



现代工程师成长的生态学隐喻及继续工程教育关键问题

范春萍^{1*}, 李伯聪²

1. 北京理工大学 教育学院, 北京 100081;

2. 中国科学院大学 人文学院, 北京 100049

摘要: 针对新时代与现代工程发展对合格乃至卓越工程师的迫切需求, 以及建制化高等工程教育培养能力受限的现实状况, 本文借助生态学隐喻及工程师的生态成长理念, 阐述了工程人才培养与成长的“两阶段论”。工程师的成长过程可明确区分为两个阶段: 一是“接受学校教育阶段”(涵盖义务教育、职业教育及高等工程教育), 二是“工作岗位上的持续学习与成长阶段”。为深入理解这两个阶段的特点、相互关系及核心问题, 借用了“干细胞”与“体细胞”的生态学隐喻。基于第二阶段问题的分析, 认为工程师继续教育的关键在于构建工程继续教育制度, 并明确继续教育的主体。为此, 本文提议充分发挥行业协会的功能与优势, 将其确立为第二阶段继续教育的引领主体之一, 赋予其相应的教育责任, 旨在实现两个阶段培养的连续性和可持续性, 为教育改革提供切实建议。

关键词: 工程师培养和成长的两阶段论; 生态学隐喻; 继续工程教育; 行业协会

中图分类号: N4

文献标识码: A

文章编号: 1674-4969(2025)01-0091-10

引言

合格甚或卓越的现代工程师培养, 是当今时代人类工程和社会得以健康发展运行的关键主题和过

程^[1-3]。科技能力的飞速发展不断强化着工程的重要性和复杂性, 工程前沿交叉迭代之迅猛, 对作为工程重要主体的工程师的素养和能力提出了更高要求, 终身学习、继续教育、学习型社会的建立成为世界

收稿日期: 2024-12-17; 修回日期: 2025-01-06

基金项目: 中国工程院战略研究与咨询项目“工程生态论的理论体系和实践研究”(2024-XZ-69)

作者简介: *范春萍(1963—), 女, 硕士, 编审, 研究方向为高等工程教育、工程哲学、工程与科技伦理、可持续发展与生态文明。E-mail: fanchunping@bit.edu.cn (通讯作者)

李伯聪(1941—), 男, 博士, 教授, 研究方向为工程哲学、工程社会学和工程史研究。E-mail: libocong@ucas.ac.cn

引用格式: 范春萍, 李伯聪. 现代工程师成长的生态学隐喻及继续工程教育关键问题[J]. 工程研究——跨学科视野中的工程, 2025, 17(1): 91-100. DOI: 10.3724/j.issn.1674-4969.20240153. CSTR: 32282.14.JES.20240153

Fan C P, Li B C. Ecological Metaphors for the Growth of Modern Engineers and Key Issues in Continuing Engineering Education [J]. Journal of Engineering Studies, 2025, 17(1): 91-100. DOI: 10.3724/j.issn.1674-4969.20240153. CSTR: 32282.14.JES.20240153

共识^[4-6]。

对于工程师的成长阶段、过程和条件, 有一个普遍而形象的比喻: 高等工程院校是“工程师的摇篮”。然而, 此比喻隐含的意义在于, 它培养和孕育的是“婴幼儿”阶段的人才, 而非已能“独立承担社会责任的成人”。因此, 高等工程教育本质上是工程师成长历程中的“摇篮阶段”, 即“第一阶段”。要真正成长为成熟、合格的工程师, 还需经历“第二阶段”——在工作岗位上的持续学习与教育^[7], 正确认识这两个阶段的相互关系意义重大。虽然在以往的工程教育研究中有过一些将两阶段结合起来的研究, 但已有研究多是针对包罗万象的“继续教育”^[8-10], 第一阶段中存在的主要问题^[11-12]、学科教育教学经验与教训、课程建设等^[13], 尽管其中已有一些研究涉及“工程教育学”的学科建设^[14], 但深入探讨“工程教育两个阶段的不同本质及其相互关系”, 以及“第二阶段所面临的具体问题和挑战”的研究仍显匮乏。这一现状在某种程度上暴露了当前卓越工程人才培养与整体工程教育改革中一个相当棘手的问题——继续工程教育的困境。本文旨在借助生态学隐喻, 对“第二阶段”的继续工程教育困境展开初步探讨, 以期激发更多的思考。

1 现代工程师成长的“两阶段论”及其生态学隐喻

1.1 工程师成长的两个阶段

现代工程师作为一种社会“职业”(profession, 区别于 job 和 occupation), 其概念包含了两方面含义: 一是专业技术能力, 二是职业伦理。像接受专业化的高等教育作为现代职业的普遍标准一样, 接受过高等工程专业教育是成为现代工程师的一个前提条件^[15]。许多高等工程院校以作为“工程师的摇篮”为荣, 然而, 自 20 世纪中期以来, 科学崇拜的盛行以及工科教育理科化趋势的加剧, 在实践中引发了卓越工程人才的断层现象。因此, 高等工程教育备受指责, 被批评为培养的“半成品”难以胜任实际工作, 工程教育改革的呼声日益高涨^[16]。

事实是, 无论是“专业技术能力”还是“职业伦理”, 均涵盖了知识与应用、理论与实践既需紧密结合又存在显著区别的双重内涵。尽管前沿的工程教育改革者们正竭力探寻培养“整装待发”的工程师的理想范式^[17], 但鉴于学校教育时间的局限性, 学生必须在知识爆炸、科技日新月异的背景下, 尽力在体系化的课程学习中获得精神、理论、方法等多维度的坚实基础, 而学校难以针对复杂多变、日新月异的工程领域培养出完全特化、针对性强的人才。换言之, 与毕业生“整装待发的工程师”形象相对应的, 还应有“工程师职业生命周期”的全时域成长。这是当今工程人才培养中必须规划并实施的一项艰巨任务, 也是一个复杂课题, 它需要工程教育界、产业界乃至全社会的共同面对与努力。

如果按职能划分任务, 大体可以认为现代工程师要经过两个阶段的“发育”: 第一阶段是学校教育(包括义务教育、职业教育、高等工程院校教育)阶段的培养和教育, 第二阶段是进入工程实践领域后的接续成长。这第二阶段是“学校毕业后”走上工作岗位的继续学习、继续教育成长的阶段。应该承认, 这两个阶段密切联系、相互连贯, 但又有理由认为第二阶段有“自身的特殊性”和“特殊的重要性”。

在理解“终身教育”这个概念和理念时, 显然应该和将其理解和解释为包括一个人的“终身学习”和“终身教育”的“统一的概念”。可以把一个人的“终身学习”(“终身教育”)划分为“学前教育(包括婴幼儿教育)”“学校教育”“进入‘工作岗位’后的继续教育”和“退休后的老年教育”四个阶段。这四个阶段, 各有不同的本性和特征, 四个阶段又有密切联系和相互作用。容易看出, 在这四个阶段中, “进入‘工作岗位’后的继续教育”是“社会意义”和“社会影响”最大的阶段, 但它在教育学中却又成为了一个研究成果最薄弱的研究对象。

在分析和研究工程师的成长过程时, 正确和深入地认识“学校教育”和“继续教育”这两个阶段的不同性质、内容和两个阶段的相互关系具有重要意义。

回顾历史, 自中世纪以来, 工匠的培养和成长历程已超越了单纯依赖个体艺徒进行工程知识自然传承的阶段, 出现了以行业协会集中培训为特征的集体艺

徒制度。这些集体艺徒所依托的各类非建制化工程学校, 逐渐发展并建制化, 最终成为通向现代理工科大学的一条历史进路, 这也是工程师成长两阶段现象的始源——第一阶段是学徒制的培养和教育, 第二阶段是“(学徒)出师”后的行业实践和职业发展。在欧洲中世纪时期, 尽管已经确立了作为高等教育形态的“大学制度”, 但中世纪的“大学”教育却排斥“工程知识”, 正规的“建制化学校”并不承担工匠的培养任务, 中世纪的工匠主要是通过“非建制化学校”形式下的“学徒制”培养出来的^[18]。

工业革命之后, 随着工程活动所需要的工程知识达到空前的“专业化”和“高级化”程度, 工程活动所需要的科学基础(包括投影几何学、力学、热学及具体工程学科的理论等)也有了空前的新发展, 这就导致教育领域中出现了“高等工科院校”这种新的大学类型。随着工程发展和教育发展的进程, 高等工程教育的规模愈来愈大、门类愈来愈多, 高等工程教育成为现代工程发展的重要支撑条件和现代高等教育体系最重要的组成部分之一。

现代工程师的培养成长要经历两个阶段: 高等工程院校教育阶段和工程实践锻炼成长阶段。两个阶段各有特点又相互联系、相互促进。目前, 对前一阶段的研究较多而对后一阶段的研究较少。今后, 不但应该进一步加强了对前一阶段的研究, 而且应该更加强化对后一阶段各种问题的理论研究和实践探索。

1.2 工程师成长过程的生态学隐喻: “干细胞”和“体细胞”隐喻

正如“创新生态理论”“演化经济学”及“教育生态学”研究中已重视隐喻方法的应用那样, 在探讨与分析工程师的成长历程时, 我们同样可以借鉴隐喻方法。基于此, 我们得以构想一个关于工程师成长过程的“两阶段”隐喻, 即将其比作“干细胞”与“体细胞”的发育过程。

作为“专业人才”, 工程师的成长过程从理论视角可划分为两个阶段: 即“干细胞”阶段与“体细胞”阶段。在这两个阶段中, 工程师将逐步成长, 达到并保持工程岗位所需的专业水平和状态。

在生物发育的过程中, 细胞学家发现并提出了关

于“干细胞”与“体细胞”的理论, 而进化生物学家则提出了进化过程中的生态特化理论——即某些生物体的性状因适应其所在生态系统而被选择, 并逐渐固化成为其标志性的特征, 例如, 马为适应草原奔跑而形成的蹄形, 以及长颈鹿为觅食高处枝叶而演化出的长颈。“干细胞”包括“全能干细胞”(具备分化为所有细胞类型的能力)、“多能干细胞”(能分化成某一类细胞)及“专能干细胞”(仅能转化为一种细胞, 即“体细胞”)等多种类型。所谓“体细胞”, 是指那些已特化为承担具体生理功能载体的专门细胞, 它们专注于特定功能, 失去了分化为其他功能细胞的能力, 但其特化的功能具有无可替代的重要性。不难发现, 专业工程人才的成长历程与生物体发育过程中从“干细胞”发展并特化为在工程生命体中具有特定“生理职责”的“体细胞”的过程, 存在着诸多相似之处。因此, 本研究借生物发育过程中干细胞与体细胞的结构和功能转化, 以及从全能干细胞向专能体细胞的生态特化过程, 来比喻工程师的成长路径。

在目前的工程教育体系下, 培养工程师的第一阶段——即接受基础与高等工程教育的时期——可视为工程师成长的“干细胞”阶段。这个阶段又可进一步细分为两个阶段: 工科院校的本科以及之前的基础教育阶段大抵相当于“全能干细胞”阶段, 此一阶段中工科学子需掌握广泛而基础性的工程知识, 涵盖通用性、底层性、宽泛领域的各个方面, 同时培养职业观念、素养、能力、伦理以及思维习惯, 并具备初步的工程理解力、一般性操作技能和职业伦理的敏感度及判断力; 研究生阶段大抵相当于“多能干细胞”阶段, 专注于获取特定领域内相对专业的工程知识、素养和能力。

工程师成长的第二阶段是“体细胞”阶段, 此阶段虽可涵盖工程师高等专业教育的后期, 但更侧重于毕业后踏入工程实践领域, 获取具体工程岗位经验的时期。在这一阶段, 工程师主要通过“前沿技术的持续追踪”、“理论知识的深化学习”以及“实践中的磨砺成长”来实现自我提升。这个阶段中, 工程师通常要接受“与工程岗位实践关联的多种其他形式的非学历教育”。这时的“岗位实践关联教育”主要有三种方式: 一是进入特定企业就业后, 针对岗位需求所进

行的职业素养与职业能力培养, 以及对企业文化的学习融入, 如企业培训、岗前培训等; 二是跟随企业内资深“师傅”进行的较长期贴身学习和历练; 三是为了不脱离前沿科技和工程进展, 而参与由大学、行业协会或企业内部专门部门组织的多种培训、参观交流及访学活动。

如上所述仅为一个大致而粗略的划分与描绘。例如, 众多工科院校的本科生, 若未经历研究生阶段而直接进入企业就业, 则相当于从一般意义上的“干细胞阶段”直接进入“体细胞阶段”的特化培养。同样, 也有硕士研究生选择继续攻读博士学位, 待博士毕业后才步入企业, 他们在“多能干细胞”阶段便已迈入更为专业化的领域, 从而与“体细胞阶段”实现了某种程度的对接。

“干细胞”阶段的人才培养和成长, 也就是“建制化学校教育”方式的培养和成长, 其所培养和要求具备的素质和能力是基础性、综合性的, 也是可迁移性、成长性的。而在“体细胞”阶段的人才培养和成长, 也就是“工程岗位实践”方式的培养和成长, 要求个体在企业或具体项目的历练中, 逐步成长为能够满足实践需求的“在岗工程师”, 乃至成为岗位能手。企业和工程实践中的工程师与生物生命过程中的“体细胞”有许多相似、相通之处。正像“体细胞”发生结构和功能分化一样, 岗位工程师也发生了具体工程实践中的功能分化现象, 从而具有了各具岗位特点和往往难于相互替代的状况。俗语所说的“隔行如隔山”, 正是这种现象的反映和表现。因此, 当专业技术人员脱岗时, 往往难以迅速找到合适的人选进行补充, 或者需要历经数年时间, 方能再次培养出一位称职的人才。

2 从类别和层级区分看工程师的成长

2.1 工程师的分类与分层

2.1.1 工程师的横向分类 正如科学和科学家存在分类一样, 工程和工程师同样可以划分为不同的类别。这两者的核心差异在于: 科学和科学家的分类主要依据“学科”进行, 例如物理学与物理学家、化学与化

学家等; 而工程和工程师的分类则相对复杂, 依据不同的分类原则会产生不同的结果。例如, 按照学科划分, 可以分为机械工程师、电气工程师、化学工程师等; 按照领域划分, 则可以分出航天工程师、矿业工程师、水利工程师等。科学学科的分类标准基于自然界事物不同的存在和运动方式, 而工程的分类标准则既可以是技术性和学科性的, 也可以是基于国民经济和社会现实中不同行业和领域的需求。

2.1.2 工程师的纵向分层 正如众多社会阶层存在更为细致的层级分化与划分, 工程师领域同样展现出多样化的技术和社会层级。以我国为例, 众所周知的就是与职称相关联的助理工程师(初级职称)、工程师(中级职称)、高级工程师(副高级)、正高级工程师这四级划分。西方技术型企业也有相应的层级划分, 例如九级工程师制等。以往, “正高级工程师”常被冠以“教授级高级工程师”的称号。然而, 这一命名方式将“教授”作为衡量不同系列职称的参照, 无形中暗示了“教授”是知识领域的“最高层级”拥有者, 进而可能有意无意地传达出工程师类型的知识在某种程度上“低于”科学家类型知识的观念。因此, “教授级高级工程师”是一个“不适当”的命名。

上述内容均是从“职称”维度进行的分层探讨。从制度设计的初衷来看, 工程院院士虽本质上更倾向于是一种奖励性的荣誉称号, 但在现实层面, 无论哪个国家, 工程院院士都已成为工程师职称体系之外, 社会分层的最高层级。此外, 即便是拥有相同“职称”的工程师, 在实际能力和所发挥的社会功能上也可能存在显著差异。若从实际的社会作用与影响力出发, 我们可以将那些对行业或国家的工程发展起到战略指导和引领作用的工程师——即“战略工程师”——视为工程师领域的最高阶层人物。

战略工程师是产业发展和国家人才队伍中的关键人才。20世纪美苏航天竞赛中, 苏联在发射人造卫星的第一回合中领先, 然后又在作为第二回合的载人航天中使加加林(ГАГАРИН Юрий Алексеевич)首先进入太空, 从而继续领先。美国在作为第三回合的登月竞赛中反超苏联, 取得扭转形势的胜利。虽然必须承认导致这三个回合美苏竞赛形势变化的因果关系很复杂, 但许多人都认为应该承认在这三个回合的苏

美航天竞赛中, 两位战略工程师——科罗廖夫 (Сергей Павлович Королёв) 和布劳恩 (Wernher von Braun) ——发挥了关键作用。

2.1.3 工程师的职能细分 工程师的职能包括了许多方面的内容。随着现代工程活动愈来愈复杂和规模愈来愈庞大, 工程师的职能也势所必然地有了更细的划分, 在狭义的工程活动职能划分中已经形成了规划和设计工程师、研究和开发工程师、施工和监理工程师、运行和维护工程师、安全和生态工程师等细分的工程师岗位。由于工程师参与甚至主导了“发明—设计—建造—运营—退役”的工程生命周期全过程, 特别是由于工程师是技术发明和工程设计的灵魂人物, 这就使工程师往往成为了现代工程产业发展的关键岗位和角色, 在工程生态中占据重要的甚至是决定性的“角色生态位”。

世纪之交, 2008年密歇根大学发表《千年计划报告: 变革世界的工程——工程实践、研究、教育的未来之路》^[19], 将新时代的工程师分为四类:

- ① 能理解和设计从原子层面到全球层面的复杂系统的系统工程师 (system engineer);
- ② 在产品开发、过程开发和服务开发等方面有创新设计能力和全球竞争能力的大师工程师 (master engineer);
- ③ 有基础研发能力, 可以应对能源可持续性 etc 全球性挑战的工程科学家 (engineering scientist);
- ④ 能领导全球化计划或企业的工程经理人 (engineering manager)。

这是从广义上对新时代工程师职能和类型的划分, 也是对新时代工程师面临宏观、宽厚任务的描画。它涵盖了从总体架构设计、协调管理、运营维护, 到精深技术开发, 再到与工程紧密相关的科技研发与应用, 以及项目管理和企业运营的各类职业化工程人才。这一划分展现了工程人才的新形态, 映射出新时代工程生态的多元化与异质性特征。

新时代对工程师个性化、宽厚化教育培养提出了更高的要求, 分类分层的研究和角色生态位研究可以为怀抱不同工程理想、有志于成为工程师的工科新人的成长标示方向。

2.2 工作实践的意义和作用

本文研究中的“工程师”有两重含义: 一是作为“社会学”视野中的功能群体的工程师, 二是作为“职业资格制度”意义上的“工程师”, 这个资格在老牌工业化国家通过行业协会的认证而取得, 在我国基本对应“职称含义的工程师”。需注意的是, 众多普通 job (职位) 和 occupation (职业) 并不设定“上岗”的“资格门槛”, 如“非技术性创业”“成为画家”或“成为导演”等, 往往无需严格的学历或“资质认证”, 低学历者同样可成为作家、画家及导演。然而, 对于工程实践中的工程师岗位, “只有取得职业资格证书后, 方可就业上岗, 所以俗称‘执业’, 没有证书就被排除在门外了。换言之, 无此类证书, 不得从事此类工作。”正像没有“医师资格”而“行医”可能受到“非法行医”处罚一样, 没有“工程师资格”而“在岗工作”也有可能受到行政, 甚至法律处罚。

以我国为例, 要取得“工程师资格”, 除了“接受高等工程教育”这个“条件”外, 还要求有“一定的工作实践经历” (首先表现为关于“工作年限”的规定)。这就是说, 只有高等教育的学校教育经历是不能取得正式的工程师执业资格的, 而是要求必须有一定的工程实践经验 (经历) 才可以。因此, 许多学者强调高等工程教育阶段培养的只是“工程师的‘毛坯’”, 高等工程学校只是工程师的“摇篮”。应该指出, 上述关于工程师“资格准入”制度中关于工程实践经验的“强制性要求”不但是“实践经验的总结”, 而且具有深刻的理论基础和理论含义。

可以说, 工作实践的过程与阶段对于工程师的培养与成长具有极其重大的意义和作用, 这一点无论怎样强调都不为过。特别是, 工作实践过程和阶段对于工程师培养和成长的重大意义和作用不但表现在“工程师资格准入条件”方面, 而且更深刻地表现在工程师取得“准入资格”后所进行的长期工程实践的过程中。此间, 可以反映工程过程、工程体的生态特征, 也可以窥见工程师在工程生态系统中的生态位和生态成长。限于篇幅, 以下仅对工程师的“继续教育”和“继续学习”进行一些简要分析。

3 终身教育理念和继续工程教育

与中世纪技术演化步伐的缓慢形成鲜明对比, 现代社会中技术与工程领域的发展可谓日新月异, 甚至瞬息万变。二战后, 人类社会迎来了科技与教育的大繁荣, 知识更新的速度前所未有, 许多工科学生毕业后会发现, 他们在校期间所学的知识技能可能迅速老化, 甚至被淘汰。尤其是进入新世纪以来, 颠覆性技术层出不穷, 技术更新的速度、扩散的范围以及迭代的频率都大大加快。这迫使工程师们必须不断学习、持续进步, 以便进一步提升专业能力, 紧跟时代步伐, 有时甚至需要跨行业或跨岗位寻求新的机遇。因此, 工程师们不得不踏上“不断学习”与“不断受教育”的道路, 这直接催生了“终身学习”与“终身教育”的概念和理念。

1965年, 法国成人教育家保罗·朗格朗(Paul Lengrand)在联合国教科文组织于巴黎召开的“第三届促进成人教育国际委员会”会议上, 首次以“终身教育”为题作了学术报告, 并于五年后出版《终身教育引论》(*An Introduction to Lifelong Education*)一书。在朗格朗看来, “人在前一阶段所获得的知识能力可以在后一个阶段一劳永逸地享受的观点已经过时, 教育的过程必须持续地贯穿在人的一生之中”。他主张跳出学校教育的局限, 重新审视教育, 并指出人生的不同阶段应以不同的方式接受教育^[20]。

与终身教育概念有强关联性的还有两个概念: 成人教育和继续教育。朗格朗终身教育理论即脱胎于他20世纪三四十年代在法国南部与工会合作进行的成人教育实践。1948年朗格朗开始了他在联合国教科文组织(UNESCO)的任职, 1965年的巴黎成人教育会议就是在他的主持下召开的。《终身教育引论》一书出版后, 很快被译成20多种文字在各国发行, 得到教育界及社会相关界别的普遍认同, 并掀起了世界范围内终身学习、建设学习型组织和学习型社会的热潮。

继续教育概念的另一源头来自20世纪三四十年代的美国的继续工程教育(continuing engineering education)。“第二次世界大战前后, 面对工业生产快

速发展的新形势, 各类工程技术人员无论知识水平还是业务能力都远远不能适应工业生产快速发展的需要。一些高等专科学校以上的高校就针对企业工程技术人员的需要, 举办一些新理论、新知识、新技术、新工艺的培训。由于此类培训的对象具有专科以上学历, 为区别于其他类别的成人教育活动, 被称为‘继续工程教育’。”^[21]

进入21世纪, 科学技术工程再次疾速猛进, 相较于20世纪朗格朗推动终身教育概念, 以及美国推动继续工程教育时的背景, 更加凸显出终身教育的重要性^[22]。2015年斯坦福大学在《斯坦福大学2025计划》中提出建立不设年龄限制、学期限制、服务于终身学习的“开环大学”(Open-loop University)的设想^[23]; 2020年, 美国麻省理工学院(MIT)在其推出的“工程领导力研究生研修项目(GEL计划)”中增加了为历届毕业生返校接受工程领导力提高学习的项目。早在20世纪八九十年代, 我国许多高校就为在职人员推出诸如MBA、EMBA的教育计划, 并逐渐为各领域在职人员提供专业硕士、专业博士学位学习机会。为提升职业培训质量, 一些有资源有能力的大企业开始建设自己的职工学校, 社会上也出现了一些第三方培训机构。同时, 走在前沿的理工科大学纷纷将工程教育改革推向深入, 在针对学生的培养目标中明确提出对终身学习的意愿和能力的培养要求。这都是对终身教育、终身学习需求的响应, 以及对其观念和理论的践行。

随着改革开放的深入、随着前沿科技成果以及先进教育的引进, 终身学习的理念在我国越来越受重视, 特别是新世纪以来对终身学习、终身教育的需求愈发强劲。

1995年国家人社部首次发布“关于印发《全国专业技术人员继续教育暂行规定》的通知”(人核培发[1995]131号)^[24], 20年后的2015年国家人社部再发《专业技术人员继续教育规定》(人社25号令)^[25], 后者是在前者基础上的修订和升级。“25号令”将专业技术人员的继续教育分为“公需科目”与“专业科目”; 并明确规定专业技术人员每年需累积不少于90学时的继续教育, 其中专业科目不少于60学时。此外, 该规定还将专业继续教育情况与专业技术

人员的考核评价、岗位聘用及职称评审相挂钩。这一政策涵盖了包括医学、工程等所有专业领域,无疑是工程继续教育领域的一项国家政策。尽管这些文件的初衷和具体规定均十分良好,但其在实际执行与落实方面的效果似乎并不尽如人意。

工程是一个庞大、普遍且高度综合的领域,其复杂性远超其他领域。例如,尽管医学领域内的科室分工日益精细,但各科室最终都聚焦于人体这一共同核心;法学亦然,尽管分支众多,却共享着一套司法程序、管理序列及研究方法。然而,在工程这一广阔领域内,无论是机械工程与化学工程,还是建筑工程与计算工程,乃至采矿工程与基因工程、微纳工程与航天工程等,它们在目标、研究对象及方法上都存在着显著的差异。自2015年人社部发布“25号令”以来,如何明确工程继续教育的目标与主体、构建工程专业继续教育体系、开发相应的科目、教材、项目及案例,以及如何确保工程继续教育的质量与成效等问题,至今仍处在持续的探讨之中^[26]。转眼间已近十年,但尚未找到一种能够稳定且有效实施的落实方案。

仔细分析,关于工程继续教育的落实,针对不同工程领域,归结起来都大概包括如下几个问题:教育目标;教育主体;教育内容;教育方法(包括理论教育方法和实践教育方法);教育成果考核;教育质量保障。笔者以为,“继续教育制度”和“继续教育主体”问题是中国继续工程教育最关键的问题,是其他问题得以解决的前提,这两个问题解决后其他许多问题可能会迎刃而解。

逻辑上,继续工程教育的主体可以有几个方面:工科高校、用人企业、行业协会以及其他教育机构。这些主体各自承载着不同的功能和优势。工科高校更适合于进行理论前沿的研究与跟进;用人企业则更专注于技术前沿的进展与实操训练。然而,高校的理论研究往往与实践应用存在一定的距离,而企业的实务操作又常常局限于相对狭窄的业务领域,因此,它们分别处于理论与实践的两端。相比之下,行业协会由于汇聚了来自相关各界的会员,兼具理论与实践的双重优势,产学研用无所不包,从而具备了广域性、连接性、专业性和强大的动员力。至于其他专业继续教

育机构,则适合作为前三者的依托和必要补充。

行动的起始和运行,总需明确牵头者与责任者。确立首要的主体责任承担者,乃是整体进程得以顺利启动并维持健康发展的核心所在。当然,责任与权力向来相辅相成,为主体责任者配置相应的资源与权力,亦是相关事务得以顺利启动的先决条件。以西方诸多国家为例,工程师职业资格的注册多由行业组织负责运行与管理。我国当前亦有工程师相关的职业资格注册制度,尤以建筑行业为典型,而其他更为广泛的工程领域尚未全面推行。若能充分发挥行业协/学会组织的潜力与优势,将工程师的终身学习、继续工程教育及职业资格认证统筹考虑,并通过立法形式固化这一模式,无疑将是推动工程生态健康发展的一大福音。

4 结语

本文探讨了现代工程师成长的生态学隐喻及继续工程教育的关键问题,提出了工程师成长的“两阶段论”,即“建制化学校教育阶段”和“毕业入职后的接续成长阶段”。通过借用生态学中的“干细胞”与“体细胞”隐喻,进一步解析了这两个阶段的不同特征和相互关系,揭示了工程师从基础教育到专业实践、从理论学习到技能提升的全过程。

目前高等工程教育研究中对第一阶段讨论相对充分,而对第二阶段的研究和讨论较为稀少。在这样的前提下,明确提出并强调第二阶段的功能和意义非常重要。对于“第二阶段”,虽然工科高校也可以和应该发挥其作用,但这个第二阶段的本性是“在岗工程师的继续教育”,其教育内容、教育体制结构、教育制度运行、教学关系、社会相关制度形式都与“第一阶段”迥然不同,这就使其成为了“工程教育改革”的一个极其重大的新领域和新问题。“第二阶段”的工程教育改革,应该成为包括工科高校在内的利益相关者的共同责任。对这个问题的高度重视关系到人类工程实践、社会经济整体的健康发展。本研究提出确定以行业协会作为继续工程教育的责任主体之一的工程教育改革建议,同时建议各方利益相关者在工程师培育成长的第二阶段中扮演好各自的角色。

本文的“两阶段论”生态学隐喻为理解工程师成长过程提供了新的理论框架, 指出的继续工程教育关键问题为教育改革提供了切实可行的建议。未来, 应进一步加强工程师成长过程的研究, 特别是针对工作

岗位上的持续学习与成长阶段, 探索更加有效的教育模式和策略, 共同推动现代工程师培养体系的完善与发展。

参考文献

- [1] 余寿文, 王孙禺. 中国高等工程教育与工程师的培养[J]. 清华大学教育研究, 2004, 25(3): 1-7.
Yu S W, Wang S Y. Chinese higher education engineering and engineer fostering[J]. Research on Education Tsinghua University, 2004, 25(3): 1-7.
- [2] 钟登华. 新工科建设的内涵与行动[J]. 高等工程教育研究, 2017(3): 1-6.
Zhong D H. Connotations and actions for establishing the emerging engineering education[J]. Research in Higher Education of Engineering, 2017(3): 1-6.
- [3] 林健. 培养满足未来世界期盼的卓越工程师[J]. 高等工程教育研究, 2024(6): 6-15.
Lin J. To cultivate outstanding engineers who will meet the expectations of the future world[J]. Research in Higher Education of Engineering, 2024(6): 6-15.
- [4] 张羽, 史安璐. 工程师继续工程教育对其职业发展的影响研究[J]. 高等工程教育研究, 2014(5): 55-62, 78.
Zhang Y, Shi A L. Study on the influence of continuing engineering education on engineers' career development[J]. Research in Higher Education of Engineering, 2014(5): 55-62, 78.
- [5] 田慧君, 王念, 石菲. 工程师学习需求特征及其对继续工程教育的影响[J]. 高等工程教育研究, 2015(2): 77-82.
Tian H J, Wang N, Shi F. The characteristics of engineers' learning needs and their influences on continuing engineering education[J]. Research in Higher Education of Engineering, 2015(2): 77-82.
- [6] 何思颖, 何光全. 终身教育百年: 从终身教育到终身学习[J]. 现代远程教育研究, 2019, 31(1): 66-77, 86.
He S Y, He G Q. Lifelong education in a hundred years: From lifelong education to lifelong learning[J]. Modern Distance Education Research, 2019, 31(1): 66-77, 86.
- [7] 王昕红. 工程师在校学习经历和继续教育的调查报告: 对近百名工程师的调查[J]. 高等工程教育研究, 2006(5): 65-69.
Wang X H. A report on engineers' school experience and continuing education[J]. Research in Higher Education of Engineering, 2006(5): 65-69.
- [8] 吴静. 三教协同创新赋能高等继续教育改革[J]. 继续教育研究, 2024(6): 6-10.
Wu J. Three-education collaboration and innovation empowering higher continuing education reform[J]. Continuing Education Research, 2024(6): 6-10.
- [9] 王建明. 新时代高等继续教育发展的战略思考[J]. 终身教育研究, 2019, 30(3): 3-8.
Wang J M. Reflection on the development strategy of higher continuing education in the new era[J]. Lifelong Education Research, 2019, 30(3): 3-8.
- [10] 黄晓强. 新形势下高等继续教育改革转型途径的分析与探讨[J]. 福建开放大学学报, 2024(3): 48-51.
Huang X Q. A probe into transformation path of higher continuing education reform under new situation[J]. Journal of the Open University of Fujian, 2024(3): 48-51.
- [11] 欧阳鹏, 胡弼成. “工科理科化”的生成路径及阻断策略[J]. 高等工程教育研究, 2024(5): 37-42.
Ouyang P, Hu B C. The generation path and blocking strategy of "scientification of engineering"[J]. Research in Higher Education of Engineering, 2024(5): 37-42.
- [12] 韩双淼, 庞淑杰. 我国研究型大学“工科不工”现象及其成因探析: 基于学科分类的视角[J]. 高等工程教育研究, 2024(5): 31-36, 57.
Han S M, Pang S J. An exploratory study on the "Gong ke bu Gong" phenomenon in China's research universities and its causes: On the perspective of disciplinary classification[J]. Research in Higher Education of Engineering, 2024(5): 31-36, 57.
- [13] 赵倩, 杨佳润, 郭卉. 《高等工程教育研究》2017—2022年载文特征分析: 基于文献计量视角[J]. 高等工程教育研究, 2024(2): 194-

- 196, 200.
- Zhao Q, Yang J R, Guo H. Analysis on the characteristics of papers published in research of *Higher Engineering Education* from 2017 to 2022: Based on bibliometric perspective[J]. *Research in Higher Education of Engineering*, 2024(2): 194-196, 200.
- [14] 余东升, 李晔馨, 蒯亚琼. 工程教育学学科建设: 定位、目标和路径: 兼论工程教育研究的若干基础性问题[J]. *高等工程教育研究*, 2024(5): 181-188.
- Yu D S, Li Y X, Lin Y Q. Construction of engineering education discipline: positioning, goals, and paths: Discussion on several fundamental issues in engineering education research[J]. *Research in Higher Education of Engineering*, 2024(5): 181-188.
- [15] 迈克·W.马丁, 罗兰·辛津格. 工程伦理学[M]. 李世新, 译. 北京: 首都师范大学出版社, 2010.
- Martin M W, Schinzinger R. *Ethics in Engineering*[M]. New York: McGraw-Hill College, 1989.
- [16] 查建中, 何永汕. 中国工程教育改革三大战略: 联合国教科文组织产学合作教席报告[M]. 北京: 北京理工大学出版社, 2009.
- Zha J Z, He Y S. *The Three Strategies to Reform Engineering Education in China*[M]. Beijing: Beijing Institute of Technology Press, 2009.
- [17] 爱德华·克劳利, 等. 重新认识工程教育: 国际CDIO培养模式与方法[M]. 2版. 顾佩华, 沈民奋, 陆小华, 译. 北京: 高等教育出版社, 2023.
- Crawley E F, Malmqvist J, Östlund S. *Rethinking engineering education: The CDIO approach*[M]. New York: Springer, 2007.
- [18] 范春萍, 邢境元, 李伯聪. 工程知识传承视角中的工程教育实践本性和应然形态[J]. *高等工程教育研究*, 2019(3): 187-194.
- Fan C P, Xing J Y, Li B C. A study on the nature and form of engineering education from the perspective of engineering knowledge inheritance[J]. *Research in Higher Education of Engineering*, 2019(3): 187-194.
- [19] Duderstadt J. Engineering for a changing world: A roadmap to the future of engineering practice, research, and education[EB/OL]. [2024-11-28]. <http://milproj.dc.umich.edu/pdfs/2008/EngFlex%20Report.pdf>.
- [20] 保尔·朗格朗. 终身教育引论[M]. 周南照, 陈树清, 译. 北京: 中国对外翻译出版公司, 1985.
- Lengrand P. *An Introduction to Lifelong Education*[M]. Paris: UNESCO, 1970.
- [21] 霍良. 试论继续工程教育新思维[J]. *教育教学论坛*, 2013(15): 20-22.
- Huo L. On the new thinking of continuing engineering education[J]. *Education Teaching Forum*, 2013(15): 20-22.
- [22] 朱敏, 高志敏. 终身教育、终身学习与学习型社会的全球发展回溯与未来思考[J]. *开放教育研究*, 2014, 20(1): 50-66.
- Zhu M, Gao Z M. Global development retrospect and future prospect of lifelong education, lifelong learning and learning society[J]. *Open Education Research*, 2014, 20(1): 50-66.
- [23] Stanford University. Open-loop University[EB/OL]. [2024-11-28]. <http://www.stanford2025.com/open-loop-university>, 2015.
- [24] 中华人民共和国人力资源和社会保障部. 关于印发《全国专业技术人员继续教育暂行规定》的通知[EB/OL]. (1995-11-11). http://www.weboos.cn:8078/assets/basicStandard/std_1536373.pdf.
- Ministry of Human Resources and Social Security of the People's Republic of China. Notice on the issuance of the "Interim Provisions on Continuing Education of Professional and Technical Personnel in China"[EB/OL]. (1995-11-11). http://www.weboos.cn:8078/assets/basicStandard/std_1536373.pdf.
- [25] 中华人民共和国人力资源和社会保障部. 专业技术人员继续教育规定[EB/OL]. (2015-08-13). <https://www.mohrss.gov.cn/xxgk2020/gzk/gz/202112/P020211229552788984537.pdf>.
- Ministry of Human Resources and Social Security of the People's Republic of China. Regulations on continuing education of professional and technical personnel [EB/OL]. (2015-08-13). <https://www.mohrss.gov.cn/xxgk2020/gzk/gz/202112/P020211229552788984537.pdf>.
- [26] 华晓月. 英美工程师继续教育质量保障研究[D]. 上海: 华东师范大学, 2023.
- Hua X Y. *Research on quality assurance of continuing education for British and American engineers*[D]. Shanghai: East China Normal University, 2023.

Ecological Metaphors for the Growth of Modern Engineers and Key Issues in Continuing Engineering Education

Fan Chunping^{1*}, Li Bocong²

1. School of Education, Beijing Institute of Technology, Beijing 100081, China;

2. School of Humanities, University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China

Highlights

The article introduces a novel "two-stage theory" to illustrate engineer growth, offering a fresh perspective.

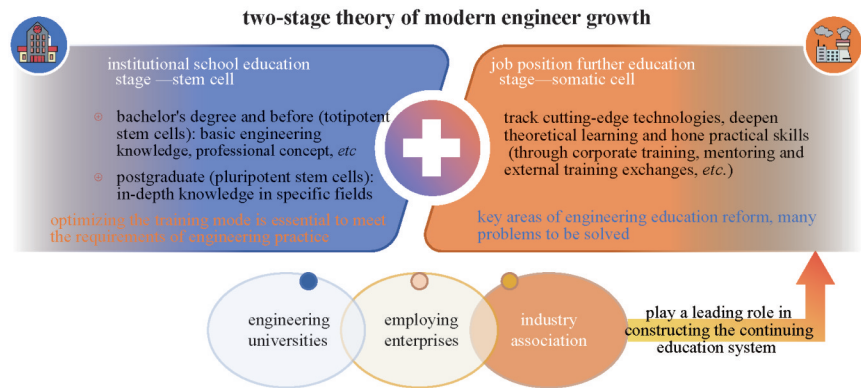
It employs ecological metaphors to depict the journey from foundational to specialized engineer.

Practice is highlighted as crucial for skill refinement and professional development of engineers.

The article delves into issues in the continuing education system and suggests improvements.

Specific reform proposals are put forward to guide engineering education reform.

Graphical Abstract



Abstract: This paper explores the growth process of modern engineers, presenting a "two-stage theory" to illustrate this journey and employing ecological metaphors for an in-depth examination. The paper initially highlights that the engineer's growth trajectory can be divided into two distinct phases: the educational phase within institutions and the continuous learning and development phase in the workplace. During the educational phase within institutions, higher engineering education institutions serve as the "cradle of engineers", where individuals receive comprehensive training in theoretical knowledge and practical skills, laying a solid foundation for their future engineering endeavors. This phase is likened to the "stem cell" stage in biological development, emphasizing the importance of nurturing foundational and versatile qualities. Upon transitioning to the workplace, engineers enter the phase of continuous learning and development. This stage is metaphorically compared to the "somatic cell" stage, where engineers, through practice, training, and collaboration, continually accumulate experience, refine their professional competencies, and gradually specialize into mature professionals with unique expertise. The paper underscores the significance of workplace practice in the engineer's growth, emphasizing that practical experience is vital for honing and validating their skills. Furthermore, the paper delves into the necessity of continuing engineering education. With technology advancing at an unprecedented pace, engineers must continually update their knowledge and skills to keep pace with the evolving demands of the engineering field. However, the current state of continuing engineering education in China faces challenges such as incomplete systems and unclear responsibilities. To address these challenges, the paper proposes reforms aimed at establishing a comprehensive and effective continuing education system and clarifying the roles and responsibilities of various stakeholders, with a particular emphasis on the leadership role of industry associations. In conclusion, the paper summarizes the characteristics and interrelationships of the two growth phases and calls upon all relevant stakeholders to collaborate in advancing engineering education reform, thereby contributing to the cultivation of competent and outstanding modern engineers. By utilizing ecological metaphors, the paper offers a fresh perspective and approach to engineering education reform, facilitating a deeper understanding and more effective guidance of the engineer's growth process.

Keywords: two-stage theory of engineer training and growth; stem cell metaphors; continuing engineering education; industry associations