

推进数字基建·释放经济新动能

# 把握数字基建新机遇 积极推进软件定义基础设施建设

北京大学计算机科学技术系教授 郭耀

中共中央政治局常务委员会3月4日召开会议，明确指出“加快5G网络、数据中心等新型基础设施建设进度”。软件是人类文明在数字经济时代最为主要的载体和展现形式，在信息技术产业具有核心地位，既能作为数字基础设施的重要组成部分，也在重新定义传统基础设施的类别、形态和边界，持续放大对经济建设、国家治理、民生改善的赋能作用，为推动实现高质量发展提供新引擎。

## 软件定义基础设施的概念及内涵

进入21世纪以来，随着互联网、大数据、人工智能等技术的迅速发展与全方位渗透，全球各国基础设施已经基本进入了数字化时代，包括能源、交通、水利、市政等传统基础设施的数字化和网络化也基本完成了布局和建设。近年来，信息技术正在进入新一轮变革，对智能化的需求已经进入了崭新的阶段，对基础设施的新一代信息化建设，特别是底层数据与资源的互联互通和上层应用的灵活构建提出了新的挑战。

软件是信息技术的灵魂，通过“软件定义”可以对计算机系统、计算机网络或数据中心等进行重构，实现下层资源的融合管理与上层应用的灵活构建。软件定义不仅可以应用于计算机和信息化系统，也可以对传统基础设施进行重构，通过构造面向不同领域的泛在操作系统，打通传统基础设施系统之

● 软件定义可以帮助数字基础设施从一开始就拥有高度灵活的信息系统架构

● 通过软件定义对能源、交通、水利、市政等传统基础设施进行重构，可以促进传统产业的智能化升级

● 软件定义基础设施将体现为多层次协同的系统工程

间的信息孤岛，促进全面、灵活、智能的基础设施管理和新型应用成为可能。

软件定义基础设施不仅仅是运用软件来管理基础设施，还是利用软件为基础设施构建像计算机操作系统一样的全方位的“数字大脑”，使之可以像计算机和信息系统一样实现灵活的互联互通，进一步促进基于基础设施的应用开发。

软件定义基础设施的本质，是运用软件对基础设施进行物理资源互联互通和应用开发支撑平台的重构，赋予更多功能，创造更高价值，使其提供更为开放、柔性、智能的管控、调度、研发及应用服务。一方面，软件定义可以使5G、人工智能、工业互联网、数据中心等数字基础设施从一开始就可以拥有高度灵活的信息系统架构，引领我国在相关领域的创新地位；另一方面，通过软件定义对能源、交通、水利、市政等传统基础设施进行重

构，也可以促进传统产业的智能化升级，通过跨越式发展超越欧美国家老一代的基础设施信息化系统，引领基础设施的智能化“软件定义”新趋势。

## 软件定义基础设施的实现途径

软件定义基础设施将体现为多层次协同的系统工程。对下连接各类硬件设备，汇聚海量数据资源，实现统一标准的接入、采集和管理；中间提供集计算、存储、开发等多种能力为一体的虚拟化平台，沉淀业务机理，构建知识模型；向上提供定制化服务和面向不同具体场景的创新应用，打造以软件为核心的智能生态体系。具体来讲，软件定义基础设施主要涵盖如下内容：

一是面向基础设施的资源与能力抽象。针对不同领域的基础设施的各类硬件设备和资源提供统一的抽象方法，构建相

应的标准化接口，实现统一标准的接入、采集和管理功能。

二是面向基础设施的泛在操作系统。为不同领域的基础设施构建“数字大脑”——泛在操作系统，通过对底层资源的标准化管埋实现互联互通，通过向上提供灵活的应用开发接口。

三是基于软件定义基础设施的应用平台。丰富的应用平台是信息系统赖以生存和发展的基础，建立在泛在操作系统之上的应用构建、分发和运行平台将成为软件定义基础设施实现智能化管理的关键。

四是面向软件定义基础设施的开放生态体系。传统的信息化系统采用的典型封闭式体系阻碍了真正的互联互通与智能化，通过软件定义建立安全可信、保护隐私，同时又能够提供灵活多样服务的开发生态体系，才能真正推进数字基础设施的智能化升级。

## 软件定义基础设施的重大工程

无论是数字基础设施的软件定义化建设，还是传统基础设施的软件定义化改造，都需要克服一系列的政策和技术挑战，突破本位主义和保护主义壁垒，坚持顶层设计与具体实施相结合，采用技术突破、系统研制、全面建设的分步实施战略。

一是突破软件定义基础设施的一系列关键技术。包括面向基础设施的软件定义编程语言和基础架构，面向基础设施的泛在操作系统结构、运行机理与构造方法，面向基础设施的泛在应用开发、发布、管理、运行和维护技术，面向基础设施的软件定义安全性与隐私保护机制等。

二是构建软件定义基础设施的工具链与开发运行平台。包括面向基础设施的资源管理与共享开放工具与平台、面向基础设施的软件应用开发工具与平台、面向基础设施的应用运行管理工具与平台、面向软件定义基础设施的开源社区等。

三是针对典型场景、构建软件定义基础设施的标准研制及典型参考实现，包括但不限于面向5G和数据中心等领域的数字基础设施的软件定义化建设方案与参考实现，面向能源、水利等传统基础设施的软件定义化改造方案与参考实现，针对软件定义基础设施的一系列标准规范的研制。

最终，通过5到10年的建设，实现全行业基础设施的软件定义化建设和改造，推动全产业链基础设施智能化升级。

## 安全芯片护航国计民生

(上接第1版)苏琳琳表示，安全芯片曾经以高可靠性为核心竞争力，但要满足物联网的部署需求，需要同时兼顾高性能和低成本。王鹏表示，在物联网场景下，终端核心通信芯片内置密码算法，对产品小型化和成本优化，都大有好处。

目前，华大电子推出了针对智能家居、智能安防、智能表计、智能交通以及车联网等场景的物联网安全芯片产品及解决方案，产品累计出货量达到上亿级。紫光国微也推出了智能家居、车联网等方案，旗下紫光同芯的THD89系列通过了金融级和车规级认证，支持商用密码算法。翱捷科技在物联网和泛智能终端芯片领域，都具备完整的软硬件安全和商用密码支持能力，可以为下游客户提供安全终端芯片解决方案。

## 新基建带来新挑战

5G、人工智能、工业互联网等新基建项目的加速部署，为安全芯片开启了新的应用场景，也带来了新的挑战。

5G有三大典型应用场景，增强型移动宽带(eMBB)、低时延高可靠通信(uRLLC)、大规模机器类通信(mMTC)，都对安全加密有更高的要求，特别是后两者，对终端处理能力和性能要求相当敏感。王鹏表示，只有在芯片底层硬件内置相关的密码算法引擎，才能更好地确保通信性能和安全加密性能的均衡实现。

“5G的应用会有大约80%是行业场景，对于智能家居、金融支付、物联网、工业互联网等场景，有必要加强商用密码算法的进一步普及和规模应用，实现产业链良性循环，形成对信息及数据安全、应用与服务安全的坚实支撑。”王鹏说。

工业互联网对安全芯片的要求有三个方面。一是工业数据确权、交易和治理相对于消费数据更为复杂，对安全芯片的算法机制提出更多考验；二是工业控制对于芯片时延、功耗、灵活性要求更高；三是对芯片可靠性要求更高。苏琳琳表示，工业环境对终端的标准和要求非常严格，工业环境中往往会遇到低温、高温、高

湿、强干扰、强震动等，都会给设备的安全、稳定性带来挑战，安全芯片必须满足能够在工控环境下稳定、安全使用的要求。

AI是数字经济时代的“水电煤”，对安全芯片的性能提出挑战。马靖表示，安全芯片要符合商用密码算法的技术规范，满足温度、湿度等环境参数要求，还要结合应用领域对芯片功能、性能及可靠性的特定需求。以AI为例，一款安全芯片要成为支持AI处理的芯片，在保护AI算法知识产权的基础上，对安全芯片的性能要求也是一个飞跃。

“安全芯片在可靠性的每一步跨越都是非常大的挑战，从消费级到工业级再到车规级。”马靖说。她表示，目前华大电子安全芯片已在国计民生的多个应用领域实现规模应用，其中带商用密码的安全芯片更是大批量出货。针对新基建的新场景和新挑战，华大电子将结合国计民生重点领域和自身业务方向，持续加强布局。

“尽管《中华人民共和国密码法》已颁布实施，但是在物联网领域，由于缺少行业安全规范，基于商用密码算法的安全芯片在物联网领域的应用推进进展缓慢；作为安全芯片企业，华大电子正积极推进商用密码算法在物联网领域的应用推广，但力量有限，希望行业主管部门能从规范和标准方面多引导商用密码算法的应用。”马靖表示。

苏琳琳也表示，紫光国微将继续提供系统可信根、数据安全存储，保障安全运行以及安全连接，从硬件层面对终端设备进行完整保护，为5G、AI、工业互联网等新基建重要领域构建安全隧道。

对于商用密码安全芯片的发展，王鹏提出了两点建议。一是突出市场和需求引导，对物联网、金融支付、智能家居、工业互联网等应用场景，加强商用密码算法的应用需求牵引和产品市场导向。二是注重软硬件协同的产业链和生态链建设。在相关基础软件环节上，同步加强软硬件协同工作，为上层应用和服务创造更为便捷的开发环境和产业支持。他表示，翱捷科技会发挥技术优势，积极贡献自己的一份力量。

(上接第1版)所以，这些年，虽然国产基础软件发展有了长足进步，并且在政务市场有了较好拓展，“但是整体上国产基础软件企业在全量市场上(规模市场)的市场占率依旧惨淡，由于长期缺乏基本的用户量来校验和完善自己的软件产品，企业一直陷入这个恶性循环无法自拔，软件产品的性能、可靠性、稳定性、易用性无法得到提升”。中国开源软件联盟副秘书长宋可为在接受《中国电子报》记者采访时表示，基础软件或平台软件必须在一个千万级的用户市场上才有可能发展壮大，除了完善自身外，更需要一个完整的产业链。

宋可为告诉记者，眼下国产基础软件在产业链中尚未处于领导地位，一是从企业、产品等多方面缺乏知名度和美誉度；二是多数市场均是以需求为导向的，因而缺乏用户粘性；三是因采用了不同的架构、语言，执行不同的指令集或标准，用户往往需要支付巨额的应用迁移和学习成本；四是中小企业必须追求稳定的现金流，以中短期项目为主，现阶段以电子政务为代表的市场对于中小企业犹如空中楼阁，既要求繁复的企业和产品资质，又需要中小企业在国产软硬件上投入巨大的技术力量和人力来兼容适配，在项目实施和部署过程中维保工作繁重，而账期又比较长。因此现阶段国产基础软件的发展，尚不能拉动产业链相关企业，尤其中小企业。

金山办公董事长葛珂表达了相似观点，目前虽然中国基础软件在众多单点技术突破、功能实现等已经取得非常大的进步，但依然面临生态产业链成熟度不足、生态兼容性不高、整合力度不高等挑战，如何从基于政策规划指导以及实验室的技术突破，走向广泛的市场化应用，尚有距离。

## 要具备“软件定义一切”能力

眼下，中国的基础软件产业发展迎来了新一轮的利好机遇。

一是全球软件产业开启了新一轮的“变奏”。每一次软件产品的形态和商业模式突变，都会给产业发展带来新的“窗口期”，全球软件产业的发展，在经历了小型机的“硬件附属”阶段、PC时代的“独立软件产品”阶段、互联网+时代的“软件即服务”阶段之后，现在正进入数字经济时代的“软件定义一切”阶段。

在软件定义的时代，作为数字基建的基础软件平台，将引入新的软件形态、催生新的软件架构，并需要采用新的执行模型以及新的交互方式。梅宏院士表示，在人机物融合的环境下，万物皆可互联，一切均可编程，正在成为信息化的主要发展脉络。随着人机物融合环境下基础设施资源发生的巨大变化，软件定义正在逐渐走出信息世界的范畴，在内涵和外延上均取得了新的发展，面临着新的机遇。软件定义不再仅限于计算、存储、网络等传统意义的基础硬件资源，还覆盖云网端的各类资源，包括电能、传感、平台、应用等软硬件与数据和服务资源等。与此同时，软件定义正在向物理世界延伸。在“工业互联网”“工业4.0”的发展蓝图中，软件定义将成为核心竞争力和支撑技术。伴随着软件定义的泛化与延伸，软件将有望为任意物理实体定义新的功能、效能与边界。

二是出现了新市场机会，出现了新的土壤，物联网时代以及产业互联网时代的到来，开启了无数新的场景，提出了无数新的需求。

张晓先表示，从大的市场环境看，基础软件虽然是一个非常成熟的市场业态，但是在下一代智能计算、人工智能、万物互联领域也遇到了新的机遇和挑战。比如在智能网联车、工业互联网、智能制造等应用场景中，都要求基础软件、平台软件进一步创新，以满足需求。

就汽车产业而言，信息技术和互联网技术的不断渗入使传统的汽车正在向智能化、网联化转变。在这样的产业和市场环境下，基础软件面临的机会和挑战是空前的。一方面，我们有机会在新技术、新架构、新市场的过程中，通过基础软件的产品创新、业态创新积极参与到这个变化和演进中，在未来软件定义汽车的大趋势中对汽车产业做出更大的贡献。另一方面，传统的控制软件、嵌入式软件技术需要适应于新的世界，汽车控制软件、嵌入式软件与互联网和人工智能技术的结合是历史上从未有过的技术挑战，需要汽车企业、基础软件企业、新兴科技企业通力合作，共同应对这样的挑战。这将让全球的基础软件企业站在新的同一起跑线上。

事实上，每一次软件产品形态、交付模式以及技术架构的变迁，都来自于需求的驱动，并与需求同步变化。就像互联网+时代的到来，因为

传统的数据库形态无法满足包括阿里巴巴、亚马逊等电商巨头高速成长的业务诉求，才催生了阿里与亚马逊自研能够更好满足互联网场景需求的分布式数据库。最近亚马逊宣布采用自研的分布式数据库替换了甲骨文数据库，由此真正开启了阿里云与亚马逊AWS提供分布式数据库的云服务大幕，一直以来“撬不动”的传统数据库市场，因为互联网+时代的到来，“开始松动”并“此消彼长”。

今天，我们正在从消费互联网向产业互联网推进，真正迈入“数字经济”时代，包括智能网联汽车、智能制造、智慧城市等万物互联网的新应用场景，必将要求软件真正具备“软件定义一切”的能力，软件产业原来的那一页，面临“翻篇”。

## 我国软件业迎来重大“时间窗口”

有了变局的土壤，有了变局的“时间窗口”，中国的基础软件应该怎么做？

“要有产业链思维，用产业投资产业。”宋可为认为，要让有产业链影响力的企业投资和带动基础软件产业发展。由硬件企业投资基础软件企业，旨在提供紧耦合高度优化的软硬一体化的产品，充分发挥软件、系统和基础软件的整体优势，如苹果；由应用厂商投资整合基础软件企业，旨在为企业提供高性价比、高可靠的底层平台，如阿里和Google；在金融、能源、电信、军工等领域同样需要基础软件平台与独特的应用环境进行深度耦合。

陈启发也谈及了类似的观点，他说：“应该用高质量的应用软件拉动高质量的基础软件。如果仅基础软件厂商群体自身闭门造车，脱离终端客户的体验，是很难快速获得市场效益的，应该通过政策鼓励更多国内如金蝶、用友、东软一样的应用软件领导厂商直接进入基础软件领域，或者强强联合，用高质量的应用软件带动高质量的基建软件共同发展。”

应该说在这一轮软件定义的各个新场景中，工业物联网是最具难点也是最需要突破的关键市场，工业基础软件的生态怎么建？从哪里切入？

廖湘科院士表示，需要吸收“互联网+”发展模式的优点，把传统工业的“重资产”发展模式，向掌控产业生态链的“轻资产”模式转变，要关注高端制造，关注产业标准、数字标准的

建立，关注软件、大数据与业务流程的深度融合，构建以高端制造、数据与软件为核心的产业技术体系，掌控基于全球、全国优势资源配置的产业供应链、服务链，实现工业企业的“+互联网”和互联网企业的“互联网+”发展模式的融合。

而在万物互联的“软件定义”时代，有大量各种各样的新应用场景，所以中国软件评测中心副总工黄江平表示，要加强行业生态圈的建设，以医疗领域为例，首先主管部门应大力加强对医疗行业自主研发企业的政策支持和引导，这是非常必要的；其次，加强核心医疗企业联盟，一起承担从主机、操作系统、数据库、中间件、应用系统和服务整个链条，实现良性的闭环生态圈建设。

梅宏认为，要推动“软件定义”的基础软件，需要在技术维度进行创新以解决这些问题，包括体系结构设计决策问题、系统质量问题、系统安全问题、轻量化的虚拟技术问题、原有系统到软件定义系统平滑过渡问题等，打造高度自适应的智能化软件平台，这是什么会存在体系结构设计决策问题？梅宏表示，软件定义本质上需要对其管控的资源进行抽象，因此需要在体系结构角度来合理地划分和选择受管元素的“粒度”和“层次”。特别地，随着软件定义的泛化，如何界定软、硬件的功能划分，并组装、配置相应元素，是值得探究的问题。

“投资和推动基础软件关键还是人才。”宋可为表示，投资一个产业，看趋势，投资一个企业就必须看人。如果要对基础软件产业做全赛道投资，请务必关注一下业内的研发型开源社区和研发型创业团队，他们是未来产业的中流砥柱，在不同的公司都将发挥核心作用。陈启发表示，要成体系地支持国内开源组织与个人开发者，他们才是最有力、最有创造力的群体。

在这次采访中，几乎所有受访的企业家都谈及了开源社区与个人开发者，进一步强调了其重要意义，而这个维度一直是中国软件产业的短板，或者说这个维度没有得到更多的关注。事实上这个维度的重要性，我们看发生在微软身上的故事就可以很好理解开源社区与个人开发者的的重要性，一是微软CEO萨提亚大踏步地拥抱开源，二是微软花75亿美元收购了程序员进行源代码托管的“私有仓库”GitHub。