关键核心技术与“卡脖子”问题的结构性识别

陈 劲 王元地

摘 要：在外部断供与规则博弈叠加背景下，“关键核心技术”和“卡脖子”被高频使用，却常被简化为重要或先进技术清单，或被泛化为一般技术困难，致使攻关对象扩张、工具错配和政策靶向性下降。对技术演化与交易治理的分析表明，技术的“关键性”并非固有属性，而是主流技术路径收敛后不可绕行关口所占据的结构位置；“核心”并非重要性的修辞叠加，而是特定主体对关键关口的控制和通行权配置；“卡脖子”也并非技术类型，而是关键路径收敛、关口控制权高度集中且交易通道遭到制度性切断时形成的现实约束状态。据此，形成“结构—主体—状态”的分层识别框架，并将其具体化为路径是否收敛、是否位于关键关口、控制权是否集中、交易是否被制度性切断的四步必要条件检验。该框架能够区分真实“卡脖子”与探索期不确定性、能力积累不足、市场博弈不利等常见误判。治理上，应以可复核证据链支撑攻关任务遴选、资源配置、分类施策和动态评估，避免将关键核心技术治理简化为清单式攻关和单点突破。

关键词：关键核心技术；关键路径；关键技术；“卡脖子”；判别框架

中图分类号：F273.1 **文献标识码**：A **文章编号**：1003-7543(2026)09-0016-15

近年来，外部技术限制和规则性约束叠加演化，我国部分科技型企业同时面临技术卡点和规则卡位的“双卡”困境。一些技术领域和产业环节长期承受国外关键核心技术“卡脖子”压力[1-2]。企业在进入和扩展海外市场过程中，频繁遭遇来自国外知识产权和规则层面的“卡位”[3-4]。两类约束在企业层面交织，直接影响产品的技术含量、价值提升、规模化供给和全球化布局，对新质生产力培育和经济高质量发展形成现实掣肘。“双卡”困境的重要根源在于关键核心技术的缺失和关键关口的不可控。由此，中央层面作出以新型举国体制推进高水平科技自立自强的战略部署，要求围绕关键核心技术攻关和风险治理靶向发力。

在这一现实背景下，围绕关键核心技术及其技术约束的学术研究成果快速增多。技术安全和产业链安全相关研究揭示了关键环节受制于人的脆弱性和外部冲击机制，推动了对技术依赖风险、断供冲击和系统韧性的讨论[5-6]。创新与产业组织相关研究从企业能力培育、创新网络协同、政府角色和制度供给等角度，归纳关键核心技术攻关与追赶的组织机制和政策工具[7-8]。同时，还有不少研究尝试借助专利、网络或指标体系识别关键核心技术并评估国际竞争态势[9-10]，

基金项目：研究阐释党的二十大精神国家社科基金重大项目“打赢关键核心技术攻坚战的目标、主攻方向与对策研究”(23ZDA062)。

作者简介：陈劲，清华大学技术创新研究中心主任，清华大学经济管理学院教授、博士生导师；王元地(通信作者)，中国科学技术大学公共管理学院教授、博士生导师。

使这一高度政策化的概念逐步具备可观察、可比较的研究基础。总体而言，现有研究从关键技术的重要性、约束性、突破路径和治理体系等方面提供了多维解释，为相关政策讨论和实践探索奠定了坚实基础。

然而，学术研究和政策话语的繁荣也伴随着概念泛化问题。一是将关键核心技术简化为“重要或先进技术”的标签，甚至演化为不断扩张的清单。二是容易将“卡脖子”泛化为一切技术困难，把探索期不确定性、能力积累不足、市场竞争不利与结构性约束等混为一谈。三是常以单点性能或指标突破替代对系统集成、工程化和规模化供给能力的判断。四是倾向于将一般商业拒售、议价结果或短期供需波动误判为制度性切断。上述概念泛化使“关键”和“卡脖子”的判定缺乏一致的可复核标准，削弱了政策工具的针对性。

概念泛化的后果并非仅限于学术层面的争论，还可能增加治理层面的决策成本。比如，攻关任务可能从“卡脖子”的关口问题滑向清单问题，以致有限资源被分散配置；政策工具可能从对准关口滑向覆盖一切技术难题，导致激励扭曲和政策靶向性不足；企业也可能在误判约束性质的情况下，采取不匹配的替代、绕行或全球化策略。现实痛点由此凸显：在多种受限形态并存的条件下，如何形成一套可操作、可复核的判别逻辑，以区分关键核心技术和一般性技术困难，并据此实现分类施策和动态治理。

围绕上述问题，本文从技术目标、技术方案、技术路径与关键关口的演化关系出发，构建由“关键”到“核心”再到“卡脖子”的三层解释框架。“关键”源于技术路径收敛后关键关口的结构位置，而非技术属性；“核心”体现特定主体对关键关口的掌控状态；“卡脖子”则是控制权高度集中并伴随制度性切断时出现的现实约束状态。在此基础上，构建“结构—主体—状态”的判别框架及四步必要条件检验流程，将关键核心技术与“卡脖子”问题转化为可观察、可复核的识别对象，并进一步探讨不同误判情形下如何确定差异化的攻关任务、政策工具和企业策略。由此形成的治理逻辑强调以证据识别为前提，通过路径重构、结构调整、多层次博弈实现分类施策和动态评估，避免将关键核心技术治理简化为清单式攻关或单点突破。

一、关键核心技术与“卡脖子”问题的结构性机理

（一）技术的问题方案逻辑

围绕关键核心技术与“卡脖子”问题的讨论，首先需要回到技术的基本属性。技术不是抽象的“先进性”标签，也不是与应用场景脱钩的性能集合，而是为实现特定目标、解决特定约束而形成的一组可行方案[11]。换言之，技术的基本形态是问题—方案组合。只有在这一意义上，技术才具有可比较性和可选择性。不同方案在成本、性能、可靠性、可规模化、可获得性等维度上存在差异，进而形成竞争和取舍。

以筷子为例，筷子这一器具本身并不构成技术，技术所指向的是“如何制造筷子”的解决方案。若以木材为原料，该方案需要围绕材料选择、加工成型、尺寸和强度控制以及稳定复制等环节形成一整套可重复的方法组合。正是这些将原材料持续转化为可使用器物的工艺安排和组织方式，构成制造筷子的技术方案。筷子只是该方案的结果呈现，而非技术本身。

在这一理解下，技术方案必然需要通过一定的技术目标来加以评价。所谓技术目标，是对方案解决问题效果的评价标准，用以判断该方案在技术层面是否成立、是否有效。技术目标关注的核心问题是方案能否实现预期功能，是否达到所要求的性能水平，是否在工程上具备稳定性和可重复性。

在不同领域，技术目标往往体现为具体的技术效果指标。例如，在芯片领域，技术目标可能

表现为制程节点、运算速度、功耗水平或良品率。在汽车领域，技术目标可能体现为动力输出、耐热耐磨性能、安全指标或排放标准。而在能源和材料领域，则常以单位产出能耗、材料强度、耐久性等指标来衡量。这些指标本质上都是对技术方案是否有效解决问题的度量方式。

这意味着技术目标的达成并不等同于商业目标的实现。技术目标回答的是方案在技术上是否奏效，而商业目标关注的是该方案是否值得被采用，是最终的市场评价标准。例如，在芯片制造中，通过极高投入实现更先进的制程节点，在技术上可能完全可行，也能够显著提升性能指标。但若其成本结构、设备依赖或产能扩展条件难以支撑大规模应用，则该技术方案在商业层面未必成立。同样，在汽车或材料领域，某些在耐热、耐磨或能耗指标上表现优异的方案，可能由于制造成本过高或系统适配性不足，而难以成为主流选择，最终被市场淘汰。

因此，技术目标与商业目标虽紧密相关，但并不处于同一层级。技术目标是对技术方案效果的评价，是商业目标成立的必要条件，但并非充分条件。将技术效果指标直接等同于现实竞争中的关键性，容易忽视方案在成本、规模和组织层面的约束，从而造成对技术地位的误判。

进一步看，技术方案往往以物化载体或结构化流程的形式呈现，是形成最终产品的重要支撑。首先，从原材料出发，技术方案涉及原料的选择和处理，比如筛选和提纯。其次，通过加工和制造形成元器件或构件，承担某种功能。再次，不同构件被按照特定位置关系和连接方式组织成具有明确功能的结构。最后，多个结构再进一步被整合进更大的系统之中，参与更复杂的功能协同，实现更高层面的目标。正是在这一由材料、构件、结构到系统的层级化过程中，技术方案逐步具备可被控制、被替代或被阻断的现实条件。例如，当关键原材料的获取在合规规则或供应安排下被限制时，材料层面的通行条件就可能成为约束点。

需要进一步指出的是，无论是简单的筷子制造，还是复杂的芯片制造、航天飞机生产，以及大型基础设施建设，技术方案的效果都依赖各层级之间的协调和匹配。技术方案不仅依赖显性的元器件、结构、工艺流程和性能参数，还往往包含大量难以完全形式化的知识要素，如操作经验、工艺诀窍和组织协同能力。这些隐性知识并不总是直接反映在单一指标之中，也未必总体现为新颖性、复杂性、前沿性、颠覆性、创造性等，却对技术方案的稳定运行、持续改进具有重要影响，可能成为后续结构性约束生成的基础。

（二）多方案并存与选择不确定

将技术理解为解决问题的方案之后，可以进一步发现，同一问题在现实中往往并不存在唯一的技术解决方案。相反，在相当长的一段时间内，多种技术方案并存，构成问题解决的选择空间。这种多样性并非技术发展的偏差，而是技术探索阶段的常态[12-13]。

从问题本身出发，技术方案的多样性具有内在合理性。现实中的技术问题通常并非单一目标导向，而是同时受到多种条件和约束的影响，如性能、稳定性、适应环境以及可实现性等[14]。不同技术方案往往在这些维度上作出不同取舍，只要能够在技术目标层面实现预期效果，便构成可行的解决方案。因此，问题本身并不天然指向唯一解，而是为多种方案的形成提供了空间[15]。

如前所述，从技术构成来看，解决问题的方案往往并非由单一要素决定，而是由材料选择、工艺路径、结构与系统组织等多种要素组合而成。不同要素配置方式本身就会产生差异化的技术方案。例如，在制造和工程实践中，同一功能目标可以通过不同材料体系、不同加工工艺或不同系统架构来实现。这种要素组合的多样性，使得多种技术方案在逻辑上同时成立，造成主导技术路径选择的不确定性。

此外，技术探索通常发生在不完全信息条

件下。在技术发展的早期阶段,对于不同方案的潜力、边界及长期表现,往往缺乏充分认知。在这种情况下,多方案并行探索并非低效行为,而是一种理性的探索状态。通过并行尝试,不同方案在实践中逐步暴露其特征,为后续判断提供经验基础[16]。

芯片技术的发展可以作为一个典型例子。计算和信息处理并不天然指向某一种材料或器件结构。在相关技术尚未成熟之时,不同半导体材料、不同器件设计以及不同制造工艺,均曾被视为可行的技术方案。它们在技术目标层面均能够实现计算和信息处理,只是在实现方式和工程特性上存在差异。在这一阶段,技术探索的重点并不在于确定唯一正确的方案,而在于拓展问题解决的可能性边界。

类似的多方案并存现象并不局限于芯片领域。在能源系统中,不同发电方式均可回应稳定供能的问题;在交通领域,不同动力系统均可实现人员和货物的移动;在材料和制造领域,不同工艺路线均可满足强度、耐热或耐磨等性能要求。这些方案在技术目标层面均能解决同一问题,但其实现路径并不相同。

进一步看,在这一阶段,多种技术方案之间的差异,并不必然体现为优劣之分。方案只要能够满足基本技术目标,便构成问题解决空间中的一部分。技术方案的并存,反映的是问题解决方式的开放性,而非技术发展的无序性。正是在这种开放探索过程中,技术知识和数据得以积累,工程经验不断沉淀,产品和技术不断迭代、进化。因此,技术发展的早期状态,并不是单一路径的线性推进,而是多种技术方案并行演进的过程,哪种方案最终能胜出充满不确定性。

(三)关键性的生成过程

随着多种技术方案长期并存并持续竞争,一个更为关键的问题随之出现,即在多种可行方案同时存在的情况下,技术发展为何并未长期停留在高度分散的状态,而是逐步向少数路径集中,甚至形成事实上的主流路径,这就是所谓技术路线的收敛过程[17]。例如,在计算机外设接口领域,早期曾并存多种接口方案,但最终逐步收敛并统一于 USB 等少数通用接口体系。

技术路径的收敛,并非事前规划的结果,也不是由某一主体单方面设计而出[17]。在多数情形下,它源于多主体在不确定环境中进行的反复比较和选择[18]。企业、研发机构和产业参与者在决策时,通常并不会以塑造路径为目标,而是倾向于在当下条件下选择看起来更合理、更稳妥的技术方案。

在这一过程中,经济性发挥了关键作用[19]。尽管不同技术方案在技术目标层面均可能成立,但在成本结构、可复制性、扩展潜力以及与既有体系的适配程度等方面,方案之间往往存在差异。这些因素构成一套跨主体可比较的共同尺度,使得原本分散的技术选择逐步呈现方向性。需要强调的是,这种比较并不等同于对技术最优解的筛选,而更多体现为对当下可行解的偏好[20]。简言之,决定某一路径能否成为主流的,往往不是技术指标的单点最优,而是能否在成本—规模—适配—可复制之间形成可持续的工程—经济折中方案[18]。

正是在这种分散而理性的选择过程中,竞争并未向多个方向均匀展开。随着越来越多的参与者在相似判断下作出相近选择,技术探索逐步由多路径并行向少数路径收敛集中。表面上看,每个主体都在独立决策,但从整体结果看,选择空间在持续收缩,技术路径由此在无须集中协调的情况下自然收敛[20]。

这一过程在多个产业中均有体现。例如,在个人计算机产业的早期发展阶段,不同处理器架构曾长期并存,其间并不存在单一意义上的技术最优方案。然而,在与既有系统的兼容性、软件生态的延续性以及规模化生产的可行性等因素共同作用下,部分架构在反复比较中显得当下更合理,并逐步获得更多采用。技术路径并非因

为性能绝对领先而胜出，而是在技术可行性与经济可行性之间形成了一种折中[20]。

类似的收敛过程也出现在其他制造和工程领域。在动力电池制造中，不同工艺路线在早期阶段并行发展，各自能够满足基本技术目标。随着规模化生产逐渐成为核心约束，制造复杂度、良率控制和自动化适配性等因素开始显现差异，企业在反复比较中更倾向于选择更易复制和放大的方案。路径的形成并非源于某一方案在技术上彻底击败其他方案，而是大量分散选择在同一阶段叠加的结果。

因此，所谓技术路径，并不是技术发展早期就可以精确规划的对象，而是在多主体竞争、反复试错和比较中逐步收敛的结果[18]。主流路径往往并非技术性能意义上的极致方案，而是在特定历史条件下在技术可行性与经济可行性之间形成的相对稳定选择。理解这一点，是进一步分析关键技术与结构性约束的前提。

（四）关键路径与关键技术的生成

随着多种技术方案在竞争中逐步收敛，技术发展不再呈现高度分散的探索状态，而开始形成相对稳定的路径结构。在这一阶段，路径内部的结构性差异逐渐显现：并非路径上的所有环节都具有同等重要性，某些环节因其承担的功能具有决定性意义，开始对整体方案的运行产生结构性影响。正是在这一意义上，关键路径开始出现[21]。

需要强调的是，所谓关键路径，并非指完整的技术路线或产业链条，而是指在既定问题解决方案中，承担决定性功能且难以绕行的结构性通道或环节。一条技术路径之中，往往包含多个不同层级、不同功能的组成部分，其中大多数环节虽然重要，但并不构成结构性约束。只有那些一旦受阻便会影响整体运行的部分，才具有关键路径的意义[22]。因此，关键路径更多体现为路径中的某一段或若干段，而非整条路径本身。

在此基础上，关键技术的含义才能得以界定。关键技术并非泛指技术路径上的所有技术，也不是在技术性能意义上最先进的技术，而是关键路径在技术层面的具体承载形式。换言之，关键技术是由关键路径映射出来的结果，其“关键性”并不源于技术本身的复杂程度或先进程度，而源于其所处结构位置。一项技术是否构成关键技术，取决于它是否卡在关键路径之上，而非它在孤立状态下具有什么样的性能指标。

需要进一步澄清的是，关键路径的存在，并不意味着路径上的所有技术要素都会对特定主体构成现实约束。一条关键路径通常由多个技术环节共同构成，但不同主体在这些环节上的能力分布并不一致。对部分主体而言，路径中的大多数技术要素可能已经被成熟掌握，仅有少数环节在能力、成本或替代性方面构成实际障碍。正是这些尚未掌握、难以替代或短期内难以跨越的具体环节，才会在现实中表现为主体所面临的卡点或通行障碍。因此，关键技术并非对关键路径上所有技术要素的统称，而是指承载关键路径不可绕行关口的技术环节，其关键性由技术路径收敛后的结构位置所决定。相应地，某一主体是否在该环节被卡住，取决于其能力分布和通行条件，是主体相关的处境性问题。简言之，关键技术的“关键性”首先来源于结构位置（相对稳定），而是否被“卡”则由主体能力和条件所决定。

从前文介绍的技术实现的层级结构来看，关键技术可能出现在不同层面。在某些情形下，关键路径所对应的关键技术体现为关键原料或关键材料。在另一些情形下，则可能表现为关键元器件、关键构件或关键工艺。而在更复杂的系统中，关键技术还可能上升为关键结构设计、关键接口或关键系统模块。无论其具体形态如何变化，这些技术之所以成为“关键”，并不在于其技术类别，而在于它们在整体方案中承担了不可替代的结构功能。

为了更直观地理解关键路径与关键技术之间的关系，可以借助一个通道型的类比。在宏观

交通网络中，通往同一目的地往往存在多条路线，但由于地理条件或结构限制，其中某些通道成为多条路线的共同必经之地。一旦这些通道受阻，原本多样化的路线选择便会同时失效。在这一情形下，关键路径并非某一条完整路线，而是这些不可替代的通道。与之对应的关键技术，也并非所有交通技术，而是保障这些通道运行的具体技术要素。正是通道所处结构位置，使其具备了关键性。

这一结构视角下的理解，有助于澄清一个常见误区，即将关键技术简单等同于重要、先进或复杂的技术，或将其背后的长周期、高风险投资特征作为判定依据。事实上，在同一技术体系中，许多技术在性能上同样先进，却并不构成关键技术。某些在技术层面并不显得前沿的环节，却因其所处位置无法绕行，成为决定整体运行的关键所在。关键性并非技术属性的内在标签，而是技术嵌入特定路径结构后所呈现的关系性特征。

一旦关键路径及其所对应的关键技术形成，问题解决方案的结构便发生质的变化。路径不再只是多种可能方案之一，而是开始对参与者的选择空间产生约束。这意味着，关键技术不再只是技术体系中的一个环节，而逐渐成为影响整体运行稳定性的结构关口。正是在这一基础之上，围绕关键技术的掌控、限制和博弈问题，才具备了现实意义。

（五）结构性力量与核心控制权

关键路径一旦形成，便会产生超出单一技术性能的结构性力量。随着某些技术关口由实现目标的必经步骤演化为竞争中的关键节点，这些关口逐渐成为资源配置、竞争博弈、制度介入的集中点，并在特定条件下被赋予“核心”乃至“卡脖子”等更强烈的政策语义。需要强调的是，关键路径首先意味着“入场券”，但必经性并不自动等同于结构性力量。如果所有参与者都能以相近成本、相近效率通过该关口，它虽是必经之路，却难以成为可被利用的杠杆。结构性力量真正生成于差异化通过能力和不可替代性的叠加。只有少数主体能够稳定、低成本、高可靠地通过，而多数主体无法通过或只能以更高代价通过时，关键关口才会从共同约束转化为结构性不对称的来源，并进一步与成本结构、规模效应、生态协同和标准接口等因素耦合，形成持续自我强化的循环。

当这种结构性力量形成后，市场竞争逻辑将从谁做得更好转向谁能稳定通过、谁能掌控关口、谁能影响他人通过，关键位置由此成为稀缺资源。占据关口不仅意味着自身进入主流体系，更意味着对他方形成谈判能力和博弈筹码。但这种力量具有明确的相对性，即只有当通过能力分化真实存在时，抢占关键路径和关键关口才具有战略价值。反过来，若关口高度普及、可获得性强，不同主体通过该关口所需的成本和能力条件差异不大，即便位于关键路径上，也难以构成可利用的结构杠杆。

在结构性力量视角下，关键核心技术中的“核心”也需要被重新理解。“核心”并非技术固有属性，更不是重要性的修辞叠加，而是特定主体在长期投入中形成的掌控状态，即对关键关口的稳定控制和通行权配置。“核心”天然具有主体相关性，因为自己的核心未必构成他人的核心。由此，“核心”可以定义为特定主体对某项技术的稳定控制或专有化程度。

更重要的是，这一主体性认识能够解释追赶过程中的动态错位。追赶者难以掌控的关键关口，往往恰恰是领先者已工程化、体系化并可稳定控制的常规能力，而领先者真正的核心竞争区可能已转向新的技术目标和新路径，由此形成后发追赶中常见的“引进—落后—再引进—再落后”循环[23-24]。

为了在分析层面进一步区分“关键”和“核心”，并避免将技术重要性、技术先进性与结构性约束混为一谈，可将前述关于关键路径和主体掌

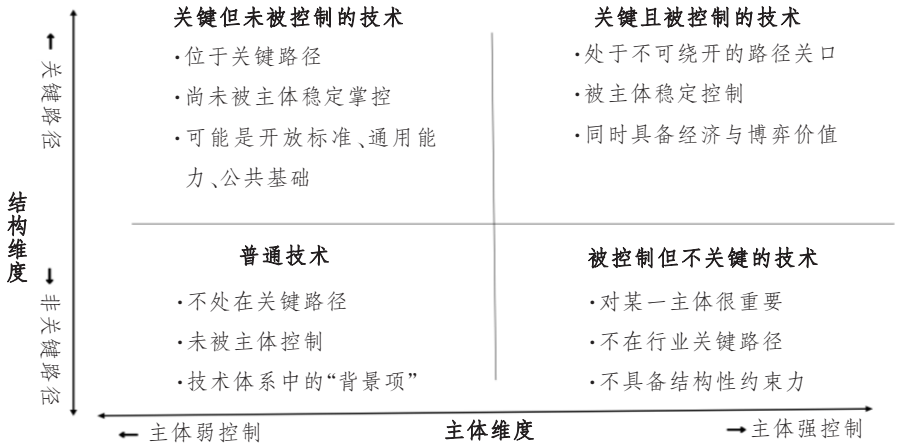

图 1 基于结构—主体视角下的技术类别

控的分析置于统一的结构空间中加以归纳。图 1(下页)从两个维度呈现技术所处位置:纵轴表示技术是否位于实现既定目标过程中不可绕开的关键路径,横轴表示该技术是否被特定主体稳定控制。技术由此不再依据固有属性被类型化,而是根据其在结构维度和主体维度中的相对位置加以呈现,为后续判别技术“卡脖子”状态提供直观参照。从治理角度看,该图为区分“关键但非核心”“核心但非关键”以及真正需要纳入“卡脖子”治理视野的情形,提供了直观且可操作的识别基准。

(六)制度性切断与“卡脖子”状态生成

完成对关键路径、关键技术及其结构性力量的界定后,“卡脖子”问题的理解就变得容易了。简单而言,“卡脖子”并非某类技术的固有属性,也不是技术先进程度的自然结果,而是一种在特定结构条件下、由主体掌控关系与现实制度环境共同塑造的状态。

从结构层面看,“卡脖子”问题的出现,必然以关键路径的存在为前提。只有当某一技术环节位于不可绕行的关键路径之上,并构成影响整体方案运行的关键技术关口时,才具备“被卡”的可能性。若某项技术并不处于关键路径之中,或其受阻并不会对整体方案产生实质性影响,即便该技术在性能上高度先进,也难以构成真正意义上的“卡脖子”问题。

结构位置本身仍不足以构成“卡脖子”。关键路径上的关键技术是否会转化为现实中的卡点,还取决于其掌控关系。只有当该关键技术的稳定掌控不在目标主体,而集中于其他主体之手,结构性的约束才可能转化为现实约束。若关键技术虽位于关键路径,但掌控权分散、可替代性仍然存在,或通过能力在主体之间高度对称,则结构上的“关键性”并不会必然演化为现实中的“卡脖子”状态,这与既有研究关于关键环节控制结构集中化的讨论相呼应。

进一步而言,即便满足了结构位置、掌控关系这两个条件,是否构成“卡脖子”,仍需回到现实运行状态中加以判断。在正常市场环境下,企业作为理性经济主体,其行为逻辑以收益最大化为核心。若通过持续供给、交易合作能够获得稳定且更大的商业利益,企业并无内在动机主动切断供给、放弃交易。由此可见,单纯的他人掌控并不自动意味着“被卡”,而这种依赖关系反映了全球市场分工体系中的常态。在全球化背景下,各国、各企业之间的技术依赖和合作是技术发展的基本模式,而不是排他性的封锁或限制。因此,“卡脖子”问题的本质不仅在于单纯的他人掌控,更在于这种控制如何与现实中的制度约束和合作环境交织在一起。

正是在这一意义上,需要区分由市场机制自然形成的结构约束状态,与在特定制度或非市场因素介入下被施以的“卡脖子”状态。在前一种情形中,关键技术的集中或垄断掌控更多表现为谈判能力和议价优势,其约束作用通常通过价格、条件和合作方式体现。而在后一种情形中,结构性关口可能在制度力量的介入下被转化为直接的限制工具,从而使潜在约束升级为现实中的“卡脖子”,即在关键路径关口存在且被他方稳定控制的前提下,市场交易在制度性约束下被实质性关闭,从而使通行从困难/不利变为不可得。

因此,“卡脖子”问题应被理解为一种现实状态,而非技术类型或结构标签。它产生于关键路径之上,依托关键技术关口,并以掌控关系为基础,但是否真正发生,最终取决于具体的交易关系、制度安排和行为约束。脱离现实状态而仅凭技术属性或结构位置进行判断,容易导致对“卡脖子”问题的泛化理解。

据此,技术路径收敛、关键关口形成及“卡脖子”由潜在风险转为现实约束的过程,可用图 2 来呈现。该图的治理含义在于,不同阶段对应的约束性质和政策应对重点并不相同,过早或错位介入都可能放大治理成本。

二、技术“卡脖子”问题的结构性判别框架

(一)基于结构—主体—状态的判别逻辑

在澄清“卡脖子”问题为何容易被误判之后,进一步的问题是:即便承认“卡脖子”并非技术属性,而是一种现实约束状态,仍需回答应当如何进行有序判断。若缺乏清晰的判别顺序,不同层面的现象仍会被混合使用,判断结果也难以保持一致性。基于前文分析,“卡脖子”问题至少需要依次在结构、主体、状态三个层面加以判别,且这一顺序具有不可随意颠倒的内在逻辑。

在结构层面,需要判断相关技术是否位于已经形成并收敛的关键技术路径之中。只有当某一技术环节处于不可绕行的关键路径之上,其受阻才可能对整体问题解决方案产生系统性影响,并产生连锁反应。若技术路径尚未收敛,或该技术并非路径中的关键关口,即便其在性能上高度先进,也只能构成一般性的技术难题,而难以形成结构性约束。由此,结构判别是所有后续判断的前提条件。

在主体层面,需要区分关键技术和核心技术。关键技术源于结构位置,而核心技术则指向主体在该结构位置上的掌控状态。并非所有位于关键路径上的技术都会对特定主体构成约

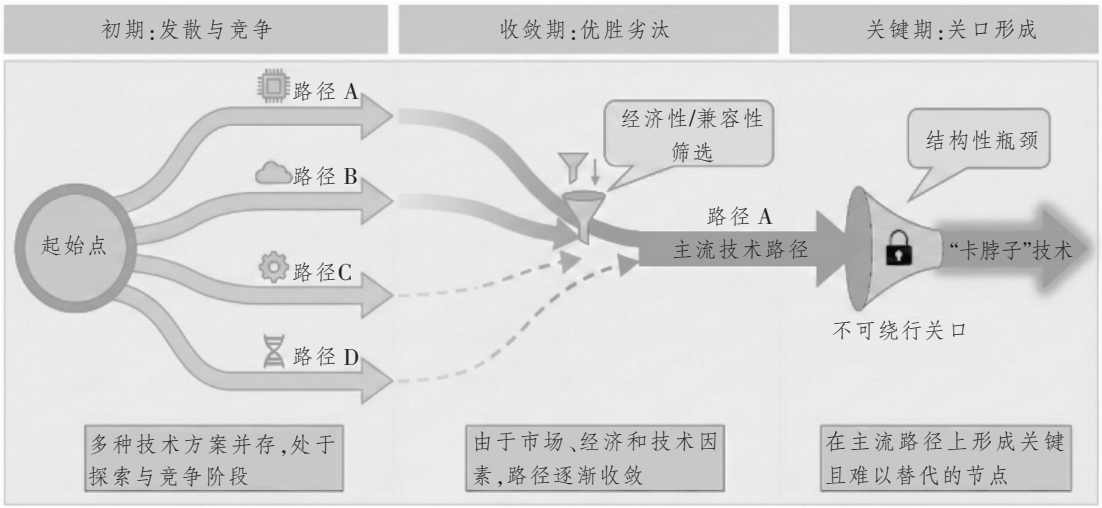

图 2 技术路径演化、关键路径及“卡脖子”状态生成机制

束,只有当关键技术被其他主体稳定掌控,而目标主体难以获得等效替代或对等控制能力时,结构性约束才可能向现实风险转化。这一层判别的核心,在于明确“对谁而言”以及“由谁掌控”,从而避免将技术重要性误读为核心技术缺失。

在状态层面,需要回到现实运行情境中判断是否已经出现制度性的交易阻断。正如前文所指出的,技术依赖是全球分工体系下的常态,关键技术被他方掌控并不自动意味着“卡脖子”。只有当正常市场交易无法继续,且这种中断并非源于价格、条件或商业博弈,而是由制度性约束所触发时,结构层面的潜在受制风险才会转化为现实中的“卡脖子”状态。因此,状态判别是“卡脖子”成立的最终条件,也是可以明确观察和识别到的。

需要特别指出的是,这三层判别逻辑之间并非并列关系,而是递进关系。结构层回答“有没有被卡的可能”,主体层回答“是否存在被卡的风险”,状态层则回答“是否已经发生卡脖子”。任何跳过前一层、直接从后一层入手的判断,都会放大误判的概率。例如,若不经结构判别便直接讨论交易中断,容易将一般商业摩擦误判为“卡脖子”。又如,若忽略主体层而直接诉诸技术重要性,也容易把关键技术误认为核心技术缺失。

通过将“卡脖子”问题分解为结构、主体、状态三个层次,并按照这一顺序加以判别,可以将概念分析转化为清晰的逻辑流程。这一流程既避免了将技术属性与现实状态混为一谈,又为后续构建可操作的判别工具提供了必要的逻辑基础。

(二)技术“卡脖子”问题的可判别条件

在明确“卡脖子”问题的分层判别逻辑之后,进一步的关键是将结构、主体、状态三层判断转化为可操作、可复核的分析工具。据此,可形成由四个步骤构成的必要条件判别工具,用以系统检验某一技术约束是否构成真实意义上的“卡脖子”问题。

表 1 给出了“卡脖子”问题的判别路径。该路径并非对技术重要性的综合打分,而是一组具有严格顺序的必要条件检验,其核心逻辑在于,任何一步不成立,“卡脖子”判断即不成立。这意味着,四个步骤之间并非加总关系,而是逻辑上的“与”关系,也就是结构证据不足则不进入主体证据,主体证据不足则不进入状态证据,以避免用后层现象替代前层判断。

在结构层面,前两步用于判断某项技术是否构成关键技术。步骤①关注技术路径是否已经形成并发生收敛,排除尚处于多路径并行、未来方向未定的前瞻性技术。步骤②进一步检验该技术是否位于实现既定目标过程中不可绕开的关键关口。只有在这两个条件同时成立的情况下,相关技术才具备结构意义上的“关键性”。若仅满足第一步,而非不可绕行的关口,则该技术虽然重要,但并不构成关键技术。

表 1 “卡脖子”问题判别路径

判别层级	判别问题	判断结果(是/否)
关键技术判断(结构层)	步骤①:技术路径是否已经形成并发生收敛?	□ 是 □ 否
	步骤②:该技术是否位于实现目标过程中不可绕开的关键关口?	□ 是 □ 否
核心技术判断(主体层)	步骤③:目标主体是否缺乏对该关键关口的自主控制,且控制权是否高度集中于少数外部主体?	□ 是 □ 否
“卡脖子”判断(状态层)	步骤④:在愿意承担合理代价的情况下,该技术是否仍无法通过市场交易获得(交易被制度性切断)?	□ 是 □ 否

注:每一步均需提供证据材料或信息来源,如技术路径收敛的行业共识/标准、关键关口技术依赖性、控制结构的集中度证据、制度性切断的规则文件或案例。

在主体层面，步骤③用于判断关键关口是否被少数主体稳定控制，从而进入核心技术的判别。这一步并不关心技术是否先进，而是关注控制结构是否集中，以及这种控制是否形成持续、可预期的掌控状态。只有当结构性关键关口的控制权明显不在目标主体，且难以通过短期调整获得等效通行能力时，核心问题才会显现。若关键关口虽然重要，但控制权分散，或可通过多元主体、多种渠道获得，则不构成核心技术缺失。

在状态层面，步骤④进入真正意义上的“卡脖子”判断。与前述技术属性或控制结构的分析不同，该步骤回到现实运行状态，检验在愿意承担合理代价的前提下，相关技术是否仍无法通过市场交易获得。需要区分的是，价格显著上升，甚至被“敲竹杠”、交易条件趋严或谈判不利，均属于市场机制下的博弈结果，即便对特定主体形成压力，仍处于可交易但不利的状态，并不构成“卡脖子”问题。只有当法律、政策、合规规则、长臂管辖或其他制度性安排直接关闭交易通道，使相关技术在现实中无法通过市场机制获得时，结构性约束才会从潜在风险转化为现实中的“卡脖子”状态。相关证据可以包括出口管制条例、实体清单、许可拒绝通知、合规限制条款、域外管辖触发条件以及标准组织排除机制等。

上述四个步骤分别对应三个不同层级：前两步属于技术的结构条件，第三步涉及主体控制结构，第四步则属于现实中的制度与行为状态判断。因此，“卡脖子”问题并非纯粹的技术属性，而是一种在特定结构与制度条件同时满足时才会出现的约束状态。仅当三个层级、四个步骤的判断结果全部为“是”时，相关技术约束才构成真正意义上的“卡脖子”问题。

三、技术“卡脖子”问题的误判类型与治理应用

（一）非“卡脖子”技术约束的四类运行状态

在采用“四步必要条件”进行判别之后，一个不可回避的结果是，大量在现实讨论中被称为“卡脖子”的技术问题，并不满足全部判别条件。需要强调的是，判别结果为“否”，并不等于否认相关技术的重要性，也不意味着问题本身不值得重视。相反，只有将不构成“卡脖子”的技术约束放回其真实运行状态之中，才能避免政策失效、资源错配和机会流失。基于结构、主体和状态三个维度，可以将判别为非“卡脖子”的技术约束情形概括为四类。

第一类，路径尚未收敛的探索性状态。在许多新兴领域，多种技术方案仍处于并行试错阶段，主流技术路径尚未稳定形成，关键关口亦未被清晰识别。在这一阶段，研发受挫、进展缓慢或不确定性上升，更多反映的是探索成本与路径未定的内在特征，而非外部结构性约束。从判别逻辑看，该类情形通常不满足“路径是否收敛”这一前提条件，将其直接界定为“卡脖子”，容易把技术演化的常态误读为异常封锁。

第二类，非关键关口的技术困难。即便在技术路径已经收敛的情况下，也并非路径上的所有环节都具有不可绕行的结构意义。一些技术环节虽然难度较高、指标苛刻，但仍存在替代方案、绕行路径或工程折中空间，其受阻并不会对整体目标的实现产生决定性影响。这类问题更接近一般性技术瓶颈或能力短板，尚未构成关键关口意义上的卡点。

第三类，控制权分散条件下的一般性技术依赖。在全球分工体系中，跨国技术依赖广泛存在。即便某一关键环节主要由外部主体提供，只要控制权并未高度集中，且能够通过多元渠道获得，其约束性质就更多体现为依赖关系和议价问题，而非核心技术缺失。从判别逻辑看，该类情形并不满足“控制权是否集中”的条件，其治理重点在于风险分散和能力补强，而非替代性攻关。

第四类，交易仍在的市场博弈状态。在一些情况下，相关技术位于关键路径之上，且由少数

主体掌控,但现实中交易并未中断,约束主要体现在价格、条件、交付周期或谈判地位等方面。这类情形反映的是市场博弈结果,而非制度性切断。只要交易通道仍然存在,即便条件不利,也不宜将其直接界定为“卡脖子”状态。

(二)伪“卡脖子”叙事的生成机制

与上述运行状态不同,现实中许多并不构成“卡脖子”的技术问题之所以被反复表述为“卡脖子”,并非源于其客观状态本身,而更多与认知方式、叙事结构、制度激励相关。概括而言,以下五种叙事机制尤为典型。

第一种是前瞻性“卡脖子”。在技术路径尚未收敛、主流方案未定的阶段,探索受挫或进展缓慢被提前解释为“被卡”,从而将不确定性外化为结构性阻断。这类叙事往往混淆了探索期风险和外部约束,忽略了路径尚未形成这一基本事实。

第二种是极限目标型“卡脖子”。当技术目标被设定在逼近工程或物理极限的位置时,可行空间被显著压缩,困难感被内生放大,进而被叙事为外部“卡脖子”。此类问题的根源往往在于目标设定方式,而非关键位置上的交易切断。

第三种是能力错配型“卡脖子”。在这类情形中,技术路径与关键关口客观存在,但主体尚不具备通过关口所需的基本技术能力、组织经验或系统集成水平,推进受阻被误读为“被卡”。其本质并非关口被封锁,而是尚未到达关口或尚不具备通过关口的能力条件。

第四种是交易回避型“卡脖子”。当交易通道仍然存在,但价格上升、条件趋严或谈判成本显著增加时,主体基于成本—收益权衡选择不接受现有条件,从而将“未成交”叙事为“买不到”。这类情形反映的是市场博弈和策略选择,而非制度性切断。

第五种是叙事型“卡脖子”。在政策与科研体系中,“卡脖子”往往与资源配置、项目立项和政策支持直接挂钩,这在客观上激励部分主体将一般性技术困难表述为“卡脖子”,形成结论先行、再寻找证据的问题建构方式。其结果是将尚不满足结构和状态条件的技术问题提前安全化、问题化。

在此,将前文已讨论的非“卡脖子”运行状态与伪“卡脖子”叙事机制统一放回四步必要条件的证据链中,表2(下页)对其在各判别步骤上的满足情况作对照呈现。表2并非新增分类,只是将前文已讨论的误判类型放回四步证据链中,标示其缺失的关键环节,从而使为何不是“卡脖子”的判断具有可复核的依据。通过这种对照可以看到,这些叙事机制并非没有问题,而是至少缺失了关键路径收敛、关键关口不可绕行、稳定控制结构或制度性交易切断中的一项或多项条件,其约束性质往往停留在探索不确定性、技术能力短板、依赖关系、市场博弈等层面。将这些情形区分并加以核验,有助于压缩概念泛化空间,推动治理实践从结论命名转向证据检验,并为分类施策和工具匹配提供依据。

(三)判别框架的治理应用与工具匹配

治理的关键不在于再造概念,而在于将不同缺失环节准确对应到不同工具组合。判别框架的治理意义在于以四步必要条件所形成的证据链为基础,将不同受限形态系统地对应到差异化的政策工具和企业策略,避免以单一工具应对多种约束情形。基于这一判别逻辑,治理应用可进一步归纳为四类典型的工具匹配关系。

第一类,路径尚未收敛的探索性状态对应试错支持型工具。当问题主要体现为路径未定与方案并行时,治理重点应是扩大试错空间和降低探索成本,政策工具宜以竞争性支持、容错机制、平台化基础能力供给为主,避免以清单式攻关过早锁定路线。企业层面应强调多方案并行、模块化布局和学习曲线积累,而非将不确定性提前安全化为“被卡”,这在新兴产业和未来产业发展中尤其值得重视。

第二类,非关键关口的技术困难对应能力

表 2 典型非“卡脖子”情形与“卡脖子”状态的四步条件对照

类型	步骤① 路径收敛	步骤② 关键关口	步骤③ 稳定控制	步骤④ 制度性切断	核心误判来源	与真正“卡脖子”的关键差异
前瞻性“卡脖子”	否/不确定	否/不确定	不确定	否	将探索期不确定性提前安全化	路径与关口尚未稳定出现
极限目标型“卡脖子”	可能	可能	未必	未必	目标设定逼近极限放大约束感	约束主要来自目标选择而非切断
能力错配型“卡脖子”	是	是	可能	否	能力积累不足被误读为“被卡”	问题在能力阶段而非关口被封
交易回避型“卡脖子”	是	是	可能	否	交易条件恶化导致“不买”被叙事为“买不到”	交易通道仍在，不是“给钱也买不来”
叙事型“卡脖子”	不确定	不确定	不确定	不确定	激励结构下结论先行、证据后置	未经四步检验即命名“卡脖子”
真正“卡脖子”	是	是	是	是	结构关键+稳定控制+制度切断叠加	四步必要条件同时成立

注：表中“可能”“不确定”用于表示此类误判常在事实不清、概念先行的情况下出现，需回到四步检验逐项核实。

补强型工具。当受限环节并非不可绕行关口时，治理重点是技术的工程化能力、系统集成和制造过程能力的持续积累，政策工具宜侧重工艺改进、工程验证平台、质量体系和人才队伍建设，避免以替代式攻关替代技术能力建设。

第三类，控制权分散条件下的一般性技术依赖对应风险分散型工具。当约束主要来自依赖关系而非集中控制时，治理重点是多元化供给和风险对冲，政策工具宜侧重供应链备份、标准兼容、认证互认和国际合作网络建设，同时通过关键部件国产化和替代储备降低不确定性。企业层面应将策略重心放在供应网络多元化、谈判能力提升和关键环节冗余配置，而非将其定性为核心技术缺失。

第四类，交易仍在的市场博弈状态对应规则协调和谈判增强型工具。当交易通道未被制度性关闭而只是条件不利时，治理重点是降低交易摩擦、改善交易条件，政策工具宜侧重规则协调、合规能力建设、贸易金融支持、产业链协同议价，避免将市场博弈误作封锁而采取过度替代。企业层面应强化合规审查、合同设计和替代谈判方案，在可交易空间内争取更优条件。

与此同时，对“伪卡脖子”叙事需要通过制度设计予以校正，以减少问题建构对资源配置的扭曲，其核心是将“命名”前移的做法，改为以四步证据链为前置门槛。

其一，针对前瞻性和能力错配型叙事，应将项目支持从结论命名转向证据链审查。在立项和清单编制中，应要求提供与四步必要条件对应的证据材料，避免以“卡脖子”命名替代判别过程，并通过阶段性评估机制动态更新判别结论。

其二，针对极限目标型叙事，应建立目标合理性审查和需求牵引机制。将目标设定与真实应用需求、成本约束和替代方案可行性相匹配，防止通过抬高目标制造“被卡”叙事，导致无效投入。

其三，针对交易回避型与一般商业拒售的误读，应强化对制度性切断的识别门槛。在判断“给钱也买不来”之前，应区分规则性通道关闭与市场交易条件变化，建立面向合规规则、行政许可和制裁清单的证据核验流程，避免将市场行为情绪化、安全化。

总之，判别框架的落地形式应体现为识别—分类—匹配—评估的闭环。以证据链完成识别，以运行状态完成分类，以工具组合完成匹配，并

通过动态评估及时调整治理重点，从而提升关键核心技术攻关和风险治理的精准性。

四、结论与政策建议

上述分析基于技术路径和结构位置视角回应了关键核心技术和“卡脖子”问题被频繁使用却难以精准识别的治理困境，并得到以下三点结论：第一，关键性并非技术的固有属性，而是在多种技术方案竞争并趋于收敛后，由主流路径上不可绕行的关键关口所生成的结构位置。第二，“核心”并非重要性或先进性的修辞叠加，而是特定主体在关键关口上的掌控状态，体现为控制结构在主体间的集中乃至垄断。第三，“卡脖子”并非某类技术的标签，而是一种在关键路径与关键关口已经形成、控制权高度集中且交易通道遭遇制度性切断条件下才会出现的现实约束状态。由此形成的“结构—主体—状态”分层判别框架及四步必要条件检验，使“卡脖子”判断从动员性表述转化为以证据链为基础的可复核结论，为攻关任务遴选、政策工具匹配和动态治理提供了统一且可执行的分析基准。

基于以上结论，提出如下政策建议：

第一，建立制度性切断的证据核验门槛，防止约束性质被过度安全化。应将制度性切断作为技术“卡脖子”问题判定的关键门槛，优先核验交易通道是否因规则性力量被单方面关闭，而非以重要性、先进性或对外依赖直接替代判别。对价格上涨、条件趋严、交付周期拉长、谈判失败等更接近市场博弈的情形，应以合规能力、谈判能力和风险对冲工具优先应对，避免将可交易但不利状态误判为不可交易状态。

第二，将识别起点从技术清单转向关键路径，提高政策聚焦度和资源配置效率。关键性来自路径收敛后的结构位置，应以关键路径和关键关口识别为政策识别起点，建立围绕目标任务的路径图谱和关口清单，防止以重要技术大全替代不可绕行关口识别。在路径尚未收敛的领域，应避免过早固化路线和清单式定点攻关，保持多方案并行和适度竞争，降低路径锁定和资源分散风险。

第三，形成分情形工具匹配，明确攻关边界并减少工具错配。应以“四步必要条件”搭建“识别—分类—匹配—评估”的治理流程，将不同受限形态对应到差异化工具组合。例如，针对路径未收敛的探索性问题，应以试错支持、平台能力供给和容错机制为主。而针对非关键技术方面的困难，应以能力补强、工艺迭代、质量体系和人才队伍建设为主。只有在发生制度性切断、交易通道被直接关闭时，才启动真正的“卡脖子”应对逻辑，集中力量开展替代攻关，做好系统性重构部署。

第四，提升系统替代和路径重构能力，避免单点突破导向的政策偏误。在应对结构性约束时，政策工具不应仅聚焦单点技术突破，还应将替代、绕行和系统重构纳入同一工具箱，鼓励通过接口重塑、系统架构调整、标准兼容和产业协同降低对既有关口的依赖。改变关键路径的结构位置和通行规则，有时比正面突破既有关口更具可行性，也更能从源头上削弱被卡条件。

第五，完善长期评估框架，从项目达标转向位置改善和持续通行。关键核心技术体现为长期位置竞争，且随着关键路径演化而迁移，难以用一次性投入或短期指标达标来衡量。政策评估应关注关键关口的可替代性提升、控制结构分散化程度、交易通道稳定性和风险敞口变化，建立动态监测和滚动调整机制，依据约束条件的变化适时调整政策工具。

第六，将关键核心技术攻关置于多层次博弈结构中，统筹运用技术突破和结构性博弈手段。前述政策建议主要立足于追赶和突破逻辑，但在理论和现实层面，关键核心技术往往嵌入原材料、构件、系统集成、应用场景和市场规模等多层次结构之中[25]。政策上应系统识别我国在不同层级上的相对优势和稀缺性要素，通过发

挥链主企业的组织牵引作用、健全跨层级联动机制，促进资源配置、产业协同、规则互动与市场布局的有机衔接，将各层级优势转化为结构性博弈筹码，在不改变技术本体的情况下缓解约束强度，并为后续突破争取时间和空间。Reform

参考文献

[1]叶健.多行业以数学“求解”产业卡脖子难题[N].经济参考报，2026-01-19(6).

[2]庞革平.投身“卡脖子”技术攻坚 做“顶天立地”的真科研[N].人民日报海外版，2025-12-08(9).

[3]王娜.高科技企业“出海”知识产权风险分析及应对策略[N].青海日报，2025-09-10(7).

[4]盛伟，张先锋，陈紫若.美式TRIPS-Plus条款模板与中国专利出海——基于规制趋同的视角[J].国际贸易问题，2026(1)：89-107.

[5]仲伟俊，梅姝娥，浦正宁.关键核心技术及其攻关策略研究——基于产业链供应链安全稳定视角[J].系统管理学报，2022(6)：1162-1168.

[6]王义中，林誉，林溪.大国科技竞争的潜在影响与政策应对——基于技术管制视角[J].数量经济技术经济研究，2026(1)：108-135.

[7]张羽飞，刘兵，原长弘.科技领军企业如何突破关键核心技术——基于产学研融合视角的双案例研究[J].科学学与科学技术管理，2024(12)：88-105.

[8]邵云飞，陈燕萍，吴晓波，等.从“研发”到“市场”：链主企业如何实现关键核心技术的商业化[J].管理世界，2024(12)：19-43.

[9]郑思佳，汪雪锋，刘玉琴，等.关键核心技术竞争态势评估研究[J].科研管理，2021(10)：1-10.

[10]戚湧，程驭.面向美国出口管制的关键核心技术识别与特征测度——以人工智能领域为例[J].情报杂志，2026(1)：64-74.

[11]Arageorgis A, Baltas A. Demarcating technology from science: problems and problem solving in technology[J]. Journal for General Philosophy of Science, 1989, 20(2): 212-229.

[12]Geels F W. Technological transitions as evolutionary reconfiguration processes: a multi-level perspective and a case-study[J]. Research Policy, 2002, 31(8-9): 1257-1274.

[13]Grodal S, Krabbe A D, Chang-Zunino M. The evolution of technology[J]. Academy of Management Annals, 2023, 17(1): 141-180.

[14]Freeman C. The economics of industrial innovation[M]. 2nd ed. London: Pinter, 1982.

[15]Jiang Z, McClintock E. Multiple approaches to problem solving and the use of technology[J]. Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching, 2000, 19(1): 7-20.

[16]Shehabuddeen N, Probert D, Phaal R. From theory to practice: challenges in operationalising a technology selection framework[J]. Technovation, 2006, 26(3): 324-335.

[17]Jeong S, Kim J C, Choi J Y. Technology convergence: what developmental stage are we in?[J]. Scientometrics, 2015, 104(3): 841-871.

[18]Podolny J M, Stuart T E. A role-based ecology of technological change[J]. American Journal of Sociology, 1995, 100(5): 1224-1260.

[19]林毅夫，董先安，殷韦.技术选择、技术扩散与经济收敛[J].财经问题研究，2004(6)：3-10.

[20]Basalla G. The evolution of technology[M]. Cambridge: Cambridge University Press, 1988.

[21]Kim J, Shin J. Mapping extended technological trajectories: integration of main path, derivative paths, and technology junctures[J]. Scientometrics, 2018, 116(3): 1439-1459.

[22]Filippin F. Do main paths reflect technological trajectories? Applying main path analysis to the semiconductor manufacturing industry[J]. Scientometrics, 2021, 126(8): 6443–6477.

[23]Dosi G. Technological paradigms and technological trajectories: a suggested interpretation of the determinants and directions of technical change[J]. Research Policy, 1982, 11(3): 147–162.

[24]郭靖,灵均.如何跳出“引进—落后—引进”的怪圈——论我国装备制造业发展的有效途径[J].中国经贸,2009(12):75–76.

[25]阳镇,王文娜.产业链链主视角下的关键核心技术突破:角色适配性、模式选择与推进体系[J].改革,2024(9):100–114.

Structural Identification of Key and Core Technologies and “Chokepoint Constraints”

Chen Jin　Wang Yuandi

Abstract: Against the backdrop of external supply disruptions and intensified rule-based competition, the terms “key and core technologies” and “chokepoint constraints” are frequently used but often reduced to lists of important or advanced technologies, or extended indiscriminately to general technological difficulties. Such conceptual dilution expands policy targets, misaligns policy instruments, and weakens strategic precision. Analysis of technological evolution and transaction governance shows that the keyness of a technology is not an intrinsic attribute but a structural position formed at a non-bypassable gateway after a dominant technological pathway has converged. Core status refers not to a rhetorical intensification of importance but to the control and access rights exercised by specific actors over that gateway. A chokepoint is likewise not a type of technology; it is a concrete constraint that arises only when the key pathway has converged, control over the gateway is highly concentrated, and transaction channels are institutionally disrupted. These conditions yield a layered structure–actor–state framework and a four–step necessary–condition test covering pathway convergence, gateway criticality, concentration of control, and institutional disruption of transactions. The framework distinguishes genuine chokepoint constraints from exploratory uncertainty, insufficient capability accumulation, and unfavorable market bargaining. Its policy implication is to base task selection, resource allocation, differentiated intervention, and dynamic evaluation on verifiable evidence chains, thereby avoiding checklist–style campaigns and isolated single–point breakthroughs.

Key words: key and core technologies; key technological pathways; critical technologies; “chokepoint constraints”; identification framework

(责任编辑:罗重谱)