

技术产业化视域下现场工程师的角色定位、核心能力及培养路径

王亚南 成军 邵建东

【摘要】技术产业化是新技术通过研究、开发、应用、扩散而不断形成产业的过程。根据技术存在形态的不同,可以将这一过程划分为科学技术化、技术产品化、产品商业化三个阶段。在科学技术化过程中现场工程师所扮演的角色是研发现场的辅助支持者,在技术产品化过程中是生产现场的秩序维持者,在产品商业化过程中是服务现场的问题解决者。现场工程师需要具备解决现场复杂问题的技术应用能力、以现场工作实践为逻辑主线的知识整合能力、以实践知识生成为核心的学术创新能力等核心能力。现场工程师培养应依托现场工程师学院,校企共筑人才培养体系;构建产科教一体化双师结构团队,跨界提升人才培养能级;校企联合开展现代学徒制培养,协同创新人才培养模式。

【关键词】现场工程师;技术产业化;技术应用能力;现代学徒制

【作者简介】王亚南,金华职业技术学院,浙江省现代职业教育研究中心副研究员;成军,金华职业技术学院,浙江省现代职业教育研究中心教授;邵建东(通讯作者),金华职业技术学院,浙江省现代职业教育研究中心研究员(金华 321007)。

【原文出处】《中国高教研究》(京),2023.9.95~101

【基金项目】本文系教育部人文社会科学青年基金2022年度课题“项目制治理下高职院校基层教学组织运行生态及优化机制研究”(22YJC880078)的研究成果。

2022年11月5日,教育部、工业和信息化部等5部门联合印发通知,启动实施“职业教育现场工程师专项培养计划”,提出到2025年累计不少于500所职业院校、1000家企业参加项目实施,累计培养不少于20万名现场工程师。通过对相关文献的梳理分析,目前聚焦“现场工程师”的研究主要集中于职业教育现场工程师培养专项计划的意义、内涵及实施路径^[1-2],职业教育现场工程师培养存在的问题及解决策略等^[3-4],仅有少部分学者聚焦现场工程师这一群体本身,对其应具备的能力素质要求进行了初步探讨,即现场工程师不是职称,不是职业分类,是多个行业通行的一个岗位,是在产品的安装调试等现场,为客户迅速解决问题的专业技术人员,相较于传统工程师应重点获得职业性技术,应重点学习工作

过程知识,其知识体系是用标准、计划等形式规范的职业行为^[5-6]。然而,当前尚未有学者针对现场工程师这一群体角色定位和能力要求的独特性展开系统阐述。因此,本研究以“技术产业化”为理论视域,试图明晰现场工程师在技术产业化链条中的角色定位,有效辨别现场工程师与其他类型工程师以及技术技能型人才在能力素质结构上的区别,阐明现场工程师职业能力形成与发展的内在规律,并最终明确现场工程师的培养路径。

一、技术产业化:从科学发现到技术商业化应用

技术产业化是指新技术通过研究、开发、应用、扩散而不断形成产业的过程。它以新技术研究成果为起点,以市场为终点,经过技术开发、产品开发、生产能力开发和市场开发4个不同阶段,使知识形态

的科研成果转化为物质财富,其最终目的是高新技术产品打入国内外市场,获得高经济效益^[7]。科学技术最终在经济社会发展中真正发挥作用,一般都需要经历一个科学技术化、技术产品化、产品商业化的转化过程。

(一) 科学技术化:从科学发现到技术发明

“科学技术转化为现实生产力从而推动经济发展和社会进步是一个极其复杂的过程,这一过程肇始于19世纪中叶,兴盛于整个20世纪,至今方兴未艾。”^[8]技术是科学转化为生产力的重要桥梁,技术成果的获得依赖于科学创新,产业创新形成了“科学-技术-生产”一体化的趋势。“科学理论要转化为生产力,一般首先要经历一个向技术的转化过程,这一转化过程可定义为科学技术化。”^[9]自19世纪开始,越来越多的技术发明和技术创新都“以科学为基础(science-based)”,科学已经全面渗透到技术发明及应用的全过程,科学、技术以及生产之间的关联已经变得日益紧密并牢不可破。科学主要是以观念、理念的形态而存在,技术则主要以物质的、实践的状态而存在,科学技术化的过程实质上就是由“虚”向“实”的过程。因此,科学技术化实质上就是由观念、理念形态存在的知识体系转化为技术原理、技术方案的过程。在该阶段,技术是以技术原理、发明、专利、样品等形态而存在,尚没有转化为现实生产力。“由发明家、研究者们做出的技术成果,并非就是企业或企业家可以即摘即食的苹果,有点像松果和幼松,至少要经过加工和再培育才能用上。”^[10]

(二) 技术产品化:从技术发明到现实产品

“现实技术与潜在技术相对而言,智能技术或潜在技术是指那些发明、专利、样品形态存在的技术;而现实技术是能够用于生产的、对象化了的技术。”^[9]从技术发明到现实技术/现实产品绝不是一蹴而就的,它是一个艰辛复杂的探索之旅。“从根本上说,现实技术要运用物质手段(机器设备)去加工处理物质材料、生产物质产品和提供实在的服务,以满足人们物质需要和实际要求,现实技术就是物化技术。”^[9]科学技术化过程从其本质而言仍然是一

个追求真理的过程,不管它是以“好奇取向”或是以“实用导向”,它最终的目的都始于知识的探索,以理论形态为主要存在状态。然而,技术产品化过程从其本质而言是一个追求实践的过程,它寻求的是运用自然规律来创造或改造人工自然物,以实践形态为主要存在状态。因此,在实验室中诞生的技术或样品不等于生产中能够使用的技术或生活中使用的商品,二者还需要一个转化过程或“二次开发”。在此过程之中,开发者为了将实验室技术转化为生产之中能够应用的技术,在综合考虑技术可行性、成本和未来收益的基础上,不断开发配套生产设施,以大规模生产能力提升为重心,不断降低生产成本,将实验室技术、专利技术转化为现实技术。

(三) 产品商业化:从现实产品到商业应用

“新技术始于发明,成于研制,终于应用;而新的产业始于新技术的推广应用,成于生产设备和生产工艺的定型,终于批量的产品和效益的产出。”^[11]将科学原理转化为实验室技术是技术产业化的第一步,将专利技术转化为现实技术和产品是第二步,将较为成熟的现实技术和产品成功变为受到市场认可的商品,实现其使用价值则是技术产业化的最后一步,也是至关重要的关键一步。“把单一功能的技术研发部门变成新兴产业的孵化器,借助市场营销尚不能直接为人类所使用的技术转化为直接为人类服务的商品,并由此扩大企业的市场占有率和提高企业的获利能力,这是技术成果转化为生产力的最后一步,也是最困难的一步。做好产品只是第一步,产业化的关键是形成一个包括研发、扩散、生产、营销、售后服务诸环节在内的产业链。”^[8]因此,产品商业化是产品使用价值形成的过程,是从“实”向“虚”的转化,是产品的商业价值实现的过程。产品商业化作为技术产业化的“终极一跃”,其发展重心聚焦于市场开发,着力提升产品在市场上受欢迎程度,确保产品价值能够在客户使用过程中得以实现。

二、技术产业化视域下现场工程师的角色定位

下页图1所示,在从科学原理转化为可以被消费者使用的商品这一过程中,现场工程师承担如下

角色:在科学技术化过程中现场工程师所肩负的角色是研发、设计工程师的“助手”,可以称之为研发支持工程师;在技术产品化过程之中现场工程师所肩负的角色是技术员、技术工人的“统筹管理者”,可以称之为产线运维工程师;在产品商业化过程中现场工程师所肩负的角色是销售人员的“技术支持者”,可以称之为销售服务工程师。

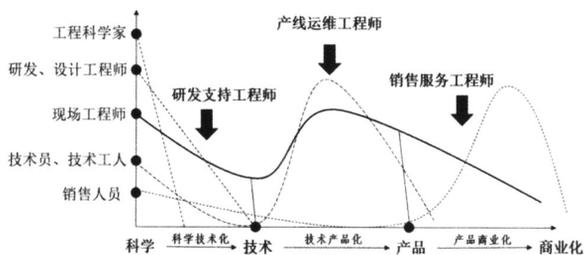


图1 技术产业化视域下现场工程师角色定位示意图

(一) 研发现场的辅助支持者——研发支持工程师

“研发”是企业生产过程的起始,是企业在激烈的市场竞争之中能够生存发展的核心能力,而研发、设计工程师是企业研发部门的核心主体,是产业创新的源头。“研发工程师是指从事创意设计和概念设计的工程师,也包括少量的工程科学家;设计工程师是指从事结构设计和工艺设计的工程师。”^[12]他们肩负着新产品研发设计的重要职责,他们需要为某种不存在的事物进行系统的研究和开发或者对已经存在的事物进行改进或优化。尽管研发、设计工程师是企业产品创新的核心主体,但这并不意味着企业研发工作仅依靠他们来完成。随着技术科学化程度的深化,企业研发工作也变得日趋浩繁复杂,仅依靠研发、设计工程师群体已经难以完成该项工作,为了能够让他们的创新理念、产品设计构想迅速落地,在研发工作现场出现了一个新的群体——研发支持工程师,他们虽然不是技术创新的“发起者”,但却是新技术产生的“助推者”。这一群体在企业的研发过程中所承担的角色是:“在研发阶段负责样品功能检测与分析的检测工程师;在中试阶段负责工艺方案、工艺流程设计以及工艺文件编制的中试工程师,负责产品质量测试与分析的检测工程师。”^[13]如

在电子产品研发设计领域,“电子产品公司的研发工程师按照工作内容可以分为电路设计工程师、固件开发工程师以及印制电路设计工程师,随着智能化工具的应用,印制电路设计工程师的工作主要内容是使用智能化工具依照电路设计工程师的原理图绘制电路板”^[14]。印制电路工程师需要准确理解并掌握电路设计以及固件开发工程师的设计意图并通过熟练掌握智能化工具完成电路设计工作,尽管他们不是研发创新的源头,但确是研发工作顺利推进不可或缺的重要参与者。

(二) 生产现场的秩序维持者——产线运维工程师

“技术只是表明了生产的可能性和质的方面,而不是生产的现实性和量的方面,产业和技术的最大区别就是‘批量化’。产业是个别的、偶然的人工物成为大量的、必然的社会物的过程。”^[11]从理论技术到现实技术的转变绝不是轻而易举的,从样品的产生到中试再到最终的大规模生产,这一过程还需要跨越众多艰难险阻,这是因为企业生产过程是一个复杂的系统工程,既需要工艺设计工程师对整个工业生产流程进行系统规划,也需要现场工程师、技术员基于现实生产过程中出现的问题,及时对生产工艺流程进行不断的优化完善,最终通过生产工艺、技术标准的完善来提升生产线的生产效率和产品质量。在生产一线工作的现场工程师不仅要为研发、设计工程师的研发理念、设计意图有着准确的认知,还需要对生产现场进行监督管理,要确保技术工人遵守安全规范和质量标准,对生产工艺中存在的问题进行及时改进和优化。除此之外,当生产现场出现各种生产问题或产品质量问题时,现场工程师还需要对不合格产品提出处置方案,制定不合格产品的返工工艺方案,组织解决产品质量中的技术问题,通过梳理生产绩效指标探查工艺改进的可能性。因此,在生产一线负责产线运维的工程师需要将工艺设备调试出最佳的参数,这些知识需要在实践经验基础上才能获得,需要充分发挥工程师在生产一线较长时期工作所积累的经验技巧。

(三) 服务现场的问题解决者——销售服务工程师

企业生产出的产品还不能称之为商品,唯有当产品成功进入到市场之后才能够称之为商品,而这最后的“终极一跃”不仅需要产品销售人员的努力,同样离不开销售服务工程师的支持,尤其在高新技术产业领域。他们不仅要在售前有针对性地深入了解客户对产品的技术、功能需求,还需要在售售后同客户保持良好的沟通并及时解决客户在产品使用过程中产生的各种问题。销售服务工程师是企业产品供给与客户产品需求之间的沟通桥梁,随着高新技术产品结构与功能的日趋复杂,客户需求日趋个性化和多样化。因此,销售服务工程师不仅需要具备一定的销售技巧,更为重要的是需要同时具备专业技术知识,即不仅能够熟练掌握产品的特性、功能以及技术原理知识,同时还需要将客户对产品的需求准确反馈给研发、生产部门。销售服务工程师的工作领域主要是从事售前与售后技术维护、应用培训、升级管理、投诉解决等,通过工作开展提升客户满意度,扩大客户群体对企业产品的忠实度。具体而言,他们要负责产品的安装、调试、测验等技术支持工作,要解决客户在产品使用过程中遇到的各类现场技术问题,并准确地将信息反馈给研发部门;要支持销售人员的工作,配合销售人员完成产品的市场推广工作,负责新产品的售后使用说明书,对客户相关技术人员开展产品应用的培训;要负责企业产品的故障处理和日常维护工作,要及时响应服务区域内产品的故障处理,对故障成因进行研判分析并形成报告。

三、技术产业化视域下现场工程师的核心能力

在技术产业化的整个过程中,现场工程师并不是存在于特定转化阶段的特定群体,而是存在于从科学发现到产品商业化应用的整个转化链条,这一群体实质上扮演着研发、设计工程师与技术工人、销售人员之间的沟通桥梁,是现代科技在产业领域大规模应用所引起的组织变革与调整所带来的客观结果。从现场工程师核心能力来看,他们应具备以发

现、解决工作现场复杂问题为目标的技术应用能力,以现场工作逻辑为主线的知识整合能力,以实践知识生成为核心的学术创新能力。

(一) 以解决工作现场复杂问题为目标的技术应用能力

尽管工程教育同职业教育都属于面向实践的教育,但两种教育类型所培养的人才在工作体系之中的角色定位并不完全一致。“工程教育更多的是面向研发创新和生产过程的工程设计和技术创新,而职业教育更偏向于技术应用与技能、工法的革新。”^[13]现场工程师培养属于工程教育与职业教育的交叉地带,现场工程师能力素质既不同于研发、设计工程师,也不同于技术工人。研发、设计工程师“不仅需要具备坚实的科学基础、学术研究的素养和能力,还要对实际工程有很强的感知和实践能力。”^[15]研发工程师应具有“宽广的知识面,精深的专业理论基础,具备创造出具有国际竞争力的专利技术、专有技术、尖端产品或高技术含量的工程项目的能力。”^[16]设计工程师应具有“较为宽广的知识面、扎实的理论基础,具备设计开发出拥有自主知识产权的新产品、新生产过程或新工程项目的能力。”^[16]“科学是理论性、可能性和普遍性,产业是实践性、现实性和个别性。”^[11]研发、设计工程师的工作领域、内容以及工作模式同现场工程师最大的区别在于他们所处的工作场域以及所要解决的工作问题同现场工程师有着很大的不同,他们的工作具有典型的学术创新性特征,他们能力形成与发展不依赖于工作现场。因此,研发、设计工程师要想顺利完成工作不能仅通过工作现场来学习,还需要通过多种途径掌握深厚的科学原理、工程原理、技术原理,这是他们进行工程、技术创新的重要基础。研发、设计工程师的工作模式同科学家更为相似,他们需要了解本领域科学研究的前沿和学术思维方式,他们的创新不仅来自工程实践,更来自科学、工程原理性知识在具体工程、技术领域的创新性应用,他们需要科学的普遍性应用于具体的产业实践之中,在科学向技术的转化过程之中,他们要深刻理解各种理论性知识才能

够将其灵活地应用到具体的技术研发与工程创新之中。

现场工程师尽管与研发、设计工程师一样都面向工程、技术创新领域,但与研发、设计工程师不同,他们的创新属于科技应用性创新,即如何在工作现场应用先进科技解决复杂的工程与技术难题是工作体系对他们能力素质的根本要求。具体而言,研发、设计工程师工作领域主要集中在产品开发、工程设计、工艺开发、技术创新等方面,而现场工程师的工作领域则主要集中在生产管理、设备维修、质量管理、产线运维、售后技术支持等方面。现场工程师尽管也需要同研发、设计工程师一样,掌握一定的科技原理知识,但他们掌握这些知识的目的是能够将其应用于工作现场之中,这不仅需要深刻理解先进科技手段背后的原理性知识,同时也要具备应用于特定产业情境中的实践能力。因此,现场工程师是在特定产业领域、特定职业岗位及特定工作体系之下获得职业能力的,其自身职业能力的形成与发展依赖于工作现场,脱离工作现场的职业能力发展是不存在的。

(二) 以现场工作逻辑为主线的知识整合能力

之所以要将现场工程师同研发、设计工程师和技术工人进行有效的区分,关键在于现场工程师所需掌握的知识领域、知识结构有其自身独特性,这种独特性决定了该类人才应该通过学校教育进行系统化培养。从知识论视角出发,研发工程师、设计工程师同现场工程师以及技术工人在所掌握的知识类型结构上并没有本质的区别,这些知识包括了基础科学知识、应用科学知识、工程/技术理论知识以及工程/技术实践知识,他们的区别主要体现在不同群体所需掌握的不同类型知识的结构比重及其在工作实践之中的相互作用关系。科学是人类在认识世界活动的过程之中所获得的知识体系,基础科学则是人类科学知识体系大厦的“基石”,是由概念、定理、公式组成的最为严密的知识体系,同生产、工程实践的距离较远。应用科学知识便是将基础学科中有应用价值的知识体系分离出来,如应用化学、应用数学、

工程力学、工程地质学等,实际上,这是把某一领域中用到的基础知识装到一个框子内^[17]。工程知识、技术知识并不是基础科学知识、应用科学知识在工程实践与技术实践领域的简单应用,而是具有自身独特属性与内在结构的知识类型。“技术知识是关于如何改造客体并完成技术过程的原理、方法、程序、诀窍、技能经验的总和,既包括用于理解技术过程的静态层面的技术理论知识,同时亦包括直接用于控制技术过程的动态层面的技术实践知识。”^[18]“工程知识要集成多种自然科学知识、技术知识、技术发明、技术诀窍,还要集成多种人文科学知识以及工程本身独特性与地域性所带来的情境性知识和经验。”^[19]

现场工程师职业能力形成与发展的关键是将基础科学知识、应用科学知识、工程/技术理论知识和工程/技术实践知识等多样化知识以现场工作实践过程为逻辑主线进行有效整合。相较于研发、设计工程师,现场工程师在科学知识以及应用科学知识掌握的宽度和深度上都要弱于前者,工程/技术实践知识是现场工程师的核心主体知识,而将不同类型知识整合在一起的逻辑主线是现场工作逻辑,即现场工程师以工作逻辑为组织纽带将多元复杂的知识整合为一体,通过理论知识的学习和大量的工作实践来强化理论知识与实践知识的联结强度,最终个体能按照工作任务的完成顺序不断地对不同知识进行序化、整合。与现场工程师知识整合逻辑不同,研发、设计工程师将不同知识整合的逻辑主线是遵循知识本身的创新逻辑,由于他们所要面临的工作情境具有极大的不确定性和理论创新性特征,理论知识和实践知识整合的逻辑线索是不清晰的,工作目标是模糊的,甚至工作程序都需要进行创新,他们需要在深刻掌握原理性知识基础上将其应用于工程、技术创新实践之中。相较于技术员和技术工人,现场工程师对科学知识以及工程、技术理论知识掌握的深度和广度都要强于前者,两者的相似之处在于实践知识都占据着较大比例,知识整合逻辑都是工作过程。现场工程师的实践知识包含了工程实践

知识和技术实践知识两种知识类型,技术员和技术工人所掌握的实践知识以技术实践知识为主体,且实践知识与理论知识的整合难度要低于现场工程师,这主要是因为现场工程师所面临的职业问题更加复杂和综合、工作任务的完成缺乏固定的工作程序与步骤,因此需要现场工程师具备的知识也更加复杂多元,但他们知识建构的过程都依赖于现场工作逻辑。

(三)以实践知识生成为核心的学术创新能力

现场工程师这一角色在人类工作系统之中的产生是科学技术化和技术科学化双向交互的结果,是以科学为基础的先进技术手段在工作现场应用的客观结果。现场工程师的出现确保了技术产业化链条中研发、设计、生产以及销售等各个关键阶段的有机衔接互通。因此,将先进科技应用到大规模生产中,将研发、设计工程师的规划蓝图转变为客观现实,都离不开现场工程师自身的知识创新能力。现场工程师不仅需要在具体的工作实践之中建构完整的职业知识,同时也需要在应用过程之中根据工作现场的要求进行知识重构与创新。现场工程师的知识创新能力具有自身的独特性,相较于研发、设计工程师,现场工程师的知识创新聚焦于工程实践知识/技术实践知识的创新,且以工程实践知识的创新为主,这决定了现场工程师的知识创新极其依赖于工程、生产以及服务现场,而且实现知识创新的基础在于要具备扎实的工程/技术理论知识,在遇到工程或技术难题时如何将理论知识应用于现场问题的解决是现场工程师所应具备的核心能力。

四、技术产业化视域下现场工程师的培养路径

培养现场工程师的职业院校、应用本科院校应基于区域优势主导产业的人才需求特征开展校企合作,面向产业链条的重点人才需求布局专业体系,校企双方以专业群为合作载体共建实体化运行的现场工程师学院。在师资队伍建设上应注重教师应用科研能力的提升,校企共同组建双师结构的师资队伍,推进教学团队与应用科研团队的融合发展,打破科研与教学的隔阂,在实习实训中强化研究型学习的

占比。在人才培养上创新高层次学徒制培养模式,以能力本位为理念引领,将职业性与学术性融入人才培养全过程,构建职业能力测评制度并强化对学生知识创新能力的评价。

(一)依托现场工程师学院,校企共筑人才培养体系

现场工程师自身能力素质形成的独特规律决定了必须采取产教深度融合的人才培养模式才能够达成培养目标。为了能够真正实现校企双主体育人,职业院校、应用本科院校与企业应联合组建以现场工程师培养为核心目标的现场工程师学院,精准面向先进制造业、战略性新兴产业等重点领域的数字化、智能化职业场景,对接现场工程师紧缺岗位领域,通过建立深度融合的利益驱动机制打破校企之间的组织壁垒,实现校企资源的整合互融。首先,应以产业逻辑为核心依据布局现场工程师学院的专业体系。现场工程师学院实质上是以专业群为依托面向特定产业领域的产业学院,相较于学术本科在专业设置上的科学范式、学科逻辑,现场工程师学院应根据市场逻辑和产业逻辑布局自身专业体系^[13]。现场工程师学院内部专业体系的架构与布局应在深度的产业调研基础上具体开展实施,应重点关注区域产业集群对现场工程师人才需求的类型、规模及其内在关联性,根据区域产业集群分布的形态特征确定学院内部专业群的布局架构。其次,以利益驱动及保障机制构建为核心推进现场工程师学院的实体化运行、一体化提升。现场工程师学院的建设应积极探索基于混合所有制的实体化合作,超越传统的浅层次合作模式,真正建立起以利益驱动为核心的合作机制,以利益纽带将学校和企业紧密地联系在一起。校企双方共同完善优化现场工程师学院治理机制,以制度形式确保学院拥有相对独立的权力,一些人才培养的重要环节由校企双方共同决定。通过校企双方的实体化合作实现企业岗位需求与学校人才培养目标、岗位职业能力需求与教学内容、生产组织与教学组织等人才培养要素的有机融合。

(二) 构建产科教一体化双师结构团队, 跨界提升人才培养能级

现场工程师的系统化培养需要以科教融汇为引领, 打造产科教一体化双师结构团队, 将科技创新元素融入现场工程师培养全过程。首先, 以应用科研为导向为核心加快创建产科教一体化创新型平台。学校应依托现场工程师学院, 根据现场工程师院所聚焦服务的产业领域, 与政府、行业和企业联合成立以应用科研为导向的产科教协作平台。合作主体应推动平台从虚拟化走向实体化, 从浅层合作走向深度合作, 从功能单一走向多元综合, 致力建设成为集人才培养、科技攻关、技术服务、智库咨询等功能于一身的产科教融合平台。其次, 以产科教平台为基础组建异质性混编产科教创新团队。打通教学团队与科研团队之间的组织边界, 以课程体系为载体依据组建跨院系、跨专业、跨校企的异质性混编产科教创新团队, 实施校内校外双专业带头人制度, 着力培育以企业科技副总、产业教授和学校社会服务型教授为核心的科教团队带头人, 以应用型科技项目、教学任务为纽带, 凝聚产业、学校、社会多元力量, 团队成员协同开展人才培养、科技攻关、产品研发、技术改造。最后, 将科技创新元素有机融入现场工程师人才培养的全过程。“应重点开发产品应用设计项目教学、产品试验项目教学、问题解决项目教学和技术创新项目教学, 培养学生产品应用设计能力、产品试验能力、问题解决能力和技术研发能力。”^[20]尤其在毕业设计环节, 应将学生是否具备解决现场问题的科技创新能力作为学生毕业评价的核心标准。

(三) 校企联合开展现代学徒制培养, 协同创新人才培养模式

相较于传统的以企业实践为主导的传统学徒制实施模式, 现场工程师需要掌握更为系统的理论性知识, 这些知识仅在工作现场是无法有效习得的, 而且随着现场工程师工作过程专业性程度的不断提升, 理论知识应用于工作实践的过程也日趋复杂, 这决定了以培养现场工程师为目标的现代学徒制必须

在体现其“职业性”特征的同时彰显“学术性”。首先, 以现场工程师培养为目标的高层次学徒制应按照从“窄”到“宽”的逻辑设置课程体系。高层次现代学徒制实施成功的关键在于课程体系的建构与实施是否能够真正支撑人才培养目标的达成。如何实现多样化知识的整合是整个课程体系构建的核心逻辑线索, 应按照从具体到一般、从简单到复杂、从实践到理论的学习规律, 课程体系结构知识安排逻辑顺序应按照理论知识由“少”变“多”和实践知识由“多”变“少”进行系统架构。随着课程顺序的推进, 理论知识与实践知识整合的难度逐渐提升, 从开始的线性整合直至网络化整合, 最终还需要学生能够在解决现场实践问题的过程中实现知识创新。其次, 以现场工程师培养为目标的学徒制应确立能力本位与学术本位并存的评价制度和针对评价结果的持续改进机制。能力本位评价聚焦学生岗位胜任能力的评价, 学生是否具备胜任职业岗位的职业能力是评价的重心。但随着现场工程师职业知识构成中理论知识成分的逐步增加, 同时也要加强对学生知识创新能力的评价, 评价重心应放在学生是否能够在遇到现场实践问题时找到问题解决的路径, 是否能够根据自身所掌握的理论知识进行系统性地解决, “论文可以通过多种实践活动进行替代, 如规划设计、产品开发、艺术作品等, 或者将调研报告、案例分析、项目管理等以论文形式呈现”^[21]。

参考文献:

- [1] 霍丽娟. 现场工程师专项培养计划的内涵要义、要素框架和运行逻辑[J]. 中国职业技术教育, 2023(14).
- [2] 晋浩天. 2025年, 20万现场工程师一线破解技术难题[EB/OL]. (2022-12-06)[2023-07-06]. <https://m.gmw.cn/baijia/2022-12/06/36210152.html>.
- [3] 刘康, 徐辉. 职业本科院校现场工程师培养的逻辑向度、现实困境与路径优化[J]. 重庆高教研究, 2023(6).
- [4] 李博, 褚金星. 我国职业教育现场工程师培养的价值意蕴、现实困境与实施路径[J]. 教育与职业, 2023(7).
- [5] 周衍安. 职业教育现场工程师的特色表现[EB/OL].

(2023-07-04) [2023-07-06]. <https://www.tech.net.cn/news/show-100622.html>.

[6] 顾德仁. 现场工程师培养的再思考——以电梯现场工程师为例[J]. 中国电梯, 2023(4).

[7] 朱月仙, 张娟, 李姝影, 等. 国内外专利产业化潜力评价指标研究[J]. 图书情报工作, 2015(1).

[8] 万长松. 对科学技术化与技术产业化的哲学思考[J]. 东北大学学报(社会科学版), 2007(4).

[9] 周春彦. 科学技术化——技术时代的科学基础[M]. 沈阳: 东北大学出版社, 2002.

[10] 陈昌曙. 技术哲学引论[M]. 北京: 科学出版社, 1999: 120.

[11] 万长松, 曾国屏. “四元论”与产业哲学[J]. 自然辩证法研究, 2005(10).

[12] 林健. 高校工程人才培养的定位研究[J]. 高等工程教育研究, 2009(5).

[13] 朱俊, 梁可苗, 雷志成. 职教本科: 工程教育与职业教育在生产系统中的形塑[J]. 职教通讯, 2020(10).

[14] 王潇. 技术空心化: 人工智能对知识型员工劳动过程的重塑——以企业电子研发工程师为例[J]. 社会发展研究, 2019(3).

[15] 林建华. 工程教育的三种模式[J]. 中国高教研究, 2021(7).

[16] 林健. 工程师的分类与工程人才培养[J]. 清华大学教育研究, 2010(1).

[17] 沈珠江. 论技术科学与工程科学[J]. 中国工程科学, 2006(3).

[18] 王亚南, 林克松. 技术知识建构视阈下职业院校学生学习范式的转向[J]. 职业技术教育, 2015(13).

[19] 邓波, 贺凯. 试论科学知识、技术知识与工程知识[J]. 自然辩证法研究, 2007(10).

[20] 徐国庆, 王笙年. 职业本科教育的性质及课程教学模式[J]. 教育研究, 2022(7).

[21] 李伟, 闫广芬. 专业学位研究生教育的理论定位与实践路径——基于对其本质属性的考察[J]. 研究生教育研究, 2022(5).

Role Positioning, Core Competencies, and Training Paths of Field Engineers from the Perspective of Technological Industrialization

Wang Yanan Cheng Jun Shao Jiandong

Abstract: Technology industrialization is a process in which new technologies continue forming industries through research, development, application, and diffusion. According to the different forms of technology, this process can be divided into three stages: science technicalization, technology productization, and product commercialization. In the process of science technicalization, field engineers play the role of supporting research and development; in the process of technology productization, they are the order maintainer of the production site; in the process of product commercialization, they are the problem solvers at the service. Field engineers should have the ability to apply technology to solve complex problems on-site, the ability to integrate knowledge using fieldwork practice as the logic main line, and the ability to innovate academically with practical knowledge as the core. The innovative path of field engineer talent training mode should: rely on the joint building of a talent training system by field engineer colleges and enterprises; build a structured "dual-ability" teacher team that integrates the training of industry, education, and technology from schools and enterprises to enhance talent cultivation capabilities across borders; and encourage schools and enterprises to jointly carry out modern apprenticeship training and collaborate to innovate the mode of talent cultivation.

Key words: field engineer; technology industrialization; technical application ability; modern apprenticeship