

# 科技革命发生了几次<sup>\*</sup>

——学习习近平主席关于“新一轮科技革命”的论述

冯昭奎

**【内容提要】** 从2013年到2017年,习近平主席多次提及“新一轮科技革命”或“新科技革命”,这里隐含着一个问题:“新一轮科技革命”在人类历史上属于第几次(轮)科技革命?众所周知,历史上曾经兴起过若干次科技革命,而在每次科技革命兴起的时候,都会被称为“新科技革命”。为了搞清这一轮“新科技革命”的概念,作者对历史上数次科技革命的历史进行了梳理和研究,提出“四次科技革命论”:第一次科技革命:电气化与汽车时代的开始(19世纪60年代—20世纪初);第二次科技革命:原子能的利用与电子计算机的发明(20世纪40年代—20世纪70/80年代);第三次科技革命:互联网革命(20世纪70/80年代—21世纪10/20年代);第四次科技革命:信息技术、生物技术、新能源技术、新材料技术等交叉融合正在引发新一轮科技革命和产业变革。第四次科技革命正在深刻地改变着人类的生活方式,影响着国家在国际竞争中的实力和地位,同时也带来了前所未有的挑战。在未来的技术竞赛中,最成功的国家将是那些积极变革并且能够跟上技术进步的国家。

**【关键词】** 治国理政;科技创新;科技革命;信息技术;互联网

**【作者简介】** 冯昭奎,中国社会科学院荣誉学部委员,日本研究所研究员。(北京 邮编:100007)

**【中图分类号】** D815 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1006-9550(2017)02-0004-21

\* 感谢《世界经济与政治》杂志匿名评审专家的意见和建议。文中错漏由笔者负责。

## 一 引言

2013年11月3日—5日,习近平主席在湖南考察时的讲话中指出“新一轮科技革命和产业革命正在孕育兴起,企业要抓住机遇,不断推进科技创新、管理创新、产品创新、市场创新、品牌创新。”<sup>①</sup>2014年6月3日,习近平主席在国际工程科技大会上发表的主旨演讲中指出“信息技术、生物技术、新能源技术、新材料技术等交叉融合正在引发新一轮科技革命和产业变革。这将给人类社会带来新的机遇。”<sup>②</sup>2014年11月19日,习近平向首届世界互联网大会致贺词强调“当今时代,以信息技术为核心的新一轮科技革命正在孕育兴起。”<sup>③</sup>2016年5月30日,习近平参加全国科技创新大会时强调“当今世界科技革命和产业变革方兴未艾,我们要增强使命感,把创新作为最大政策,奋起直追、迎头赶上。”<sup>④</sup>2016年9月3日,习近平在二十国集团工商峰会(B20)开幕式上发表主旨演讲,再次指出:要把握“新技术革命和产业变革、数字经济的历史性机遇,提升世界经济中长期增长潜力”。<sup>⑤</sup>2017年1月18日,习近平在联合国日内瓦总部的演讲中又在两处提到“新一轮科技革命和产业革命正在孕育成长”,“要抓住新一轮科技革命和产业变革的历史性机遇,转变经济发展方式,坚持创新驱动,进一步发展社会生产力、释放社会创造力”。<sup>⑥</sup>

从2013年到2017年,习近平多次指明“新一轮科技革命”或“新科技革命”,这里就隐含着一个问题“新一轮科技革命”在人类历史上属于第几次(轮)科技革命?笔者认为弄清这个问题,需要讨论三个问题:其一,什么是科技革命?其二,科技革命开始于何时?其三,至今世界上发生了几次科技革命?弄清楚这三个问题,对于我们理解习近平提出的“新一轮科技革命”的意义和内涵具有重要的价值。

① 《习近平在湖南考察时强调:深化改革开放推进创新驱动 实现全年经济社会发展目标》,http://politics.people.com.cn/n/2013/1105/c70731-23442219.html,访问时间:2016年12月10日。

② 《习近平出席2014年国际工程科技大会并发表主旨演讲》,http://news.xinhuanet.com/politics/2014-06/03/c\_1110968763.htm,访问时间:2016年12月10日。

③ 《习近平向首届世界互联网大会致贺词》,http://news.xinhuanet.com/world/2014-11/19/c\_1113319278.htm,访问时间:2016年12月10日。

④ 《回顾十八大以来习近平关于科技创新的精彩话语》,http://cpc.people.com.cn/xuexi/n1/2016/0531/c385476-28398570.html? bsh\_bid=1574017476,访问时间:2016年12月10日。

⑤ 《习近平出席B20峰会开幕式并发表主旨演讲》,http://cpc.people.com.cn/n1/2016/0903/c64094-28689036.html,访问时间:2016年12月10日。

⑥ 《习近平主席在联合国日内瓦总部的演讲》,http://news.ifeng.com/a/20170119/50598658\_0.shtml,访问时间:2017年1月25日。

## 二 什么是科技革命

关于什么是科技革命,从古到今发生了几次科技革命,学界存在着各种见解,这里引用两种有代表性的观点,这两种观点都认为“科技革命是科学革命和技术革命的统称”,但第一种观点认为在过去的500年里,世界上先后大约发生了五次科技革命,包括两次科学革命和三次技术革命,两次科学革命是指近代物理学的诞生、相对论和量子力学革命;三次技术革命分别是蒸汽机和机械革命、电气和运输革命、电子和信息科技革命。<sup>①</sup>与这种观点有所不同的是被中学教材广泛采用,可在科学出版社2012年出版的《第六次科技革命的战略机遇》中查到的观点“严格来说,目前只有蒸汽机、电气、原子和计算机三大科技革命。”<sup>②</sup>本文将以上两种观点分别称为“五次科技革命论”与“三次科技革命论”。

应该说,科技革命迄今没有统一定义和标准,国内认为“科技革命是科学革命和技术革命的统称”这个定义显然不够明确和充分,至于欧美日等国家学者,一般倾向于提科学革命、技术革命或产业革命,而少用或不用科技革命的提法,对科技革命提得最多的恐怕就是中国和苏联的学者。尽管西方国家学者很少使用或基本不用科技革命这个提法,笔者认为中国学者经常使用的科技革命这个提法本身应是“科学”的。

在给科技革命下定义之前,先讨论一下何谓科学革命和技术革命。尽管国内外学者对科学革命和技术革命定义的表述不尽相同,但基本上可以说科学革命是指人类对客观世界规律的认识发生了具有划时代意义的飞跃,从而引起科学观念、科学模式以及科学研究活动方式的根本变革,它是人类认识领域的革命,是对科学理论体系的根本改造和科学思维方式的深刻变革,从而把人类对客观世界的认识提高到一个新水平。“技术革命”指的是人们改造世界方式的根本性变革,是引起社会生产力巨大发展并推动生产关系变革的世界性的技术突破。这意味着科学革命与技术革命具有相对独立性和各自内在的发展逻辑。

既然存在着科学革命和技术革命,有没有两者结合而成的科技革命呢?应该说是有的,现在很多中国学者常常使用“科技”这个概念,而在人们使用科技这个表述的时

---

<sup>①</sup> 参见《科学猜想:第六次科技革命来了》,载《中国青年报》2011年8月15日;白春礼《五次科技革命得出三大启示》[http://news.xinhuanet.com/tech/2014-05/24/c\\_1110843498.htm](http://news.xinhuanet.com/tech/2014-05/24/c_1110843498.htm),访问时间:2016年12月10日。

<sup>②</sup> 何传启编《第六次科技革命的战略机遇》,北京:科学出版社2012年版。

候,实际上存在着两种理解。其一是将科学与技术视作两个分离的、按照各自的逻辑和途径向前发展的领域,<sup>①</sup>将科技看作“科学+技术”,是两个领域的简单相加;其二是在一定的历史条件下,特别是在19世纪后半期以后,科学与技术的联系日益密切,科学向技术转化的速度日益加快,科学与技术逐渐趋于“一体化”,日益融合成一个有机整体:科技。对科学与技术的关系的两种理解,引申出对“科技革命”的两种理解:其一是将科技革命视作科学革命与技术革命各自进行的两个不同过程,至多是将科技革命视作科学革命与技术革命的简单相加,即“科学革命+技术革命”;其二是将科技革命视为科学与技术作为相互融合与转化的“一个有机整体”所发生的革命。应该说,后者(科学与技术作为一个有机整体所发生的革命)才体现了科技革命的真谛,正如习近平主席所指出的,“当今全球科技革命发展的主要特征是从‘科学’到‘技术’转化”,<sup>②</sup>这个主要特征也贯穿于历史上多次科技革命,可以说只有具备这个主要特征的科技革命才是真正的科技革命。

从习近平主席强调的科技革命“主要特征”来考察上述“五次科技革命论”和“三次科技革命论”,可以看出“五次科技革命论”实际上是将科技革命视作“科学革命+技术革命”,即“两次科学革命+三次技术革命”,显然是把科学革命与技术革命分开了,而未采用科学与技术融合的科技革命概念。至于“三次科技革命论”,它虽然使用了科技革命概念,但仍需要对三次科技革命是否每一次都具备科技革命的主要特征,因而是不是真正的科技革命加以考察。

首先,蒸汽机在“五次科技革命论”中被定义为技术革命的标志,而在“三次科技革命论”中被定义为科技革命的标志。面对这里的歧义,需要考察蒸汽机是否具备科技革命的主要特征,即它是否是“从‘科学’到‘技术’转化”的成果。关于这个问题,科学史界有两种观点,即“科学渗透论”和“技术自主论”。“技术自主论”强调托马斯·纽科门(Thomas Newcomen)和詹姆斯·瓦特(James Watt)是工匠,蒸汽机等技术上的重大进步是在没有具体科学理论的指导下发展起来的,“是纯粹的实验天才的成就,那时的科学和技术之间还没有自动的联系”。<sup>③</sup>而“科学渗透论”虽然承认工匠式的实践经验的重要性,但强调科学在蒸汽机的发明和改进中所发挥的重要作用,特别

<sup>①</sup> 应该说,科学与技术区的概念深深地植根于西方文化中:在历史上科学是贵族的“专利”;而技术则是工匠的事情。

<sup>②</sup> 《牢牢把握产业革命大趋势》,http://news.xinhuanet.com/politics/2016-03/02/c\_128765346.htm,访问时间:2016年12月5日。

<sup>③</sup> 梅其君《技术自主论的三个层次》,载《自然辩证法研究》2008年第9期,第32—37页。

是瓦特在改进蒸汽机的过程中,就得到约瑟夫·布莱克(Joseph Black)<sup>①</sup>的量热学<sup>②</sup>的理论指导,而瓦特本人的正式身份是大学里的科学仪器制造师兼维修师,独自进行过热学试验。他还是在18世纪后期对推动工业革命起到过重要作用的科学技术组织“月光派”(后来发展成“月光社”)的主要成员之一,<sup>③</sup>与该组织的科学家之间的交流为他改进蒸汽机提供了科学的精神食粮。

以上事实表明,科学对蒸汽机的发明与改进过程确实起到了重要的“渗透”作用,但并没有发生具体的科学理论向技术发明的“转化”,因为第一台有实用价值的蒸汽机作为世界上最早的“热机”<sup>④</sup>在1776年出现,并在工业、交通运输中开始发挥重要作用的时候,关于控制蒸汽机把热转化为机械运动的各种因素的关于热机的理论仍未形成。1824年法国工程师萨迪·卡诺(Nicolas Léonard Sadi Carnot)出版了《关于火的动力的思考》一书,总结了他关于热机的研究成果,但由于卡诺英年早逝,他的工作很快被人遗忘。经过法国工程师埃米尔·克拉珀珑(Benoit Pierre Emile Clapeyron)的重新研究和发展,直至1834年,也就是瓦特制造出第一台有实用价值的蒸汽机(1776年)的58年以后,卡诺的热机理论才引起人们注意,这意味着蒸汽机的发明和改进虽然是在科学思想影响和“渗透”下发生的一次技术革命或产业革命,但并非是在具体的科学理论指导下发生的一次科技革命。在蒸汽机发明和改进过程中,“从‘科学’到‘技术’转化”这个科技革命的主要特征表现得不够明显,因此,以蒸汽机发明和改进为标志的第一次产业革命在严格意义上只能说是一次“准科技革命”。

当然,认为第一次产业革命(或第一次技术革命)在严格意义上只是一次准科技革命,丝毫没有贬低第一次产业革命在人类文明发展史上的重大意义。在18世纪英

---

① 布莱克(1728—1799年)是18世纪英国著名的化学家和物理学家,1760年布莱克区分了热和温度,提出了“潜热”“比热”等概念,打下了量热学的基础。这些观点对瓦特改进蒸汽机有很大帮助。

② 量热学是热力学的一个分支,是测量物理和化学过程的热效应,并据热效应研究物理和化学变化的规律的学科。

③ “月光社”是由十几位生活在英格兰中部的科学家、工程师、仪器制造商、枪炮制造商在1756年组成的社团。在1756年,博尔顿博士与他的家庭医生、《物种起源》作者查尔斯·达尔文的祖父伊拉斯谟斯·达尔文结成了好友,而后者是当时英国最出名的医生,而且在生物、化学、地质和天文方面提出了许多很有意义的科学见解,所以就逐渐形成了一个多门类科学家的小圈子,经常在博尔顿家活动,又因为在当时没有照明设施,他们总是在每月最临近月圆的星期之夜举行会议,于是便起了“月光社”这个名字。任定成、柯遵科编《西方科学史研究》,北京:科学出版社2013年版,第103—130页。

④ 热机是指各种将燃料的化学能转化成热能再转化成机械能的动力机械,如蒸汽机、汽轮机、燃气轮机、内燃机、喷气发动机。热机通常以气体作为传递能量的媒介,利用气体受热膨胀对外做功;热能的来源主要有燃料燃烧产生的热能、原子能、太阳能和地热等。

国棉纺织业和炼铁业的生产革新推动下<sup>①</sup>，以蒸汽机为标志的这场史无前例、影响深远的革命导致了机器制造业、钢铁工业、运输工业的蓬勃兴起，初步形成了完整的工业技术体系，开启了欧美各国工业化道路。特别是1830年蒸汽机车与铁道组成的运输系统的完成，使蒸汽机车和铁道在当时没有其他交通工具可与之竞争的情况下迅速普及到欧美和俄罗斯，而铁道的有无则成为英国产业革命与其他欧美国家及俄罗斯产业革命的最大差异，先行实现产业革命的英国成为唯一在没有铁道的情况下实现产业革命的国家，而后发的工业化诸国的产业革命和工业化则是以铁道的敷设为前提条件的，因而得以大大加快工业化的步伐。从18世纪末到19世纪，提高蒸汽机的热效率乃至解决工业、交通等领域的各种技术问题的需要，有力地推动了物理学的研究，卡诺理论等<sup>②</sup>的提出，成了“从‘技术’到‘科学’转化”的重要案例。当然，从科技发展的角度看，第一次产业革命最重要的意义还在于它为开辟“科技革命时代”——科技革命一轮接一轮地接踵而来的时代——奠定了基础，这个基础就是“时间”。具体地说，第一次产业革命为越来越多的人创造了更多的时间和“闲暇”来从事科学活动和发明创造，而在这之前，绝大多数人都在为生存而忙碌：生产食品、衣物和住房。<sup>③</sup>

### 三 四次科技革命

#### （一）第一次科技革命：电气化与汽车时代的开始（19世纪60年代—20世纪初）

真正的科技革命开始于一般认为的“三大科技革命”的第二次，即19世纪60年代开始至19世纪末20世纪初基本完成的以电气为标志的“第二次产业革命”。在这次产业革命中，电力、电子、化学、汽车、造船、航空等一大批技术密集型产业兴起，人类从机械化时代进入了电气化时代，而消费品的大量生产成为可能，又使人类进入了

<sup>①</sup> 从16世纪开始，英国对铁的需求日益增加，当时炼铁使用木材，对铁的需求的急速增长导致木材严重不足。英国煤炭资源很丰富，但煤炭含有硫黄成分，导致练出来的铁很脆，将煤炭用于炼铁的尝试归于失败。18世纪初，英国人发明了焦炭炼铁法并逐渐得到普及，至1740年已能制造出质地良好的钢铁，但仍不能大量生产。18世纪60年代，高炉用的送风机得到改良，与瓦特的蒸汽机结合，使送风效率得到提高，终于在1784年发明了搅拌精炼法，优质的炼铁制品得以大量生产。

<sup>②</sup> 1824年，卡诺设计了理想热机并提出卡诺定理；1842—1847年，迈耳、焦耳和赫姆霍兹等提出能量守恒定律；1848年，汤姆生创立热力学温标，随后提出绝对零度是温度下限的论点；1850—1865年，克劳修斯和汤姆生提出热力学第二定律。

<sup>③</sup> 参见克里斯·安德森著，萧潇译《创客：新工业革命》，北京：中信出版集团股份有限公司2015年版，第54页。

“大量生产、大量消费”时代。

以电气为标志的第二次产业革命是充分体现了“从‘科学’到‘技术’转化”这个主要特征的真正的科技革命。1831年,迈克尔·法拉第(Michael Faraday)首次发现电磁感应现象;1861年至1865年,詹姆斯·麦克斯韦(James Clerk Maxwell)依据查利·库仑(Charlse-Augustin de Coulomb)、卡尔·高斯(Johann Carl Friedrich Gauss)、乔治·欧姆(Georg Simon Ohm)、安德烈·安培(André-Marie Ampère)、让·毕奥(Jean-Baptiste Biot)、菲利克斯·萨伐尔(Félix Savart)、法拉第等前人的一系列发现和实验成果,建立了第一个完整的电磁理论体系,科学地预言了电磁波的存在,揭示了光、电、磁现象的本质的统一性,阐明了电磁波传播的理论基础。1887年,海因里希·赫兹(Heinrich Rudolf Hertz)通过试验验证了电磁理论,证明了电磁波的存在。这一系列重大科学发现引发了一系列具有进一步改变人类文明意义的重大技术发明:1831年,法拉第发明了电动机和发电机,开启了现代电工技术的发展;1875年,英国人亚历山大·贝尔(Alexander Graham Bell)发明电话;1877年,托马斯·爱迪生(Thomas Alva Edison)公布阻抗式送话器;1882年,世界上第一家发电厂建成;1898年,伽利尔摩·马可尼(Guglielmo Marchese Marconi)开办了世界上首家无线电工厂;1910年至1920年,最早的无线电广播电台开始广播。其中,电作为一种可方便利用的能源,成为技术和产业发展的强大动力,电力广泛应用于工业生产,奠定了现代的电力工业、电子工业和无线电工业的基础,使许多国家的工业结构发生了重大的根本性变化。

电磁理论的确立还促使一大批新兴学科的出现,如无线电学、微电子学、射电天文学、X射线学、高能物理学等,这些新学科的科学原理为技术发展提供了新的依据,进一步促进了技术的进步,而技术的进步又为科学研究提供了更先进的仪器设备等技术手段,促进了科学研究的深化,从而鲜明地体现了科学与技术的相互融合、相互促进和相互转化。由此可见,人类的“科技革命时代”开始于19世纪60—70年代兴起的以电气为标志的第一次科技革命时期,从这个时期开始,工业化才真正走近和走进了广大民众(而不是少数贵族)的生活之中,特别是电既可作为工业生产、交通工具的动力(电车等),又可直接作为家庭生活的能源,这是它与触发第一次产业革命的重大发明——蒸汽机之间的本质区别之一(一般家庭不至于直接利用蒸汽机作为家庭生活的能源)。电话发明后的几十年间在发达国家成为越来越多家庭的主要通信手段。

在燃烧煤气、汽油和柴油等产生的热转化为机械动力的理论基础上,1886年,

德国人卡尔·本茨(Karl Friedrich Benz)和戈特利布·戴姆勒(Gottlieb Wilhelm Daimler)相继发明了世界上第一辆三轮汽车和第一辆四轮汽车。1903年诞生了为家庭生活注入动力的轻便的内燃机。<sup>①</sup>1913年,美国人亨利·福特(Henry Ford)首创以装配线生产的方法批量生产使用内燃机的汽车(福特T型车),极大地提高了汽车产量,并通过主动提高工人的工资为汽车找到广阔的市场,使工人只需花费几个月的工资即可买得起汽车,福特的经营理念是:汽车不应该只属于少数富人,而应该让每个人都买得起。20世纪20年代,汽车在美国等国家的日益普及对现代社会和文化起到了巨大影响,与此同时也留下了“要想找到市场,先要人民富起来”的经营理念。

第一次科技革命(或第二次产业革命)的又一个突出特征是,工业化日益走进广大民众的生活,日益走进大量生产和大量消费时代。到了20世纪20—30年代,出现了真正面向大众的,由汽车、家电、通信等工业组成的工业群体以及支持这个工业群体和基础设施建设的钢铁、石化等原材料工业和火力发电等动力工业及建筑、建材工业等。此外,1926年出现了20世纪另一项标志性发明——电视机,1932年英国广播公司开始传送世界上第一套定期播放的电视节目,至20世纪40年代出现兼有声音和图像的电视广播开始,如今丰富多彩的电视节目通过无线中继站、电缆及卫星传送到世界的每个角落。可以说正是电气、内燃机等发明、研制和产业化成为当今人类丰富的物质生活的“原点”。

此外,在冶金工业中,发明了马丁炼钢法(平炉炼钢)和托马斯炼钢法(转炉炼钢)等新炼钢法,大大改进了当时的炼钢技术,促进了大型炼钢厂和冶金厂的建立。与此同时,苯胺染料的发明、钾基肥料以及硫酸和苏打的出现,给现代大规模化学工业的发展奠定了基础,化学方法从此日益广泛地被用于各种不同的生产部门。第一次科技革命(或第二次产业革命)与第一次产业革命的最大区别在于:首先,第一次产业革命是以轻工业为中心的工业化,第一次科技革命则是以电气、石油为能源,重化工业为中心的工业化。其次,第一次产业革命时期虽然以机器生产逐渐取代手工操作,使工厂成为工业化生产的最主要组织形式,但工厂规模不大,由资本家直接进行管理;而在第一次科技革命时期,工厂趋于大规模化,需要单个投资家所难以承担的巨额资本,于是从银行进行融资或者以股份形式募集资金日益成为资本主义大工厂的主要组织形式,在一些大工厂逐渐出现了资本所有权与经营权分离的情况,即资本家不再直接经营管理工厂,将其交给职业经理人员负责。最后,第一次产业革

<sup>①</sup> 《自然科学大事年表》编写组《自然科学大事年表》,上海:上海人民出版社1975年版,第120页。



命主要发生在英国,从而使英国成为世界上第一个工业化国家;第一次科技革命则是在英、美、德等资本主义国家一同开始,特别是德国、美国的科学技术发明和应用较多。日本由于自1635年起实施了两百多年的闭关锁国政策,在1868年明治维新后通过“脱亚入欧”,同时导入了第一次产业革命和第一次科技革命(或第二次产业革命)的成果。

(二) 第二次科技革命:原子能的利用与电子计算机的发明(20世纪40年代—20世纪70/80年代)

从20世纪40年代末起,在原子能、电子计算机、微电子技术、航天技术、分子生物学和遗传工程等领域取得重大突破,标志着又一次新科技革命即第二次科技革命的到来。这场科技革命更加鲜明地显示出科学革命与技术革命的相互融合、相互促进以及“从‘科学’到‘技术’转化”和科技转化为生产力的速度。它催生了又一批新兴工业,如高分子合成工业、核工业、电子工业、半导体工业、航天工业、激光工业以及支持这个工业群体的核电等新能源、新材料以及自动化生产技术等,航天技术的发展则开始了人类向宇宙空间进军的征途。

其中,原子能的发现与利用是“从‘科学’到‘技术’转化”的一个典型案例。1896年法国物理学家安东尼·贝克勒尔(Antoine Henri Becquerel)首先发现了铀原子核的天然放射性;1897年,英国科学家约瑟夫·汤姆逊(Joseph John Thomson)发现了比原子小得多的带电粒子——电子;①1898年至1903年,居里夫妇(Marie and Pierre Curie)发现了放射性更强的钋和镭;1910年,欧内斯特·卢瑟福(Ernest Rutherford)提出了原子核式结构模型。科学家们前赴后继地探索原子的奥秘,使人们对物质的微观结构有了崭新的认识,并由此打开了原子核物理学的大门。

1938年年底,在德国工作的奥多·哈恩(Otto Hahn)等科学家发现了核裂变现象,指出铀原子核裂变,释放出中子又冲击其他铀原子核也发生裂变,从而形成可持续进行的连锁反应,同时释放出化石燃料燃烧或常规炸弹爆炸所产生的“化学能”(一种与原子核变化无关的能量)所无可比拟的巨大能量。1939年1月,丹麦物理学家尼尔斯·玻尔(Niels Henrik David Bohr)等人第一次通过计算和试验证明了阿尔伯特·爱因斯坦(Albert Einstein)在1905年发表的、改变了人们世界观的著名公式 $E = mc^2$ ( $E$ 为能量, $m$ 为质量, $c$ 为光速),其含义包括质量与能源的等价性及其定量关系,质量的消失导致能量的产生,由于 $c^2$ 是一个巨大的数字,因此,每一个由质量组成的物体都

---

① 世界上一切物质都是由原子构成的,任何原子都是由带正电的原子核和绕原子核旋转的带负电的电子构成的。

具有无法想象的能量。<sup>①</sup> 1942年12月,恩利克·费米(Enrico Fermi)领导的小组在芝加哥大学建成人类第一台(可控)核裂变反应堆,成为原子能科学走向技术应用的里程碑。

原子能的第一次重大利用是在军事方面。1939年8月,爱因斯坦应其他几位科学家的请求,写信给罗斯福总统,建议美国务必抢在德国之前制造出原子弹。<sup>②</sup> 1942年6月,美国开始实施曼哈顿计划,<sup>③</sup>历时3年,于1945年6月前后生产出足够的钚( $\text{Pu}$ ) 239和高浓缩铀( $\text{U}$ ) 235,分别制造出铀原子弹和钚原子弹,于同年8月6日和9日先后投放到日本的广岛和长崎,成为世界历史上最初得到实战应用的两颗原子弹。在军事方面,原子能除去可用于制造核武器之外,还可作为航母、潜艇等军用舰艇的动力。

原子能的最重要民生用途是利用原子能发电。1954年,苏联建成世界上第一座核电站,其后,美国于1957年建成其第一座核电站,到1960年世界上仅有苏、美、英、法四国建有10座核电站,总功率86万千瓦。20世纪60—70年代以后,世界核电事业发展很快,至1988年,世界正在运行的核电机组总数增加到428套,核电已占世界电力生产的16%以上,其中有些国家和地区的核发电量已占本国电力生产的50%—70%,核电已成为电力供给的一个重要支柱。<sup>④</sup> 截至2015年,中国大陆运行的核电机组30台,总装机容量2831万千瓦,在建的核电机组24台,总装机容量2672万千瓦。“中国目前在建的核电机组在世界上是最多的”。<sup>⑤</sup> 但是,从2015年至2025年,即便再建60座新核电厂,中国的核电占总电量的比率也只有大约10%。今天,这个比例在美国是近20%,在法国是超过70%,在韩国是近30%。因此中国还有很大发展余地。<sup>⑥</sup>

---

① 例如美国1955年下水的第一艘核潜艇“鹦鹉螺”号就是用和高尔夫球大小的一块铀推动的。“鹦鹉螺”号第一年在海上航行了几万海里,没有添加任何燃料。

② “Albert Einstein’s Letters to President Franklin Delano Roosevelt,” <http://hypertextbook.com/eworld/einstein/>, 访问时间:2016年11月30日。

③ “The Manhattan Project,” <http://www.ushistory.org/us/51f.asp>, 访问时间:2016年11月30日。

④ 辛文《1988年世界核电厂发电能力增长》,载《国外核新闻》,1989年第5期,第14页。

⑤ 《中国在建核电机组世界最多》, [http://news.xinhuanet.com/mrdx/2016-01/28/c\\_135052271.htm](http://news.xinhuanet.com/mrdx/2016-01/28/c_135052271.htm), 访问时间:2016年11月30日。

⑥ 《中国10年内将造60座核电厂 实力赶超德国》, [http://news.china.com.cn/live/2016-09/24/content\\_37017623.htm](http://news.china.com.cn/live/2016-09/24/content_37017623.htm), 访问时间:2016年11月30日。

但是,在世界核电事业发展的过程中,也曾经发生过几次严重的事故。<sup>①</sup>目前中国正处在由核电发展大国向强国迈进的关键时期,准备新建的核电站越多,就越需要重视核电安全问题,中国目前已组建了25支专业的国家级核应急救援分队,今后尚需通过吸取世界各国发展核电的经验教训和总结核电安全发展必须遵循的客观规律,建立和完善能确保核电安全的法律、规则以及在全国无论哪座核电站一旦发生事故之际,都能集中全国顶尖技术力量统一地加以应对的行业体制,并积极开展有关核电安全的国际交流合作(在核电安全方面教训最深刻的国家越值得作为交流合作的对象),以新建核电站最多的国家的身份来主导建立核电安全的全球标准。

除核电外,原子能在医疗(X光检查、CT扫描、用放射线治疗癌症等)、工业(改良高分子材料的性质、利用放射性追踪法检查发动机活塞环的磨损程度、用盖革计数器检验产品的质量等)、农业(利用放射性同位素改良植物品种等)乃至考古(利用放射性同位素C判定古生物体的年代等)等诸多领域获得了广泛的应用。

就在核裂变被发现的前一年,在信息领域,英国数学家、逻辑学家艾伦·图灵(Alan Mathison Turing)于1937年发表了关于“可计算数”和“理想计算机”的著名论文,不仅解决了数理逻辑理论的重大问题,还奠定了现代计算机的理论基础。<sup>②</sup>1946年2月14日,美国宾夕法尼亚大学的四位科学家和工程师组成的莫尔小组研制的第一台电子计算机问世,其全称是“电子数值积分和计算机”,简称埃尼阿克(ENIAC),它由17468个电子管、6万个电阻器、1万个电容器和6000个开关组成,重达30吨,占地160平方米,耗电174千瓦。可以说,电子计算机是又一个典型的科学与技术结合、科学家与工程师合作的产物。另一位对电子计算机的诞生做出重要贡献的美籍匈牙利数学家冯·诺依曼(John von Neumann)及其领导的研制组则提出了一个全新的“存储程序通用电子计算机方案”——EDVAC,简化了计算机的结构,大大提高了计算机的速度,首次在全世界掀起了一股“计算机热”,意味着信息化时代初露曙光。

20世纪60年代以后的计算机的历史,是计算机的基本器件从真空管转变为晶体

---

<sup>①</sup> 最大的事故有:1979年3月28日,美国三里岛核电站发生的5级核泄漏事故;1986年4月26日,苏联切尔诺贝利核电站的灾难性大火造成了7级核泄漏事故;2011年3月11日日本东北部海域发生里氏9.0级地震并引发海啸后,福岛核电站发生的7级核泄漏事故。国际核事故分级标准(INES)制定于1990年,该标准将核事故分为7级,最低级别为1级核事故,最高级别为7级核事故,每增加一级代表事故比前一级的事故更严重约10倍。相比于地震级别来看,核事故等级评定往往缺少精密数据,往往是在发生之后通过造成的影响和损失来评估等级。7个核事故等级又被划分为2个不同的阶段。最低影响的3个等级被称为核事件,最高的4个等级才被称为核事故。

<sup>②</sup> 任定成、柯遵科编《西方科学史研究》,第209—223页。

管、又转变为集成电路的历史,也是计算机的价格、体积及耗电量急剧下降因而得以日益普及的过程。

集成电路(integrated circuit,简称IC)是一种微型电子器件,用微细加工工艺,把一个电路中所需的晶体管、电阻、电容等元件及布线互连在一起,制作在一小块半导体晶片上,然后封装在管壳内。当今集成电路大多利用半导体硅材料作为基片,因此常常被称为“半导体芯片”。

在单块芯片上所容纳的电子元件的数目称为集成电路的集成度,集成度越高,所容纳的电子元件数目越多,从而可降低集成电路的价格和能耗。在1960年出现了集成度为10—100的小规模集成电路,1966年出现了集成度在100—1000的中规模集成电路,1970年出现了集成度为10万的大规模集成电路,1993年出现了集成度为1000万的超大规模集成电路;1994年出现了集成度为1亿的超超大规模集成电路(见表1)。<sup>①</sup>集成度提高的意义正如英特尔公司的创始人之一戈登·摩尔(Gordon Moore)所指出的,“在保持元件成本价格最低的情况下,其结构复杂程度每年大约增加两倍”。<sup>②</sup>这意味着人们在1965年用一美元买到的计算能力将会是1964年的两倍,摩尔预测这种每年翻番的发展速度将至少会持续10年,1975年集成电路的计算能力将是1965年的500多倍(即2的9次方=512)。到了1975年,摩尔将他的成倍增长预测改为每两年翻一番,即当今人们普遍采用的每18个月综合计算能力提高一倍的说法,而在实际上,摩尔的定律竟然持续了40多年,而不仅是10年。

表1 集成电路集成度的发展

英文名称	中文名称	集成度
SSI	小规模集成电路	10—100
MSI	中规模集成电路	100—1000
LSI	大规模集成电路	1000—10万
VLSI	超大规模集成电路	10万—1000万
ULSI	超超大规模集成电路	1000万以上

资料来源:笔者依据相关教材以及百科全书相关条目内容自制。

<sup>①</sup> 参见吴攻宜、吴英编《解读物联网》,北京:机械工业出版社2016年版。

<sup>②</sup> 《〈第二次机器革命〉主要内容》,http://www.jjckb.cn/dspd/2014-09/09/content\_520099.htm,访问时间:2016年11月6日。

集成电路的种类和用途很多,在初期专门用作计算机的器件,其后用途扩大到家电、工业机器、通信设备、人造卫星乃至手机等非常广泛的领域。随着计算机的基本器件从真空管转变为晶体管、集成电路和集成电路的集成度不断提高,计算机从第一代发展到第四代,其体积从需要占几个房间缩小到可放置在桌上;其性能从每秒处理1万次指令提高到每秒处理1亿次指令;其第四代的价格则降低到第一代的1/10万(见表2)。这意味着福特的经营理念在电子计算机领域得到了再现:计算机不应该是属于少数科学家和工程师,让每个人都买得起的时代终于到来。

表2 计算机性价比变迁

代	年代	基本器件	集成度	早期的代表机种	性能(MIPS)	相对价格比
第1代	—1960	真空管	1	1946: ENIAC	0.01	100
第2代	1960—1964	晶体管	1	1959: IBM 7070 , IBM 1401	0.1	10
第3代	1964—1970	小规模集成电路	2 - 1000	1964: IBM 360	1	1
第3.5代	1970—1980	大规模集成电路	1k - 100k	1971: IBM 370	3	0.1
第4代	1980—	超大规模集成电路	100k - 10M	1980: IBM 3081	100	0.001

资料来源:笔者自制。

### (三) 第三次科技革命:互联网革命(20世纪70/80年代—21世纪10/20年代)

20世纪70/80年代,在信息通信技术领域出现了具有划时代意义的“三大产品”,一是个人电脑;二是互联网;三是手机。这三项技术相互融合和促进,掀起了规模空前的互联网革命。

#### 1. 个人电脑的出现

按照辩证法量变到质变的原理,可以认为,当集成电路的集成度从1960年的10—100到1970年的10万再到1993年的1000万,电子计算机发明所揭开的信息化历程发生了质的变化。随着集成度从量变到质变,集成电路的应用从生产活动扩大到社会生活的广泛领域,特别是促使计算机小型化和廉价化,使20世纪70/80年代成为电子计算机走向个人化的发展期。1995年,微软公司推出的操作系统<sup>①</sup>WINDOWS 95前后,在发达国家,个人电脑开始成为一些高收入家庭的“必备家

<sup>①</sup> 操作系统(operating system,简称OS)是管理和控制计算机硬件与软件资源的计算机程序,是直接运行在“裸机”上的最基本的系统软件,任何其他软件都必须在操作系统的支持下才能运行。

电”。2002年后,随着升级版的操作系统 WINDOWS XP 的普及,个人电脑进一步走进千家万户,一些发达国家几乎达到了人手一机的程度。这意味着源于集成电路集成度的量变向质变转化,电脑用户数的增加也由于量变的不断积累而进入个人电脑时代。

## 2. 互联网的发明

1969年,美国国防部高级研究计划局(ARPA)为了将国防部军用计算机相互连接起来而开发了阿帕网(ARPAnet),其目的是增强美国军方计算机网络在遭受一场核打击后的生存能力。1980年,以阿帕网为主干网建立了初期的互联网。1988年,互联网开始对外开放。1991年6月,在连通互联网的计算机中,商业用户首次超过了学术界用户,这成为互联网发展史上的一个里程碑,从此互联网用户数迅速增加,1995年已获得广泛应用,并与电脑个人化形成绝妙配合:电脑用户只需通过电话线与服务器连接便可进入互联网(“上网”),电脑成为互联网的“终端”;电脑上网日益形成一股时代潮流。

## 3. 手机的发明

1973年,摩托罗拉公司总设计师马丁·库珀(Martin Lawrence Cooper)发明了手机。从1973年到1983年,库珀带领他的团队对第一部手机进行了5次技术革新,每一次都成功地让手机变得更小更轻。1983年,摩托罗拉公司第一部手机面向市场出售,成为“第一代手机(1G)之王”。从1996年开始,诺基亚公司的手机业务连续15年占据全球市场份额第一,成为“第二代手机(2G)<sup>①</sup>之王”。2001年以后,手机进入了第三代(3G)<sup>②</sup>,并成为互联网的又一个终端。由于手机可随身携带,使用方便,手机上网日益超过电脑上网,成为一股新的时代潮流。

手机、平板电脑等移动通信技术与互联网技术的融合,促使互联网特别是移动互联网的应用日益全民化(互联网用户被称为“网民”)和全球化,至21世纪10年代,互联网和移动互联网已成为覆盖五大洲150多个国家的开放型全球计算机网络系统,2G移动网络已经覆盖全球95%的地区,3G移动网络也覆盖了69%的地区,<sup>③</sup>至2015年年底,全球智能手机总量达到20亿部。又据国际电信联盟(ITU)的统计数字,到2016年年底,将有35亿人用上互联网,高于2015年的32亿人,相当于全球人口的

① 2G是第二代手机通信技术,以数字语音传输技术为核心,一般只具有通话功能。

② 3G是第三代移动通信技术,是指支持高速数据传输的蜂窝移动通信技术,用户在活动中可相互通信。

③ 《2015年全球网民达到32亿,20亿来自发展中国家》,http://www.loooker.com/archives/13776,访问时间:2016年11月30日。

47% (这同时意味着全球尚有一半以上的人口尚未“触网”,特别是撒哈拉以南非洲)。<sup>①</sup> 中国互联网用户人数达 7.21 亿,位居全球第一(这意味着全中国人口的 52.4% 成了“网民”)。印度互联网用户人数达 3.33 亿,超越美国位居第二。<sup>②</sup> 从 20 世纪 50 年代开始展现曙光的信息时代出现了如日中天的盛况。习近平在第二届世界互联网大会开幕式上的讲话中指出“以互联网为代表的信息技术日新月异,引领了社会生产新变革,创造了人类生活新空间,拓展了国家治理新领域,极大提高了人类认识世界、改造世界的能力。”<sup>③</sup> 互联网是人类共同家园,在第三届世界互联网大会开幕式上的视频讲话中,习近平进一步指出要“推动网络空间实现平等尊重、创新发展、开放共享、安全有序的目标”,“携手构建网络空间命运共同体”。<sup>④</sup> 有专家生动地描述移动互联网带来的颠覆性的变化“其实它更像一场大迁徙:(历史上)新的航海技术让哥伦布发现了新大陆,掀起了人类一次大迁徙的浪潮;而移动互联网的出现,则创建了一个新的数字星球,这将引起人类社会一次更伟大的迁徙之旅。”<sup>⑤</sup>

互联网和移动互联网的发展远远超越了当初美国国防部高级研究计划局开发的阿帕网的军事目的,日益成为全人类相互交流、相互沟通、相互参与的不受空间限制的互动平台,特别是移动互联网“将地球上几十亿人口连接到了一起,具有史无前例的处理和存储能力,并为人们提供获取知识的途径,由此创造了无限的可能性”。<sup>⑥</sup> 中国从 2009 年开始迅速普及智能手机,<sup>⑦</sup> 来自中国地区的智能手机品牌合计出货量高达

---

① 互联网使用率最低的国家均分布在撒哈拉以南非洲。报告称,互联网用户人数占全国人口比例不足 3% 的国家为乍得、塞拉利昂、尼日尔、索马里和厄立特里亚。互联网个人渗透率最高的国家依次是冰岛(98.2%)、卢森堡(97.3%)、安道尔(97%)。而家庭互联网普及率最高的 10 个国家全部位于亚洲或中东地区。韩国继续名列全球家庭宽带普及率之首,该国 98.8% 的家庭已经接入互联网;卡塔尔和阿拉伯联合酋长国则分别以 96% 和 95% 的家庭宽带普及率位居第二和第三。参见 <http://mt.sohu.com/20160918/n468592201.shtml>, 访问时间:2016 年 12 月 5 日。

② 《全球约 39 亿人未接入互联网 中国互联网用户数达 7.21 亿》, [http://tech.cnr.cn/techgd/20160918/t20160918\\_523141090.shtml](http://tech.cnr.cn/techgd/20160918/t20160918_523141090.shtml), 访问时间:2016 年 12 月 5 日。

③ 《习近平在第二届世界互联网大会开幕式上的讲话》, [http://news.xinhuanet.com/zgxx/2015-12/17/c\\_134925295.htm](http://news.xinhuanet.com/zgxx/2015-12/17/c_134925295.htm), 访问时间:2016 年 12 月 10 日。

④ 《习近平在第三届世界互联网大会开幕式上的视频讲话》, <http://learning.sohu.com/20161118/n473543910.shtml>, 访问时间:2016 年 12 月 10 日。

⑤ 马化腾《推荐序》,载徐昊、马斌《时代的变换——互联网构建新世界》,北京:机械工业出版社 2015 年版。

⑥ 克劳斯·施瓦布著,李菁译《第四次工业革命——转型的力量》,北京:中信出版集团股份有限公司 2016 年版,“前言”。

⑦ 2009 年中国的 3G 网络牌照发放,开始大规模建设 3G 网络,以至于有专家称 2009 年是中国的“3G 元年”。

5.39亿部,占全球比重超过四成。<sup>①</sup>数以亿计的手机用户利用智能手机打电话、发短信、听音乐、玩游戏、阅读、购物、付账等,智能手机成了越来越多的年轻人乃至中老年人须臾不可离的生活必需品。总之,互联网技术的崛起在规模和速度上都超过了第一、第二次科技革命时代的电气化、汽车和电子计算机,因此,足以担当起又一次,即第三次科技革命的主角和代表。

#### (四)第四次科技革命(始于21世纪10/20年代)

人类文明在不断进步,科学技术在不断发展,科技革命在一轮接一轮地发生。习近平主席关于“新一轮科技革命”——第四次科技革命——正在孕育兴起的多次论述引导人们深刻认识第四次科技革命的主要特点:创新、信息化、各技术领域的交叉融合、解决问题。

##### 1.“把创新作为最大政策”

习近平指出:“要坚持企业在创新中的主体地位”。“要推动以科技创新为核心的全面创新”,“不断推进科技创新、管理创新、产品创新、市场创新、品牌创新”。拜互联网革命所赐,<sup>②</sup>新一轮科技革命中创新的迸发和传播速度空前迅速;风起云涌的创新成果向全世界各个国家和各个角落传播的速度大大超过前几次科技革命。然而,真正能够创新的人才毕竟是少数,我们要创造让人才的天赋得以充分发挥,而不被“削平”。

##### 2.“以信息技术为核心”

在新一轮科技革命中,“信息技术成为率先渗透到经济社会生活各领域的先导技术,将促进以物质生产、物质服务为主的经济发展模式向以信息生产、信息服务为主的经济发展模式转变,世界正在进入以信息产业为主导的新经济发展时期”。<sup>③</sup>可以说,新科技革命的几乎每一个领域都与信息技术“联姻”,几乎每一个创新成果都是借助信息技术之力得以实现和发展的。需要注意的是,这里所说的信息技术不仅是指传统的电子计算机、互联网等信息技术,更是指“新一代信息技术”。正如习近平所说“由于大数据、云计算、移动互联网等新一代信息技术同机器人技术相互融合步伐加快,3D打印、人工智能迅猛发展,制造机器人的软硬件技术日趋成熟,成本不断降低,性能不断提升,军用无人机、自动驾驶汽车、家政服务机器人已经成为现实,有的人工智能

<sup>①</sup> 《TrendForce: 2015年全球智能手机出货量12.93亿部》,http://www.199it.com/archives/430300.html,访问时间:2016年12月20日。

<sup>②</sup> 专家预测到2025年世界上90%的人使用智能手机,90%的人可经常接入互联网(据世界经济论坛全球议程理事会“软件与社会的未来”议题组2015年9月)。

<sup>③</sup> 习近平《让工程科技造福人类、创造未来》,载《人民日报》2014年6月4日。



机器人已具有相当程度的自主思维和学习能力。”<sup>①</sup>

### 3. 各个技术领域的“交叉融合”

习近平指出“信息技术、生物技术、新能源技术、新材料技术等交叉融合正在引发新一轮科技革命和产业变革。”

新一轮科技革命涵盖众多科技领域,内容十分丰富,从机器人到人工智能,从3D打印到精准医学,从新能源到新材料,各个领域的新兴技术突破不断涌现,相伴而生,相互促进,交叉融合。

为什么说“交叉融合”成为新一轮科技革命和产业变革的突出特点呢?在新一轮科技革命中,几乎任何技术领域都离不开信息技术,离不开新材料。因此,所有技术领域都已经是某项技术与信息技术、新材料技术的“交叉融合”,加上在新一轮科技革命中涌现的新技术门类众多,很多新技术门类相互之间“亲和力”很强(如机器人与人工智能、手机与人工智能、图像传感器与精密制导武器、半导体材料与太阳能电池等),因此,大多数新技术领域不是“单独的”技术,而是“融合的”或“复合的”技术。比如3D技术与基因编辑技术融合或复合而成的“生物打印”技术(使用生物材料进行3D打印)可用于制作皮肤、骨骼乃至心脏和心血管组织等移植器官;电动(或混合动力)汽车与人工智能、计算机视觉、激光雷达、“机器对机器通信”等高精尖技术融合或复合而成自动驾驶技术;生物芯片(又称蛋白芯片或基因芯片)是DNA探针技术<sup>②</sup>与半导体工业技术相结合的结晶;虚拟现实技术<sup>③</sup>是仿真技术与计算机图形学、人机接口技术、多媒体技术、传感技术、网络技术等多种技术的集合,所有这些不仅可用于医疗、娱乐、船舶设计、汽车研发等广泛领域,还可用于军事与航天的模拟训练。美国国防部高级研究计划局自20世纪80年代起就一直致力于研究先进的虚拟战场系统用于复杂的战斗训练。<sup>④</sup>

### 4. 致力于解决“当时当地社会突出矛盾和问题”

2016年5月17日,习近平在哲学社会科学工作座谈会上的讲话中引用马克思的一段话“主要的困难不是答案,而是问题。”“问题就是时代的口号,是它表现自己精

---

<sup>①</sup> 《习近平在两院院士大会上的讲话》,http://news.xinhuanet.com/mrdx/2014-06/10/c\_133395287.htm,访问时间:2016年12月20日。

<sup>②</sup> DNA探针技术又称分子杂交技术,是利用DNA分子的变性、复性以及碱基互补配对的高度精确性,对某一特异性DNA序列进行探查的新技术。

<sup>③</sup> 虚拟现实技术是利用计算机生成一种可以创建和体验虚拟世界的计算机仿真系统,可使用户身临其境地沉浸到具有三维动态视景的虚拟环境之中。

<sup>④</sup> “Simulation Modeling: From SimNET to the Internet of Simulations,” http://healthysimulation.com/8311/simulation-modeling-from-simnet-to-the-internet-of-simulations/,访问时间:2016年11月30日。

神状态的最实际的呼声”,优秀的哲学社会科学研究成果“都是时代的产物,都是思考和研究当时当地社会突出矛盾和问题的结果”。<sup>①</sup>这里引用马克思和习近平的话,一方面是要指出新一轮科技革命特别是机器人、人工智能、基因技术等确实提出了很多深刻的哲学社会科学问题,需要哲学社会科学工作者进行思考和研究;另一方面是要指出新一轮科技革命的突出特点就是它的大多数研究成果都是把“问题”作为“时代的口号”,都是“思考和研究当时当地社会突出矛盾和问题”、致力于解决问题的实际成果。

智能工厂不仅可望前所未有的地大幅提高生产效率,杜绝整个供应链条中的一切浪费环节,还可望解决现代社会面临的种种问题。例如,传统的工厂在每天下班后会停下大部分或全部机器,到了第二天早晨上班时再把停下来的机器重新开动起来,这一停一开就需要耗费大量能源,而智能工厂能依照工厂有多少机器在开或停,即根据全部机器开动程度的变化,实时地调整能源供应,从而大幅减少能源消费量。又比如,传统工厂会有大部分员工下班后要回家,第二天再来上班,这一走一来也需耗费大量能源,还有员工为路途往返、交通堵塞而耗费的时间和精力等,而智能工厂可实现在网上作业,即使蓝领员工也不必每天到工厂“报到”而可就近上班或在家上班,从而大大节省了员工为往返于工厂和“睡城”之间所耗费的海量能源。

3D打印技术是克服生产过程中的浪费的一个典型。迄今人们加工一个产品,都要对一块比所要加工的产品更大的材料进行切削、打磨、钻孔等,直到得出想要的形状,一直以来这种传统的“减材制造”技术已经造成了难以估量的材料浪费(比如铁屑)。而3D打印技术则反其道行之,利用散碎材料一层一层地根据3D图像或模型把产品“叠加”出来,所以又称“增材制造”,可以避免浪费材料。3D打印技术还可节约“模具”,使号称“工业之母”的模具不再必要。比如用传统方法来生产汽车车身,必须先制造模具,在模具上将钢板轧制出所需的车身外形,一个昂贵的模具要用来压数以万计的汽车,这样同一型号汽车的外形才会一模一样。过去美国三大汽车制造企业使用的轧制模具点名要用日本制造的模具,因为美国造的模具轧制3万次,就磨耗得不能再用了,而日本造的模具可以轧制6万—10万次。然而随着3D打印技术的发展,日本擅长的模具技术优势将可能风光不再,因为3D打印不需要事先做模具,就可以直接把汽车的车身乃至各种零部件打印出来,而且完全可以进行个性化的定制生产,顾客需要什么样的汽车外形和内装,工厂只要改变一下程序就可以

<sup>①</sup> 《习近平在哲学社会科学工作座谈会上的讲话》,http://news.xinhuanet.com/mrdx/2016-05/19/c\_135370664.htm,访问时间:2016年12月20日。

随时生产出来。有专家预测,至 2025 年首辆 3D 打印汽车将投产,5% 的消费用品用 3D 打印而成。

新能源技术的发展有助于解决大量使用化石能源所引起的环境污染问题。正如习近平指出的“气候变化对人类带来的生存压力和人们对环境质量的要求,推动煤炭清洁燃烧、太阳能电池、风电、储能技术、智能电网、电动汽车等新能源技术不断取得重大进展。”<sup>①</sup>此外,新能源技术的发展也有助于解决化石能源储藏在地理上不均衡引起的运输、交易乃至政治问题等(比如中东地区政局持续动荡的一个重要原因是那里储藏着大量石油)。

《第三次工业革命》一书作者杰里米·里夫金(Jeremy Rifkin)曾为人们描绘了能源革命的宏伟蓝图:可再生能源的日益普及和推广;“能源自给型”建筑物的不断建设和增多;储能设备迅速开发和进步。数以亿计的人们将在自己家里、办公室里、工厂里、农场里利用光伏发电、风力发电、生物质发电等,来生产出自己的绿色能源以满足自需并将剩余电力出售给公共电网,也就是在“能源互联网”上与大家分享自己生产的能源,就如同现在我们在网上发布、分享信息一样。与此同时,“能源民主化”将从根本上重塑人际关系。数十亿人和数百万组织连接到能源互联网、物联网和服务互联网,从而使人类能以一种从前无法想象的方式,在全球协同共享中分享其经济和生活,从根本上影响人们如何做生意,如何管理社会,如何教育子女和如何享受生活。<sup>②</sup>这意味着新能源技术发展不仅有助于解决环境污染问题,还有助于解决社会问题,通过能源行业“去中心化”解决迄今能源集中供应体制(“能源非民主化”)造成的一系列社会问题。

自动驾驶汽车的普及可望解决交通事故频发问题,解决物流的低效率问题,解决驾驶员的驾驶疲劳问题。有专家估计,自动驾驶技术到 2025 年的经济规模将达到万亿美元,每年通过减少交通事故将可能挽救 3 万—15 万个生命,大幅降低汽车的废气排放达 90%;尤其是自动驾驶汽车有助于普及“汽车共享”,大幅提高汽车资源的利用效率,减少社会汽车保有量,目前平均一辆汽车超过 95% 时间都在停车位上,普及“汽车共享”可以使汽车保有量减少 70%,空气质量将因为“汽车共享”的普及而大幅改善,交通拥堵问题也将得到有效解决。

---

<sup>①</sup> 习近平《在中央财经领导小组第七次会议上的讲话》,http://news.qq.com/a/20160302/052316.htm,访问时间:2016 年 12 月 15 日。

<sup>②</sup> 第三次産業革命(ジェレミー・リフキン著、孫正義推薦)と再生可能エネルギー,http://ameblo.jp/renewablenenergy10000/entry-11557953527.html,访问时间:2016 年 12 月 15 日。

在人口老龄化的国家,发展护理机器人有助于解决人口老龄化<sup>①</sup>带来的护理人员体力劳动过重和护理人员不足问题,特别是日本推进“机器人革命”战略的另一个目的是解决生产年龄人口减少问题。因为无论是制造业、农业还是服务业,机器人都可以在很多场合承担原来需要依靠人手来从事的工作,还能够“心甘情愿”地从事人们所不愿意从事的“脏、险、累”及长时间不能间断的工作,不仅能够制造业大显身手,而且可以在农林渔业、医疗护理、旅馆经营、防灾减灾等广泛领域发挥作用。

#### 四 新一轮科技革命带来的挑战

马克思说“从前各种生产方式的技术基础在本质上是保守的,近代工业的技术基础却是革命的。”<sup>②</sup>新一轮科技革命正是在近代工业的技术基础上发生的,它在很多技术领域仅一项创新就足以引起一场“革命”(例如“机器人革命”、“3D打印技术革命”),正因为是“革命”,其发展之快往往超出人们的想象,因此习近平强调说(科技革命的)机会稍纵即逝,抓住了就是机遇,抓不住就是挑战。我们必须增强忧患意识,紧紧抓住和用好新一轮科技革命和产业变革的机遇,不能等待、不能观望、不能懈怠”。新一轮科技革命可能会给我们带来如下一些挑战。

机器人与人工智能技术的发展很可能导致“一场十分残酷的工业革命”,即机器能“使从事日常工作的工人们经济价值降低到雇主们花任何低价都不愿雇用的程度”,能够跟上技术革命步伐的人们(创新者、投资人、股东、通过培训迅速提升能力的高级技术员工等)与不能跟上的人们之间的不平等现象将可能加剧,这是我们不能不面对的一个挑战。<sup>③</sup>

机器人和工厂智能化的发展不仅影响“如何”制造产品,而且影响“在哪里”制造产品。“三十年河东,三十年河西”,过去美国等发达国家为了追求廉价劳动力而通过直接投资把工厂设在中国等发展中国家,现在有了机器人等自动化技术,加上美国的“页岩气革命”大幅度地降低了国内的能源成本,导致美国等发达国家将工厂迁回本

<sup>①</sup> 我国65岁以上人口在2014年时就已超过10%,预计到2050年占比将超30%。而一线城市的情况已经超过高龄化问题最严重的日本全国的平均水平,如上海在2015年时60岁及以上户籍人口已超过30%。参见《中国要为老龄社会和消费社会做好准备》,http://opinion.hexun.com/2016-09-29/186242980.html,访问时间:2016年12月5日。

<sup>②</sup> 《资本论》(第一卷),北京:人民出版社1953年版,第595页。

<sup>③</sup> 马丁·福特著,王吉美、牛筱萌译《机器人时代》,北京:中信出版集团股份有限公司2015年版,第36页。

国,从而给长期受益于发达国家企业直接投资的发展中国家的工业发展提出了严峻的挑战。

自动驾驶汽车可能遭受网络攻击酿成汽车失控的危险局面,为此在自动驾驶系统出现异常时需要实现向人工驾驶的转换,因此尽管自动驾驶汽车已经实用化(2015年谷歌无人驾驶汽车已经完成210万公里的路测,并预定在2020年投产),但谁也不敢称自动驾驶汽车就是真正的“无人(驾驶员)汽车”(2016年9月,处于无人驾驶模式的谷歌自动驾驶汽车被另一辆闯红灯的商务车撞上,尽管驾驶员踩了刹车,但躲避不及)。

多年来电信诈骗案频频曝出,诈骗犯通过伪基站利用短信、电话、互联网等各种方式进行诈骗,业已形成巨大的黑色产业链。据中国互联网协会发布的《2016年中国网民权益保护与调查报告》统计,仅从2015年下半年到2016年上半年,中国网民因个人信息泄露和电信诈骗所遭受的经济损失就高达915亿元。全球最大认证移动手机社区Truecaller的调查显示,2015年仅在美国就有近2700万移动用户受到电话诈骗,累计损失金额高达74亿美元。卡巴斯基实验室认为,人类正处于一个“网络安全黑暗时代”,未来对基础设施的网络攻击可能会越来越多。<sup>①</sup>

总之,能否抓住新科技革命的机遇,不仅是科技工作者面对的问题,也是哲学社会科学工作者面对的问题,这是因为世界各国通过改革其政治、经济、文化体制(这些主要是哲学社会科学研究的对象),使之能在多大程度上容纳和接受新兴技术的突破和创新,成为决定各国能否抓住新科技革命机遇的决定性因素。“在未来的技术竞赛中,最成功的国家将是那些积极变革并且能够跟上技术进步的国家”。<sup>②</sup>因此,无论是科技工作者还是哲学社会科学工作者,都要牢牢记住马克思的这句话“问题就是时代的口号,是它表现自己精神状态的最实际的呼声。”<sup>③</sup>

(截稿:2017年1月 责任编辑:王鸣鸣)

---

<sup>①</sup> “We Live in the Dark Ages of Internet Security, Says Kaspersky Labs,” <http://www.solidot.org/news/view?id=5180>, 访问时间:2016年12月1日。

<sup>②</sup> 埃里克·布莱恩约弗森、安德鲁·麦卡菲著,蒋永军译《第二次机器革命》,北京:中信出版集团股份有限公司2014年版,“中文版序”。

<sup>③</sup> 《马克思恩格斯全集》(第四十卷),北京:人民出版社1982年版,第289页。

## Abstracts

### **How Many Scientific and Technological Revolutions Have Occurred?**

#### **Enlightenment from Review of President Xi Jinping's Statements About "the New Round of Scientific and Technological Revolution"**

**Feng Zhaokui (4)**

**【Abstract】** From 2013 to 2017 , President Xi Jinping has continued to reiterate the "the New Round of Scientific and Technological Revolution" or "the New Scientific and Technological Revolution". The underlying question is which round the New Scientific and Technological Revolution belongs to. As is known to all , Scientific and Technological Revolutions have occurred many times in history. At the emergence of each revolution , it would always be called "the New Scientific and Technological Revolution". To have a clear idea of this new round of Scientific and Technological Revolution , this paper reviews the history of Scientific and Technological Revolutions and proposes the theory of "four rounds of Scientific and Technological Revolutions". The first Scientific and Technological Revolution marked the beginning of electrification and the automobile age ( from the 1860's to the beginning of the 20th century) . The second Scientific and Technological Revolution referred to the use of atomic energy and invention of computers ( from the 1940's to the 1970's/1980's) . The third Scientific and Technological Revolution meant the internet revolution ( from the 1970's/1980's to 2010's/2020's) . The fourth Scientific and Technological Revolution comes into being because the integration of information technology , biotechnology , new energy technology and new material technology is triggering a new round of scientific and technological revolution as well as industrial transformation. This new round of Scientific and Technological Revolution is profoundly changing human being's way of life , affecting each nation's power and status in international competition and bringing along unprecedented challenges. In the future , those countries that actively support transformation and keep up with technical advances would stand out in technological competitions.

**【Key Words】** the governance of China , technological innovation , Scientific and Technological Revolution , IT , internet

**【Author】** Feng Zhaokui , Honorary Member , Senior Research Fellow at the Institute of Japanese Studies , Chinese Academy of Social Sciences.

### **Order and Governance in a Connectivity World**

**Su Changhe** ( 25)

**【Abstract】** Connectivity has been an irresistible historical trend in current world , and the challenge for global governance and international order is how to organize increasing connectivity. This essay begins with reiterating the importance of sovereignty for a connectivity order , and emphasizing the inclusive rather than exclusive relations between sovereignty and global governance. The essay argues that the real problem for global governance is mostly from domestic confrontational political system , which frequently produces uncertainty about global cooperative agreements. The author also explores the great power relations governance and suggests that connectivity makes it possible for the evolution of great power relations governance from confrontation to consultative structure. Since connectivity gradually conceives the awareness of human community around the world , the essay lastly suggests the importance of cooperative international political culture in achieving global good governance and order.

**【Key Words】** connectivity , sovereignty , political system , global governance , international order

**【Author】** Su Changhe , School of International Relations and Public Affairs , Fudan University.

### **The Relational Theory of International Politics in Chinese Context: Concepts , Approaches and Challenges**

**Cao Dejun** ( 36)

**【Abstract】** By exploring the Confucian Relationalism , Chinese scholars are trying to construct a unique Relational Theory of International Politics. There are two kinds of