



# 人工智能、自动化与经济

美国总统执行办公室

翻译：AI 世代 ( tencentAI )

December 2016



美国总统执行办公室

2016 年 12 月 20 日

人工智能(AI)技术及相关领域的进步为一些核心领域的发展提供了新的市场和机遇，如健康、教育、能源、经济包容性(社会与经济的协调发展、可持续发展)、社会福利和环境等。近几年，机器在执行与智力相关的特定任务时的表现已经超越了人类，例如在图像识别方面。行业专家预计，未来几年特定人工智能领域的快速发展仍将持续下去。在未来 20 年内，人工智能虽然还不能全面取代人类，但至少在越来越多任务上的表现会接近或超越人类。

未来几年，人工智能所驱动的自动化将继续创造财富，拓展美国经济。但是，在带来诸多裨益的同时，人工智能的发展也需要我们付出一定的代价，同时伴随着工人们在社会上继续保持竞争力所需要的工作技能的转变，以及社会经济的结构性转变。因此，需要相应的国家政策来帮助因这些变化而导致的弱势群体，确保人工智能和自动化所带来的裨益能够服务于整个社会。

2016 年 10 月，白宫已经发布了一份《为人工智能的未来做好准备》的报告。而此次发布的新报告将进一步调查人工智能驱动的自动化对美国就业市场和整个国民经济的影响，并给出了相应的政策建议。

这份报告由美国总统执行办公室的一个团队制作，团队成员来自经济顾问委员会、国内政策委员会、国家经济委员会、管理和预算办公室，以及科技政策办公室等机构。

除了这份报告，我们还有许多人工智能方面的工作要完成，还需要进一步探索有关人工智能的相关政策。例如，人工智能能为网络防御创造重大机遇，能进一步改进欺诈检测系统。

## 目录

执行总结	1
人工智能驱动的自动化经济	1
政策响应	3
结论	4
报告的延伸和发展	5
介绍	6
人工智能驱动的自动化经济	8
人工智能与宏观经济：技术与生产力增长	8
人工智能与劳动力市场：各种潜在影响	10
技术变革的历史影响	11
人工智能与劳动力市场：近期	13
人工智能将创造出哪些就业岗位？	18
技术并非定数——制度和政策是关键	21
政策响应	26
策略 1：为人工智能的诸多裨益进行投资和开发	
策略 2：针对未来的就业形势教育和培训国民	
策略 3：为转型中的工人提供帮助，确保所有人受益。	
结论	43

## 执行总结

快速发展的人工智能技术将导致之前由人类劳动力完成的一些任务实现自动化，这种转变将为个人、国民经济和整个社会开启新的机遇，但同时也可能颠覆数百万美国人当前的谋生方式。从长期角度讲，人工智能究竟能否导致大规模失业，增加社会不平等性，不仅取决于这项技术本身，也取决于国家出台的相关制度和政策。本报告将讨论人工智能驱动的自动化可能给国民经济带来的影响，以及怎样的策略才能提高人工智能的裨益，并减轻成本。

## 人工智能驱动的自动化经济

技术进步是人均 GDP 增长的主要驱动力，使产出的增长速度超过劳动力和资本。技术提高生产力的主要方法之一是通过降低生产单个产出所需的劳动时间。劳动生产率的提高一般会转化为平均工资的增加，使工人有机会减少工作时间，承受更多的商品和服务。这样，生活水平和闲暇时间都可能提高，虽然不平等会在一定程度上有所增加——最近数十年一直如此——但会被人工智能所带来的一些裨益抵消。

我们应该以积极的态度欢迎人工智能的潜在经济效益，虽然这些经济裨益可能不会均匀地分布在整个社会。例如，19 世纪的技术革新提高了低技能工人的生产力。与此同时，得益于量产技术的崛起，之前控制和执行整个生产过程的高技能工人的生计受到了威胁。最终，许多高技能工人被机器和低技能工人所取代。这导致工人们每小时产量上升，而不平等下降，推动了平均生活水平的提高，但一些高技能工人的劳动不再像之前那样有价值。

相比之下，20 世纪后期的技术变革却有着相反的影响方向。计算机和互联网的出现提高了高技能工人的相对生产率。一些日常密集型岗位，如接线员、档案管理员、旅行社人员和装配线工人，则成为了被新技术取代的对象。其中一些职位几乎被淘汰，对其他一些职位的需求也明显降低。

研究表明，该期间的技术创新提高了那些从事抽象思维、创造性任务，以及解决问题人员的生产力，导致这些岗位的需求增长。这种需求转移导致高技能劳动力的相对工资水平提高，进一步加剧了不平等性。

但与此同时，教育的改善速度放缓，以及一些体制上的变化，如工会化降低、最低工资下降，也是社会不平等加剧的部分原因。这表明，技术变革并不是唯一的决定因素。

当前，准确预测哪些工作将直接受到人工智能驱动的自动化的影响还是一个挑战。因为人工智能不是一项单一的技术，而是应用于特定任务的一系列技术的整合，人工智能对整个经济的影响将是不均衡的。有些任务会比其他任务更容易自动化，有些工作会比其他工作更容易受到影响——无论是积极的，还是消极的。一些工作可能会自动消失，而对于其他一些工作，人工智能驱动的自动化将使许多工人更有效率，并导致某些技能的市场需求增长。最终，新的就业机会可能会直接或间接地被创造。

最近的研究表明，人工智能对劳动力市场的影响在短期内将延续近几十年来计算机化和通信

创新所导致的趋势。研究人员预计，未来十年或二十年受威胁岗位人员的比例为 9%至 47%。这意味着，每 3 个月就有约 6%的岗位被市场需求下滑或企业倒闭所破坏。但与此同时，又有略大比例的就业机会被创造，从而导致就业率上升，而失业率则基本持平。国民经济已经反复证明，其自身有能力处理这种规模的变化，虽然这还要取决于变化的速度，以及被转移岗位的集中程度。

研究发现，自动化所威胁的就业岗位高度集中在低收入、低技能、教育程度较低的人群。这意味着自动化将继续使该群体的市场需求下滑，工资水平下降，从而加剧社会不平等性。从长期角度讲，可能会带来不同或更大的影响。一种可能性是“巨星偏向型” (superstar-biased) 技术进步，即技术进步所带来的裨益归于社会上更小比例的人群。IT 市场“赢家占据大部分市场”的属性意味着，只有少数企业主导市场。如果劳动生产率的提高没有转化为工资增长，那么人工智能所带来的巨大经济裨益可能将归于少数人群。而不是由更广泛的工人和消费者所共享，这可能弱化市场竞争，加剧社会财富分配不均。

但是，从历史和国家的角度来看，生产力和工资之间有着密切的关系。而且，随着人工智能的发展，最可能的结果将是带来更高的工资和更多的休闲机会。但实现程度不仅取决于技术变革本身，更重要的是政策和制度的选择，即如何帮助工人迎接人工智能，如何处理人工智能对劳动力市场的影响。

## 政策响应

技术本身并非唯一的决定因素，经济激励和公共政策在塑造技术变革的方向上也发挥着重要作用。给予适当的关注，以及正确的政策和制度响应，以确保自动化带来更高的生产力、就业率，以及更广泛的成果共享。过去，美国经济适应了新的生产模式，并随着生产力的提高维持了较高的就业水平，但一些冲击导致许多工人退出劳动力市场。本报告提倡的策略是：教育和准备新工人进入劳动力市场，缓解失业工人的压力，让他们继续留在劳动力市场，遏制不平等性。这些策略将在很大程度上影响人工智能给社会经济所带来的变革。

**策略 1：为人工智能的诸多裨益进行投资和开发。**如果我们最大限度地投资和发展人工智能，就会对整体生产力的增长做出重要、积极的贡献。与此同时，人工智能技术的进步拥有令人难以置信的潜力来确保美国处于创新的前沿。通过投资研发，政府在推动人工智能技术发展的过程中将发挥重要作用。

**策略 2：针对未来的就业形势教育和培训国民。**由于人工智能将改变劳动力市场所需技能，政府需要对工人进行教育和培训，让工人们为这种转变做好准备，从而确保在就业市场继续保持成功。这些教育和培训需要大量的投资。首先是所有儿童提供高质量的早期教育，让所有家庭都能为接下来的持续教育做好准备。其次投资高中毕业生和准备就业的人群，让所有美国人都能接受到高等教育。另外，帮助美国工人顺利度过这种就业转换也至关重要。这部分投资包括就业培训，提供终身学习的机会，以及为工人提供更好的就业指导。

**策略 3：为转型中的工人提供帮助，确保所有人受益。**

决策者应该保证工人及求职者能找到最合适的工作岗位,并通过提高薪酬的形式确保他们获得合理报酬。这其中包括确保社会安全保障网络与时俱进,如强化对失业保险、医疗补助、SNAP(补充营养援助计划)及 TANF(家庭临时援助)的支持。此外,还要确保一些新保障计划及时到位,如工资保险,以及对危机家庭提供紧急援助。对于有需要的家庭和工人,政府同样需要加强权利的保障,建立新环境下的退休制度,并扩大医疗服务的受众数量。总之,增加工资,提高工人议价能力,实现税收政策与时俱进,并解决地域差异的影响,将是支持工人、解决人工智能所导致的劳动力市场转变问题的重要措施。

最后,在短期和中长期内,如果很大比例的美国人受到了人工智能所导致的就业转移的影响,政策制定者还需要考虑更强有力的干预措施,如进一步加强失业保险制度,以及相应的创造就业机会的策略,以确保平稳过渡。

## 结论

对于美国下届政府和继任者而言,响应人工智能驱动的自动化所带来的经济效应将是一个重大的政策挑战。人工智能已经开始改变美国的工作场所,改变现有的工作类型,重塑工人继续保持竞争力所需要的技能。所有美国人都应该有机会参与解决这些挑战,无论是学生、工人、管理者、技术领袖,还是在政策讨论时有发言权的公民。

人工智能引发了许多新的政策问题,这应该是未来政府、国会、私营部门、学术界和公众继续讨论和考虑的问题。通过继续与政府、行业、技术和政策专家互动,公众将在国家的政策



转变过程中发挥重要作用。

## 报告的延伸和发展

该报告由美国总统执行办公室的一个团队制作，团队成员来自经济顾问委员会、国内政策委员会、国家经济委员会、管理和预算办公室，以及科技政策办公室等机构。

2016 年 10 月，白宫已经发布了一份《为人工智能的未来做好准备》的报告。而此次发布的这份新报告将进一步调查人工智能驱动的自动化对美国就业市场和整个国民经济的影响，并给出了相应的政策建议。

确切而言，报告回顾了一些经济证据，以更好地了解以往的自动化浪潮给我们留下的经验教训；当前这一波人工智能驱动的自动化已经带来的影响，及其未来前景；人工智能驱动的自动化将来会如何影响工人。报告还讨论了相应的政策措施，以解决这些技术所引发的经济混乱，并为人工智能、自动化和其他因素导致的长期趋势做好准备。此外，该报告列出了三大战略，供政策制定者借鉴。

## 介绍

人工智能的最新进展让人们再次关注人工智能驱动的自动化相关问题，及其对经济的影响。

最近一波的人工智能发展大约始于 2010 年，由三个相辅相成的因素所驱动：1)源自电子商务、企业、社交媒体、科学和政府机构的海量大数据；2)这些数据极大地改进了机器学习的方法和算法；3)该过程又依赖于更强大的计算能力。该期间内，人工智能所取得了令人吃惊的进步。例如，在一项流行的图像识别挑战中，人类的错误率为 5%。2011 年，最先进的人工智能技术的错误率为 26%，而 2015 年提高到只有 3.5%。这一进步将使得一系列与理解图像相关的工作实现自动化，也可能创造出新类型的工作和职位。人工智能在其他方面取得的进展将带来类似的经济变化。

自美国建国以来，技术创新一直推动着美国经济的发展。美国人的聪明才智一直是美国最伟大的资源之一，是经济增长的关键推动力，也是美国战略优势的源泉。非凡的自主创新显著提高了生活质量，创造就业机会，扩大对世界的认识，并帮助美国发挥其全部潜力。同时，这也迫使美国人适应工作场所和就业市场的变化。这些转变所带来的影响并非全部都是积极的，但从长远角度讲，如果能得到适当的公共政策的支持，它们就会带来巨大的裨益。

这一轮由人工智能驱动的自动化变革也将如此。例如，机器人使经济更有效率。2015 年在 17 个国家进行的一项机器人研究表明，1993 年至 2007 年，机器人推动这些国家 GDP 平均增长 0.4%，占这些国家总体 GDP 增长的 1/10。部分增长得益于美国制造商开始部署机器人，允许他们在招聘更少工人的情况下制造出更多商品。人工智能在许多方面的表现也有希望改变世界各国经济增长的基础。最近一项针对 12 个发达经济体(包括美国)的研究表明，到 2035 年，人工智能有望推动这些国家的年经济增长率翻番。

一些专家将这一轮的由人工智能驱动的自动化视为历史上最重要的经济和社会发展。世界经济论坛(WEF)将其视为第四次工业革命的关键。此外，经济学家安德鲁·迈克菲(Andrew McAfee)写道：“数字技术对人类脑力的影响，相当于工业革命时期蒸汽机和相关技术对人类体力的影响。它们允许我们迅速克服许多限制，以前所未有的速度拓展新领域。这是一次巨大的变革，但它将给社会带来怎样的影响还不确定。”

同时，人工智能驱动的自动化对生产力增长的影响还没有一个定量。事实上，过去十年间，几乎每一个发达经济体的生产力增长都在放缓。但几乎可以肯定的是，未来几年生产力增长的速度将反弹。从某种程度上讲，人工智能驱动的自动化将有潜力推动各个领域取得巨大的积极进步，将提高美国人的平均生活水平。但是，也不能保证每个人都会受益。人工智能驱动的变化在美国的就业市场会导致一些工人失去工作，虽然同时也会创造新的就业机会。这种经济痛苦将集中影响特定人群。政策制定者必须要考虑采取措施来帮助受影响的家庭和社区恢复常态，提供相应的工具确保他们在这种转变过程中继续保持市场竞争力。

## 人工智能驱动的自动化经济

加快发展的人工智能能力，将使得一些长期以来需要人类劳动力来完成任务最终实现自动化。该过程并不依赖于程序员们精心定制明确规则，相反，现代化的人工智能程序可以通过提供给它们的数据总结出相应的模式，从而开发出自己的规则，以确定如何解释新的信息。这意味着人工智能可以解决问题，还可以在极少的人类干预下自主学习。此外，机器人技术的进步将拓展机器与物理世界的交互。而人工智能与机器人技术的结合，将打造出更智能的

机器，可以执行更复杂的功能，并蚕食人类当前所拥有的一些优势。这将导致许多当前由人类工人从事的任务实现自动化，从而改变劳动力市场和人类活动的现状。

这种转变可能会为个人、国民经济和整个社会开启新的机会，但同时也可能导致许多美国人丧失工作机会。本章将探讨了人工智能驱动的自动化在推动经济增长过程中所扮演的重要角色，以及对劳动力市场和社区的潜在影响。基于经济理论，并对以往技术变革进行实证研究，我们将利用这些经验教训对当前的人工智能革命进行分析。有许多理由让我们相信，这一次的人工智能驱动的自动化对劳动力市场所带来的变化将与以往的技术革命类似，但本章还将讨论当前这一轮的技术革命与以往有哪些不同。

严格地说，技术本身不能完全决定经济增长、不平等性或就业等情况。许多发达经济体(国家)都经历过类似的技术革命，但其影响结果却不同，因为它们有着不同的制度和政策。但是，理解技术变革的力量有助于相关政策的持续演变。

## 人工智能与宏观经济：技术与生产力增长

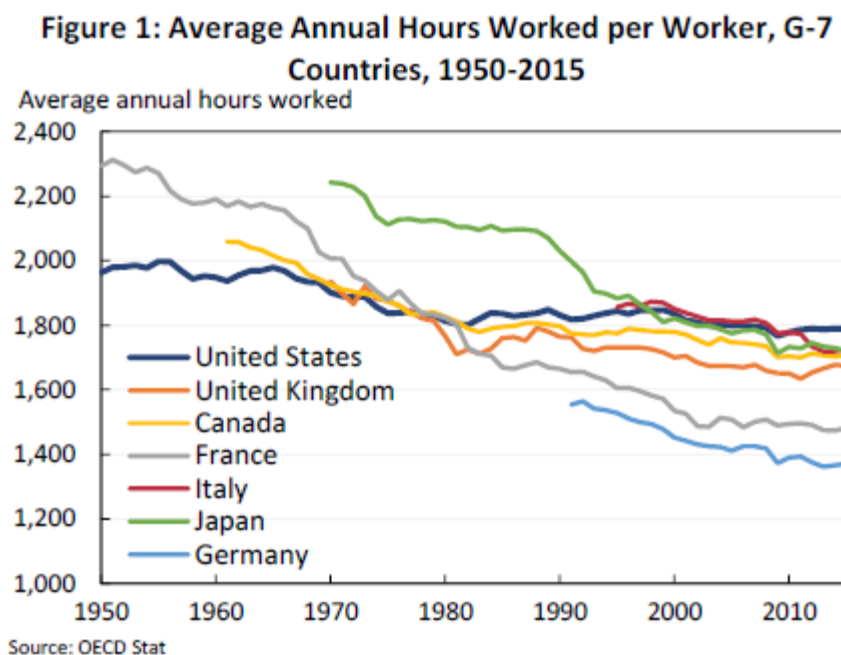
从某种程度上讲，人工智能驱动的自动化与过去的技术变革类似，将对整体的生产力提高做出重要贡献。

几个世纪以来，美国经济一直在随着技术的发展而调整和演变。150 年前存在的许多工作如今已不复存在，被之前人们无法想象的一些工作所取代。例如，1870 年美国近 50%的员工

从事农业，为国家提供食物。而今天，得益于技术变革，农业员工数量还不到 2%，但提供的食物已经远超美国人的需求。在该案例中，技术创新(从收割机到自动驾驶拖拉机)提高了农业生产力，从而提高了人们的生活水平。

技术提高生产力的主要方法之一是通过降低生产单个产出所需的劳动时间。劳动生产率的提高一般会转化为平均工资的增加，使工人有机会减少工作时间，承受更多的商品和服务。这样，生活水平和闲暇时间都可能提高，虽然不平等会在一定程度上有所增加——最近数十年一直如此——但会被人工智能所带来的一些裨益抵消。

生产力的提高将伴随着工资的增长，这种预期致使约翰·梅纳德·凯恩斯(John Maynard Keynes)1930 年在其所撰写的“我们子孙后代的经济可能性”一文中称，鉴于技术进步的速度，将来每周我们可能只需工作 15 小时。虽然这一预测距离现实可能仍很遥远，但在过去的 65 年间，大多数发达经济体的工作时长都显著下降(见图 1)。唯一——一个例外是美国，这种下滑从 20 世纪 70 年代末就停止了。此后，美国工人的工作时长一直保持平稳。



世界上 7 个最发达的工业化国家每位工人每年的平均工作时长(1950~2015)

技术一直都是生产力增长的主要驱动力之一。事实上，20 世纪 90 年代生产力的显著增长主要得益于技术变革的推动。有证据显示，1993 年至 2007 年间，仅工业机器人自动化就导致 17 个国家的劳动生产率增长 0.36%。

鉴于近期的生产力发展趋势，人工智能驱动的自动化对生产力的潜在积极影响显得特别重要。在过去的十年间，虽然技术仍在起着积极的推动作用，但在 31 个发达经济体中，有 30 个经济体的生产力增长出现放缓。例如，1995 年至 2005 年，美国的年平均增长率为 2.5%，而 2005 年之后却降至 1%(见图 2)。在大多数国家(包括美国在内)，这种生产力增长放缓主要是因为资本市场投资放缓，同时也受到了“全要素生产率”(指产量与全部要素投入量之比；全要素生产率的来源包括技术进步、组织创新、专业化和生产创新等)增长(受技术变革所影响)放缓的影响。这已经导致工人的实际工资增长放缓，如果持续下去，还将导致生活

水平增速放缓。



图 2：世界上 7 个最发达的工业化国家的劳动生产率增长

人工智能驱动的自动化可以帮助提高全要素生产率的增长，创造新的潜力来改善美国人的生活。但是，技术变革和经济增长的裨益并不一定被同等共享。这既取决于技术变革的性质和速度，也取决于工人为争取裨益(工人生产率提高所致)而进行谈判的能力。

## 人工智能与劳动力市场：各种潜在影响

很少有人质疑，工业革命在很大程度上使社会更加富裕，但转型过程中给许多农业工人的生活带来破坏性影响。例如，工业化促使许多美国人搬到新的社区，在那里他们可以获得新的技能，把他们的时间用于新的用途。即便如此，在这些巨大的技术变革时期，美国仍然保持着较高的就业率。在很长一段时间内，在希望找工作的人群中，90%至 95%都能找到工作。

当前，美国的失业率还不到 5%。

## 技术变革的历史影响

技术进步在历史上对劳动力市场有不同的影响。新技术可能取代一些技能，同时也能对其他一些技术形成补充，这些趋势会随着时间的变化而变化。有时，新技术能提高生产率，增加受教育程度较低工人的就业机会；但有时，也能增加教育程度较高工人的就业机会。

19 世纪的技术变革提高了低技能工人的生产率，降低了某些高技能工人的相对生产率，这种创新被称为“低技能偏向型” (unskill-biased) 技术变革。在这种类型的技术变革中，大规模生产技术(使用低技能工人的装配线)的崛起导致高技能工人的生计受到威胁。作为反击，一些英国纺织工人参加了 19 世纪早期的“卢德暴乱” (Luddite Riots)，破坏了给他们带来威胁的织机和其他机械。最终，抗议者的担忧也确实变成了现实，许多熟练的手工艺者被“机器和低技能工人的组合”所取代。这次技术变革为低技能工人创造了新的机会，提高了他们的每小时产量。其结果就是，平均生活水平提高了，但某些高技能工人已不再像之前那样有价值。

相比之下，20 世纪后期的技术变革却有着相反的影响方向。计算机和互联网的出现提高了高技能工人的相对生产率。一些日常密集型岗位，如接线员、档案管理员、旅行社人员和装配线工人，则成为了被新技术取代的对象。其中一些职位几乎被淘汰，对其他一些职位的需求也明显降低。



事实上，尼尔·扎莫维奇(Nir Jaimovich)和亨利·西尤(Henry Siu)认为，正是因为制造和其他一些例行性工作对工人数量的需求出现下滑，才导致市场对受教育程度较低工人的需求下滑。研究表明，该期间的技术创新提高了那些从事抽象思维、创造性任务，以及解决问题人员的生产力，导致这些岗位的需求增长。

研究人员发现，1970 年至 1998 年间，60%的相对需求转移偏向于拥有大学学历的劳动力，因为常规型、由人力完成的任务所需要的劳动力数量降低，而非常规型、认知任务所需要的劳动力数量增加。因为受过大学教育的劳动力的薪水已经较高，这种需求转移导致他们的相对工资进一步增长，从而加剧了收入不平等性。

与过去的技术变革一样，人工智能驱动的自动化将引发劳动力市场的变化和调整。基于当前的经济理论，一项创新必须要带来裨益，否则就不会被接受。但同时，市场力量并不能保证从创新中获得的经济利益被广泛共享。

对于许多劳动者而言，他们很难适应这种颠覆性转变，近期的一些研究也凸显了该调整过程所付出的代价。近几十年，因工厂倒闭或公司转行而失去原来工作的美国工人的薪水大幅缩水。研究表明，本地经济遭遇负面冲击后，将对失业率、劳动力参与和薪水产生极其不良的影响，且持续很久。更为重要的是，随着时间的推移，这些失去工作的工人收入恢复缓慢，甚至是无法彻底恢复。十年或更多年以后，这些工人的收入仍比之前低 10%或更高。这些结果表明，许多失业工人在新工作上的表现不如以往。人工智能驱动的自动化可能对当

地劳动力市场造成冲击，带来长期的颠覆性影响。如果没有某种形式的保障措施，人工智能驱动的自动化所带来的经济效益可能无法被所有人共享，导致一些工人、家庭和社区受到持续的负面影响。

## 人工智能与劳动力市场：近期

当前，准确预测哪些工作将直接受到人工智能驱动的自动化的影响还是一个挑战。因为人工智能不是一项单一的技术，而是应用于特定任务的一系列技术的整合，人工智能对整个经济的影响将是不均衡的。有些任务会比其他任务更容易自动化，有些工作会比其他工作更容易受到影响。

但是，基于当前的人工智能技术发展轨迹，进行特定预测是可能的。例如，驾驶和清洁工作只需要进行相对较少的训练即可由机器来完成。计算机视觉及相关技术的进步已经使全自动驾驶汽车成为可能，它不需要人类驾驶员，将来有可能取代一些专业司机。自动驾驶汽车依赖于在复杂环境下导航，分析动态环境并优化。同样，家庭清洁机器人也需要类似的能力。以打扫房间整个房屋为例，也需要导航到特定目的地。但是，要想使机器人能够像人类一样有效地导航和清扫房屋，则需要更先进的技术。因此，至少在短期和中长期内，司机可能受到的自动化威胁要大于清洁工人。我们在下面的章节中列出了一个框架，以帮助人们对人工智能驱动的自动化对就业的影响进行一般性预测。

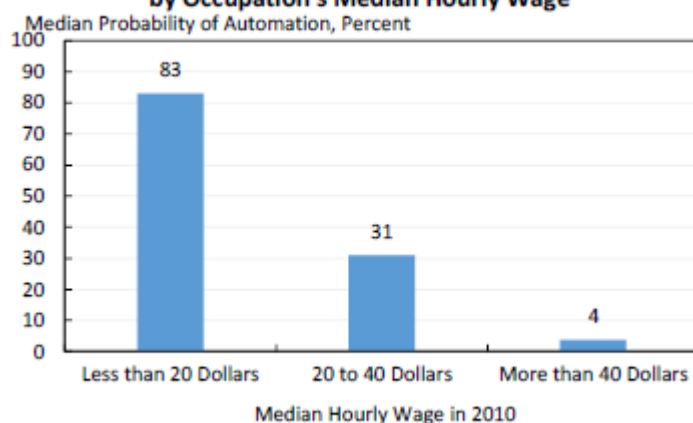
## 自动化所导致的“技术偏向型”趋势还会继续吗？

近期的研究表明，在未来十年，人工智能对劳动力市场的影响将延续近几十年来计算机化和通信创新所导致的趋势，即“技术偏向型”。至于具体的影响程度有多大，研究人员目前还无法达成一致。卡尔·弗雷(Carl Frey)和迈克尔·奥斯本(Michael Osbourne)对一组人工智能专家进行了调查，以预测哪些职业在未来十年或二十年内最可能受到人工智能技术的威胁。研究结果显示，该期间内美国 47%的职业有可能人工智能技术和计算机化所取代。而经济合作与发展组织(OECD)研究人员则认为，自动化(取代)的目标是任务，而不是职业(一系列任务的集合体)。由于一些相关的任务实现自动化，许多职业也将随之发生变化。因此，经合组织预计，只有 9%的职业有可能被完全取代。如果这些受影响的职业真的被取代，将影响美国数百万人的生计。在短期和中长期内，他们可能面临巨大的经济挑战。

除了了解对整体就业市场的影响程度，了解这种影响的具体分布同样至关重要。白宫经济顾问委员会(CEA)根据工资水平对职业进行了分类，对于每小时工资低于 20 美元的职业，83%将受到自动化的影响(基于弗雷和奥斯本的预期)。相比之下，对于每小时工资在 20 美元至 40 美元之间的职业，受影响比例为 31%。而每小时工资在 40 美元以上的职业，受影响比例仅为 4%(见图 3a)。此外，经合组织的研究表明，受教育程度较低的工人比受过高等教育的人更可能被自动化取代(见图 3b)。确切而言，经合组织预计，对于没有高中学历的美国工人，其中 44%所从事的职业可能被自动化取代。而对于拥有学士学位或更高学历的人，只有 1%的人所从事的职业可能被自动化取代。这意味着劳动力市场对低技能工人的需求将大幅度下降，而对高技能工人需求的影响很小。这些预期表明，短期内这种“技术偏向型”技术变革将持续下去。

不管怎样，与人工智能和机器人相比，人类在许多方面仍具有优势。人工智能通过检测模式进行预测，但无法复制社交或一般智能、创造力或人类的判断。当然，许多涉及到这些技能的职业都是高技能的职业，可能需要更高的教育水平。另外，由于当前机器人的灵活性限制，那些需要人类灵活性的职业在短期内仍将保持旺盛的市场需求。

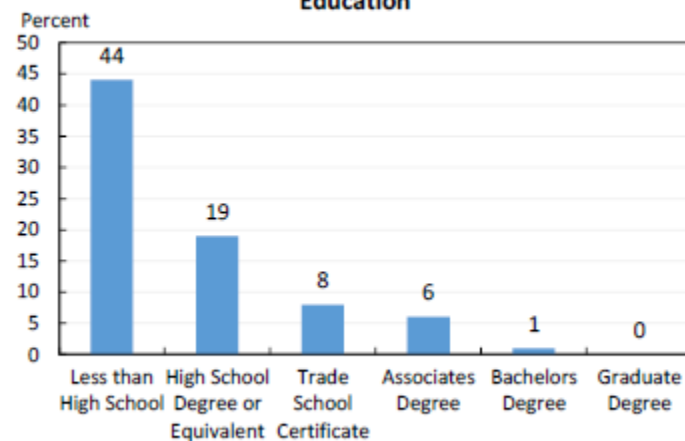
**Figure 3a: Share of Jobs with High Probability of Automation, by Occupation's Median Hourly Wage**



Source: Bureau of Labor Statistics; Frey and Osborne (2013); CEA calculations.

图 3a: 各种职业(按每小时薪水划分)被自动化取代的可能性

**Figure 3b: Share of Jobs with Highly Automatable Skills, by Education**



Source: Arntz, Gregory, and Zierahn (2016) calculations based on the PIAAC 2012.

图 3b: 各种职业(按受教育程度划分)被自动化取代的可能性

## 案例 1：自动驾驶汽车案例分析

要了解人工智能可能对生产率和劳动力需求所带来影响，一个有帮助的案例就是自动驾驶汽车的发展。与其他形式的技术颠覆一样，自动驾驶汽车技术可能给劳动力市场带来混乱。

白宫经济顾问委员会预计，美国将有 220 万至 310 万兼职和专职工人可能受到自动驾驶汽车技术的威胁，或者其职业在很大程度上被改变。需要指出的是，这并不是一个净计算值，它不包括该技术可能创造出的新类型职业，只是当前可能受到影响的职业。另外，这些变化可能需要几年、甚至几十年才能出现，因为技术可能性和被广泛采用之间还有一个很长的阶段。

受自动驾驶汽车技术影响的职位主要是驾驶、且不拥有其他职责的相关职业，而涉及到较少自动化任务的驾驶工作彻底被取代的可能性较低。例如校车司机，不但要驾驶，还要负责照顾学生。这种职业就不可能消失，虽然工作重心将转向照顾孩子。因此，自动驾驶汽车技术可能只取代一小部分校车司机的工作。与此同时，照顾儿童的职业又不受影响。相比之下，城市公交车司机拥有较少的非驾驶任务，因此可能有较大比例的就业机会被自动驾驶汽车取代。

许多工作涉及有限数量的驾驶，这些工作不包括在下面的分析中，因为从事这些职业的人的生产力可能会提高，而不是受到威胁，因为他们之前用于驾驶上的时间可以被转移到其他更

重要的任务上。

表 1：驾驶相关的职业及描述

Occupation	BLS Code	# Total Jobs (BLS, May 2015)	Mean Hourly Wage	O*NET Occupation Description
Bus Drivers, Transit and Intercity	53-3021	168,620	\$19.31	Drive bus or motor coach, including regular route operations, charters, and private carriage. May assist passengers with baggage. May collect fares or tickets.
Light Truck or Delivery Services Drivers	53-3033	826,510	\$16.38	Drive a light vehicle, such as a truck or van, with a capacity of less than 26,000 pounds Gross Vehicle Weight (GVW), primarily to deliver or pick up merchandise or to deliver packages. May load and unload vehicle.
Heavy and Tractor- Trailer Truck Drivers	53-3032	1,678,280	\$20.43	Drive a tractor-trailer combination or a truck with a capacity of at least 26,000 pounds Gross Vehicle Weight (GVW). May be required to unload truck. Requires commercial drivers' license.
Bus Drivers, School or Special Client	53-3022	505,560	\$14.70	Transport students or special clients, such as the elderly or persons with disabilities. Ensure adherence to safety rules. May assist passengers in boarding or exiting.
Taxi Drivers and Chauffeurs	53-3041	180,960	\$12.53	Drive automobiles, vans, or limousines to transport passengers. May occasionally carry cargo. Includes hearse drivers.
Self-employed Drivers	N/A	364,000 <sup>30</sup>	\$19.35 <sup>31</sup>	N/A

As the above occupations involve other, critical non-driving tasks to varying degrees, Table 2, below, presents a weighted estimate of jobs threatened or substantially altered by AV technology in each occupation. For example, a weight of 0.60 indicates that approximately 60 percent of jobs in an occupation are threatened. These weights are generated by CEA using

下面的“表 2”对“表 1”中的每个职业可能受到的自动驾驶汽车技术的影响进行了加权评

估。例如，0.60 的加权值意味着，这项职业中 60% 的从业者将受到威胁。

表 2：

Table 2			
Occupation	# Total Jobs (BLS, May 2015)	Range of Replacement Weights	Range of # Jobs Threatened
Bus Drivers, Transit and Intercity	168,620	0.60 – 1.0	101,170 – 168,620
Light Truck or Delivery Services Drivers	826,510	0.20 – 0.60	165,300 – 495,910
Heavy and Tractor- Trailer Truck Drivers	1,678,280	0.80 – 1.0	1,342,620 – 1,678,280
Bus Drivers, School or Special Client	505,560	0.30– 0.40	151,670 – 202,220
Taxi Drivers and Chauffeurs	180,960	0.60 – 1.0	108,580 – 180,960
Self-employed drivers	364,000	0.90 – 1.0	328,000 – 364,000
<b>TOTAL JOBS</b>	<b>3,723,930</b>		<b>2,196,940 – 3,089,990</b>

自动驾驶技术可以使一些工人将时间集中在其他工作职责方面，从而提高生产力，促进工资增长。例如，当前将大量时间用于驾驶的销售人员可能会发现，自动驾驶汽车能帮助他们完成这项工作，从而将这部分时间用于其他工作。还有巡视员和估价师，他们也可以在乘坐自动驾驶汽车时来完成文书工作。在这种情况下，工人的生产力得到了提高。自动驾驶汽车是一项补充技术，而不是替代技术。与此同时，新的工作岗位也可能被创造出来。另外，即使是与驾驶相关度较小的职业，没有受到自动化的威胁，也可能面临工资压力，因为市场上类似的、被取代工作的工人供应量增加。

如果工人的工作最终被取代，应该通过私营部门解决方案，出台公共政策以确保这些工人迅速转移到新的岗位上。白宫经济顾问委员会的研究发现，个别职业——尤其是卡车司机和快递服务司机——的部分工人享有较高的工资水平。如果他们的工作被自动驾驶汽车取代，那么从新就业后的工资水平可能无法恢复到之前的水平。通过求职援助、教育和培训等帮助他们获得新技能，以及工资保险来为他们提供有价值的支持，直至他们找到新的工作。

关于政策响应部分，我们将在后文详细讨论。

## 人工智能将创造出哪些新职位？

预测未来的就业增长是非常困难的，因为它取决于今天并不存在的技术，以及它们补充或替代当前人类技能和工作的多种方式。在这里，本报告只研究人工智能可能直接创造的工作。需要指出的是，人工智能也会间接创造出大量就业机会，提高生产率和工资；也可能导致更高的消费，从而支持其他一些工作。

白宫经济顾问委员会在这里列出了将来可能直接受到人工智能推动增长的四类工作，分别是参与、开发、监督和转变响应。

参与：在完成一项任务的过程中，人类可能需要积极参与到人工智能技术中，与现有人工智能技术合作。许多行业专家将人工智能技术称为“增强智能”，凸显了该技术的角色是协助



并提高个人的生产率，而非取代人类的工作。基于“技术偏向型”框架，劳动力需求增加很可能出现在需要人类补充人工智能自动化技术的领域。例如，IBM 沃森(Watson)可能提高癌症或其他疾病的早期检测结果，但这还需要人类医生的配合。医生需要了解患者的症状，通知患者治疗计划，并引导患者完成整个治疗计划。

开发：在人工智能的初始阶段，开发工作非常重要，而且需要跨界、多技能人才。最直观的例子是，需要高技能的软件开发者与工程师将这些功能应用到实际生活中。当人工智能发展到一定程度，对数据生成、收集和管理职位的需求就会增长，从而为训练人工智能提供数据。

人工智能的应用范围可以是高技能任务，如通过 X 光图像识别癌症；也可以是较低技能任务，如识别图像中的文字。最终，开发方面的工作还可能拓展到人文科学和社会科学领域，如哲学家和社会学家。

监督：包括与监管、授权和维修人工智能技术相关的所有工作。例如，在自动驾驶汽车研发阶段完成后，就需要人类来登记和测试这项技术，以确保上路后的安全性。作为一项将被广泛应用的新技术，自动驾驶汽车将需要定期的维修和维护，这可能提高机修工和技术人员的市场需求。在个别或高风险情况下，尤其是涉及到人工智能所无法解决的伦理、道德和社会智能等问题，还需要进行实时监督。

转变响应：人工智能相关的技术创新可能重塑社会环境。以自动驾驶汽车为例，可能需要对基础设施的设计和交通法规进行重大调整。自动驾驶汽车的出现可能提高城市规划者和设计师的市场要求。在其它领域，如网络安全，也需要用新方法检测欺诈交易和不实消息，这

也会创造出新的职业和更多就业机会。

## 案例 2：

除了认为人工智能和未来技术将广泛遵循过去技术革命的发展轨迹之外,也有人对其长期影响做出了更激进的预测。他们认为,人工智能不同于以往的技术变革,因为它能复制以前人类独有的能力:智力。长期以来,一直有人担心技术(机器、装配线或机器人)将取代所有的人类劳动力,而人工智能驱动自动化具有独特的功能,可以代替大量常规性认知任务,而之前人类在这方面保持明显的优势。最初的技术革新,如轮子和杠杆,允许人类通过取代或增强体力来做更多的工作。而计算机则允许计算或模式识别速度变得更快,并能强化人类思考或推理的能力。

但是,人工智能可以让机器无须人为干预而自动运行,并从根本上改变生产和工作的属性。于是,人们要问的问题可能将不再是“哪部分人口将受到技术的补充”,而是“新技术是否将对几乎所有人带来补充”,或者是“人工智能是否将完全取代人类工作”。随着人工智能和新技术的日益成熟,人类保持相对优势的技能可能会随着时间的推移而被削弱。当前,已经有一些显而易见的案例,因为人工智能在语言处理、翻译、基本写作,甚至是音乐谱曲方面展示出了非凡的能力。

人工智能驱动的技术变革可能导致资本所有者和劳动力之间的收入差距变得更大。例如,经济学家迈克菲认为,当前的劳动力市场趋势,如生产力提高的同时工资却出现下滑,表明经

济利益的分配将出现重大变化。不是每个人都将至少获得一些裨益，而是绝大部分裨益被极少一部分人所占有：即“超级巨星偏向型”技术变革。这种类型的技术变革有些类似于“技能偏向型”技术进步，只是变革所带来的裨益被更小一部分群体所占用，而不仅仅是高度熟练的工人。“赢家霸占大部分市场”和“赢家通吃”意味着只有幸运的少数人可能成为市场的胜利者。这将进一步加剧当前的趋势：社会总收入越来越趋向于上层社会 0.01%的人口（见图 4）。

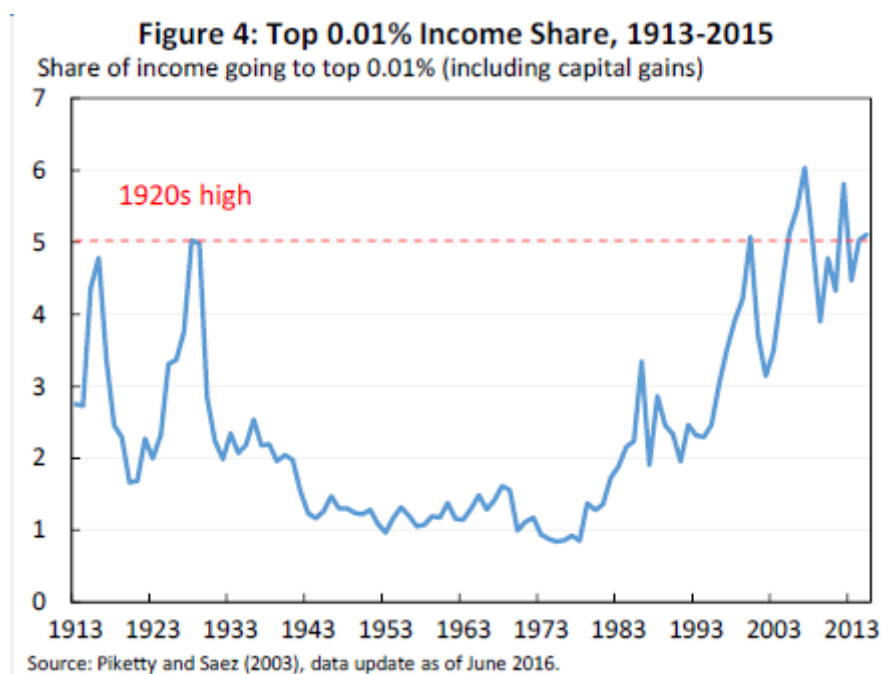


图 4：社会总收入越来越趋向于 0.01%的人口

从理论上讲，人工智能驱动的自动化可能涉及到的不仅仅是劳动力市场的暂时动荡，还可能在很大程度上降低对工人的需求。如果在生产过程中不再需要大量的人类劳动力，整个社会可能就需要找到一种替代性的资源分配方式，而不是劳动力补偿，在经济的组织方式上需要一个根本性的转变。

虽然这种情况还只是推测，但本报告之所以提及该内容，是为了促进讨论，揭示它在经济和社会发展中将扮演的角色和价值。最终，人工智能可能像以前的技术变革一样，创造出新的产品和工作，使得大部分人像今天一样拥有自己的工作。

## 技术并非定数——制度和政策是关键

人工智能驱动的技术变革将如何影响人们，一个关键的决定因素是：工人们分享其生产力提高所带来裨益的能力。第二次世界大战之后的几十年里，处于社会底层的 90% 的工人(另外 10% 处于社会上层)的收入比例基本未变。

但自 20 世纪 70 年代以来，这 90% 的美国底层家庭的收入比例开始下滑，从之前的占整体收入的 2/3 跌至 1/3。更重要的是，该期间内的大大部分时间里，生产力提高并未给美国的低收入工人(甚至是中等收入工人)带来工资增长。

收入比例降低部分是由于劳动补偿分配不均。但自 2000 年以来，也是因为资本和劳动力的利益分配有所不同。从 2000 年左右开始，企业利润占 GDP 的比重开始上升，而劳动力收入占 GDP 的比重开始下滑(见图 6)。劳动报酬所占 GDP 比重已达到历史最低点，虽然过去两年有所反弹。

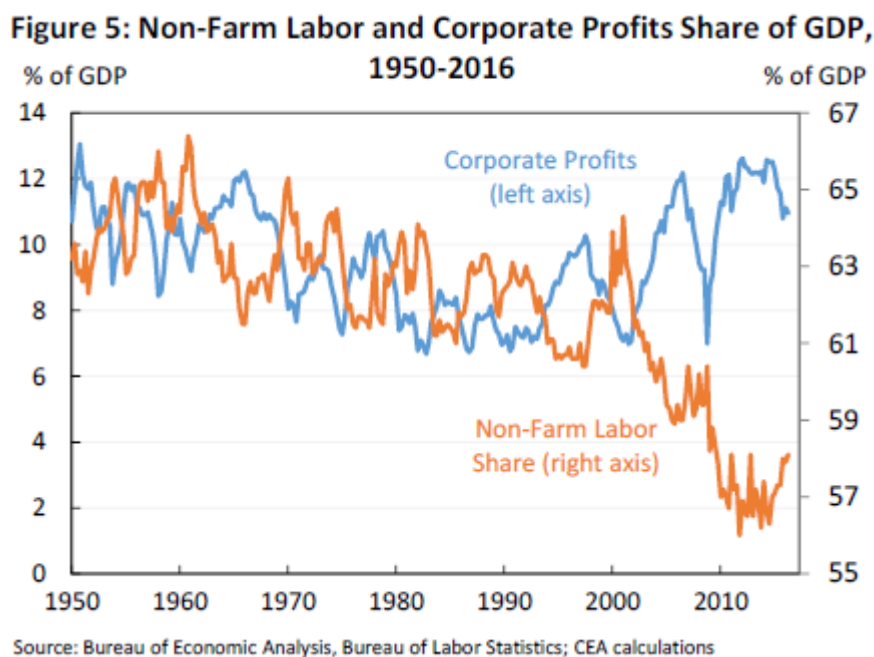


图 5：非农业劳动力收入和企业利润所占 GDP 份额

人工智能和人工智能驱动的自动化未来几年将如何影响利益分配，取决于非技术因素，包括经济和政策制度。首先，创新的方向不是对经济的随意冲击，而是企业、政府和个人决策的产物。经济因素可以推动技术变革的方向。其次，政策有助于扩大自动化的最佳效果，缓和最坏的影响。

研究表明，19 世纪的技术变革之所以是“非技能偏向型”，是因为开发一些新技术，用相对廉价和丰富的资源来取代昂贵和稀缺的资源，是有利可图的。相比之下，20 世纪 90 年代的技术变革属于“技能偏向型”，这是受教育程度较高工人供应数量增加的结果。因为创新能够提高他们的生产率，让他们从中受益。经合组织的研究结果表明，这一轮的人工智能驱动的技术变革也将属于“技能偏向型”，因为大部分自动化职位都属于低工资和低技能。

另一方面，随着时间的推移，高技能劳动力的工资越来越高(见图 6)。这将形成一种“抑制因素”，阻止社会投资那些可能提高低技能、低工资劳动力生产力的技术。总之，技术变革并不是凭空出现的。人工智能驱动的自动化的发展轨迹也可能受到非技术、竞争性刺激因素的影响。

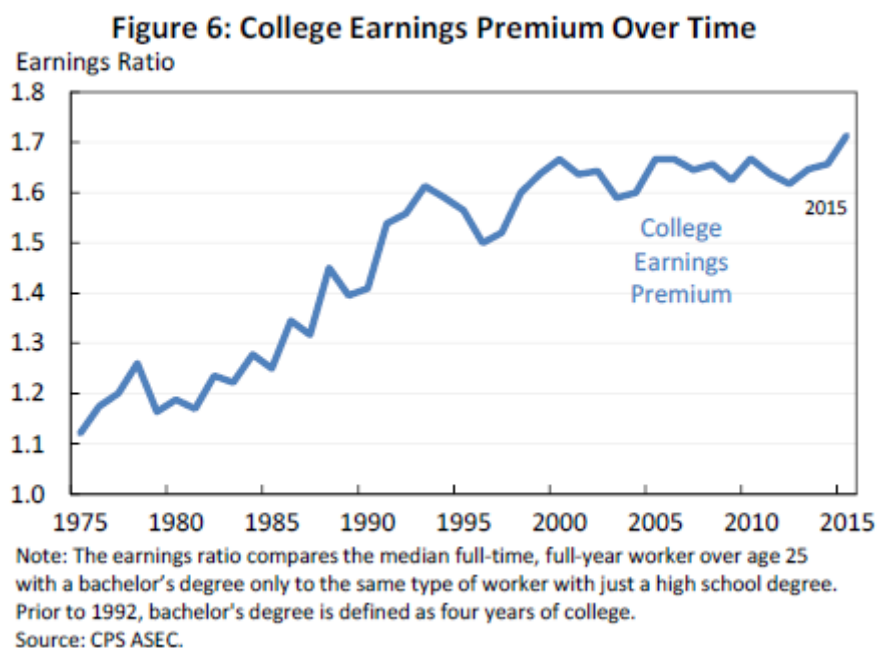
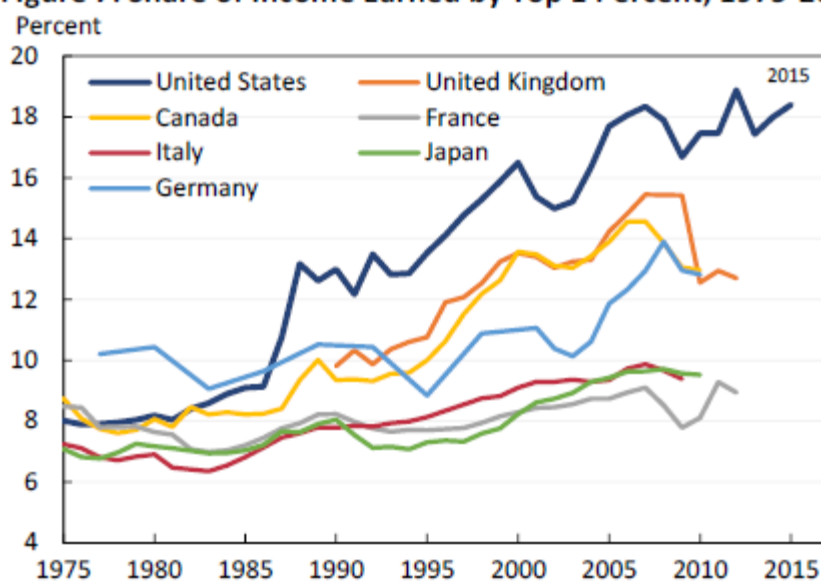


图 6：拥有大学学历的劳动力的工资日益增长

此外，政策在塑造技术变革的影响中也起着很大的作用。因此，即使弗雷和奥斯本所预测的近 50%的职业都将受到自动化技术的威胁是准确的，则对劳动力市场的影响还取决于一个国家的制度和政策。

在过去的 40 年间，其他主要发达国家也经历了类似美国的技术变革，但美国不但收入不平等性出现了恶化，整体不平等性水平也继续恶化(见图 7)。大多数其他发达经济体的壮年男性劳动力的参与度出现了下降，但美国的下滑幅度要高于比任何其他先进经济体(见图 8)。

Figure 7: Share of Income Earned by Top 1 Percent, 1975-2015



Source: World Wealth and Income Database.

图 7：各国社会上层前 1% 人口的收入比例

Figure 8: Prime-Age Male Labor Force Participation Rates Across the OECD

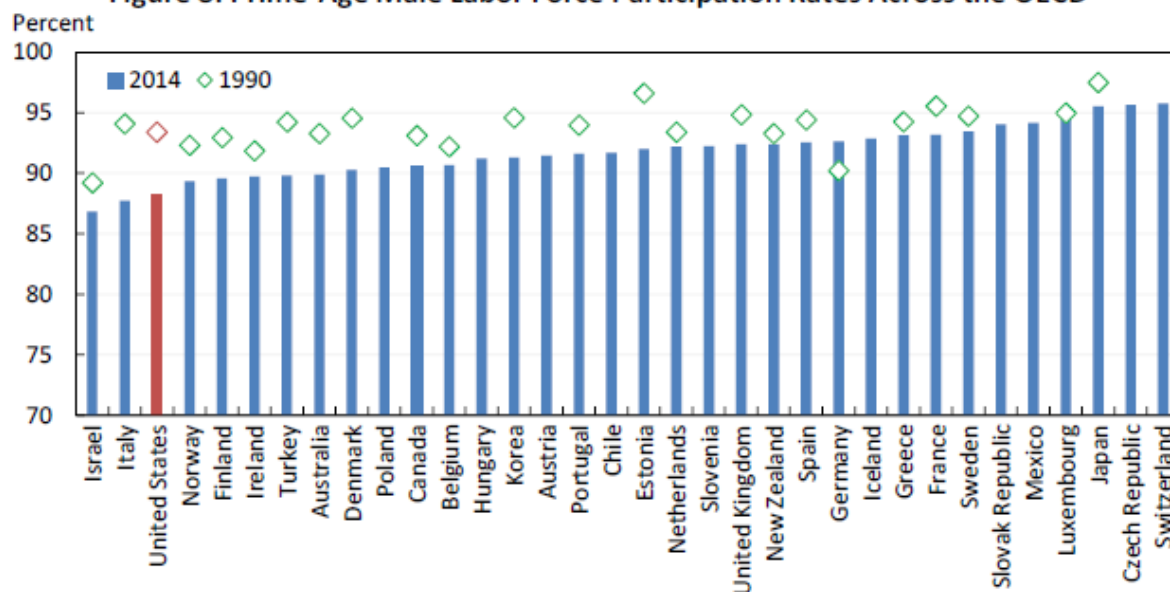


图 8：各国壮年男性劳动力的社会参与率

如果美国和其他国家在不平等性和劳动力参与率之间的不同，不能用技术变革速度的不同来

解释，那就是国家的政策和制度差异所致。例如，2014 年，美国以外的其他国家将 GDP 的 0.6% 投入到劳动力政策市场，帮助工人渡过难关。相比之下，美国的该比例仅为 0.1% (见图 9)。而且，与 (美国) 30 年前相比，美国当前的开支比例还不到 30 年前的一半 (见图 10)。

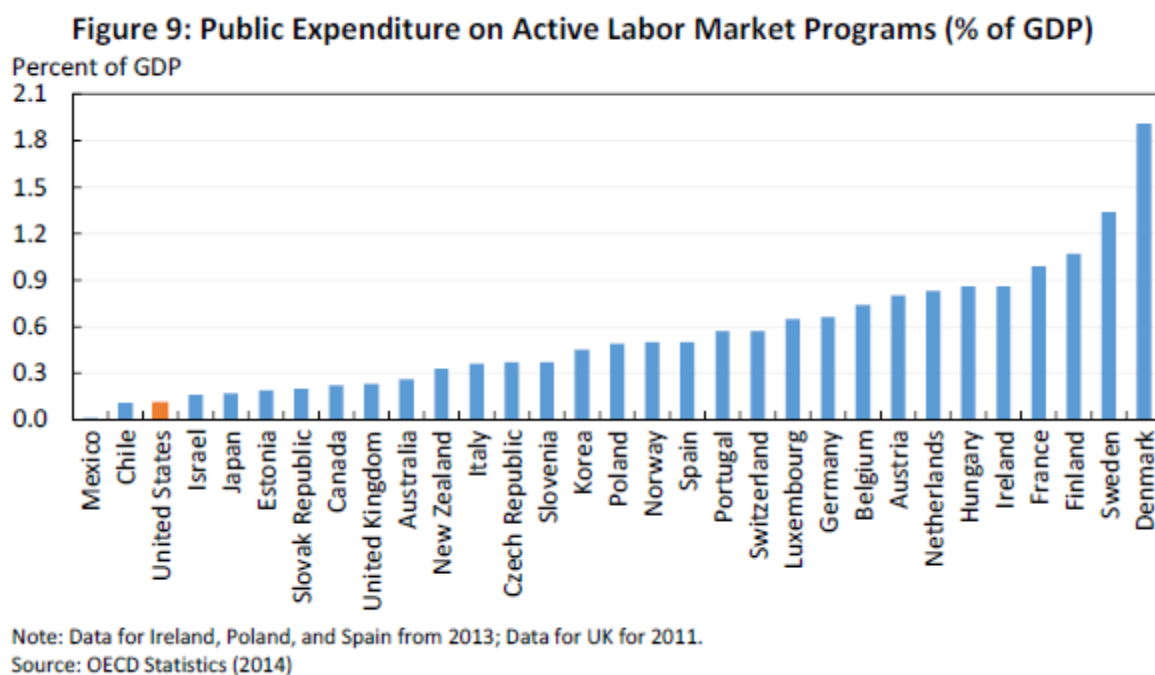


图 9：各国在劳动力市场的公共开支(所占 GDP 比例)



**Figure 10: U.S. Public Expenditure on Active Labor Market Programs Over Time as Percent of GDP**

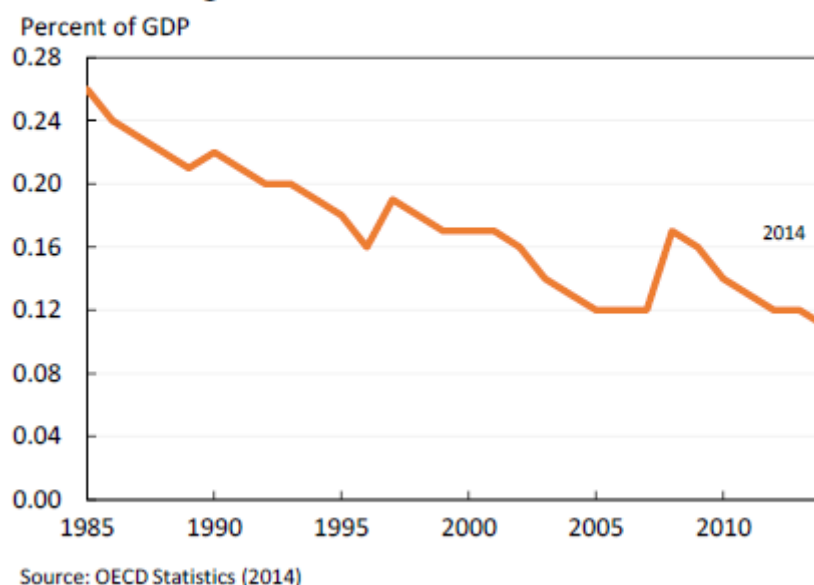


图 10：美国在劳动力市场的公共开支走势

比今天更先进的自动化和更高水平的生产力，有可能带来更高水平的就业率。但是，联邦政策也需要从中发挥重要作用，以帮助美国人顺利渡过技术变革所导致的劳动力市场需求转变。

## 政策响应

技术本身并非唯一的决定因素，经济激励和公共政策在塑造技术变革的方向上也发挥着重要作用。给予适当的关注，以及正确的政策和制度响应，以确保自动化带来更高的生产力、就业率，以及更广泛的成果共享。过去，美国经济适应了新的生产模式，并随着生产力的提高维持了较高的就业水平，但一些冲击导致许多工人退出劳动力市场。本报告提倡的策略是：

教育和准备新工人进入劳动力市场，缓解失业工人的压力，让他们继续留在劳动力市场，遏制不平等性。这些策略将在很大程度上影响人工智能给社会经济所带来的变革。

1. 为人工智能的诸多裨益进行投资和开发
2. 针对未来的就业形势教育和培训国民
3. 为转型中的工人提供帮助，确保所有人受益。

## **策略 1：为人工智能的诸多裨益进行投资和开发**

如果我们最大限度地投资和发展人工智能，就会对整体生产力的增长做出重要、积极的贡献。与此同时，人工智能技术的进步拥有令人难以置信的潜力来确保美国处于创新的前沿。通过投资研发，政府在推动人工智能技术发展的过程中将发挥重要作用。

1. 投资人工智能研发
2. 为网络防御和欺诈检测开发人工智能
3. 开发一个更大、更多样化的人工智能劳动力群体

#### 4.支持市场竞争

## 策略 2：针对未来的就业形势教育和培训国民

针对未来的就业形势教育和培训国民。由于人工智能将改变劳动力市场所需技能，政府需要对工人进行教育和培训，让工人们为这种转变做好准备，从而确保在就业市场继续保持成功。这些教育和培训需要大量的投资。首先是所有儿童提供高质量的早期教育，让所有家庭都能为接下来的持续教育做好准备。其次投资高中毕业生和准备就业的人群，让所有美国人都能接受到高等教育。另外，帮助美国工人顺利度过这种就业转换也至关重要。这部分投资包括就业培训，提供终身学习的机会，以及为工人提供更好的就业指导。

### 1.教育年轻人在未来的就业市场中获得成功

1)所有孩子都能走上正确的起点，获得高质量的早期教育。

要实现该目标，美国在学前教育招生方面必须要赶上其他国家。在 38 个经合组织国家中，美国在这方面仅排名第 28 位。

2)所有学生在高中毕业后就做好职业生涯准备

如果学生在高中毕业后拥有必要的技能，就能为人工智能所创造的工作做好就业准备。

3)所有美国人都有机会获得能够承受得起的高等教育，为获得一份理想的工作做好准备。

有研究表明，未来几年，在增长速度最快的职业中，近 3/4 至少需要拥有高等教育水平。

## 2. 扩大培训和再培训

1)扩大工作驱动的培训 and 终身学习的可接入性，以满足市场需求

2)指导资金用于有效的教育和培训计划中

3)拓展学徒制

工作驱动的学徒制有利于推动经济的发展，让所有背景的美国工作工人拥有必要的技能和知识来适应经济的变化。

## 策略 3：为转型中的工人提供帮助，确保所有人受益。

决策者应该保证工人及求职者能找到最合适的工作岗位，并通过提高工资的形式确保他们获得合理报酬。这其中包括确保社会安全保障网络与时俱进，如强化对失业保险、医疗补助、SNAP(补充营养援助计划)及 TANF(家庭临时援助)的支持。此外，还要确保一些新保障计划

及时到位，如工资保险，以及对危机家庭提供紧急援助。对于有需要的家庭和工人，政府同样需要加强权利的保障，建立新环境下的退休制度，并扩大医疗服务的受众数量。总之，增加工资，提高工人议价能力，实现税收政策与时俱进，并解决地域差异的影响，将是支持工人、解决人工智能所导致的劳动力市场转变问题的重要措施。

## 1.强化社会安全保障网络、与时俱进

1)强化失业保险

2)为工人提供指导以渡过就业转变

3)强化其他安全保障网络

## 案例 3：利用通用基本收入(UBI)取代当前的社会安全网

自动化和人工智能，以及其他因素所导致的工作被替代恐惧，导致一些人对政府援助结构提出了深刻的变化。其中一个比较常见的建议是：利用一个通用的基本收入(UBI)部分或全部取代当前的社会安全网：为美国的每一个男人、女人和孩子提供定期的、无条件的现金补助，而不是临时援助贫困家庭(TANF)、补充营养援助计(SNAP)或医疗补助。

但问题不在于自动化将使绝大多数人口失业。相反，它在于工人本身缺乏适应自动化所创造

出的新工作所需要技能或能力。虽然市场经济能在很大程度上将工人与新的就业机会相匹配，但正如我们在过去半个世纪所看到的，这种匹配的结果并不令人满意。

我们在出台一项新政策时，不应该以放弃劳动者剩余就业为前提。相反，我们的第一目标应该是培养技能，为工人提供培训和求职帮助，以及利用其他劳动力市场制度来确保人们顺利进入新工作岗位，这将更直接地解决人工智能所导致的就业问题，而不是通过 UBI 方案。

## **2.增加工资、竞争和工人议价的能力**

1)提高最低工资水平

2)提供现代化的加班制度，为更多工人提供就业机会。

3)强化工会、工人的话语权和议价能力

4)为中、低技能工人提供额外的工资保护

## **3. 制定策略以解决地理差异的影响**

1)减少工作的地理障碍

如果工人可以转移到拥有更多就业机会的地区，就会降低地理区域就业的不公平性。

## 2)追求基于地理位置的解决方案

人工智能将对不同的城市带来不同的影响，因此相关政策也要具有针对性。

## 4.现代化的税收政策

税收政策在对抗不公平性方面扮演着重要作用，有效的现代化税收系统能够确保人工智能所带来的经济裨益被更广泛地共享。

## 5.为不可预见性做好准备

如果人工智能所导致的职业替代超出了之前技术变革的模式，那么就需要更积极的政策响应。

# 结论

对于美国下届政府和继任者而言，响应人工智能驱动的自动化所带来的经济效应将是一个重大的政策挑战。人工智能已经开始改变美国的工作场所，改变现有的工作类型，重塑工人继续保持竞争力所需要的技能。所有美国人都应该有机会参与解决这些挑战，无论是学生、工

人、管理者、技术领袖，还是在政策讨论时有发言权的公民。

人工智能引发了许多新的政策问题，这应该是未来政府、国会、私营部门、学术界和公众继续讨论和考虑的问题。通过继续与政府、行业、技术和政策专家互动，公众将在国家的政策转变过程中发挥重要作用。（编译/谭燃）