DOI:10. 19834/j. cnki. yjsjy2011. 2026. 04. 13　　CSTR:32289. 14. yjsjy2011. 2026. 04. 13

卓越工程师培养的校企合作创新生态系统构建

——芬兰坦佩雷大学工业创新博士生院的透视

王　梅,张　晋

(天津大学 教育学院,天津 300354)

摘　要: 卓越工程师培养的校企合作创新生态系统构建是破解当前我国产教融合困境、服务国家战略需求的关键路径。芬兰坦佩雷大学基于构建系统化、制度化校企合作创新生态系统的目标,以三螺旋主体结构为组织基础,构建财务、产权、评价与文化四元耦合的共享制度环境,并确立过程共管与跨界融合的运行机理。该模式通过引入专业第三方机构 Tamlink 重塑了合作治理架构,并借助联合资助、商业友好的知识产权与双导师制等一系列制度安排,系统性地破解了学术研究与产业需求的转化难题,成功培养了大批行业领军人才。基于坦佩雷大学 DSII 模式的经验,我国卓越工程师培养应从构建制度化的生态治理架构、设计利益协同的共享制度环境以及构建全链条协同育人新范式三方面系统发力,推动卓越工程师培养迈上新台阶。

关键词: 卓越工程师;校企合作;创新生态系统;坦佩雷大学;DSII 模式

中图分类号: G643　　**文献标识码:** A　　**文章编号:** 2095-1663(2026)04-0110-10

为应对新一轮科技革命与产业变革引发的全球竞争,我国已将卓越工程师的培养提升至国家战略高度,相继出台一系列政策,旨在构建一支规模宏大、结构合理、素质优良的工程师队伍[1]。然而对标国家战略与产业需求,我国卓越工程师培养仍面临深层挑战。首先,人才供给与产业需求存在结构性错位。传统工程人才培养模式侧重于理论深度,学生虽科研基础扎实,却普遍缺乏解决产业实践问题的创新、工程与商业转化能力[2]。其次,校企合作的深度与广度亟待拓展。尽管校企合作已成为普遍共识,但大量合作仍停留在技术咨询、项目外包等短期委托层面,这种合作模式缺乏长期战略规划和深度利益绑定,导致企业在人才培养过程中的参与度有限,难以将真正的核心技术挑战转化为博士生的研究课题[3]。最后,协同育人的长效机制尚未完全建立。在许多合作中,企业更多扮演的是资助方或实习基地的角色,其在培养方案设计、课程体系构建、研究过程指导与毕业质量评价等关键环节的话语权与参与度不足,导致协同育人的目标难以完全实现[4]。这些问题的核心在于,现有工程人才培养模式缺乏能将大学知识创造优势、产业应用需要优势与学生成长成才需求有机融合的制度化平台。因此,超越传统的项目式合作思维,转向构建一个系统化、制度化的校企合作创新生态系统(Innovation Ecosystem),实现人才培养、科技创新与产业发展的同频共振,已成为破解当前困境、推动卓越工程师培养迈上新台阶的必由之路。

坦佩雷大学(Tampere University)创立于 1925

收稿日期: 2026-03-02

作者简介: 王梅(1978—),女,河北唐山人,天津大学教育学院教授、博士生导师,管理学博士。
张晋(1999—),男,山西临汾人,天津大学教育学院研究生教育学专业博士研究生。

基金项目: 国家社科基金一般项目“新发展格局下卓越工程师培育生态系统的演化与治理研究”(23BGL263);天津市教委社科重大项目“制造强市背景下天津市卓越工程师培育生态系统研究”(2023JWZD04)

年，是全球范围内以工程技术教育与科研实力而闻名的研究型大学[5]。作为北欧工程教育领域的重镇，坦佩雷大学已经形成了较为成熟的校企合作培养工程人才的模式。其前身机构在泰晤士高等教育的产业合作专项评估中曾位列全球第 11 名，综合评估中其产业（Industry）维度得分亦高达 80.2 分[6]。为将其产学合作能力从零散的项目制提升为系统化、可复制的育人模式，坦佩雷大学于 2014 年联合坦佩雷地区经济发展机构 Tamlink 共同创立了工业创新博士生院（Doctoral School of Industry Innovations，DSII）。该学院旨在培养能够将深厚科研能力有效应用于工程实践，并拥有出色沟通、创新与商业化技能的工程行业领军人才，从而系统性地解决学术研究与产业需求之间的转化难题[7]。该模式自创立以来，成功吸引了包括山特维克（Sandvik）、沃尔沃（Volvo）、微软（Microsoft）、华为（Huawei）以及拜耳（Bayer）在内的众多世界级企业成为其合作伙伴，联合培养出涵盖工业制造、人工智能、网络通信、绿色能源与生命科学等诸多领域的行业领军人才[8]。鉴于其显著成效，DSII 模式已从校级典范上升为芬兰的国家级战略，并于 2022 年底在国家级重点产业基金的资助下启动全国推广计划[9]。在我国大力推进卓越工程师培养的战略背景下，系统剖析 DSII 工程人才培养的创新生态系统，对构建本土化的校企合作长效机制具有重要的理论价值与现实意义。

一、理论基础

习近平总书记强调“系统观念是具有基础性的思想和工作方法。”“必须从系统观念出发加以谋划和解决，全面协调推动各领域工作和社会主义现代化建设。”[10]从本质上看，卓越工程师培养是一个贯穿教育链、人才链与产业链的复杂系统，其效能并非取决于高校单一要素的优化，而是由高校、产业、政府等多元主体在协同互动中整体涌现的结果[11]。必须超越传统的线性思维与封闭式办学理念，从更宏观的层面审视工程人才培养的内在机理，通过加强体系化的顶层设计与生态化的协同构建，形成一个能够自我演化、持续创新的高层次人才培养体系。因此，基于创新生态系统理论深入剖析传统校企合作培养模式，对我国卓越工程师培养具有重要意义。

（一）创新生态系统理论

创新生态系统理论的早期思想源于商业思想家摩尔（Moore）提出的商业生态系统概念[12]。该理论的核心观点认为，创新生态系统是由具备共同战略目标的多元化主体，通过知识流、技术流、人才流与资金流的复杂交织，所形成的价值共创网络[13]。其架构方式多样，在教育领域的应用通常以三螺旋模型为基础，强调产学政各子系统之间的相互依存与演化关系。在创新生态系统理论下，人才培养不再被视为一个封闭在高校内部、以知识传授为核心的单向过程，而是被理解为一个开放的、动态的、多方参与的协同育人过程。具体而言，高校的角色从单一的知识供给者，转变为创新生态系统中知识生产、人才涵养与社会服务的核心枢纽。人才培养的成功与否，不仅取决于高校内部的教育资源与培养方案，更依赖于其与产业界、政府等外部环境的互动深度、广度与效率，以及整个生态系统支持人才成长的制度与文化环境[14]。

创新生态系统理论包含创新主体、制度环境与运行机理三大要素。其中，多元化的创新主体（Actors）是生态系统的基本构成单元，涵盖了大学、科研机构、各类企业、投资机构、政府部门等，它们是价值创造活动的发起者与承担者。支撑性的制度环境（Institutions）是生态系统健康运行的外部保障，包含了知识产权保护、财务管理政策、人才评价机制等正式制度，以及鼓励创新、宽容失败、信任合作等非正式的社会文化规范。高效能的运行机理（Operating Mechanism）是生态系统保持活力的内在动力，描述了主体之间如何通过竞争与合作，实现知识、技术、资本和人才等关键要素的有效流动、优化配置与价值共创[15]。这三个要素相互依存、相互塑造，共同决定了生态系统的结构稳健性与功能有效性。多元的主体是实现复杂功能的前提，完善的制度环境为互动提供了规则与秩序，而顺畅的运行机理则是将前两者的潜力转化为现实创新绩效的核心过程。整体上看，该理论提供了一个超越传统产学线性合作模式的崭新框架，其将人才培养视为需要系统设计、多方共建的生态工程，认为同时优化主体构成、制度环境与运行机理，才能实现人才培养质量的整体性跃升。

（二）创新生态系统理论与卓越工程师培养

校企合作培养卓越工程师的核心问题可归结为，在高校与产业这两种异质性组织之间，如何构建能够高效培养顶尖创新人才的稳定联结机制[16]。基于项目契约的传统校企合作模式，常因其主体权责不清晰、组织制度冲突、运行流程线性而面临系统

性的功能失灵[17]。创新生态系统理论则从系统整合的视角,构建主体共生、制度兼容、流程循环的人才培养路径,该理论对校企合作培养卓越工程师具有相当程度的适切性(如图 1 所示)。首先,在创新主体层面,传统合作将高校、企业与其他机构视为目标迥异的独立实体,其互动往往局限于特定的、浅层的任务交换,导致了组织失配与目标冲突问题[18]。创新生态系统理论则将多元参与主体视为相互依存、共同演化的共生网络,强调通过角色重塑与深度耦合来形成利益共同体。这一视角解释了为何卓越工程师培养须超越简单的任务委托,转向构建多方深度参与的伙伴关系。其次,在制度环境层面,传统合作往往受制于各方固有、甚至相互冲突的制度规范,导致激励不相容与合作成本高昂现象[19]。创新生态系统理论则强调共享制度环境对于系统健康运行的支撑性作用,阐明高效的培养体系须通过顶层制度设计,既依托显性制度协调各方利益、降低协同风险、激发长期投入意愿,又强调隐性文化氛围对系统长期发展的支撑。最后,在运行机理层面,传统模式倾向于线性的、单向的知识转移,即从高校到企业的技术输出,这忽略了创新过程中的隐性知识交流与市场需求反馈,造成了知识转化鸿沟[20]。创新生态系统理论的核心在于描述知识、技术、人才等关键要素在网络中的多向、动态循环。强调卓越工程师培养本质上是知识在产业实践与学术前沿探索之间反复迭代、共同创造的过程,而非单向的知识传递。

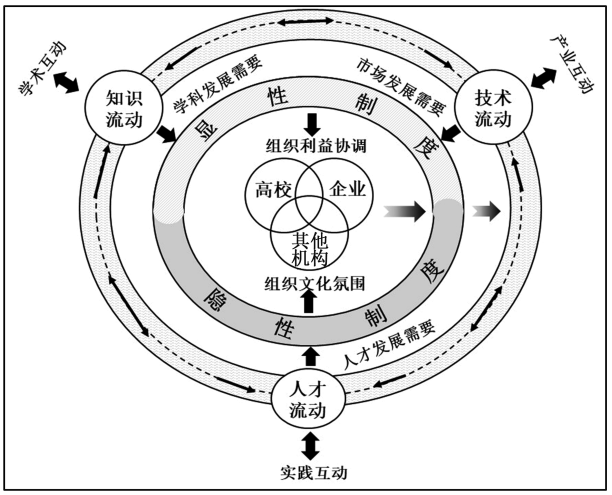

图 1 卓越工程师培养的校企合作创新生态系统

二、DSII 的三螺旋主体结构

DSII 组织架构超越了传统的校企双边合作模式,通过引入专业的第三方中介机构,构建了由坦佩雷大学、产业合作伙伴及 Tamlink 有限公司组成的三螺旋组织架构。该结构设计并非简单的三方叠加,而是聚焦于培养能够弥合学术研究与工业应用鸿沟的卓越工程人才,建立旨在系统性破解产学研合作固有障碍的制度化生态系统。该组织结构为各参与方设计了明确的价值定位与合作机制,确保了多元主体间的深度耦合与利益共享,以此构成创新生态系统的组织基础(具体职责划分详见表 1)。

表 1 DSII 三螺旋主体结构中的角色与职责

职能/主体	坦佩雷大学 (TAU)	产业合作伙伴	Tamlink 有限公司
合同与法律	签署三方合同,管理学术协议	签署三方合同,遵守合作条款	起草并管理三方合同,提供法律专业支持
资金与财务管理	承担 50%的项目成本,管理博士生工资发放	承担 50%的项目成本,向大学支付相应款项	协调财务安排,确保资金流转顺畅
人力资源管理	作为博士生的正式雇主,提供四年期雇佣合同和员工福利	参与候选人筛选和面试	协助协调招聘流程
项目定义与范围	协助将工业问题转化为可行的学术研究课题	提出源于真实业务需求的初始研究挑战	协助确保研究范围对双方都有价值且可行
指导与治理	指派一名学术导师,负责学术指导和论文质量	指派一名产业导师或代表加入指导委员会	协调指导委员会的运作,促进沟通
知识产权管理	参与知识产权谈判,支持学术发表	作为研究成果的主要受益者和实施者	负责知识产权条款的谈判与管理

（一）大学：学术基石与核心雇主的角色重塑

坦佩雷大学在此生态系统中扮演着学术基石与核心雇主的多重角色，其功能重塑是整个模式得以成立的基础。作为学术核心，大学为博士研究项目提供包括但不限于实验室、图书馆、数据库与软件资源等研究基础设施。同时，大学负责提供系统化课程体系以及学术导师，保障研究课题的学术严谨性与深度。更为关键的角色创新在于，大学成为了博士生的正式雇主，为他们提供一份结构化且为期四年的全职带薪雇佣合同，并包含所有正式员工的应有福利[21]。此项安排赋予了博士生具有法律保障的雇佣身份与稳定的经济保障，消除了青年学者普遍面临的财务不确定性问题，使他们能够心无旁骛地投入科研工作。对于大学而言，履行这些核心职能，使其与产业界的合作突破了项目式合作局限，建立起长期、系统化且可扩展的产业合作新范式。由此带来的不仅是稳定且可观的科研经费流入，更重要的是大学科研活动与国家及区域经济发展脉搏得以紧密相连，在巩固其作为产业界首选研发伙伴地位的同时，彰显高等教育机构服务社会的重要功能。

（二）企业：创新源头与价值共创的角色转型

产业合作伙伴则构成生态系统创新需求的源头与实践驱动力，其角色从被动的资金提供方转变为主动的价值共创者。企业首先是研究问题的提出者，负责将其业务需求的初始研究挑战带入合作框架，从起点就确保了研究的现实针对性与最终应用潜力。在合作机制中，企业以分担 50％项目成本的方式，实现了低风险、高杠杆的战略性研发布局[22]。通过这种投入，企业不仅撬动了大学的高质量人力资源、前沿科研资源来解决自身面临的关键技术难题，还能深度参与研究全过程。企业会指派一名经验丰富的内部专家担任产业导师或代表，直接加入项目指导委员会，确保研究方向与产业需求保持紧密对接。该模式的深层价值更在于，它是长期与双向的人才考查培养过程。四年的深度合作为企业提供了全方位考查与塑造人才的机会，可以使学生最终成为完全契合企业技术路线与文化价值观的核心专家，从而建立起高效的人才储备渠道。此外，与优秀大学的深度战略合作，本身也能显著提升企业品牌形象，并帮助其拓展更广泛的外部研究网络[23]。

（三）第三方机构：育人生态的制度保障与协调枢纽

第三方机构 Tamlink 公司进入合作框架，为整个生态系统的稳定运转提供了核心制度保障。传统校企合作之所以困难重重，核心症结在于合作双方常会围绕知识产权归属、合同条款等商业细节，陷入漫长而复杂的对抗性谈判。大学与企业在知识产权方面的目标存在根本差异，前者倾向于知识的开放与传播，后者则追求商业应用的独占性，这种内在矛盾构成了合作的主要障碍[24]。DSII 则引入了在技术转移领域的专业实体公司 Tamlink，系统性地管理这一复杂合作接口。具体而言，Tamlink 的核心职责是起草与管理标准化三方合作合同，以中立的第三方身份促进谈判，并负责处理所有知识产权安排，将校企双方的博弈过程转化为制度化的高效流程[25]。它的角色远不止于行政管理，更是战略性的协调者，通过其法律与商业咨询服务为校企双方降低交易成本与合作风险，有效减少合作中的摩擦，从而在多元主体间构建了合作互信基础。

三、DSII 的财务、产权、评价与文化四元耦合制度框架

为保障三螺旋组织架构有效运转，DSII 建立了包含显性与隐性制度相融合的制度框架。该框架共包含财务、产权、评价与文化四大核心，用以界定各参与方的权利责任、利益分配、质量把控与人才培养文化，是确保系统高效、可持续运作的基本准则。具体而言，财务框架以“50/50 联合资助”为原则，产权框架则以商业友好的知识产权安排为核心，评价框架以学术与产业双向对齐为标准，而文化框架则以塑造产业专家（industrial experts）为目标。四者相互耦合，构建了权责清晰、激励相容、目标明确的合作环境，有效解决传统产学合作中的信任缺失、利益冲突、目标模糊的问题。

（一）财务框架：风险共担的 50/50 联合资助机制

DSII 的财务框架规定博士研究项目的总成本由坦佩雷大学与合作企业平均分摊，各自承担 50％。此原则改变了传统产学合作中常见的企业单向资助或政府拨款模式，建立起较为平等的双向投资伙伴关系。对于企业而言，为博士项目投入 50％的资金属于实质性的研发投资，而非象征性赠款。这一性质的财务投入，从源头上确保企业参与的严肃性与战略性，要求企业在立项之初就必须进行审慎的内部评估，确保研究挑战与其核心业务、未来竞

争力高度相关。与此同时,持续的资金投入也成为企业深度参与产学合作的直接动因。为了最大化投资回报,企业有较强动机指派其内部专家担任产业导师,并为项目提供必要的数据、设备等资源支持。此外,成本共担模式也重塑了大学与企业的关系。在传统的企业全额资助模式中,大学常处于服务提供方的被动地位[26]。而在 DSII 中,大学身份则转变为平等的投资方与合作者,能够在合作中与企业公平对话、共同决策,从而建立起基于相互尊重的长期信任。不仅如此,该财务安排对工程人才选拔也具有促进作用。在多数学校不为硕博学生提供工资待遇的背景下,DSII 公开选拔并为其提供稳定的全职雇佣合同[27],自然成为具备比较优势的选项,从而在候选人之间引发激烈竞争。在此机制下,DSII 确立了以"产业应用潜力"为核心的招募标准。该选拔并非仅以学术论文为导向,而是要求候选人具备扎实的工科基础,拥有解决真实工业问题的强烈意愿,并具备跨界沟通与独立解决问题的综合素养[28]。这种附带薪酬的雇佣契约,本质上是一种将产业诉求前置的岗位匹配过程,能够有效帮助大学与合作企业在众多申请者中,共同遴选出真正契合企业研发需求的优秀工程人才。

(二)产权框架:激励相容的商业友好型知识产权安排

如果说联合资助的财务框架是确保企业深度投入的承诺机制,那么对商业友好的知识产权制度则是吸引企业进行长期投资的激励机制。该产权框架旨在系统性地解决传统校企合作中的知识产权归属与商业化应用模糊性难题,通过标准化的三方合同,为企业参与合作提供了清晰、可预测且极具吸引力的商业回报路径。其核心条款主要包括两项内容[25]。第一,广泛的应用权。合作企业被授予在其业务中应用研究成果所产生的知识产权的权利。这意味着企业可将研究过程中形成的技术与知识直接应用于自身的产品、服务与流程改进,从而直接将研究成果转化为生产力。第二,优先购买权。企业拥有优先购买研究成果的权利。这为技术从早期研究到独占性商业化的转移提供了制度保障,降低了技术转化的不确定性与交易成本。整体上看,产权框架与联合资助的财务框架形成了紧密的因果联动关系。企业之所以愿意为工程人才培养项目投入重金,其商业逻辑建立在清晰且优惠的知识产权回报预期之上。合作初期,企业就明确其对创新成果的使用权乃至所有权,未来商业收益的确定性为当下的财务投资提供了充分理据。反之,由于企业投入了显著的财务成本,其更有动力推动研究成果的商业化应用,以实现知识产权的潜在价值。这种投入与激励相连的闭环设计,巧妙地将大学对学术探索和知识传播的追求同企业的商业发展目标结合起来,使二者在统一的制度框架下协同共进,共同创造价值。

(三)评价框架:学术与产业双向对齐的多维考核机制

人才评价机制上,DSII 则打破了"唯论文"的单一学术评价体系,建立了兼顾学术标准与产业需求的多维考核制度。在成果评价维度,DSII 实行学术标准与商业价值并重的双轨制,要求研究成果兼具理论原创性与应用价值。具体而言,博士生除需完成 2~3 篇期刊论文及多篇会议论文的学术发表任务外,更须通过学位论文针对合作企业的技术挑战提供实质性解决方案。截至目前,多位毕业生的研究成果已被山特维克、拜耳等公司用于商业研发,成功推动人才评价重心从知识生产向知识转化平滑过渡[29]。与这种成果导向相伴随的,是跨界创新素养评价的过程化。为确保博士生具备相应的知识转化能力,DSII 将商业思维与项目管理等产业技能纳入正式评价范畴,规定博士生必须通过 5 个欧洲学分(ECTS)的"研究员必备产业知识与技能"(Essential Industrial Knowledge and Skills of Researchers)特定课程模块考核,从而将隐性素养指标化,实现对博士生综合能力认证[30]。为保障上述成果与能力评价标准的严格执行,DSII 进一步确立了产学共治的评价主体模式。评价权力不再由高校单方垄断,而是由大学学术导师和企业代表组成的指导委员会共享并进行常态化评估。其中,产业方代表在质量考核与节点评估中具备实质话语权,从全周期维度确保学术探索契合商业价值。最终,涵盖成果、能力与主体的多维评价框架,与联合资助、产权共享制度深度耦合,共同构成了引导卓越工程人才培养方向的显性制度闭环。

(四)文化框架:目标导向与深度协作的隐性规范体系

除成文的显性制度之外,DSII 的顺利发展还得益于其隐性的文化制度框架,该框架通过塑造共同价值观、行为规范与职业认同,影响着系统中的每位参与者。具体而言,其文化基石在于目标导向的研

究风气,即强调学术探索必须服务于解决真实世界问题。这种风气使得追求实际应用价值与保持学术严谨性同等重要,并内化为研究人员的价值准绳和集体荣誉感。在此基础上,深度协作的规范被确立为日常行为的核心。它要求研究者超越单一学科的边界,习惯于在学术逻辑与产业需求之间进行持续对话与调和[31],这使得沟通、适应与整合不同知识体系的能力,被塑造为关键的隐性素养。最终,此文化环境致力于系统性构建产业专家的职业身份。工程人才从项目伊始就被定位为能够跨越学术界与产业界的链接者或知识转化者,其培养过程不仅是知识的深化,更是一种职业社会化过程[32]。因此,DSII 的文化制度发挥了社会化引擎的功能,通过营造追求实效、崇尚协作的整体氛围来引导个体的动机与行为,最终培养出真正契合产业创新需求的人才。

四、DSII 的过程共管与跨界融合运行机理

DSII 的过程共管与跨界融合运行机理是驱动系统演化与价值共创的内在动力,其通过促进信息、知识与人才在产学两界的流动与互动,将既有制度优势转化为持续性人才培养成果。具体而言,DSII 运行机理主要体现在两个相互关联的层面。其一是双向反馈的动态校准与适应性纠偏,确保研究项目在博士生研究周期内,在学术专业性与商业相关性之间保持动态平衡。其二是以跨界融合为目标的创新者塑造机理,通过从联合指导到社群浸润的全链条设计,系统性地将博士生塑造为能够贯通学术界与产业界的新型复合型人才。这两个机理协同作用,共同构成自我强化的良性循环,不仅保障博士生高质量研究成果的产出,更有助于实现培养能够推动产业创新的卓越工程师的目标。

(一)治理机理:双向反馈的动态校准与适应性纠偏

卓越工程人才培养的过程治理,本质上是一种应对创新不确定性的动态适应机制[33]。在 DSII 模式中,过程治理具体表现为产学双方在长周期科研实践中针对技术迭代与需求演变所实施的持续性协同管控。

一方面,DSII 实施基于真实场景测试的双向动态校准。在项目推进的各个阶段,治理过程的核心环节是将博士生的阶段性学术产出置于企业的真实商业数据与生产环境中进行验证[34]。这种常态化的测试反馈链条,直接触发研究轨迹的实质性调整。若技术原型未能有效解决企业当下的工程痛点,研究者需根据反馈数据重构理论假设与技术路线;反之,若前沿学术探索揭示了更优的潜在技术路径,企业方亦需同步调整其研发预期与商业转化策略。这种基于高频测试与反馈的动态校准,强制要求学术演进与商业应用在实践中保持紧密咬合。

另一方面,启动应对外部环境变化的研究边界适应性重构。鉴于工程博士培养周期较长,企业的核心技术路线与战略需求极易随宏观市场波动而发生转移。当初始界定的研究问题与企业中途转移的商业目标产生脱节时,DSII 的过程治理机制随即触发纠偏程序。产学双方依托指导小组(Steering Group)负责监督与协调工作[35],评估原定学术目标的产业失效风险,对研究课题的核心边界、约束条件甚至根本问题进行重新定义。这种旨在化解潜在沉没成本的响应机制,实质性地排除了长周期校企合作中因固守初始契约而导致研究成果过时的系统性风险,维持了产学创新生态在复杂实践中的动态平衡。

(二)育人机理:基于双导师制与跨界社群的复合身份塑造

卓越工程人才的育人机理本质上是打破单一学术维度的路径依赖,将学生重塑为兼具理论知识创造者与产业技术实践者双重特质的复合身份个体[36]。DSII 的育人机理致力于解决单一学术训练导致的能力错配问题,尝试将复合型创新素养的生成深度融入产学合作实践,其对博士生的身份重塑体系主要依托于双导师制的微观科研指导与跨界社群的宏观文化浸润两个维度协同推进。

微观层面,导师双向指导驱动了博士生思维范式的跨界融合。在日常研究中,学术导师着力提升博士生的理论抽象能力与基础科研规范,产业导师同步导入产业真实数据、市场约束条件与商业应用边界。产学双重指导共同构造出高频互动的知识转化场域。置身其中的博士生须在学术逻辑与工程现实之间进行持续的妥协与转化,不仅需将遭遇的具体产业挑战提炼为普适性理论问题,更需将前沿理论发现迅速转化为可落地的商业技术方案[37]。高强度的双向认知训练强制打破了传统博士生单一的学术路径依赖,促使研究者内化了产学双栖的复合型思维。

宏观层面,嵌套于标准学术训练之外的跨界社群浸润进一步加速了博士生的职业社会化进程。DSII 系统性嵌入的产业创新技能课程模块以及依托专属创新空间常态化开展的项目研讨活动[38],如定期到美卓(Metso)、魏美德(Valmet)等制造业企业进行参访、举办同伴间的学术交流会议和各类软技能培训课程[39],为博士生搭建了与多领域产业专家直接互动的真实情境。长期的跨界文化浸润促使博士生在真实商业语境中熟练掌握产业界的沟通范式、敏捷研发逻辑与项目管理技巧。导师联合指导与社群文化浸润相叠加的复合育人机制,实质性发挥了长期职业社会化的功能,最终系统破解了传统工程博士毕业生进入非学术劳动力市场时面临的能力错配难题。

五、DSII 对我国卓越工程师培养的启示

在应对全球科技竞争与培育新质生产力的战略背景下,我国卓越工程师培养已进入"深水区",亟待从理念、制度到实践的全方位系统性变革。芬兰坦佩雷大学 DSII 模式的实践表明,卓越工程师培养的有效路径指向构筑校企深度合作的创新生态系统,并以此为支撑,实现从离散的项目链接转向共生的生态治理,从单向的资源供给转向对等的价值共创,以及从封闭的学科训练转向开放的身份塑造。为我国突破当前产教融合的瓶颈,构建高层级工程人才培养体系提供战略镜鉴。基于对芬兰坦佩雷大学 DSII 模式的分析与总结,未来,我国卓越工程师培养可从以下方面着手推进。

(一)构建制度化的生态治理架构,破解校企合作碎片化困局

审视我国当前卓越工程师的校企联合培养现状,普遍呈现出以高校与企业为绝对主导的双边互动模式[40]。尽管近年来随着产教融合的深化,部分高校依托"国家卓越工程师学院"、地方产业技术研究院或技术转移中心等平台,试图搭建供需对接的桥梁。但从实际运行来看,这些平台多从属于高校内部的行政管理体系,缺乏独立性与市场化运作能力,我国在卓越工程师培养中,尚未广泛形成类似于 Tamlink 这样具备独立法人地位、精通法律与产权运作的专业第三方实体。这种专业第三方的结构性缺失,凸显我国卓越工程师校企联合培养步入"深水区"时面临的现实阻碍。一方面,高校与企业在知识产权归属、商业机密保护与成果转化收益等核心利益上存在天然的诉求差异,由于缺乏专业协调者,双方极易在法务与商业条款上陷入漫长而内耗的谈判[41]。另一方面,由于缺乏标准化的中介服务体系,制度性交易成本与繁琐行政流程将牵扯科研人员与企业专家的精力,导致合作仅能维持在浅表层级的项目委托[42],难以形成深度绑定的协同育人生态。

鉴于此,DSII 模式引入第三方专业机构以重塑合作治理架构的经验,对我国突破现有双边合作瓶颈具有较强的借鉴价值。我国卓越工程师培养亟需从理念和制度上确立第三方机构在创新生态系统中的合法地位与关键功能。首先,在国家与区域层面,应出台专项政策,鼓励培育与发展市场化的专业技术转移或产学研中介服务机构,赋予其在校企联合培养博士生过程中的"生态协调者"角色。其次,高校自身需进行组织变革,建立专职化的对外合作管理部门,赋予其充分的协调权限,负责统筹校内资源,并与外部专业机构高效对接,改变当前合作需求分散在各个院系、缺乏统一战略规划的被动局面。最后,应鼓励建设开放共享的数字化协作平台,利用信息技术手段,实现项目需求、技术成果与人才资源的精准匹配与高效流转,提升生态系统的整体透明度和运行效率。以此构建权责清晰、流程专业、能够自我调节与演化的治理架构,为卓越工程师的规模化涌现提供稳固的制度土壤。

(二)设计利益协同的共享制度环境,破解校企参与表面化难题

校企合作培养卓越工程师的深层困境在于,二者往往难以突破浅层交互,产教协同易陷入"和而不深"与"校热企冷"的结构性矛盾[43]。究其根本,在于尚未建立起支撑深度融合的共享制度环境,导致生态网络缺乏高效的要素转化渠道,严重限制了高校科研智力与企业实践资源的双向流动与价值共创[44]。在显性制度层面,作为异质性创新主体的校企双方,在知识产权归属、核心技术保密与转化收益分配上存在天然的价值诉求冲突。企业作为产业主体,以追求技术商业化和竞争优势为核心目标,在缺乏明确的利益分配与风险分担机制时,往往担忧核心机密泄露,不愿将关键研发资源向育人生态开放[41]。同时,受制于传统高校无形资产管理的刚性红线,双方难以就成果转化达成稳定预期。在隐性文化与机制层面,高校内部的质量评价体系具有滞

后性，较为偏重学术论文发表，未能充分体现工程实践的产业贡献度，且部分企业课题与学生学位论文要求难以兼容[45]。这种学术逻辑与企业商业逻辑的根本脱节，致使企业在育人过程中的权益与评价话语权得不到应有保障，参与生态共建的内生动力严重不足，难以在长期互动中形成深度信任。

对比之下，坦佩雷大学 DSII 模式的成功，恰恰得益于其构建了由显性利益共享规则与隐性应用文化双重支撑的制度环境，系统性消解了上述合作障碍。因此，我国亟需借鉴其内核，创造由“硬制度”提供保障与“软文化”注入活力的双轮驱动校企合作制度框架。一方面，须完善以利益共享为核心的显性制度，用以清晰界定权责、降低合作的风险与不确定性。这要求创新财政资金的引导方式，设立产教融合引导基金以杠杆式匹配投入，撬动企业资本。同时深化无形资产管理改革，出台更为灵活的校企合作知识产权指导意见，允许双方通过协议预先约定成果使用权、优先购买权乃至股权化等多样化的利益分配方案，确保企业的投入有明确、可预期的商业回报。另一方面，要着力培育以信任合作为基石的隐性文化制度。这意味着，在合作中要超越简单的甲方、乙方关系，建立共同决策的治理委员会，给予产业导师在课题方向与技术路线上充分的话语权，使其感受到尊重与责任。同时，要大力倡导一种以解决产业真问题为导向的科研生态文化，让攻克工程技术难关的成就感与学术发表的荣誉感并行不悖，从而在校企合作双方内部形成价值认同与集体归属感。

（三）构建全链条协同育人新范式，破解人才供需错配难题

我国“新工科”建设的核心目标之一，是解决工程人才的理论知识与产业实践脱节的结构性错配问题。国际高等教育前沿趋势亦表明，博士生的培养正从传统的、聚焦单一学术能力的“I 型”人才，转向兼具深度与广度的“T 型”人才[46]。DSII 通过双导师制、嵌入产业技能的课程模块以及常态化的跨界社群等一系列制度设计，系统性地将博士生置于学术与产业双重情境中，实现了对学生综合创新能力的浸润式培养。需要深入洞察的是，上述协同育人机制之所以能有效运转，在于 DSII 在学生选拔的入口端即确立了以产业真实需求为牵引的契约关系。尽管中国、芬兰两国在学籍制与雇佣制的底层制度形态上存在差异，但校企合作中的雇佣制度内核是“以企业真实研发项目为纽带的契约化绑定”与“基于岗位胜任力的双向选拔”[47]，DSII 剥离单一学术标尺、将“解决工业挑战潜质”作为核心准入门槛的选拔逻辑，与我国当前打破工程博士“唯分数论”、强化工程能力考查的改革导向具有高度实质等效性。因此，为实现从“工程硕博士”到“卓越工程师”的实质性转变，我国的培养模式必须进行相应的结构性调整，将协同育人的视域从过程培养向前端的学生选拔延伸，构建贯穿人才招考、过程培养与出口评价的全链条协同育人新范式。

第一，确立项目牵引与校企共选的招考遴选机制。在现行学籍制度框架下，应通过机制创新模拟雇佣制的选拔效能。在工程博士招生中，适度降低单纯学术统考的权重，将候选人的工程实践经历、解决复杂问题潜质纳入核心指标。更重要的是，赋予合作企业技术专家在面试选拔中的实质性评判权，从入口端破解生源特质与产业需求的错位难题。第二，完善双导师制度规范。通过教育主管部门出台统一的指导规范，明确产业导师的遴选标准、指导职责、权利保障与考核办法，并将其指导工作量正式纳入双方的绩效认定体系。第三，推动高校与企业共建实体化的协同育人平台。鼓励依托国家重点实验室、现代产业学院等，建设一批面向特定产业领域的联合创新中心或博士生院，使其成为系统性培养学生解决复杂工程问题、进行团队协作与商业沟通能力的核心载体。第四，深化改革工程硕博生的评价与学位授予标准。在评价体系中，进一步提高产业应用贡献、技术创新报告、发明专利等破“唯论文”导向指标的权重，并赋予产业导师在学位评定中的实质性话语权。从根本上引导培养过程从聚焦学术产出转向解决产业实际问题的能力生成，塑造真正契合国家创新发展需求的卓越工程领军人才。

参考文献：

[1] 中共中央关于进一步全面深化改革 推进中国式现代化的决定[N]. 人民日报，2024-07-22(01).

[2] 刘庆，王宇，樊陆欢. 我国卓越工程师培养问题分析与对策建议[J]. 国家教育行政学院学报，2024(5)：44-52，95.

[3] 马万里. 关键核心技术领域高层次人才培养的困境与进路：基于校企共生视角[J]. 中国高教研究，2023(7)：53-60.

[4] 甘宜涛. 卓越工程师校企合作培养的场域困境及破解策略[J]. 北京社会科学，2024(5)：110-118.

[5] Tampereen yliopisto. Tutustu Meihin[EB/OL]. [2025-09-19]. https://www.tuni.fi/fi/tau/tietoa-yliopistosta.

[6] Tampere University of Technology. Technology for the Benefit of People and the Environment [EB/OL]. (2017-08-02)[2025-09-19]. https://beyondthestates.com/wp-content/uploads/2023/06/635269fbaae212590f945f00_tut_tst_31012017_mig.pdf.

[7] Doctoral School of Industry Innovations. About DSII [EB/OL]. [2025-09-19]. https://www.dsii.fi/about.

[8] Doctoral School of Industry Innovations. Industry Partner Companies[EB/OL]. [2025-09-19]. https://www.dsii.fi/partners.

[9] Tampere University. University of Helsinki and Tampere University Launch a New Doctoral Path of Industry Innovations[EB/OL]. (2022-08-11)[2025-09-19]. https://www.tuni.fi/en/news/university-helsinki-and-tampere-university-launch-new-doctoral-path-industry-innovations.

[10] 韩庆祥. 系统观念是具有基础性的思想和工作方法[N]. 光明日报,2022-04-18(15).

[11] 张婷婷,李冲. 关系与路径:校企合作培养卓越工程师的行动逻辑研究[J]. 中国高教研究,2023(5):48-54.

[12] Moore J F. Predators and Prey: a New Ecology of Competition[J]. Harvard Business Review, 1993, 71(3):75-86.

[13] Valkokari K. Business, Innovation, and Knowledge Ecosystems: How They Differ and How to Survive and Thrive within Them[J]. Technology Innovation Management Review,2015,5(8):17-24.

[14] Etzkowitz H, Leydesdorff L. The Dynamics of Innovation: from National Systems and "Mode 2" to a Triple Helix of University - Industry - Government Relations[J]. Research Policy,2000,29(2):109-123.

[15] Dodgson M, Gann D M, Phillips N. The Oxford Handbook of Innovation Management[M]. Oxford: Oxford University Press,2014:204-288.

[16] 林健. 国家卓越工程师学院建设:问题挑战及对策建议[J]. 清华大学教育研究,2025,46(2):11-20.

[17] 薛莉. 邻近共同体:推进教育科技人才一体化发展的改革场景与实践逻辑[J]. 南京社会科学,2025(8):24-33,56.

[18] 陈裕先,谢禾生. 时代新人视域下新工科应用型人才培养路径研究[J]. 教育学术月刊,2025(1):54-59.

[19] 任令涛. 校企合作培养卓越工程师的现实困境与破解对策[J]. 湖北民族大学学报(哲学社会科学版),2025,43(4):159-168.

[20] 王扬,刘景超,赵沁平. 卓越工程师培养联合体的构建思路与实现路径[J]. 中国高教研究,2023(11):26-31,38.

[21] University of Helsinki. University of Helsinki and Tampere University Launch a New Doctoral Path of Industry Innovations[EB/OL]. (2022-01-11)[2025-09-19]. https://www.helsinki.fi/en/news/human-centric-technology/university-helsinki-and-tampere-university-launch-new-doctoral-path-industry-innovations.

[22] Doctoral School of Industry Innovations. For the Company[EB/OL]. [2025-09-19]. https://www.dsii.fi/.

[23] Tampere University. Research Collaboration with Tampere University[EB/OL]. [2025-09-19]. https://www.tuni.fi/en/tau/research-collaboration.

[24] Bruneel J, d'Este P, Salter A. Investigating the Factors that Diminish the Barriers to University-industry Collaboration[J]. Research Policy, 2010, 39(7): 858-868.

[25] Tamlink. Doctoral School of Industry Innovations[EB/OL]. [2025-09-19]. https://www.tamlink.fi/dsii-teollisuuden-tohtorikoulu?lang=en.

[26] 郝永林. 大学治理的社会参与:中国情境及其实现[J]. 大学教育科学,2014(3):29-36.

[27] Academic Positions. 12 PhD Jobs in Finland[EB/OL]. [2025-09-19]. https://academicpositions.com/jobs/position/phd/country/finland.

[28] Doctoral School of Industry Innovations. Open Position: Doctoral Researcher in Metals Technology[EB/OL]. (2023-11-15)[2025-09-19]. https://www.dsii.fi/post/open-position-doctoral-researcher-in-metals-technology.

[29] Doctoral School of Industry Innovations. DSII Pioneer in a New Field of Science[EB/OL]. (2022-04-28)[2025-09-19]. https://www.dsii.fi/post/dsii-pioneer-in-a-new-field-of-science.

[30] Doctoral School of Industry Innovations. DSII Studies [EB/OL]. [2025-09-19]. https://www.dsii.fi/studies.

[31] Doctoral School of Industry Innovations. Bridging the Gap between Industry and Academia during DSII Doctoral Studies[EB/OL]. (2024-05-24)[2025-09-19]. https://www.dsii.fi/post/bridging-the-gap-between-industry-and-academia-during-dsii-doctoral-studies.

[32] Doctoral School of Industry Innovations. Strong Industry Connections are What Make Doctoral Studies at DSII Special[EB/OL]. (2023-12-12)[2025-09-19]. https://www.dsii.fi/post/strong-industry-connections-are-what-make-doctoral-studies-at-dsii-speciales.

[33] 杨冬,林健. 五大卓越:美国一流大学工程人才培养模

式的透视与启示——以普渡大学为例[J]. 现代大学教育，2023，39(6)：60-71.
[34] MÄMMELÄ J. Technology Value Mapping (TVM): Method for Designing Technology Value Capture by Visually Modelling Product Properties and Behaviours [D]. Tampere: Tampere University，2019：36-47.
[35] Tampere. Partnership of the City of Tampere and Tampere Universities Community[EB/OL]. (2024-02-12)[2025-09-19]. https://www.tampere.fi/en/education/partnership-city-tampere-and-tampere-universities-community.
[36] 李安萍，胡秀英. 高校工程硕博士卓越工程师培养的内涵、载体与企业主体作用[J]. 研究生教育研究，2025(6)：77-83.
[37] Sandvik. Sandvik and Doctoral School of Industry Innovations Develop Future Technologies[EB/OL]. (2017-12-01)[2025-09-19]. https://www.home.sandvik/en/news-and-media/news/2017/12/sandvik-and-doctoral-school-of-industry-innovations-develop-future-technologies/.
[38] Kampusklubi. Collaboration Platform for Companies, Students and Academics[EB/OL]. [2025-09-19]. https://www.kampusklubi.fi.
[39] Doctoral School of Industry Innovations. Crushers and Research-DSII Doctoral Researchers Visited Metso [EB/OL]. (2024-11-11)[2025-09-19]. https://www.dsii.fi/post/crushers-and-research-dsii-doctoral-researchers-visited-metso.
[40] 任令涛. 产教融合培养卓越工程师的现实困境与破解对策[J]. 湖北民族大学学报(哲学社会科学版)，2025，43(4)：159-168.
[41] 杨树东. 教育强国建设背景下卓越工程师培养的价值意蕴、现实困境与突破路径[J]. 现代教育管理，2025(12)：86-93.
[42] 产学研协同创新研究课题组，李睿，李永周，等. 企业参与基础研究和颠覆性技术创新的思考与建议[J]. 教育与职业，2023(10)：42-46.
[43] 方正军，易兵. 教育强国视域下地方工科院校卓越工程师培养的挑战与优化路径[J]. 中国大学教学，2025(3)：10-15.
[44] 甘宜涛，苑健. 卓越工程师产教融合培养的共生困境与破解策略[J]. 学位与研究生教育，2025(8)：35-42.
[45] 徐守坤，莫琦，黄雪梅. 卓越工程师跨界融合培养的问题、路径与策略[J]. 江苏高教，2025(1)：81-88.
[46] 汪辉，顾建民. 大科学范式下顶尖科技人才及其培养模式：基于21世纪日本诺贝尔奖井喷现象的分析[J]. 高等工程教育研究，2019(3)：69-75.
[47] 杨院，周聪聪. 企业开展技能教育的深层逻辑与实现路径：基于组织经济学的视角[J]. 职业技术教育，2020，41(21)：7-11.

Innovation Ecosystem Construction with University-Enterprise Collaboration for Cultivating Outstanding Engineers: Perspective on the Doctoral School of Industrial Innovation at Tampere University, Finland

WANG Mei, ZHANG Jin

(*School of Education, Tianjin University, Tianjin* 300354, *China*)

Abstract: The building of a university-industry innovation ecosystem for cultivating outstanding engineers is a critical pathway to addressing the predicament in China's education-industry integration and serving national strategic needs. Tampere University in Finland, aiming to establish a systematic and institutionalized university-industry innovation ecosystem, adopts a triple-helix structure as its organizational foundation. It designs a shared institutional environment through a four-element coupling of finance, intellectual property, evaluation, and culture. Furthermore, it formulates an operational mechanism featuring joint process governance and cross-boundary integration. This model restructures the governance architecture of collaboration through the involvement of Tamlink, a professional third-party organization, and systematically overcomes the persistent challenge of bridging academic research and industrial needs by means of institutional arrangements such as joint funding, business-friendly intellectual property policies, and a dual-supervisor system. This approach has successfully cultivated a large number of industry-leading professionals. Drawing on Tampere University's Doctoral School of Industry Innovations (DSII) model, this paper proposes that China should advance the cultivation of outstanding engineers through three systemic measures: constructing an institutionalized ecosystem governance framework, designing a shared institutional environment with aligned interests, and establishing a new paradigm of full-chain collaborative talent cultivation, thereby elevating the cultivation of outstanding engineers to a new level.

Keywords: outstanding engineers; university-enterprise collaboration; innovation ecosystem; Tampere University; DSII model