

基于2050年中国人口发展愿景的工程科技需求分析

马 茹¹, 王宏伟², 张 静³

(1. 中国社会科学评价研究院, 北京 100732; 2. 中国社会科学院 数量经济与技术经济研究所, 北京 100732;

3. 中国科协创新战略研究院, 北京 100038)

摘要:“人口”是影响未来趋势的核心驱动力之一。本文面向2050年人口发展愿景开展工程科技需求分析。研究发现:2050年,中国人口总量进入负增长,实现适度生育面临较大压力,老龄化程度持续加深,劳动年龄人口规模及比重下降,人口健康水平与素质能力稳步提升,人口向核心城市群集聚更趋明显。人口老龄化对老年慢性病诊治及管理、老年人日常性照护需求增加,劳动力结构性短缺亟需填补数量、增强身心健康,人口健康水平提升使对治愈重大疾病和罕见病、替换故障组织及器官需求增多,人口综合素质提高推动健康意识从被动医疗向主动健康转变、追求多样化个性化品质化医疗服务等。对此,要瞄准精准医疗、智慧医疗、远程医疗、生物打印、人工智能、大数据等工程科技手段。

关键词: 2050年; 愿景; 需求; 人口; 工程科技

中图分类号: C1 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002—980X(2022)7—0073—10

一、引言

当今世界正经历百年未有之大变局,新一轮科技革命和产业变革深入发展,科技创新成为国际战略博弈的主要战场,争夺未来科技制高点的国际竞争空前激烈。中国科技事业历经多年积累发生了历史性变革、取得了历史性成就,正处于从量的积累向质的飞跃、从点的突破向系统性提升的关键时期。面对错综复杂的国内外环境,科学研判未来经济社会发展图景,分析识别由此产生的工程科技需求,据此前瞻性部署工程科技发展战略并集中优势力量突破重大核心技术,对于赢取未来国际竞争及发展的主动权,保障工程科技更好服务于国家经济社会发展具有重要现实意义。本文拟面向2050年发展愿景对工程科技需求进行预测分析。

工程科技是与经济社会联系最紧密、作用最直接、效果最显著的科学技术,是形成现实生产力的关键要素(“中国工程科技2035发展战略研究”总体项目组,2017)。正是由于工程科技在人类生产生活中极其重要的地位,以及技术创新本身的极度复杂性和不确定性,使得哪些技术何时被发明及如何走进社会成为关注的焦点,世界各国越来越重视技术预见作为战略规划和政策工具的重要作用(Lenz, 1962; 梁帅和赵立新, 2021)。实际上,自20世纪出现以来,技术预见就已为世界多个国家科技创新规划和政策制定、重大科技任务部署提供了重要支撑,如美国、日本、英国、德国等发达国家均已开展了多次技术预见活动(穆荣平和王瑞祥, 2004; 梁帅和李正风, 2017; 杨捷和陈凯华, 2021a),我国相关部门也进行了多次技术预见工作,如科技部自20世纪80年代至今已牵头开展6次技术预见、中国科学院分别于2003年和2015年组织开展了2次未来技术预见研究、2015年中国工程院与国家自然科学基金委员会联合开展了“中国工程科技2015发展战略研究”项目等。

技术预见就是对未来较长时期内的科学、技术、经济、环境等进行有步骤的、系统性的研究探索,由此选定可能产生最大经济与社会效益的战略研究领域和通用新技术(Martin, 1962; Miles, 2010)。随着人们对科学技术发展认识的不断深入,技术预见的内在逻辑也随着技术的社会功能不断丰富而发生演变,技术预见逐渐超越技术系统本身而与社会系统中的各种因素相互影响、相互建构,从初期的技术决定论即“技术系统内在因素决定技术发展轨迹”,发展到社会建构论即“技术与经济社会发展相互作用决定技术发展轨迹”(技术预见编委会, 2005),再到如今的愿景构筑论即“技术预见应逐步转向服务于未来社会愿景的实现”(梁帅和赵立新, 2021),越来越重视将基于未来愿景的经济社会发展需求作为制定工程科技发展战略的重要参考(栾恩

收稿日期: 2022-02-08

基金项目: 国家自然科学基金“2040重点产业发展对工程科技的需求分析”(L1624042)

作者简介: 马茹,博士,中国社会科学评价研究院副研究员,研究方向:技术创新与经济增长、科技人才、科技政策评价;王宏伟,博士,中国社会科学院数量经济与技术经济研究所研究员,博士研究生导师,研究方向:科技创新与经济增长、科技创新政策分析评估等;张静,博士,中国科协创新战略研究院副研究员,研究方向:技术创新。

杰等,2017)。这一逻辑转变在发达国家技术预见活动中尤为明显,以迄今为止技术预见实践最为系统和成功的国家之一日本为例,截至2019年底日本共完成11次技术预见,其中前6次主要是基于技术自身发展规律优选潜在经济社会效益最大化的技术,第7次和第8次以社会需求为导向的思想开始融入技术预见之中,第9次和第10次的核心是为应对日本社会挑战而建议采取的科技发展战略,最近的第11次技术预见侧重于实现社会愿景,构建了未来理想社会并据此识别出需优先发展的重点领域和关键技术(杨捷和陈凯华,2021a;2021b),日本技术预见完成了由最初经济效益导向、向社会需求导向、再到愿景使命导向的转变。相比之下,我国工程科技预见主体更多的是从国家规划着手,较少考虑市场诱发、未来需求等因素,技术预见实践中对于社会愿景的考虑不足。部分学者如杨捷和陈凯华(2021a;2021b)、梁帅和赵立新(2021)等尽管已认识到上述问题并开展了相关的研究探索,但尚停留在理论阐释分析、国外经验梳理等层面,未实际开展基于社会愿景的工程科技预见实践研究。极少部分在工程科技发展战略研究中引入了需求分析,但涉及领域较为有限,如中国科学院科技政策与管理科学研究所为支撑“中国未来20年技术预见”开展的愿景分析和需求研究涉及全球化、工业化、信息化、城市化、消费型、循环型六个方面(栾恩杰等,2017),但“人口”作为对经济社会发展产生深刻影响的基础性、全局性和战略性问题未被考虑在内。

鉴于此,基于2050年中国人口发展愿景来预测分析未来工程科技需求,具体内容包括:首先,预测分析2050年中国人口发展愿景,据此提出需要解决的重要现实问题;其次,将上述问题解决方案投射到工程科技领域,提出未来工程科技发展需求(如图1所示)。主要创新性贡献包括:一是基于社会经济需求拉动视角,以未来社会愿景为起点“倒逼”得出所需的工程科技手段,丰富了我国技术预见的研究思考视角;二是以人口发展为切入点,实际开展了面向社会愿景的工程科技需求预见研究,为改进我国技术预见实践、推进面向社会愿景的工程科技预见进行了有益探索;三是拓宽了技术预见领域,将“人口”这一基础性、全局性和战略性问题考虑在内,从人口发展需求视角为我国工程科技未来发展明确方向和路线,对于保障中国工程科技更好地服务于国家经济社会建设、助推我国人口长期均衡发展具有重要现实意义。

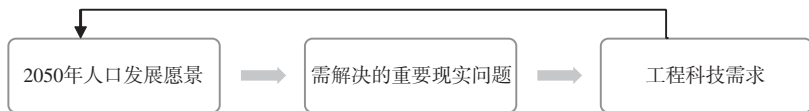


图1 “基于2050年中国人口发展愿景的工程科技需求”的研究逻辑

二、中国人口发展现状及特征

人口发展的历史认知及现状分析是预测及勾勒未来人口发展愿景的基础。现阶段,中国人口发展呈现如下趋势特征。

1. 人口总量进入“零增长”阶段,人口峰值或将加快到来

如图2所示,改革开放至今,我国人口总量保持平稳增长,由1978年的9.6亿增至2020年的14.1亿,长期

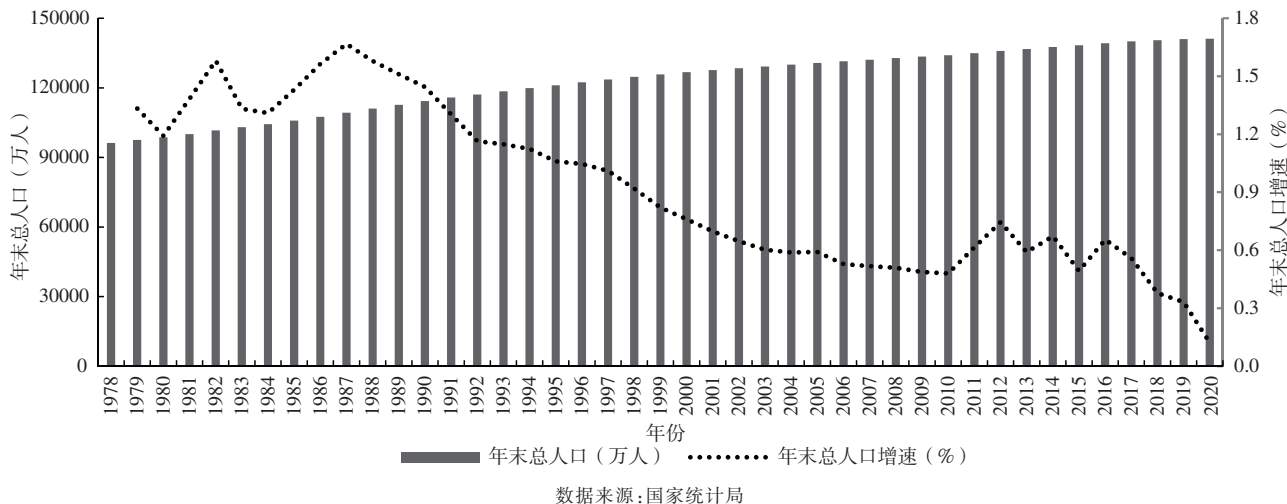


图2 1978—2020年中国人口总量变动情况

占据着世界人口第一大国位置。但与此同时,我国人口增速呈现明显下降趋势,已从20世纪70年代的1.9%降至改革开放至今的最低点0.1%,低于同期世界人口平均增长率1%左右。2021年中国全年出生人口1062万人,死亡人口1014万人,人口自然增长率逼近“零”,创下60年来历史新低。此前预测的中国人口零增长甚至负增长的峰值拐点在2030年左右出现,如今看来,或将提前。

2. 总和生育率持续处于较低水平,少子化趋势加剧

如图3所示,我国总和生育率20世纪90年代初降至人口代际更替平衡(约2.1)以下,此后在较低水平上持续至今。尽管受奥运会、生肖偏好和生育政策调整等的影响,我国总和生育率在2008年(奥运年)、2012年(龙年)和2016年(“全面两孩”政策)超过了1.7(陈卫和段媛媛,2019),2014年受“单独两孩”政策影响生育水平较政策实施前一年有明显提高,但并没有改变总和生育率持续下跌的走势,2010年“1.5”已接近国际公认的“低生育率陷阱”^①,2020年更是跌至了“1.3”。

与此同时,我国育龄妇女数量快速减少,生育意愿也明显降低。对比第六次和第七次全国人口普查数据(以下简称“六普”和“七普”),2010—2020年,中国20~35岁主力育龄妇女数量每年减少575万人,10年间合计减少0.6亿人;其中20~29岁生育旺盛期妇女人数年均减少346万人,10年间合计减少3463万人。《2017年全国生育状况调查》显示,我国女性平均初育年龄由24.3岁推迟到27.3岁,推迟了3年。受此影响,我国新生人口数量特别是近年来明显下降,自2016年因“全面两孩”政策新出生人口数量短暂回升后,至2020年已经连续四年下降,每年新生人口数量比上年减少了147万,如图4所示。

3. 人口老龄化程度持续加深,劳动年龄人口数量及比重连续九年双降

如图5所示,我国自2000年进入老龄化社会以来,受持续低迷的生育率、平均预期寿命延长等因素影响,人口老龄化程度不断加深。根据国家卫健委发布的《2020年度国家老龄事业发展公报》,我国60岁及以上人口达到2.6亿万人,占总人口的18.7%,其中65岁及以上人口1.9亿万人,占总人口的13.5%,已成为全球老龄人口规模最大、老龄化发展速度最快的国家。生育率持续走低及人口老龄化趋势加剧不可避免地导致我国劳动年龄人口的规模和比重不断下降,劳动人口结构趋于老龄化发展。我国16~59岁劳动年龄人口增量自2012年起由正转负,总量与比例自此从逐年增加进入持续减少阶段,2020年全国劳动年龄人口总量已降至8.8亿人,占比62.3%。

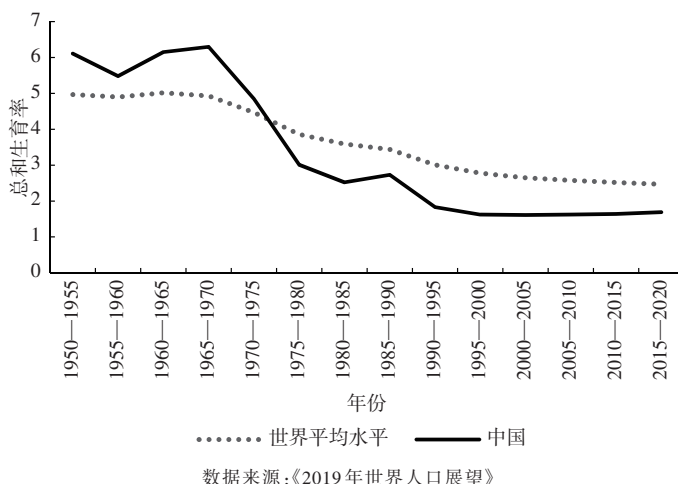


图3 1950—2020年中国总和生育率

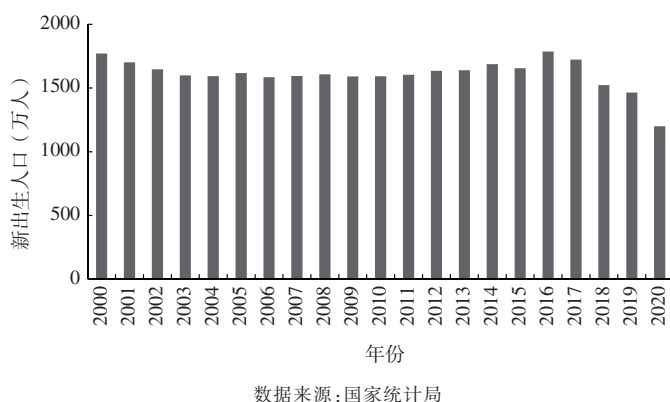


图4 2000—2020年中国新出生人口

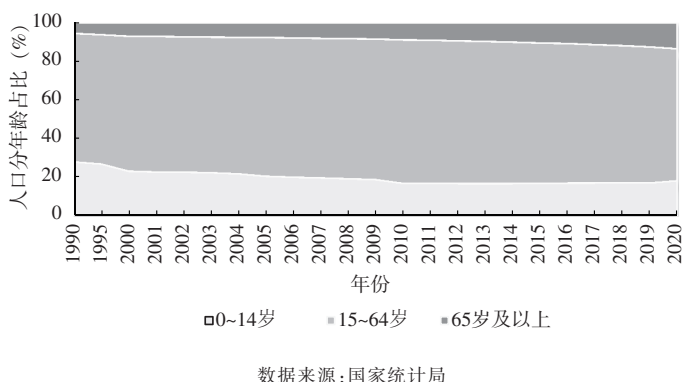


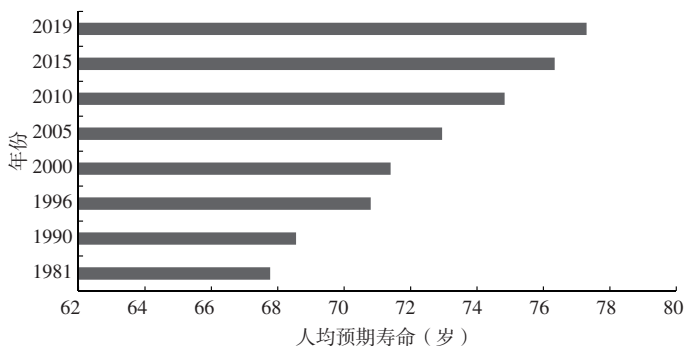
图5 1990—2020年中国人口分年龄构成

① “低生育率陷阱”是指总和生育率降到1.5以下后,低生育率会自我强化,很难恢复甚至不可逆(Lutz和Skirbekk,2005)。

4. 人口健康水平与素质能力稳步提升,加快人口大国向人才强国转变

健康资本和教育资本是建立人口质量优势的两大关键支撑(刘家强等,2018)。一方面,随着经济发展水平快速提高和医疗卫生条件显著改善,我国人口健康水平稳步提高,以婴儿死亡率和平均预期寿命两项最具综合性和代表性的健康指标为例,联合国发布的《世界人口展望》显示,1950—2015年中国婴儿死亡率由195.0‰下降到18.0‰,下降177个百分点,高于世界平均水平(112个百分点),进入低婴儿死亡率国家行列。2020年,我国婴儿死亡率下降到5.4‰,5岁以下儿童死亡率下降到7.5‰,优于全球中高收入国家平均水平。国家卫计委卫生发展研究中心研究表明,1950—1970年我国人均寿命经历爆发式增长,并在此后40年中继续保持稳步提升,每年增长约0.1岁,2019年已增长至77.3岁,详如图6所示。

另一方面,随着科教兴国、人才强国等战略的深入实施,我国人口受教育水平及综合素质明显提升。对比“六普”和“七普”数据,2010—2020年,全国15岁及以上人口平均受教育年限由9.08年提高至9.91年,16~59岁劳动年龄人口平均受教育年限从9.67年提高至10.75年,文盲率从4.08%下降至2.67%。

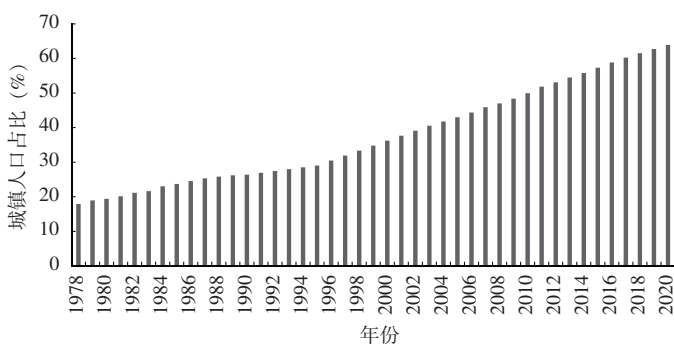


数据来源:国家统计局

图6 1981—2019年中国人均预期寿命

5. 城镇化快速推进,人口向核心城市群集聚

人口迁徙流动是人口发展的重要方面。改革开放以后我国经历了以由乡村向城镇、由欠发达地区向发达地区迁徙为主要特征的大规模人口流动浪潮,创造了世界历史上规模最大、速度最快的城镇化进程。如图7所示,1949年我国年末常住人口城镇化率仅为10.64%,1978年也仅升至17.92%,2011年历史性地跨越50%的门槛,2020年达到63.89%,与1949年相比增长了5倍之多。近年来,人口向经济发达的核心城市群集聚的趋势愈发明显,《中国人口大迁移:2020》研究显示,长三角、珠三角、京津冀等19个城市群土地面积合计约占全国四成左右,但2000—2020年其常住人口占比超过全国的八成,并由83.37%提升至86.72%。特别是珠三角和长三角城市群,土地面积不足全国3%,但常住人口合计占比却已持续升至18.05%。



数据来源:国家统计局

图7 1978—2020年中国城镇人口占比

三、2050年中国人口发展愿景

(一)预测方法说明

“人口”是影响经济增长、社会发展的长期变量,需要从更加长远的视角,也要从世界视角,认识中国人口国情及发展趋势(胡鞍钢,2017)。据此原则,本文综合考虑横向国际比较视角与纵向历史发展视角,具体采用以下方法对2050年中国人口发展趋势进行预测。

一是借鉴使用国内外权威预测结果。从国际上看,联合国人口司发布的《世界人口展望》是目前最具权威的人口预测报告,在其70年的人口预测工作中形成了较为严谨的数据评估流程、分析预测方法和推广应用标准,并且能够提供包括世界范围、国际比较、长期趋势等多个视角下人口发展现状及未来趋势的重要信息。从国内来看,中国人口与发展研究中心长期服务于我国人口与计划生育事业发展,其经过10余年研发与应用形成的人口预测软件和人口发展综合决策支持平台等,在调整完善生育政策目标人群测算、出生人口变动预测中发挥了重要作用,基于此编写出版了《中国人口展望(2018)》,其数据实验室也实时更新并对外发布其最新预测数据及结果。由此,上述二者成为本文预测2050年中国人口发展趋势较为权威、客观和全面的参考依据。

二是基于中国人口发展历史数据采用趋势外推法进行预测。尽管联合国人口司、中国人口与发展研究中心等国内机构及学术界专家学者在对2050年中国人口规模、结构等具体预测数值上存在一些差别,但总体趋势与规律的判断基本一致,为基于人口历史统计数据进行趋势外推提供了支撑。由此,基于国家统计局等提供的中国人口发展历史数据,根据国内外官方机构、权威智库及专家学者们对未来变动趋势判断,同时结合中国人口的自身发展特征及将要面对的内外外部影响因素,对2050年中国人口发展变动情况进行趋势外推。

此外,国家人口发展规划、卫生与健康规划、经济社会规划等我国相关规划纲要也对我国人口未来发展的关键性指标进行了预测和指引,《中国人口预测报告》《中国生育报告2021》《中国人口大迁移:2020》等一些智库研究报告也是本文的有益参考。

(二)2050年中国人口发展愿景

根据上述预测方法及数据来源,预测了2050年中国人口规模、结构、素质、分布格局等变化趋势,结果显示:

1. 中国人口总量进入负增长阶段,2050年总规模约12.5亿左右

综合国家官方规划、联合国人口司和中国人口与发展研究中心等权威研究机构、多位专家学者对中国人口发展趋势的判断,中国未来进入人口负增长阶段、人口总量大幅萎缩已是必然趋势。此前《世界人口展望2019》《国家人口发展规划(2016—2030年)》、中国人口与发展研究中心等众多预测结果显示,中国人口零增长甚至负增长预计在2030年左右出现,但根据目前人口变化和新出生人口数据,该拐点将提前而至,实际上2021年中国人口年自然增长率已经逼近零增长。据此,预计“十四五”至2050年我国总人口都将处在稳定负增长趋势之中。根据《中国人口预测报告2021》对中国人口总量的预测,高、中、低方案下2050年中国人口分别为13.49亿人、12.64亿人、12.23亿人,并分别在2029、2021、2021年达到峰值。结合2021年中国人口年自然增长率已逼近零增长的现实,预计2050年人口总量将接近中、低方案预测下的12.5亿左右。

2. 人口老龄化提速,劳动年龄人口规模及占比持续下降

考虑到当前我国出生率持续走低、人均预期寿命不断提升等因素,众多研究预计在未来较长时间内,我国老年人口规模将继续扩大,老龄化速度将进一步提升,并将迈入超高老龄社会(65岁以上人口占比超过20%)。中国人口与发展研究中心编写的《中国人口展望(2018)》预测指出,我国老年人口数量2033年左右将突破3亿,2050年左右突破4亿,2058年左右达到峰值4.4亿;老年人占总人口的比重也不断上升,对应上述年份分别为21.0%、29.3%、33.7%。见表1,《世界人口展望2019》“中方案”预测结果显示,21世纪前半叶至2060年将是我国老龄化最快的阶段,其中2050年中国60岁及以上老年人口数量将达到4.8亿,占比为34.6%;64岁以上老年人口将超过全国总人口数的四分之一,我国进入超高老龄社会。老龄化程度持续加深将对我国劳动年龄人口规模及结构产生影响,根据《世界人口展望2019》“中方案”预测结果,2020—2050年,我国15~59岁劳动年龄人口规模及其在总人口中的比重都将处于持续下降阶段,2050年将分别降低至7.2亿人和51.2%。同时劳动力年龄结构老龄化发展,如25~34岁的中青年劳动力规模和比重降幅明显,2050年分别为1.5亿人和11.2%,与2020年相比分别降低了30.7%和25.0%。

表1 分年龄段中国人口规模预测

单位:千人							
年龄	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
15岁以下	254930	246689	230855	215658	206841	202416	198390
15~19	82342	83964	86312	83383	75859	70598	68256
20~24	87158	81827	83478	85875	82962	75459	70215
25~29	97989	86581	81299	83002	85412	82520	75044
30~34	128739	97393	86060	80845	82565	84989	82123
35~39	100091	128021	96846	85605	80433	82171	84612
40~44	96274	99407	127240	96279	85126	80007	81766
45~49	119838	95412	98581	126282	95589	84551	79500
50~54	123445	118255	94228	97450	124949	94640	83768
55~59	98740	120798	115892	92477	95773	122967	93243
60~64	77514	94993	116563	112130	89704	93130	119853
64岁以上	172263	204571	246986	302095	343818	355865	365636

数据来源:《世界人口展望2019》(World Population Prospects 2019)-中方案(Medium variant)。访问时间:2021/11/16。

3. 育龄妇女数量减少,实现适度生育水平面临较大压力

适度生育是维持人口良性发展的重要前提,《国家人口发展战略研究报告》指出“未来30年(约至2037年),全国总和生育率应保持在1.8左右,过高或过低都不利于人口与经济社会的协调发展”。为缓和总和生育率下降趋势、增强人口可持续发展潜力,我国将强化正向调节,如《关于优化生育政策促进人口长期均衡发展的决定》提出“实施三孩生育政策及配套支持措施”,以促进生育水平适度提升。但与此同时,一是我国主力育龄妇女规模自1997年达到峰值后持续减少,中国人口与发展研究中心数据实验室预测数据显示,预计“十四五”时期乃至2050年我国主力育龄妇女数量仍将继续下降,从2020年的1.45亿降至2025年的1.14亿,

至2040年1.08亿、至2050年的0.92亿左右;二是我国育龄人群的生育观念与生育行为早已发生根本性变化,超低生育率在中国早已形成(陈友华,2019),而世界长期低生育率的发达国家尚未出现回升到更替水平的先例。综合以上多方面因素,预计我国生育水平在未来较长时间内会出现小幅回升但仍将处于较低水平。根据《世界人口展望2019》“中方案”预测结果,我国总和生育率呈现缓慢上升态势,2020—2025年、2025—2030年、2030—2035年、2035—2040年、2040—2045年、2045—2050年各时段的总和生育率分别为1.70、1.72、1.73、1.73、1.74、1.75,30年间提升幅度不足3%。中国人口与发展研究中心编写的《中国人口展望(2018)》指出,我国出生人口将经历快速下降后进入平缓下降阶段,2034年左右到达谷底,2035—2047年小幅回升,此后至21世纪末则以较为平缓的速度波动下降。

4. 人口健康水平与素质能力稳步提升,加快人口大国向人才强国转变

考虑到我国医疗卫生水平不断提升、国民教育体系持续完善、基本公共服务均衡化水平显著提高等积极因素,预计2050年我国人口健康水平及平均受教育年限将进一步提升。人均预期寿命方面,《“十四五”规划和2035年远景目标纲要》确定的“十四五”时期经济社会发展主要目标中提到要“卫生健康体系更加完善,人均预期寿命提高1岁”。《“健康中国2030”规划纲要》提出我国人均预期寿命将在2030年达到79岁,此后平均每年增长1岁。由此,2020年、2025年和2030年我国人均预期寿命分别为77.3岁、78.3岁和79岁,按此每五年增速,预计2050年我国人均预期寿命约为80.5岁左右。平均受教育年限方面,“七普”数据显示,我国16~59岁劳动年龄人口平均受教育年限从2010年9.67年提高至2020年的10.75年,《“十四五”规划和2035年远景目标纲要》在“十四五”时期经济社会发展主要目标中提到要“全民受教育程度不断提升,劳动年龄人口平均受教育年限提高到11.3年”,由此可得我国2010年、2020年和2025年劳动年龄人口平均受教育年限分别为9.67年、10.75年和11.3年。根据2010—2020年、2020—2025年增速,预计2050年我国劳动年龄人口平均受教育年限将达到14年,进一步缩小与世界主要发达国家的差距。

5. 城市化水平继续提高,人口向核心城市群集聚程度更趋明显

尽管改革开放以来中国城镇化水平持续升高,但与美国(82.66%)、日本(91.78%)、英国(83.90%)、法国(80.98%)、德国(77.45%)等全球发达国家相比仍有较大提升空间,预计2050年前中国城镇化进程进一步推进。与此同时,美国、日本等发达国家人口流动经验和城镇化历程显示,随着城市化不断推进,人口将随着产业发展持续向大都市圈集聚,如《中国人口大迁移报告:2021》研究数据显示,1970—2019年,美国500万人以上都会区人口比重增加了9.5%,远高于100万~500万人(5.8%)、25万~100万人(1.2%)和5万~25万人(0.1%)都会区;再如日本,城市化进程中人口随产业向着大都市圈不断聚集,1973年前后,向东京圈、大阪圈、名古屋圈“三极”集聚态势转变为向东京圈“一极”集聚。据此,我国人口向城市群集聚趋势也将更加明显,中国指数研究院研究指出,2040年京津冀、长三角、珠三角、中原和成渝都市圈人口规模合计将达4.5亿人,占全国人口的三分之一;《中国人口大迁移报告:2021》预测指出,从现在起到2035年乃至2050年,长三角、珠三角、京津冀等19个城市群将成为吸纳我国人口的主要区域,2030年全国新增的1.3亿城镇人口中将有80%的人聚集在这些城市群中,而长三角、珠三角、京津冀、长江中游、成渝、中原、山东半岛等七大城市群将吸纳其中的60%。

四、基于2050年中国人口发展愿景的工程科技需求分析

(一)预测方法说明

根据前文对2050年中国人口发展愿景的描绘,围绕人口老龄化程度加深、劳动力结构性短缺、人口健康水平与素质能力稳步提升等主要特征,综合采用文献研究法、情景分析法、问卷调查法、专家调研法等,研判2050年中国人口发展愿景下的重点需要及由此产生的工程科技需求。

一是文献研究法。围绕2050年中国人口发展愿景及主要特征,查阅相关学术研究文献,经济合作与发展组织、欧盟委员会及国家卫健委、疾病预防控制中心、中科院、工程院等国内外权威机构发布的相关研究报告,世界各国在人口发展、卫生与健康、科学技术等领域制定发布的相关战略规划,以及具有一定影响力智库发布的研究报告等,提取整合未来重点需要及相应的工程科技需求。

二是问卷调查法和专家调研法。依托国家自科基金项目“2040重点产业发展对工程科技的需求分析”,面向相关领域专家、学者、企业家等利益相关者发放问卷和开展调研,预见2050年中国人口发展愿景下可能

产生的新需求、发生的新变化,以及为应对上述需求及变化工程科技的未来发展方向。

对上述不同渠道获取的工程科技需求研判结果进行综合与整合,最后得到基于2050年中国人口发展愿景的工程科技需求主要发展方向。

(二)基于2050年中国人口发展愿景的工程科技需求分析

1. 人口老龄化产生的工程科技需求

根据前文预测结果,我国老龄化程度将持续加深,2050年将迈入超高老龄社会(65岁以上人口占比超过20%),空巢老人、失独老人、失能失智老人数量不断增多,庞大的老年人群体将对医疗健康、生活照料、康复护理等产生巨大需求,主要表现在:

(1)老年慢性病诊治及管理的需求增加。人体衰老是自然规律,随着年龄的增长,身体各项机能会逐渐衰退,患病的频率和程度会越来越高,心脑血管疾病、癌症、高血压、糖尿病、慢性呼吸系统疾病等慢性病成为老年人群的主要疾患。上述病症病程长、病情迁延不愈,老年患者在生理和心理上都承受着较大损伤,劳动能力和生活质量也受到不良影响。中国疾病预防控制中心调查数据显示,我国75.8%的60岁及以上老年人被1种及以上慢性病困扰,且一人身患多种慢性病的现象严重;这其中,高血压患者占58.3%,糖尿病占19.4%,血脂异常占37.2%。对此,通过药物研发、医疗技术升级等医疗科技发展来科学管理甚至治愈上述老年慢性病显得极为重要。

针对老年慢性病病程长、病情迁延不愈等特点需要经常开药、定期检测复查等,在线就医、动态监测等方式就成为及时高效应对和管理老年慢性病的有效手段之一。例如,利用心电监测设备、手机APP、云服务平台等科学技术手段,了解病人生理生化指标、运动心肺能力与生活习惯等,确定干预目标及周期,实时监测患者处方执行情况,实现实时跟踪与反馈,并按情况和需要及时调整方案,改善老年慢性病患者的健康情况。

(2)老年人日常性照护需求增多。除了疾病诊疗外,年龄增长引发的身体机能衰退也将进一步导致老年人生活自理能力下降,进入高龄阶段后甚至会出现失能失智等现象,在这样的情况下,日常性生活照料和情感陪伴就显得至关重要。然而,我国生育率持续下行导致少子化现象愈发突出,“少子化”与“老龄化”同步提速导致我国老年人口抚养压力日益加剧,2020年我国老年抚养比增至19.7,即每5名劳动年龄人口负担1名老年人;《中国人口预测报告2021》预测该比例到2050年将升至53.2,即每2个劳动年龄人口就要抚养1个老年人,子女承担着巨大的养老压力。再加之当前城市化进程加快后导致生活节奏快、工作压力大,子女缺少也难以有足够的时间及精力陪伴父母,传统的家庭照护老人模式难以为继,对中国传统家庭和亲属结构带来了巨大冲击。

在这样的情况下,机器人看护、智能看护、智慧医疗等新型科技手段,在看管照顾老年人,以及向子女家人实时反映老人生活状态并在关键时刻报警等方面有着较大作用空间。例如,“看护机器人”不仅能够帮助老人按时吃药、完成家务等,同时也能够通过和老人聊天、下棋、查资料等满足老人的情感需求。再如,“智能看护”系统能够通过传感器传输数据向子女及家人实时反映老人在家的生活状态,并在关键时刻进行报警,在年老的父母与子女之间建立可信、可用的有效“信息纽带”。

2. 劳动力结构性短缺产生的工程科技需求

生育率持续走低及人口老龄化趋势加剧不可避免地导致我国劳动年龄人口规模和比重下降,而该趋势预计将持续至2050年,劳动人口年龄结构也将趋于老龄化发展。如何缓解由此导致的劳动力数量供给下降,以及工作压力导致的劳动力特别是青年劳动力身心亚健康等成为需要关注的重要问题。主要表现在:

(1)填补劳动力结构性短缺的需求。劳动力是经济社会发展的基础和核心要素,改革开放至今,中国经济保持40年的高速增长,其中庞大且年轻的劳动力带来的红利效应贡献巨大。然而,民工荒(2004年)、劳动年龄人口占比见顶(2010年)等标志性事件相继发生,众多研究预测从现在至2050年中国劳动力结构性短缺将愈演愈烈,将会制约我国经济社会的良性发展。一方面,劳动力供给量减少和老龄化发展,我国传统人口红利将不复存在,劳动力低成本优势逐步丧失,长期享有的劳动密集型产业比较优势和国际竞争力不断削弱;另一方面,包括劳动年龄人口在内的我国人口综合素质还尚不足以有效对冲劳动力供给下行压力,联合国《2020人类发展报告》显示,我国人均受教育年限(8.1年)比德国、美国、英国、日本、法国分别低了6.1年、5.3年、5.1年、4.8年、3.4年,仅相当于上述五国平均水平的62%;《中国公民科学素质建设报告》显示,2020年

我国公民具备科学素质的比例(10.56%)与欧盟(13.8%)、美国(28.5%)、瑞典(35.1%)^②等国家有着明显差距。特别是新一轮科技革命和产业变革与我国加快转变经济发展方式形成历史性交汇,如何及早准备应对劳动力供给减少及其可能引发的相关问题以适新时期经济社会发展要求就显得至关重要。

越来越多的研究指出,人工智能是未来解决劳动力结构性短缺的有效方式之一,能够弥补劳动力供给数量的不足。人工智能通过替代劳动力工作,特别是规则简单、重复性高、劳动强度大的工作岗位来减少劳动力需求,缓解劳动力不足造成的消极影响,北大国发院副院长黄益平指出,“2018—2049年中国劳动年龄人口数量会减少1.7亿~2.6亿,但机器人和人工智能有可能会替代2.0亿~3.3亿”。随着智能技术不断发展和升级,人工智能系统在未来可能达到或超越人类的理解和学习能力,从事更加复杂化、人性化的工作,一定程度上削弱劳动人口供给减少而可能引发的负面效应。

(2)增强年轻劳动者身心健康的需求。经济快速发展伴随着越来越快的工作生活节奏,劳动者特别是年轻劳动者长期超负荷工作,身体长时间处于高度紧张和疲惫状态。《2021青年男女健康调查报告》显示,被调查的职场青年群体中,超六成每天工作超过8小时,超两成每天工作超过10小时,一半以上甚至得不到双休。这其中,曾担心自己会猝死的青年职场人超过80%,从未担心过猝死的仅占18.1%。较大的工作及生活压力使得部分青年人长期饮食不规律、熬夜、缺乏运动等,越来越多的年轻人患上了心脏病、高血压、心脑血管疾病甚至癌症等老年人疾病,腰椎颈椎病更是比比皆是。与此同时,抑郁症、焦虑症等心理疾病患者数量明显增多且日趋年轻化,越来越多的年轻人患上睡眠障碍、成为“睡眠特困户”,然后又反过来加剧焦虑、抑郁等不良情绪,造成恶性循环。

人工智能、虚拟现实技术(VR)等新技术在诊断和治疗上述青年人身体和心理疾病中有较大的作用空间。以治疗及管理心理疾病为例,“情绪识别”“共情设备”等智能技术突破,通过人工智能算法、大数据等实时识别面部表情、检测情绪,实现对患者心身疾病的预测、诊断、治疗、监控,辅助临床医生诊治和评估病人;同时还能够据此推送音乐、视频及开展交流对话等帮助患者调节不良情绪。

3. 人口健康水平稳步提升产生的工程科技需求

根据前文预测结果,2019年我国人均预期寿命已提升至77.3岁,主要健康指标总体上居于中高收入国家前列,预计2050年将进一步提升至80.5岁左右,人口健康水平的稳步提升对医疗技术突破产生更多期待,主要表现在:

(1)人口预期寿命增加提高居民对治愈大病、罕见病的期待。尽管现代医学及公共卫生快速发展,但一些重大疾病仍然威胁着人民的健康和生命,国家卫健委、中国疾控中心、中科院等公布的相关数据显示:我国每年新发癌症病例超过350万,死亡病例超过200万;新增高血压患者1000万人,死亡病例200万;糖尿病患者达1.164亿人,占据世界第一;慢性肾病患者人数超过1.2亿,即平均每10人中就有一位被慢性肾病所困扰;艾滋病病毒感染人数105.3万人,乙肝病毒携带者近1亿人,还有突发性传染病如SARS、禽流感、新型冠状病毒肺炎等,成为制约人们健康水平和预期寿命提升的重要因素,人们由此对于治愈重大疾病和罕见病等的前沿医疗技术的需求明显增多。

精准医学是以个体化医疗为基础、随着基因组测序技术快速进步及生物信息与大数据科学的交叉应用而发展起来的新型医学概念与医疗模式,其通过基因组、蛋白质组等组学技术和医学前沿技术,对于大样本人群与特定疾病类型进行生物标记物的分析与鉴定、验证与应用,从而精确寻找到疾病的原因和治疗的靶点,并对一种疾病不同状态和过程进行精确亚分类,最终实现对于疾病和特定患者进行个性化精准治疗的目的(曹雪涛,2015),在对恶性肿瘤的早期诊断和靶向治疗、对心脑血管疾病的诊治与防控等方面得到了较好应用。

(2)替换故障组织及器官的需求增多。人类由于衰老、疾病、事故和先天缺陷引起的组织或器官病变及衰竭等是医学领域的关键性问题,患者不仅要夜以继日地忍受病痛折磨,甚至生命会受到威胁。特别是随着人均预期寿命的提高,人们追求更高质量的生存状态,想要通过“替换”来修复衰竭或病变的组织及器官,同时增强人体的生物机能。然而,目前组织或器官衰竭的主要治疗方式是通过活体或死者的器官移植,面临与组织匹配的供体难以寻找、被组织所排斥、需要采取终身免疫等问题,难以满足现实中巨大的故障器官替换需求,理想的组织或器官替换技术亟待研究发现。

“生物打印”技术能够通过聚合物或基因工程的生物材料生产组织和器官,其中可植入人体的组织和器

^② 数据来源于《中国公民科学素质建设报告2018》,其中美国为2015年数据,其余国家为2005年数据。

官,具有个体适应性好、副作用少、结构稳定等优点。“人体芯片”利用患者自身体内的细胞修复受损的器官,能够生成用于人体植入的各种类型组织。“外骨骼”是一种增强或恢复人的机械性能的体外人造结构,能够帮助患者从瘫痪、多发性硬化症、脑瘫和其他使人衰弱的疾病中康复。“仿生学”用于医学领域是用机械代替或增强各种身体部位,实现“有机体与机器融合”,不仅能够帮助受伤患者康复,同时可以增强人类的生物功能,使人们跑的更快、看得更远、听的更真、寿命更长甚至更好地思考(欧盟委员会,2021)。

4. 人口素质提高产生的工程科技需求

根据前文预测结果,2020年我国劳动年龄人口平均受教育年限达到11.3年,预计2050年将增加至14年,人口综合素质的提升将使其健康意识及观念发生一定改变,产生新的或更高品质的需求,主要表现在:

(1)健康意识从“被动医疗”向“主动健康”转变。除了疾病医治本身外,人口健康水平与素质能力提升也使人们的健康观念发生了一定程度的改变,突出表现在从过去治愈疾病的“被动医疗”向以疾病预防和监测为主的“主动健康”转变。传统健康观念是“无病即健康”,只有当生了病才去治病、衰老了才去抗衰老。而现代健康观念是主动追求健康、未病先防,“治未病”的观念越发盛行,在没有生病时就要注重健康管理。与此同时,国家政策也积极推动主动健康理念,《“健康中国2030”规划纲要》明确了“预防为主”“防治结合”的思路,将“促进健康”作为未来医疗和健康管理事业发展的重点方向之一。《关于实施健康中国行动的意见》提出的“普及知识、提升素养;自主自律,健康生活;早期干预、完善服务;全民参与、共建共享”4项健康中国实施原则,均明确指向了治于未病的主动作为。

大数据、云计算、可穿戴设备、物联网等新技术的快速发展,为监测、收集、传输、分析、保存使用者的健康信息、实现主动健康提供了可能。例如,健康管理及监测设备能够通过检测血压、心电、骨密度及远红外等仪器,评测使用者的肌肉力量、平衡能力及身体体质成分、血压、心电图、疼痛骨伤等情况,并实现数据联网上传,确保能够及时、准确地了解个人身体情况。根据检测数据,进一步开展科学评估,并提供包括每日起床、每次饮水量、每日运动、社交活动、心理状态等多个方面的“无死角”健康提醒等。再如,“智能纹身”由可穿戴的表皮皮肤电极组成,能够实时感知到压力、触摸等各种环境刺激及心率、呼吸、血液酒精和氧气含量、肌肉活动、情绪等生理数据,帮助无法获得医疗服务的患者得到交互式远程医疗及治疗的支持。

(2)医疗健康服务需求更趋多样化、个性化、品质化。随着人口受教育年限增加、人口综合素质提升,居民对生活品质的要求也会明显提高,医疗服务的需求层次呈现多样化趋势,将更加青睐于具有针对性的治疗方案、方便快捷的就医流程、突破距离和环境限制的远程会诊和远程诊断等高品质的就医服务。例如,远程医疗能够通过网络通讯技术来扩充就医途径和医疗信息,摆脱了地理对医疗活动的限制,特别是2020年新冠疫情爆发之后,不受距离和环境限制的远程会诊及诊断的接受程度大大提高。

五、主要结论及未来研究展望

随着国内外环境日趋复杂,技术预见已成为支撑未来决策的有效途径之一。社会愿景对未来技术的发展提出期望,是形塑技术发展路径、决定技术范式、影响技术发展速度的重要拉力(梁帅和赵立新,2021),然而目前我国技术预见实践中对于未来社会愿景考虑不够充分。据此,本文面向2050年人口发展愿景开展工程科技需求预测分析,旨在为提升我国技术预见水平、强化科技服务国家经济社会发展能力提供有益参考。主要研究结论总结见表2。

表2 基于2050年中国人口发展愿景的工程科技需求

2050年中国人口发展愿景			基于2050年中国人口发展愿景的工程科技需求	
总体描述	分解指标	2050年指标值	工程科技需求	工程科技发展方向
人口老龄化提速,迈入超高老龄社会	65岁及以上老年人口比重	超过全国总人口的四分之一	老年慢性病诊治及管理	在线就医、动态监测、智慧医疗
			老年人日常性照护	机器人看护、智能看护、智慧医疗
劳动年龄人口规模及占比持续下降	15~59岁劳动年龄人口规模及比重	7.2亿人和51.2%	填补劳动力结构性短缺	人工智能替代
			增强年轻劳动者身心健康	人工智能、虚拟现实技术、大数据
人口健康水平稳步提升	人均预期寿命	80.5岁左右	治愈重大疾病和罕见病	精准医疗、基因治疗
			替换故障组织及器官	生物打印、“人体芯片”“外骨骼”
人口综合素质明显提高	劳动年龄人口平均受教育年限	14年左右	“主动健康”观念重视疾病预防	大数据、云计算、可穿戴设备、物联网等新技术
			更趋多样化、个性化、品质化的医疗健康服务需求	精准医疗、远程医疗、智慧医疗

需要承认的是,技术预见活动是一项复杂的系统性工程,通常需要系统集成官产学研各方面的专家来完成这项未来探索(穆荣平和王瑞祥,2004)。因此本文进行了一些“个人力所能及”的研究尝试,基于2050年人口发展愿景分析提出了对应的工程科技需求。随着未来研究资源、条件进一步丰富完善,将采用大规模德尔菲调查等进一步凝练明晰满足上述工程科技需求所需的具体技术手段,从而为工程科技发展及满足经济社会发展对工程科技的需求提供更加明确的技术方向。

参考文献

- [1] 曹雪涛, 2015. 推进精准医学发展助力健康中国建设——访中国工程院院士、中国医学科学院院长曹雪涛委员[EB/OL][2015-03-10](2021-11-25). http://www.xinhuanet.com/politics/2015lh/2015-03/10/c_127563212.htm.
- [2] 陈卫, 段媛媛, 2019. 中国近10年来的生育水平与趋势[J]. 人口研究, 43(1): 3-17.
- [3] 陈友华, 2019. 中国人口发展: 现状、趋势与思考[J]. 人口与社会, 35(4): 3-17, 2.
- [4] 胡鞍钢, 2017. 中国人口长期发展(1950—2050)[G]//胡鞍钢. 国情报告(第十八卷2015年). 北京: 党建读物出版社, 205-215.
- [5] 技术预见编委会, 2005. 技术预见报告2005[M]. 北京: 科学出版社.
- [6] 梁帅, 李正风, 2017. 塑造未来: 技术预见的可能性及可靠性[J]. 自然辩证法研究, 33(7): 25-30.
- [7] 梁帅, 赵立新, 2021. 风险社会情境下技术预见的内涵、挑战和实施框架[J]. 科学学与科学技术管理, 42(3): 64-75.
- [8] 刘家强, 刘昌宇, 唐代盛, 2018. 论21世纪中国人口发展与人口研究[J]. 人口研究, (1): 8-20.
- [9] 栾恩杰, 袁建华, 满璇, 等, 2017. 中国经济社会发展对工程科技2035的需求分析[J]. 中国工程科学, 19(1): 21-26.
- [10] 穆荣平, 王瑞祥, 2004. 技术预见的发展及其在中国的应用[J]. 中国科学院院刊, (4): 259-263.
- [11] 欧盟委员会, 2021. 面向未来的100项重大创新突破[EB/OL][2021-10-27](2021-11-25). <https://baijiahao.baidu.com/s?id=1714752141049047078&wfr=spider&for=pc>.
- [12] 吴滨, 韦结余, 2020. 颠覆性技术创新的政策需求分析——以智能交通为例[J]. 技术经济, 39(6): 185-192.
- [13] 杨捷, 陈凯华, 2021a. 技术预见国际经验、趋势与启示研究[J]. 科学学与科学技术管理, 42(3): 48-63.
- [14] 杨捷, 陈凯华, 2021b. 面向社会愿景与挑战的优先技术选择研究[J]. 科学学研究, 39(4): 673-682.
- [15] “中国工程科技2035发展战略研究”总体项目组, 2017. 支撑强国目标的中国工程科技发展战略路径谋划[J]. 中国工程科学, 19(1): 27-33.
- [16] LENZ R C, 1962. Technological forecasting[J]. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, 184(2984): 1201-1211.
- [17] LUTZ W, SKIRBEKK V, 2005. Policies addressing the tempo effect in low-fertility countries[J]. Population and Development Review, (31): 699-720.
- [18] MARTIN B R, 1996. Technology foresight: Capturing the benefits from science-related technologies[J]. Research Evaluation, 6(2): 158-168.
- [19] MILES I, 2010. The development of technology foresight: A review[J]. Technological Forecasting and Social Change, 77(9): 1448-1456.

A Demand Analysis of Science and Technology Based on China's Population Vision in 2050

Ma Ru¹, Wang Hongwei², Zhang Jing³

(1. Chinese Academy of Social Sciences Evaluation Studies, Beijing 100732, China;

2. Institute of Quantitative & Technical Economics of Chinese Academy of Social Sciences, Beijing 100732, China;

3. National Academy of Innovation Strategy, Beijing 100038, China)

Abstract: Population is one of the core driving forces affecting the future trend. A demand analysis of science and technology was conducted based on China's population vision in 2050. According to the result, in 2050, China's population will be decreasing and difficult to achieve a moderate fertility, the aging will be deepen and the total labor force will decline, the health and quality of people will improve, more people will cluster in core metropolitan areas. The aging will cause increasing demand for diagnosis and management of chronic diseases and daily care, the structural shortage of labour need be well closed and their physical and mental health need be strengthened, people's improving health produces increasing demand to cure serious diseases and replace aging tissue and organ, people's improving quality changes their health consciousness and promotes them to pursue high-quality medical services. As a result, the precision medical treatment, intelligent medical treatment, telemedicine, bio-printing, artificial intelligence, big data and other technologies prove more important.

Keywords: 2050; vision; demand; population; science and technology