

【劳动社会学】

机器人时代的制造业岗位技能水平变化研究

——基于“复杂性—自主性”框架下的案例分析

许 怡 邓韵雪

【摘 要】近年来关于技术进步对劳动者影响的讨论,其中一个核心问题是:诸如机器人、自动化等技术给制造业工人带来的是“去技能化”还是“技能提升”?基于四家已实施“机器换人”的工厂的案例研究,考察“机器换人”前后的劳动过程变化,从劳动的“复杂性—自主性”两个维度分析车间一线生产工人的技能改变。研究发现,制造业的技术进步对岗位技能水平的影响是双向的:一线生产工人面临的主要趋势是去技能化,其技能的复杂性和自主性遭受了“双重削弱”,相关技术工程人员则在此过程中获得了技能提升的机遇。这种技能变化的结果受到了机器人控制技术和深化的泰勒制的影响,二者结合形成了一种资本主导的“技术选择”。

【关键词】工业机器人;自动化;机器换人;去技能化;泰勒制

【作者简介】许怡,社会学博士,中山大学社会学与人类学学院副教授、博士生导师;邓韵雪(通讯作者),社会学博士,湘潭大学公共管理学院副教授。

【原文出处】《福建论坛》:人文社会科学版(福州),2023.11.148~165

【基金项目】教育部人文社会科学研究青年基金项目“中国制造‘机器换人’趋势下的劳动关系转型研究”(17YJC840049);国家社会科学基金青年项目“制造业‘机器换人’对农民工就业的影响及干预机制研究”(19CSH045)。

一种普遍的观点认为,我们正处在第四次工业革命(工业4.0)浪潮当中,并开始迈入“机器人时代”。基于机器人革命、人工智能和自动化等技术的兴起,中国制造业也掀起了一场“机器换人”的自动化升级浪潮。所谓“机器换人”,即以工业机器人、数控机床等自动化设备代替原本由人工从事的生产作业。工业机器人是一种集机械、电子、计算机、控制、传感器以及人工智能等技术于一身的自动化设备,具有自动控制的操作和移动功能,能够完成各种作业的可编程操作机。早期的工业机器人主要应用于简单、重复性劳动。近十年来,机器人的可控性、灵活度和精密度都得到很大的提升,不仅可从事重复性的操作,如组装、上下料等,还可从事复杂、精密兼具技能难度与高灵活度的作业,如点焊、抛光等。

然而,在这场升级浪潮当中,出现了一股强大的张力:一边是来自地方政府和制造企业持续推广的

以“机器换人”为特征的自动化升级;另一边则是来自国家层面的打造“技能社会”和弘扬“工匠精神”的政策导向^①以及基层工人争取“体面劳动”的呼声。“机器换人”代表的是一种技术主导的发展路径——通过工业机器人、自动化和智能化设备取代人工劳动,提高生产效率,节约人工成本。而打造“技能社会”和弘扬“工匠精神”的政策导向,则意味着应重视提升劳动者的技能,强调技能对产业持续发展的关键作用,并主张一种以人为本的发展路径。尽管两种发展路径的最终目标都是为了使我国实现产业升级、成为制造强国,但其路径方式的差异却可能给就业结构带来截然不同的影响。

基于这些考量,本文考察了近年来通过“机器换人”进行自动化升级的制造业企业,并研究其对劳动者技能变化的影响,以此分析地方及企业层面的产业升级实践与国家打造技能社会的愿景之间存在的

距离和张力,从而为进一步完善产业升级和技能升级的策略提供思路。

一、关于技术进步与技能变化的争论

考察机器人、自动化等技术对劳动者技能的影响,需追溯历史上关于技术进步与技能关系的争论。对此,西方学者自20世纪60年代开始便有了系统的研究和论述,并逐渐形成了两种互为对立的观点——“去技能化”论和“技能提升”论,此后又发展出了“混合效应”和“极化效应”等观点。

(一)“去技能化”论

哈里·布雷弗曼的劳动过程理论是“去技能化”论述的代表,其著名的论断——概念与执行的分离——意指将生产过程中的专门知识和技术转移到设计生产流程的工程师、经理人手中,从而削弱工人的技能和转移他们手中的劳动控制权。该论断主要是基于泰勒制科学管理理念及其流水线生产分工模式所做的剖析,但哈里·布雷弗曼认为后来自动化技术的发展同样延续了概念与执行的分离。^②工业自动化史学家戴维·诺布尔重点讨论了兴起于20世纪五六十年代的数值控制技术,他指出数值控制机器的出现对机器操作工所掌握的技能造成了毁灭性破坏——当机器从人工控制进化到数值控制,生产过程中的决策、计划和技能都从操作工转移到了管理者手中。^③其他学者的研究同样印证了戴维·诺布尔的观点:自数值控制机器出现以来,管理者倾向于采取集中化编程的策略,即由办公室编程人员集中编程,而非由车间里有经验的机床操作工来编程。管理者除了担心机床工人不能胜任编程工作以外,也担心会降低其对工作的监督和协调能力。^④

此外,戴维·诺布尔还指出数值控制技术的出现是一种“社会选择”,管理者和政府在决策中扮演历史性角色。在进行自动化的技术选择上,原本还有一种同样高效的“记录—回放”技术,但这一技术没有得到资方的认可和推广,因为这种技术的编程工作在车间中进行,需要依赖车间里的熟练技术工人,管理层担心工人或工会成为技术的控制者。相较而言,数值控制技术则让机器操作工在生产中被边缘化,并减少了对高技能劳动的需求。^⑤

(二)“技能提升”论

对于“技能提升”论支持者而言,他们主张自动化生产过程的兴起有别于以往对技能的需求,是一种“超越机械化”的变革,并将引领工厂管理走向“后等级制”甚至“后资本主义”的生产过程。^⑥技术提升论的观点主要体现在两方面:一方面,有经济学家提出“技能偏向型技术进步理论”(skill-biased technical change theory),认为技术进步会提高对劳动者教育水平的需求,而受教育程度也是测量工人技能水平的重要指标。^⑦该理论认为,与低技能的劳动者相比,高技能的劳动者能更快地掌握新技术,并有效地将新技术运用到生产中。实证研究发现,随着信息技术、自动化技术等新技术的应用,企业中高技能劳动者的比重显著上升。^⑧另一方面,一些社会学研究也发现,虽然新技术会淘汰劳动者原有的技能,但往往也会催生新的技能需求,通过推动劳动者进行再技能化实现技能提升。例如,保罗·阿德勒(Paul Adler)分析了自动化技术对法国银行工作的影响,发现在实施自动化的过程中,管理者向职员提供了更多的培训,并提高了职员开展抽象工作任务的能力和团队合作的技能。^⑨

上述观点尽管不无道理,但却存在着研究范畴、地域和时代的局限性。一方面,如果只关注使用高新技术的企业,无疑会发现受雇者的平均受教育水平更高,原因是这类企业削减了大量的中低技能劳动力或只雇佣较高技能的劳动力,导致低技能、低教育水平的劳动力流向了服务业等低技能行业,而社会整体的技能水平在短期内并不会发生变化。另一方面,诸如美国等发达国家在20世纪七八十年代确实经历了高技能工作的增长,然而这一趋势在20世纪90年代后就已经扭转为低技能工作占比的迅速增加,而高技能工作的占比在步入21世纪后则完全停滞^⑩——这就是下面会谈到的“极化效应”。除此以外,上述观点也忽略了全球化的影响,离岸外包等生产模式的转变将大量中低技能的工作转移到了发展中国家,技能提升在某种程度上只是发达国家产业转移后的表象。

(三)混合效应及极化效应

除了上述两派对立的观点,一些研究者认为并

不存在一种整体性及必然性的“去技能化”或者“技能提升”趋势。技能改变的结果具有偶发性,一方面,这种偶发性取决于某些技术以外的条件,例如企业在产业或价值链中所处的位置、工会的角色、企业处理劳资纠纷或劳资合作的传统。^⑪另一方面,企业实施新技术的方式也对岗位技能水平有重要影响,如有研究通过对若干国家的比较区分出资方对“可编程自动化”技术的三种管理策略:科学管理模式、以技术为中心的参与模式、以工人为中心的参与模式,不同模式对工人的技能影响差异巨大。^⑫

其中,美国的自动化升级采取的是科学管理策略,即不断窄化工人的劳动分工,从而导致技能的分化。一项经验研究发现,工业机器人、可编程自动化设备的应用和生产组织改造导致了劳动力技能水平的两极分化——技术工人的技能水平进一步提升,并增加了维护和管理新设备的责任;而技术水平较低的生产工人经历了进一步的去技能化,受到更严密的劳动控制。^⑬另有研究通过对美国劳动力市场的分析发现,随着自动化技术的推广,稳定的中等技能工作不断减少,取而代之的是大量低薪、低技能的服务业工作;而高技能工作通常需要多年的高等教育和训练,多数劳工很难获得。^⑭这种技能和就业结构的改变也由20世纪90年代前的“两极化”趋势转变为21世纪初的“单向极化”趋势,即低技能岗位的单向增长,中、高技能岗位的持续减少,这种趋势与自动化、数字化技术的出现不无关系。^⑮

相较而言,德国的自动化升级更偏好以工人为中心的参与模式,劳动力队伍由高技能、自主性强的机械师构成,因而整体技能水平最高。这样一支高技能、高素质、高工资劳动力队伍的形成,与德国健全完善的技能形成体系密切相关,其构成得益于政府立法推动、工会的强有力介入、学徒制传统、社会福利、多方支持的社会伙伴关系等多方面因素。^⑯

(四)近年来“机器换人”的相关研究

近年来有学者对我国制造业“机器换人”现象开展了若干实证和经验研究,围绕技能的变化趋势也产生了许多讨论。一些学者支持“去技能化”和“技能极化”的观点,认为工业机器人等自动化技术引起了劳动者之间的分化。^⑰一方面,生产中的知识和技

能将愈发集中到数据分析师、调试工程师等技术人员手中;另一方面,原有的技术分工也受到冲击——中年熟练技术工人的议价能力被严重削弱^⑱,而年轻工人因其在操作机器人设备上更具灵活性而更受企业主青睐,但他们在技能提升上的空间非常有限。^⑲

还有一些研究则偏向“技能提升”论。通过调查问卷,他们发现“机器换人”提高了企业对三类技能人才的需求——机器设备维护员、机器设备操作员、技术产品研发员。^⑳从数据来看,广泛实施“机器换人”的工厂也为员工提供了更多的在职培训机会,其员工的教育水平也较未实施“机器换人”的工厂要高。^㉑同时,有研究者认为,“机器换人”催生了制造业对工业机器人操作和运维人员等技能工人的巨大需求,在此契机下,农民工将有望通过技能培训成为新技术工人。^㉒

上述研究以调查数据或个案为依据,但其分析主要是针对劳动者中的某一类别所做出的论断,未能说明新技术的应用对劳动者整体技能水平的影响,也未能综合呈现不同类别的劳动者境遇差异。例如,支持“技能提升”论的证据只能说明“机器换人”催生了新的技能需求并创造了新的技能型岗位,但却忽视了新技术对已有岗位技能的影响。哪怕数据反映出“机器换人”的工厂员工平均技能和教育水平更高,但背后却是以大量削减低技能的岗位为代价——这些被机器换掉的劳动者如若溢出制造业,也将流向其他低技能的行业,实质上未能降低就业结构中的低技能劳动者占比。因此,考察新技术对不同劳动者之间影响的差异性显得尤为重要。一项新的研究在某种程度上弥补了这点不足——该研究区分了五类制造业劳动者:普通工人、机器操作工、技术人员、管理人员和文员,并以在岗培训时间作为考察岗位技能水平的变量。结果发现,“机器换人”等自动化技术未能使普通工人获得技能提升的空间,甚至有下降趋势;而机器操作工、技术人员的技能水平则获得了显著提升;此外,管理人员和文员的技能水平没有获得显著提升。^㉓

基于对已有研究的回顾,我们可得出一个初步的判断:技术进步对工人技能的影响极有可能是双向的——对于某些类别的工人去技能化,对于另外

一些类别的工人提升了技能,甚至更为复杂——劳动的重新分工和组合导致了个别工作既包含了去技能化的面向,也包含了技能提升的面向。^③片面化的论断是不可取的,因此本研究更关心的是:哪些工人被去技能化了,或者说哪些技能被贬值了?其过程是如何发生的,结果是什么?哪里有了新的关键技能的产生?哪些工人享有再技能化的机会和资源?技术升级对于占大多数比例的低技能工人意味着什么?

本文通过分析制造业中的“岗位技能”,即完成某一类岗位的工作任务所需的技能水平在“机器换人”前后的变化,了解新技术的应用对不同岗位技能需求的改变和对劳动者技能的影响。尽管岗位技能有别于劳动者技能,但只有当劳动者掌握的某些知识和技巧被实际运用到生产过程当中,并与其岗位所需的技能相匹配时,其技能价值方能得到体现。因此,岗位技能相对于劳动者的人力资本(如教育程度、职业资格证书)更能反映社会所需的劳动者实际技能水平,而企业对岗位技能要求的变化也直接影响着劳动力市场对不同技能劳动者的供求关系,从而长远影响社会整体的劳动者技能水平。

二、技能的界定及研究方法

(一)概念界定

我国对于职业技能的界定主要指劳动者掌握从事某项职业所需具备的专业知识和操作技能,并通过国家的职业技能鉴定获得相应的职业资格证书。制造业中常见的操作技能包括:车、铣、涂装、焊接、冲压、锻造、抛磨光等,其对应的职业资格类别属“技能人员”。由此可见,我国对于技能的界定仅仅限定在某项职业所需的知识和实际操作能力,侧重其客观属性。

西方学者对于技能概念的探究则更为系统化,不仅关注其客观属性,也关注其社会属性。有学者界定了技能的三种含义:一是能客观界定的竞争力(即复杂性);二是对概念和执行的控制;三是社会性的职业地位。^④第一点体现的是技能的客观属性,可将其理解为工人所掌握的“可转化为生产力”的一系列知识、能力和经验,并以此获得相应回报。^⑤后二者体现的则是技能的社会属性,即认为技能应与劳动过程的控制权相对应,并体现出劳动者相应的社会地

位。尽管在布雷弗曼看来,前二者是统一的——去技能化等同于通过降低技能的客观属性从而降低工人对概念的控制。^⑥然而,后来的研究者认为二者应该区别对待,即可能出现二者不统一的情形,如技能的客观要求降低了,但工人的控制权反而增强,抑或反之。^⑦

(二)已有的技能测量方法及测量维度

对技能概念的理解很大程度上影响着对技能的测量方法和衡量维度。国外学者对于技能的研究方法分为量化研究法和质性研究法。在美国,对于技能的量化研究最流行的一种方法是集合研究法,即测量所有职业的技能需求变化,其主要依赖于“职业名称代码”作为数据来源。“职业名称代码”的生成则是通过评估专家给现有职业以及新增职业进行打分,定期更新,从而评估不断变化的职业技能需求。该代码的评分标准包括若干指标,如教育程度、职业技能准备、工作条件以及语言、数字、空间等11个能力指标。^⑧这种测量方式尽管包含了多个指标,但仍被认为是单一维度的技能测量,因为它只考虑到了技能本身的复杂性,即客观属性。^⑨

另一类研究技能的方法是案例研究法。该类研究大多通过案例研究揭示了若干典型行业中人工岗位的技能转型,例如机床操作、印刷业、金属加工业等。^⑩其资料来源通常为对车间的直接观察,对管理者、工人和技术设计人员的访谈,以及描写车间生产情况的报告和资料。案例研究法的一个重要贡献是挑战了集合研究法对技能水平变化的整体性判断,也质疑了技能水平由其岗位所需的客观属性决定的单一衡量维度。研究者们通过案例研究法发现,即使在同一行业中的同样岗位,其技能变化的趋势也并非完全一致,而是取决于诸多因素,如企业的规模、工会力量的强弱、当地劳动力市场等。^⑪

基于以上发现,后来的研究者逐渐意识到应该发展多维度的技能评估框架,其中以肯尼斯·斯宾纳(Kenneth Spenner)提出的双维度框架最具整合性。双维度框架包含了衡量技能的两个核心维度:工作复杂性(occupational complexity)和“自主性—控制”(autonomy—control)。^⑫复杂性对应的是技能的客观属性,而“自主性—控制”则反映技能的社会属性。“自

自主性—控制”这一概念来源于前人对技能的研究文献,如詹姆斯·布赖特(James Bright)在分析工人与工作任务的互动关系时提出了十二种元素,其中前十种(包括体力和脑力劳动,操作敏捷度、职业风险等)可理解为工作复杂性,后两种(职责、决策)则被归为“自主性—控制”^⑧。又如,詹姆斯·菲尔德(James Field)在分析技能的特征时将其分为四个部分:工作范畴、工作任务的难度、熟练度标准、需要做出判断和决策的程度。^⑨前三者可归为工作复杂性,最后一个则可归为“自主性—控制”。在肯尼斯·斯宾纳之后,还有学者提出了多维度的评估模型,但整体来看,这些多维度都可整合并归入斯宾纳的双维度框架。

(三)研究方法

本文所涉及的劳动岗位主要包括受“机器换人”影响最大的两类:车间的一线生产岗位和负责运营维护机器人等生产设备的技术岗位。对于一线生产岗位,本文将采用斯宾纳的双维度框架(复杂性—自主性)对其进行考察。在考察技能的复杂性上,作者采取了综合且直观的评价方式——通过比较“机器换人”前后同一核心工序的操作难易程度,并结合这些岗位的级别、工资待遇、对技能需求变化进行评估。在考察自主性方面,则更多依据对工人和管理者的访谈,了解劳动者在“机器换人”前后对自己工作职责的主观感受和评价。对于运营维护技术岗位,由于其多为“机器换人”后新设立的,因此将单独讨论。

资料和数据来源方面,笔者于2018年至2020年陆续对广东省近70家制造业企业进行了调研和实地参访。在企业层面,我们访谈了企业管理层,包括人力资源部门管理者、技术部门管理者等,这部分访谈对象可以为企业的技术升级状况和劳动力状况提供整体性的介绍。另外,我们也从多种渠道访谈到具有相关经历的一线工人,包括经历着企业自动化升级的工人和机器人培训学院的学员。我们共累积了上百份座谈、访谈记录,以及20余家企业的车间观察记录。与此同时,笔者还进行了参与式观察,于2018年8月及2020年7月分别进入本文案例的B工厂和D工厂进行了为期一到两周时间的田野观察,得以观察到人工生产线和自动化生产线的生产流程以及工人劳动过程。

基于以上的访谈资料和田野资料,本文选取了四家工厂进行案例分析。选取这四家工厂作为案例研究,一是基于这四家工厂的田野资料比较完整;二是基于这四家工厂的代表性,它们分别来自不同的行业(建筑装备、家具、电子、运动用品),其产品、生产工艺可代表其行业特性;三是基于四家工厂实施“机器换人”的时间、机器人普及率和自动化程度具有一定差异性。这四家工厂情况可反映和代表中国制造业企业近年来自动化升级的大致状况。以下将对四个案例的情况做简要介绍。

A工厂成立于1995年,是一家生产建筑模板和铝合金脚手架等建筑装备的民营企业。从2008年开始,A工厂开始小规模引入焊接机器人、冲孔机器人等对生产流程进行自动化改造,目前全厂约45%的工序已经实现自动化生产。自动化设备的应用减少了企业的用工需求:虽然2016年以来A工厂的产量每年增加10%以上,但是用工人数量没有增加,反而从640人降为620人,削减的工种主要是焊工。

B工厂成立于2000年,是一家自主品牌的港台合资企业,其主要产品为高端电脑办公椅。B工厂于2017年开始引入自动化生产,先后购置了20余台机器人。B工厂的自动化升级方式是对局部工序进行改造,所购置的机器人分别用于电脑椅部件的组立、坐垫披覆以及成品的包装和搬运三类工序。“机器换人”大大提升了B工厂的产能,自动化部门才成立一年多的时间,就已完成50%以上的出货量,厂方已在筹备“生产全面自动化”计划。由于B工厂的员工自然流失率高,目前被机器替换的工人大多通过调岗方式解决就业。

C工厂成立于2002年,所属企业为上市公司,主做键盘、鼠标等电脑外置设备。C工厂于2012年开始对生产线进行自动化改造升级,一次性购买了75台工业机器人,并根据生产需要对机器人进行系统和配套集成。C工厂现已陆续实现了第二代的自动化升级,涵盖生产、仓储、物流各部门,其生产鼠标的全自动化生产线,仅需配备1名工人。企业的用工人数量也在“机器换人”后不断减少,2012年以前全厂三千余人,目前仅有约一千名员工,其中生产部门员工六百人。同样,由于C工厂的员工自然流失率高,企

业无须自主裁员即实现了减员的过程。

D工厂成立于2014年,是一家生产足球、运动水壶等运动用品的小规模民营企业,全厂员工仅一百余人,生产工人不足百人。2018年,D工厂全新投产了一条高度自动化的足球球片生产线,开始生产热拼贴款的高端足球。次年,企业主在看到收益后,又相继投产了第二、第三条不同型号的自动化生产线,产能更高,每条产线所需工人数量更少。尽管球片生产工序实现了较高度度的自动化,但位于后端的拼贴和检测工序仍然是劳动力密集型工序,依靠的是熟练的拼球女工,从技术上而言暂时无法被机器所替代。

四个工厂案例实施“机器换人”的情况汇总如表1所示。

三、“复杂性—自主性”框架下的岗位技能变化

复杂性是技能客观属性的体现,指的是工作所要求的操作技能和难度,工人需要掌握的知识、能力和经验等。而自主性体现的是工人对其劳动过程的控制权,包括如何执行工作、对工作节奏和休息的掌控、所承担的职责以及工人对自身角色的评价和主观感受等。双维度的评价框架可完善我们对技能多重属性的理解,也可避免布雷弗曼式的将技能与劳动过程控制权完全等同,导致对工人主体性的忽视。下文对于二者的考察主要基于对“机器换人”前后或者与同期存在的人工生产线的同类岗位进行比较。

(一)易降难升的复杂性

工作复杂性反映的是技能的客观属性,我们可以通过岗位的技能级别、上岗培训时间、实际操作难度以及岗位工资等方面来进行评估。概括而言,四个案例中有两个案例存在岗位技能复杂性下降的现

象,第三个案例的岗位技能复杂性无显著变化,最后一个案例则见证了“多能工”如何被降低和简化为普工的过程。笔者将其归类为以下三种情况。

1. 技能工种和熟练工种的去技能化

A工厂自2008年以来引入了40台焊接机器人,1台机器人可以替代1.5名焊工。引入机器人后,工人从焊接技术岗位转变成辅助岗位,其工作是给焊接机器人上下料、固定工件、按键启动机器人。可见,核心岗位明显地被去技能化了,原属焊工岗位本身的技能操作部分被机器人取代,技能要求由焊工岗下降为普工岗。焊接作为一种操作技能,工人需要经过一段时间的实务培训和操练,通过职业资格考试并获得“焊工证”后方能上岗。“机器换人”以后,工人只需要从事辅助机器人的简易工作,几乎不需要培训即可上岗。从事该岗位的工人也从男性焊工变为了女性普工,工资水平从4000多元下降为3000多元。

与A工厂“去技能化”特征相似的案例,还有原本依赖熟练工和“多能工”进行生产的B工厂。在以往的生产过程中,熟练工或“多能工”需要完整地掌握产品部件的组装技巧和检测技巧,这需要相当长时间的经验积累。在进行自动化升级之前,B工厂超过半数工人为具有十年以上厂龄的老工人。在部分工序自动化升级之后,这些岗位所需的机器人辅助工多由年轻工人担任。

通过比较B厂一个被机器人替换的主要工序的劳动过程,我们可以考察“机器换人”前后岗位技能水平的变化。以坐垫披覆工序为例,人工披覆的过程首先需要将面料覆盖包裹在坐垫外框,然后用专门的装订机沿外框处打钉固定,最后用剪刀剪去多

表1 四个案例实施“机器换人”的情况

工厂信息	A工厂	B工厂	C工厂	D工厂
行业	建筑装备行业	家具行业	电子行业	运动用品行业
生产产品	铝合金脚手架	办公椅	鼠标、键盘	足球、运动水壶
机器换人开始时间	2008年	2017年	2012年	2018年
使用机器人的比例	45%的生产线	约30%的生产部门	全厂覆盖	约50%的生产工序
自动化程度	半自动化	半自动化	高度自动化	高度自动化
原岗位要求	技术工	熟练工	普工	普工
机器换人后的岗位要求	普工	机器人操作工(辅助工)	开机员(普工)、技术员	看机员(普工)、技术员

余面料。工人完成一个工件需用时一分多钟,并且需要具备一定的熟练度和掌握相当的操作技巧方能胜任。如若使用自动化披覆机器人,工人只需要将面料覆盖在坐垫上并用夹具固定,即完成了装件工作,而后则由机器人手臂按照设定的轨迹完成打钉的任务。尽管机器操作工需要经过短期的内部培训并且享有略高于普工的技能津贴,但实际上他们的工作只是辅助机器人的作业——装件固定和上下件。

结合A工厂、B工厂案例以及在调研中接触到的其他工厂案例,我们发现,去技能化的现象主要发生在具有一定操作技能要求又可被机器替代的技能工种和熟练工种,如焊接、抛光、喷涂、装配等。这些工种由于对工人的技能和工艺要求较高且可能存在一定的职业伤害,因此用人成本远高于普工工种。从管理者的动机来看,我们亦可理解为何技能工种面临去技能化。例如,A工厂的管理者表示使用机器人的原因之一是缓解技术工人成本高、管理难的问题,“以前我们是人工焊接,订单多的时候,人手不足,一些工人就会闹情绪,会罢工,要求提高工资。生产旺季时还要请临时工,但是质量难保证”。

2. 低技能工种无显著改变

C工厂在“机器换人”以前已经是非常典型的泰勒制生产模式:普工大多从事低技能甚至是零技能的岗位,工人的操作主要是重复性、程序性的简单劳动,如组装、测试、包装等。这些工作对工人的手指灵活性和视觉敏锐度有一定要求,但是对学历的要求不高、岗前培训所需时间也较短,因此技能要求较低,工人多为普工。在“机器换人”之后,这些低技能的普工岗位被大量削减,而保留下来的少量人工岗位,并没有显著的技能提升,依然以普工岗为主。但鉴于这类工厂在自动化升级之前对普工的技能要求就已经非常低了,所以我们认为相关岗位的技能水平无显著改变。

以C工厂的鼠标生产车间为例,我们观察到这种高度自动化的生产过程及工人在其中扮演的角色:在生产线前端,一台注塑机将原材料注塑成型鼠标的外壳后传送到装配线,六台轻型机器人排列在生产线两侧,有条不紊地完成各自的作业,往电路板插入电子元件、锡焊、装透镜、外壳组装、测试、包装

等。该产线上的人工岗位几乎被取消殆尽,仅保留了一个人工“开机员”岗位,其工作包括开机、生产完成后的收料和摆放、中途卡料处理^⑧,以及在机器出故障时上报。尽管该岗位也需经过短期培训方可正式上岗,但培训内容主要涉及安全生产。从事该岗位的一名开机员表示,“现在的工作……我们感觉也没有什么技术,因为都不会出什么问题,不需要什么技术……每天上班,只要把料放好,机器就自己做了,就这样”。这种全自动化工厂的一线工人也被称为零技能的“看守员”或“监视员”。^⑨

需要说明的是,尽管C工厂在自动化升级后生产线上保留的岗位没有明显的技能变化,但自动化产线的维护和运营需要额外配备技术员,对这一类非生产性工人的技能水平分析将在下文阐述。

3. 被贬低的“多能工”

前面三个案例中,机器对生产工人技能的影响或是去技能化,或是无明显提升,而D工厂里岗位技能变化可以算是四个案例中的特例——在新产线投产早期,看机员的岗位对工人的技能提出了高于普工的要求,但在产线稳定运营后,资方又不断通过技术改良和设置调整以削弱看机员岗位的操作复杂性,因此,该案例体现出了技能变化的动态过程。

D厂的球片生产线定位为高度自动化,即在理想状态下所有加工过程均由机器完成,但由于其来料的特点^⑩,每个生产工段均需要看机员人工干预。相较于泰勒制流水线上的普工所承担的简单、重复性任务,D厂足球球片生产线上的看机员被要求承担更具综合性的“多能工”任务:上下料、处理卡料、机器报警后的复位重启、球片的初步检测和摆放等。对于看机员而言,辅助机器正常运作意味着他们需要熟悉机器的运作规律,人工干预频繁发生的卡料和机器报警等异常情况。这些任务相对于一般普工的工作而言包含技能提升的内容。从事该岗位的一位中年女工表示,她刚来这条生产线的时候大约花了三到四个月的时间才胜任现在的任务。

多任务意味着对工人综合技能的提升,哪怕每一个任务的技能要求较低,但熟悉多个岗位操作的工人被称为“多能工”,他们也通常能享有较普工更高的岗位薪资。然而,在D工厂里,看机员的岗位相

当于普工,不管是薪资待遇还是岗位级别均没有被当作“多能工”对待。对较早运营的一线工人,当时企业主为了激发工人积极性,允诺给看机员发放岗位津贴,每人每月300元到500元不等;但之后再入职的二线工人不再享有此待遇,其薪资水平下降为普工标准。也正因此,二线上的工人流动性较高,管理者反映2020年春复工后不到半年时间已经换了两拨工人了。

尽管在新产线投产早期,看机员岗位有技能提升的迹象,然而在产线稳定运营以后,资方仍然想方设法节约人力以及简化看机员的工作内容。例如,对于频繁出现的机器报警,管理者和技术人员通过不断改良技术以解决问题——“我们调高了烤箱的温度,在磨具上涂上一层防粘剂,这样球片就没那么粘了,卡料和报警都减少了,工人的工作就简单多了”(杜总,生产总监)。因此,在D工厂的案例中,尽管可以观察到看机员工作复杂性的提高,但在管理者看来,这是生产线运营初期机器性能尚不稳定所造成的副作用。管理者的主观意愿仍然是改良设备、降低工作的复杂性,而这种持续降低工作复杂性的调整也在一定程度上获得了成功。

因此,从时间维度看,在“机器换人”的早期,由于将机器人应用于原有生产系统需要经过调试,该阶段比较容易出现机器人出错、生产中断等情况,需要劳动者运用知识和技能进行判断、介入和灵活处理,因此劳动者通常会经历一段时间的技能上升;但是,随着自动化生产系统的成熟化,生产过程中的不确定性和不稳定性下降,岗位所要求的技能水平又出现下降的趋势。

总而言之,在上述四个案例中,受“机器换人”影响的一线生产岗位有的在生产线改造后即遭遇技能的复杂性下降,有的则在生产线改造完成初期复杂性提高,但随后又持续下降,有的则因改造前本已是低技能岗位而没有显著变化,整体上体现出一种“易降难升”“去复杂性”的趋势。这种去复杂性的实现主要通过机器人对技能工序的替代、机器设备的改良来完成,其目的是进一步窄化劳动分工,减少由工人执行的任务,从而最终削弱工人对技能的掌控。

(二)被削弱的自主性

哈里·布雷弗曼的劳动过程理论告诉我们,工作复杂性的降低会削弱工人的自主性和控制权,然而也有后来的研究者指出,二者的关联并不具备必然性,工人的自主性控制同时由其他的组织性因素及市场条件所决定。然而,在本文所考察的四个案例中,笔者均观察到工人自主性的降低趋势。这种被削弱的自主性呈现为以下几方面。

1. 工作弹性降低

一方面,机器剥夺了工人间相互协作的弹性。“机器换人”之前,尽管泰勒制的实施使得工人的生产节奏和作业的方式被流水线牢牢控制,但在实际的生产中,前后工位的工人可通过“搭把手”帮忙完成任务,工人也可以互相调节各自的生产速度以适应生产线上的大多数人。B、C、D三家工厂在自动化升级前的人工流水线均为这种泰勒制的设计。但在“机器换人”以后,由流水线和机器人共同控制生产速度,一线工人大多零散地分布在机器与机器之间,他们需要适应高速的机器生产节奏,并且难以从其他工人处寻求帮助。自动化导致流水线工人依靠相互协作换来的低度自主性也被剥夺了。

另一方面,机器也削弱了工人对生产节奏和劳动强度的控制权。例如A工厂,在人工焊接阶段,焊接作业很大程度上依赖焊工的熟练度和经验,工人可以在单个工件的作业上自主控制节奏,尽管管理者也强调生产效率与减少时间浪费,但通常只对每日的整体产量进行调控,没法精确到对工人每个操作的时长进行控制。同一条生产线的工人之间也可以相互协调和配合,有的快些、有的慢些。但引入机器人之后,生产线的速度不能通过工人“人为地”去干涉了,因为机器人的速度是固定的,人必须跟上机器人的节奏。在B工厂,一条由工人和搬运机器人组成的包装线上,位于后段工序的机器人会带给前段工序的工人一种可见的赶工压力。工人不得不加快工作的节奏以免机器人停顿太久,导致机器空转,但工人跟不上机器人节奏的情况还是时有发生。

2. 被强化的机器霸权

自动化机器的出现构成了对工人的霸权,使得工人的劳动必须服从于机器。在这种霸权关系之

下,工人的自主性被贬值,而机器的价值则以“科学的”“高科技”的面貌被凸现。在这种霸权关系下,工人的自主性和能动性无法发挥,而机器的弊端却被视为短暂的、可以攻克挑战,机器作业甚至被非理性地认为优于人工作业。

D工厂所呈现出来的人机关系正好说明了这一点。在该厂二线的分拣工站,由于分拣机器报警过于频繁,负责该工站的看机员和组长擅自停止了机器抓手的运作,看机员采用人工分拣的方式保持该工序的正常运作,上级管理者在日常巡视的时候也默许了这种方式。负责该工站的女工说,“以前机器分拣得不好,胶涂得合不合格它分辨不了,拣完以后还得我人工再拣一遍,还不如把机器停了”。如此,工人发挥了自主性以应对机器运行不良,生产的进度和质量得以保证。然而,该状态仅维持了一个多星期。当该厂的最大股东来巡厂的时候,果断中止了这种工人“自由发挥”的工作方式,指责工人“不会用科学的方法分析问题,总是用‘土方法’解决问题”,并强调“不能让工人自行发挥想象”。最后,管理人员通过科学的方法——提高烤箱温度、降低球片粘性,以此降低分拣机器的报警频率,使之基本正常运作;同时在机器上方加了一个显眼的提示牌,写着“禁止随意关机,有异常按灯通知组长”。尽管机器恢复了相对正常的运转,但其不良率依然较高,工人依然不得不人工纠正机器造成的失误。

该案例说明,一方面机器并非总是优于工人,另一方面机器带来了一种新型霸权关系,导致工人的自主性被剥夺,劳动价值被贬低。

3. 轻松但不自主

这类情况发生在高度自动化的工厂,由于工人几乎可以从生产过程中抽离出来,无须承担生产的职责,其自主性也被削弱了。高度自动化的生产流程降低了工人的劳动强度,让他们感觉工作更轻松,他们甚至可以在机器运转的时候短暂离开工位。然而这种“轻松化”的趋势并不能反映工人自主性的增强,恰恰相反,工人对如何执行工作及对所承担职责的控制权均被削弱了。工人反映工作轻松,是因为机器已经将人工作业几乎全部替代,他们几乎无须承担生产职责。正如一位C厂工人所描述的,“现在

我们只要把注塑机一打开,机器人一打开,它就自己组装了,不需要人在中间忙活什么事情”。

可见,很多企业推行自动化的一个目标是尽量减少对工人的依赖,甚至实现无人作业。待有朝一日技术更加成熟、机器生产变得更加稳定之时,“无人车间”“黑灯工厂”就将成为现实。

四、技术人员——“机器换人”的受益者?

“技能提升”论认为尽管使用机器会替代一部分劳动力,但也会产生新的工作内容和岗位需求。例如,2019年中国人力资源和社会保障部发布了若干与制造业智能化升级相关的新职业:人工智能工程技术人员、云计算工程技术人员、物联网工程技术人员、大数据工程技术人员、工业机器人系统操作员和运维人员等。笔者在调研中也接触到了一些因企业“机器换人”而新增的岗位,这些岗位的名称不一,或称车间技术员,或称调试工程师,或称运维人员。相较于车间里的生产工人,技术人员并不从事直接的生产工作,而是负责自动化设备的运营、维护和调试。他们通常需要具备大专以上学历,具有机电一体化、自动化等相关专业背景,并接受过机器人操作、调试的相关技能培训。从这个角度而言,他们在企业自动化升级过程中获得了技能提升机会,或者因为具备相关的技能而实现了职业的向上流动。

以B厂工程部的技术员小罗为例,他19岁时从技校机电专业毕业后进入一家国有企业船厂工作,工作不到两年便受了工伤。后来他参加成人高考获得了大专学历,于是得以应聘进入B工厂的工程部。刚入职的时候,小罗被派往机器人供应商处学习机器人的操作和调试,并获得了厂家颁发的机器人操作上岗证。工程部共有两名技术员,小罗负责控制系统的维护,另一名技术员负责机器人调试,他们还需要培训自动化生产部的机器人操作工,在新设备引进时做样品和调试。从收入而言,这份工作每月到手工资近7000元,相比以前在船厂的工资多了近2000元。小罗还说,他在参加专升本的学历提升,并且将来厂里还可能派他到国外的机器人供应商处参加学习培训。通过不断的技能和学历提升,小罗觉得有望实现职业的稳步上升。

C工厂的车间技术员是企业自动化升级后广泛招聘的岗位,在企业推进全自动化升级后,车间技术员则成为车间里数量最多的劳动力队伍。相对于“开机员”,车间技术员的技能要求更高一些,他们需要负责生产线的日常运营和维护,例如处理简单的异常情况,调试点位走偏的机器人;如遇到更复杂的情况,或者涉及编程和软件的问题,则需要上报给工程师级别的技术人员介入处理。要成为车间技术员,至少需要高中以上的学历,入职后需要接受自动化操作、机器人操作等技能培训,这种培训可能随着企业的自动化升级而持续。从收入上而言,车间技术员作为最基础的技术岗位,每月到手工资约为5500元,比普通工要高400元到1000元。

总体而言,制造业的“机器换人”增加了一部分自动化生产线运营维护的岗位,并提升了这些岗位劳动者的技能水平。但相较于被去技能化和被取代的生产性工人,这部分技术人员的占比非常小。如果是处于半自动化阶段的工厂,企业所需配备的技术人员数量不多,如规模为800人的B工厂,其工程部只有2名技术人员;C工厂的全自动化车间,1名车间技术员配合3名开机员可以取代过去3条人工流水线共60名工人的工作;而规模较小的D工厂,仅保留了1名设备工程人员。“机器换人”无疑带来了部分劳动者的技能提升空间,也为新一代的受教育程度较高的农民工成长为新技术工人提供了可能。但这类技能型岗位在整体制造业岗位中占比小,对劳动者的年龄、教育背景、培训经历也提出了更多的要求,这些要求也成为另一部分劳动者难以逾越的鸿沟。

五、讨论和结论

基于对四个案例的双维度框架分析,研究发现,在制造业迈入机器人时代的背景下,岗位技能水平变化总体上呈现“双向效应”:一线生产工人的技能变化趋势是“双重削弱”(“去复杂性”和“去自主性”);占比较小的自动化工程技术人员则获得了技术提升的机会和空间。

(一)技能变化的影响机制

技术的客观属性体现为机器人控制技术的应用,而社会属性则体现为泰勒制生产方式的延续和深化,二者结合形成了一种资本主导的“技术选择”,

从而影响着劳动者的技能变化趋势,具体体现为以下三点。

首先,和传统的自动化技术相比,机器人技术的应用进一步加剧了“概念”与“执行”的劳动分工,工人继失去对“概念”的控制之后又失去对“执行”的掌控。由于工业机器人是一种具有自动控制操作和移动功能的可编程操作机,控制机器人的任务落在工程师和技术人员的身上——他们通过编程示教完成相应的指令,机器人则按照设定好的指令输出相应的运行轨迹和动作以执行相关作业。工程师掌握了生产过程中的“概念”部分,并通过编程的方式将这些概念输出给机器人来自动“执行”。在“机器换人”以前,尽管“概念”和“执行”分离了,但相当多的“执行”本身仍然包含了一定的技能要求(如焊接、抛光、喷涂、车铣等),并包含着一些学者称之为“默示的技能”(tacit skill)^⑨。然而,在以机器人主导的生产方式中,工人可“执行”的内容被进一步细化,大量的常规性作业被机器人所替代,而剩余给工人执行的内容几乎无技能要求可言,结果便是工人被进一步去技能化。

其次,和传统的自动化技术相比,机器人和数字化管理技术的应用提高了管理者对劳动者实时监控以及精细化管理的能力。机器人的一个主要特点是可以产生实时数据,及时反映劳动者的生产效率、产品合格率等。例如,在C工厂中,机器人设备可以实时记录生产中断的时间、机器出故障的时间、生产效率、追溯该设备生产的产品的不良率等,从而实现对生产过程不间断的监控。即使管理者不在生产现场,也能通过机器人上传的电子数据评估每名工人的实时工作效率和成效。基于这些设置,车间场所形成了一套“机器人控制技术”:管理者和工程技术人员运用机器人设备对生产速度、工作节拍等内容进行控制,并间接地对劳动者的工作进行监督和评估。不间断的电子数据监控将泰勒制“科学管理”的功能发挥到了极致,增强了管理者对劳动过程的控制,削弱了劳动者在工作过程中的自主性。

最后,从管理者的动机而言,“机器换人”也有利于降低资方对劳动者的技能依赖,强化他们在车间的管理权威。通过机器人对部分技能型人工作业的

替代,管理者可以降低对技工和熟练工的依赖,并且随时可以用零技能、非熟练的工人来从事其余辅助性工作。可以说,如今企业引入机器人技术的意图和20世纪引入数控机床的意图如出一辙,即加强对工人的约束,降低他们的技术要求,同时强化和集中了管理层在生产上的权威。^⑩

综上所述,“去技能化”仍然是生产车间里的一线工人面临的主要趋势。但是,其作用机制却与本轮自动化升级中兴起的机器人控制技术息息相关。通过新技术的应用,泰勒制得以焕发出新的活力,不仅提升了生产效率,还使得生产的权威被牢牢掌控在管理层手中。

(二)潜在影响及政策启示

研究发现,大多数中小型制造企业所采取的技术发展路径及其用工策略以“投入少”“回本快”“用人少”等作为衡量指标,哪怕是大型企业也多以自动化和数字化程度的高低作为升级标准。尽管本文呈现的经验资料主要来自四个案例,但这些案例是基于近70家企业调研所筛选出的具有代表性和典型性案例,可以反映绝大多数民营企业、外资企业的技术改造路径及其对劳动者技能变化的影响。这种“机器换人式”的技术升级实践已然对劳动者的技能水平造成了一定程度的两极化,也给劳动力结构带来一定的震荡:一方面是数以千万计的中低技能工人随着机器人的普及面临着“去技能化”以及日益加剧的失业风险;另一方面则是制造业在未来十年存在数百万的技术型人才缺口。如何弥合二者之间的鸿沟将会是我国劳动力市场今后面临的巨大挑战。

尽管资本主导的技术发展路径在短期内可以为企业赢得效益,却不利于企业长期的人才积累和持续发展,也不利于我国建设高素质、高技能的新时期产业工人队伍,长此以往将难以打造出一个崇尚技能、尊重劳动和鼓励创新的“技能社会”。所幸的是,国家在近年来已陆续出台了許多完善技能形成体系和激励市场参与技能培养的政策,如推行企业新型学徒制、推行终身职业技能培训制度、提高技术工人待遇等。但要切实落实以人为本、以技能发展为方向的产业升级路径,则需要政府、企业以及社会力量

的通力合作,需要各项社会政策与经济发展目标的整合。企业需调整其以机器为中心的偏好和一味追求效率优先的市场逻辑,政府则需要通过对产业发展与社会保障两类政策的整合以改变纯市场激励机制,将保障就业、技能提升、提高工作质量等纳入考核指标,以此调整对企业的财税补贴方式,鼓励企业发展以人为本的技术改造方式。如此,才能在科技与技术进步的洪流中,保障广大劳动者的就业权利,提升技能水平,实现体面劳动,从而实现制造强国和技能社会的双重战略目标。

注释:

①自2016年7月至2022年6月,国家人力资源和社会保障部及其他部委先后发布了25个与技能提升相关的政策文件。

②哈里·布雷弗曼:《劳动与垄断资本:二十世纪中劳动的退化》,方生、朱基俊、吴忆萱等译,商务印书馆1979年版,第163-210页。

③戴维·诺布尔:《生产力:工业自动化的社会史》,李风华译,中国人民大学出版社2007年版,第95-226页。

④Shaiken H. & Herzenberg S. & Kuhn S., The Work Process under More Flexible Production, *Industrial Relations*, vol.25, no.2, 1986: 167-183.

⑤戴维·诺布尔:《生产力:工业自动化的社会史》,李风华译,中国人民大学出版社2007年版,第95-226页。

⑥Vallas S., The Concept of Skill: A Critical Review, *Work and Occupation*, vol.17, no.4, 1990: 379-398.

⑦Katz L. & Murphy K., Changes in Relative Wages, 1963-1987: Supply and Demand Factors, *The Quarterly Journal of Economics*, vol.107, no.1, 1992: 35-78.

⑧Doms M. & Dunne T. & Troske K., Workers, Wages, and Technology, *The Quarterly Journal of Economics*, vol.112, no.1, 1997: 253-290.

⑨Adler P., Automation, Skill and the Future of Capitalism, *Berkeley Journal of Sociology*, no.33, 1988: 1-36.

⑩Acemoglu D. & Autor D., Skills, Tasks and Technologies: Implications for Employment and Earnings, *Handbook of Labor Economics*, vol.4, 2011: 1043-1171.

⑪Form W. & Kaufman R. & Parcel T. & Wallace M., The Impact of Technology on Work Organization and Work Outcomes, *Industries, Firms and Jobs: Sociological and Economic Approaches*, Plenum, 1988: 303-328.

⑫ Kelly M., Programmable Automation and the Skill Question: A Reinterpretation of the Cross-national Evidence, *Human System Management*, vol.6, no.3, 1986: 223-241.

⑬ Milkman R. & Pullman C., Technological Change in an Auto Assembly Plant: The Impact on Workers' Tasks and Skills, *Work and Occupations*, vol.18, no.2, 1991: 123-147.

⑭ Autor D. & Dorn D., The Growth of Low-Skill Services Jobs and the Polarization of the US Labor Market, *American Economic Review*, vol.103, no.5, 2013: 1553-1597.

⑮ Acemoglu D. & Autor D., Skills, Tasks and Technologies: Implications for Employment and Earnings, *Handbook of Labor Economics*, vol.4, 2011: 1043-1171.

⑯ 李玉珠:《德国技能形成体系:演化、利益冲突与制度构成》,《职教论坛》2016年第4期;王星:《技能形成的社会建构:德国学徒制现代化转型的社会学分析》,《社会》2015年第1期。

⑰ 许怡、叶欣:《技术升级劳动降级?——基于三家“机器换人”工厂的社会学考察》,《社会学研究》2020年第3期。

⑱ Huang Y. & Sharif N., From "Labor Dividend" to "Robot Dividend": Technological Change and Workers' Power in South China, *Agrarian South: Journal of Political Economy*, vol.6, no.1, 2017: 1-26.

⑲ 罗福安、吕博艺、罗斯琦:《中国制造2025——解读全球经济中的智能制造与工作》,《中国政治学年度评论(2018)》,商务印书馆2018年版,第81-99页。

⑳ 孙中伟、邓韵雪:《“世界工厂”的“凤凰涅槃”——中国制造业“机器换人”的经济社会意义》,《学术论坛》2020年第3期。

㉑ 邓韵雪、许怡:《技术赋权还是技术父权——对智能制造背景下劳动者技能提升机会的性别差异考察》,《科学与社会》2019年第3期。

㉒ 许辉、陈玮:《从农民工到新技术工人:产业升级中技能形成的社会学意涵》,《清华社会学评论》(第十三辑),社会科学文献出版社2020年版,第44-62页。

㉓ 雍昕:《技术升级对劳动者技能水平的差异性影响:来自广东省制造业企业的证据》,《中国人力资源开发》2020年第10期。

㉔ Hall R., Renewing and Revising the Engagement between Labour Process Theory and Technology, in Thompson P. & Smith C.(eds), *Working Life: Renewing Labour Process Analysis*, Palgrave Macmillan, 2010: 159-181.

㉕ Beechey V., The Sexual Division of Labor and the Labor Process, in Wood S.(ed), *The Degradation of Labor? Skill, Deskilling and the Labor Process*, Hutchinson, 1982: 54-73.

㉖ Spenner K., Deciphering Prometheus: Temporal Change in the Skill Level of Work, *American Sociological Review*, vol.48, no.6, 1983: 824-837.

㉗ 哈里·布雷弗曼:《劳动与垄断资本:二十世纪中劳动的退化》,方生、朱基俊、吴忆萱等译,商务印书馆1979年版,第163-210页。

㉘ Kelley M., New Process Technology, Job Design and Work Organization: A Contingency Model, *American Sociological Review*, vol.55, no.2, 1990: 191-208.

㉙ Vallas S., The Concept of Skill: A Critical Review, *Work and Occupation*, vol.17, no.4, 1990: 379-398.

㉚ Vallas S., The Concept of Skill: A Critical Review, *Work and Occupation*, vol.17, no.4, 1990: 379-398.

㉛ 参见: Shaiken H., *Work Transformed: Automation and Labor in the Computer Age*. Holt, Rinehart & Winston, 1984.

㉜ Penn R., Skilled Manual Workers in the Labor Process 1856-1964, in Wood S.(ed), *The Degradation of Labor? Skill, Deskilling and the Labor Process*, Hutchinson, 1982: 90-108.

㉝ Bright J., Does Automation Raise Skill Requirements? *Harvard Business Review*, no.36, 1958: 84-98.

㉞ Bright J., Does Automation Raise Skill Requirements? *Harvard Business Review*, no.36, 1958: 84-98.

㉟ Field J., Industrialization and Skill Intensity: The Case of Massachusetts, *Journal of Human Resources*, no.15, 1980: 149-175.

㊱ 即用手拨一下卡住的来料。

㊲ Bright J., *Automation and Management*, Harvard University Press, 1958: 188.

㊳ 球片的物理属性较软,经过涂胶工序后又变得非常粘,这对于机械臂来说都是非常大的挑战,容易导致卡料、加工不良、抓取摆放位置有误差等问题。

㊴ 默示的技能,即隐性的技能,通常依赖于个人的经验积累,而难以通过常规化的培训获得。参见 Wood S., *The Deskilling Debate, New Technology and Work Organization*, *Acta Sociologica*, vol.30, no.1, 1987: 3-24.

㊵ 戴维·诺布尔:《生产力:工业自动化的社会史》,李风华译,中国人民大学出版社2007年版,第276页。