

第七讲

工业 4.0：中国的危与机

□ 工信部国际经济技术合作中心电子商务研究所所长 王喜文

教学目的：以德国工业 4.0 为代表的新一轮世界工业革命悄然迫近。这一轮工业革命以网络信息技术与工业制造业融合的“智能制造”为特征，将对全球制造业产生深远影响。我国正面临制造业的转型升级，欲抓住这场工业革命的机遇，实现从制造业大国到制造业强国的跨越。通过教学，要让大学生了解全球制造业发展的最新趋势，我国制造业发展现状和困境，以及我国采取的应对策略和举措，并引导学生结合所学专业，思考新工业革命带来的机遇。

课程内容：

1. 工业革命发展史
2. 工业 4.0 的概念与内涵
3. 中国制造面临的挑战
4. 我国谋划先进制造业发展的举措

2014年“双十一”电商购物节再次打破了中国电子商务的多项纪录，支付宝全天交易额达到创纪录的571亿元人民币。正当电子商务前景看似一片光明之际，却有这样的声音传来：工业4.0到来，“淘宝模式”10年内将被淘汰。

“工业4.0”是什么？在国际工业制造业领域，工业4.0被视为“第四次工业革命”。未来，在工业4.0模式下，人们可以跳过中间的销售环节，直接向智能工厂订购商品，从设计到功能，都可以根据自己的喜好订制，而且价

格更低廉。也就是说，工业4.0时代，将不再需要线上、线下的销售商。因此，说工业4.0将“消灭淘宝”，并非夸大其词。

自人类进入工业社会以来，社会的每一次重大进步，都经历了由新技术引发产业革命，继而引发社会形态和社会治理模式的重大变革这一过程。进入21世纪，全球产业结构调整，以工业4.0为代表的新技术革命迎来曙光。作为世界第二大经济体和主要制造业大国的中国，面对这场新工业革命，将迎来前所未有的机遇和挑战。

一、从蒸汽革命到工业 4.0

历史上，人类社会先后发生过三次工业革命。第一次工业革命发生在18世纪至19世纪，始于英国，逐渐发展到法国、美国、德国、意大利等国。这次工业革命以蒸汽机的使用为标志，因此又叫“蒸汽革命”，纺织、冶铁、煤炭等都是这个时代风头最盛的行业。在此之后，人类社会的经济生产从以农业、手工业为基础转型到了以工业以及机械制造带动经济发展的模式。在工业制造业领域，人类实现了机械生产代替手工劳动的重大飞跃。

第二次工业革命发生于19世纪后半期，几乎是同时在几个先进的资本主义国家发生。电气化是这次革命的主要标志，因此又叫“电力革命”，机械、电力是这个时代的“先锋产业”。在此期间，科学技术开始更加紧密地与经济社会相结合，新机器、新产品不断涌现，生产效率快速提高。同时，远距离通信取得突破，交通运输进入新纪元，地球的距离被大大“拉近”。在工业制造业领域，第二次工业革命推动了工业生产线的形成，零部件生产与产品装配成为彼此独立的环节，这开创了产品批量生产的新模式。

第三次工业革命发生于20世纪后半期。原子能、电子计算机、空间技术和生物工程都是这次工业革命的主要标志，又被称为“信息革命”。这一阶段，科学技术转化为直接生产力的速度进一步加快，信息技术、新能源技术、新材料技术、生物技术等发展迅猛，不仅改变了社会经济发展方式，更改变了人类社会的生产、生活和思维方式。在工业制造业领域，电子工程和信息技术在这一时期被植入到工业过程中，实现了生产过程的自动化。自此，机械

能够逐步替代人类作业。

第三次工业革命发生后，特别是近20年来，西方发达国家工业制造业占整体经济的比重呈现不断下降的趋势。这一方面是因为发达国家产业结构发生演变，另一方面也受到了20世纪90年代所谓“知识经济”兴起的影响。由于服务业、金融业异军突起，创造高额利润，非制造产业似乎已经取代制造业，成为最具竞争力的产业。因此，欧美发达国家纷纷出现“制造业空心化”“去工业化”趋势。

但在2008年金融危机后，金融业、信贷业受到严重打击，促使各国重新反思产业结构问题。它们得出的普遍结论是：实体经济在国家的经济命脉中依旧占据着不可替代的位置。曾经一度被边缘化的工业制造业，其战略地位再次得到了重视。无论是欧盟、美国还是日本，都提出了“再工业化”的口号，将工业制造业的复兴作为其经济复苏计划的重要组成部分。

发达国家重振工业制造业，并不是简单的“回归”，而是旨在通过创新为其注入新动力。在“再工业化”的浪潮中，网络信息技术与工业制造业的融合显现出巨大潜力，物联网、大数据、云计算等先进技术应用于工业制造业，激发出极其广阔的前景，使人们看到了新一轮工业革命的曙光。为此，西方各发达国家纷纷制定了较长期的制造业创新战略，如美国国家科学技术委员会发布了《先进制造业国家战略计划》，英国政府科技办公室制定了《英国制造2050战略》等，争取在新工业革命中抢占先机。

作为老牌工业强国，德国拥有强大的机器和设备制造业，在信息技术领域也表现出很高的水平和能力。在开拓新型工业化的探索中，他们提出了一个崭新的概念：工业4.0。这一概念最早在2011年德国举办的工业设备展览会“汉诺威工业博览会2011”上提出，两年后，在“汉诺威工业博览会2013”上，工业4.0战略最终报告发布，较为系统全面地阐述了新一轮工业革命的形态、内容、面临的挑战和应对之策。报告认为，工业4.0时代将实现由物联网与服务互联网构成的“智能工厂”，由网络技术决定生产制造过程，并实现实时管理。工业制造业在第一次工业革命实现了机械化，在第二次工业革命实现了电气化，在第三次工业革命实现了自动化，而今，通过工业4.0，将步入“分散化”的新时代。

二、什么是工业 4.0

工业4.0，用一句话来概括，就是以智能制造为主导的生产方法。它通过信息物理系统构建标准化的智能工厂，采用动态配置的方式实现智能生产。我们可以通过以下这些关键词，初步了解工业4.0的基本概念。

1. 工业 4.0 的本质：智能工厂

智能工厂是工业4.0的本质。对于智能产品和智能服务，现代人并不陌生。无论是日常使用的智能手机，还是建设中的智慧城市、智能电网，都给人们带来了前所未有的便利。而工业4.0则是要实现工厂本身的智能化。在未来智能工厂中，人类、机器和资源能够互相通信，就像社交网络中一样自然。智能产品“知道”它们如何被制造出来的细节，也知道它们的用途。它们将主动地与制造流程“交谈”，回答诸如“我是什么时候被制造的”“对我进行处理应该使用哪种参数”“我应该被传送到何处”等问题。

在智能工厂中，产品从设计到制造，整个过程中产生的数据源源不断地汇总成一个即时更新的“产品数据库”，让厂商能够对生产流程的每个细节实现动态化、精细化掌控，并根据生产需要及时做出相应改变。即使在生产过程中出现问题和故障，也可以灵活应对，优化决策。通过这种新型生产模式，生产者也可以用较低的成本让客户充分实现个性化的订制需求。

世界上最先进的数字化工厂已经开始进行智能工厂的探索。例如西门子公司位于德国安贝格市的电子制造工厂中，真实工厂与虚拟工厂同步运行，真实工厂生产时的数据参数、生产环境信息都会反映到虚拟工厂平台，人则通过虚拟工厂对真实工厂进行把控。工厂超过3亿个元器件都拥有自己的“身份信息”，它们来自哪条生产线、是由何种材质制造的、当时使用了哪些工艺和配件、加工时的参数是多少，都被一一录入。当一个元件进入某道工序时，机器就可以根据这些“身份信息”，灵活调整生产参数，以达到精密加工、减少出错、节约能耗的目的。

此外，智能工厂是工业4.0的本质，还意味着工业4.0的落脚点始终是制造业本身，而不是让信息技术“架空”制造业。无论是大数据还是云计算，

这些先进的信息技术都只是制造业所借助的技术手段，而不是生产的中枢。

2. 工业 4.0 的原理：信息物理系统

信息物理系统是实现智能工厂的前提。信息物理系统是指通过传感网紧密连接网络与现实世界，将网络空间的高级计算能力有效运用于现实世界中。它将计算进程和物理进程统合为一体，是集成计算、通信与控制于一体的下一代智能系统，将改变人类与物理世界的交互方式，使未来制造业中的物质生产力与能源、材料和信息三种资源高度融合，对实现“智能工厂”和“智能制造”提供有效的保障。通过信息物理系统，工厂可以升级成为自主管理、自行调整的智能网络，使得工业控制和管理实现最优化，实现对有限资源的最大限度使用，从而降低工业和资源的配置成本，让生产过程能够高效地进行。当前，美国、德国等世界工业强国都高度重视信息物理系统的构建，加强战略性、前瞻性部署，并已经取得了积极的研究进展。

信息物理系统的原理并不复杂，即依靠信息技术、物联网技术，通过传感技术实时感知数据。通俗地说，就是把生产过程的每一个细节，都变成可以采集、分析的数据。在生产制造过程中，生产线、生产设备各流程都将配备传感器，设计、开发、生产有关的所有数据都将通过这些传感器进行采集，与企业信息系统融合，并传到云计算数据中心进行存储、分析，形成可自律操作的智能生产系统。

传感器在生产中传输的数据不仅用于监控生产过程，而且在快速处理后，可以自主判断哪些流程可以改进、哪些设计需要调整，并且将这些改进和调整应用到生产过程中。比如，在设备运行过程中，不可避免会发生自然磨损，从而导致产品的品质发生一定的变化，而传统生产线很难实时针对这种磨损进行调整。有了信息物理系统，就可以实时监测到生产过程中出现哪些故障，哪里需要配件，生产过程中的种种因素可以最大限度地精确控制。再比如，通过监控所有的生产流程，可以及时发现哪些环节能耗较高或是能耗异常，这样就可以在生产过程中实时对能源分配进行优化，从整体上大幅度降低生产能耗。

3. 工业 4.0 的核心：动态配置的生产方式

动态配置的生产方式是工业4.0的核心。它主要是指从事作业的机器人

(工作站)能够通过网络实时访问所有与生产相关的信息,并根据信息内容,自主切换生产方式、更换生产材料,将生产作业调整到最匹配模式。动态配置的生产方式能够实现为每个客户、每个产品制定不同的设计、零部件构成、产品订单、生产计划、生产制造、物流配送方案,杜绝整个链条中的浪费环节。过去的传统生产线生产的是统一设计、统一标准的产品,而在动态配置的生产线中,在生产之前或生产过程中,都能够随时变更最初的设计方案。

例如,过去想要推出一款新车,可能需要设计人员设计3年、生产模具1年、建设工厂4年,总共至少需要8年的时间。而在实现动态配置的智能工厂生产线中,固定的生产线概念消失了,采取的是动态、有机的模块化生产方式。就像在一些科幻电影中那样,正在进行装配的汽车能够自主地在生产模块间穿梭,接受所需的装配作业,一条生产线能同时生产多个车型。每个车型都能自动选择适合的生产模块,进行动态的装配作业。如果生产环节、零部件供给环节出现瓶颈,生产线还可以及时调度其他车型的生产资源或者零部件,继续进行生产。动态配置的生产方式能够动态管理设计、装配、测试等整个生产流程,既保证了生产设备的运转效率,又可以使生产种类实现多样化。在这种具有高度灵活性的生产条件下,客户可以根据个人喜好选择车型、车辆配置,甚至可以实现当月定制,下个月就生产出来。

4. 工业 4.0 的最终目标: 工厂标准化

标准化是工业生产中的一个重要概念。以高精尖制造业闻名的德国工业之所以在世界上具有重要影响力,其中一个主要因素就是现行很多工业技术国际标准都诞生于德国。但在过去,我们常常听到的都是产品的“标准化”,而工业4.0将推行“工厂的标准化”。在工业4.0变革中,标准化主要是指围绕智能工厂生态链上各个环节制定合作机制。为此,需要制定一揽子共同标准,并通过在生产过程中推行一系列具体标准对生产流程进行优化。如果说智能工厂代表了工业4.0的生产样式,那么工厂标准化则是制定工业4.0时代的“游戏规则”。如果一个国家或经济体能将自身的工业4.0标准推广到国际市场,那么就将在未来的工业制造业的竞争中处于极为有利的领先地位。

5. 工业 4.0 的愿景: 解放生产力, 推动社会进步

工业4.0之所以被人们寄予厚望,是因为它具备解放生产力的巨大潜力。

其一，它能够满足用户的个性化需求。过去，定制产品成本高昂，而通过工业4.0动态配置的生产方式，即使生产一次性项目、只生产一件产品，成本也不会比批量生产高太多。其二，它具有很高的灵活性，能够根据产品设计、零部件库存、能源供应等情况调整制造流程。其三，它能够优化决策。由于生产过程中不断提供数据反馈，工业4.0最大限度地实现了生产全程的透明化，可以及时验证产品设计、生产流程是否合理，并且及时纠错。从创新的角度来看，工业4.0的出现，将开发出前所未有的创造价值的新技术和商业模式。尤其是对创新创业公司和小企业来说，这将是他们的巨大机遇。

从社会发展的角度，工业4.0还有助于解决资源利用效率、人口老龄化等全世界面临的现实问题。比如，在当前的工业生产模式下，工厂即使在生产间歇时，为了确保生产设备处于随时可以运转状态，依然需要消耗大量能源。以一条使用激光焊接技术的车辆组装线为例，它全部能源消耗的12%都是在生产间歇期间消耗的。虽然这个复杂的机器在周末不工作，但是它还是要保持电源的开启状态，以便在周末结束后能够立即投入生产。而在工业4.0模式下，工厂可以根据实际作业情况，实时对能源供给进行调整，可以减少生产间歇期90%的能源消耗。再比如，现在的工人需要每天到工厂上班，在车间操作机械设备，体力劳动繁重。在工业4.0变革后，很多工厂将实现远程操作机械设备，工人将从手工劳动、体力劳动中解放出来，工作场所更加安全舒适，可以灵活掌握工作时间，也更有机会延长职业生涯。

三、中国制造面临挑战

智能工厂、智能制造……工业4.0为人们展现出一幅“看上去很美”的图景。但即便在科技和制造水平都很高的美、德等国，想要实现工业4.0，依然有很长的路要走。作为当今世界第二大经济体，中国有着庞大的工业制造业体系，但目前制造业发展仍然以简单的扩大再生产为主要途径，面临着高端制造业总体水平不足、科技成果转化不充分、低端产能过剩等影响工业制造业转型的问题。能否通过这场工业革命实现制造业转型升级，是一项事关重大的挑战。

1. 全球制造业竞争加剧

新一轮工业革命不仅开启了工业制造业的转型升级，也为国家与国家未来的竞争角力设定了新起点。从本质上来说，是否能在这一轮工业革命中占据先机，将在很大程度上决定一个国家未来在国际经济体系中的实力序列和话语权，乃至决定其综合国力。因此，无论是发达国家还是发展中国家，都在积极谋划部署，对高端制造业进行再调整再布局，打造国家制造业竞争新优势。

以美国、德国等为代表的西方发达经济体，具备高端制造能力和强大的创新机制。美国拥有信息技术中最核心的芯片技术、操作系统、软件以及云计算等网络平台，德国在机械工程领域领先全球，具有顶尖的技术水平和复杂工程的管理能力，在建立“智能工厂”方面都具备天然的巨大优势。目前，两国均对制造业研究提供大量资金和政策支持，也都正在国际市场上大张旗鼓地宣传、推广自己的理念和工业标准，争夺未来工业制造业的国际话语权。迅速崛起的新兴国家也通过政府政策大力推动先进制造业发展，积极抢占未来先进制造业的巨大市场，如巴西公布了“工业强国计划”，印度颁布了“国家制造业政策”，等等。可见，未来一个时期，在工业制造业领域，国际上围绕市场、技术、资本和产业转移的竞争将更加激烈。

对于西方发达国家提出的工业4.0等理念，我们要学习借鉴，也要采取应对策略。一方面，应该对我国当前工业制造业存在的瓶颈有更加清晰和清醒的认识，深入研究欧美各国工业制造业创新的先进理念，参考借鉴，在这场全球制造业变革中搭上便车，借势借力，通过学会生产制造过程与业务管理系统的深度集成，实现对生产要素的高度灵活配置，实现大规模生产高度定制化产品，从而让制造业紧跟时代趋势，提前迈向智能化，适应未来的国际竞争。另一方面，我们也要考虑到工业4.0带来的冲击和潜在竞争因素。“先进制造业”“工业4.0”都是西方发达国家提出的理念，其根本目的在于提高其本国的竞争力和话语权。因此，我们必须结合中国本土实际情况，应对挑战，谋求自身战略利益，而不能盲从西方标准，满足于充当“代工厂”。

2. 转型升级迫在眉睫

改革开放以来，经过30多年的高速发展，我国已成为工业制造业大国。

但在工业产品方面，我国制造业竞争力比较强的产品，主要是纺织品、服装、鞋类、玩具以及家电、电器元件、机电产品等，都属于低附加值产品，个别高新技术产品也主要是来料加工或来件组装产品。在很长一段时间里，“中国制造”在国际市场上成为“廉价货”的代名词。

在技术方面，我国大量企业以引进技术、组装生产为主，技术对外依存度高达50%以上。其中95%的高档数控系统，80%的芯片，几乎全部高档液压件、密封件和发动机要依靠进口。在合资企业中，外商掌控着核心技术和销售渠道，我们用低廉的劳动力制造外国品牌的产品，换来的是微薄的利润。由于缺乏技术上的自主创新，我国作为制造业大国，实际上更多的是充当“世界加工厂”的角色。

在工业制造业企业方面，我国企业在世界500强中占据的席位越来越多，但与发达国家相比，我国大型工业制造业企业创新能力及核心竞争力不足，距离成为世界经济舞台上具有国际竞争力的大企业还有一定差距。在创新研发方面，我国投入明显不足。2012年，三星公司在研发投入上达83亿欧元，微软达79亿欧元，而同年我国电子信息百强企业全部研发经费总共才100多亿欧元。

在发展方式上，过去，我国在工业制造业发展上主要依靠规模扩张、投资驱动、外资导向等模式，依靠相对廉价的劳动力成本进行大批量生产，以价格优势争夺市场。时至今日，长期以来形成的“唯GDP论”观念，导致很多地方政府迷信“规模优先”的发展思路，盲目的大规模批量生产造成了严重产能过剩，环境污染、资源消耗等问题日益凸显。同时，随着我国经济高速发展，劳动力成本不断上升，大量劳动密集型企业转移到成本更加低廉的东南亚、非洲等国。种种现象都表明，过去的发展模式已经难以为继，工业制造业的转型升级迫在眉睫。

3. 亟须解决四大难题

以工业4.0为代表的先进制造业意味着三大转变，即由大规模批量生产向大规模定制生产转变，由集中生产向网络化异地协同生产转变，由传统制造企业向跨界融合企业转变。想要实现未来制造业的突破，我国工业制造业尚存在标准化、复杂系统管理、通信基础设施建设、网络安全保障等四大主要

难题。

第一是标准化。标准先行是工业4.0战略的突出特点。工业4.0战略的关键是建立一个生产设备、生产资源、生产管理系统互联互通的网络系统，各种终端设备、应用软件之间的数据信息处理必须基于一套统一的标准，否则就会造成信息处理的混乱。此外，跨学科、跨领域是制造业高技术化发展的显著特点。制造业在发展过程中，不断融入机械、电子、电气、光学、自动控制、新材料、新能源、人机工程等诸多技术领域的集成与应用，形成极为复杂的系统化过程。在这种情况下，必须从一开始就进行标准化约束和引导。

目前在国际标准化舞台上，美、德、日等发达国家凭借强大的制造业综合实力，长期保持主导地位。发达国家在制定工业战略时都非常重视标准化。譬如德国将标准化排在工业4.0战略行动中的第一位，专门成立工作组处理标准化和参考架构方面的问题。而我国多年来的工业发展中，产品设计和生产流程控制一直是弱项，缺乏标准化，更缺乏国际化的思维。这直接影响了我国工业制造业发展水平，也制约了我国在国际标准化舞台上发挥作用的空间。

第二是复杂系统管理。未来的工业制造业，生产过程将与各种业务管理系统深度融合，系统整体更加复杂化，对其进行管理将更困难。只有对复杂系统实施精确、高超的管理，才能最大限度地发挥智能工厂的作用。

复杂系统管理要依托产、学、研、用多个层面的联合机制。比如德国工业4.0战略就是由德国工程院、弗劳恩霍夫协会、西门子、博世等企业等联合发起的，工作组成员也是由产、学、研、用多方代表组成的。但工业4.0时代制造系统的复杂化程度将大大超过以往，对其进行精密管理将更困难。其中，要实现“制造系统的横向、纵向集成”和“工程端到端的集成”。横向集成主要解决企业和企业之间的无缝合作；纵向集成主要解决企业内部的复杂系统管理；端对端集成主要解决贯穿整个价值链的工程化信息系统集成的复杂系统管理。从我国制造业来看，企业普遍重视技术，但不重视流程管控，尤其是在技术研发方面。面对趋向复杂的未来制造业体系，我国应该充分吸收和借鉴西方发达国家发展模式，支持打造产、学、研合作联盟，推进技术研发与应用推广。

第三是通信基础设施建设。这里的通信基础设施，不是指我们日常所用的民用通信，而是指适用于工业的、具有高可靠性的通信基础设施。未来制造业发展的方向是各个生产环节充分地互联网融合，形成工业互联网。随着工业互联网的形成，也必然会出现工业大数据。比如设计、仿真、工艺、加工、产品结构、配置关系、变更记录等产品数据，设备、质量、生产、采购、库存、电子商务等运营数据，客户、供应商、合作伙伴、客户满意度等价值链数据等。工业大数据的采集、传输、交互和共享，也必然要求建立容量、带宽、存储与数据处理能力更强大的基础设施。我国当前的通信基础设施建设正在快速发展，但仍然难以满足未来制造业的要求。构建容量更大、服务质量更可靠的工业通信基础设施将成为未来制造业迫切需要解决的课题。

第四是网络安全保障。工业制造业工厂与外界实现联网之后，受到恶意软件的入侵、遭到网络攻击的危险性将进一步提升，因此需要制定保障网络安全的对策与解决方案。进入21世纪以来，已经出现了许多对工业基础设施进行网络攻击的案例。比如澳大利亚下水道监控系统和美国核电站监控系统曾被第三方经由无线网络系统侵入。近年来，这样的攻击案例还在迅速增加。

随着工业与信息化的深度融合，我国迫切需要建立一套完善的工业互联网信息安全认证体系。初期，我国可以与国际认证机构合作，开展联合认证服务，但要逐步建立自己的安全认证机制。这不仅是与国际通行做法接轨，也有利于信息安全领域的国际交流与合作，在切实提高我国信息安全水平的同时，帮助和促进工业企业提升信息安全技术水平，引导产业健康发展。

四、搭上新工业革命的创新“头班车”

从蒸汽时代到工业4.0，科技手段发生了翻天覆地的变化，但工业生产的战略目标始终不变，即：用定量的资源实现最高的产量（资源生产率），用最少的资源实现特定的产量（资源效率）。可以说，人类历史上每一次工业制造业的革新、进步，都是为了实现这一首要目标。今天，我国正加紧步伐，从战略高度谋划先进制造业发展，推动工业制造业繁荣发展。

1. “两化融合”战略

2002年，党的十六大提出了工业化与信息化“两化融合”战略。“两化融合”中的“两化”即工业化与信息化，是指通过信息化的融合与渗透，对传统制造业产生革命性影响，其价值体现在降低制造业成本、提高制造业管理水平、提高制造业生产率、促进制造业生产模式的创新、加快制造业服务化的转变、提升制造业创新能力、加速制造业实现节能减排、推动制造业的全球化、催生制造业新的业态等诸多方面。可以看出，两化融合的战略，与“工业4.0”“再工业化”中提出的以信息技术引领工业制造业转型升级的理念不谋而合。

为了积极应对新兴产业革命带来的挑战，中国在“十二五”规划中进一步明确提出做强做大高技术产业、促进新兴科技与新兴产业深度融合，并将新一代信息技术、高端装备制造、新能源、节能环保等列为重点发展的七大战略新兴产业。对于战略新兴产业，政府不但给予资金支持，还通过补贴、减税和其他手段鼓励和刺激供需。“十二五”期间，全国研发领域经费占GDP的比重突破2%，超过了英国、加拿大等国。政策和资金的投入，带来了显著的成果。数据显示，2013年全球机械出口中，中国的份额占11%，仅次于德国和美国，位列全球第三。在全球设备制造业的32个子行业中，中国已经在7个子行业中取得了领先地位。在自动化产品制造方面，中国占据全球总额的30%，也是仅次于德国的世界第二大自动化产品和系统出口国。

2. 从工业大国迈向工业强国

“十二五”规划实施期间，我国工业创新取得了优异成绩，但在工业4.0引领的全球新一轮工业革命来袭之际，我国依然迫切需要通过智能生产、智能设备和先进制造理念来改造和提升传统制造业。为此，我国一方面积极寻求对外合作，加强对西方发达国家的学习借鉴，另一方面，在战略、产业、技术和人才层面上，做出重要部署，全面推动工业制造业转型升级。

在对外合作方面，我国与德国就工业4.0计划展开合作。2014年10月，第三次中德政府磋商发布了《中德合作行动纲领》。《纲领》指出，工业4.0将纳入中德标准化合作委员会的工作议题；中国工业和信息化部、科技部与德国联邦经济和能源部、联邦教研部将创建工业4.0对话。2013年9月，西门子公

司在德国之外的首家数字化企业，即西门子工业自动化产品成都生产和研发基地在成都落成。未来在机械、化工、汽车制造等领域，中德合作将为中国引进更多高精尖技术，帮助中国制造业早日贴近国际标准，并将在互联网、物联网、云计算、大数据等领域为中国高新技术企业带来发展机遇。

在国内政策方面，首先，战略层面上，要制定先进制造业发展战略，完善国家政策支撑体系。我国正规划未来10年制造业发展的重要纲领性文件——《中国制造2025》，为我国迈向现代化工业强国描绘出清晰的路线图。《中国制造2025》将弱化以往规划中“五年”的时间限制，规划年限扩展到2025年，更注重中长期规划，主要围绕在我国工业有待加强的领域进行强化。其次，在产业层面上，推动制造业模式和业态实现四大革新，即从大规模批量生产变为大规模定制生产的革新、从生产型制造变为服务型制造的革新、从集团式全能型生产变为网络式协同制造的革新、从两化融合变为工业互联网的革新。第三，在技术层面上，要积极研究部署信息物理系统平台，实现“智能工厂”的“智能制造”。最后，在人才层面上，加快培养创新人才，建立企业、高校、科研院所相融合的人才培养模式。加大对职业教育和技能培训的重视，大力培养掌握先进制造技术的劳动者。

发展先进制造业是加快工业转型升级、打造中国经济升级版的必然要求。通过合理的战略规划和具体行动计划，中国有信心、也完全能够搭上新一轮工业革命的快车，实现在2025年从工业大国转型为工业强国的重大目标。

延伸阅读篇目推荐：

《大数据时代的德国信息化战略》，马丽，《学习时报》2014年11月11日。

《从战略上推动我国先进制造业发展》，罗文，《求是》2014年第10期。

《德国“工业4.0”与中德制造业合作新发展》，裴长洪、于燕，《财经问题研究》2014年第10期。

《中国制造：过去、现在与未来》，《国企》2014年9月号。

资料链接

链接一：政策

1. 两化融合战略

两化融合是指电子信息技术广泛应用到工业生产的各个环节，信息化成为工业企业经营管理的常规手段。信息化进程和工业化进程不再相互独立进行，不再是单方的带动和促进关系，而是两者在技术、产品、管理等各个层面相互交融，彼此不可分割，并催生工业电子、工业软件、工业信息服务业等新产业。两化融合是工业化和信息化发展到一定阶段的必然产物。

党的十六大率先提出了“以信息化带动工业化，以工业化促进信息化”的新型工业化道路的指导思想；经过5年的发展和完善，十七大提出“发展现代产业体系，大力推进信息化与工业化融合”的新科学发展的观念，两化融合的概念就此形成。在此基础上，工信部确立了“系统推进、多维推进、关键突破”的总体思路。此后，我国制定了对两化融合进行评估的指数和方式，并开始开展全国区域两化融合发展水平评估。

2015年1月5日，工信部中国电子信息产业发展研究院发布了2014年中国两化融合发展水平评估报告。报告显示，2014年我国两化融合发展指数为66.14，同比增长4.19。其中，基础环境指数为71.71，增长了6.84；工业应用指数为59.70，增长了2.36；应用效益指数为73.43，增长了5.16。作为我国工业转型升级的“度量衡”，2014年我国两化融合发展总指数持续增长，基础环境发展水平提升受政策因素驱动明显，两化融合带动电子信息产业发展的能力明显增强，东中西部两化融合发展水平差距有小幅缩小。2015年，两个IT融合步伐加快，以工业互联网、信息物理系统、制造业创新网络等为特征的智能工业将引领我国工业迈入转型发展的新时代。（摘自2015年1月14日《中国产经新闻》）

2. “十二五”规划中确立七大战略性新兴产业

战略性新兴产业是以重大技术突破和重大发展需求为基础，对经济社会全局和长远发展具有重大引领带动作用，知识技术密集、物质资源消耗少、成长潜力大、综合效益好的产业。“十二五”规划中明确提出，要“以重大技术突破和重大发展需求为基础，促进新兴科技与新兴产业深度融合，在继续做强做大高技术产业基础上，把战略性新兴产业培育发展成为先导性、支柱性产业”，并确立了节能环保、新一代信息技术、生物、高端装备制造、新能源、新材料、新能源汽车等七大战略性新兴产业。（摘自2012年7月21日新华网）

3. 《中国制造2025》

围绕工业转型升级，工信部着眼规划未来10年制造业发展的重要纲领性文件——《中国制造2025》，将体现信息技术与制造技术深度融合的数字化、智能化制造作为今后发展的主线。在推进智能制造方面，将从五个方面着手。

一是加快推进智能制造生产模式。研究论证实施国家级智能制造重大工程，先期组织实施3年行动计划，实施智能制造试点示范专项行动；选择钢铁、石化、纺织、轻工、电子信息等领域开展智能工厂应用示范；加快可穿戴设备、服务机器人等智能产品发展。二是大力发展工业互联网。研究出台互联网与工业融合创新指导意见，绘制工业互联网发展路线图；继续实施物联网发展专项行动计划；研究制订鼓励车联网发展的政策措施；制订工业互联网整体网络架构方案。三是加快培育发展新业态和新模式。研究制订服务型制造发展的指导意见；鼓励有条件的大型企业设立设计中心；组织开展工业电子商务行业区域试点；制订工业云、工业大数据创新发展指导意见。四是建设和推广企业两化融合管理体系。推动出台支持两化融合的财税、金融以及产用结合等方面的特殊政策和急需标准。五是在创新驱动发展方面，将围绕工业机器人、新能源汽车、新材料等战略性领域发展需求，推进国家制造业创新中心建设；继续实施高档数控机床与基础制造装备等国家科技重大专项；继续实施工业强基专项行动。（本刊综合）

链接二：观点

1. 国家信息化专家咨询委员会常务副主任周宏仁：先进制造业的核心是创新能力

先进制造业的核心在于不断创新的能力。当代先进制造业不断迅速利用各种先进科学技术成果，对产品生产过程进行改造和优化。工业部门对科技前沿最新成果非常敏感，而且能够迅速将这些成果转化成产品，这是影响整个工业化发展的关键。所以说，先进制造业不是一种技术创造，而是一种利用最先进科学技术进行改造的能力，本质上来说，它就是创新能力。与发达工业国家相比，中国在创新能力上的差距可能比劳动生产力方面的差距更大。我国经过30多年改革开放，特别是过去10年的信息化发展，制造业有了飞跃式的发展进步。现在我们已经基本度过了第一阶段“生存期”，进入了第二阶段“发展期”，面临的挑战是第三阶段，也就是从并驾齐驱发展到引领潮流，这一阶段的关键在于创新能力。（摘自2012年6月29日《中国电子报》）

2. 工业和信息化部副部长杨学山：企业不变化就要挨打

中国制造业发展的大方向和大趋势就是要从制造大国走向制造强国，构建成具有国际竞争力的现代产业体系。为了实现这个目标，一定要充分利用中国的比较优势、制度优势，走符合中国国情的新型工业化发展道路。由于信息技术、互联网、信息技术和工业技术的结合，我们原来所习以为常的各种方式正在变化，而且必须变化，不变化就要落后，就要挨打。互联网思维下的中国制造是由一个个企业实现的。每个企业在这样的环境下都要调整战略，抓住重点，树立发展目标，并结合在行业、产业链和地区的位置找到切入点，形成自己的核心竞争力，从而形成中国制造的核心竞争力。（摘自2014年11月15日中国新闻网）

3. 中国电子信息产业发展研究院院长罗文：中国先进制造业发展的主要瓶颈

我国先进制造业与世界先进水平相比仍存在较大差距。其一，产业技术创新能力较弱。我国制造企业普遍存在研发投入低、创新能力不强的问

题。大量企业以引进技术、组装生产为主，技术对外依存度高达50%以上，出口产品附加值和技术含量不高。同时，各地区研发中心普遍存在着“小而全”、重复建设、研发力量分散、覆盖范围小、重研发轻应用的情况。其二，核心零部件、关键设备等基础能力不强。长期以来，我国产业政策对基础性、配套性产品重视不够，很多关键基础材料、核心基础零部件依赖进口。国产风电机组传动齿轮保修期仅2年，而国外产品寿命一般在20年以上，轴承和对接螺栓等全部从国外进口。高端机械装备主轴承平均寿命约300小时，仅相当于美国20世纪60年代的1%，且故障频发。薄弱的基础能力限制了我国先进制造业整机能力的提升。其三，大企业国际竞争能力有待提升。我国大企业盈利能力偏弱，品牌影响力较低，国际化经营能力不强。在自主创新、组织管理和资源整合等方面，我国先进制造企业与国外大企业差距较为明显，难以参与国际先进制造业制高点的竞争。其四，先进制造业发展环境亟待优化。长期形成的唯GDP论的观念根深蒂固，决定了各地规模优先的工作思路在短期内难以彻底改变，以项目引进替代集群发展，视生产线引进为技术创新，重招商轻配套等问题突出。政策体系滞后与市场需求多变之间矛盾显现，制约着先进装备制造业健康有序发展。（摘自2014年第10期《求是》）

4.《经济日报》记者马志刚：全球产业制高点竞争激烈

国际金融危机以来，发达国家瞄准第三次工业革命的产业和技术前沿，加快在新能源、智能装备、3D打印等领域布局，如今一些项目已取得进展。在法国巴黎，电动汽车已成为绿色发展的新增长点，相关租赁系统遍及全市区，充电装置超过4000个；在西班牙巴塞罗那，智能系统广泛应用，停车传感器使得司机能随时获知哪里有空车位，湿度传感器能随时确定何时给草地浇水。在全球价值链中所处的位置是决定产业竞争力的关键。面对上下两端挤压，已走到“十字路口”的中国制造业不应停留在初级水平，中国也不应再做廉价的“世界工厂”。加快培育、巩固以技术、品牌、质量、服务为核心竞争力的新优势，是必须要走且非常紧迫的一步。在2014年春季的广交会上，出口整体成交不尽人意，但拥有自主品牌、设计理念先进、技术不断创新的高附加值产品很“吃香”。这也说明，加快转型升级是今后制造业

生存发展的必然选择。（摘自 2014 年 5 月 8 日《经济日报》）

5. 工业和信息化部电信研究院总工程师余晓辉：工业制造业“APP 化”

新一轮信息技术革命正在改变着制造业。IT 创新最大的创新是从 2007 年开始，这一轮创新里面不仅是苹果手机这类创新，更值得关注的是整个产业组织方式和变革方式发生变化。不仅是信息技术产业发生变化，更深刻的变化是向传统产业发展，如影响服务业、制造业。在新一轮的智能化趋势中，所有东西都可以 APP（智能手机第三方应用）化。德国和美国的先进制造业国家发展战略中，都提到工业未来发展模式会把 APP 作为工业智能设备和工业生产的基本形态。新一轮技术革命与工业融合的结果是实现从机器、车间、工厂、劳动者、到加工链全面数据自由流动、动态流动，由端到端的数据链实现单个企业到产品的全周期打造。这种工业互联网或者工业物联网，是未来几十年制造业当中最大的变革。（摘自 2014 年 12 月 28 日中国新闻网）

6. 思爱普公司中国研究院院长李瑞成：技术主导下一个新工业时代的到来

工业发展最大机遇期往往出现在历次工业革命开始初期。前三次工业革命给予欧美国家经济领先世界的工业基础。几十年来，随着产品的丰富，工业生产结构也变得更复杂、更精细。生产线和生产设备内部的信息流量，以及管理工作的信息量剧增，自动化制造系统在信息处理能力、效率和规模上都已经难以满足工业制造的需求。随着个人计算机到多样化智能设备的演进，以及云计算服务和互联网技术的发展，越来越多功能强大、自主的智能设备以无线方式实现了与互联网或设备之间的直接互联。由此衍生出物联网、服务网和数据网，推动着物理世界和虚拟网络世界以虚拟网络—实体物理网络系统的方式相融合。这种技术进步直接反映到工业领域，通过一个囊括所有生产过程的全球性网络，工业领域将有史以来第一次实现资源、信息、物品、设备和人的互通互联。（摘自 2014 年 8 月 8 日福布斯中文网）

链接三：数据

1. 我国是世界制造业大国

2010 年，中国制造业的产出占全球的比重为 19.8%，首次超过美国的

19.4%。此后，我国连续多年蝉联全球制造业第一大国。据世界银行数据，中国制造业增加值目前在世界占比 20.8%。

据工信部数据，2014 年，全国规模以上工业增加值同比增长 8.3%，其中制造业同比增长 9.4%。从效益看，规模以上工业企业实现利润 6.47 万亿元，增长 3.3%，其中制造业实现利润增长 6.5%。按照国际标准工业分类，在 22 个大类中，中国在 7 个大类中名列第一，钢铁、水泥、汽车等 220 多种工业品产量居世界第一位。2014 年，我国累计生产汽车 2372.29 万辆，同比增长 7.3%，销售汽车 2349.19 万辆，同比增长 6.9%，产销量保持世界第一。国际钢铁协会统计，2014 年中国粗钢产量达到 82269.8 万吨，占全球粗钢产量的 49.5%，是美国、日本、俄罗斯和印度四个国家总和。我国水泥、煤炭产量也几乎达到全球产量的一半。（本刊综合）

2. 中国制造业面临的困难

产出效率低。据 2013 年全国制造业质量竞争力指数报告统计，2012 年中国制造业劳动生产率为 15.2 万美元，相比于美国 37.0 万美元、日本 30.5 万美元、德国 30.4 万美元的水平严重落后。从产业结构看，具有高产出、高附加值特性的高技术产业比重不足。2012 年我国高技术产业主营业务收入占制造业的比重仅为 12.7%，低于韩国 19.2%、美国 15.0%、法国 15.1%、英国 14.1% 的水平。低端产业比重高的产业结构限制了“中国制造”产出效率水平。

自主创新水平低，核心技术面临瓶颈。以手机芯片为例，我国每年生产全球 77% 的手机，自主芯片却不到 3%。为了指甲大小的芯片，中国每年进口付出的代价超过 2000 亿美元。工信部的数据显示，2013 年我国集成电路进口额高达 2313 亿美元，同比增长 20.5%。中国有十余年集成电路进口额超过石油，长期居各类进口产品之首。

生产成本快速上升。2011 年 10 月，美国波士顿咨询公司发表报告指出，到 2015 年，中国制造业生产成本将只比美国低 5% ~ 10%，而管理成本、物流成本却比其他国家高。

环保压力加剧。据《中国环境经济核算研究报告》显示，最近 10 年，国内生态环境退化成本占当年 GDP 的比重都在 3% 以上，同时依据“十二五”规划，未来中国用于环保的投资将达 5 万亿元。（本刊综合）

3. 我国加快发展高新技术，提升工业制造业水平

据国家统计局公布的国民经济运行情况，2014年全国规模以上工业增加值增长了8.3%，其中制造业增加值增速达到了9.4%，高于全国工业整体增速1.1个百分点。装备制造业增加值达到了10.5%，高于全国工业增速2.2个百分点。

我国工业中的高技术产业比2013年增长12.3%，比规模以上工业增加值的速度快4个百分点，占的比重提高到10.6%，占比提高到0.7个百分点。2014年全年规模以上工业企业产销率达到97.8%。规模以上工业企业实现出口交货值120933亿元，比2013年增长6.4%。在淘汰落后产能上，2014年淘汰落后钢铁3110万吨，淘汰水泥8100万吨，淘汰平板玻璃3760万重量箱。六大高耗能行业的平均投资增速同比下降了2.4个百分点，黑色金属冶炼和压延加工业比2013年下降了5.9%。工业领域节能减排取得了明显的成效，单位能耗下降了7%。

我国在一些高新技术领域的研究、发展势头迅猛。比如工业机器人、数控机床都是高端装备制造业的重点领域。在工业机器人方面，中国是全球发展最快的工业机器人市场，从2005年到2012年，中国内地机器人销售量平均每年增加25%，2012年达到2.3万个，只有日本的购买量超过中国。工信部发布的《关于推进工业机器人产业发展的指导意见》，提出到2020年每名员工使用机器人台数达到100以上。在数控机床方面，2005年、2008年、2013年，我国数控机床产量分别为5.85万台、13.97万台、20万台；但从数控机床结构上看，2005年经济型占85%，2013年经济型只占20%，目标从中档上升到了高档。目前国产中低档机床已达到国际水平，但高档数控机床与世界先进水平的差距仍然很大。（本刊综合）

链接四：名词解释

1. 大数据：大数据，或称巨量资料，是指所涉及的资料量规模巨大，以致无法通过目前主流软件工具在合理时间内摄取、管理、处理并整理成为帮助企业达致经营决策目的的资讯。大数据技术就是对这种海量数据进行开发

利用的各类技术的总称。它可以低成本或零成本进行事物信息全息式的纵向历史比对和横向现实比对。

2. 云计算：云计算技术是一种按使用量付费的模式，这种模式可以提供可用的、便捷的、按需的网络访问，进入可配置的计算资源共享池（资源包括网络、服务器、存储、应用软件、服务），这些资源能够被快速提供，只需投入很少的管理工作，或服务供应商进行很少的交互。云计算技术可以使人们及时利用各类大数据。

3. 物联网：物联网技术的实质就是物物相连的互联网，物联网的核心和基础仍然是互联网，其用户端延伸和扩展到了任何物品与物品之间，进行信息交换和通信。物联网技术可以溯源大数据和保证信息的真实性。

4. 3D 打印：3D 打印技术诞生于 20 世纪 80 年代，其原理是以数字模型为基础，运用粉末状材料，通过逐层打印的方式来构建物品，已经在航空航天、汽车、生物医学等领域广泛应用。与传统制造的大规模、大批量的加工制造相比，3D 打印在少批量、小尺寸、高精度、造型复杂的零部件元器件的加工制造方面更具优势。

5. 车联网：车联网的概念引申自物联网，是以车内网、车际网和车载移动互联网为基础，按照约定的通信协议和数据交互标准，在车与车、车与路、车与行人、车与互联网等之间，进行无线通信和信息交换的大系统网络，是实现智能化交通管理、智能动态信息服务和车辆智能化控制的一体化网络。

链接五：他山之石

1. 德国制造长盛不衰的秘诀

今天的德国制造是高品质的代名词，但在 19 世纪中期，德国工业远没有如今发达，德国产品在当时就是劣质品的同义词，而且经常仿冒最先进的英国产品。比较明显的是刀具制造业，当时英国谢菲尔德的刀具质量上乘，而来自德国索林根的企业却用廉价钢铁生产刀具，再印上“谢菲尔德”标识。为了对付德国“山寨”品，1887 年，英国出台《商品标记法》，要求外国产

品标明产地。“德国制造”由此产生。

德国机械制造专家开始呼吁德国工业界清醒过来：占领全球市场靠的不是廉价产品，而是质量！德国埃伯菲尔德一家工厂雇佣了超过60名化学家，为他们修建了设施优良的实验室并支付他们工资。这些人不分昼夜工作，不断化验、分析。逐渐地，德国工业产品的质量有所提高，甚至很快成为品质的保障。今天，作为坚实价值和质量保证的象征，“德国制造”标签让德国在经历两次世界大战后迅速走向崛起，并在金融危机后继续保持经济上的影响力。

除了对制造业的坚持外，“德国制造”长盛不衰还在于“质量”和“创新”。工业4.0虽然推出历经一年，但德国知识界对其讨论整整进行了10年。德国国家科学与工程院估计，企业的生产效率可以通过工业4.0提高30%。研究机构希望以集约化成本优势，打败低廉劳动力成本优势。西门子股份公司管理委员会成员鲁思沃指出，虚拟和实际生产中需要数字建模的行业、产品比较复杂以及产品变化较多的行业将是工业4.0的主力，其他行业则并不一定，因此未来德国工业世界的面貌尚未完全清晰。（摘自2012年8月24日新华网）

2. 美国的创新战略

近年来，美国不断调整经济发展战略，重振制造业，回归到实体经济中。2009—2012年，美国启动《2009年美国复兴与再投资法》等政策措施、提出工业互联网概念，这些举措都体现了其调整提升传统制造业结构、刺激经济复苏、将产业设备与网络融合、发展高技术新兴产业以及重塑国际竞争优势的再工业化战略。美国还将重点放在培育新兴产业上，2009年2月签署的《2009年美国复兴与再投资法》鼓励发展新能源、环保等战略性新兴产业。2011年美国推出《高端制造合作伙伴计划》，致力于提高国家关键产业的制造能力，开发创新型的节能制造工艺，来鼓励产学研合作，培养制造业高端人才。另外，美国着力将中小企业视为实施再工业化战略的主体力量，通过税收优惠等各项资金支持和扶持计划来引导海外的制造业中小企业回归本土。（摘自2014年第10期《财经问题研究》）

3. 荷兰：科技园区带动开放式创新

荷兰虽然国土面积不大，但产业竞争力较强，是欧元区第五大经济体、

世界第五大商品出口国和第二大农产品出口国。荷兰的产业竞争优势，主要得益于其发达的科技和创新的传统。就拿埃因霍温这个面积不足100平方公里、人口22万的城市来说，市郊的高科技园区的人均专利数高居世界第一。福布斯杂志称之为“全世界最具有创新能力的城市”。

埃因霍温早年从为飞利浦公司生产灯泡的工厂起家。20世纪90年代末，飞利浦公司管理层意识到，在知识经济时代，需要开放性创新，需要促进不同领域、不同背景的人才之间的交流，才能研发出更具创新性的产品。因此，埃因霍温高科技园区因之诞生。

埃因霍温高科技园区的最大特点是“开放式创新”和“创造交流的空间”。园区建设以自然景观为主导，所有的新建筑高度不能超过树冠，办公楼间是大片绿地或树林。建筑内部创造了很多交流和碰面的空间，开放的中庭可以成为灵活的工作空间；把电梯建到角落里，鼓励人们走楼梯，在上下楼梯的过程中，能和同事不期而遇，也可看到其他同事在做什么。一个极端的例子是，在园区一栋新近改造的创意办公楼里，楼梯窄到无法让两个人同时通过，两人相遇时，必须友好地打个招呼，侧身让对方通过。交流街也是园区规划中最突出的特色，规划者将园区所有公共服务设施都集中到这条街上，如餐馆、超市、健身房、会议中心等，尽可能地创造人与人面对面交流的机会。

共享和相互启发是提振入驻企业乃至整个高科技园区创新能力的关键所在。园区每周都举行科技创新研讨会，由入驻企业代表介绍其研究发现，启发大家，共同探讨，进而研发出更具创新的产品。（摘自2014年12月19日《经济日报》）

4. 新加坡：打造“智慧国家”

2014年初，新加坡政府公布了一项为期10年的“智慧国家2025”计划，致力于应用科技创新将新加坡打造成为世界领先的智能国度。根据规划，预测即将发生交通拥堵的路段、自动监测即时卫生情况并通知清洁业者前去清理、使用无人驾驶的车辆提供公用交通运输服务等诸多设想，都将在“智慧国家”建成后一一成为现实。

“智慧国家”计划的核心理念在于建立面向新加坡公众，能够覆盖整个国家的信息采集、分析及反馈处理系统，以便更高效地洞悉和预测民众需求，

为国民提供更加优质的服务。为此，新加坡政府在各部门间普遍采用了一个名为“智慧国家平台”的系统。“智慧国家平台”的主要功能可以用三个C来概括，即连接（Connect）、收集（Collect）和理解（Comprehend）。“连接”，即提供一个安全、高速、经济且具有扩展性的全国通信基础设施，“收集”指通过遍布全国的传感器网络获取实时数据，并对重要的传感器数据进行匿名保护、管理及适度分享。“理解”则是通过对采集来的数据进行分析处理，做出及时、最优的反应。

“智慧国家”已率先在特定区域内进行试点。以远程医疗为例，通过传感器与无线网络的结合，病人只需随身携带医用传感器，便可通过无线网络实时向医生传递自己的健康状况，及时获得医嘱。据了解，新加坡政府还计划在繁华、重点区域安装多功能传感器和数据集中箱，用来收集空气质量、交通量、人流量等实时数据。

新加坡政府针对不同群体采取了相应的引导措施。为了帮助老年人等不熟悉高新技术手段的人群融入智慧生活，新加坡政府已在全国范围内设立25个“公民联络中心”，安排工作人员协助公众使用政府网络服务。青年方面，2014年以来新加坡政府已在16所中小学推出“编码乐”学习项目，提高青年学生对科技的认识，确保他们为数码时代做好准备。（摘自2014年12月19日《经济日报》）

链接六：案例

1. 德国工业 4.0 “模范工厂”

被誉为德国工业 4.0 “模范工厂”的西门子安贝格电子制造厂是未来德国工业的一个缩影。这座位于巴伐利亚州东北小镇上的工厂其貌不扬，只有三座外观简朴的厂房，但却拥有欧洲最先进的数字化生产平台。工厂主要生产 PLC 和其他工业自动化产品，在整个生产过程中，无论元件、半成品还是待交付的产品，均有各自编码，在电路板安装上生产线之后，可全程自动确定每道工序；生产的每个流程，包括焊接、装配或物流包装等，一切过程数据也都记录在案可供追溯；更重要的是，在一条流水线上，可通过预先设置

控制程序，自动装配不同元件，流水生产出各具特性的产品。（摘自2014年12月10日《长江商报》）

2. 我国第一个工业 4.0 智能工厂实验室

2014年10月28日，中国首个“工业4.0——智能工厂实验室”在同济大学嘉定校区落成。实验室现场演示，一机器人根据订单，从一堆原材料中抓取一根加工棒，放入机床加工，随后将第一道工序加工好的半成品放入另一加工设备继续加工，待加工完毕取出成品，置于一移动托盘；智能照相机对成品进行拍摄，成品的信息被写入托盘内的电子标签；托盘传送至成品区，另一机器人自动识别托盘内电子标签信息，将合格品放入成品货架。由于各加工工件携带了电子标签，内置了所有用户定制化的加工任务，因此一条流水线上生产的产品都可以各不相同。（摘自2014年10月28日中国新闻网）

3. 我国“智能工厂”应用案例

华晨宝马铁西工厂是宝马集团全球最先进工厂之一。通过西门子 LIS 超宽带实时定位识别系统的辅助，该厂的总装车间取消了原来专门用于扫描车辆条形码的工位。车辆每到一个工位，车型、车辆识别码，根据车辆的不同配置，需要装配的各种零件等信息会自动显示在工位前方的操作屏上，甚至会提供图片及装配辅助指令，直接引导工人完成相应工作。

亚洲最大的纸浆和纸张制造商之一的亚洲纸浆纸业集团（APP）在浙江省宁波市的造纸厂是另一个范本——借助全集成驱动系统，能源消耗和二氧化碳排放量大减。由此，该造纸厂每条生产线年均节省数千万元的开支，年均停机时间被保持在最低的12.5小时。（摘自2014年12月19日《经济日报》）