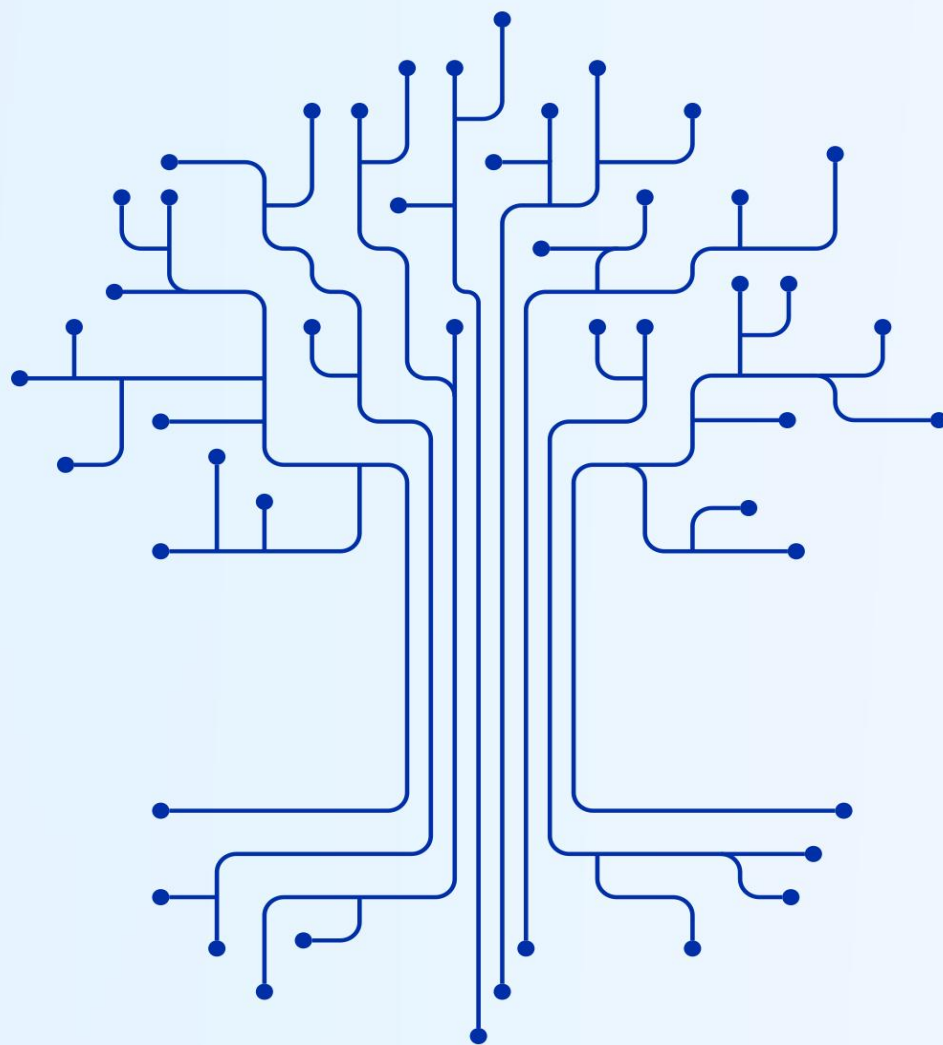


中国软件根技术发展白皮书

White Paper on the Development of Software Root Technology in China


基础软件册

2021



CSIA 中国软件行业协会
China Software Industry Association

 **OpenEuler**

 **openGauss**

 **[M]^s 昇思**

中国软件行业协会 编

序 言

在数字经济时代，数据是生产资料，算力是生产力。如同在物理世界里电力是生产力，数字世界里算力是生产力。人均算力代表着数字经济的发展水平，按照人均算力的维度，中国在全球排名中等，仍有巨大发展潜力。事实上，新基建就是数字基础设施的建设，未来，围绕算力的数字基础设施建设，可以为数字经济高质量发展提供新动能。

数字经济的基础建设包括基础的软硬件平台，从中国软件产业发展角度看，应用软件是我国的优势，但是操作系统、数据库、中间件、AI 框架等作为软件发展之源的基础软件则相对薄弱。所谓根深才能叶茂，坚持基础软件的创新才能构建持续发展的基石，才能持续使上层应用百花齐放，推动数字经济的发展。

本文所提到的根技术不是一个纯学术的概念，而是从软件产业链的角度，将整个软件产业体系形象的比喻成一棵大树，处于产业链最基础部分的技术我们称之为根技术，就像是大树的根部一样，能支撑起整个产业体系的发展壮大，由此形成的产业称之为根技术产业；而在根技术的基础上，依赖于根技术开发出来的各类专业的应用，我们称之为应用技术。

习近平总书记在中共中央政治局第三十四次集体学习时强调“要全面推进产业化、规模化应用，重点突破关键软件，推动软件产业做大做强，提升关键软件技术创新和供给能力。”根技术

概念的提出，有利于产业界迅速聚焦攻关方向，便于产业资源的集结和对关键技术重点突破。我们希望产业界能够达成共识，形成以根技术为导向的社会资源配置体系和自主可控的产业体系。

从广义上来讲，软件的技术体系种类繁多，从不同的产业链节点视角来看，根技术都不一样。例如：AI 技术、大数据技术、工业互联网技术、云技术、区块链技术等，不同的产业门类有不同的根技术。本文专注于基础软件领域，具体来说就是操作系统、数据管理、中间件和编程语言。

通过壮大根技术来发展壮大我国软件产业体系，是本文提出的核心目标。在软件领域引入根技术也是本文的一个尝试，希望各界能够接纳这个概念并达成共识，形成以根技术为导向的创新热潮。



目 录

一、软件根技术——基础软件.....	1
（一）软件根技术的特点.....	1
（二）软件根技术多点突破与聚焦.....	2
二、全球软件产业竞争格局和发展态势.....	3
（一）操作系统、基础软件领域美国一家独大.....	4
（二）数据库市场国外品牌霸主地位难撼动.....	5
（三）国外中间件厂商占据市场半壁江山.....	7
（四）网络化、平台化和服务化成为产业形态新趋势.....	8
（五）工业软件领域欧美占据绝大部分江山.....	10
（六）安全软件领域美欧日领先.....	11
（七）应用软件领域我国挤进前三.....	11
三、全球基础软件根技术发展现状和特点.....	13
（一）微软仍占据桌面操作系统主流.....	13
（二）Wintel 生态体系的完美构建铸就双寡头格局.....	13
（三）开源和生态成为软件研发模式的主流.....	14
（四）移动互联网根技术的兴起.....	17
四、软件根技术的争夺已经成为未来主导世界的焦点.....	19
（一）基础软件根技术主导产业和社会形态.....	19
1. 基础软件根技术已经成为智能社会的基础设施.....	19
2. 基础软件根技术经济正在迅速崛起.....	19
3. 基础软件根技术经济体的形成.....	22
4. 资源高效配置的重要途径.....	23
（二）基础软件根技术壁垒与国际竞争力.....	24
1. 争端政治化趋势明显.....	24

2. 成为国家间竞争的焦点.....	24
3. 根技术规则的建立.....	25
4. 成为国际政治与外交的重要组成部分.....	25
(三) 基础软件根技术推动全球治理从硬治理走向软治理.....	26
1. 促使社会治理体系发生重大变化.....	26
2. 带动以“数字化治理”为代表的治理能力提升.....	27
3. 推动以“网络化治理”为特色的治理体系完善.....	27
4. 引领以“人性化治理”为方向的治理模式产生.....	28
(四) 基础软件根技术重塑软件创新体系.....	28
1. 基于根技术的“产业公地”兴起.....	28
2. 创新资源向根技术汇聚.....	29
3. 根技术生态正在开启大众创业万众创新时代.....	30
(五) 基础软件根技术与国家安全.....	30
五、我国基础软件根技术发展的基本判断.....	31
(一) 基础软件根技术迎来重大洗牌阶段.....	31
(二) 我国基础软件根技术存在 5 到 7 年的窗口期.....	31
(三) 操作系统竞争格局初定，国产操作系统快速适配.....	34
(四) 以鲲鹏计算产业为代表的根技术生态初具规模.....	34
(五) 平台化成为国产中间件重要发展方向.....	38
六、基础软件根技术发展特点和发展路径.....	40
(一) 操作系统竞争最为激烈.....	40
1. 通用型 OS 已被国际巨头占据先发优势，加快构建壁垒.....	40
2. 基于开源模式的产业生态系统渐成气候.....	42
3. 跨终端、云驱动、场景化成为操作系统的发展趋势.....	43
4. Linux 的 OS 发行版热度较高.....	46
(二) 数据库技术和产品趋于成熟和完善.....	50

1. 数据成为重要资源和战略资产.....	50
2. 全球数据库市场增速较快.....	50
3. 我国数据库市场增长强劲.....	52
(三) 中间件正迎来新一轮的布局和洗牌.....	52
1. 国际市场竞争逐步集中.....	52
2. 国内市场增长强劲.....	54
3. 大数据、云计算、物联网为中间件行业提出更高的要求.....	56
(四) 编译器和编程语言越来越被重视.....	58
1. 编译器的重要性.....	58
2. 国内外的编译器生态之比较.....	59
3. 编译器和编程语言的发展态势.....	60
(五) 市场、开源、政策、产权成为我国基础软件突围的四大支撑.....	65
1. 操作系统需要政策支持和软硬一体化的生态.....	65
2. 统一技术路线和推进重要系统应用相结合发展数据库.....	66
3. 云化、平台化和移动互联网应用是中间件发展的方向.....	67
4. 产权保护、注重社区、基础研究是编程器和编程语言发展的三个支撑.....	68
七、我国基础软件根技术发展之路.....	70
(一) 坚持开源.....	70
(二) 注重生态.....	71
(三) 政府先行.....	73
(四) 价值体现.....	74
(五) 机制创新.....	75
(六) 人才保证.....	76
(七) 扩大市场.....	77
(八) 国际交流.....	78

一、软件根技术——基础软件

（一）软件根技术的特点

技术发展有着与生命演化类似的特征。在地球适宜的环境下，生命进化是一个多样分化过程，每种生物在“生命之树”上繁盛演变。技术也是如此，每一个产业领域，都对应着一个或多个“技术树”。整个人类社会就是建筑于巨大的、持续扩展的“技术森林”之中。技术森林为人类社会发展提供了用之不竭的强大动力，而根技术是动力之源。

根技术，是指那些能够衍生出并支撑着一个或多个技术簇的技术。根技术是技术树之根，持续为整个技术树提供着滋养，在很大程度上决定着技术树的荣枯。

根技术具有如下特点：一是初创期的隐蔽性，通常根技术难以被分辨出，一些领域的根技术还盘根错节。二是成长期的增殖性，具有强大生命力的根技术，一旦实现新的突破，整个技术树将可能焕然一新。三是成熟期的丰润性，根技术包含大量缄默知识，很难通过形式化传播获得，而是需要通过在“干中学”持续累积。

根技术一旦被发现和被开发，就会“破土而出”，往往会在短时间内生长出根干产业。根干产业具有附加值高、对其他衍生产业支配力强、抗御风险韧性足等特征。

（二）软件根技术多点突破与聚焦

随着计算科学重大问题多点突破，软硬技术竞相领跑，尖端技术融合汇聚，不断创造新技术、新产品、新业态和新模式，软件定义一切，万物皆可编程。由此形成了软件创新驱动、开放共享、结构优化、绿色发展、以人为本的新型经济形态，并促使人类的生活、生产和社会运行模式发生重大变革，进而又促进技术和产业发生重大变革。

由算力、算法和数据组成的计算体系将成为人类智能社会发展最关键的基础设施。软件做为未来人和自然界通话的工具，将成为关键基础设施的重要技术。软件根技术也将成为未来智能社会建设和运营的基础和关键技术。

随着软件体系的发展脉络不断演化，软件根技术呈现出多头并进、多点并发、交叉融合的趋势。为了更聚焦软件根技术的研究，本文聚焦基础软件，主要集中在 ODML 四个方面。即：

O：操作系统（含分时 OS、虚拟化、云 OS、云文件系统等）

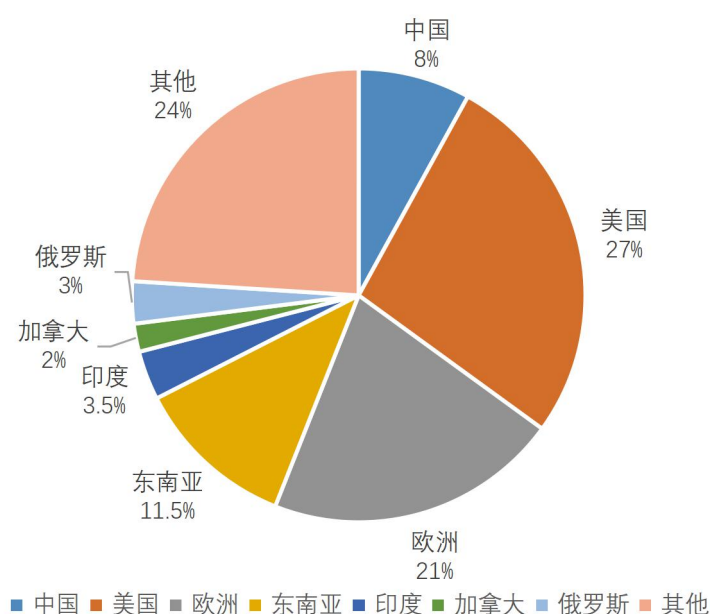
D：数据管理（含关系型数据库、数据仓库等）

M：中间件（含生产力中间件、网路协议中间件、互联网应用中间件、数据分析中间件、云原生应用中间件、AI 中间件、行业应用中间件、数据交易中间件等）

L：编程语言（含编译器、语言虚拟机、基础编程语言、领域编程语言、集成开发环境 IDE 等）

二、全球软件产业竞争格局和发展态势

2020 年，全球软件产业业务收入约 10 万亿美元。其中，收入前五位的是：美国 2.7 万亿美元、欧洲 2.1 万亿美元、东南亚 1.15 万亿美元（日本 0.7 万亿美元、韩国 0.3 万亿美元）、中国 0.8 万亿美元、印度 0.35 万亿美元。



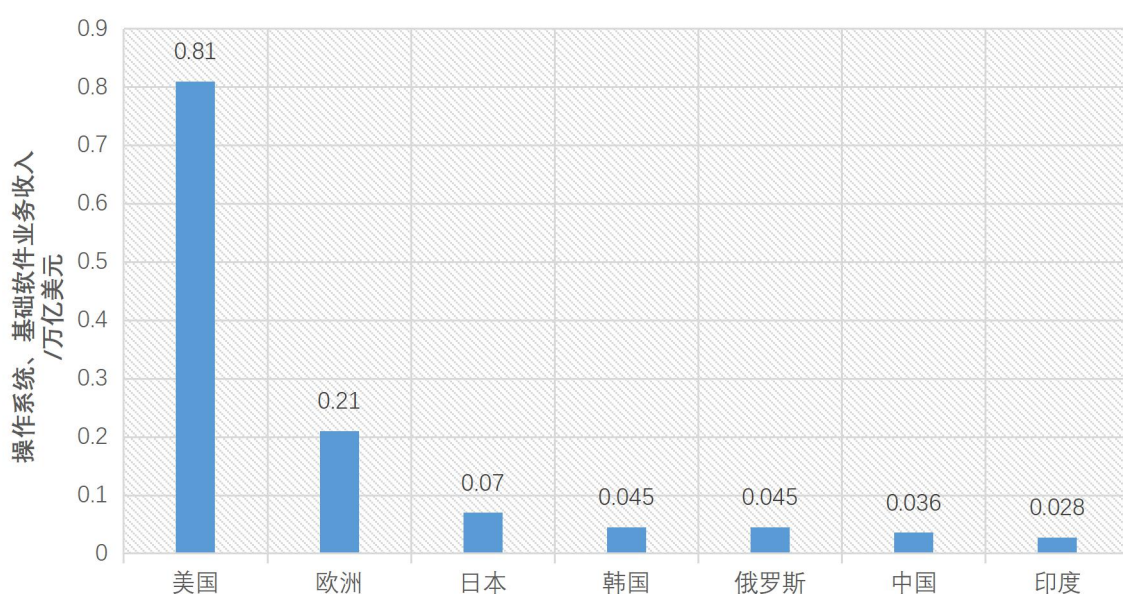
（数据来源：中国软协）

图 2-1 2020 年全球主要国家/地区软件产业业务收入占比

据中国软协预测，到 2023 年，数字化带来的全球 GDP 增量将超过 60%。全球 TOP2000 企业将自己拥有或者并购至少一家软件企业。

（一）操作系统、基础软件领域美国一家独大

2020 年，在全球操作系统、基础软件（含桌面、数据库、云操作系统、工具软件等）领域，美国业务收入 0.81 万亿美元，占全球该领域业务收入的五分之四。



（数据来源：中国软协）

图 2-2 2020 年全球操作系统、基础软件领域市场份额

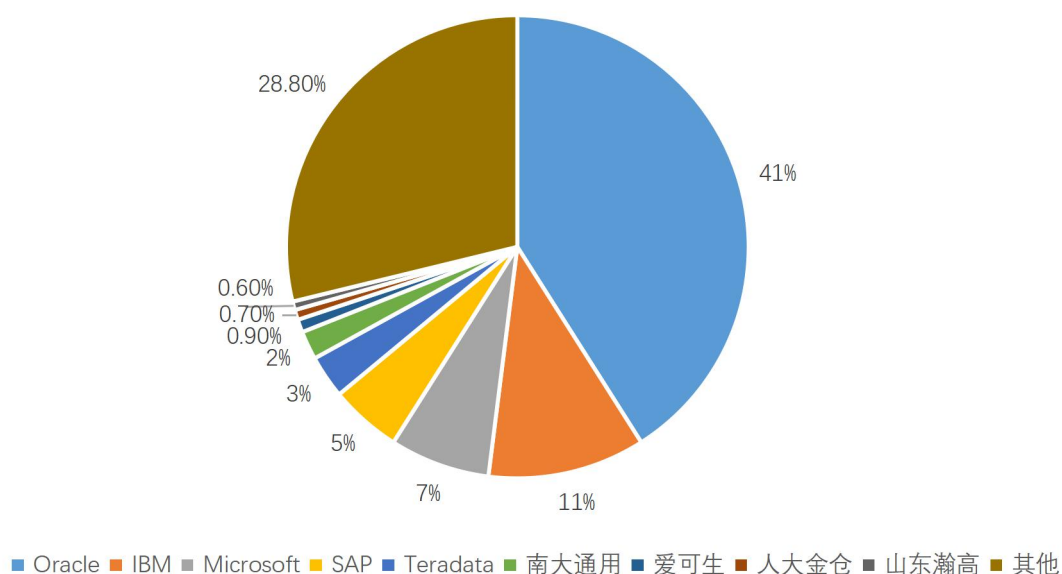
全球桌面操作系统市场中，微软的 Windows 操作系统占据高达 88.14% 的市场份额，继续垄断全球 PC 操作系统。移动操作系统市场中，谷歌的 Android 市场占有率为 75.44%，远高于其他操作系统；位居第二名的是苹果的 iOS，市场占率为 22.49%。

我国基础软件份额较少，国产基础软件的国内市场份额仅为 5%，国产操作系统的国内市场占有率仅为 4%。

（二）数据库市场国外品牌霸主地位难撼动

数据库是“IT 重构”必争之地。2020 年，全球数据库行业市场规模达到 675 亿美元，市场空间巨大。其中，关系型数据库占据约 80%的体量，而 Oracle 在全球关系型数据库中占据了约 42% 的市场份额，三甲中的另外两家厂商分别是 IBM 与 Microsoft。

国内数据库市场领先厂商情况与全球市场基本一致。在国内数据库这个百亿级大市场里，主要被 Oracle（41%）、IBM(11%)、Microsoft(7%)等国外厂商垄断，国外品牌占 90%以上份额。



（数据来源：公开资料）

图 2-3 国内数据库市场份额情况

国外数据库的发展历程大致分成导航型数据库、关系型数据库、非关系型数据库、自治数据库¹四个阶段。国内数据库发展相

¹2017 年，卡耐基·梅隆大学 Peloton 项目组发表论文《自治数据库管理系统》提出自治数据库概念。该系统由集成的计划组件控制，可以优化当前工作负载，预测未来工作量趋势，可以通过深度学习算法提升硬件能力。同年，OracleOpenWorld 大会上甲骨文公布 Oracle 自治数据库云，集成人工智能和自适应的机器学习技术，实现全面自动化。现阶段自治数据库仍处在早期。

对落后，现阶段水平大致处于国外数据库发展的第二三阶段，但国内数据库企业积极抢占市场份额，占比逐步提升。

在国产阵营中，一批以“达梦、人大金仓、南大通用、神舟通用”为代表的，2000年左右成立的传统国产数据库厂商近年来开始发力，他们从购买源码、借助开源走向自主研发，实力不断增强，在党政军市场有着较好的表现，同时也开始向能源电力、运营商、交通等其他行业快速拓展。此外，初创厂商、云厂商（主要有华为、腾讯和阿里巴巴）、ICT厂商等也开始发力数据库市场，国产阵营日益强大。相比之下，国外数据库厂商如 Oracle、IBM、Microsoft 等，虽然在联机事务处理（OLTP）的核心场景还拥有较高的市占率，但整体市场份额被逐渐侵蚀。

从技术目标和市场目标两个角度来看，国产数据库实现数据库产品的自主可控，一方面，能够保障国家信息安全；另一方面，能够为全球客户提供数据库产品与服务，实现国际领先。

国产数据库想要赢得市场的主要因素是生态，即与国产软硬件之间的融合问题。以及海量市场形成后，国产数据库的服务体系和服务布局。从目前来看，数据库上云为大势所趋。

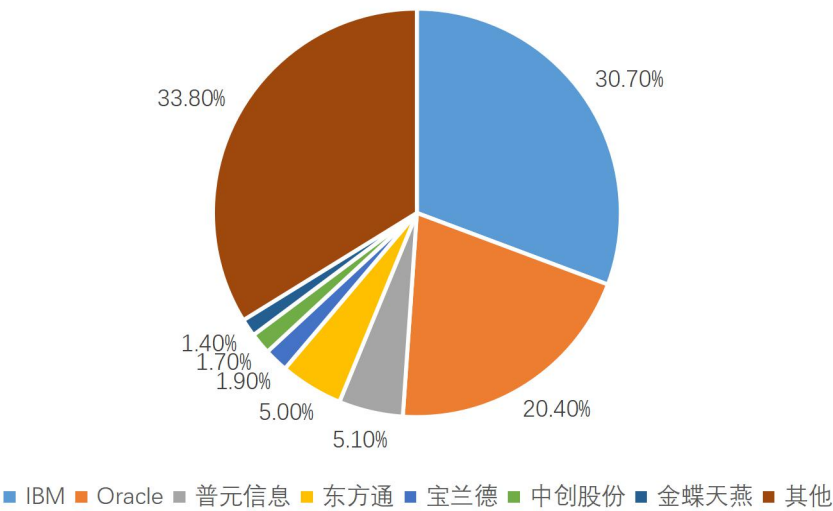
云数据库是在云计算的大背景下发展起来的一种新兴的共享基础架构方法，能够极大地增强数据库的存储能力，消除人员、硬件、软件的重复配置，让软、硬件升级变得更加容易。云数据库具有高可扩展性、高可用性，采用多租形式和支持资源的有效

分发等特点。从数据模型的角度上看，云数据库并非一种全新的数据库技术，而只是以服务为方式提供数据库功能（可采用关系型数据库也可采用非关系型数据库）。

在全面上云的大背景下，商业数据库因其昂贵、高运维难度、以及低扩展性和可用性受到挑战。而云数据库则因天然为云定制，具备云计算的弹性能力，兼具开源数据库的易用、开放特点，以及传统数据库的管理和处理性能等优势，成为企业的最佳选择。

（三）国外中间件厂商占据市场半壁江山

目前，国际市场上的主要中间件厂商有 IBM、Oracle、Salesforce、Microsoft 和 Amazon。IBM、Oracle 占据国内中间件市场绝对领先地位，两者市占率超 50%。国产中间件厂商主要包括东方通、普元信息、宝兰德、中创股份及金蝶天燕等。



（数据来源：公开资料）

图 2-4 2020 年国内中间件市场份额情况

最初的中间件发展驱动力是需要有一个公共的标准应用开发平台，来屏蔽不同操作系统之间的环境和应用程序接口差异，也就是所谓操作系统与应用程序之间“中间”的这一层。但随着网络应用的需求，解决不同系统之间的网络通信、安全、事务的性能、传输的可靠性、语义的解析、数据和应用的整合这些问题，变成中间件更重要的驱动因素。

因此，中间件技术的发展方向将聚焦于消除信息孤岛，推动无边界信息流，支撑开放、动态、多变的互联网环境中的复杂应用系统，实现对分布于互联网之上的各种自治信息资源（计算资源、数据资源、服务资源、软件资源）的简单、标准、快速、可信、高效能及低成本的集成、协同和综合利用，提高组织的 IT 基础设施的业务敏捷性，降低总体运维成本，促进 IT 与业务之间的匹配。

中间件是互联网时代的 IT 基础设施，提供业务的灵活性，消除信息孤岛，提高 IT 的研发和运营效率。作为网络计算的核心基础设施，中间件正在呈现出服务化、自治化、业务化、一体化等诸多发展趋势。

（四）网络化、平台化和服务化成为产业形态新趋势

随着技术的不断迭代和各行业间的交互融合，软件价值从“以产品为中心”演进为“以产品 + 服务为中心”，软件价值链得以延伸，软件产业形态呈现出网络化、平台化和服务化的趋势。

——**网络化**。软件技术发展的基本方向。互联网成为软件开发、部署、运行与服务的平台，推动产业全面转型。

——**平台化**。软件产品发展的新引擎。从单一产品竞争发展为平台间的竞争，围绕主流软件平台构造产业链。

——**服务化**。软件产业转型的本质特征。软件的价值越来越体现在服务上，云计算是软件服务化的主流模式。

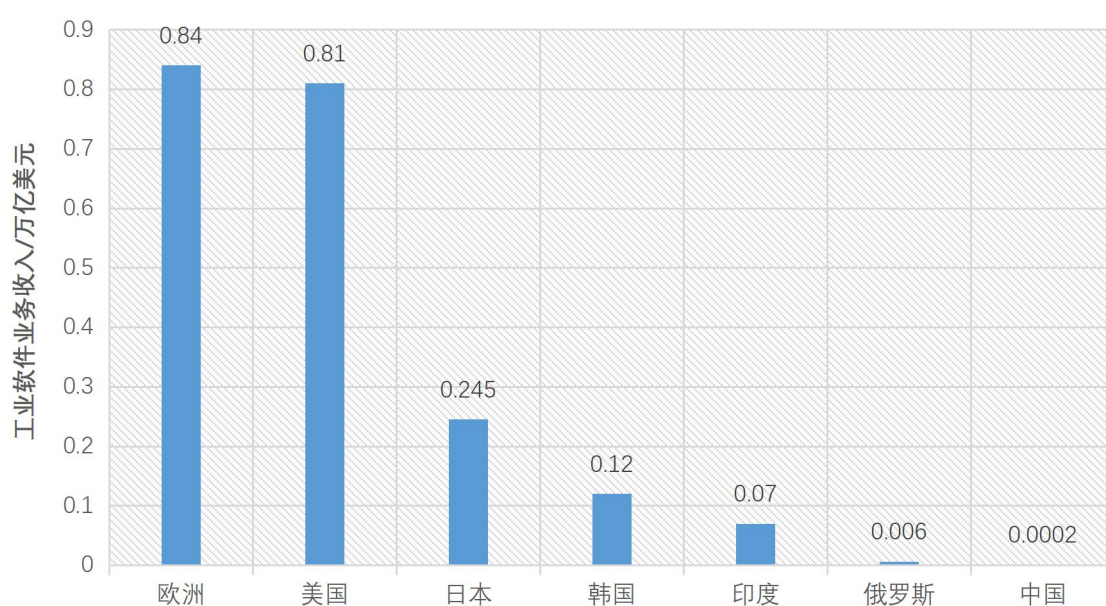
这些趋势促进软件进入到“软件即服务”阶段，诞生了谷歌、脸书等国外互联网巨头，以及百度、腾讯、阿里巴巴等国内互联网巨头。大量软件企业不再售卖软件产品，而是直接向最终用户提供某类信息服务，即“软件即经营”，运营服务成为了软件产业的核心竞争力。

需要注意的是，云平台的兴起让软件与服务的界限模糊，软件产品在平台上被忽视，基于软件的创新被隐身。事实上，“软件即服务”中软件的属性没有改变，只是商业模式发生了变化，云平台等新型信息技术服务业本质上是带来了软件价值的实现及延伸。

因此，以软件研发为核心且创造新市场、实现新价值的信息技术服务业，如云平台、云服务、系统集成中的软件安装和系统搭建等，也是软件产业链的重要组成部分，这类企业也属于软件企业。

（五）工业软件领域欧美占据绝大部分江山

从工业增加值角度，我国已经是世界第一大工业国（从 2011 年工业增加值超过美国一直保持至今），但我国缺乏发达的工业软件体系，没有经历完整的工业化进程，就没有工业技术的深厚积累，难以开发出优秀的工业软件。



（数据来源：中国软协）

图 2-5 2020 年全球工业软件领域市场份额

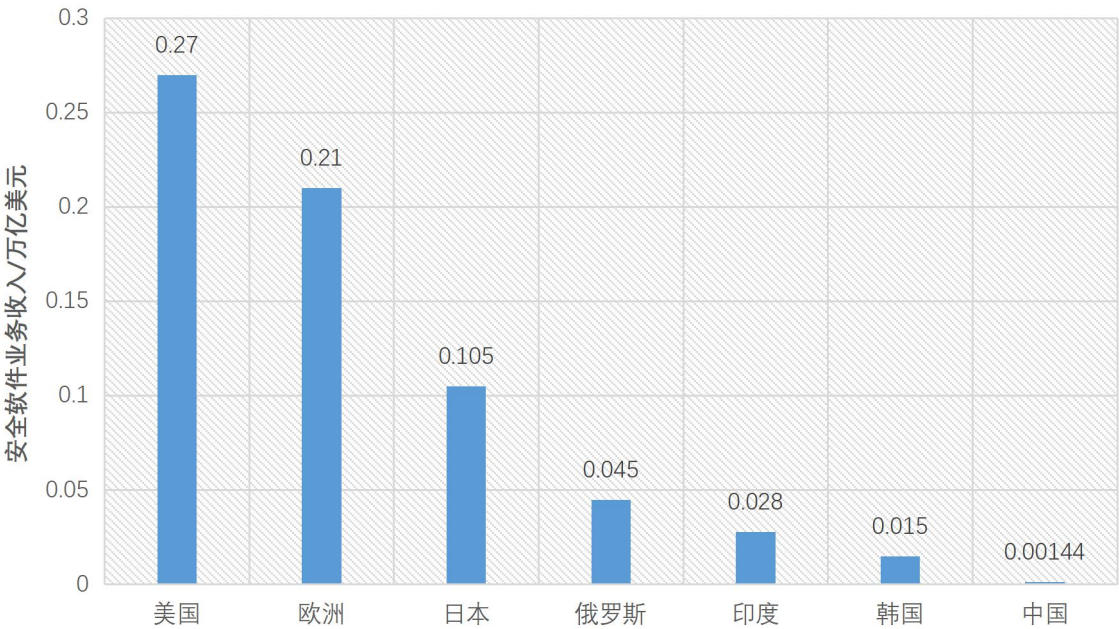
在 CAD 研发设计类软件市场，法国达索、德国西门子、美国 PTC 及 Autodesk 在我国市场占有率超过 90%；CAE 仿真软件市场领域，美国 ANSYS、ALTAIR、NASTRAN 等占据了 95% 以上市场份额。

我国工业软件产品少、成熟度低、缺乏应用、产业链条不健全，与美国等西方强国在技术研发、成果管理、市场推广、人才

培养等方面均有较大差距，因此，我国迫切需要培育发展工业软件自主产业。

（六）安全软件领域美欧日领先

2020 年，美国、欧洲安全软件业务收入分别为 0.27 万亿美元、0.21 万亿美元，占据第一梯队。日本位列第三，为 0.105 万亿美元。

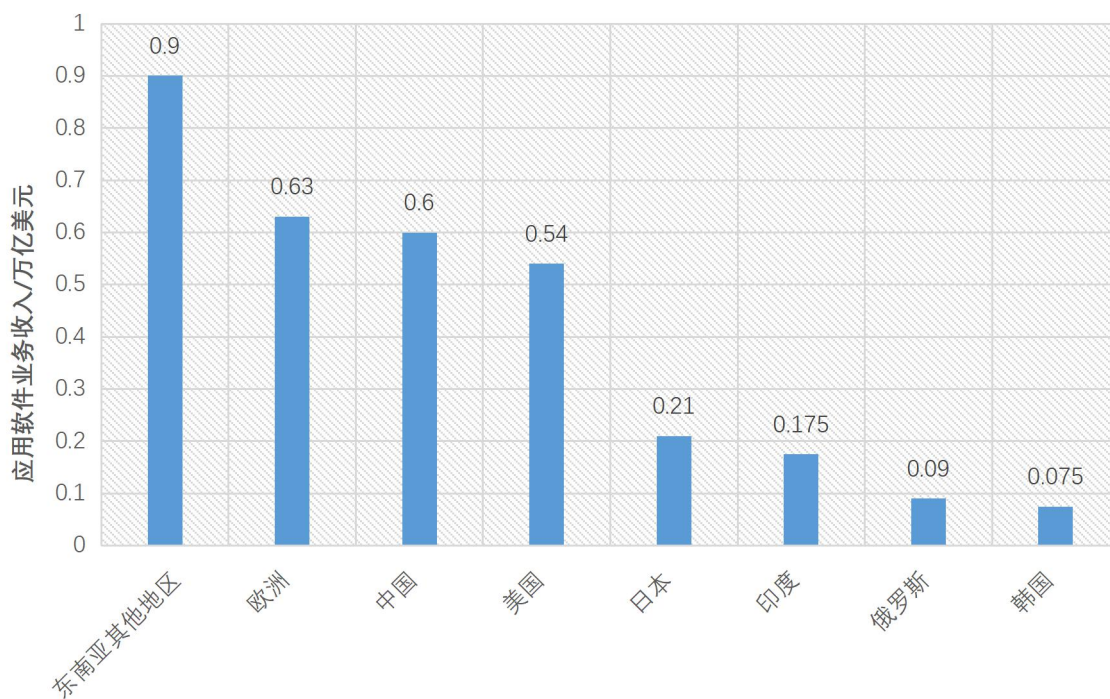


（数据来源：中国软协）

图 2-6 2020 年全球安全软件领域市场份额

（七）应用软件领域我国挤进前三

第一和第二梯队之间出现明显断层，在第一梯队中，欧洲、美国软件业务收入基数大，应用软件收入较高不足为奇；但是东南亚除日韩外其他地区（占比 60%）和中国（占比 75%）应用软件在总体软件业务收入中占比巨大。



(数据来源：中国软协)

图 2-7 2020 年全球应用软件领域市场份额

这反映出，我国软件行业偏重于“应用型”软件的开发，明显存在“重应用轻基础”问题，产业质量总体水平不高，产业结构亟需调整。

三、全球基础软件根技术发展现状和特点

（一）微软仍占据桌面操作系统主流

软件是推动新一代信息技术发展的核心驱动力，操作系统在软件技术体系中处于定海神针的重要位置。目前，主流桌面操作系统有微软的 Windows、苹果的 MacOS、各种 Linux 发行版和谷歌的 ChromeOS 等，其中，闭源软件以 Windows 为代表。

根据 Statcounter 发布的《2021 年 11 月中国桌面操作系统市场份额》显示，微软 Windows 操作系统占据 85.29% 的市场份额，依然占据绝对市场优势。这是由于，微软生态壁垒极高，其他操作系统产业生态链发展难度较大，需要适配硬件 CPU、基础软件、应用软件等诸多环节。

（二）Wintel 生态体系的完美构建铸就双寡头格局

微软与英特尔强强联合的 Wintel 联盟在个人电脑领域所向披靡，形成“双寡头”垄断格局，占据全球个人电脑市场 90% 以上份额，几乎所有个人电脑都采用英特尔 X86 处理器+微软 Windows 操作系统，两者分别在硬件和软件上发挥优势、协同更新，以霸主姿态牢牢占据市场制高点，成为个人电脑时代获利最丰厚的两大产业巨头。

专栏 1：对 Wintel 体系的挑战

1990 年代初，苹果、IBM 与摩托罗拉结成联盟，共推 PowerPC 处理器，试图突破 Wintel 联盟在个人电脑领域的把持。面对挑战者，Wintel 联盟发起反攻，英特尔推出了奔腾系列芯片，微软也推出了 Windows95 操作系统。而后，PowerPC 联盟无疾而终。

挑战失败原因：根技术的地位和完备的生态体系。

在个人电脑时代，Wintel 联盟占据全球个人电脑市场，整个 IT 领域称为“Wintel”时代。尽管 Wintel 联盟富有历史争议性，但不得不承认，微软与英特尔站在了个人电脑产业链顶端，缔造了一个“双霸主”神话。

（三）开源和生态成为软件研发模式的主流

开源开发模式作为一种软件开发模式，其核心机理在于大众化协同、开放式共享、持续性演化。开源软件的兴起吸引了大量的开发者根据开源社区的规则自由地参与进来，既可以对自己感兴趣的软件项目提供外部贡献，又可以把自己的创新想法发布出去，在项目核心团队的引导下，与全球开发者共同改进开源软件。

云计算领域的开源技术应用广泛。2/3 以上的云工作负载由开源技术支持；大数据产业发展的各环节被开源软件和开源工具覆盖；人工智能开源软件应用逐步推广。国际巨头竞相布局，围绕开源打造新生态，微软 75 亿美元收购全球最大的代码及开发项目托管平台 GitHub，IBM 史上最大规模的并购是以 340 亿美元

购买红帽所有股票，EQT 收购 SUSE 等。

开源软件的生态效应为其商业模式的多元化发展奠定了基础。开源软件在商业上的成功使其最终获得了可持续发展的原始动力。开源产业的成功本质上是其众包商业模式的成功。众包是一个公司或机构甚至个人把过去由雇员执行的工作任务，通过互联网以自由自愿的形式外包给非特定大众完成的经济活动。

专栏 2：PaddlePaddle

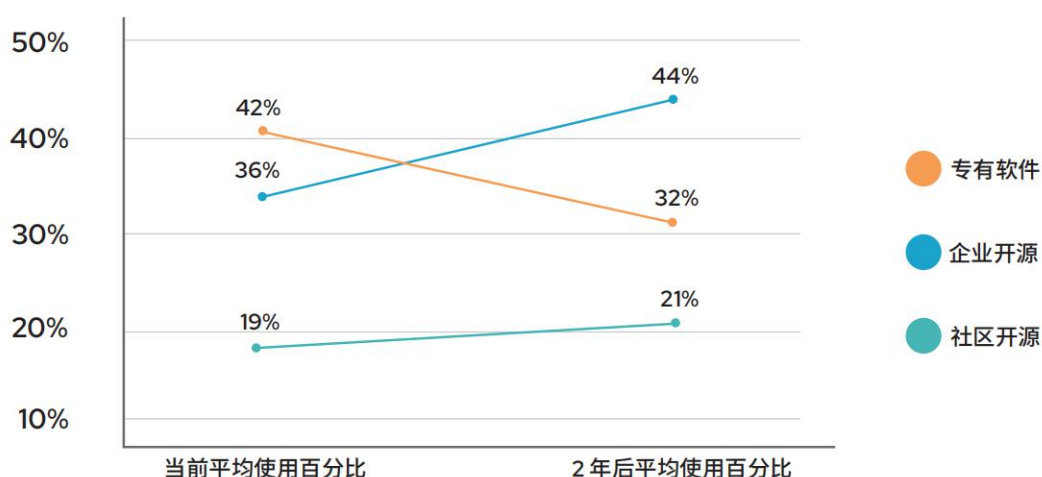
PaddlePaddle 以百度多年的深度学习技术研究和业务应用为基础，是中国首个开源开放、技术领先、功能完备的产业级深度学习平台，集深度学习核心训练和推理框架、基础模型库、端到端开发套件和丰富的工具组件于一体。目前，PaddlePaddle 已凝聚超 265 万开发者，服务企业 10 万家，产生了 34 万个模型。

与此同时，软件产业发展模式也发生了根本性变化，从原来的产品销售更加注重产业链上下游协同发展，趋于构建跨领域横向拓展的生态共建、生态共享的价值链体系。出现了具有更多生态构建能力的平台型软件企业或企业联盟，如鲲鹏生态、麒麟生态等，大中小企业融通，开源社区、开源基金会等开源载体蓬勃发展。

专栏 3：鲲鹏生态

鲲鹏计算产业是基于鲲鹏处理器的基础软硬件设施、行业应用及服务，涵盖从底层硬件、基础软件到上层行业应用的全产业链条。纵观鲲鹏计算产业生态全景，硬件方面，围绕鲲鹏处理器，涵盖包括昇腾 AI 芯片、智能网卡芯片、底板管理控制器（BMC）芯片、固态硬盘（SSD）、磁盘阵列卡（RAID 卡）、主板等部件以及个人计算机、服务器、存储等整机产品。软件方面，涵盖操作系统、虚拟化软件、数据库、中间件、存储软件、大数据平台、数据保护和云服务等基础软件及平台软件。行业应用方面，覆盖政府、金融、电信、能源、大企业等各大行业应用，提供全面、完整、一体化的信息化解决方案。

开源成为主流。根据公开数据显示，在超级计算机市场，100% 采用开源；80% 的企业级操作系统是 Linux；75.44% 的智能手机操作系统是 Android；在云计算领域，90% 的公有云负载运行在开源软件之上。而微软也坦陈，在 Azure 云上，60% 的工作负载都运行在开源的 Linux 之上。基于社区的开源不断发展，IBM、英特尔、谷歌、微软、苹果、华为等国际巨头通过各种方式不遗余力支持着开源事业，为开源社区贡献自己的力量。社区开源已经从 2019 年占软件使用量的 16% 上升到 2020 年的 19%，预计 2022 年后将达到 21%。



(数据来源: Redhat)

图 3-1 专有软件、企业开源及社区开源使用占比变化情况

当前,国内开源软件生态建设正逐步走出模式模仿阶段,技术内涵不断增加。国内信息技术龙头企业联合打造了开放原子开源基金会,并将多个高端开源项目放入开源基金会,作为支撑开源生态构建的技术基础。

(四) 移动互联网根技术的兴起

移动互联网的兴起对传统互联网体系形成重大冲击,以 APP 为代表的形式对传统单一应用程序的产业模式带来挑战。在硬件和操作系统的关系逐步松绑时,开源、生态、开发者和操作系统的绑定进一步紧密。

Android 和 iOS 最大的不同是前者底层是 Linux 系统,后者是苹果特有的封装系统。苹果特有的系统能够保证在相同配置下,在显示、动画和运行效率上都优于 Android 系统。另外,Android

是开源，可以拥有更多的自由和创造力；iOS 闭源，提供标准化规则和建议保证质量。苹果利用 iPhone 在移动互联网领域实现了完美的开局；谷歌的 Android 利用免费开源，借力于手机终端厂商，如 HTC、Moto、三星等，也取得了不错的市场份额。

四、软件根技术的争夺已经成为未来主导世界的焦点

我国基础软件领域的发展经历了一个比较长的摸索期。这 20 年里，我国曾诞生超过 20 款操作系统产品，但却由于产业分散，没能形成生态，没有软件适配，资源分散是致命的，内耗太多，难以成事。

（一）基础软件根技术主导产业和社会形态

1. 基础软件根技术已经成为智能社会的基础设施

智能装备、数据和平台成为智能社会推动产业重构和社会转型的重要力量，基础设施也不再是以传统硬件为主、设备种类繁多的传统网络，而是基于“软件根技术、根产业、产业生态、软硬结合、算力、数据”的“操作系统+数据库+互联+算力+应用”的综合服务平台。软件根技术生态更加强调产业链的参与，不断从产业、客户、应用中得到反馈去循环改进，它会根据用户需求“按需而配、按需而建”，能够智能的聚集上下游合作伙伴与用户，形成一个有人气的生态系统。

2. 基础软件根技术经济正在迅速崛起

作为一种产业形态，基础软件根技术具有多边市场、交叉网络外部性、增值性、快速成长性等主要特征，在给根产业本身带来巨大回报的同时，还能通过软硬融合适配，形成规模效益，为

整个产业生态各方带来效益，从而达成多方共赢。

基础软件根技术通过外部性和用户迁移成本高等特性，既可以锁定用户，又可以锁定合作伙伴。随着开源技术的兴起和扩大，根技术迅速崛起，成为软件技术和产业发展的重要动力。随着根技术和根产业影响力的逐渐扩大，根技术也在推动现代经济的变革和重塑。

专栏 4：基于鲲鹏计算产业的根技术经济正在快速兴起

1. 基础软件生态

openEuler 成为中国数据中心操作系统首选，实现 100 万套装机；

openGauss 成为 TOP 3 技术路线，实现万套级落地。

2. 应用软件生态

5 大行业技术生态满足度 60%，挑战 70%；

央国企聚焦行业技术生态满足度 30%，挑战 40%；

TOP ISV 100%适配，50%规模上量。

3. OEM 厂商

赋能伙伴，导向先进，牵引 2-3 家达到 TaiShan 能力，伙伴出货占比 70%，挑战 80%；

完善伙伴管理及退出机制，有效管理恶性竞争，管理 2 家不合格伙伴退出。

4. HPC 生态

气象行业技术生态满足度 90%；

制造行业 TOP2 ISV (ESI/达索) 完成碰撞/结构仿真鲲鹏适配。

5. 开发者

开发者发展到 60 万；

赋能 15 万 D1/D2 开发者。

6. 鲲鹏生态创新中心

鲲鹏展翅新增认证伙伴 1100 个，新增认证方案 2200；

认证方案转商率 $\geq 30\%$ ；创新中心学习+构建阶段的生态费用本地闭环率 $\geq 80\%$ 。

近年来，基础软件根技术型企业迅速崛起，成为经济发展的重要动力，国外的谷歌、苹果、微软和国内的华为、百度、腾讯等受到广泛瞩目的企业都开始涉足基础软件根技术。基础软件根技术型企业和基础软件根技术经济影响力的逐渐扩大，也在推动着现代经济的变革和重塑。

专栏 5：根技术公司 Redhat 受到资本高度关注

2014 年前，做商业化开源软件的公司凤毛麟角，几乎只有 Redhat 一家。如今开源软件遍地开花，2018 年 IBM 以 320 亿美元收购 Redhat，还有估值 65 亿美元的独角兽 Mulesoft、估值 40 亿美元的 MongoDB 等。

开源公司的商业模式与传统公司完全不同。闭源软件公司通常能获取更高的利润，而开源软件通常比闭源软件成本更低，可以利用低价换取市场。这就是为什么开源软件会如此大规模和快速地被采用。

开源软件的第一个好处是能更快地获取用户。由于开源特性，开发人员可以直接下载使用软件，在付费前就已经成为了将来的潜在付费客户。另外开源软件在销售宣传上的成本更低。如果使用开源软件，看到更多的是这样的宣传语：“您已经在您的环境中使用了 500 个我们的软件实例，您不想升级到企业版并获得这些附加功能吗？”

一些顶级开源公司业务能够以三位数的速率增长，这在传统软件公司中是很难想象的。如今已经有一大批估值数十亿美元的公司诞生，证明了开源商业模式的力量。

3. 基础软件根技术经济体的形成

基础软件根技术经济体和应用软件经济体的两种经济模式基本形成。基础软件根技术经济体具有社会和数字经济系统运行的主导权，占据价值链的高端；而传统应用软件经济体处于被动服从和接受领导的地位，处于价值链的低端。基础软件根技术和传统应用型软件阵营逐步分化，社会和数字经济形态逐步重构，并呈现越来越明显的两极化趋势。

基础软件根技术在向以新型传感器、集成电路、人工智能、移动互联、大数据、脑科学为代表的智能技术、工业互联网等技术创新体系不断演进的过程中，形成基础软件根技术经济形态。传统应用型软件与智能技术的融合发展，在自身经济结构和方式不断转化的同时，逐步转向依赖基础软件根技术的经济模式。

从微观角度看，根技术具有组织生态体系和形成产业簇的功能。从宏观角度看，根技术的发展具有推动软件产业持续创新、引领软件产业增长、加快数字化自主可控转型发展和变革工作生活方式等作用，是一种重要的产业引擎。

专栏 6：房地产还是产业园？

商业地产是这样做的：投资圈一块地，盖标准厂房（或者写字楼），再把这些厂房租出去。每年收租金（可能还要涨租金呦）。租户在我的地盘上，我的地盘我做主，小心踢你出去。

商场是这样做的：投资建一个商场，招租厂商来卖东西，收分成。我

的地盘我做主，小心踢你出去。

产业园是这样做的：投资圈一块地，招企业来投资。税要交到本地。我的地盘我做主，小心踢你出去。

基础软件根技术这样做的：投资做软件根技术，大家来共同使用共同发展，形成强大的生态合作伙伴关系，共同打市场，相互捆绑赚钱。捆绑基础软件根技术的人多了，自己也就赚大钱了。

基础软件根技术不受国界限制。如果一个国家的经济被绑架（当然，没有人真的绑架，但有时也会真真实实的绑架）到一个别的国家的基础软件根技术上，这个国家还能做自己的主吗？

4. 资源高效配置的重要途径

根技术通过对产业资源、市场资源的整合，可为产业提供广阔的发展空间，同时驱动企业进行持续创新，以获得和巩固竞争优势。重大根技术生态体系能够吸引各种资源加入，发挥根技术的集聚效应，推动整个产业簇资源向生态倾斜，创造出巨大价值。根技术作为创造和聚集价值的桥梁和新型“产业公地”，正日益成为数字经济中最有活力的一部分。

专栏 7：产业公地

人民生活实现数字化，依托的是生产的数字化。实现信息化与工业化的结合，改变生产组织方式，采取的一项重要措施就是发展产业公地。

在几个世纪前的欧洲，农民将牲畜带到“公共用地”去放牧。“公地”就是当地所有人都可以共同使用的一块牧场，是一种公共资源。在制造业中，也存在类似的“公共用地”，称之为产业公地。

产业公地是指植根于企业、大学和其他组织之中的研发与制造的基础

设施、专业知识、工艺开发能力和工程制造能力等。这些能力共同为相互关联的产业成长和技术创新提供基础，为多个产业提供所共享的网络体系，其强劲的溢出效应维系着区域内利益共同体的共同发展，实现各个产业之间的共融共生，形成产业集群。

例如，某地区的汽车制造商都需要使用共同的供应商和人力资源。如果精密加工零件供应商的技术水平下降，或者劳动力储备中一流的机械工程师的人数变少，那么有此需求的所有公司都将遭受损失。这些工业资源并不像开放的牧场那样免费，但是也是一种公共资源。

任何一个产业的创新都与其他产业相关。转变生产组织方式，培育产业公地，是发达国家实施“再工业化”的战略目标。

（二）基础软件根技术壁垒与国际竞争力

1. 争端政治化趋势明显

各国愈发重视根技术立国，致使基础软件根技术领域的专利、软件著作权等知识产权问题日趋政治化。根技术争端解决成为世界各国政治和法律角力的焦点。发达国家采取强权政策以保护其基础软件根技术在全球范围内的知识产权，高技术贸易保护主义抬头，基础软件根技术壁垒日趋严重。

2. 成为国家间竞争的焦点

对智能装备基础解析平台竞争愈发激烈，物联网解析平台、根服务器、下一代智能网络结构等根技术成为国家间竞争和维护国家安全的焦点。重大基础软件根技术以其催生中小企业成长、

促进企业发展、优化产业环境、高效配置资源等重要功能，成为数字经济中枢和最关键的资源整合体，也成为主要国家和重要经济体在数字经济领域竞争的核心。要么建立自己的根技术，要么成为根技术产业链最底层的“民工”，这就是“根技术主导”的真谛，也是数字经济时代的盟主法则。

3. 根技术规则的建立

根技术使得技术依赖和资源进一步集中、全球性和国内不平等可能会加剧、数字鸿沟加深、隐私更容易被侵犯、数字化风险与安全问题成为全球性问题。根技术同时加大垄断暴利、由根技术带来的国际贸易规则可能被改写。在创新、税收、反垄断、国际规则、数字化风险与安全等方面，适应数字经济特点的新规则体系重新建立。基于根技术的底层干预和事前干预等将成为新规则构建的基础。

4. 成为国际政治与外交的重要组成部分

软件根技术使国家主权的核心地位和功能可能出现转化，由于根技术主导了如何控制网络和信息主权，并在网络中保持主导话语权，成为各国外交的重要议题。世界强国围绕根技术发展权、主导权、控制权的角逐日趋激烈。根技术发展和竞争成为影响经济社会发展、决定国家战略利益分配的关键因素。由根技术带来的新型竞争格局正在形成。

（三）基础软件根技术推动全球治理从硬治理走向软治理

1. 促使社会治理体系发生重大变化

强权治理逐步弱化，根技术、规则、标准、法制、共治成为主流。

从国内来讲，政府正在改变支持产业发展的机制，从应用项目支持（应用软件开发）逐步转向对自主创新、根技术研发、开源社区等生态体系的建设。

从国际来看，全球数字经济竞争方式也发展了重大变化，在软件领域，逐步由版权、专利等直接转向基础根技术软件禁用。通过基础根技术软件禁用，对特定的目标实施精确打击。

专栏 8：美国通过根技术禁用精准打压我国学科教育

MATLAB 是美国 MathWorks 公司出品的商业数学以及科学计算仿真软件，是一种用于算法开发、数据可视化、数据分析以及数值计算的高级技术计算语言和交互式环境。该软件包含数十个工具箱功能，涵盖数学计算、建模仿真、电子通信、机械化工、汽车航空、电力能源、经济金融、生物医学等多学科。当前世界上有数百万工程师与数学家使用 MATLAB。

2020 年 5 月 22 日，美国商务部再次扩充出口管制“实体清单”的成员名单，中国国内十三所高校赫然在列，贸易战悄然蔓延至高校。这十三所高校包括北京航空航天大学、中国人民大学、国防科技大学、湖南大学、哈尔滨工业大学、哈尔滨工程大学、西北工业大学、西安交通大学、电子科技大学、四川大学、同济大学、广东工业大学、南昌大学。而在二十多天后，哈尔滨工业大学和哈尔滨工程大学也被 MathWorks 禁用了 MATLAB。

对于工科生来说，MATLAB 是必不可少的工具。如果 MATLAB 官方对哈工大、哈工程持续施行禁用，那么凡是这些学校发表的论文，其中将不能出现利用 MATLAB 得到的数据、图、表等。

2. 带动以“数字化治理”为代表的治理能力提升

软件产业将对国家治理的体制机制、工具方法等进行系统性创新。一方面，将强化治理的协同性。推进跨部门数据共享、流程再造和业务联动，推动治理形式和服务方式从“碎片化”转变为“整体化”。另一方面，将提升治理的高效性。推动新的治理形态发展，让政府等治理主体可以在物理世界、数字世界交互中实现即时感知、科学决策、主动服务、智能监管。特别是依托数据分析、机器学习和精准算法等，可以有效超越时间局限和地域限制。比如智慧交通、智慧司法等，可以“全天候”回应公民服务需求。

3. 推动以“网络化治理”为特色的治理体系完善

一是将推动各行各业加速向智能化跃升。让各类智能成果在物理世界和数字世界得到更加广泛的应用，从而不断改变生产生活关系，进一步提升与智能社会相匹配、以“网络化治理”为特色的治理能力。

二是将大幅拓宽治理体系延展面。依托大数据、云计算、物联网等技术，治理体系的“触觉”可以深入到生产生活各方面，

形成由点及面、串珠成链的治理体系，让公共服务共建共治共享与社会发展场景互联互通。

三是将显著增强治理体系的互动性。打破传统治理体系的单向局面，使得治理体系成为更加开放的系统，可以根据用户需求作出及时反馈，实现自我更新与自我优化。

4. 引领以“人性化治理”为方向的治理模式产生

以软件为核心的新一代信息技术进一步推动全球治理理念更新。随着技术深入发展和应用场景不断丰富，科技可以更加准确地模拟人类的感知、记忆、推理等活动，智能机器与人类将实现顺畅沟通，满足精准化的治理要求。

通过大数据、云计算、物联网等技术，在全球治理中可以更加精准地记录主体的常态性、捕捉主体的差异性，通过其深度挖掘和海量信息处理功能促进治理效能提升，延伸公民在数字信息世界的生活空间，满足人性化的治理需求。以软件为技术支撑的治理新模式在提高治理效率的同时，更多呈现人性化、场景化、价值化的趋势，提供更加包容和谐的人文关怀。

（四）基础软件根技术重塑软件创新体系

1. 基于根技术的“产业公地”兴起

由基础软件根技术带来的产业创新的组织方式发生深刻变

革，跨领域、智能化、协同化、网络化的“产业公地”快速兴起。由基础性服务的根技术生态形成的虚拟“产业公地”，催生众多中小企业生长，并为大量的跨平台企业提供跨时空的基础类产业服务。虚拟“产业公地”成为产业链协同创新的重要载体。基于重大基础软件根技术生态类“产业公地”的竞争成为全球竞争的新趋势。

专栏 9：Wintel 联盟为软件带来巨大“产业公地”

全球桌面应用软件和个人计算机硬件 95%的企业依赖 Wintel 而生存。2020 年，微软本身全球应收只有 1350 亿美金，而基于微软操作系统的应用软件市场达到 1.86 万亿美金。

微软依靠自身的 1350 亿美金，带来了 1.86 万亿美金的市场空间。微软成为这个生态体系最大的公地。

2. 创新资源向根技术汇聚

政府主导创新资源配置的能力逐步弱化，软件科技资源在突破时间、地域和文化的界线后，由传统软件企业向根技术生态聚焦，并结合全球根技术生态发展的不平衡性进行全球的重新配置。根技术生态高地和创新资源高地逐步吻合，是软件产业创新资源配置的特点。根技术生态圈使传统软件企业在科技资源争夺中处于不利地位，人才流失有可能加剧。根技术生态圈无疑是软件创新资源全球化的最大收益者，通过吸引众多的全球研究开发资源和优秀科技人才，进一步增强了根技术的创新能力。

3. 根技术生态正在开启大众创业万众创新时代

最具创见的思想是根技术生态最稀缺的资源。随着根技术生态的形成和资源集聚，创新主体逐渐从研究型大学、科研院所向企业和个人延伸，大众创业成为经济活力的新生力量，万众创新成为创新的新兴形态，知识型创新人才成为财富积累的新生力量。

专栏 10：未来法则

谁掌握了数据，谁就掌握了资源；

谁掌握了网络，特别是终端接入网络，谁就掌握了用户；

而谁掌握了根技术，谁就掌握了核心话语权。

（五）基础软件根技术与国家安全

基础软件根技术已经不能简单归结为产业范畴，它意味着国家 IT 底层标准、架构、产品、生态应用安全、可信的生根发芽。

软件安全建设也已经从“单领域防御”转到“全域安全保护”。伴随着数字孪生时代到来，信息生态发展由单个用户、切块市场转向集群生态、协同共生。细分到根技术产业发展中，从“硬件-软件-服务”的完整链条看，涵盖了芯片、操作系统、中间件、数据库、整机集成等部分。

五、我国基础软件根技术发展的基本判断

（一）基础软件根技术迎来重大洗牌阶段

面对智能社会的初级阶段，基础软件根技术发展模式和路径将迎来重大洗牌阶段。

随着软件根技术的垄断和由疫情等社会重大事件带来的全球政治和产业链的撕裂，促进了人类社会正在从根本上逐渐摆脱对单一根技术的依赖，各国正在选择和发展适合自己国家独立发展的软件根技术，谋求在未来智能社会发展中不受制于人。研究我国切实可行的软件根技术发展模式和路径，具有十分重要的战略意义。

（二）我国基础软件根技术存在 5 到 7 年的窗口期

作为智能社会的主导经济形态，软件根技术已经成为主要国家发展和竞争的重要方向。软件根技术以及由此带来的根产业，是以软硬融合创新和发展模式创新为主体的高端经济形式，在软硬一体化的智能时代，虽然部分产业已经具备了根技术雏形，但真正处于全球经济的主导地位大约还需要到 2025—2027 年。

综合判断，我国凭借集中力量办大事的优势和在数字化转型、政府重大应用的强大市场资源，以及几十年来积累的软件技术发展基础等优势，软件根技术和根产业领域将会存在 5—7 年窗口

期，可能在以开源为主导的软件领域产生重大根技术和产业突破。

目前，中国网信领域规模已经跃居世界第二位，仅次于美国，尤其在新一代信息技术领域表现突出，如 5G、人工智能、大数据、物联网、云计算等，但操作系统和工业软件等基础软件领域薄弱。尽管做出了大量尝试，如红旗操作系统、方舟 CPU、永中 Office 等，都是生态体系太弱而竞争不过 Wintel 联盟。

方舟的芯片可以跳动起来，但是已经存在的软件怎么和新系统兼容？怎么引导遍布全球的软件开发来中国的操作系统上研发？是个大难题。最终，在软件生态这座大山前，中国舰队只落得大溃败。2011 年永中 Office 破产清算，2014 年中科红旗资金断裂宣告解散。

对不确定性的恐惧使民族产业本能地在舒适与挑战中选择舒适，在维持与颠覆中选择维持，“重硬轻软”成为主流思想。直至 2019 年，当操作系统、软件生态频频被当做美国向中国公司施压和制裁的工具，中国产业界才恍然大悟，“缺芯少魂”是中国经济的痛处。

我国要建立自己的根技术，而开源是现在体系下的最优选择和沃土。当前，我国处于软件根技术的窗口期。“十四五”期间如不能迅速布局根技术重大项目，出台扶持根技术的重大政策，即使我国根技术有一点生长，也会由于我国软件生态体系不完整，整体产业盈利能力不足，导致像永中办公套件一样被淘汰，软件

技术、产业、生态仍然被卡脖子。

在国家高度重视和大力支持，尤其是“核高基”国家科技重大专项的支持下，我国操作系统发展取得了积极成效。国产服务器/桌面操作系统完成了自主可控的相关产品的研发与技术升级，研发了华为鸿蒙操作系统、中标麒麟、中兴新支点操作系统、红旗 linux、UOS（统信操作系统）和 AliOS（阿里云系统）等。虽然这些系统仍有上升空间，但是却极大丰富了国产操作系统市场，而这也为未来的国产操作系统发展奠定了基础。

移动智能终端操作系统领域，国内典型的互联网企业（百度、阿里巴巴、网易等）、终端企业（华为、联想等）、电信运营商等根据自身技术特长和发展策略，研发了 YunOS、MIUI、EUI、FreemeOS 等移动智能终端操作系统，并根据企业定位和产业特点积极开展产业化布局。

工控操作系统领域，嵌入式 Linux 系统及组态软件近年来获得了快速发展，形成了包括紫金桥 Realinfo、纵横科技 Hmibuilder、世纪星、三维力控、组态王 KingView、MCGS、态神、uScada 等在内的一批国内产品。

云操作系统领域，BAT 等互联网骨干企业的公共云服务平台已经具备了 1000PB 级数据处理能力，华为的云操作系统 FusionSphere、浪潮的云海云计算操作系统、无锡江南计算所研制的 VStar 操作系统等私有云解决方案操作系统取得显著进展。

（三）操作系统竞争格局初定，国产操作系统快速适配

操作系统是连接硬件和数据库、中间件、应用程序的纽带，是承载各种信息设备和软件应用运行基础平台的重要基础性软件。随着中国在操作系统领域研发力度的持续加大，发展成效日渐显著，部分产品已完成自主研发与生产，产品性能大幅提升，进入规模化阶段。

操作系统对下承接硬件，对上承载软件。对于操作系统来说，兼容性认证和适配工作是最重要也是最繁琐的。目前，主流操作系统已经初步完成关键软硬件的适配，生态体系初步建立。从生态适配进程看，主流国产操作系统均已完成了对联想、华为、清华同方、中国长城、中科曙光等整机厂商发布的数十款终端和服务设备适配；在软件方面，基本能兼容流式、版式、电子签章厂商等发布的办公类应用、兼容数据库、中间件、虚拟化、云桌面、安全等软件厂商发布的数百种应用和业务。

（四）以鲲鹏计算产业为代表的根技术生态初具规模

鲲鹏计算产业的目标是建立完善的开发者和产业人才体系，通过产业联盟、开源社区、openLab、行业标准组织一起完善产业链，打通行业全栈，使能千行百业。目前，全国已成立 24 个鲲鹏生态创新中心，与 3500 多家合作伙伴推出了超过 10000 多个通过鲲鹏技术认证的产品与解决方案，在政府、平安城市、金

融、运营商、电力和其他领域实现了广泛应用。

操作系统是所有软件的基础，统一的技术路线和演进节奏有助于避免生态分裂，形成合力，做大鲲鹏计算产业。对于鲲鹏计算产业，通过建立 openEuler 社区，开源 OS 源代码，开放编译器、JDK、软件库等基础工具等方式，统一代码来源，缩短了厂家构建基于 openEuler 的发行版 OS 的开发周期。

专栏 11：openEuler 社区

整个社区可以从三个方面来看待：

一是技术层面，自开源以来社区基本遵循每 6 个月出一个版本的规划，目前已发布的四个版本分别是 20.03 LTS、20.09、21.03 和 21.09。其中，20.03 LTS 是长周期版本，也是被众多 OSV 和合作伙伴所广泛使用的社区版本。20.09、21.03 和 21.09 则是三个创新版本；在广大开发者和生态伙伴最关心的软件包数量上，目前社区已积累了 8000 余个，较开源之初增长了 3 倍之多；SIG 组的数量从最初的不足 30 个发展到现在的 100 多个，其中超过 60% 的 SIG 组均是由非初创企业发起。

二是生态层面，截至目前已经有 300 余家多行业、多类型的企业和组织加入 openEuler 社区，覆盖了主流芯片、硬件、板卡、数据库、中间件、应用软件等厂商及部分研究机构 and 高校，秉持着开源、开放、合作的原则，保持技术持续创新，整个 openEuler 社区生态已初步建立。

三是商业层面。对社区而言，仅有技术和生态是没有闭环的，很难快速发展。目前 openEuler 在国内的商用部署已超 100 万套，这个数字还在快速增长。部分基于 openEuler 做商业发行版的生态伙伴已经开始盈利，这对社区的发展非常重要。技术、生态、商业已形成正循环。

openEuler 社区广泛与全球繁荣的开源社区交互，如业界流行的

LinuxFoundation、CNCF、Linaro、Eclipse 以及国内的开放原子开源基金会。除中国之外，社区还在俄罗斯等地建立了镜像网站，当地第二大的操作系统厂商已经基于 openEuler 做了自己的商业发行版。

鲲鹏计算产业借助华为在社区的影响力，将最佳实践贡献到主流开源社区，固化鲲鹏计算优势。截止目前，华为在 Linux、CNCF、Apache、openStack、OPNFV 等超过 15 个主流开源社区具有领导者地位，在 openStack 社区连续多年全球贡献排名第二。在 CNCF 社区全球贡献排名第四，在 Linux kernel 社区全球贡献排名第五。同时华为还贡献了 openStack 社区的 Cyborg，大数据社区的 CarbonData、云原生社区的 KubeEdge、存储领域的 openSDS 和微服务领域的 ServiceComb 等多个开源项目。鼓励开发者基于最佳实践，将相关的软件调优特性和创新成果持续贡献给开源。

2019 年 7 月，华为发布鲲鹏、昇腾计算产业发展战略，围绕硬件开放、软件开源、使能伙伴、发展人才战略，先后开源了 Euler 操作系统，openGauss 数据库、MindSpore 的 AI 框架。通过开源、开放和使能来推进基础软件产业开源，华为把自研操作系统、数据库、AI 框架向产业全面开源。

2021 年 11 月，在华为操作系统产业峰会上，在操作系统产业“政产学研用”各方代表的共同见证下，华为携手 openEuler 社区全体伙伴，将欧拉正式捐赠给开放原子开源基金会，实现了欧拉开源操作系统从企业主导到产业主导的重要转变，促进欧拉

开源项目从开放治理走向自治繁荣。

专栏 12：“三个开放”和“三个使能”

1. 三个开放

一是面向应用软件伙伴提供通用计算鲲鹏（BoostKit）（包括开源组建和加速库）。面向各应用软件场景化的加速库，通过开放在华为社区免费下载，把各场景沉淀的能力向伙伴开放，使得所有的软件由 X86 的指令集切换到鲲鹏的指令集，这不是一个简单替代，而是软硬协同体系化升级。

二是面向人工智能应用软件开发提供应用使能套件。华为开放提供给 AI 开发者实现极简开发，如 MindX 的 SDK 软件开发套件，面向同一类应用场景提供行业开发工具包和行业数据库，把一类场景的开发经验和行业知识沉淀下来，实现水平复制，大幅降低软件开发门槛、提升开发效率。

三是开发工具开放。华为基于软开云的统一开发平台，为开发者提供了一个全研发作业流程的完整供需链。包括通用计算鲲鹏的 devCloud 开发套件，从代码扫描、牵引、调优提供一个全流程的自动应用软件牵引工具以及面向 AI 应用的一站式开发工具。

2. 三个使能

（1）使能开源社区

一是开源 Euler 操作系统。华为自 2019 年底开源 openEuler 以来，每 6 个月发布一个社区版本。目前社区已吸引万名开发者，近百个特别兴趣小组，300 家企业加入社区，成为国内最具活力和最主流的基础软件生态体系。

二是 openGauss 数据库。华为将 10 年来自研的 openGauss 数据库企业级产品能力，通过开源向业界开放。openGauss 提供高性能、高可靠、高安全版本，跟合作伙伴共同完善企业级特性，通过构建生态稳步推进商用。当前社区汇聚 12 家伙伴，基于 openGauss 发布了 10 余家商用发行版。

三是 MindSporeAI 框架。MindSpore 面向端、边、云全场景，属于人工智能操作系统。华为 2020 年 3 月正式开源 MindSporeAI 框架。现已有超 17 万的开发者直接使用 MindSpore 开发，现在版本下载量超过 22 万，是国内第一热度的 AI 开源社区，超过 100 家高校使用 MindSpore 进行教学，超过 40 家科研机构利用 MindSpore 进行科学研究。MindSpore 能够实现全自动并行，同时端边云全场景自适应协同，实行全流程极简开发。

(2) 使能伙伴发展

提供从工具到社区到区域，华为在国内成立了 24 个鲲鹏创新中心，2021 年又成立了 20 个昇腾创新中心。2020 年投入 2 亿美金做鲲鹏、昇腾生态基地，对合作伙伴进行全方位支持。当前鲲鹏、昇腾的开发者已超过 80 万，合作软件企业超过了 3500 家，完成了 10000 多个解决方案的认证。

(3) 使能人才发展

2020 年 5 月，华为启动智能基座产教融合协作运营基地，把鲲鹏、昇腾融入高校计算机专业、人工智能专业、软件工程专业，及相关理工科专业，把鲲鹏、昇腾课程融入高校必选课程。同年，华为选择 72 所高校试点，计划在未来 3-5 年跟教育部一起推广到全国超过 2700 所高校、高职、高专。2021 年，华为发布超 30 本系列化计算机专业的人工智能专业相应操作系统数据库，相应专业教材。

基于鲲鹏、昇腾、X86、GPU，华为组成了新的多样性算力根基，华为和全球操作系统伙伴，数据库伙伴，基础软件、中间件、应用软件、云服务软件各合作伙伴一起共同打造了基于多样性计算的产业生态。

(五) 平台化成为国产中间件重要发展方向

国内厂商重点针对以政企为主的国产化业务和以中小企业为主的商业化业务，国产化业务中稳定迁移是重中之重，国产化

业务主要面向以应用服务器为主的狭义中间件，此类产品由于长期开源，并在大量主流互联网企业中存在定制化需求，所以在技术壁垒与人才培养上问题较小，国产化中间件产品的稳定迁移能力才是产品落地的重点。

商业化业务中向上拓展能力至关重要，商业化业务主要面向存在信息化需求的中小企业客户。由于商业化项目往往以公司信息化转型为根本立足点，因此针对具体行业应用场景的业务拓展能力是商业化业务的核心竞争力。在商业化业务中，具备完整产品栈，并有足够的平台化业务拓展能力的公司有望脱颖而出。从长远来看，平台化是中间件更为广阔的发展蓝图，意在提高企业开发效率，成为现代企业 IT 落地手段的演变趋势。平台业务市场空间广阔，中间件与平台有相似之处，是平台实现的前提。

六、基础软件根技术发展特点和发展路径

（一）操作系统竞争最为激烈

1. 通用型 OS 已被国际巨头占据先发优势，加快构建壁垒

从产业规模上看，全球 OS 市场规模保持稳定，但其产业生态带动作用持续增强。微软持续加大在 OS 领域的研发，并积极布局发展移动终端、平板、虚拟现实设备等新计算平台上的操作系统。谷歌一方面不断夯实其在智能手机 OS 领域的领先地位，另一方面积极拓展桌面、物联网等操作系统市场。苹果则一如既往加大对自身品牌操作系统的优化，利用已经建立的产业生态扩大操作系统的市场地位。由此可见，操作系统在产业生态带动中的价值依然突出，依旧保持着在产业竞争中的核心地位。

从产业格局上看，通用型 OS 已被国际巨头占据先发优势，加快构建壁垒。在桌面 OS 领域，微软依旧占据着全球领先地位。此外，微软、谷歌等国际巨头在 OS 领域的研发投入力度持续加大，通过不断推进新产品的研发，来确保自身在市场竞争中的优势地位，旧产品市场份额下降的同时新产品的市场份额快速上升，从而使企业系列产品的市场份额总和保持稳定，持续的技术研发和产品更新构建了较为厚实的市场竞争壁垒，市场新进者基本无法撼动原有的市场格局。

专栏 13：中国的操作系统市场不能再回到碎片化状态

2020 年底,红帽公司一纸声明——“开源社区 CentOS 8 版本将在 2021 年底停止维护, CentOS 7 社区版将在 2024 年底结束服务支持”。相比注重贡献的国外开源,国内企业对开源版本更是使用的多、贡献的少。这警示我们并不是所有开源都是可持续的,贡献开源,才能取之开源。

如果国内在短时间内依然没有主流操作系统公司站出来,承接原有的 CentOS 生态,那么众多国外服务器操作系统产品有可能再次碎片化中国市场,近两年国内操作系统行业逐步收敛的态势将功亏一篑。

从产业新领域布局上看,新兴领域 OS 发展迅速,国内外企业纷纷加快进入。随着信息技术的不断创新演进,新的计算平台也不断涌现,从而带来了对新计算平台 OS 的市场需求。全球主要科技企业都将新兴领域的 OS 作为其布局新业务市场的重要抓手,积极研发新兴 OS,抢占未来市场竞争的制高点。为了迎合云计算所带来的信息处理新架构,IBM、谷歌、亚马逊、百度、阿里巴巴等全球主要科技企业均研发了自身的云计算 OS,谷歌、微软、阿里巴巴还分别研发了基于云服务的终端型云操作系统。

谷歌为了延续其在移动终端操作系统中的领导地位,依托其强大的研发能力,在其他新兴领域也加快了布局的步伐。2016 年,谷歌发布了专门面向 VR 设备的 Daydream 操作系统,并且建立了以 Daydream 为核心的 VR 产业生态体系。在物联网领域,全球科技巨头们都在积极布局,代表性的物联网操作系统有 ARMmbedOS、谷歌的 Android Things、微软的 Windows 10 IoT Core、华为的

LiteOS 等。此外，在车载 OS、机器人 OS、人工智能 OS 等领域，由于市场尚未形成垄断格局，各大科技企业都在积极研发，抢占市场竞争制高点。

2. 基于开源模式的产业生态系统渐成气候

从创新模式上看，开源社区建设受到普遍重视，基于开源模式的产业生态系统渐成气候。开源模式一直以来都是 OS 领域技术创新的重要途径，微软的 WindowsOS 和苹果的 MacOS 其前身都是开源 OS。

当前，在桌面操作系统领域，基于开源 Linux 的操作系统还占据了约 3% 的全球市场份额，在工控 OS 和服务器 OS 领域这一比例更高。在全球 Top500 的超级计算机上，有 99% 的计算机使用的是 Linux 操作系统。同时，在大型商业企业如谷歌、IBM、脸书以及国家安全相关的服务器上，Linux 操作系统也是主流选择。

此外，开源 Linux 也极大推动了新型操作系统的研发和应用，例如，谷歌的 AndroidOS 就是以 Linux 为核心的，全球当前主要的物联网 OS 也都选用了 Linux 内核。除 Linux 之外，随着信息技术的不断创新演进，特别是开源模式成为各类新兴技术创新的主要方式，开源操作系统在整个操作系统技术和产业发展中的地位日益突出，基于开源模式的产业生态系统正在逐步形成。以物联网 OS 为例，全球绝大多数的物联网 OS 都采用开源的开发模式。

3. 跨终端、云驱动、场景化成为操作系统的发展趋势

跨终端 OS 平台将成为未来发展趋势。当前，随着计算平台的不断丰富，跨终端 OS 成为诸多 OS 研发厂商进行产品研发的重要方向。长期以来，微软在桌面、服务器 OS 领域占据了较大的市场份额，但在移动终端 OS 领域受到了谷歌的严峻挑战。

谷歌着力推动其主导操作系统的跨平台使用，一方面，谷歌着力推动 Android 适配平板电脑、VR 设备、智能手表等新计算平台；另一方面，谷歌积极探索将适用于 PC 端的 ChromeOS 推广至移动智能终端。同时，谷歌还在秘密研发一种跨平台的全能型操作系统 Fuchsia。

专栏 14：谷歌引领下的 AOSP 开源社区

有两个事件对于 Android 的发展起到了决定性作用：一个是成立了 OHA 开放手机联盟；一个是设计了 AOSP 和 GMS 的双层架构。成立 OHA 手机联盟以后，Android 将芯片公司、手机零件和整机公司、应用开发厂商三者有机结合在一起，使得这些公司都能在 Android 平台下获得很好的商业收益，从而大大推动了整个行业中的厂商快速向 Android 靠拢。

AOSP 的开源社区由谷歌龙头企业牵引，定期为 Android 加入最新的安全补丁，谷歌每年也会在其 I/O 开发者大会上公布操作系统的新功能。通过聚集多家生态伙伴的方式，建立开放的生态联盟，合理的划分软件栈层次，开源闭源的合理选择，商业模式的合理分配是 Android 最终走向成功最核心的保障。

带来的启示

1. Android 的成功告诉我们根技术、根社区适合大企业来支撑 1+N 方

式，谷歌引领着大方向和大部分的开发工作，避免了社区的无目的性，引导着社区方向。

2. 巨头选择成为 Linux 开源的引领者，也是战略“升维”的过程。在向全球贡献源代码的同时，IT 巨头可确保自己的技术架构和 Linux 内核版本保持高度兼容，甚至可以将自身的技术理念，通过贡献源代码的方式，注入到开源架构中，是从根源上扩大技术影响力的手段。

3. 独立的开发者群体赋予了开源软件创新源泉，而有组织的 IT 企业的参与，则进一步增强了开源软件的商用潜力。因此，IT 巨头和开源组织形成了双赢局面。

4. 不仅限于操作系统，在整个 IT 应用领域，巨头都在积极推进“拥抱开源”战略。围绕开源层面的竞争，本质是技术标准、流量入口和技术理念的竞争，是高维度的竞争。

应用驱动成为 OS 演进的重要动力。随着信息技术的不断演进和信息系统在生产生活中的加速普及，人类对于信息系统的要求也在不断提升，不仅要安全、可用，更要易用、友好。因此，作为连接底层硬件设备和上层应用软件的操作系统，其技术、功能、性能要求也在不断提升。

面对不同行业需求和应用场景的专业化 OS 将不断涌现。伴随信息系统的专业化发展，OS 的专业化发展水平也将不断提升。在通用型操作系统领域，由于市场格局已经基本稳定，市场后来者很难获得广阔的发展空间。但在专业领域中，由于各行各业的业务重点不同、模式不同，对于 OS 的需求也不尽相同，专业化的 OS 发展前景较为广阔。同时，伴随开源技术的不断发展，开

源 OS 降低了 OS 定制研发的门槛，有力推动了专业化 OS 的发展。例如，在高性能计算领域，绝大多数计算机都使用了 Linux 为操作系统内核。专业化 OS 也是我国操作系统产业发展的重要途径，凝思科技在电力领域已经占据较大的市场份额，深度科技则在金融 ATM 机操作系统方向取得了突破。

网络应用模式下 OS 发展的方向有所转变。历史已经表明，操作系统的创新演进都是和底层硬件计算平台的演化紧密相关的。网络成为了人们日常生产生活中的重要部分，操作系统也日益依赖于网络通信和资源共享，网络在操作系统演进中的作用和价值日益凸显。正是由于移动互联网的发展，移动终端 OS 才登上了历史舞台，并经过多年的市场竞争形成了当前以 Android 为主的竞争格局。

从信息系计算平台创新的方向来看，以互联网、移动互联网为基础、基于分布式架构、能够按需提供信息技术服务的云计算平台将成为未来最为主流的计算平台，因此，**操作系统也正在向云计算的范式转变，未来市场的竞争将以云计算为中心的操作系统生态为主。**我国企业正在积极布局发展基于云的操作系统，典型代表如阿里巴巴研发的 YunOS，其构建了基于云计算的运行环境和移动云应用框架，具有强大的兼容性和可扩展性，可用于智能手机、互联网汽车、互联网电视、智能家居、智能穿戴等多种计算平台上。

4. Linux 的 OS 发行版热度较高

Linux 是基于 GPL 开源许可协议的操作系统内核，但仅仅有内核还不是一个完整的操作系统，要想使用还需要集成各种应用软件。Linux 发行版就是指预先集成好的 Linux 操作系统及各种应用软件，一般情况下用户直接安装就可以使用，不需要再重新编译。

发布 Linux 发行版的既有商业公司，也有开源社区，现在超过 300 个 Linux 发行版，而且大多数都比较活跃，比如 Ubuntu, Fedora, RedHat Enterprise Linux (RHEL), CentOS, Debian。其中最成功的当属 Redhat 的 RHEL、CentOS。

专栏 15: Linux 发行版

RHEL 是 Redhat 公司推出的主要的 Linux 发行版，属于开源操作系统。用户可基于这一平台，在裸机、虚拟环境、容器及各类云环境之间扩展现有应用并部署各种新兴技术。

CentOS 是 Redhat 推出 Linux 发行版 RHEL 后，根据 Linux 的 GPL 开源许可证，Redhat 必须开源 RHEL 的源代码，于是开源社区将 RHEL 的源代码拿过来，稍作改动，去掉 Redhat 的商标信息等，重新编译发布，就是 CentOS。

中国的 Linux 发行版有银河麒麟操作系统、中兴新支点桌面操作系统、统信（UOS）、startOS、红旗 Linux 等多个发行版。

专栏 16：国产 Linux 发行版——麒麟软件

麒麟软件以安全可信操作系统技术为核心，旗下拥有“银河麒麟”、“中标麒麟”两大产品品牌，面向通用和专用领域打造安全创新操作系统产品和相应解决方案，现已形成了服务器操作系统、桌面操作系统、嵌入式操作系统、麒麟云、安全邮件等产品，能同时支持飞腾、鲲鹏、龙芯、申威、海光、兆芯等国产 CPU。

麒麟软件先后申请专利 408 项，其中授权专利 173 项，登记软件著作权 472 项，主持和参与起草国家、行业、联盟技术标准 40 余项，麒麟软件旗下操作系统产品，连续 10 年位列中国 Linux 市场占有率第一名。

银河麒麟高级服务器操作系统 V10 采用 4.19 内核，具备对内核的修改维护和定制能力，累计修改 60 万+代码行，同源支持飞腾、鲲鹏、龙芯、申威、兆芯、海光、Intel/AMD X86 等 CPU，优化实现虚拟设备动态热插、动态热补丁、ARM 大页拷贝，存储路径如 RAID 加速、IO 合并技术、IP-SAN 等功能，修复文件系统稳定性、新增支持 AUFS、reiserfs，定制加速内核开机启动速率等。

自研和修改软件包合计 198 个，在全部源代码包中占比 14.4%。自研 kysec 安全框架，通过 GB/T 20272 第四级测评并获得销售许可，支持国密算法和自主可信计算标准，全方位保障用户网络信息安全。

国内唯一通过运营商级 Linux 规范 CGL5.0 认证，可满足高效低延迟的通信需求。在 IO500 系统性能排名中运行麒麟操作系统的“鹏城云脑 II”以 36850.4 分位居榜首。在 SPEC Cloud IaaS 2018 测试中分值达 40.5，可扩展性 93.4%，全球最高。

与 3000 家厂商开展合作，推进在金融、电信、能源、交通、政企等重点行业的软硬件适配。提供漏洞发布平台、发布维护规则，确保用户得到准确及时的漏洞修复服务。自 2017 年至今，总共修复 2000 多个漏洞。

银河麒麟桌面操作系统 V10 通过功耗管理、内核锁及页拷贝、网络、VFS、NVME 等针对性的深入优化，大幅提升系统稳定性。集成自研和第三方商业软件在内的各类应用数千款，提供 Android 和 Windows 兼容环境。

Redhat 是全球最大的 Linux 系统厂商和开源技术巨头。Redhat 于 1993 年创立，1999 年上市，2018 年被 IBM 以 340 亿溢价 63% 收购。红帽以开源社区为起点，打造出了广泛、稳定的企业级 IT 解决方案，涉及技术领域包括云计算、存储、虚拟化、中间件、操作系统。其中，以操作系统为典型的业务，在数据中心服务器领域占比 70%（RHEL+CentOS），是全球最大的 Linux 系统厂商和开源技术领军企业。

专栏 17：开源不等于免费

对于基础软件 OS，开源不等于免费，良性的商业循环才能推动 OS 更好的发展。

早期的开源项目，社区开发人员是软件库的主要贡献者，他们对开源软件的商业化极度抵制。如今，社区和客户群对开源商业模式有了更多了解，并且认识到开源公司应该有一个“付费墙”，这样他们才能继续创新。事实上，从客户角度来看，开源软件的两个价值主张是：a) 可以阅读代码；b) 将其视为免费增值。免费增值的概念是，你基本上可以免费使用它，如果要在生产过程中大规模使用，则需要付费。

开源软件商业化历程可总结为三个阶段：从开源到开放核心，再到 SaaS。

第一代开源：软件免费，服务付费

开源项目诞生的起初并不是为了商业化，而是为了打破闭源软件公司垄断。当时的顶级开发者从操作系统和数据库开始，协作编写软件，让每个人都可以看到软件代码，甚至还可以对它进行改进。

第一代的开源软件创业公司，如 Redhat、MySQL，利用对开源软件发行版提供“企业级”支持来盈利。这些业务有一些明显的局限性，尽

管用支持服务将软件货币化很难，但操作系统和数据库的市场非常大，以至于这些公司依然可以利用这种商业模式建立大公司。

第二代开源：部分软件免费，想用全部请付钱。

第二代开源软件公司的代表是 Cloudera 和 Hortonworks，这些软件公司在开源项目和业务上和第一代有根本上的不同。他们的软件是由公司内部开发的，而不是依靠开源社区。其中只有部分软件是免费许可的，公司向客户收取软件商业使用许可的费用。

商业方面专门为企业生产使用而构建，因此更容易货币化。因此，即使其产品市场没有与操作系统和数据库相同的吸引力，这些公司也有能力获得更多收入。

第三代开源：在云端使用开源软件

云提供商能够使用开源软件来创建相同软件库的 SaaS 业务。亚马逊的 EMR 就是一个很好的例子。从某种意义上来说，这些是开放核心/云服务混合企业，他们有多种途径来赚钱。通过提供 SaaS 形式的产品，这些企业可以将开源软件和商业软件结合在一起，这样客户就不必再担心他们应该获得哪一个许可。

ElasticCloud, ConfluentCloud 和 MongoDB 等公司就是这种第三代产品的例子。这种转变的意义是，开源软件公司现在有机会成为软件基础设施的主导商业模式。

我国也在逐步加强开源软件领域的法律法规建设。2021 年 4 月，深圳市中级人民法院针对一起侵害某开源软件的计算机软件著作权纠纷案做出判决，认定被告构成著作权侵权。法院认定开源协议具有合同性质，开源代码使用者的违约行为会触发协议的“终止授权条款”。本案为开源软件版权纠纷案件的处理提供了开创性的观点和思考空间。

（二）数据库技术和产品趋于成熟和完善

1. 数据成为重要资源和战略资产

新一代信息通信技术的扩散，带来的最本质变化是数据的及时性、准确性及完整性，以及在此基础上数据驱动型的形成与发展，并引领技术、生产、商业模式的持续变革。其带来了数据驱动的服务、创新和对需求和潜在需求的深度挖掘、实时感知、快速响应、及时满足等，已成为智能社会形态和新型经济能力的分水岭。

一个国家或地区经济社会发展的水平、阶段、特征和趋势主要取决于其对核心数据资源的获取、占有、控制、分配和使用的能力。这一能力也成为了智能社会中一个国家和地区经济发展水平和社会阶段的重要标志。

在未来智能社会，数据库成为最基础的战略资源和重要资产被世界各国和经济体所重视。数据和数据库竞争将成为国家竞争能力的核心，数据和数据库安全成为国家安全的重要组成部分，面向数据库的开发利用产业将成为增长最快的产业。

2. 全球数据库市场增速较快

从全球数据库发展历程看，数据库与互联网发展相互促进，技术和产品趋于成熟和完善。2020 年，全球数据库市场规模为 675 亿美元，其中，中国数据库市场规模为 35 亿美元（约合 241

亿元人民币)，占全球 5.2%。预计到 2025 年，全球数据库市场规模将达到 798 亿美元，市场年复合增长率为 23.4%。未来五年，数据库市场空间巨大。

专栏 18：国外主要的数据库公司

1. MySQL

MySQL 有较为悠久的历史发展开源和生态。MySQL 3.11.1 版本的发布确立了存储引擎与 SQL 引擎解耦的架构。MySQL 注重生态发展，支持几乎所有 OS 平台（广泛的支持是核心）。在 2008 年，SUN 收购了 MySQL，次年 Oracle 发起对 SUN 的收购，并在 2010 年完成收购。Oracle 在控制 MySQL 后保持了 MySQL 社区的活跃度，在云计算的大势所趋下，公有云的主要提供商也凭借雄厚的资本、技术实力以及自身的业务围绕着 MySQL 生态进一步做增强。

2. Oracle

Oracle 在数据库领域一直保持领先优势。2000 年 Oracle 9i 发布 RAC，实现技术领先，全方位 java 支持，发布 RAC 集群，开始垄断数据库市场。2014 年，追随 IT 趋势和潮流，持续云计算投入，发布具有多租户环境的数据库系统，实现实例与数据库一对多关系。2017 年开启全面向云转型后的商业模式，面向企业提供所有 IT 技术环境的产品与服务，包括应用、平台和基础设施。2020 年在云端和本地部署了自治数据库。

3. PostgreSQL

PostgreSQL 是基于 UC Berkeley 大学的 Ingress 演进，诞生于 1989 年。PostgreSQL 是 ANSI 规范性最好的开源数据库，特性丰富，能力均衡，最接近企业应用场景。PostgreSQL 在社区活跃度、市场占有率等方面远远落后 MySQL。开源需要有商业目的引导，而非商业目的主导的运营模式导致特性演进策略未贴近主流商业诉求，进而导致 PostgreSQL 在互联网浪潮中痛失良机。

3. 我国数据库市场增长强劲

我国数据库市场从 20 世纪 80 年代起开始逐步发展起来。经历了初始的技术萌芽期和国外厂商垄断期。21 世纪初，基于 863 计划、核高基计划等国家政策支持，一批拥有高校背景的国产厂商成立，打破了 Oracle 和 IBM 一统天下的格局。2010 年，随着市场需求的增长、技术的沉淀，一批云厂商和新兴独立厂商开始提供数据库产品。

近年来，借助国产化热潮，许多软件厂商、集成商、运营商等也开始入局，发展自己的数据库能力。到 2025 年，我国数据库市场总规模将达到 688 亿元，市场年复合增长率为 26%，我国数据库市场空间巨大。

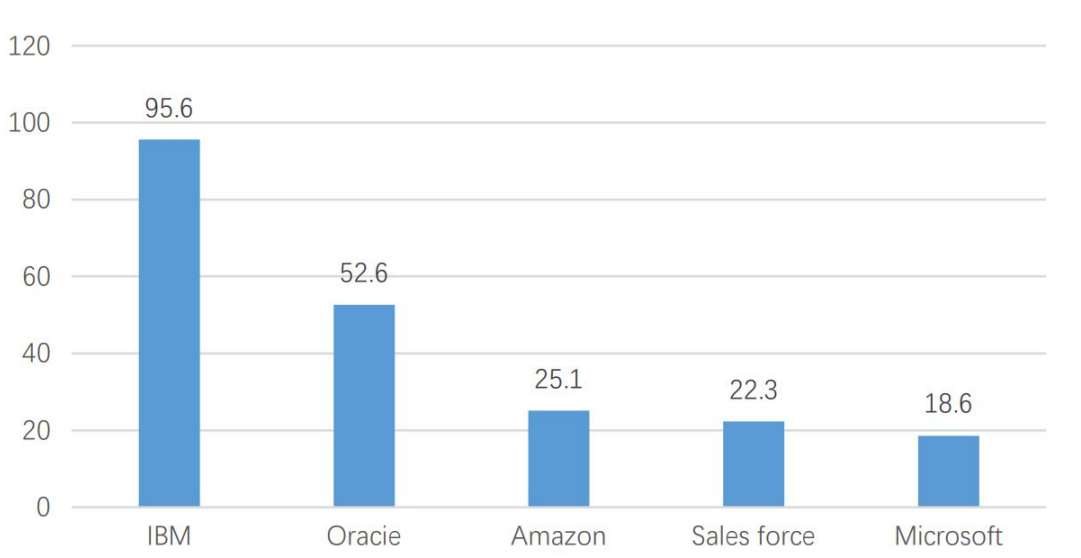
（三）中间件正迎来新一轮的布局和洗牌

1. 国际市场竞争逐步集中

国际中间件市场经历了长期的市场化竞争和发展，以 IBM 和 Oracle 为代表的软件行业巨头企业通过自身在软件行业的技术优势，并通过收购兼并进行产业布局，逐渐占据了国际中间件市场份额的前两位。其中，IBM 利用数据、信息技术、行业和业务流程的深厚专业知识，为客户提供集成解决方案和产品，在此过程中完成了对其中间件产品的销售；Oracle 以其功能强大的关系

型数据库管理软件（Oracle RDBMS）为基础，销售连接该数据库的中间件产品。

近年来，随着中间件新技术新规范的引入，全球范围内中间件行业正迎来新一轮布局 and 洗牌，其他中间件厂商通过产品升级和开拓客户正逐年扩大中间件市场份额的占比，对中间件市场传统霸主 IBM、Oracle 形成有力的挑战和竞争。国际市场上的主要中间件厂商包括 IBM, Oracle, Salesforce, Microsoft 和 Amazon。



（数据来源：公开资料）

图 6-1 2020 年全球中间件主要厂商业收入（亿美元）

专栏 19：IBM 的 WebSphere—电子商务的助跑者

在 1997 年，大部分企业开始意识到网络将成为主要经营方式的时候，Web 应用的重要组成部分——搭建、运行管理基于网络应用的软件正开始形成。1997 年，IBM 讨论一款被称为“Webification”的 IBM 企业工具，而这次讨论诞生了后来的 IBM WebSphere 应用服务器产品。WebSphere 也开始深刻地影响到网络应用和人们日常生活与工作的方式。

WebSphere 是 IBM 推出的软件平台，它包含了编写、运行和监视全天候 Web 应用程序和跨平台、跨产品解决方案所需要的整个中间件基础设施。WebSphere 提供了可靠、灵活和健壮的软件。

由于得到广泛应用，IBM WebSphere solutions 已经成为了应用基础架构和业务流程管理的标准。从零售商、银行和保险公司，到制造商和医疗机构，都可以利用该工具将现有的应用和基础设施进行打包，WebSphere 能提供比用户期望更高的互操作性，让企业实现网络应用共享，而且不会增加额外的风险和成本负担。

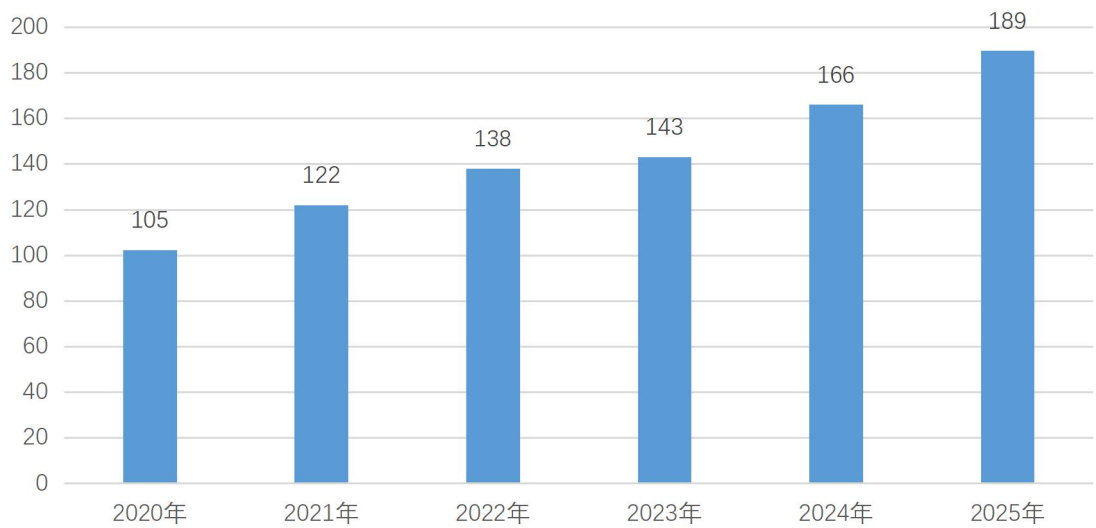
WebSphere 基于业界支持的开放标准，用户可以将现有资产纳入到 WebSphere 进行统一管理，并且可以随着业务的增长扩展应用环境。WebSphere 可以在许多平台上运行，包括 Intel、Linux 和 z/OS。

WebSphere 产品家族包括应用服务器、业务整合、软件开发、门户网站、网络和无线技术。WebSphere 可以支持各种类型的应用框架，从 J2EE 到 REST、Spring，直至 Web2.0 等。第 7 版之后的 WebSphere 更关注于为用户提供更多事务、治理和业务流程管理的支持。

2. 国内市场增长强劲

受益于云计算、大数据、人工智能和数字经济相关的政策规划，国内中间件的市场需求随着多行业信息化发展进程的推进逐渐增大，近年来保持持续增长。根据中国软协统计，2020 年，中国中间件市场总体规模为 105 亿元，同比增长 13.2%。随着云计算、大数据、物联网等数字化技术普及以及政务大数据、智慧城市、企业上云等行业数字化热点项目的推进，催生出大量新的市场需求，促进了市场规模持续增长。

中国软协预计，随着新一代信息技术的发展以及传统行业在数字经济催生下的升级转型，中间件市场规模将保持稳定增长，2025 年中间件市场规模将达到 189 亿元。



(数据来源：中国软协)

图 6-2 我国中间件未来市场规模（亿元）

从市场需求来看，中间件市场总体以企业级用户需求为主，企业级客户主要集中在政府、金融、电信等行业领域，该类客户 IT 系统规模大、重要性高、对中间件产品质量和稳定性要求高。

专栏 20：我国重点领域中间件的应用特点

政府领域：对中间件软件需求量大，但该领域具有用户部门多、范围广、分布散、信息化水平提升快等特点，参与企业数量也相对较多，市场竞争激烈。

金融领域：金融行业是对 IT 系统高度依赖的行业，因此对于中间件产品的功能、性能以及稳定性要求较高。该领域对国外企业的依赖程度

较高，目前主要市场份额仍由 IBM、Oracle 占据。

电信领域：电信行业对中间件软件的要求非常高，对于产品的测试、选型都有严格要求，电信行业的数据量较大。中间件软件在电信 IT 系统中处于非常重要的位置。一直以来，电信行业对于厂商的选择非常严格和谨慎，特别是对于客户的核心应用系统，需要对供应商进行严格甄选。

互联网技术的兴起带来丰富多样的新型网络应用模式，加大了国内电信、金融、政府等传统行业用户对中间件的采购需求。同时，随着各行业信息化建设的逐步成熟，中间件技术从传统的金融、电信等领域走向电子政务、能源、教育、医疗等领域，相关行业需求日渐增长。

除了大规模应用系统，越来越多中小规模的应用系统也开始采用中间件来搭建。特别是在电子政务、中小企业等领域，用户对系统的要求越来越高，中间件已经成为这些系统建设的必然选择，这为中间件的推广提供了更广阔的空间。

3. 大数据、云计算、物联网为中间件行业提出更高的要求

客户对于中间件产品的性能需求不断提升，随着物联网、移动互联网、5G 通信技术的发展和大规模应用，以及云存储技术的商业化，客户对于中间件软件产品提出了新的诉求：包括超高并发量、海量数据通信、超长运行时间的稳定性保持等。

大数据中间件百花齐放，最突出的几个社区是 Hive、Spark 和 Flink。这些大数据组件借助于数据爆炸式增长的时代浪潮，

在各自要解决的问题上以产业应用、开源生态、壮大社区的方式建立牢固的先发优势，成为各个细分领域的事实标准。同时各组件依托各自细分市场，构建出一套属于自己的周边技术生态、用户生态和商业生态，以及“生产-市场-研发”的正向循环，形成了强大的“护城河”体系。

基于全域数据目录构筑的知识体系以及基于密态计算的全域大数据分析平台将成为基础组件。但我国关键核心技术仍然薄弱，特别是相应的基础理论、核心器件和算法等层面，较之美国等技术发达国家仍明显落后。加之由于我国对国际开源社区的影响力较弱，导致对大数据技术生态缺乏自主可控能力，成为制约我国大数据产业发展和国际化运营的重大隐患。

因此，国家亟待打通数据孤岛，加快数据开发共享，明确数据开放共享原则和底线，同时统筹规划大数据基础设施建设，规范数据产生、存储、共享、交换的过程，降低数据治理复杂性和成本，实现保证数据安全基础上多方资源联动，从而形成良好的数据开发和使用氛围，激活大数据价值，充分发挥数据资源整合的优质效应。

（四）编译器和编程语言越来越被重视

1. 编译器的重要性

（1）编译器是世界上第一个电脑软件

在没有编译器之前，只能靠会写汇编的人去编译电脑软件。这需要很大的工作量，而且需要很高的专业技术能力。所以编译器的存在是非常有必要的。有了编译器才会有操作系统，才会有生态。所以如果国内不做好自己的编译器，就很难在这个生态中扎根。

2000 年左右，谷歌刚创立时只招聘两种人：第一种是做操作系统的人；第二种是做编译器的人，其余一概不招。如果按照当时谷歌的条件在国内的软件行业去筛选人才，可以写核心算法的人在全国也许不超过 300 人。所以想要扎根，编译器是一个开始，需要给予足够的重视，但这是一条很艰辛的路程。

（2）编译器不但要做，还要掌握控制权

要有自主创新性，而且要有发言权。比如中国的软件在国外没有发言权，国产软件做得再好，对方不允许进入或者需要等很久也是没有用的，因为国外开源软件可能已经达到了很高的高度。每次整合，都需要花费 6 个月。所以发言权很重要，在 GCC

(GNUCompilerCollection, GNU 编译器套件) 领域就需要守门人 (gatekeeper) 点头, 等守门人点头排队需要 3 个月。

就鸿蒙和方舟而言, 中国人可以自己拥有发言权, 这是很重要的。“点头”这件事情的重要性很多人尚未意识到。要有“点头”的权力, 最重要是要有优秀的人才, 这样才能做开源、做需要的创新。

2. 国内外的编译器生态之比较

当前, 国内外的编译器生态仍有极大差距, 没有掌握根技术就无法进入主流, 无法引领未来趋势。而国外恰恰相反, 比如 2018 年图灵奖两位获奖者, 斯坦福的约翰·轩尼诗教授和 UC 伯克利分校教授大卫·帕特森, 他们合力做出了现在 CPU 基础架构设计的理念和方法, 即现在最流行的芯片, 包括 ARM 芯片在内都在用的 RISC 服务器。

对于摩尔定律结束后, 该如何继续推动 IT 发展, 他们认为需要依靠特殊场景的语言、特殊场景的编译器和特殊场景的架构。特殊场景, 这四个字可换为 AI。谷歌在做 AI 的语言, 仍在进行中。国内迎头赶上比较难, 因为多数做芯片的公司, 都将资源集中至硬件方面, 做软件的资源不足, 做不了编译器。有目共睹的是, 别人看到国内只做硬件, 所以先从软件方面卡脖子。

3. 编译器和编程语言的发展态势

(1) 社区属性越发明显

编译器从技术流派来看，可划分为 GCC 和 LLVM。GCC 是多语言跨平台编译器的事实标准，现在许多操作系统，如 Linux 和 BSD 家族操作系统都使用 GCC 作为编译器；LLVM 是编译器基础设施项目，形成了以 LLVM 项目为核心的编译工具及低端工具技术生态。但不管是哪种流派，每种编译器技术流派都围绕着一个成熟开源社区进行运作。

编译器发展模式都离不开社区。首先是企业主导社区，依靠开源编译器和商用编译器进行配套发展，形成 License 许可，依靠硬件和软件服务费用获得收入。另一种是借助国家或者大组织的支持来发展编译器社区，鼓励广大开发者贡献编译器特性给社区编译器或使用编译器开发项目，从而促使编译器社区和编译器快速发展。

如前所述，编程语言同样依赖社区发展，包括由大公司主导的编程语言如 Go 和 Swift，和依靠社区、高校或基金会进行演进的编程语言如 Python。

(2) Python 预计会随着 AI 和 ML 的发展而崛起

从 ML 研究到视频游戏开发再到 Web 开发，Python 一直被证明是一种流行且广受欢迎的语言。由于 ML 和 AI 的发展正在上升，

因此预计 Python 将在这种稳定的增长和普及中继续发展，特别是对于令人印象深刻的创新，包括 ML 驱动的聊天机器人。尽管“增长最快”语言的概念可能很难确定，但数据表明 Python 可能是块不错的蛋糕。Python 不仅用于各种流行领域和工作，而且入门门槛低，是由新一代开发人员培育而成的支持社区。

(3) 5G 可能是为开发人员打开大门的下一个重要物种

5G 于 2020 年进入市场，革新了手持设备，并为开发人员进入分布式技术的底层打开了大门。它为开发人员提供了开发更强大的应用程序和增强现实功能的机会。总体而言，预计 5G 将改变整个世界——从为智慧城市提供动力，到改善交通系统，再到增加网络扩展能力。当然，5G 的处理能力还带来了开发人员必须解决的问题，例如对天气预报技术的关注或对覆盖范围不佳的吐槽。不管面临的挑战如何，该技术都是有前途的。

(4) 边缘和云计算的使用预计会上升

与 5G 一同出现的还有边缘计算：一种分散式计算基础架构。边缘计算的高度分布式模型可能有助于克服云计算的缺点。这些发展可能是计算和工业的未来。事实证明，云计算对于公司基础架构至关重要，并且随着网络安全问题的持续存在，各行各业的大公司都将云作为解决方案。边缘计算将随着云计算功能的升级而增长，预测全球边缘计算市场将从 2020 年的 40.4 亿美元增长

到 2025 年的 268.4 亿美元。

(5) 预计会有新突破的语言: Rust, TypeScript, Kotlin 和 Swift

在过去的十年中，已经创建了数百种编程语言。这种从过去的单一语言的转变，使开发人员能够使用专门的语言来工作，这些语言更加侧重于开发人员的人机工程学和硬件的现代化开发。种类繁多的编程语言可使开发人员增强能力，增强行业实力，并将重点转向解决人类问题。2020 年，排名前四的现代编程语言为 Rust, TypeScript, Kotlin 和 Swift，其中 Rust 在过去四年中连续排名第四位。但 Rust 光鲜成绩的背后，内部团队却似乎并不和谐，其审核团队近期突然在 GitHub 的 PR (Pull Request) 上宣布辞职，为 Rust 的未来发展带来变数。

(6) Kubernetes 成为 Mesos 和 DockerSwarm 的胜利者

随着云计算的兴起，容器化应用程序的兴起。在这里，Kubernetes 显然是赢家。随着云技术继续与世界融合，Kubernetes 将成为各地开发人员的重要工具。研究表明，Kubernetes 的受欢迎程度持续上升。开发人员预测，未来三年将看到此流行应用程序的最佳实践和标准化的兴起。

(7) Web 框架: React 继续发光

React 对 Web 开发产生了巨大影响, 它带来的创新对开发人员非常有用。它已被证明是过去一年中最主要的 JavaScript 框架, 这种情况将持续数年。尽管其他框架 (如 Vue) 提供了自己独特的功能, 但是 React 由于其灵活性和健壮性受到青睐。而且, 由于 React 得到了脸书的支持, 因此它将作为 Web 开发的标准在业界不断上升。

(8) 降低软件开发入门的门槛: 会有越来越多自学成才的程序员

尽管对技术行业有普遍的认识, 但是软件开发的供需之间还是存在差距。随着全球大学价格的上涨, 越来越少的人选择计算机科学专业。预计在未来几年, 软件开发人员的进入门槛将降低, 从而为自学成才的开发人员腾出空间。此外, 一些开发人员预测, LCCS 开发 (低代码, 无代码开发) 将为企业创新提供增长, 而无需 CS 学位持有者。在线学习平台是行业转移的原因之一。Educative 为所有级别的开发人员提供大学水平的课程, 以提高他们的编码技能, 并以低廉、无压力的成本处理新语言。未来的目标是使世界各地的人们能够在没有大学负担的情况下加入到学习编程的队伍中来。

专栏 21：低代码开发

低代码，通常是指 APaaS 产品，通过为开发者提供预定场景的自定义开发平台，降低或去除应用开发对原生代码编写的需求量，进而实现低成本、便捷地构建应用程序的一种解决方案。

国外低代码发展历史

2014 年，研究机构 Forrester Research 发表的报告中提到“面向客户应用的新开发平台出现”，低代码开发平台的概念正式被提出，并且对低代码技术，用途和市场进行了基本概述。2016 年，Forrester 确定使用低代码平台可以使应用程序生成速度提高六到二十倍。2017 年，微软、Oracle、IBM 和 SAP 等企业都纷纷加入了这个市场。此后，低代码行业迎来爆发期。

国外低代码发展情况

国外低代码开发平台远比国内发展的成熟，其中 Microsoft、OutSystems、Mendix、9Kony 和 Salesforce 占据着领导地位，而 ServiceNow、GeneXus、ProgressSoftware 等后起之秀，也呈现出强劲的追赶之势。看似波澜不惊的行业，根据 Gartner 数据，2021 年全球低代码开发技术市场达到 138 亿美元，比 2020 年增长 22.6%。

国外低代码应用情况

第一是行业软件厂商，利用低代码技术降低实施、特别是实施中客户化开发环节的工作量，提升行业软件自身的竞争力。典型产品有 Salesforce 的 Customer360（原 Lightning）。

第二是云平台厂商，借助低代码吸引更多用户购买其云服务。低代码在产品线中并不在核心位置上，大多专注于解决“有没有”的问题。代表性产品有 Microsoft 的 PowerApps。

第三是 BPM 厂商，专注于流程和表单的 BPM 厂商在自身软件的基础上增加可视化设计器，进一步降低使用门槛后，就实现了向低代码的转

型。典型代表有国外的 K2。

第四是开发工具厂商，以前专门做软件开发工具的厂商，整合自身的开发工具资源后推出了低代码产品。典型产品有 Progress 的 Kinvey。

在国外，有很多较为瞩目的低代码成功案例。2012 年，特斯拉在即将推出 Model S 之际，因对 SAP 的 ERP 产品的灵活性和价格不满意，选择废弃 SAP，改用低代码开发平台 Mendix，用了 25 个人，四个月时间就自建了 ERP 系统。

（五）市场、开源、政策、产权成为我国基础软件突围的四大支撑

1. 操作系统需要政策支持和软硬一体化的生态

重点突破跨平台、跨终端操作系统、云操作系统、嵌入式实时操作系统等核心关键技术。注重操作系统与中间件、数据库、办公软件等基础软件，以及 CPU、芯片等关键硬件之间的协同发展，构建以自主可控操作系统为核心，关键基础软硬件协同适配的产业生态体系。

构建以企业为主体、产学研用紧密结合的操作系统创新体系，促进技术、产品、服务、模式创新相结合，增强产业可持续发展能力，推进自主可控操作系统在党政军和金融、能源、航天等关键行业的规模应用，形成应用、技术、产业良性互动的发展格局。

基于开源技术和开放架构，兼容主流应用生态，构建自主可控操作系统的技术体系和演进方向。针对桌面、服务器、移动、

云计算、嵌入式等操作系统不同的发展现状和需求，分领域制定发展路线图和时间表。

2. 统一技术路线和推进重要系统应用相结合发展数据库

开源生态经过 20 多年的全球化发展，无论在国外还是国内都已经占据了广大市场。数据库生态经过 40 多年的角逐，市场格局也较为稳固。为了发展和完善中国基础软件（数据库）生态，可以从以下几个方面做增强：

一是在国家宏观政策上要鼓励业务和服务使用自研的数据库产品覆盖率达到 80% 以上；对于主流的国产自研商业数据库和国产自研开源数据库，要求北向生态（国产自研应用、国产自研中间件）对接适配，南向生态（国产自研算力、云底座）兼容。

二是高校要以教育为抓手，通过校企合作方式，编写教材、设计实验、联合创新。推出基于国产自研数据库的《数据库系统概念》《事务处理》等覆盖广度和深度的教材；推出优秀在线课程，普及数据库技术和教育；通过课堂教学、动手实验、参与项目、实习等多种途径加速人才的培养和发展。

三是鼓励各企业之间的开放合作，消除技术栈孤岛。要求金融、互联网等各行业龙头企业加入并参与数据库开源社区。在实际业务中使用国产自研开源数据库、贡献社区、与社区联合创新。通过开源社区吸引开发者和企业，通过做强开源社区的方式统一技术路线，力出一孔，把根技术用起来，把根技术用好。

四是 5 年内，培养数十万名基础软件毕业生，百万名基础软件社区参与者，统一根技术路线，成长出 2-3 个最热门数据库开源社区。面对不同的行业和应用，提供成熟可靠的解决方案全栈（应用+中间件+数据库+操作系统+算力）。

3. 云化、平台化和移动互联网应用是中间件发展的方向

无论是云还是大数据、物联网、移动化、人工智能等 IT 热点，其实都离不开软件基础设施产品的支持。以中间件技术为代表的产品，可以将各种各样的应用整合起来，真正地使这些技术应用变成可以快速地拼插，实现多系统的集成、整合以及优化。随着新兴技术的快速进步和商业模式的日趋成熟，对中间件市场也产生了深远影响，能够应用新一代信息技术的产品已经成为中间件产品发展的主要方向。

伴随着云计算的发展，云化中间件也逐渐在市场中被广泛宣传。虽然市场中关于中间件尚没有一个统一的概念，各厂商也有各自的对于云中间件的理解和产品。但通常情况下，云化中间件是指一类集成了云计算能力的中间件平台，通过云化中间件能够有效整合各种计算资源，对应用服务器、消息中间件、ESB 等进行虚拟化，将各种对云计算的支撑需求整合成应用基础设施资源池。云化中间件是搭建云平台不可缺少的基石，可以帮助企业快速利用云计算技术完成从传统结构向云计算架构的平滑迁移。

移动端的发展是中间件厂商拓展市场空间的途径。随着移动

应用涉及的领域不断拓展，移动中间件在移动应用中的作用越来越重要，厂商之间的竞争也愈发激烈。伴随着移动应用的发展，现阶段移动中间件被赋予更多的能力和期望，在传统的跨平台快速开发能力、后端整合能力、运维及管理能力之外，移动中间件产品的扩展能力与整合能力成为用户关心的关键能力。目前移动中间件厂商正在从以产品为核心向以行业解决方案为核心转变。

集成多功能的云平台是中间件厂商整合资源的发展重点。随着开源社区的不断活跃和发展，中间件厂商学习和吸收优秀开源软件的长处，并融合进自己的产品和服务，持续提高产品的性能和易用性，这对于满足市场上越来越多的企业各种各样的服务需求有着极大的优势，也对开拓新兴细分领域市场有着重要帮助。

4. 产权保护、注重社区、基础研究是编程器和编程语言发展的三个支撑

加强政策支持与法律保护。编译器基础软件需要政策扶持，培育良好创新环境，同时加强知识产权保护。一是加强开源软件领域的法律法规建设，在软件所有权和许可证上制定清晰的法律，包括判决案例、司法解释和相关法律法规。一方面对开源领域国外常见的许可证协议形式给予法律层面的认可或司法解释，另一方面催生适合我国国情、受我国法律明确保护的许可证制度。二是法规执行上还需要大量对软件知识产权保护有专业经验的司法人员和取证调查机构，从而对可能出现的大量软件知识产权纠

纷和侵犯做专业并高效的裁决，并且坚决执行。三是建立保护软件知识产权的良好文化氛围，上升到国家战略层次。通过国家牵头，联合教育界从小培养公民保护知识产权的意识，破除获得软件就意味着拥有或可自由使用的错误观念。

构建自主可控的编译技术开源社区，通过该开源社区，形成编译器根技术和产学研协同互动。形成联动配合和彼此支撑的机制，保障资源、要素和需求良性流动。一是国家指定一批中立的科研院所，依照国家科技政策指引，牵头产业界各企业建立跨界编译技术联盟，为未来基础理论和人才培养做好前瞻性储备；提高编译器和编程语言技术发展的效率，促进各大团体之间的分工协作。二是以开源社区为依托，加强编译技术人才培养。科研机构有意识的引导学生贡献开源社区，鼓励大学的授课老师从开源社区中挑选实际问题作为相关的课程实践，认可开源社区贡献作为教职员工学术贡献的一部分。三是围绕开源社区，听取（潜在）客户反馈，提炼高价值需求。

要加大基础理论的研究和突破，通过大颗粒基础软件创新牵引编译器、编程语言不断向前发展。一是编程语言基于计算模型和类型论，实现编程抽象，提升编程效率。通过领域专用语言、跨语言互操作、基于语言的软件安全实现大颗粒编程语言根技术创新。二是编译器基于程序等价，实现统一 IR，提升编译性能。通过统一编程实现大颗粒编译器根技术创新。

七、我国基础软件根技术发展之路

（一）坚持开源

一是基于新兴领域的引领性技术构建中国特色开源基金会。

大力支持国内开源基金会等开源组织，普及开源软件文化。引导国内在区块链、AI、云计算、工业互联网、自动驾驶等新兴领域内具有原创性、基础性、前瞻性的高价值开源技术和企业加入，提前布局新兴领域内的开源生态。

二是以协同新需求为导向打造服务差异化的开源代码托管平台。抓住新兴信息技术领域内影响软件协同开发效率的关键问题，建设与国际主流开源代码托管平台的差异化服务。吸纳国内龙头企业、细分领域专精企业入股共建，以驱动其将自身高价值开源项目托管于平台并形成带动效应。鼓励国内企业多平台代码托管，同步在国内外平台进行立项，合规合法共享双边开发成果。

三是海纳百川融汇全球智慧与资源共绘企业开源生态蓝图。

支持国内软件产业龙头和新兴优势企业面向全球贡献前沿开源产品，形成开源生态支点。进一步加速国内软件产业对外开放步伐，鼓励全球软件企业及技术和生态运营人才协同创新，与中国企业共建开源软件生态体系，共享中国巨大的数字经济发展红利。

（二）注重生态

增强产业链供应链自主可控能力，是中央政治局会议一直以来非常重视的问题。2020年7月30日召开的中央政治局会议提出，“要提高产业链供应链稳定性和竞争力”，而在12月11日召开的中央经济工作会议则强调“要增强产业链供应链自主可控能力”，强调产业链供应链安全稳定是构建国内国际双循环新发展格局的基础。由此可见，“自主可控能力”已被视为实现我国产业链供应链稳定和升级的一把“钥匙”。因此，加大软件产业核心零部件的自主研发与创新力度，可有效降低软件产业链重构下的“卡脖子”风险，并有助于积极推动软件产业链转型升级。

产业链供应链安全稳定是构建软件产业双循环新发展格局的基础。要统筹推进“补短板、锻长板、优服务”，针对软件产业薄弱环节，实施好关键核心技术攻关工程，尽快解决一批“卡脖子”问题，在软件产业优势领域精耕细作，创新出更多独门绝技。同时要实施好软件产业基础再造工程，打牢基础零部件、基础工艺。要加强顶层设计、应用牵引、整机带动，强化共性技术供给，深入实施国产软件产业质量提升行动。具体包括：

一是畅通软件产业链。让软件产业链循环起来，先复工达产。围绕软件产业重点产业链、龙头企业、重大投资项目，打通堵点、连接断点，加强要素保障，促进我国软件产业上下游、产供销、大中小软件企业协同复工达产。要加快培育一批专注于细分市场、

聚焦主业、创新能力强、成长性好的专精特新“小巨人”企业，提升产业链供应链稳定性和竞争力。要畅通软件产业内循环、市场循环、经济社会循环，这是起点和基础。

二是提升软件产业链。我国软件产业起步晚，与发达国家相比发展水平不高，自主研发能力还有限，在关键环节还受制于人。所以要实施软件产业基础再造和产业链提升工程，巩固传统优势，强化优势技术和龙头企业的核心和领先地位，在抓紧布局战略性新兴产业中提升我国软件产业链现代化水平。要发挥新型举国体制优势，加强软件技术创新和技术攻关，强化关键环节、关键领域、关键软件产品的保障能力。

三是构建软件产业双循环链。要充分发挥我国超大规模市场优势和内需潜力，构建国内国际双循环相互促进的新发展格局。我国具有超大规模市场优势，这种优势在逆全球化和保护主义盛行的背景下显得尤其重要。因此，要打通堵点、连接断点，构建我国软件产业发展的双循环链。

四是加强全球软件产业链安全合作。我国软件产业发展不但要立足于内需和国内市场，还要掌握更多具有自主知识产权的关键技术和产品，掌控全球软件产业发展主导权。在确保我国软件产业链价值链安全的同时，还要积极参与全球软件产业价值链的国际竞争、合作与治理，支持我国优势软件企业加快步伐，走出国门参与国际竞争。在全球软件产业价值链重构的机遇下，进一

步提高我国软件产业链的国际竞争力。

从日益严峻的国际竞争环境以及欧美等国对我国软件产业和龙头企业的封锁来看，我国软件产业要依靠行业内的自主转型升级积极谋变，真正做到自主可控、安全高效，做好供应链战略设计和精准施策，推动软件全产业链优化升级，促进软件产业在国内有序转移，优化软件产业链布局，形成具有更强创新力、更高附加值、更安全可靠的软件产业链供应链体系。

（三）政府先行

一是维护和规范软件市场环境。加强软件产业知识产权保护，提升软件知识产权创造、保护、运用、管理和服务能力。加强软件核心技术产权储备和战略布局，鼓励企业联合建设软件专利池、知识产权战略联盟，建立知识产权联合创造、协同运用、共同保护和风险分担机制。持续推进软件正版化，加大盗版软件打击力度。降低不正当竞争对产业的伤害，保护软件开发企业合法权益，从而维护和规范软件市场环境。

二是鼓励建立地方性开源支持政策。设立开源基金会制度，鼓励社会力量与政府共建公益性开源创新生态环境。政府主导建立开源基金会，以此为试点，支持开源基金会接纳社会捐资开展开源基础业务，在此基础上建立完善基金会组织机制和法律制度。地方政府采购向开源方案倾斜，支持基于开源的根技术创新和新兴企业兴起。

三是强化软件在智慧社会的应用。加强软件在智慧城市建设中的重要作用，充分发挥软件对于信息消费的倍增效应和叠加效应，激发信息消费潜力，合理培育和发展共享经济、平台经济、APP 经济等信息消费新应用新业态，打造信息消费升级版、拉动内需和引领软件产业升级。

四是引导软件的价值导向。尤其要提升软件产业公共服务供给能力。要加强软件企业公共服务平台建设，建立完善软件和数据能力成熟度评估及体系，完善升级软件企业成熟度模型。发展第三方服务咨询机构，提升软件测评和质量保障能力。培育一批知识产权、投融资、产权交易、能力认证、产品测评、人才服务、企业孵化和品牌推广等专业服务机构。鼓励发展面向中小企业的公共服务平台等，这些都是扩大内需的重要措施。

（四）价值体现

深化软件的供给侧结构性改革对促进软件产业的高质量发展至关重要，坚持创新驱动是供给侧改革的核心，把要素市场作为供给侧结构性改革的主战场，解决软件系统供给和需求结构性错位，提高软件产业供给体系的质量与效率。

一是提高软件产品的质量和供给能力。坚持创新驱动发展，加强产业基础研究，推进核心技术、关键产品、集成应用等体系化创新，提高国内市场占有率，特别是提高基础软件和高端工业软件占比，不断提升软件著作权登记和首版次产品数量。

二是明确提出软件产业高质量发展内涵。从产品供给能力、企业竞争能力、行业发展能力、产业融合能力、生态自主能力和环境保障能力等方面，构建软件产业高质量发展指标体系，从而开展对软件产业高质量发展评估，将指标体系作为贯彻国家软件顶层战略，推动国家、各省市软件产业高质量发展的有力工具。

三是出台首版次软件推广应用政策。推动高水平国产软件产品尽快进入市场，构建国产软件自主创新生态。针对我国软件产业发展产用严重脱节、国产软件推广应用困难、研发—应用—迭代良性循环存在的突出问题，要积极探索出台软件首版次应用政策，增强企业研发积极性与用户使用信心。

四是促进应用侧与供给侧有机对接。坚持“好软件是用出来的”，统筹推进重大应用，引导党政军、重要行业领域、国有企事业单位采用国产软件，给予国产软件“包容性”扶持，给予国产软件在应用中持续迭代优化。

（五）机制创新

2020年8月，国务院印发《新时期促进集成电路产业和软件产业高质量发展的若干政策》，文件提出“聚焦高端芯片、集成电路装备和工艺技术、集成电路关键材料、集成电路设计工具、基础软件、工业软件、应用软件的关键核心技术研发，不断探索构建社会主义市场经济条件下关键核心技术攻关新型举国体制”。

我国软件产业规模已由2010年的1.4万亿元增长到2020年

的 8.1 万亿元。在实现规模跃升的同时，我国软件产业面临的最大问题是如何提升基础软件、工业软件等核心技术的自主创新能力，实现“质”的飞跃。

国务院 8 号文的出台，一方面，落脚于鼓励企业通过资源整合，按照市场化原则重组并购，做大做强企业，提升产业竞争力；另一方面，延续了国家科技重大专项的支持方式；鼓励国内外企业合作、国际高校和研发机构在华设立研发机构、鼓励国内外行业协会加深交流，支持国内企业深度参与国际市场分工协作和国际标准制定。这是在宏观层面通过对创新的支持及资源整合的方式，加速实现软件产业的高质量发展。

（六）人才保证

结合教育部、工信部印发的《特色化示范性软件学院建设指南》，对于国家软件发展战略中“软件人才培养工程”具备很好的支撑作用。聚焦国家软件战略主战场：关键基础软件、大型工业软件、行业应用软件、新型平台软件、嵌入式软件等，培养满足产业发展需求的特色化软件人才，培养高质量软件人才，构建国家自主的软件和生态控制能力。

——**人才培养体系**。加强高校软件专业建设高质量软件人才培养新模式，培养复合型、实用型高水平人才，增加人才行业内良性流动理念，建设特色化示范性软件学院。

——**鼓励多方合作**。破除高校与产业壁垒，支持国际化合作

对学科建设、校企合作、高级人才引进、人才鼓励政策等进行优化，大力开展关键核心软件技术联合攻关。

——**完善培养机制。**构建适合中国高校教学特点、基础条件和教师队伍的新型软件人才培养体系和支撑环境，着力培养实践能力、创新精神和社会责任感。

（七）扩大市场

一是突破关键软件。聚焦关键软件卡脖子领域，系统梳理短板弱项，坚持拓长补短，坚持问题导向和应用牵引相结合，坚持分类施策，精选对国计民生有重大影响的关键软件产品作为攻关重点，力争早日实现对“卡脖子”软件产品的自主供给。推进核心关键技术攻关，发挥企业主体作用，探索揭榜挂帅机制，推进建设工业技术软件化、工业大数据、工业设计软件等先进制造业创新中心，推进党政办公、能源、金融、电信等重要行业国产化应用示范，发展智能网联汽车、云计算、大数据分析系统、工业互联网等“软件定义”技术平台。

二是深化应用推广。面向特定领域需求，构建自主可控生态，按照统筹谋划、分类突破、融合发展的原则，有序推进国产化替代，推进自主软件生态持续迭代优化。推进国产桌面操作系统收敛，充分发挥比较优势，构建自主产业生态。研究制定重点行业国产化替代路线图和时间表，有序推进金融、电力、装备等重点行业应用替代，保障供应链安全。

三是打造优势品牌。实施软件精品战略，以软件名城、名园、名企、名品、名人建设为抓手，高质量建设一批软件特色品牌。对标微软、谷歌、Oracle、Redhat 等国际企业，鼓励加大自主研发，研发一批千亿级基础软件产品，实施软件名城提升工程，支持高水平高标准建设现代化软件名园，打造硅谷式高端软件产业集聚发展载体。大力扶持创新创业，培育挖掘一批软件行业领军人才。

四是推动融合发展。面向经济社会数字化转型需求，充分发挥软件赋能、赋值、赋智作用，推进国民经济各行业知识和技术的软件化，强化软件技术在工业互联网、大数据、人工智能、5G 等新兴领域的应用。深入推进工业互联网战略，开展工业软件重点攻关，聚焦突破大型研发设计软件，加快工业软件国产化替代。加快工业软件在制造业关键行业和重点领域的示范应用，围绕工业互联网平台建设需求，实施《工业互联网创新发展行动计划（2021-2023 年）》，发展自主工业互联网平台软件产业生态，加速工业技术软件化进程，营造良好应用生态。

（八）国际交流

我国软件产业要坚持高水平对外开放创新，加强与全球产业链的安全合作，掌控全球软件产业发展主导权，在确保我国软件产业链价值链安全的同时，积极参与全球软件产业价值链的国际竞争、合作与治理，积极推进我国软件产业发展的全球化。

在当前全球软件产业价值链重构的机遇下，进一步提升我国软件产业链国际竞争力，真正实现我国软件产业国内国际双循环发展。