，并结合当地发展需要与应用可行性等具体情况进行技术推荐，或匹配具体企业落地。因此，区域地方政府基于其经济发展、产业低碳转型的需求，也在一定程度上需要技术评估体系的支持。

### 气候技术评估需求方 4：产业企业

诚如第一章所提到的那样，在产业企业与创新技术企业合作的过程中，标准不一且繁复漫长的评估流程不仅给创新技术企业带来了困扰，还拉长了产业企业对创新技术的筛选与应用周期，不仅如此，由于缺乏科学的筛选标准，产业企业所选用的创新技术也可能存在较大的产业化风险，对其零碳转型进程造成不利影响。

基于团队多年来提供产业创新服务的经验与观察，技术评估不但能帮助产业企业有效提高选用创新技术的科学性，在产业企业与创新技术企业的合作中扮演着“滤网”的角色，更能通过合理设计的评估维度与指标，大幅降低创新技术产业化应用的风险。同时，在明确的评估流程的指引下，创新技术企业能更快速、充分地提供评估所需材料，产业企业也能够更有效地推进合作，大大缩短了创新技术的筛选与应用周期。

## 3.2

### 开发实践

在“需求”的推动下，我们看到有不少针对技术的评估体系已然开始实践，也看到一些相关方正在探索搭建新的气候技术评估体系。下方呈现的是某企业基于寻找可供商业化的绿色技术的目的，搭建的绿色技术评估体系：

表 3-1 绿色技术评估体系案例

一级指标	备注
绿色效益	根据国标或国外标准确定相关指标，再由专家评分
技术成熟度	以 DOE 发布的 9 级 TRL 作为评估依据判定等级
市场应用	主要包括制造、运维成本、商业模式、应用案例等
金融状况	主要考察企业经营近况，及其负债情况
团队能力	主要考察团队成员的专业性、稳定性，及其成员结构的合理性
知识产权	主要考察专利申请情况，以及是否存在专利纠纷
社会效益	非重点考察指标

基于我们在上一章对评估体系进行的维度分类，该评估体系属于综合性评估，涵盖了环境、经济、技术特性、团队、社会、创新潜力等多种维度。但是，在指标的整体设计上，该评估体系注重技术的市场应用，因此，其关注的绿色技术的成熟度要达到 5 级以上。在评估方法上，该体系主要还是依靠专家打分的形式进行评估，因此虽然评估指标存在定量依据，但评估结果仍属于定性。在此基础上，鉴于人为主观因素的存在，评估会进行过程控制，将评估目的、目标与评估指标标准与专家进行充分沟通和标准对齐。同时，考虑到不同技术成熟度、企业发展阶段的各指标情况也会有所不同，评估过程还会根据上述两点调整各指标的评估标准，以期能够为技术的可行性等方面提供更加科学的评价。

另外，我们还了解到该企业正在进行评估体系工具化的尝试，与高等院校合作进行模型开发，并不断开展评估测试，希望能够开发出一套模型科学、过程便捷、评分合理的技术评估工具。

# 3.3

## 挑战观察

在与各相关方的交流与项目工作的经验中，我们了解到技术评估主要在相关方评估意识层面、评估体系开发与推广等实操层面存在着较大挑战，以下是我们的具体观察：

### 气候技术评估挑战 1：各相关方缺乏评估意识

一家专注于绿色技术投资的私募股权基金投资人提到了其在评估过程中遇到的相关方评估意识有待提高的问题：

- **被投资企业**：在投资机构需要评估被投资企业时，被投资企业往往缺乏足够的评估意识，尚未建立起完整的评估响应流程，也没有提前准备清晰、全面的文件、数据等材料供投资机构进行高效地评估；
- **投资方**：在募集资金时，LP (Limited Partner, 有限合伙人) 或投资机构，如风险投资、家族办公室等往往也缺乏技术评估意识，由于其对具体技术领域的认知程度有限，又缺乏相应的技术评估流程，被投资企业有时还需要反向进行相关技术领域的知识输出，以提高LP或投资机构对某技术领域的认知。

这种因被评估企业响应评估的内部流程缺失，导致的数据收集配合度低、评估效率低等问题，会较大程度影响投资进度与决策。同样的，由于缺乏全面、科学的技术评估体系，被企业的技术价值很难被投资机构充分识别。这些发现都说明了目前部分相关方尚未全面意识到技术评估的重要性。

### 气候技术评估挑战 2：评估指标缺乏标准化计算方式

在交流中，智库和私募股权基金投资人均提到了关于行业间评估指标计算方式难以统一，以及环境效益指标量化困难这两点评估挑战。具体挑战观点如下：

- **评估指标计算方式难以统一**。由于行业差异较大，不同行业对应的创新技术在功能性能、经济效益、减排潜力等方面的评估方式都存在很大差异。因此，想要针对技术这类相对具体的评估对象开发一套通用的评估体系，难度较大；

- **评估指标量化困难。**智库表示,如何将环境效益量化估值一直是一个难题。例如减排潜力指标,由于该指标存在电力重复计算、不同的技术存在不同的计算方式等问题,且技术使用方式、使用效率等人为操作因素都会对减排潜力的计算过程造成不同程度的影响,该指标如何科学计算成为开发技术评估工具的其中一大挑战。

私募股权基金投资人同样也表达了环境效益难以量化这一评估体系开发挑战。该投资机构在对被投企业的评估方面尤其注重环境效益,即由于企业的创新技术或独特的商业模式而产生的碳减排与其他污染物减排,并为每一家被投企业单独制定评估方案。但在实际操作过程中,还是会存在各种挑战导致环境效益难以量化:

- **公认量化方式的缺失。**由于行业、技术或工艺的不同,公认的碳足迹等环境效益计算方式可能缺失;
- **评估参考边界的缺失。**某些行业的技术会存在评估基线或行业平均水平等重要参考边界难以确定的情况,从而影响到对环境效益的成果判断;
- **指标量化方式过于复杂。**由于一些企业的下游太过于分散,在量化其产业链碳足迹方面也存在挑战,需要复杂的统计、计算过程。

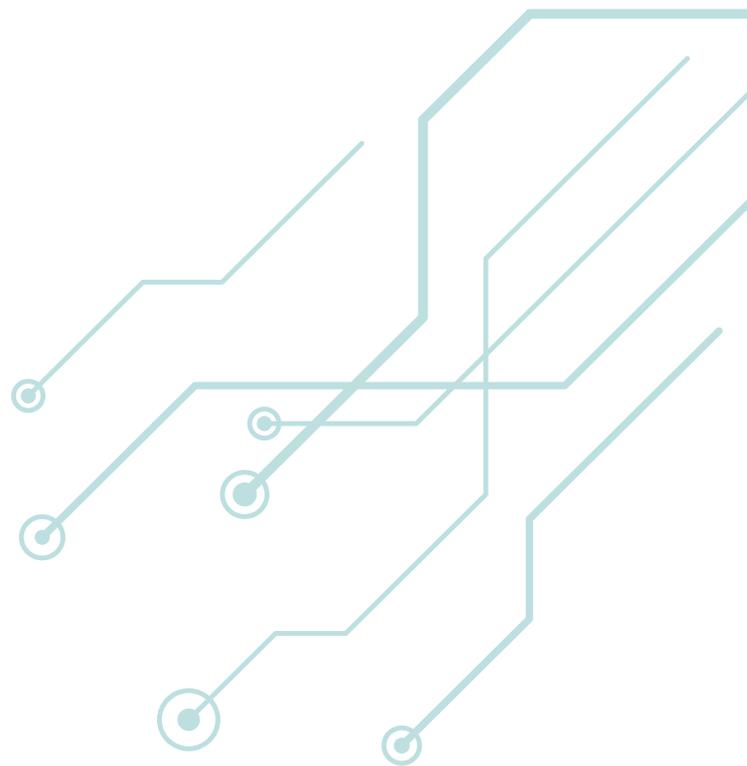
相比之下,我们在项目工作中也会遇到投资机构(主要为产业投资机构)对创新技术企业进行技术评估的场景。区别于私募股权基金,产业投资机构从产业内部出发寻找创新技术,对相关指标的量化方式与程度等需求非常明确。其以产业视角开展技术评估的模式能够在一定程度上削弱指标量化困难带来的评估挑战,但对于创新技术来说,虽然产业投资能够加速它的研发与落地,却同样意味着自身研发与应用路线受到了产业方的约束,其技术发展潜力受限。

### 气候技术评估挑战3: 评估体系推广尚存障碍

除了来自评估意识与评估计算方面的挑战,已有技术评估体系的一家企业还为我们提供了来自评估体系推广层面的挑战——技术(技术供给、需求方或评估体系开发方)与以银行为代表的资金方的协同困难。反映出两方缺乏充分的交流与理解,或尚无有效解决方案促进协同,同时也道明了技术评估目前无法保证创新技术企业能够长期经营良好的痛点,与传统商业银行在贷款、授信方面求稳胜求新的特点之间的矛盾。

基于我们的经验，产业企业、投资机构等利益相关方对技术评估的需求会随着创新技术的涌现而不断加强。而上述的诸多挑战反映出一个问题，即各相关方都具备较高技术评估意识的评估生态尚未形成。同时，我们还能看出，由于角色不同，不同相关方对于评估体系需求与挑战的视角会有所不同，对于同类问题的观点也会有所差异，交流的缺乏很可能导致片面的理解，从而无法产出更完善的解决方案，也可能错失合作契机，产业企业与创新技术企业的精准匹配便也无从谈起。

因此，我们认为准确、全面地识别技术评估体系的需求与挑战，高效且有针对性地进行技术评估体系开发、完善、应用与推广，需要各利益相关方充分意识到技术评估的重要性，并在此基础上展开交流。我们期待在汇聚多元视角的同时，还能够充分调动各方共创积极性，推动一系列技术评估体系的诞生，并提高其在行业间的认可度与接受度。



# 中国创新技术 评估体系发展建议

经过前两章的梳理与观察，我们对技术评估体系的特点、使用需求与开发挑战有了一定的了解。我们认识到，技术评估体系的开发还有很大的改进空间，其应用和推广也任重道远。为了有效促进大企业与跨界技术的精准对接，推动开放式创新生态的发展，也为了满足应对气候变化的技术需求，我们针对技术评估体系的发展提出以下四点建议：

## 建议 1：区分技术阶段以合理开展评估

TRL将产业化前的技术分为了九个阶段，并制定了各阶段所需达到的门槛，着重从技术性能的视角展开评估。产业化后的技术则需要结合产业企业、创新技术企业、投资机构等使用者的需求，面临着诸如经济、环境与社会等更多维度的挑战。由此可见，技术具有不同的发展阶段，而不同阶段技术的发展重心也不尽相同。而调研发现，技术评估体系一般会明确被评估技术所属行业，但不会区分其所处的技术阶段，因而容易出现评估体系与技术阶段脱节的情况，从而导致评估结果无法代表技术实际水平。同样的，团队在开展多年开放式创新生态的技术对接工作中也观察到，由于产业企业对创新技术发展阶段的需求不同，若仅仅采用“一刀切”的形式，未对创新技术进行分阶段评估，往往会导致很多优秀的创新技术没有被科学评估，错失合作良机，大大降低技术对接成功率，也因此对开放式创新生态的进一步发展产生负面影响。

因此，我们建议各相关方重视技术的分阶段评估，呼吁技术评估体系的开发方在区分技术所属行业的基础上，能够根据技术的不同阶段开发合乎阶段性发展重心的评估体系，让评估结果能更加科学地反映技术的真实“面貌”，提高技术需求方对创新技术了解的准确性，从而降低合作风险，助力开放式创新生态建设。

## 建议 2：以需求为导向的评估体系设计与技术选择

如上所述，技术的评估还要结合产业企业、创新技术企业、投资机构等技术评估体系使用者对创新技术的需求，而这些使用者由于各自所处的行业、使用场景、发展战略等不同，对技术的需求也不尽相同，因此，评估体系开发者若缺乏对使用者需求的认知，技术评估结果便也无法真正于使用者有益。而通过调研，我们发现真正考虑到技术所处行业、使用场景等与使用者需求高度相关的因素的评估体系并不多见。除此之外，对于使用者来说，一种创新结果的实现往往存在多条技术路径，而不同的技术路径之间也在经济、环境、资源等重要的评估维度上有所差异，若缺乏对不同技术路径的综合考量，恐怕也很难找到真正符合需求的创新技术。

所以我们期待开发者应以使用者需求出发，围绕不同的需求来对技术评估体系的维度与指标进行设计，正如同第二章提到的国家与区域层面的技术需求评估（Technology Needs Assessment, TNA），在充分识别国家发展需求，即优先发展领域、（子）行业的基础上，再行确定评估的技术清单、框架与标准，以确保评估结果所推荐的技术解决方案真正匹配使用者需求。与此同时，使用者也应树立起多种技术路线的综合评判意识，通过不同技术路径之间的综合对比，慎重选用真正符合自身需求的创新技术。

### 建议 3：建立交流机制以促进创新生态发展

开放式创新生态在产业转型发展和创新技术研发过程中能带来极大的价值和助推力，但正如第一章所述，由于缺乏科学有效的技术评估工具和办法，开放式创新生态建设中的技术对接与联合研发等重要环节都会因此遭遇阻滞，也会进而影响企业和行业的低碳转型与可持续发展进程。在此背景下，调研进一步发现目前国内技术评估的各利益相关方相对封闭，缺乏交流与合作，导致评估内容无法满足需求，评估结果也因此难以获得更广泛的认可。

但我们同样看到，一些评估体系相关方已经在进行评估体系及其方法学的共创、共享，积极推进评估体系的行业交流与合作。如在铝产品碳足迹核算领域，RMI与中汽碳（北京）数字技术中心有限公司、中国有色金属工业协会绿色产品评价中心共同研究、试点试验、多方交流讨论，以确保指标设计与应用能最大限度符合中国铝及上下游行业实际情况，并于今年10月公开发布《铝产品碳足迹核算及报告方法学——基于国际实践》，共享研究成果。

为进一步推动技术评估的发展，逐步建立科学、有效的技术评估体系，也为了进而提升开放式创新沟通效率与合作成功率，助力企业和行业的转型发展，我们期待能与各相关方共同建立开放、包容的交流机制，并呼吁各评估体系开发方能够公开相应的技术评估维度与指标框架，提升生态相关方对于技术评估的认知和参与度，以促进各相关方的广泛交流，更全面地了解技术评估的挑战，赋能技术评估需求。

## 建议 4：稳步推进评估体系的数字化、工具化发展

随着人工智能及大数据相关技术的不断迭代和成熟，我们期待技术评估体系未来也会往数字化和工具化的方向发展，通过输入或选择标准、参数，或选择数据库、设置计算方式等，利用模型进行结果计算，从而更高效、准确、标准化地得出技术评估结果。但目前，在本次调研的评估体系样本中真正实现工具化的数量仅有 5 个，其中对外开放使用的模型工具仅有 2 个。

我们也借此报告进一步呼吁，在企业开展开放式创新项目、投资机构针对创新型企业进行投资决策、政府针对绿色经济进行招商引资等众多不同场景中，相关方可以有相对开放、透明的专业平台交流对于技术评估的需求和经验，更多地使用各类技术评估工具并能给予优化反馈，也能有更多的专业技术、人才和资源能够注入技术评估体系的构建和完善当中，推进评估体系的数字化和工具化发展。

# 参考文献

- [1] 陈济,李抒苒,李相宜等.碳中和目标下的中国钢铁零碳之路[R/OL].(2021-09)[2023-12-20].<https://rmi.org.cn/wp-content/uploads/2021/09/202109290934514586.pdf>.
- [2] GB/T 37264-2018,新材料技术成熟度等级划分及定义[S/OL].(2018-12-28)[2024-03-18].<http://c.gb688.cn/bzgk/gb/showGb?type=online&hcno=A7B72E6E8723196B613E409D322868B7>.
- [3] GB/T 39057-2020,科技成果经济价值评估指南[S/OL].(2020-07-21)[2024-03-10].<http://c.gb688.cn/bzgk/gb/showGb?type=online&hcno=B15B7A8BD-300BA5ABC885878FF8E7986>.
- [4] GB/T 42331—2023,潮流能发电装置技术成熟度评估导则[S/OL].(2023-03-17)[2023-12-12].<http://c.gb688.cn/bzgk/gb/showGb?type=online&hcno=738D65580D6F79A4D7489DCE4F0C831F>.
- [5] T/CAS 620—2022,绿色技术评价导则[S/OL].(2022-08-12)[2024-03-20].<https://www.ttbz.org.cn/upload/file/20220329/6378415728693541153373798.pdf>.
- [6] T/CASTEM 1003—2020,科技成果评估规范[S/OL].(2020-08-21)[2024-03-13].<https://www.ttbz.org.cn/Pdfs/Index/?ftype=st&pms=39993>.
- [7] 魏丽颖,刘姚君,马忠诚.玻璃工业低碳技术减排潜力及环境影响评估分析[J].硅酸盐通报,2023,42(08):3055-3058. DOI:10.16552/j.cnki.issn1001-1625.2023.08.010.
- [8] 谢伏瞻,庄国泰,巢清尘,陈迎,胡国权,庄贵阳.应对气候变化报告(2021)[M].北京:社会科学文献出版社.2021.
- [9] 中华人民共和国工业和信息化部.钢铁行业烧结烟气脱硫工艺技术后评估实施细则[EB/OL].(2010-02-10)[2023-12-29].<https://www.miit.gov.cn/n1146285/n1146352/n3054355/n3057542/n3057554/c5918679/part/5918681.pdf>
- [10] 中华人民共和国工业和信息化部.工业节能减排技术评估指标体系与评估方法[EB/OL].(2012-09)[2024-01-15].<https://www.doc88.com/p-07239252226270.html>

- [11] Buchner B, Naran B, Padmanabhi R, et al. *Global Landscape of Climate Finance 2023*[R/OL]. (2023-11)[2024-05-09]. <https://www.climatepolicyinitiative.org/wp-content/uploads/2023/11/Executive-Summary-I-Global-Landscape-of-Climate-Finance-2023.pdf>
- [12] Cames M, Mader C, Hermann A, et al. *Extracting CO<sub>2</sub> from the air: carbon capture and storage*[R]. Swiss: TA-SWISS, 2023.
- [13] Haley B, Kwok G, Jones R. *Unlocking Deep Decarbonization: An Innovation Impact Assessment*[R]. U.S.: Environmental Defense Fund, 2021.
- [14] International Energy Agency. *CCUS in Clean Energy Transitions*[R]. Paris: International Energy Agency, 2020.
- [15] International Energy Agency. *Net Zero by 2050: a Roadmap for the Global Energy Sector*[R]. Paris: International Energy Agency, 2021.
- [16] Johnson L, Cox E, Chan D, et al. *State of Climate Tech 2021*[R/OL]. (2021)[2024-05-07]. <https://www.pwc.com/gx/en/services/sustainability/assets/pwc-state-of-climate-tech-report-2021.pdf>.
- [17] McKinsey & Company. *Pathways to a Low-Carbon Economy Version 2 of the Global Greenhouse Gas Abatement Cost Curve*[R]. U.S.: McKinsey & Company, 2010.
- [18] Net Zero Insights. *Solar Innovation Startups: A New Taxonomy and Climate Impact*[EB/OL]. (2022-06-15)[2024-04-05]. <https://netzeroinsights.com/resources/solar-innovation-startups-a-new-taxonomy-and-climate-impact/>.
- [19] Prime Coalition, Rho Impact. *CRANE*[CP]. (2020)[2024-03-30]. <https://cranetool.org/>.
- [20] Principles for Responsible Investment. *Investing for a just transition: Proposals for a just transition disclosure framework in China*[R/OL]. (2022-08-23)[2024-05-24]. <https://www.unpri.org/download?ac=16734>
- [21] Rocky Mountain Institute. 为何必须搭建桥梁跨越气候技术的四大死亡谷 [EB/OL]. (2020-06-17)[2024-08-27]. [https://rmi.org.cn/为何必须搭建桥梁跨越气候技术的四大死亡谷 /](https://rmi.org.cn/为何必须搭建桥梁跨越气候技术的四大死亡谷/)

- [22] Roy, P., Nei, D., Orikasa, T., et al. A Review of Life Cycle Assessment (LCA) on Some Food Products[J/OL]. *Journal of Food Engineering*. 1-10. (2009-1)[2024-9-24]. [https://www.researchgate.net/figure/Stages-of-an-LCA-ISO-2006\\_fig1\\_223478837](https://www.researchgate.net/figure/Stages-of-an-LCA-ISO-2006_fig1_223478837)
- [23] Stevis, D., Felli, R. Global labour unions and just transition to a green economy[J]. *Int Environ Agreements* 15, 2015, 29-43.
- [24] United Nations Development Programme. *Handbook for Conducting Technology Needs Assessment for Climate Change*[R/OL]. (2009-11)[2024-04-19]. <https://unfccc.int/sites/default/files/1529e639caec4b53a4945ce009921053.pdf>.
- [25] United Nations Framework Convention on Climate Change. What is technology development and transfer?[EB/OL]. [2024-12-06]. <https://unfccc.int/topics/what-is-technology-development-and-transfer>.
- [26] U.S. Department of Energy. Adoption Readiness Assessment (Version: October 2024) [OL]. (2024-10) [2024-11-05]. <https://www.energy.gov/sites/default/files/2024-10/ARL%20Assessment%2010-10-24.pdf>.
- [27] U.S. Department of Energy. *Technology Readiness Assessment Guide*[R/OL]. (2011-09-15)[2023-12-05]. <https://www.directives.doe.gov/directives-documents/400-series/0413.3-EGuide-04a-admchg1/@images/file>.
- [28] Wulf C, Haase M, Baumann M, et al. Weighting factor elicitation for sustainability assessment of energy technologies[J]. *Sustainable energy & fuels*, 2023, 7(3): 832-847.

# 鸣谢与作者

## 鸣谢

特别感谢上海紫江公益基金会对本报告的编纂发布提供资金支持。



**紫江基金会**  
ZIJANG FOUNDATION

上海紫江公益基金会成立于 2015 年 7 月 21 日，是经上海市民政局批准成立的非公募基金会。创始资金为人民币 2000 万元，由上海紫江（集团）有限公司董事长、总裁沈雯先生全额捐赠。

基金会紫江公益宗旨是致力于公益慈善事业，奉献爱心，扶危济困，促进社会和谐进步。基金会的业务范围是扶贫帮困，赈灾救助，资助科研教育事业，资助青少年教育事业，扶持青年创新创业。自成立以来，紫江公益基金会坚持“用创新的公益解决方案，引领热爱公益的人们共同建设更美好的生活”这一重要使命，努力践行“诚信、务实、创新、持久”的公益价值观，积极与富有远见的基金会、企业、高校合作，发挥集合影响力，探索公益理念普及和公益实践推广的最佳方法路径，以期推动实现“人人参与、人人受益”的美好愿景。2020 年，基金会紫江公益被批准认定为慈善组织。

同样感谢汇丰中国、绿动投资管理有限公司（绿动资本）在报告撰写过程中提供的帮助和支持。

## 报告参与人员

孙菁歌、陆心怡、叶淋  
费晓静、李鸣燕、李妍菁

## 联系方式

孙菁歌：jingge.sun@impacthub.net

# 机构介绍

## ○ 关于 1.5DO 气候创新实验室

1.5DO 气候创新实验室是 Impact Hub Shanghai 于 2022 年底针对气候变化议题推出的系统性解决方案,旨在推动从气候愿景出发的创新系统变革。通过行业研究、技术推广落地、产业创新、数据平台、国际传播等工作路径,建设国内气候创新生态、赋能气候创新技术发展、推动重点排放行业和区域转型,最终助力我国双碳目标及全球 1.5 度温升目标的实现。

## ○ 关于 Makeable 可持续创新观察

Makeable 可持续创新观察是 Impact Hub Shanghai 发起的行动研究平台,通过研究、传播和行业能力建设,赋能可持续创新生态,以创新加速可持续发展目标的实现。



56

## ○ 关于 Impact Hub Shanghai

影响力工场上海创新中心 (Impact Hub Shanghai) 成立于 2017 年,是全球可持续商业创新平台“影响力工场” (Impact Hub) 在中国内地落地的第一家城市创新中心。影响力工场上海创新中心 (Impact Hub Shanghai) 在碳中和、循环经济以及可持续消费领域深耕多年,通过创新咨询、创业孵化、品牌传播、投资服务、生态研究等方式,为 3000 多家创新公司以及 90 多家产业企业和政府园区提供支持,引领和建设可持续发展生态,共创更美好的世界。

