



# 智能经济

使能可持续发展



# 目录

执行摘要 02

第 1 章 03  
四大趋势影响全球经济发展

第 3 章 19  
智能经济背后的关键技术

第 5 章 45  
实现智能经济

第 2 章 09  
智能经济的介绍

第 4 章 30  
量化智能经济的价值

附录 49

# 执行摘要

## 智能经济的定义

智能经济是数字经济发展的新阶段，在吸取数字经济发展优秀经验的同时，还将兼顾到更多的社会发展需求。5G+、人工智能和物联网等下一代技术的无缝融合，将驱动孤立、分散运作的单点智能模式向多智能系统联动的新模式发展，从而使智能经济通过创新型的智能解决方案来提高生产力、提升社会福利和改善环境效益，促进虚实产业的融合发展，带动新一轮的经济高速增长。

## 智能经济的主要特征

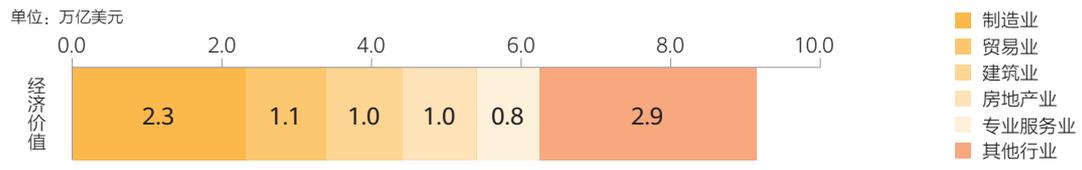
劳动力价值因可获得更多新技能和  
新机会而增加      资本拓宽了人类创造力的边界      更大程度的技术集成，生产流程发  
生颠覆性革新

## 预计 2030 年智能经济可产生的价值

总和: **18.8 万亿** 美元      生产力的提高: **9.1 万亿** 美元      社会福祉的提升: **5.2 万亿** 美元      环境效益的增加: **4.5 万亿** 美元

**=      +      +**

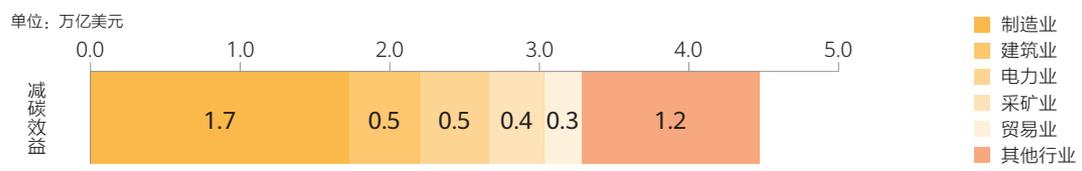
## 智能经济的生产力效益



## 智能经济的社会效益

<p>消费者时间节省价值: <b>+1.5 万亿美元</b></p> <p>如</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 未来零售</li> <li>• 自动驾驶汽车</li> <li>• 居民服务</li> </ul>	<p>健康安全效益: <b>+3.2 万亿美元</b></p> <p>如</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 工作场所安全</li> <li>• 犯罪预防</li> <li>• 应急响应时间</li> </ul>	<p>社会包容效益: <b>+0.4 万亿美元</b></p> <p>如</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 信贷准入</li> <li>• 更具包容性的劳动力</li> </ul>
--	---	--

## 智能经济的环境效益



由于四舍五入的缘故，其合计数未必与总计数相等。

# 第 1 章

## 四大趋势影响 全球经济发展



从在太空探索中取得的进步到构建能够抵御未来流行病的卫生系统的需求，我们的世界正面临着前所未有的变革趋势，这些趋势将对我们的生活、工作和娱乐方式产生深远影响。本章重点介绍了将对未来全球经济格局产生重大影响的四大趋势：i) 劳动生产率出现结构性下降；ii) 气候变化风险不断上升；iii) 数字化带来企业估值重塑需求；iv) 消费者和劳动者期望发生根本性转变。



## 金融危机以后，劳动生产率增速持续减缓

自1990至2018年，中国经济保持持续增长态势，13亿人口已实现脱贫，<sup>1</sup>如今全球正在经历劳动生产率增速结构性下降的问题，该问题也成为经济增长的桎梏。多国政府试图通过劳动力技能提升计划等措施扭转该趋势。然而，迄今为止，这些努力在解决生产率难题方面收效甚微。发达经济体劳动生产率的年平均增长率已从2002-2007年的1.3%下降到2013-2018年的0.8%。劳动生产率放缓并非发达经济体独有现象，新兴市场和发展中经济体（EMDEs）的劳动生产率年平均增长率也

从2002-2007年的4.9%下降到2013-2018年的3.5%。<sup>2</sup>

2013至2018年，新兴市场经济体劳动生产率的年平均增长率已从2002至2007年的**4.9%下降至3.5%**

全球人口红利已接近尾声，这一事实使得劳动生产率增长放缓对经济的负面影响更加严重。根据世界卫生组织（WHO）最新统计，到2030年，全球60岁以上人口的比例将从如今的13%增至17%，到2050年，该比例将增至22%。<sup>3</sup>全球平均育龄妇女总和生育率已从1960年的5.0下降到2020年的2.4，<sup>4</sup>仅略高于

<sup>1</sup> 世界银行（2018），《贫困与共享繁荣：拼出贫困的拼图》，<https://www.worldbank.org/en/publication/poverty-and-shared-prosperity-2018#:~:text=and%20shared%20prosperity,-,The%202018%20edition%20%E2%80%94%20Piecing%20Together%20the%20Poverty%20Puzzle%20%E2%80%94%20broadens%20the,differences%20in%20needs%20across%20countries>

<sup>2</sup> 世界银行（2021），《全球生产率：趋势、推动力与政策》，<https://www.worldbank.org/en/research/publication/global-productivity>

<sup>3</sup> 世界卫生组织（2021），老龄化与健康，<https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ageing-and-health>

<sup>4</sup> 世界银行（2022），总和生育率（育龄妇女人均生育子女数），<https://data.worldbank.org/indicator/SP.DYN.TFRT.IN>

维持人口总量不变的世代更替水平2.1。<sup>5</sup> 2019年，世界上40%以上的人口生活在低于每名妇女2.1个子女更替率的国家，然而，这一比例在2021年攀升至近60%。<sup>6</sup> 发达国家经济增长放

缓的主要风险之一是贫富差距进一步扩大，社会不公平现象加剧。<sup>7</sup> 同时也造成了许多国家日益严重的社会和政治分裂，以及贸易和劳动力市场中的保护主义政策。



## 气候变化给未来经济增长带来巨大挑战

气候变化是指温度和天气模式的长期变化。这些变化可能由自然原因造成，如太阳周期的变化。但自19世纪以来，人类活动一直是气候变化的主要原因，特别是化石燃料的燃烧。如今温室气体浓度处于200万年来的最高水平，排放量还在持续上升。国际能源机构（IEA）数据显示，2021年全球二氧化碳排放量达到363亿吨，创历史新高。<sup>8</sup> 截至目前，地球上的气温比19世纪末升高了1.1℃，过去十年是有记录以来最温暖的十年。气候变化的后果包括极端干旱、水资源短缺、重大火灾、海平面上升、洪水以及生物多样性减少等，这些后果都将对经济发展带来严重的打击。

最近的一项研究表明，在极端情景假设下，如果不采取行动并导致气温上升3.2℃，全球经济可能会损失GDP的18%。在这样的极端情况下，亚洲经济体将受到最严重的打击，GDP将受到多则26%的打击。<sup>9</sup> 气候变化给经济带来的主要风险包括财产损失、气候冲击造成的贸易中断以及生产效率的进一步损失。此外，全球80%以上的卡路里消耗来自小麦、水稻和玉米等10种作物。<sup>10</sup> 令人担忧的是，由于气候变化，全球水稻和小麦产量每年平均下降0.3%和0.9%。<sup>11</sup> 另一项研究也表明，在大量温室气体排放的情景假设下，最早从2030年开始，玉米作物的产量预计会下降24%。<sup>12</sup>

在气温上升3.2℃的极端情景假设下，全球经济可能会损失GDP的18%

<sup>5</sup> J. Craig (1994), 生育更替水平与未来人口增长, <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/7834459/#:~:text=In%20developed%20countries%2C%20replacement%20level,need%20to%20be%20much%20higher>.

<sup>6</sup> 联合国 (2022), 《全球人口很快就会达到80亿-然后呢?》, <https://www.un.org/en/unchronicle/global-population-will-soon-reach-8-billion-then-what>

<sup>7</sup> T. Piketty (2013), 《21世纪资本论》, <https://dowbor.org/wp-content/uploads/2014/06/14Thomas-Piketty.pdf>

<sup>8</sup> 国际能源机构 (2021), 《全球能源回顾: 2021年二氧化碳排放》, <https://iea.blob.core.windows.net/assets/c3086240-732b-4f6a-89d7-db01be018f5e/GlobalEnergyReviewCO2Emissionsin2021.pdf>

<sup>9</sup> 瑞士再保险 (2021), 《气候变化经济学》, <https://www.swissre.com/dam/jcr:e73ee7c3-7f83-4c17-a2b8-8ef23a8d3312/swiss-re-institute-expertise-publication-economics-of-climate-change.pdf>

<sup>10</sup> D. Tilman (2011), 全球粮食需求和农业的可持续集约化, <https://www.pnas.org/doi/full/10.1073/pnas.1116437108>

<sup>11</sup> 解释型新闻网 (2019), 气候变化影响作物产量并降低全球粮食供应, <https://theconversation.com/climate-change-is-affecting-crop-yields-and-reducing-global-food-supplies-118897>

<sup>12</sup> J. Jägermeyr (2021), 气候对全球农业的影响在新一代气候和作物模型中出现更早, <https://www.nature.com/articles/s43016-021-00400-y>

尽管当前对于应对气候变化所需投资额的估计存在较大差异，但预估金额均十分庞大。例如，国际可再生能源机构（IRENA）预测，可再生能源投资每年需达7,500亿美元。<sup>13</sup> 摩根士丹利（Morgan Stanley）则认为，截至2050年，各国需要在可再生能源、电动汽车、碳捕获和储存、生物燃料和氢能领域投资50万亿美元，才能充分减少碳排放，以实现《巴黎协定》遏制全球变暖的目标。<sup>14</sup> 不幸的是，联合

国政府间气候变化专门委员会（IPCC）的最新报告显示，当前全球应对气候变化的措施仍然不足，针对低碳领域的投资比所需的投资低了近六倍。<sup>15</sup> 显然，粮食安全、生产效率和经济增长面临的风险并不仅是物理风险，还包括过渡风险。为应对气候变化，需要重新评估资产价值，减少对化石燃料或煤炭等资产的依赖，这将给全球金融体系带来系统性贬值风险。<sup>16</sup>



## 数字颠覆正重塑企业估值体系

技术的采用率和数据的创建速度正在呈指数级增长。2021年，企业物联网（IoT）的总体支出增长了22%，2021年以后，预计将以20%以上的速度保持增长，到2027年，达到5,200亿美元以上。<sup>17</sup> 据估计，全球90%的数据是在过去两年中创建的，每天创建的数据量达到2.5艾字节（10的18次方）。<sup>18</sup> 2018年，全世界创建、捕获、复制和消耗的数据总量为33万亿吉字节。到2020年，这一数据增长到59万亿吉字节，预计到2025年将接近翻三倍。<sup>19</sup>

全球90%的数据是在过去两年中创建的，每天创建的数据量达到2.5艾字节

IBM在2022年进行的一项全球调查显示，目前35%的公司表示已经在其业务中使用了某种形式的人工智能，另有42%的公司表示正在探索人工智能的未来应用。<sup>20</sup> 此外，企业越来越多地使用人工智能来改善客户体验，从提供有针对性的产品推荐，以此提高客户忠诚度，到为消费者提供专属的智能个人助理（如Amazon Echo和Google Home），它们可以充当连接家庭中各种设备的中心枢纽。到2025

<sup>13</sup> 加拿大责任投资联盟（2020），投资绿色债券：多“绿”才算绿？，<https://www.riacanada.ca/magazine/investing-in-green-bonds-how-green-is-green/>

<sup>14</sup> 彭博社（2019），摩根士丹利表示这些公司将从气候变化中获利，<https://www.bloomberg.com/news/articles/2019-10-24/50-trillion-is-needed-to-stop-global-warming-morgan-stanley>

<sup>15</sup> 联合国政府间气候变化专门委员会（2022），《气候变化2022：减缓气候变化》，<https://www.ipcc.ch/report/sixth-assessment-report-working-group-3/>

<sup>16</sup> 瑞士再保险（2021），《气候变化经济学》，<https://www.swissre.com/dam/jcr:e73ee7c3-7f83-4c17-a2b8-8ef23a8d3312/swiss-re-institute-expertise-publication-economics-of-climate-change.pdf>

<sup>17</sup> 物联网研究机构（2022），2021年全球物联网市场规模增长22%——这16个因素影响到2027年的增长轨迹，<https://iot-analytics.com/iot-market-size/>

<sup>18</sup> 福布斯（2018），我们每天创造多少数据？每个人都应该阅读的令人震惊的数据，<https://www.forbes.com/sites/bernardmarr/2018/05/21/how-much-data-do-we-create-every-day-the-mind-blowing-stats-everyone-should-read/?sh=510491b660ba>

<sup>19</sup> 国际数据公司IDC（2020），全球数据和存储领域预测，<https://www.idc.com/getdoc.jsp?containerId=US47509621>

<sup>20</sup> IBM（2022），《2022年全球AI采用指数》，<https://www.ibm.com/downloads/cas/GVAGA3JP>

年，预计在用的智能家居设备数量将会上升至200亿台，全球14%的家庭将拥有智能家用机器人，90%的智能设备用户将使用智能个人助理。<sup>21</sup> 此外，到2030年，预计每10,000名员工将拥有390个机器人提供支持。<sup>22</sup>

技术不仅提高了人们的生活质量，还改变了人们、政府和企业之间的互动方式。在新型冠状病毒肺炎大流行期间，拥有数字化能力的公司，尤其是服务行业公司，相较于数字化能力缺失的公司发展得明显更好。这也成为私营和公共部门加强采用数字技术的催化剂。为了应对层出不穷的客户需求，并在未来激烈的竞争中占据一席之地，数字化转型成为企业的一道“必答题”。随着大数据、人工智能、物联网、云服务和可扩展平台等技术的不断崛起，不进行数字化转型的公司或将面临淘汰风险。

随着企业数字化转型的不断深入，需要采用新的方法来分析和评估这些公司，这就涉及到寻找其他的途径来了解每家公司未来的发展趋势，因为判断公司的快速增长能持续多久，公司的进入壁垒的有效性，以及确定哪些公司能够获得长期的市场支持，将变得越来越具有挑战性。虽然通过衡量企业实物资产（现金、设备和土地等）价值来评估企业价值的传统方法仍然十分重要，但需要通过对于其他无形资产的准确评估进行补充，如互联网流量、创建和分析的数据、用户规模、日活跃用户数量（DAU）及其社会影响力等。然而，向这种新形式的资本评估方式过渡的过程中将会面临一系列挑战，包括需要将货币价值应用于这些评估领域，以更全面地了解其整体价值。



## 不断变化的劳动者和消费者期望正迫使企业调整适应

随着技术的不断发展，劳动者和消费者的期望正在发生迅速的变化。

i. 对于劳动者而言，技术使得远程办公和灵活办公变得可行，而新型冠状病毒肺炎催热了这一趋势。尽管员工表示他们的工作时间更长了，但他们的幸福感和工作效率也更高了。<sup>23</sup> 此外，新型冠状病毒肺炎还掀起了

“大辞职潮”，每月自愿辞职的比例上升到本世纪的最高水平。许多员工将疫情视为重新掌控自己时间和生活的绝佳时机，这迫使企业不得不去寻求一些创新的方式以解决劳动力市场中对于工作不满的问题，包括使用先进技术，如挖掘元宇宙在重塑组织未来的工作方式的潜力。

ii. 对于消费者而言，由于社交媒体和智能手机的出现，他们对“快”的定义发生了巨大的变化。社交媒体为用户实时提供突发新闻、

<sup>21</sup> 华为（2021），数字经济的未来：以云为基础，以数据为燃料，以人工智能为驱动， <https://e.huawei.com/tr/eblog/industries/insights/2021/digital-economy-built-cloud-fueled-data-driven-ai>

<sup>22</sup> 华为（2021），《智能世界2030》， [https://www-file.huawei.com/-/media/CORP2020/pdf/gjv/Intelligent\\_World\\_2030\\_en.pdf](https://www-file.huawei.com/-/media/CORP2020/pdf/gjv/Intelligent_World_2030_en.pdf)

<sup>23</sup> 经济学家（2021），居家办公的兴起， <https://www.economist.com/special-report/2021/04/08/the-rise-of-working-from-home>

人物动态和信息更新。这种7x24小时全天候、“永远在线”的文化要求企业调整服务，以满足消费者的需求。此外，由于互联网的普及，在如今的消费商业环境中取得成功的要求比以往任何时候都更加严苛。由于互联网增加了对产品公开评论的可行性，并给予了消费者寻找替代产品的能力，消费者正变得越来越成熟。这种日益激烈的竞争态势要求企业转变经营方式，以确保其产品能够在当今的竞争环境中获得蓬勃发展。

劳动者和消费者的根本性转变对于企业的反

应和适应方式产生了影响，这也导致了新型商业模式的发展。例如，随着平台商业模式的兴起，共享经济和零工经济近年来快速发展。其中包括优步（Uber）——世界上最大的不拥有出租车的出行公司，以及爱彼迎（Airbnb）——世界上最大的不拥有房产的住宿服务提供商。<sup>24</sup> 这些新的商业模式不仅创造了新的市场，还加速了在创新方面落后企业的萎缩。例如，在线购物和食品配送服务的持续增长将导致约25%的美国购物中心在未来三到五年内关闭。<sup>25</sup>



## 向智能经济转型可以帮助我们克服这些挑战

虽然这些趋势似乎为社会、政策和商业带来了全新的挑战，但好消息是，我们有办法通过借力解决这些挑战。这些在文献和公开信息中都已经有了充分的介绍，并不是本次研究的重点。相反，本次研究的目的是引入一个新概念，以突出世界是如何开始向数字发展的新轨道过渡的——前沿技术的广泛采用突显了这一点，这些前沿技术有助于为当今世界出现的社会、政策和商业挑战创建智能解决方案。这就是智能经济的概念——数字经济的下一阶段和

释放其全部潜力的关键所在。本次研究旨在进一步说明向智能经济的过渡将如何带来新的可能性，并产生社会经济和环境效益。

目前，这些智能应用的价值仅限于孤立的案例研究，没有得到全面的理解。本次研究结合了可计算一般均衡（CGE）模型和自下而上的估计，试图量化这些技术在各个行业中持续应用的潜在全球价值。希望调动私营部门和监管机构的积极性，使得其拥抱并推动实现全面的智能经济转型。附录部分提供了本次研究中使用的CGE模型的更多细节。

<sup>24</sup> T. Goodwin (2018), 《商业达尔文主义——数字时代的适者生存法则》, <https://www.amazon.com/Digital-Darwinism-Survival-Business-Disruption/dp/0749482281>

<sup>25</sup> 美国消费者新闻与商业频道CNBC (2020), 预计25%的美国购物中心将在5年内关闭, 使其重获新生并不容易, <https://www.cnbc.com/2020/08/27/25percent-of-us-malls-are-set-to-shut-within-5-years-what-comes-next.html>

# 第 2 章

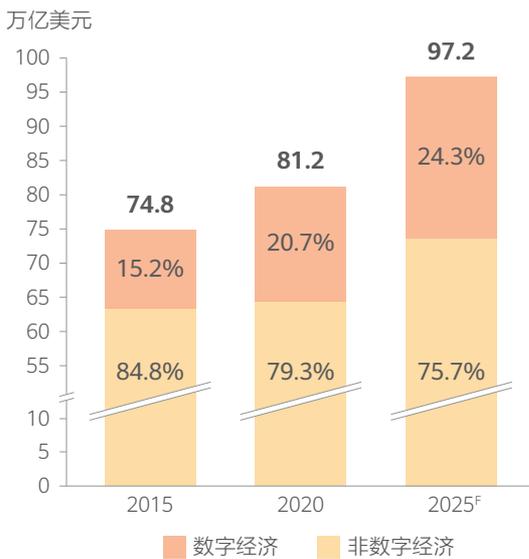
## 智能经济 的介绍



2015至2030年全球年均增速预期为2.7%。<sup>26</sup> 基于华为过去的一项研究，数字经济可被定义为总经济回报和技术投资对于GDP产生的影响。<sup>27</sup> 该研究表明，数字经济已经在不少世界发达经济体中贡献了超过30%的GDP，并且预计2015至2025年，大约55%的全球经济增长将来自于数字经济的驱动。然而，尽管数字经济对全球总体GDP的贡献份额仍在不断攀升，但数字经济的总体增长率正呈现下降趋势（图1）。数字经济增长率预期将从2017年的

14%下降至2030年的4.9%。与此同时，非数字经济的平均增长率在2015至2030年间预计为1.6%，这意味着全球增长可能放缓。第一章已经着重强调了全球经济放缓的一些潜在风险。因此，为了降低这些风险，需要寻找数字经济的下一阶段：智能经济。

从现在至2030年，数字经济增长率可能会下降至5%以下



F = forecast



资料来源：华为，牛津经济研究院，安永分析

图1 数字经济一直是全球经济的关键驱动力，然而，数字经济的增长率预计在未来十年将放缓

<sup>26</sup> 牛津经济研究院 (2022)，牛津经济学数据库，<https://www.oxfordeconomics.com/>

<sup>27</sup> 牛津经济研究院 (2017)，数字溢出，[https://www.huawei.com/minisite/gci/en/digital-spillover/files/gci\\_digital\\_spillover.pdf](https://www.huawei.com/minisite/gci/en/digital-spillover/files/gci_digital_spillover.pdf)



## 何谓智能经济？它与数字经济有何不同？

本研究试图强调我们对于数字经济的认知、其目的性以及其可能性的理解中微妙却又重要的差别。智能经济是数字经济发展的新阶段，在吸取数字经济发展优秀经验的同时，还将兼顾到更多的社会发展需求。5G+、人工智能和物联网等下一代技术的无缝融合，将驱动孤立、分散运作的单点智能模式向多智能系统联动的新模式发展，从而使智能经济通过创新型的智能解决方案来提高生产力、提升社会福利和改善环境效益，促进虚实产业的融合发展，带动新一轮的经济高速增长。

智能经济是数字经济发展的新阶段，在吸取数字经济发展优秀经验的同时，还将兼顾到更多的社会发展需求。5G+、人工智能和物联网等下一代技术的无缝融合，将驱动孤立、分散运作的单点智能模式向多智能系统联动的新模式发展，从而使智能经济通过创新型的智能解决方案来提高生产力、提升社会福利和改善环境效益，促进虚实产业的融合发展，带动新一轮的经济高速增长。

虽然数字经济的最终目标是帮助企业最大限度地扩大现有产品及服务的覆盖面，使其能够接触更多的消费者，但智能经济的范围和目标可以被视为更广泛的——解决长期市场失灵问题（如信息不对称等），并增进整体社会和环境福祉。

例如，区块链技术的创建是为了确保数字记录不会被篡改或销毁，从而提高交易的安全性和透明度，同时，其应用（如加密货币）也提供了一个不受中央政府控制的支付系统。智能经济中的技术能够创造全新的产品和资产类别（例如NFT和加密货币），其全部潜力正在不断演变和发展。

诚然，智能经济依赖于数字经济中已经可用的技术。因此，虽然不能完全区别描述这两个概念，但本研究提出了这两个概念不同的三个关键特征。这些差异是通过技术和成本突破实现（因此，更多地采用和试验应用程序），例如通讯（5G+）、人工智能（AI）、物联网（IoT）、区块链、下一代交互技术（AR/VR），甚至其他非信息通信（ICT）技术的推动者，例如纳米技术（nanotech）、生物技术（biotech）、绿色技术（green tech）。图2总结了这些特征。

首先，智能经济通过提供更高效和更广泛的技能获取途径，为劳动力提供了增量收益，从而增加了整体劳动力流动性。其次，智能经济中的资本为劳动力提供补充，以突破人类创造力的边界，允许创造新想法来满足快速变化的市场需求。第三，智能经济还具有技术集成度更高的特点，以创造出新的服务产品，并优化生产流程（如柔性制造），从而实现更大的范围经济并降低生产风险，如产能过剩问题。

	 1. 劳动力价值的提升	 2. 资本拓宽人类创造力的边界	 3. 前沿技术整合以革新生产流程
数字经济	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 创造了更多的新的工作机会，但并未导致工资显著提升</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 创作过程主要由人类完成</li> <li>• 数字平台创造了更多分销渠道，但未改变底层产品</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 没有或刚刚开始技术集成</li> <li>• 生产过程灵活性较低</li> </ul>
智能经济	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 智能培训以及高效的技能开发方法</li> <li>• 更安全、成本更低廉地获得新技能培训</li> <li>• 进一步提高劳动力流动性，尤其是跨行业和更高报酬工作</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 资本（即技术）在创作过程中补充或接管劳动力</li> <li>• 试错及产品化成本大幅降低</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 高水平的技术集成（如人工智能、区块链和物联网）协同工作</li> <li>• 高度灵活的生产流程</li> </ul>

资料来源：安永分析

图2 区别智能经济和数字经济的三个关键特征



### 智能经济通过增加获得新技能的机会和劳动力流动性来提升劳动力价值

数字经济创造了包括叫车服务、食品配送在内的多种新的机会。从本质上可以说，经济中可获得的机会的范围面临重大扩张，并且每个机会会有自己的一套要求。然而，尽管劳动力角色的类型有所增加，但这些新角色的工资相对现有角色在很大程度上仍然停滞不前。例如，一家中国的3C类产品生产流水线工人的月平均工

资可达1,035美元，<sup>28</sup> 而一位中国外卖骑手的月平均工资约为1,125美元（人民币7,750元）。<sup>29</sup> 部分原因是工人并没有获得市场所认可的“高价值”技能。相反，智能经济有潜力通过提高智能培训和技能发展方法以提升劳动力的能力来改变这一状况，这将很大程度上帮助将回报重新分配至劳动力，而非由传统资本所有者积累。

<sup>28</sup> SCMP (2019), 富士康内部是怎样的：中国最大的iPhone组装工厂， <https://www.scmp.com/economy/china-economy/article/2188162/foxconn-tale-slashed-salaries-disappearing-benefits-and-mass>

<sup>29</sup> TechNode (2019), 严格的到达时间和较低的工资促使中国的送货司机承担风险， <https://technode.com/2019/11/04/tough-deadlines-and-lower-wages-push-chinas-delivery-drivers-to-take-risks/>

在智能经济中，诸如下一代交互（例如元宇宙、AR、VR）等技术可以为工人提供更好、更便宜的途径，以更快地获得新技能，从而提升他们的市场价值。智能经济中的技能培训已被证明更安全且成本更低廉。例如，目前有公司正在利用下一代交互技术对个人进行焊接培训，从而将事故数量减少了84%，培训成本降低了68%。<sup>30</sup> 对外科手术、驾驶和操作先进机

械等角色的劳动力培训变得更加有效，使劳动力得以转移到全新的行业，以上如果没有智能经济应用的干预则不可能实现。同时，随着劳动力提升技能的能力变得更加轻松，其生产价值提升的可能性也变得更大，从而导致更多的技术收益被转移至劳动力身上。



## 智能经济可以协助人类突破创造力的边界，以满足多变的消费者需求

在数字经济中，资本（如技术、机器）主要用于减少消费者获取产品、企业获取消费者所付出成本。例如，随着电子商务的出现，消费者在一天内浏览数百种产品并比较其价格的成本已被大大降低。此外，随着企业通过简化供应链、支付系统和下游物流来降低成本，商品价格能够通过规模经济降低。对于一家获取客户的企业来说，电子商务平台和社交媒体使他们能够接触到远远超过实体店所能接触到的客户。然而，虽然数字平台有助于增加企业的访问和覆盖范围，但它们的基础产品，如音乐和电影等内容，并没有不同。创作过程在很大程度上仍然是劳动力的职能。

然而，在智能经济中，资本和技术可以开始扮演和补充劳动力的角色，特别是在突破人类创造力的边界方面，允许创造新的想法，从而开发出全新的产品、市场和生产流程。智能经济的技术推动者将帮助劳动者创造性地产生想法，极大减少试错和产品化的成本。例如，中国的一个快时尚电商品牌在整个供应链中利用AI，并成功从竞争者中脱颖而出。该公司的AI引擎可以实时捕捉消费者的需求变化或对新时尚趋势的兴趣。然后，AI引擎为其技术驱动和连接的供应链生成预测，以创建一个完整的产品系列，并在三天内将其交付给市场——比大多数其他主要时尚品牌快五倍以上。<sup>31</sup> 据估计，凭借其AI引擎，<sup>32</sup> 虽然这家公司的设计师团队仅200人，平均每天却能够生成10,000款新设计。<sup>33</sup>

<sup>30</sup> Soldmatic (2022), 焊接模拟器增强培训与传统培训比较, <https://www.soldmatic.com/>

<sup>31</sup> PSFK (2022), Shein的AI程序大规模匹配当地需求, <https://www.psfk.com/2022/06/sheins-consumer-to-manufacturer-ai-program-matches-local-demand-at-scale.html>

<sup>32</sup> 英国广播公司 (2022), Shein: 神秘Z世代造型中国品牌, <https://www.bbc.com/news/business-59163278>

<sup>33</sup> 卫报 (2022), Shein: 一次性快时尚不可接受的面孔, <https://www.theguardian.com/fashion/2022/apr/10/shein-the-unacceptable-face-of-throwaway-fast-fashion>

我们看到有公司开发了可以让用户通过一句文本提示生成自由形式的数字草图，以及基于草图创建动画的软件。除此之外，人工智能虚拟艺术家AIVA（Artificial Intelligence Virtual Artist）是一名电子作曲家，据说其所创作的音乐通过了图灵测试。随着机器不断获得认知能力，并独立于人类工人做出决策和执行任务，

带来了经典经济理论中“劳动”的重新定义。（进一步讨论见专栏 1）。此外，先前对“资本”的定义也可以扩展到包括数据。其结果是，允许机器支持或接管以前留给人类劳动力的任务，将腾出能力和时间让人类自己参与更具战略性和高价值的任务，包括拥有更多的休闲时间。





## 专栏 1

### 智能经济模糊了资本和劳动力之间的界限

柯布-道格拉斯生产函数是描述生产产出与资本（K）和劳动力（L）的生产投入之间关系的模型，尤其适用于制造业。<sup>1</sup> 函数描述如下：

$$Y = AL^{(\alpha)}K^{(1-\alpha)}$$

在这个公式中，Y是由生产投入要素L和K产生的总产出；A代表全要素生产率（TFP），指由投入水平无关的因素带来的产出变化，如技术进步。

传统意义上，劳动力作为生产投入要素被严格定义为工人数量。从国家层面上讲，这意味生产要素L很大程度上取决于该国的人口趋势。另一方面，非数字经济中的资本传统上仅指现实世界的有形和实物资产，比如机器。然而，在数字经济出现期间，由于互联网和软件被赋予了真实的经济价值，资本的定义不再严格局限于有形资产，这迫使资本的定义发生了转变。劳动力与软件等无形资产相结合，能够产生20世纪20年代首次引入柯布-道格拉斯生产函数时未想到的经济价值。

随着世界向智能经济转型，我们看到我们对全球经济中劳动力和资本的思考又发生了一次质的转变。这是因为机器和资本正在逐渐侵占传统的劳动力角色。过去，这只是工厂所有者在增加机器数量还是工人数量之间进行权衡的问题。但在智能经济中，随着资本可以模拟自然智能，例如日程安排、形成建议、阅读文字和

理解发言，劳动力和资本现在比以往任何时候都更加融合。因为随着资本正扮演着劳动力的角色，两者现在可以在过去无法实现的动态中相互加强，商品生产方式的旧结构和模型方程不再成立。虽然人工智能能够产生洞察和分析供劳动者使用，但反过来劳动力可以指导和培训人工智能以使其输出更符合劳动力需求的结果。资本和技术在智能经济中的作用是通过承担繁重任务的负担，使劳动力能够过渡到更高价值的角色，或为他们提供必要的工具，将生产力提高到新的高度，从而增强劳动力的能力。由于劳动力需要不断地被重新定义，并且劳动力和资本越来越相互依赖，过去劳动力和资本的经典二分法不再适用。



资料来源：

<sup>1</sup> C.Cobb和P.Douglas（1928），生产理论，<https://www.jstor.org/stable/1811556>



### 智能经济将以技术的更大集成为特征，彻底改变生产流程

虽然支持智能经济的一些关键技术已经存在了一段时间，但是它们大多是独立使用的。换句话说，技术之间集成程度尚不成熟（或没有）。随着世界向智能经济过渡，这些技术之间的集成水平将显著提高，从而带来更广泛的生产能力提升。（图3）

例如，在智能经济中，由于技术的发展，采用AI作为单点智能的成本将变得更低。除此之外，集成多种智能系统以获得新的解决方案也正成为一种新兴趋势，这有潜力使得生产效率呈指数级增长。换言之，智能技术的采用和集成的提升可以反映梅特卡夫定律的结论，即网络的价值与系统连接用户数的平方成正比（ $n^2$ ）。<sup>34</sup>

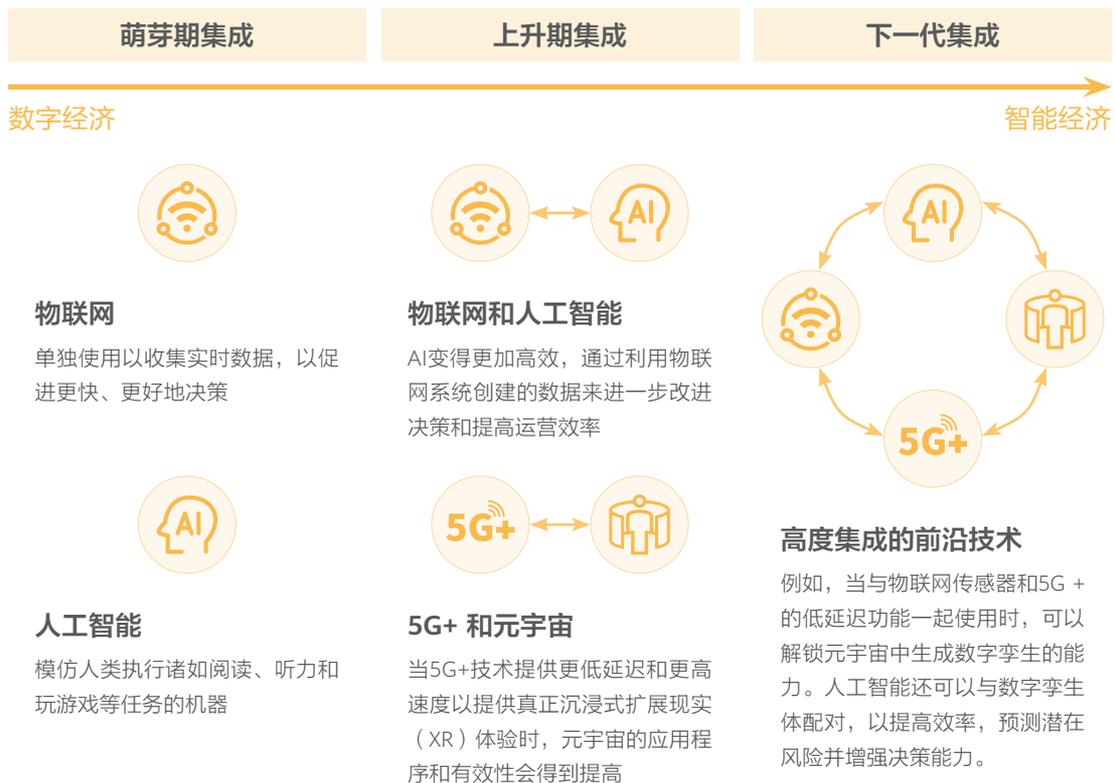


图3 前沿技术的日益集成是智能经济的一个关键特征

<sup>34</sup> C. Shapiro 和H. Varian (1999)，《信息规则：网络经济战略指南》，[https://www.researchgate.net/publication/200167344\\_Information\\_Rules\\_A\\_Strategic\\_Guide\\_to\\_The\\_Network\\_Economy](https://www.researchgate.net/publication/200167344_Information_Rules_A_Strategic_Guide_to_The_Network_Economy)

制造业面临的一个共同挑战是需要准确预测市场需求和经济力量，以便调整生产线，避免产能过剩和库存短缺/积累的问题。然而，智能经济中的技术集成可以实现诸如电子制造的解决方案，以缩短新创意的面市时间（TTM）。一家拥有高度技术集成制造工艺的公司将使其能够快速、低成本地适应小订单和新产品的生产。随着智能经济中越来越多的公司开始采用电子制造，跨企业的产能协作以实现快速产能匹配的也将变得越来越具有可能性。所有这些都将共同显著缩短从概念化到最终产品之间的时间，并使更多的公司能够从规模效益中获益。

产能池化（production capacity pooling）是柔性制造的关键推动要素，也展现了智能经济中资本的价值是如何通过技术的整合大幅提升

的。一个融合了包含物联网和人工智能等多种下一代技术的单一智能系统。<sup>35</sup> 协作机器人本身可以被视为多个协作机器人通过5G+技术的支持相互交互，是多元智能系统相互协同运行的一个典型例子。一家中国领先的浴室配件和汽车配件制造商，引入了64台协作机器人，用于提升其生产流程的效率。<sup>36</sup>

通过利用协作机器人及其相互集成，并调整其功能和布局，该公司成功地将新项目的生产线调配时间从6个月缩短至1周。自部署协作机器人以来，该制造商的产品产量大幅提高，而员工岗位的重新部署也有效地帮助降低了公司的员工流动率。<sup>37</sup> 专栏2提供了另一个例子，以说明技术的整合如何促成独特的解决方案，如自动驾驶汽车，从而为社会带来积极效益。



<sup>35</sup> 优傲机器人（2022），关于优傲机器人，<https://www.universal-robots.com/about-universal-robots/>

<sup>36</sup> Equipment News（2020），协作机器人为质量控制流程开辟新视野，<https://www.equipment-news.com/collaborative-robots-open-new-horizons-in-quality-control-processes/>

<sup>37</sup> 优傲机器人（2022），厦门建霖集团，<https://www.universal-robots.com/case-stories/runner/>



## 专栏 2

### 汽车从非数字经济时代向智能经济的过渡

在非数字经济中，汽车是主要资产（资本）且需要驾驶员（劳动力）才能发挥作用，因此只有依靠劳动力才能操作汽车（例如，如何从A点到B点、转弯时需要转向多少等）。但随着技术在数字经济中的发展，如车辆健康状况、导航建议和安全性等各种信息变得唾手可得。虽然驾驶员仍然对汽车拥有最终控制权，但他的决策得到了他所掌握的数字数据的支持。其结果是驾驶员能够通过选择最佳路线，规避交通拥堵并减少诊断车辆健康状况所花费的时间来缩短行驶时间。

在智能经济中，车辆将逐渐开始执行以前需要人类输入的单一任务，例如保持在车道内或在前车靠近时减速。以上操作通常指驾驶自动化水平中的“1级：辅助驾驶”。然而，当这些技术相互集成时，便能实现“2级：部分驾驶自动化”。最终，当车辆实现完全自动驾驶时，人类将可以在通勤期间完成其他任务，达到“5级：完全自动驾驶”。至此，每天在路上花费大量时间的通勤者将不需要在旅途中占用大量注意力，并将有更多的时间和精力专注于能够产生额外经济价值或个人效用的其他任务。此外，在智能经济中的资本智能不太可能仅停留在解放劳动力这点上，而很可能包括以比人类更高效地执行原本以劳动力为中心的任务的能力。比如，智能车辆之间以及车辆与道路基础设施之间能够相互通信。这为车辆和道路基础设施带来集成通信，从而为交通管理和提升通勤效率开辟新的机会。

随后，未来城市内信息通信技术将不仅局限于“车辆对车辆（V2V）”或者“车辆对基础设施（V2I）”之间，由于城市内数据搜集的途径增多。这些途径还包括公民、发电厂、公用事业、供水系统、废物处置、犯罪侦察、学校、图书馆、医院等。通过从全城多个组成部分收集数据，我们将能够优化城市运营和服务的效率，并创建智慧城市。技术的整合是智能经济的关键组成部分，它将使我们能够最大限度地发挥整体社会效益。



# 第 3 章

## 智能经济背后的关键技术



前沿技术指的是在未来十年有可能大幅扩展、显著颠覆多个行业，并为社会和经济创造重大利益的技术。其中许多技术都被认为是“智能”的，因为它们能够支持我们在生活中更快、更好地做出决定。表1总结了这些前沿技术。虽然其中一些技术如人工智能、物联网等已经存在了一段时间，但其形式和范围都在不断发展。

技术	描述	描述
5G+ 通信技术	5G+ 通信技术提供超低延迟和巨大的网络容量，将所有人和所有事物（包括机器、物品和设备）虚拟连接在一起。5G+ 的开发已经开始，5.5G 和 6G 由于速度更快、延迟更低，可能会提供更多用例。	<ul style="list-style-type: none"> <li>» 车辆对车辆（V2V）和车辆对基础设施（V2I）通信</li> <li>» 远程手术</li> <li>» 企业协作</li> <li>» 家庭娱乐</li> <li>» 应急通信</li> <li>» 智慧城市</li> </ul>
人工智能	人工智能是一系列技术（如机器学习和自然语言处理），它们模仿人类智能来执行诸如解决问题等认知任务。	<ul style="list-style-type: none"> <li>» 工业机器人</li> <li>» 自动驾驶汽车</li> <li>» 预防医学</li> </ul>
下一代交互技术	下一代交互技术可以描述为虚拟空间网络，允许在 3D 沉浸式环境中进行交互。与标准互联网相比，用户可以通过元宇宙中的虚拟形象与他人进行互动。	<ul style="list-style-type: none"> <li>» 沉浸式旅游</li> <li>» 游戏</li> <li>» 房地产</li> <li>» 虚拟广告</li> <li>» 医学教育</li> </ul>
物联网（IoT）	物联网（IoT）是一个嵌入了传感器、软件和其他技术的物理对象网络，目的是通过互联网与其他设备和系统连接和交换数据。	<ul style="list-style-type: none"> <li>» 智能可穿戴设备</li> <li>» 智能家居</li> <li>» 预见性维护</li> </ul>
区块链	区块链是一个共享的、不可变动的账本，有助于在商业网络中记录交易和跟踪资产（有形和无形资产）。	<ul style="list-style-type: none"> <li>» 非同质化代币（NFT）</li> <li>» 分散式金融</li> <li>» 供应链和物流监控</li> <li>» 智能合约</li> </ul>
非数字使能技术	其他非数字相关技术，例如纳米技术、生物技术和绿色技术，是数字技术的补充，以扩大智能经济的可能性。	<ul style="list-style-type: none"> <li>» 纳米材料</li> <li>» 纳米医学</li> <li>» 药物基因组学</li> </ul>

表1：实现智能经济的各种前沿技术综述



## 5G+

5G是第五代移动网络。5G无线技术旨在为更多用户提供更高的多Gbps峰值数据速度、超低延迟、更高的可靠性、更大的网络容量、更高的可用性和更统一的用户体验。5G被用于多种可以改变我们生活的事情，包括为我们提供更快的下载速度、低延迟以及为数十亿设备提供更多的容量和连接，特别是在虚拟现实（VR）、物联网和人工智能（AI）领域。例如，使用5G，您可以获得更优质的体验，包括几乎随访即达的云服务、多玩家云游戏、增强现实购物、实时视频翻译和物联网自动驾驶汽车。<sup>38</sup>

5G的预计采用率与所有前代的网络截然不同。据估计，到2022年，5G连接数量将超过10亿，到2025年将超过20亿，成为全球范围内规模覆盖最快的一代。与3G和4G相比，5G在推出18个月后的移动连接中的占比就超过了5.5%，而3G和4G在同一时间的渗透率均未超过2.2%。到2025年底，5G网络将占移动连接总量的五分之一以上，全球超过五分之二的人口将生活在5G网络覆盖范围内。<sup>39</sup> 此外，业界已经达成共识，在未来10年，网络将从5G发展到5G+（如5.5G和6G），<sup>40</sup> 以改善用户的实时交互体验，增强蜂窝物联网能力，创建更多应用程序。

新一代的通信速度提高了劳动和资本的生产效率，并增加了数据在我们世界的有用性。由于人们检索和处理信息的速度加快，劳动力的能力得到了增强。同时，延迟的减少将使我们能够基于实时数据做出更好的决策。5G+还将帮助资本释放潜力，达到以往无法实现的相互通信的速度，提高现有机器的生产效率。此外，5G+作为一个推动者将导致新资本的产生，比如之前被认为由于延迟问题而无法使用的数据。一个例子是元宇宙中的数字孪生，它可以作为现实世界的预测工具。

随着工厂里越来越多的互联设备，5G+可以在人与机器之间提供高效、快速的通信。5G+实现的更高传感器密度将优化生产计划，降低维护成本，增强物流管理，提高现有劳动力和资本的生产效率。5G+连接的另一个应用是智能交通。5G+支持的车辆对基础设施（V2I）和车辆对车辆（V2V）通信将发挥关键作用，使车辆能够借助车辆和基础设施共享的视频信息，感知视线以外的障碍物。交通效率的提高有助于减少碰撞事件的发生，进而改善经济中的劳动力供应情况。

<sup>38</sup> 高通（2022），您需要了解的有关5G的一切，<https://www.qualcomm.com/5g/what-is-5g>

<sup>39</sup> 全球移动通信系统协会（2022），移动势头：2022年5G连接数量将超过10亿，<https://www.gsma.com/futurenetworks/latest-news/mobile-momentum-5g-connections-to-surpass-1-billion-in-2022-says-gsma/#:~:text=Latest%20News%20%7C%20mmWave-,According%20to%20the%20GSMA%2C%205G%20connections%20will%20surpass%201%20billion,Report%202022%20from%20the%20GSMA.>

<sup>40</sup> 华为（2021），《智能世界2030》，[https://www-file.huawei.com/-/media/CORP2020/pdf/giv/Intelligent\\_World\\_2030\\_en.pdf](https://www-file.huawei.com/-/media/CORP2020/pdf/giv/Intelligent_World_2030_en.pdf)



## 人工智能

人工智能是通过机器，尤其是计算机系统，对人类智能过程的模拟。这意味着，随着机器越来越能够承担人类的任务，在智能经济中，劳动力和资本的融合将有所增加，随着它们的相互作用，生产效率将提高到新的水平。这与人工智能将产生的许多新岗位是一致的，如同精心训练师、透明度分析师和机器经济师，他们分别属于人工智能的训练师、解释者和维持者类别。<sup>41</sup> 对于人类来说，他们工作中许多难以猜测或不确定的方面都可以通过机器学习来解决，使他们能够更有效地利用时间。人工智能的发明本身可以被视为一种新的资本形式，因为它具有内在价值，并且本身就具有生产力。此外，由于人工智能能够与人类一起工作并协助他们完成各种任务，这应该会为更多的劳动力腾出时间，让他们参与其他经济活动或休闲和休息等高效用活动。

人工智能有三种形式：狭义人工智能（ANI）、通用人工智能（AGI）和超级人工智能（ASI）。ANI主要专注于单一任务，是目前人工智能的主要形式。AGI技术将使机器能够像人类一样理解世界，并具有学习如何执行大量任务的能力。ASI指的是与人类思维相匹配并超越人类思维的人工智能技术。要被归类为ASI，该技术必须在所有可能的方面都比人类更有能

力。用神经形态计算对人脑进行完全建模的研究已经开始，这是一种根据人脑和神经系统的原理对计算机硬件和软件进行建模的方法。

随着各行各业采用率增加，人工智能已经渗透到了行业和人类生活的各个方面。特别是新型冠状病毒肺炎加速了人工智能在医疗行业的应用，远程医疗、医疗机器人和病理学辅助诊断的使用帮助临床医生在疫情期间履行各种职能。例如，在新型冠状病毒肺炎防控阶段，开发了可以识别人群中“无症状感染者”和“超级传播者”的机器学习算法。<sup>42</sup> 此外，研究人员正越来越多地尝试将基因组测序与人工智能相结合，以便更早地检测潜在疾病，了解某种癌症在患者体内的进展情况，并识别致病基因组变异。<sup>43</sup>

人工智能也改变了工厂生产商品的方式。智能工厂可以在工厂运营规划中提供价值，而智能机器可以自动化生产过程，并通过预测性维护减少停机时间。人工智能机器人可以使用机器学习算法自动执行工厂车间的某些决策过程和日常任务。

人工智能还具有应对气候变化的能力，从人工智能在减排领域的应用，到帮助我们加强适应气候变化的能力。人工智能可以使组织通过分析排放数据来监测其碳足迹。他们还可以使用

<sup>41</sup> 麻省理工斯隆管理评论（2017），人工智能将创造的工作， <https://sloanreview.mit.edu/article/will-ai-create-as-many-jobs-as-it-eliminates/>

<sup>42</sup> 科技纵览（2021），人工智能预测新冠肺炎无症状感染者——机器学习识别超级传播者，并在移动人群中就对传染源进行排序， <https://spectrum.ieee.org/ai-predicts-asymptomatic-carriers-of-covid19>

<sup>43</sup> 美国国家人类基因组研究所，人工智能、机器学习和基因组学， <https://www.genome.gov/about-genomics/educational-resources/fact-sheets/artificial-intelligence-machine-learning-and-genomics>

预测性人工智能工具去预测未来的排放量，从而设定碳足迹目标并优化运营。埃克森美孚（ExxonMobil）通过部署在各地的传感器收集了大量的数据，并使用人工智能对这些数据进行分类。人工智能还可以通过安装传感器和处理数百万张卫星图像来识别非法森林活动，从而提高森林监测的准确性。一些创新还包括预测森林砍伐，并与地方政府和机构合作采取

预防措施。PrevisIA使用人工智能分析卫星图像，并通过算法找到最容易发生森林砍伐的地区。通过图像处理森林模型，该工具可以识别非官方道路（预测未来森林砍伐的主要指标之一），并模拟未来的场景，在森林火灾等雨林损失事件发生之前阻止它们。该工具最近发现了近1万平方公里的巴西亚马孙地区正面临迫在眉睫的危险。



## 下一代交互技术

交互技术分为输出技术和输入技术。输出技术包括头戴式显示器、触觉、痛觉、嗅觉，甚至是直接神经信息传输和其他将电信号转换至人体感官的技术；输入技术包括微型摄像头、位置传感器、力量传感器和速度传感器。复合的交互技术还包括各类脑机接口，这也是交互技术的终极发展方向。<sup>44</sup> 由埃隆·马斯克（Elon Musk）共同创立的Neuralink是一家脑机接口公司，该公司声称已经能够通过植入猴子大脑蓝牙芯片，让猴子玩一款简单的电脑游戏Pong。交互技术的发展是元宇宙发展的关键驱动因素。元宇宙被定义为用户可以在线交互的虚拟现实空间，它正在演变成一个日益庞大和丰富的生态系统，包括元宇宙网关、平台和数字基础设施。此外，它还包含了各种各样的服务提供商，以增强客户在身份识别、社交、游戏和经济服务方面的体验。<sup>45</sup> 这是一种全新的沉浸式互联网。人们无需在电脑上查看数字内容，而是戴上虚拟现实头盔在3D环境中移动。

随着交互技术的日益突显，它可以被视为一种新的资本形式，与非数字经济中的机器截然不同。通过创建一个完全虚拟的空间，企业可以利用这种新的资本形式为客户提供价值。相反，对于劳动力来说，他们的价值得到提升，因为通过交互技术接受虚拟服务可以节省大量的时间，省去了从一个地方去到另一个地方的需要。此外，使用交互技术具有提高劳动力的能力的巨大潜力，因为以前由于距离遥远而无法交付的许多任务或服务已不再面临这种障碍。事实上，通过虚拟世界，人们甚至可以在现实世界执行抉择之前，预先试验各种选项。在智能经济中，由于交互技术创造了新的可能性，劳动力和资本将比以往任何时候都更加融洽。

企业已经开始探索虚拟空间在其运营中可能的应用范围，以及该技术对商业模式和价值主张的潜在影响。例如，交互技术为游戏和娱乐产业提供了巨大的变革潜力。在早期的沉浸式游戏《模拟城市》（Sim City）、《我的世界》

<sup>44</sup> INF（2022），支撑“元宇宙”的六大技术支柱BIGANT，<https://inf.news/en/tech/aa014e2124875cc39dc4df026886f03a.html>

<sup>45</sup> 房地产、广告、零售、时尚等

(Minecraft) 和《第二人生》(Second Life) 中已经出现了一些元宇宙概念, 如3D化身和世界建设。罗布乐思(Roblox) 是一个集游戏和元宇宙体验于一体的领先元宇宙玩家, 日活跃用户数从2020年的3,260万增长到2021年的近5,000万。<sup>46</sup> 游戏公司也有机会通过举办音乐会、虚拟商品货币化和品牌广告交易来开辟新的收入来源。在疫情期间, 对现场娱乐的限制为虚拟形式铺平了道路。例如, 梦龙乐队(Imagine Dragons)、爱莉安娜·格兰德(Ariana Grande) 等几位艺术家都举办了他们的首次虚拟现实演唱会。

此外, 下一代交互技术的优势也延伸到了医疗领域。例如, Level Ex等公司开发的医疗视频游戏, 旨在提高内科医生和外科医生的临床技能。Level Ex还帮助NASA建立了未来宇航员医疗培训的框架。通过元宇宙, 相隔千里的两个人可以共同进行虚拟手术。未来, 从空间计算技术到视频会议的一切技术进步, 以及5G+较低的延迟, 都将使虚拟手术能够与真实手术同时在手术室内进行。医院甚至可以使用数字孪生来确定外科医生在手术中应该使用的最佳技术或角度。<sup>47</sup>



## 物联网 (IoT)

物联网是一个术语, 描述了我们与世界共享的日益复杂的在线连接设备生态系统。如今, 我们在家、办公室、工厂或身上使用的许多设备都可以进行数字连接, 因此称为“物联网”。联网事物的数量已经超过了联网人数。过去十年, 全球物联网连接数量以每年10%的速度增长。到2030年, 物联网连接数量的增速预计将比互联网用户增速快10倍以上。<sup>48</sup>

物联网释放了现有资本存量的潜力, 通过连接到互联网来提高它们的生产效率。它允许它们的集体生产力作为一个整体得到提高, 由于现

在它们获得了相互交换信息的能力。然而, 通过物联网的使用, 劳动生产率也得到了提高。这是因为他们现在可以访问以前无法获取的数据。物联网带来的实时数据涌入将使劳动者能够做出更好的决策, 同时也能更好地理解周围的世界。

自其发展以来, 这一概念经历了巨大的转变, 连接已从为互联网设计的设备(如手机和计算机), 发展到诸如车辆、空调、洗衣机、可穿戴设备和家用机器人等对象。2019年, 物联网设备生成的数据量约为18泽字节, 到2025年, IDC预计这一数字将增加三倍以上, 超过73 泽字节。与十年前相比, 最后一英里连接的改

<sup>46</sup> 福布斯(2022), 五个将被元宇宙改变的行业, <https://www.forbes.com/sites/forbestechcouncil/2022/03/22/five-industries-that-will-be-transformed-by-the-metaverse/?sh=290a56424e40>

<sup>47</sup> 创新者(2022), 元宇宙将如何改变商业运作方式, <https://theinnovator.news/how-the-metaverse-might-change-the-way-businesses-operate/>

<sup>48</sup> 华为(2021), 《智能世界2030》, [https://www-file.huawei.com/-/media/CORP2020/pdf/gjv/Intelligent\\_World\\_2030\\_en.pdf](https://www-file.huawei.com/-/media/CORP2020/pdf/gjv/Intelligent_World_2030_en.pdf)

进、更便宜的传感器、低功耗技术的可用性和持久耐用电池使物联网解决方案更具有相关性和经济性。<sup>49</sup>

智能手表等可穿戴技术在物联网领域及诸多的商业领域都具有巨大潜力。考虑到许多智能手表和可穿戴设备都集成了健康和健身监测选项，以健身和生活方式为基础的企业将发现这一趋势尤其有益。随着可穿戴物联网设备可用于预防和监测心脏病发作、高血压和哮喘，医疗保健行业也有望利用这一日益增长的趋势。与人工智能一起，物联网还可以用于分析患者数据、遗传信息和血液样本，以开发新的药物。

物联网对制造业也有巨大的影响。智能工厂和物流工厂的自动化程度正变得越来越高，机器人和物联网基础设施“即服务”的可用性越来越高，这意味着更多的小型公司将能够利用新的机会。物联网技术包括安装在机械上的传感器，以便测量性能并实现预测性维护——在失效与故障发生之前预测其发生的位置，从而更有效地更换和修复故障设备。物联网工具还涵盖了新兴的增材制造技术领域，如3D打印，这将提供越来越多的创新方式来构建和创造产品，并允许更高水平的定制和个性化，同时还能最大限度地减少浪费。



<sup>49</sup> 德勤（2020），《互联世界的兴起》，[https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/in/Documents/technology-media-telecommunications/in-tmt-IoT\\_TheRiseoftheconnectedworld-28aug-noexp.pdf](https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/in/Documents/technology-media-telecommunications/in-tmt-IoT_TheRiseoftheconnectedworld-28aug-noexp.pdf)



## 专栏 3

### 元宇宙和新的工作方式

随着疫情期间远程工作的转变，保持员工的参与度已成为一项关键挑战。据报道，通过视频通话开会会让员工感到与团队隔绝和脱节，导致公司倾向于使用基于元宇宙的平台，以提高团队参与度和协作能力。NextMeet设计了一个全新的沉浸式平台，员工的数字化身可以在虚拟办公室中实时工作，从而提高同事之间的互动质量。此外，元宇宙中的同事不仅包括现实世界同事的物理化身，还将包括人工智能驱动

的类人机器人。这些机器人将有能力与我们一起工作，执行更繁琐和例行的任务，以释放劳动力从事更多增值任务。

通过缩短获取新技能所需的时间，虚拟世界内的培训和技能发展也将发生革命性变化。与传统的课堂式培训相比，由人工智能技术支持的数字教练可能具有重要优势，因为它可以使用3D对概念进行可视化的演示。





## 区块链

区块链于2009年首次出现，是一种可用于记录和存储交易的数字账本技术。这一概念最初起源于加密货币，但随着技术的进步，现已在多个行业中得到应用，从供应链到零售再到医疗保健。区块链技术正在改变开展业务的本质，并帮助企业重新定义如何管理有形资产和数字资产。使用区块链系统可以更好地追踪有形资产，而不可复制的数字资产，如非同质化代币（NFT）（见专栏4），正在改变我们在现实世界中思考资本的方式。

银行和金融业率先采用区块链技术。它通过实现更快的跨境支付、更高的透明度和降低成本，正在彻底改变数字银行和商业的运作方式。区块链将所有相关方置于一个共同的数字化基础设施中，从而能够更有效地执行交易并减少欺诈。在区块链上可以存储KYC声明，同时也允许银行访问客户信息并执行尽职调查。区块链网络中每个参与者的唯一数字身份有助于简化身份验证过程，从而降低运营成本。

区块链发挥巨大潜力的另一个领域是供应链效率。通过可用的分散信息帮助参与者记录和访问相关细节，如价格、日期、地点、质量和认证，实现了材料供应链的端到端追踪。例如，汽车制造商在生产了故障汽车后，要承担召回和维修的巨大成本。然而，通过使用区块链更有效地追踪故障部件的供应商，他们能够更好地控制问题，减少时间和劳动力成本。

区块链提供的另一个重要的服务是智能合约。智能合约是存储在区块链上的程序，在满足预定义条件时运行。它们可以通过自动执行其条款和条件来自动化、计算和安排付款。当履行义务时，这些合约可以立即执行，从而节省时间，消除中介，并允许多方基于共识的验证。





## 非数字使能技术

需要注意的是，智能经济中还有其他和信息与通信技术无关的技术，可以帮助实现前一章所概述的目标。纳米技术被定义为对至少一维尺寸为1至100纳米的物质的操作处理。纳米技术可以用来对抗癌细胞，或者制造寿命延长10倍的电池。<sup>50</sup> 生物技术被定义为自然科学和工程科学的结合，在医疗保健行业（如干细胞研究）和农业（如转基因生物）中发现了许多

使用案例。<sup>51</sup> 最后，绿色技术被定义为保护世界自然资源和减轻人类活动对环境的负面影响的使用技术，如第一章所述，它在解决全球经济最紧迫的环境问题方面具有巨大潜力。科学家利用人工智能的力量开发了一种神经算子架构，可以模拟碳储存期间的压力水平，帮助科学家在碳封存期间找到最佳注入速率和位置。<sup>52</sup> 尽管这些例子并非严格来源于信息与通信技术领域，但重要的是要证明它们在与数字技术结合使用时如何为智能经济做出贡献。



<sup>50</sup> 伊比德罗拉（2022），纳米技术：大问题的小解决方案，<https://www.iberdrola.com/innovation/nanotechnology-applications>

<sup>51</sup> 大英百科全书（2022），生物技术的应用，<https://www.britannica.com/technology/biotechnology/Applications-of-biotechnology>

<sup>52</sup> Wen等人（2022），U-FNO ——一种基于增强傅立叶神经算子的多相流深度学习模型，<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0309170822000562>



## 专栏 4

### 非同质化代币 (NFT) 占据了新闻头条

非同质化代币 (NFT) 或独特的区块链支持的数字资产, 由于其在收藏品、艺术和体育领域的日益普及和估值飙升, 最近占据了诸多新闻头条。销售额从2018年的4,100万美元增长到2021年的110亿美元, 增长了近60倍。

NFT在2021年开始吸引主流注意力, 当时佳士得拍卖行 (Christie's Auction House) 举办了第一次基于数字的NFT拍卖会——艺术家贝普尔 (Beeple) 的一件名为《每一天: 前5000天》的作品。在那次拍卖中, 他们创造了两个第一: 他们卖出了历史上最昂贵的数字艺术品 (成交价为6,930万美元), 并成为第一家接受加密货币支付的拍卖行。通过同时向客户验证一种新的艺术形式和一种数字货币, 该拍卖行成为了在纯数字世界中塑造商业运作方式的领导者——这是一个他们已经加倍关注的未来。在首次拍卖仅一年后, 佳士得的NFT销售额现已突破1亿美元。

#### NFT是如何工作的?

NFT是存在于区块链上的独特的且防篡改的数字资产, 用于证明所有权和真实性。它们可以在线买卖, 通常使用加密货币。区块链的不可变性赋予了NFT价值。使用NFT, 每一笔交易, 尤其是涉及所有权的交易, 都会在区块链上记录和验证。这使得NFT能够在许多领域中应用, 例如游戏和元宇宙中的数字资产所有权, 以及门票和现实世界的艺术品认证。

#### 目前使用NFT的领域:

**游戏:** 2017年, 一款新的视频游戏CryptoKitties开始流行, 它允许用户收集、繁育和出售NFT小猫。像Axie Infinity和Blankos Block Party这

样的游戏正在掀起一股“边玩边赚”(P2E)模式的浪潮, 这种模式允许玩家在获得潜在的有价值的游戏内部资产(如皮肤、卡片或特定类型的加密货币)时赚取真金白银。Axie平台交易额超过35亿美元, 是世界上最有价值的NFT项目之一。

**元宇宙:** 作为证明虚拟空间中身份和数字资产所有权的安全方法, NFT在元宇宙中也被证明是有用的。领先的元宇宙公司Decentraland和Sandbox正在使用NFT标记从用户名到游戏内可穿戴设备再到房地产的一切内容。

**门票:** 将门票创建成NFT可以更好地控制门票转售市场, 确保门票存储更安全, 并为门票被视为数字收藏品提供了机会。莱昂国王 (Kings of Leon) 出售的NFT使买家在巡演中有权终身享有前排的座位。Coinbase在纽约州长舞会音乐节 (the Governors Ball Music Festival) 上提供免费的NFT作为商品, 允许用户进入VIP休息室。

**艺术和收藏品:** NFT正在通过改变艺术交易的方式来颠覆艺术界。通过数字化他们的艺术, 艺术家可以通过使用区块链技术认证他们的作品来获得更大的利润。NFT可以代表多种类型的作品, 如绘画、模因、动图、音乐、视频等。例如, 推特 (Twitter) 首席执行官杰克·多尔西 (Jack Dorsey) 出售了他于2006年3月推特发布当天发布的第一条推文, 这条推文以NFT的形式拍卖, 最终以接近300万美元的价格出售。我们看到近年来涌现了许多买卖NFT的平台, 如Top Shot, 一个用于购买、出售和交易NBA时刻视频的NFT市场, 以及无聊猿游艇俱乐部 (Bored Ape Yacht Club), 截至2022年, 它已经通过出售卡通猿图片获得了超过10亿美元的收入, 这些图片被贾斯汀·比伯 (Justin Bieber)、帕丽斯·希尔顿 (Paris Hilton) 和麦当娜 (Madonna) 等人购买。

# 第 4 章

## 量化智能经济 的价值





## 到2030年，智能经济的价值可达到18.8万亿美元

智能经济有潜力在许多行业产生广泛的价值。这些价值通常无法通过传统的经济核算方法进行估计，例如国内生产总值（GDP）。国内生产总值（GDP）仅测量经济中商品和服务的货币价值，但不考虑更广泛的外部性价值，例如社会和环境效益。<sup>53</sup>本研究试图通过三方面的影响来源捕捉这些益处的价值：

- i. 生产力的提高，即由于应用和使用新一代技术，全球经济所产生的增量增长。
- ii. 社会福祉的提升，使用新一代技术在时间节省、健康和安全以及社会包容性方面具有积极的外部效应。
- iii. 环境效益的增加，企业通过技术实现的脱碳应用所创造的碳税减免价值。

智能经济有潜力为全球经济创造重大价值。据估计，到2030年，智能经济的总价值可达到18.8万亿美元（图4和5），占全球经济的16.9%以上。<sup>54</sup> 2020至2030年，智能经济预计将以18.0%的年复合增长率增长，高于非数字经济和数字经济分别预计的2.3%和6.1%年复合增长率。未来，各国对前沿技术采用的速度和程度将决定其享受智能经济利益的速度。随着未来可能会发现更多的使用案例和应用程序，智能经济未来的实际价值可能会大于本研究中估计的价值。未来，通往更大、更高效的智能经济之路无疑需要更多的资本投资将涌入到所有行业的前沿技术中，同时为这些技术应用的蓬勃发展创造有利的监管和商业环境。

**到2030年，智能经济的总价值可达到18.8万亿美元，占全球经济的16.9%**

<sup>53</sup> 例如：在生活标准上：更优质的健康服务、更安全的生活、更广泛的受教育机会、更良好的工作条件、防止犯罪与安全、更令人满意的休闲生活等，无法单纯用GDP来衡量一个环境的健康与可持续水平。

<sup>54</sup> 本报告中的所有数字都是以2015年为基准年的实际数字。

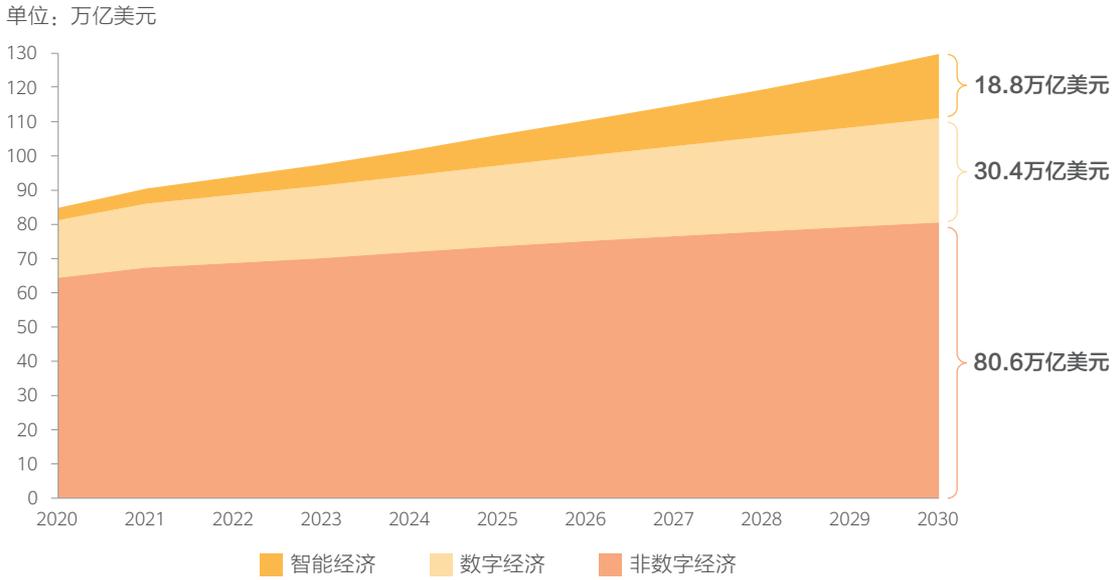


图4 到2030年，智能经济可额外产生18.8万亿美元的价值

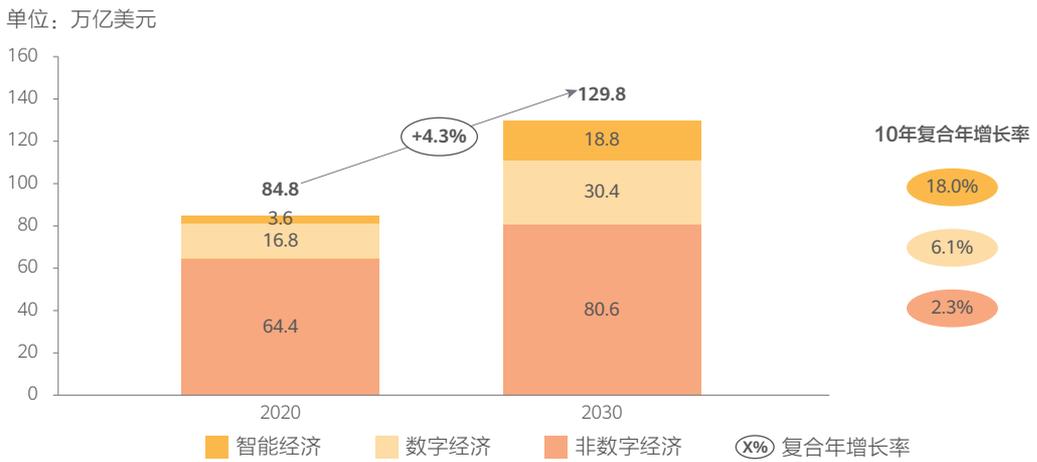
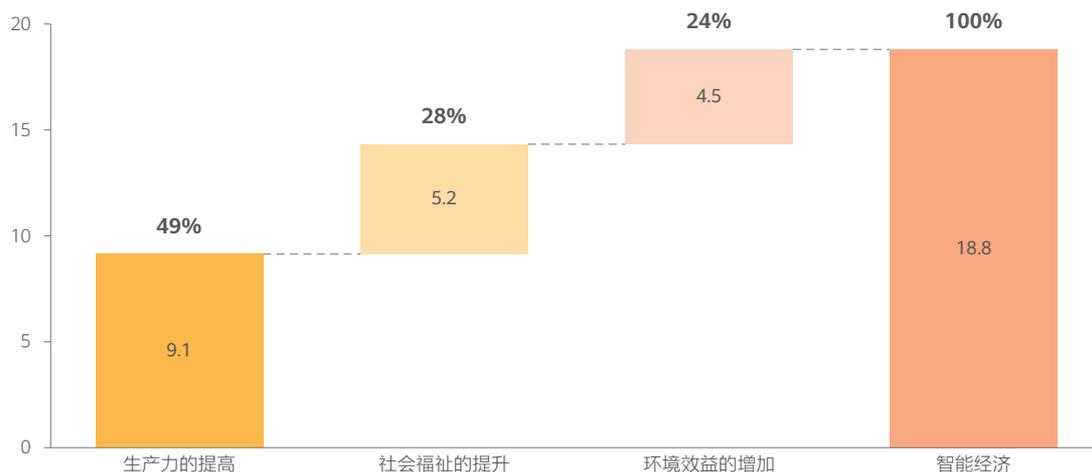


图5 智能经济增速预计将高于数字经济以及非数字经济

从细分的三个影响来源来看，生产力提高所带来的潜在价值最大，预计约为9.1万亿美元；社会福祉的提升可带来5.2万亿美元的价值，最后

是环境效益的增加，预计价值约为4.5万亿美元（图6）

单位：万亿美元<sup>1</sup>



<sup>1</sup> 由于四舍五入的缘故，其合计数未必与总计数相等

资料来源：华为、安永分析

图6 生产力的提升可能成为2030年智能经济价值最大贡献者



## 到2030年生产力提高的价值预计可达到9.1万亿美元

首先，各行业可以通过应用前沿技术提高生产率。这些将对全球经济产生的积极影响，同时跨行业所产生的影响及乘数可使用一般均衡模型进行估计（详见附录）。如前文所述，自1990年代末以来，发达经济体的劳动生产率增长普遍放缓。这一下降趋势始于全球金融危机之后，而新冠肺炎大流行造成的破坏进一步加剧了这一趋势。

智能经济有潜力通过让劳动力专注于更高价值的技能和能力，如创造力、问题解决能力和交际能力，从而帮助经济体解决生产率下降的问

题。这些益处的很大一部分将不是来自取代现有劳动力和资本，而是来自使其能够更有效地得到使用。对选定行业的生产力影响的一些示例包括：

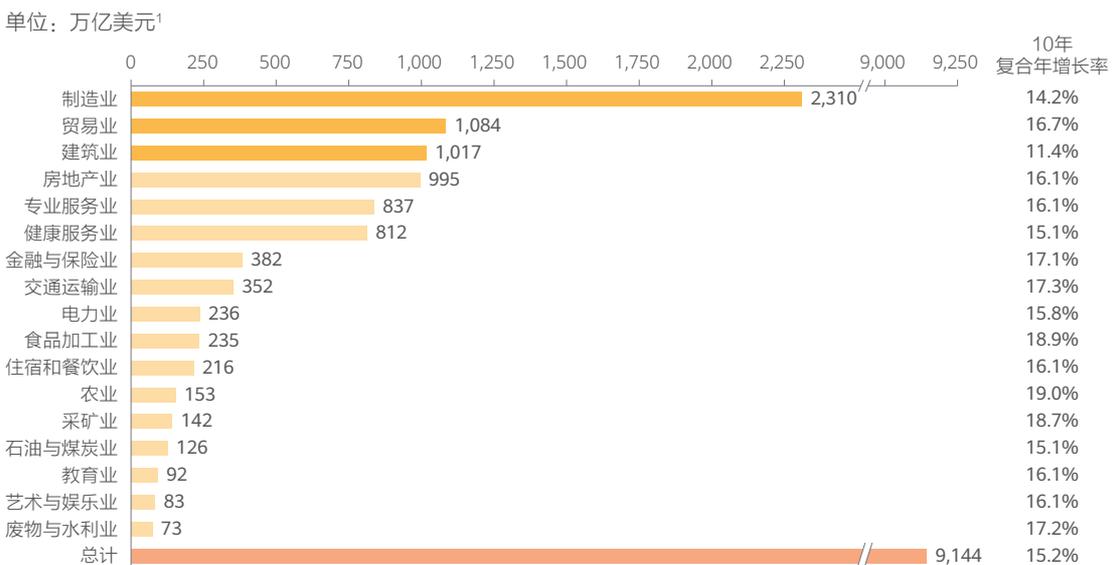
2030年生产力提高所带来的潜在价值预计可达到**9.1万亿美元**—制造业将获得最大收益（**2.3万亿美元**）

- **制造业**：制造商可以在工厂的设计阶段使用人工智能来优化流程，以实现最大的投资回报。此外，物联网为预测性维护打开了大门，减少了机器停机时间，并最大限度地提高了机器生产率。

- **医疗保健业：**物联网、5G+、植入式诊断设备和可穿戴设备使医疗服务提供商能够在家庭环境中接触到患者，从而为他们节省了前往医生办公室和医院所可能产生的昂贵行程花费；同时，也使得医疗服务提供商在医院便能准确评估患者的当前状况并确定最佳治疗方案。
- **零售业：**零售商可以将摄像机中的人工智能和RFID技术结合起来，创造一种完全自主的购物体验，在这种体验中，客户只需“即拿即走”，跳过排队，并在其设备上以数字方式接收收据。这项技术的使用还将使零售商更好地了解购物习惯，并改进特定物品的货架空间排布与选择。
- **金融服务业：**金融机构可以利用量子计算

分析大型或非结构化数据集，从而做出更好的决策并改进客户服务，例如提供更及时或更相关的服务（例如，基于浏览历史的抵押贷款）。

图7突出了按行业划分的智能经济潜在生产力收益的价值。制造业、贸易业和建筑业的潜在收益最高，制造业可获得超过2.3万亿美元的生产力收益。制造业在智能经济中的生产力受益最大的原因是基于现有研究有大量适用于该行业的使用案例和应用程序。其中许多先进和智能的技术解决方案尚未在全球范围内的所有制造流程中得到充分利用和采用，特别是在发展中经济体的制造工厂中。建筑业也是智能经济的主要受益者（预计超过1万亿美元），具体细节见下方专栏5。



<sup>1</sup> 由于四舍五入的缘故，其合计数未必与总计数相等

资料来源：华为、安永分析

图7 制造业、贸易业和建筑业可在智能经济中获得最大的生产力提升



## 专栏 5

### 建筑业可以通过部署前沿技术获得显著收益

建筑业包括房地产、基础设施和工业建筑，是全球经济中规模最大的行业之一，占全球GDP的13%。但该行业一直受到生产率增长放缓的制约。一项研究指出，过去20年来，该行业的劳动生产率年均增长率仅为1%，仅为总经济平均增速水平的三分之一。<sup>1</sup> 该行业在利用前沿技术克服挑战方面具有巨大潜力，例如用工安全、劳动力短缺以及成本和进度超支等。然而，该行业并不以有效利用数据或使用尖端分析做出明智的商业决策而闻名。技术可以有助于在设计、招标、融资、采购、施工、运营、资产管理和商业模式转型等领域为建筑活动增值。

数字技术正在促进更好的协作，并使得决策朝着更加数据驱动的方向转变。因此，许多公司在其整个组织中采用了5-D建筑信息模型（BIM）、高级分析、数字采购和供应链管理。其中一些产品包括：

- **数字孪生：**通过数字孪生产生的节约潜力巨大，从产品开发延伸到整个产品生命周期。例如，它可以用于问题诊断和预测性维护，与当今使用的劳动密集型流程相比，可大大降低成本。基于人工智能的工具可以通过将建筑信息模型（BIM）云中的建筑数字孪生模型与实际建筑形态进行比较，来检测施工过程中可能出现的差异、延迟和变化。
- **无人机测量：**配备光学摄像头的无人机和地面车辆可以进行监测活动，特别是在不安全或无法进入的区域。地理信息系统（GIS）、无人机（Drones）和地理空间人工智能（GeoAI）显著减少了收集工作现场

的精确测量地图和航拍图像所需的时间。

- **精确任务调度和预测：**通过实时收集站点数据，人工智能可以通过考虑天气条件、工人技能水平和潜在中断因素，实现更精确的资源分配并减少闲置时间。
- **自动施工设备：**一些公司正在提供自动驾驶的施工机械，如自动推土机和铺砖机器人，可以节省时间并提高效率。
- **加强施工现场的安全：**事故是造成施工延误和成本超支的主要原因。通过将人工智能的计算机视觉能力与施工现场的摄像头相结合，可大大降低风险并减少事故数量。
- **民用信息建模：**现在使用3D软件对项目建模，而不是开发2D图形。这使得用户可以沉浸在已完成的项目中，并在开始任何施工之前评估模型。

案例研究：拉森特博洛集团（L&T）对其价值100亿美元的建筑业务进行了现代化改造

经过四年的努力，拉森特博洛集团（L&T）的工程和建筑业务正在从有效执行、范围全面的数据战略中获益。450个工作地点的10,700多台机器已经连接，员工通过培训来充分了解通过各种技术创建的项目的实时分析，如人工智能、物联网、VR/AR、机器人流程自动化和网络安全。通过实施VR沉浸式培训、使用移动应用程序进行合规处理以及使用传感器和信标，工作场所的安全性得到了极大改善。此外，现在项目的每个组成部分都可被测量，从而提高设备燃油效率25%，提高工人生产率15%，提升工厂和机械生产率和利用率10%。<sup>2</sup>

资料来源：

<sup>1</sup> 麦肯锡（2020），《建筑业的下一个新常态》，<https://www.mckinsey.com/business-functions/operations/our-insights/the-next-normal-in-construction-how-disruption-is-reshaping-the-worlds-largest-ecosystem>

<sup>2</sup> 哈佛商业评论（2020），《从零开始构建数据驱动文化》，<https://hbr.org/2020/02/building-a-data-driven-culture-from-the-ground-up>



## 到2030年社会福祉的提升可带来5.2万亿美元的价值

除生产力的提高外，使用上述新一代技术可做出更快的决策和更准确的预测，可产生的社会效益包括：时间节省、提高健康和安全性以及改善社会包容性等。为了从全球的视角来充分理解上述影响，在下文将使用案例研究的方法进行探究。社会福祉的提升通过三个关键视角进行评估：i) 时间节省；ii) 提高健康和安全性；以及 iii) 改善社会包容性。

### i. 时间节省

智能经济提供了多种应用程序，可以节省个人的时间，并将节省的时间用于工作或休闲。例如，无人驾驶车辆的使用预计将带来众多益处，例如减少交通拥堵的规模、节省通勤时间。一项基于调查的关于自动驾驶汽车潜在影响的研究估计，从长远来看，到2050年，自动驾驶汽车每天可以为驾驶者节省出50分钟的自由时间，驾驶者可将这些节省的行程时间用于工作、放松休息或娱乐。

### ii. 提高健康和安全性

近年来，在创新型警察服务、连接部队与公民以及增强公民监督服务等领域，出于安全目的

使用人工智能应用程序的情况越来越多。许多城市正在投资开发智能解决方案，如实时犯罪地图、人群管理、枪击检测和无人机监控系统，以确保公共安全。一项研究表明，人工智能可以帮助城市将犯罪率降低30%至40%，并将应急服务的响应时间缩短20%至35%。<sup>55</sup> 机器学习和大数据分析也使分析犯罪和恐怖主义数据成为可能，从而能够识别犯罪的模式、相关性和趋势，进而预测和预防犯罪。

### iii. 改善社会包容性

机器学习和人工智能等技术可以使教育、金融服务和招聘流程等系统更具包容性。例如，一份名为《人工智能求职应用》（2020年）的报告认为，正确和负责任地使用信息密集型人工智能搜索工具有可能加快服务流程，定制服务流程，并减轻导致就业歧视的偏见。<sup>56</sup> 通过更优秀、更灵敏的工具和算法，将空缺职位的特征与候选人的技能进行匹配，人工智能求职工具可以更好地将弱势群体纳入劳动力市场。人工智能系统还可以优化求职服务，确保每个人在考虑和申请工作时都能获得平等的机会。

<sup>55</sup> 德勤（2021），《有目标的城市未来》，<https://www2.deloitte.com/global/en/pages/public-sector/articles/urban-future-with-a-purpose/surveillance-and-predictive-policing-through-ai.html>

<sup>56</sup> 美洲开发银行（2022），《人工智能对女性工作生活的影响》，<https://publications.iadb.org/publications/english/document/The-Effects-of-AI-on-the-Working-Lives-of-Women.pdf>



## 量化社会效益的方法

本节侧重于量化传统会计计量方法未涵盖的前沿技术实施带来的社会福祉效益。通过广泛的文献综述，评估了具有可量化社会影响的前沿技术的用例，并将其推广到全球层面。本文对社会影响的大小的评估有许多值得注意之处。首先，文献综述并不详尽，随着技术和采用率的发展，更多/更不同的应用案例将持续出现，从而带来更大潜在的益处。第二，本研究仅涵盖积极的社会影响，由于试图理解净社会影响将带来重大的不确定性，超出本研究的范围。

本研究评估了社会福祉的三个组成部分（进一步细分为12个子领域）。包含的效益是未定价的外部性，并且因应用案例而导致的任何生产效率增量都严格包含在CGE模型中。有关估算方法的更多详细信息，请参见附录。

### 第一部分：时间节省

这是指消费者通过应用前沿技术享受的时间节省价值。下列五个应用最为相关：

- i. **自动驾驶车辆**：由于自动驾驶车辆，人类无需驾驶汽车而所节省的时间的价值。
- ii. **交通管制和维护**：由于使用物联网和数据分析来优化交通管理而减少交通拥堵和等待时间而节省的时间价值。
- iii. **自动结账**：在使用物联网和RFID技术的杂货店购物中，通过自动付款（无需收银员）消除等待时间而节省的时间价值。这尤其适用于使用自助结账机制的商店（如Amazon Go）。

iv. **家务自动化**：由于采用先进的机器人来处理家务而节省了时间，用于参加对个人更有意义的活动所带来的额外的价值。

v. **公共服务交付**：节省的时间价值来自于人工智能和机器学习等技术带来的更高效的政府服务（例如计算和缴纳税款、注册公共服务等）。

### 第二部分：提高健康和安全效益

本部分量化了智能技术应用带来的健康和安全效益的价值，下列五个应用最为相关：

- i. **自动驾驶车辆**：通过使用自动驾驶车辆预防和避免事故等带来的生命损失的价值。
- ii. **犯罪预防**：通过使用物联网和预测分析方法来改进预警系统以预防严重犯罪，从而避免了生命和财产损失的价值以及刑事调查所产生的成本。
- iii. **应急响应时间**：使用嵌入物联网和人工智能的卫星技术来加强自然灾害监测并提高救灾服务的有效调度能力，避免了生命损失、财产损失和医疗成本的价值。
- iv. **患者监护**：通过物联网和高级分析实现的患者监测和健康跟踪应用程序的持续进步（通过减少潜在事故、伤害和提升健康治疗疗效）延长患者寿命的价值。
- v. **工作场所伤害预防**：使用物联网和支持人工智能的应用程序预测和监测潜在事故（例如，监测安全违规行为，如工厂工人未穿戴头盔和

安全背心)，从而避免工作场所的生命损失和伤害的价值。

### 第三部分：改善社会包容性

i. 信贷准入：与依赖申请人申报的数据和征信机构信息的传统方式相比，人工智能技术和大数据分析确定的预测模式可以帮助放款人扩大信贷渠道。这将有助于提高金融包容性，并为没有信用评分的借款人提供更多的信贷机会。

ii. 乡村地区的就业机会：物联网、5G+和人工智能的出现可能会在乡村医疗和农业行业创造新市场，创造新的就业机会，并改善乡村地区服务不足的现状。

到2030年，时间节省、提高健康和安全效益以及改善社会包容性的价值可分别达到**1.5万亿美元、3.2万亿美元和0.4万亿美元**

通过对上述应用方向的量化计算显示，到2030年，智能经济通过提升社会福祉，可产生额外的5.2万亿美元价值（图8）。在这5.2万亿美元中，时间节省、提高健康和安全效益以及改善社会包容性分别占总价值的29%、63%和8%。

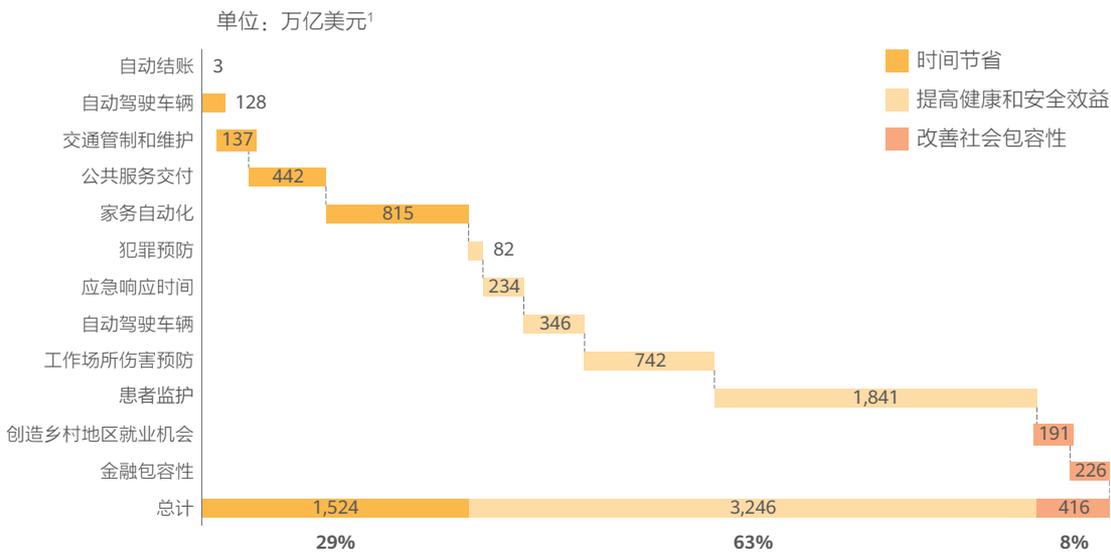


图8 到2030年智能经济可带来5.2万亿美元的社会价值其中提高健康和安全效益带来的价值贡献最大



## 专栏 6

### 家务自动化为劳动力腾出时间

新冠肺炎疫情给个人和企业的经营方式带来了重大变化。对于全球许多员工来说，在家工作已经成为一种可行的选择，并正在成为一种新的常态。然而，这种变化导致工作和个人空间之间的界限变得越来越模糊。烹饪和清洁等事务会分散员工的注意力，并可能会影响他们的工作效率。如果这些事务可以通过自动化完成，员工可以腾出大量的时间来更专注于更加高效的工作。

一项研究预测到2040年，90%的日常家务——包括除尘、洗衣和洗碗——可能会通过应用人工智能和先进机器人实现自动化。<sup>1</sup> 这将使人们每天节省近两个小时，相当于一年节省33天以上。通过结合有关家用机器人市场增长率的信息，以及对使用人工智能机器人的家庭数量的预测，本研究预测到2030年，家务自动化将节省740亿小时的总价值，这些时间可用于工作或休闲（详见附录）。该研究还强调了一些技术在家务自动化中的应用：

- **家用机器人：**在制造、航空、医疗保健等行业中机器人的使用已经取得了进展。但据预测，家用机器人不久将也能够完成家务，如折叠衣物、更换床单和移动家具。
- **洗衣管理：**智能机器可以感知不同类型面料（工作服、校服、亚麻布衣服、牛仔服）的“脏”的程度，并相应设置洗涤和烘干速度。此外，智能衣柜和橱柜可以使用物联网

驱动的应用程序和射频识别（RFID）技术来管理服装和装束调度。

- **机器人吸尘器：**机器人吸尘器将提供无噪音清洁和自主清洁，并使用专门的映射算法来检测障碍物。机器人吸尘器由语音命令和集成AI助手控制。
- **微型无人机：**据预测，微型无人机可用于完成诸如给植物浇水和监控房屋周围安全等任务。这些无人机将配备灯光、声音、摄像头、麦克风、传感器和机械臂。
- **人工智能管家：**人工智能管家被想象为Siri或Alexa的超级高端版本，AI管家将协助日常生活的任务管理，例如支付账单、管理订阅和购物。人工智能管家还可能扮演教师或培训师的角色。
- **反向微波炉：**在设计构想中，反向微波炉可以立即冷却物体。
- **超智能冰箱：**超智能冰箱能够了解用户的饮食，并在库存不足时协助重新订购。此外，超智能冰箱还可以根据冰箱里的食材及其保质期向用户推荐食谱。由于冰箱内置摄像头，用户可以在任何地方从手机上看到冰箱里的东西。

资料来源：

<sup>1</sup> M. Dohler and I. Pearson (2020), 《关于生活自动化提升的报告》, [https://www.comparethemarket.com/globalassets/simples-lab/new-simples-lab-march-2020/001\\_20\\_CTM\\_Automated\\_Report\\_doc\\_v10\\_ebf086b2-9f19-4cdd-ba67-92e10208d2cb.pdf](https://www.comparethemarket.com/globalassets/simples-lab/new-simples-lab-march-2020/001_20_CTM_Automated_Report_doc_v10_ebf086b2-9f19-4cdd-ba67-92e10208d2cb.pdf)



## 专栏 7

### 亚马逊的“走出去”（just walk-out）商店是零售业的未来

2017年，亚马逊在华盛顿州西雅图开设了第一家“Amazon Go”杂货店。该公司将最初的商店描述为“一种无需结账的新型商店”。Amazon Go提供即食小吃、杂货和家庭必需品。购物者在这些商店购物时不需要排队。这些商店使用类似于自动驾驶汽车的技术来运作，如计算机视觉、传感器融合和深度学习。这项技术可以检测产品何时被取走或返回货架，并在虚拟购物车中跟踪产品。当顾客带着商品离开商店时，他或她的亚马逊账户会自动收费，并向他们发送一张虚拟收据。

一项研究对自助结账商店的经济影响进行了预估：<sup>1</sup>

**直接劳动成本节省：**这些商店不再需要收银员和存货或库存柜台，从而使每家商店每年节省约412,300美元。

**间接劳动成本节省：**平台创建的数据间接地为对劳动力和供应链进行额外优化提供了参考。例如，通过这些数据，系统可以了解到每个库存员每小时要完成多少次提货，以及商品何时缺货。这将使每个门店每年节省约50,000美元。

**毛利率增加：**更快的结账速度也将从竞争对手的店铺中获得更多的顾客流量，这将转化为每家店铺每年增加的173,000美元毛利。

因此，亚马逊自助结账商店每年的总经济效益约为每家645,000美元。



资料来源：

<sup>1</sup> Medium (2019), 《对Amazon Go平台的分析及其对大型杂货店的启示》, <https://medium.com/focal-systems/analysis-of-the-amazon-go-platform-and-its-implications-on-large-format-grocery-stores-727d9b25f04a>



## 到2030年环境效益的价值可达4.5万亿美元

除生产力的提高和社会福祉的提升外，智能技术可以促进脱碳，特别是在制造业、建筑业和电力业，并支持向低碳世界的过渡。如果该技术能得到充分利用，将有潜力产生突破性创新，以缓解和适应气候变化。利用这些技术开发跨行业应对气候变化的新解决方案是加快可持续转型并使世界走上低碳和气候适应型发展道路的重要机遇。在本研究中首先通过案头研究检查了这些技术的脱碳潜力，然后使用CGE模型量化碳减排的经济价值。选定案例的来源的行业包括：

到2030年，智能经济将产生价值**4.5万亿美元**的环境效益

- **制造业：**通过工业数字技术（IDT）部署排放解决方案，包括物联网、增强现实、机器人和增材制造（3D打印），同时转向低碳燃料来源。
- **建筑业：**物联网建筑能源管理系统、商业HVAC控制和智能建筑中的智能仪表。
- **公用事业：**人工智能和物联网能源管理应用程序将持续监测能源需求、预测性维护、预测短期和长期波动，并提高可再生能源资产的效率。

- **交通运输业：**使用送货机器人、自动驾驶车辆和电动车辆以及由人工智能和物联网支持的智能交通管理系统将有助于减少道路交通产生的排放量。
- **农业：**使用人工智能、5G+、物联网、机器人技术和农业科技创新来优化农田，将减少化石燃料的使用；精确监测植物和牲畜可提高产量和减少浪费。
- **废物与水利业：**安装智能垃圾箱和物联网传感器可以帮助地方政府优化垃圾收集路线，减少垃圾收集频率；人工智能驱动的解决方案可提高废物管理的效率，增加废物回收的比例，从而减少全球资源的消耗。

为了实现2016年《巴黎协定》规定的将全球平均气温上升幅度限制在1.5°C的目标，碳排放量需要在2030年前减半，并在2050年之前实现净零排放。<sup>57</sup> 根据联合国环境规划署《2021年排放差距报告》估计，到2030年，全球需要每年减少约280亿吨二氧化碳的排放，才能实现《巴黎协定》1.5°C的目标。<sup>58</sup> 根据现有文献，前沿技术有潜力在2030年前将全球碳排放量减少119亿吨，占所需二氧化碳减排量的40%以上。

一项研究表明，尽管全球信息与通信技术产业在2030年将占全球碳排放量的2%，但由于信息与通信技术对其他产业的赋能，将有助于减

<sup>57</sup> 联合国（2022），《寻求宜居气候：净零承诺必须以可信的行动作为支撑》，<https://www.un.org/en/climatechange/net-zero-coalition>

<sup>58</sup> 联合国环境规划署（2021），《2021年排放差距报告》，<https://www.unep.org/resources/emissions-gap-report-2021>

少超过20%的全球碳排放量。<sup>59</sup>与此同时，另一项研究估计，仅人工智能就有能力将全球碳排放量减少26至53亿吨。<sup>60</sup>人工智能有能力在整个生产过程的价值链中减少碳排放，并且可以通过以下三个方面做到这一点：1) 监测排放；2) 预测排放；和3) 减少排放。

人工智能可支持全球碳排放量减少**26至53亿吨**

### 1. 监测排放

公司可以使用人工智能跟踪整个生产过程中的排放量。公司可以安排从其运营（包括商务旅行）和价值链的每个部分（包括材料和组件供应商、运输商和产品下游用户）收集数据，以支持人工智能对其碳排放量的预测。此外，人工智能还能够生成价值链中缺失数据的近似值，同时估计其结果的不确定性水平。例如，Aeromon是一家总部位于芬兰的人工智能初创公司，它利用移动和固定设备监测、测量和可视化多种气体和颗粒物，从而展示公司空气排放的真实程度。<sup>61</sup>

### 2. 预测排放

预测性人工智能可以通过将公司的碳足迹与当前的减排行动、新的碳减排方法以及未来需求相关联，来预测未来的碳排放量。基于此，公司可以更准确地设定、调整和实现减排目标。例如，NN Investment Partners开发了一个使

用人工智能预测公司碳排放强度（具体为每单位收入的排放量）的模型。这在ESG投资领域有极大作用，因为投资者需要最新的实时碳排放信息，以便适当分配资本，而公司通常每年只报告一次碳排放量。<sup>62</sup>

### 3. 减少排放

减少排放的能力来源于对企业排放最多的地方和未来最有可能排放的地方的理解。通过对价值链的各个方面提供详细的洞察，规范性人工智能与优化可以提高生产、运输和其他方面的效率，从而减少碳排放并降低成本。例如，BrainBox AI是一家专门使用具有自适应机制的人工智能的公司，它可以精确地学习如何在建筑的所有区域使用更少的能源并优化舒适性。这使得改造建筑物中的供暖、通风和空调（HVAC）系统能够减少能耗以及碳排放。<sup>63</sup>

### 制造业、建筑业和电力行业可以获得最大的环境效益

假设全球平均碳价格为150美元（国际货币基金组织预测2030年的价格中点），119亿吨碳减排意味着税收节约1.8万亿美元。这些碳税节省尤其受到排放密集型行业的推动，这些行业的税收负担随着排放量的减少而减轻。此外，假设公司可以将这些储蓄再投资于其他更具生产力的活动，从而提高整体经济产出。加上碳税节省，CGE模型计算出净经济产出约为4.5万亿美元（图9）。

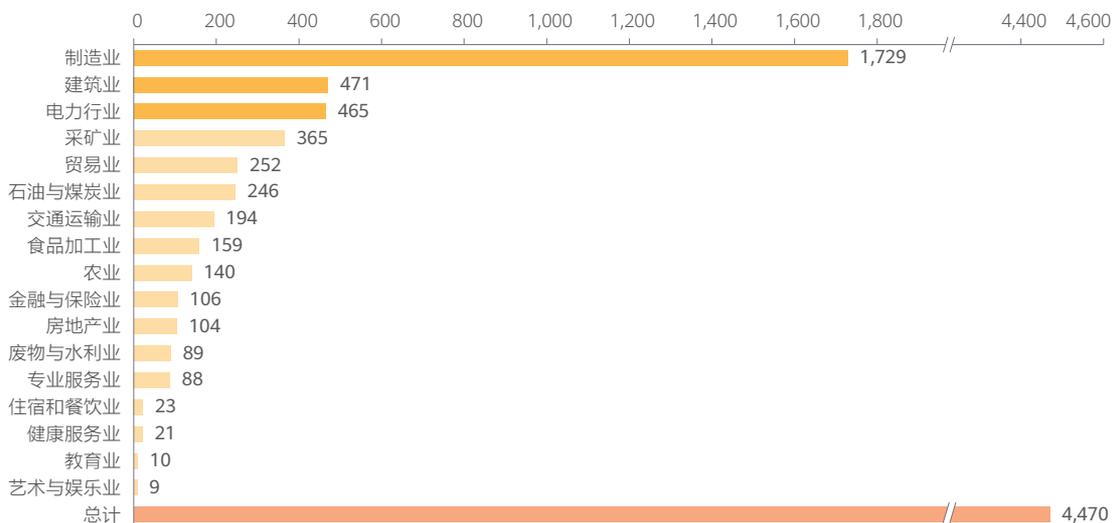
<sup>59</sup> 全球电子可持续发展协会（2015），《#SMARTer2030》，[https://smarter2030.gesi.org/downloads/Full\\_report.pdf](https://smarter2030.gesi.org/downloads/Full_report.pdf)

<sup>60</sup> 波士顿咨询公司（2021），《利用人工智能力量减少碳排放及成本》，<https://www.bcg.com/publications/2021/ai-to-reduce-carbon-emissions>

<sup>61</sup> Aeromon（2022），公司简介，<https://www.aeromon.io/#about>

<sup>62</sup> NN Investment Partners（2022），《碳排放预测：人工智能如何帮助投资者》，<https://www.nnip.com/en-INT/professional/insights/articles/carbon-emission-forecasting-how-artificial-intelligence-can-help-investors>

<sup>63</sup> Brainbox AI（2022），公司简介，<https://brainboxai.com/en/about-us>

单位：万亿美元<sup>1</sup><sup>1</sup> 由于四舍五入的缘故，其合计数未必与总计数相等

资料来源：安永分析

图9 制造业、建筑业和电力行业从智能经济带来的脱碳中获益最多

结果表明，各行业的脱碳效益存在显著差异，制造业、建筑业和发电行业是最大的受益者，分别贡献了1.7万亿美元、4,710亿美元和4,650亿美元的经济产出。这些行业较高的收益水平可能是由于两个关键因素：首先，一个行业的碳强度与其脱碳潜力之间存在正相关关系。换言之，在全球排放量中占较大份额的行业将从开发更高效的生产方法和减少二氧化碳排放中

获益更多。其次，在对工业4.0的有更强推动力的行业中，上述好处会更为明显。许多公司都认识到在运营中建立可持续发展能力的重要性。向智能制造的转变可以帮助公司推动更节能的运营流程。仅人工智能就可以帮助优化物流、改善资源分配和监控价值链排放。<sup>64</sup>



<sup>64</sup> 波士顿咨询公司（2021），《利用人工智能力量减少碳排放及成本》，<https://www.bcg.com/publications/2021/ai-to-reduce-carbon-emissions>



## 专栏 8

### 使用区块链提高供应链中排放的可追溯性

为了提高供应链透明度来支持负责任的采购，七家领先的采矿和金属公司与世界经济论坛合作，于2019年形成采矿和金属区块链倡议。<sup>1</sup>

此后，该组织为其碳追踪平台开发了一个概念验证，命名为COT，以增强从矿山到最终产品的排放的可追溯性。COT平台基于区块链的分布式账本技术，旨在鼓励行业共同提高端到端排放报告的效率和透明度，以满足日益严格的ESG要求。

这些原材料的用户也在使用区块链技术来提高供应链的可追溯性。例如，沃尔沃于2020年投资了区块链追溯公司Circulor。这两家公司一直在合作跟踪电动汽车电池中钴的使用情况，以确保汽车制造商的供应链符合道德规范。据报道，约20%的矿产来自刚果民主共和国的手工矿山，这些矿山的工作条件可能恶劣而危险。<sup>2</sup>

石油和天然气行业是另一个拥有许多试点举措的行业，这些举措旨在使用区块链支持脱碳和能源转型。例如，壳牌公司正在探索各种区块链应用，以促进可持续燃料的采用，并确保碳信用计划的有效性。2022年，壳牌、埃森哲和美国运通全球商务旅行联合推出了Avelia，这是一款区块链驱动的数字可持续航空燃料（SAF）商务旅行预定和索赔的解决方案。Avelia使用区块链技术确保将数字可持续航空燃料（SAF）的环境属性安全分配给公司和航空公司，以减少排放，同时通过避免重复计算确保透明度和问责制。<sup>3</sup>

---

#### 资料来源：

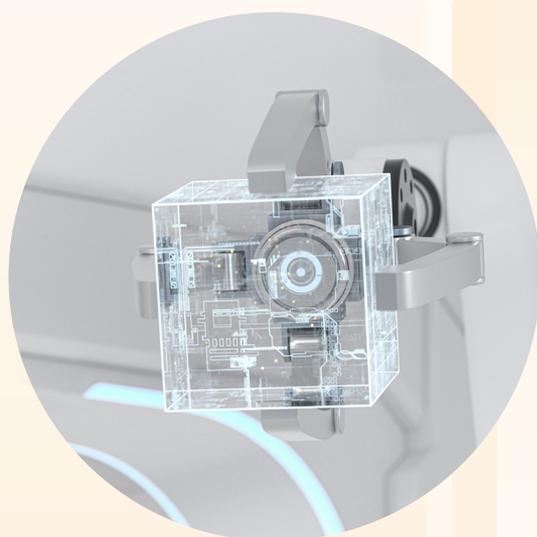
<sup>1</sup> 世界经济论坛（2020），《区块链如何帮助矿业公司减少碳排放》，<https://www.weforum.org/impact/the-responsible-sourcing-of-raw-materials/>

<sup>2</sup> Ledger Insights（2020），沃尔沃投资区块链初创公司Circulor以实现电池供应链的可追溯性，<https://www.ledgerinsights.com/volvo-invests-in-blockchain-startup-ciculor-battery-supply-chain-traceability/>

<sup>3</sup> Biodiesel magazine（2022），壳牌、埃森哲和美国运通GBT推出区块链SAF解决方案，<https://biodieselmagazine.com/articles/2518190/shell-accenture-and-amex-gbt-launch-blockchain-saf-solution>

# 第 5 章

## 实现智能经济



到2030年，智能经济可以通过生产力的提高产生9.1万亿美元的附加价值，通过社会福祉的提升产生5.2万亿美元的价值，通过环境效益的增加产生4.5万亿美元的效益。虽然这些价值十分

巨大，但必须采取措施使各国能够享受这些好处。虽然详细讨论实现智能过渡的要求超出了本研究的范围，但在最后一章将简要介绍需要密切关注的三个领域。



## 对前沿技术需要进行更多投资，特别是为了确保利益公平

在全球劳动生产率放缓之后，智能经济为全球经济提供了一种加速增长的新来源，但发达经济体需要支持发展中经济体的转型，以使全球利益分配更加广泛和公平。这是因为智能经济最先进的解决方案很可能首先被发达经济体采用，因为并非所有国家都具备同等的能力来利用潜在的利益。联合国贸易和发展会议（UNCTAD）的《技术和创新报告》通过“就绪指数”评估了158个国家在使用前沿技术（如人工智能和物联网）方面的进展，不出所

料，准备就绪的经济体集中在北美和欧洲，而准备就绪的最不充分的经济体则集中在撒哈拉以南非洲。<sup>65</sup> 对新兴经济体进行更高水平的前沿技术投资和知识转让，对于它们发展参与智能经济所需的数字基础设施至关重要。由于智能经济的发展，发展中国家人民可能受益的服务范围包括从教育到医疗、从银行到公用事业等。各国在推出前沿技术方面的互相帮助的合作与努力有助于智能经济的好处在全球范围内更广泛地传播。

此外，还需要关注国家内部的目标投资，以确保实现并公平分配智能经济的利益。在安永

<sup>65</sup> 联合国贸易和发展会议（2021），《2021年技术与创新报告》，<https://unctad.org/webflyer/technology-and-innovation-report-2021>

《2022年重塑行业未来调查报告》中对全球1,000多家公司进行的一项调查显示，37%的受访者表示担心5G和物联网（IoT）供应商的当前的使用案例无法满足其业务弹性和连续性需求，47%的受访者还认为其可持续性目标无法通过当前的使用案例实现。<sup>66</sup> 这表明需要对新一代技术进行更多投资。此外，美国竞争性运营商协会（CCA）估计，要在美国真正普遍地

建立5G需要额外投资360亿美元以上在基础设施上，这将远超出运营商的意愿。这表明，即使是发达国家也面临着农村人口无法参与智能经济的风险（因此无法获得预期收益）。所有这些都意味着，政府在前沿技术投资方面发挥着重要作用，以确保智能经济的利益得到实现并公平分配。



## 创造有利的监管环境

政府有动力推动技术创新，因为技术创新可以给社会带来诸多好处。然而还有一个需要解决的重要领域是要创造一个良好的监管环境，以支持和激励私营部门加快向智能经济过渡。更具体地说，政府需要确保法规公平一致，对私营部门的投入负责，并维护社会安全。

首先，公平且一致的公司监管将创造一个促进竞争的环境，从而增加公司采用智能经济提供的解决方案的机会。这些公司更有可能被迫在竞争激烈的市场中进行创新，尤其在面对消费者需求的快速变化时。公司间不一致的监管环境可能在两个方面阻碍智能经济的发展。如果监管偏向效率低下的公司，那么将导致采用智能经济提供的解决方案的效率较高的公司失去市场发展动力。另一方面，偏向市场领导者的监管可能会造成垄断。垄断通常被认为对消费者和经济不利，因为垄断者的市场力量往往会

引诱他们走向创新自满，<sup>67</sup> 这可能导致向智能经济过渡的放缓。因此，通过建立对所有参与者公平的监管环境，政府可以促进健康的竞争水平，推动创新，帮助更快实现智能经济的价值。

其次，政府制定的监管应考虑到私营部门的投入。这是因为公司，尤其是技术行业公司，很可能在未来几十年内快速创新。政府可能并不总是掌握下一代技术的最新发展，这可能导致意识形态鸿沟的形成。如果不与私营部门密切合作并保持频繁接触，政府可能会面临实施可能会阻碍向智能经济的过渡的一揽子政策的风险。因此，在制定监管方面，与私营部门建立强有力的伙伴关系将使政府能够及时了解行业的最新实践，并制定鼓励向智能经济过渡的政策。

第三，政府应该创造监管环境以建立公众对数字采纳的信任。政府可以通过加强对网络安全

<sup>66</sup> 安永（2022），《2022年重塑行业未来调查报告》，[https://assets.ey.com/content/dam/ey-sites/ey-com/en\\_gl/topics/tmt/ey-reimagining-industry-futures-study-2022.pdf](https://assets.ey.com/content/dam/ey-sites/ey-com/en_gl/topics/tmt/ey-reimagining-industry-futures-study-2022.pdf)

<sup>67</sup> 明尼阿波利斯联邦储备银行（2008），《垄断与创新激励》，<https://www.minneapolisfed.org/research/sr/sr402.pdf>

的监督来增强公众对技术发展的信任。例如，英国设立了一个实体，即国家网络安全局，负责定义和推动整个国家的网络安全议程。政府还可以考虑实施全球公认的网络安全标准，如美国国家标准与技术研究所的网络安全框架，

并制定强有力的实质性网络安全法律，如《布达佩斯公约》规定的相关法律。采取措施缓解公众对隐私和数据安全的担忧，将提高公众支持公司采用下一代技术和向智能经济过渡的可能性。

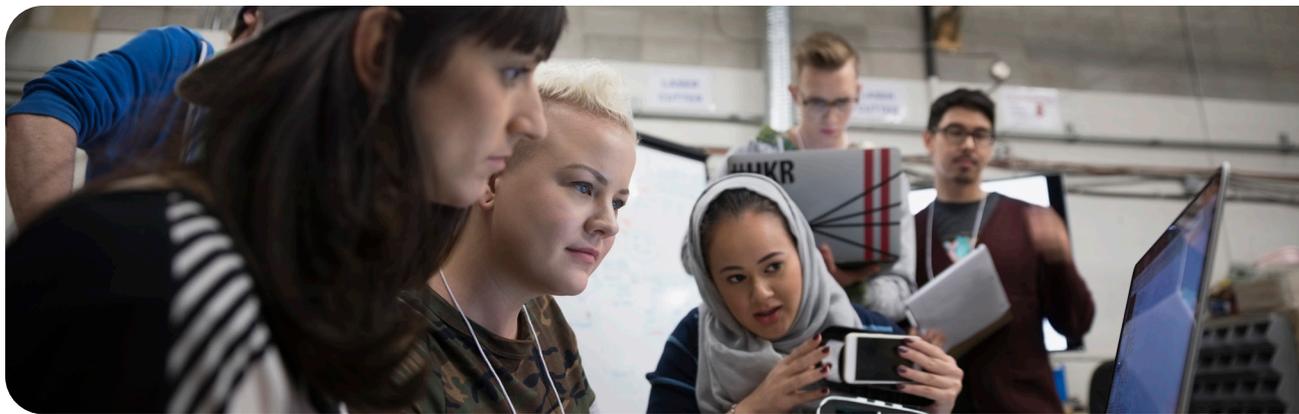


## 培养面向未来的劳动力以支持智能经济

向智能经济的过渡将导致传统上费力而艰巨的工作角色越来越多被推给机器来处理。然而，如果各国没有一批能够利用下一代技术所能提供的所有利益的未来劳动力，就无法实现智能经济的全部好处。因此，私营实体和政府机构越来越需要开发在传统教育体系之外得到认可的有针对性的目标课程和证书，以应对转型。再培训的重点和支持也应特别放在那些最有可能被前沿技术取代的人群身上。例如，在新加坡，作为“终身学习”计划的一部分，政府机

构Skillsfuture不仅为个人学习新课程提供补贴和贷款，还为私营公司提供一个平台，以帮助其寻找人力资源并供求职者浏览可用的职位发布。<sup>68</sup>

技术已经并将永远改变劳动力在经济中运作的性质。随之而来的是技术和创新进步最大的历史时期与经济增长和生活水平提高最大的时期相吻合。智能经济的出现在未来数年为劳动力提供了许多令人兴奋的机会，社会将面临发展一支能够充分利用智能经济并实现其最大价值的面向未来的劳动力队伍的挑战。



<sup>68</sup> Skillsfuture (2022), 关于 Skillsfuture, <https://www.skillsfuture.gov.sg/AboutSkillsFuture>

# 附录

## 可计算一般均衡（CGE）模型的细节

### 核心CGE模型

可计算一般均衡（CGE）模型提供了一个可靠且广泛认可的工具，用于估计政策制定和其他影响经济的因素变化的净影响。该框架支持在单一稳健的综合经济环境中进行定制化情景分析，从而能够评估政策对GDP和就业等关键宏观经济指标以及工业产出等关键行业指标的净影响。CGE模型通常是衡量整个经济体中大型、多年期项目影响的首选框架，并得到世界各国中央政府的广泛认可。

EYGEM本身是全球贸易和环境模型（GTEM）的衍生工具，最初由澳大利亚农业资源经济科学局（ABARES）开发，用于分析全球层面的政策问题。EYGEM还借鉴了其他经济模型的关键特征，如支撑全球贸易分析项目（GTAP）的全球经济框架模型，以及Monash-MMRF和TERM等州和地区的建模框架。与所有的经济模型一样，EYGEM基于一系列的假设、参数和数据，这些假设、参数和数据构成了对经济运行结构的近似模拟。

默认情况下，EYGEM模型使用全球贸易分析项目（GTAP）数据库，这是普渡大学开发的全球CGE模型的主要数据来源。GTAP数据库还包括对双边贸易、运输、能源、排放和保护的详细估值，以描述区域之间的经济联系，并产生行业间的投入产出（I-O）式交易。该数据库为CGE建模而开发，其底层输入输出表经过仔细审查，并使其在各种数据输入之间具有可比性。当前发布的GTAP第十版包含约141个国

家、65个行业和5种劳动职业类型。GTAP是全球领先的用于CGE分析的数据库，提供具有长期连续性的深入、及时和完整的数据。

### 本次研究的调整和特殊考量

为满足本研究的要求，对核心CGE模型进行了调整。具体来说，做了以下修正：

#### 基线国内生产总值（Baseline GDP）

该模型的基线GDP数值经过了调整，以反映本次研究的数据，本研究采用了牛津经济研究院（Oxford Economics）对全球GDP的估计和预测。

#### 碳价格（Carbon Price）

对模型中的碳价格进行了更新，以匹配本研究中确定的碳价格。这确保了任何碳减排模拟都将根据研究中确定的碳价格进行估值。

### 建模过程



#### 数据收集

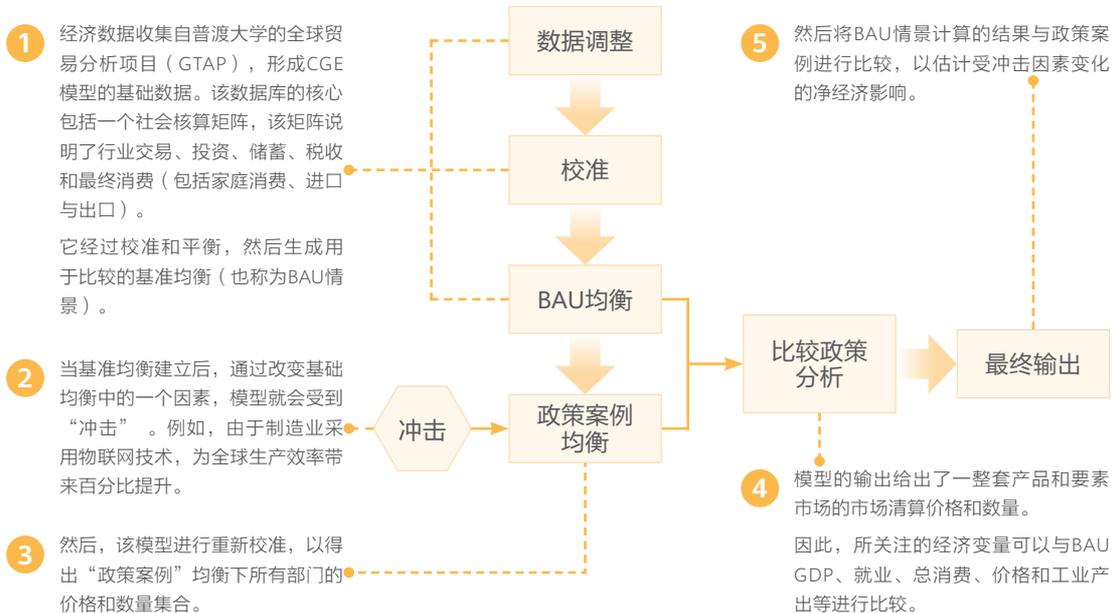
从案头研究（如文献综述、内部和外部报告）、环境扫描和利益相关方咨询中收集了见解。

根据收集的输入数据进行假设，以估计智能经济的额外经济产出。采用CGE模型生成预测。

## CGE建模和输出

在CGE模型中包括了以下步骤：

### CGE建模步骤



本次研究展示了技术对全球产出、生产效率和行业碳减排的按美元计算的影响。本研究主要任务是将这些名义值转换为适用于CGE模型中的冲击。这涉及到几个步骤：

#### i. 本研究中确定的行业与EYGEM行业的匹配

本研究中确定的行业与CGE模型中使用的行业并不完全一致。一些行业（如农业、金融服务、建筑业）一对一匹配，但本研究中确定的部分行业与多个CGE行业相符合。

为了确保能够准确表达对这些行业的冲击，我们对CGE行业的GVA进行了汇总，并根据汇总的GVA计算出它们的相对行业份额。

例如，在CGE模型中，“开采”行业可以与煤炭、石油、天然气和其他采矿业相匹配。因此，我们计算了煤炭、石油、天然气和其他采矿业的GVA，并将其分解为各自占开采行业GVA的份额。然后，这些份额将应用于整个开采行业的冲击，以确保每个子行业都受到相应数量的冲击。

CGE 行业	本研究中确定的行业	适用 CGE 行业份额
农业 AG	农业、林业和渔业	100%
煤炭 COL	开采业	30%
石油 OIL	开采业	20%
天然气 GAS	开采业	1%
矿产及其他相关产品 OMN	开采业	48%
石化及煤制品 PC	制造业	4%
食品加工 PFOOD	制造业	10%
制造业 MAN	制造业	86%
电力 ELY	公用事业	74%
水 WTR	公用事业	26%
建筑 CNS	建筑业	100%
贸易 TRD	零售和批发分销	100%
交通 TRN	运输和仓储服务	100%
通讯 CMN	信息与通讯	100%
金融及其他相关服务 OFI	金融服务业	100%
其他商业服务 OBS	其他部门（住宿、专业服务、公共部门）	100%
人类健康和社会工作 HHT	医疗保健和社会工作	100%

## ii. 名义冲击按百分比计算

在CGE模型中计算生产效率和产出冲击，需要基于百分比的投入，而不是名义价值投入。因此，以美元计算的预估行业影响被转化为按等值百分比增长。这包括以下步骤：

- 收集2020-2030年行业GVA的基线值。
- 在2020-2030年的行业GVA中添加预估的行业影响。
- 计算由技术冲击产生的年度行业GVA增长的百分比差异。
- 使用此百分比差异作为行业冲击值。

## 行业冲击

- 生产效率冲击。
- 为了估计工业生产效率提高的影响，对世界经济的工业生产效率提高进行了模拟。生产效率冲击的规模是使用研究中发现的数据点来估计的，这些数据点提供了以美元计算的工业生产效率增长估计值。
- 从发现的数据点来看，为采矿业生产效率影响提供有力依据的文献有限。保守估计，我们推断采矿业将产生相对于制造业50%的影响。

iv. 输出冲击。

用作输入和数据源的完整数据点

v. 对于新的市场冲击，进行了与以上类似的模拟。冲击的大小是通过产量的增加来估计的。此外，模型中的生产效率是内生的，使得工业生产效率对工业产出的增加做出反应。

这项研究使用了一系列数据源以估计前沿技术对智能经济的影响。利用收集到的洞察，(a) CGE模型估计了经济效益；(b) 阐明了前沿技术可能带来的潜在社会效益（第4章）。

vi. 排放冲击。

社会福利影响的量化方法

vii. 对于排放冲击，进行了一个全球排放水平通过碳减排估算而降低的模拟。排放量的减少根据第4章中确定的碳价格进行估值。

所有用例的量化方法释义如下：

组成部分 1：节省时间增加		
采用自动驾驶汽车（AV）节省的时间价值——1,280 亿美元		
描述	规模计算假设	来源
自动驾驶汽车为驾驶员在通勤期间腾出时间执行其他任务	<ul style="list-style-type: none"> <li>麦肯锡估计，到 2030 年，全球销售的乘用车中将有 15% 是自动驾驶汽车。麦肯锡全球研究院还估计，到 2025 年，全球 15 亿辆乘用车中将有 2% 是自动驾驶汽车。因此，基于 8.5% 的历史轻型汽车产量年均增长率，我们预测到 2030 年全球自动驾驶汽车总数为 5,340 万辆。</li> <li>麦肯锡估计，平均每人每天道路交通耗时为 50 分钟。保守地将其应用于工作日，我们预计到 2030 年，自动驾驶汽车将节省 116 亿小时。</li> <li>根据国际劳工组织的历史全球工资率趋势，我们预测在 2030 年全球工资率将达到 11.0 美元，由此得出在 2030 年由自动驾驶汽车所节省的时间价值为 1,280 亿美元。</li> </ul>	麦肯锡（2016） <sup>69</sup> 麦肯锡全球研究院（2015） <sup>70</sup> 标准普尔全球移动（2022） <sup>71</sup> 麦肯锡（2015） <sup>72</sup> 国际劳工组织数据库 <sup>73</sup>
交通管制和维护节省的时间价值——1,370 亿美元		
描述	规模计算假设	来源
物联网和大数据分析优化交通运营，减少交通堵塞花费的时间	<ul style="list-style-type: none"> <li>麦肯锡预计，到 2025 年，全球将有 15 亿辆乘用车。基于 8.5% 的历史轻型汽车产量年均增长率，我们预测到 2030 年全球乘用车总数将达到 22 亿辆。</li> <li>朱尼普研究公司的一项研究表明，智能交通管理系统有潜力使每位驾驶员每年在交通上花费的时间减少 33 个小时以上。</li> <li>据 Research and Markets 估计，到 2030 年，全球交通信号市场价值将达到 2,400 亿美元，而全球智能交通系统市场价值将达到 279 亿美元。因此，我们假设到 2030 年，11.6% 的交通系统将是基于人工智能的。</li> <li>假设平均车辆搭载人数为 1.5 人，我们预计智能交通系统每年将节省 125 亿小时。结合我们对于 2030 年全球工资率 11.0 美元的预测，我们可以得出节省时间的总价值为 1,370 亿美元。</li> </ul>	麦肯锡全球研究院（2015） <sup>74</sup> 标准普尔全球移动（2022） <sup>75</sup> 朱尼普研究公司（2021） <sup>76</sup> Research and Markets <sup>77</sup> Research and Markets <sup>78</sup> 密西根大学（2021） <sup>79</sup> 国际劳工组织数据库 <sup>80</sup>

自动结账节省的时间价值——28 亿美元		
描述	规模计算假设	来源
通过物联网和人工智能（如 Amazon Go）支持的自动结账消除等待时间	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 美国全国便利店协会（NACS）估计，在结账和付款排队等待的时间总计平均为 63 秒。</li> <li>• 一个典型的店内自动结账系统（ISACS）每天处理 140 笔交易。根据 Statista 的数据推断，我们预测到 2030 年全球将有大约 286,000 家自动结账商店。因此，使用自动结账可能节省总计 2.56 亿小时。</li> <li>• 根据国际劳工组织的历史全球工资率趋势，我们预测在 2030 年全球工资率将达到 11.0 美元，因此在 2030 年，由自动结账所节省时间的价值将达到 28 亿美元。</li> </ul>	美国全国便利店协会（2018） <sup>81</sup> J.Falcao 等人（2021） <sup>82</sup> Statista <sup>83</sup> 国际劳工组织数据库 <sup>84</sup>
家务自动化节省的时间价值——8,150 亿美元		
描述	规模计算假设	来源
使用家用机器人可以腾出时间执行其他任务	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 国王学院 Mischa Dohler 教授和未来学家 Ian Pearson 博士的一项研究预测，在未来二十年内，90% 的家务任务，如更换床单、除尘、洗衣服、洗碗和重新填满冰箱，都可以由家用机器人完成。到 2040 年，这将相当于每年释放 33 天的劳动时间（或每年 792 小时）。</li> <li>• ABI 研究公司估计，到 2024 年，将有 7,900 万户家庭拥有由人工智能驱动并带有语音识别能力的机器人。采用由未来市场研究公司提供的家用机器人市场增长率 15.5% 作为拥有机器人家庭数量增长率的近似值，我们预测到 2030 年，全球将有 1.87 亿户家庭拥有机器人。</li> <li>• 假设到 2030 年，家用机器人可以节省 792 小时的一半，并采用全球平均工资率 11.0 美元作为时间的价值，节省的时间总价值为 8,150 亿美元。</li> </ul>	Dohler & Pearson（2020） <sup>85</sup> ABI 研究公司（2019） <sup>86</sup> 未来市场研究公司（2021） <sup>87</sup> 国际劳工组织数据库 <sup>88</sup>
更高效的公共服务交付节省的时间价值——4,420 亿美元		
描述	规模计算假设	来源
由于人工智能和机器学习，更高效的政府服务（例如纳税，注册服务等）是可能实现的	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 德勤估计，通过公共服务交付的数字化，澳大利亚每年能够为其成年人口节省 8.4 小时的等待时间。我们使用这些数据，并将其与 Oxford Insights 的政府人工智能准备度指数相结合，得出 Oxford Insights 列表（160 个国家/地区）中包含的每个国家/地区可以节省的小时数的价值。</li> <li>• 根据世界银行对于 2030 年各国成年人口的预测，我们得出全球每年能够节省的时间为 4,020 万小时。</li> <li>• 根据国际劳工组织的历史全球工资率趋势，我们预测在 2030 年全球工资率将达到 11.0 美元，因此在 2030 年，由政府服务交付所节省时间的价值将达到 4,420 亿美元。</li> </ul>	德勤（2019） <sup>89</sup> Oxford Insights（2021） <sup>90</sup> 世界银行（2022） <sup>91</sup> 国际劳工组织数据库 <sup>92</sup>

组成部分 2：健康与安全福利提升		
由应用自动驾驶汽车带来的避免生命损失的价值——3,460 亿美元		
描述	规模计算假设	来源
通过应用自动驾驶避免了生命损失	<ul style="list-style-type: none"> <li>麦肯锡估计，到 2030 年，全球销售的乘用车中将有 15% 是自动驾驶汽车。麦肯锡全球研究院还估计，到 2025 年，全球 15 亿辆乘用车中将有 2% 是自动驾驶汽车。因此，基于 8.5% 的历史轻型汽车产量年均增长率，我们预测到 2030 年全球自动驾驶汽车总数将达到 5,340 万辆。</li> <li>麦肯锡预测在 2025 年，全球范围内部署的 3,000 万辆自动驾驶汽车可以挽救 95,000 人的生命。假设比例相同，这意味着在 2030 年，使用自动驾驶汽车可能可以挽救 170,000 人的生命。</li> <li>美国交通部估计，2021 年，每个统计生命的价值约为 1,180 万美元。通过将美国的人均 GDP 与世界其他地区进行比较来缩小这一数字，我们得出平均每个统计生命的价值为 200 万美元。</li> <li>因此，自动驾驶汽车避免的生命损失的总价值估计为 3,460 亿美元。</li> </ul>	麦肯锡 (2016) <sup>93</sup> 麦肯锡全球研究院 (2015) <sup>94</sup> 标准普尔全球移动 (2022) <sup>95</sup> 美国交通部 (2021) <sup>96</sup> 世界银行数据库 <sup>97</sup>
通过采用人工智能改善警察服务以减少凶杀案的价值——820 亿美元		
描述	规模计算假设	来源
通过使用人工智能、物联网和预测分析来改善早期预警系统，防止凶杀案，从而避免生命损失	<ul style="list-style-type: none"> <li>麦肯锡全球研究院估计，到 2030 年，应用人工智能改善警察服务可以减少 10% 的死亡人数。通过将全球凶杀率的下降趋势与世界银行的 2030 年人口预测相结合，我们假设 2030 年预计的 40 万起凶杀案中有 40,000 起可以通过使用人工智能来预防。</li> <li>美国交通部估计，2021 年，每个统计生命的价值约为 1,180 万美元。通过将美国的人均 GDP 与世界其他地区进行比较来缩小这一数字，我们得出平均每个统计生命的价值为 200 万美元。</li> <li>因此，由于人工智能在警察服务中的应用而避免的生命损失的总价值估计为 820 亿美元。</li> </ul>	麦肯锡全球研究院 (2018) <sup>98</sup> Our World in Data (2022) <sup>99</sup> 世界银行 (2022) <sup>100</sup> 美国交通部 (2021) <sup>101</sup> 世界银行数据库 <sup>102</sup>
减少应急响应时间的价值——2,340 亿美元		
描述	规模计算假设	来源
通过使用人工智能来缩短应急响应时间，以减少死亡、伤害和损失	<ul style="list-style-type: none"> <li>研究估计，在美国，响应时间每减少一分钟，美国的死亡率就会降低 8% 到 17%。另一篇论文估计，在美国，响应时间每减少一分钟，严重创伤患者的医疗费用就会降低 5.5%。另一篇研究估计，在美国，响应时间每减少一分钟，火灾造成的损失成本就会减少 2,700 美元到 6,000 美元。使用美国国家消防协会 (NFPA) 的数据来获得每起火灾的平均损坏成本，我们假设响应时间每减少一分钟，损失就会减少 28%。</li> <li>许多研究表明，应急车辆的平均响应时间因地而异。例如，英国国家医疗服务体系的目标时间是 7 分钟。在美国，城市地区的紧急医疗服务单位从接到 911 呼叫到到达现场平均需要 7 分钟，而在农村地区大约需要 14 分钟。此外，Bigdeli 估计该时间在伊朗的城市与城市之间将为 10.6 分钟。</li> <li>麦肯锡估计，到 2030 年，人工智能在紧急情况监测中的应用可以将应急响应时间缩短 20% 至 35%。根据 Bigdeli 的估计以及响应时间减少百分比的中间值 27.5%，预计到 2030 年，人工智能可能导致响应时间减少 2.9 分钟。</li> </ul>	E. Wilde (2012) <sup>103</sup> RapidSOS (2015) <sup>104</sup> 美国国家消防协会 (2022) M. Bigdeli (2010) <sup>105</sup> 麦肯锡全球研究院 (2018) <sup>106</sup> EM-DAT 数据库 (2022) <sup>107</sup> Fair Tech Institute (2022) <sup>108</sup>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>根据 EM-DAT 的历史数据, 到 2030 年, 每场自然灾害的平均死亡人数、受伤人数和损失额估计分别为 34 人、68 人和 5.02 亿美元。Fairtech 估计, 2030 年左右将发生 541 起灾难。这意味着 2030 年, 死亡人数、受伤人数和损失额将分别超过 18,000 人、37,000 人和 2,720 亿美元。</li> <li>假设响应率减少一分钟, 死亡人数、受伤人数和损失额减少 12.5% (为 8% 和 17% 的中间值)、5.5% 和 28%, 人工智能可以将预计的死亡人数、受伤人数和损失额分别减少约 7,000, 6,000 和 220,000 美元。</li> <li>美国交通部估计, 2021 年, 每个统计生命的价值约为 1,180 万美元。美国国家安全委员会 (NSC) 估计, 每起伤害的成本约为 44,000 美元。通过将美国的人均 GDP 与世界其他地区进行比较来按比例缩小这些数字, 我们得到预防死亡、伤害和损失的价值为 2,340 亿美元。</li> </ul>	<p>美国交通部 (2021) <sup>109</sup></p> <p>美国国家安全委员会 (2022) <sup>110</sup></p> <p>世界银行数据库 <sup>111</sup></p>
在患者监护中采用物联网应用, 延长患者寿命的价值——1.841 万亿美元		
描述	规模计算假设	来源
物联网技术支持的监控应用程序延长了寿命	<ul style="list-style-type: none"> <li>麦肯锡全球研究院估计, 在医疗保健中使用物联网可以减少 7 种慢性疾病的伤残调整寿命年 (DALYs), 这些疾病为癌症、糖尿病、艾滋病毒 / 艾滋病、感觉器官疾病、呼吸系统疾病、心脏病和神经系统疾病。这些减少在物联网采用程度不同的发展中国家和发达国家之间略有差异。例如, 对于呼吸系统疾病, 发展中国家的物联网采用率约为 5%-20%, 导致伤残调整寿命年减少 10%-20%。而这些数字低于发达国家, 在发达国家, 物联网采用率约为 20%-50%, 伤残调整寿命年可能减少约为 8%-13%。</li> <li>世界卫生组织 (WHO) 为这 7 种慢性病提供了全球伤残调整寿命年。根据世卫组织的数据库, 2019 年发展中国家和发达国家的伤残调整寿命年总数 (一个伤残调整寿命年相当于失去一年的完全健康) 为 1.27 亿年。鉴于全球残疾调整生命年的年增长率为 0.9%, 2030 年, 发展中国家和发达国家的伤残调整寿命年估计约为 1.41 亿年。</li> <li>牛津经济研究院预测, 2030 年, 全球人均 GDP 将达到 13,000 美元, 将其应用于 2030 年伤残调整寿命年预估值, 伤残调整寿命年预计将具有约为 1.84 万亿美元的经济价值。</li> </ul>	<p>麦肯锡全球研究院 (2015) <sup>112</sup></p> <p>世卫组织数据库 (2022) <sup>113</sup></p> <p>牛津经济研究院 <sup>114</sup></p>
人工智能传感器避免工伤的价值——7,420 亿美元		
描述	规模计算假设	来源
通过使用人工智能传感器避免工伤	<ul style="list-style-type: none"> <li>支持人工智能的传感器可以识别不安全的工作场所行为, 并发送实时警报以防止事故发生。研究表明, 工伤可减少 52% 至 85%。对于本次研究, 我们保守使用较低数值 52%。</li> <li>麦肯锡估计, 到 2030 年, 全球各行业的人工智能采用率可能达到 50%。</li> <li>以国际劳工组织估计的 2020 年非致命性工伤事故为 3.4 亿起作为 2030 年数据的近似值, 我们估计, 到 2030 年, 工作场所启用人工智能的传感器可能会预防 9,700 万起工伤事故。</li> <li>美国国家安全委员会 (NSC) 估计, 每起伤害的成本约为 44,000 美元。通过将美国的人均 GDP 与世界其他地区进行比较来同比例缩小这一数字, 我们得出, 到 2030 年, 避免的工作场所事故的价值约为 7,420 亿美元。</li> </ul>	<p>麦肯锡全球研究院 (2018) <sup>115</sup></p> <p>国际劳工组织数据库 <sup>116</sup></p> <p>美国国家完全委员会 (2022) <sup>117</sup></p> <p>世界银行数据库 <sup>118</sup></p>

组成部分 3：改善社会包容程度		
改善弱势群体信贷准入的价值——2,260 亿美元		
描述	规模计算假设	来源
贷款人可以通过人工智能模型确定的预测模式来拓宽信贷渠道	<ul style="list-style-type: none"> <li>与传统数据来源相比，使用人工智能和高级数据分析来分析非结构化数据（例如，从社交媒体上获取的数据）有助于检测信用评级的见解。例如，可以分析卫星图像，以预测农村农民过去和未来的收入，使他们能够获得银行贷款。</li> <li>普华永道的分析表明，贷款人可能会在损失率不变的情况下，信贷审批增加 15%-30%。</li> <li>全球有 17 亿人没有银行账户——保守地讲，若这类潜在借款人的信贷审批增加 15%，相当于产生 2.55 亿笔新增贷款批复。</li> <li>据估计，全球平均小额贷款约为 885 美元。按照保守地假设这些为无银行账户提供的新贷款规模本质上很小，为他们创造的潜在新信贷将约为 2,260 亿美元。</li> </ul>	普华永道（2022） <sup>119</sup> 世界银行（2021） <sup>120</sup> Fit Small Business（2021） <sup>121</sup>
物联网和人工智能在农业和医疗保健行业创造的农村就业机会价值——1,910 亿美元		
描述	规模计算假设	来源
由于各种前沿技术在医疗保健和农业中的应用，农村社区的就业机会得以创造	<ul style="list-style-type: none"> <li>研究表明，到 2030 年，物联网和人工智能可以在印度农村（农业和医疗保健行业）创造多达 280 万个工作岗位，价值 89 亿美元——印度农村每个工作岗位的价值约为 3,200 美元。我们采用全球人均 GDP 与印度人均 GDP 的比值来估计全球农村每个工作的价值。</li> <li>由于印度农村人口估计约为 9 亿人，由物联网和人工智能在农村人口中创造的就业率估计约为 0.32%。将这一保守比例应用于全球 34 亿的农村人口，得出通过物联网和人工智能技术为农村社区创造的就业机会的价值约为 1,910 亿美元。</li> </ul>	Broadband India Forum (BIF) <sup>122</sup> 世界银行数据库 <sup>123</sup>

<sup>69</sup> 麦肯锡（2016），《汽车革命——展望2030年》，<https://www.mckinsey.com/industries/automotive-and-assembly/our-insights/disruptive-trends-that-will-transform-the-auto-industry/de-DE>

<sup>70</sup> 麦肯锡全球研究院（2015），《物联网：超越市场炒作之外的价值》，[https://www.mckinsey.com/~media/McKinsey/Industries/Technology%20Media%20and%20Telecommunications/High%20Tech/Our%20Insights/The%20Internet%20of%20Things%20The%20value%20of%20digitizing%20the%20physical%20world/Unlocking\\_the\\_potential\\_of\\_the\\_Internet\\_of\\_Things\\_Executive\\_summary.pdf](https://www.mckinsey.com/~media/McKinsey/Industries/Technology%20Media%20and%20Telecommunications/High%20Tech/Our%20Insights/The%20Internet%20of%20Things%20The%20value%20of%20digitizing%20the%20physical%20world/Unlocking_the_potential_of_the_Internet_of_Things_Executive_summary.pdf)

<sup>71</sup> 标准普尔全球移动（2022），标准普尔全球移动显著下调轻型汽车生产前景，<https://www.businesswire.com/news/home/20220316005784/en/SP-Global-Mobility-Significantly-Lowers-its-Light-Vehicle-Production-Outlook-81.6-Million-Units-Expected-in-2022>

<sup>72</sup> 麦肯锡（2015），自动驾驶重新定义汽车世界的十种方式，<https://www.mckinsey.com/industries/automotive-and-assembly/our-insights/ten-ways-autonomous-driving-could-redefine-the-automotive-world>

<sup>73</sup> 国际劳工组织（2022），国际劳工组织全球工资数据库，<https://www.ilo.org/global/research/global-reports/global-wage-report/2020/lang--en/index.htm>

<sup>74</sup> 麦肯锡全球研究院（2015），《物联网：超越市场炒作之外的价值》，[https://www.mckinsey.com/~media/McKinsey/Industries/Technology%20Media%20and%20Telecommunications/High%20Tech/Our%20Insights/The%20Internet%20of%20Things%20The%20value%20of%20digitizing%20the%20physical%20world/Unlocking\\_the\\_potential\\_of\\_the\\_Internet\\_of\\_Things\\_Executive\\_summary.pdf](https://www.mckinsey.com/~media/McKinsey/Industries/Technology%20Media%20and%20Telecommunications/High%20Tech/Our%20Insights/The%20Internet%20of%20Things%20The%20value%20of%20digitizing%20the%20physical%20world/Unlocking_the_potential_of_the_Internet_of_Things_Executive_summary.pdf)

- <sup>75</sup> 标准普尔全球移动（2022），标准普尔全球移动显著下调轻型汽车生产前景，<https://www.businesswire.com/news/home/20220316005784/en/SP-Global-Mobility-Significantly-Lowers-its-Light-Vehicle-Production-Outlook-81.6-Million-Units-Expected-in-2022>
- <sup>76</sup> 朱尼普研究公司（2021），智能交通管理显著减少拥堵和排放，<https://www.juniperresearch.com/press/smart-traffic-management-to-significantly-reduce>
- <sup>77</sup> Research and Markets（2021），《2021年交通信号全球市场报告：新冠肺炎的影响与到2030年的复苏》，<https://www.researchandmarkets.com/reports/5323097/traffic-signals-global-market-report-2021-covid>
- <sup>78</sup> Research and Markets（2022），《智能交通管理系统的市场规模、份额与趋势分析报告——按各解决方案（综合走廊管理、交通信号控制系统）、各地区以及各细分市场预测（2022-2030年）》，<https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/intelligent-traffic-management-system-market>
- <sup>79</sup> 密歇根大学（2021），个人交通概况，可持续系统中心，<https://css.umich.edu/publications/factsheets/mobility/personal-transportation-factsheet>
- <sup>80</sup> 国际劳工组织（2022），国际劳工组织全球工资数据库，<https://www.ilo.org/global/research/global-reports/global-wage-report/2020/lang--en/index.htm>
- <sup>81</sup> 美国全国便利店协会（2018），《购物时间》，<https://www.convenience.org/getattachment/Research/Consumer-Insights/Time-to-Shop/White-Paper.pdf>
- <sup>82</sup> J. Falcao等人（2021），ISACS：面向零售业的店内自动结账系统，<https://dl.acm.org/doi/pdf/10.1145/3478086>
- <sup>83</sup> Statista（2021），2018到2024年全球提供自动结账的商店数量，<https://www.statista.com/statistics/1033836/number-of-stores-with-autonomous-checkouts-worldwide/>
- <sup>84</sup> 国际劳工组织（2022），国际劳工组织全球工资数据库，<https://www.ilo.org/global/research/global-reports/global-wage-report/2020/lang--en/index.htm>
- <sup>85</sup> M. Dohler 和 I. Pearson（2020），《生活更自动化报告》，[https://www.comparethemarket.com/globalassets/simples-lab/new-simples-lab-march-2020/001\\_20\\_CTM\\_Automated\\_Report\\_doc\\_v10\\_ebf086b2-9f19-4cdd-ba67-92e10208d2cb.pdf](https://www.comparethemarket.com/globalassets/simples-lab/new-simples-lab-march-2020/001_20_CTM_Automated_Report_doc_v10_ebf086b2-9f19-4cdd-ba67-92e10208d2cb.pdf)
- <sup>86</sup> ABI研究公司（2019），消费机器人是一个转型中的市场；智能家居将成为变革的核心，<https://www.abiresearch.com/press/consumer-robotics-market-transition-smart-home-will-be-heart-change/>
- <sup>87</sup> 未来市场研究公司（2021），《家用电器市场调查报告》，<https://www.marketresearchfuture.com/reports/household-robot-market-8196>
- <sup>88</sup> 国际劳工组织（2022），国际劳工组织全球工资数据库，<https://www.ilo.org/global/research/global-reports/global-wage-report/2020/lang--en/index.htm>
- <sup>89</sup> 德勤（2019），《重新思考数字红利》，<https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/au/Documents/Economics/deloitte-adae-adobe-digital-experience-report-june-2019-updated-210421.pdf>
- <sup>90</sup> Oxford Insights（2021），《2021年政府人工智能准备度指数》，<https://www.oxfordinsights.com/government-ai-readiness-index2021#:~:text=Nearly%2040%25%20of%20the%20160,while%209%25%20are%20drafting%20one.>
- <sup>91</sup> 世界银行（2022），人口估算以及预测，<https://databank.worldbank.org/source/population-estimates-and-projections>
- <sup>92</sup> 国际劳工组织（2022），国际劳工组织全球工资数据库，<https://www.ilo.org/global/research/global-reports/global-wage-report/2020/lang--en/index.htm>
- <sup>93</sup> 麦肯锡（2016），《汽车革命——展望2030年》，<https://www.mckinsey.com/~media/mckinsey/industries/automotive%20and%20assembly/our%20insights/disruptive%20trends%20that%20will%20transform%20the%20auto%20industry/auto%202030%20report%20jan%202016.pdf>
- <sup>94</sup> 麦肯锡全球研究院（2015），《物联网：超越市场炒作之外的价值》，[https://www.mckinsey.com/~media/McKinsey/Industries/Technology%20Media%20and%20Telecommunications/High%20Tech/Our%20Insights/The%20Internet%20of%20Things%20The%20value%20of%20digitizing%20the%20physical%20world/Unlocking\\_the\\_potential\\_of\\_the\\_Internet\\_of\\_Things\\_Executive\\_summary.pdf](https://www.mckinsey.com/~media/McKinsey/Industries/Technology%20Media%20and%20Telecommunications/High%20Tech/Our%20Insights/The%20Internet%20of%20Things%20The%20value%20of%20digitizing%20the%20physical%20world/Unlocking_the_potential_of_the_Internet_of_Things_Executive_summary.pdf)
- <sup>95</sup> 标准普尔全球移动（2022），标准普尔全球移动显著下调轻型汽车生产前景，<https://www.businesswire.com/news/home/20220316005784/en/SP-Global-Mobility-Significantly-Lowers-its-Light-Vehicle-Production-Outlook-81.6-Million-Units-Expected-in-2022>
- <sup>96</sup> 美国交通部（2021），经济分析中统计生命估值部门指南，<https://www.transportation.gov/office-policy/transportation-policy/revised-departmental-guidance-on-valuation-of-a-statistical-life-in-economic-analysis>
- <sup>97</sup> 世界银行（2022），人均国内生产总值（现价美元），<https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.PCAP.CD>
- <sup>98</sup> 麦肯锡全球研究院（2018），《智慧城市：使未来更加宜居的数字化解决方案》，<https://www.mckinsey.com/~media/mckinsey/business%20functions/operations/our%20insights/smart%20cities%20digital%20solutions%20for%20a%20more%20livable%20future/mgi-smart-cities-full-report.pdf>

- <sup>99</sup> Our World in Data (2022), 1990至2019年的凶杀率, <https://ourworldindata.org/grapher/homicide-rate?tab=table>
- <sup>100</sup> 世界银行 (2022), 人口估算及预测, <https://databank.worldbank.org/source/population-estimates-and-projections>
- <sup>101</sup> 美国交通部 (2021), 经济分析中统计生命估值部门指南, <https://www.transportation.gov/office-policy/transportation-policy/revised-departmental-guidance-on-valuation-of-a-statistical-life-in-economic-analysis>
- <sup>102</sup> 世界银行 (2022), 人均国内生产总值 (现价美元), <https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.PCAP.CD>
- <sup>103</sup> E. Wilde (2012), 紧急医疗系统响应时间对健康结果是否重要?, <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22700368/>
- <sup>104</sup> RapidSOS (2015), 《成果: 量化应急响应时间的影响》, [https://cdn2.hubspot.net/hubfs/549701/Documents/RapidSOS\\_Outcomes\\_White\\_Paper\\_-\\_2015\\_4.pdf](https://cdn2.hubspot.net/hubfs/549701/Documents/RapidSOS_Outcomes_White_Paper_-_2015_4.pdf)
- <sup>105</sup> M. Bigdeli (2010), 伊朗道路交通事故受害者的院前护理时间间隔, <https://bmcpublichealt.biomedcentral.com/articles/10.1186/1471-2458-10-406>
- <sup>106</sup> 麦肯锡全球研究院 (2018), 《智慧城市: 使未来更加宜居的数字化解决方案》, <https://www.mckinsey.com/business-functions/operations/our-insights/smart-cities-digital-solutions-for-a-more-livable-future>
- <sup>107</sup> EM-DAT (2022), 国际灾害数据库, <https://www.emdat.be/>
- <sup>108</sup> Fair Tech Institute (2022), 《卫星通信在灾害管理中的作用白皮书》, <https://www.accesspartnership.com/access-partnership-releases-the-role-of-satellite-communications-in-disaster-management-whitepaper-under-the-fair-techinstitute/>
- <sup>109</sup> 美国交通部 (2021), 经济分析中统计生命估值部门指南, <https://www.transportation.gov/office-policy/transportation-policy/revised-departmental-guidance-on-valuation-of-a-statistical-life-in-economic-analysis>
- <sup>110</sup> 美国国家安全委员会 (2022), 工伤费用, <https://injuryfacts.nsc.org/work/costs/work-injury-costs/>
- <sup>111</sup> 世界银行 (2022), 人均国内生产总值 (现价美元), <https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.PCAP.CD>
- <sup>112</sup> 麦肯锡全球研究院 (2015), 《物联网: 超越市场炒作之外的价值》, [https://www.mckinsey.com/~media/McKinsey/Industries/Technology%20Media%20and%20Telecommunications/High%20Tech/Our%20Insights/The%20Internet%20of%20Things%20The%20value%20of%20digitizing%20the%20physical%20world/Unlocking\\_the\\_potential\\_of\\_the\\_Internet\\_of\\_Things\\_Executive\\_summary.pdf](https://www.mckinsey.com/~media/McKinsey/Industries/Technology%20Media%20and%20Telecommunications/High%20Tech/Our%20Insights/The%20Internet%20of%20Things%20The%20value%20of%20digitizing%20the%20physical%20world/Unlocking_the_potential_of_the_Internet_of_Things_Executive_summary.pdf)
- <sup>113</sup> 世界卫生组织 (2022), 全球卫生估计: 伤残调整寿命年的主要成因, <https://www.who.int/data/gho/data/themes/mortality-and-global-health-estimates/global-health-estimates-leading-causes-of-dalys>
- <sup>114</sup> 牛津经济研究院 (2022), 牛津经济研究院数据库, <https://www.oxfordeconomics.com/>
- <sup>115</sup> 麦肯锡全球研究院 (2018), 《人工智能前沿: 模拟人工智能对世界经济的影响》, <https://www.mckinsey.com/featured-insights/artificial-intelligence/notes-from-the-ai-frontier-modeling-the-impact-of-ai-on-the-world-economy>
- <sup>116</sup> 国际劳工组织 (2022), 恶劣工作条件的巨大负担, [https://www.ilo.org/moscow/areas-of-work/occupational-safety-and-health/WCMS\\_249278/lang--en/index.htm](https://www.ilo.org/moscow/areas-of-work/occupational-safety-and-health/WCMS_249278/lang--en/index.htm)
- <sup>117</sup> 美国国家安全委员会 (2022), 工伤费用, <https://injuryfacts.nsc.org/work/costs/work-injury-costs/>
- <sup>118</sup> 世界银行 (2022), 人均国内生产总值 (现价美元), <https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.PCAP.CD>
- <sup>119</sup> 普华永道 (2022), 社会责任银行: 通往普惠金融的数字化道路, <https://www.pwc.com/us/en/industries/financial-services/library/financial-inclusion-through-artificial-intelligence.html>
- <sup>120</sup> 世界银行 (2021), 2021年全球金融包容性指数数据库: 新冠肺炎时代的普惠金融、数字支付和弹性, <https://www.worldbank.org/en/publication/globalindex>
- <sup>121</sup> Fit Small Business (2021), 你需要了解的21个小额信贷统计数据, <https://fitsmallbusiness.com/microfinance-statistics/>
- <sup>122</sup> Broadband India Forum (2019), 《通过采用物联网/人工智能在印度农业和医疗保健行业创造就业机会的潜力》, [http://broadbandindiaforum.com/wp-content/uploads/2020/12/Feedback\\_BIF\\_IOT\\_AI\\_Job-Creation-Potential\\_Rural-Healthcare-and-Agri-Sector\\_Report\\_Final\\_19082019.pdf](http://broadbandindiaforum.com/wp-content/uploads/2020/12/Feedback_BIF_IOT_AI_Job-Creation-Potential_Rural-Healthcare-and-Agri-Sector_Report_Final_19082019.pdf)
- <sup>123</sup> 世界银行 (2022), 人均国内生产总值 (现价美元), <https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.PCAP.CD>

安永（中国）企业咨询有限公司（“安永”）受雇于华为技术有限公司开展此项研究。

安永专有的计算一般均衡模型EYGEM被用于该分析。

**华为技术有限公司**

深圳市龙岗区坂田华为基地  
电话: (0755) 28780808  
邮编: 518129  
www.huawei.com



**商标声明**

 HUAWEI, HUAWAI, 是华为技术有限公司的商标或者注册商标, 在本手册中以及本手册描述的产品中, 出现的其他商标、产品名称、服务名称以及公司名称, 由其各自的所有人拥有。

**免责声明**

本文档可能含有预测信息, 包括但不限于有关未来的财务、运营、产品系列、新技术等信息。由于实践中存在很多不确定因素, 可能导致实际结果与预测信息有很大的差别。因此, 本文档信息仅供参考, 不构成任何要约或承诺, 华为不对您在本文档基础上做出的任何行为承担责任。华为可能不经通知修改上述信息, 恕不另行通知。

版权所有 © 华为技术有限公司 2022。保留一切权利。

非经华为技术有限公司书面同意, 任何单位和个人不得擅自摘抄、复制本手册内容的部分或全部, 并不得以任何形式传播。