



工业互联网发展与 “两化”深度融合*

文 / 李培楠 万劲波

中国科学院科技政策与管理科学研究所 北京 100190

【摘要】 文章阐述了信息化与工业化深度融合的国际环境、重要平台和发展新态势,重点探讨了工业互联网的核心要素和应用,分析了中国发展工业互联网的前景、机遇和潜在优势。最后,结合工业互联网面临的问题与挑战,对我国发展工业互联网提出了相关建议。

【关键词】 工业互联网,科技革命,产业革命,信息化与工业化深度融合

DOI 10.3969/j.issn.1000-3045.2014.02.009



中国科学院

从世界科技和产业发 展的历程看,人类已经历了三次产业革命,而每次产业革命都是由科技革命引发并推动的。物联网、云计算、大数据等新一代信息技术正在加速与制造技术、新能源、新材料等其他工业技术以及新的商业模式渗透融合,柔性制造、网络制造、智能制造、服务型制造日益成为生产方式变革的重要方向。传统的行业界限正在逐步消失,制造业创造新价值的过程正在发生改变,随之而来的是各种新的活动领域和合作形式的涌现,产业链分工将被重组。发达国家政府和企业正在积极布局新兴产业战略计划,争抢新一轮产业革命的制高点。在德国《高技术战略2020》行动计划中,

德国联盟政府为未来项目“工业4.0”设立了雄心勃勃的目标:德国要成为现今工业生产技术(即网络物理融合式生产系统)的供应国和主导市场^[1]。在美国,制造业龙头企业GE正在积极推进工业互联网^[2]。与世界主要国家相比,我国始终坚持并推动信息化与工业化融合发展的道路,2013年9月发布的《信息化和工业化深度融合专项行动计划(2013—2018年)》^[3]将促进实体经济实质性和持续发展的重任又放在了“两化深度融合”,提出了互联网与工业融合等创新行动。工业互联网的出现为“两化深度融合”提供了重要抓手,为进一步提高工业生产效率,促进生产力发展提供了新机遇。

1 “两化融合”的提出及发展态势

1.1 “两化融合”提出的国际环境

经过多年发展,人类社会文明走过了农

* 基金项目:国家发改委、工信部云服务开放平台示范项目(P01704)

修改稿收到日期:2014年1月8日

业、工业和信息化三个阶段,并与之相对应产生了三种文明形态^[4]。工业化是人类文明的一个阶段,随着科学与技术革命的发展,其内涵也在不断地发生变化。纵观工业化的发展过程,其主要经历了三次工业革命巨变^[5]。与前两次以单一技术带动的工业革命例如蒸汽机、电气技术等所不同的是,第三次工业革命^[6-7]是新技术的群体涌现和协同融合的过程,其最根本的就是生产方式和组织方式的深刻变革。从技术角度来看,正如杰里米·里夫金在《第三次工业革命》中预言的,这次革命是以信息技术为基础,多技术多学科融合产生的技术上的变革,尤其是互联网技术对其他产业和新兴产业技术的促进和催化作用非常明显,将给全球产业格局带来新一轮重大的调整和变革。在这一背景下,世界各国都纷纷谋划发展新兴产业的战略,欲抢占第三次革命的先机。那么,中国应该如何迎接新工业革命的到来?显然,第三次工业革命不仅仅是一场新的产业技术革命,同时也是进入信息化的标志,其实质就是通过工业化与信息化的融合推动,促进新兴技术与新兴服务跨界融合和深化应用,催生制造业深刻变革,重塑制造业格局。

当前,我国无论工业化还是信息化水平都与发达国家尚存一定差距,融合发展面临更艰巨的挑战。一方面,经过30多年的改革开放和发展,我国工业实现了跨越式发展,自2005年起我国整体上步入了工业化中期后半阶段,尤其是制造业积累了一定的技术基础和研发能力,但是,发达国家已进入后工业时代。另一方面,从经济社会发展进程看,发达国家是在工业化完成或者基本完成情况下进入信息化,并把信息化作为国家发展的优先战略,而我国则在工业化尚未完成的情况下推进信息化,使得“两化进程”必须同时开展。走一条与发达国家不同的新型工业化发展道路,即有中国特色的“两化深度融合”发展之路,将为我国加快产业升级和经济结构优化,整体跨入后工业社会奠定坚实的产业技术基础。

1.2 “两化融合”的重要平台

互联网是信息化与工业化融合发展的重要平台,2008年金融危机后,如美国、欧盟和韩国等主要国家对实体经济的重视,对节能环保和气候变化的关注,推动了互联网技术在各领域的应用,各国纷纷提出将互联网的发展作为经济增长的新引擎。

显然,互联网是下个十年甚至二三十年发展方式的重要特征,其对生产开发方式和组织管理模式的影响将在更深层面上推进“转方式、调结构”。一方面,互联网的快速崛起不仅极大地改变了人类的信息传播方式,而且对人类传统的生活方式产生了巨大的冲击,一个新型的社会——“网络社会”正在形成,其对现实社会群体的生活方式带来的影响不可低估。另一方面,互联网不仅对人类的生活方式产生了巨大影响,同时在深刻地改变人类的生产方式。从Web1.0时代发展到Web2.0时代,网络变得具有交互性,使得网络社会的属性清晰地呈现出来,互联网出现了一种人人参与、人人互动的社会化格局。

此外,互联网的交互使得社会生产方式有了深刻的变革,进而产生社交化的制造平台。以往的传统制造业是一种纵向格局,而当前制造业则呈现水平格局,供应商、经销商、用户以及产品生产与设计都在同一个平台上进行互动,这种互动就是一种社交化的制造模式。这样一种交互形态所形成的制造业通过社交化的网络平台来沟通制造业的各个环节。而这种零距离沟通的渠道就是社交媒体的渠道,就是信息技术进步所引发的一种生产格局。

1.3 “两化融合”的发展新态势

“两化融合”可以带动我国实现工业转型,产业链由低端向高端转型,产业结构从提供产品向提供服务转型,生产方式从粗放向精细化转型,管理模式从传统向现代转型。近年来,以移动互联网、云计算、物联网、大数据等为代表的新一轮信息技术变革进入跃变期,不断改变着工业化发展

面貌。

当前,工信部一方面大力推动化解产能过剩和淘汰落后产能;另一方面,发布《信息化和工业化深度融合专项行动计划(2013—2018年)》将促进实体经济实质性和持续发展的重任又放在了“两化深度融合”上。“两化深度融合”是紧紧把握与世界先进国家同步发展的历史机遇,促进工业经济创新发展、赢得未来的希望所在。推进“两化融合”向深度发展,就是为了从中国制造走向中国创造、从生产型制造走向服务型制造,不断推动产业升级,提高我国的国际竞争力。

与“初步融合”相比,“两化”的“深度融合”呈现出一些新的特征尤其在互联网与工业的融合方面,通过互联网与工业应用的普及推广可以看出,互联网不只是与某个门类工业融合,而是“侵入”所有传统工业门类,也不只是与工业企业的某个环节融合,而是与采购、设计、生产、销售、客服等多个环节融合。互联网要进一步发展,就要在发展消费型互联网的同时,大力发展生产型互联网,将互联网和所有的传统产业融合起来,促进传统产业的转型及效率的提高。显然,工业互联网的出现为“两化深度融合”提供了重要抓手,为进一步提高生产效率,促进生产力发展提供了新的机遇。无论是在航空、铁路运输、发电等行业,还是在运营、性能、或者维护性等方面,工业互联网不仅带来生产率、效率、能耗水平的突破,更重塑了下一代以工业设备主导的服务业。

2 工业互联网的提出及应用

2.1 工业互联网的提出

那么,何谓工业互联网?通用电气(GE)董事长伊斯梅尔提出了“工业互联网”的概念,认为其是一个由机器、设备、集群和网络组成的庞大的物理世界,能够在更深的层面与连接能力、大数据、数字分析相结

合。目标是升级关键的工业领域,进行工业互联网革命。无论是工业还是互联网,这两次革命带来的社会变化有目共睹,我们都在感同身受。而这两次革命的优势在于:一是伴随着工业革命,出现了无数台机器、设备、机组和工作站;二是在网络革命的影响下,计算、信息与通讯系统应运而生并不断发展。工业互联网就是集成这两大优势,将大数据、传感器和人有机结合起来,突破智慧和机器的界限,实现工业生产的网络化、智能化、柔性化和服务化。

2.2 工业互联网的核心要素

工业互联网的发展同样需要融合一些要素。从要素构成上看,工业互联网包括工业智能机器、高级分析和工作人员三大要素。一是智能机器要素,以崭新的方法将现实世界中的机器、设备、团队和网络通过先进的传感器、控制器和软件应用程序连接起来,并需硬件使信息高效集成和更快传输等;二是高级分析方法要素,使用基于物理的分析法、预测算法、自动化和材料科学、电气工程及其他关键学科的深厚专业知识来理解机器与大型系统的运作方式。这可使来自不同设备制造商的相似资产或不同资产种类的数据实现新的数据标准;能使数据更快转换信息资产,并为技术构建的集成和分析做准备;三是工作人员要素,建立员工之间的实时连接,连接各种工作场所的人员,以支持更为智能的设计、操作、维护以及高质量的服务与安全保障。

从要素组合方式上看,工业互联网是传统方式与新方式兼顾的混合方式,通过先进的特定行业分析,充分利用高频率的实时数据和机器分析,可使实时数据处理的规模得以大幅提升,为分析流程开辟新维度。从要素融合流程上看,工业互联网特别强调的是将工业革命的成果及其带来的机器、机组和



中国科学院

物理网络,与近期互联网的成果——智能设备、智能网络 and 智能决策融合到一起。

2.3 工业互联网的广泛应用

(1)大数据和云计算在工业领域的广泛应用。基于互联网的大数据和云计算不仅应用于商业消费和国防安全,其与机器的结合让机器变得更加智慧,并且成为有理解能力的工具。当前,全球化、经营化、协同化、服务化是制造业管理变革的主要趋势,大数据和云计算为制造业转型提供了重要支撑,其作用逐渐凸显。例如,工业领域的大数据源源不断地产生,工业大数据的形成正是通过一系列IT技术在工业制造领域的嵌入式中深入渗透和利用,这需要更充分挖掘工业领域大数据的价值,引导工业向高附加值转变,激发企业向绿色制造转变^[8,9]。

大数据和云计算在制造业的应用涉及制造业的企业管理办公、企业数据管理如ERP、产品运营服务以及产品全生命周期管理等等。产品的设计和创新、决策支持这些都是大数据和云计算在制造业应用中制造挖掘的价值所在。值得关注的 ứng 前景是,大数据支撑下的未来制造模式——“云制造”^[10,11]。真正构建云并且实施还需将其应用于工业制造和业务服务中。基于大数据的云制造将是未来制造业转型的最大契机,它可以把所有制造业的硬件资源、软件资源、企业资源、专家资源、知识资源,通过云数据模式提出未来在云体系下制造业的新发展模式。随着云服务平台陆续建立、大数据中心资源整合逐渐开展、领先企业私有云稳步推进、投融资体系持续跟进,大数据和云计算服务将进一步提升规模、形成集群并创新发展,成为战略性新兴产业的重要组成部分。

(2)工业互联网未来的应用。工业互联网是数据流、硬件、软件 and 智能方法交互。由智能设备和网络收集的数据存储之后,利用大数据分析工具进行数据分析和可视化,由此产生的“智能信息”可以由决策者进行实时判断处理,或者成为大范围工业系统中工业资产优化战略决策过程的一

部分。此外,智能信息还可以在机器、网络、个人或团体之间实现共享促进智能协作,以做出更好的决策。这可以使更多的利益相关者参与到资产维护、管理和优化过程中,也可以确保在恰当的时机将那些本地和远程拥有机器专业知识的人们整合起来。智能信息还可以反馈到主机。这不仅包括由主机产生的数据,而且包括那些能够增强运行或维护机器、机组及更大系统能力的外部数据。这个数据反馈回路,使机器能够从它的历史数据中得到启示并且通过机载控制系统更加智能地运转。

工业互联网的特性决定了其在许多行业领域有着广泛应用前景。在航空行业中,航空公司需要主动利用软件分析诊断工具,来锁定妨碍飞机正常运行问题。利用工业互联网,航空公司可以收集发动机运转的实时信息,对于出现的故障信息提供预警,帮助航空公司更高效地运营和维护;在医疗行业中,可以提升设备安全,促进高效运营,提高利用率,并扩大基层医疗服务覆盖面,为更多患者服务;在石油天然气行业中,通过软件监控汽轮机、压缩机、泵、风扇、热交换机等机器的震动、温度、流程、性能、排放等,提前发现机器可能出现的故障,及时做出维护响应;在交通运输业中,工业互联网的数据分析能力,可以帮助铁路运输更好地解决速度、可靠性和运能等难题;在钢铁行业中,工业互联网实现了智能生产管理和设备生命周期管理,改进了生产流程和系统可靠性,同时数据管理带来了更好的产品质量分析,节省了人力成本 and 提高了生产效率;在水处理领域,工业互联网技术提供了远程监控和诊断系统,在节省人力成本的同时,实现对耗水和化学剂量的控制。

3 中国发展工业互联网的机遇分析

3.1 发展前景

首先,从经济视角,工业互联网涉及的行业领域比传统经济类别更广。通过传统的经济衡量方法,工业活动约占所有经济活动的1/3,这种比例因每个国家的经济结构和资源禀赋不同而有所不

同。但这并不足以体现工业互联网的巨大潜力。例如,工业互联网涉及工业运输车队和航空、铁路、海上运输等大规模的运输行业,还涉及医疗保健、政府等服务领域。将传统的工业与运输业和医疗保健业结合起来,全球经济的46%或全球产出中的32.3万亿美元,将得益于工业互联网。预计到2025年,工业份额将增长至全球经济的50%,或占未来全球产出中的82万亿美元。

其次,从能耗视角,工业互联网的兴起可能是对资源限制和稀缺的一个直接回应。智能技术和健全网络相融合的主要益处是节能降耗和降低成本。目前,能源体系的局限性越来越明显。全球普遍面临着资源短缺、环境污染、基础设施落后的问题。因此,考察工业互联网机遇规模的另一视角可以从了解全球工业体系的能源轨迹着手。大量的能源资源被用来生产世界所需的货物和服务。如果将能源生产和转换看成是制造业和运输业的附加物,工业互联网将对全球超过一半的能源消费产生有益影响。

最后,从实物资产视角,工业互联网的资产配置能力、对服务和安全的提升能力将促使资源流动并得以优化。关于工业互联网发展机遇的第三种视角是研究与工业系统各组成部分相关的具体实物资产。随着网络信息技术的发展,新设备和旧设备间的技术融合,流程的优化过程都会产生新的可能性,提高全要素生产率,降低成本结构。

3.2 中国机遇

从全球视野分析工业互联网的规模也暗示了工业互联网在中国的巨大机遇。即使工业互联网只能让中国的特定行业生产率和能源效率提高1%,其潜力也有让中国的航空、电力、铁路、医疗、石油天然气行业在未来15年节省约240亿美元的成本。到

2030年工业互联网将有潜力为中国经济带来3万亿美元的增长机遇。

2013年发布的《全球创新趋势报告》^[12]显示,中国排名位列第七,来自25个国家的66%的企业高管认为,中国的综合环境非常有利于创新。如,欧美的许多跨国公司开始密集性地在华设立研发机构,涵盖食品、通讯、制药、软件、化工等众多行业。而这些研发中心的很大一部分已不再是地区性的研发基地,而是在全球范围内。这些日益优化的创新环境吸引了更多跨国企业在中国驻足。

中国在工业互联网的布局中自然成了战略重点。例如,GE在航空、医疗、发电、水处理、石油天然气等行业,将继续在中国投资,予以更多的投入。此外,GE还将在中国成立一个软件与分析中心,旨在促进中心和GE在中国各业务集团之间的合作。以最保守的方式估算,未来15年,在中国仅在商用航空领域,节约1%的燃油就意味着节约30亿美元的成本;燃气发电机组能耗降低1%,就意味着节约价值80亿美元的燃料;在穿行于全国铁路网络的运输行业,如果效率提高1%,则意味着节约20亿美元的燃料成本;产业上游的石油和天然气勘探开发的资本利用率提高1%,就可避免或推迟70亿美元的资本支出;中国医疗效率提高1%,就意味着节约40亿美元的医疗成本。

3.3 潜在优势

过去20年,中国在基础设施方面的投资力度非常大,这对中国至关重要。基础设施投资一旦完成,就可通过服务提升各行业的生产率,这给国内企业带来更多机会,工业互联网对于已完成的基础设施投资会产生巨大影响,这是中国的一个巨大优势,更给国内公司和合作伙伴带来巨大商机。

以制造业为例,就目前国内制造业的发



中国科学院

展情况来看,制造业产业的快速升级离不开工业互联网的支持,IT时代的到来能使买卖双方的交易更加透明化,更加方便、快捷,这样不仅有利于降低交易成本,还可增加企业的销售渠道。虽然目前制造业的产品和服务在数字化、智能化和网络化上远远跟不上信息技术发展,但制造业通过加快与互联网技术的融合,“互联网技术+平台型企业”将成为未来制造业企业发展的范式,为制造商和客户带来前所未有的数据、信息和解决方案,并将促进中国制造业的产业升级。在互联网背景下,产品生产与价值的创造日益走向社会化和公众参与,企业与客户间的关系趋向平等、互动和相互影响,制造业应摒弃“闭门造车”的传统。

4 中国发展工业互联网的问题与对策

4.1 主要问题与挑战

创建完整的工业互联网需要具备三大要素:首先要把机器变得智慧化,能够收集各项生产数据与操控设备;其次是数据保存与处理分析能力和数据的安全问题;再次是创新复合型人才的培养。但在这些要素融合发展过程中,都面临一些主要问题和挑战。

第一,机器智慧化涉及的技术和资金问题。GE大量投资安装传感器,就是为了让机器变得“智能化”。但目前技术和资金都是瓶颈。如何让传感器能够适用各种五花八门的新旧机器是其挑战之一。而对企业来说,仅仅看到工业互联网的美好前景,如何具体体现出预期的生产效率提升与经营绩效还需要斟酌。以春秋航空公司目前运营的飞机发动机来说,进行传感器加改装方案的费效比不一定能被公司所接受,需要进一步提高和完善现有数据分析、预测算法。但对于规模较小的航空公司来说,由于受到人力、物力以及经验的限制,还没有进行这种独立研发的能力。

第二,数据保存、处理和安全涉及的有效性问题的。工业互联网的核心价值是对大数据收集后的分析挖掘。在数据保存和处理分析方面,尤其是面对海量的生产数据,管理人员必须找到最关键

的核心数据加以分析,这需要以往生产工艺经验与先进互联网技术技能的融合。否则,大量无效的数据将耗费巨大的人力物力以及传送费用。另外,数据的安全问题也是企业考虑的重点。如何保证有效的数据不被黑客攻击或者出现在竞争对手面前,都需要强大软件的支撑。总之,实施工业互联网的一个重要部分是确定哪些数据仍驻留在设备上以及哪些数据传输到远程地点进行分析和存储。确定本地数据的程度是确保工业互联网以及相关公司安全的重要因素之一。

最后,专业技能人才和复合型人才的缺失问题。人才团队的组建是工业互联网发展的关键要素,这是因为工业互联网的发展归根到底是人在使用设备,最终将信息从智能机器传递到人,让人和机器有机融合。只有组建数据分析挖掘的人才团队,才能真正大幅提高生产效率。目前,人才的缺失是难以解决的问题之一。工业互联网属于交叉性学科的综合应用,包括信息安全技术、网络通信技术、广域自动化技术等融合。而目前我国在培养人才的体系上还处于单一型模式。因此,要想迈向工业互联网,我们还需要更多能专注于分析软件和数据分析的创新复合型人才。

4.2 建议和举措

展望未来,我们期待工业互联网技术的更广泛应用,将驱动工业成本结构中更深层次的有利变化。它将打破竞争平衡,迫使其他产业快速采用新技术,以求生存。在不同产业,工业互联网将以不同的速度发展,对经济的影响将更为广泛。为了实现这个愿景,应关注在以下几方面的建设布局:

一是技术、系统、网络和程序的创新。这意味着工业互联网发展需要具备一些重要的创新要素,包括设备、高级分析方法、系统平台、作业流程等。这些创新需要对部分资源管理系统、产业集群、政府和教育机构进行投资,并能从投资中获得相应的收益,如产业希望获得销售额和客户关系,政府希望获得就业率、税收以及运作所带来的效

率收益,教育机构则希望在创新带来的复杂挑战中吸引学生和经费。

二是基础设施间的整合利用。工业互联网需要一个适宜的主干网。数据中心、宽度频谱和光纤网络都是信息通信技术基础设施的一部分,用以行业和地域之间不同机器、系统和网络的连接。这就需要国家基础设施之间以及内部的结合,以便支持工业互联网数据流的快速发展,高效、节能、有弹性的数据中心对工业互联网的发展具有重要影响。

三是网络安全管理的配套。为实现工业互联网预期的愿景,还需要高效的网络安全制度。网络安全应该具体到从云技术防御策略的网络安全和连接到网络的尖端设备安全两方面考虑,如包括安全流程和控制应设计为多层次的防御,技术供应商、资产所有者、监管机构、国际性组织、学术界等所有的利益相关者应主动成为安全管理的参与者。

四是创新复合型人才的储备。工业互联网的发展需要发现和培养新的具备技术、领导才能的复合人才。例如,应重视数字机械工程师、数据科学家、用户界面专家等技术人才的培养。对于这些技术人才的招揽,企业可尝试通过双赢的方法挖掘现有的原有资源,如营造氛围来提升不同专长员工的能力,也可通过“众包”的方式避免某些能力的欠缺。此外,企业和大学之间在教育系统方面的密切合作(如推进不同的教育合作项目)也可以帮助储备满足需要的数据人才。

参考文献

1 Federal ministry of Education and research. Recommendations for implementing the strategic initiative INDUST-

RIE 4.0. http://www.acatech.de/fileadmin/user_upload/Baumstruktur_nach_Website/Acatech/root/de/Material_fuer_Sonderseiten/Industrie_4.0/Final_report__Industrie_4.0_accessible.pdf.

2 Peter C. Evans, Marco Annunziata. Industrial Internet Pushing the Boundaries of Minds and Machines. November 26, 2012. http://www.ge.com/sites/default/files/Industrial_Internet.pdf.

3 工信部. 信息化和工业化深度融合专项行动计划(2013—2018年). 工信部[2013]317号. <http://www.miit.gov.cn/n11293472/n11293832/n11293907/n11368223/15611783.html>.

4 李佩珊,许良英. 20世纪科学技术简史(2版). 北京:科学出版社,1999,9.

5 白春礼. 世界正处在新科技革命前夜. 科技导报. 2013, 31(7):15-17.

6 杰里米·里夫金. 第三次产业革命. 国际研究参考, 2013, (6):31-34.

7 Paul Markillie. Special Report: Manufacturing and Innovation- A third industrial revolution. The Economist, 2012, (4):1-14.

8 迈尔-舍恩伯格, 库克耶(著). 盛杨燕, 周涛(译). 大数据时代. 杭州:浙江人民出版社, 2013.

9 赵国栋等. 大数据时代的历史机遇——产业革命与数据科学. 北京:清华大学出版社, 2013.

10 Xu X. From cloud computing to cloud manufacturing. Robotics and Computer- Integrated Manufacturing, 2012, (28):75-86.

11 李伯虎等. 再论云制造. 计算机集成制造系统, 2011, 17(3):449-457.

12 GE. GE Global Innovation Barometer. Global Research Findings & Insights. January 2013. http://www.ge.com/sites/default/files/Innovation_Overview.pdf.



中国科学院

Development of Industrial Internet and Deep Integration of Informatization and Industrialization

Li Peinan Wan Jinbo

(Institute of Policy and Management, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190, China)

Abstract This paper describes the development of the new S&T revolution and new industrial revolution, deep integration of informatization and industrialization. It mainly discusses the key elements and applications of the industrial internet, and also analyses the opportunities and potential challenges of industrial internet development in China. Finally, a few suggestions are presented on the problems and challenges faced by industrial internet.

Keywords industrial Internet, S&T revolution, industrial revolution, deep integration of informatization and industrialization

李培楠 中科院科技政策与管理科学所助理研究员,工学博士。主要从事科技发展战略与规划、新兴产业等科技政策研究。E-mail: lipeinan@casipm.ac.cn

(接214页)

陆峰 中国电子信息产业发展研究院互联网研究所副所长,北京邮电大学工学博士,网络信息安全高级工程师,主要从事电子信息技术、智能终端、移动网络、信息安全等领域产业政策研究。参与编写《信息化与工业化深度融合案例选编》、《智慧城市:规划、建设、测评》、《中国信息化发展报告(2012)》、《国家电子政务发展报告(2012)》、《中国信息化发展水平评估蓝皮书(2013)》、《中国信息化和工业化深度融合发展水平评估蓝皮书(2013)》。E-mail: mellowmelon@163.com

樊会文 男,中国电子信息产业发展研究院副总工程师、信息化研究中心主任,兼任互联网研究所所长,经济学博士。E-mail: ccidfan@sina.com.cn