



科学和技术促进发展委员会

第二十五届会议

2022年3月28日至4月1日，日内瓦

临时议程项目3(a)

科学和技术促进发展

以第四次工业革命促进包容性发展

秘书长的报告

概要

本报告讨论制造业的第四次工业革命(工业 4.0)及其对国家内部和国家之间的不平等的影响。在制造业中使用工业 4.0 技术可以提高生产率，减少工业化对环境的影响，并可能创造而不是取代就业。与此同时，发展中国家的大多数公司还没有准备好使用这种技术；大多数继续在生产过程中使用模拟技术，需要进一步工业化才能从工业 4.0 中受益。发展中国家存在制造业工业化和工业 4.0 传播缓慢的风险，这会进一步加剧国家之间的不平等，并再现以往技术革命中的模式。发展中国家不能错过这波新的技术变革。这在很大程度上将取决于国家政策反应和伙伴关系。每个国家都需要与发展水平相适应的科学、技术和创新政策，以使人民和企业为快速变革时期做好准备。这将需要一个平衡的方法，建立一个强大和多样化的工业基础，同时在制造业传播工业 4.0 技术。这还需要建立和加强伙伴关系和国际合作，以促进发展中国家制造业企业的经济多样化、技术传播和采用。



导言

1. 在 2021 年 5 月第二十四届会议上，科学和技术促进发展委员会选定“以工业 4.0 促进包容性发展”作为其 2021-2022 年闭会期间的优先主题之一。
2. 委员会秘书处于 2021 年 11 月 17 日至 19 日召开了一次闭会期间小组会议，以促进更好地理解这一主题，并协助委员会第二十五届会议的审议工作。本报告参考了秘书处编写的议题文件、小组会议的结论和建议以及委员会委员和联合国实体提供的国家案例研究。¹
3. 2019 冠状病毒病(COVID-19)疫情的影响和应对措施加快了数字技术的传播，在这个时代，在人工智能、机器人技术和物联网等工业 4.0 技术的基础上已经取得了重大技术进步。在制造业中使用工业 4.0 技术可以帮助提高生产率，减少工业化对环境的影响，创造的就业机会可能必取代的就业机会更多。与此同时，工业 4.0 的采用影响了不同部门和经济体中企业的相对生产率，从而影响了发展中国家的工业化和结构转型前景，这对包容性发展和缩小国家内部和国家之间的差距至关重要。制造业的这种变化也影响到工资和就业机会，这是由于技能的差异以及社会背景和年龄、性别和种族等个人特点造成的教育选择和选项的普遍差异。发展中国家需要设计和实施政策，利用工业 4.0，同时尽量减少潜在的不利影响。国际社会在促进发展中国家制造业企业的经济多样化和技术采用方面发挥着作用。

一. 工业化趋势、不平等和疫情影响

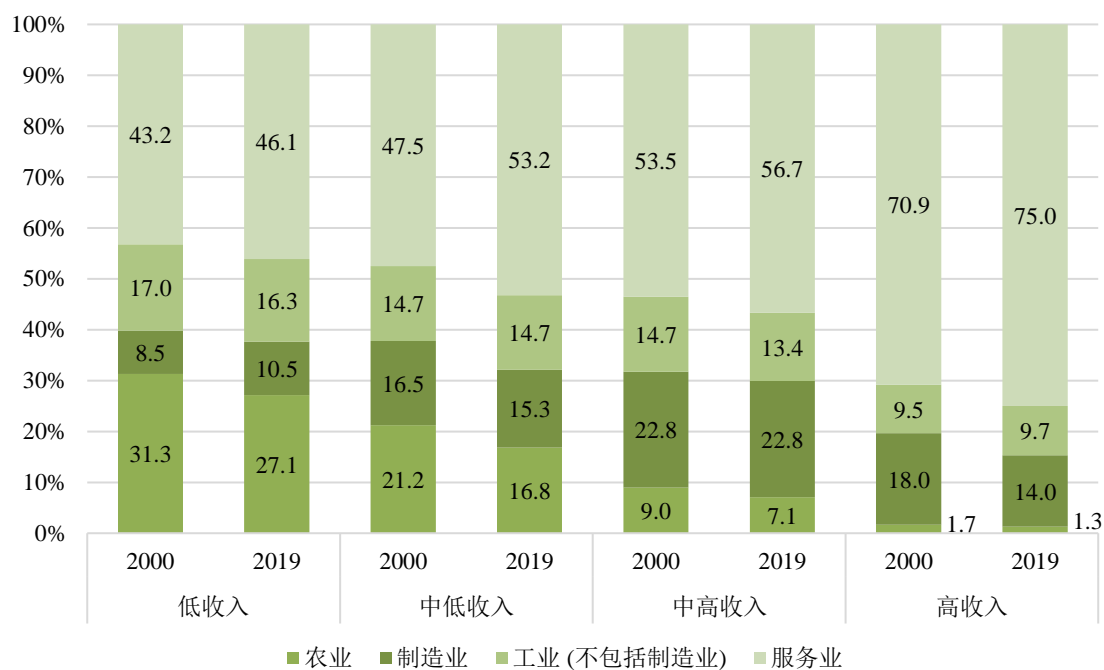
4. 工业革命以来的每一波技术进步都伴随着国家间更严重的不平等。1,800 年代以前，各国间收入差距很小；不平等是国内阶级分化的问题。目前，全球不平等被界定为各地之间的不平等，因为发达国家与发展中国家之间的人均收入差距超过 40,000 美元。² 在过去 40 年里，许多国家的国内不平等也有所加剧，在某些情况下非常显著。从历史上看，成功的发展与工业化、技术升级和结构转型相关，产出和就业从低附加值活动，特别是口粮农业，转向附加值更高的工业和服务业。在工业内部，制造业更有可能实现技术采用和生产率增长，具有溢出效应，并有可能提高整个经济体中的工资。然而，在过去 20 年里，发展中国家一般遵循了一种结构变化模式，其特点是增值和就业主要从农业转向服务业，制造业增值在国内生产总值中的份额略有增加，甚至有所减少(图 1 和图 2)。这种模式表明，低收入国家工业化缓慢，而中等偏下收入国家去工业化过早。

¹ 感谢白俄罗斯、比利时、巴西、多米尼加共和国、埃及、伊朗伊斯兰共和国、日本、肯尼亚、拉脱维亚、秘鲁、菲律宾、葡萄牙、俄罗斯联邦、南非、瑞士、泰国、土耳其和大不列颠及北爱尔兰联合王国政府以及西亚经济社会委员会、国际电信联盟、联合国工业发展组织和世界旅游组织提供的材料。闭会期间小组会议的所有文件见 <https://unctad.org/meeting/cstd-2021-2022-inter-sessional-panel>。

注：脚注中提及的所有网站均于 2021 年 12 月访问。

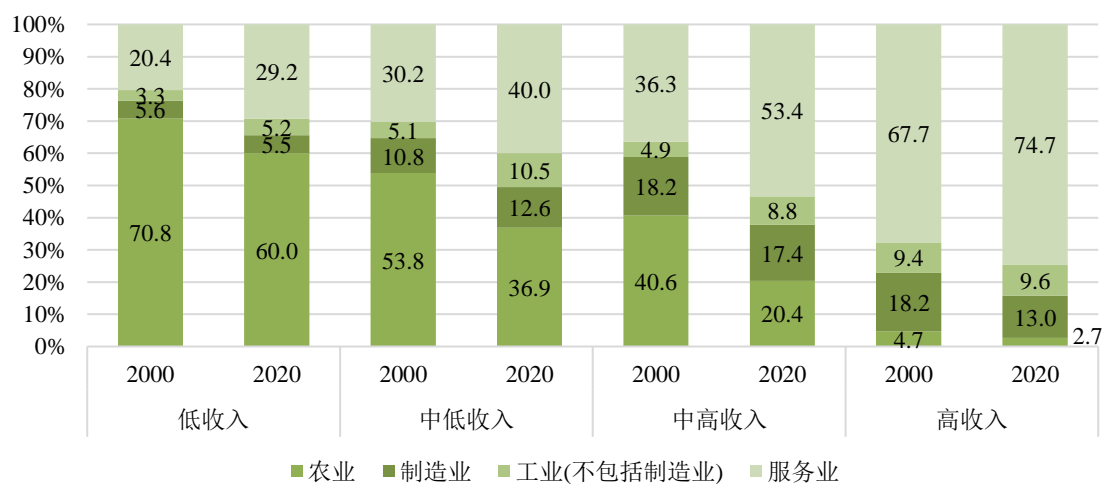
² 联合国贸易和发展会议(贸发会议)，2021a，《2021 年技术和创新报告：追赶技术浪潮——公平创新》(联合国出版物，出售品编号 E.21.II.D.8，日内瓦)。

图 1
按广泛经济部门和收入类别划分的占国内生产总值的比例
(百分比)



资料来源：贸发会议根据贸发会议数据库的数据所作计算结果。

图 2
按广泛经济部门和收入类别划分的就业比例
(百分比)



资料来源：贸发会议，2021a。

5. 自 1990 年代以来，外国直接投资和全球价值链迅速扩大。全球价值链约占国际贸易的 80%，大多数发展中国家越来越多地参与全球价值链；它们在全球增值贸易中的份额从 1990 年的 20% 增加到 2013 年的 40% 以上。³ 通信和贸易成本的下降导致生产过程的分割，导致生产的地域多样化和复杂的跨境供应链。生产基地的这种扩大往往呈现为一种形式，即发达国家的跨国企业通过外国直接投资，利用发展中国家较低的劳动力成本和市场准入。然而，发展中国家的工业化一直是不平衡和缓慢的。在通过参与全球价值链进行技术学习方面，发展中国家的经验好坏参半，这取决于价值链的治理、供应商的能力水平和国家创新体系的成熟程度。大多数发展中国家的企业倾向于从事制造，这是全球价值链中技能较低的部分，而较发达国家的企业则履行更多的研发职能。

6. 人力资本对于技术学习和创新至关重要。这一因素本身并不能解释工业化的不平衡和缓慢，因为在大多数发展中国家，工人技能在过去 20 年中有所提高。在 2000 年至 2020 年期间，发展中国家中等技能工作的份额在低收入国家和中等偏下收入国家增加了 6 个百分点，在中等偏上收入国家增加了 10 个百分点。⁴ 同期，高技能工人的比例在所有国家都有所增加，特别是在中等收入国家，增加了约 6 个百分点。然而，结构性因素影响技能的使用；增加的大部分中等技能工作岗位在服务和销售业，而不是制造业。

7. 鉴于发展中国家和发达国家经济结构的持续差异，它们之间的生产率差距从 1991 年的约 60,000 美元增加到 2019 年的近 90,000 美元。⁵ 许多发展中经济体仍然主要以农业和资源为基础，这些经济体的传统部门和现代部门之间的生产率存在巨大差距。大多数发展中国家都有庞大的非正规经济(占世界非正规就业的 93%)，这既是生产率低下的表现，也是生产率低下的因素。⁶

8. 预计疫情将增加工作岗位的不正规性和无保障性。这导致工作岗位减少，工作岗位之间的差距扩大，工作时间减少，相当于 2021 年损失 1 亿个全职工作岗位，2022 年损失 2,600 万个全职工作岗位。⁷ 对制造业的影响取决于一个国家的生产和贸易结构。例如，在孟加拉国，纺织、服装和皮革部门的微型企业和中小企业的工人受到裁员的影响更大。⁸ 在泰国，疫情可能导致 840 万人失业，其中 150 万人从事制造业，尤其是麦芽饮料和汽车行业。⁹ 失业率和就业不足率高的国家的企业采用某些工业 4.0 技术来降低劳动力成本的动力可能较小，从而会推迟这些技术的部署。

³ 贸发会议，2013 年，《全球价值链与发展：全球经济中的投资和增值贸易》(联合国出版物，日内瓦)。

⁴ 贸发会议，2021a。

⁵ 同上。

⁶ 国际劳工组织，2018 年，《非正规经济中的妇女和男子：统计分析》(日内瓦)。

⁷ 同上。

⁸ 联合国工业发展组织，2021a，《COVID-19 对孟加拉国制造企业的影响评估》，维也纳。

⁹ 联合国工业发展组织，2021b，《COVID-19 对泰国制造企业的影响评估》，维也纳。

9. 疫情还极大地影响了国际投资流动。2020 年，全球外国直接投资下降了 35%。¹⁰ 发展中经济体相对有韧性，下降了 8%，主要是由于亚洲强劲的投资流动。流向发展中区域的外国直接投资降幅并不均匀，其中，拉丁美洲和加勒比降幅为 45%，非洲降幅为 16%。2021 年上半年，外国直接投资强劲反弹，估计达到 8,520 亿美元，但复苏不平衡，高收入经济体季度流入量增加一倍以上，低收入经济体则减少了 9%。¹¹ 这种缓慢的复苏可能会减少这些地区获得与工业 4.0 相关的外国直接投资的机会。

10. 私营部门关于参与全球价值链的决定也可能受到新冠肺炎危机的影响。例如，一个可能的变化是，重新定位可能导致价值链缩短、分散程度降低，以及附加值的地理集中，主要集中在汽车、机械和设备以及电子部门等技术密集型行业。重新定位可能会阻碍工业 4.0 技术在发展中国家的部署，因为它更有可能影响到高技术密集型部门，而这些部门是这些技术的主要用户。

二. 工业 4.0: 概念和主要特点

11. 工业 4.0 是指因新技术，特别是更多地使用自动化和数据交换而得以实现的智能和互联生产系统。智能生产使用连接到人工智能支持的数字网络的传感器和设备来集成和控制生产。这需要将传统技术和新技术在硬件、软件和连通性三个主要组成部分下结合起来，在人和机器之间形成新的互动形式。硬件部分包括现代工业机器人、协作式机器人(与人类协作工作的机器人，这种机器人易于重新编程并用于多个行业，如包装、码堆和制造厂工业机床的自动化操作)、智能自动化系统、用于添加剂制造的三维打印机以及传统和技术不太先进的机械、设备和工具。这些技术对制造业来说并不陌生；让智能生产与众不同的是其他组成部分，即软件和连通性。软件部分包括更传统的信息和通信技术，如企业系统、计算机辅助制造、计算机集成制造和计算机辅助设计，以及基于大数据和人工智能的数据分析。工业物联网等数字网络将传统机械和工具与执行器和传感器连接起来，使它们能够收集、传输和处理与生产过程相关的数据。这些组成部分共同创建了一个网络系统，旨在感知、预测实体世界，与其互动，并做出决策，实时支持生产。

A. 一个可能的新技术范例

12. 工业 4.0 被认为是一场新的技术革命，其基础是数字技术和连通性、技术集成以及实体、数字和生物领域之间的相互联系。一场技术革命比引进一种渐进或激进的技术具有更深远和更广泛的影响。它会改变经济和社会，改变人与人之间以及人与环境之间的关系，并需要深刻的制度变革。关于技术变革和创新的文献指出了自工业革命以来的五次技术革命，每一次都需要大约 50 年的时间来展开(见表)。

¹⁰ 贸发会议，2021b，《2021 年世界投资报告：投资于可持续复苏》(联合国出版物，出售品编号：E.21.II.D.13，日内瓦)。

¹¹ 见 <https://unctad.org/news/global-investment-flows-rebound-first-half-2021-recovery-highly-uneven>。

技术—经济范式

革命	范式
第一至第三次：	
工业革命(从 1771 年开始)	工厂生产、机械化、生产率、计时和省时、本地网络
蒸汽和铁路时代(从 1829 年开始)	集聚经济、工业城市和国家市场、进步规模、零部件标准化、所需能源(蒸汽)
钢铁、电力和重型工程时代(从 1875 年开始)	大型钢铁结构、工厂规模经济和纵向一体化、工业电力分配、科学成为生产力、全球网络、通用标准化、成本核算
第四次：石油、汽车和大规模生产时代(从 1908 年开始)	大规模生产和市场、规模经济和横向一体化、产品标准化、能源强度、合成材料、功能专业化、郊区城市化、全球协议
第五次：数字革命(信息技术时代：从 1971 年开始)	信息密度和即时通信、知识成为资本、数字平台和社交媒体、连通性和移动性、电子商务和电子政务、市场细分、范围经济、扁平化组织和网络结构、全球价值链
第六次：工业 4.0(从 2010 年代开始)	自动化、数字集成、利基市场、按需本地生产、可持续性、智能生产、流程分散、纵向和横向一体化加强、生产重组、自我修正

资料来源：贸发会议以 C Perez, 2002, *Technological Revolutions and Financial Capital: The Dynamics of Bubbles and Golden Ages*, Edward Elgar, Cheltenham, United Kingdom, and K Schwab, 2017, *The Fourth Industrial Revolution*, Penguin, London 为基础编制。

13. 在世界经济论坛采用的框架下，前三次革命与工业革命重合，第四次和第五次革命与第二次和第三次工业革命重合，因此工业 4.0 是第四次工业革命。¹² 后者被认为在传播速度、受影响行业的广度以及带来的变化的幅度和深度方面没有先例。¹³ 尽管工业 4.0 下的技术和解决方案对很多人来说似乎是遥远的未来，但这波浪潮迟早会影响一切。

B. 工业 4.0 在制造业中的开发和利用

14. 少数国家和相对少数的公司引领着工业 4.0 技术的发展。中国和美利坚合众国在出版物和专利数量上占主导地位，约占相关出版物的 26% 至 41%，占全球专利的 45% 至 63%。¹⁴ 这两个国家在工业 4.0 技术投资和能力方面处于领先地位，

¹² Schwab, 2017. See <https://www.weforum.org/agenda/2016/01/the-fourth-industrial-revolution-what-it-means-and-how-to-respond/>.

¹³ 同上。

¹⁴ 根据贸发会议，2021a。

拥有最大的数字平台，占市场资本总额的 90%，拥有世界上半的超大规模数据中心、第五代网络的最高采用率(超过 45%)、过去五年人工智能初创企业所有资金的 94%和世界领先人工智能研究人员的 70%。¹⁵ 但目前尚不清楚中美两国是否会将数字平台优势延伸到制造业的工业 4.0 技术。这方面的一项重要技术是物联网。来自西欧的公司在这项技术上进行了大量投资，它们与中国和美国一起，约占所有物联网相关支出的四分之三。¹⁶

15. 高技术制造和研发能力是工业 4.0 扩散的另一个重要因素。在这方面，经济体可分为四大类，即领先者、追随者、后来者和落后者。¹⁷ 领先者是在工业 4.0 技术中拥有 100 个或更多全球专利族申请的 10 个经济体，它们合计占全球所有专利族的 91%，出口的近 70%和进口的 46%，这些经济体创造、销售和购买利用这些技术的产品。¹⁸ 追随者是利用此类技术但专利和贸易份额较小的经济体。领先者和追随者共包括 50 个积极利用工业 4.0 技术的经济体。其他国家在这类技术的专利申请或交易方面的活动很少或没有活动。此外，即使在 50 个领先和跟随经济体中，只有少数行业采用了工业 4.0 技术，只有少数公司实施了智能生产。在后来者和落后者中，制造公司主要使用模拟技术，仍处于采用数字技术的过程中。¹⁹

C. 工业 4.0 在制造业中的优势

16. 工业 4.0 技术在制造业中应用可能会提高生产率、能效和可持续性。就生产率而言，在加纳、泰国和越南进行的企业层面的调查显示，采用先进数字生产技术的企业生产率更高。²⁰ 这些技术提高了每一生产步骤的可见性，突出了需要优化的领域。例如，关于墨西哥一家电动工具制造厂的案例研究表明，在一个实时定位系统中使用贴在在几乎每种材料上的无线射频识别标签，使得车间经理能够减慢或加快流程，并确定员工完成任务的速度，从而将劳动效率提高了 10%，将关键劳动力资源利用率提高了 80%至 90%。²¹

17. 智能生产还通过减少停机时间和维护成本来提高生产率。估计显示，资产可用性可能会增加 5%至 15%。²² 例如，在葡萄牙，一家车辆厂在一件经常发生故

¹⁵ 贸发会议，2021c，《2021 年数字经济报告：跨境数据流动与发展：数据为谁流动》(联合国出版物，出售品编号：E.21.II.D.18，日内瓦)。

¹⁶ 同上。

¹⁷ 联合国工业发展组织，2020 年，《2020 年工业发展报告：数字化时代的工业化》，维也纳。

¹⁸ 中国；法国；德国；日本；荷兰；大韩民国；瑞士；英国；美国；中国台湾省。

¹⁹ 联合国工业发展组织，2020 年。

²⁰ 同上。

²¹ 见 <https://enterpriseinsights.com/20180102/smart-factory/three-smart-manufacturing-case-studies-tag23-tag99>。

²² 见 <https://www.mckinsey.com/business-functions/operations/our-insights/digitally-enabled-reliability-beyond-predictive-maintenance>。

障的机器上安装了振动和温度传感器，从而能够通过使用物联网及早发现不达标问题，从而能够进行有计划的更换，初始投资获得大约 200% 的回报。²³

18. 工业 4.0 技术也会积极影响一个经济体的生产率。积极采用此类技术的经济体在制造业附加值方面的增长速度快于其他国家。²⁴ 重要的是，生产率的这种提高与就业的增加相关联。

19. 制造过程的数字化还可以提供节能的机会，优化或替换需要更多能源的技术，在业务流程中采用能源优化功能和适应措施。将实时数据功能集成到现有工具和系统中，可以为制造商实现运营改进和成本节约。例如，在关于一个向塑料工业提供设备和服务的跨国公司的案例研究中，工业 4.0 技术的采用使一家工厂的能耗降低了约 40%；该公司使用分项测量电表，即测量能源流动的传感器，具体测量几台设备的能源使用和压力，发现一些设备即使在不使用时也用电，机器要实现最佳性能所需的功率更高，随后生产参数的改变每年节省了相当于 20 多万美元的能源成本。²⁵

20. 在使用物联网和机器人的智能工厂中，算法的改进可以实现能效的持续优化和提高。例如，一家总部位于中国的智能手机制造商改变算法以优化机器人的操作，使生产率提高了 50%，从而无须购买新的机器人或机器。²⁶

21. 减少浪费也提高了生产的可持续性。使用三维打印代替传统生产方法可实现可观的节约，包括在生产过程以及在使用通过这种打印生产的部件的产品的重量和能耗方面。例如，在生产对飞行不太关键的飞机轻质部件，如支架、铰链、座椅扣和装备时，添加剂制造可以使这些部件的重量减少 50% 以上，飞机质量减少 4% 至 7%，燃料消耗减少 6.4%。²⁷

三. 工业 4.0 与不平等

22. 考虑到工业 4.0 的好处以及发展和扩散的差异，工业 4.0 会如何影响社会经济不平等？工业 4.0 对不平等的影响可以从技术影响不平等的经济渠道(利润、工资和工作)来考虑；以可以从长期的技术革命浪潮框架来考虑。

A. 对利润、工资和就业方面不平等的影响

23. 技术变革和创新会影响利润、工资和就业方面的不平等，在整个经济结构中引发长期的连锁反应。关于制造业的工业 4.0，新技术主要用于流程创新以提高

²³ J Fernandes, J Reis, N Melão, L Teixeira and M Amorim, 2021, The role of industry 4.0 and BPMN[business process model and notation] in the arise of condition-based and predictive maintenance: A case study in the automotive industry, *Applied Sciences*, 11(8):3438.

²⁴ 联合国工业发展组织，2020 年。

²⁵ 见 <https://www.encyvermont.com/blog/your-story/how-did-simple-efficiency-solutions-help-husky-save>。

²⁶ 见 <https://www.automate.org/case-studies/the-paradox-of-smart-manufacturing>。

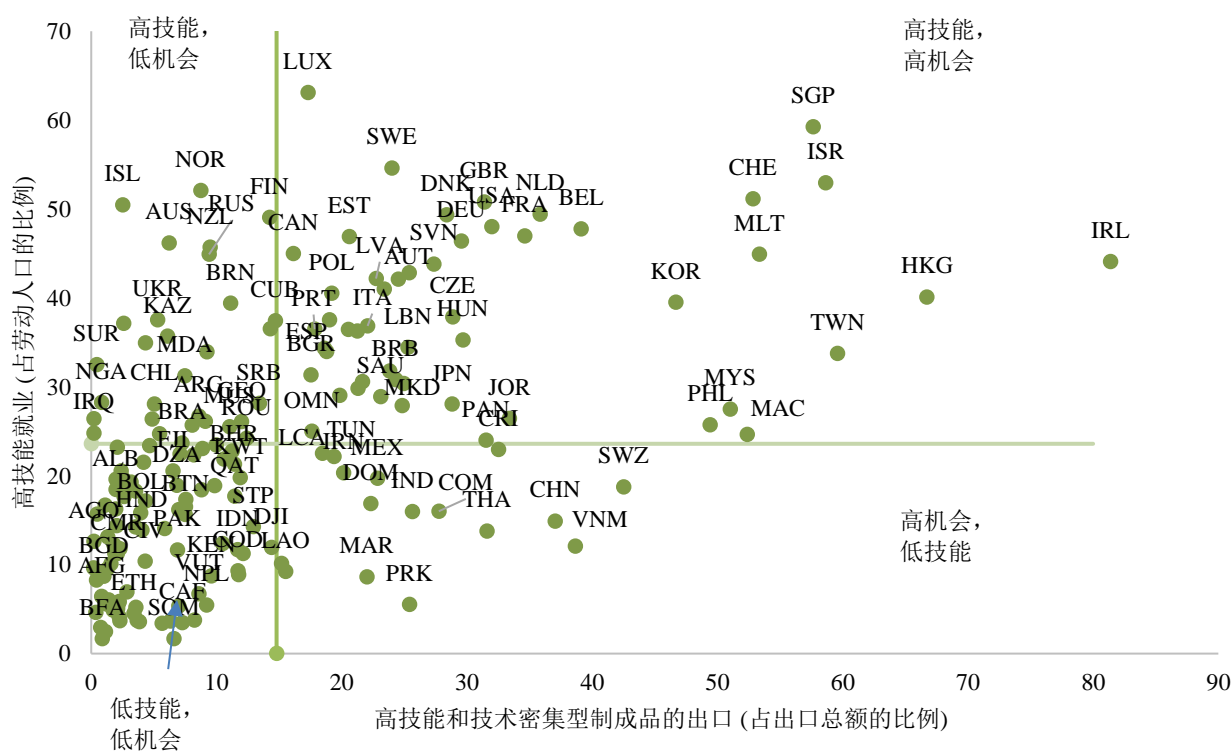
²⁷ R Huang, M Riddle, D Graziano, J Warren, S Das, S Nimbalkar, J Cresko and E Masanet, 2016, Energy and emissions saving potential of additive manufacturing: The case of lightweight aircraft components, *Journal of Cleaner Production*, 135:1559–1570.

生产率。部署工业 4.0 技术和推出新产品的制造企业可以比同一行业的其他企业获得更大的利润。在智能生产中采用人工智能和机器人也可以补充技术工人的工作，并增加相对于常规任务的非常规任务的劳动力需求。因此，工业 4.0 最初直接影响到的是部门内与企业生产率相关的不平等，以及职业和任务变化造成的工资差异。

24. 在全球层面，拥有更多制造业部门的国家，如企业采用工业 4.0 技术，可能会比其他国家实现更大的生产率增长。与此同时，技术工人对于向智能生产过渡可能准备得更好，较少受到职业和任务变化的不利影响。以高技能和技术密集型制成品出口及高技能就业为特点的经济体的表现表明，最初这些经济体更可能受益于工业 4.0 技术的扩散(图 3)。

图 3

确定最初哪些经济体更可能从工业 4.0 中受益：准备度指标
(百分比)



资料来源：贸发会议根据贸发会议数据库和国际劳工组织数据库的数据所作计算结果。

注：实线代表这两个指标下的全球平均值。

25. 在包括美国以及东亚、欧洲和东南亚的许多经济体在内的一类经济体中，工业 4.0 技术扩散机会较高，因为这些经济体专门从事高技能和技术密集型制造业，高技能就业比例高。这一组中有八个经济体相对于其人口和出口而言，表现高于平均水平，可能从制造业的工业 4.0 中受益最大。²⁸ 第二类经济体包括中国、印度、墨西哥、泰国和越南等，由于其高技术出口份额，这些经济体的机会也很高，但它们的高技能就业比例低于全球平均水平，这表明缺乏技能可能是工业 4.0 技术在制造业中广泛扩散的一个障碍。第三类经济体包括在经济结构中更

²⁸ 爱尔兰；以色列；马耳他；大韩民国；新加坡；瑞士；中国香港；中国台湾省。

加依赖初级商品的发展中国家，如阿根廷、巴西、智利、哈萨克斯坦和尼日利亚，这些经济体的高技能就业比例高于全球平均水平，这表明在制造业中工人有潜力适应工业 4.0，但就高技术部门的企业而言，技术扩散的机会较低，这些经济体可能很难将工业 4.0 技术在制造业中的使用扩大到高技能和技术密集型制造业部门之外。包括大多数发展中国家在内的第四类经济体的两项指标均低于全球平均水平；它们的经济结构中没有许多高技术部门，也没有许多高技能工作，因此工业 4.0 技术的扩散可能会更慢。因此，分析表明，工业 4.0 技术的最初扩散更有可能增加国家之间的不平等。

B. 各次技术革命对不平等的影响

26. 技术革命影响不平等。这种革命可以分为两个阶段。第一个需要创建新的技术范式，从处于技术浪潮中心的几个部门和地方开始，例如信息和通信技术时代创建阶段的美国技术部门，并可能由于新范式的核心行业(包括金融业)工人的工资增加而导致收入不平等加剧。第二阶段需要部署技术范式，从历史上看，这一阶段包括更公平地参与经济增长。然而，这一阶段的末期可能是一个社会不满的时期，因为人们意识到通过使用新技术带来的社会进步将许多人抛在了后面，也可能是一个权力合并和集中到少数公司的时期，使财富掌握在少数人手中。²⁹

27. 如果将这一框架应用到现在，工业 4.0 对不平等的影响取决于当前的情况是新的技术—经济范式的开始，还是信通技术时代的延续。

28. 在第一种情况下，处于技术前沿的国家处于信息和通信技术时代的部署阶段的末期和工业 4.0 时代的创建阶段的开端。这可能是一个不满时期，矛头指向通过使用信通技术取得广泛进展所产生的不平等结果和未兑现的承诺，以及财富高度集中于主要数字平台所有者的现象。与此同时，人们担心新技术可能对不平等产生影响。鉴于新范式还处于早期阶段，这种影响尚未实现，但一些人已经预见到新模式可能通过对生产和消费的影响而加大差距。在发展中国家，从历史上看，新技术范式的创建阶段为一些国家提供了迎头赶上的机会，也为一些国家提供了稳步前进的机会。在信通技术时代的创建阶段，亚洲一些国家通过从硬件和软件方面发展进入信通技术部门的能力，在技术和经济上迎头赶上，实现了向技术密集型出口部门的结构变化。同样，在工业 4.0 的创建阶段，进入与新范式相关的部门的国家会实现更大的增长并赶上技术前沿。在未来几十年内，处于技术前沿的国家的国内不平等可能会加剧。与此同时，一些发展中国家可能会迎头赶上，另一些国家可能会稳步前进，从而减少各国之间的不平等。然而，大多数发展中国家仍需要先赶上以前的技术范式，然后才能发展到工业 4.0。

29. 在第二种情况下，发达国家可能会出现一个日益繁荣的时期，通过工业 4.0 技术的扩散，技术部门目前所经历的生产力提高会发生在其他传统经济部门。然而，这也可能是处于技术前沿的国家与其他国家之间技术差距扩大的时期。历史上，追赶轨迹往往发生在范式的创建阶段，而不是部署阶段。因此，在这种情况下，发达国家内部的不平等程度可能较低，但各国之间的差距会持续存在。

²⁹ Perez, 2002.

30. 这两种情况都给大多数发展中国家带来了暗淡的前景，除非在国际社会的支持下，它们采取有效行动，促进和支持进一步的经济多样化，迈向更高层次的技术密集型工业，同时努力进入与新范式相关的部门。

四. 具体挑战

A. 处理工人岗位流失问题

31. 许多研究预测，工业 4.0 技术将导致大量工作岗位流失，这种风险在发展中国家尤为严重，因为这些国家往往有更多常规类型的工作。然而，各国具有不同的要素禀赋、比较优势和部门构成，再加上不确定哪些部门容易出现工作岗位流失(制造业可能容易通过使用机器人技术实现自动化，但服务业可能容易通过使用人工智能和其他技术实现自动化)，总体影响可能不像估计的那样简单。此外，大多数危言耸听的情景并没有考虑到并非所有任务都能自动化，更重要的是，整个经济中会创造出新的产品、任务、职业和经济活动。

B. 处理生产的回流以及外国直接投资和全球价值链的重组

32. 随着工业 4.0 技术的出现，发展中国家的劳动密集型工作可能被发达国家的机器人和人工智能等技术所取代，从而降低前者在全球价值链中制造业方面的相对优势，并导致生产从发展中国家回流到发达国家。工业 4.0 技术可以增加发达国家在技能密集型和资本密集型产业方面的比较优势，包括由于数字技术而变得普遍的无形组成部分。这些影响加在一起，可能导致发展中国家在全球价值链中的增值份额损失。另一方面，关于外国直接投资的决定不仅基于劳动力成本，还基于其他因素，如市场准入、有利的政策环境和激励措施。是否会发生回流还取决于实施因素，例如转换成本、惯性以及与回流相关的协调复杂性。数字技术还可以通过缩短距离和降低与贸易和组装相关的成本，鼓励更多的公司参与全球价值链。来自欧洲八个国家的 2,500 家公司的证据表明，回流并不常见；只有 5.9% 的受访企业实现了回流，16.9% 的企业采取了离岸外包，从新兴经济体回流的主要原因是物流的灵活性，而不是劳动力成本。³⁰

C. 保护工人

33. 工业 4.0 依赖于使用传感器、可穿戴设备、全球定位系统、工人业绩和行为日志以及用户提供的评级和评价收集的大量数据，并结合通过使用算法和人工智能进行的分析。使用此类数据有可能提高生产率，但也存在以下几个问题：监视和监测做法可能导致侵犯工人隐私；开发算法可能依据的是对生产率和效率的狭隘视角，没有考虑到与任务相关的隐性成本，导致无法反映劳动力的实际表现；算法和人工智能可能有偏见，反映文化或性别偏见和其他偏见和偏好并包含错误，几乎没有透明度。考虑到这种关切，各国实施了集体谈判协议，以监管采用

³⁰ 奥地利；克罗地亚；德国；荷兰；塞尔维亚；斯洛文尼亚；西班牙；瑞士(见联合国工业发展组织，2020 年)。

技术监测工人和指导工作的做法，以维护人的尊严以及工人的健康和安​​全；这种努力仍处于早期阶段。³¹

D. 处理性别影响

34. 工业 4.0 可能带来与权力、知识和财富相关的重要变化，并可能影响对性别平等的追求。人工智能处于工业 4.0 的前沿，因此必须要考虑该部门与性别相关的趋势。人工智能系统往往反映和扩大现有的偏见和成见，特别是在性别方面，因为妇女在这一部门的代表性不足；女性仅占劳动力中数据和人工智能相关职位的 26%。³² 需要更好地理解新技术，特别是人工智能的影响，因为它们可能会影响性别平等，影响妇女就业、劳动力参与和获得金融资源的机会，从而影响妇女的经济和生计机会。这种理解有助于解决如何利用工业 4.0 缩小性别差距的问题。

五. 利用工业 4.0 促进包容性和可持续发展

35. 一些发展中国家已经着手进行工业数字化，并开始部分采用工业 4.0 技术。然而，政府面临着与基础设施、支持机构、具有适当技能的劳动力和关键行业的总体准备有关的各种挑战。部署工业 4.0 技术的战略对策必须因地制宜，反映国家的优先事项、资源调动能力以及工业化、数字基础设施及技术和生产能力水平，具体如下：³³

(a) 拥有先进制造业基础的发达国家已经处于采用技术的前沿，并已将对策的重点放在维持和恢复制造业的领导地位上；

(b) 新兴发展中国家寻求缩小技术差距，提高竞争力，扩大参与全球价值链中附加值更高的部分；对策的重点是促进制造业的创新和技术采用，其中一些国家的公司处于技术前沿，正在部署或准备部署工业 4.0 技术，面临的一个挑战是促进在经济的传统制造业部门的部署；

(c) 技术不太先进和多样化程度较低的发展中国家可能部署工业 4.0 技术的部门较少，技术和创新能力总体水平较低；它们应当重点实现经济多样化，提高制造业在总产出中的份额，并为建设数字基础设施和技能创造必要条件，为部署工业 4.0 技术做好准备。

36. 本章讨论发展中国家的利益攸关方(无论技术水平如何)在促进制造业部署工业 4.0 技术时应考虑哪些重要政策领域，以减少国家之间的技术和收入不平等，并确保工业 4.0 帮助减少国家内部的不平等。

³¹ 见 V De Stefano and A Aloisi, 2018, *European Legal Framework for Digital Labour Platforms*, European Union, Luxembourg。

³² World Economic Forum, 2020, *The Global Gender Gap Report 2020*, Geneva.

³³ 见联合国工业发展组织，2020 年。

A. 为利用工业 4.0 创造先决条件

37. 如果发展中国家工业(制造业)和数字基础设施薄弱,技能水平低,它们将无法广泛利用工业 4.0 促进发展。如果没有这些要素,发展中国家很少有公司能够使用工业 4.0 技术,能够采用智能生产就更少了。发展中国家还应创造在制造业部署工业 4.0 技术所需的框架条件,包括制定指导协调发展和部署的国家战略;创建一个多多利益攸关方机制,将促进工业 4.0 的参与性方法制度化;加强国际合作以加速技术和专门知识的转让。

(a) 经济多样化和建立制造业部门

38. 为了成功地促进工业 4.0 技术的广泛扩散并利用其好处,发展中国家应通过掌握现有技术(自动化机械和设备)使生产基础多样化。国家在促进工业部门生产能力的形成方面发挥着关键作用。各国政府应促进确定多样化的潜在部门,促进涉及国家利益的关键潜在新部门(例如,以创造就业、粮食安全、能源安全、工业化和数字转型为目标),加强创新系统支持多样化的效力,使科学、技术和创新政策与其他经济政策(如与工业、财政、贸易相关的政策和教育政策)协调一致,并让广泛的行为者参与进来。关于生产对环境的影响的关切和与气候变化风险相关的关切应成为此类战略和方案的核心,促进多样化和技术升级,以实现更绿色的制造业和循环经济。

(b) 发展数字基础设施

39. 数字基础设施的质量直接影响发展中国家企业部署工业 4.0 技术的能力。发展中国家的政府应促进负担得起的高质量互联网接入。重要的政策方面包括调动对信通技术基础设施的投资,为电信部门的良性竞争创造监管环境。政府还应努力缩小大小公司之间的连通性差距。

(c) 培养与工业 4.0 相关的技能

40. 发展中国家政府需要支持企业,包括中小企业,培养劳动力的数字技能,使他们能够在市场研究、产品开发、采购、生产、销售和售后服务等职能中有效利用信通技术。随着技术发展速度超过技能,技能不匹配的风险也在增加。发展中国家需要建设和吸引有技能的劳动力,同时最大限度地减少或扭转包括具有颠覆性技能的人员在内的人力资本外逃。政策制定者应考虑实施激励措施,留住合格的专业人员或吸引有技能的海外国民。

(d) 制定工业 4.0 国家战略

41. 工业 4.0 国家战略对于引导创新工作,在制造业开发和部署的工业 4.0 技术至关重要。这一战略应确定对有形基础设施和人力资源的投资,包括所需新数字技能的培训;需要加强能力的关键部门;监管环境中需要改变的方面,以便企业采用和适应这些技术。这种战略可以采取多种形式,可以是独立的国家战略,也可以是工业化和制造业或科学、技术和创新国家战略的一部分。为了利用工业 4.0 促进制造业,使创新政策与产业政策协调一致至关重要。注重提高生产率增长需要各种创新政策和产业政策,包括合作项目。

(e) 促进多利益攸关方合作

42. 政府、工商业部门、学术界和其他利益攸关方应共同努力，以协调的方式推动国家部署工业 4.0，并以结构转型、经济多样化和创造就业等国家发展目标为目标。许多国家可以受益于创建机构空间或机制，将所有相关伙伴聚集在一起，以形成对工业 4.0 的共同愿景，并协调相关技术的实施。国家创新制度的顺利运作往往需要良好的治理结构以及国家和区域政府以及代表工商企业、学术界和研究组织的行为者的参与。在存在显著区域差异的国家，建立多级治理结构有助于在国内区域层面的社会经济增长。

(f) 建立国际伙伴关系

43. 许多发展中国家可以受益于在工业 4.0 的国家战略中纳入一个向外看的层面。跨国知识、信息交流和合作可以为建立新的和参与现有的区域和洲一级的价值链提供宝贵机会。例如，非洲大陆自由贸易区可以促进在运输和物流、金融技术、饮用水和环境卫生、智慧城市、负担得起的住房和质优价廉的卫生保健等重要领域采用前沿技术。

B. 促进采用工业 4.0

(a) 向工商企业进行宣传

44. 发展中国家需要宣传工业 4.0 和相关技术的积极影响。政府应考虑激励工商企业，特别是中小企业认识到采用数字技术的重要性，并启动数字化转型进程。为了帮助提高认识，政府可以举办会议和活动，宣传工业 4.0 的好处。政府还可以通过与每个部门的相关利益攸关方一起推动工业转型来提供帮助，并可以在科学园、创业园、加速器和创新实验室安排示范举措。作为这些举措的一部分，政府应鼓励学术界、研究组织和民间社会与私营部门密切合作，部署新技术。

(b) 投资于工业 4.0

45. 发展中国家应考虑制定工业 4.0 投资促进计划，以确保投资促进和便利化符合工业 4.0 国家战略。委员会成员在这方面有以下几个例子：巴西政府制定了工业 4.0 一揽子举措，确定了国家投资和促进的工业 4.0 优先工业和技术部门；拉脱维亚设计并实施了绿色通道举措，消除了高附加值投资的行政负担；菲律宾实施了以创新为导向的工业战略，该战略旨在消除增长障碍，吸引投资；南非根据“数字优势 2035”方案，指导国家信通技术研究、开发和创新战略的实施，并寻求确保全面和透明的投资监测；泰国政府作为 2017-2036 年工业 4.0 战略的一部分，致力于吸引对未来工业和服务业的投资。³⁴

³⁴ 见 https://unctad.org/system/files/non-official-document/CSTD2021-22_c02_I_Brazil_en.pdf;
https://unctad.org/system/files/non-official-document/CSTD2021-22_c06_I_Latvia_en.pdf;
https://unctad.org/system/files/non-official-document/CSTD2021-22_c34_IU_Philippines_en.pdf;
https://unctad.org/system/files/non-official-document/CSTD2021-22_c08_I_SouthAfrica_en.pdf;
https://unctad.org/system/files/non-official-document/CSTD2021-22_c36_IU_Thailand_en.pdf。

(c) 为部署工业 4.0 提供资金

46. 更好地获得资金可以加速工业 4.0 技术的使用、采用和改造。这方面的一个挑战是，许多与工业 4.0 相关的领域对公司和金融中介来说是新的，寻求和提供资金的行为者可能会表示谨慎。例如，很难证明业务理由和投资回报以及确保新出现的此类技术应用按照预期运行。在这方面，由公共部门、国际捐助者或开发银行资助的创新和技术基金可以成为发展中国家促进创新的重要工具，因为它们可以相对较快地引入，而且在设计和运作方面具有灵活性。

C. 保护工人和方便劳动力转型

47. 发展中国家的决策者应根据贸易模式的变化和全球价值链的快速技术变化以及这些变化对劳动力的影响作出调整适应。不能接受培训或再培训以及可能失业的工人应能够享受到强有力的社会保护机制。鉴于工作任务日益自动化，工会捍卫工人权利和对工作的合理关切，再次变得重要起来。工会应加强和更新集体谈判协议，以涵盖工业 4.0 的影响，并制定新的战略，应对智能生产对工人福祉的潜在不利影响。工会也可以尝试将孤立无援的工人包括在内，如零工经济中的许多工人。同时，雇主组织可以开展有针对性的教育和培训，使工人为劳动力市场的变化和 demand 做好准备。

六. 国际合作**A. 分享知识和信息并开展研究**

48. 通过分享知识和信息，国际合作有助于提高发展中国家对工业 4.0 及其影响的认识。在这方面，科学和技术促进发展委员会是一个战略规划及分享经验教训和最佳做法的论坛，提请注意新兴技术。信息社会世界峰会论坛是一个分享关于工业 4.0 的国家战略、政策、法律、方案和举措的平台。全球制造业和工业化峰会是联合国工业发展组织和阿拉伯联合酋长国政府的一项联合举措，召集了先进技术行为体，努力实现包容性和可持续的第四次工业革命。联合国工业发展组织还提供了一个多利益攸关方知识共享平台，以宣传工业 4.0 以及在追求包容性和可持续工业发展方面的机遇和挑战。³⁵

49. 一些联合国机构正在就工业 4.0 技术的潜在经济和社会影响以及政策和监管对策开展研究、政策分析和数据收集工作。例如，贸发会议《技术和创新报告》探讨了如何利用人工智能和机器人技术等前沿技术促进可持续发展，并批判性地审查了这些技术是否可能扩大现有不平等并造成新的不平等。

B. 帮助设计政策和战略并实施计划

50. 国际社会通过提供关于工业 4.0 和人工智能等相关技术的政策咨询服务来协助各国政府。例如，西亚经济社会委员会协助成员国制定与第四次工业革命有关的政策和战略，例如：约旦的人工智能和云计算政策；黎巴嫩的人工智能战略；

³⁵ 见 <https://www.unido.org/unido-industry-40>。

叙利亚的数字化转型战略；巴勒斯坦国的人工智能政策和大数据准备情况评估。贸发会议的科学、技术和创新政策审查方案协助各国使科学、技术和创新政策与发展战略协调一致，说明政府如何在传统部门利用工业 4.0 技术和实现经济多样化。联合国工业发展组织支持与工业 4.0 有关的政策制定举措，向决策者和工业协会宣传为从工业 4.0 中受益而将要制定或纳入主流的新基础设施、标准和政策。

C. 帮助能力建设

51. 工业 4.0 技术的开发和部署需要国家创新系统中的所有行为者建设新的能力和技能。国际合作支持有针对性的方案，帮助支持数字化和技能升级，使发展中国家从与工业 4.0 相关的数字技术的快速进步中受益。例如，联合国工业发展组织为阿塞拜疆和白俄罗斯的中小企业进行与工业 4.0 相关的技术学习、智能制造和创新提供了支持，并为肯尼亚特定技术的能力建设提供了支持，如加强与物联网技术相关的运营和维护能力。³⁶

D. 促进技术转让

52. 国际社会应寻求新的创新伙伴关系方法，以促进与工业 4.0 相关的技术转让，处理与采用新技术和商业模式有关的市场、创新制度和能力缺陷。还需要促进创新能力的转移，即利用特定技术在技术转移到的社会经济、物质和自然环境中创造价值的能力。国际社会应采取实际行动，根据各国的当地需要和吸收能力实施有针对性的解决方案，尽可能利用一国内部开发的解决方案，例如通过创新中心。

E. 帮助制定法律框架、准则、规范和标准

53. 各国需要单独并通过协调一致的国际努力，指导工业 4.0 的发展和部署，以支持可持续发展，不让任何一个人掉队。在这方面，国际电信联盟正在努力处理物联网技术的标准化要求问题，并设立了几个重点小组，研究工业 4.0 技术及其环境影响，包括人工智能和其他新兴技术的环境效率要求；并发布了与工业 4.0 及物联网等相关技术相关的国际标准。

七. 供考虑的建议

54. 制造业的工业 4.0 需要智能生产，即使用传感器和设备集成和控制生产，包括连接到人工智能支持的数字网络的传统机械和机器人、协作式机器人和三维打印机。工业 4.0 技术的使用有望提高生产率，减少生产对环境的影响。与此同时，发展中国家的大多数公司尚未利用这些技术。发展中国家需要进一步工业化，才能广泛受益于工业 4.0。它们应实施双重战略，继续实现经济多样化，促进有竞争力的制造业，同时在其生产基础中为工业 4.0 的出现和扩散创造条件。

³⁶ 见 <https://open.unido.org/projects/AZ/projects/190347>; <https://open.unido.org/projects/BY/projects/> 和 https://unctad.org/system/files/non-official-document/CSTD2021-22_c12_I_UNIDO_en.pdf。

55. 会员国不妨考虑以下建议：

- (a) 促进经济多样化和制造业能力；
- (b) 通过动员对数字基础设施的投资和为良性竞争创造监管环境，促进有利的数字基础设施；
- (c) 制定工业 4.0 国家战略，阐明统一愿景和对有效利用工业 4.0 所需措施的深刻理解；
- (d) 促进多利益攸关方合作，通过建立体制机制，将所有相关伙伴聚集在一起，形成对工业 4.0 的共同愿景，并协调其实施，从而创建工业 4.0 生态系统；
- (e) 开展前瞻活动，探索可能的情景，并制定战略愿景和情报，以设计工业 4.0 的扩散；
- (f) 通过使劳动力获得资格和再培训的举措，为工业 4.0 培养劳动力技能，并特别注意自动化对男女工人的不同影响；
- (g) 提高私营部门对部署工业 4.0 有利于竞争力的认识；
- (h) 促进制造业的技术升级；
- (i) 鼓励包括中小企业在内的私营部门使用和开发使用工业 4.0 技术的应用程序，包括为获得所需的硬件、软件和工具提供便利。

56. 国际社会不妨考虑以下建议：

- (a) 促进与发达国家和发展中国家的主要创新机构、决策者和监管部门交流研究、知识、经验、成功案例和最佳做法；
- (b) 帮助设计和实施与工业 4.0 相关的国家政策、战略和方案；
- (c) 促进数字基础设施发展，以便在制造业部署工业 4.0；
- (d) 支持发展中国家设计和实施试点方案和举措，在优先部门应用工业 4.0 技术；
- (e) 扩大国家和区域层面与工业 4.0 技术相关的能力建设活动，包括创建在线和混合培训方案；
- (f) 促进与工业 4.0 相关的知识和技术转让方面的南南、南北和三方合作；
- (g) 通过有针对性的方案，增加对发展中国家科学、技术、工程和数学教育的投资，例如支持女童接受这些领域的教育；
- (h) 以已实现向工业 4.0 转型的国际公司为基准，协助衡量国内工业企业；
- (i) 加强国际合作，为采用工业 4.0 技术制定道德框架和准则。

57. 鼓励委员会采取以下步骤：

- (a) 收集和分享成功案例和商业案例，展示工业 4.0 技术对包容性和可持续发展的影响；
- (b) 促进国际伙伴关系，以有效的政策组合调动资源和提供技术援助，以鼓励企业采用工业 4.0 技术；

(c) 支持成员国创新系统的行为者参与国际网络和方案，以培养其在工业 4.0 方面的创新能力。
