

编者按：8月14日，由中国电子信息博览会组委会主办，中国电子器材有限公司、深圳市平板显示行业协会、中国电子报社承办的第八届中国电子信息博览会（简称CITE2020）开幕论坛在深圳举行。在开幕论坛上，演讲嘉宾围绕新基建、数字经济、信息安全、5G、企业数字化转型、智能终端发展等发表了精彩演讲。本报特刊发演讲嘉宾的主要观点（详见3、4版），以飨读者。

北京大学教授、工业和信息化部原副部长杨学山：

数字经济是工业和ICT技术体系的融合

本报记者 张一迪

8月14日，由中国电子信息博览会组委会主办，中国电子器材有限公司、深圳市平板显示行业协会、中国电子报社承办的第八届中国电子信息博览会开幕论坛在深圳举行。北京大学教授、工业和信息化部原副部长杨学山发表了题为“为数字经济创新发展基础”的开幕演讲，分享了他对于如何认识数字经济以及数字经济应该打造什么样基础的观点。

三个层面 深入理解数字经济

目前我国数字经济发展还处在早期阶段，整个社会要从工业经济转型到数字经济还有很长的一段路要走，而且整体上是不平衡的，无论国外还是国内，发展都是不平衡的。

若要高效推动我国数字经济发展，首先要全面深入地理解何为“数字经济”。

杨学山认为，完整地认识数字经济需要从三个层面深入理解。第一，要从经济层面来看，要认识到数字经济是一个新的经济形态，就像农业社会的农业经济、工业社会的工业经济，数字社会也一样，这个社会的经济形态叫做数字经济，并不是说它就是数字的经济，就是ICT的经济，或者说是网络的经济，智能的经济，而是一个经济形态。

第二，要从市场角度去分析，要认识到数字经济高增长背后的两

个主要原因。“数字经济为什么重要？因为它最活跃，增长最快。”杨学山说道。他认为，数字经济最活跃、增长最快背后有两个重要原因，一是数字资源在整个经济社会发展中起到引领作用。二是ICT在整个经济发展的技术体系里具有积极的带动作用。所以这两个因素使得数字经济在以后的发展中变得极其重要。

第三要从数字经济的内部结构来看。数字经济内部结构可大体分为两部分，数字产业化和产业数字化。杨学山指出，数字经济的主体是产业数字化，而且这一部分的比重将持续增加。无论是互联网行业、电信业还是电子信息都要成为其中的一个部分。

从杨学山在演讲中提供的数据来看，按主营业务收入划分，对比互联网行业、电信业、软件及信息技术服务业、电子信息制造业这四部分数字产业化内部结构，电子信息制造业收入约11.5万亿元，占比最高。

那么从全局上来看，如何才能实现真正的数字经济？杨学山指出，数字经济不能理解为数字的经济、网络的经济、智能的经济，不是研究经济中的局部，而是讨论如何从当前的经济形态走向新的形态。

助推工业经济 走向数字经济

我国已经历了从车轮上的国家到连在网上的国家的过程，现在是要将车轮、网络、数字、智



“我国走向数字经济,它的技术体系是工业和ICT基础核心融合在一起,形成一个新的技术体系,这是真正支撑我们社会变革的技术体系。”

能合在一起，建设共同支持广泛事务的数字经济基础设施。谈到现有经济形态向不断发展的数字经济形态迈进时涉及的重点因素，杨学山认为首先就是基础设施。无论是农业经济还是工业经济，背后都有相应的基础设施在做支撑。基础设施为社会所用，其中有助于提高社会发展整体效率的部分就叫做基础设施。所以从工业经济走向数字经济一定要伴随着新的基础设施变革。新基建中的七个领域有七个发展方

向，而这七个方向实际上都是朝着这个构建数字经济基础设施的方向行进的。

工业基础设施分为两个阶段，前期叫2.0，后期叫3.0。新基建包括的七个领域里有一大部分是在3.0的基础上向前进，也就是说需要更加先进的工业基础设施和信息基础设施交汇起来，或者说以数字经济的基础设施、经济社会和政府治理的有效使用为基础的信息流，这些就是新的基础设施。沿着这条道

路一步一步发展起来，连接起来，才能真正使得经济社会的发展走在一个新的、更高的平台之上。

工业技术携ICT 共推数字经济

谈及数字经济中数字技术的部分，杨学山表示，数字经济与ICT紧密相关，包括人工智能、轨道卫星、自动驾驶等所有技术的基础核心永远是ICT，没有核心技术，这些技术都发展不起来。基础的网络技术、芯片和计算机系统构成的处理能力、基础软件和系统软件，以及重要的应用软件，共同构成了数字经济中数字部分的核心。此外，安全技术是不可或缺的。“没有这些核心基础技术，新一代IT根基就没了，这是支持数字经济数字部分核心的技术。”杨学山强调。

然而，走向数字经济也不能单纯押注在ICT上，需要发展和原来的工业技术融合在一起的技术。从今天的经济走向未来的经济，这其中需要一个系统。这个系统既囊括了人的认知能力和感知能力，也把机械运动的部分由系统来控制。

基于模型的系统工程是实现数字化转型，融合创新、软件创新的方法论基础，也是技术基础。

杨学山认为，从农业社会过渡到工业社会，中间系统是可以忽略掉的，但是工业社会行进到数字经济时，上面提到的系统就是不可忽略的了。“因为农业中我们使用的工具是通过工业技术生产的，而且农业往后发展是要走向工

厂化、工业化的，所以我们可以把农业那部分忽略掉，但是数字经济不能把工业部分忽略掉。”杨学山解释道。

工业技术的部分是永远存在的，就好比基础学科，化学和物理是可以共同发展的，它们是融合的技术。

杨学山强调，在往后融合的过程中，千万不要忘了工业技术，忘了化学和物理，这是一个重要的变革。

我国走向数字经济，它的技术体系是工业和ICT基础核心融合在一起，形成一个新的技术体系，这是真正支撑我们社会变革的技术体系，而不仅仅是或者说不只是ICT单独作为一个新的经济形态的技术体系。

杨学山指出，从今天走向未来经济形态的时候，要记住一个极其重要的事情，不论是制造什么产品、打造什么基础设施，还是优化农业生产，我们都需要把新的技术、新的要素加到原来的部分去，构成一个系统，然后在这个系统上进行全面的分析。技术是什么？我们的系统技术从工业1.0到工业4.0，最后的4.0是基于模型的系统工程，也是知识为基础的系统工程。构成模型之后才有要用什么样的要素、用什么样的算法、要实现什么样的功能，所以千万不要忘记，我们走向新的形态是一次重大的变革，而变革用方法论的角度看是系统工程的方法。从技术的角度看，我们是以模型为基础、知识为基础的系统工程，这样一个接一个的具体环节才能从今天走向明天。

中国工程院院士张平：

5G新基建要做生态建设

本报记者 刘晶

8月14日，由中国电子信息博览会组委会主办，中国电子器材有限公司、深圳市平板显示行业协会、中国电子报社承办的第八届中国电子信息博览会开幕论坛在深圳举行。中国工程院院士、北京邮电大学教授张平发表了题为“协同创新发展新基建”的开幕演讲。张平表示，发展5G新基建意义非常重大，这是全球竞争的焦点，我们在发展5G新基建中需要进行顶层设计，对需求、频段和适应性技术统筹考虑。

加大基础研究力度 推动新基建实施

“新基建”是今年的热门词。张平说，全球经过了三次工业革命，目前正在进行第四次工业革命，第四次工业革命的核心是基于信息物理融合系统实现，主要由5G、人工智能等新一代信息技术构成，也可以称之为“互联网+”时代下，与信息业融合的制造业。

党中央对此也早有部署，ICT与实体经济融合是国家创新发展的必由之路，也是我们的战略。习近平总书记在党的十九大报告中指出，推动互联网、大数据、人工智能和实体经济深度融合。目前也采取了很多措施进行推动，这些措施中一个关键词就是“加快”。今年6月份，中央全面深化改革委员会会议上强调：加快推进新一代信息技术和制造业融合发展。张平说，它意义非常大，需要我们以长远的发展思路进行系统性建设，使数字经济和实体经济实现融合发展。

在今年4月份国家发改委的报告中,将新基建归成三个类别:第一类信息基础设施,包括在通信网络上发展5G、物联网、工业互联网、卫星互联网,在新技术上发展人工智能、云计算、区块链,在算力上发展智能计算中心、数据中心;第二类是融合基础设施,推动行业转型,支撑传统基础设施转型;第三类是创新基础设施,发展能够支撑科学研究、技术开发、产品研制的具有公益属性的基础设施。

张平说，在创新方面，我们国家在国家实验室和新的基础创新上有大的部署，国家实验室实际上就是针对基础研究来做创新，这是新科技发展的“第一公里”；目前整体发展是在靠近应用的“最后一公里”做得比较好，这实际上是一个倒三角。

“从今天我们所做的部署和整个产业的努力方向来看，在经过5到10年的努力后，我觉得非常有信心真正做成应用基础和应用协同发展方式，而且可以通过‘新基建’来推动实现。”张平说。

新基建面临差异化挑战 5G服务行业要重实效

张平认为，新基建面临的挑战主要体现为大、异、碎、散。

“大”是指连接大规模，到2025年将新增10亿个工业物联网连接；“异”是指服务差异化需求多，我国是全世界制造业里面产业最齐全的，基本上别人有的我们都有，希望通过ICT把需求各异的企业融合起来，确实是很难的事情；“碎”是指多种网络资源的碎片化分布；“散”是威胁分散化，



“在5G新基建中,要做生态建设,不仅对国内开放,对不同行业开放,也对全世界开放,在理论、技术、工程、产品方面都贡献我们的力量。”

传输网络安全边界被打破，不同物理位置和网络层级的设备联网后会产生更多攻击点。特别是这些因素与生产结合起来，威胁就更大了。

5G主要提供三大场景的能力，包括大带宽的、海量机器通信的，还有工业上可用的高可靠低时延的场景。从5G能力来讲，关键是5G频谱的利用率得到了提高。从技术上看，5G网络在空口技术和网络架构上都有很大进步。空口技术上，出现了大规模天线阵列、超密集组网、新型多址接入、全频谱接入等；网络架构上，引入了边缘计算、按需提供网络功能、云化基础设施和网络切片。

张平认为，这是5G网络能够提供的能力，但它用在各个垂直行业中仍然要解决行业的差异化需求。例如在通信需求上，一是速率差异大，每路视频速率达到百兆bps，但巡检数据只有Kbps，控制信号的速率更低；二是时延动态大，实时处理的图像、视频信号是小于100毫秒的；控制时延要求小于10毫秒，授时的时延则要小于10微秒；三是连接数量大，海量并发连接，大型制造类企业同时连接、在线接入的设备数量可达数十万台；四是可靠要求高，现有控制主要基于有线通信方式，无线的可

靠性如何保证，是否需要做到99.99999%？这种差异化表现在对数据的需求上，则是对数据的有效性、一致性、安全性的要求。

5G提供的网络服务，对工厂来说一定要足够方便，越简单越好，让企业的成本压力越小越好。各种各样的接入云，要支持把问题在网络的边缘做处理，而不是都传给后台处理，这既增加时延又增加成本。

“新基建”和垂直行业的应用主要有几个方向，一是类似大脑的IT技术；二是运营技术OT，这是工厂企业赖以生存的壁垒技术；三是通信技术，即CT；四是OT技术如何在物理实体中与CT技术结合。张平说，现在做的CT技术也是向着满足这种需求的方向来发展。

提高网络开放性和定制能力 充分发挥5G技术优势

5G应用有两个主要的领域：一个是面向信息消费者的5G，这主要依靠规模经济，使用的人越多越赚钱；另一个是面向行业和企业

的5G，应用场景特别多，我们国家差不多有900多种，世界上有的我们都有，因此要适应个性化、定制化需求，而且为工厂做服务，要越便宜越好、越解决问题越好，而不是越复杂越好。

大数据的智能无线网络：要向第三方软件开放接口，制定、推进接口及相关API标准化定义，探索开源解决方案。小基站会成为重要节点，小基站的组成部分可以重构，包括芯片重构，软件、硬件重构，解决“缺芯少魂”的现象，而且这对我们来说实现起来并不难。

5G在技术上的创新点是提高了频谱效率，要提高频谱效率有各种技术，包括空口技术和网络技术。其中一个关键技术就是通过天线技术的提升，我们实现了5G的频谱效率比4G的频率效率提高了3倍。

张平说,理论证明,频谱效率的提高与天线数目有直接关系。3G到4G使用了MIMO天线,使频谱效率提高了3倍;从4G到5G,从原来的MIMO发展成大规模MIMO,再次提升了3倍效率。在无线通信中,天线数量变得越来越多。理论证明为实现3倍频谱效率的提升,需要在基站侧增加上百根天线。因此天线逐渐扩展,首先是2D水平扩展,然后创新发展成为3D立体扩展。

今天,中国5G已经在宏观环境、标准专利、市场优势和产业链关键环节上全方位布局,并跻身世界第一梯队。我国预计在Sub 6G频段部署支持混合组网的模式,在实现良好覆盖的同时,有效支持车联网、工业互联网等垂直行业应用。

“发展5G新基站意义非常重大，这是全球竞争的焦点。我们在发展5G新基建中需要进行顶层设计，对需求、频段和适应性技术统筹考虑；在5G新基建中，要做生态建设，不仅对国内开放，对不同行业开放，也对全世界开放，在理论、技术、工程、产品方面都贡献我们的力量。”张平说。