关键核心技术：多层次理解及其突破

2023-02-24 作者：阳镇 来源：《创新科技》2023年01期

摘要：面向“十四五”时期，推进科技自立自强离不开关键核心技术体系的系统突破，如此方能有效破解关键核心技术的“卡脖子”问题。系统推进关键核心技术突破体系建设的基本前提之一是准确理解关键核心技术，把握关键核心技术的核心特征、关键主体以及相应的功能定位，构建适配的关键核心技术突破体系。从知识基础观、技术组件或者技术部件视角、技术体系视角、技术类型视角与战略属性视角解构了关键核心技术的基本内涵与关键特征，认为需要从技术安全、技术体系以及知识基础构成的综合视角定义关键核心技术，且需要从关键核心技术的价值性、竞争性、知识性以及创新过程视角综合把握关键核心技术的关键特征，进而实现关键核心技术概念内涵的正本清源。系统突破关键核心技术离不开企业、高校与科研机构以及政府构成的多层次主导的创新生态系统共同发力，需要系统构建知识融合视角下的政产学研融通模式、创新生态系统视角下核心企业主导的知识生态系统涌现模式、产业链链主视角下链主牵引的大中小企业融通模式以及数字平台视角下的数字创新模式，进而实现异质性关键核心技术突破与异质性创新主体的“需求—能力”匹配。构建分类主导的关键核心技术突破体系需要处理好创新主体与创新主导的基本问题、新型举国体制应用中的市场与政府关系问题以及创新生态系统构造中的自主与开放治理问题，如此方能更好地实现关键核心技术创新的可持续性。

基金项目：国家社会科学基金重大项目“智能制造关键核心技术国产替代战略与政策研究”（21&ZD132）；国家社会科学基金重大项目“贸易壁垒下突破性创新政策体系建构研究”（20&ZD108）

1 引言

党的二十大报告提出，“坚持面向世界科技前沿、面向经济主战场、面向国家重大需求、面向人民生命健康，加快实现高水平科技自立自强”。习近平总书记指出，“科技自立自强是国家强盛之基、安全之要”。高水平科技自立自强的本质是关键核心技术的自主可控。实质上，关键核心技术不同于一般性技术，其在企业竞争、产业竞争与全球价值链竞争中发挥着关键作用。近年来，面对国际科技竞争局势的迅猛变化以及新冠肺炎疫情冲击下的产业链、供应链以及创新链断链的不确定性风险，在百年未有之大变局下，党和国家审时度势，围绕关键核心技术的突破加快开展创新体系建设，围绕关键核心技术突破的突破主体、支撑载体以及创新政策与产业政策等方面持续发力，包括在建设国家战略科技力量、强化新型举国体制以及更好地发挥创新型领军企业以及产业链链主的引领作用等方面构建相应的科技与创新政策体系。

从关键核心技术突破的既有研究来看，学界充分关注到了关键核心技术的价值性与重要性，关键核心技术突破问题也逐步成为近年来研究的热点议题。第一类研究围绕关键核心技术的基本概念内涵与特征展开探索，认为关键核心技术是技术体系中的关键核心部分，具备技术地位的垄断性、攻关突破的投入长期性、突破机制的突破性以及创新成果的准公共属性等特征。关键核心技术的突破不同于突破性创新或者颠覆性创新，其更强调技术体系而非创新的基本类型，即突破性创新与颠覆式创新侧重于创新过程与创新成果的价值效应。关键核心技术突破强调技术体系在整个企业与产业技术体系中的地位与如何实现的问题。第二类研究围绕关键核心技术突破，尤其是关键核心技术突破的“卡脖子”问题展开，包括关键核心技术中“卡脖子”技术的识别框架和甄选机制、关键核心技术突破的融通创新范式、关键核心技术突破的军民融合协同创新模式、关键核心技术突破的新型举国体制运用等方面。部分研究也从产业链的视角提出了关键核心技术突破的具体模式与路径。第三类研究是围绕关键核心技术突破的政策布局展开，包括产业政策、创新政策以及竞争政策等研究议题。

遗憾的是，既有研究对关键核心技术的理论解构并不清晰，对关键核心技术的核心维度把握并不全面，且未能系统研究关键核心技术的异质性，包括关键核心技术的技术类型异质性、制度逻辑异质性与创新过程异质性等问题；进而对于应由谁承担关键核心技术突破的关键主体以及主导细分模式缺乏系统回答，难以系统厘清关键核心技术突破过程中的主体异质性、模式匹配性以及政策协同与融合性等问题。基于此，本文试图解析关键核心技术的理论基础及其关键特征，在把握关键核心技术关键特征的基础上，进一步分析关键核心技术突破关键主体的主要类型、核心功能及其局限性，并构建适宜于不同主体能力异质性与关键核心技术异质性的突破模式，最终提出在推进关键核心技术突破的模式构建与政策部署的过程中需要处理好的核心议题。

2 关键核心技术：内涵理解与核心特征

2.1 多理论视角下的关键核心技术内涵理解

创新经济学与技术创新管理学长期关注技术创新如何驱动经济社会发展以及如何实现技术商业化与价值创造，而不管是探究技术创新与经济增长的关系，还是研究技术创新的基本规律，其中一个关键性的问题便是什么类型的技术是最关键的技术，在一国经济增长框架中、产业发展进程中以及企业市场竞争过程中，哪一类技术能给国家、产业与企业带来可持续的竞争力。从这个意义上看，关键核心技术作为刻画技术创新的类型，其重要性与价值性不言而喻。正因为关键核心技术的重要性与价值性突出，关键核心技术长期以来受到企业与学界的关注与研究，甚至社会公众与媒体也将其作为热门报道议题。但一个较为突出的现实是，学界与业界对关键核心技术的基本概念、内涵理解与主要解读视角是存在争议的，衍生的后果是无法真正意义上理解关键核心技术以及无法从关键维度刻画与把握关键核心技术，对企业技术创新实践以及学界技术创新管理研究产生了一定的理论混淆。从既有研究来看，学界对关键核心技术的理解主要存在5种视角。

第一类视角是基于知识基础观的视角。知识基础观认为，技术本质上属于知识的集成与应用，技术创新的背后是知识的发现、应用与创新。基于知识基础观的关键核心技术被理解为关键核心技术从属于复杂性知识的技术实现，关键核心技术嵌入了复杂性知识，这类知识不容易被掌握。且从知识创新的视角来看，关键核心技术的形成与开发过程本质上属于系列知识的创新，而不是某一知识体系的简单应用。相应地，知识基础观视角下的关键核心技术是技术创新主体在产品研发、制造生产过程中形成的关键性、复杂性以及创新性的知识体系。另外，从知识的基本类型视角，野中郁次郎将知识划分为显性知识与隐性知识，进而实现了不同知识属性的分离。其中，显性知识是可以通过语言表达以及相应的行为直接传递的知识，知识的编码程度高；而隐性知识是难以通过直接表达、直接传递以及编码交流的知识。在知识创新的过程中，隐性知识创新的难度更大，且不易被模仿，比如个人的手艺、技能以及技术诀窍等。从知识类型来看，关键核心技术所蕴含的知识不易被传递与模仿，其隐性知识属性更高。因此，在知识挖掘与知识创新的过程

中，需要注重隐性知识的挖掘与创新。

第二类视角则是技术组件或者技术部件的视角，认为关键核心技术是某一产品、某一模块或者某一系统中具有关键性的技术，比如关键性的元器件、关键性装备与产品的制造技术、关键系统技术等。从技术组件或者技术部件的视角审视关键核心技术，本质上是将技术全盘物理化，认为技术具有可剥离性的基本特征。且这种技术能够与产品、系统等形成组合效应，进而构成复杂产品、复杂系统等，关键核心技术在其形成与运行过程中起到关键性作用。

第三类是从技术体系的视角理解关键核心技术。这类研究视角与技术组件或者技术部件的研究视角相悖，认为关键核心技术不是单一的技术组件或者技术部件，而是多种技术部件构成的技术体系，包括产品构架、关键制造与工艺以及前沿知识研究等。因此，关键核心技术的内涵解构不单一面向某一技术形成环节或者某一技术组件，其更强调从整体观与系统观看待关键核心技术。陈劲等（2020）认为，“卡脖子”技术是关键核心技术的一种类型，这种关键核心技术是包括基础元件、制造工艺以及前沿知识集成与创新的技术体系，需要长期高强度的研发投入进而形成独特性的技术体系。

第四类是从技术类型的视角界定关键核心技术。技术类型划分一般沿袭双元创新理论，即认为企业在技术创新过程中面临差异性的技术创新路线选择，主要包括利用式创新与探索式创新。其中，利用式创新着眼于既有知识边界范围内的技术改进与产品改良，是对原有知识体系的优化整合，进而改善企业产品技术性能与相应技术参数；而探索式创新则与此相悖，其更强调企业超越既有的知识边界，从事相应的技术创新活动，比如企业通过开发新的技术与新的产品等实现新的市场扩展，皆为探索式创新的研究范畴。从关键核心技术创新的过程视角来看，关键核心技术由于具备知识的复杂属性，其创新过程与创新行为更偏向于企业的探索式创新活动。这种探索式创新活动主要是面向企业的基础技术、通用技术、“杀手锏”技术以及前沿技术的系列突破与创新，着眼于企业未来发展战略以及新的市场需求，开拓“人无我有，人有我优”的技术类型。

第五类则是从战略属性的视角界定关键核心技术。这类观点认为，技术创新本质上服从于既定的技术战略或者创新战略。关键核心技术是面向企业核心技术创新战略、市场竞争战略、产业竞争战略的一类技术。其不同于一般性的技术，具有企业战略属性、产业战略属性乃至国家战略属性，对于一国企业、产业在创新竞争过程中获得优势地位具有决定性作用。

综合上述视角，本文认为，需要从技术安全、技术体系以及知识基础构成的综合视角定义关键核心技术，即关键核心技术是以复杂性知识或者集成性知识为基础，是一国企业与产业竞争过程的关键性技术体系，包括基础工艺、核心元部件、核心设备乃至系统构架等都属于核心技术的范畴，其不单一指向某一具体技术或者部件，而是围绕这一核心技术形成的技术体系，且关键核心技术在企业与产业竞争过程中具备战略性。正因为关键核心技术的战略属性，其必然衍生出企业竞争与产业竞争过程中的战略安全性问题，成为容易被打压、限制以及阻碍扩散的技术体系。

2.2 关键核心技术的主要特征

有效、准确地把握与理解关键核心技术的主要特征，需要从关键核心技术的价值性、竞争性、知识性等方面去解构。首先，从关键核心技术的价值性角度来看，关键核心技术的主要存在层次包括企业层次、产业层次。其中，企业层次的关键核心技术一般属于私人产权或以企业合作开发等方式获得，具备一定程度的知识独占性与垄断性；产业层次的关键核心技术属于面向整个产业链的技术体系，能够形成产业共性关键核心技术体系以及产业非共性关键核心技术体系两种主要体系。而不管是企业层次的关键核心技术还是产业层次的关键核心技术，关键核心技术的价值一方面在于其高价值性，体现出较高的经济价值，能够给企业市场效益改善以及产业市场开拓带来高附加值；另一方面在于关键核心技术在企业与产业竞争过程中的高价值性，即能够助推企业在企业间竞争或者全球产业竞争中获取有利技术地位与市场地位，助推企业与产业攀升至全球价值链中高端。因此，关键核心技术的价值性不仅仅体现在经济价值维度，更包括难以通过经济产出量化的竞争地位、价值链地位等维度。

其次，从关键核心技术的竞争性角度来看，技术竞争成为企业参与市场竞争的主要手段。关键核心技术的独特属性在于其高竞争壁垒属性，即关键核心技术难以在短期内被模仿或者超越。原因在于，关键核心技术不同于一般性技术，需要付出较高的投入成本以及花费更长的时间周期，满足投入周期长以及投入成本高的基本门槛要求。因此，一旦某一企业或者产业掌握技术竞争过程中的关键核心技术体系，其必然在一定阶段中保持竞争优势地位，体现在技术的研发阶段、设计阶段、试验测试阶段、产业化阶段等多重阶段的长周期属性。且由于关键核心技术的知识独占性，其在竞争过程中难以被扩散，因此能够为企业维持垄断竞争地位提供技术垄断基础，形成技术意义上的自然垄断。值得一提的是，正因为关键核心技术在企业或者产业竞争过程中的高投入与长周期门槛属性，面向关键核心技术开发过程中存在的系列风险，包括技术风险、市场风险以及其他不确定性风险等，需要相应的创新主体具备较高的风险承担能力，方能完成关键核心技术的开发与产业化。

再次，从关键核心技术的知识性角度来看，立足知识基础观，关键核心技术是复杂性知识的创新与应用，知识掌握与创新难度大，且从知识类型的角度主要体现为隐性知识而非显性知识。也正因为关键核心技术的知识复杂性属性，创新主体在开展关键核心技术研发与攻关突破的过程中，需要进行丰富的知识积累。这一过程伴随着知识学习、知识共享与知识整合等阶段，且知识涉足的领域不仅仅是单一细分学科的知识，往往涉及多学科交叉的综合性、集成性知识。以集成电路产业中的关键核心技术为例，面向芯片的关键核心技术开发必然涉及物理学、数学、材料学、机械工程、计算机科学与技术、电子工程等多学科的综合知识，方能完成芯片的设计研发与制造。因此，关键核心技术的关键特征之一是知识的高度复杂性以及交叉集成性，需要创新主体开展长周期的知识积累与知识深化，这也意味着关键核心技术的攻关突破周期远超一般性技术，需要创新主体更多的创新努力并持之以恒。

最后，从关键核心技术的创新过程来看，其从属于一个“连续性—非连续性”技术创新曲线的创新过程。这也意味着关键核心技术的创新包括面向知识领域的突破性创新以及面向市场领域的颠覆式创新，即关键核心技术不单一指向某一类创新，技术不连续性与连续性并存是关键核心技术突破过程的重要特征。

3 关键核心技术的创新主体：多主体视角下的多重局限

3.1 企业作为关键核心技术突破的主体与局限

技术创新主体是从事技术创新活动的相关组织、行为个体以及机构等。关键核心技术创新是一个技术商业化的过程，即通过研发实现相关技术的商业化进而实现价值创造，包括经济价值和非经济价值。企业作为市场主体，立足市场逻辑开展相应的商业化实践。这一过程必然需要通过开发利用相关的核心技术完成产品设计与制造，最终为目标市场的客户提供相应的产品与服务，实现价值创造。企业作为关键核心技术突破主体的合法性在于：第一，企业作为市场主体，具备承担市场风险的能力。关键核心技术由于研发周期长以及不确定性风险相对更高，需要风险承担能力强尤其是不确定性追逐者的企业家进行技术轨道选择，进而组织企业的研发部门开展相应的研发活动。创新与创业导向下的企业家具备天然的风险寻求动机，其在开拓市场空间的过程中能够发现技术机会，抓住关

键核心技术并实现商业化，创造更高的市场回报，进而实现市场逻辑下企业利润最大化的追求。第二，企业具备关键核心技术的技术预见能力。关键核心技术作为产业发展与企业竞争过程中的核心技术体系，其技术创新轨道与技术创新路线具有较大程度的选择性，即关键核心技术的形成以及深化并不是一蹴而就的，而是在技术开发与产业化应用过程中逐步实现的，具有一定的演化性质。企业之所以具备技术预见的能力，原因在于企业能够通过制定相应的技术创新战略，面向自身所参与的技术竞争领域与产业领域开展短期、中期与长期等不同跨度的技术创新战略规划，通过技术创新战略规划更好地进行关键核心技术的预见与分析，并通过相应的资源配置活动推进技术创新战略实施，进而实现关键核心技术攻关突破。第三，从企业市场竞争的视角出发，关键核心技术作为具有竞争性与垄断性的技术，是企业参与市场竞争以及企业嵌入产业链、价值链的核心竞争要素。内生竞争能力学派认为，企业的竞争优势本质上是内生的，这种内生性表现在企业的关键核心技术、稀缺资源以及企业内在的运营管理机制等方面。企业在追求竞争优势的过程中，尤其是在追求垄断市场地位的过程中，必然会将关键核心技术突破作为企业主导技术领域的选择，同时作为培育竞争优势的有效手段。因此，从企业竞争优势的能力培育视角出发，企业作为关键核心技术突破的关键主体，其具备竞争优势培育的内生性。即使关键核心技术的研发周期长且不确定性程度大，企业也能够形成自我驱动的可持续创新机制。

然而，将企业作为关键核心技术突破的关键主体，这一选择也存在一定的局限性，主要表现在以下两个方面：一方面，企业对于超越自身生命周期或者难以预见的生命周期范畴内的关键核心技术研发重视程度不够，且企业天然的逐利导向意味着企业在技术创新领域选择过程中容易选择技术路线相对明确的技术创新领域，对于面向未来产业的关键核心技术体系攻关具有明显的主体弱势。在市场逻辑的逐利本位下，企业未必会开展真正意义上的关键核心技术创新，而是通过其他形式的创新，诸如商业模式创新获取相应的市场地位。此时技术创新成为企业战略选择中的辅助部分或者可选项而非主导部分，这意味着企业将更倾向于通过技术购买等战略培育企业竞争优势，关键核心技术领域或被排斥于企业创新战略体系之外。另一方面，关键核心技术不仅仅包括面向私人场域的技术创新领域，更包含面向行业公共场域的共性技术创新领域。企业在市场逻辑本位下不可避免地忽视共性技术的研发，对于共性关键核心技术领域缺乏足够的偏好与内在动机，会对整个产业共性关键核心技术攻关产生不利影响。

3.2 高校与科研机构作为关键核心技术突破的主体与局限

高校与科研机构作为知识型组织，其成为关键核心技术领域突破主体的主要原因在于几个方面。第一，高校与科研机构具备知识生产的功能，即高校与科研机构的主要功能定位在于知识生产，其自主选择相应的知识领域开展科学研究，包括基础研究与应用开发研究，形成面向关键核心技术突破的基础知识与前沿知识。同时，一定程度上，高校与科研机构作为公共组织，其知识生产具有公共属性，这意味着所生产的知识能够在一定条件下被企业等市场主体共享，为企业的技术创新战略服务。因此，基于知识基础观，由科学逻辑驱动的关键核心技术创新，其主导组织必然是高校与科研机构。这类组织在科学逻辑与知识逻辑的驱动下，能够直接参与关键核心技术攻关突破过程中的复杂性知识生产与创新，进而为关键核心技术突破提供知识基础。第二，高校与科研机构具备跨学科、跨理论、跨方法的系统性优势。关键核心技术攻关突破不是单一学科、单一理论以及单一方法能够实现的，其包括了多学科属性的综合知识。高校与科研机构具备组建跨学科攻关团队的优势，通过成立面向特定技术攻关领域的技术研究院、跨学科研究中心以及交叉学科平台等快速组建知识团队，拥有知识型与创新型人才的系统优势，能够为开展关键核心技术攻关突破提供强大的人才基础与智力资本支持。第三，高校与科研机构是科技成果转化的技术策源地。技术策源地指面向技术开发的关键主体、组织、平台等集聚的场域，这种场域是某一类技术的知识生产、研发设计与生产来源地。具体来看，高校与科研机构由于直接从事学科相关的知识生产与科学研究，能够明晰学科相关的研究成果产业化的前景与价值，并通过学术创业及科技园、创业孵化基地等平台实现科技成果转化。此外，由高校与科研机构主导的科技成果转化往往科技含量更高，更具有基础研究与前沿技术属性。相应地，其更容易成为由前沿科学驱动的关键核心技术创新的主体以及策源地。

但是，高校作为关键核心技术突破主体也存在一定的局限性。第一，从制度逻辑的视角来看，高校与科研机构更关注知识的生产，而非知识的技术开发过程以及知识的技术价值。这不可避免地造成了高校与科研机构的应用开发型或者市场逻辑导向型的关键核心技术突破，存在一定的局限性。第二，高校与科研机构在既有的科研评价导向下难以产生真正面向关键核心技术突破的动力机制。既有科研评价导向沿袭论文主导模式，即以国内外学术论文发表为标准评价高校与科研机构知识主体、知识团队的研究贡献。这严重削弱了知识主体与知识团队攻关突破所涉及行业及相关领域的关键核心技术的基本动力，表现为科研人员知识成果与科技成果转化不被主流评价体系所认可，科技成果转化效率低下等。关键核心技术攻关突破在高校与科研机构中呈现出“脱域”状态。

3.3 政府作为关键核心技术突破的主体与局限

由于关键核心技术需要长周期、高强度的研发投入，企业作为关键核心技术创新的主体面临市场失灵的困境。政府作为公共组织能够在弥补市场失灵方面发挥关键作用，其能够在关键核心技术公共突破过程中成为主体，主要原因在于以下几个方面：第一，政府在构建面向关键核心技术创新的国家创新体系中发挥重要作用。国家创新体系是融合政府制度、科技创新政策以及市场组织等的创新系统。政府是关键核心技术突破的制度构建者以及政策供给者，能够为市场主体开展关键核心技术攻关提供直接的资源支持。主要表现为通过政府主导的科技资源配置定向对特定行业领域的创新主体开展技术战略引导、技术路线纠偏与资源协调等，尤其是在关键性、战略性产业的关键核心技术突破过程中，政府甄选以及培育相关技术创新主体的作用不言而喻。在科技资源配置方面，政府可以通过各类国家科技成果转化引导基金、科技成果转化示范基地建设以及各类创新政策与产业政策支持相关主体开展关键核心技术突破，并通过国家重大科技计划项目、国家自然科学基金等科技资源配置项目平台定向开展资源集中配置。在组织模式方面，政府能够调配国家实验室、国家技术创新中心、国家工程科学中心等创新载体与平台聚焦特定领域的关键核心技术开展攻关活动。第二，关键核心技术攻关突破不仅仅是面向具有私人属性的关键核心技术体系，更涵盖具有公共属性的关键核心技术体系。政府作为公共组织，其能够面向具有公共属性的关键核心技术体系领域，直接性地组织相关技术创新主体参与行业关键共性技术研发、创新公共资源池建设等。具体而言，政府直接设立或者支持相关公益类国有企业、公共社会逻辑主导的国有企业成为行业共性关键核心技术攻关突破的组织载体。尤其是涉及国计民生以及国家科技安全的战略性产业中的关键核心技术，其必须被牢牢掌握在自己手中。此时，政府成为这类行业关键核心技术的直接供给者，承担维护产业技术安全的公共使命与国家战略使命。

但是，政府作为关键核心技术突破主体也存在天然的局限性。第一，政府由公共社会逻辑主导，必然在涉及私人场域的关键核心技术创新领域不具备相应的优势，难以成为私人场域内关键核心技术攻关突破的主导者。第二，政府在关键核心技术攻关突破的科技资源配置中，面临政府失灵的困局。即政府主导的科技政策、产业政策可能由于制度不健全或者执行不当而存在激励偏颇或者协调失灵的状况，最终出现科技资源的错配与误配，未能精准识别关键核心技术攻关突破的优势主体以及未能合理组织国家战略科技力量开展关键核心技术的攻关突破。

4 关键核心技术突破的模式选择：多理论视角下的融合

4.1 知识主体融合视角下的关键核心技术突破

知识主体融合视角下的关键核心技术突破，其关键在于构建具有协同性、融通性的产学研组织，实现“政产学研”协同创新与融通创新。具体来看，产学研融通组织不再将创新主体视为割裂体，而是将企业、高校与科研机构、政府组织以及其他中介组织等视为知识共同体与技术创新共同体。不同知识主体与创新主体在关键核心技术攻关突破过程中的功能不一。其中，企业在产学研融通组织中的关键职能在于定位市场需求驱动的关键核心技术体系所属知识范畴，并集聚相关的市场资源与企业组织开展面向关键核心技术攻关的知识成果转化，为其他知识主体提供相应的知识产权与科技成果转化平台，支持科学逻辑主导的关键核心技术攻关能够实现与市场逻辑主导的关键核心技术攻关的相互衔接。高校与科研机构在产学研融通组织中的关键定位在于为其他创新主体提供公共性与共享性的知识库，包括复杂性知识的挖掘与开发平台。这一过程需要汇聚各类学科的相关研究资源，包括学者、科学家与研究团队等知识资源，开展知识库建设，及时为其他创新主体在关键核心技术攻关领域选择过程中降低知识搜寻成本与交易成本。更为重要的是，高校与科研机构承担着面向关键核心技术攻关的基础研究的重大战略任务，需要在前沿科学领域实现前沿技术的成果转化。这一过程鼓励高校科技人员从事学术创业，即鼓励高校科技人员将科学研究成果转化为相应的技术、产品与专利等。通过搭建面向高校科技人员的学术创业平台，实现企业与高校科技人员科技成果的有效衔接，进而实现市场逻辑与科学逻辑的相互融合。尤其是面向前沿科学领域开展前瞻性的研究选题与关键科学问题的论证时，需要一线科学家、资深研究团队的有效参与。而政府在产学研融通组织中的关键定位在于构建支撑产学研有效运转的政策环境与制度生态，最大限度地孵化与催化各类创新主体并使其参与到产学研融通组织中，通过创新政策与产业政策支持产学研融通组织内的知识主体与创新主体从事关键核心技术攻关突破。尤其是面向产业共性关键核心技术领域，政府需要在产学研融通组织中主动牵引以及直接政策赋能相关的创新主体，向其提供产业共性关键核心技术供给，实现产学研融通组织的关键核心技术突破生态的公共社会逻辑与市场逻辑的相容。

4.2 创新生态系统视角下的关键核心技术突破

开放式创新理论认为，企业知识不仅仅来源于企业内部研发团队，还能够通过企业间合作以及产业链上下游乃至整个商业生态圈的相关知识主体共同开展知识学习与知识捕获，实现内部学习与外部学习双元学习，促进企业形成面向特定技术领域开发的开放式创新生态系统。创新生态系统视角下的关键核心技术突破，其关键在于构建以核心企业为主导的知识生态系统与技术创新生态系统，要求核心企业在一定的知识场域与技术领域具备系统性的领先优势，且核心企业管理者具备强烈的企业家精神，能够承担关键核心技术突破过程中的不确定性风险，同时对所处的产业链上下游企业以及相关技术领域的企业具备强大的聚合力，能够吸引这些企业参与到面向关键核心技术攻关突破的知识生态系统与技术创新生态系统的构建与运行过程之中。比如，以华为为核心企业主导的通信移动产品生态系统，其对移动通信产业相关的芯片企业、云服务企业、信息通信服务企业以及制造企业等都具有强大的吸引力与撬动力，能够在面向5G的关键核心技术领域构建相应的知识生态系统与技术创新生态系统，吸引相关知识主体与创新主体共同参与关键核心技术攻关突破，协调不同知识主体与创新主体之间的交易与互动关系，最终推动关键核心技术的联合开发以及产业化进程。因此，立足创新生态系统的关键核心技术突破，由于生态系统内的知识主体、知识资源以及创新主体具有分散性，需要生态系统内的核心企业发挥生态领导的核心功能，撬动系统内不同生态位的知识主体贡献相应的知识，以开展技术共创与商业价值共创。

4.3 产业链链主视角下的关键核心技术突破

产业链是刻画产业投入产出关系的组织概念，包括了产业链不同环节的产业组织以及相关的产业配套基础设施等，其描绘了产业分工逻辑下的链式组织关系以及交互网络空间关系等。在产业链形成与发展的过程中，产业链内的不同主体会逐步形成上下游关系，并产生产业链内的核心企业。区别于一般性的核心企业，产业链链主不仅是经济意义上的产业链核心企业，又是具有产业资源与技术整合能力的企业，还是维护产业链整体安全性的非经济意义上的核心企业。换言之，其同时具备面向产业链市场逻辑的经济属性以及面向产业链整体技术安全与组织安全的公共社会属性。产业链视角下的关键核心技术突破，其内在的逻辑在于产业链链主具备面向产业链关键核心技术突破的系统能力，以及资源优势与合法性优势。从系统能力与资源优势来看，产业链链主在整个产业链中具有关键核心地位，其是关键核心技术的技术预见者以及关键市场需求的连接者，能够集成不同类型的技术创新主体并将其纳入到产业链的生产分工与创新分工体系之中，能够有效牵引产业链内的创新主体与市场主体开展技术与市场双重机会识别以及技术产业化，即成为产业链技术突破系统的集成者。其能力优势主要表现为具有强大的技术创新能力与市场需求整合能力，基于技术与市场耦合的双重能力引导由产业链牵引的创新链迭代与强化，实现产业链与创新链的相互融合。同时，产业链链主本身由于其具备更丰富的创新资源与产业资源，能够在整个产业链中发挥资源蓄水池的作用。对于关键核心技术突破而言，无疑需要长期的高强度投入。产业链链主具备规模优势以及资源优势，这些能够保障其研发投入的相对持续性，助力关键核心技术攻关顺利持续开展。从产业链链主关键核心技术攻关突破的合法性来看，由于产业链链主占据了整个产业链的核心位置，是产业创新生态中的主要生态位领导者，其领导产业链内不同组织成员参与面向产业链的关键核心技术攻关具备技术合法性以及制度合法性。前者主要是因为产业链链主具备影响产业链上下游以及其他配套互补者的技术能力，且拥有产业链上下游相关主体的地位认同，形成市场逻辑驱动下的市场合法性与社会认同视角下的社会合法性。以产业链链主为核心创新企业主体的关键核心技术攻关模式，主要是通过产业链链主牵引产业链内的各类大中小企业开展融通创新，形成关键核心技术创新过程中的技术互补、需求耦合与价值共享的创新要素融通、创新载体融通与创新制度融合的关键核心技术攻关的融通组织。

4.4 数字平台视角下的关键核心技术突破

新一轮技术革命催生了全新的经济形态，即由大数据、人工智能、区块链以及移动互联网等数字智能技术驱动数字经济形态的形成与演化。而数字经济形态的主要产业组织或者企业组织便是平台组织、数字平台企业以及数字企业等。数字平台基于数字智能技术搭建平台网络，吸纳各类创新主体与知识主体参与到平台双边或者单边市场之中，形成具有延展性与包络性的平台创新生态系统。平台用户成为平台创新生态系统的关键主体，能够参与到平台创新网络内各个主体的研发创新体系之中，实现平台创新场景或者平台创新生态系统下用户驱动的创新。面向数字平台的关键核心技术突破主要集中于数字创新或者基于数字技术创新的应用衍生性技术体系，比如面向制造领域的工业互联网的关键核心技术创新等。其中，以数字平台创新为基础的关键核心技术突破，其优势在于能够融合各类不同资源基础与不同能力导向的知识用户参与到数字平台创新之中，并通过网络连接、资源协调、价值共创以及价值共享等机制，实现多类型、异质性创新主体的需求融合、要素融通、价值共创与共享，牵引相关产业链、创新链的知识主体与创新主体打造面向数字平台的创新生态圈，并充分利用数字平台的模块化功能，连接、渗透多个产业链与创新链之间的各类主体，实现需求集成与价值共创，为满足共同面临或者个性化的创新需求提供平台基础。数字平台为基础的关键核心技术创新主要面向数字技术中的关键核心技术与数字场景应用过程中的衍生性技术体系。这一创新的核心要素是数据，即依赖数据要素实现对其他创新要素的充分赋能与各创新要素间的相互融合。通过数据要素集聚与数据要素标准化，进而更好地利用大数据分析、算法和嵌入数字平台的微社群用户，捕获关键核心技术突破过程中的市场需求与技术需求，提出一致性的价值主张，最终形成价值共创网络与创新网络，驱动异质性主体共同参与关键核心技术突破。

5 迈向下一个关口：关键核心技术突破需要解决的关键议题

5.1 关键核心技术突破的创新主体与创新主导问题

明确技术创新主体并不意味着能够有效解决关键核心技术攻关面临的系列问题。技术创新主体是用来回答谁是技术的开发者与谁