

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

王 潇

提 要：国内外已有研究显示人工智能应用对“蓝领”和“白领”的工作均造成巨大影响。目前关于人工智能对制造业和服务业等“蓝领”工人劳动过程影响的研究较多，而对知识型员工或“白领”工人的相关研究尚在起步阶段，且我国的相关研究极度缺乏。本文采用个案研究方法对某企业及其外包企业中电子研发工程师的劳动过程进行分析。研究发现，与传统劳动过程不同，人工智能塑造知识型员工劳动过程的关键并非在于将“技能与体力”相分离，而是将核心科学技术从知识生产的基本技能中抽离，从而呈现出“技术空心化”的状态。本研究发现这种“技术空心化”导致知识型员工工作自主性下降，技能从深向广重塑，以及“工程师精神”的弱化。

关键词：人工智能 技术空心化 知识型员工 劳动过程

一、问题的提出

2017年麦肯锡全球研究院发布的一项关于人工智能的报告指出，有60%的工作将被人工智能取代。2018年7月9日中国发展研究基金会和微软公司联合发布的《未来基石——人工智能的社会伦理和角色》报告也指出，人工智能给“白领”和

* 本文受2017年度中国劳动关系学院校级重点科研项目“群团改革背景下地方工会改革的动力、路径和经验研究”（项目编号：17YZ001；主持人：闻效仪）资助，以及2018年中央高校基本科研业务费专项基金项目博士基金项目“我国地方工会在群体性劳动争议事件处置中的作用”（项目编号：18ZYJS024；主持人：王潇）资助。感谢匿名审稿人提供的宝贵建议，文责自负。

“蓝领”带来的冲击不相上下。拜人工智能所赐，当今传统的“脑”与“手”的职业界限已经被打破，转而根据例行流程在工作中的比重重新划分职业类型^①。人工智能的应用正在重塑劳动过程。目前的相关研究大多是对“蓝领”的研究，而关于人工智能对“白领”或称知识型员工劳动过程影响的研究数量较少，且我国的相关研究极度缺乏。

布雷弗曼（1978）发现大机器工厂的“蓝领”在机器应用之下出现了技能与体力的分离，并预言脑力劳动也将严格按照这一规律再分。然而，本研究在考察人工智能应用之下知识型员工的劳动过程时发现，他们的劳动过程不同于布雷弗曼的“去技能化”，而是呈现出核心科学技术被抽离的“技术空心化”特征，而且这一特征在塑造知识型员工劳动主体性等方面的作用也十分不同于“蓝领”的遭遇。

本文以典型的知识型员工——企业电子研发工程师为研究对象，分析人工智能应用对知识型员工劳动过程的影响。之所以选取企业电子研发工程师为研究对象，有如下考虑：首先，电子工程师的工作过程中涉及大量的人工智能技术，而且电子行业近年来暴露出来的技术瓶颈问题成为各界关注的焦点，如中兴、华为等公司遭遇的“芯片事件”；其次，电子工程师群体范围十分庞大，从电子厂车间的技术员到国家科研机构的科研人员都可称为电子工程师，而研发类的电子工程师是最典型的知识型劳动者，主要工作内容是进行知识生产。之所以选取企业电子研发工程师而非国家科研院所的科研人员为研究对象，主要是因为前者身处劳资关系之中，与企业方是管理与被管理、剥削与被剥削的关系，在这种关系中不仅可以观察人工智能应用在工作流程等表象问题上的影响，更重要的是可以考察表象背后劳资关系的深刻变化。在研究视角上，本研究主张在工作场所的劳动过程中考察知识型员工的主体性，并注重考察技术—劳动的互动。本文致力于拓展劳动过程理论，并在人工智能技术与知识型员工劳动互动关系的具体方面填补研究空白。

^① 参见2016年麦肯锡全球研究院关于人工智能趋势下全球职业的研究。报告中划分的职业类型包括管理他人、应用专业知识、与利益相关方互动、不可预测的体力劳动、数据收集、数据处理、可预测的体力劳动等7种。

二、文献回顾

（一）技术进步与劳动过程理论

十九世纪中叶，马克思通过剖析早期机器大生产，认为资本出于获利的目的利用机器剥削并排挤工人（马克思、恩格斯，1975），由此提出劳动过程理论。垄断资本主义时期，伴随更先进的科技和资本更隐蔽的控制，布雷弗曼（1978）提出资本家应用机器致力于将一切脑力活动从体力劳动过程中分离出去，导致工人日益“去技能化”，并且通过劳动分工产生“局部工人”。后来的学者强调工人的主体性，其中弗里德曼（Friedman，1987）认为，资本家将管理分为直接控制和责任自治两种类型，对那些拥有专门技能、对企业获取利润贡献较高、集体抗争能力较强的核心员工采取灵活的责任自治策略，而对无技能半技能、反抗能力较弱的边缘员工则采取威严的直接控制策略。埃德沃兹（Edwards，1979）则将资本家的管理分为简单控制、技术控制和官僚控制三种类型。布若威（2008）认为工人面对资本控制不仅有抗争，也产生了主观认同。虽然后现代主义劳动过程理论强调身份、性别、文化、消费、家庭和教育制度等影响主体性的形成，但目前学界主流仍然认为考察工作场所的劳动过程是研究工人主体性的重要起点，甚至正统马克思主义学派的学者认为工作场所之外的因素对塑造工人主体性的作用十分有限（谢富胜、李钟瑾，2013）。

政治经济学为发展劳动过程理论融入了新的视角，这一派学者认为马克思主义学派的研究多关注技术对劳动的剥削，而忽视了劳动政治与技术形成的复杂互动。劳动及相互嵌套的各种劳动政治体制对技术形成具有重要影响；而技术反过来又通过劳动等级定位对劳动和生产体制产生影响（Streck，1988；Lazonick，1990；王星，2011）。另外，“去技能化”不仅仅是劳动—管理双方相互争夺控制权的问题，还涉及国家等其他主体（Soskice，1999；Thelen，2004）。关于资本主义多样性的研究发现不同的劳动政治体制能够规制技能生产的路径走向（Hall & Soskice，2001）。

（二）人工智能对劳动影响的研究

人工智能是关于知识的科学，它可以表示知识、获得知识以及使用知识，从而通过计算机等技术模拟人的智能行为（Winston，1984；Nilsson，1984）。目前绝大多数的“人工智能”是指实现智能功能的应用型人工智能，只能解决特定领域的问

题，并不能全面代替人类。电子研发领域涉及的人工智能应用基于对认知机制的研究，融合了计算机科学、心理学、神经科学、数学（逻辑）和语言学等多学科知识，致力于模拟工程师的思维和工作。自 20 世纪 60 年代以来，自动化技术、软件程序技术，尤其是人工智能技术的广泛应用给不同层次劳动者的劳动过程都造成了很大影响。自动化是最为广泛的人工智能应用方向之一，而且历史悠久，它将一部分人类工作转移给机器完成，从而在根本上改变传统的操作方式。它通过机器的特殊优势与能力（速度、规模和处理复杂任务的能力），这些工具可以补充人类工作，扩大可能性。因此，本研究也将关于自动化对劳动者影响的研究纳入文献回顾。

目前关于自动化对劳动者影响的研究主要包括宏观和微观两个方面。宏观的研究包括人工智能对就业、劳动力结构与规制的研究（Autor et al. , 2003；李红刚、赖德胜，2008；Frey & Osborne, 2013；朱巧玲、李敏，2017）。现有研究认为，尚不能简单地判断人工智能应用会减少就业还是增加就业。有学者认为人工智能对就业的影响要看这种人工智能技术是属于技能退化型还是技能偏好型，前者会增加低技能就业岗位，而后者会增加高技能就业岗位同时减少低技能就业岗位（Acemoglu, 2002）。还有学者认为，应该将工作技术划分为两个维度——常规/非常规和认知/体力，计算机技术替代了工资处于中等水平的从事常规性工作的劳动者（如文员、行政等），导致其就业比例减少。相应地，高工资的技能型工作（如技术类、管理类职业）以及低工资的非常规体力型工作（如服务类职业）的就业比例却有所增加（Autor et al. , 2003；Goos & Manning, 2007）。这主要是因为程序化工作任务比较容易通过编写特定的电脑程序使机器按照一定程序重复作业，而对非程序化的工作任务，智能技术则会与劳动者形成互补（Autor et al. , 2003）。近年来有关人工智能的宏观研究有从岗位数量到工作质量和就业结构的发展趋势（Graetz & Michaels, 2018；Arntz et al. , 2016；Acemoglu & Restrepo, 2017；毛宇飞等，2019），因为学者们逐渐意识到技术进步对就业的影响不能简单地归结为增加还是减少就业，而通常是技术进步在消灭一类工作的同时又创造了新的工作，因此学者们转而关心人工智能应用如何影响劳动者的工作生活质量以及就业结构。

关于微观劳动过程的研究，主要集中在对“蓝领”的研究，这是因为人工智能应用在初期阶段主要是弱人工智能应用，即对低技能体力劳动者的替代和辅助。典型的研究包括制造业工厂的“机器换人”（孙中伟，2019；杨涛，2019）、平台经济的服务业劳动者如网约车司机（吴清军、李贞，2018）、数字平台卡车司机（传化

公益慈善研究院中国卡车司机调研课题组, 2018) 以及快递员的劳动过程研究 (庄家焯, 2019)。这些已有研究着眼于资本如何通过技术来控制 and 监管劳动者, 而劳动者对之又如何反抗或认同。以上研究发现, 制造业利用人工智能实现控制的途径主要是“去技能化”, 这点基本上是延续布雷弗曼提出的“概念与执行”相分离的理论。而服务业的情况则比较复杂, 现有研究中涉及的平台经济劳动者, 其中大部分不与平台企业构成典型的劳动关系, 而是带有自雇性质和灵活就业成分。因此这些关于平台经济劳动者劳动过程的研究, 虽然以人工智能技术进步为背景, 但更多地还是关注这种新的灵活化的组织形式在影响劳动过程中的作用, 而较少涉及技术—劳动的互动分析。

人工智能应用无处不在又飞速发展, 它不仅深刻影响着“蓝领”的劳动过程, 也有种种迹象表明它正在重塑“白领”的劳动过程。现代企业管理知识型员工的手段包括利用科技以及高超的管理, 将知识工作常规化, 对知识工作进行监控, 直接控制与责任自治相结合, 以及塑造意识形态等 (Barrett, 2004; Upadhy, 2008; Brophy, 2011; Kunda, 2006)。关于人工智能对“白领”或称“知识型员工”劳动过程影响的研究, 主要包括高科技行业分包行为的研究、远程办公的研究以及关于高科技企业管理流程的研究。其中, 关于高科技行业分包行为的研究观察到高科技帮助资本在全球对人力资源进行配置, 导致发达国家与发展中国家的劳动分工无法按照传统的脑力和体力来划分 (Brusco, 1981); 而关于远程办公的研究观察到资本鼓励从事专业技术、管理和常规数据录入工作的白领在家工作, 但同时伴随着工资、社会保险以及休假水平降低, 而且首当其冲受影响的是需要照顾孩子的女性劳动者 (胡斯, 2011); 关于高科技企业管理流程的研究认为人工智能的引入帮助减少繁冗和低可见性的工作, 可以让管理人员全身心投入到更高价值的工作中去 (Etkin & Mogilner, 2016; Feloni, 2017)。上述这些研究通过梳理劳动过程的变化, 观察到人工智能产生新的劳动分工、劳动者群体分化、组织结构变迁、女性工作质量变化以及阶级和身份认同的变化等。胡斯 (2011) 认为目前已有的研究根据高科技发展的不同阶段产生了一些新的词汇, 包括弹性专业化、及时生产与核心—边缘模型。

关于企业研发和设计人员应用人工智能技术的研究因涉及诸多技术细节, 少有文史类研究, 而多见于科技期刊和商业评论, 如机器学习和仿真软件在医疗研发工作中的应用 (Raccuglia et al., 2016)、联想公司应用文本挖掘工具帮助市场分析的研究 (Merret, 2015)。这些研究仅对劳动—技术互动过程进行描述, 而少有理论

分析。

我国关于人工智能对知识型员工劳动过程影响的研究尚处于起步阶段。例如，梁萌（2015）对互联网公司知识型员工的劳动过程进行了研究，发现互联网企业员工自身的意识形态一方面影响着生产本身，另一方面也因资本的重塑过程而发生了变化，知识生产中劳动的主观方面不再是资本单方面“制造”出来的，知识工人的自主性在其中也有所体现。现有这些研究都是关注高科技行业中知识型员工特有的自主性、能动性和意识形态的变化，总体来讲还是以高科技行业及其管理为背景，而没有探究技术与劳动的互动关系。由于探讨技术—劳动的互动关系存在跨专业技术壁垒问题，不仅需要扎根理论的指导下进行大量田野调查，同时也需要深入了解高科技行业背景，分析难度较大，因此存在大量研究空白。

在研究视角上，大多数关于人工智能对劳动过程影响的研究是沿着正统马克思主义学派的思路，考察工作场所的控制、反抗、认同（吴清军、李贞，2018；邱子童等，2019），也有一些研究关注消费主义和性别对劳动主体性的塑造（佟新，2018），文化对劳动主体性的塑造（梁萌，2015），以及家庭、制度、社会、身份等对劳动过程的塑造（传化公益慈善研究院中国卡车司机调研课题组，2018）。

综上所述，人工智能应用已经深刻改变了就业结构和劳动的划分方式。目前关于人工智能对劳动过程影响的研究对象主要为制造业和服务业工人，而针对知识型员工的研究比较缺乏。国内外关于人工智能下知识型员工的有限研究主要是以高科技行业为背景进行的多元主体性分析，少有对工作场所中技术与劳动互动关系的研究；近年来国外出现一些关于人工智能影响知识型员工工作过程的研究报告，大多登载于商业期刊和科技期刊，并具有较强的科技和商业视角而非社会科学视角。研究空白的出现主要是由于社会科学领域与科学技术领域的跨学科分析难度较大。本文通过深入的田野调查，以工作场所中人工智能技术与劳动的互动为研究基点，致力于填补人工智能技术如何影响知识型员工工作场所劳动过程的研究空白。

三、研究方法

本文采用个案研究方法来分析人工智能如何影响知识型员工的劳动过程，个案

研究是适于劳动过程研究的方法,尤其是对于劳动过程理论的突破不仅需要描述现象,更要探究本质。知识生产工作是一个难于观察的复杂过程,而且具有专业特殊性,很多技术与劳动互动的细节必须通过访谈才能获得。并且,对劳动主体性的考察涉及劳动者大量的主观感受,很难量化,只有进行深入的个案分析,才能把握受访者的中心意思。

本研究所选取的个案是S公司以及业务外包企业B公司。S公司是北京一家成立于1995年的私营上市企业,公司主营业务为信息系统的电子产品研发与技术支持。研发部门有36名电子研发工程师,年龄跨度从28岁到51岁,均为男性,涵盖初、中、高级三个层次,学历包含本科、硕士和博士,其中硕士学历20人,本科学历3人,其余为本科学历。选取S公司的主要原因是该企业为典型的电子研发企业,成立时间较早,研发工程师数量相对同行业较多,专业方向较为齐全,且工作年限长的资深工程师较多,他们纵观行业内二十多年的人工智能应用技术变迁,对技术与劳动的关系有更深刻的理解。B公司是深圳一家电子电路设计外包公司,是S公司的外包公司之一,其中有7名电子研发工程师主要负责与S公司相关的外包业务,均为男性,年龄在22—35岁,学历包含本科、大专和中专。

本文对上述44人进行了结构化访谈,访谈的时间范围是从2017年5月到2019年6月,共进行二十多次访谈。访谈的主要对象是电子研发工程师,为了更全面地分析文章主题,还对S公司的1名高管进行了访谈。每次访谈选择在工作日或周末的工休时间进行,有时对多人同时进行访谈,有时对单独一人进行访谈。每次访谈持续1小时左右,其中一些达2小时。访谈内容包括:“工作中如何运用智能化电子设计工具进行工作?”“运用智能化电子设计工具工作与传统电子设计工作有什么区别?”“日常工作的基本流程是什么?”“工作中应用的智能化电子设计工具日益先进,对工作技能、工作时间的要求有什么变化?”“如何看待智能化电子设计工具对工作的影响?”等开放性问题,旨在引导和启发访谈对象进行诉说。采访时先进行录音并整理成文字稿,对文字稿进行编码,再提取关键信息并将访谈内容归类,从归类中找出线索并串联成一个故事。为提高受访者语言的可读性,本文引用时纠正了错误,并将语言连续起来,对无关紧要的细节进行删减。为保护受访者隐私,仅使用“姓+工”的方式来进行代称,如“王工”。“工”是工程师的缩略称谓,这种称呼也符合电子工程师群体之间的日常语言习惯。

四、“技术空心化”问题与劳动过程重塑

为提升工作效率，S公司陆续购买了一系列融入人工智能技术的电子设计工具，如EDA（电子设计自动化）系列工具、CAD（计算机辅助设计）系列工具、FPGA（可编程逻辑器件）、IP库（知识产权库）等。这些工具使用人工智能算法来实现电子设计的自动化、半自动化及人工辅助。例如，EDA系列工具开发商中的巨擘Candence在其某款产品中使用了多达110万种人工智能算法，包括贝叶斯（Bayesian）优化、卷积神经网络（CNN）、同步学习等人工智能算法，从而模仿人类电子工程师的思维与操作，极大地提升了工作效率。又如，IP库是指智能化电子设计工具厂商和第三方厂商开发并出售的知识产权库，电子研发工程师通过直接调用IP库中已经调适好的模块—IP核降低工作难度，加快研发进度。S公司每年花在购买和升级这些智能化电子设计工具上的费用高达数百万美元。方便起见，下面文中提到“智能化电子设计工具”，简称为“智能化工具”。

（一）技术空心化

人工智能对工作效率的提升不言而喻，然而，它也深刻改变了知识型员工的工作内容和工作流程。

首先，人工智能将一部分知识和逻辑推理转化为软件程序，知识型员工只需掌握操作软件的步骤，而无须理解科学原理。电子研发工程师的主要工作包括原理制图、设计、仿真、测试、写HDL（硬件描述语言）代码等，其中很多部分的操作目前都可以由智能工具替代人工来完成。例如，PCB（印制电路板）设计，一块较为复杂的高速印刷电路板中往往有成百上千根走线需要进行信号完整性及时序控制。在以往，这些特性控制需要综合运用数学、物理、电化学等知识，通过多重计算最终得出结果。而现在利用智能工具进行设计时，只需要在软件中录入相应参数立即就能得出结果。又如，编写HDL代码，智能工具可以自动产生逻辑功能模块代码，对代码进行语法及逻辑纠错，自动寻找漏洞替换老旧代码。再工在访谈中提道，

以前的老工程师可能一辈子就研究一类电路，每一条线是怎么来的，每个元件是什么特性什么原理都必须吃透。现在一般的工程师知道怎么操作EDA软

件就行了，你让他讲讲里面的原理他是不知道的。（访谈编号：20170722001）

冉工（51岁）是S公司一位从业30年的高级电子研发工程师，并担任技术顾问。在他的大学时代，电子信息工程类的专业非常重视基础学科教育。当时的电子研发工程师在工作中要经常用到高深的科学技术知识，参加工作后冉工及其同行一般要继续钻研数学、物理、计算机技术等科学知识，要掌握电子元器件的基本理论知识以及电子材料的特性和原理。当时的电子工程师都要在工作之余搜集文献资料、订阅本行权威的期刊，不断钻研和磨练技术，科学和工作之间还是一种“日常的联系物”。而S公司年轻工程师赵工（28岁）的大学时代，学校更重视实用技能的培育，如何使用EDA工具等融入了人工智能技术的软件成为电子专业的必修课，因为熟练操作这类软件对就业十分有帮助。像赵工这样年轻的工程师大多不再热衷于阅读权威的电子行业期刊，而是把快速掌握最新的EDA工具操作技巧当作就业、加薪和晋升的捷径。

其次，智能化工具改变了科学方法的流程，如传统电子设计工作成果的验证必须要靠加工厂制作出电路硬件实体，并由设计者对实体的功能及性能进行测试，根据测试结果完善设计，即传统设计流程是依赖硬件实体验证并反复修改设计最终达到量产的过程，从设计到量产需要多次生产硬件实体供测试使用。而现在的电子研发工程师在设计中很少接触硬件实体，设计成果的检验都通过智能化的仿真器软件来完成，整个测试过程都是虚拟的，大大节省了生产硬件实体的时间成本和金钱成本。但值得注意的是，这同时也会带来很多问题。研发部主管唐工（35岁）提道，

经常会出现仿真结果通过了，但加工厂做出的硬件实体就是无法使用的情况，由于现在的工程师都不怎么了解硬件的深层次原理，即使是硬件生产中的差错，也只能怀疑设计的问题。但以前的老工程师工作不是这样的，他们有完善的知识体系，能够从底层对自己的设计有个把握，他们不会轻易怀疑设计问题，会首先排除设计外的问题。（访谈编号：20180620001）

目前的人工智能并非完美，完全依赖它会造成很大的问题。笔者在访谈中了解到，智能化仿真器软件的验证结果显示通过验证，但实体就是不能工作或者存在缺陷的情况非常普遍。因为以目前人工智能的精度，智能仿真只能在有限的环境下以数学模型无限接近实体，而两者之间实际上还有很大差距。但目前的情况是智能化

仿真器因其便利性而遭到一定程度的滥用，导致实体产品缺陷多、性能不好，这反倒会给研发工作带来新的麻烦。

再次，人工智能应用使得研发工作严重模块化，研发难度降低，而创新有限。在电子设计智能工具普遍应用之前，电子设计工作是一个人或一个集中式团队的一项从无到有的创造工作。信息技术和人工智能技术飞速发展的今天，信息的检索和成果的调用非常普遍。电子产品设计的起点是系统架构师，这类工程师运用模块化思维将产品的总体设计进行层层分解，直至每部分都细化为只具有基本功能的单元模块，而大多数单元模块可以在公司购买的 IP 库中调取。另外，智能化工具厂商已经将领域内技术专家针对特殊应用设计的专门处理策略封装在功能模块内，出售给企业，企业电子研发工程师只需按照操作说明书点击鼠标即可调用这些现成方案。这样一来，即使是一项复杂的或全新的产品设计，也只需要调用相应模块并在此基础上修改、整合即可完成。

例如，设计 SoC (System-on-a-Chip, 片上集成系统)^① 在当下是电子研发工程师一项时髦的工作，该项工作看起来需要很强的创新能力，但实际上最体现创新性的部分是企业购买的 FPGA 开发商^②的封装模块——处理器及各类外设软核，包括 CPU 内核、RAM、GPIO 单元、定时器、时钟单元等，这些模块都可以从 EDA 厂商的 IP 库^③中购买到。中级工程师刘工（32 岁）在访谈中提到，

以前集中团队所有人的智慧才能设计出的集成系统方案，现在直接选用现成的封装模块就行了，设计效率大大提高。工程师往往只要根据说明书点击鼠标就可以完成一颗 SoC 的设计。（访谈编号：20170505013）

对企业来讲，使用现成的封装模块虽然增加了在购买智能化工具方面的投入，但研发过程的金钱与时间成本，以及研发风险大大降低。然而，对于电子研发工程师来说，封装模块里的核心技术是他们永远没有机会去研究的，因此只能基于厂商提供的模块功能进行较小的产品创新，而无法突破核心技术瓶颈。

目前，人工智能在电子研发的不同阶段（假设生成、实验设计、仿真测试、研

① SoC 通常包括处理器（CPU）及各类外部设备。

② FPGA (Field-Programmable Gate Array)，即现场可编程门阵列，属于一种半定制电路。

③ 其中，IP 核是知识产权核或知识产权模块，在 EDA 技术开发中具有十分重要的地位。美国著名的 Dataquest 咨询公司曾将半导体产业的 IP 定义为“用于 ASIC 或 FPGA 中的预先设计好的电路功能模块”。

发攻坚等)的应用都取得了显著成果,过去要花十几年才完成的研究,如今几个月内就可以复制出来,从而加速了研发过程。但同时,本研究发现人工智能的应用使电子研发工程师的知识生产工作与科学的联系越来越弱,研发工作中逐渐不再应用最本质的科学原理,而只需掌握基本科学方法以及操作智能化工具的技能。正如S公司的高级工程师郑工(38岁)所言,现在大多数工程师没有掌握技术最核心的部分,充其量只是技术用户:

很多工程师都认为一旦会使用最先进的处理器就意味着自己已经掌握了高新技术。但他们充其量只不过是一个用户而已,能按手册操作,根据推荐的方案布线,却知其然不知其所以然。现在既掌握知识又具备核心设计能力的工程师越来越少了。(访谈编号20190317003)

布雷弗曼通过观察对比传统工匠与机械化大生产车间工人的劳动过程,得出“技能与体力相分离”的结论,如果将这次分离视为“第一次分离”,那么,人工智能给知识型员工带来的则是“第二次分离”,即科学逐渐与技能相分离,尤其是核心的科学原理和科学思维方式从技能中的抽离。本研究将这“第二次分离”定义为“技术空心化”,即知识型员工的工作过程逐渐失去最核心的那部分科学原理、科学知识和科学思维方式,并压缩和改变了某些科学步骤,只留下基本的科学方法和智能化工具的操作技能。人工智能应用导致的“技术空心化”不仅深刻改变了知识型员工的工作内容和工作过程,也深刻重塑了他们的劳动主体性;反过来,知识型员工的劳动主体性又加剧了“技术空心化”问题。

(二) 重塑劳动主体性

1. 工作自主性的变化

如前所述,布雷弗曼关于技能与体力相分离的理论不适用于人工智能下知识型劳动者的工作过程,传统的“脑”与“手”或简单与复杂的划分方式已经不再适用于人工智能时代的职业划分。

S公司的研发工程师按照工作的主要内容可以划分为三种类型:PCB(印制电路板)设计工程师、电路设计工程师以及固件开发工程师。这三类工程师的工作都需要智能化工具辅助,但随着智能化工具的发展,PCB设计工程师的工作越来越脱

离科学技术，只需要操作智能化工具的基本技能，因此他们的“技术空心化”程度最高。而另外两类工程师的工作仍然需要大量的科学技术基础，只是在某些具体工作中存在核心科学技术被抽离的问题。因此，本研究按照被“技术空心化”的程度，将 S 公司电子研发工程师分为两种类型进行分析，即“技术空心化”程度较高的 PCB 设计工程师，以及“技术空心化”程度较低的其他两类工程师。

在对 S 公司高层的访谈中了解到，由于市场竞争的压力，企业不得不通过组织调整来缩减人工成本、提高工作效率，于是他们在 2014 年裁掉了十多个工作岗位，大部分是 PCB 设计师岗位，他们的主要工作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（业内俗称“画板子”）。S 公司产品总监张工（50 岁）在访谈中提道，

我们原先有 PCB 设计工程师，大前年（2014 年）裁员后就没了。他们原来的大部分工作现在都实现了自动化、智能化，所以去年（2016 年）起我们公司（已经将它们）外包给了专门的公司（B 公司）。这类公司雇一批只经过技能培训的工程师操作软件来做，他们也属于研发工程师，但更像技工，本科刚毕业的，甚至大专毕业的都能做。（访谈编号：20170801001）

B 公司作为承接 S 公司 PCB 设计项目的电子电路设计外包公司，其员工主要运用智能制图软件以客户提供的电路原理图为根据布局、布线，该工作几乎不需要科学理论知识，仅需短时间的软件操作培训即可上岗，然而这项工作在 21 世纪初还不是一个单独的岗位。B 公司的电子研发工程师大多为大专学历，其他还有中专和本科学历。在工作内容和 workflow 自主性方面，如前所述 B 公司“画板子”的工程师自主程度很低，按部就班地根据原理图操作软件即可，不需要也不可以有“创新”。S 公司作为客户以智能化工具上所呈现出的 PIN 角数量来支付费用，B 公司也以“计件工资”为主来支付员工报酬。

马克思和布雷弗曼的理论告诉我们，资本家从分解操作步骤和细分工人中获得了更高的生产效率，更低廉的人工成本和更有力的管理控制，因为分解技术和流程使资本家可以正好购买每一过程所需的技能或人力的精确数量，从而减低其各个部分的工价。对于知识型员工来说，资本利用智能化工具，依据“技术空心化”的程度分化了知识型员工群体，并将“技术空心化”程度较高的这部分工作外包，而这

类知识型员工的工作内容与工作流程自主性受到极大限制。

其次，来看一下“技术空心化”程度相对较低的另外两类工程师——电路设计工程师以及固件开发工程师。首先，在工作内容自主性方面，由于智能化工具的封装模块限定了相匹配的设计方案，拼接组合的模式有限，电路设计和固件开发工程师工作的创新程度严重下降。突破厂商提供的封装模块的限制去创新也不是不行，但需要个人和团队都花费大量时间和精力进行不计成本的研究。显然，这在目前我国追求时效性与低成本的市场竞争中是不可行的。在工作时间自主性方面，智能化工具的频繁的升级产生了大量的隐性劳动时间和无偿劳动，电子研发工程师的工作异常紧凑和忙碌。代工（33岁）在访谈中提到，

通常来讲，EDA软件的升级，小升级每个月甚至每天都有，大升级每个季度都有，以年为单位的软件更新、升级基本会让软件功能改头换面……EDA软件的使用说明书非常厚重，每次升级的说明书都厚达上千页。但同时EDA还分很多种类和很多厂商，每个企业采用的种类和厂商并不相同，每当更换了生产商，我们都需要挤出时间重新学习操作方法。（访谈编号：20180301009）

代工是S公司的一名高级电子研发工程师，同时负责项目管理，经常与其他合作研发团队对接，这些研发团队来自北京其他公司、深圳以及印度孟买。分散在各个公司的研发团队使用的智能化工具和厂商、版本、配置各不相同，而且整个电子设计要使用到很多种类的智能化工具。因此，每次工作交付都需要代工的项目组成员花费大量时间学习新工具的操作流程和规则，否则无法完成工作衔接。大多数企业都要求工程师利用工作以外的时间自行学习。由此我们可以看到，由于操作规则变动非常频繁，智能化工具在节约知识型员工劳动的同时，又给他们额外增加了许多工作量，他们已经被智能工具“绑架”了。

其次，在工作流程与进度自主性方面，由于对智能化工具的依赖程度很高，电子研发工程师的工作流程必须按照智能工具设定的程序进行，而企业管理者也通过智能工具控制工程师的工作进度、工作量和工作时间，对工程师进行考核。S公司的研发工程师分属不同的项目组，管理者为项目组设立了以时间为目标的“提前完成项目奖”。项目负责人则在项目组内部也设立了二级目标，通过进度表来考核每一位员工的工作完成进度，考核结果作为项目奖金分配和年终绩效考核的重要依据。

2. 技能重塑：从求“深”到求“广”

资本以市场需求为风向标，当今电子行业追求的是产品研发的速度，而人工智能应用可以加快研发进度、降低研发难度，于是企业对电子研发工程师技能的需求也发生了调整，从要求技能深度到要求技能广度。也就是说，人工智能应用带来的“技术空心化”问题是资本获利的需求推动的。相应地，电子研发工程师为更好地就业与晋升，正积极调整自己的技能类型，技术深度已经不再是他们的唯一追求，甚至已经不是主流追求。S公司研发部主管唐工（35岁）在访谈中提道，

过去的工程师就是朝着类似科学家发展的，在某个专业方向上找到一个技术点深挖下去，一步步成为专家。而现在市场需求瞬息万变，没有时间和金钱去深入钻研，企业的生存之道是快速拿出新产品并占领市场。人力成本很高，企业偏向招一专多能的工程师，掌握的技术类型越多，你能做的项目就越多，（就业）就越有优势。换句话说，现在的工程师得有专业广度。比如，你可以做电路设计、PCB Layout、单片机开发、嵌入式开发、FPGA四个方向，你的岗位选择就更多。（访谈编号：20180319003）

从访谈中可以观察到，面对资本对技术广度的要求，知识型员工积极地进行技能上的自我调适，他们逐渐放弃了传统上知识生产中要求的知识深度，转而追求知识广度。究其原因，市场竞争导致研发效率和成本节约被资本放在首位，企业方更偏爱具有多种技术的员工来承担更多工作从而实现人工成本节约，而智能化工具的存在也使工程师迎合企业的这种需求成为可能——即智能化工具逐渐将核心知识从工作中剥离出去，工程师不需要特别深入地钻研核心科学知识，而是学会如何在智能化工具的帮助下完成工作即可。也就是说，知识型员工胜任工作的核心技术门槛降低了，而对技术广度的要求提高了。

但值得注意的是，技术深度对知识型员工并非不重要，甚至至关重要，只不过这种重要性被人工智能隐藏起来了。S公司技术顾问孙工（45岁）在访谈中提道，

要想成为高级技术人才，研究深度还是要有的，你会的再多但不深，你就总会遇到专业难题。原理性的、本质性的东西可以触类旁通，不像表层技术看上去差异那么大。你不懂原理就只能成天被眼花缭乱的新智能技术吊打。可是

现在愿意花时间花精力钻研的工程师太少了。(访谈编号: 20180318009)

人工智能将涉及核心技术的工作抽离出去,从表面上看这是技术进步对人类劳动的解放,知识型员工不再需要将精力分一部分给钻研核心技术了,但这是一种误解。从孙工的评论中可以发现,利用各类智能化工具进行操作的不同工作方法只是技术的表象,而核心的原理性的科学知识则是万能钥匙,只有掌握了这个万能钥匙才能触类旁通,很容易就看透种类繁多又不断升级的智能化工具的工作原理,从而实现人工智能辅助人的工作,而非反过来使人成为人工智能的傀儡。

3. “工程师精神”的弱化

在访谈中当问及电子研发工程师应具备的职业精神时,受访者的答案包括:对电子专业极度热爱、崇尚技术、具备系统化思维、钻研进取、耐得住寂寞以及严谨等。受访者所描述的这种“工程师精神”在马斯洛需求层次中是明显的高层次需求。这与前面文献回顾中提到的知识型员工的典型特征一致,即偏爱工作自主性和创造性,喜欢挑战,以及强烈的自我实现愿望。受访者普遍认为工作中最让人兴奋的时刻是发现有趣的问题,并通过努力找到解决办法,而并非简单地完成任务。因此,人工智能的应用在某种程度上减损了工程师钻研的乐趣和解决难题的成就感,这是对“工程师精神”的一种违背。在访谈中也能感觉到,S公司和B公司的电子研发工程师,尤其是初级、中级工程师对工作产生了一定的厌倦,但也对现状十分无奈。

今天的技术路子是全世界数百万的老工程师走出来的,你是学不完的,你怎么钻研?这根本就是完不成的任务。再说了,现在很多芯片厂商提供专业解决方案,有的甚至是免费的,比如一些开源代码,拿来用就好了,赶快给老板交差,领工资回家。(中级工程师王工,35岁,访谈编号:20180319001)

现在的核心技术都在厂商提供的封装细节里、IP库里,你拿到的就是一个模块,除非在那个公司工作,否则没机会接触里面的东西……也许你能通过自己的钻研学到核心技术,但是那得花费大量精力,而且没人为你钻研的时间付费。我们现在也搞996了,个人时间少得可怜。(中级工程师鲁工,31岁,访谈编号:20180319002)

在人工智能的影响下,工程师的工作自主性逐渐减少,并且很难去追求更有挑

战性的工作，再加上都市生活成本的压力，这些客观因素共同导致“工程师精神”正在弱化，自我实现的需求逐渐下降为生存需求。以前尚有资本出于获利目的创造出“工程师文化”来激励工程师追求更高的技术和更精益的知识产出，而现在这种“工程师文化”恐怕再也起不到激励作用了。从逻辑上讲，“技术空心化”导致的工作自主性的下降使得资本曾绞尽脑汁为知识型员工设计的激发荣誉感、价值感的激励方式也就没有必要了。那么，在电子研发企业中盛行的是哪类激励方式呢？是一系列目的性极强的、类似于军事化管理的“狼性文化”“床垫文化”和“996制度”。但是，出于内心深处对传统工程师精神的认同，受访的电子研发工程师对这些替代文化并不真正认同，他们都表达了相似的观点：研发创造需要的是灵感，而不是加班。面对北京高企的房价和其他高昂的生活成本，这些外部因素使得知识型员工必须把岗位和工作放在非常重要的位置，精神需求和自我实现需求下降为生存需求。同时对这种目的性极强的企业文化的被动认同导致知识型员工经常骑驴找马，对企业的忠诚度很低，随时准备通过跳槽来加薪。

综上所述，人工智能应用给知识型员工劳动过程带来的最关键的影响是“技术空心化”，由此导致了工作自主性下降，技能从“深”向“广”重塑，以及“工程师精神”弱化等一系列侵蚀劳动主体性的问题。

五、总结与讨论

本文采用个案研究方法对某企业及其外包企业中电子研发工程师的劳动过程进行了分析，研究发现人工智能影响知识型员工劳动过程的途径与传统劳动过程理论的“去技能化”有很大不同，前者是将核心科学技术从基本技术与技能中抽离，从而呈现出“技术空心化”的状态。“技术空心化”进一步导致了知识型员工工作自主性下降，技能追求从“深”到“广”转变，以及“工程师精神”弱化等劳动主体性的改变，这些劳动主体性的变化反过来也会加剧“技术空心化”问题。

那么，人工智能是知识型员工“技术空心化”的祸首吗？传统马克思主义学派认为技术无罪，而资本有罪。技术社会学理论认为技术的产生并非孤立，是科学、资本、社会、国家制度等多方面共同促成的结果。就人工智能来说，如果知识型员工仅把人工智能作为提高工作效率的工具，同时不放弃对核心技术知识的积累，也

就不会出现“技术空心化”的问题，甚至对技术提升还会产生正向影响。然而，这一切在市场经济的模式下很难实现，因为资本应用人工智能的主要目的是压缩研发成本，加快研发进度，从而获得更高利润。

今天我国知识型员工“技术空心化”也与行业发展滞后有关。虽然本文案例讨论的是非核心技术企业，但就电子行业来说，庞大的电子企业体量却缺少核心技术支撑，只能长期从发达国家购买核心技术。典型的例子就是去年和今年发生的中兴、华为“芯片事件”。有趣的是，“技术空心化”问题在20世纪90年代曾在日本的电子行业出现过，当时日本的电子行业因为与中国等新兴工业化国家争夺国际产品市场，而采用大量提高研发效率的自动化设计工具来加快研发进度。当时有一批20世纪40年代出生的日本老工程师呼吁工程师群体在使用自动化工具提高效率的同时也不可忽视核心科学原理的传承与发展。时至今日，核心技术没有因当年的“技术空心化”问题而在日本消失，反而仍然在日本的高等教育、科普、电子行业等领域得到极大重视。资本出于获利的需求，除非在特殊条件下，否则很难在提高和保持劳动者技能水平方面主动发挥正面作用。日本的成功除了老一代工程师的职业精神感召以外，也一定少不了国家层面的干预。对于我国如何避免在各个知识生产领域出现愈演愈烈的“技术空心化”问题，这涉及国家战略、市场导向、教育及社会意识形态等一系列多元化问题，有待各领域的研究者共同聚焦“技术空心化”及知识型员工主体性的变化，并指明解决方案。

参考文献：

- 布雷弗曼，哈里，1978，《劳动与垄断资本》，方生、朱基俊、吴忆萱、陈卫和、张其骈译，北京：商务印书馆。
- 布若威，迈克尔，2008，《制造同意》，李荣荣译，北京：商务印书馆。
- 传化公益慈善研究院中国卡车司机调研课题组，2018，《中国卡车司机调查报告（No.1 卡车司机的群体特征与劳动过程）》，《中国社会调查报告》，北京：社会科学文献出版社。
- 胡斯，乌苏拉，2011，《高科技无产阶级的形成——真实世界里的虚拟工作》，任海龙译，北京：北京大学出版社。
- 李红刚、赖德胜，2008，《互联网与收入分配》，《中国发展进程中的管理科学与工程》第1期。
- 梁萌，2015，《知识劳动中的文化资本重塑——以E互联网公司为例》，《社会发展研究》第1期。
- 马克思、恩格斯，1975，《马克思恩格斯全集》，第26卷上册，中共中央马克思恩格斯列宁斯大林著作编译局译，北京：人民出版社。

- 毛宇飞、曾湘泉、祝慧琳, 2019, 《互联网使用、就业决策与就业质量——基于 CGSS 数据的经验证据》, 《经济理论与经济管理》第 1 期。
- 邱子童、吴清军、杨伟国, 2019, 《人工智能背景下劳动者技能需求的转型：从去技能化到再技能化》, 《电子政务》第 6 期。
- 孙中伟, 2019, 《“机器换人”对制造业劳动关系的影响》, 数字经济与未来工作研讨会暨第四届人大-罗格斯学术会议报告, 北京: 5 月 31 日—6 月 1 日。
- 佟新, 2019, 《微商与挣钱的妈妈们》, 数字经济与未来工作研讨会暨第四届人大-罗格斯学术会议报告, 北京: 5 月 31 日—6 月 1 日。
- 王星, 2011, 《技术的政治经济学：基于马克思主义劳动过程理论的思考》, 《社会》第 2 期。
- 吴清军、李贞, 2018, 《分享经济下的劳动控制与工作自主性——关于网约车司机工作的混合研究》, 《社会学研究》第 4 期。
- 谢富胜、李钟瑾, 2013, 《主体性与劳动过程研究的后现代转向》, 《教学与研究》第 5 期。
- 杨涛, 2019, 《自动化如何改变车间劳动——来自珠三角汽配企业的实证研究》, 数字经济与未来工作研讨会暨第四届人大-罗格斯学术会议报告, 北京: 5 月 31 日—6 月 1 日。
- 朱巧玲、李敏, 2017, 《人工智能的发展与未来劳动力结构变化趋势——理论、证据及策略》, 《改革与战略》第 12 期。
- 庄家炽, 2019, 《资本监管与工人劳动自主性——以快递工人劳动过程为例》, 《社会发展研究》第 2 期。
- Arntz, Melanie, Terry Gregory & Ulrich Zierahn 2016, “The Risk of Automation for Jobs in OECD Countries: A Comparative Analysis.” OECD Social, Employment and Migration Working Papers.
- Acemoglu, Daron 2002, “Technical Change, Inequality and The Labor Market.” *Journal of Economic Literature* 40 (1).
- Acemoglu, Daron & Pascual Restrepo 2017, “Robots and Jobs; Evidence from US Labor Markets.” NBER Working Paper. <https://www.nber.org/papers/w23285>.
- Autor, David H., Frank Levy & Richard J. Murnane 2003, “The Skill Content of Recent Technological Change: An Empirical Exploration.” *Quarterly Journal of Economics* 118 (4).
- Autor, David H., Lawrence F. Katz & Melissa S. Kearney 2006, “The Polarization of the U. S. Labor Market.” *American Economic Review* 96 (2).
- Barrett, Rowena 2004, “Working at Webiwyz; An analysis of Control over the Software Development Labour Process.” *Sociology* 38 (4).
- Brusco, S. 1981, “Labor Market Structures, Company Policies and Technological Progress: The Case of Italy.” in O. Diettrich & J. Morley (eds.) *Capital and Labor*. Brussels: EEC.
- Brophy, Enda 2011, “MLanguage Put to Work; Cognitive Capitalism, Call Center Labor, and Worker Inquiry.” *Journal of Communication Inquiry* 35 (4).
- Etkin, Jordan & Cassie Mogilner 2016, “Does Variety Among Activities Increase Happiness?” *Journal of Consumer Research* 43 (2).

- Edwards, R. C 1979, *Contested Terrain: The Transformation of the Workplace in the Twentieth Century*. New York: Basic Books.
- Friedman, Andrew 1987, “The Means of Management Control and Labor Process Theory: A Critical Note on Storey.” *Sociology* 21 (2).
- Frey, C. & M. Osborne 2013, “The Future of Employment: How Susceptible Are Jobs to Computerization?” Working Paper, University of Oxford.
- Feloni, Richard 2017, “Consumer-Goods Giant Unilever Has been Hiring Employees Using Brain Games and Artificial Intelligence—And It’s a Huge Success.” *Business Insider* June 28.
- Graetz, Georg & Guy Michaels 2018, “Robots at Work, The Review of Economics and Statistics.” *MIT Press* 100 (5).
- Goos, Maarten & Alan Manning 2007, “Lousy and Lovely Jobs: The Rising Polarization of Work in Britain.” *The Review of Economics and Statistics* 89 (1).
- Hall, P. & D. Soskice 2001, “An Introduction to Varieties of Capitalism.” in P. Hall & D. Soskice (eds.) *Varieties of Capitalism: The Institutional Foundations of Comparative Advantage*, Oxford: Oxford University Press.
- Kunda, Gideon 2006, *Engineering Culture Control and Commitment in A High-tech Corporation*. Philadelphia: Temple University.
- Lazonick, William 1990, *Competitive Advantage on the Shop Floor*, Cambridge: Harvard University Press.
- Melanie, Amtz, Terry Gregory & Ulrich Zierahn 2016, “The Risk of Automation for Jobs In Oecd Countries, Oecd Social.” Employment and Migration Working Papers No. 189.
- Merret, Rebecca 2015, “How Lenono Uses Text Analytics for Product Quality and Design.” *CIO* September2.
- Nilsson, N. 1984, “Artificial Intelligence, Employment, and Income,” *The AI Magazine* 5 (2).
- Raccuglia, Paul, Elbert KC & Adler PD 2016, “Machine-learning-Assisted Materials Discovery Using Failed Experiments.” *Nature* 533.
- Streeck, Wolfgang 1988, “Skills and the Limits of Neo-Liberalism: The Enterprise of the Future as a Place of Learning.” Berlin: WZB Discussion paper.
- Soskice, David 1999, “Divergent Production Regime: Coordinated and Uncoordinated Market Economies in the 1980s and 1990s.” in Kitschelt Herbert, Peter Lange, Gary Marks & John D. Stephens, (eds.) *Continuity and Change in Contemporary Capitalism*. New York: Cambridge University Press.
- Thelen, Kathleen 2004, *How Institutions Evolve: The Political Economy of Skills in Germany Britain, the United States, and Japan*. New York: Cambridge University Press.
- Upadhy, Carol 2008, *In An Outpost of the Global Economy: Work and Workers in India’s Information Technology Industry*. New Delhi: Routledge.
- Winston, Patrick Henry 1984, *Artificial Intelligence*. Massachusetts: Addison-Wesley Publishing Company.

作者单位：中国劳动关系学院劳动关系与人力资源学院
责任编辑：吴莹