

科学何以存续？——论认知体系的功能性缠结

王德生 · Claude

中华文化与科技创新 · 李约瑟之问与答 · 之十一 · SDE 金点子发生器 产出 · 二次双审 + 三轮打磨 · 约2.8万字 · 发表于 2026年7月17日

思想拓展声明：本智能体（SDE 金点子发生器）产生的任何论文与文本，均作为“思想拓展功能”提供——是 AI 在特定方法引导下的思想实验与观点探索，用于拓展思路、激发思考，不构成正式学术研究成果或事实性结论；如需正式使用，请自行核验并遵守学术规范。

摘要

现代科学自17世纪诞生以来，其存续韧性无法被归因于任何单一的内部属性。本文追问：使科学得以被社会身体持续供养、且无法被轻易退出的那种关系，是如何在具体历史条件中被发生出来的？通过追踪实验作为公共裁判这一认知机制的发生学起源，本文论证了这一机制的核心特征是对17世纪欧洲宗教战争所导致的跨教派自然知识裁判机制崩溃的直接回应——认知裁判的公共性与社会身体的非暴力裁决需求在历史的同一逼迫中被构成为一结构的两个侧面，即“功能性缠结”。在后续运转中，这种缠结通过祛迷-减负-追根的三重绞合不断加深，并通过社会路径供给、实验室的身体化训练与领域间围绕认知愉悦感的分工，获得了超越初始条件的代际再生产动力。哈伯-博斯合成氨的不可退出性、日本明治科学移植的变形以及苏联李森科事件的反向证伪，分别加固了这一框架的解释力。本文同时将这一框架用于诊断影响因子评价体制所表征的当代裁判功能接口的历史性替换，并明确指出该论点的证伪条件。

关键词：科学存续；功能性缠结；裁判真空；认知-生存共生；历史社会学

一、从一个被忽视的问题开始

李约瑟曾经困惑：中国远在欧洲之前就拥有了指南针、火药、造纸和印刷术，对自然的观察与记录也自成传统，为什么现代科学没有从这片土壤里长出来？半个多世纪以来，回答堆积如山——有人指向社会结构，有人归因于哲学气质，有人拿科举制度说事。这些讨论大多集中在一个方向上：中国“缺了什么”。但有一个与之对称的问题，却被问得少得多。这个问题不是“中国为什么没有产生现代科学”，而是“现代科学为什么没有崩解”。

这不是一个修辞性的反问。人类历史上并不缺少拥有丰富认知成果的知识传统。佛教的因明逻辑、伊斯兰世界的医学体系、宋应星《天工开物》中的技术记录，都曾产出过精湛的认知成果。但它们要么在某一刻停滞了，要么被后来的外来体系替代了，要么退化成了少数人的秘传。唯独现代科学，自17世纪诞生以来，虽然遭遇过无数次内部危机和外部挑战——宗教的压制、浪漫主义的反叛、后现代主义的解构——却从未被任何其他认知方式所取代，反而每一次受到挑战都变得更加强韧，其解释范围与社会权威持续扩张。借用一种审慎的表达：现代科学在人类已有的认知传统中表现出了一种独一无二的存续韧性。

本文试图解释的，正是这种韧性的发生机制。但在此之前，必须做一个关键的澄清：本文要解释的不是“科学为什么正确”“科学为什么有用”或“科学为什么比其他认知方式更优越”。本文要追问的是一个更根本的问题：**科学能够在没有天敌的意义上持续存在并扩张，这种能力本身是如何在具体的历史条件中被发生出来的？**所谓“没有天敌”，不是指科学没有被批判过——它全经历过——而是指：没有任何一种其他的认知方式曾经成功地、整体性地替代过科学在现代世界中的认知权威地位。这一事实需要一个解释，而这个解释不能简单地诉诸“科学本身的力量”，因为这种“力量”正是我们需要解释的对象。

在展开论证之前，有必要先引入一个贯穿全文的分析工具。“社会身体”这一表述在本文中指的是一个社会维持其成员基本生存与再生产所需要的那套物质配置、制度安排和行为惯习的总和。它不是一个有机体隐喻，也不是对任何既有社会学概念的直接借用，而是一个刻意保持操作性含义的表述：当本文说“社会身体的生存需求”时，指的始终是那些在具体历史情境中可以经验地识别的物质性约束——农田能否产出足够的粮食、劳动力能否被再生产、暴力冲突能否被遏制、基本供应线能否维持。将“社会”锚定在这些具体的物质性约束上，而非一套价值观念或文化氛围中，是本文全部论证的方法论起点。当本文说科学与社会身体“缠结”时，指的是一种超出了“科学服务社会”这一外在功能关系的历史关联：认知机制的某些核心特征，本身就是回应社会身体的生存困境时被逼出来的；而社会身体的后续运转，又在物质和制度层面被牢牢绑定在认知机制的持续运作上——这不是两种已经成型的实体在事后建立联系，而是两者在同一历史逼迫中获得了各自的形态。

二、对既有解释的检讨：一个被共享的先验

在展开本文的核心论证之前，有必要先检讨已有的、关于科学何以可持续发展的诸种解释。这一检讨的目的不是要展示它们各自的“盲区”然后将它们扫进同一个废纸篓，而是为了追问：这些解释在回答“科学为何存续”时，共同遗漏了哪个历史时刻？因为恰恰是这个被共同遗漏的时刻，隐藏着那个使科学不但站得起来、而且跑得久的结构性条件。

纵观20世纪以来的讨论，关于科学何以成功，大致存在着以下几条迥然不同的主要回答路径。

第一种路径可以被称为“累积性结构”的论证。卡尔·波普尔和托马斯·库恩对科学如何进步有根本分歧：前者强调猜想与反驳的逻辑必然性，后者强调范式革命的非累积性断裂。波普尔把科学的动力定位在证伪的逻辑不对称性上——一个理论可以被一个反例证伪，而证实永远是不完全的，因此科学永远处于可被修正的开放状态。库恩则把动力定位在常规科学与科学革命的交替节奏上：范式提供了足够丰富的“解谜”空间，使得科学家在漫长时期内有事可做；而反常的积累最终触发范式更替，打开新的解谜空间。他们共享了一个更深层的预设：科学存续的动

力来自科学知识生产的内部逻辑结构。这种回答没有解释的是：历史上许多知识传统都有同样精致的内部逻辑结构——中世纪经院哲学的注疏传统对逻辑一致性有极其严格的要求，佛教唯识学的名相分析体系其复杂程度不亚于任何一个现代分类学——但它们并没有因此就自动走向持续的自我更新。累积性不是发动机，它只是发动机运转之后留下的车辙。关键的问题是：什么使得科学那种特定的累积方式**得以持续**，而不是像经院哲学那样在某个临界点后陷入内在性的重复？

第二种路径将科学的主导地位归因于社会建构与权力运作。拉图尔与伍尔加在《实验室生活》中精细地展示了科学事实如何被社会化地建构：实验仪器的铭写如何被转化为不可置疑的“事实”，科学家网络如何通过吸纳越来越多的盟友来加固一个主张。沙平和夏弗在《利维坦与空气泵》中更进一步，将波义耳的实验方法与霍布斯的政治哲学并置，论证了“实验作为公共裁判”本身就是一种特定的社会-政治建构。这些分析极其有力地揭示了科学知识生产的社会性质，但在解释科学存续这一问题上，它们面临一个棘手的经验事实：为什么那些想要挑战西方霸权的非西方社会并没有发明出一种替代性的、同样有效的认知体系，而是纷纷主动选择了科学？20世纪的去殖民化运动并没有导致科学的退潮——相反，新独立国家几乎无一例外地把建立科学教育体系和科研机构当作国家建设的核心支柱。如果科学只是被外在地强加给世界，那么它的扩散模式应该类似于殖民语言——一旦殖民体系瓦解，本地语言就会复兴。但科学的扩散恰恰相反。社会建构论在揭示科学的社会性方面是不可绕过的，但在解释这种跨越政治制度、文化传统和意识形态差异的全球性存续时，它需要补充一种更根本的机制。

第三种路径诉诸科学的功利价值。这种解释的最朴素版本是：科学因为有巨大的技术效用，所以被所有社会主动采纳。它解释了一部分经验事实——20世纪后半叶亚洲国家对科学的大规模投资确实与科学在工业、医疗、军事领域展现的效用直接相关。但它无法回答：为什么在17世纪，当科学尚未表现出明显技术效用时，就已经有那么多最优秀的头脑投身其中？培根在《新工具》中热情洋溢地预言科学将带来“人类的福祉”，但那时的科学还几乎没有兑现任何实质的技术承诺。伽利略的斜面实验、开普勒的行星轨道计算、波义耳的空气泵——这些在当时都没有任何可想象的实际应用。更进一步，这种解释也无法说明为什么基础科学——那种短期内完全看不见应用前景的研究——至今仍能获得持续的社会供养。数学中的数论、理论物理中的弦论，这些领域可能在几个世纪内都不会产生任何可感知的实际效用，但它们的社会供养并未中断。

第四种路径聚焦于科学的制度结构。罗伯特·默顿论证了清教伦理如何为科学提供了文化合法性，后来又提出普遍主义、公有性、无私利性、有组织的怀疑这组科学规范来解释其自我维持能力。迈克尔·波兰尼在《科学的共和国》中更明确地将科学比作一个自发秩序的市场：科学家各自追求自己的问题，却在整体上形成了一种比任何中央规划都更有效的知识增长秩序。制度解释的长处在于，它关注了科学共同体内部的规范与组织如何维持知识的质量与传承。但它的局限也在于此：它本质上是关于“科学制度如何运作”的描述，而不是关于“这个制度为什么能活着”的发生学追问。规范本身需要外部条件的支撑才能生效——当科学家面临生存压力而无法做到无私利性时，当军事机密的逻辑压倒了公有性时，规范就会受到侵蚀。制度是外壳，需要追问外壳之下是什么在持续供能。

这四种路径各自看见了一些真实的东西，它们之间的分歧也不应被抹平。但从一个特定的角度看，它们共享了一个很少被明确说出的先验假设：**认知体系的存续能力，是该体系内部属性的函数。** 它们分歧只在于把哪个内部属性看作关键——累积性、合法性、有用性、规范性——但它们共同的预设是：一个认知体系要能活着，必须自身具备某种“能活”的结构性美德；解释的任务，就是把这个美德找出来。

如果这个预设本身遮蔽了更重要的问题呢？如果认知体系的存续能力，从来不在于它“自身”具备什么，而在于它与社会身体的生存需求之间形成了一种什么样的**功能关系**——这种关系不是认知成熟后“外加”的社会应用，而是从一开始就作为认知机制本身的构成条件参与了它的发生？要检验这一追问，就必须回到那个被四种解释共同绕开的时刻：在近代科学形成的那个原点上——17世纪的欧洲——科学认知机制的核心特征，究竟是怎么来的？

三、缠结的发生：裁判真空与认知机制的构成性同构

在展开论证之前，先给出本节的核心判断，然后用全节的篇幅来坐实它：**科学认知机制的那些最核心的特征——实验作为公共裁判、公理化作为合一性约束——不是“科学”这个抽象名词自带的属性，也不是天才的发明。它们是17世纪欧洲在宗教战争所造成的跨教派自然知识裁判机制崩溃后，被社会身体当作非暴力争议裁决方案而逼出来的产物。** 这个逼出的过程，使得科学的认知运转方式从一开始就缠结在社会身体的生存需求之中——不是说认知“服务于”需求，而是认知机制本身的形态就是对那种需求的结构性回应。

3.1 被逼出来的裁判方式

16至17世纪的欧洲经历了一百多年的宗教战争。从马丁·路德1517年张贴《九十五条论纲》，到1648年《威斯特伐利亚和约》的签订，天主教与新教之间的冲突撕裂了整个欧洲大陆。三十年战争（1618-1648）把德意志地区的人口消灭了三分之一以上。这不仅仅是一场军事和政治的冲突，更是一场深层的认识论危机。

中世纪的欧洲有一个相对稳定的知识裁决体系。关于自然世界的权威解释主要来自亚里士多德的著作，这些著作经过阿奎那的基督教化，已经被整合进一套融贯的神学-自然哲学框架。关于信仰问题的最终裁决来自教会——教皇与宗教会议拥有对圣经解释的最高权威。这个体系的有效性依赖于一个前提：裁决者本身具有无可争议的权威。但宗教改革的本质，恰恰是把这个权威打碎了。路德说“唯独圣经”，但他无法阻止每一个读圣经的人都得出不同的结论。加尔文在日内瓦建立了自己的正统，但他的对手在莱顿建立了另一套正统。当两个都声称自己拥有唯一真理的教派相互残杀时，“圣经”不但没能成为共同的裁判，反而成了分裂的加速器——因为“如何解释圣经”本身正是争议的核心。一个极其实际的问题由此浮出水面：**在不诉诸暴力的前提下，如何裁决关于世界真相的争议？**

这不是一个哲学问题。这是一个生存问题。社会身体在流血，而这种流血不是来自外敌入侵，而是来自内部对“什么是真的”这个问题的无法裁决。在任何一个社会里，当关于世界真相的争议不能通过非暴力的方式被裁决时，暴力的替代选项就永远在场。17世纪欧洲的自然知识争议——天体运行的机制、物质的基本构成、人体与疾病的关系——从来都不是与社会秩序无关的“纯知识”问题。在亚里士多德-托勒密宇宙论被

阿奎那整合进基督教神学之后，天文学与信仰不可分割；在盖伦医学被教会接纳之后，对人体的解释与对灵魂的解释互为依据。因此，对自然知识的争议同时也是对神学权威和教会权威的争议。当教会的裁决权威失效时，自然知识领域同样陷入了无法裁决的困境——每一派都诉诸自己的权威（自己的圣经解释、自己的亚里士多德注疏、自己的经验观察），每一派都声称自己正确，但没有任何一方可以迫使另一方接受自己的结论，除非诉诸暴力。而在经历了一百多年教派残杀的欧洲，继续用暴力来裁决认知争议已经不再是任何一个社会可以承受的选项。

正是在这个具体的历史压力下，**实验作为公共裁判**的意义才真正显现出来。培根在《新工具》中为实验方法做了最系统的哲学辩护，但他并不只是在谈认识论。他攻击三种“假象”中最顽固的“剧场假象”——即各种哲学教条像舞台上的剧本一样各自声称自己拥有真理却无法被仲裁——并明确将实验作为打破这些教条僵局的工具。波义耳在1660年代的空气泵实验将这一原则化为可操作的实践。他邀请皇家学会的成员们聚集在一起，亲眼看着气泵里的蜡烛在抽走空气后熄灭。这不是一个人在自己书房里做完实验然后宣布结果——那是旧式自然哲学家的做法，他们各自宣称自己观察到了什么，但别人无法验证。实验的核心在于它的**公共可重复性**：任何一个有正常感官的人，在相同的条件下，都能亲眼看到同样的现象，不管他是圣公会还是清教徒，是天主教徒还是无神论者。

这一步的深层意义在于：**认知裁决的标准与社会身体对“如何避免暴力裁决”的需求，在这里被捆绑在了一起。**实验之所以被确立为裁判标准，不是因为它更“科学”——那个时代还没有“科学”这个现代范畴——而是因为它能在一个教派分裂的社会里提供一种不需要诉诸教派权威的裁决方式。实验的认知权威不是认知体系自身赋予自己的，而是社会身体在特定历史压力下把它选出来作为一种生存方案。这种捆绑不是外在的——不是“社会需求影响了科学的发展方向”——而是**构成性的**：一个认知机制的特征（公共性、可重复性、不依赖个人权威）之所以长成这个样子，正是因为它们是对“裁判真空”这个社会困境的直接回应。抽走那个困境，就不会有实验作为公共裁判被发明出来；而一旦它被发明出来，它就不仅仅是一个认知工具，更是一个社会-认知的复合体——它同时在认知层面裁决自然规律，在社会层面裁决人与人之间的争议。

3.2 合一性如何替代教派权威

与此平行发展的，是**公理化合一性**的形成。欧几里得《几何原本》在文艺复兴时期被重新发现和广泛翻译，它的影响远远超出了数学本身。在宗教战争撕裂了欧洲的知识秩序之后，欧几里得的公理化体系提供了一种令人震惊的可能性：从少数几个公认的起点出发，通过纯粹的逻辑推导，可以得出一个无可争议的命题体系。

这一点需要更仔细地被理解。不是任何逻辑体系都能提供这种合一性。亚里士多德的三段论完全可以用来为两个相互矛盾的结论辩护——只要双方选择不同的大前提，逻辑推导本身完全可以各自融贯的。中世纪的经院辩论正是如此：对手双方都在使用三段论，但因为大前提不可仲裁（各自诉诸不同的权威注疏），逻辑推导不但不能解决争议，反而使争议更加精致化。欧几里得公理化体系的关键不同在于：它的公理——两点之间线段最短、等量减等量其差相等——**不依赖人格化的权威**。任何人都不能用“某个权威说过X”来修改公理，因为公理的接受条件不是权威，而是每一个正常人凭自己的理智能直接“看到”它显然为真。这不是“圣经如此说”，也不是“亚里士多德如此说”——这是“你自己看去，你没法不同意”。

当伽利略声称“自然之书是用数学语言写成的”时，他不仅仅是在做一个认识论陈述。他是在指出一个具有巨大社会后果的可能性：关于自然的知识，可以像欧几里得几何那样，从一个所有人都可以接受的起点出发，用逻辑必然性推导出来。这种知识的裁决不依赖于教皇，不依赖于路德，不依赖于任何一个具体的人——它依赖于每个人自己都可以进行的逻辑检查。如果实验提供了裁决的**公共可见性**（让任何人都能看到现象），那么公理化提供了裁决的**逻辑必然性**（让任何人都能检查推导）。

这里有一个需要正面回答的历史节拍问题。欧几里得的文本在中世纪晚期通过阿拉伯译本及其拉丁转译已经被欧洲学者接触——阿德拉德和巴斯的拉丁译本在12世纪已经流传。如果公理化是对教派分裂的直接回应，为什么它的社会可用性延迟了一个多世纪才真正发挥作用？宗教改革始于1517年，但公理化作为一种替代教派权威的认知统一方案在伽利略和笛卡尔时代（17世纪上半叶）才获得其历史动量。

解释这一延迟，恰好可以更精确地展示发生学的逻辑：公理化不是作为一个“现成的认知工具”自动回应了一个社会需求，而是它的**社会可用性**本身必须在特定的历史条件下被一同发生出来。12世纪的欧洲大学里，《几何原本》主要被当作一种形式推理训练，其公理化结构没有被认为是具有超出数学领域的规范性含义。三个17世纪前的变化改变了这一状况。第一，印刷术的普及（尤其是16世纪中期以后）使《几何原本》的各语种印刷版在欧洲广泛流通，它不仅被数学家阅读，也被律师、神学家和自然哲学家广泛接触到。第二，宗教改革对“个人直接面对文本”的强调，暗中为“个人直接面对公理”的认知姿态提供了文化合法性——既然每一个信徒都可以在圣灵的引导下直接理解圣经，那么每一个理性的人也可以凭自己的理智直接“看见”公理的真理。第三，也是最为关键的：大学数学教席在16世纪末至17世纪初的扩散（尤其是意大利和荷兰），培养了一代以数学而非神学为训练起点的知识分子——伽利略、笛卡尔、惠更斯都出自这一新的教育结构。这三重变化使公理化从一个古老的数学方法被转化为一种具有社会-认知双重权威的裁判框架。它之所以能在17世纪替代教派的合一性功能，不仅是因为它本身的逻辑力量，更是因为它的社会可用性在同一世纪被一系列制度和技术的变化所构造出来。这恰恰是发生学视野的洞察：一种认知机制回应了一种社会需求这一点本身，也需要特定的历史条件来使之成为可能。

沙平和夏弗在《利维坦与空气泵》中揭示了这一历史图景的另一面：波义耳的实验方案并不是在当时唯一可选的方案。霍布斯提出了一个完全不同的裁判方案——知识争议应该由一个主权者来最终裁决，就像国家的主权者裁决法律争议一样。在霍布斯的论证里，实验永远不能真正终结争议，因为实验装置的设计本身就有争议，实验结果可以被不同方式解读，而实验见证的“公共性”实际上依赖于一小群“绅士见证人”的社会信任——这不是真正的不依赖权威，这只是把权威从教会转移到了一个新的精英团体身上。霍布斯的批评是深刻的，但他的方案——让主权者裁决自然知识——在经历了教派战争之后的英国已经不可能被接受，因为刚刚过去的记忆就是：当主权者裁决信仰问题时，结果就是内战。从这个意义上说，波义耳的方案被选中，不是因为它“更正确”，而是因为霍布斯的方案在政治上是不可承受的，而波义耳的方案至少提供了一种可以绕过主权者裁决的可能性。在皇家学会早期会议的记录中仍可读到这一紧张的具体痕迹：1660年代关于空气泵引发的真空性质的

讨论，数次被与会者明确关联到“避免像大陆的教派辩论那样走向暴力僵局”的考量。自然哲学争议被当事者自身感知为可能重新点燃类似大陆宗教冲突的危险——这就是社会身体在那个时刻把实验裁判从一种零散的实践逼成一种制度化机制的具体历史通道。这不是要否认实验方案的智识价值——它确实开启了现代科学的认知路径——而是要指出：这个方案在发生时被选中，其条件既是历史的、政治的，也是认识论的，三者不能被事后撕开。

3.3 缠结的构成性：不是“外加”，而是“同构”

把实验的公共裁判和公理化的合一性放在一起看，一个清晰的图景浮现出来。这两个后来被视为“科学方法”的核心特征，在它们发生的那个历史时刻，都不仅仅是认知工具。它们是**社会身体为自身寻找非暴力知识裁决方案的结构性产物**。它们被逼出来，不是因为有人突然有了一个认识论的灵感，而是因为继续用教派权威作为知识裁决的方式已经被证明是灾难性的——它让同一个社会的人相互残杀了一百多年。实验和公理化的结合，提供了一个替代方案：关于自然的知识，由可公开观察的现象和可公开检查的逻辑来裁决，不由任何人的权威来裁决。这个方案一旦被制度化，它就在认知和社会之间建立了一种缠结关系，其中认知机制的特征与社会身体的需求在具体的历史时刻被逼得长成了同一个东西的不同侧面。

这就是功能性缠结第一层、也是最深一层的含义：**认知与社会的缠结发生在认知的原点，它是构成性的，不是附加的。** 在发生学的意义上，不能说“先有一个科学认知机制，然后它在社会中发挥了功能”——应当说，科学认知机制的特征本身就是被社会的生存需求逼出来的，而社会的生存需求在那一刻被翻译成了认知机制的形态。

3.4 一个对比案例：实验传统为何未在中国制度化？

如果功能性缠结的解释成立，那些没有完成类似绞合的认知传统应当呈现出不同的存续轨迹。这里的一个历史对比可以更清楚地展示这一推论的实证基础。为什么实验传统没有在中国古代被制度化？不是中国人“不会做实验”——沈括在《梦溪笔谈》中记录了磁偏角的精确测量，苏颂建造了用水力驱动的大型天文钟，这些都需要反复的、系统的实证观察和精巧制造。问题在于：中国古代社会并没有面临类似欧洲那种教派分裂导致的知识裁判真空。科举制度提供了一个基于经典注疏的统一知识裁决体系，儒家经典的地位在宋代以后是高度稳固的。士人阶层内部的争议——关于经义的解释、关于历史的评价——通过同一套经典注疏传统内部的辩论和官修定本来裁决，而这种裁决机制享有跨越朝代更迭的连续性。在这种条件下，实验观察可以作为一种辅助手段被容纳（如沈括所实践的那样），但它不会被社会身体需求为一种替代性的裁判标准——因为现有的裁判标准并没有导致社会撕裂，反而有效地维持着知识阶层内部的凝聚和国家对士人的选拔。

这里需要做一个精确的区分，以避免把这一对比误解为对认知传统的优劣评判。不是认知能力的差异，而是社会身体所面临的生存困境的类型差异，决定了实验传统能否从一种零散的实践被逼成一种制度化的裁判标准。在欧洲，裁判真空是一种生存威胁——它导致了一百多年的流血；在中国，裁判机制的连续性本身就是社会稳定的一部分——没有那种把实验逼成公共裁判的压力。反过来看，这恰好印证了功能性缠结的发生学逻辑：一种认知机制的特性能否被“逼出来”并制度化，不取决于该认知传统的内部禀赋，而取决于社会身体的生存困境是否需要那种机制来作为解决方案。而一旦这种机制在欧洲被逼出来并完成了它与社会身体的缠结，它就不仅在认知上、更在社会生存的物质配置上建立了一种持续自我强化的循环。

3.5 裁判机制的可选择性：一个必要补充

上文的论证容易造成一种印象：只要存在裁判真空，实验作为公共裁判就必然会被逼出来。这一印象需要被主动打破。在17世纪欧洲的特定情境中，实验方案在众多可能的候选中胜出，不仅是因为它被需要，也不仅是因为霍布斯的方案不可承受，还因为一系列物质和制度条件使得实验成为“实际上可操作”的选项。这些条件至少包括：文艺复兴以来绅士文化与工匠传统的汇合，使得有社会地位的人愿意亲手操作仪器——这在等级制的中世纪欧洲是不可想象的；印刷术使得实验步骤和结果可以精确复制并在全欧洲范围内快速传播，而不依赖于口头传授或手抄本；伦敦、巴黎、佛罗伦萨等地的赞助人网络为昂贵的实验设备（如波义耳的空气泵，其造价在当时的伦敦几乎相当于一个工匠数年的收入）提供了经济支撑；以及皇家学会等新机构为这群自然哲学家提供了一个组织化的聚会空间和声望授予机制。并不是任何一个面临裁判真空的社会都具备这些条件——后文讨论伊斯兰世界与德意志的对比时将回到这一点。这里的要点是：发生学的解释必须同时看见逼迫性的矛盾与使特定方案成为可能的物质条件，二者缺一则机制不成立。

四、缠结的运转：认知如何在社会身体里扎根

前一章论证了科学认知机制的发生是被社会身体的生存困境逼出来的。但一个被逼出来的制度完全可能在困境消失后衰退。三十年的宗教战争在1648年结束，如果实验裁判仅仅是“裁决教派争议的工具”，那么它应该在教派争议缓解后就失去动力。但科学没有。它在之后的两个世纪里加速扩张，最终席卷全球。这一章要解释的是：功能性缠结不仅仅发生在原点，它在运转中通过认知回馈不断加深——这种回馈的力量恰恰来自它把自身的成功不断转化为社会身体新的、更深的依赖，直到退出的代价高到任何社会都无法承受。

4.1 三重绞合的逻辑

要理解这种缠绕的运转机制，可以先澄清一个逻辑上清晰的区分。科学的认知运转对社会身体产生了三种不同但相互关联的回馈效果。这三种效果经常被分开讨论，但从功能性缠结的视角来看，它们是一根绳子的三股线。

首先，某些被科学所替代的旧有解释——瘟疫是天罚、腐肉自生蛆虫、精神疾病是恶魔附体——曾经消耗着大量真实的社会能量：人们为它们花费时间、金钱、注意力，从事祈祷、驱魔、购买赎罪券等行为。当认知机制用可公开验证的方式证明这些行为的因果逻辑是无效的时候，那些被消耗的能量并没有凭空消失——它们被释放了出来，并面临着重新配置的要求。社会身体必须把这些能量投向新的方向，而认知机制恰好

通过揭示新的因果路径（清理下水道可以减少瘟疫、消毒可以防止伤口化脓）为这些能量提供了具体的去处。这不是认知“说服”了社会——而是认知使旧路径失去了合理性之后，社会身体在生存压力下不得不转向新路径，而新路径恰恰是认知机制所标示的。

其次，沿着新路径配置的社会能量一旦固化为新的物质设施和制度安排——下水道系统、疫苗计划、化肥生产线、电网——社会身体的日常运转就被绑定在维持和推进这些新路径的认知工作上。这不是“喜欢科学”的问题，而是退出成本的问题。一个已经通电的城市不可能退回蜡烛照明而不经历经济崩溃和社会动荡。而维持电网需要持续的电工学、材料科学、控制理论的认知投入——这恰恰是只有科学认知机制能够提供的。

第三，新路径在运转中会不断产生新的问题——电网的稳定性、土壤的退化、细菌的耐药性——这些问题一旦出现，就成为社会身体不得不面对的新生存压力。而识别这些问题的性质、追踪其因果机制、提出干预方案，都要求进一步的认知投入。更重要的是，这些问题的性质本身——它们被表述为什么样的问题——是由认知机制来定义的。社会身体感受到的是“停电了”“产量下降了”“抗生素没用了”，但把这些感受翻译为具体的、可操作的因果问题，却是认知机制内部的工作。这种翻译将社会身体的生存需求持续地转化为认知机制的内部议程——不是“社会想要什么，科学就去研究什么”，而是“科学把社会自己说不出、但正在承受的困境翻译成了科学自己能处理的问题”。一旦这一翻译完成，支持认知研究就是支持社会自身的生存；阻挠认知研究就是阻挠社会自身的生存。

这三种效果构成了一种环环相扣的递进关系：后者依赖前者——先有祛迷造成的旧路径失效，才有社会能量沿着新路径重新配置；先有新配置的固化，才有新问题的产生和翻译。三者构成了一个闭环，每一次新的认知突破都在加固这个闭环。

4.2 哈伯-博斯合成氨：不可退出的物质锁定

以上是逻辑层面的分析。要使这一机制令人信服，需要用真实历史的运作来充实它。没有比工业规模的合成氨更好的示例了，因为它如此清晰地展现了这三股线的每一股如何在历史现实中彼此缠绕。

到19世纪末，欧洲和美国集约化农业的兴起使全球硝酸盐矿藏面临严重的压力。智利阿塔卡马沙漠的硝酸盐矿床是全球最丰富的天然氮源，其出口对于维持欧洲不断增长的人口的粮食产量已经变得至关重要——到1913年，光是德国每年就要进口约90万吨智利硝石。世界大战切断了这些供应线。协约国的海上封锁意味着德国的农业——进而它的食品供应——岌岌可危，如果找不到新的大规模固氮方法，大规模饥荒将在数月内降临。

弗里茨·哈伯的催化合成氨方法——在高压下将大气中的氮气与氢气结合——精确地回应了这一生存困境。当巴斯夫公司的卡尔·博世将其推广到工业规模时，这一方法不只是抽象意义上“提高了粮食产量”；它是在英国海军封锁期间，用一个化学反应替代了一整条大洋彼岸的供应链，实实在在地防止了德国人口在第一次世界大战期间发生大规模饥荒。这不是一个“科学做出了有用发现”的案例，而是一个认知机制被具体地、急迫地逼出来以回应一个社会身体的生存威胁的案例。

然而，这种减负一旦实施，就不可逆地改写了支撑农业的物质配置。哈伯-博斯工艺在战后成为全球农业的基础设施，其规模之大远超它在战争期间的起源。到21世纪初，地球上近一半人口的食品供应依赖于合成氮肥。这里需要仔细理解的不是“我们需要化肥”——这个事实本身是平庸的。需要理解的是依赖的紧急性与不可退出。如果一个现代社会失去了合成氨，它失去的不是“农业的额外助力”，而是它一半人口的食品供应。这不是一个可以被政策辩论所逆转的配置——它是在物理上已经固化在几十亿人的身体代谢中的物质依赖。而且这种依赖还要求持续的认知投入——更好的催化剂、更低的能耗、替代氢源的探索——这意味着社会身体的生存不仅是“在过去”被一次科学发现所支撑，而是“在持续的意义上”要求着化学、材料科学和工程学的不断推进。

由此诱发的追根进一步将社会身体的运转转化为认知的对象。大规模使用无机氮肥导致土壤酸化、水体富营养化以及强效温室气体一氧化二氮的释放。化肥厂、农业径流中的硝酸盐以及现代农业生态系统的能量预算，都成了新的研究对象。无法从外界解决这些问题的，只有科学自身，因为它本身就是最初发现并量化它们的方式——通过化学计量学、大气化学、流域建模和生态系统分析。社会感受到的是“水质恶化了”“气候变化加速了”“土壤不行了”，但把这些感受翻译为“密西西比河口的缺氧区面积与流域氮输入量之间的非线性响应关系”“土壤反硝化细菌群落结构的变化”以及“哈伯-博斯工艺的电化学替代路径”的，是认知机制本身的内部议程。

哈伯-博斯案例还揭示了缠结的一个更尖刻的维度：战争与暴力的维度。哈伯本人被称为“化学战之父”——他在一战期间主持了德军的毒气研发，并亲自监督了伊普尔战役中的第一次氯气攻击。合成氨同时喂养了德国人口并制造了德国的炸药。这一事实在后文探讨“科学与暴力的缠结”时将得到正面回应。在此处，它用作一个提醒：认知-生存共生不意味着道德善良。它的发生学机制同样适用于善良和暴力。战争作为最极端的社会生存困境，正是那个把合成氨逼到工业规模的直接压力——而一旦逼出，它就在和平时期也继续运转，因为和平时期的粮食供应同样需要它。

4.3 非缠结的历史比较：营造法式传统为何衰退？

在完成了哈伯-博斯案例的深度解剖后，可以回到一个更宏观的历史比较问题：为什么那些没能持续的认知传统，恰恰在“缠结”这一点上从未完成绞合？

宋代建筑学的“营造法式”传统——由李诫在1103年整理成书——建造了无数千年不倒的木塔与殿宇。但它从未走向追根——没有形成一套可以推导、可以扩展到其他材料和结构的力学体系。关键不是中国人“不会”追根，而是“如何建造一座不塌的塔”这个社会需求从来没有被系统性地翻译为“材料的受力与形变遵循什么数理关系”这个独立的认知议程。木材的受力特性、榫卯结构的力学原理、地震中木构架的阻尼行为——这些认知对象必须有独立于具体匠人经验的逻辑结构才能被持续地研究、修正和扩展。但在营造法式的传统中，这些对象一直嵌在具体的营造实践和师徒口耳相传的经验里。一旦战争打断了工匠谱系，技术就缩水一层；一旦新材料（如钢筋混凝土）在近代传入，整个传统就被

整体替代而没有任何可以抵抗的理论内核。更关键的是，这种衰退并不会让社会在物质上付出不可承受的代价：有工匠时能建，没有工匠时退回简单结构，社会的生存可以继续，认知的衰退没有系统性的代价。

这不是一个能力问题，而是一个结构差异问题。在欧洲，由于上一章所论证的发生学原因，自然知识的认知机制被逼着与社会的裁判结构绞合在一起，从而获得了独立于具体实践的制度生命，以及——通过哈伯-博斯案例所展示的那种物化后的不可退出性——将社会身体的生存与认知机制的持续运作牢牢绑定。而营造法式虽然也是被社会需求逼出来的技术成就，但它从未将自己从社会实践的身体上分离为一个独立的认知机制，因此当社会条件变化时，这个传统没有独立悬浮于社会动荡之上的能力。功能性缠结的视角揭示的正是这一点：不是中国古代“缺乏了什么科学特质”，而是科学在欧洲的独特性在于它被逼着完成了认知与社会之间的那个最初的绞合，并通过后续的运转将这个绞合固化在实质的物质配置中；而营造法式从未处于那种必须完成绞合的压力之下，因此它也没有获得那种不可逆性。

五、缠结的再生：投身科学何以成为一种可代际传递的人生选择

到此刻为止，现代科学的形象像是一台与社会身体的生存需求深度绞合的认知-实践复合装置。这个形象能解释科学为什么不会被社会轻易抛弃——因为抛弃它的代价已经高到不可承受。但它解释不了一个更微妙的问题：是什么让一代又一代最聪明的人愿意把自己的一生投入那些可能永远不见成果的基础研究？社会需求只能催逼应用，催逼不了法拉第在电磁线圈上度过的无数个日夜、爱因斯坦在统一场论上耗费的后半生、或者狄拉克凭一个数学形式的美感预言反物质的存在。如果没有这种发自研究者内心的投入，科学的前沿就会枯竭。

这就引出了功能性缠结的第三个层面：**投身科学的精神吸引力不是少数天才的偶然心理特质，而是缠结关系在长时段中被制度化后的必然产物。**它与认知-生存绞合的关系，不是“外在的补充”，而是“内在的再生”：恰恰因为科学已经在物质和制度层面与社会身体死死绞合在一起，才使得“投身科学”这件事能够成为一种稳定的、可持续的、承载着深切满足感的人生选择。

5.1 社会路径的供给

在任何社会里，最聪明的人不一定去做什么——他们去做的，是社会在那个历史时期提供的最稳定、最有声望、最能带来安全感和成就感的那件事。在中国宋代，那件事是科举——不是因为每一个考生都热爱四书五经，而是因为它通向社会地位、物质保障和家族荣誉的唯一宽阔通道。在中世纪欧洲，那件事是教会——同样地，不是因为每一个教士都心怀神学热情，而是因为它同样提供了地位、保障和荣誉。聪明人的流向不是由“兴趣”决定的，而是由社会制度所提供的那条“最可欲的路径”决定的。

17世纪欧洲的科学之所以能够开始吸引最杰出的大脑，不是因为突然有一批人集体爱上了实验和计算。宗教战争和宗教分裂首先使教会的传统路径部分地丧失了它的垄断地位。在天主教与新教反复争夺的领地上，一个年轻人在选择成为教士时会面临高度的不确定性——今天我依附的教会，明天会不会被敌对教派清洗？传统贵族庇护体制也因为战争和商业革命的冲击而不再像以前那样稳固。正是在这个传统路径部分失效的窗口期，科学——通过学会、期刊和新兴的荣誉经济——提供了一条新的、相对稳定且不依赖教派忠诚的社会上升路径。皇家学会1660年获得特许状，《哲学汇刊》1665年创刊：一个人可以通过在期刊上发表一篇被同行认可的论文，而不是通过向某个权贵献书或通过神学考试，来获得社会认可。

关键要理解的是这一供给与上一章所论证的发生学之间的内在关联：科学之所以能够提供这条社会路径，恰恰是因为社会身体在残酷的教派冲突中把实验裁判选作了一种非暴力的争议裁决方案。因为社会身体需要这种裁决方式，所以它愿意为从事这种裁决的人提供地位和供养；因为这些人获得了地位和供养，所以“投身科学”就变成了一条可被理性计算的、值得投入的人生路径。社会路径的供给不是天上掉下来的——它是缠结关系在制度层面向社会个体开放的一种结构性可能性。而且这种可能性一旦被打开，就会自我强化：越多的聪明人涌入，科学的产出就越多；产出越多，社会对科学的依赖就越深；依赖越深，社会提供给科研的资源 and 地位就越多；资源和地位越多，涌入的聪明人就越多。

5.2 实验室作为认知愉悦感的训练场所

但社会路径的供给只能解释聪明人为什么“愿意来”。它不能解释为什么他们来了之后“沉迷”了。为此，必须进入制度的第二层：实验室对身体化认知体验的稳定化生产。

李比希在吉森大学建立的化学教学实验室（1824年）通常被视为“研究型大学”的典范，但这里关心的是它的一个更深层的意义：它把科学研究的“沉浸体验”从老科学家个人偶然的、不可传递的心理状态，变成了一种可以通过标准化训练被复制和传递的经验。一个学生在李比希的实验室里度过几百个小时——天不亮就进入实验室、处理真实的未知样品、面对一次又一次的失败、最后在定量分析的结果与理论预测吻合的那一刻感到那种无法言说的颤栗——这个过程不是在“学习化学知识”，而是在反复经历一种特定的认知愉悦。这种愉悦的独特之处在于，它既不同于宗教体验中的超越感，也不同于物质满足带来的快感：它是一个人在经过长期紧张的期待和反复的挫败之后，突然看见杂乱的现象被一个简单的因果结构所贯穿时所产生的智识震撼。这种震撼一旦被经历过，就会像一个钩子一样挂在记忆里，使人此后再也无法忍受面对未解难题时不将其追究到底的状态。

这种认知愉悦之所以不是个体偶然的“天赋”，而是可以被制度化生产的，是因为它的触发条件可以被实验室环境所稳定地重建：一个明确的、可通过程序性操作推进的研究问题；一个允许反复失败的、不受即时后果威胁的空间；一批经历过类似训练、能够共享这一愉悦感的同侪；以及一个提供基础物质保障的制度环境（薪俸、设备、独立工作空间）。当这些条件在制度层面被稳定地供给时，投身科学就不再需要依赖个体的“天赋热情”，而是变成了一种可以被标准化训练的生涯选择。

5.3 不同领域何以吸引不同类型的心智

这同时解释了为什么不同科学领域的吸引力是不均衡的。理论物理学比农业科学更“迷人”，不是因为理论物理学家天生更有品味，而是因为

不同领域的认知结构本身就具有不同密度的认知愉悦的触发点——在理论物理中，一个被高度压缩的公理框架同时解释了大量经验现象（麦克斯韦方程组、广义相对论），这种“简约而浩瀚”的结构在相对较短的训练周期内就可以给初学者带来震撼性的智识体验；而在农业科学中，涉及的是极其复杂的土壤-作物-气候-微生物系统，认知愉悦更多地来自在纷杂数据中长期摸索后捕捉到的微妙规律，其触发频率和瞬时强度往往不及理论物理学。

这种错位不是评判哪个领域“更好”的理由。相反，它在科学的社会再生产中发挥着一种功能性的分工：理论物理的高密度认知愉悦持续吸引着那些对简约必然性最敏感的心智，正是这类心智在少数情况下产出的根本性突破，通过应用科学的中介在长时段中转化为全社会共享的技术进步。农业科学尽管认知愉悦的触发频率较低，但它在认知-生存绞合的另一端——直接的、可感知的减负——贡献了不可替代的价值，从而获得了持续的社会供养。这种供养保障了农业科学家的职业稳定性，弥补了吸引力层面的相对薄弱。反过来，理论物理尽管减负效果在短期内几乎不存在，却因为其认知愉悦密度吸引了社会的制度性供养——社会愿意为那些“不知道将来会有什么用”的纯粹研究买单，而这种供养意愿本身又是社会在长期经验中习得的：那些曾经同样“没有用”的理论突破，在几十年后转化成了改变整个文明的技术基础。

5.4 精神吸引力的发生学解释

把这三层制度化放在一起，投身科学的精神吸引力就不再是一个需要诉诸“人类天性”或“天才心理”的不可解释之物了。它可以用一句朴素的话说清：**这种吸引力是认知与社会的功能性缠结在个体生命历程上的投影。** 社会身体需要科学来维持自身的物质运转，所以它愿意为科学提供制度性的资源和地位；资源和地位使得投身科学成为一条理性的、可欲的人生路径；这条人生路径上的训练方式，则把认知愉悦的触发条件稳定化为可代际传递的制度安排；不同领域之间在认知愉悦形态上的错位，使得不同类型的心智能在缠结的不同位置上找到适宜自身倾向的栖身之所，各自以不同的方式参与着整个认知体系的再生产。这一切的总和构成了那种看起来最像自由火焰的东西——科学家面对未解之谜时那种“不把它想通就睡不着”的啮咬感。它之所以能烧这么久，不是因为它有某种永恒的本质，而是因为它的燃烧条件在四百年中被制度性地、物质性地、代际性地不断再生产。

5.5 日本明治科学移植中的路径供给与变形

“社会路径的供给”这一分析是否仅在17世纪的欧洲有效？如果功能性缠结旨在解释科学在全球范围内的存续，那么这一机制在非欧洲语境中应当呈现出可追踪的移植、变形或嫁接过程。日本明治时期（1868-1912）的科学移植提供了一个精准的对比例：它比欧洲原生路径更清晰地展示了“路径供给”如何作为功能性缠结的核心齿轮而运作，以及当路径供给的方式不同时，缠结的形态如何相应地发生变形。

在德川幕府时期（1603-1868），日本社会中才智之士的社会上升路径已经被高度制度化——那就是通过各藩的藩校和幕府的昌平坂学问所，学习朱子学经典，成为武士官僚阶层的一员。“兰学”虽然在18世纪后期逐渐被允许传播，但它从未成为一条独立的社会上升路径。一个学习兰学的人——如杉田玄白和他的同僚们——可能被同僚视为“奇才”，但兰学本身不提供官职、不提供稳定的俸禄、不与任何社会地位直接挂钩。因此在兰学时代，虽然日本已经接触到了相当程度的西方医学、天文学和地理学知识，但这些知识从未被制度化为一套可以自我再生产的认知机制——它们依赖个体的好奇心和偶然的赞助，缺乏制度性的社会路径为它们持续输送最优秀的心智。

明治维新在1868年一举改变了这个格局。新政府废除武士阶层的世袭特权、建立帝国大学（1877年东京大学成立，随后京都、东北、九州、北海道各帝国大学相继设立）、将“通过国家考试进入官僚体系和专业技术阶层”确立为新的社会上升路径——而在这条新路径中，西式科学（医学、工学、化学、物理学）被明确定位为核心科目。一个年轻人在1880年代选择成为工程师或医生的路径，不是因为他“对科学有兴趣”，而是因为这是一条被新国家明确铺设的、通往稳定俸禄、社会声望和近代化精英身份的道路。社会路径先行；才智的涌入随后；认知的产出再次之。

但这里出现了一个与欧洲原生路径的关键差异。欧洲科学的社会路径供给是在裁判真空的逼迫下从社会身体内部生长出来的：皇家学会、期刊和荣誉经济是自然哲学家们自己建立的制度，其合法性来自于它们所提供的裁判功能——社会身体需要它们来裁决争议，因此它们获得了供养和地位。日本的路径供给则与此不同：它是国家自上而下铺设的。帝国大学的教授不是通过同行期刊积累荣誉资本的自由研究者，而是国家官僚体系中的技术官僚。这意味着在日本明治时期的科学移植中，科学的认知权威不是被社会身体“选”出来的——如同17世纪欧洲社会身体在裁判真空的压力下选择了实验裁判——而是被国家在现代化议程中“指定”的。这导致了一种变形的功能性缠结：科学与社会的绞合在日本确实发生了，但其绞合的枢纽不是“社会身体的非暴力裁判需求”，而是“后发国家的工业化生存需求”。前者产生了以公共可验证性为核心的认知权威，后者产生了以国家效能为核心的技术权威。

这一差异并不否定功能性缠结的解释力。恰恰相反，它印证了功能性缠结的核心逻辑——科学的存续能力不在于它自身的什么属性，而在于它与社会身体的特定生存需求之间形成了何种缠结关系——同时展示了缠结形态如何随着社会身体的生存需求类型而变形。在日本，工业化和军事现代化的压力替代了欧洲的教派裁判真空，成为那个逼出科学制度化的具体困境。缠结发生了，但其内在的紧张也由此埋下：当认知权威的合法性依赖于国家效能而非公共可验证性时，一旦国家的生存需求转向（例如，战争失败），科学的制度地位就可能随之动摇。战后日本的科学体制重组——从帝国内部的技术官僚系统转向以美国为模板的研究型大学和同行评议体系——恰恰可以看作是对这一变形的一次修正：试图将认知权威的根基从国家效能重新锚定到公共可验证性上。

5.6 缠结解纽的反面案例：李森科事件

如果功能性缠结是科学存续的关键机制，那么当缠结被强行解开时，科学应当表现出可观察的衰退。苏联的李森科事件（1930年代至1960年代）为此提供了一个近乎实验性的反向证伪案例：它清晰地展示了当社会身体的需求——这里是农业集体化的政治需要——直接压垮了科学共同体内部的裁判机制（遗传学的公共可验证性）时，一个认知领域如何在短时间内从具有国际竞争力的前沿退化为一套与物质现实脱钩的政治仪式。

20世纪20年代的苏联遗传学处于世界前沿。瓦维洛夫和他的同事们与摩尔根学派保持着密切的学术交流，苏联的植物育种研究在生物多样性和遗传资源收集方面领先全球。但在斯大林农业集体化的高压下，一个根本性的矛盾浮现出来：遗传学——尤其是孟德尔-摩尔根的基因理论——所揭示的作物改良路径（杂交育种、长期选育）是一个缓慢的、耗时的、不可预测的过程，其时间尺度与集体化对粮食产量的紧迫政治要求根本不在同一个数量级上。特罗菲姆·李森科提供了另一套说法：通过“春化处理”等简单操作，可以在一两代作物的时间内显著提高产量；后天获得性状可以遗传；不需要复杂的统计设计，不需要受控实验，只需要数以百万吨计的“群众性科学实验”来展示产量数字。这不是李森科一个人编造出来的谎言——它是在社会身体（苏联政权）将极其强烈的、不可拖延的粮食压力砸向科学共同体时，一套能够回应这种压力的、但完全放弃了公共可验证裁判标准的替代性认知程序。

关键的历史机制在于：当斯大林在1930年代至1940年代以政治权力系统性地镇压了摩尔根遗传学派——瓦维洛夫1943年死于古拉格——并确立李森科主义为官方“生物学”时，苏联在遗传学领域实质上是把十七世纪实验裁判所建立的那种非人格化的、公共可验证的认知裁判机制强行拆除了。裁判标准不再是实验的公共可重复性，而是政治上的正确性以及与之产量的即时相关性宣称。在随后近三十年的时间里，苏联生物学在进化论和遗传学领域几乎没有产出任何经得起国际同行检验的认知成果，而苏联农业在失去了遗传学支撑后——加上其他体制性原因——持续面临粮食短缺，最终在1960年代不得不开始从西方进口大量粮食。

将一个认知领域的国际地位的下降直接归因于单一事件，总有一种过度简化的风险。但李森科事件提供的不只是“一段故事”，而是一个在机制上恰好与功能性缠结的因果逻辑相呼应的历史案例。功能性缠结的论证说：科学的存续韧性来自于它的认知裁判机制与社会身体的生存需求之间的那种不可退出的绞合；李森科事件则展示了这种绞合被政治暴力拆解之后的后果——在那个被拆解的位置上，不但没有出现一种“另类的、同样有效的认知体系”，反而出现了一个认知领域的迅速退化。日本明治案例展示了缠结如何随着不同的国家-社会需求类型而变形；李森科事件则展示了缠结被强行解开时的退化轨迹。两者合在一起，构成了一个关于功能性缠结在正向维持（哈伯-博斯）、变形维持（明治日本）与反向退化（李森科）之间的比较谱系。

六、缠结的暴力维度：回应一个内在批判

在进入对当代科学的诊断之前，必须正面回应一个最强有力的反驳。这个反驳不仅来自后殖民研究，也来自对科学史内部材料的诚实面对：如果科学的核心发生机制是非暴力的公共裁判，为什么它的全球扩张与殖民暴力、军事-工业复合体的暴力高度同步？殖民者带到亚非拉的不是公共实验室——至少最初不是——而是与测量、分类、资源掠夺和人口管控缠结在一起的科学装置。哈伯-博斯工艺喂养了德国人也制造了德国的炸药；曼哈顿工程的物理学前沿产出的是广岛和长崎的毁灭。一个声称起源于“非暴力裁决”的认知机制如何在暴力中存续并扩张？

这个反驳不是一个可以从外部忽略的批评，因为它指向了功能性缠结理论的一个内在张力。本节试图正面处理这一张力，不是为了“辩护”科学，而是为了诚实地展示：科学在非暴力与暴力之间的双重面相，不是功能性缠结的意外污染，而是缠结结构本身在生长过程中的一种特定形态——一种可以从发生学上被追踪的形态。

首先要指出的涉及一个关键的历史分期问题。第三章所论证的“非暴力公共裁判的发生”，其时间窗口是1660年代前后——皇家学会的成立、《哲学汇刊》的创刊、波义耳空气泵实验的公开演示。在那个时刻，实验裁判确实是被作为“教派暴力之外的另一种选择”来建构的——沙平和夏弗已详尽论证了这一点，波义耳与霍布斯的分歧正是围绕“知识争议是否应该由主权者裁决”展开的。在那个时刻，实验的公共性确实是一种对教派暴力的拒斥。

然而，一旦这种裁判机制被制度化并开始运转，它的公共性在随后几个世纪中经历了多次再编码。实验的“公共可重复性”最初意味着“任何有正常感官的人都可以亲眼见证”；但在殖民科学中，这一原则被歪曲为“任何被纳入殖民科学机构的欧洲观察者都可以见证”——当地人的感官不被计入“公共”之中。当19世纪的英国殖民者在印度进行大规模土地测量和人口分类时，他们使用的是三角测量、统计学和体质人类学的科学方法——这些方法在形式上保留了科学的“公共可验证性”（任何一个受过训练的人都可以重复这些测量），但它们的目的和效果是殖民控制与资源掠夺，而且它们对本地知识的排斥本身就是殖民权力运作的一部分。这不是“坏人在滥用好科学”，而是更麻烦的事实：科学方法的公共可验证性本身在殖民情境中变成了一种权力技术——它可以声称自己的结论是“客观的”“非人格化的”“不依赖权威的”（形式上确实如此），但这个“非人格化”本身恰恰被用作一种比人格化的殖民统治更难以被挑战的权威。

在这个意义上，实验裁判的非暴力性是相对于特定历史情境——17世纪欧洲的教派暴力——而言的。它替代了那种特定形态的暴力（教派之间因无法裁决的认知争议而相互残杀），但它并不免疫于被后续的权力结构再编码为其他形态的暴力。发生学的诚实性要求：指出一个机制在发生时的功能，不等于宣称它此后的全部历史都被那个原初功能所限定。缠结会生长，而生长过程中可能发生缠结形态的再编码。

其次，需要更尖锐地面对“暴力逼出科学”这一事实。哈伯-博斯的合成氨被第一次世界大战的军事需求逼到了工业规模。曼哈顿工程更是如此——它是迄今为止人类历史上规模最大的集中科研项目之一，其直接目标就是制造大规模杀伤性武器。这是否与“非暴力裁判”的发生学叙事自相矛盾？

某种角度看，不矛盾，但它揭示了一种更令人不安的缠结形态。战争作为社会身体面临的最极端的生存困境，同样能够逼出认知机制与社会需求的深度绞合。在战争的逼迫下，社会身体会将巨量的资源、最优秀的人才、最紧急的优先级集中到与军事相关的认知工作上。这种集中的结果不只是产出特定的武器技术，而是产生了整套的认知基础设施——核物理的基础知识、计算机的早期原型（图灵在二战期间的密码分析工作）、运筹学的数学方法——它们在战后继续运转，并转化成了民用技术的基础。这就是说，**战争不仅在认知体系的产出端留下了印记，它在认知体系的发生端也参与了对认知机制的逼出。**战争与和平、供养与杀戮，在功能缠结的发生学逻辑中不是“好的科学应用”与“坏的科学误用”的二元对立，而是在同一个被逼出的过程中被同时产出的。缠结的机制本身是道德中性的：任何足够强烈的社会生存压力——无论其目的是供养还是毁灭——都可能逼出认知机制与社会身体之间的深层次绞合。这一结论不是对科学的道德开脱，恰恰相反：它意味着科学无法用

它的起源来为其此后的暴力用途免责，正如它无法用它的暴力用途来否定它的起源一样。

七、缠结的当代变形：裁判功能接口的历史性替换

到此为止，本文的论证重在展示功能性缠结如何发生、如何自我强化、如何在历史中变形。本章将把这个分析框架用于理解科学在当下所面临的一种新型挑战——不是来自外部的“反科学运动”，而是来自缠结关系自身在晚近几十年的制度漂移。如果说第三章追问的是“公共裁判”如何在17世纪被逼出来，那么本章追问的就是：影响因子评价体制在20世纪后半叶的确立与扩散，是否正在逐步把裁判机制所承担的社会功能替换为另一种东西？

7.1 从公共见证到指标代理

20世纪初，科学认知裁判的实际运作仍然在很大程度上保持着17世纪建立起来的公共性特征。一个科学发现要获得认可，通常需要经过这样的过程：研究者在实验室中展示其工作，邀请同行亲眼见证实验的重复，或者在学术会议上接受同等资历者的当面质疑。《自然》和《科学》这样的期刊在创刊之初，其功能更接近于“值得关注的发现的通报”，而非“职业生涯的计量器”。裁判的核心机制是面对面的、基于具体认知内容的、依赖同行亲身判断的。

20世纪后半叶出现了三个相互关联的结构变化。第一是科学家绝对数量的爆炸性增长：二战后欧美大规模扩大高等教育，科学从业者从二战前的数万人迅速膨胀到数十万人，而后继续增长到数百万人。学术期刊的投稿量随之激增，而传统的“当面见证”式裁判在物理上不可能处理这种规模。裁判必须被标准化、去个人化、可大规模操作。第二是期刊的分层与影响因子的发明。尤金·加菲尔德在1955年提出“影响因子”这一概念，最初是为了帮助图书馆选择订阅哪些期刊——它是一个文献计量学的工具，而非质量评价的工具。但从1970年代开始，它逐渐被科学管理者、基金评审委员会、大学晋升委员会采纳为衡量研究者“产出质量”的替代指标。这一转折的意义怎么强调都不过分：在最初的设计中，影响因子衡量的是期刊的被引频率，而非单篇论文的质量，更非一个研究者的能力；但当它被嵌入职务晋升和基金分配的决策体系后，它就不再是一个描述性指标，而成了一个规范性标准。第三是各国研究评估体制的制度化扩散。英国的RAE/REF（1986年起）、澳大利亚的ERA（2010年起）等全国性评估体系将期刊排名和引文指标系统地应用于研究经费的分配决策中，使影响因子从一个学术出版界的内部参照物转变为国家层面科学资源配置的核心工具。

这三个变化的综合效果是：科学认知裁判的形式虽然没有被废除——同行评议仍然存在，“在好期刊上发表”仍然是目标——但裁判的实际运作逻辑发生了深刻的漂移。在17世纪的实验中，一轮裁判的终点是“在场的同行亲眼看到了那个现象”。在当下的体制中，一轮裁判的终点常常是“论文被某个高影响因子的期刊接受”。两者之间的差别在于：前者保证了公共可视性——“任何一个有正常感官的人，在相同条件下都能看到”；而后的公共性是经过多层中介化的——期刊的声望、编委会的判断、匿名审稿人的意见、编辑的最终决定，构成了一连串不透明的黑箱，最终结果对公众（甚至对同一个领域的研究者）是不可验证的，除非他们花费大量时间尝试重复该实验。换句话说，当科学足够小、认知裁判可以在面对面见证中完成时，裁判的公众可验证性是直接的、物理的。当科学的规模大到必须通过期刊-指标-评审的复杂层级进行裁判时，公众可验证性被替换为期刊权威的信任性——而后者在多大程度上对应着当初那种非人格化的公共裁判，已经成为一个悬而未决的问题。

这正是“可重复性危机”的深层含义。2010年代社会心理学和生物医学领域暴露的大规模结果不可重复现象，通常被解释为统计方法的不当使用或发表偏差的后果。这些解释在技术层面是成立的，但它们没有追问：为什么一个以“可重复的公共实验”为原始发生机制的认知体系，会走到产出大量不可重复结果的地步？从功能性缠结的视角来看，答案不在于个别研究者的道德失范或统计技能不足，而在于裁判机制在规模扩张和官僚化管理的压力下发生的历史性重构——认知裁判从一个确保公共可验证性的社会机制，在一个自我强化的循环中被替换为一种在研究者内部竞赛中分配合法性凭证的内部游戏。当“在影响因子20以上的期刊上发表”成为研究者职业生存的核心目标时，裁判的公共面向就被挤压成了一个内部指标体系。研究者不再是“向同行公众展示一个可以被重复的现象”，而变成了“满足期刊评审和编辑的要求以获得发表”。前者要求实验结果的稳定性和公共可验证性；后者并不必然要求这一点——它要求的是结果的“新颖性”和“故事性”能够说服三个匿名审稿人。这种重构不是任何人蓄意策划的，而是科学规模扩张与官僚化管理的必然伴生现象。但它确实意味着：那个曾经在裁判真空的逼迫下被社会身体寄予“非暴力争议裁决”期望的公共裁判机制，在某种制度的缓慢漂移中，其与社会的接口正在经历一种历史性的替换。

7.2 社会信任的侵蚀及其发生学含义

这种替换不会在一夜之间摧毁科学的权威。但它会产生一种缓慢而深刻的侵蚀效应。当普通公众面对一个有争议的科学问题时——疫苗的安全性、气候变化的成因、转基因食品的健康风险——他们发现科学共同体内部存在着相互矛盾的研究结论，而这些结论各自都声称通过了“同行评议”、发表在“权威期刊”上。对于17世纪的伦敦市民来说，到皇家学会看一看波义耳的空气泵演示，就可以用一种不依赖权威的方式形成自己的判断；对于21世纪的公众来说，站在疫苗争议面前，他们无人可以亲眼见证那些流行病学数据的生成过程，他们面对的是一个巨大的、不透明的、内部相互矛盾的专家体系。在这种条件下，公众选择“相信哪个科学家”的标准，就不可能是可重复的公共验证——因为他们没有能力也没有条件进行这种验证——而只能回归到“哪个科学家的说法更符合我已有的信念、我所在社群的共识、我信任的媒体的报道”。这实质上是在把“非暴力的公共裁判”打回了教派逻辑：不同群体各自选择自己的“权威科学家”或“权威媒体”，争议重新回到了权威对权威的僵局。

当代科学权威面临的部分侵蚀，不是因为“公众变得反智了”，而是因为认知裁判在规模化和官僚化的过程中，其公共可验证性的内核被不够透明地替换了，而公众虽然无法用认知的术语表达这种替换，但他们用自己的身体——用犹疑、怀疑和转向替代权威——感知到了它的后果。

这就引出了一个更一般性的判断：功能性缠结所依赖的裁判功能，并没有在某一时刻突然“断裂”。它是在几十年的制度漂移中被缓慢地替换为一种代用品——这种代用品的外壳（同行评议、期刊、影响因子）保留了科学认知裁判的所有形式，但它的实质功能已经从“为公众提供可验

证的真相裁决”被替换为“为研究者提供职业生涯的合法性凭证”。如果这种漂移持续下去，科学与社会身体之间的那重最初的缠结——在裁判真空的逼迫下形成的那种“社会把科学选作共同裁判”的关系——就可能逐渐被松脱，而被替换为一种新的关系形态：社会把科学视为众多提供观点的教派之一。这恰恰是科学在发生后最初所要替代的那个状态——只是在400年后，它可能不是被一种外部力量推翻，而是被自身裁判机制的历史性替换缓慢带回到那里。

八、与最强近文献的对质：功能性缠结的不可还原性

到此为止，本文的核心概念——功能性缠结——已经通过历史追踪、运转机制分析、制度化再生产、反向案例证伪和当代变形追踪得到了展开。在进入结论之前，还有一项工作必须完成：将这一概念置于与最强近文献的正面交锋之中。一个概念是否不可被既有概念一比一替换，不在于作者如何宣称，而在于它能否在严肃的对质中展示出它切开了既有概念无法覆盖的新辨别面。

8.1 与卢曼“结构耦合”的对质

尼克拉斯·卢曼的“结构耦合”在问题意识上与本文有着令人不安的接近。卢曼论证的要点是：科学系统是一种在运作上闭合的、以真理编码为内在媒介的社会子系统，它的自主性——即它不受政治权力或经济利益的直接指令——恰恰不是因为它独立于社会，而是因为它与社会其他子系统之间存在着结构耦合。科学系统的自主性建立在这种耦合之上，而非建立在孤立之上。

这与功能性缠结在表面上的相似，足以让读者质疑本文是不是只是在用不同的语汇重述了卢曼。回应如下。卢曼的结构耦合与本文的功能性缠结之间有三个根本差异，每一个差异都对应于功能性缠结能够看见、而结构耦合无法看见的东西。

第一，卢曼不追问结构耦合的历史生成时刻。对他来说，功能分化的社会子系统是现代性的给定特征，系统理论的任务是描述它们的运作逻辑，而非追溯它们如何在特定历史困境中被逼出来。在卢曼的框架中，任何功能子系统的出现都是社会功能分化的当然产物，而功能分化本身不被进一步追问其发生条件。功能性缠结恰恰追问了那个被卢曼当作前提的东西：功能分化在“科学-社会”这个特定界面上的发生，其条件是什么？裁判真空的历史分析回答了一个卢曼不曾追问的问题：科学系统的运作闭合——即以内部真理编码而非外部权威来裁决认知争议——本身是如何在特定的历史生存逼迫下被建构出来的？

第二，卢曼的结构耦合是两个已经成型的系统之间的界面关系，而功能性缠结强调的是认知机制与社会身体的同构发生。对卢曼而言，科学系统与经济系统是各自运作闭合的，它们之间的结构耦合是两个系统在各自维持自身运作的前提下形成的互动界面。但本文论证的恰恰是：在发生的原则，科学的认知机制与社会身体的生存需求在结构上是被同时逼出的——实验的公共性既是认知标准也是社会裁判方案；公理化的非人格性既是理论规范也是教派分裂的替代方案。在卢曼的术语中，这种状态无法被恰当描述，因为他的出发点是系统已经完成分化之后的状态。

第三，这是最关键的一点。如果用结构耦合的概念来分析影响因子导致的裁判功能替换，卢曼会看到什么？他可能会说这是“科学系统内部编码的调整”或“系统与环境的耦合方式变化”——科学系统继续按照真理编码运作，期刊和影响因子只是系统内部的组织形式，而“社会信任下降”是系统环境的扰动，不构成对系统存续的内部条件。但本文的诊断恰恰在于：裁判功能与社会信任之间的关联不是一个“系统-环境”的外部关系，而是一个构成性的关系——科学系统的运作闭合本身之所以在历史上被社会接受，正是因为它的裁判机制在发生处被缠结为一种社会身体的非暴力争议裁决方案。因此，当裁判机制在规模化和官僚化过程中被替换为一种内部的指标游戏时，被撼动的不只是系统的环境条件，而是系统本身的那个构成性的缠结点。卢曼的系统论中没有这一层——在卢曼看来，只要系统继续按照真理编码运作，它就继续存在；而功能性缠结看见了这样一种可能性：系统可以在表面上继续按照真理编码运作，同时却因为那个使它获得社会接受的发生学条件被缓慢替换，而从内部逐渐丧失其不依赖强制就能赢得社会信任的那种力量。

8.2 与拉图尔行动者网络理论的对质

与卢曼的对质澄清了功能性缠结在系统论面前的理论收益。但还有一个更具威胁的替代性概念必须被正面处理：拉图尔的行动者网络理论。拉图尔的论证——科学事实的稳定性来自于网络的扩展与强化，社会与科学在技术-社会网络中共同生成——与本文的“缠结”几乎共享同一块问题领地。如果功能性缠结只是ANT加上“不可逆的物质锁定”，那么它的理论收益就十分有限。

区分在于：ANT描述的是科学事实如何在网络的微观互动中被建构、稳定和扩展——它所看见的是网络扩展的过程和机制（enrollment, translation, immutable mobiles）。功能性缠结追问的是ANT不曾追问的一个更原初的条件：科学认知机制与社会身体之间那种使网络扩展得以持续的关系，最初是如何在特定的历史困境中被逼出来的？这个区分不是抽象的理论争辩，它对应着一个实质的经验问题。ANT可以解释“波义耳的空气泵实验如何通过吸纳绅士见证人而变得不可质疑”——这确实是它的强项。但ANT不追问：为什么社会身体在那个历史时刻愿意为实验这种特定的裁判方式提供一个使其得以制度化的位置，而不是选择霍布斯的方案或者其他可能的方案？ANT把“网络开始扩展”当作分析的起点，而功能性缠结追问的是：网络扩展所依赖的那种认知机制与社会之间的关系形态，其最初的发生条件是什么？裁判真空的分析回答的正是这个问题——在教派杀戮的压力下，社会身体被逼着在诸多可能的争议裁决方案中选择了实验裁判的特定形态，从而为后续四个世纪的网络扩展提供了一个发生学的基础结构。

用更锋利的话说：ANT看见的是网络如何扩展，功能性缠结看见的是网络最初为什么能立住。前者是运作逻辑，后者是发生条件。两者不是竞争性的解释，而是在不同的分析层次上——但这些层次不可混淆，而且后一个层次的前一个问题必须在前一个层次的前一个问题之前被提出，才能理解为什么是科学——而不是其他同样被建构出来的认知网络——获得了全球性的存续韧性。

8.3 与布尔迪厄科学场域理论的对质

同样必须回应的是布尔迪厄的科学场域理论。布尔迪厄的“科学场”讨论了科学的社会条件、资本积累与场域自主性，以及科学如何既依赖又

独立于外部社会需求。这一忽视是初稿的一个严重遗漏。布尔迪厄的“场域自主性”与本文的“缠结”是否矛盾？

不矛盾，但“缠结”切入了场域自主性未能覆盖的一个分析层面。布尔迪厄科学场域理论的核心洞见是：场域的自主性——即科学内部以同行承认为资本的竞争逻辑——不是给定的，而是在特定历史条件中被建构的产物。这与本文的发生学追问在方向上是高度一致的。但布尔迪厄对场域自主性的分析聚焦于场域内部的资本类型（科学资本 vs. 社会资本）、斗争逻辑和再生产机制。他的分析要解释的是：场域如何在与外部权力场域的既依赖又独立的关系中，维持其内部以认知竞争为核心的自主运作。他没有追问——而且在他的理论框架中也没有分析工具去追问——一个更原初的历史问题：使场域自主性得以成立的那个认知裁判的特定形态（实验的公共可重复性和公理化的非人格合一性），本身是如何在特定的社会生存困境中被逼出来的？

功能性缠结的分析回应了这一追问：它论证了科学场域之所以能够形成以认知竞争为核心的自主逻辑，不是因为“场域自主性”作为一种普遍的场域属性在科学这里实现了自身，而是因为实验和公理化在发生处被缠结为社会身体寻求非暴力争议裁决的方案，从而使得“以公共可验证性和逻辑必然性——而不是以权威或暴力——来裁决知识争议”这个核心原则，在认知机制的构成层面被确立为不可回避的基础。科学场域的自主性的具体形态——为什么是“公共可验证性”和“逻辑必然性”，而不是别的什么（如艺术场域的“创新性”或宗教场域的“启示性”）——不是场域理论的内部逻辑可以解释的。它需要被追溯到那个发生学的原点：一个特定的社会身体在面对一种特定的生存困境时，把认知机制逼成了那个样子。在这个意义上，功能性缠结不是对场域自主性的否定，而是对场域自主性何以采取这种特定形态的发生学解释。

8.4 与皮克林“实践的冲撞”的对质

最后，与安德鲁·皮克林“实践的冲撞”的对质可以更简洁但同样必要。皮克林的论证是：科学实践是在人类力量与物质力量的实时冲撞中生成的，且这种生成具有不可预期的开放性——这与本文的“三重绞合”在强调认知-社会互动的开放性上共享着相似的敏感性。区分在于：皮克林的“冲撞”是一个普遍适用的本体论模型——它试图描述科学实践在任何领域、任何时期的基本运作方式。而“功能性缠结”是一个历史-经验概念，它不试图描述“科学实践的一般运作方式”，而是试图解释一个特定的经验事实：为什么是科学——而不是其他同样经历了“人类力量与物质力量的实时冲撞”的认知实践——获得了独一无二的存续韧性？皮克林的模型可以解释冲撞的开放性，但它不能解释为什么这种特定的冲撞方式会在17世纪欧洲被制度化并在后续四个世纪中不可逆地扩张，而宋代营造法式传统中的“冲撞”——匠人的双手与木材、石材、气候条件的实时互动——虽然同样是开放的、同样有生成新形态的能力，却在一千年的冲撞之后仍然在历史震荡中轻易溃散。回答这个问题，需要的不是对冲撞的一般性本体论描述，而是对冲撞得以持续的制度条件的发生学追踪——这就是功能性缠结的分析所提供的东西。

九、证伪条件与结论

本文的核心概念是**功能性缠结**——现代科学的存续韧性，不在于它自身有什么独特的结构性美德，而在于它的认知运转方式在发生处就缠结在17世纪欧洲社会身体的特定生存困境（跨教派自然知识裁判机制的崩溃）之中，并在后续运转中通过三重绞合不断加深这种缠结，同时通过社会路径供给、实验室对认知愉悦的制度化生产和领域间的吸引力分工使这种缠结在代际间持续再生产。科学的存续不是一个关于“科学是什么”的属性问题，而是一个关于“科学如何在特定的历史关系中被维持”的关系问题。

这一解释如果成立，它所蕴含的预测是明确可检验的。第一，如果科学的存续韧性确实来自功能性缠结，那么在不具备类似缠结结构的历史情境中，我们应当观察到认知传统在遭遇重大社会震荡时发生不可逆的衰退。宋代营造法式提供了这种比较：一个技艺精湛的减负传统，因从未完成认知与社会身体之间的绞合，在历史震荡中轻易溃散。每增加一个符合该模式的比较案例，就增强了功能性缠结解释的实证基础。第二，如果出现一种不依赖功能性缠结的存续方式——即存在一个认知体系，它不与社会的物质生存深度绞合，不依赖制度化的吸引力再生产，却能够在长时段中持续自我维持并扩张其解释范围——那么本文的解释就被削弱或推翻。这是一个可以等待历史来裁决的命题。第三，也是更紧迫的当代证伪条件：如果当代科学在影响因子评价体制的持续扩散、裁判公共性的持续中介化以及可重复性问题的持续暴露之后，仍然维持了它在20世纪所享有的那种未经怀疑论侵蚀的社会权威，那么本文关于裁判功能接口正在经历历史性替换的诊断就需要被重新审视乃至放弃。反之，如果在接下来的几十年中，科学权威确实表现出一种结构性的衰弱——不是被某个外部敌人击败，而是从内部逐渐丧失了它曾经不依赖说教就能赢得社会信任的那种力量——那么功能性缠结这一概念的诊断效力就得到了验证。

最终，本文以一个简洁的陈述收束全篇：**科学存续的韧性是一个关系过程的结果，而这个关系本身在历史中被发生、在运转中被加固、在特定条件下可能变形、也可能解组。这一韧性不是由一个永恒的“真理”或“关系”本质所保证，而是持续依赖于认知机制与社会身体之间那种缠结关系的具体历史形态。要理解它的存续，就是理解这一关系如何在特定困境中被逼出，如何在物质配置和制度安排中被锁定，以及正在被什么历史力量所替换。**