DOI：10.15895/j.cnki.rwzz.2020.05.017　网络首发时间：2020-05-26 09:46:31
网络首发地址：http://kns.cnki.net/kcms/detail/61.1005.C.20200521.1638.008.html

人工智能如何为高质量发展“赋能”

——ICT 时代的启示与 AI 时代的应对之道

◎ 杨虎涛

内容提要　高质量发展的核心要义首先在于实现国民收入、生产率和企业利润的协同增长，这种发展需要建立在具有足够的生产率增长空间、分工深度和净创造效应的高质量经济活动基础上。作为一种 ICT 技术的深化，当前的弱人工智能，本质上是一种智能连接技术，是从机机互联到万物互联，代表了从自动化到智能化的发展趋势，这必将带来产业组织形式和劳动过程的深刻变化。人工智能要尽可能为高质量发展“赋能”，成为经济增长新动能和结构转化的着力点，避免 ICT 时代的“索洛悖论”和经济增长推动“乏力”，就要放大其创造性效应与渗透效应，这尤其需要促进人工智能从当前有限的生活服务领域应用转向大范围的制造领域与生产服务领域应用，使人工智能技术尽可能地与材料、能源技术相结合，从而获取更大的创新收益。

关键词　高质量发展　人工智能　创造性破坏　通用技术
〔中图分类号〕F124; TP18　〔文献标识码〕A　〔文章编号〕0447－662X(2020)05－0031－12

近年来，人工智能(AI)的快速发展引起了各方广泛关注。联合国 2017 年发布《新技术革命对劳动力市场和收入分配的影响》报告，将人工智能与历史上的蒸汽机、电力、计算机一样视为一种通用技术(general purpose technology，GPT)。① 从技术特征而言，按照类似“人”的程度，人工智能可以分为三种：一是弱人工智能(weak AI)，也被称为狭隘人工智能(narrow AI)或应用人工智能(applied AI)，其特征是像人类一样执行(perform as humans)且只能执行有限的预设功能，还不具备智力或自我意识，优势是可以并以人类无法做到的方式分析数据；二是强人工智能(strong AI)，也称通用人工智能(artificial general intelligence)或全人工智能(full AI)，其特征是像人类一样思考(think as humans)，具备智力和自我意识，可以像人一样胜任任何智力性任务；三是超人工智能(artificial super intelligence，ASI)即机器智能，可以像人类智能实现生物上的进化一样，对自身进行重编程和改进，具备“递归自我改进功能”。② 受限于模拟神经元的困难以及“莫拉维克悖论”和“波兰尼悖论”，③强人工智能和超人工智能离我们还比较遥远，而联合国报告中所指的人工智能则是弱人工智能，这也将是很长一段时间内真正可以成为现实应用的智能技术。弱人工智能的主要技术价值在于通过搜索、匹配和预测，使机器像人类一样，甚至比人更好地完成单一任务的执行，体现为通过标准化和数据化强化和提升自动化程度。

① 联合国《新技术革命对劳动力市场和收入分配的影响》，2017 年，http://www.3mbang.com/p－224053.html。

② 关于人工智能的详细历史及分类，可参见 https://www.investopedia.com/terms/w/weak－ai.asp。

③ “莫拉维克悖论”是指计算机可以替代复杂计算却永远无法模仿感知和运动，而“波兰尼悖论”则是说我们知道的要超过我们能表达的。参见杨虎涛《人工智能、奇点时代与中国机遇》，《财经问题研究》2018 年第 12 期。

尽管只是像人类一样执行的弱人工智能，但这种“替代执行”技术对经济社会的影响已经引起了广泛的关注。虽然学术界对人工智能的就业冲击、科技伦理问题还存在诸多争论和忧虑，但这并不妨碍企业界和政府对人工智能这一通用性技术的高度重视和极大热情。2016 年以来，中国、美国、日本以及德英法等欧洲国家都相继出台了人工智能的产业发展规划。① 中共十九大则明确提出要“推动互联网、大数据和人工智能的发展以培育新增长点，形成新动能”。而党的十九届四中全会《决定》不仅两次提到人工智能，而且在“坚持和完善社会主义基本经济制度，推动经济高质量发展”部分，首次将数据增列到生产要素序列当中，而数据正是人工智能三要素——数据、芯片和算法中最基础的原材料。

作为一种不可避免的技术发展趋势，同时也作为被寄予助力中国经济发展方式转型厚望的供给侧的重要着力点，人工智能是否满足推动我国经济高质量发展的条件？它如何为高质量发展“赋能”？从技术特征而言，当前的弱人工智能并不想消灭和替代现有人类所有劳动的技术，而只是信息通信技术（ICT）浪潮在智能化方向上的一种深化，它会不会再现 Triplett② 对 ICT 技术的“索洛悖论”研究中的“过度期望”？如何更好地发挥人工智能的经济增长效应？本文拟对上述问题进行尝试性探讨。

一、高质量发展与高质量经济活动的特征

十九大以来，高质量发展的内涵、实现机制和着力点一直是理论界所关注的热点问题。学者们从不同角度，结合中央精神和习总书记重要讲话，对高质量发展进行了全面而深入的解读。如，从目标、动力角度讨论高质量发展与高速度发展的区别，强调新时代高质量发展在结构和驱动力上的特质；③从创新、协调、绿色、开放、共享五大理念诠释高质量发展的多维要求与必要性；④从满足美好生活需要角度诠释高质量发展在产品和服务上的要求，以及如何满足人民不断增长的多方面需要；⑤或者是从着力点、实现途径和实现机制分析如何实现高质量发展⑥以及从中国特色政治经济学理论创新的角度诠释新时代高质量发展的政治经济学理论逻辑。⑦ 这些研究对理解高质量发展，尤其是在转型升级和供给侧改革背景下，理解高质量发展与之前发展模式的区别，有着重要的价值。由于发展本身是一个包含增长，但比增长的含义要更为丰富的范畴，那么，高质量发展所对应的增长有什么特质呢？

习近平总书记多次强调，实现高质量发展，是适应我国社会主要矛盾变化和保持经济社会持续健康发展的必然要求。他明确指出，“衡量发展质量和效益，就是投资有回报、产品有市场、企业有利润、员工有收入、政府有税收、环境有改善，这才是我们要的发展”。⑧ 总书记这一简明扼要论断的本质，是指经济发展过程中生产率提高、实际工资提高以及利润提高之间的协同增长。生产率提高意味着会产出额外的资源，可用于下一轮提高生产率的投资，而更有效率地被生产出来的产品或者服务，又会通过刺激其他领域提高生产率；实际工资提高则意味着消费需求的持续增长和人民福利的真实改进，同时也有助于产品价值和利润的实现；而利润提高意味着企业可以有更高的积累和投资能力。生产率、实际工资和利润的协同增长也意

① 详见清华大学中国科技政策研究中心《中国人工智能发展报告 2018》，http://www.clii.com.cn/lhrh/hyxx/201807/P020180724021759.pdf。

② J. E. Triplett, “The Solow Productivity Paradox: What Do Computers Do to Productivity?” *Canadian Journal of Economics*, vol. 32, no. 2, 1999, pp. 309 ~ 334. 后文中引用 Triplett 的观点均出自该文，不再重复作注。

③ 马建堂《什么是高质量发展》，《陕西发展和改革》2018 年第 5 期；陈昌兵《新时代我国经济高质量发展动力转换研究》，《上海经济研究》2018 年第 5 期。

④ 盛朝迅《理解高质量发展的五个维度》，《经济日报》2018 年 4 月 27 日。

⑤ 刘志彪《理解高质量发展：基本特征、支撑要素与当前重点问题》，《学术月刊》2018 年第 7 期。

⑥ 贺晓宇、沈坤荣《现代化经济体系、全要素生产率与高质量发展》，《上海经济研究》2018 年第 6 期。

⑦ 任保平《新时代高质量发展的政治经济学理论逻辑及其现实性》，《人文杂志》2018 年第 2 期。

⑧《围绕贯彻党的十八届五中全会精神做好当前经济工作》（2015 年 12 月 18 日），《习近平关于社会主义经济建设论述摘编》，中央文献出版社，2017 年。

味着消费、投资和积累之间实现了一种良性循环，这种循环累积的过程不断推动经济社会发展水平的提升。

能实现生产率、实际工资以及利润之间协同增长的这种经济活动，被演化发展经济学称为高质量活动（high quality activity），也被经济史学家称为现代模式（modern pattern）。① 按照赖纳特、戈登等人对经济史的梳理，这种高质量活动几乎是所有国家走向富裕的经济活动的共有特征。② 无论是早期崛起的英美等国，还是后发追赶的东亚发展型国家，乃至于二战之后黄金三十年的欧美等国，在其走向富裕的阶段，选择、培育和促进当时特定的高质量经济活动都是其致富的关键。赖纳特指出，在这种高质量经济活动中，“技术发展的成果将会被如下群体所分享：a）企业家和投资者、b）工人、c）当地劳动力市场中的其他人，以及 d）国家——通过更大的税基”。③ 我们所强调的高质量发展较之历史上这些国家和地区的发展有着更为丰富的含义和更高的要求，尤其强调在创新、协调、绿色、开放、共享五大理念的前提下实现生产率、利润与实际工资的协同增长。这里，生产率、利润与实际工资的协同增长是基本要求，如果不能实现这一目标，就意味着经济增长缺乏动力，经济效率没有提升，人民福祉也没有得到改善和提高，从而也无法达成更多其他目标。

工业革命以来，不同国家的发展并未出现主流经济学所预言的趋同，不仅成功跻身富裕国家阵营的国家和地区屈指可数，而且穷国和富国的差距愈发加大。这意味着，一个国家真正将其发展建立在坚实的高质量经济活动基础上并非易事。一方面，高质量经济活动存在着竞争性，每一次技术革命浪潮都为后发国家实现赶超提供了技术的机会窗口，但这种机会窗口具有唯一的“利基”性，一旦占据技术高点，机会窗口就会对后来者关闭，后来者需要向先行者缴纳“利基”租金并在全球分工与贸易体系中被成功的先行者锁定；另一方面，高质量经济活动本身具有特定性，它对技术和产品特征、新技术引发的规模和结构效应都有特定的要求，对于不同规模、不同禀赋和不同起点的国家和地区，并非每一次新技术都构成“致富”机会。工业革命以来，之所以每一次技术革命浪潮都并非具有同等的“致富力”，其原因也在于此。

概括而言，一种经济活动如果要可称之为高质量经济活动，需要具备以下几个要素：第一，潜在的生产率增长空间。高质量经济活动必须具有足够的生产率增长空间，生产率从低到高的改进过程，不仅需要投资和创新研发，也能形成知识和能力的积累。第二，分工深度。高质量经济活动具有足够的分工深度，可以产生足够多的新部门。分工深度对经济活动的质量具有双重意义：更深的分工对应出更多具有生产率改进空间的新部门，而创造出的更多新部门会再产生部门间更强的协同效应。第三，净创造效应。高质量经济活动的产生和发展是一个创造性破坏的过程，但只有创造性效应大于其破坏性效应才可称之为高质量经济活动。新部门被创造出来的同时，也会摧毁或替代掉传统的、生产同类型使用价值的旧部门，如汽车替代马车，电力替代生物力等。在总量意义上，只有新部门对应的就业、利润、资本积累以及总产出，大于被替代或摧毁掉的传统部门原来所对应的就业、利润、资本积累以及总产出时，才可称之为创造性效应大于其破坏性效应。第四，渗透效应大。高质量经济活动所涵盖的技术、产品或服务具有广泛的技术外溢效应或渗透效应，从而能影响其他缺乏生产率改进空间或生产率提升缓慢的部门，产生更大范围的产业协同效应，进而导致这些受影响部门在就业、利润、资本积累以及产出总量上的优化，使生产率得到更大范围的进步。

生产率增长空间、分工深度、净创造效应和渗透效应，共同构成了高质量经济活动的特征。其中，生产率增长空间是决定性的。正如克鲁格曼的名言——生产率无影无踪，但从长远观点观察，它几乎可以决定一切。④ 生产率增长之所以重要，是因为生产率的增长才意味着会产生出额外的资源，可用于更多范围的投资。而生产

① Robert C. Allen, “Engels’ Pause: A Pessimist’s Guide to the British Industrial Revolution,” *Oxford University, Department of Economics Working Paper*, no. 315, 2007.

② 详见［挪］埃里克·赖纳特《富国为什么富 穷国为什么穷》，杨虎涛等译，中国人民大学出版社，2013 年；［美］罗伯特·戈登：《美国增长的起落》，张林山等译，中信出版社，2018 年。

③ ［挪］埃里克·赖纳特《富国为什么富 穷国为什么穷》，杨虎涛等译，中国人民大学出版社，2013 年，第 101 页。

④ ［美］保罗·克鲁格曼《预期消退的年代》，王松奇译，中国经济出版社，2000 年，第 5 页。

率增长又和分工深度、净创造效应和渗透效应密切相关。生产率增长空间既包括高质量经济活动部门本身的生产率增长空间,也包括它通过渗透效应提升其他旧的、停滞的或“慢”部门的生产率增长空间。高质量经济活动部门本身的生产率增长空间由技术变迁所带来的分工深度决定,新技术“裂变”的部门越多,部门间的协同效应也越强,高质量经济活动部门本身的生产率提升的持续时间也越长;而渗透效应则由这种新技术的相应产品或服务的“通用程度”决定,如果新技术对应的产品或服务具有更大的“通用程度”,就可用于更多行业和更多产品的过程创新之中,从而可以带来持久的生产率溢出,意味着更大范围内存在更多部门的生产率提升空间。在技术发展历史上,诸如新动力、新能源、流水线等,就属于此类技术产品。而由分工深度和渗透效应决定的生产率增长空间大小和生产率改进的持续时间,最终决定了总量意义上的净创造效应。如果一种新的技术经济范式能带来大范围的、持久的生产率优化,其创造效应以及补充效应就足以弥补和超过其破坏和替代效应。

生产率空间、分工深度、净创造效应和渗透效应的大小和强弱,共同定义了高质量经济活动的规模和结构,进而决定了它是否具有足够的拉动力量,带动一个经济体持续地实现生产率、实际工资和利润的协同增长与良性循环。规模和结构的关系,即是杨格定理所刻画的市场规模与迂回生产、产业间分工相互作用和自我演进的关系,市场规模引致分工的深化和结构的复杂化,分工的深化和结构的复杂化又引致市场规模的扩大,二者循环累积、互为因果。高质量经济活动的规模和结构之所以重要,是因为:第一,就生产率增长的广泛程度和持续时间而言,规模和结构至关重要。生产率提升快的“快”部门本身需要其他部门的“引致需求”拉动自身创新,同时也反过来对生产率提升慢的“慢”部门产生扩散,最终在更大范围和更长时间内起到提升生产率的作用。第二,实际工资的提升也依赖于高质量活动的规模和结构。当高质量经济活动达到相当规模的时候,该部门的从业者就更有能力消费劳动生产率较低、进步较慢的部门的产品和服务,从而让这些部门的从业者的收入也随之增加。高质量经济活动的结构越复杂,这种收入的传递效应就越持久,在生产率的逐级溢出过程中就能实现更多部门从业者的实际工资提升。

总体而言,高质量经济活动并不是一个行业、一个产品,而是一组可以协同发展的、可以带动和渗透“旧”部门的产业活动,它在国民经济体系中的规模大小和结构的复杂程度,决定着高质量经济活动引擎力的大小。相较于较小经济体,要实现生产率、实际工资和利润的协同增长,大的经济体对高质量经济活动的规模和结构有更高的要求。对于较小经济体而言,即使其国内缺乏足够的产业梯度,无法在国内形成足够的部门间互为市场,但凭借少量部门或产品的竞争优势,仍有可能带动该经济体实现国民实际工资的上升。典型如北欧诸国,只要在某一产品或服务领域,如精密仪器、金融手机甚至手表上具有国际竞争优势,就足以拉动其人均收入的持续增长。但对于大国而言,则需要更大规模和结构更复杂的高质量经济活动。

二、戈登三问与索洛悖论:未能扭转长萧条的 ICT 革命

在《美国增长的起落》这一经济史巨著中,著名经济史学家戈登提出了三个问题:第一,为什么在经历了从罗马时代到 1750 年的两千多年的人均产出停滞之后,经济增长能够结束休眠状态开始苏醒?第二,为什么从 20 世纪 60 年代至 70 年代初增长开始放缓?第三,为什么 20 世纪中叶美国经济增长如此迅速?① 其中第一个问题可以说是现代经济史上最根本的问题。

无独有偶,在 2017 年 10 月 19 日,《自然》杂志也刊发了经济学家 Robert Allen 的《以史为鉴:未来的工作会怎样?》。在这篇文章中,Allen 指出,与第一次工业革命时英国的恩格尔停顿(Engels' Pause)——劳动生产率自 1770 年增长,但实际工资增长自 1830 年开始的 60 年停顿期——相比,美国 20 世纪 70 年代以来的情形更为糟糕,尽管在时间上还没有达到恩格尔停顿的长度,但实际工资和劳动生产率的背离程度却要严重得多,同时还伴随着严重的不平等和就业极化。这意味着,20 世纪 70 年代以来,美国人的实际生活水平并

① [美] 罗伯特·戈登《美国增长的起落》,张林山等译,中信出版社,2018 年,第 538 页。

没有得到提高。Allen 因此将 20 世纪 70 年代以来称为问题时代(problem - ridden present),而 1830 - 1970 年则被称为西方走向富裕的时代(Western ascent to affluence)。①

事实上,无论是戈登还是 Allen 都在强调同一个事实,真正带来巨变的是包含了第三次和第四次技术革命浪潮的第二次工业革命。而 20 世纪 70 年代以来,尽管发生了第五次和正在发生第六次技术革命浪潮,却再也没有出现生产率、实际工资和利润的协同增长。无论是从利润率、投资率还是就业创造、实际工资增长等方面观察,20 世纪 70 年代以来,西方国家就已经进入了“长萧条”之中。Mullan 的统计显示,美国的商业投资净额已经从战后经济繁荣期结束时的近 6%,下降到了如今的 2.5% 左右,资本积累速度缓慢,进而影响生产率的增长。而就整个发达经济体而言,20 世纪 70 年代的生产率增速从 3.25% 左右降到 2% 左右,在本世纪头一个十年中期下降到了 1.25% 左右,2008 年金融危机后则进一步降到了 1% 以下。② 戈登的研究则进一步表明,1928 - 1972 年间,美国的产出资本比率的年均增长率为 0.9%,而 1972 - 2013 年间则降低到了 -0.8%。③ 从劳动收入占比和实际工资水平上看,1972 年美国非农私人经济部门的小时工资和周工资(以 1982 - 1984 年美元计算)分别为 9.26 和 341.83 美元,此后 21 年间这两项指标持续下降,至 1993 年分别降至 7.78 和 266.65 美元。甚至在 2008 年国际金融危机爆发前的过度繁荣时期,小时工资和周工资也依旧只有 8.57 和 288.06 美元,远低于 20 世纪 60 - 70 年代的平均水平。④ 20 世纪 70 年代以来的长期下行中,ICT 技术革命只是在 1995 - 2004 年间一度挽救了这种颓势,但 2005 年之后长期停滞特征更为明显。⑤

早在 1987 年,Solow 就针对 ICT 革命提出了著名的索洛悖论(也称生产率悖论):“我们到处都看得见计算机,就是在生产率统计方面却看不见计算机(Computers everywhere except in the productivity statistics)”。⑥ 对于 Solow 的这一质疑,不同学者也给出了不同的解释。⑦ 其中,Jacobs 和 Nahuis 将索洛悖论归因为学习成本,认为生产率提升缓慢缘于新技术条件下高技能劳动力将花费时间研习和熟悉新技术,这在短期中将导致经济增长率的降低,但随着时间的推移,这种短期停滞就会消失。而 Paul David 则依据新熊彼特学派的产业协同理论将索洛悖论归结于“时滞”,即任何一种新的通用技术在其发明之初都不可能立即带来生产率增长,只有在生产关键投入的动力部门的产品变得廉价而普遍时,动力部门、支柱部门和引致部门才能形成互为市场的良性循环,从而引发生产率的大范围提升。这两者可统称为“时间延迟”论。

与“时间延迟”论不同,Gullickson 和 Harper 则认为,导致索洛悖论的不是时间延迟,而是领域的问题。ICT 技术的主要应用领域是服务业部门,而服务业部门产出提升的体现是便利程度、舒适程度等的提升,但这些效应难以统计。⑧ Griliches 对服务业劳动生产率的测度也支持了这一观点,其统计结果显示,70% 的 IT 资本都投向了服务业部门。⑨ 而在关于 ICT 是否意味着科技平原的讨论中,泰勒·考恩(Tyler Cowen)等人也认为,ICT 时代的创新更多是针对“再分配”类型的产品,而不是面向有“实用价值”的产品。⑩ 在 Triplett 和 Mullan 等人看

---

① Robert C. Allen, “Lessons from History for the Future of Work,” *Nature*, vol. 550, no. 7676, 2017, pp. 321 ~ 324.

② Phil Mullan, *Creative Destruction: How to Start an Economic Renaissance*, Bristol: Policy Press, 2017, pp. 96 ~ 97.

③ [美] 罗伯特·戈登《美国增长的起落》,张林山等译,中信出版社,2018 年,第 623 页。

④ 王生升《在历史坐标中解析中美经贸摩擦的真相》,《光明日报》2019 年 6 月 20 日,第 13 版。

⑤ 在 Mullan 看来,甚至这一时期的复苏都和 ICT 没有什么关系,更多应该归因于冷战结束、东亚崛起和美元霸权的红利。详见 Phil Mullan, *Creative Destruction: How to Start an Economic Renaissance*, Bristol: Policy Press, 2017, p. 61.

⑥ Robert M. Solow, “We'd Better Watch Out,” *New York Times Book Review*, July 12, 1987, p. 36.

⑦ B. Jacobs, R. Nahuis, “A General Purpose Technology Explains the Solow Paradox and Wage Inequality,” *Economics Letters*, vol. 74, no. 2, 2002, pp. 243 ~ 250; Paul A. David, “The Dynamo and the Computer: An Historical Perspective on the Modern Productivity Paradox,” *American Economic Review*, vol. 80, no. 2, 1990, pp. 355 ~ 361.

⑧ W. Gullickson, M. J. Harper, “Possible Measurement Bias in Aggregate Productivity Growth,” *Monthly Labor Review*, vol. 122, no. 2, 1999, pp. 47 ~ 67.

⑨ Zvi Griliches, *Output Measurement in the Service Sectors*, University of Chicago Press, 1992.

⑩ 转引自 [美] 布拉德福德·德龙《美国经济增长的前景》,《比较》总第 70 辑,2014 年第 1 期。

来，索洛悖论并不是悖论。因为 ICT 技术本身就不具备大幅提高生产率的能力，ICT 技术的发展主要针对信息传递效率而非生产领域，即便是指向生产领域的信息传递，对生产过程的影响也十分有限，Triplett 称之为“过度期望”。Mullan 则指出，ICT 只对应了两个领域的劳动生产率优化，即批发零售业和金融业，尤其是金融证券交易业，但这两个领域，正是距生产活动最远的两大领域，加速进行金融交易或者扩大消费机会，并不会创造出一种生产率更高的经济，这两种功能都不会直接创造出新的价值来。① 此类观点可称为“领域错配或错误期望”。

Crafts 则对蒸汽机、电力、ICT 技术对英国和美国经济增长的贡献度进行了测度，见表 1 ~ 表 3。②

表 1　蒸汽机在 1760 – 1860 年对英国经济增长的贡献（年均百分比）

	1760 – 1800	1800 – 1830	1830 – 1860
蒸汽动力资本贡献	0.005	0.012	0.04
蒸汽动力 TFP 贡献	0.003	0.00	0.01
铁路资本贡献			0.16
铁路 TFP 贡献			0.05
蒸汽动力总贡献	0.008	0.012	0.26
蒸汽动力对人均 GDP 增长的贡献	3.8	2.4	23.6

表 2　电力在 1899 – 1929 年对美国经济增长的贡献（年均百分比）

	1899 – 1929	1919 – 1929
电动机 TFP 贡献	0.01	0.03
电力设施资本贡献	0.21	0.18
电力设施 TFP 贡献	0.05	0.02
电力资本品贡献	0.29	0.75
电力总贡献	0.56	0.98
电力对人均 GDP 增长的贡献	28.2	47.0

表 3　ICT 技术在 1974 – 2000 年对美国经济增长的贡献（年均百分比）

	1974 – 1990	1991 – 1995	1996 – 2000
ICT 资本贡献	0.52	0.57	1.36
ICT TFP 贡献	0.17	0.24	0.50
ICT 总贡献	0.69	0.79	1.86
ICT 对人均 GDP 增长的贡献	30.4	54.6	56.3

从表 1 ~ 表 3 可看出：第一，如果以标志性事件为工业革命的起点时间，“时间延迟”效应是客观存在的。以 1760 年蒸汽机发明为起点，1760 – 1830 年的 70 年时间里，蒸汽机对生产率、经济增长和人均收入的贡献微乎其微，但在之后的 1830 – 1860 年间，蒸汽机、铁路开始彰显其经济功效；以 1875 年人类第一座火电厂为时间起点，电气化技术对美国经济增长的贡献直到 1919 年才开始突显；而以人类第一个微处理器 Intel 4004 出现的 1971 年为 ICT 技术革命的起点，其对经济增长、生产率和人均收入的贡献也一直到 1996 年才显示出来，三次革命的时滞期分别为 70 年、44 年、25 年，有明显缩短趋势。第二，从蒸汽机到 ICT 的变革过程中，通用技术的总效能也在不断提升，蒸汽机技术的效能充分发挥时，年均总贡献约 0.26%，占人均 GDP 增长率的 23.6%，这两个数据在电气时代变为了 0.98% 和 47%，在 ICT 时代则高达 1.86% 和 56.3%。

Crafts 的研究也表明，Jacobs 和 Nahuis 以及 Paul David 等人的“时间延迟”说是成立的。事实上，正如 Dosi 等人的研究所指出，索洛悖论在提出 8 年之后，就遭遇到了美国生产率的复苏：1995 – 2004 年间，美国的劳动生产率的年均增速达到了 2.8%，但 2005 年之后则下降了 1.3%。③ 而从全要素生产率上观察，美国在经历了 1970 – 2004 年间 0.57% 的年均增长率后，1995 – 2004 年间的全要素生产率增速也达到了 1.03%，

① Phil Mullan, *Creative Destruction: How to Start an Economic Renaissance*, Bristol: Policy Press, 2017, p. 60.

② N. Crafts, “The Solow Productivity Paradox in Historical Perspective,” *CEPR Discussion Paper*, no. 3142, 2002. 表 1 ~ 表 3 根据原文附录进行整理。

③ G. Dosi, M. E. Virgillito, “Whither the Evolution of the Contemporary Social Fabric? New Technologies and Old Socio – economic Trends,” *International Labour Review*, vol. 158, no. 4, 2019, pp. 593 ~ 625.

尽管这一数值远低于 1920 – 1970 年的 1.89%，[①]但至少可以说明，无论是从资本贡献还是从全要素生产率的贡献来说，ICT 并不逊色于前两次工业革命。这也说明，如果仅仅是指生产率的增长，Solow 的“悲叹”只是早了近十年而已。作为一种通用技术，ICT 并非一无是处。

从历史唯物主义出发，无论是以戈登、Allen 为代表的经济史学家，还是 Dosi 等新熊彼特学派的学者，在从技术革命浪潮和长波视角分析 ICT 时代以来的长萧条过程中，都只是孤立地强调了技术层面，而未能从生产力 – 生产关系的矛盾关系中把握长萧条更深层次的制度原因。从本质而言，无论是长萧条还是黄金三十年，抑或 1995 – 2004 年间的 ICT 短期繁荣，都是生产力与生产关系的矛盾运动的长期趋势与外在表现。技术及其组合本身不会自动实现任何经济社会后果，资本积累、价值及剩余价值的生产以及它们的最终实现才是最终的推动力量。在 Mullan 看来，正是新自由主义主导下的畸形金融以及资本主导的经济制度和政治制度，才造成了长萧条的抑制性，使真正的创造性效应未能得以彻底而有效地释放。而并非单纯的新旧技术更替，亦非只是市场本身的破坏就可以解决长萧条的“抑制型”弊端，只有进行包括制度在内的变革，才能达到创造性破坏与破坏性创造并举的效果。[②] 而哈维更是直言，“信息技术是新自由主义的特权技术，它更适合用于投机行为和最大化短期市场合同，而不是用于提高生产。”信息技术主要围绕一些新兴行业，比如电子游戏、影视、广告、艺术展演等，围绕这些新兴部门的大肆宣传引开了人们的注意力，从而使人们没有注意到社会基础设施投资的缺失。[③]

三、规模和结构——ICT 为什么增长乏力?

但是，必须注意到前文所述 Crafts 研究中的另一个细节：从总贡献上看，三次技术革命浪潮的通用技术部门本身对经济增长的贡献是逐步提升的，分别为 0.26%、0.98% 和 1.86%，而部门对经济增长的贡献是按照（“部门当年增加值 – 部门上年增加值）/上年国内生产总值”来计算的。这也即是说，单独就蒸汽机、电力设备和电动机、ICT 的相关部门对经济增长的贡献而言，ICT 相关部门对 GDP 增长的贡献并不低。

问题的关键在于：第一，为什么蒸汽机 0.26% 的贡献度和电力电器 0.98% 的贡献度，却对应了超过半个世纪的 GDP 和全要素生产率增长，而 ICT1.86% 的贡献却只对应了 10 年的增长？Allen 的研究表明，1800 – 1830 年，英国的实际工资没有增长，但人均产出年均增长达到 0.63%，全要素生产率年均增长达到 0.69%；1830 – 1860 年，人均产出年均增长达到 1.12%，实际工资年均增长达到 0.86%，全要素生产率年均增长达到 0.94%；1860 – 1900 年，人均产出年均增长达到 1.03%，全要素生产率年均增长达到 0.89%，人均工资增长 1.61%。[④] 而按照麦迪逊数据库的统计，1820 – 1870 年，16 个发达国家 GDP 的年均复合增长率达到 2.2%，1870 – 1913 年达到 2.5%，1913 – 1950 年达到 1.9%，1950 – 1973 年的黄金时期则达到 4.9%；这也即是说，在第一次工业革命的蒸汽铁路时代，GDP 以年均复合增长率超过 2.2% 的速度增长了 50 年以上，即使不考虑黄金年代的高增长，第二次工业革命也曾以接近 2 % 的增长率持续了近 80 年。但 Mullan 的统计却表明，20 世纪 60、70、80、90 年代和 21 世纪头十年，G7 国家每十年的 GDP 增量分别为 64%、39%、38%、29%、14%。[⑤]第三次工业革命中 ICT 对应时段的经济增长率显然较以前要弱得多。而且，即使是在 1995 – 2004 年的 ICT 生产率爆发效应期间，主要对应的也是利润率的增长，而不是生产率和实际工资的增长。

再考虑 Crafts 统计的另一个细节。在蒸汽铁路和电力电器时代，蒸汽铁路和电力电器的资本贡献度、全要素生产率贡献度、乃至于对经济增长的总贡献和对人均 GDP 增长的贡献率都并不高，甚至低于 ICT 的相

① [美] 罗伯特·戈登《美国增长的起落》，张林山等译，中信出版社，2018 年，第 551 页。

②⑤ Phil Mullan, *Creative Destruction: How to Start an Economic Renaissance*, Bristol: Policy Press, 2017, pp. 149 ~ 167、12.

③ [美] 大卫·哈维《新自由主义简史》，王钦译，上海译文出版社，2016 年，第 183 页。

④ Robert C. Allen, “Engels’ Pause: A Pessimist’s Guide to the British Industrial Revolution,” *Oxford University, Department of Economics Working Paper*, no. 315, 2007.

应贡献，但无论是蒸汽铁路时代，还是电力电器时代，对经济增长贡献的持续时间都很长。联系同时期的经济增长率和全要素生产率增长，蒸汽铁路和电力电器的低贡献度却明显伴随着该时期的高增长率，ICT 的高贡献却伴随着同时期的低增长率。如前所述，所谓贡献度，只是指部门增加值增量在总体增长中的占比。这即是说，在 ICT 成为通用技术时代的经济增长中，ICT 部门本身的增长很快，但这种高贡献率却对应着较短时期较低的增长率（从 GDP 到全要素生产率），而在蒸气铁路和电力电器成为通用技术时代的增长过程中，蒸气铁路和电力电器部门本身的增长占比并不高，但这种低贡献率却对应着较长时期较高的增长率（从 GDP 到全要素生产率）。相较于第二次工业革命，ICT 革命如此短暂而有限的生产率效应，显然并不足以拉动美国这样庞大的经济体实现类似于第二次工业革命时期那样持久而强劲的生产率、实际工资和利润之间的循环累积，这也是 ICT 时期为何对应着“长萧条”的原因。易言之，如果说第二次工业革命对美国而言是高质量经济活动的话，那么第三次工业革命在“质”和“量”方面显然无法与之相比。因此，问题的关键就在于，不是 ICT 技术本身没有增长效应，而是为什么 ICT 不能带来长时间的高增长。

按照新熊彼特学派的划分，一种新的通用技术兴起之后将对应着三种不同的部门：生产关键生产要素①的动力部门，使用关键生产要素的支柱部门，以及围绕着支柱部门和动力部门而展开的引致部门。只有当生产关键生产要素的动力部门取得突破性进展时，支柱部门和引致部门才会得以爆发性增长。在历次技术浪潮中，动力部门劳动生产率提高导致的关键生产要素的廉价化是引发各技术系统自我增强效应的“引爆点”，分别引发了煤、铁、蒸汽机的机械力革命，钢、铁路、内燃机、石油和汽车之间的能源和交通革命，以及以计算机、互联网为代表的信息和通信技术革命。而在 Crafts 2004 年的统计中，②并未对三个技术革命时期的部门进行总体和结构的对应分析，只是对动力或支柱部门中的某一个部门进行了分析，因此也就无法准确地反映出新技术革命的整体规模和结构及其经济拉动效应。

沿袭高质量经济活动的规模与结构特征，我们有必要对不同时期代表性部门的规模和结构进行比较。依据美国国民经济账户的划分，我们对第二次和第三次工业革命的新部门规模进行了比较。图 1 为美国 ICT 部门增加值占 GDP 的比例，因 1997 年 BEA 统计口径调整，102 项目〔包含计算机和电子产品制造（不包括导航、测量、电子医疗、控制设备制造），软件出版，广播和电信，数据处理、托管及相关服务，互联网出版广播和网络搜索门户，以及计算机系统设计和相关服务等行业〕与项目 19（计算机与电子产品生产）、52（广播电信）、53（数据处理、互联网出版和其他信息服务）、68（计算机系统设计及相关服务）在年份和统计口径上略有差异，我们分别对单独的项目 102（数据为 1997－2017 年）和项目 19、52、53、68 的加总进行了统计。结果表明，按行业增加值占比统计，三个部门增加值加总后占 GDP 比重最高为 4%。

同样根据 BEA 的数据，我们对 1947－2017 年美国第二次工业革命对应的部门增加值占 GDP 的比例也进行了统计。根据第二次工业革命的部门创造，我们在制造业中剔除了 ICT 部门，称之为狭义制造，而将狭义制造业与采矿、石油化工和建筑业的加总视为广义制造。结果表明，第二次工业革命所对应部门的增加值占比，仅剔除 ICT 制造的狭义制造业的占比最低达到了 7%，广义制造在最低的时候达到了 13%，而在战后的黄金三十年中，这两个比例平均达到了 14% 和 23%。

单就新部门创生而言，ICT 显然无法与第二次工业革命时代相提并论。罗伯特·戈登将第二次工业革命分为两个进程：第一进程是 1870－1900 年，主要涉及电力、内燃机、公用事业、通讯和娱乐业，以及包括石

① 弗里曼和佩雷斯认为，“关键生产要素”是技术－经济范式中的“一个特定投入或一组投入”，它可能表现为某种重要的资源或工业制成品，决定着技术经济范式的特征并成为划分不同类型的技术经济范式的依据。“关键生产要素”需满足三个条件：可使生产成本明显下降，在很长时期内有无限供应，被广泛应用和易于扩散。详见〔英〕弗里曼、〔英〕佩雷斯《结构调整危机：经济周期与投资行为》，〔意〕G. 多西等主编《技术进步与经济理论》，钟学义等译，经济科学出版社，1992 年，第 58～74 页。

② N. Crafts, “Steam as a General Purpose Technology: A Growth Accounting Perspective,” *The Economic Journal*, vol. 114, no. 495, 2004, pp. 338～351.

油在内的化学工业;后续阶段则是 1900 – 1970 年,涉及大规模生产、航空、公路运输和汽车业,以及摩天大楼;这两个时代也可以称之为电气化时代和机动化时代,每一次都创造出了大量的新部门。① 而在 BEA 的统计口径中,1870 年以来的第二次工业革命产生的部门,涵盖了制造业领域中的绝大部分,如,包括汽车飞机轮船在内的运输设施、家用耐用消费品、加工机械设备、合成材料、石油化工,以及高速公路和机场等基础设施、空中航线等。弗里曼和卢桑认为,“20 世纪 60 年代以来,这些部门占了国民总产出的很大比重,可能高达三分之一。”②相较之下,20 世纪 70 年代至今的 ICT 革命则主要创生了计算机、网络和移动电信产业等有限部门。对于美国这样体量的经济体而言,这种新部门创生效应及其拉动力量显然要弱于第二次工业革命。

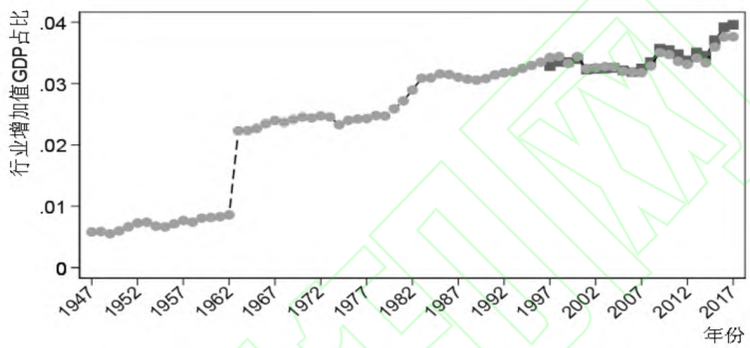

图 1　美国 ICT 部门增加值占 GDP 的比例(1947 – 2017)

注:图 1 中黑线对应项目 102;灰线的 1947 – 1962 年部分只包括项目 19,1963 – 2017 年部分对应项目 19、52、53、68 的加总。数据源自美国经济分析局(Bureau of Economic Analysis,BEA)。

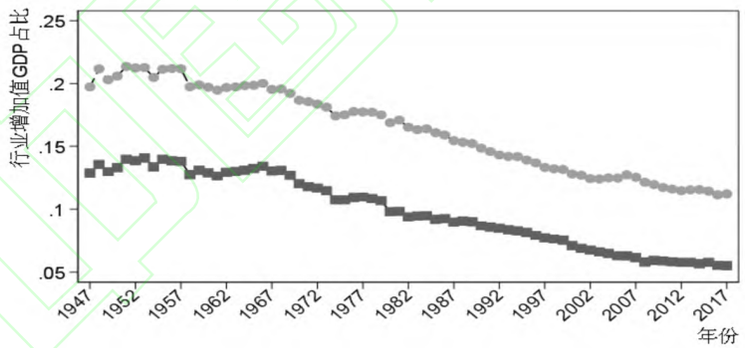

图 2　美国第二次工业革命对应的部门增加值占 GDP 的比例(1947 – 2017)

注:图 2 中黑线对应狭义制造业(不包括电脑及电子产品制造);灰线对应广义制造业,为采矿业、石油化工业、建筑业与狭义制造业的加总。数据来源同图 1。

四、人工智能如何为高质量发展“赋能”

对人工智能能否带来可观的经济增长,经济学家可分为悲观论、乐观论和谨慎乐观论三派。悲观论者如戈登、Mullan 等人都认为,无论是信息通信技术(ICT)还是人工智能,都无法达到第二次工业革命时的增长效果。由于创新更侧重于分配领域而非价值创造领域,甚至还有可能会带来停滞。③ 乐观论者如 Aghion 等认为 AI 主要通过影

① 转引自 [美] 布拉德福德·德龙《美国经济增长的前景》,《比较》总第 70 辑,2014 年第 1 期。

② [英] 弗里曼、[英] 卢桑《光阴似箭:从工业革命到信息革命》,沈宏亮译,中国人民大学出版社,2007 年,第 309 页。

③ [美] 罗伯特·戈登《美国增长的起落》,张林山等译,中信出版社,2018 年,第 538 页;Phil Mullan, *Creative Destruction: How to Start an Economic Renaissance*, Bristol: Policy Press, 2017.

响市场结构、部门再分配和组织形式进一步影响经济增长，Furman 和 Seamans 认为 AI 在提高生产率方面具有很大潜力。① 谨慎乐观论者则认为通用技术的扩散是波形而非直线增长的，经济效率优化与生产率增长存在时滞。②

支持悲观论的证据主要在于，当前人工智能投资额度较小，且对应领域有限，主要集中于服务业，而这也正是 ICT 时代的主要特征。1999 年，Sichel 的研究就表明，索洛悖论主要源于 ICT 投资规模不足，20 世纪 80 年代至 90 年代初，美国 ICT 产业的投资增长率虽然很高，但份额不足社会总投资额的 2%。③ 同样，尽管各界高度关注，但当前人工智能的投资份额仍然很小，以中国为例，近年来对 AI 的投资尚不及社会投资总量的 1%。2017 年全球人工智能融资额为 395 亿美元，中国就占了 70% 以上。不仅投资不足，而且和 ICT 时代一样，当前的人工智能也主要集中于服务领域，比较世界各国人工智能政策的集中领域，美国欧盟和日本的人工智能规划也主要集中于安防、教育、金融、健康和城市管理等领域中，生产领域则较为薄弱。④ 当前无论大数据还是人工智能技术，仍局限于诸如广告投送、生活消费等有限的应用场景之中。2017 年，中国人工智能市场规模为 237 亿元，主要集中在计算机视觉、语音与自然语言处理领域，硬件和算法的市场规模不足 20%。深度学习为代表的新一代人工智能技术主要体现在算法层面，成熟的实体终端产品并不多，截至 2018 年，实体终端产品主要集中在智能音箱、智能机器人和无人机三个产品上，而这三者的规模都很有限。⑤

前述分析表明，ICT 的经济增长效能之所以弱于第二次工业革命时期，其中一个很重要的原因在于，ICT 时代的技术和产品特征明显不同于第二次工业革命时期，典型表现是其新部门创生效应较弱，而渗透效应则过度集中于服务业。如果人工智能也仅仅局限于抖音、今日头条等生活服务业，其经济效应也只会体现为生活方式的改变，而无法产生大范围的生产率溢出。对于人工智能这一通用技术而言，其对应的新创生部门可能也是相对有限的，如果要提升其生产率空间和净创造效应，就需要不断加大其渗透效应。而渗透效应取决于人工智能的通用性，即在多大范围上可以适用于传统部门。从产品创新和过程创新的区别上来说，就是人工智能的产品创新，要尽可能地成为更多部门的过程创新，或者由人工智能所对应出的组织形态或流程工艺，可以被用于多个领域内去提高生产率，如此才能形成更为持久和更为广泛的生产率改进。

在通用性程度上，人工智能完全不同于传统 ICT 技术，这是人工智能可以实现远比 ICT 技术更大范围渗透效应的根本原因。不同于 ICT 时代的信息化和网络化的是，人工智能是在数据化基础上实现智能化。如果说 ICT 时代只是解决了生产主体和交易主体的信息普遍连接，从而极大优化了交易效率的话，那么人工智能则是实现了从生产到消费全流程的智能化改造，不仅能优化和改进交易效率，也能极大地提升生产效率。ICT 时代，计算机只是实现了单点经济主体的信息和数据的电子化处理，而互联网只是实现了计算机与计算机之间的连接，其数据处理能力不足以应对系统性强、复杂性高的生产销售消费全流程，但以算法、数据和高能芯片为内容的人工智能技术则可以实现多主体、多维度数据的处理并完成智能预测和决策参考，在万物互联的基础上，人工智能具备更大范围和更多领域的通用性，其数据处理和覆盖具有更强的系统性和及时性。其对应领域绝不会，也不可能仅限于生活服务业和金融交易等领域。要使人工智能技术真正成为促进高质量发展的引擎，也应针对其“通用性”进行相应的促进和引导，使其扩散到更大的范围，从而产生更大的通用效能和协同效应。具体而言：

第一，实现人工智能应用从消费领域向生产领域的广泛渗透和升级，使人工智能在大范围的工业生产中得到应用，而不仅局限于商业和生活应用。人工智能要更多地指向生产领域，通过智能“赋能”制造业，从而更大程度、更大范围地实现人工智能在助力制造方式变革上的智能化优势。数字经济从 ICT 时代到 AI 时

① P. Aghion, B. F. Jones, C. I. Jones, “Artifical Intellingence and Economic Growth,” *NBER Working Paper*, no. 23928, 2017; J. Furman, R. Seamans, “AI and the Economy,” *NBER Working Paper*, no. 24689, 2018.

② E. Brynjolfsson, D. Rock, C. Syverson, “Artificial Intelligence and the Modern Productivity Paradox: A Clash of Expectations and Statistics,” *NBER Working Paper*, no. 24001, 2017.

③ D. E. Sichel, “Computer and Aggregate Economic Growth: An Update,” *Business Economics*, vol. 34, no. 2, 1999, pp. 18 ~ 24.

④⑤ 清华大学中国科技政策研究中心《中国人工智能发展报告 2018》，第 60、12 页。

代的过程，也是工业、实体制造的信息化和信息的工业化、实体化的过程，如果说 ICT 只是实现了生产的信息化和网络化，人工智能的应用前景就在于基于数据化基础上的智能化。也只有在全方位渗透到智能制造的过程中，人工智能才能成为真正意义上的通用技术，从而引发持久、大范围的产业升级与技术变革。依托人工智能、5G 技术和工业互联网，传统产业生产过程中的要素协同性和全要素生产率将得到提升，这是提升人工智能渗透效应的关键所在。当前中国数字经济对工业的渗透率只有 17%，远低于德国、韩国、美国的 40% 以上，[①]这意味着人工智能向制造业的渗透不仅必要，而且紧迫，尚有很大的拓展空间。

人工智能并不是孤立地作用于智能制造，而是与 5G、工业互联网等技术协同作用，共同实现工业制造的数据化、网络化和智能化。其中，工业互联网是其主要应用场景，作为连接工业全要素、全系统、全产业链、全价值链，支撑工业智能化发展的关键基础设施，工业互联网是新一代数字技术向实体经济拓展的核心载体，而人工智能广泛地应用于其数据分析、智能决策过程，是实现自动化到智能化的关键所在。易言之，如果缺少高水平的人工智能支持，工业数据资产就无法得到充分利用，在此基础上的工业互联网就只能是深度的系统自动化，而不是智能化。

当前，我国工业互联网发展与智能制造尚处于起步阶段，工业控制、工业软件、工业信息安全、开源平台、开源社区等关键核心技术均存在空心化、短板化、空白化的问题。工业互联网平台建设的关键技术，如边缘智能、工业大数据分析、工业机理建模和工业应用开发也存在明显的技术瓶颈，存在“制”的高端装备匮乏，“造”的关键零部件、核心技术和知识产权受制于人等现象。但人工智能作为一种高度依赖算法和数据训练体量的技术，具有先行突破、带动发展的可能性，因为经过 70 余年的发展，中国已成为目前世界制造业第一大国和产业门类最为齐全的国家，在工业生产的数据多样性、完备性和数据体量上具有无可比拟的优势，而工业智能制造的发展和升级的过程，本质上也是制造业数据流量成为互联网主导流量的过程，中国的生产能力、生产规模和产业部门的多样性，为人工智能的工业运用提供了极为有利的条件。

第二，大力推进人工智能和新材料、新能源等战略性新兴产业的技术渗透和产业协同。从工业革命的历史看，第一次和第二次工业革命，都不只是单纯的信息连接和空间运输技术的革命，而是同时兼具能源、材料和通讯连接或空间运输技术的革命，这种兼具能源、材料和连接三要素的变革，带来的不仅仅是“怎样生产”和“在哪里销售”的变革，同时也涉及了“用什么生产”的劳动对象的变革。这正如曼德尔所指出的，“一场真正的技术革命，包括资本主义生产和分配，包括运输和电信的所有方面的基本技术的彻底翻新”。[②]在缺乏制造技术、材料、能源和高端装备产业进步的前提下，孤立的人工智能只能停留在有限的应用领域，而且其效能也无法充分发挥，因为人工智能复合了算法、数据、芯片三个基本要素，其数据存储、处理与采集过程同样需要能源和材料的进步才能不断升级，而制约人工智能算力和算率的，不仅只是算法本身，也需要材料和能源的革命性变革，才能减少其单位能耗和设备体积。新材料、新能源的生产与研发过程既可以成为人工智能的应用场景，其本身的发展也会间接影响人工智能的效能发挥，这种产业间的协同效应不仅可以有效地促进人工智能、新能源和新材料等产业的发展，其变革过程也将带来更大范围和更深程度的分工。

第三，大力推进人工智能在生产性服务业中的广泛和深度运用。生产性服务业是生产性活动尤其是制造业的重要支撑，主要包括研发设计与其他技术服务，涉及物流仓储、信息服务等多个领域。在诸如物流、仓储、设备租赁等传统生产性服务行业，人工智能与大数据技术已开始得到运用，未来在算法优化、数据生产和利用上还有很大的发展空间。与此同时，随着自动化进程加快和智能化生产初现端倪，黑灯工厂也将会普及化、常态化，更多的延伸劳动将在围绕着使用价值的服务而非生产环节展开，制造业企业将越来越多地开展服务活动，也即是所谓服务型制造或服务化（servitization）、产品服务系统（product service system，PSS）。[③] 人工智能在服务制造业的增值环节中也可以发挥重要的作用。

---

① 《潘云鹤院士：中国数字经济对工业渗透率仅为 17%》，OFweek 维科号，http://mp.ofweek.com/im/a845693621466。

② [比] 欧内斯特·曼德尔《资本主义发展的长波——马克思主义的解释》，张奎等译，商务印书馆，1998 年，第 19 页。

③ 李晓华、刘尚文《服务型制造内涵与发展动因探析》，《开发研究》2019 年第 2 期。

尤其值得重视的是，人工智能在知识生产过程，尤其是研发活动中也具有广泛的应用前景。人工智能不仅仅是一种技术，也是一种研究工具，在依赖于试错法、穷举法的科研活动中具有人类智力不可比拟的优势。人工智能在研发活动中的应用，能进一步提升研发活动的效率，进而对技术进步和全要素生产率提高产生积极影响。2020 年新冠疫情期间，百度、阿里和腾讯等企业就通过开放 AI 算力帮助抗病毒药物的研发。如，阿里云在疫情期间向全球公共科研机构免费开放 AI 算力，与全球相关机构合作，针对 SARS/MERS 等冠状病毒的历史药物研发进行数据挖掘与集成，计算靶点和药物分子性质，并跟进新型冠状病毒最新科研动态。百度研究院也向各基因检测机构、防疫中心及全世界科学研究中心免费开放了算法和相关网站，协助医疗界对新型冠状病毒 RNA 空间结构进行预测。①

传统服务业被普遍视为“停滞”部门，资本有机构成低，劳动生产率提升缓慢，缺乏生产率溢出效应，而在 ICT 时代，ICT 技术应用和投资多集中于服务业，尤其是金融和批发零售等领域，也的确形成了生产率的“逆向渗透”困难，即从低生产率部门很难向高生产率部门实现渗透，这也是造成 ICT 技术的经济增长效能不理想的原因之一。在 Triplett 和 Mullan 等人的分析中，ICT 之所以造成“过度期望”和与之对应的“失望”，在于 ICT 技术所主要集中的领域是非生产性的，无法对生产过程产生足够的影响。② 但随着人工智能、大数据和工业互联网的兴起，服务业部门的构成及其生产和服务方式发生了很大的改变。以人工智能、大数据为代表的新一代数字经济在服务业的渗透上不仅距离生产过程更近，而且其相当一部分领域如知识生产、服务型制造本身直接就是生产性活动，这是 ICT 时代所无法达到的。

尽管经济学家就人工智能的经济增长效能存在着不同的观点，但对人工智能的短期就业冲击却高度一致。就高质量发展的目标而言，尤其值得注意的是人工智能在短期内的就业破坏效应。虽然大量研究表明，从长期看弱人工智能对就业不会产生毁灭性的影响——人工智能会对传统技术工作形成替代，但由于生产率效应、资本积累和新工作的创造等多方面的反制力量，这种就业破坏效应最终会被抑制；而且人工智能时代的服务业部门仍将存在鲍莫尔成本病，从而将消化大量的劳动力③——但是人工智能的短期就业冲击仍需要付出巨大的调整代价，在结构性失业的过程中会不可避免地产生大量的人力资本浪费，这将集中体现在直接受到人工智能技术冲击和替代效应最为显著的行业。Jaimovich 和 Siu 的研究表明，1982 – 2017 年间，美国就业呈现出明显极化：创造性的、认知性的，如科研、专业技术、文化创意等高技能工作和基于人际交往、服务型的如餐饮、导游等低技能工作两极增加，但常规操作性工作如制造业蓝领工作则不断减少。④ 而计算机化（computerlization）带来的数字化、程序化和自动化对传统制造业岗位的破坏是这种极化现象产生的主要原因。⑤ 随着人工智能时代的来临，这种更高级的计算机化的就业破坏影响不再只发生在传统制造业，而会波及到大量可实现数据标准化的高级服务行业，如金融交易、股票分析师、会计等。要将这种短期的就业破坏效应减少到最小，需要一方面要顺应技术发展趋势，针对性地培养适应人工智能时代的专业技术人才，同时也迫切需要应对对传统从业人员的影响，加大再技能化的教育培训。

作者单位：中国社会科学院经济研究所

责任编辑：牛泽东

① 详见《疫情下工业互联网平台的发展契机》，先进制造业网，http://www.amdaily.com/Internet/IndustrialInternet/11929.html。

② Phil Mullan, *Creative Destruction: How to Start an Economic Renaissance*, Bristol: Policy Press, 2017.

③ W. D. Nordhaus, “Are We Approaching an Economic Singularity? Information Technology and the Future of Economic Growth,” *NBER Working Paper*, no. 21547, 2015.

④ N. Jaimovich, H. E. Siu, “Job Polarization and Jobless Recoveries,” *NBER Working Paper*, no. 18334, 2018.

⑤ R. K. Almeida, A. M. Fernandes, M. Viollaz, “Does the Adoption of Complex Software Impact Employment Composition and the Skill Content of Occupations? Evidence from Chilean Firms,” *Policy Research Working Paper*, no. 8110, 2017.