

· 科学论坛 ·

第6次科技革命的主要方向

何传启

(中国科学院中国现代化研究中心, 北京 100190)

[摘要] 在过去500年里,世界上先后大约发生了5次科技革命,包括两次科学革命和3次技术革命。目前,第6次科技革命正向我们走来。本文从人类文明和世界现代化的需求角度,分析了第6次科技革命的主要方向等。第6次科技革命将是科学革命和技术革命的融合,它有可能以生命科学为基础,融合信息技术和纳米科技,提供满足人类精神生活需要和提高生活质量的最新科技。从科学角度看,它可能是一次新生物学革命;从技术角度看,它可能是一次“再生革命”。

[关键词] 科技革命,第6次,新生物学革命,再生革命

早在19世纪,恩格斯就说过,“社会一旦有技术上的需要,则这种需要就会比十所大学更能把科学推向前进”。这种论断反复被历史所验证。一般而言,科技发展是由内在动力和外部需求共同推动的。本文主要从人类文明和世界现代化的科技需求角度,分析第6次科技革命的主要方向等,供大家讨论和指正。

关于21世纪的新科技革命和科技预测已经有大量研究。许多预测研究考虑了多种因素,但主要基于科技发展趋势。本文从科技需求角度的预测分析,有可能反映第6次科技革命的一个侧面,而不能反映它的全部。

1 人类文明和世界现代化的科技需求

在人类历史上,科技、文明和现代化是相互促进的。在21世纪,文明进步和现代化既依赖于科技进步,又对科技发展形成巨大的需求拉动。

1.1 人类文明和世界现代化的历史逻辑

从科技角度看,人类历史是一部创新史(表1)。世界现代化的本质是人类文明的一种革命性和前沿性变化,文明发展的实质则是不断创新和满足人类层层递进的生活需求。人与自然和谐相处,也是人类发展的一种需要。

表1 人类历史上的革命性创新和文明进步^[1]

项目	工具时代	农业时代	工业时代	知识时代
历史起点	工具制造革命	农业革命	工业革命	知识革命
重大创新	石器	犁	蒸汽机	计算机
主导产业	狩猎和采集	种植和畜牧	工业和服务	知识和信息
关键需求	食物需要	生存需要	物质需要	精神需要
过程特征	社会化	农业化	工业化	知识化
	采集食物	生产食物	非农业化	非工业化
	人格化	文明化	第1次现代化	第2次现代化
文明形态	原始文化	农业文明	工业文明	知识文明
	原始社会	农业社会	工业社会	知识社会
	原始经济	农业经济	工业经济	知识经济

注:生存需要指衣食住行的基本需要,主要是粮食需要。人类需求是递进的。知识文明是工业文明以后的一种新型文明,包含信息文明和生态文明等。

(1) 人类文明进程具有周期性、加速性和周期转移性。首先,人类文明进程具有周期性。从人类诞生到21世纪末,人类文明进程的前沿过程分为4个时代,即工具时代、农业时代、工业时代和知识时代;每个时代都包括起步、发展、成熟和过渡4个阶段,形成一个发展周期。在农业时代,许多国家和民族的文明发展具有周期性和循环性,从起步、发展、成熟到衰落。人类文明是由许多要素组成的。有些文明要素的变化遵循进化论,从低级到高级,从简单到复杂,如科技的发展等。有些文明要素的变化具

本文于2011年8月9日收到。

有周期性,从一个起点出发,最后又回到起点,前后两个起点可能有所差别;例如,权力分配从原始民主、封建专制到现代民主,个人权利从原始平等、等级制度到现代平等。

其次,人类文明进程具有周期加速性。人类文明进程的发展周期在加速(缩短):工具时代的发展周期为200多万年,农业时代为5000多年,工业时代为200多年,知识时代预计为100多年。有些文明要素的发展在加速,如生产力水平提高和科技进步加速等。例如,世界平均的人均GDP的年均增长率,在公元1000—1700年期间约为0.05%,在公元1700—1950年期间约为0.5%,在1973—1998年期间约为1.33%。知识时代快于工业时代,工业时代快于农业时代。

其三,人类文明进程具有周期转移性。在人类历史上,文明发展方向发生了3次转变。在工具时代,采集、狩猎和社会化是人类发展的主导方向。在农业时代,种植、畜牧和满足生存需要成为文明发展的主导方向。在工业时代,工业、服务和满足物质生活需要是文明发展的主导方向。在知识时代,知识和满足精神生活需要成为文明发展的主导方向。随着人类文明的发展方向的周期性转移,文明前沿和文明中心在周期性转变,文明内涵和文明特征在周期性转变,文明和现代化的主导产业、生活需求和科技需求也在周期性转变。

(2) 世界现代化与科技革命是相互促进的。首先,世界现代化是18世纪以来的一个客观现象。关于现代化,迄今没有统一定义。一般而言,现代化是18世纪以来人类文明的一种前沿变化和竞争,它包括现代文明的形成、发展、转型和国际互动、文明要素的创新、选择、传播和退出、以及追赶、达到和保持世界先进水平的国际竞争和国际分化。在18—21世纪期间,世界现代化的前沿过程可以分为两个阶段和6次浪潮,其中,第1次现代化是从农业经济和农业社会向工业经济和工业社会的转变,第2次现代化是从工业经济和工业社会向知识经济和知识社会的转变;6次浪潮分别是机械化、电气化、自动化、信息化、仿生化和体验化(表2)。

表2 世界现代化前沿过程的两个阶段和6次浪潮^[2-4]

阶段	浪潮	大致时间(年)	经济现代化	社会现代化
第1次	第1次	1763—1870	第1次产业革命、机械化	城市化、社会分化流动
现代化	第2次	1870—1945	第2次产业革命、电气化	普及义务教育

(续表)

阶段	浪潮	大致时间(年)	经济现代化	社会现代化
第3次	第3次	1946—1970	第3次产业革命、自动化	福利化、普及中等教育
第2次	第4次	1970—2020	第4次产业革命、信息化	网络化、普及高等教育
现代化	第5次	2020—2050	新生物学革命、新生效应	仿生化、再生永生
	第6次	2050—2100	新物理学革命、新物效应	体验化、新时空新能源

注:第5和第6次浪潮是一种预测。先行国家的6次浪潮是先后发生的,后发国家可以把几次浪潮的内容压缩在同一个时期进行。产业革命指18世纪以来的产业革命。

其次,科技革命是一种历史现象。目前,关于科技革命也没有统一定义和统一认识。在本文里,科技革命是科学革命和技术革命的统称。在学科史和技术史层次上,根据美国科学哲学家库恩的观点,科学革命指科学范式的转变^[5],技术革命指技术范式的转变;在世界科技史层次上,科学革命指引发人类思想观念的革命性变化的科学变迁,技术革命指引发人类生活和生产方式的革命性变化的技术变迁。许多科技史学家认为,16世纪以来,世界上大约发生了5次科技革命(表3)。

表3 16世纪以来科技革命与产业革命的关系^[1,6,7]

科技革命	大致时间	主要内容	习惯用名	产业革命
第1次	16—17世纪	近代科学的诞生	第1次科学革命	—
第2次	18世纪的中后期	蒸汽机和机械革命	第1次技术革命	第1次
第3次	19世纪的中后期	电力和运输革命	第2次技术革命	第2次
第4次	20世纪上半叶	相对论和量子论等	第2次科学革命	—
第5次	20世纪的中期	电子技术和自动化	第3次技术革命	第3次
	20世纪的中后期	信息技术和网络化	第4次技术革命	第4次
第6次	21世纪中期	新生物学革命,新生命再生革命,生物与技术融合	第3次科学革命 第5次技术革命	第5次
第7次	21世纪中后期	新物理学革命,新时空时空革命,新能源和新运输	第4次科学革命 第6次技术革命	第6次

注:根据《科技革命的历史、现状与未来》一书^[6],电子技术和信息技术革命分别是第3次和第4次技术革命(钱时惕,2007)。根据《科技革命与中国的现代化》一书^[7],电子技术和信息技术革命属于第3次技术革命的组成部分(中国科学院编著,2009)。有人认为,第3次产业革命和第4次产业革命可以合称为“第3次产业革命”。产业革命指人类的生产方式和产业结构的巨大变化。第6次和第7次科技革命是一种猜想,后同。

其三，科技革命与世界现代化是相互促进的。例如，第 1 次科技革命发生在 16—17 世纪，它是世界现代化的前奏，为世界现代化和第 1 次产业革命准备了科学知识、科学方法和科学精神。第 2 次和第 3 次科技革命分别推动了第 1 次和第 2 次产业革命，第 4 次和第 5 次科技革命推动了第 3 次和第 4 次产业革命。世界现代化的前 4 次浪潮和产业革命都是由科技革命所推动。可以预计，第 5 次和第 6 次浪潮和产业革命将同样由新科技革命所推动。科技革命的重要发明和创新，不仅推动了产业革命，而且与经济周期紧密相关。在过去 300 多年里，科技革命和产业革命，既是世界现代化的一种表现形式，也是后者的重要组成部分。

1.2 人类发展和世界现代化的科技需求

人类发展和世界现代化的科技需求是全方位的，发达国家与发展中国家的科技需求有所不同，只有部分需求可以引发科技革命。引发科技革命的科技需求，可以和需要从不同角度进行分析；一般而言，它与人类文明的世界前沿有关，与科技革命的判断标准有关；发达国家的科技需求与科技革命的关系更紧密。

(1) 基于人类学的科技需求分析。人类从诞生起就生活在地球的自然环境里。人类的生存和发展离不开 4 个要素：空间、能源、物质和信息，当然人体是基础(表 4)。生存空间涉及陆地、海洋、太空和外太空等。关于这 4 个要素和人体自身的科技需求，可以作为讨论科技发展的一种历史逻辑和分析框架。

表 4 人类发展的 4 种要素和科技需求

项目	工具时代	农业时代	工业时代	知识时代
信息	记事技术	文化用技术	电讯技术	信息技术
物质	工具制造等	实用技术	现代科技	绿色高科技
能源	狩猎采集技术	农学、天文	现代农业和能源	绿色农业和能源
空间	武器	武器、运输	武器、运输	航天、运输
人体	原始医学	传统医学和生物学	现代医学和生物学	生命科学、再生技术

注：不同时代的科技需求既有交叉，又各有侧重，而且不断发展。

在农业时代，人类的主要科技需求是关于能源(粮食)和物质的科技，包括农学、天文学和实用技术等，关于信息、空间和人体的科技也有一定的发展。空间科技指与人类生存空间相关的科技。在工业时代，人类的科技需求是关于物质、能源、信息、空间和人体的科技，包括全部的现代科技。在知识时代，人类的科技需求包括信息技术、绿色高科技、绿色能

源、空间和生命科学等；其中，绿色高科技和绿色能源主要与物质生活质量相关，信息技术与文化生活相关，生命科学和再生技术与人类健康长寿有关，航天科技与人类进入太空有关。

工业时代的科技发展，根据技术特点大致可分为 3 个阶段：机械时代(18 世纪开始)、电气时代(19 世纪开始)和电子时代(20 世纪 40 年代开始)。知识时代的科技发展，根据技术特点大致可分为 3 个时代：信息时代(20 世纪 70 年代开始)、再生时代(21 世纪 20 年代开始)和宇航时代(21 世纪下半叶)。

如果说，18—20 世纪的科技重点是认识自然、改造自然和满足人类需求，那么，21 世纪的科技重点将是人类认识自己、改变自己和适应太空环境，全面提高生活质量，提高人类可持续性和适应宇航时代的需要。

(2) 基于心理学的科技需求分析。关于人类行为心理的研究有许多理论，20 世纪 40 年代美国心理学家马斯洛提出的“需求层次理论”有广泛的影响力^[8]。他把人的需求划分为 5 个层次：生理需要、安全需要、情感需要、尊重需要和自我实现的需要(表 5)；其中，前 2 个层次的需要是基本需求，第 3 和第 4 层次的需要是中级需求，第 5 个层次的需要是发展需求(高级需求)；一般而言，当低一层次需求满足后，高一层次的需求就会产生，但也有例外情况发生。

表 5 人的需求层次和相应的科技需求

需求层次	人类需求	需求的性质	大致相应的科技需求
5	自我实现的需要	高级需求	精神生活和生活质量相关的科技
4	尊重的需要	中级需求	物质生活相关的科技
3	情感的需要		
2	安全的需要	基本需求	生存相关的科技
1	生理的需要		

注：不同层次的人类需求对应的科技需求是相对的，彼此之间有交叉和侧重。

如果把人类抽象为一个“人”，可以用“需求层次理论”来分析它的科技需求。在农业时代，人类面临生存压力(粮食问题)，它的需求属于基本需求，科技发展主要是天文学、数学、农学和医学等。在工业时代，人类面临不断增长的物质生活需要，它的需求属于基本和中级需求，科技发展主要是与物质生产相关的科技，包括现代科技的各门科学。在知识时代，人类的物质生活已经非常丰富，面临的压力主要是生活质量和精神生活需要，它的需求属于高级需求，

科技发展主要是与物质和文化生活质量相关的科技。精神需求还包括健康长寿和遨游太空等。

(3) 基于科技革命标准的科技需求分析。科技革命是一个科技史学或科技哲学概念,迄今没有公认的判断标准。在世界科技史层次上,目前比较多的学者认为,16世纪以来的科学革命有两次,它们显著改变了人类的思想观念;技术革命有3次或4次,它们显著改变了人类的生活方式和生产方式(表3)。概括地说,在世界科技史层次上,科技革命大致有3个判断标准:显著改变人类的思想观念、显著改变人类的生活方式和生产方式、社会影响人口覆盖率一般超过50%(估计数);其中,科学革命需要满足第1个和第3个条件,技术革命需要满足第2个和第3个条件。

综合人类学、心理学和科技革命标准的相关分析,可以解释和理解16世纪以来的科技革命。16世纪和20世纪的两次科学革命,改变了人类对物质世界的认识,形成了新的世界观和方法论;工业时代的技术革命主要发生在物质、能源和电讯技术3个方面,并扩散到或涉及运输方面,主要满足人类物质生活的基本和中级需要;知识时代的科技革命有可能主要发生在信息、生命和空间科技3个方面(表2、表3和表4),并扩散到或涉及能源和物质科技方面,它将满足人类生活的高级需要,包括文化生活、健康长寿和太空生活的需要。

在21世纪,信息革命将实现知识和信息的无障碍获取,为满足人类的文化生活需要提供技术支持和根本保证;新生物学革命将为人类的健康长寿提供理论基础和技术支持,实现人体的“再生和永生”,满足太空生活对人体的生理要求;新物理学革命将改变人类的宇宙观,为宇宙航行提供新理论、新能源和新工具。在21世纪后期,地球可能难以满足人类发展的全部需要,开发太空和宇宙移民可能成为一种社会需求;信息、生命和物理革命的成功,将使之成为一种可能。

2 第6次科技革命的主要方向

依据上述分析,21世纪大约有3次科技革命,即第5次科技革命(电子和信息革命,约1946—2020年)的后期(2001—2020年)、第6次科技革命(新生物学和再生革命,约2020—2050年)和第7次科技革命(新物理学和时空革命,约2050—2100年)。这里先简要回顾前5次科技革命,然后重点讨论第6次科技革命,这种讨论具有一定的“科学猜想”性质。

2.1 前5次科技革命的结构

一般而言,科技革命是一个历史过程,具有起点、终点、内容、特点、标志性事件和世界影响等。关于16世纪以来前5次科技革命的起点、终点、内容和特点等有许多不同观点,关于它们的标志性事件则有较多共识(表6)。

表6 16世纪以来科技革命的历史结构

科技革命	主要标志	主体部分	扩展或带动部分
第1次科学革命	新物理学诞生	哥白尼、伽利略、牛顿力学	近代科学的全面发展
第2次科学革命	相对论量子论	相对论、量子论、射线和电子	天文、粒子、遗传、地学等
第1次技术革命	蒸汽机和机械	纺织机、蒸汽机、工作母机	冶金技术、轮船、火车等
第2次技术革命	电力和内燃机	发电机、内燃机、电讯技术	石化、钢铁、电器、运输等
第3次技术革命	电子和计算机信息和互联网	电子技术、计算机、控制技术 微电脑、信息技术、数据库	核能、航天、材料、自动化 生物、材料、制造、娱乐等
第6次科技革命	再生革命	信息转换、仿生、创生、再生	材料、信息、智能技术等
第7次科技革命	时空革命	新时空、新能源、新运输	生物、材料、制造技术等

(1) 科学革命的结构和特点。第1次科学革命的主体部分涉及两个学科:天文学和物理学。从哥白尼的《天体运行论》(1543)到牛顿的《自然哲学的数学原理》(1687),前后经历了144年,犹如一场科学马拉松。从伽利略到牛顿,建立了近代物理学的理论体系和实验研究方法,为近代科学的形成和发展奠定了重要基础。第2次科学革命的主体部分涉及物理学,主要包括相对论(1905—1916)、量子论(1900—1905)、量子力学(1911—1926)以及X射线、放射线和电子的发现。相比第1次科学革命的漫漫岁月,第2次科学革命是一个激动人心的时代。第2次科学革命的“扩展部分”涉及天文学(宇宙大爆炸)、粒子物理学、遗传学(基因和DNA双螺旋)、现代地学(板块学说)和计算机科学等。

科学革命存在一种“蘑菇效应”。一个重大科学突破,往往引发一丛相关的科学突破,最后形成一次改变科学范式和人类观念的科学革命。

(2) 技术革命的结构和特点。第1次技术革命的主体部分是动力技术(蒸汽机)和机器制造(纺织机和工作母机),带动部分涉及煤炭、冶金、化工和运输等。从蒸汽抽水机(1698)到第一条实用铁路(1825),第1次技术革命大约持续120多年。第2次技术革命的主体部分是电力技术(发电机和电动

机)、运输技术(内燃机)和电讯技术,带动部分包括钢铁、石化、汽车、飞机和电器等。从发电机(1832)到无线电广播(1906),第2次技术革命大约持续70多年。第3次技术革命包括电子技术和信息技术革命两个阶段,它们的内容有一定的交叉。电子技术革命和信息技术革命都包括主体部分和带动部分,而且带动部分或辐射面比前两次技术革命要宽得多,涉及众多技术领域。电子技术革命持续时间比较短(约为1946—1970),信息技术革命持续时间比较长(约为1970—2020);两个阶段加起来大约70多年,与第2次技术革命的时间跨度相当。

技术革命存在一种“绵羊效应”。一个技术领域的技术突破,可以带动相关领域的技术进步,或者辐射其他领域,促进它们的技术进步;形成一个又一个的新技术群,从而形成一次改变人类生活和生产方式的技术革命。

20世纪以来,科学、技术与产业的联系逐步加强,相互关系多样化。许多新技术建立在科学突破的基础之上。新技术既推动了科学的发展,也推动了产业的进步。从新科学、新技术到新产品(新产业)之间的时间跨度大大缩短。

2.2 第6次科技革命的主要方向

从人类文明和世界现代化的前沿角度看,第6次科技革命将可能以生命科学为基础,融合信息科技和纳米科技,提供解决和满足人类精神生活需要和提高生活质量的最新科技。从科学革命角度看,第6次科技革命有可能是新生物学革命;从技术革命角度看,第6次科技革命有可能是“再生革命”,包括仿生—创生—再生的三生技术革命。

第6次科技革命将上接第5次科技革命(信息革命),下接第7次科技革命(时空革命)。它的主体部分和带动部分将与这两次科技革命有关。有些内容是交叉的和跨学科的,依据观察角度不同可以归于不同的科技革命。

(1) 第6次科技革命的特征和方向:

首先,第6次科技革命的主要标志。前面讨论了科技革命的3个标准。能够满足3个标准的重大发现或发明,才有可能成为科技革命的标志性事件。

第6次科技革命的主要标志的候选者可能包括:信息转换器、人格信息包、两性智能人、人体再生、合成生命、神经再生、体外子宫、耦合论、整合论、永生论等。其中,信息转换器:实现人脑与电脑之间的直接信息转换,引发学习和教育革命;两性智能人:解决和满足人类对性生活的需要,引发家庭和性

模式的革命;体外子宫:实现体外生殖,解放妇女,引发生殖模式和妇女地位的革命;人体再生:通过虚拟、仿生和再生,实现某种意义的“人体永生”(表7),引发人生观革命等。

表7 人体再生和永生的路线图

起点	路径	终点	效果
	人格信息包 + 信息转换器 + 互联网	网络人	网络性永生
人体(自然人)	人格信息包 + 信息转换器 + 两性智能人	仿生人	仿真性永生
	人格信息包 + 信息转换器 + 人体再生	再生人	复制性永生

注:“人格信息包”指包含“自主意识、独立人格和人生信息”的“虚拟信息人”。“两性智能人”指具有性功能的智能仿生人。人体再生指通过人体细胞培养获得的人体。

其次,第6次科技革命的主体部分。第6次科技革命是科学革命和技术革命的融合,并与信息革命和时空革命有部分交叉。它的主体部分涉及两类革命和多个学科,可以和需要分类讨论。

第6次科技革命的科学革命部分主要涉及两个方向:

——整合和创生生物学。16世纪以来,生物学发展的基本轨迹是从整体、器官(系统)、细胞到分子,这条路似乎已经快走到尽头;因为人们将会发现,即使把生物体内的每一个分子都搞清楚了,也不能完全解释生命现象。在原有研究路径基础上,我们需要开辟新的道路,从分子、细胞、器官到生物体,研究大量分子如何协同、耦合、整合形成细胞?细胞如何协同、耦合、整合形成组织和器官?器官如何协调、耦合、整合形成生物体?这个过程是自组织的。目前,自组织理论、协同学已经诞生,耦合理论、整合理论还在孕育之中。今天,我们正在揭开人体的全部遗传信息,我们已经认识了成千上万的生物体内的分子和细胞,以及各种组织和器官。如果把把这些分子、细胞、组织、器官组装起来,能否“制造一个生命”?生物体与机器(技术)的多种组合,能否创造新的生命形式和新的物种?

——思维和神经生物学。我们的知识都是思维的产物,但是,我们不知道思维是怎样产生的?它的原理是什么?为什么有人记忆力好?为什么有人直觉思维强?为什么有人有艺术天赋?太多的问题等待人们去探索。人脑是思维的载体,神经系统是思维的工厂,它们都是如何工作的?人脑认知和创造性思维的机理,人脑信息加工、储存、提取和再现的机理等,非常有挑战性。对这些问题的认识,将改善人类的智慧,推进信息技术的革命性发展。

第6次科技革命的技术革命部分主要涉及3个方向:

——生命和再生工程。对生命的操纵有违人类的现行伦理道德,但是,人类将逐渐具备操纵生命的能力。首先,操纵遗传物质,改变生物特性,制造新物种;其次,操纵神经系统,改变生物行为特征;其三,操纵生物节律,实施人工休眠和人工唤醒,改变生物的生命周期;其四,操纵生物细胞,实现体细胞无性繁殖(克隆);目前,植物体细胞有全能性,通过组织培养能产生新的植物体;动物体细胞的全能性还有待验证;其五,操纵组织器官,进行组织器官的体外培养,随时替换生物体的任何组织或器官;其六,操纵生物生殖,进行体外受孕、体外怀胎(人造子宫),实现体外生殖;其七,操纵生物性状,建立“生物工厂”,生产人类需要的产品,如干扰素等新药;其八,操纵生命形式,实现生物和机器的组合。再生工程包括细胞、组织、器官、躯体、人体和物种的仿生、创生和再生等。人造组织和器官如人造心脏、肺、胃、皮肤、骨头、血、血管和肢体等实现产业化生产。

——信息和仿生工程。与第5次科技革命有交叉。人脑思维和动物信息处理的数字化模拟和仿真,实现信息和知识的无障碍获取、现有信息传播渠道的整合等。开发以新原理为基础的计算技术,大幅度提高计算速度。模拟人脑的认知和思维原理,并行处理和整合各种类型的信号,逐步建立非线性推理功能(直觉),具有部分人类情感。开发新的网络技术,大幅度提高信息传输速度。“信息转换器”的发明,实现人脑与电脑之间的直接信息转换,人脑可以直接“知识充电”。“人格信息包”的发明,它包含人的全部人生信息、独立人格和自主意识,使人的“社会信息”的传递、“网络化生存”和网络虚拟人(网络人)成为可能,实现人的“网络化永生”。

——纳米和仿生工程。纳米仿生材料、纳米仿生器官、纳米仿生设计和制造等。纳米工程指在分子或原子水平上逐个原子地操纵物质,在纳米尺度上进行设计、加工和制造等,包括纳米结构、纳米加工和制造、纳米材料、纳米器件和系统、纳米机械、纳米电子元件和设备等。纳米工程、信息工程和仿生工程的结合,不仅为我们开辟一个新领域,而且为人类开创一个新的工作平台。

生命科学、信息科学、纳米科学、仿生工程和机器人学的结合,信息转换器、人格信息包、两性智能人、人体再生和互联网的结合,人类将获得3种新的“生存形式”,即网络人、仿生人和再生人,实现某种

意义的“人体永生”。

其三,第6次科技革命的扩展和带动部分,涉及两类革命和多个学科。

——生命科学的相关学科。如发育生物学、细胞生物学、分子生物学、信息生物学、空间生物学、认知科学、心理学、生物医学、再生医学、农业科学和生态农业、生态学、仿生学和仿真学、生命和宇宙起源等。目前,关于宇宙和生命起源的认识,还是假设居多。我们不确切知道宇宙有多大?还能存在多久?也不确切知道人类来自何方?将走向哪里?人类是否是茫茫宇宙的惟一智慧生物?

——材料科学和仿生材料。人们对新材料的追求是无止境的,各种材料,如功能材料、智能材料、传感材料、超导材料、纳米材料、仿生材料、生物材料等将丰富材料家族。如果纳米技术继续发展,超微机器人组成的材料将会诞生,这种材料具有“智慧”,可以自我复制、自我组装等。

——地球和环境科学。地球是人类的生活家园。地球还能存在多久?地球上的资源还能开发多久?全球变化将走向哪里?自然灾害能否预防?沙漠化和荒漠化可以控制吗?碳代谢的平衡和控制,低碳生活和非物质化,污染防治和生态现代化等。在地球上,物质资源是有限的,环境变化是无限的,自然灾害是无情的。人类要在地球上长久生活下去,就必须认识地球,爱护地球,适应地球。

——绿色超级制造和人工智能。随着信息工程的发展,电脑将具备人类的智能。绿色超级制造就是指利用超级电脑系统进行的环境友好的智能制造。这种超级制造,一方面可以实现从市场调查、新产品开发、设计、进料、生产、包装、发货等全过程的自动化,彻底改变制造业的技术模式;另一方面,它将与微加工和微制造技术结合,形成微器件、微设备、微工艺、微设计、微生产等的自动化。当然,这种制造系统是环境友好的,至少对环境无害。超级制造的发展,将把人类从繁重的体力和脑力劳动中解放出来,创新和休闲将成为人类的主要活动。

——绿色超级运输和新能源。运输工具的功能是把人和货物从一个时空转移到另一个时空。现有运输工具的速度、安全性、操作性都是有限的。人类必将突破现有物理概念,发现新的物理概念,并运用新的物理原理,开发新的绿色运输工具,使人类能够“日行10万里”。在未来某一天,突破光速制约,实现宇宙旅行。运输工具的突破,还需要材料、制造和能源等领域的突破,如纳米工程和新能源等。新物

理学革命将带来新能源和新运输工具,拉开第7次科技革命的序幕。

此外,空间科技、能源科技、海洋科技、国防科技、人工智能、机器人学、人类学、社会科学、行为科学、科技伦理学、复杂性科学和现代化科学等,都会受到比较大的影响。

(2) 第6次科技革命的挑战和影响:

首先,伦理挑战。人造生命、人造子宫、两性智能人和人体再生等一系列突破,将彻底改变人类对生命、家庭和性关系的认识,引发重大伦理争论。

其次,副作用。生命工程、再生工程和仿生工程的技术和成果,既可以促进文明发展和人类进化,也会产生许多新型武器和犯罪形式等。

其三,世界影响。第6次科技革命是一种新型革命,它的影响将超越前5次科技革命。从科学角度看,它可能是一次新生物学革命;从技术角度看,可能是一次“创生和再生革命”;从产业角度看,可能是一次“仿生和再生革命”;从文明角度看,可能是一次“再生和永生革命”。它将推动世界现代化的第5次浪潮,导致人类的生产方式和经济结构的深刻变化,当然科技结构的本身变化是必然的。如果它的预期目标能够实现,人类文明将进入“再生时代”。

第6次科技革命是一次改变人类自身的科技革命,它将彻底改变人类的生活观念和生活模式,从学习、工作、家庭、性关系到寿命。它有可能带来10个革命性的变化包括:(i) 学习革命:信息转换器进入学校,人脑和电脑直接信息交流,学习成为“知识充电”,学校成为“心理培训所”,人类从没完没了的学

习压力中解放出来;(ii) 大学革命:大学转变职能,从教育机构转变为科研机构;(iii) 家庭革命:两性智能人进入家庭,家庭和性模式的多样化;(iv) 生殖革命:“体外子宫”实用化,实现“体外生殖”和“定制生殖”;(v) 再生革命:人有“四条命”:自然人、网络人、仿生人和再生人;(vi) 产业革命:仿生、再生和创生技术的产业化;(vii) 人类解放:绿色超级制造系统和人工智能,大量代替人的体力和脑力劳动;(viii) 生活方式:创新和休闲成为人们的主要活动;(ix) 国际战争:战争技术和目标,从肉体攻击、信息攻击到神经攻击;(x) 国际公平:信息转换器的普及、知识鸿沟的缩小,国际贫富差距可能缩小等。

参 考 文 献

- [1] 何传启. 现代化科学:国家发达的科学原理. 北京:科学出版社,2010.
- [2] 何传启. 中国现代化报告2011:现代化科学概论. 北京:北京大学出版社,2011.
- [3] 中国现代化战略研究课题组,中国科学院中国现代化研究中心. 中国现代化报告2005:经济现代化研究. 北京:北京大学出版社,2005.
- [4] 中国现代化战略研究课题组,中国科学院中国现代化研究中心. 中国现代化报告2006:社会现代化研究. 北京:北京大学出版社,2006.
- [5] 库恩. 科学革命的结构. 上海:上海科学技术出版社,2003.
- [6] 钱时惕. 科技革命的历史、现状与未来. 广州:广东教育出版社,2007.
- [7] 中国科学院. 科技革命与中国的现代化. 北京:科学出版社,2009.
- [8] 戈布尔. 第三思潮——马斯洛心理学. 上海:上海译文出版社,2001.

SIXTH REVOLUTION OF SCIENCE AND TECHNOLOGY

He Chuanqi

(China Center for Modernization Research, CAS, Beijing 100190)

Abstract There are about five times revolutions of science and technology since about 1500, including twice revolutions of science, and three times that of technology. The sixth revolution of science and technology is on the way at present. This paper addresses the directions of the sixth revolution of science and technology from the perspective of the need of human civilization and world modernization.

Key words revolution, science and technology, sixth, new biology, reproduction