

# 积极应对第四次工业革命

文 / 张翼燕（中国科学技术信息研究所）  
孙浩林（中国科学技术信息研究所）  
刘亚坤（华北电力大学）

第四次工业革命正在到来，当今的政治、社会和经济体系面临重大变革。在世界竞争格局重塑之际，各国均积极应对，抢占战略制高点。

## 一、第四次工业革命综述

2016年1月，世界经济论坛达沃斯年会的主题为“掌控第四次工业革命”。2017年6月，夏季达沃斯论坛的主题为“在第四次工业革命中实现包容性增长”。各国政府和各界专家正在热议第四次工业革命及其应对之道。

### （一）第四次工业革命的定义

世界经济论坛认为，第四次工业革命正在到来。与前三次工业革命解放的是人的体力相比，第四次工业革命解放了人的脑力。第四次工业革命将发生在物理、数字和生物领域。它们的核心推动技术分别是无人交通工具（自动驾驶汽车和无人机）、3D打印、高级机器人、新材料、物联网与基因工程等。这些技术相互融合，物理世界、数字世界和生物世界之间的界限变得越来越模糊，因而产生出全新的技术，并对政治、社会和经济体系带来巨大影响。

在第四次工业革命的浪潮中，出现了新的社会模式——智能社会，即“以智能技术为基础，以人类创意为核心的人本主义社会”。所谓人本主义社会，是“人、基础设施、方法和流程等全部内容与智能技术接驳，巧妙地解决人类社会此前存在的种种难题，实现国民幸福的社会”。这种新的社会模式意味着国民生活、经济产业、国政运营体系等领域皆要实现创新。

智能社会模式是以智慧技术（物联网、云计算、大数据、人工智能）等为代表的智能型智慧技术同传统产业的进一步融合，因此，第四次工业革命也被称为“融合创新经济”。

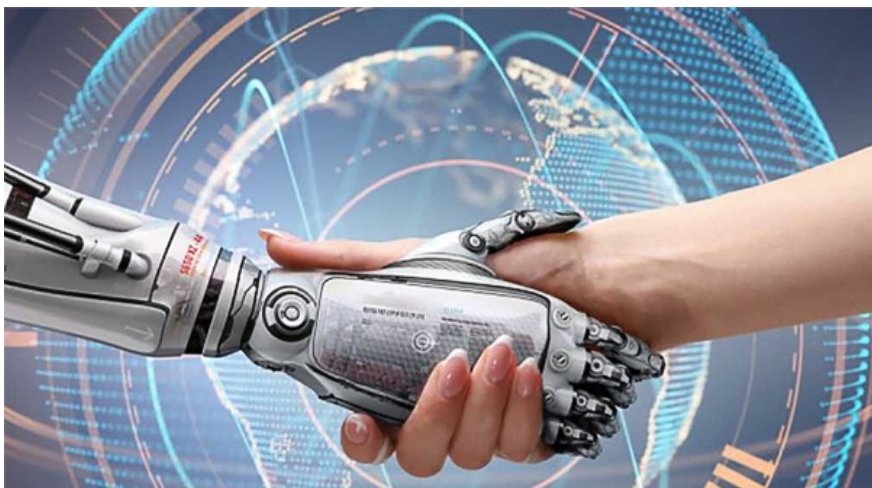
在大变革之日即将到来之际，理念和方向的正确将决定未来竞争格局。此前的信息社会强调的只是新技术本身，而在智能社会，重视的则是如何应用智能计算解决社会问题，这是二者最大的不同，也凸显了应对第四次工业革命的着力点。

### （二）第四次工业革命社会的核心特点

第四次工业革命社会是一种继承了数字化社会特点、并发展为以人工智能为核心的一种社会模式。数字化链接打破了地球上人与人之间联系的局限，物联网的出现也使物与物之间的联系成为可能。而人工智能之所以能够成为新的核心，原因在于人工智能在大数据分析等逻辑思维能力方面，有着人类智能难以比拟的优势。当然在人工智能达到人类智能水平之前，人类智慧仍会继续发挥重要的作用。第四次工业革命社会将具有以下特点：

一是资源浪费将最大程度地减少。以优步为例，随着优步的流行，减少了公众对汽车购买和对停车场的需求。随着计算机人工智能功能进一步加强，人类将通过大数据获取最佳解决方案，在生产生活中的常见错误将最大程度地杜绝。

二是定制化消费体验将得以实现。在第四次工业革命时代，弹性生产成



为可能。消费者可以在家中通过3D打印技术直接获取商品。

三是人工智能和机器人将取代大部分的体力劳动和知识劳动。这将对社会自身构成挑战，也是当前各国对发展人工智能的最大忧虑。

四是知识创造速度将越来越快。这一时期，人类智慧将更多地集中于创意领域，通过数字化链接最大程度地发挥集体智慧的优势。

第四次工业革命社会同以往的社会形态将有很大不同。虽然对人工智能减少人类就业的忧虑从未有过减少，但是，不同视角得出的结论有所不同。在此前的工业革命进程中，农业人口大量减少但生产率却实现了提升，农业失业人口被服务业和制造业吸收。第四次工业革命必将会对制造业和服务业造成冲击。届时，以娱乐业为代表的创造性产业或将成为失业人口的新领地。

### （三）第四次工业革命提出的挑战

第四次工业革命正像海啸一样袭来，将影响到政府、商业和社会等各个方面，但我们对此还没有做好充分的准备。从政策层面来看，各国需要应对的挑战主要包括：

未来智能社会通过智能技术解决

社会问题，为突破人类自身的局限性、实现温暖的人本主义，各国需要重新设计组织体系和创新政策，使得相关对策的落实拥有强有力的支撑，创新政策与社会和公民进一步融合。

为推动融合创新经济的发展，各国应该逐步改革并完善阻碍融合产业发展的产业环境及相关的法规制度，既重视传统产业同智能技术的融合，也重视配套人才的培养和激励。

## 二、德国欲通过“工业4.0”引领未来生产

在德国，“工业4.0”意味着第四次工业革命，这一模式已经成为众多国家竞相模仿的典范。

### （一）工业4.0及其组织管理体系

早在“工业4.0”概念出现之前，德国企业就开始了各种尝试，因此德国的第四次工业革命经历了从“民间主导”到“民官联合”的变化。2014年9月，德国推出《新的高技术战略——创新为德国》，工业4.0是未来项目之一。

工业4.0“意味着在产品生命周期内对整个价值创造链的组织和控制迈上新台阶，意味着从创意、订单，到研发、生产、产品交付和服务，再到

废物循环利用，在各阶段都能更好地满足日益个性化的顾客需求”。德国致力于成为“工业4.0”技术的领先供应国和面向未来的生产基地。

德国同时强调智能服务。在2016年，德国联邦经济和能源部先后推出了《智能服务世界》I&II，在智能、互联的技术系统的基础之上，对所收集数据开发新的应用形式，提供更多的智能服务。

德国通过“工业4.0平台”的官民合作模式，推动重要议题的开展及研究成果在实践中的应用。平台委员会由联邦经济与能源部长、教育与研究部长以及政经两界、科学界和工会的代表组成。德国的一些企业和研究机构如德国电信、ABB、西门子、蒂森克虏伯、BITKOM、VDMA、弗朗霍夫协会等产学研机构都积极参与平台工作。以弗朗霍夫协会为例，作为衔接产业和科学的纽带，在工业4.0时代，协会负责在智能工厂最优化、安全化、网络攻击防御等方面提供技术支持。

### （二）大企业以技术培训和继续培训作为改革工作模式的突破口

当前，德国不少大企业虽然实现了示范性的“工业4.0”生产线，却仍然面临着新技术和生产模式带来的巨大挑战。它们纷纷把工业4.0技术培训和继续培训作为工作模式改革的突破口。主要做法包括：

一是在学习工厂开展实践培训。自动化技术供应商费斯托公司（Festo）在其位于Scharnhausen的生产中心设立了一个学习工厂，受训者可以在实际操作中学习到工业4.0生产模式所需的职业和专业素养，而且对整个生产流程有一个更加全面的认识。这样的学习工厂让理论与实践、学习与应用紧密地结合在一起。

二是联合培养专业技术人才。全球领先的电子和自动化企业 ABB 公司在海德堡建立了培训中心，拥有 340 名不同专业的培训师，他们一部分来自本公司，一部分来自伙伴公司，通过这种“联合培训”模式，ABB 的员工可以毫无障碍的适应工业 4.0 模式下的新生产线。

三是自己培训自己。著名的汽车零件供应商和机械制造商本特勒集团采取了“某一领域的受训者培训其他领域的受训者”的方法，取得了很好的效果。受训者对自身领域有了更深入的理解，对公司整体生产流程有了更全面的认识；不同领域的员工相互交流更加频繁；而且受训者通过这种角色的转变，实现了自身价值的提高。

### （三）重点扶植中小企业将工业 4.0 落到实处

在工业 4.0 推进进程中，中小企业是德国政府扶持的重点。这是因为大部分中小企业受自身规模和资金的限制，对数字化变革的机遇和风险十分敏感，担心受到不稳定因素的消极影响，都对工业 4.0 持观望态度。因此，“工业 4.0 平台”、经济与能源部（BMW i）以及教育与研究部（BMBF）等特别针对中小企业推出了一系列促进计划。

向中小企业提供综合性指导。BMW i 专门对中小企业在工业 4.0 时代的发展潜力进行了全面系统的研究，发布了《探索中小企业应用工业 4.0 技术的潜力》的研究报告，综合分析了中小企业在向工业 4.0 迈进时的发展道路、发展重点、可能遇到的困难与挑战、实施建议、现有的针对中小企业的国家促进计划等内容，为中小企业如何从工业 4.0 计划中受益指明了方向，并给中小企业的管理者提供了一个清晰的发展路线图，减少其对

工业 4.0 前景的不确定性，吸引更多的中小企业加入到这一变革潮流中。

给予中小企业专业性支持。BMW i 在联邦范围内建立了多个能力提升中心，为中小企业和手工业企业提供工业 4.0 转型的指导和范例。这些中心由所在地的大学、研究机构和行业协会共同管理和运营，每个中心的关注重点不同。当前正式运营的中心有 11 个，在 2017 年初，又有 12 个新的中心得到批准并开始实施。

提升中小企业的创新能力。BMBF 专门推出提升中小企业尖端创新的促进计划，在生物医药、信息交流、纳米以及提高资源和能源使用效率等领域，促进中小企业的尖端研究。该计划在当前工业 4.0 计划推行的重要时期，作用十分突出，所获资金占 BMBF 全部中小企业资助项目的四分之一。

可以预见的是，德国会一直把中小企业视为工业 4.0 计划推进的重要力量，因为只有占大多数的中小企业真正将工业 4.0 落到实处，德国的第四次工业革命才能算真正的普及到全社会。

### （四）开展与技术研究相结合的法律改革

工业 4.0 要实现全新的工业生产和商业模式，一个重要前提是相关法律框架能够跟上技术发展的步伐。目前，德国正在开展工业 4.0 法律基础研究，但并不是单纯地只由法律制定者实施，而是采取与技术研究相结合的方式。

为完善法律框架，近三十个企业和协会的法律专家及律师，共同对工业 4.0 不同应用情景的法律框架进行了研究，总结出了 17 个需要进行进一步发展的重点领域，并将这些领域分成了五大主题：民法和民事诉讼法、信息技术和数据保护法、产品责任法、知识产权法和数据主权、劳动法。

在“RAMI 4.0”（工业 4.0 参考体系）中包括专门的法律模块“Ju-RAMI 4.0”，展示工业 4.0 发展过程中的重要法律领域以及其中的法律风险和缺失，提醒研究者在项目开发时对这些领域进行重点关注。

在以人为主导的工作模式转向以机器为主导的新生产模式进程中，最主要的法律研究目标是探索相应的法律框架的发展。现有的相关法律主要针对的是以人为主导的生产行为，在机器信息交流方面还存在大量空白，这是德国工业 4.0 研究的重点。





### （五）加强统一标准建设

德国高度重视工业 4.0 参考体系及标准化领域的工作。在工业 4.0 时代，通过互联网实现的大规模自动化将成为常态，不同系统之间的信息交换越来越频繁。这就牵扯到一个关键性问题，即信息交换的标准应该在全球范围内尽可能的统一，这不仅关系到工业 4.0 时代价值创造网络能否顺利构建，更是创造一个“技术-经济相互独立”的公平竞争环境的重要前提。因此，确立统一标准就成为了德国工业 4.0 中特别关注的话题，也是 BMWi 的研究重点。

一是致力于建成一个统一、简单的工业 4.0 参考体系模型“RAMI 4.0”，为不同系统的结构和语言提供统一的描述工具。在构建“RAMI 4.0”的过程中，研究人员并非全盘重建，而是基于原有标准基础之上，尽可能地对既有标准加以利用和补充。做法如下：首先对现有的信息交换方式和模式进行观察和研究；接着找出现有标准重叠和空白的部分；最后提出可行的解决方案建议。

二是持续深入地对标准化问题进行研究，有步骤的建立统一明确的国际化标准，特别是 IEC 和 ISO 标准。以“工业数据空间”为例，弗朗霍夫协会下属的 12 个研究所正在开展安全可靠的、标准化的数据交换研究，并推动这一倡议成为国际标准。当前，工业数据空间在 G20 国家中引发了广泛的关注，德国已和阿根廷、中国、印度、日本、墨西哥和美国等国家开展了对话或合作。

## 三、日本以第四次工业革命推动向“社会 5.0”的变革

### （一）率先提出“社会 5.0”愿景

2015 年 6 月，日本推出《日本复兴战略 2015》，首次将第四次工业革命视为引起经济社会根本性变革的推手，制订了相关的应对政策。2016 年 4 月《第四次工业革命先导战略》发布，意在从国家创新计划层面，通过第四次工业革命，推动国家经济和社会的变革。但在 6 月，日本又从第四次工业革命应对的角度出发，对战略进行了大幅度调整，发布了《日本复兴战略 2016》。

日本由于少子老龄化的特点，应对第四次工业革命，不仅瞄准了制造业领域，更是要将信息通信技术推广到其他领域，最终实现社会变革。因此，日本提出了在世界上率先实现“超智能社会（社会 5.0）”的未来愿景。

“超智能社会是在合适的时间里将合适的事务和服务准确提供给合适的人，精准应对各种社会需求，使所有人都能享受高品质服务，跨越年龄、性别、区域、语言等界限，每个人都能安居乐业的社会”。

2017 年 3 月，在德国汉诺威博览会上，日本首相安倍和经济产业大臣世耕在发言中相继提出了日本产业愿景目标——“Connected Industries”，从各种关联中创造出新的附加价值的产业社会。Connected Industries 被称为日本工业 4.0，是日本为实现“社会 5.0”而提出的专门针对产业改革方向的一个新概念。

### （二）建立多样化的推进体系

日本政府通过建立多样化的工业革命推进体系，制定长期的计划，不断地积极地推进相关政策的落地。在同机器人协会、IoT 推广联盟、IVI (Industrial Value-chain Initiative) 等团体开展合作的背景下，日本政府建立了应对第四次工业革命的官民合作推进体

系。作为推进第四次工业革命的指挥塔，特别设立了“第四次工业革命官民会议”。该会议下设“人工智能技术战略会议”“第四次工业革命人才培养推进会议”“机器人革命实现会议”，主要任务是确定日本需要重点发展的领域、制定不同重点领域发展战略、加快落实跨部门跨领域政策，如制度改革、研究开发、资金保证、人才培养等。

在第四次工业革命背景下，从日本政府的部门分工和推进机制来看，经济产业省作为新产业支援部长会议的牵头部门，在描绘新产业发展蓝图上发挥着积极的作用。但其管辖之外的领域，如制造业技术开发和非制造业领域等，就需要部门间合作推进发展，需将企划案先上交内阁进行审议，审议后再返回各部门执行具体任务。

### （三）确立以人为本的普惠性发展愿景

日本第四次工业革命致力于普惠性发展愿景，让全体人民分享新技术的美好。

从战略上，日本提出的“社会 5.0”，提倡以人为本。为实现 5.0 社会，日本提出了新产业结构改革，目标是“实现个人的真正需要”。如在“移动”领域，要以自动驾驶、高精度立体地图等项目，提供自律性的移动手段，实现人类安全、多种多样的移动服务；再比如在“生产·使用”领域，通过智能供应链等项目，日本将发挥制造业的优势，把握消费者与使用者的需求，根据“每个人的真正需求，生产新的产品，提供新的服务”，使每个人“可以轻松获得产品与服务，既安全，又环保，可以轻松入手使用”。

日本同时致力于建设共享经济。随着日本国内人口减少以及经济放缓



的影响，维持现有水平的公共服务日益困难，因此，需要由公共服务向“共助”服务转变。鉴于此，日本提出要扩大共享经济的社会接受程度，推动自治体内部“共享城市”建设，促进公共服务向“共助”转变。初步目标定为2017年内，将“共享城市”推广到至少30个地区。

#### （四）将先进的技术和经营理念渗透到中小企业

第四次工业革命的先进技术渗透到中小企业是国际性的难题，日本采取了一系列的支援措施，将IT技术引入中小企业的内部管理，促进其经营能力的提高。主要措施包括：

一是派遣专家，支持企业引入IT技术。日本在未来两年内将执行1万家企业专家进驻计划，特别是制造业企业，将会派遣由IT、机器人引进等领域专家构成的“智能制造支援队”。

二是完善跨领域与跨企业的共同系统，将“标准化应用支援合作机构”推广到日本全国47个都道府县。

三是提升企业经营能力。在针对

不同行业制定的《各行业指南》中，对通过IT投资提升事业经营能力的中小企业案例和IT相关设备做出明文规定，讨论设立新框架，对积极果断进行IT投资的中小企业提供支持。为扩大影响，在日本全国100个地方举办通过IT投资提升经营能力的案例介绍和磋商会。

四是推动企业对接与联合。经济产业省及总务省等部门成立了“IoT推进联盟”，截止到目前已经有两千余家企业加入了该联盟。如举办“IoT Lab Connection”，为参与IoT推进实验室的会员企业提供对接的平台。

#### （五）面向未来产业和关键技术变革的高级人才培养战略

日本制定了能够反映未来社会变化趋势的高级人才培养战略，以应对未来就业、产业结构及关键技术的变革。

一是利用大数据挖掘创业人才。在IT领域，日本对于发现人才有着独到的支持体系。例如，通过对产业界的数据进行分析，发掘优秀的数据科

学家，在开发数据资源附加值的同时培育优秀的人才。日本还制定了经营领袖培养指南，为企业提供人才培养的成功范例以及培养工作指导。

二是大力培养关键技术领域的高级人才。以人工智能领域为例，日本人工智能技术战略会议负责制定同AI相关的高级人才培养政策。目前该会议确立的方向是到2025年前，将对大学、国立研究开发法人企业的企业投资扩大三倍，加强数据科学教育、建设信息技术人才培养基地。

三是加强优秀海外人才的引进。以IT领域为核心，针对具有实力的人才，日本将制定优秀海外人才绿卡政策，缩短高级专业人才申请永久居住权所要求的滞留时限，在日滞留一年的高级专业人才即可申请永久居住权。

#### （六）实现多样化的雇佣形式和劳动管理方式

日本的劳动市场不再受限于场所、时间等要素，雇佣形式呈现了多样化的发展趋势。随着人工智能、大数据、可穿戴器材、应用软件等技术的普及，劳动管理的方式也出现了多样化的趋势。过去依靠负责人经验的人力资源管理数据现在可以在云端进行标准化管理，利用基于数据的科学评价系统，可以对员工进行公平的评价。在个人能力开发方面，日本将通过大数据及人工智能的有机结合，对企业经营战略指导下个人的能力、技术的长期发展提出建议。大数据和人工智能的应用还将提高人力资源供需匹配的效率，解决企业和人才之间双向选择造成的劳动市场低效率问题。**科技**