



在瑞士达沃斯2016年世界经济论坛上，机器人手拿报纸。

机器人、增长、不平等

安德鲁·伯格、爱德华·F. 巴菲、路易斯-费利佩·赞纳

机器人革命可能对平等产生深远消极影响

有人说，世界正在进入“第二个机器时代”。每周我们都会了解新的人工智能应用程序，即所谓的深度学习和机器人技术。比如，自动送货车，电化教学及调度助理，能够取代律师助理的电脑，无人驾驶汽车，这些还只是少数。还有一些类似捷克科幻作家卡雷尔·恰佩克 (Karel Čapek) 笔下的“机器人”。卡雷尔在 1921 年发明了“机器人” (Robot) 这个词，用来描述那些与人类没有本质区别的智能机器。

没有人能预料这种技术的发展方向。罗伯特·戈登 (Robert Gordon) 认为，自上

世纪 70 年代以来，在美国，能带来经济效益的技术变革和生产率增长速度已经放缓，除了在 2004 年结束的长达十年的科技繁荣时期（见《金融与发展》2016 年 6 月号）。但是，对于智能机器人，我们可能还处于这一技术革命的早期阶段，经济学家应该认真思考这对经济增长和收入分配意味着什么。

相互矛盾的说法

在关于技术、增长和分配的经济文献

中出现了两种说法。一种说法是：技术进步提高生产率，从而增加人均产出。尽管某些特定的工种被淘汰产生了一些过渡成本，但从总的结果来看，生活水平还是提高了。因此，这场至少从19世纪便展开的辩论最终似乎是那些对技术变革持乐观态度的人取得了胜利。2015年，一个普通的美国工人工作17周就能与一个1915年的普通工人工作一年取得同样的收入——技术的进步是一个非常重大的原因（Autor, 2014）。

这种乐观的说法同时还指出，技术除了取代工人的工作外，还在许多其他方面做出了贡献——如导航软件提高了出租车（来福车和优步）司机的效率。而收入的增加引发了对各种产出的需求，因而增加了用工需求。20世纪50年代和60年代初，在美国，工作进行计算机化后引发了人们的极大恐慌，因为他们担心自己的工作会由此受到影响。但在接下来的几十年中，人们看到的情况却是社会生产率大幅增长、生活水平不断提高，而失业率基本保持稳定不变，同时就业率在持续上升。

另外一种比较悲观的说法更加关注失利者（参见，例如，Sachs 和 Kotlikoff, 2012；Ford, 2015；Freeman, 2015）。近几十年来，许多发达经济体中不平等现象的加剧就可能是由于技术进步造成的。计算机革命减少了发达经济体对常规工种的需求（体力或者脑力劳动方面）——想想记账员或者生产线工人。因为现在只需要小部分的工人——一般为技术更为熟练的工人——使用电脑便能够生产出以前需要和普通工人共同才能生产的商品。因此，在很多国家，技能较低的工人相对工资都有所下降。

机器人是否会有所不同？

智能机器人在哪里适用？为了对这个问题进行概括，我们设计一个经济模型，假定机器人是一种不同的人力资本，近乎工人的替代品。宏观经济学家通常认为生产源于物质资本存量（包括公共的和私有的机器及结构）与劳动力的结合。但是将机器人视为一种新型的实物资本，实际上增加了可用劳动力的存量，实在是一种非常具有启发意义的想法。例如，社会生产仍然需要建造建筑物和道路，现在人们与机器人可以通过这种传统的资本展开合作。

当这种机器人资本有足够的生产能力，可以使用时，会发生什么呢？如果我们假设机器人是人类劳动力近乎完美的替代品，那么，好消息是人均产出将上升，但坏消息是不平等将加剧，其原因是：首先，机器人增加了总有效（工人加机器人）劳动力供给，从而导致在以市场为导向的经济中工资降低。其次，由于现在投资机器人有利可图，一些传统的资本投资方向（如对建筑物和传统的机械的投资）发生转变。这进一步降低了对在传统的资本投资领域工作的工人的需求。

但是，这仅仅是个开始。无论是好消息还是坏消息，

都越发明显。由于机器人的库存增加，传统的资本回报率提高（有了机器人当理货员的仓库变得更加有用）。因此，传统的投资最终将重新崛起。这反过来又使机器人能够保持高生产效率，尽管机器人的库存在持续增长。同时随着时间的推移，这两种类型的资本一起成长，直到他们日益主宰整个经济。而所有这些传统的资本和机器人资本，随着对劳动力需求的减少，有了越来越多的产出。预计机器人不会消耗，只是生产（虽然科幻文学关于这一点写得很模糊）。因此，人类将共享更多的产出。

但是，工资下降，不只是相对而言，而是绝对的，即使是在产量增长的情况下。

这听起来可能有些奇怪，甚至是自相矛盾。一些经济学家讨论关于科技恐慌散布者未能意识到市场情形终将明朗的相关谬见：需求将上升，以满足更先进的技术生产带来的高供应量，工人将找到新的就业机会。这里没有这种谬论：在我们的简单模型的经济中，我们假设没有失业和其他并发症：调整工资以出清劳动力市场。

如果机器人成为人类劳动力近乎完美的替代品，那么不平等将加剧。

那么怎样才能解释下跌的工资与不断增长的产出相吻合？换一种方式，是谁购买了那些增加的产出？资本所有者。从短期来看，较高的投资不只抵消了消费的暂时下降。从长期来看，资本所有者在不断增长的市场中所占有的份额以及他们的消费支出本身就在增加。随着工资下降和资本存量上升，劳动力（人）变为经济中越来越小的部分（在完全被替代的情况下，工资份额将变为零）。托马斯·皮凯蒂（Thomas Piketty）提醒我们，资本份额是收入分配的基本决定因素。在所有国家，资本分布比收入分布更为不均。机器人的应用将无极限地推高资本份额，因此，收入分配将变得越来越不均。

经济机器人“奇异性”？

值得注意的是，即使机器人的效率增长较少，纯粹自给自足式的投资性（机器人加上传统的）增长过程也会取得成功，只要这种增长使得机器人比劳动力更有竞争力。那么，这种微小效率的提升将会带来某种经济的“奇异性”，即资本代替整个经济而将劳动力排除在外。这让人想起雷蒙德·库兹威尔（Raymond Kurzweil, 2005）发表的“技术奇异性”的假说，他认为智能机不仅变得聪明而且比人类还要更聪明，他们可以自己编程，届时将引发机器智能的爆炸性增长。但是，我们是一个经济体，而不是一种技术，一个奇点。我们正在思考机器人效率要取得多小的增



日本东京，人形机器人辣椒在应用
大赛中自拍。

长才会引发自给的资本积累，从而使机器人接管经济，而不是在机器人智能化方向实现自给的增长。

到目前为止，随着机器人的效率出现小幅提升，我们认为机器人已经可以近乎完美地替代工人。这好比那些在好莱坞电影《终结者2：末日审判》中刻画机器人：他们是如此完美的人类替代品，无法将他们与人类区分开来。除这两种假设之外，还有一种貌似合理的设想。也是比较现实的设想，至少现在来说是这样，假设机器人和人类劳动非常接近，但并不是完美的替代品，因为人类有创造力与人情味。与此同时，像一些技术专家一样，我们预计机器人生产率的增长不会只是一点点，而是会在未来二三十年间出现巨大的提升。

根据这些假设，我们又重新拥有了一些经济学家的典型乐观精神。之前提到的力量仍然在起作用：机器人资本有取代工人以及压低工资的趋势，并且在一开始，分流向机器人的投资使得能够提高工资的传统资本供给干涸。然而不同的是，由于人类将这种不断积累起来的传统能力同机器人资本进行了结合，他们变得越来越有价值，带来的效益也越来越高。最终，这种劳动力效率的增加比机器人取代人类以及工资（和产出）上升更为重要。

但有两个问题。首先，“最终”可能很久才能实现。究竟需要多长时间，这取决于机器人取代人类劳动力难易程度，以及储蓄与投资对回报率反应速度。根据我们的基线校准，生产力效应大于替代效应以及推动工资的增长需要20年。其次，资本仍将有可能大大增加其在经济中的作用。虽然它不会像在奇点案例下那样完全主导经济，但它将占有更高的收入份额，即使从长远来看，工资将会高于机器人时代出现之前的水平。因此，不平等会更严重，可能变得极其严重。

人是不同的

读者可能会认为这些吓人的情况将不会发生在他们身上，因为他们认为机器人不能从事某些工作，比如经济学家和记者。在我们的模型中，一开始，我们设定机器人是劳动力的完美替代品，之后引入的概念认为他们可能是近似的，但在生产成果方面这是并不完全相同的概念。另一个重要情况是，并非所有的劳动都是一样的。的确，即使是精密的机器与先进的人工智能相结合，它还是不能取代人类的所有作业。在电影中能被机器人替代的工作种类相当广泛，从机器人猎手（《银翼杀手》）到医生（《异形》）。而且机器人已经在尝试替代助教，甚至记者。海量的在线课程甚至可能威胁到教授的地位。但在现实生活中，许多工作似乎还是安全的，至少目前如此。

因此，在我们的模型中，我们接下来会将工人分为两大类，我们称之为“技术工”与“非技术工”。我们的意思是，技术工不是机器人的近似替代品。相反，机器人可能会增加他们的生产力。而非技术工，他们非常近似于替代品。我们的技术工可能没有传统意义上的高学历；但他们可能是富有创造力和同情心的一群人，这对于未来的机器人来说难以企及。根据弗雷和奥斯本研究（Frey 和 Osborne, 2013），我们假设，大约一半的劳动力可以由机器人来代替，即那些“无需技能的工作”。当机器人技术成本变得更低，会发生什么？像以前一样，人均产出增加。而在整体资本中所占的份额（机器人加上传统资本）上升。不过，现在还有另外一种影响：技术工人的工资相较于非技术工要高，而且是绝对要高，这是为什么？这是因为这些工人与机器人相结合后生产力提高。想象一下，例如，一个设计师现在能够指挥一支机器人队伍，那么将具有更高的生产力。同时，非技术工的工资将会下降，无论是在相对还是绝对

的情况下，即使从长远来看也是这样。

现在不平等的加剧有两个基本的原因。和以前一样，资本在总收入占据更大份额。此外，工资不平等急剧恶化。生产力和支付给技术工的工资稳步提升，但非技术工在孤军奋战，而且在这场与机器人的战斗中，他们输得很惨。数字取决于几个关键参数，如技术工和机器人之间的互补程度，我们可以从简单的设想中推断出大致结果。我们发现，经过凄惨的50年，低技术工的实际工资下降了40%，该团体在国民收入中所占比例在我们的基线校准中从35%下降到了11%。

由于人类将这种不断积累起来的传统能力同机器人资本进行了结合，他们变得越来越有价值，带来的效益也越来越高。

到目前为止，我们一直在研究大的发达经济体，如美国。因为这样的国家似乎很自然地被认为技术更加发达。然而，机器人时代也会影响国际产出的分布情况。例如，如果被机器人所取代的非技术工种同发展中国家的劳动力工种相似，它可以降低这些国家的相对工资。

谁拥有机器人？

这些故事并不是注定就这样的。首先，我们主要是推测新兴技术趋势带来的结果，而不是分析现有数据。我们心目中的最新创新结果并没有（还没有）对发达国家的生产率或是增长数据产生影响；生产率增长实际上最近几年一直很缓慢。技术似乎并不是导致很多国家不平等现象的罪魁祸首。在大多数发达经济体，技术工人的相对工资增长一直比美国更慢，即使是发达经济体可能也面临着相似的科技变革。正如皮凯蒂和他的合作者所说的著名评论一样，近几十年来不平等的加剧集中发生在很少一部分人中，技术似乎不是主要的因素。但近几十年来全球许多地区不平等现象日益加剧，甚至是新闻中所报道的一些政治不稳定和民粹主义问题，都凸显并提高了风险程度。在美国，劳动收入份额在经历几十年的平稳期之后，似乎自世纪之交开始已经下降（Freeman, 2015），这并不是个好现象。

科幻作家艾萨克·阿西莫夫（Isaac Asimov）提出了著名的“机器人学三定律”，以保护人类免受机器人的人身攻击。根据第一定律，“机器人不得伤害人类，或坐视人类受到伤害。”这种指令对于个体机器人的设计师来说可能是可以的。但它无助于管理我们在这里所讨论的其对整个经济的影响。我们的小模型表明，即便是在一个平稳运行的市场经济中，机器人可能会为资本所有者带来收益并且

可能提高人均收入，但这结果并不会为我们带来大多数人梦想的那种社会。人们对公共政策反应尤为强烈。

在所有这些场景中，只要想要工作就总会有工作的。但问题是，大部分的收入流向资本所有者和那些不能轻易被机器人取代的技术工人。而其余的人只获得低工资和大饼的小份额。这就使得提升创造力和培养不被智能机所替代的技能教育变得十分重要。对人力资本的投资等可能提高平均工资和减缓不平等。但即便如此，在很长一段时间里，机器人的发明还是会降低职工平均工资，资本份额将出现上升。

我们试图尽可能地简化事情，而忽略了很多这个社会将会面临的义务，包括当购买力越来越集中时，要确保有足够的总需求，解决由低工资和不平等导致的相关社会和政治挑战，以及当涉及职工支付医疗保健和教育费用以及用于对自己的孩子的投资时，解决低工资问题对他们产生的影响。

我们假设至今为止资本收入分布仍然高度不均。但人均总产出的增加意味着，如果重新分配资本收入，每个人都可以生活得较优裕。资本税收带来的基本收入的优势变得显而易见。当然，在近几十年，全球化和技术创新都使资本避税更为容易。因此，我们的分析使得回答“谁拥有机器人？”这个问题变得更为紧迫。■

安德鲁·伯格（Andrew Berg）是IMF能力发展学院的副院长，爱德华·F·巴菲（Edward F. Buffie）是印第安纳大学伯明顿主校区的经济学教授，路易斯-费利佩·赞纳（Luis-Felipe Zanna）是IMF研究部的高级经济学家。

参考文献：

- Autor, David, 2014, "Why Are There Still So Many Jobs? The History and Future of Workplace Automation," *Journal of Economic Perspectives*, Vol. 29, No. 3, pp. 3-30.
- Čapek, Karel, 1921, *R.U.R. (Rossum's Universal Robots)* (New York: Penguin).
- Ford, Martin, 2015, *The Rise of the Robots* (New York: Basic Books).
- Freeman, Richard B., 2015, "Who Owns the Robots Rules the World," *IZA World of Labor*, May.
- Frey, Carl Benedikt, and Michael A. Osborne, 2013, "The Future of Employment: How Susceptible Are Jobs to Computerisation?" *Oxford University paper* (Oxford, United Kingdom).
- Gordon, Robert, 2016, *The Rise and Fall of American Growth: The U.S. Standard of Living since the Civil War* (Princeton, New Jersey: Princeton University Press).
- Kurzweil, Raymond, 2005, *The Singularity Is Near: When Humans Transcend Biology* (New York: Viking).
- Sachs, Jeffrey D., and Laurence Kotlikoff, 2012, "Smart Machines and Long-Term Misery," *NBER Working Paper 18629* (Cambridge, Massachusetts: National Bureau of Economic Research).