

机器人技术进步对劳动力市场与社会福利的影响研究

韩青江¹, 韩民春²

(1. 江西财经大学 江西经济发展与改革研究院, 南昌 330013; 2. 华中科技大学 经济学院, 武汉 430074)

摘要:通过构建模拟机器人技术进步对劳动力市场及社会福利动态影响的均衡模型, 分析发现: 短期内, 机器人技术进步对低技能劳动者的薪酬和就业产生负面影响, 对高技能劳动者和科学家群体的薪酬与就业产生正面影响, 对社会总福利的影响具有不确定性。长期来看, 机器人技术进步对所有劳动者的收益与福利都将产生负面影响。同时机器人技术进步会促进劳动者就业结构的转移, 由低技能向高技能转移, 由制造业向服务业转移。为了实现技术进步与经济增长的同步, 需要政府进行适时干预, 将技术进步的资本收益在不同劳动者群体中再分配以稳定就业与经济增长。为实现智能制造与就业稳定, 政府应该稳步推进“机器换人”计划, 不可一蹴而就。

关键词:机器人; 技术进步; 劳动力市场; 社会福利; 均衡分析;

中图分类号: F062.4 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002—980X(2021)01—0038—11

一、引言

机器人作为人类技术进步的核心体现, 其对经济发展与劳动力市场产生了巨大影响。第一次技术革命浪潮时期, 纺织机器人的大范围使用引发了“卢德运动”(克里斯和弗朗西斯科, 2007)。今天, 随着人工智能技术的发展, 智能化的机器人对劳动力市场的影响再次引起人们的担忧。当前的智能机器人表现出对劳动力市场更强的干预, 其对人类的替代开始由体力劳动向脑力劳动转移(贾根良, 2016), 因此, 机器人技术进步对劳动力市场的影响将更加广泛和深刻。不过, 目前学者对这一问题的研究充满争议, 部分研究机构和学者给出了悲观的预测: 麦肯锡全球研究院于2017年12月发布的一份报告称, 到2030年, 全球将有4亿~8亿个工作岗位被机器人取代。世界银行在2016年《世界发展报告》中指出, OECD(经济合作与发展组织)国家57%的就业岗位在未来20年有被自动化替代的风险。剑桥大学学者Frey和Osborne(2013)基于机器人学习算法的预测分析发现, 在702种职业中未来将有47%的岗位有被机器人替代的风险。不过也有机构持不同意见, 普华永道2018年的预测认为, 未来20年, 新技术进步可能创造12%的工作岗位的净增长。基于现实数据的实证分析揭示, 针对不同的国家, 目前机器人技术进步的影响各异: Acemoglu和Restrepo(2017)对美国工业机器人应用的影响研究发现, 每千人中增加一台机器人, 就业人口比例下降0.18%~0.34%。但基于同样的研究方法, Dauth et al(2017)针对德国的实证研究发现工业机器人并没有表现出显著的负影响。Terry et al(2016)基于欧洲238个地区的数据分析发现, 机器人的就业替代固然存在, 但是会被补偿效应抵消, 使得对劳动力的净需求反而上升。对我国而言, 有关这一问题的研究较少, 亟待补充。吕洁等(2017)研究表明工业机器人会加大对低技能劳动力的替代, 提升对中、高技能劳动力的互补性需求, 促进劳动力结构转型。杜传文等(2018)分析了工业机器人应用与异质性技能劳动力替代之间的关系, 研究发现工业机器人应用将加快对传统资本和低技能劳动者的替代, 并增加对高技能劳动者的需求。蔡跃洲和陈楠(2019)认为智能化的发展短期内对就业总量影响不大, 但是对就业结构的冲击不可避免。韩民春等(2020)实证研究发现, 当下我国的“工业机器人替代”是因为第三产业扩容以及劳动力成本提升等因素推动的, 工业机器人本身并不直接构成就业破坏。陶敏阳(2019)研究发现我国机器人等技术进步偏向于资本, 降低了我国劳动收入份额。以上研究对认知我国当下机器人技术进步的就业影响奠定了基础, 但是依然缺乏对劳动力市场技能结构、产业结构和工资结构等影响机制的系统分析。当前中国正处于制造业智能升级的关键时期, 2015年

收稿日期: 2020—04—24

基金项目: 国家社会科学基金重点项目“工业机器人替代与我国就业市场的失衡和再平衡问题研究”(17AJY007)

作者简介: 韩青江, 博士, 江西财经大学江西经济发展与改革研究院助理研究员, 研究方向: 技术经济、工业经济; 韩民春, 博士, 华中科技大学经济学院教授, 博士研究生导师, 研究方向: 宏观经济、世界经济。

国家推出了《中国制造 2025》计划,党的十九大提出高质量发展的目标,与此同时,国务院要求各级政府把“稳就业”放在政府工作的显著位置,由此可见,在实现制造业产业转型升级同时也需要保障劳动力市场的稳定。那么机器人技术进步对劳动力市场结构的影响机制是怎样的呢?对劳动者福利的影响如何?针对机器人技术进步的产业需求和就业冲击政府该如何应对呢?本文将针对这一问题通过构建均衡模型展开系统的分析,并就相关影响给出政策建议。

二、模型的理论基础与基本假设

目前有关机器人技术进步对劳动力市场影响的理论分析多涉及自动化、人工智能等要素,该领域的理论研究模型总体可分为两个类别,一类是基于任务制模型(task based model)的分析框架(Acemoglu 和 Restrepo, 2016; Aghion et al, 2017; 陈彦斌等, 2019)。该类模型假设产品的生产过程是由一系列技术难度不断上升的连续的任务组成,人工在高难度的工作任务中据有比较优势,而机器人则在低难度的任务中具有比较优势,因此技术进步将使得低难度的工作任务不断被机器人替代,同时也创造出更复杂的适合于人工的新岗位。前者即技术进步的就业替代效应,后者即技术进步的就业补偿效应。Acemoglu 和 Restrepo(2018)研究认为,机器人技术进步的就业破坏效应总是存在的,但同时也存在着更强大的抑制效应可以抵消这一损失从而实现就业稳定,但是调整的过程中充满了痛苦。不过因为基于任务制的分析框架缺乏对异质性企业和劳动者的设定,因此在分析劳动力市场结构变动中存在不足,模型假设被自动化替代的人工总是转移到更复杂的工作岗位,这一点值得商榷。现实中诸多被替代的制造业部门劳动者转移到服务业部门,依然从事低技能的工作岗位,不能简单地用更复杂的工作任务解释劳动力产业转移的现象。

另一类模型是基于异质性资本的分析框架(Sachs 和 Kotlikoff, 2012; Nordhaus, 2015; Graetz, 2018)。这类模型假设机器人是区别于传统资本的新的资本要素,通过在生产函数中引入新的机器人资本以分析机器人技术进步的影响。该类模型框架因为在建模时引入了异质性的厂商与资本,因此可以有效地分析技术进步对劳动力市场结构的冲击,尤其是对产业结构与技能结构变迁的影响。但是因为现实中很难将机器人资本与传统资本进行准确的划分,因此变量的赋值存在困难。不过就理论分析而言,该模型框架则非常有效。本文的理论模型在 Sachs et al(2015)的基础上进行了拓展。该模型建立了基于 OLG(世代交替)的两部门分析框架,但是其模型中并未对劳动者技能结构进行划分,也未考察劳动力的产业转移现象,因此缺乏对劳动力市场结构的有效分析。本文在此基础上引入了异质性技能的劳动者和异质性资本的生产企业,同时将机器人生产企业纳入模型,详细分析了机器人技术进步对劳动力结构变迁和劳动者福利的影响,填补了现有的理论空白。

在进行模型的构建之前,本文对各类模型框架与生产要素进行如下假设。本文设定所研究的机器人技术是一种通用目的技术(general purpose technology, GPT),因此其对经济社会的影响具有广泛的渗透性(蔡跃洲和陈楠, 2019)。假设社会经济中存在两大部门,分别是制造业部门和服务业部门,前者的生产过程机器人更具有比较优势,因此机器人资本将对传统资本与劳动者产生替代,而后者的生产过程人工更具有比较优势,机器人无法进行替代。同时两部门的劳动者与资本将基于要素价格的高低相互流动。在制造业内部,假设存在三类企业进行生产,第一类依靠传统资本进行生产,称为传统企业;第二类依靠机器人资本进行生产,称为机器人企业。两类企业同时生产着无差别的最终产品。传统企业为劳动密集型企业,雇佣大量的低技能的操作工人;而机器人企业则是资本密集型企业,雇佣高技能的机器人操控和维修人员。第三类企业则是机器人制造企业,其生产的机器人产品作为中间品被机器人企业所使用。机器人制造企业雇佣科学家进行生产,是最高技能的劳动者。在服务业部门内部,企业使用传统资本进行生产,既可以雇佣低技能劳动者,也可以雇佣高技能劳动者。两部门的劳动者之间存在一定的流动性,体现了劳动力市场的产业结构变迁。在制造业内部,低技能与高技能劳动者之间也存在一定的单向流动性,体现了劳动力市场的技能结构变迁。本文接下来将分别基于只包含制造业部门的单部门模型和分别包含两个部门的两部门模型进行理论分析,系统地研究在不同生产情境下机器人技术进步对劳动力市场结构的影响及对劳动者社会福利的冲击,并就应对技术进步的冲击给出相应的政策建议。

三、基于单部门模型的理论分析

(一) 单部门模型的设定

制造业部门中的传统企业依靠传统资本 K_1 与低技能劳动者 L_1 进行生产, 机器人企业则依靠机器人资本 K_2 与高技能劳动者 L_2 进行生产。生产函数为 Cobb-Douglas 形式, 两类企业的生产函数分别如式(1)、式(2)所示:

$$Y_{1t} = K_{1t}^\alpha L_{1t}^{1-\alpha} \quad (1)$$

$$Y_{2t} = \theta_t K_{2t}^\beta L_{2t}^{1-\beta} \quad (2)$$

其中: Y_{1t} 、 Y_{2t} 分别表示传统企业和机器人企业的产出; α 、 β 分别表示资本产出的弹性系数; θ_t 表示机器人企业的全要素生产率, 传统企业生产率标准化为 1。两类企业都追求最大化利润:

$$\max_{K_{1t}, L_{1t}} \pi_{1t} = K_{1t}^\alpha L_{1t}^{1-\alpha} - (1 + r_{1t})K_{1t} - w_{1t}L_{1t} \quad (3)$$

$$\max_{K_{2t}, L_{2t}} \pi_{2t} = \theta_t K_{2t}^\beta L_{2t}^{1-\beta} - (1 + r_{2t})K_{2t} - w_{2t}L_{2t} \quad (4)$$

其中: π_{1t} 、 π_{2t} 分别表示传统企业和机器人企业的利润; r_{1t} 、 r_{2t} 分别表示传统资本和机器人资本的利息率; w_{1t} 、 w_{2t} 分别表示低、高技能劳动者的工资。由厂商的最优条件可得资本与劳动的要素价格如下:

$$1 + r_{1t} = \alpha K_{1t}^{\alpha-1} L_{1t}^{1-\alpha} \quad (5)$$

$$w_{1t} = (1 - \alpha) K_{1t}^\alpha L_{1t}^{-\alpha} \quad (6)$$

$$1 + r_{2t} = \theta_t \beta K_{2t}^{\beta-1} L_{2t}^{1-\beta} \quad (7)$$

$$w_{2t} = \theta_t (1 - \beta) K_{2t}^\beta L_{2t}^{-\beta} \quad (8)$$

为了考量代际间福利的变化以及代际间人们消费与储蓄倾向的变化对经济的长期影响, 本文选择 OLG 模型描述代表性家庭的决策。代表性家庭中的每个个体都只存活两期, 在第一期即年轻时期进行工作、消费和储蓄, 在第二期即年老时期只进行消费, 且只消费其年轻时期的储蓄和相关收益。每一代人都在追求最大化其终生效用函数:

$$U_t = \varphi u(C_t) + (1 - \varphi) u(C_{t+1}) \quad (9)$$

其中: C_t 、 C_{t+1} 分别表示年轻时期和年老时期的消费; $u(\cdot)$ 表示效用函数, 它是消费 C_t 的函数, 效用函数可采用对数的方式表示, 即 $u(C_t) = \ln C_t$; φ 表示消费在两个时期之间的分配参数。对低、高技能劳动者, 代表性家庭面临的预算约束均满足:

$$w_t L_t = C_t + \frac{C_{t+1}}{1 + r_{t+1}} \quad (10)$$

其中: C_t 、 C_{t+1} 分别表示劳动者在第 t 期和 $t+1$ 期的消费; r_{t+1} 表示资本在 $t+1$ 期的投资回报率。家庭在年轻时期的消费 C_t 和储蓄 S_t 分别为其年轻时期总收入的固定比例, 满足 $C_t = \varphi w_t L_t$ 。年老时期的消费为其年轻时期的储蓄及相关收益, 满足如下条件:

$$C_{t+1} = S_t (1 + r_{t+1}) = (1 - \varphi) w_t L_t (1 + r_{t+1}) \quad (11)$$

由以上表达式可分别得到低、高技能劳动者的终生效用函数均满足:

$$U_t = \text{constant} + \ln w_t L_t + (1 - \varphi) \ln (1 + r_{t+1}) \quad (12)$$

其中: constant 为常数项。在均衡状态下, 两种资本的收益相等, 否则低收益的资本将向高收益的资本转移直至两类资本的收益相等。因此, 在均衡状态下, 资本市场满足如下条件: $1 + r_{1t} = 1 + r_{2t}$ 。

(二) 机器人技术进步对劳动力市场影响的均衡分析

机器人技术进步意味着机器人企业全要素生产率 θ 的提升, 因此以下将重点分析 θ 的变化对劳动力市场各要素的影响。首先根据资本市场的均衡条件可得:

$$1 + r_{1t} = \alpha \left(\frac{K_{1t}}{L_{1t}} \right)^{\alpha-1} = \theta_t \beta \left(\frac{K_{2t}}{L_{2t}} \right)^{\beta-1} = 1 + r_{2t} \quad (13)$$

其中: $\frac{K_{1t}}{L_{1t}}$ 、 $\frac{K_{2t}}{L_{2t}}$ 分别表示传统企业与机器人企业的人均资本量。当 θ 提升时, 为了维持等式两边相等, $\frac{K_{1t}}{L_{1t}}$ 将减小, $\frac{K_{2t}}{L_{2t}}$ 将增大, 这意味着随着机器人技术进步, 传统企业的资本将向机器人企业转移, 因为单位资本在机器人企业的边际产出更大。这种在技术进步条件下, 资本由低技术企业向高技术企业转移的现象, 本文称之为

技术进步的“资本虹吸效应”。基于此,本文将分别分析两类企业劳动力市场相关要素的变化情况。

1. 机器人技术进步对劳动者工资的影响

传统企业低技能劳动者的工资表达式如式(14)所示:

$$w_{1t} = (1 - \alpha) \left(\frac{K_{1t}}{L_{1t}} \right)^{\alpha} \quad (14)$$

由此可见,低技能劳动者的工资与传统企业的人均资本量成正比,所以当机器人技术提升时,因为资本虹吸效应,传统企业的人均资本量下降,从而导致低技能劳动者的工资下降。因为随着资本的减少,低技能劳动者的边际产出随之减少,降低了其工资水平。机器人技术进步对传统企业的低技能劳动者的工资水平存在破坏效应,且资本在传统企业的占比 α 越高,破坏效应越大。由此,可得到结论一:在传统资本与机器人资本同时进行生产的均衡状态下,机器人技术进步将导致低技能劳动者的工资水平下降。机器人企业高技能劳动者的工资表达式为

$$w_{2t} = \theta_t (1 - \beta) \left(\frac{K_{2t}}{L_{2t}} \right)^{\beta} \quad (15)$$

由此可见,高技能劳动者的工资与机器人企业的人均资本量成正比,所以当机器人技术提升时,资本虹吸使得机器人企业的人均资本量上升,从而导致高技能劳动者的工资上升。同时可以发现,高技能劳动者工资水平的提升有两方面的影响,一是来自生产率提升的贡献,二是来自资本增加的贡献;前者可以称之为生产率效应,后者可称之为资本效用,两者分别产生了正效应,导致高技能劳动者的工资水平快速提升。资本在机器人企业的占比 β 越高,工资的增长越高。机器人技术进步对机器人企业的高技能劳动者工资水平存在促进效应。由此,可得到结论二:在传统资本与机器人资本并存的均衡状态下,机器人技术进步会提高高技能劳动者的工资。由以上两个结论可知,机器人技术进步将会扩大高低技能劳动者的收入差距,使得工资不平等现象加剧。

2. 机器人技术进步对就业的影响

由式(13)可以分别得到低、高技能劳动者就业总量的表达式:

$$L_{1t} = \left(\frac{\theta\gamma}{\varepsilon} \right)^{\frac{1}{1-\alpha}} \left(\frac{L_{2t}}{K_{2t}} \right)^{\frac{1-\beta}{1-\alpha}} K_{1t} \quad (16)$$

$$L_{2t} = \left(\frac{\varepsilon}{\theta\gamma} \right)^{\frac{1}{1-\beta}} \left(\frac{L_{1t}}{K_{1t}} \right)^{\frac{1-\alpha}{1-\beta}} K_{2t} \quad (17)$$

由此可见,在机器人技术进步的背景下,随着人均资本量的变化,机器人企业对高技能劳动者的需求量增加,而传统企业对低技能劳动者的需求量下降,因此机器人技术进步对高技能劳动者的就业产生了创造效应,对低技能劳动者的就业产生了破坏效应。进一步分析还将发现,这种创造效应和破坏效应是不对等的,相对大小取决于相关企业要素弹性参数的大小。假设 $\alpha=\beta=0.5$,一单位资本在两类企业所需要匹配的劳动者数量相等,机器人技术进步对社会总就业的影响在理论上为零。但本文在前文中指出,传统企业一般为劳动力密集型企业,而机器人企业一般为资本密集型企业,这意味着传统企业资本在产出中的占比低于机器人企业,即 $\alpha<\beta$ 。因此资本转移对传统企业低技能劳动者的就业破坏效应要大于对机器人企业高技能劳动者的就业创造效应,故对社会的总就业将产生破坏效应。同时还应注意到,因为高技能工作岗位的技术壁垒,被替代的低技能劳动者与新创造的高技能就业岗位之间无法快速匹配,这将进一步加剧就业失衡。此时被替代的低技能劳动者要么通过培训转移到高技能岗位,要么只能转移到更低技能的岗位或者失业,并忍受更低的工资。新创造的高技能岗位需要快速进行补充,否则也将影响社会的产出与经济的增长。由此可以得出结论三:在传统资本与机器人资本并存生产的均衡状态下,机器人技术进步将对高技能劳动者产生就业创造效用,对低技能劳动者产生就业破坏效应,对社会的总就业产生破坏效应。

(三) 机器人技术进步对社会福利的影响分析

为简化分析,假设高、低技能劳动者的数量 $L_{1t}=L_{2t}=1$,则低技能劳动者的终生效用函数可表示为

$$U_{1t} = \text{constant} + \ln w_{1t} + (1 - \varphi) \ln(1 + r_{t+1}) \quad (18)$$

w_{1t} 将因为技术进步而受损,将其表示为利率 r_{1t} 的函数:

$$w_{it} = (1 - \alpha) \left(\frac{1 + r_{it}}{\alpha} \right)^{\frac{\alpha}{\alpha-1}} \quad (19)$$

将式(19)代入效用函数整理可得:

$$U_{it} = \text{constant} - \frac{\alpha}{1 - \alpha} \ln(1 + r_{it}) + (1 - \varphi) \ln(1 + r_{t+1}) \quad (20)$$

忽略常数项可知,等式右边的第二项为低技能劳动者工资下降带来的负效应,第三项为机器人技术进步后,低技能劳动者工资储蓄的投资回报增加带来的正效应。最终低技能劳动者的总效用由工资下降的负效应和储蓄回报增加的正效应综合而定。其中:

$$1 + r_{it} = \alpha \left(\frac{K_{it}}{L_{it}} \right)^{\alpha-1} \quad (21)$$

结合前文分析可知,资本的投资回报率 $1+r_t$ 随着 θ 的提升而增大,故由此可知 $1+r_{t+1} > 1+r_t = 1+r_{it}$ 。假设在第 T 期发生了机器人的技术进步,机器人企业的生产率由 θ_L 变为 θ_H ,资本的投资回报由 $1+r_L$ 变为了 $1+r_H$,那么在不同的时期,低技能劳动者的效用函数分别如式(22)~式(24)所示:

当 $t < T-1$ 时, $\theta = \theta_L$, $1+r_t = 1+r_{it} = 1+r_L$, 此时,低技能劳动者的效用函数为

$$U_{it} = \text{constant} - \frac{\alpha}{1 - \alpha} \ln(1 + r_L) + (1 - \varphi) \ln(1 + r_L) \quad (22)$$

当 $t = T-1$ 时, $\theta = \theta_L$, $1+r_t = 1+r_{it} = 1+r_L$, 此时,低技能劳动者的效用函数为

$$U_{it} = \text{constant} - \frac{\alpha}{1 - \alpha} \ln(1 + r_L) + (1 - \varphi) \ln(1 + r_H) \quad (23)$$

当 $t > T-1$ 时, $\theta = \theta_H$, $1+r_t = 1+r_{it} = 1+r_H$, 此时,低技能劳动者的效用函数为

$$U_{it} = \text{constant} - \frac{\alpha}{1 - \alpha} \ln(1 + r_H) + (1 - \varphi) \ln(1 + r_H) \quad (24)$$

由式(22)~式(24)可知,如果满足条件 $1 - \varphi > \frac{\alpha}{1 - \alpha}$, 则低技能劳动者的效用将随着机器人技术进步而提升。但以上公式的条件是非常苛刻的,只有当 φ 和 α 的取值都很小时公式才有可能成立。此条件意味着低技能劳动者在传统企业的生产中占比较大,并且劳动者尽可能减少其年轻时期的消费,增加储蓄以获得更多收益,从而增加年老时期的消费,才能使得其效用随着机器人技术进步而增大,此时其效用增加主要来自于技术进步带来的高回报。如果劳动者在生产中比重较小,或者年轻时期的消费较大,其终生效用都会因为机器人技术进步而受损。一般情况下,如果 α 取值为 0.3, 储蓄率 $(1 - \varphi)$ 应大于 0.43, 意味着此时,劳动者需将 43% 以上的收益用于储蓄才能提升其终生效用。就现实情况而论,一般情况下,劳动者年轻时期的消费率约为 70%, 储蓄率约为 30%, 如果正常情况下 α 取值为 0.3 左右, 那么低技能劳动者工资的损失将超越投资的回报,其福利水平将随着机器人技术进步而下降。对于高技能劳动者群体,其效用函数为

$$U_{it} = \text{constant} + \ln w_{2t} + (1 - \varphi) \ln(1 + r_{t+1}) \quad (25)$$

w_{2t} 与 $1+r_{t+1}$ 均随着机器人技术进步而增长,故可知高技能劳动者的效用随着机器人技术进步,也即 θ 的增大而增大。对社会的总福利而言:

$$U_t = \text{constant} + \ln(w_{1t} + w_{2t}) + (1 - \varphi) \ln(1 + r_{t+1}) \quad (26)$$

由总效用函数的表达式可知,机器人技术进步对福利的影响取决于两个因素,分别是等式右边的第二项和第三项。前者表示总工资收入的变化对福利的影响,后者表示投资回报的增加对福利的影响。由前文分析可知,投资回报率随着技术进步的提升而增加,但总工资随着技术进步的变化结果未知,取决于高技能劳动者的工资增幅与低技能劳动者工资降幅之差,具有不确定性。不过此处关于总效用下降还是上升的具体分析已无意义了,因为一般情况下,低技能劳动者的福利水平将随技术进步而下降,故无论总效用结果如何,都无法改变低技能劳动者福利受损的情况。如果出现高技能劳动者的收入涨幅高于低技能劳动者工资降幅的情况,则可能出现一种假象,即富裕者变得越来越富裕的同时掩盖了低收入者越来越贫穷的现状。虽然社会的总产出在增加,但是社会财富聚集到少数人手中,无法让社会全体成员共同享受技术进步带来的福利,社会贫富差距越来越大,显然这种状态不是帕累托最优的。此时需要政府进行及时干预,以改善社会财富的分布,提升社会福利水平。

(四)包含机器人制造企业的模型设定与分析

将机器人制造企业纳入考虑范畴对本文研究内容具有重要意义。首先,机器人制造企业创造了大量的就业岗位,对劳动者就业有促进作用;其次,机器人制造企业的劳动者具有独特的属性,与机器人企业中操控和维修机器人的高技能劳动者不同,他们依靠自己出众的才智和创造力进行机器人的设计与创造,是最高技能的劳动者,我们称之为科学家。一般情况下,科学家通过研发和销售机器人获得报酬。他们与低技能劳动者、高技能劳动者一起共同构成了劳动力市场的劳动者群体。前文分析了两类企业的生产函数,此处设定机器人制造企业的生产函数为

$$Y_{3t} = \delta_t K_{3t}^\varepsilon L_{3t}^{1-\varepsilon} \quad (27)$$

其中: Y_{3t} 、 K_{3t} 、 L_{3t} 分别表示机器人制造企业的总产出、资本投入和科学家数量; δ_t 表示全要素生产率。机器人制造企业的利润为

$$\max_{K_{3t}, L_{3t}} \pi_{3t} = p_{2t} \delta_t K_{3t}^\varepsilon L_{3t}^{1-\varepsilon} - (1 + r_{3t}) K_{3t} - w_{3t} L_{3t} \quad (28)$$

其中: π_{3t} 表示机器人制造企业的利润; r_{3t} 表示机器人制造企业的资本价格; w_{3t} 表示科学家的工资; p_{2t} 表示机器人的价格。由一阶条件可知资本的要素价格为

$$1 + r_{3t} = p_{2t} \delta_t \varepsilon K_{3t}^{\varepsilon-1} L_{3t}^{1-\varepsilon} \quad (29)$$

在均衡状态下, $r_{2t} = r_{3t}$,可得:

$$\theta_t \beta \left(\frac{L_{2t}}{K_{2t}} \right)^{1-\beta} = p_{2t} \delta_t \varepsilon \left(\frac{L_{3t}}{K_{3t}} \right)^{1-\varepsilon} \quad (30)$$

当资本由传统企业转移到机器人企业后,促进了机器人企业就业 L_{2t} 的增加。同时因为机器人企业资本 K_{2t} 的增长带动了对机器人的需求,从而导致机器人制造企业的资本 K_{3t} 的增长。为了维持上式左右两边的平衡,机器人制造企业的劳动者 L_{3t} 也需要增加。但是因为科学家群体 L_{3t} 有较高的技术壁垒,很难通过培训从 L_{2t} 的高技能劳动者进行转化,使得 L_{3t} 的数量增长缓慢,这进一步加剧了劳动力市场结构的不均衡,劳动者的技能错配问题突出。科学家群体 L_{3t} 数量增长的限制将导致机器人的产出 Y_{3t} 受限,进而导致了机器人要素价格 p_{2t} 上升。均衡状态下机器人制造企业生产的机器人数量与机器人使用企业使用的机器人数量相等,即: $Y_{3t} = R_t$ 。其中 R_t 表示机器人企业使用的机器人的数量,故机器人企业的资本可以表示为 $K_{2t} = p_{2t} R_t$,均衡状态下,科学家获得的工资可表示为

$$w_{3t} = p_{2t} \delta_t (1 - \varepsilon) K_{3t}^\varepsilon L_{3t}^{-\varepsilon} \quad (31)$$

式(31)可进一步表示为

$$w_{3t} = p_{2t} \delta_t K_{3t}^\varepsilon L_{3t}^{1-\varepsilon} (1 - \varepsilon) L_{3t}^{-1} = \frac{p_{2t} Y_{3t} (1 - \varepsilon)}{L_{3t}} \quad (32)$$

由式(32)可见,随着机器人技术进步,机器人的产量 Y_{3t} 将越来越高,但是科学家群体的数量 L_{3t} 不会激增,从而机器人的价格 p_{2t} 提高,导致机器人制造企业的科学家的工资 w_{3t} 提升。科学家的收益 R_t 全部来自于机器人售卖所获得的报酬,即 $R_t = W_{3t} L_{3t}$ 。考虑一个极端情况,科学家使用很少的资本进行生产,即 $\varepsilon=0$ 时,科学家的工资可表示为: $w_{3t} L_{3t} = p_{2t} Y_{3t} = p_{2t} R_t$ 。此时,科学家工资与机器人销量和机器人价格成正比。科学家在将机器人售卖之后,也出售了其使用机器人进行直接生产的机会。如果科学家不选择出售机器人,而是自己组织工厂进行生产,科学家将直接成为企业主,并获得机器人生产企业的利润,即

$$R_t = Y_{2t} - (1 + r_{2t}) w_{3t} L_{3t} - w_{2t} L_{2t} \quad (33)$$

在均衡状态下,企业的利润为零,此时企业家仅获得与其企业家才能相匹配的报酬。但是在非均衡状态下,企业家将获得超额利润。面对超额利润,科学家不一定会马上进行自行生产,因为其自身企业家才能的缺失,必然使其生产成本增加。只有当机器人企业利润远超其研发和售卖机器人的报酬时,才有可能覆盖企业家才能缺失的成本,其才有可能转身进行生产。此时企业家将成为收益最高的劳动者,其收益大于科学家的工资收入,即: $Y_{2t} - (1 + r_{2t}) w_{3t} L_{3t} - w_{2t} L_{2t} > w_{3t} L_{3t}$ 。考虑 $L_{2t}=L_{3t}=1$ 的特殊情况,整理可得:

$$\theta_t K_{2t}^\beta = \theta_t w_{3t}^\beta > (2 + r) w_{3t} + w_{2t} \quad (34)$$

可见,此时要么机器人的技术水平很高,要么社会的资本积累很高。在此条件下,科学家为了获得更高的收益,将提高机器人的销售价格或替代企业家自主生产。无论是哪一种情况,企业家获得的超额利润都将被科学家吞噬,科学家将成为劳动者群体中收益最高的,企业家最终也将被科学家替代。在机器人不断进步下,资本积累存在一个阈值,在此阈值未到来之前,低技能劳动者、高技能劳动者、科学家和企业家都分

别通过提供自己的劳动和企业家才能可在市场机制下获得报酬。但是当资本积累超过阈值之后,科学家将成为企业生产的绝对主导者,超额的利润将使得科学家进行自行生产,在这种生产组织方式下,低技能劳动者、高技能劳动者、企业家都将不可避免的都受到影响:失业或低收入。在这种极端情况下,科学家将成为收益最高的劳动者,其他劳动者群体的收益都将受到负的影响。需要注意的是,其他劳动者工资的下降必将导致社会消费和储蓄的降低,并进而影响了社会需求和投资的增长,长远来看不利于经济增长。为什么技术的不断进步并不能带来社会的长期均衡增长,反而有可能阻碍经济增长呢?这其中的核心因素就是技术进步带来的收益并没有进行恰当的分配,导致了资源配置的错位。为了使机器人技术与经济增长相协调,就需要政府进行积极干预,将机器人技术进步所带来的红利在所有的社会群体中分享,从而保障社会各劳动者群体的收益不受损进而保障需求增长,在此基础上,技术进步才能促进经济的长期增长。

(五)机器人税政策下的财富转移

为了实现财富的转移,征收机器人税将成为可行的措施之一。征收机器人税,不是对机器人征税,而是对机器人拥有者征税,所以这实际上就意味着征收资本利得税。机器人企业在使用机器人生产时,因为资本虹吸效应,其资本量增大,资本产出增加,劳动者的收入增加,因此机器人税是针对机器人企业的资本利得进行征税。假设在时期 T_1 ,有一个外生的技术冲击 $\Delta\theta$ 使得机器人企业的生产率水平由 θ_L 提升到 θ_H ,在此影响下,低技能劳动者的工资水平由 w_{LH} 下降到 w_{LL} ,则劳动者的工资降幅为 $\Delta w = w_{LH} - w_{LL}$,对机器人资本利得征收的税率设定为 τ_r ,则机器人税可表示为: $G_t = r_{2t} K_{2t} \tau_r$ 。其中 G_t 为征收的机器人税的额度,且满足 $G_t = \Delta w$ 。征税之后,机器人资本的收益率变为 $r_t^N = r_t(1 - \tau_r)$,低技能劳动者的工资保持为 w_L 不变,故低技能劳动者的效用函数为

$$U_{it} = \text{constant} + \ln w_{it} + (1 - \varphi) \ln(1 + r_{it+1}^N) \quad (35)$$

由此可见,低技能劳动者的效用在保持其工资 w_{it} 不变的前提下随着机器人技术进步而提升。此时高技能劳动的工资依然在上升,其福利水平也获得提升。当机器人开始替代高技能劳动者时,高技能劳动者的工资水平开始下降,同时低技能劳动者处于失业状态,接受政府提供的最低保障 w_L^* 。为了保障劳动者工资收入不变,对机器人征收的税应该等于低技能劳动者与高技能劳动者的工资降幅。征税之后,低技能劳动者的工资保持为 w_L 不变,而高技能劳动者的工资也保持为 w_H 不变,并均随着资本的投资回报率的提升而逐步提升。同时,科学家群体的效用也将随着工资的提升以及资本投资回报的上升而上升。当机器人完全替代人工之后,机器人独立进行生产。此时低技能劳动者与高技能劳动者均处于失业状态,接受政府的最低保障 w^* 。与机器人技术进步之前相比,劳动者的工资损失更大,因此对机器人资本利得征税的税率也更高。在实现资本利得税的再分配之后,高低技能的劳动者分别保持工资水平不变,社会福利获得提升。根据以上分析内容,可以总结出单部门模型框架下机器人技术进步对劳动力市场各要素与社会福利的影响机制如图1所示。

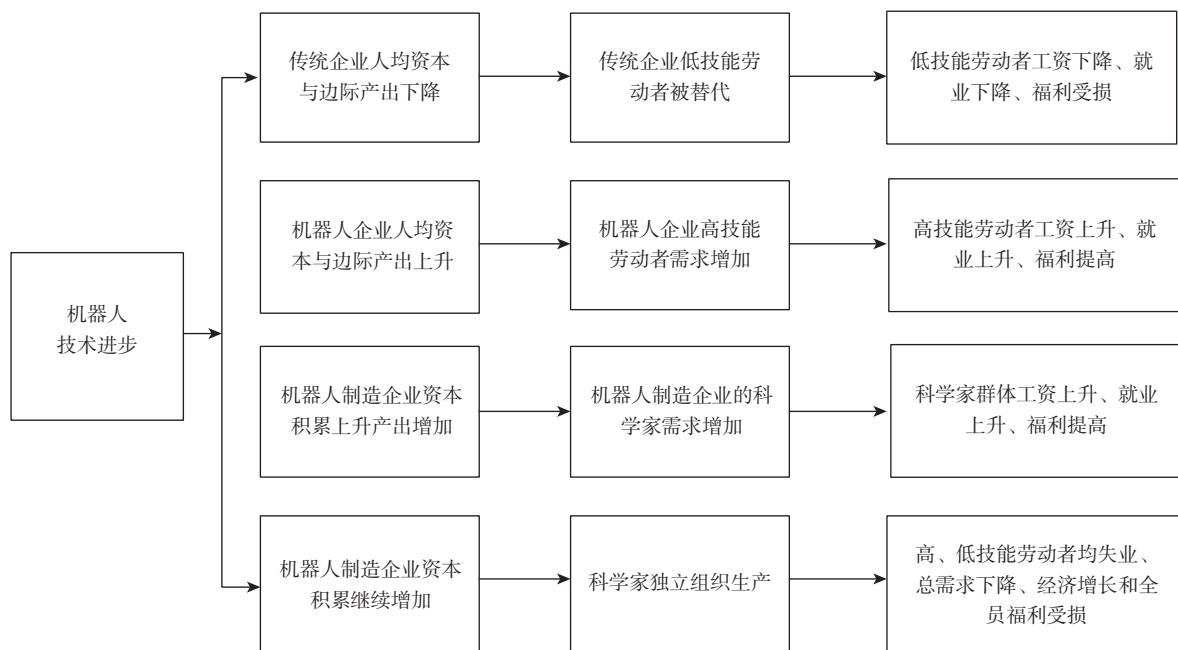


图1 单部门模型下机器人技术进步对劳动力市场与社会福利的影响机制

四、基于两部门模型的理论分析

以上模型中仅考虑制造业部门企业生产的情况。但是社会生产中,也有许多部门的岗位是机器人无法替代的,如服务人员、艺术工作者,新型服务业,如网络主播、快递员等。这些岗位需要有更多的灵活性,人工生产更具有比较优势,统称为服务业部门。接下来将综合考虑两部门的影响。

(一)两部门模型的设定

在两部门经济中,制造业依然有两类企业进行生产,暂时不考虑机器人制造企业。服务业部门则依赖相应的传统资本投入与人力进行生产,其生产函数为 Cobb-Douglas 形式:

$$Y_{st} = \delta_{st} K_{st}^{\gamma} L_{st}^{1-\gamma} \quad (36)$$

其中: Y_{st} 、 δ_{st} 、 K_{st} 、 L_{st} 分别表示服务业企业的产出、全要素生产率、资本投入和劳动者数量;其利润为

$$\max_{K_{st}, L_{st}} \pi_{st} = p_{st} \delta_{st} K_{st}^{\gamma} L_{st}^{1-\gamma} - (1 + r_{st}) K_{st} - w_{st} L_{st} \quad (37)$$

其中: π_{st} 表示服务业企业的利润; p_{st} 表示服务业产品的相对价格; w_{st} 表示服务业企业劳动者的工资; r_{st} 表示服务业企业的资本价格。由厂商的最优条件可得服务业资本与劳动的要素价格为

$$1 + r_{st} = p_{st} \delta_{st} \gamma K_{st}^{\gamma-1} L_{st}^{1-\gamma} \quad (38)$$

$$w_{st} = p_{st} \delta_{st} (1 - \gamma) K_{st}^{\gamma} L_{st}^{-\gamma} \quad (39)$$

家庭模型依然以 OLG 形式描述。与单部门模型不同的是,消费者将把消费在制造业部门的产品与服务部门的产品间分配,同时在年轻时期和年老时期分配,以追求其最大化终生效用。无论对于低技能劳动者还是高技能劳动者,其效用函数为

$$U = \varphi [\kappa \ln C_{yt} + (1 - \kappa) \ln C_{st}] + (1 - \varphi) [\kappa \ln C_{yt+1} + (1 - \kappa) \ln C_{st+1}] \quad (40)$$

其中: C_{yt} 、 C_{st} 分别表示年轻时期在制造业部门产品与服务部门产品上的消费; C_{yt+1} 、 C_{st+1} 分别表示年老时期在制造业部门产品与服务部门产品上的消费; φ 、 κ 分别表示消费在两个时期之间和两个部门的产品之间的分配参数。代表性家庭面临的预算约束如式(41)所示:

$$w_t L_t = C_t + \left[\frac{C_{t+1}}{(1 + r_{t+1})} \right] \quad (41)$$

家庭在年轻时期的消费 C_t 和储蓄 S_t 分别是其年轻时期总收入的固定比例,满足 $C_t = \varphi w_t L_t$, 年老时期的消费为其年轻时期的储蓄及相关收益,满足 $C_{t+1} = S_t(1 + r_{t+1}) = (1 - \varphi) w_t L_t (1 + r_{t+1})$, 此时,无论是低技能劳动者、高技能劳动者还是服务业者,其终生效用函数均可表示为

$$U_t = \text{constant} + (1 - \varphi) \ln w_t + (1 - \varphi) \ln (1 + r_{t+1}) \quad (42)$$

(二)模型的短期均衡分析

在制造业部门中,传统企业的劳动者主要是低技能的劳动者,而机器人企业的劳动者主要是高技能的劳动者。当服务业的劳动者主要以低技能的劳动者为主时,均衡状态下,两部门的低技能劳动者的工资相等,即 $w_{lt} = w_{st}$, 由此可得:

$$(1 - \alpha) \left(\frac{K_{lt}}{L_{lt}} \right)^{\alpha} = p_{st} \delta_{st} (1 - \gamma) \left(\frac{K_{st}}{L_{st}} \right)^{\gamma} \quad (43)$$

由前文分析可知,制造业低技能劳动者的就业因技术进步而受损,故 L_{lt} 下降,被替代的劳动者将转移到服务业部门,因此 L_{st} 将增大。为了保持等式的平衡,维持就业市场的稳定,需要加大对服务业的扶持,增加对 K_{st} 的投入,以保障被替代的制造业劳动者可以被充分吸收,否则被替代的劳动者将面临失业的境况。在劳动者进行产业转移的过程中,因为服务业劳动力供给的充足,并将导致低技能劳动者工资的下降和福利的损失。与此同时还存在另一种情形,即服务业高速增长,吸纳了大批的制造业劳动者,此时低技能的劳动者主动由制造业部门转移到服务业部门,在制造业没有发生技能替代的情况下,导致 L_{lt} 主动下降,此时制造业将经历“招工难”“用工荒”等问题,产出受限。为此,制造业企业应该加大对机器人使用的投入,以弥补劳动力短缺的冲击。当服务业的劳动者主要以高技能的劳动者为主时,均衡状态下 $w_{2t} = w_{st}$ 。可得:

$$\theta_t (1 - \beta) \left(\frac{K_{2t}}{L_{2t}} \right)^{\beta} = p_{st} \delta_{st} (1 - \gamma) \left(\frac{K_{st}}{L_{st}} \right)^{\gamma} \quad (44)$$

此时,技术进步导致社会资本向机器人企业转移, K_{2t} 增加, K_{1t} 减少。相应的制造业中高技能劳动者的数量 L_{2t} 增加。为了保持等式的平衡,服务业高技能劳动者的数量 L_{st} 下降。这主要是因为高技能劳动者的薪酬增加,用于生产服务业产品的资本减少,因而服务业的产出下降,导致服务业产品的需求增加,服务业的就业受损。以上分析中本文设定,服务业产品的生产需要投入资本与劳动力共同完成。但现实情况下,很多服务业部门的生产对资本的依赖不高,反而对人的依赖非常高。对低技能的劳动者,如快递员,有一辆电动车便可进行生产;有些高技能的劳动者,如歌唱家、美术家,只要有乐器、笔墨等创作工具便可进行生产。因此可以设定这些生产不需要资本,其生产函数可以表示为 $Y_{st} = \delta_{st} L_{st}$,服务业劳动者的工资可表示为: $w_{st} = p_{st} \delta_{st}$ 。当服务业的劳动者主要以低技能的劳动者为主时,均衡状态下,两部门的低技能劳动者的工资相等,即 $w_{1t} = w_{st}$,由此可得

$$(1 - \alpha) \left(\frac{K_{1t}}{L_{1t}} \right)^\alpha = p_{st} \delta_{st} \quad (45)$$

此时,机器人技术进步使得传统企业的资本向机器人企业转移, K_{1t} 下降。技术进步导致制造业的产出增加,同等比例下,对服务业产品的需求也将增加。此时制造业的低技能劳动者将转移到服务业进行生产,以满足生产需求,因此服务业劳动者的就业将上升。在均衡状态下,制造业替代的劳动者的数量等于服务业增加的劳动者的数量,制造业的产出增加量与服务业的产出增加量相当,保持服务业产品的价格 p_{st} 保持不变。当服务业的劳动者主要以高技能的劳动者为主时,均衡状态下,两部门的高技能劳动者的工资相等,即 $w_{2t} = w_{st}$ 。由此可得

$$\theta_t (1 - \beta) \left(\frac{K_{2t}}{L_{2t}} \right)^\beta = p_{st} \delta_{st} \quad (46)$$

此时,技术进步导致社会资本向机器人企业转移, K_{2t} 增加。相应的制造业中高技能劳动者的数量 L_{2t} 增加,制造业的产出增加,同等比例下对服务业产品的需求增加,因此服务业劳动者的数量将增加。但是因为高技能劳动者的数量受限,导致服务业产出不足,服务业产品的价格 p_{st} 上升。高技能劳动者因为技术壁垒的限制,从其他劳动者中进行转移并不顺畅,因此需要政府进行积极引导,加大对低技能劳动者的技能培训,同时适当引导其他行业人才对制造业部门进行补充,保障产出。由此可得到以下结论:当制造业与服务业的高技能劳动者可以顺利转移时,技术进步会导致服务业的高技能劳动者向制造业转移,从而使得制造业高技能劳动者数量上升,服务业下降。

(三) 机器人技术进步的长期动态影响

机器人技术进步使得社会资本向机器人企业转移,传统企业与服务业企业的资本将下降,这将导致传统企业与服务业企业的劳动者边际产出下降,进而导致工资下降。机器人企业的产出的增加将导致制造业产品产量增加,在劳动者工资下降的情况下,产品的需求下降,必将导致制造业产品的价格下降。同时因为制造业产品的增加,服务业产品的需求随之增加,但是因为服务业资本的下降,导致服务业产出下降,由此引发服务业产品的价格上升。技术进步将进一步恶化制造业低技能劳动者以及服务业劳动者的工资,但高技能劳动者的工资因为产出的增加而增加。因为低技能劳动者和服务业劳动者收入的下降将使得社会需求下降,社会资本积累下降,从而导致高技能劳动者的高工资无法持续,并随着资本积累的下降也开始下降。经济增长也将随着技术进步而提升,但最终将随着资本积累的萎缩而倒退。在替代高技能劳动者时,技术进步的影响程度更加深刻,低技能劳动者只能转移到劳动力密集型的服务业进行生产。资本虹吸导致传统企业与服务业的资本都向机器人企业转移,传统企业被完全替代。服务业因为有部分的企业可以依靠非常低的资本进行生产,可以吸纳大量的劳动者。如果服务业对资本的依赖度低,那么服务业将成为劳动者的避难所,被替代的工人将大量融入服务业。因为大量的劳动者的涌入,服务业的产出大量增加。因为固定比例的制造业产品与服务业产品的销售数量,服务业产出的增加,必将导致服务业产品的价格下跌,并降低服务业劳动者的工资收益。由此可见需要服务业与制造平衡发展,以实现产品市场的供给与需求均衡,保障就业稳定与经济的增长。当机器人完全替代劳动者时,劳动者全部转移到服务业进行生产,服务业产出达到最大化。但是机器人企业的产出随着机器人技术进步将进一步增加,从而导致对服务业产品的需求增加,促使服务业产品的价格上升。在技术进步下,劳动者的工资将随着提升,最终制造业产品价格因为供大于求而价格下降。在均衡状态下,社会产出将随着人口增长而增长。在机器人完全独立生产后,科学家将直接组织生产,科学家群体将获得企业生产的超额利润,科学家收益上升。

(四) 机器人税制度下的财务再分配

为了保障技术进步条件下生产率提升对社会福利的促进作用,需要通过机器人税制度将资本收益在不

同的劳动者群体中分配。在不同的生产情形下,所征收的机器人税应该等于相应的劳动者工资的损失,从而保障劳动者的工资保持不变,即: $G_t = \Delta w$ 。其中 Δw 表示不同技能的劳动者的工资损失,当机器人替代低技能的劳动者时: $\Delta w = w_{1H} - w_{1L}$ 。当机器人替代高技能的劳动者时: $\Delta w = w_1 + w_{2H} - w_{2L}$ 。当机器人独立生产时: $\Delta w = w_1 + w_2$ 。通过社会财富的再分配,制造业的劳动者的工资收入保持不变,但总的可支配财富随着技术进步而增加,因此社会总需求增加,对服务业产品的需求也因此增加,从而带动服务业劳动的就业和工资上升。因此劳动者的总收入为: $W_t = w_{1t} + w_{2t} + w_{st}$ 。总收入随着技术进步而增加,社会的总效用为

$$U_{1t} = \text{constant} + (1 - \varphi) \ln W_t + (1 - \varphi) \ln(1 + r_{t+1}) \quad (47)$$

由此可见,在进行财富再分配之后,社会总福利随着工资的增加以及技术进步而提升。根据以上分析内容,可以总结出两部门模型框架下机器人技术进步对劳动力市场各要素与社会福利的影响机制如图2所示。

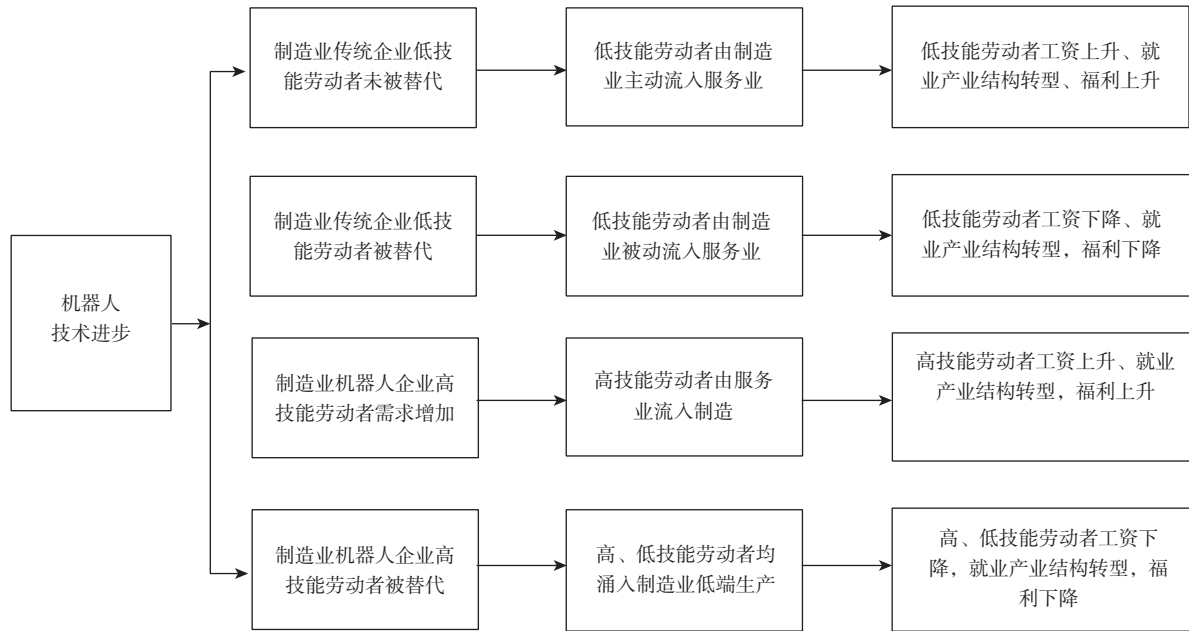


图2 两部门模型下机器人技术进步对劳动力市场与社会福利的影响机制

五、总结与政策建议

本文建模分析了机器人技术进步对劳动力市场的影响。主要结论有如下几点:第一,对制造业的低技能劳动者而言,短期内机器人替代将导致低技能劳动者的工资下降,就业减退,社会福利水平下降;长期来看,低技能劳动者将面临大范围的失业,要么进行就业转移,要么忍受着低工资与低福利。第二,对制造业的高技能劳动者而言,机器人技术进步短期内将对其就业产生促进作用,对其薪酬产生提升效应。长期也将对其就业和薪酬产生破坏效应。第三,对科学家群体而言,短期内,薪酬将随着机器人技术进步而提升,在机器人技术水平较高时,其收益将远超其工资薪酬,但长期因为社会需求下降,其收益也将受损。第四,对于服务业的劳动者而言,无论是低技能的劳动者还是高技能的劳动者,短期内都将随着机器人技术进步而获益。长期因为社会需求的萎缩而受损。短期因为机器人企业的产出增加,导致对服务业产品的需求增加,带动服务业的就业与劳动者收益增长。长期因为社会需求的萎缩,将影响对服务业产品的需求,进而导致服务业就业下降,劳动者工资受损。由理论分析结合现实情况可以发现,目前中国的传统机器人已经普及,智能机器人的应用正在加速。智能机器人的应用对传统企业的低技能劳动者产生了不同程度的替代,对就业和社会福利产生了负面影响。通过智能制造促进经济高质量发展与稳定社会就业之间存在诸多矛盾。基于以上分析并结合中国国情,本文对促进机器人应用与稳定社会就业提出以下三点政策建议。

第一,短期内智能机器人的普及会对中国制造业低技能劳动力形成负向冲击,政府在推动制造业企业使用智能机器人的同时,应该出台相应政策,做好被替代劳动者的职业技能培训,帮助这部分工人提升技能实现再就业,促进我国劳动力结构升级。

第二,“智能制造”是中国实现制造强国的重要方式。智能机器人在促进我国制造业转型升级的同时存

在替代就业的潜在风险,对此不同的地方应根据当地企业的实际需求与劳动力供给与结构特点制定有针对性的政策,稳步、分阶段地推进智能制造的进程,不可一刀切,一蹴而就。

第三,服务业的发展将带动对劳动力的需求。在促进制造业劳动者转型升级的同时也需要加大对服务业的扶持,促使劳动者在不同的产业间转移,实现就业市场的再平衡。

参考文献

- [1] 蔡跃洲,陈楠,2019.新技术革命下人工智能与高质量增长、高质量就业[J].数量经济与技术经济研究(5):3-22.
- [2] 陈彦斌,林晨,陈小亮,2019.人工智能、老龄化与经济增长[J].经济研究(7):47-62.
- [3] 杜传文,李晴,芮明杰,等,2018.大规模工业机器人应用与异质性技能劳动力之间的替代互补关系[J].中国科技论坛(8):174-182.
- [4] 韩民春,韩青江,夏蕾,2020.工业机器人应用对制造业就业的影响——基于中国地级市数据的实证研究[J].改革(3):22-39.
- [5] 贾根良,2016.第三次工业革命与工业智能化[J].中国社会科学(6):87-106,206.
- [6] 克利斯·弗里曼,弗朗西斯科·卢桑,2007.光阴似箭:从工业革命到信息革命[M].沈宏亮,等,译.北京:中国人民大学出版社:145-146.
- [7] 吕洁,杜传文,李元旭,2017.工业机器人应用会倒逼一国制造业劳动力结构转型吗[J].科技管理研究(22):32-41.
- [8] 普华永道,2018.人工智能和相关技术对中国就业的净影响[R].London:PWC.
- [9] 陶敏阳,2019.我国人口结构变化、资本偏向型技术进步与劳动收入份额演变——基于1990—2017省际面板数据的研究[J].技术经济,38(11):100-108.
- [10] ACEMOGLU D, RESTREPO P, 2016. The race between machine and man: Implications of technology for growth, factor shares and employment[J/OL]. American Economic Review, DOI: 10.2139/ssrn.3098384.
- [11] ACEMOGLU D, RESTREPO P, 2018. Artificial intelligence, automation and work[J/OL]. Journal of Human Capital, DOI: 10.2139/ssrn.3098384.
- [12] AGHION P, JONES B F, JONES C I, 2017. Artificial intelligence and economic growth[R], Massachusetts: NBER Working Paper, No 23928.
- [13] DAUTH W, FINDEISEN S, SUEDEKUM J, et al, 2017. German robots-the impact of industrial robots on workers[R]. London: CEPR Discussion Paper, No. DP12306.
- [14] FREY C B, OSBORNE M A, 2013. The future of employment: How susceptible are jobs to computerisation? [J/OL]. Technological Forecasting & Social Change, DOI: 10.1016/j.techfore.2016.08.019.
- [15] GRAETZ G, 2018. Robots at work[J]. Review of Economics and Statistics, 100: 753-768.
- [16] MANYIKA J, LUND S, CHUI M, 2017. Jobs lost, jobs gained: Work force transitions in a time of automation[R]. Chicago: McKinsey Global Institute.
- [17] NORDHAUS W, 2015. Are we approaching an economic singularity? Information technology and the future of economic growth[R]. Washington: Working Paper.
- [18] SACHS J D, KOTLIKOFF L J, 2012. Smart machines and long-term misery[R]. Massachusetts: NBER Working Paper, 18629.
- [19] SACHS J D, BENZELL S G, LAGARDA G, 2015. Robots: Curse or blessing? A basic framework[J]. Massachusetts: NBER Working Paper, 21091.
- [20] TERRY G, ANNA S, ULRICH Z, 2016. Racing with or against the machine? Evidence from Europe [J/OL]. SSRN Electronic Journal, DOI: 10.2139/ssrn.2815469.
- [21] WORLD BANK, 2016. World development report[R]. Washington: World Bank.

The Impact of Robot Technical Progress on the Labor Market and Social Welfare

Han Qingjiang¹, Han Minchun²

(1. Institute of Economic Development and Reform, Jiangxi University of Finance and Economics, Nanchang 330013, China;

2. School of Economics, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430074, China)

Abstract: Based on the equilibrium model which focus on the impact of robot technical progress on labor market and social welfare, the result finds the robot technical progress has a negative impact on the low-skilled workers' compensation and employment in short term, but a positive impact for the skilled workers and scientists. The impact on the total social welfare is uncertain. In the long run, advances of robotics will have a negative impact on the benefits and welfare of all workers. At the same time, robot technical progress will promote the transfer of employment structure, from low skill to high skill, from manufacturing industry to service industry. In order to realize the synchronization of technical progress and economic growth, the government should intervene to redistribute the capital gains from technical progress among different groups of workers in time to stabilize employment and economic growth. To achieve the stability of intelligent manufacturing and employment, the government should promote the "machine replacement" program steadily, which cannot be accomplished overnight.

Keywords: robot; technical progress; labor market; social welfare; equilibrium analysis