

## 工业4.0对工作世界的 影响和教育变革的呼唤

杨 进

**[摘要]** 工业4.0成为国际上学者和实践者热烈讨论的话题之一。然而,迄今为止,国际上的研究机构基本上还停留在对工业4.0的愿景、核心技术和适用状况的概念性的描述,仍未能对工业4.0给出一个清晰明了、具体准确和能被普遍接受和认可的定义。研究得出工业4.0背景下技术发展有互操作性、虚拟化、权力下放或分散、实时能力、服务导向、模块化等本质特征,分析论述工业4.0对劳动力市场、企业内部劳动组织和劳动者技能的影响,澄清社会上对工业4.0的一些迷信和误解,并探讨如何通过发展以能力为本位的基础教育、职业教育教学模式变革、改造高等教育及建立学习型组织以培养适应工业4.0需要的人力资源。

**[关键词]** 工业4.0;工作世界;教育变革

**[作者简介]** 杨进,中国驻法国大使馆教育处公使衔参赞 (巴黎 75013)

2011年1月,由德国联邦政府教育和研究部发起成立的“工业-科学研究联盟”率先提出把工业4.0(Industry 4.0)作为德国推进高科技战略的“未来工程”。并于2013年4月发表了《保障未来的德国制造业:实施工业4.0战略计划建议——工业4.0工作小组最终报告》。<sup>[1]</sup>2015年4月,法国经济部、工业与数字事务部也宣布启动“未来工业”计划,明确提出通过数字技术改造实现工业生产的转型升级和以工业生产工具的现代化帮助企业转变经营模式、组织模式、研发模式和商业模式,从而带动经济增长模式的变革,建立更具竞争力的法国工业。该计划也被称为法国版的工业4.0。<sup>[2]</sup>

而在理论上,工业4.0也成为近几年国际上学者和实践者热烈讨论的话题。众多的学术出版物、实践者的文章以及各种会议都集

中讨论这个话题。<sup>[3]</sup>

工业4.0这一概念的魅力是双重的。一方面,这是人类第一次先验般地预测新的工业革命的发生,而不是对事后观察的总结,这就为企业和研究机构提供了各种积极塑造未来的机会。另一方面,新的工业革命对社会发展的影响无疑是非常巨大的。

尽管大家都很关注工业4.0这一概念,但迄今为止,国际上的研究机构基本上还停留在对工业4.0的愿景、核心技术和适用状况的概念性的描述,仍未能对工业4.0给出一个清晰明了、具体准确和能被普遍接受和认可的定义。本文试图总结和分析工业4.0背景下技术发展的本质特征,对工业4.0对工作世界的影响进行分析论述,并探讨如何通过变革教育从而培养未来适应工业4.0需要的人力资源。

## 一、工业 4.0 技术发展的本质特征

第一次工业革命(18世纪60年代~19世纪40年代)以蒸汽机的发明和铁路的建设为标志,带来了机械化的生产;第二次工业革命(19世纪70年代~20世纪初)以电力的使用和生产线的出现为标志,使大批量标准化生产成为可能;第三次工业革命(20世纪60年代至今)先后以半导体技术、大型计算机、个人计算机和互联网技术为标志,因此也被称为计算机或数字化革命。今天,我们正在进入第四次工业革命即工业 4.0 的时代,以泛在的移动互联网、小而强的传感器、人工智能和机器学习为标志。随着数字化技术的复杂化和完整化,社会和全球经济正在发生着巨大的转变。本文根据赫尔曼(Hermann, M.)等的综述和分析,<sup>[4]</sup>总结出工业 4.0 技术发展具有以下六个方面的本质特征。

一是互操作性(interoperability)。互操作性是工业 4.0 非常重要的特征。所谓互操作性,是指使分散的控制系统设备通过相关信息的数字交换,能够协调工作,从而实现一个共同目标的能力。在工业 4.0 企业,通过物联网(Internet of Things, IoT)和服务联网(Internet of Services, IoS)把信息物理系统(Cyber Physical System, CPS)与人员连接到一起。标准将成为连接各个制造商的信息物理系统之间的关键因素。在智能工厂,互操作性意味着工厂所有的信息物理系统(包括工件传输系统、装配站和产品)能够在硬件、网络、操作系统、数据库系统、应用软件、数据格式、数据语义的支持保障下进行相互通信。

二是虚拟化(virtualization)。虚拟化意味着通过信息物理系统来监控生产过程。一系列传感器所收集的数据都与虚拟生产模型和仿真模型相联系。这样,就创建了一个虚拟的物理世界。其意义在于,虚拟的模型可以使人们掌握所有必要的信息,例如,当前加工

环节的运转情况、后续加工过程以及安全安排等,为人们处理越来越复杂的技术问题提供支持。

三是权力下放或分散(decentralization)。随着单件产品需求的不断增长,生产系统越来越难以进行集中的系统控制。嵌入式计算机能使信息物理系统自己作出决定。然而,为了保证质量和生产过程的可追溯性,需要随时跟踪和记录整个系统的运行情况。权力下放意味着无线射频识别(Radio Frequency Identification Devices, RFID)标签会“告诉”机器哪些加工程序是必要的,不再需要集中的计划和控制。

四是实时能力(real-time capability)。在工作任务的组织中,有必要实时对生产数据进行收集和分析,而生产数据的及时获取和分析为优化生产过程提供了巨大的潜力。智能工厂能够持续地跟踪和分析生产状况,及时优化生产过程。这样,基于工件实际位置,可以主动请求运输系统来拾取,这就可以明显缩短非生产性时间。还可以通过传感器实时监测机器部件中的振动信号等预测和安排机器的维护。在一台机器出现问题的情况下,生产系统可以马上调整加工路径,把产品送到另一台机器进行加工。为了发挥好实时系统的潜力,需要选择合适的实时技术,并与生产过程其他系统进行集成。

五是服务导向(service orientation)。通过服务联网,一个公司可以利用另外一个公司所能提供的服务,包括信息物理系统和人员。这样的服务交换可以发生在公司内部和公司之间。智能工厂是基于服务导向的建设架构。所有的信息物理系统可以通过网络提供特定的加工服务。这样,智能工厂就可以根据无线射频识别标签所提供的顾客的特定需求来设计产品加工的具体操作流程。

六是模块化(modularity)。为适应不断变化的需求,模块化的系统可以灵活地替换不同的模块或扩展单个模块的功能。这样,

模块化的系统可以很容易地根据季节性的波动或产品特点的改变进行调整。智能化工厂可以使用“即插即用”的原则,灵活添加新模块。基于标准化的软件和硬件接口,通过利用服务联网,加工系统可以自动识别和利用新的模块。

上述技术本质的发展和运用将带来一系列新的生产技术变革的机会,并将提高生产效率,改善人们的生活。概括起来,工业4.0的特征主要表现为:工业过程的实时网络化将使生产更加便宜,更加可持续和更有效率;数字网络将允许生产过程直接适应顾客需求并使顾客高效地订制产品和服务;工作世界将变得更具人性化;工业4.0将提供巨大的新产品、新服务和新的解决方案的潜力,以丰富人们的日常生活。

## 二、工业4.0对工作世界的影响

比起以前的工业革命,工业4.0对经济和社会的影响将更为强烈。原因在于,工业4.0带来的变化呈现更快、更宽和更深的趋势。上述技术上的发展,正在给经济和社会带来重要的影响。在工作世界,一些明显的趋势已经或正在出现:工作组织在时间和空间上将变得越来越灵活;工作流程越来越数字化,决策权力越来越下移或分散,管理层级会不断减少;工作过程变得更加透明;越来越多的常规性生产活动实现数字化和自动化。<sup>[5]</sup>这样,对所有的利益攸关方来说,在快速变化的工作环境中,要把握未来就业趋势和对从业者的知识、技能需求,至关重要。下面分别从宏观、中观和微观三个层面进行分析。

(一)在宏观层面上,对劳动力市场产生的影响

工业4.0将大大改变未来的工作的本质。未来的工作将包括物理系统和人对智能数据采集、存储和处理。数字技术和应用程序的运用为操作人员提供了更多的信息,及

时分析和运用好这些信息,使操作人员能够有效监控和优化生产过程。此外,设备还能够协助操作人员减少甚至摆脱体力负担重、单调重复和对身体有危险的动作。传统的生产线上的操作工人和知识工人的任务将合并到一个更高的程度。未来的产业将更多地运用人们的认知能力——智力、理解和判断复杂情况的能力以及灵活采用适当的反应策略的能力。

这样,在劳动力市场的层面就会出现两极分化的现象。一方面,市场对具有高知识水平、高技能的劳动者的需求越来越多,同时,他们将会有各种各样灵活的选项来平衡自己的工作和生活,并在工作的时间和地点上有更多的自主权;另一方面,市场对具有中初级知识和技能水平的劳动者的需求会相对减少,传统的操作工人将成为在工业4.0背景下首先因生产自动化而被裁员的群体。

需要强调的是,虽然自动化对就业的短期影响是负面的,但生产率、竞争力和质量的提高会赢得新的市场份额,从而创造出新的就业需求。法国战略公司的研究表明,尽管近二十年来德国汽车工业是世界上采用机器人最多的产业之一,但2015年仍拥有80多万名员工,这与10年前的员工数量相同,而20年前全德国汽车行业只有10万员工。<sup>[6]</sup>而且,德国和韩国企业采用机器人的比例远高于法国,但他们的失业率却比法国低。可以肯定,数字化技术的运用可以在研发、设计、生产、营销或自动化维护方面创造就业机会。在法国,计算机和电信工程师的数量就比20世纪80年代初要大得多。

(二)在中观层面上,对企业内部劳动组织产生的影响

在工业4.0的环境中,柯林斯(Kreinsen, H.)建议重新设计整个生产系统和劳动组织,尝试不同的生产和劳动者组织形式。这种组织可能是两极分化型组织(polarised organisation),也可能是群组织(swarm

organisation),或者处于这两者之间。〔7〕

两极分化型组织将在工作任务、资格要求和工种、职业等方面出现分化的倾向。其中一极,是只承担简单的生产任务而很少或根本没有灵活性的生产系统;而另一极,则是生产系统使用越来越多新的高素质的技术专家,他们不仅能够处理各种技术问题(如故障排除等),也承担不同的生产管理任务。

群组织是可能出现一个由具有高水平和高能动性的员工组成的松散性组织。它不再承担简单和低技能的生产活动,因为这种生产活动在很大程度上已经被自动化所取代。在这样的组织中,每个员工没有确定性的任务,而是根据出现的工作任务和情况,采取自我组织、高度灵活的方式进行工作。群组织的建构依赖采用非正规的社会沟通与合作的过程,同时需要员工具有很强的能力以及专门的生产过程知识。

在推进工业4.0的过程中,无论哪种劳动组织形态,员工从一开始就应该参与工作组的设计,全程成为劳动组织的共同设计者和共同决策者,并成为科技和组织创新的推动力量。

(三)在微观层面上,对劳动者技能产生的影响

由于工业4.0中的信息物理系统相互连接,可以实时观察工厂中的所有过程。因此,进行生产计划 and 管理的员工将面临大量信息和数据,他们面临准备、解释数据和进行分析、总结的挑战,这将增加工作的复杂性。随着员工对于数据依赖程度的上升,他们必须成为信息灵通的决策者。工作的复杂化也同样涉及在车间现场工作的工人。由于简单的任务将越来越自动化,那么剩下的任务主要是及时解决生产中出现的问题。智能工厂内机器和设备的复杂性迅速增加,生产过程中出现的问题会变得越来越复杂。对于现场操作人员来说,应对这种复杂性需要掌握比以往更多的知识和能力。

传统上,我们依靠专业教育水平和一套事前确定了的能力标准来界定技能型劳动者。随着技术变革的加速,工业4.0对员工的专业能力、社会能力、方法能力和个人能力的要求将会增加,更加强调从业人员在多样化的工作环境中具有不断适应变化、学习新技能和手段的能力。世界经济论坛出版的《未来工作报告(Future of Jobs Report)》对目前15个经济体的10个工业部门的大型雇主调研的结果进行了归纳,其主要结论是:到2020年,工作世界对从业者所提出的最重要的十项能力包括复杂问题解决能力、批判性思维能力、创造能力、人员管理能力、人际协调能力、情商、判断力和决策能力、服务导向、谈判能力和认知灵活性等。〔8〕

### 三、对工业4.0的迷信和误解的澄清

工业4.0是一个新的概念,人们目前对工业4.0的分析和判断会带有一定的先验性、预测性,这难免会产生这样那样的误解。这里非常有必要对一些经常出现的谬误进行澄清,形成尽可能符合实际的认识,避免产生对相关政策的制定和措施的采取的误导。

(一)工业4.0不可能带来真正意义上的无人工厂

实际上,以往的工业革命和技术创新确实消灭了一部分工作,但同时又通过不同的生产活动创造了新的工作。以美国的农业为例,19世纪初期,全美国90%的劳动力从事农业生产工作,而现在,这个比例低于2%。再以50年来美国银行业的发展经验为例,虽然自动化可能会改变整个行业,但银行工作并没有离开人工。第一台自动柜员机(ATM)是在50年前安装的,现在全美国共有420000台。〔9〕国际货币基金组织分析显示,在美国银行业工作的人工出纳员的数量并没有因此而减少,实际上还略有增加。可以转换为自动化工作的是人工原来从事的服务和常规任

务,但是人工在客户服务和银行分支机构的金融项目营销中变得更有价值。〔10〕

正如施瓦布(Schwab, K.)所阐述的那样,工业4.0对劳动世界带来相互竞争的两方面的影响。一方面,自动化技术带来的资金和技术密集型的“机器换人”,即所谓的颠覆性效应,造成原有的从业人员的失业或转移到另外的工作岗位。另一方面,在破坏性效应的同时,产生了新的资本化效应,对新产品和服务需求的增加催生了新的岗位、新的职业、新的公司甚至新的产业。〔11〕

在考虑自动化和“机器换人”的现象时,对于新的技术对就业和未来工作的影响,我们应该抵制极端性思考的诱惑。工业4.0并不一定意味着我们面临着一个“人”和“机器”竞争的困境。工业4.0不可能带来真正的无人工厂,而是给员工带来了更多的责任,因为他们需要借助数据系统来操控越来越复杂的加工过程。

最近几年,媒体上经常出现“机器换人”的报道,但是,一个不能忽略的基本事实就是,要实现“机器换人”,最终需要的还是人——高质量的技术技能人才,包括现场编程人员、机器人安装调试与维护人员、生产线安装改进与维修人员、工作站开发人员、工作站方案工程师以及销售、生产线运营与管理人人员。工业4.0的推进,其实是直接产生了对数据管理员、网络安全工程师、机器人技术员、机电一体化、虚拟化工程师、供应链经理等人员的需求。

在服务业领域,日本海茵娜怪异酒店“解雇”机器人的事件值得我们深思。该酒店的第一家门店于2015年在日本长崎开业,2016年就被吉尼斯世界纪录认证为世界上第一家拥有机器人的酒店。在不到三年的时间内,其机器人员工数量由80个增加到了243个。然而,机器人频繁地出故障,不断“添堵”,反而增大了酒店人类员工工作量,在收到大量来自人类员工和顾客的投诉后,酒店

已“解雇”超过半数机器人。〔12〕

(二)工业4.0的实现是一个渐进的过程

从全球范围来看,第二次工业革命尚未完成,2017年,世界上仍有16%的人口即近12亿人用不上电。世界上大部分地区还没有推进第三次工业革命的条件,有超过一半的世界人口即40亿人(其中大部分生活在发展中国家)仍不能连接到互联网。〔13〕在这样的情况下,世界范围内工业4.0的推进只能是一个漫长的渐进的过程。波士顿咨询公司2016年对美国、英国、德国、中国和法国的1500家企业进行了抽样调查,结果显示,只有5%的公司非常先进,也就是说,他们已经在生产过程中广泛实施了这些技术。大多数企业(40%~60%)目前还处于研究和探索实施新技术的早期起步阶段。〔14〕新技术淘汰落后技术是永恒的主题,但所有领域完全智能化的时代还相当遥远。

在《中国制造2025》发布之际,“与发达国家在工业3.0基础上迈向4.0不同,我国制造业还有相当一部分停留在3.0甚至2.0,只有部分领先行业可比肩4.0。实施《中国制造2025》,必须处理好工业2.0普及、3.0补课和4.0赶超的关系,强化工业基础能力,提高综合集成水平,以推广智能制造为切入点,培育新型生产方式,推动制造业数字化网络化智能化”。〔15〕从此可以看出,工业4.0所描述的愿景,对中国大多数工业企业来说,还是相当遥远的事情和漫长的过程。提及工业4.0,总是令人们担忧失业潮即将来临,然而,这个问题在当下乃至今后相当长的时间其实并没有那么悲观。

(三)工业4.0不仅是技术问题,也是社会问题

工业4.0面临的最具影响力的挑战是人口结构变化。在多数工业化国家,由于出生率的减少,越来越少的年轻人正在进入劳动力市场以取代那些退休的人。随着社会环境的变化和对美好生活的期待,年轻一代带来

了不同于老一代员工的社会价值观,他们往往重视良好的工作与生活的平衡。随着工作组织和技术的变化,年轻一代工作的灵活性不断增加。未来的工业组织鼓励员工不断发展自己的才能和潜力,提高他们的生产效率和创造力,鼓励他们对生产决策作出贡献。随着由机器和机器人自动完成的生产环节的增加,员工直接操作性任务的减少,为员工提供了更好地利用个人和集体智慧来思考战略性问题的机会。在这种情况下,企业需要制定战略以吸引年轻人,同时需要保留老一代员工的经验和精神。企业还需要其员工具备更高的战略性、协调性和创造性,并承担更高的责任。

这里还需要澄清的是,工业生产系统的未来,不能通过关闭或转移工厂、减少用工和制造失业来解决,这已经成为发达国家推进经济发展中的一个严重社会问题。从这个意义上讲,工业4.0不仅是关于“机器”,而且是关系“人”的问题。在工业4.0的运行中,人们的知识往往需要以实践性知识的形式出现,人毕竟是这种知识的承载者和创新驱动者。法国未来工业计划提供了很好的思路,该计划的主要政治目标之一是保持和发展强大的、创新的,能创造财富和创造就业机会的工业活动。<sup>[16]</sup>未来工业是围绕着人和他的专有技术而建立的,它侧重于员工的福祉、技能的发展以及他们在项目中的合作,促进其“人力资本”的增长。

人工智能的应用是工业4.0的一个重要技术领域,而人工智能的社会影响是多元的,既有拉动经济、服务民生、造福社会的正面效应,又可能出现安全失控、法律失准、道德失范、伦理失常、隐私失密等社会问题,人工智能引发的法律、伦理等问题日益凸显,给当下的社会秩序及公共管理体制带来了前所未有的新挑战。<sup>[17]</sup>另外,通过蓄意炒作工业4.0和人工智能概念来谋取不当经济利益的现象也会发生。因此,学术研究同样有义务向社会

大众普及工业4.0和人工智能知识,引导企业和广大民众科学客观地认识工业4.0和人工智能。

#### 四、工业4.0对教育变革的呼唤

与以往的工业革命一样,优秀的员工始终是推进工业4.0的核心,如果没有优秀的员工,企业就很难开发和应用新技术。在基于先进技术的生产系统中,必须不断提高人力资源的水平,以快速适应技术发展的需要。随着产品和生产流程的快速变化,员工需要不断提高响应能力。一系列研究表明,企业家反映在实施数字技术时必须克服的最大困难中,缺乏熟练的人力资源排在第一位。<sup>[18]</sup>工业4.0所面临的问题不是缺乏新的就业机会,而是新工作所需要的技能严重短缺。这样,在推进工业4.0的发展中,从业者不仅要在就业前接受良好的初始教育,也需要在整个职业生涯中不断进行继续教育和学习。这就为大力发展和改进教育和培训提出了紧迫要求。

(一)发展灵活的以能力为本位的基础教育,为整个职业生涯奠定坚实基础

为了为未来的灵活工作模式做好准备,需要鼓励灵活的、个性化的学习方式。为学生提供随时随地能够进行学习的机会,广泛推广和运用新的数字环境中的交互式学习工具,使学生掌握理论知识,还需要通过课堂中基于项目的实际活动,将知识转化为实际体验。换句话说,学生需要有机会将所学知识运用到实际项目上,而不仅仅是写在纸上。通过基于项目的学习,可以提高学生解决实际问题的能力、协作和团队合作能力和时间管理能力,为其整个职业生涯奠定坚实基础。

要改变课程开发由学科专家和教师包办的做法,调整大量的不适用于真实场景的课程内容,开发并保持现代的、有用的课程体系,把真正懂得现代生产和管理的专业人士

以及学生吸收到课程开发队伍中来。需要特别强调的是,随着工业4.0的到来,数学将在我们未来的工作和生活中发挥更重要的作用,学生必须获得设置、管理、开发、收集、处理和解释数据的能力,学生应该有能力识别数据趋势,并根据数据提出建议。这就需要基础教育阶段更加重视数学课程开发和数学教育。

由于学生的学习过程将更加具有个性化的形式,教师不仅仅是传播知识,教师发挥导师的作用、为学生学习提供指导将变得越来越重要,以便学生以健康的方式不断改进自己的学习,从而取得更高水平的学业成绩和实际能力。教师可以使用在线数据来跟踪和衡量学生的成绩,然后根据每个学生的优势和劣势提供个性化的指导。

要革新教育质量评估方法,抛弃一次考试定终身的做法,鼓励学生持续改进。评估结果将基于整个教育期间、而不是一次考试。学生应该不断开展项目实践活动,并将所学知识付诸实践,帮助他们把理论知识转化为实践经验,并形成长期记忆。这样,学生进入职业生涯,就能够运用他们学到的知识。

## (二)实行产教融合,推进职业教育教学模式变革

与基础教育不同,职业教育承担“使无业者有业,使有业者乐业”的使命,就是要坚持以就业为导向,实行产教融合,切切实实帮助学习者掌握就业创业能力。国内外的实践证明,推进产教深度融合是提升职业教育人才培养水平最有效、也是最根本的途径。政府应当建立推进职业教育与产业融合发展、推进校企协同育人新机制,使行业企业从培养目标、专业设置、课程计划、评估标准、实践教学、就业实习等多维度全程化地参与教育教学改革,把工作世界的新技术、新工艺和新方法纳入教学内容,有效促进职业教育教学与生产实践、技术推广、社会服务紧密结合,提高学生就业创业能力。

未来的自动化生产线,与设计、物流、营销等紧密联系在一起,成为一个随时能够进行调节的系统,操作员应当通过人机合作互动,根据不断变化的客户需求,进行分析判断和灵活决策。

在专业和课程建设中,从学科教育的窠臼中走出来,增强课程内容的先进性、针对性、实用性。在教育领域,大力推行行动导向的模式,让学生在“做中学”和“学中做”,实现工学结合、知行合一,调动学习者的学习兴趣,促进教学过程从关注向学习者传播信息转变为帮助学习者建构认知能力,从关注记忆转变为关注学会分析、归纳和应用,从关注知识转变为更加强调发展技能和能力,有效提高教育教学质量。

## (三)改造高等教育,培养工业4.0时代的创新者和领导者

工业4.0环境所需要的知识型从业者需要在新兴技术方面接受严格训练,但同样重要的是,还需要在与使用这些技术相关的价值观方面接受严格训练。他们不仅要具备技术开发和应用的能力,还要知道是否、何时、何地使用这些技术。他们必须既能看到技术在起作用,还要看到使用这种技术对社会的影响。

工业4.0所需要的能力既是反思性、批判性的,也是跨学科的。创新研究的结果都表明,创新并不仅仅是研发部门的事情。创新产品越来越需要来自不同工程阶段(从开发到维护)和工程学科(机械、电气、软件工程)的知识,创新出现于广泛的学科和部门之间的相互作用,贯穿整个产品生命周期。高等院校必须迅速重塑自己,并有义务走出自己的密封空间,试图创造适当的环境,使学生掌握复合技能,以建立、适应、管理和利用工业4.0,成为思考者、问题解决者、创新者和沟通者,从而获得基于价值的领导力。

同时,还需要通过高等院校治理模式改革,大力加强大学与技术研发中心和产业之

间的沟通和对话,重视发挥工程界、企业界专家在本科、硕士、博士阶段课程开发中的作用,并与行业企业讨论课程内容和能力标准,以及时响应行业企业在推进工业4.0中生产组织变化和技术创新的需要,切实提高大学教育的针对性和有效性。借鉴德国、法国和英国在高等教育阶段实行学徒制的经验,探索通过学徒制模式培养技术员和工程师的做法,综合利用高等院校和企业的知识和技术资源,培养既具有高学术资格也具有丰富现场实践经验创新者和领导者。

#### (四)大力建立学习型组织,促进员工终身学习

随着工业4.0的推进,职场员工的能力需要不断提高、深化,而员工的知识水平、技能和工作动机都是通过教育和学习来获得的。这意味着教育和学习必须是持续的、永久的,并应反映生产变革中产生的需求。在推进工业4.0的企业中,员工终身学习必不可少,但其性质、水平和强度可以根据企业和员工工作岗位的具体需求而有所不同。为此,企业需要建立经常性的、具有良好组织的、系统化的和切实有效的全员终身学习制度。学习的有效性在很大程度上取决于选择适当的员工教育和培训的手段和方法(讲座、研讨会、视频会议、项目工作、辅导、电子学习等),确保员工持续获得知识、技能、态度和经验。

历史经验表明,单纯的以技术为中心的范式,或者完全人性化的范式,都不能明显地和持续地提高企业竞争力,而且在一些情况下甚至会产生负面影响。相比之下,以组织为中心的生产系统建设思想在提高企业竞争力方面取得了重要成果。这就意味着,工业4.0能否成功,在很大程度上取决于它是否持续地“锚定”在组织中并有目标性地进行和实施。因此,人的因素和技术因素都应当适应并与组织的结构和过程保持一致。<sup>[19]</sup>这样,在推进工业4.0中,建立学习型组织就显得尤为重要。

学习型组织需要在个人、团队、组织等各个层面上进行学习。学习型组织内部的关键因素是信任、沟通、高度参与以及挑战、竞争和创造的环境,促进学习并分享学习成果。分享学习成果包括在组织内获得、处理、组织和传输知识,确保组织中所有员工都能获得这些知识。知识共享对于人力资源和整个组织的发展至关重要,因为它使组织能够提高其创新绩效并减少学习上的过度投入。需要进一步说明的是,知识本身的共享不仅应该保持在组织的范围内,而且需要通过外部合作伙伴(业务合作伙伴、教育和研究机构)的参与分享知识,改善企业人力资源开发过程。

总之,工业4.0不仅是关于“机器”,而且关系“人”,人的教育是现代社会的主要目标和成果之一。要推进工业4.0的发展,不仅需要推进基础教育、职业教育、高等教育的变革,还需要建立学习型组织,培养适应工业4.0发展需要的高素质人力资源,持续打造技术技能人才、科技创新人才和经营管理人才。

#### 参考文献:

- [1] GTAI. Industrie 4.0—Germany Market Outlook Progress Report [EB/OL]. [https://www.gtai.de/GTAI/Content/EN/Invest/\\_SharedDocs/Downloads/GTAI/Industry-overviews/industrie4.0-germany-market-outlook-progress-report-en.pdf? v=12.2019-10-07](https://www.gtai.de/GTAI/Content/EN/Invest/_SharedDocs/Downloads/GTAI/Industry-overviews/industrie4.0-germany-market-outlook-progress-report-en.pdf? v=12.2019-10-07).
- [2] Institut Montaigne. Industrie du Futur, Prêts, Partez [M]. Paris: Institut Montaigne. 2018.
- [3] Li DaXu, et al. Industry 4.0: State of the Art and Future Trends [J]. International Journal of Production Research, 2018, (8); Industry 4.0: Building the Digital Enterprise [M]. PwC Network, 2016. 3—11; OECD Digital Economy Outlook 2017 [M]. Paris: OECD Publishing, 2017. 198—244.
- [4] Hermann, M., et al. Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios: A Literature Review [M]. Technische Universität Dortmund, 2015.
- [5] Picot, et al. Arbeit in der digitalen Welt: Zusammenfassung der Ergebnisse der AG 1-Projektgruppe anlässlich der IT-Gipfelprozesse 2013 und 2014 (results of Germany's IT summit) [M]. Hamburg: Munich. 2014.
- [6] Conseil d'orientation pour l'emploi. Automatisation, numérisation et emploi, janvier [EB/OL]. <http://www.coe.gouv.fr/>

IMG%2Fpdf%2FCOE\_170110\_Rapport\_Automatisation\_numerisation\_et\_emploi\_Tome\_1.pdf. 2019-01-01.

[7] Kreinsen, H., et al. Welche Auswirkungen hat "Industrie 4.0" auf die Arbeitswelt? [M]. WISO direkt, Friedrich-Ebert-Stiftung, Bonn. 2014.

[8] World Economic Forum. The Future of Jobs [EB/OL]. <http://reports.weforum.org/future-of-jobs-2016/>. 2019-11-18.

[9] McKinsey Global Institute. 2017. Jobs Lost, Jobs Gained: Workforce Transitions in A Time of Automation [EB/OL]. <https://www.mckinsey.com/mgi>. 2019-11-18.

[10] International Monetary Fund. Understanding the Downward Trend in Labor Income Shares [R]. IMF World Economic Outlook; Gaining Momentum? 2017-04.

[11] Schwab, K. The Fourth Industrial Revolution [R]. Geneva: The World Economic Forum. 2016.

[12] Gale, A. Robot Hotel Loses Love for Robots [J]. The Wall Street Journal, 2019, (1).

[13] UN. 2017. Majority of world's population lacks internet access [EB/OL]. [https://www.upi.com/Top\\_News/World-News/2017/09/18/UN-Majority-of-worlds-population-lacks-internet-access/](https://www.upi.com/Top_News/World-News/2017/09/18/UN-Majority-of-worlds-population-lacks-internet-access/)

6571505782626/.2019-11-18.

[14] BCG. Winning the Industry 4.0 race [R]. décembre. 2016.

[15] 苗圩. 中国制造 2025: 迈向制造强国之路 [N]. 人民日报, 2015-05-26.

[16] Pierre-Olivier Bédard-Maltais. Industrie 4.0: La nouvelle révolution industrielle Les fabricants canadiens sont-ils prêts? [EB/OL]. <https://bridgr.co/wp-content/uploads/2017/06/bdc-etude-manufacturing-fr.pdf>. 2019-06-03.

[17] 谭铁牛. 人工智能的创新发展与社会影响 [EB/OL]. [http://www.npc.gov.cn/npc/xinwen/2018-10/29/content\\_2065419.htm](http://www.npc.gov.cn/npc/xinwen/2018-10/29/content_2065419.htm). 2018-10-29.

[18] Pierre-Olivier Bédard-Maltais. 2017. Industrie 4.0: La nouvelle révolution industrielle Les fabricants canadiens sont-ils prêts? [EB/OL]. <https://bridgr.co/wp-content/uploads/2017/06/bdc-etude-manufacturing-fr.pdf>. 2019-06-03.

[19] Kopp, R. et al. Why Industry 4.0 Needs Workplace Innovation: a Critical Look at the German debate on Advanced Manufacturing [J]. European Journal of Workplace Innovation, 2016, (1).

## The Impact of Industry 4.0 on the World of Work and the Call for Educational Reform

*Yang Jin*

**Abstract:** Industry 4.0 has become one of the heated topics from international scholars and practitioners. To this day, however, international research institutions have merely given a conceptual description of its prospects, core technology and application, and have failed to give a clear, accurate and generally-accepted definition. This study expounds the essential features of technological development in the context of Industry 4.0, such as interoperability, virtualization, devolution or decentralization, real-time capability, service orientation, and modularity, analyzes the impact of Industry 4.0 on the labor market, the labor organizations inside enterprises, and workers' skills, clarifies the superstitions and misunderstandings from society, and explores the cultivation of human resources expected to meet the needs of Industry 4.0 by means of developing ability-oriented basic education, reforming teaching models in vocational education, reforming higher education, and establishing learning organizations.

**Key words:** Industry 4.0; the world of work; educational reform

**Author:** Yang Jin, Minister-Counsellor of the Education Department, Chinese Embassy in France (Paris 75013)

[责任编辑:郭丹丹]