

# “智能+”时代新“互联网+”行动 总体发展战略研究

李伯虎<sup>1,2</sup>, 陈左宁<sup>3</sup>, 柴旭东<sup>4</sup>, 侯宝存<sup>4</sup>, 刘阳<sup>4</sup>, 陈磊<sup>3</sup>, 韦达茵<sup>4</sup>

(1. 中国航天科工集团有限公司第二研究院, 北京 100048; 2. 北京航空航天大学自动化科学与电气工程学院, 北京 100191; 3. 中国工程院, 北京 100088; 4. 航天云网科技发展有限责任公司, 北京 100144)

**摘要:** “互联网+”行动融入经济社会各个领域, 深刻改变着各领域的发展模式、技术与业态, 提升了国家的创新力和竞争力。新人工智能技术、新信息通信技术、新互联网技术与社会各领域技术深度融合, 促使各领域加速数字化转型升级, 推动我国经济社会发展进入“万物互联、智能引领、数据驱动、共享服务、跨界融合、万众创新”的“智能+”时代。结合“智能+”时代背景, 本文梳理了我国“互联网+”行动的发展现状和面临的问题, 阐述了“智能+”时代新“互联网+”行动的内涵, 论证了新“互联网+”系统的体系架构和技术谱系框架; 详细分析了新“互联网+”行动的战略目标和技术发展路线, 针对性提出专项工程建议: 打牢基础以支持核心技术攻关, 重点推进新“互联网+”行动在智能制造、现代农业、智慧能源、益民服务、智能交通、智慧环保等领域的深度融合应用。研究提出了建立系统化的新“互联网+”政策机制、健全法律法规的标准规范体系、建立跨界融合人才培养体系等对策建议, 以期为我国“智能+”时代新“互联网+”行动的发展提供理论参考。

**关键词:** 智能+; 互联网+; 智能协同; 跨界融合; 技术路线

**中图分类号:** TP393 **文献标识码:** A

## Overall Development of the Internet Plus Initiative Against the Backdrop of Intelligence Plus

Li Bohu<sup>1,2</sup>, Chen Zuoning<sup>3</sup>, Chai Xudong<sup>4</sup>, Hou Baocun<sup>4</sup>, Liu Yang<sup>4</sup>,  
Chen Lei<sup>3</sup>, Wei Dayin<sup>4</sup>

(1. The Second Research Academy, China Aerospace Science and Industry Corporation, Beijing 100048, China; 2. School of Automation Science and Electrical Engineering, Beihang University, Beijing 100191, China; 3. Chinese Academy of Engineering, Beijing 100088, China; 4. CASICloud-Tech Co., Ltd., Beijing 100144, China)

**Abstract:** The Internet Plus initiative has been integrated into many sectors of the economy and society, which profoundly changes the development model, technology, and forms of various fields and constantly enhances the country's innovation and competitiveness. The new-generation artificial intelligence technology, new information and communication technologies, and new Internet technologies have been integrated with technologies in various fields, driving the digital transformation and upgrades of these fields and ushering in an Intelligence Plus era which is led by intelligence, driven by data, and featured by ubiquitous interconnection, sharing services, cross-field integration, and mass innovation. Against the backdrop of Intelligence Plus, this study summarizes the development status and problems regarding the Internet Plus initiative in China, expounds its new connotations, and demonstrates the architecture and

收稿日期: 2020-06-05; 修回日期: 2020-06-28

通讯作者: 李伯虎, 中国航天科工集团有限公司第二研究院研究员, 中国工程院院士, 研究方向为建模与仿真系统、虚拟样机工程、云制造系统; E-mail: libohu@mail.tsinghua.edu.cn

资助项目: 中国工程院咨询项目“‘互联网+’行动计划战略研究(2035)”(2018-ZD-02)

本刊网址: www.engineering.org.cn/ch/journal/sscae

technology system pedigree framework of the Internet Plus system. Moreover, it analyzes the strategic goals and technological routes of the Internet Plus initiative in the Intelligent Plus era in China and proposes specific project suggestions: strengthening fundamental research in order to make breakthroughs in core technologies and focusing on the in-depth integration of the Internet Plus initiative with different fields such as smart manufacturing, modern agriculture, smart energy, people-benefiting services, smart transportation, and smart environmental protection. We also propose that a systematic policy mechanism should be established to support the Internet Plus initiative, laws and regulations as well as standards systems should be improved, and a cross-border integrated talent training system should be created, hoping to provide theoretical references for the development of the Internet Plus initiative in the Intelligence Plus era in China.

**Keywords:** Intelligence Plus; Internet Plus; intelligent collaboration; cross-border integration; technical routes

### 一、前言

继 2015 年《国务院关于积极推进“互联网+”行动的指导意见》(以下简称“指导意见”)发布后,2019 年政府工作报告部署了深化大数据、人工智能(AI)等研发应用,打造工业互联网平台,拓展“智能+”,为传统产业转型升级赋能的重点工作,正式提出“智能+”概念。“智能+”涉及的关键技术主要有新互联网技术(如物联网、未来互联网、卫星互联网、天地一体互联网等)、新信息通信技术(如第五/六代移动通信、区块链、数字孪生、量子计算等)、新一代 AI 技术(如基于大数据智能、群体智能、人机混合智能、跨媒体推理、自主智能等技术 [1])、新能源技术、新材料技术、新生物技术、新应用领域专业技术 7 类新技术及其深度融合 [2]。“智能+”的关键技术将全面推动诸多领域从数字化向网络化、智能化升级,促进国民经济、国计民生和国家安全领域的新模式、新方法和新业态变革。

推进互联网技术与经济社会各领域的深度融合是当前的国家重点任务。在工业经济领域,国家层面颁布了以《工业互联网发展行动计划(2018—2020 年)》为代表的系列文件 [3,4],统筹指导“智能+”阶段工业互联网的建设和升级,以形成支撑先进制造业发展的工业互联网体系 [5]。2020 年 3 月,《工业和信息化部办公厅关于推动工业互联网加快发展的通知》提出将“加快新型基础设施建设”作为工业互联网发展的首要任务 [6]。2020 年 4 月,国家发展和改革委员会明确了“新基建”范围,包括信息基础设施、融合基础设施和创新基础设施;加强以工业互联网为代表的基于新一代信息技术演化生成的通信网络基础设施建设,推动深度应用互联网、大数据、云计算等信息技术传统基础设施转型升级形成融合基础设施。

推进互联网与各领域的融合也成为了国际性趋势。通过国家级政策的驱动,提高数字化水平以促进发展,重点领域包括制造、医疗、能源、交通等;加强数字化基础设施建设,发展互联网平台经济和数字化产业,加快数字化、网络化、智能化转型升级。在工业制造领域,美国发布了《国家制造业创新网络计划》《美国先进制造领导力战略》等发展规划,涉及半导体、AI、先进材料、工业机器人、数字制造等新型制造技术;德国《国家工业战略 2030》规划重点发展数字化技术和工业 4.0,如嵌入式系统、信息物理系统(CPS)、物联网、虚拟现实和增强现实(VR/AR)技术、智能制造等;日本《创新综合战略 2019》提出,利用大量基础原始数据、高质量的工业社会数据和研发过程数据,打造新一代数字化平台,重点研发智能机器人、智能机床、智能电子设备、嵌入式系统等,旨在利用智能工厂来提升产业竞争力。

在“智能+”时代、“新基建”规划等新的形势和背景下,为了进一步推进“互联网+”行动计划、加快与诸多应用领域的深度融合,本文分析了“互联网+”行动的发展现状,从技术、产业、应用、数据和政策方面凝练面临的问题;阐述了新时代、新形势与新态势下新“互联网+”行动的内涵、体系架构和技术谱系框架;提出了新“互联网+”行动计划的战略目标、技术发展路线、专项工程设置以及与之对应的战略支撑与保障措施建议。

### 二、“互联网+”行动发展现状分析

#### (一) 发展现状

各地各部门积极推进“互联网+”行动,在互联网技术成果与各领域融合应用方面取得了阶段性进展。

在“互联网+”基础支撑技术与环境方向,关键核心技术如海量数据存储与处理、大数据挖掘等方面的研发工作取得显著进展,应用基础设施如互联网数据中心、呼叫中心等方面的绿色集约化发展成效初显。发展环境持续优化,众多领域在技术、标准、监管等方面加速对接。

在“互联网+”智能制造方向,物联网、云计算、大数据、移动互联网和集成电路等产业迅猛发展,基于工业互联网的新模式、新业态不断涌现。“企业上云”计划和工业互联网平台建设加快推进,智能制造研发与应用平台的规模持续提升。智能制造产业集聚区建设稳步开展,如武汉市以东湖新技术开发区和经济技术开发区为主,规划建设了智能制造产业园区 [7]。

在“互联网+”现代农业方向,物联网、大数据等现代信息技术在农业领域的应用水平获得全方位提升。成熟可复制的农业物联网应用模式快速推广,如西安、济南等城市启动了对新型信息技术示范应用的支持。智慧农业技术应用趋于成熟,如杭州市整合涉农信息资源,构建了智慧农业综合服务平台 [8]。

在“互联网+”智慧能源方向,工业互联网、大数据、AI等新一代信息技术在新能源汽车行业纵深发展,如广州、南京等城市重点培育新能源汽车新业态 [9]。分布式能源网络建设逐步成型,如青岛、济南等城市初步建成开放共享的能源网络。能源供应网络化水平持续提升,如成都、济南等城市实现了基于互联网的用电终端智能调控 [10]。“互联网+”促进能源行业智慧化升级,形成了以能源互联网、泛在电力物联网为代表的“互联网+”智慧能源产业新形态。

在“互联网+”益民服务方向,通过管理制度优化实现了互联网医院的规范化发展和运作,患者就医体验明显改善,较高比例的三级医院预约就诊时间可以精确到1h以内。示范区建设成效初显,如浙江省推行看病就医“一张卡”、健康导航“一门户”,搭建互联网医院“一平台”,推动医疗卫生领域“最多跑一次”。以大数据、AI、第五代移动通信(5G)为代表的融合创新应用进一步增强,如济南、武汉等城市实施健康医疗大数据应用,培育基于新一代信息技术的健康医疗产业新业态。

在“互联网+”智能交通方向,交通运输服务

品质获得提升,如济南、成都等城市实行了交通运输服务性数据资源面向社会开放,为公众提供实时交通运行状态查询、出行路线规划等服务 [11]。交通运输资源在线集成提速,交通信息基础设施实施改造和优化,交通运输网络关键设施运行状态与通行信息的采集能力持续建设。交通运输科学治理能力不断增强,如深圳市汇聚各类交通数据,构建“互联网+”运输管理模式,再造行政服务流程。

在“互联网+”智慧环保方向,资源环境动态监测能力进一步提升,如杭州市实现对大气、水、噪声、辐射、土壤、生态等环境要素监测监控的全覆盖。智慧环保创新发展,如济南、成都、青岛等城市利用智能监测设备和移动互联网,增加监测污染物种类,强化污染物排放管理。废弃物在线交易加快实行,如成都市鼓励互联网企业参与搭建城市废弃物回收平台。大数据在环保领域的应用水平全面提升,如国家流域水环境大数据平台在济南市开展应用示范,支持环境质量预测和污染企业预警。

## (二) 面临的问题

对照更高的标准,“互联网+”行动在技术、产业、应用、数据、政策等方面仍然存在一些问题。

“互联网+”行动的技术体系、标准体系、评估体系、安全体系尚不完善,尤其是跨界融合技术体系仍然缺失。应当自主可控的基础核心技术仍显薄弱,如自研中高端传感器的水平与国外差距明显,核心技术仍未攻关突破。互联网与各领域融合所涉及的新兴技术也有待深入研究。

在产业层面,智能产品和核心硬件产业的基础薄弱,如高端传感器产品主要来自国外企业,自主可控的软件产业及生态有待完善。平台核心支撑能力不足,缺少支撑“互联网+”跨领域跨行业、互联互通的平台和集成开发环境。

在应用层面,不同应用领域的业务系统难以实现联接,企业在技术、产品、数据交互方面投入不足,“互联网+”行动的区域协同发展模式有待深化探索。这些因素使得产业链的上下游协同不紧,制约了企业间的协同发展。在“互联网+”成果的应用过程中,通过泛在互联为企业创造价值的系统性创新较为薄弱。

自主可控的数据互联共享平台尚未建立,存储加密、安全检测等数据安全技术基础薄弱。数据开

放平台标准不统一、数据不完整、数据质量不高，在一定程度上制约了“互联网+”行动的实施。数据共享方面的政策设计和统筹协调管理机制不完备，数据共享的程度低。利益分配机制和法规不健全，导致一些行业（尤其是在跨行业协作方面）不愿、不敢、不会共享数据。

在政策层面，“互联网+”行动的管理部门制定出台了系列政策文件，但一些文件的内容出现重叠现象，延续性和针对性不强，不利于地方的顺畅执行。政策执行缺乏有效手段，部分地方对顶层设计的理解不到位，没有形成必要的金融政策支持、可用的政策落实推进评估机制，造成部分地方实践工作走样。此外，新模式、新业态下的公共服务、数据安全方面的治理机制仍处于缺失状态。

### 三、“智能+”时代新“互联网+”行动体系

#### （一）新“互联网+”行动的内涵

“互联网+”行动是以新型互联网及其组合为基础，在新一代AI技术引领下，以新互联网技术、新信息通信技术、新智能科学技术、新能源技术、新材料技术、新生物技术、新应用领域专业技术等7类技术深度融合的数字化、网络化、云化、智能化技术为工具，智能地连接人/机/物/环境/信息，按需提供智能资源与智能能力的一种新型智能服务互联系统[1]。

随着“互联网+”行动的推进，“互联网+”行动的内涵有了新内容，有关技术手段、模式、业态等方面获得了明显的延伸和拓展。①在系统特征方面，实现全系统及全生命周期活动中人/机/物/环境/信息的完全自主智能地感知、互联、协同、学习、分析、认知、决策、控制与执行；②在实施内容方面，促使全系统及全生命周期活动中的人/组织、技术/设备、管理、数据、材料、资金（六要素）以及人流、技术流、管理流、数据流、物流、资金流（六流）集成优化，形成数字化、网络化、云化、智能化的产品、设备/系统和全生命周期活动；③在模式和业态方面，形成以用户为中心，人/机/物/环境/信息优化融合，互联化（协同化）、服务化、个性化（定制化）、柔性化、社会化、智能化的智能协同互联新模式，构建“万物互联、智

能引领、数据驱动、共享服务、跨界融合、万众创新”新业态；④在实现目标方面，达到“创新、绿色、开放、共享、个性”的新目标[12~15]。

值得指出的是，“智能引领”表征新一代智能科学技术（如脑科学、认知科学、AI等），成为“互联网+”行动在新形势下发展的最重要、颠覆性技术。基于新互联网，借助在新一代智能科学技术、新信息通信科学技术、新领域专业技术、新领域应用专业技术深度融合的数字化、网络化、云化、智能化技术，以此作为“互联网+”演化推进的新手段[1]。

#### （二）新“互联网+”系统体系架构

新“互联网+”系统的体系架构主要包括新智能资源/能力/产品层、新智能感知/接入/通信层、新智能边缘处理平台层、新智能系统云端服务平台层、新智能系统云服务应用层、人/组织层、各层的标准规范和安全安全管理（见图1）[1,14]。关于体系架构创新，新增的新智能边缘处理平台层用于提供边缘侧的实时智能服务。各层增加的“新”，特指在新一代AI技术、新信息通信技术与国民经济、国计民生、国家安全领域的新专业技术进行融合，并且持续升级的新架构与新内容。

（1）新智能资源/能力/产品层包括面向新“互联网+”系统、涉及国民经济、国计民生、国家安全等领域的新资源、新能力和新产品。

（2）新智能感知/接入/通信层包括新感知单元（如射频识别、传感器、摄像头线圈、全球定位系统、遥感、雷达、二维码等），传输网络（如专网、物联网、传感网络、以太网、移动通信网等），新智能信息融合与处理。

（3）新智能边缘处理平台层主要面向“互联网+”系统边缘侧的智能资源、能力和产品，开展虚拟化封装并形成新边缘智能资源/能力/产品池；通过基础设施及服务（IaaS）/平台即服务（PaaS）/软件即服务（SaaS）/数据即服务（DaaS）/产品即服务（PROaaS）/能力即服务（CaaS）、边缘智能系统服务共性环境构建与运行、边缘应用支撑服务等新一代AI技术引领下的边缘智能服务共性基础件，构建并提供边缘应用领域支撑服务[1]。

（4）新智能系统云端服务平台层主要包括新智能虚拟资源/能力/产品/感知/接入/通信层、新

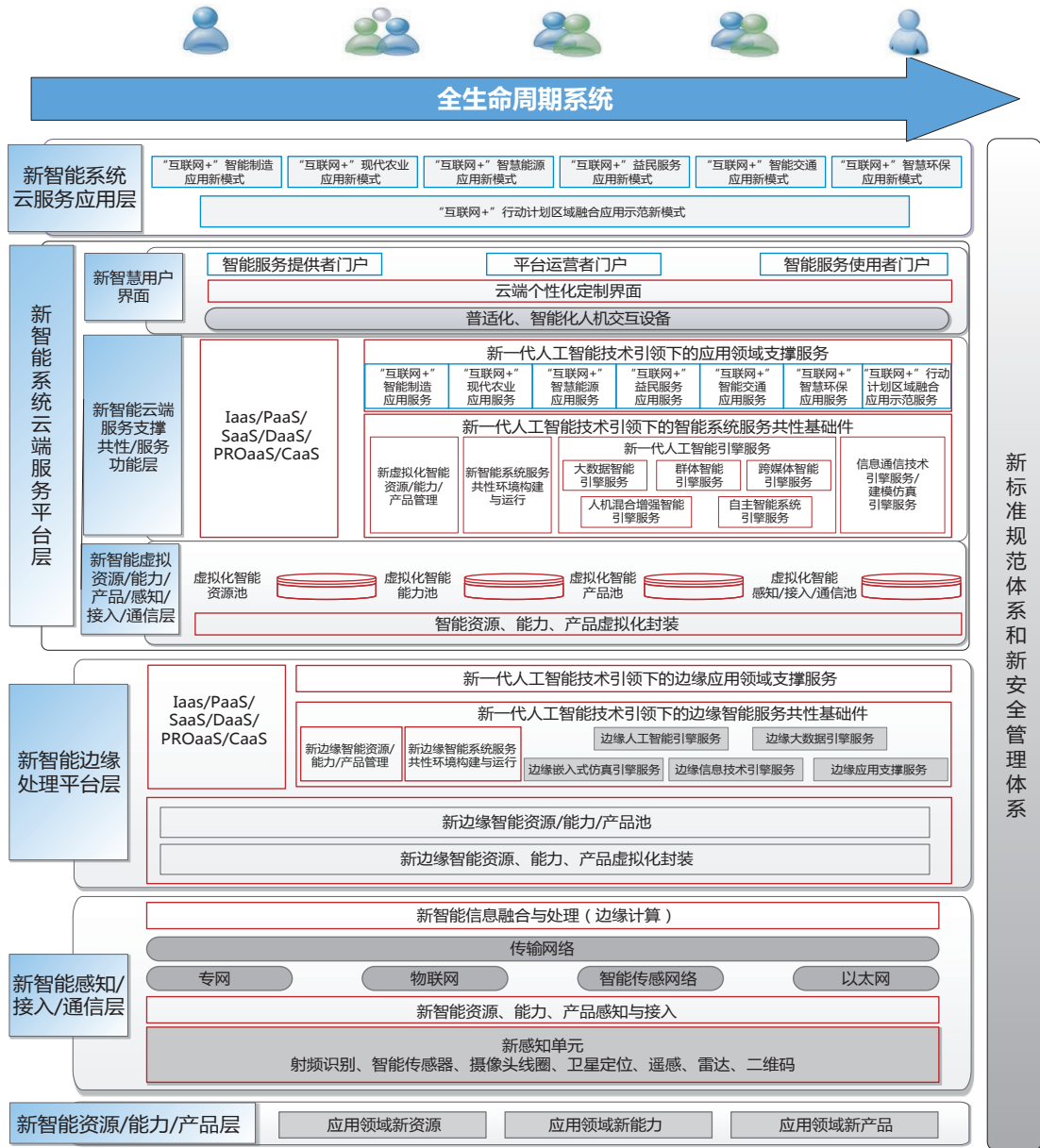


图 1 “互联网+”系统新体系架构

智能云端服务支撑共性/服务功能层。其中，前者基于新智能虚拟制造资源/能力/产品/感知/接入/通信池，提供新智能资源、能力、产品的虚拟化封装；后者基于新虚拟化智能资源/产品/能力管理、新一代 AI、大数据等信息通信技术引擎服务形成“互联网+”共性基础件 [14]，为“互联网+”各领域以及“互联网+”行动计划区域融合应用示范提供应用支撑服务 [12]。

(5) 新智能系统云服务应用层包括“互联网+”各领域应用新模式、“互联网+”行动计划区域融合应用示范新模式等。

(6) 人/组织层是指参与新智能系统及全生命周期的人和组织。

### (三) 新“互联网+”系统技术谱系框架

新“互联网+”系统的技术谱系框架主要由“互联网+”系统新技术体系、新软件技术体系、新标准体系、新安全体系、新评估体系、新管理体系组成 [14]。①新技术体系包括：系统架构技术、系统集成技术等总体技术，各类感知器技术和卫星互联网、天地一体化网络等感知/接入/通信层技术，边缘 AI 引擎服务、边缘大数据引擎服务等边缘处

理平台技术,智慧虚拟化制造云可信服务技术、普适人/机交互技术等基础共性平台技术,智能制造/现代农业/智慧能源/益民服务/智能交通/智慧环保等应用平台技术,信息处理和应用技术、智能科学技术等支撑技术,面向“互联网+”智能制造、“互联网+”现代农业等融合应用技术。②新软件技术体系涉及:边缘计算软件技术、云平台系统软件技术等系统软件技术,实时数据智能处理技术、容器隔离技术等平台软件技术,数据驱动的构件组合引擎、应用开发运行一体化环境等应用软件技术。③新标准体系涵盖:“互联网+”总体标准、安全标准、共性支撑标准、服务融合标准、指南与评估标准、“互联网+”行业应用标准。④新安全体系分为:安全物理环境、使用权限与身份等物理安全防护,信息机密、反病毒、拟态安全防御等技术安全防护[16],安全法规、安全文化等管理安全防护,行为辨识、瞬时辨识等商业安全防护。⑤新评估体系包括:资源投入能力评估、融合应用水平评估、协同创新能力评估、经济社会效益评估。⑥新管理体系包括:数据管理、技术管理、业务流程管理、组织结构管理。

依据新“互联网+”系统的体系架构,新“互联网+”系统的技术谱系架构相应增加了边缘处理平台技术。在支撑技术中更注重信息的感知、获取、传输、处理和应用,在融合技术中强调面向新“互联网+”系统的新资源、新产品及新能力等融合技术。在新软件技术体系部分,平台软件技术增加了边缘计算平台软件技术,应用软件技术补充了数据驱动的构建组合引擎以及领域知识推荐等内容。在新安全体系的技术安全防护技术部分,增加了自主的拟态安全防御等新技术[12]。此外,各类技术皆突出了与新一代AI技术、新信息通信技术的深度融合和交叉应用。

## 四、“智能+”时代新“互联网+”行动的实施设计

### (一)新“互联网+”行动发展目标

到2025年,基本实现新“互联网+”系统的技术体系、标准体系、评估体系和管理体系的标准化、范式化及服务化,掌握核心关键技术和融合技术。互联网基础设施进一步夯实和智能化[14],形

成自主可控的跨界融合支撑平台,实施一批跨区域跨领域融合的典型应用示范。基本形成网络化、智能化、服务化、协同化的新“互联网+”的产业生态体系。

到2035年,建立新“互联网+”系统智能化集成开发环境和通用集成平台,研制具备国际竞争力的智能互联产品和自主可控智能化中台。打造和引领全球协同发展的新“互联网+”产业生态,形成涵盖新“互联网+”行动的系统 and 完备的创新体系[14]。在“泛在互联、数据驱动、共享服务、跨界融合、自主智慧、万众创新”新业态下为各领域高质量发展注入新的活力。

基于对新“互联网+”行动技术、产业、应用发展的研究,提出了新“互联网+”行动技术发展路线图(见图2)。

### (二)新“互联网+”行动建议

#### 1.基础共性研究

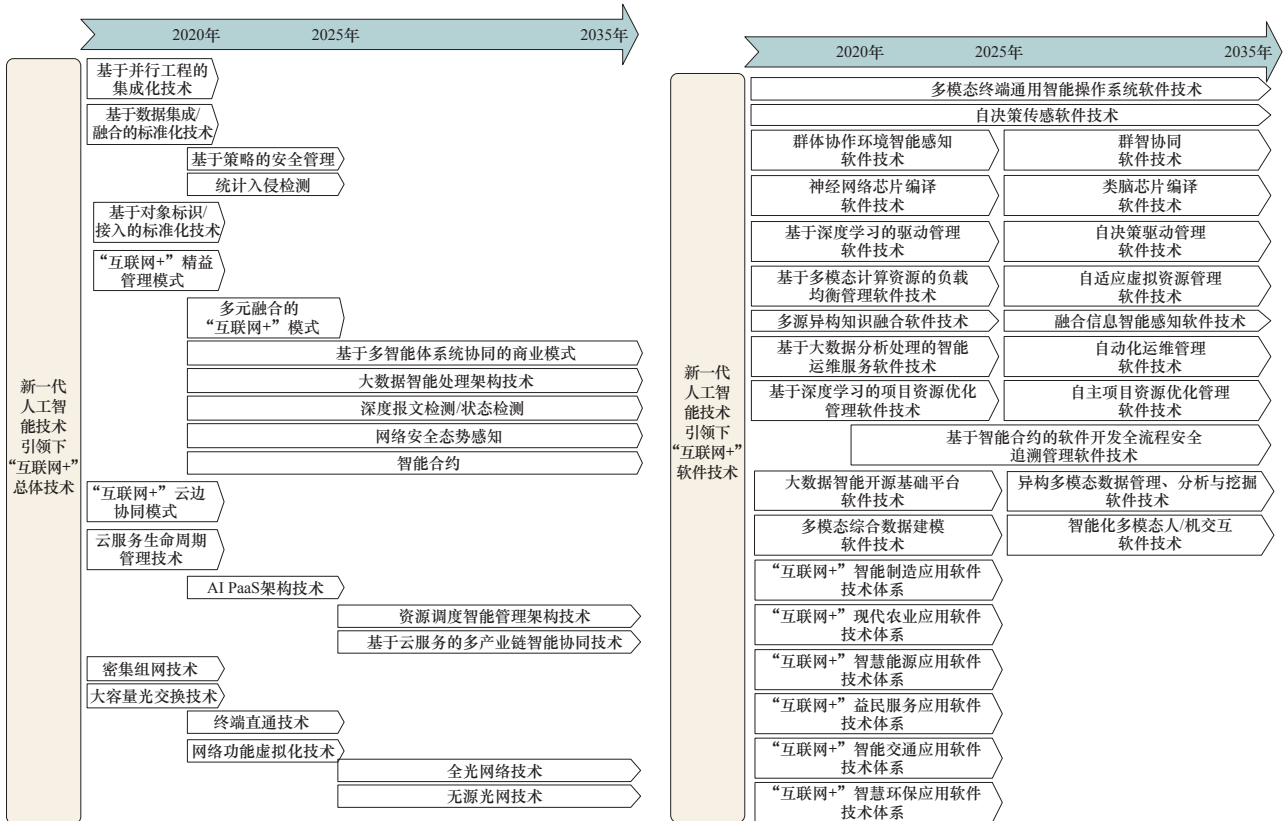
设立新“互联网+”行动技术体系、标准体系、评估体系、管理体系等综合基础体系的细化研究专项,保持连续性。增设面向新“互联网+”系统共性需求的跨界数据交互融合技术、数字孪生技术、高性能仿真云技术等研究专项。加快推进新一代AI技术引领下的智能产品、边缘计算机、新型软件产品、跨界融合创新云平台的研发与产业化,设立新“互联网+”行动跨行业、跨领域、跨区域的云平台应用示范工程。增设“‘互联网+’行动跨界融合技术创新工程”科技专项、国家互联网创新中心平台“中国科技云”平台重大基础设施工程,加快国家未来网络试验床重大科技工程建设进度。

#### 2.“互联网+”智能制造

加快推进物联网通信科技专项、“互联网+”智能制造服务平台科技专项。增设智能基础制造设备科技专项、智能显示终端科技专项、民用飞机网络协同化制造科技专项。推进工业软件自主研发与产业化、工业互联网平台/工具自主研发与产业化,实施“互联网+”智能制造的云制造示范工程、“互联网+”智能制造的AR/VR辅助装配示范工程,保持相关产业的追赶突破态势。

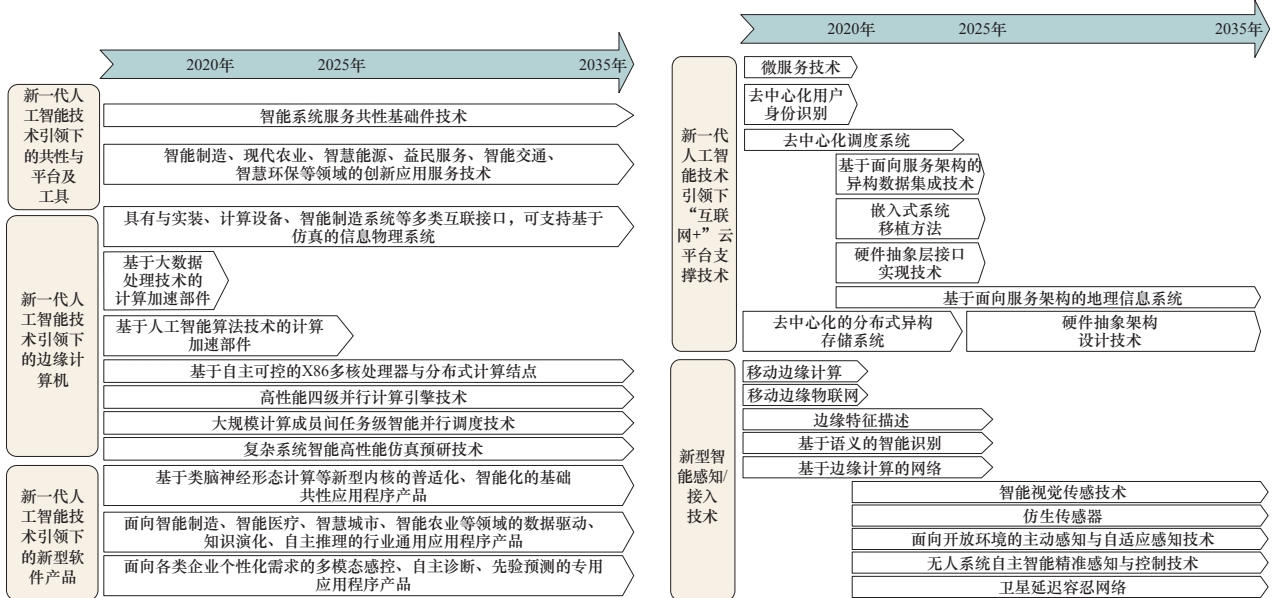
#### 3.“互联网+”现代农业

加快推进种质资源专项、智能育种专项,搭



(a) 总体技术发展路线图

(b) 软件技术发展路线图



(c) 重点产品技术发展路线图

(d) 基础支撑技术发展路线图

图2 新“互联网+”行动技术发展路线图

建“互联网+”现代种业科研成果产权交易平台。增设农业专用传感器、农业大数据智能服务平台、基于区块链的农产品质量追溯、农业机器人等研发专项，发展“互联网+”农业软件产业、“互

联网+”农业智能装备制造制造业、“互联网+”农业智能机器人产业、“互联网+”农业农村大数据智能服务产业。建立“互联网+”现代种业新应用示范工程。

#### 4.“互联网+”智慧能源

基于“互联网+”智慧能源的“源-网-荷”融合共生生态模式，增设能源系统透明化、能源泛在获取、能源零边际成本等科技专项。推进基于智能材料和智能传感的分布式感知产业化、基于物联网的智慧泛在能源网络、基于边缘计算的智慧能源终端、基于云计算和AI的能源系统智能决策体系。建立“互联网+”智慧能源综合服务平台示范工程。

#### 5.“互联网+”益民服务

加快远程医疗、医药电子商务平台等核心产品的工程化和产业化，增设以全民数字健康为导向的国家级健康医疗开放云平台科技专项。推进提质增效互联网医院应用示范工程，强化传染病信息网络防治应用示范工程。实施AI疾病辅助诊断应用示范工程、基于区块链的信息开放共享应用示范工程、慢性病全息管理和医养结合服务应用示范工程。

#### 6.“互联网+”智能交通

实施实时高精度位置服务网、车路协同智慧路网、自动驾驶仿真等技术专项，增设智能高精度地图与标准、“北斗+5G”智能网联服务等技术专项。加快发展智能网联汽车及车联网产业，培育“互联网+”共享出行一站式服务。设立“互联网+”智能交通的智能网联应用示范重大工程，推动相关服务的城市落地应用。

#### 7.“互联网+”智慧环保

增设“互联网+”智慧环保的智能化监测设备研发、综合一体化应用平台构建、产业模式与平台构建等科技专项。推进基于云服务的环境保护公共支撑平台的研发与产业化、支撑国家环境健康管理和干预体系的环境信息综合平台研发和产业化、智能化环境监测设备自主研发与产业化。实施“互联网+”智慧环保的天/空/地一体化立体监测体系、精准治霾、系统治水、固废交易、生态监管等示范工程。

## 五、保障措施建议

### (一) 统筹建立和完善政策制定、实施机制、财税金融支持方式和标准规范体系

建议采取多部门共同决策模式和政策制定人员

的责任落实机制，健全多元化的政策制定参与机制；建立以部门合作为中心的联合制度，加强对“互联网+”行动政策执行的监督。建议创新金融服务方式，积极推进担保公司有序发展。加强知识产权保护，加快大数据立法进程，完善“互联网+”治理机制并强化“互联网+”安全建设。

### (二) 构建和完善跨界融合人才教育体系

鼓励高等院校加强“互联网+”融合领域新兴学科建设。在智能制造、环境信息、医疗AI、生物信息工程等交叉性学科领域，推动优势企业深度参与“互联网+”学科的教学方案、人才培养体系的制定。

建立跨领域立体人才培养体系，搭建“互联网+”人才供需对接平台和专业人才数据库，构建“互联网+”行动人才图谱。引导企事业单位加强创新机制建设，支持设立创新岗位、鼓励业余创新；加快落实科技人员科研成果转化的股权、期权激励和奖励等收益分配政策 [14,17]。

### (三) 优化“政产学研用金”长效协作良性发展的环境和生态

整合国家相关部委、企业、科研院所、高等院校、行业组织等多方资源，在重点领域方向分别成立以市场需求为导向、以龙头企业为核心的“互联网+”行动产业联盟，推进“互联网+”系统技术标准、信息标准、应用规范等标准体系的制定和应用。

重点扶持由企业主导的国家级、区域级“互联网+”各领域融合发展创新中心，全面推进“互联网+”各领域的融合发展。形成政策开放、经验共享、创新应用于一体的“政产学研用金”长效协作生态。

#### 致谢

感谢“互联网+”行动计划战略研究（2035）项目团队全体同志的辛勤劳动和研究贡献。

#### 参考文献

- [1] Pan Y H. Heading toward artificial intelligence 2.0 [J]. Engineering, 2016, 2(4): 409-413.
- [2] 李伯虎, 柴旭东, 侯宝存, 等. 云制造系统3.0——一种“智能+”时



- 代的新智能制造系统 [J]. 计算机集成制造系统, 2019, 25(12): 2997-3012.
- LI B H, Chai X D, Hou B C, et al. Cloud manufacturing system3.0—A new intelligent manufacturing system in the era of “Intelligence+” [J]. Computer Integrated Manufacturing Systems, 2019, 25(12): 2997-3012.
- [3] 中华人民共和国工业和信息化部. 工业互联网网络建设及推广指南 [EB/OL]. (2019-01-18) [2020-05-11]. <http://www.miit.gov.cn/n973401/n5993937/n5993958/c6605248/content.html>.  
Ministry of Industry and Information Technology of the People’s Republic of China. Industrial Internet network construction and promotion guide [EB/OL]. (2019-01-18) [2020-05-11]. <http://www.miit.gov.cn/n973401/n5993937/n5993958/c6605248/content.html>.
- [4] 中华人民共和国工业和信息化部. 加强工业互联网安全工作的指导意见 [EB/OL]. (2019-08-19) [2020-05-11]. <http://www.miit.gov.cn/n973401/n5993937/n5993958/c7337446/content.html>.  
Ministry of Industry and Information Technology of the People’s Republic of China. Guiding opinions on strengthening Industrial Internet security [EB/OL]. (2019-08-19) [2020-05-11]. <http://www.miit.gov.cn/n973401/n5993937/n5993958/c7337446/content.html>.
- [5] 中华人民共和国工业和信息化部. 关于印发《工业互联网发展行动计划（2018—2020年）》和《工业互联网专项工作组2018年工作计划》的通知 [EB/OL]. (2018-06-07) [2020-05-11]. <http://www.miit.gov.cn/n973401/n5993937/n5993958/c6211943/content.html>.  
Ministry of Industry and Information Technology of the People’s Republic of China. Notice regarding the issuance of the *Industrial Internet development action plan (2018—2020)* and *2018 work plan of the special working group on Industrial Internet* [EB/OL]. (2018-06-07) [2020-05-11]. <http://www.miit.gov.cn/n973401/n5993937/n5993958/c6211943/content.html>.
- [6] 中华人民共和国工业和信息化部. 工业和信息化部办公厅关于推动工业互联网加快发展的通知 [EB/OL]. (2020-03-20) [2020-05-11]. <http://www.miit.gov.cn/n973401/n5993937/n5993958/c7828023/content.html>.  
Ministry of Industry and Information Technology of the People’s Republic of China. Circular of the General Office of the Ministry of Industry and Information Technology on accelerating the development of Industrial Internet [EB/OL]. (2020-03-20) [2020-05-11]. <http://www.miit.gov.cn/n973401/n5993937/n5993958/c7828023/content.html>.
- [7] 武汉市人民政府. 武汉市推进制造业与互联网融合发展行动计划（2016—2020年） [EB/OL]. (2016-08-31) [2020-05-11]. [http://www.wuhan.gov.cn/zwgk/xxgk/zfwj/gfxwj/202003/t20200316\\_973261.shtml](http://www.wuhan.gov.cn/zwgk/xxgk/zfwj/gfxwj/202003/t20200316_973261.shtml).  
The People’s Government of Wuhan City. Wuhan City action plan to promote the integration of manufacturing and Internet development (2016—2020) [EB/OL]. (2016-08-31) [2020-05-11]. [http://www.wuhan.gov.cn/zwgk/xxgk/zfwj/gfxwj/202003/t20200316\\_973261.shtml](http://www.wuhan.gov.cn/zwgk/xxgk/zfwj/gfxwj/202003/t20200316_973261.shtml).
- [8] 杭州市人民政府. 杭州市智慧农业发展“十三五”规划（2016—2020年） [EB/OL]. (2016-11-10) [2020-05-11]. [http://www.hangzhou.gov.cn/art/2016/11/10/art\\_1230101\\_3917.html](http://www.hangzhou.gov.cn/art/2016/11/10/art_1230101_3917.html).  
The People’s Government of Hangzhou City. Hangzhou City “13th Five-Year Plan” (2016—2020) for smart agriculture development [EB/OL]. (2016-11-10) [2020-05-11]. [http://www.hangzhou.gov.cn/art/2016/11/10/art\\_1230101\\_3917.html](http://www.hangzhou.gov.cn/art/2016/11/10/art_1230101_3917.html).
- [9] 广州市人民政府. 广州市汽车产业2025战略规划 [EB/OL]. (2018-04-19) [2020-05-11]. [http://www.gz.gov.cn/zwgk/ghjh/zxgh/content/mpost\\_3089485.html](http://www.gz.gov.cn/zwgk/ghjh/zxgh/content/mpost_3089485.html).  
The People’s Government of Guangzhou City. Guangzhou City automobile industry 2025 strategic planning [EB/OL]. (2018-04-19) [2020-05-11]. [http://www.gz.gov.cn/zwgk/ghjh/zxgh/content/mpost\\_3089485.html](http://www.gz.gov.cn/zwgk/ghjh/zxgh/content/mpost_3089485.html).
- [10] 成都市人民政府. 成都市加快能源消费结构调整实施方案（2017—2020年） [EB/OL]. (2017-05-05) [2020-05-11]. <http://gk.chengdu.gov.cn/govInfoPub/detail.action?id=89974&tn=6>.  
The People’s Government of Chengdu City. Chengdu City implementation plan on accelerating the adjustment of energy consumption structure (2017—2020) [EB/OL]. (2017-05-05) [2020-05-11]. <http://gk.chengdu.gov.cn/govInfoPub/detail.action?id=89974&tn=6>.
- [11] 济南市人民政府. 关于加快推进轨道交通建设与发展的实施意见 [EB/OL]. (2018-08-08) [2020-05-11]. [http://www.jinan.gov.cn/art/2018/8/10/art\\_2614\\_2406001.html](http://www.jinan.gov.cn/art/2018/8/10/art_2614_2406001.html).  
The People’s Government of Jinan City. Implementation opinions on accelerating the construction and development of rail transit [EB/OL]. (2018-08-08) [2020-05-11]. [http://www.jinan.gov.cn/art/2018/8/10/art\\_2614\\_2406001.html](http://www.jinan.gov.cn/art/2018/8/10/art_2614_2406001.html).
- [12] 李伯虎, 柴旭东, 张霖, 等. 新一代人工智能技术引领下加快发展智能制造技术、产业与应用 [J]. 中国工程科学, 2018, 20(4): 73-78.  
Li B H, Chai X D, Zhang L, et al. Accelerate the development of intelligent manufacturing technologies, industries, and application under the guidance of a new-generation of artificial intelligence technology [J]. Strategic Study of CAE, 2018, 20(4): 73-78.
- [13] 李伯虎. 新一代人工智能技术引领下的智慧云制造系统 [N]. 中国信息化周报, 2019-05-13(16).  
Li B H. Intelligent cloud manufacturing system under the guidance of a new-generation of artificial intelligence technology [N]. China Information Weekly, 2019-05-13(16).
- [14] 陈左宁, 李伯虎, 柴旭东, 等. “互联网+”行动计划总体发展战略研究 [J]. 中国工程科学, 2018, 20(2): 1-8.  
Chen Z N, Li B H, Chai X D, et al. The overall development strategy research of “Internet Plus” Action Plan [J]. Strategic Study of CAE, 2018, 20(2): 1-8.
- [15] 李伯虎, 柴旭东, 张霖, 等. 面向新型人工智能系统的建模与仿真技术初步研究 [J]. 系统仿真学报, 2018, 30(2): 349-362.  
Li B H, Chai X D, Zhang L, et al. Preliminary study of modeling and simulation technology oriented to neo-type artificial intelligent system [J]. Journal of System Simulation, 2018, 30(2): 349-362.
- [16] 郇江兴. 网络空间拟态防御导论 [M]. 北京: 科学出版社, 2017.  
Wu J X. Introduction to cyberspace mimic defense [M]. Beijing: China Science Publishing & Media Ltd., 2017.
- [17] 张群, 肖荣美. 全面推进“互联网+”亟需加强智力建设 [J]. 世界电信, 2015 (8): 40-42.  
Zhang Q, Xiao R M. Urgently strengthen the intellectual construction to roundly promote the “Internet Plus” [J]. World Telecommunications, 2015 (8): 40-42.