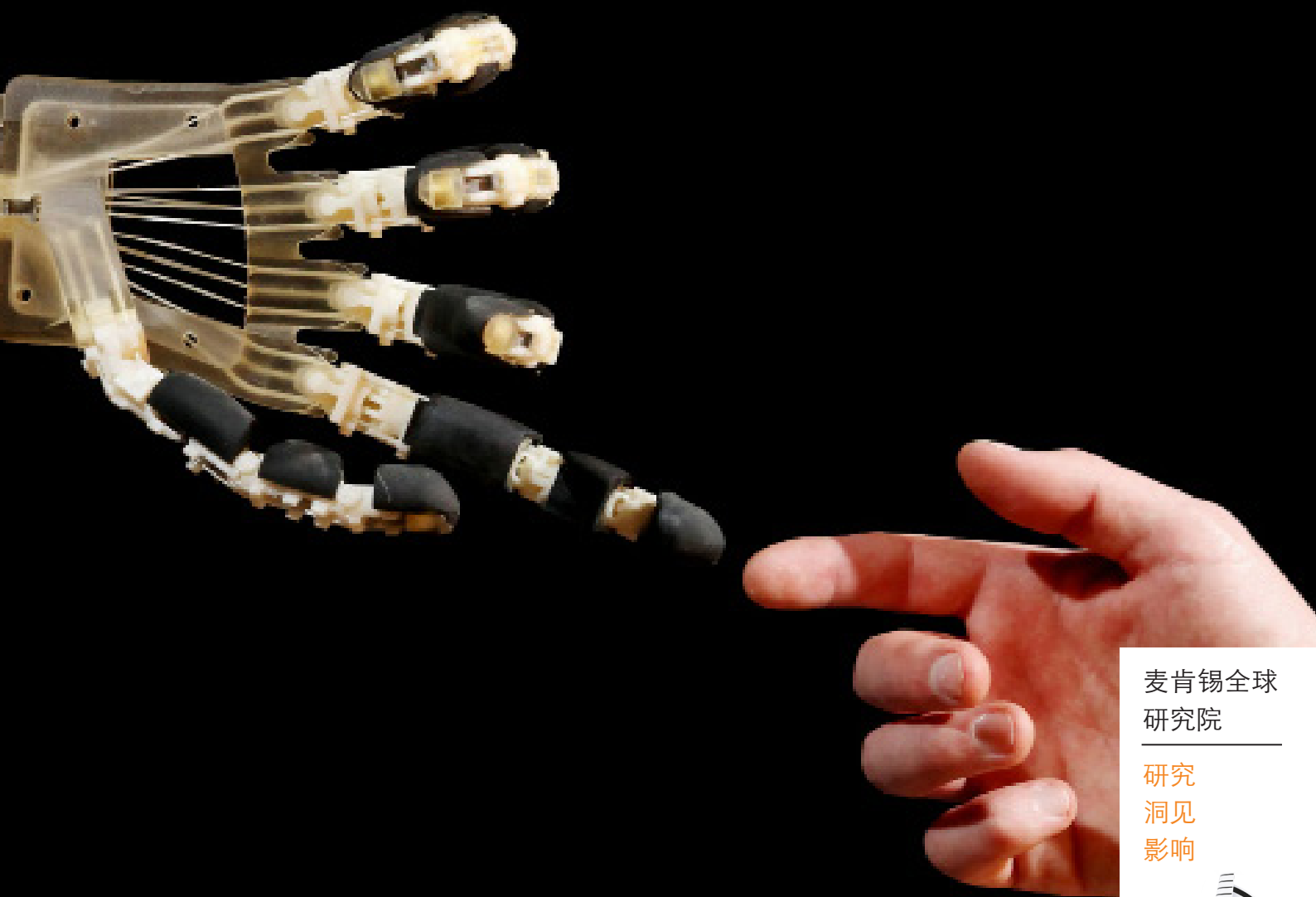


麦肯锡全球研究院

# 人机共存的新纪元： 自动化、就业和生产力

2017年1月



麦肯锡全球  
研究院

研究  
洞见  
影响



# 人机共存的新纪元： 自动化、就业和生产力

2017年1月



James Manyika | 旧金山

Michael Chui | 旧金山

Mehdi Miremadi | 芝加哥

Jacques Bughin | 布鲁塞尔

Katy George | 新泽西

Paul Willmott | 伦敦

Martin Dewhurst | 伦敦

# 人机共存的新纪元： 自动化、就业和生产力

机器人技术、人工智能 (AI) 与机器学习的发展开启了自动化的新纪元，机器在越来越多的工作上的表现已经与人类旗鼓相当，甚至超越了人类。就算是一些需要认知能力的工作，机器也能胜任。本摘要精选了麦肯锡对未来工作的研究，分析了全球经济的自动化潜力，以及自动化在工作场所应用速度的影响因素，也探讨了自动化对经济的可能冲击。

- 工作内容的自动化可以减少错误、提高质量与速度，在某些情况下自动化甚至能实现人类力所不逮的工作，帮助企业提升绩效。自动化也有助于提升生产力，这一点历史已有明证。在全球生产力增长普遍滞缓的当下，自动化能为许多适龄劳动人口萎缩的国家打下经济增长与社会繁荣的强心针。根据我们所建立的情景预测模型，自动化估计每年能提高全球生产力0.8到1.4个百分点。
- 根据我们对800多种职业所涵盖的2,000多项工作内容分析得出的结论，依工资计算，全球经济中有相当于15万亿美元的工作内容可以经利用现行技术而实现自动化。首先，我们发现只有不到5%的职业可以通过利用现有技术实现全面自动化。其次，大约60%的职业有三成以上的工作内容可以利用现有技术实现自动化，这表明因自动化而产生性质改变的职业要比因自动化而消失的职业多。
- 最易受到自动化影响的工作内容是在高度稳定与可预测环境下的体力劳动，以及数据的收集与处理。在美国，相关工作内容占到总体经济的51%，以工资计算相当于2.7万亿美元，此类工作内容最常见于制造、餐旅与零售贸易业，也包括部分中等技能职业。
- 自动化的速度与程度取决于技术、经济与社会因素。持续的技术进步（如在自然语言处理等领域）是关键因素。除了技术可行性之外，机器与人类在技能之间的比较、劳动力市场的供需、经济效益（包括劳动成本的节省）、以及社会与政府部门的接受度，都会影响自动化普及的速度与程度。我们的情境预测显示，在现今所有工作内容中，过半会在所有工作内容过半会在2055年左

右自动化，但这过程中存在着许多变动因素，再加上更广泛的经济情况，因此自动化有可能提早或延后20年。

- 人类仍需继续与机器并肩工作，才能实现各国所设定的人均GDP增长目标。我们的生产力预测是建立在因自动化失业的人口会顺利转业的假设之上。自动化所造成的劳动力结构转型，在程度上与美国当年农业人口流失以及后来制造业就业比例下滑的情况相当，历史上这两次劳动力结构的改变都伴随着新工作的大量出现。
- 对企业来说，自动化的效益相对明显且可以改善绩效、提升生产力与促进发展。但对政策制定者来说，自动化的议题就较复杂。政府一方面应该把握好自动化带来的生产力增长及其对经济发展的效益，同时推出政策与奖励办法鼓励持续的进步与创新。另一方面，政府也必须研究创新政策，与劳动者与相关各方一起应对自动化对就业的冲击。这些包括重新思考教育与培训、设计收入补助与社会安全网，以及支持失业者再就业。身在职场的每一个人都应该在日常工作中更开放地接受机器，同时主动学习新技能。面临升学与就业选择的人，则应该了解自动化对工作职业的影响，专注于那些在新自动化时代仍有市场需求的技术与能力。化对工作职业的影响，专注于那些在新自动化时代仍有市场需求的技术与能力。



# 综述

自动化虽然早已不是什么新鲜事物，但在技术不断发展的同时，人们对自动化前景和影响的疑问却从未停止过。早在半个多世纪前，美国总统约翰逊就成立了国家委员会，专门探究技术和自动化对就业和经济的影响，声称自动化并不会威胁就业，“如果我们以前瞻性眼光展望未来，自动化甚至能带来国家繁荣”<sup>1</sup>。近年来，随着机器人学、人工智能、机器学习等技术的飞速发展，这些问题再次成为人们关注的焦点。不论是矿工、景观园艺师，还是商业银行家、时尚设计师、焊工，甚至是首席执行官，自动化都有可能改变其日常工作内容。但是这些技术何时将在工作场合成为现实？对全球的就业和生产力又将产生怎样的影响？

在过去的两年，麦肯锡对自动化技术及其影响展开了深入研究。部分研究结果如下：

- 我们身处自动化新纪元，相较于人类，机器人和计算机不仅成本低、可胜任多种日常体力劳动，而且越来越擅长于要求认知能力的工作任务，包括决策判断、感知情绪、甚至驾驶等，而之前普遍的观点是这些工作内容难以实现自动化<sup>2</sup>。
- 不论是对单个工作流程、企业，还是经济体来说，工作内容的自动化都能带来生产力提升等诸多效益。尤其是那些劳动人口萎缩的国家，更加迫切地需要通过自动化加快生产力提升。在微观经济层面，各国企业都有机会从自动化技术中获得效益、建立竞争优势。这些优势不仅包括削减劳动力成本，还包括提升生产力、提高产品质量和缩短停工工期等绩效改善。在宏观经济层面，基于所设情景模型，我们估计自动化每年可提高全球生产力0.8-1.4%。
- 我们分析自动化影响的方法重在考察每项工作内容，而非每种职业。在现有技术条件下，只有极少数职业（不到5%）可实现完全自动化（即职业涉及的全部工作内容都能自动化）。然而几乎所有职业都可实现部分自动化（即大量的工作内容能自动化）。我们估计全球约半数的付薪工作内容可通过应用现有技术实现自动化。
- 工作内容、职业、薪酬和技能水平不同的岗位，其自动化的进程与程度也不尽相同，对工人的影响无法一概而论。随着各种职业逐渐实现自动化，工人需要与机器共事。可能较快实现自动化的工作内容包括：在可预测环境下的体力劳动（零售业和制造业尤其普遍）及数据处理或收集（普遍存在于各行业、各技能和薪酬水平的岗位）。自动化技术对各技能水平的工人影响不一：某些自动化技术可提升高技能工人的生产力，同时减少对低技能和常规工作岗位的需求（如文员或装

---

<sup>1</sup> 美国总统约翰逊于1964年8月19日签署法案，宣布成立技术、自动化和经济进步全国委员会。《技术和美国经济》》，技术、自动化和经济进步全国委员会报告，美国卫生、教育及福利部，1966年2月。2016年12月，白宫就同一问题发布了新报告Artificial intelligence, automation, and the economy.

<sup>2</sup> 本报告着重探讨自动化技术的影响，而不是技术本身。欲了解机器学习和深度学习技术，请查阅The age of analytics: Competing in a data-driven world, 麦肯锡全球研究院，2016年12月。



配线工人)<sup>3</sup>。另一些自动化技术则对中等技能工人的影响更为显著<sup>4</sup>。但随着技术的进步,高技能和低技能工作自动化的可能性将进一步增大,两极现象将有所减弱。

- 自动化将对全球范围内各行各业产生深远的影响。毋庸置疑,自动化是全球现象,但中国、日本、印度和美国受到的影响将尤其明显:这四大经济体可自动化的岗位(即通过改进现有技术实现自动化的工作内容)占全球总量的三分之二,相当于全球薪资总支出的一半以上。一国的自动化潜力由产业结构及行业内生产内容组成而定。举例而言,制造业、农业等行业涉及可预测环境下的体力劳动,所以技术上自动化潜力高,但某些发展中国家的工资水平较低,所以限制了自动化的实际运用。
- 自动化进程无法一蹴而就。自动化的应用速度和范围受到五大因素的影响。首先是技术可行性。由于技术需要经过研发和调整才能形成解决方案,进而实现针对某一工作内容的自动化。其次是制定和部署解决方案的成本,该因素将影响自动化的商业应用。第三是劳动力市场的供求关系,包括不采用自动化情况下劳动力的供需和成本。第四是自动化的经济效益,包括产量与品质的提高以及劳动力成本的降低。第五是监管和社会接受程度,即使自动化应用具有经济意义。综合考虑上述五大因素,我们预计自动化充分发挥作用还需几十年时间。从宏观角度来看(即全行业或经济体),自动化的进程可能较慢。然而从微观角度来看,尤其是对那些工作内容被自动化的工人,或是被竞争对手自动化变革所威胁的企业而言,这一进程发展迅速,影响显著。
- 目前人们对自动化的关注多聚焦于它可能造成劳动力供大于求以及由此出现的大规模失业。此种观点有失偏颇。应对发达国家和发展中国家的人口老龄化,需要人类和机器人并肩贡献劳动力。换言之,除非自动化得到广泛运用,否则更可能出现的是劳动力短缺而非过剩。不过工作本质将发生根本改变。所有职业(包括高薪、高技能职业)都可不同程度地实现自动化。部分工作内容的自动化可能改变工作流程,彼时人类只需完成机器无法胜任的工作(反之亦然)。可以说,与机器共事赋予了人类“超人”的能力,因为某些事机器比人类做得还出色。一旦工作性质改变,企业组织架构、行业竞争的格局与根基以及商业模式等也将因应而变。
- 对企业而言,自动化带来的绩效优势相对明显;而对政策制定者而言,自动化恐怕就复杂多了——他们需要结合各自经济体的情况,把握自动化良机,提高生产力,制定投资鼓励政策与市场激励措施,推动持续进步和创新,不仅如此,既定政策还应不断调整、创新,帮助工人和企业适应自动化对就业的影响。比如说,为下岗职工重新设计提供专门的教育与培训、收入津贴、社会保障和过渡期支持。在岗员工在日常工作中则需要更广泛地与机器合作,不断学习未来自动化时代所要求的新技能。

自动化技术推动的大规模劳动力转型将持续几十年,此类转变已有历史先例。整个20世纪,在技术的推动下,发达国家的农业人口大幅减少,但并未出现长期的、大规模的失业,盖因新职业的应运而生。我们虽不敢断言这次是否与之前有所不同,但分

---

<sup>3</sup> 欲了解技能偏好型及非技能偏好型技术变革,可查阅David H. Autor, Frank Levy和Richard J. Murnane, “The skill content of recent technological change: An empirical explanation,” 《经济学季刊杂志》, 2003年11月; Daron Acemoglu和David H. Autor, “Skills, tasks, and technologies: Implications for employment and earnings,” 《劳动经济学手册》, 4B卷, David Card和Orley Ashenfelter编, Elsevier, 2011年。

<sup>4</sup> David H. Autor, “Why are there still so many jobs? The history and future of workplace automation,” 《经济展望杂志》, 2015年第3期第29卷。

析显示人力仍然不可替代：我们预测的生产力进步只有在人类与机器共事的情况下才能实现。

## 评估全球工作场所的自动化潜力

“机器人”一词最早源于捷克作家Karel Capek于1920年出版的剧本，剧中机器人完成的工作是人类的2.5倍，所需成本却远低于人工成本<sup>5</sup>。近一个世纪之后，科幻情节变成了现实：在生产线上部署机器人变得越来越普遍；而算法在UPS和亚马逊等多家公司发挥着越来越重要的作用<sup>6</sup>。机器人、人工智能和机器学习技术近年来突飞猛进，开启了自动化的新纪元。机器现今不仅可完成我们原以为只有人类能做到的事情，而且表现更为出色。与现今的工业机器人相比，有些机器人更灵活，成本却更低。经过一线员工的“培训”，智能机器人不仅可以完成之前难以胜任的工作，还能提供汉堡制作、药房配药等各类服务。

人工智能也取得了重大突破。最近一项测试显示，计算机识别唇语的准确率为95%，远高于测试准确率为52%的唇语专家<sup>7</sup>。

结合现有技术水平，通过考察每项工作内容所需要的18种工作能力，我们评估了美国800多种职业所包含的2,000多项工作内容的自动化潜力，并将分析范围扩展至全球（详见附文E1：“我们如何评估全球经济的自动化技术潜力”）。

---

<sup>5</sup> 英语的“机器人”一词（robot）源于斯拉夫语的“robota”，原意为“工作”。Karel Capek, *Rossum's Universal Robots*, 1920。剧作详请访问[www.gutenberg.org](http://www.gutenberg.org)。

<sup>6</sup> Steven Rosenbush and Laura Stevens, “At UPS, the algorithm is the driver,” *Wall Street Journal*, February 16, 2015. 亚马逊员工在机器人的帮助下，每小时挑拣和打包的商品是原来的3倍。Eugene Kim, “Amazon is now using a whole lot more of the robots from the company it bought for \$775 million,” *Business Insider*, 2015年10月22日；Kim Bhasin and Patrick Clark, “How Amazon triggered a robot arms race,” *Bloomberg*, 2016年6月29日。

<sup>7</sup> Hal Hodson, “Google's DeepMind AI can lip-read TV shows better than a pro,” *New Scientist*, *New Scientist*, 2016年11月21日。

附件E1：我们如何评估全球经济的自动化技术潜力

为评估全球经济的自动化技术潜力，我们将全球范围内的职业细化到其包含的工作内容，每项工作内容的完成需要18种工作能力中的一种或（通常）数种。这18种工作能力（见图E1）又归为5类：感知能力、社交和情感能力、认知能力、自然语言处理能力和物理性身体机能能力。

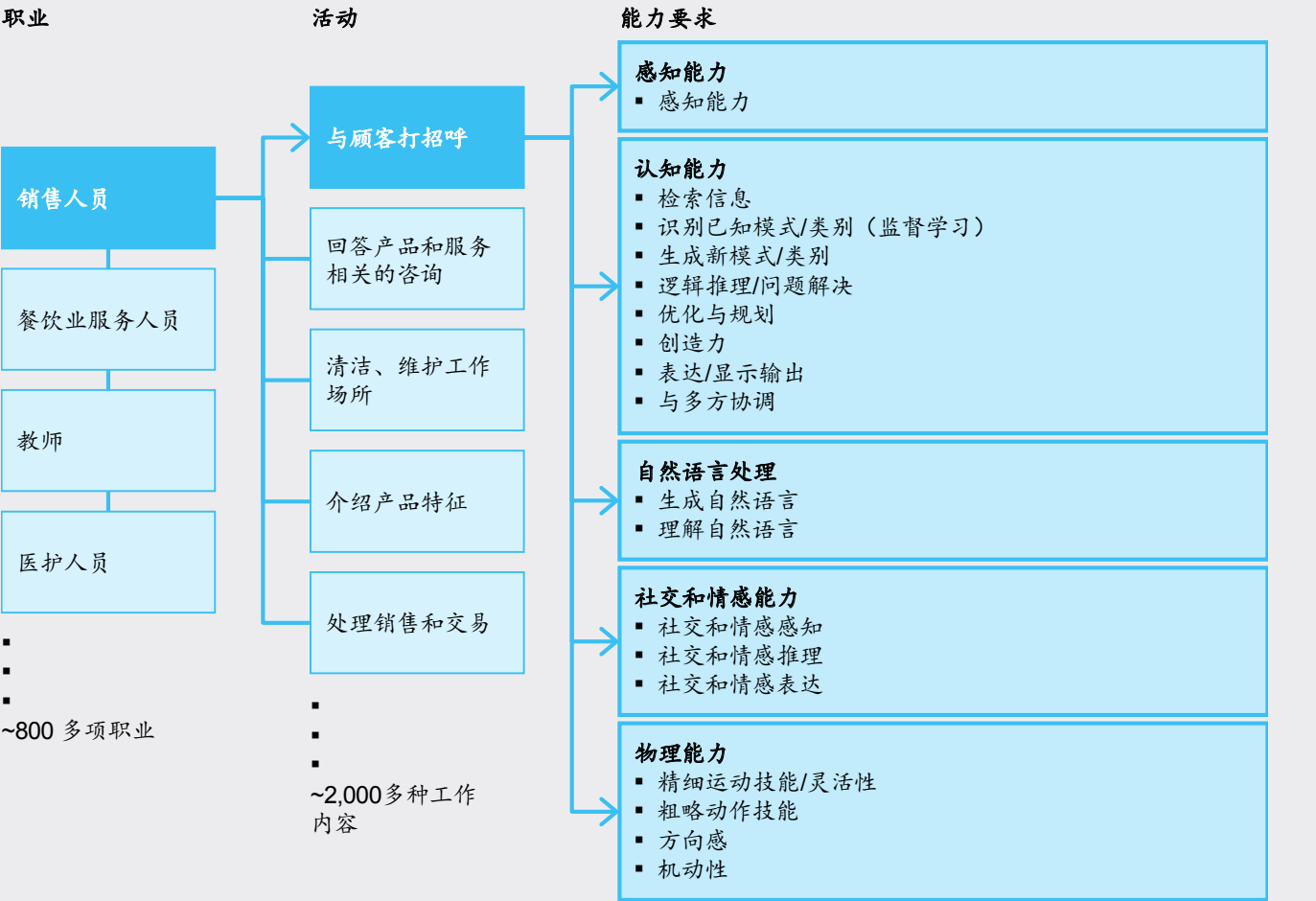
基于目前人工作业情况，我们测算了顺利完成每项工作内容所要求的能力级别，即是否需要某种能力，以及如果需要，技能应处于低、中还是高级人工水平（如前25%人类技能水平）。我们又用同样的标准衡量了现有技术能力。

我们根据美国劳工统计局数据和美国劳工部开发的职业信息网络数据库O\*Net数据，结合每项工作内容的耗时，评估了美国800多种职业2,000多项工作内容的自动化潜力，并与时薪进行比较。在行业专家的帮助下，我们还设计了不同情景，以考察自动化技术提升各方面工作能力的速度。

以美国经济分析为模板，我们进一步估算了全球另外45个经济体（约占全球经济总量约80%）的自动化潜力及搭建了各经济体普及速度的情景模型。关于本次报告研究方法，详见文末技术附录。

图 E1

为了解自动化技术的影响，我们对约2,000种工作内容进行了分析



资料来源：麦肯锡全球研究所分析



## 通过改进现有技术实现全自动化的职业只占极小比例，但几乎所有职业涉及的工作内容都可自动化

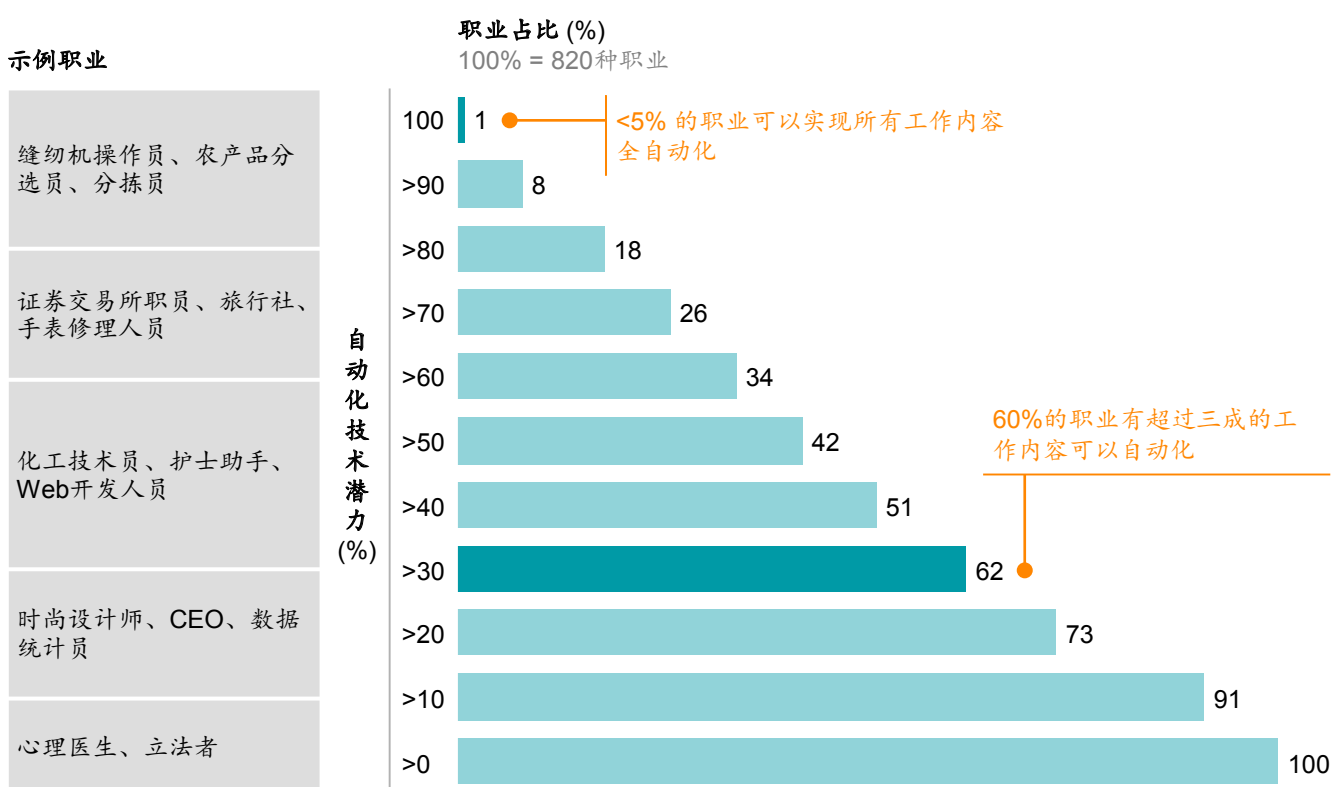
与某些同类研究不同的是，本研究选择以职业涉及的各项具体工作内容，而不是以职业为主要考察点。我们认为这更有效，也更符合实际，毕竟每项职业包含了不同的工作内容，而这些工作内容的自动化潜力也各不相同<sup>8</sup>。举例而言，销售员这份职业包括与客户打交道、补充货品、电话销售等工作内容，而这些工作内容各有特点，需要不同的能力才能顺利完成。

整体而言，我们估计全球50%的工作内容可以通过改进现有技术实现自动化。虽然实现全自动化的职业不足5%，但高达60%的职业有3成以上的工作内容可实现自动化（见图E2）。某些类别的工作（如处理或收集数据，以及在可预测性环境下进行的体力劳动或操作机器）自动化潜力高，但其他类别明显较低，如与利益相关方沟通、运用专业知识进行决策、规划、创造性工作以及人员管理和培训等工作。（见图E3）

图 E2

虽然能实现全自动化的职业极少，但60%的职业有超过三成的工作内容可以自动化

基于现有技术，各职业在美国的自动化潜力（累计数据）<sup>1</sup>



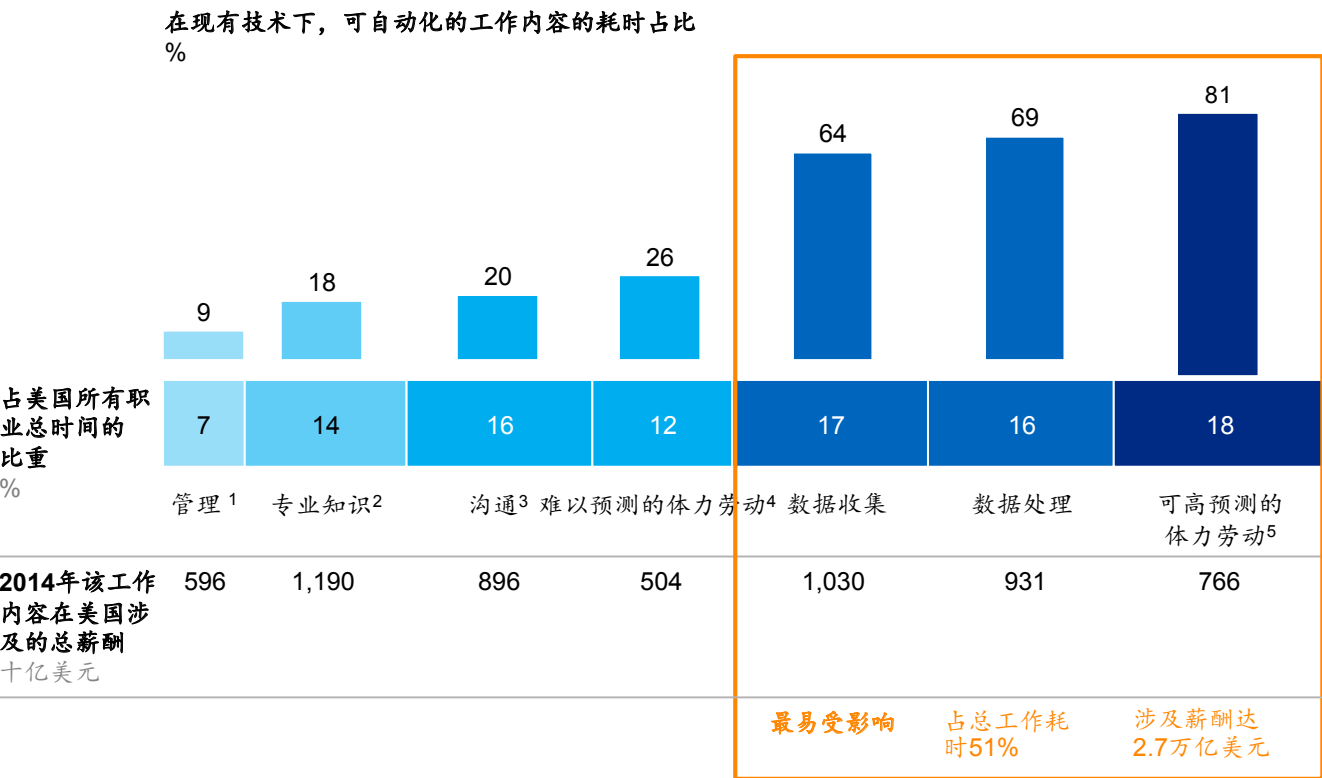
<sup>1</sup> 这里自动化潜力是根据通过改进现有技术，可以自动化的工作内容计算得出

资料来源：美国国家劳工统计局；麦肯锡全球研究所分析

<sup>8</sup> 近年来，很多评估自动化对职场影响的研究陆续出版，但这些研究多考察对职业层面的影响，包括Carl Benedikt Frey和Michael A. Osborne, The future of employment: How susceptible are jobs to computerisation, Oxford Martin School, 2013年9月17日；《第四次工业革命下未来的工作：就业、技能和劳动力战略》，世界经济论坛，2016年1月。

图 E3

三种类型的工作内容比其他类型更可能实现自动化



1 人员管理和培养  
2 运用专业知识作出决策、规划、完成创造性内容  
3 与利益攸关方接洽  
4 在不可预测的环境下做体力劳动或操作机械  
5 在可预测的环境下做体力劳动或操作机械  
注：由于四舍五入，数据相加后不一定与总额相符

资料来源：美国劳工统计局；麦肯锡全球研究所分析

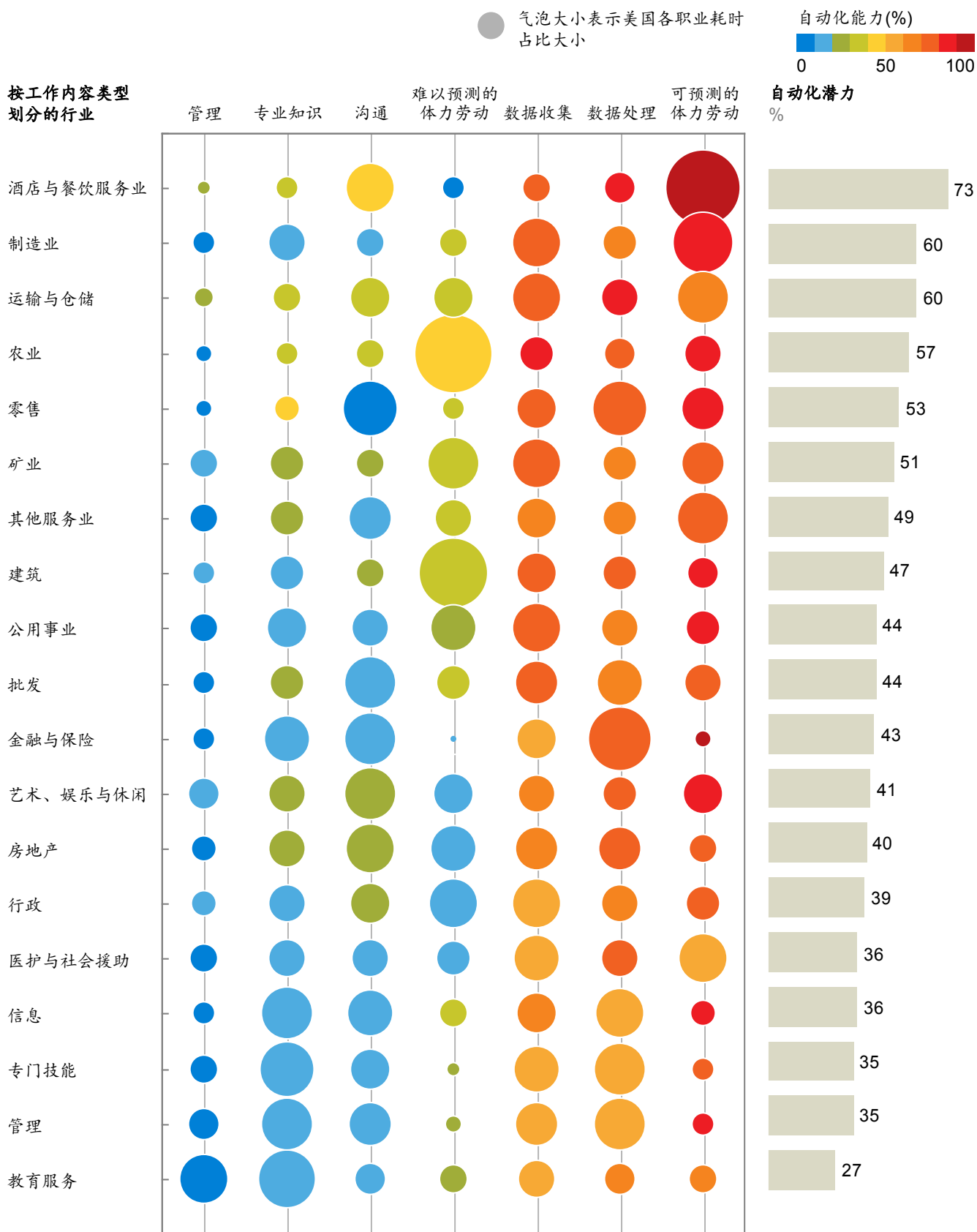
不同行业、不同国家的自动化潜力差异甚大

我们的分析显示，不同行业以及行业内不同职位的自动化潜力存在较大差异。例如，在美国，1/5的工时用于可预测环境下的体力劳动，尤其在制造业及零售业更为如此。故而这些行业的自动化潜力相对较高。图E4显示了美国多个行业不同类型岗位的自动化潜力<sup>9</sup>。

<sup>9</sup> 数个行业的自动化潜力图请参照：<http://public.tableau.com/profile/mckinsey.analytics#!/vizhome/AutomationBySector/WhereMachinesCanReplaceHumans>.

图 E4

各行业的自动化潜力取决于所涉及的工作内容的类型，因此不尽相同



资料来源：美国国家劳工统计局；麦肯锡全球研究所分析

同一行业不同岗位的自动化潜力也大相径庭。以制造业为例，在可预测环境下的体力劳动岗位，如焊接工、切割师等，其自动化潜力可达90%。然而，对于客服代表，由于主要与利益相关者打交道，这些岗位自动化潜力低于30%。

虽然工资和技术水平与技术自动化潜力呈负相关（整体而言，高工资和技术要求高的岗位，自动化潜力相对低），但并不能一概而论。基本上，所有职业，不管技能要求高低，都有自动化潜力，首席执行官也不例外。我们预计首席执行官有近25%的工作可自动化，主要是决策前的数据与报告分析、审核报告和拟定分工方案。

在全球范围内，工作场所的自动化触及到了12亿名雇员，以工资计算相当于14.6万亿美元（见图E5）。四大经济体——中国、印度、日本和美国——受影响的工资支出及雇员占到球的一半。中印两国由于劳动力相对规模较大，预计会有超过7亿名全职雇员受到影响，技术自动化潜力最大。欧洲的潜力也十分可观，据本报告分析，欧洲五大经济体——法国、德国、意大利、西班牙和英国——将有6,200万名全职雇员及超过1.9万亿美元的工资支出受到自动化影响。

我们分析了全球经济的技术自动化潜力，发现各国自动化潜力相差约15个百分点。这样的差异取决于两个因素：首先是各个经济体的产业结构。制造、酒店饮食等行业的自动化潜力较大，而教育等行业的自动化潜力较小，这些行业在各经济体中所占比重不同，导致自动化潜力的差异；其次是这些产业在各国的职业结构。在各产业内，生产制造等岗位自动化潜力较大，而管理和行政等岗位自动化潜力较小，这两类岗位所在行业的就业人数也会影响整体自动化潜力。我们研究了46个国家，详情可查阅相关网页<sup>10</sup>。

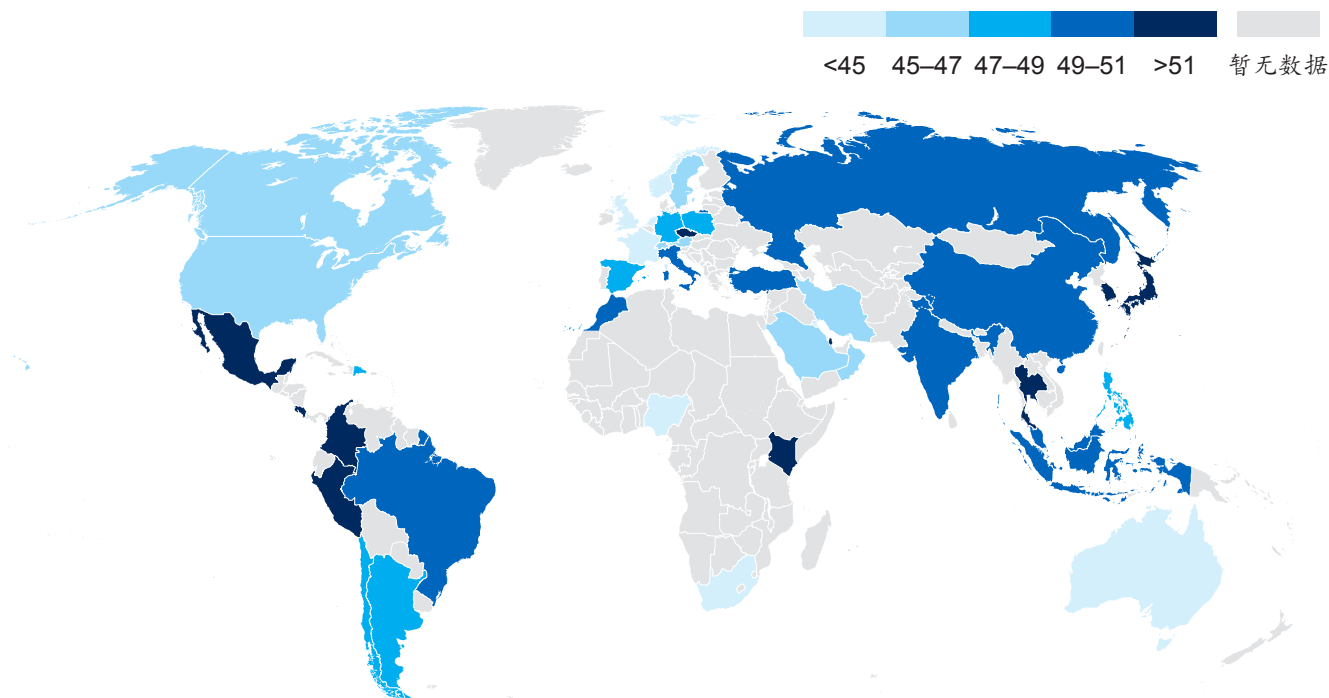
---

<sup>10</sup> 欲了解数据可视化信息，请访问麦肯锡全球研究所在tableau.com的页面：<http://public.tableau.com/profile/mckinsey.analytics#!/>

图 E5

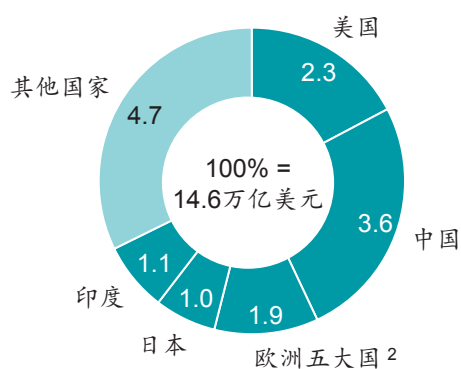
## 全球经济的自动化技术可能性很大，但各国存在差异

通过改进现有技术可实现自动化的生产活动占比（已根据从业人数加权）<sup>1</sup>

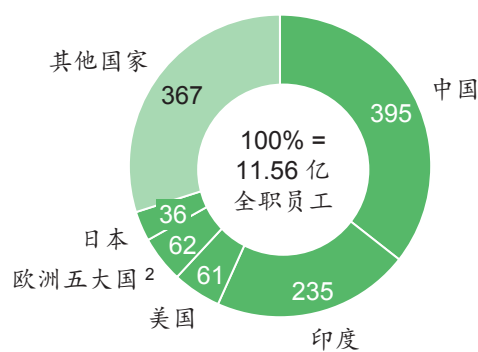


技术上可自动化的工作内容集中在人口众多和/或工资水平较高的国家  
在改进现有技术的条件下，自动化可能带来的影响（46个国家）

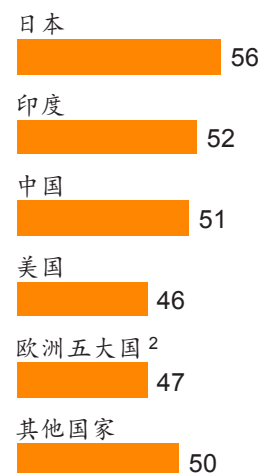
技术上可自动化的工作内容涉及的薪酬  
十亿美元



技术上可自动化的工作内容涉及的劳动力  
百万全职员工 (FTE)



自动化潜力  
%



<sup>1</sup> 在未计入数据的国家中，巴基斯坦、孟加拉国、越南和伊朗是人口最多的国家。

<sup>2</sup> 法国、德国、意大利、西班牙和英国

注：由于四舍五入，数据相加后不一定与总额相符

资料来源：牛津经济预测；Emsi 数据库；美国国家劳工统计局；麦肯锡全球研究所分析



## 影响自动化普及速度与程度的因素

由于受到以下五大类因素的制约，从技术自动化潜力到全面应用可能将耗时数十年。

- **第一，技术可行性。**技术需要研发和调整才能形成解决方案，从而实现具体工作内容的自动化。机器的能力只有在达到相应要求时，自动化才可能在工作场所成为现实。以本框架所列的18项工作能力来说，某些能力机器已经与人类相当或超过人类，如信息获取、粗略运动控制、优化与规划等能力，但许多能力仍待提升。值得一提的是，机器对自然语言的理解能力的提高或将引爆自动化潜力的释放。除此之外，许多工作内容还要求机器提高情感与社交理解能力。通常工作内容都会同时涉及感知、运动等多种能力，所以还须针对性地制定融合多种能力的解决方案。
- **第二，制定和部署解决方案的成本。**自动化的成本影响到其商业可行性。研发自动化技术需要投入资金。从标准化计算机到设计精密的专用硬件设备（如装有手臂的机器人或其他需要灵活移动的部件），硬件解决方案涵盖范围甚广。凡是需要感知能力的活动，摄像头和传感器都不可或缺；机器要实现运动能力，就需要轮子或其他能让其移动的部件。这些额外的性能要求增加了通用硬件平台的相关成本。即使是软件类的“虚拟”解决方案，也需要在落实工程投资后才能打造出方案。另一方面，添置硬件需要大量投资，所以与劳动力成本相比，自动化的初始成本更高。相较之下，软件（即解决方案）的边际成本相对较小，与劳动力成本相比，也不甚昂贵，所以更有可能被提早采用。长期来看，硬件及软件的成本都将降低，因此许多解决方案相较人力仍然具有竞争力。
- **第三，劳动力市场供求关系。**在未实现自动化的情况下，劳动力的质量（如技能水平）、数量、供给、需求和成本也会影响到具体哪些工作内容可以实现自动化。举例而言，在现有技术条件下，餐厅烹饪的自动化技术可行性高达75%，但至于是否实际运用自动化技术，还需考虑美国厨师的薪酬成本（平均每小时11美元）以及在该薪酬水平下劳动力供给情况。劳动力市场的供求因地域而异：一方面各地人口结构的变化和差别影响劳动力供给；另一方面，各地的薪酬水平也不尽相同。相较于薪酬水平较低的发展中国家，北美、西欧等制造业岗位薪酬较高的发达国家，其制造业更有可能实现自动化。此外，自动化也会改变劳动力市场的技能水平和供给。举例而言，如果数据收集和处理、高预测性环境下的体力劳动都实现了自动化，取代了文员、工人等中等收入劳动力，这些劳动者可能转向收入较低的岗位，增加了这些岗位的劳动力供给，加大了工资的下行压力。相反，这些劳动者也可能通过再培训，转向高技能工作。由于再培训需要一段时间，他们可能延迟进入劳动力市场，造成短期内劳动力供给减少。
- **第四，经济效益。**除了节省劳动力成本，自动化还能改善绩效，如增加利润、提升生产力和产出、提高安全性、改进产品质量。这些绩效的改善有时比劳动力成本的削减重要得多（见附文E2，“除替代人力外，自动化技术还能为企业带来可观的绩效效益”）。例如，油气生产设备控制室的自动化可以大幅增加产量、减少维修成本，这些比起削减的控制室劳动力成本更为重要。汽车和货车的自动驾驶，不仅可以减少劳动力成本，还可以提高安全性（绝大多数交通事故都是由于司机的失误）和燃料利用效率。
- **第五，监管和用户的接受程度。**即使自动化具备了商业可行性，监管机构的批准、社会的接受程度等外部因素也可能影响其应用。多重原因导致相关技术不可能立刻得到实际运用：企业需要一定时间来完成对自动化技术的投资；改革组织流程与行事方式以适应这些新技术需要时间；升级供应链与生态系统的配置费时耗

力,有时甚至需要修改管理规章;政策亦有可能减慢应用速度,并且不同行业应用新技术的速度也有所不同。另外,哪怕工人本身并不抵触新技术,改变工作内容亦须花费不少心思。特别是自动化领域,让机器在某些场所(如医院)取代人工,或者代替人类做某些关乎生死(如驾驶)的决定会带来更多的顾虑。

## 附件E2 除替代人力外,自动化技术还能为企业带来可观的绩效效益

自动化技术的部署可为企业带来一系列绩效效益。这些效益取决于具体的技术应用情景,但普遍来说效益都十分可观,在某些情况下甚至超过机器取代人力的降本效应。效益可包括(但不限于)提升生产力、改进产品质量、提高安全性、减少波动变化、减少浪费和提高顾客满意度。

我们研究了多个假设情景,深入了解了不同情景下自动化的潜力,并量化了自动化转型带来的经济影响。研究的情景包括医院急诊部、飞机维护、油气采掘、杂货店和贷款经纪。虽然这只是前瞻性预测,但结果着实令人震惊:按运营成本占比计算,医院急诊部和杂货店自动化的降本效益可达10%-15%,飞机维护达25%,而贷款经纪甚至超过90%。我们研究了多个假设情景,深入了解了不同情景下自动化的潜力,并量化了自动化转型带来的经济影响。研究的情景包括医院急诊部、飞机维护、油气采掘、杂货店和贷款经纪。虽然这只是前瞻性预测,但结果着实令人震惊:按运营成本占比计算,医院急诊部和杂货店自动化的降本效益可达10%-15%,飞机维护达25%,而贷款经纪甚至超过90%。

同时,现有的自动化项目已经产生了实际价值。例如,力拓集团在澳大利亚皮尔巴拉铁矿项目中使用了无人卡车和钻孔机,利用率因此提高了10-20%<sup>1</sup>。谷歌数据中心运用其DeepMind机器学习人工智能技术,节约了40%的能耗<sup>2</sup>。金融业的“直通式处理”自动化技术可实现交易工作流的端对端数字化运作,使交易处理能力提升80%,同时减少一半失误<sup>3</sup>。推动自动化还可提高安全性。例如,美国每年死于交通事故有约3.5万人,其中94%与人为操作错误或选择错误有关<sup>4</sup>。

相较于自动化可创造的价值,它的成本要低得多。自动化所需的投资规模和类型因行业、部门而异。举例而言,资本密集型行业的自动化需要大量的硬件解决方案,且面临严格的安全监管,投资收益具有滞后性,需要较长时间才能收回投资成本;而那些资本密集程度较低的行业,自动化以软件为主,投资收益则可较快显现。然而,我们的分析显示,不论行业的资本密集程度如何,自动化的商业前景预测都相当乐观。

<sup>1</sup> Productivity improvements in a changing world, Michael Gollschewski, 力拓集团皮尔巴拉铁矿经理, 2015年7月13日。

<sup>2</sup> Rich Evans 和 Jim Gao, DeepMind AI reduces energy used for cooling Google data centers by 40%, 谷歌, 博客文章, 2016年7月20日。

<sup>3</sup> João Bueno, Yran Bartolomeu Dias, Alexandre Sawaya和Jorge Valadas. “End-to-end digitization for securities services,” McKinsey on Payments, 2014年9月。

<sup>4</sup> Barack Obama: Self-driving, yes, but also safe,” Pittsburgh Post-Gazette, 2016年9月19日。

### 自动化应用需要数十年，且存在多种变量

为了分析全球范围内自动化对工作的实际影响速度，我们建立了一个模型，将以上五大因素简化为技术能力的建设、解决方案的开发、经济可行性的满足和最终应用这四个时间段。图E6的S曲线显示了在此情景下自动化应用所需时间，深蓝色曲线代表“最早应用”的情景，浅蓝色曲线代表“最晚应用”的情景，本预测涵盖了全球约80%的工作场所的生产内容。据我们预估，采用现有技术，目前全球大概50%的工作内容可实现自动化。假定所有自动化要素能按时到位，预计自动化应用时间点将在2055年前后实现。但这过程中存在着许多变动因素，再加上更广泛的经济情况，因此自动化有可能提早或延后20年。

最先受到影响的往往是那些利用现有技术就可实现自动化最大潜力的行业。从地域角度而言，发达经济体有可能先于新兴经济体采用自动化，因为发达国家的工资水平更高，自动化应用的商业发展前景更具吸引力。

在几十年的时间尺度下，工作活动的变迁在历史上有过类似先例。以美国为例，其农业就业率从1900年的40%降至2000年的2%，其制造业就业率从1950年的近25%降至2010年的不足10%（见图E7）<sup>11</sup>。在这个过程中，新创造的就业岗位弥补了消失的工作，然而当时谁也无法预料会产生哪些新职业和新的工作内容。

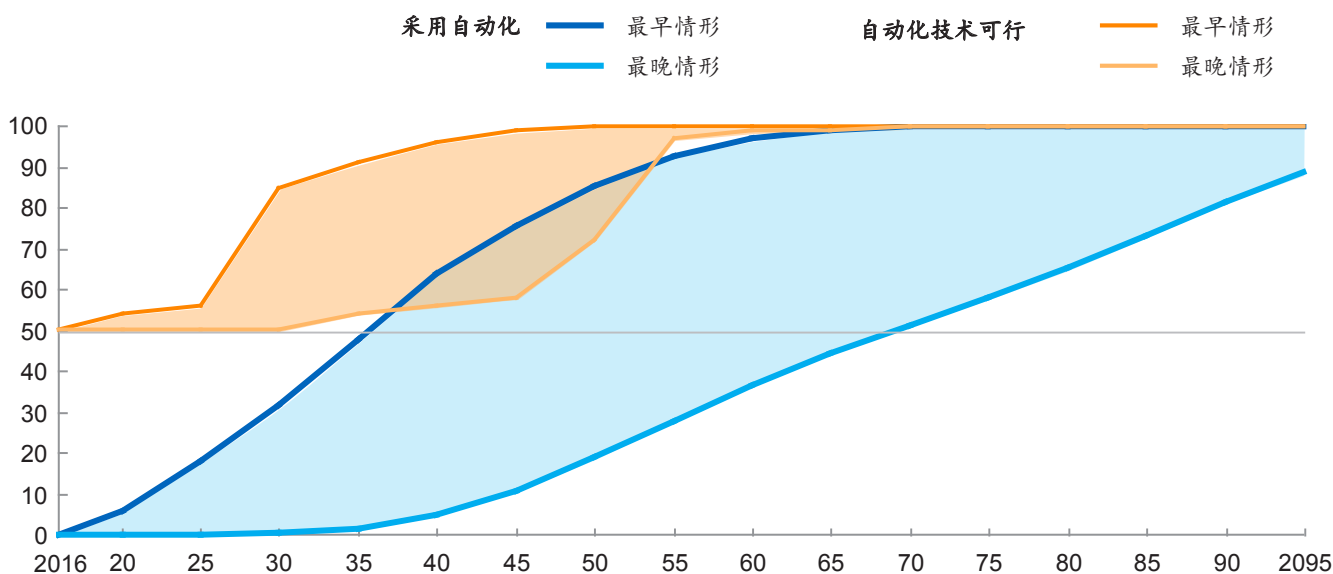
---

<sup>11</sup> Stanley Lebergott, “Labor force and employment 1800 – 1960,” 选自Output, employment, and productivity in the United States after 1800, Dorothy S. Brady等, NBER, 1966年; 世界银行数据; Mack Ott, The growing share of services in the US economy—degeneration or evolution? Federal Reserve Bank of St. Louis Review, 1987年6/7月。

图 E6

自动化将成为全球现象，然而该过程用时数十年，且不确定性很大

目前工作内容<sup>1</sup>  
%



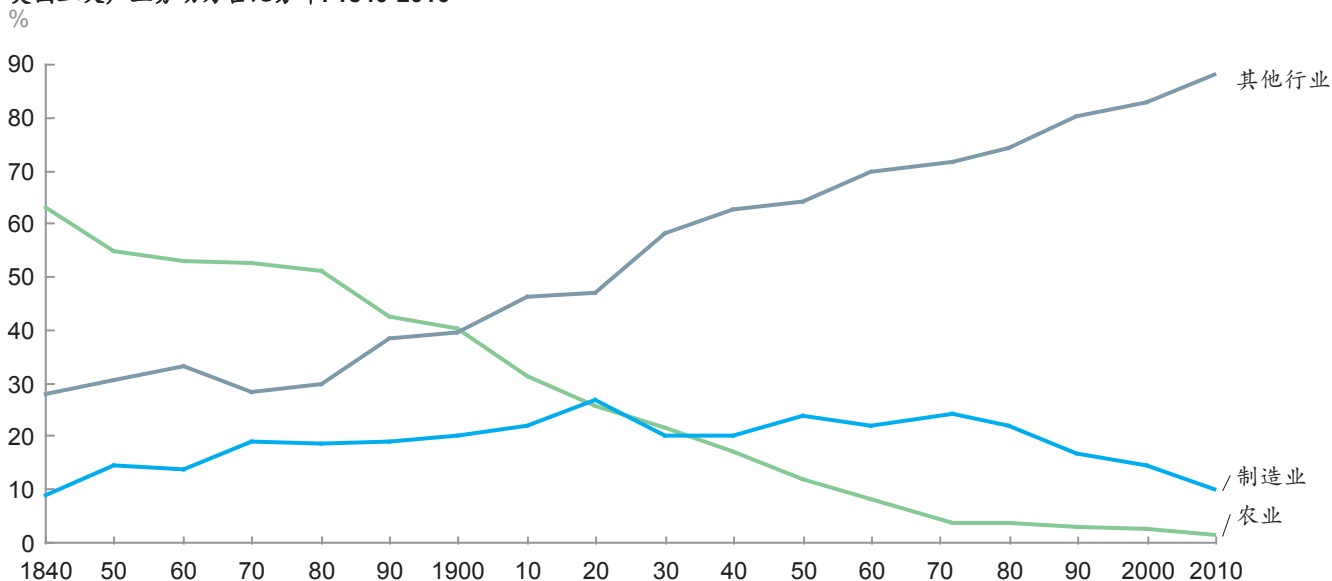
1 本分析使用了46个国家的数据，覆盖全球78%的劳动力

资料来源：麦肯锡全球研究所分析

图 E7

美国农业劳动力从1900年的40%降至今日2%

美国三大产业劳动力占比分布：1840-2010



资料来源：Stanley Lebergott, “劳动力与就业，1800-1960” (Labor force and employment 1800-1960), 选自《Output, employment, and productivity in the United States after 1800》Dorothy S. Brady编, NBER, 1966; 世界银行数据银行, 世界银行集团; FRED: Economic Research, 圣路易斯联邦储备银行; Mack Ott, 《服务业在美国经济占比日益增加-退化还是进化?》(The growing share of services in the US economy – degeneration or evolution?), 圣路易斯联邦储备银行, 1987年6月17日; 麦肯锡全球研究所分析



## 自动化应用速度与程度建模

我们首先为自动化应用时间建立第一阶段的模型——技术能力的建设。只有当机器被赋予某项工作内容所要求的工作能力，自动化才有可能被应用。

具备相关能力后，就需要将之融入解决方案，以便执行指定的工作内容，即建立具有商业可行性的系统，这是本模型的第二阶段。我们认为开发解决方案耗时1至9年不等。

本模型的第三阶段是自动化的经济可行性。我们假定，只有当一项工作内容的自动化解决方案发展成熟了，且成本等于或低于具体职业、具体国家内的劳动力成本时，自动化才会得到应用<sup>12</sup>。自动化往往可以带来劳动力成本节省之外的好处，而我们的模型保守假设决策者们的决策并不会被这些相对不确定的好处所影响，就像他们也不会被自动化在技术发展的初始阶段带来的劳动力成本节省所影响一样。

本模型的第四个阶段是自动化的应用与部署，这是一个耗时良久的过程。本分析审视了25种不同领域技术的应用速度，涵盖了企业端与消费端的软硬件技术。普遍来说，一项技术从商业可行到最大程度地应用至少需要约10年，有的甚至数十年，在模型中8至28年不等<sup>13</sup>。

## 自动化将改变就业趋势，也将推动生产力和全球GDP增长

自动化不仅将大规模取代人力，还有可能进一步扩大高技能和低技能劳动力之间业已存在的技能和就业差距<sup>14</sup>。我们的研究显示，很多职业在完全自动化之前，会先经历部分自动化，这一过程将对高技能和低技能工人产生不同的影响<sup>15</sup>。对低技能工人而言，除非需求增加，否则部分自动化会大幅减少工资。然而正如技术变革导致大规模失业的历史先例，长远来看，新的职业、工作岗位和工作类型会源源不断地创造出来<sup>16</sup>。再者，劳动力市场向来很活跃。在美国，每个月平均有500万人离开工作岗位，其中300万人是主动辞职。大部分人并不会长期待业，而会去寻找新工作<sup>17</sup>。

尽管如此，自动化也是促进全球经济增长的一个重要契机。我们的预测显示，尽管当下不断变化的人口结构在一定程度上影响了各国实现其人均GDP愿景，自动化仍然可以极大地提振经济，带动各国达成目标。事实上，为了实现这样的经济增长，而不是出现大量的劳动力冗余，应该动员每个人都投入劳动——与机器并肩工作。

## 自动化可以填补因劳动适龄人口增长放缓而导致的GDP增长缺口

<sup>12</sup> 此处的成本指工资加福利，这是根据全球购买力平价计算得出的。

<sup>13</sup> 我们模拟的一些技术可能尚未达到最终峰值。

<sup>14</sup> “技术乐观派”和“悲观派”学者都有大量著书。包括Erik Brynjolfsson和Andrew McAfee，《第二次机器时代：智慧科技如何改变人类的工作、经济与生活》，诺顿出版公司，2014年；Robert Gordon，《美国经济增长的起伏：内战以来美国的生活水平》，普林斯顿大学出版社，2016年；Martin Ford，《机器人的兴起：技术和未来的失业威胁》，Basic Books，2015年；Jason Furman，“这次是否情况有所不同：人工智能的机遇和挑战”，2016年7月7日在纽约“人工智能进行时：人工智能技术近期的社会和经济影响”大会上的发言。

<sup>15</sup> 欲详细了解劳动力市场的两极分化，请查阅David H. Autor和David Dorn，“低技能服务业岗位的增长和美国劳工市场的两极化”，《美国经济评论》，第103卷，第5期，2013年8月。

<sup>16</sup> 比如，麦肯锡法国分公司在2011年做过一项研究。结果发现在互联网出现后的15年里，法国因此每减少1个工作，就会相应产生2.4个新工作。2011年3月麦肯锡报告Impact d'internet sur l'économie française: Comment internet transforme notre pays

<sup>17</sup> 美国劳工统计局工作岗位和劳工流动率调研数据。



过去50多年，就业增长和生产力提升这两大引擎拉动了GDP增长。然而，多个发达国家和少数新兴经济体出现了出生率下降和人口老龄化，因此对大部分国家而言，就业率会在50年内达到峰值<sup>18</sup>。未来劳动人口的减少，将进一步扩大发展差距。过去50年促成经济增长的近一半资源（就业增长）将随着人口老龄化而消失。即便生产力保持过去的增长水平，经济增速也将放缓至原来的一半。

自动化可以弥补上述劳动力的部分缺口。假设自动化所取代的人力重返工作，并保持2014年的生产力水平，那么我们预测生产力的提升每年将为全球GDP贡献0.8%—1.4%的增长。若只考虑人力替代因素，那么截止到2065年，自动化对全球最大经济体（G19国加上尼日利亚）的生产力提升相当于新增11亿至23亿名全职员工的产能（见图E8）。

自动化带来的生产力提升有利于老龄化国家保持繁荣，有利于迅速发展的新兴国家找到新的发展动力。但自动化本身并不足以推动全球范围内的长期经济增长，因此，有必要采取重组业务流程或开拓新产品和服务等其他措施提高生产力。

### 自动化对三类国家的不同影响

- 中期而言，至2030年，自动化将提升全球20大经济体的生产力水平，并缩小彼此间的经济增长差距。我们将这些国家划分为以下三类。根据人口变化趋势和对未来经济增长预期，每类国家都可以借助自动化来加快本国的经济增长。
- 发达经济体，包括澳大利亚、加拿大、法国、德国、意大利、日本、韩国、英国和美国。这类国家的劳动力老龄化较为普遍，部分国家（比如德国、意大利和日本）适龄劳动人口增长的放缓尤其严重。自动化可以有效提升生产力，从而帮助这些国家实现经济增长预期。否则，如果缺乏其他高效的生产力提升引擎，经济增长预期将很难实现。因此，这些发达经济体对自动化的需求是最为迫切的。
- 老龄化的新兴经济体，包括阿根廷、巴西、中国和俄罗斯。此类国家因适龄劳动人口的减少面临经济增长乏力<sup>19</sup>。自动化对生产力的提升可使这些国家保持目前的人均GDP水平。然而，如果此类国家希望经济更快增长，则需要采取业务流程转型等其他提升生产力的措施。此类国家将受益于自动化应用的提速。
- 年轻的新兴经济体，包括印度、印度尼西亚、墨西哥、尼日利亚、沙特阿拉伯、南非和土耳其<sup>20</sup>。这些国家适龄劳动人口的持续增加足以维持目前的人均GDP水平。然而，考虑到这些国家发展经济的雄心，要想经济持续增长，需要自动化辅以及其他生产力提升措施。

自动化技术的不断发展和其对国民经济带来的潜在影响都将颠覆目前的一些发展模式，并且对现有的全球化思维形成挑战。尽管面临着劳动人口的萎缩，总体人口减少或增长停滞的国家依然能够维持其生活水平。出生率高、适龄劳动人口剧增的国家则需要思考如何在自动化时代创造更多工作机会。另外，由于自动化可在全球范围内降低制造成本，新兴经济体廉价劳动力的发展优势可能会不复存在。

<sup>18</sup> Global growth: Can productivity save the day in an aging world? 麦肯锡全球研究院，2015年1月。本报告中估计的就业增长对GDP增长的贡献与之前这份研究有所不同，因为这里我们根据的是各国的生产力情况，而不是全球平均水平。

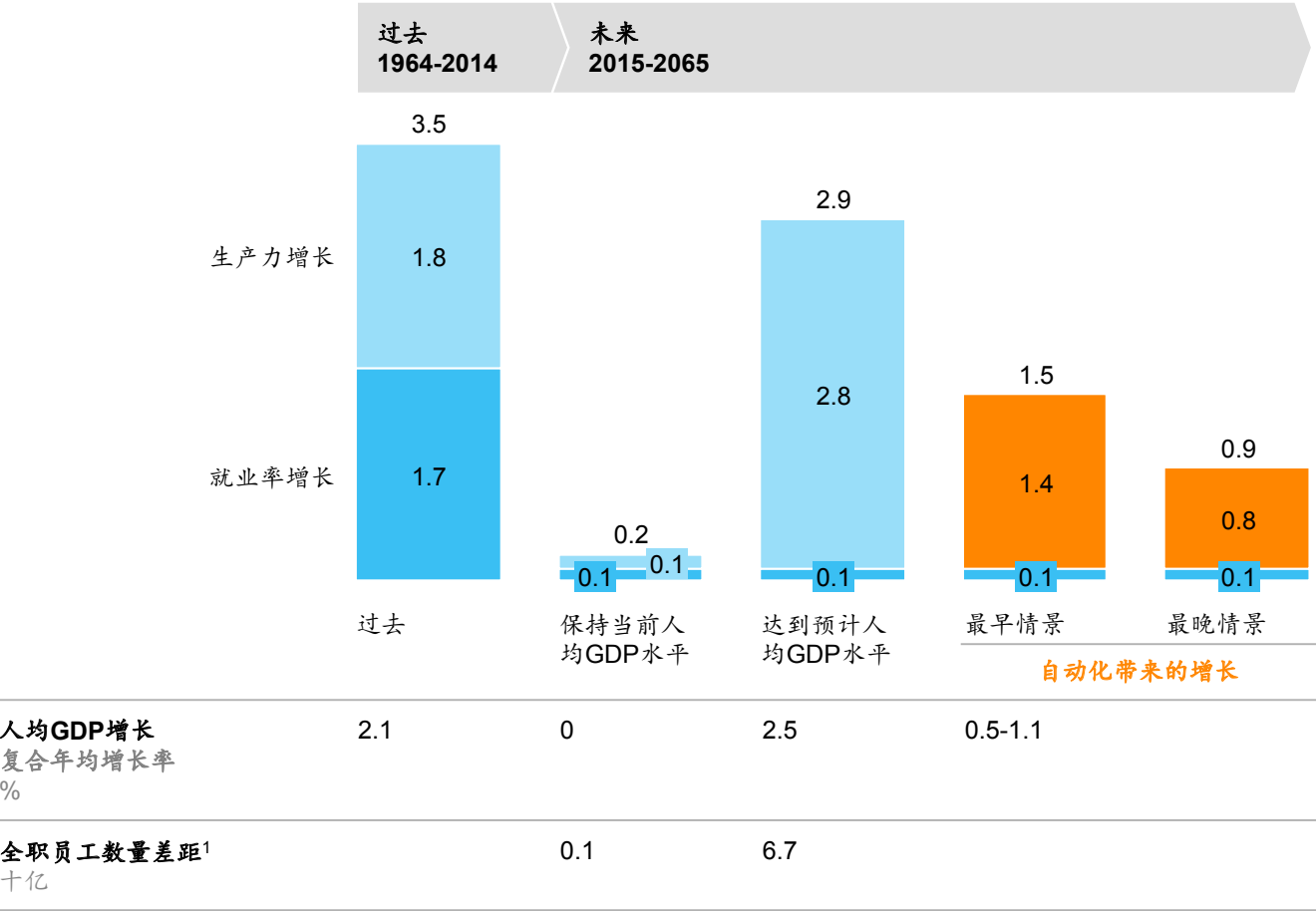
<sup>19</sup> 中国和俄罗斯的人口变化尤为明显，而阿根廷未来的劳动力缺口不太明确。

<sup>20</sup> 预计未来20年，沙特阿拉伯和土耳其的人口将强势增长，但20年后增速会显著放缓。

图 E8

全球来看，随着就业率增长放缓，自动化可能成为全球经济增长的重要推动力

G19国和尼日利亚GDP增长  
复合增长率%



1 要达成增长目标需额外雇佣全职员工  
注：由于四舍五入，数据相加后不一定与总额相符

资料来源：美国咨询局经济数据库；联合国人口署；麦肯锡全球研究院分析

## 在自动化新纪元，企业领导者、政策制定者以及劳动者应做的准备

如何把握好自动化对经济发展的机遇，将是企业领导者、政策制定者和劳动者需要应对的巨大挑战，同时他们还需要面对自动化对社会与就业带来的影响。

### 自动化能够帮助企业领导者有效提升业绩、开发新市场，但首先要进行相应的业务流程和组织架构调整。

各类工作内容的自动化可提升各类业务流程的总体业绩<sup>21</sup>。除了减少工资支出，自动化对业绩的改善还表现在增加产量、提高可靠性和提升品质等等。

要评估自动化在哪个流程实现的利润最大，企业管理者需要彻底盘点各类业务内容，描绘出热点地图，确定自动化潜力最高的流程。一旦找出自动化潜力最高的业务及其所在流程，就可以大胆构思该流程全面应用自动化的场景（但切忌只看单个环节，要进行系统性分析）。业务流程自动化后，机器势必将取代劳动力。企业管理者需要思考如何重新部署这部分冗余员工，是在内部调动，还是外部消化。务必兼顾自身业绩和社会责任。职业培训与技能提升能够有效帮助员工顺利过渡，平稳换岗。企业领导人必须保证组织做好准备，迎接自动化纪元的到来。

就战略层面而言，自动化可以扩大组织规模，把总部实施的改革迅速落实到各个分支机构。科技赋予管理人员更多工具，使得业绩测评与监管更为便捷。然而，规模扩大意味着犯错后果更加严重，因此必须加强质量管控。

除了扩大组织规模，自动化和数字技术还能帮助中小企业和个人承接以往只有大企业才能处理的大项目。因此，组织规模可能向巨型或微型两极分化。经济形态变成两头大、中间小的“杠铃”结构，这意味着中等规模的企业将逐步被淘汰。在所有行业和领域，自动化都会加剧竞争，帮助企业打开新的业务领域，并且拉大科技巨头和落后企业之间的差距。

### 对政策制定者而言，拥抱自动化的同时，应出台配套政策，如提升劳动者技能、创造就业岗位、重新思考设计最低工资和社保福利等

世界各国的政策制定者为了达成经济增长目标，势必会鼓励自动化的应用。同时，大批劳动者可能因自动化而失业，政府应当思考如何帮助他们再就业，毕竟自动化的经济利益需要劳动者的持续就业来支撑<sup>22</sup>。

尽早普及自动化，有赖于政策对技术发展和应用的支持。这就要求对科技研发和数字化基础设施进行投资。

冗余劳动者再就业将成为重大的社会挑战。政府往往并不善于预测自动化所能创造的就业岗位和可能催生的新兴产业，但可以引导舆论讨论该做什么、该关注和解决哪些社会挑战<sup>23</sup>。此外，政府还可以鼓励技术型创业，为下岗劳动者提供技能培训以满足自动化时代的需求。比方说，许多国家正在出现数据分析师和商务翻译的短缺<sup>24</sup>，政府应与私有企业展开合作，及时提供新型教育和职业培训，填补缺口。

---

<sup>21</sup> 本报告第三章列举了几个关于业务流程改革可能性的案例分析。

<sup>22</sup> Jason Furman, “这次是否情况有所不同：人工智能的机遇和挑战”，2016年7月7日在纽约“人工智能进行时：人工智能技术近期的社会和经济影响”大会上的发言。

<sup>23</sup> Tim O’Reilly, “Don’t replace people. Augment them”, Medium.com, 2016年7月17日。

<sup>24</sup> The age of analytics: Competing in a data-driven world, 麦肯锡全球研究院, 2016年12月。

自动化时代的挑战之一是如何确保新的工作岗位的工资足够高,以免工资占GDP的比例继续下跌。自20世纪70年代起,工资占GDP的比例就一直呈下跌态势<sup>25</sup>。如果自动化的确影响了劳动者的工资,政府可以考虑采取各种措施加以干预,如减免个人所得税、全民基本收入保障、有条件的换岗、缩短工作时长、提高福利标准等。如今,随着工作的行业、地点、业务和技能要求的不断变化,大多数劳动者需要政府的帮助来适应新时代的节奏。

### **劳动者应全面运用科技,解放生产力,努力提高难以被机器所替代的人类技能**

劳动者应在日常工作中全面运用自动化。这样有利于各级员工(包括管理层)腾出时间提升那些机器尚不能取代的能力。相应地,工作会变得更复杂,更难组织,因此管理者需要花更多时间培训和指导员工<sup>26</sup>。

对于面临教育和职业抉择的人们来说,了解具体领域的自动化前景,知晓哪些是时代所需的核心技能,哪些技能即将被淘汰,可以帮助自己更好地从劳动力市场角度规划未来<sup>27</sup>。

科技领域的高技能人才将十分紧俏,同时,随着企业格局变化、项目外包增加,这类劳动者以自由职业身份承接项目的机会将会越来越多。中等技能工人的工作内容(如高预测性的体力劳动、数据收集和分析等)实现自动化的技术潜力最大,因此这些工人可以寻求再培训的机会,做好准备,转向那些机器无法胜任的工作。

辅以自动化科技的低技能劳动者可提高产量和生产力,但工资可能会下降,因为低技能劳动者可能供过于求。

教育体系也应适时调整。政府应与教育机构合作,提升学生的科学、技术、工程与数学(STEM)技能,着重培养创造性、批判性和系统性思维。在职场瞬息万变的时代,劳动者具备敏捷性、适应力和灵活度至关重要。

总的来说,自动化有利于人类提升机器难以替代的那些能力,如逻辑思考和问题解决、社交和情感、专业咨询、辅导培育他人和创新等。从全球范围来看,即便到现在,大量的工作仍然是低技术含量的重复劳动,未能有效激发人类独有的能力。今后,随着机器承担越来越多的可预测环境下的体力劳动,人类独有的能力会愈发重要。自动化让我们回归到人类的本原。

---

<sup>25</sup> Poorer than their parents? Flat or falling incomes in advanced economies, 麦肯锡全球研究院, 2016年7月。

<sup>26</sup> Daron Acemoglu and Pascual Restrepo, “The race between machines and humans: Implications for growth, factor shares and jobs” Vox, 2016年7月5号。

<sup>27</sup> Erik Brynjolfsson和Andrew McAfee The second machine age: Work, progress, and prosperity in a time of brilliant technologies, 纽约, W.W. Norton & Company, 2014年。

...

未来50年,由于劳动人口的减少,全球经济增长乏力,自动化至少能为提高生产力做出重要贡献,它能有效提升人均GDP,哪怕无法完全满足新兴市场快速增长的要求。由于自动化的推进速度与程度不一,其过程必然充满想像空间。下一个世纪的工作场所将迎来巨变,目前已初见端倪。政策制定者、企业管理者和劳动者与其等待,不如立即行动起来。从今天开始着手准备,才能抓住自动化带来的机遇,避免不利影响。





麦肯锡全球研究院

2017年1月

Copyright © McKinsey & Company

[www.mckinsey.com/mgi](http://www.mckinsey.com/mgi)

 @McKinsey\_MGI

 McKinseyGlobalInstitute