

工程师与创新

郭天逸 姜林科 王金祥 蒋石梅

【摘要】建设创新型国家需要海量的创新型工程人才，厘清工程师与创新之间的关联成为当务之急。首先，本文从工程与创新概念的界定出发，探究工程的实质是创新；然后，论述工程过程的科学与技术、技术与创新的双桥梁作用和工程师的创新职能，阐明工程师是创新的主力军、创新能力是现代工程师的核心能力。

【关键词】 工程； 工程师； 创新；

【作者简介】郭天逸，中南财经政法大学经济学院；姜林科，河北工业大学经济管理学院；王金祥，河北工业大学工程训练中心副教授；蒋石梅，河北工业大学经济管理学院副教授，通讯作者

科学技术是第一生产力，工程是直接生产力，工程创新是提高国家科技创新能力的主战场^[1]。

然而，关于工程师与创新的关系，目前我国公众有不少模糊的看法：有人以为工程师与创新并无关联，看不到工程师涌现的创新行为；有人强调工程师与创新之间关联密切，却没能具体阐述相关的道理。同时，现代管理学之父——彼得·德鲁克认为，创新是企业家的标志^[2]；这一观点被广为传播，固化了人们对于创新主体的认知，使人们以为只有企业家才是创新的主体。

在建设创新型国家的背景下，基于我国公众对工程师与创新的模糊认知，本文以文献综述、内容分析和演绎推理为研究方法，以揭示工程师与创新之间的关联为研究问题，依照以下逻辑展开：首先，以梳理国内外著名工程组织与学者对工程、工程师与创新领域的主要研究成果为主线，在给出工程的综述性概念的基础上，探讨工程与创新的联系；然后，论述工程过程的科学与技术、技术与创新的双桥梁作用和工程师的创新职能，厘清工程师与创新创业的关联。

本研究希望摆脱以往人们对工程师与创新之间关联的模糊认识，重新认识工程与工程师在国家创新系统中的作用和职能，服务创新型国家建设战略和我国综合竞争力的提升。

1 工程与创新相关概念

1.1 工程概念

国内外众多著名工程师组织与学者均对工程概念的界定进行了研究，但尚未达成共识。

基于不同的视角，本文梳理了国内外工程界知名组织和专家对“工程”的不同观点。这些观点主要是基于科学与技术、工程实践、工程特点、工程领域和工程审美五个角度来阐述工程概念。朱高峰（2008）、英国皇家工程院（RAE）和工程理事会（EngC）及麻省理工学院（MIT）等专家和学者^[3,4,5]从科学与技术的应用视角出发，认为工程是基于科学与技术应用的活动。李伯聪^[6]（2006）、殷瑞钰^[7]和Goldberg^[8]（2011）等从工程实践视角出发，认为工程属于一种“造物”活动。朱高峰^[3]（2008）从工程特点视角出发，认为工程具有科学性、社会性、实践性、创新性、复杂性的特点。MIT^[5]从工程领域视角出发，认为工程涉及物质、经济、人才、政治、法律和文化等领域。在IEEE梳理的21条关于工程的定义中，Thomas Tredgold（1828）、Henry G. Stott（1907）等学者^[9]从工程审美视角出发，认为工程就是

一门艺术；美国工程教育协会（ASEE）、英国土木工程师协会章程（ICE）等著名工程组织也表示，工程包含艺术性。2014年，英国皇家工程院发表的《像工程师那样思考：对教育系统的启示》中展示的词云表明，工程概念大多与“人”有关。

综上所述，本文认为，工程主要具有目的性、唯一性、综合性、创造性、实践性（应用性）、科学或技术、群体性、创新性和经济性等特征。以工程的这九个特征为标准，统计其在国内外工程界知名组织和专家对“工程”的不同定义中出现的频率，本研究选择频率较高的界定标准（100%-50%），排除频率较低的界定标准（10%），归纳出工程概念的定义如下：工程是为了提高经济效益和满足人类社会生活的各种需要，基于科学理论和技术经验创造出原本不存在的人工物的过程；工程涉猎领域极广，具有目的性、综合性、创造性、实践性、群体性、创新性、经济性的特点，是一个跨学科、多元化的专业，也是一门艺术活动。

1.2 科学、技术与工程

科学、技术和工程有着不同的内涵和外延。科学探索事物及人类本身的发展规律；技术是改变事物现状、创造新事物的方法和手段；工程是应用科学理论和技术手段创造新事物的活动^[10]。科学、技术、工程三者处于“无首尾逻辑”的“科学—技术—工程”不断循环的融合体状态，三者相互依赖、相互推动，工程在此循环中起着“扳机”和载体的作用^[11]。

然而，学术界一直存在着科学、技术、工程混为一谈的现象。德国著名哲学家波赛尔教授就曾认为，技术和工程是等同的^[12]。其实，科学、技术与工程之间的联系在于：科学是技术的基础，技术是科学的研究手段；工程既是技术的发展动力，又是技术发展的桥梁；工程建立在科学之上，科学又寓于工程之中^[13]。

1.3 工程与创新的内在关联

1.3.1 创新的内涵

著名经济学家熊彼特(J. A. Schumpeter)最早在1911年德文版的《经济发展理论》中首创“创新”理论，并且明确指出创新是一个经济学概念。此书在1934年翻译成英文时，首次使用了“创新”(innovation)一词。他认为，创新是为了获取潜在利润而把一种从未有过的“生产要素的新组合”引入生产体系^[14]。

同时他强调，发明、创造与技术创新或创新不同，只有将首创性的技术发明、商品或服务进行“第一次商业应用”，才能称为“创新”^[15]。继熊彼特之后，学者们虽然试图从不同的角度定义技术创新，但本质上都认同技术创新是一个技术—价值实现的动态过程^[21]。

陈劲和郑刚(2016)^[14]从创新的管理学角度出发，解释了创新的基本过程，如图1所示。在这一复杂过程中，任何一个环节的短缺，都使创新不能形成最终的市场价值。

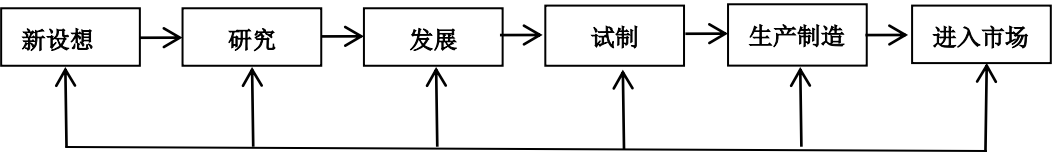


图1 创新的管理学解释

资料来源 陈劲, 郑刚. 创新管理第三版[M]. 北京大学出版社. 2016:81.

通过对创新的概念和创新的基本过程进行梳理与归纳,可以发现,“第一次商业应用”是界定创新的“首要原则”^[17]。各种侧重点不同的创新定义都有着共同的目标,即最终被商业化应用。

Miller 于 1983 年首次提出公司创业 (corporate entrepreneurship, 简称 CE) 概念, 并受到管理学界的关注^[18]。熊彼特认为创业者的职能就是实现生产要素的新组合; 基于创新理论, 他赋予创业者以“创新者”的形象。同时, 他把创新喻为“革命”, 指出创业者是“通过利用一种新发明, 或者更一般地利用一种未经试验的技术可能性, 来生产新商品或者用新方法生产老商品; 通过开辟原料供应的新来源或开辟产品的新销路; 通过改组工业结构等手段来改良或彻底改革生产模式”^[19]。熊彼特强调创业和发明不是一个概念, 创业最终需要创新成果在市场上实现^[20]。可见, 熊彼特提出的创新理论和创业理论具有一脉相承的关系。创新是创业家的特殊工具, 他们借助系统化手段有目的地创新, 改变了资源的产出价值, 创造出新的消费者需求^[18]。创业的本质在于创新, 创业者的功能是实现生产要素的新组合^[20]。

由此可知, 创新创业是相互关联的, 创业的本质是创新。

1.3.2 工程的实质是创新

如前所述, 工程具有经济性、实践性、目的性、技术性、创造性和创新性等特点, 与创新有较深的渊源。下文将从工程的目的性、创造性、创新性和实践性角度分析工程的创新实质。

从工程的目的性角度分析, 工程是为了解决人类不断增长的需求变化问题, 从而促进社会经济的发展和提高而存在的一门专业。路甬祥院士曾提出: “工程自古以来是以利用和改造客观世界为目标的实践。对于创造人工物的工程活动和认识其规律性的工程科学研究来说, 必须讲究应用目的, 即要求它们能满足客观需要, 努力探究并解决实际问题”^[22]。而创新是从新思想的产生、研究、开发、试制、制造, 到首次商业化的全过程^[14], 强调向经济市场引进新的产品或者服务, 来满足人们日益多样而复杂的需求, 进而产生利润价值。在社会经济背景下, 工程强调某种特定目的, 创新更加强调商业价值, 而有特定目的的、造福于人类的工程创造一般都具有不可估量的价值, 包括商业价值和社会价值。可见, 工程和创新都具有明确的目的性。

从工程的创造性和创新性角度分析, 工程是创造一个原本不存在的人工物。冯·卡门教授曾说, 科学家发现已有的世界, 工程师创造未有的世界。朱高峰院士指出, 工程是人类在物质领域中应用科学和技术改造世界、创造财富的实践活动, 一般是创造新实体或者改造旧实体, 使之具有新的功能和价值^[23]。李伯聪认为, 每项工程活动有其特殊的条件和要求, 所以不存在两项完全相同的工程, 这就决定了创新势必成为工程活动的灵魂。工程活动中是否进行合理、适当的工程创新是其成败的分野^[24]。可见, 工程过程不是对已有的技术简单的重复和应用, 而是一个对多门科学和技术进行整合、优化、集成的创造性的过程, 其必然包含新的东西和价值。因此, 工程中包含创新的含义。

从工程的实践性角度分析, 工程是对科学与技术加以应用并开展实践的过程。傅家骥认为, 科学技术是第一生产力, 工程是直接生产力, 工程架起了科学、技术与产业间的桥梁, 是产业革命、经济发展和社会进步的基石^[1, 25]。倘若没有工程化的实践应用, 科学与技术都只是潜在的生产力。工程作为直接生产力, 把技术进行工程化, 转化为有应用价值的事物, 这是满足客观需求、解决实际问题的盈利过程, 进而是创新的过程。所以, 工程的实质是创新^[26]。

1.4 工程的组成及领域

英国政府报告《工程领域—英国的希望》（2000）指出，工程包括两个截然不同的组成部分：工程知识（know what）和工程过程（know how）^[4]。

1.4.1 工程知识

工程知识是指科学、技术和工程学科上的大量事实、经验和技能，应用到对应工程创造过程中的所有知识，是一个由工程和交叉学科理论组成的交集。目前关于工程知识的研究还处在“初级阶段”，而且并不是任何类型的知识都能够成为工程活动的直接知识基础，能够成为工程“直接基础”的知识乃是一种特殊类型的知识——工程知识。从知识总量的角度来看，工程师创造的工程知识包括：工程规划知识、工程设计知识、工程管理知识、工程技术知识、工程经济知识、工程施工知识、工程安全知识、工程运行知识等^[17]。如今，任何工程领域的建设都集成了多门学科知识，尤其表现在跨学科、多领域的各种科学与技术的综合运用；同时，工程知识是对一定的工程实践知识的积累，要学会从工程实践、科学研究实践中获取知识。

工程知识不同于科学知识，工程知识是“任务定向”的，与“受制于理论”的科学知识不同。从本质上来看，这些工程知识的集合具有社会性，其根本目的是为了改造世界。

1.4.2 工程过程

为了达到改造世界的目的，工程过程汇集了所有相关知识和经验。《工程领域—英国的希望》（2000）汇总了如表 1 所示的工程过程的完整列表。该列表将它们与相应的科学过程进行对比，突出了工程过程的复杂性、综合性和目的性。

表 1 工程过程与科学过程的对比

关键工程过程	关键科学过程
发明，设计，生产	发现（主要通过控制实验）
设计的分析与合成	假说的分析、归纳和综合
整体论，涉及许多相互竞争的需求、理论、数据和思想的整合	简化论，涉及不同概念的分离和定义
活动始终充满价值	或多或少做出价值中立的发言
搜索过程并将其理论化（比如控制，信息，网络）	搜索原因并将其理论化（比如重力，电磁）
在建模中追求足够精度以取得成功	在建模中追求精度
基于不完整的数据和近似模型而做出正确的决定	基于良好的理论和准确的数据得出正确的结论
设计，施工，测试，规划，质量保证，解决问题，做出决定，人际关系，沟通技巧	实验和逻辑思维能力
通过随后的行动，试图确保即使决策失误，也证明是成功的	用最终被修正的预测来证伪或改进理论，这些预测源于理论推演

资料来源 2000 年英国报告《工程领域—英国的希望》

工程过程是创造的过程，使用知识和经验去寻求一个或更多技术解决方案，以解决问题和满足需求；然后，运用合理的判断，执行一个最符合限制的方案，即“知道如何做”。工程过程包含：分析，综合，判断，执行，如图 2 所示。

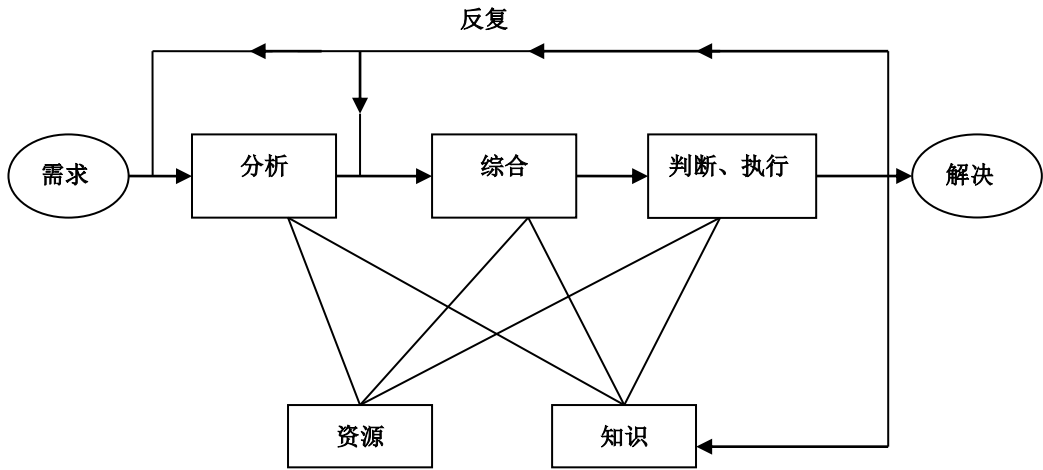


图 2 工程过程示意图

资料来源 英国报告《工程的领域-英国的希望》（2000 年）

工程专业受到人们高度重视的根本原因是：工程过程通常要满足各种限制要求，这也是工程和科学、技术的差别。科学知识和技术发明不是促使一项工程成功的唯一条件，其中还包含许多限制因素，比如社会经济发展的市场因素、国家政策是否允许的政治因素、团队建设和协作过程中的管理因素、当地当时的独特人文因素、以及当今信息大爆发时代的互联网因素等。从根本上说，工程活动是一种包含技术要素和非技术要素的以系统集成为基础的物质实践活动。如果我们试图制造产品使之达到极端即最优目标，那么这类产品要么太贵，要么操作和维护比较困难。由此可见，工程过程以及综合问题通常都使用折衷的方法，而且其创造过程更加“因地制宜，不可复制”。

1.4.3 工程的领域

《工程领域—英国的希望》（2000）指出，工程的领域要远远大于人们的想象^[4]，如表 2（矩阵）所示的事实可以说明其范围。

表 2 工程领域图（黑点指工程重要的活动领域）

医疗保健和社会	●	●	●	●	●		●		●	●	●
休闲娱乐	●	●	●		●	●	●			●	
教育	●				●					●	
商业贸易与金融	●									●	
通信与信息技术	●	●								●	
国防和安全	●	●	●	●	●	●	●			●	
运输	●	●	●		●		●	●		●	
农业与食品	●		●	●	●		●		●		●
工程材料	●	●	●	●	●	●	●		●	●	●
能源和自然资源	●	●	●	●	●		●	●	●	●	●
建筑环境	●	●	●	●	●	●	●	●		●	
应用 / 学科	数学	物理	化学	生物科学	材料科学	土木工程	机械工程与航天海洋和农业工程	电气工程	化学工程与采矿、石油天然气和核工程	电子工程	医学工程与生物工程

资料来源 2000 年英国报告《工程领域-英国的希望》

从表 2 可以看出，实现一个特定的工程应用通常需要多专业和跨学科的共同协作。麻省理工学院对现代工程的新界定表明，现代工程不再是一个孤立的系统，而正在向社会各领域延伸，包括经济、政治、文化、环境、生态甚至伦理道德等^[5]。该报告指出：工程范围极其广泛，不仅包括发展成熟的工程领域，而且也包括新兴的工程领域；后者需要不断进行探索。

英国政府 2000 年推出的《工程领域—英国的希望》，形象地用“宇宙”一词来形容工程领域的广泛性。以此为依据，2001 年英国工程与技术局（ETB）成立，形成了 ETB 领导下的以英国工程理事会（ECUK）为核心的，政府认可的“广义工程社会”（包括各工程师协会、工业界、皇家工程院和学术界等）的顶层组织，来联系更广大的工程界，以致力于提升国家财富和竞争力^[27]。

2 工程、工程师与创新

2.1 工程过程的双桥梁作用

工程处于自然—科学—技术—工程—产业—经济—社会链条的关键环节^[7]。这一链条的一端连接着科学、技术与自然，另一端连接着企业、产业、经济与社会。工程起到中介桥梁的作用。《工程领域—英国的希望》（2000）报告指出，工程过程有两个非常重要的桥梁作用：科学与技术的桥梁，技术与创新的桥梁^[4]。

2.1.1 工程过程架起科学与技术的桥梁

科学知识本身的形态是抽象的，只有通过技术的物化才能沟通实践，进而从价值无涉走向使用价值的社会化过程^[16]。科学向技术转化不是简单的、线性的转化过程，而是一个非常复杂的过程，必须经过一系列的中间环节才能完成，且转化的外部条件归根到底是社会“需要”。科学向技术转化需要经历两个阶段：一是根据科学原理来构思技术原理；二是将技术原理通过技术开发转化为现实的技术^[28]。因此，技术原理只是一种没有转化为经济价值的、潜在的技术，只有通过技术设计、产品研发等工程手段才能得到应用于生产实践的技术。

基于科学的工程发展是科学与技术的桥梁、纽带、驱动力或者创新的源头，新兴技术和工程的创新与发展离不开科学知识的支撑。如前所述，工程过程不仅是对科学知识的简单应用，而是基于科学理论背景的技术发明或改良，使自然界的物质和能源特性通过某种方式表现出来以造福人类。工程过程的结果可能是一种结构、一架机器、一个系统或者一种产品。

2.1.2 工程过程架起技术与创新的桥梁

工程是基于特定目的，具有相关技术含量的事物。然而，创新是在经济背景下成功引进一项具有新技术含量的事物，与商业成功极其相关。为了促使一项复杂技术不断成熟，首先，要在实验室条件下进行技术研发；其次，在施工或生产条件下进行中间试验，试验成功后，该技术还可能存在成本、性能上的缺陷；最后，成立“工程中心”，进行中间试验，继续改进技术。技术向工程跳跃，才能形成大规模产业化，进而带来巨大经济效益。“工程中心”恰好体现了工程的桥梁作用^[13]。

朱高峰认为，工程是“研究—开发—设计—制造—运行—管理”等环节组成的工程链。这条链条越往前，技术含量越高，越往后，经济含量越高^[3]。工程过程融合了技术创新，把潜在的财富创造出实际的利润价值，架起了技术与创新之间的桥梁。

2.2 工程师的创新职能

2.2.1 工程师既是科学家又是企业家

工程师创新行为的模糊及重叠定义导致社会对工程师在创新过程中扮演的角色产生更多困惑。工程师和科学家往往被混为一谈，统称为科技人力资源^[12]。然而，这种概念上的模糊界定，导致工程师地位的长期被忽视和低估。

冯·卡门教授曾说过：“科学家发现已有的世界，工程师创造未有的世界”，这是对科学家和工程师最好的界定。科学家是探索事物及人类本身发展规律的人群，企业家“entrepreneur”一词是从法语中借来的，其原意是指“冒险事业的经营者或组织者”，人们普遍认为企业家是带来改变的原动力，他们给企业带来创造性的想法，并帮助企业增长、盈利。在工程链的前端，科学家充当着探索者的角色；在工程链的后端，企业家发挥着实践者

的作用。工程链前后端的各类工程师分别承担了从科学家（工程科学家）到企业家（工程基企业家）的各种角色。通常，一个完整的工程系统包含设计、生产、销售等互相关联的基本环节，以往却被人为地割裂，尤其把销售和服务排除在外。事实上，工业产品的营销和售后服务是整个工程循环周期中实现社会价值的最重要的阶段^[22]，工程链的后端也需要工程师，这类工程师承担了企业家的职能，实现创新的最后阶段：最终被商业化应用。工程师群体融合了工程链中不同类型职业的特质，既有把科学理论转化成技术成果的能力，也有把技术成果应用于工程创新从而为社会创造财富的能力。

国外把工程人才称作“工程基人才”，这类人才向科学研究方面和工程应用方面延伸有不同的职业定位。“工程基人才”向科学研究方面延伸叫作工程科学家，担负起把最前沿的科学成果应用于工程实践的重任；“工程基人才”向工程应用方面延伸叫作工程基企业家，引领学科前沿发明及最新技术的产业化应用，带动区域甚至全世界的产业升级换代，实现科学技术的最终落实应用和科学技术推动下的创新，即最终创造财富。这正好符合三螺旋理论所揭示的现象：在政府、大学和产业的三螺旋中，集基础研究及开发应用研究于一身的大学越来越处于国家创新系统的中心位置，以工程技术的创新来引领产业升级，并创造社会财富。MIT 就是通过培养大量高水平的各类“工程基人才”，来实现基于学科前沿的创新创业和引领全球产业升级。据数字统计，MIT 校友创办的企业的销售额相当于 2009 年世界排名第 11 的国家的 GDP，使其成为最富裕的大学。因此，MIT 培养的各类工程师，承担了前沿科学与应用领域的科学与技术、技术与创新的双桥梁的重任，他们既是科学家又是企业家，既发展科学技术又过程创新创造财富。

工程作为科学与技术、技术与创新的双桥梁，工程的这一特性决定了工程师既是科学家又是企业家；工程专业在国家的技术创新体系中处核心地位，在国家经济建设中具有至关重要的作用^[29]。

2.2.2 工程师是创新主力军

现代管理学之父—彼得·德鲁克认为，企业家的本质是具有目的性、组织性的系统创新。企业家大幅度提高资源的产出、创造新颖事物，视改变价值、开发新顾客为常态。而创新是通过改变资源的产出形式，提升产品与服务，以赢得客户的满意度。因此，创新是企业家的标志^[2]。但是，这一界定忽视了工程师这一重要的创新主体。

如前所述，工程的实质是创新，工程师与企业具有相同的本质特征。在创新过程中，只有商业化的技术发明才能为个人、组织和社会创造财富。工程师的本职任务就是将游离的科学知识和技术发明，结合时代背景和人类的需求，加入更多的人文因素、社会因素、经济因素、管理因素等，把间接的生产力通过工程化转变为直接生产力，从而创造社会财富。

美国工程师专业发展委员会(ECPD)提出，工程师必须是一位善于构思并形成概念的专家，是一位设计者、开发者、新技术的形成者、标准规范的制定者——一切都是为了满足社会的需要，对于工程师，创新应该是他们的中心任务^[30]。路甬祥院士（1996）提出：“训练有素的工程师涉足经营管理、规划和策划并参与决策，与无工程技术背景经理相比，将有更大的竞争力”^[22]。王沛民教授（2014）认为：21 世纪以来，由于面临着能源、环境、健康等人类共同难题以及工程外包等挑战，时代呼唤“创业版工程师”，这一代工程人才是无所不知、无所不能、通情达理和追梦成真的人，即能迅速找到每件事的相关信息，又知道如何评价、利用并将其转变为知识；能获取工程基本知识，并通过必须的工具运用它们；拥有沟通技能、团队工作技能；有创业精神、想象力和管理技能，以识别需求、构想新的解决方案且兑现到底^[5]。“创业版工程师”这一新概念的提出强调了：与企业家一样，现代工程师是

创新的主力军。工程师创新与其他人员创新的不同点是，工程师在创新过程中展现出的与众不同的专业特质，如工程素养、工程伦理、工程精神等。

综上所述，在现代社会中，工程师是不可忽视的创新主力军。

现代工程链越往后端，其经济含量越高，越需要懂得经济管理、会经营、具有较强创新能力和动手能力的高素质工程技术人才^[5]。创新能力，理所当然地成为现代工程师必备的核心能力。

3 结论与启示

本文以文献综述、内容分析和演绎推理为研究方法，以揭示工程师与创新之间的关联为研究问题，以集成创新方式得出以下主要研究结论：

第一、工程的实质是创新，工程师是创新的主力军，创新能力是现代工程师的核心能力。

第二、工程过程的科学与技术、技术与创新的双桥梁作用，决定了工程师既是科学家又是企业家的双重身份。工程师在工程链两端分别担当工程科学家和工程基企业家，以工程技术的创新来引领产业升级，创造社会财富。

本研究从概念入手，论证了工程师与创新的上述紧密关联的关系，纠正了我国公众只把企业家与创新联系起来、把工程师职业仅局限于其科技创新职能和忽略现代工程师具备企业家的创新职能的错误与偏见。

英国、美国、德国和日本等制造业强国政府，把工程过程中创造的技术作为利润增长和增强社会效益的主要驱动力，把工程师视为创新的主力军，即财富的主要创造者，给予工程界极大关注，尤其重视工程师群体社会地位的提升及其创新能力的培养。

工业和信息化部部长苗圩（2015）指出：在全球制造业的四级梯队中，中国处于第三梯队，而且这种格局在短时间内很难有根本性改变，我国要成为制造强国至少要再努力 30 年^[31]。

基于公众对工程师与创新关系的模糊认知和我国制造业的现状，我们应从创新型国家建设和提高国家竞争力的角度出发，加强对工程师创新能力的培养，强化工程师的创新主体地位，提升工程师群体的社会地位与声誉，更好地发挥工程师在我国创新型国家建设中的创新主力军的作用。

参考文献

- [1] 李伯聪. 工程创新是创新的主战场[J]. 中国科技论坛. 2006, 02:33-37.
- [2] 彼得·德鲁克. 创新与企业家精神[M]. 机械工业出版社. 2009.
- [3] 朱高峰. 论我国工程教育的问题与对策[J]. 高等工程教育研究, 1998, 04:1-6.
- [4] Royal Academy of Engineering & Engineering Council Working Group .The Universe of Engineering—A UK Perspective [R].England: The Royal Academy of Engineering, 2000.
- [5] 邹晓东等. 打造第四代工程师—工程领导力及创业能力开发[M]. 杭州:浙江大学出版社,

2014, 14.

- [6]李伯聪. 工程哲学引论[M]. 郑州:大象出版社. 2002, 5 , 438.
- [7]殷瑞钰, 汪应洛, 李伯聪等. 工程哲学 [M]. 北京: 高等教育出版社. 2007, 07.
- [8] Grasso, Domenico; Burkins, Melody Brown; King, C. Judson . Holistic Engineering Education: Beyond Technology [M]. Springer, 2010. 154-155.
- [9]孔寒冰. 基于本体的工程学科框架研究[D]. 浙江:浙江大学. 2009.
- [10]朱高峰. 中国的工程教育——成绩、问题和对策[J]. 高等工程教育研究, 2007(4).
- [11]李永胜. 加强工程创新与发展的思维和方法论研究——中国工程科技论坛第 178 场会议综述[J]. 自然辩证法研究, 2014, (12):125-127.
- [12]罗宇思. 工程创新视野下我国工程师关键素质能力研究[D]. 北京理工大学, 2015.
- [13]沈珠江. 论科学、技术与工程之间的关系. 科学技术与辩证法, 2006(6).
- [14]陈劲. 郑刚. 创新管理(第3版)[M]. 北京大学出版社. 2016:21-22, 91-92.
- [15]中国工程院. 走向创新——培养创新型工程科技人才[R]. 北京: 中国工程院, 2008: 41-51.
- [16]陈娟, 李建清. 科学价值与技术转移[J]. 自然辩证法研究, 2015, (12):36-41.
- [17]李伯聪, 王晓松. 略论工程“双重双螺旋”及其演化机制[J]. 自然辩证法研究, 2011, (04):54-60.
- [18]薛红志, 张玉利. 公司创业研究评述——国外创业研究新进展[J]. 外国经济与管理, 2003, (11):7-11.
- [19]熊彼特, 1934. 经济发展理论[M]. 1990 年中译本:商务印书馆, 北京.
- [20]林强, 姜彦福, 张健. 创业理论及其架构分析[J]. 经济研究, 2001, (09):85-94+96.
- [21]胡哲一. 技术创新的概念与定义. 科学学与科学技术管理[J]. 1992. 13(5):47-50.
- [22]路甬祥, 王沛民. 工业创新和高等工程教育改革[J]. 高等工程教育研究, 1996, 02:7-13.
- [23]朱国锋. 创新与工程教育——初议建立创新型国家对高等工程教育的要求[J]. 高等工程教育研究. 2007(1):1-5.
- [24]李伯聪. 略论工程创新[C]. 第六届东亚科技与社会(STS)国际学术会议论文集. 2005: 303-306.
- [25]傅家骥. 技术创新学[M]. 清华大学出版社. 1996:16.
- [26]方克定. 关于工程创新与工程哲学[J]. 工程研究-跨学科视野中的工程, 2005, (00): 55-64.
- [27]蒋石梅. 王沛民. 英国工程理事会:工程教育改革的发动机[J]. 高等工程教育研究, 2006. 12:18.
- [28]徐刚. 科学、技术与生产:历史的分野与融合[J]. 自然辩证法研究, 1998, (09):37-39.

- [29] 蒋石梅. 工程师形成的质量规制研究[D]. 浙江:浙江大学. 2009.
- [30] 王沛民, 孔寒冰. 努力培养 21 世纪的中国工程师[J]. 中国工程科学. 2001, 6 (6) :20-21.
- [31] 苗圩全面解读《中国制造 2025》路线图: 唯有制造强国才能变身世界强国[N]. 人民政协报, 2015.

Engineers and innovation

GUO Tianyi, JIANG Linke, WANG Jinxiang JIANG Shimei,

Building an innovation-oriented country needs massive innovative engineering talents , it is imperative to clarify the relationship between engineers and innovation. From the perspective of the definition of engineering and innovation concept, the paper firstly investigates that the essence of the engineering is innovation through literature review and comb; Then, the paper discusses the double bridge between science and technology, technology and innovation in the Engineering Process, and analyzes the innovation function of engineers. Subsequently, the paper points out that engineer is the main force of innovation, and innovation ability is the core competence of engineers.

【Key words】 engineering; engineer; innovation;