

国家重大工程是科技进步的牵引力 ——再论工程技术科学的关系

栾恩杰

(国家国防科技工业局, 北京, 100048)

摘要: 通过对工程、技术和科学关系的辩证思考, 论述了国家重大工程是科技进步的牵引力。以2014年诺贝尔物理学奖和化学奖为例, 分析了技术进步在科学发展中的基础作用; 以六千年工程师历史为切入点, 总结了历史上大型工程和现代科技工程中工程实践的特点, 分析了工程对科技发展的牵引作用; 通过分析现代高等院校科系分类和新型学科建立不甚合理的现状, 总结了当今科技发展中跨学科跨领域发展的基本属性和基本模式, 提出应重视重大工程的跨学科特征及其工程实施方法。

关键词: 工程师史; 工程牵引; 工具发明; 科学规律

中图分类号: N31

文献标识码: A

文章编号: 1674-4969(2015)04-0317-06

我曾发表文章论述科学、技术、工程之间关系及这种关系的“无首尾逻辑”性质^[1]。这里展开论述三者关系中工程的牵引力作用, 包括两个命题和一个特点。

1 技术是科学发展的基础

我从一篇文章说起, 今年《科技导报》有一篇文章, 是北京大学物理学院沈波、于彤军和清华大学葛惟民教授撰写的, 题目是《2014年诺贝尔物理学奖解读》。看过之后很有感慨和启发。他们在介绍由日本二位科学家和一位日裔科学家获得的“发明了高效 GaN (氮化镓) 基蓝色发光二极管, 带来了明亮而节能的白色光源的贡献”时, 讲了下面一段话: 当瑞典皇家科学院2014年10月7日公布这项诺贝尔物理学奖时, 国内物理学界惊讶、惊叹与惊喜并存。惊讶是因为它不在前期预测的热门获奖人和获奖成果之中, 惊叹的是应用性和技术性如此之强的成果获得了物理学

奖, 惊喜的是看到了在这个被认为“不很物理”的领域内拼搏的同行们获得的巨大成就被理论物理学界的认同。

我不是搞理论物理的学者, 也不是应用物理方面的专家, 所以对上面提到的惊讶和惊喜没有体验。但现代科学技术的发展进入了互相促进、互相推动、互相支撑的无首尾逻辑状态却已深有感触了。跨越狭义科学和技术的界面进入跨学科、跨领域的创新驱动的时代已经来临, 所以, 我很理解上述三位作者对获奖感到惊叹并赞赏对这一现象的敏感和关注。其重要的一点是技术在科学发展中起到了什么作用? 在当代科技发展的重大命题、需求面前, 我们的科技工作者对这一问题将作怎样的思考? 在获奖的三位物理学家中有一位中村修二先生, 他是一位工程师, 工欲善其事, 必先利其器, 他参与这项工作后, 从装置改造开始, 发明了用低成本氮气退火方法代替电子束辐射, 用氮化镓缓冲层代替氮化铝缓冲层, 为氮化

镓基蓝光发光二极管研制成功, 做出了关键的贡献。在半导体技术发展的 100 年间出现过九项诺贝尔奖, 从这些成果的属性看, 既有基础物理, 也有应用物理。而这些成果的获取却无一不是在相应关键技术的突破和关键装置的保证下完成的。无独有偶, 2014 年诺贝尔化学奖授给了发展超分辨率荧光显微成像技术的三位科学家。其随机单分子定位技术、单分子的光吸收测量技术、单分子信号实现技术的突破是实现超分辨率技术的关键, 使人类医学、生命科学的研究实现多色、三维的高速成像, 所获取的技术进步和技术手段必然会带动物理学、化学、医学的发展。

在这里, 我很忐忑地表述我的第一个命题: “技术是科学发展的基础”。在我讲这个命题时, 我并没有否定科学进步是技术发展的基础性条件。

2 工程是技术进步的牵引力

我从一本书说起, 最近我读了一本由吴启迪教授作序的《工程师史——一种延续了六千年的职业》。^[2]吴教授一定参与了这项工作, 费了很大的心血, 因为去年她曾向我提起过这本书。该书是德国工程师协会为庆祝该协会成立 150 年而作。我用两周时间将其读完, 受益匪浅。作为一名工程师, 看过之后, 我为自己是工程师史的无知者而惭愧, 是这本书给我补了课, 使我得到启蒙。

我头一次知道, 力学工具的工作原理是在公元前五世纪医学文献的外科手术一节中详细记载的。《论骨折》一书, 作者将夹板、拉伸复位与绞车、杠杆、斜面楔的原理及控制力作了详细描述, 在当时较大的城市已经使用了“希波格拉底工作台”, 这是一块又宽又厚的木板, 两端装有绞车、配有杠杆的凹槽、固定肢体的装置。我看这个 2500 年前的装置完全可以定义为“现代先进医疗器械”的先驱和鼻祖。

是人类文明与进步的需求牵引着人类的探索欲和创造力, 是人类不断创新的工具发明和使用

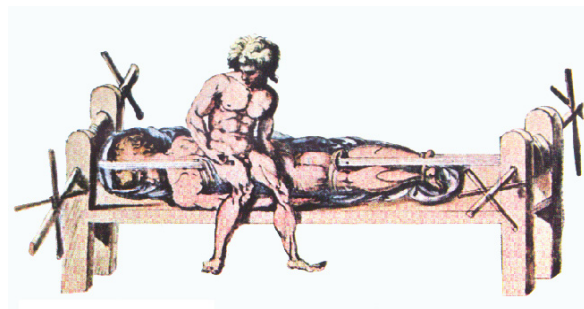


图 1 希波格拉底工作台

图片来源: 参考文献[2]。

产生了相应的理性思索和规律探讨, 进而产生了相应的技术和理论。无论是“培根的科学分析范式”、“布鲁尔的社会建构范式”, 还是所谓的“常人方法论”, 我认为有几点是值得我们重视和研究的。

其一, 科学不应被看做仅仅是知识, 而是看做一种实践。科学知识社会学(SSK, Sociology of Scientific Knowledge)学者安德鲁·皮克林在他发表的“从作为知识的科学到作为实践建构的科学”一文中, 具体分析了这一重要转变。^[3]

其二, 科学和技术在现阶段是相融合的, 一般而言, 它已失去了鸿沟式的界面。非但如此, 很多原本界定的非“科技”领域的学科也在与科技相接。甚至社会领域、政治领域、经济领域, 都以科学和技术进行表述。一个新的名称“科学技术社会论”(STS, Science, Technology and Society)已经出现。STS 学者们跟实践行动者、科学家、决策者、工程师诸多人员一起进行跨学科的研究, 学科间知识相互融合(图 2)。

其三, 近几十年的科学社会学的进展, 已经超越了传统默顿学派, 出现了不少分支(下面的所有内容皆见参考文献[3])。比如默顿(Merton)的四种规范论: 普遍主义、公有性、无私利性、有组织的怀疑主义, 构成了现代科学的基本特性; 比如按库恩说法, “离开科学共同体, 科学知识就什么也不是”; 比如波义尔认为, “合法的知识只要是集体产生, 且获得构成这个集体成员的自愿的同意就可以说它是客观的”。波义尔的事实生产过程涉及三项技术, 即物质技术、书面技术和社

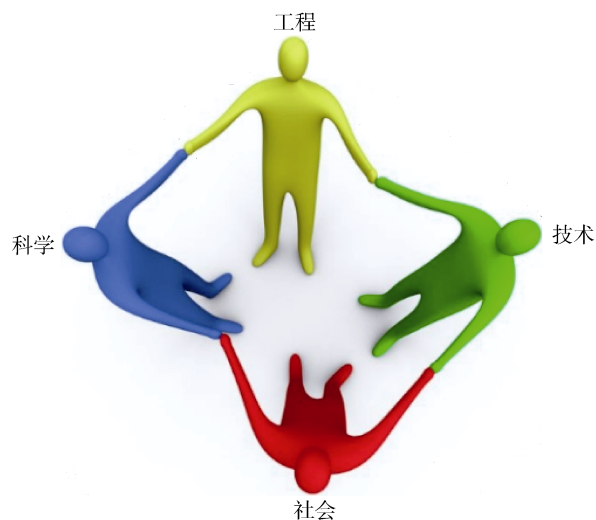


图2 科学、技术、工程、社会融合示意图

会技术；比如社会建构主义的科学观反对“无主体的认识论”，人的因素被置于视野的核心，科学知识被揭示为人的作品；比如海德格尔把科学的本质归结为技术；比如皮克林把科学知识看作物质的、概念的及工具的因素在实践中不断“搅拌”的结果，比如更早，康德主张“人为自然立法”；比如休谟科学知识构成里，心理因素不可或缺；阿达玛将数学发明分为有意识的准备、无意识的酝酿、顿悟和有意识的整理这四个阶段；科学的社会性最突出的代表现象是抗议化工、抵制核能、反对转基因、质疑干细胞、怀疑气候变化论等等。

“搅拌”用来形容科学与技术的关系，在我看来已经不是无首尾逻辑，而是不停地搅合“饺子馅”了。

我以方法论的观点去理解其含义，这样可以使我们能在分歧和争论中得到方法论上的综合和提炼。这样做不是实用性的捏合，而是将现代科技特点进行提炼和综合。在工程方法论研究中值得我们关注。

世界留给我们的七大奇迹，无一不是人类大型工程的伟大成就，而其中所包含的土木、水利、机械、自动装置、铸造工艺、蓄水和排污等等，以及我国先民留下的万里长城、南北大运河、长

江水利工程，无一不是当今相应工程科学学科的开山之作。



图3 世界七大工程奇迹

古希腊的两位杰出工程师科泰西维奥斯和阿基米德，不但解决了当时的工程实践的问题，而且能对工程进展中发生的现象凝聚成题、穷追不舍，使其还原成理、形成一学。

理论知识的发展赶不上实用技术的进步是人类科技发展的常见态势，新知识产生于针对新技术进行的试验之中，历史上是通过蒸汽机的研究，萨迪·卡诺创立了热力学理论；第一个火车头的设计师罗伯特·斯蒂芬森是个敢吃螃蟹的人，他还建造了世界上第一座可以承受铁路运输载荷的大桥——布列坦尼亚桥，它是用锻造钢板铆接起来的，斯蒂芬森和其助手进行了一系列试验，这些数据为建桥的理论基础形成提供了依据。工程师从系统试验中得到的技能和知识又一次走在了理论的前面，差不多在40年后，人们才有了合适的理论模型^{[2]143}。设计师那维尔在总结自己对于吊桥的理论思索，成为那维尔—斯托克斯方程的创立者^{[2]197}。这种例子举不胜举。现代工程的科技带动作用尤为突出，纵观近现代国内外的开发海洋工程、开发陆地资源工程、开发太空资源工程，更显示出它对科学技术发展的牵引性。如果说科学是技术的基础、技术是工程的保证，也即“科学—技术—工程”这一链条的建构是准确的，那么我可以说“工程—技术—科学”这又一个链条更是正确的。

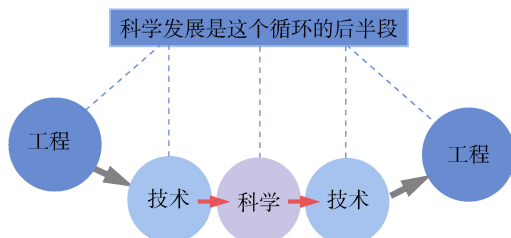


图4 “工程——技术——科学”链条

“工程师史”这本书总结了六千年的工程师职业生涯，并在其“科学化的新浪潮”一节，归纳出“工程技术科学”这一概念。这个概念的提出不是因为它由工程师协会的角度而产生的，它是现代科技发展的正确道路的规律性表述。

所以我的第二个命题是：“工程是科技发展的牵引力”。

3 跨学科是当代工程的基本特点

我从一个现状说起，我没有把握这种说法是否准确，供专家们讨论批评。科学史家波普尔认为“对手之间的理论争论是科学界的组成部分，科学家互相批判构成了科学进步的引擎”。^[4]

我们现代的高等院校科系分类愈来愈细，大格局上仍按照几十年之前的模式和格局，即使是新型学科的建立也是独立起来（或者叫做孤立起来）进行构建。似乎一个新的学科没有从其他相邻学科分离出来，就没有表示出新意，或者说不够独立成为一个学科资格，这种愈分愈细的专业教育，在科学性较强的理论领域，或者说以“还原论”作为其科学思维的主流学术范围内是合理的，那么在工程教育、技术传授为主的专业教育，或者说以系统整体论作为哲学思维的科技领域则是不甚合理的，因为什么呢？时代变了！

跨学科、跨领域的发展是当今科技发展的一个基本属性、一个基本的模式。各领域之间的交

融、渗透、交叉是其基本的特点。我们可以普遍地感受到信息技术为我们社会进步带来的普惠，现在还有哪一个学科不和信息化技术相关？当我们把信息技术普遍地应用到各行业、各领域的时候，我们还会只在信息学院、或某一专业院校的信息工程系讲这门学问吗？学科建设如此，工程实施、工程设计、建造、运营和应用更是如此。

而重大工程，特别是国家重大工程，它需要动员全国的或者是某一地方的力量，为一个工程的目标共同努力、共同协作。在这个过程中会不断产生新的技术需求、新的理论推动。只从美国的曼哈顿、阿波罗、信息高速、星球大战等工程计划到雄心勃勃的2030 登陆火星无一不是牵动了各部门的活力，它所衍生的核能技术、控制技术、动力技术、能量技术、测量技术、通讯技术、导航技术、天体理论、空间生命保障技术、计算技术、材料技术及与之相应的传统的物理学、化学、数学、天文、地理、生命科学的发展都产生了巨大的推动作用。

以现代火箭技术而言，我们怎样去认识它本身定义的“技术”呢？就其动力而言，不论是固体推进，还是液体推进，它都属于化工范畴。而使火箭产生有效动力和有目的行为的是其相关的控制系统和相应的阀门、管路和传感器，它应当属于系统的控制、传感器和执行机构的范畴，按现在语言属于信息与控制。它的最大部分是有极

高的特殊要求的各种容器，比如推进剂贮箱、各种高压的气体贮箱等等，它又属于材料、工艺、机械范畴。除此之外，它是什么呢？我们不能用盲人摸象的方式只从某一个角度去定义为一个机电信息控制的装置或系统，我们也不能因为火箭是一个燃烧产生推力的过程而定义为燃烧构件。所以火箭是一个综合体，是跨专业、跨学科的综合的系统性成果。

在工程方法论的研讨中，我们更应注意重大工程的这个跨学科性的特征及其工程实施方法。跨学科要求我们跨出具体学科的视角。需知，单从某一个学科发展而确定的工程是不成立的，它必须要有与其相应的学科成果支持。所以确定一个工程的时候，一定要询问与它相关的技术准备怎么样了；这是工程确立的“必要条件说明”。现在有的学者大谈人类移居火星，要把火星变成适于人居住的星球。这是非常诱人的计划，美国近年来更是大肆宣扬载人登上火星，建设适于人居住的火星这样一些科幻性的科普。我是从事航天的，理应对其勇敢的探测给以响应，但我们不能违背工程方法论的原则——“必要条件说明”去决策。科普工作者、科技工作者都有责任去激发人们的科学热情，但如果要讲到“工程”，而不是科幻里的未来性的“理想工程”，那就要认真思考后再决定。当我们人类把一个好端端的非常适于人居住的家园——地球，搞得污水、污山、污地、污食、污气、污人，目前尚未完全治理好的时候，我们的科技工作者应联手干点好事、实事，保护好、维护好、爱护好我们的家园，这才是当务之急之事，没干好自己的事之前，我们没有资格去改造别的星球，我也不相信会把别的星球搞好，

我们暂时不要幻想把荒凉的月球、火星改造成像地球一样适于人类居住，但千万不要把我们美好的地球家园变成荒凉的月球和火星。据英国《每日邮报》报道，NASA有能力在2033年将人送入火星轨道，并在2039年首次实现人类登陆火星。该报近期又有报道，由于有新型火箭，地月旅行时间仅需4小时，称该发动机突破了动量守恒定律，中国某报纸发布消息称到达火星只需39天。我对这类报道的内容是感到兴奋的，但如果将这些没有经过“必要条件说明”的事情作为工程实践去运作，是会碰壁的。这种轰轰烈烈上马，凄凄惨惨收场的工程我们见得不少了，连德国的飞机工程、核技术工程都是这种结局，所以我们在论述工程是科技进步牵引力的命题时，是以科技的基础性作用下所起到的扳机的作用而存在的。美国航空航天局(NASA)2014年发展战略规划中专门制定了“STEM教育与责任”计划(STEM, Science Technology Engineering Mathematics)(STEM Education and Accountability Program)，他们力图将科学、技术、工程与数学做为四项重大的普及教育推向全民，可见“工程”已经作为一个重要的发展牵引力与科学和技术一起支撑起人类发展的大厦。

参考文献

- [1] 栾恩杰. 论工程在科技及经济社会发展中的创新驱动作用[J]. 工程研究——跨学科视野中的工程, 2014(4): 323-331.
- [2] Walter Kaiser 和 Wolfgang Konig 主编. 工程师史: 一种延续六千年的职业[M]. 高等教育出版社, 2008年.
- [3] 马光川, 林聚任. 常人方法论与科学社会学研究传统的继承创新[J]. 科学与社会, 2015(1).
- [4] 贾鹤鹏、闫隽文. 科学争论的社会建构[J]. 科学与社会, 2015(1).

Major National Projects are the Pulling Force of Scientific and Technological Progress

Luan Enjie

(State Administration of Science, Technology and Industry for National Defence, PRC, Beijing 100048, China)

Abstract: Based on dialectical thinking of the relationship of projects, technologies and sciences, this paper has discussed that major national projects are the driving force of scientific and technological progress. The paper analyzed the fundamental role of technological progress in scientific development with the Nobel Prizes in Physics and Chemistry 2014 as an example; summed up the characteristics of engineering practice in major projects in history and modern science and technology projects with the 6000-year history of engineers as the starting point, analyzed the pulling effect of projects for scientific and technological advancements, summarized the basic properties and modes of interdisciplinary cross-cutting development in today's scientific and technological advancements by analyzing the status quo of unreasonable classification of disciplines and majors and establishment of new disciplines in modern institutions of higher learning, and proposed that importance should be attached to the interdisciplinary characteristics and engineering implementation methods of major projects.

Keywords: engineer history; engineering driving; instrument invention; scientific law