

中国软件根技术发展白皮书

White Paper on the Development of Software Root Techonology in China

(操作系统册)

2022版

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

 **OpenEuler**

中国软件行业协会 编

中国软件根技术发展白皮书

(操作系统册)

中国软件行业协会

目 录

前言.....	1
一、操作系统概述.....	3
(一) 操作系统定义.....	3
(二) 操作系统分类.....	4
1. 服务器操作系统.....	5
2. 桌面操作系统.....	5
3. 移动操作系统.....	5
4. 云操作系统.....	6
5. 嵌入式操作系统.....	7
6. 物联网操作系统.....	7
二、国产操作系统发展形势分析.....	9
(一) 操作系统行业发展现状.....	9
1. 微软 Windows 在桌面和服务器领域占据统治地位.....	9
2. 谷歌 Android 和苹果 iOS 在移动领域形成双寡头垄断.....	11
3. 巨头围猎云操作系统，技术功能各具特点.....	12
4. 嵌入式操作系统相对分散，发展潜力巨大.....	13
5. 物联网操作系统尚处起步发展阶段，呈现碎片化形态.....	14
(二) 国产操作系统发展趋势.....	15
三、服务器操作系统产业分析.....	17
(一) 中国服务器操作系统市场竞争格局.....	17
1. 主流厂商行业应用领域.....	17
2. 主流厂商的市场占有情况.....	17
(二) 主流厂商的技术路线和发展策略.....	18
1. 主流厂商的技术特点.....	18
2. 主流厂商的生态建设.....	19
3. 主流厂商在我国的发展策略.....	20
四、桌面操作系统产业分析.....	22

(一) 中国桌面操作系统市场竞争格局.....	22
1. 主流厂商的行业应用领域	22
2. 主流厂商的市场占有情况	22
(二) 主流厂商的技术路线和发展策略.....	23
1. 主流厂商的技术特点	23
2. 主流厂商的生态建设	24
3. 主流厂商在我国的发展策略	25
五、移动操作系统产业分析.....	27
(一) 中国移动操作系统市场竞争格局.....	27
1. 主流厂商的行业应用领域	27
2. 主流厂商的市场占有情况	27
(二) 主流厂商的技术路线和发展策略.....	28
1. 主流厂商的技术特点	28
2. 主流厂商的生态建设	29
3. 主流厂商在我国的发展策略	31
六、云操作系统产业分析.....	32
(一) 中国云操作系统市场竞争格局.....	32
1. 主流厂商的行业应用领域	32
2. 主流厂商的市场占有情况	33
(二) 主流厂商的技术路线和发展策略.....	33
1. 主流厂商的技术特点	33
2. 主流厂商的生态建设	34
3. 主流厂商在我国的发展策略	35
七、嵌入式操作系统产业分析.....	37
(一) 中国嵌入式操作系统市场竞争格局.....	37
1. 主流厂商的行业应用领域	37
2. 主流厂商的市场占有情况	37
(二) 主流厂商的技术路线和发展策略.....	38
1. 主流厂商的技术特点	38
2. 主流厂商的生态建设	39

3. 主流厂商在我国的发展策略	40
八、物联网操作系统产业分析.....	41
(一) 中国物联网操作系统市场竞争格局.....	41
1. 主流厂商的行业应用领域	41
2. 主流厂商的市场占有情况	42
(二) 主流厂商的技术路线和发展策略.....	44
1. 主流厂商的技术特点	44
3. 主流厂商在我国的发展战略	47
九、国产操作系统发展面临的挑战和对策建议.....	48
(一) 面临的挑战.....	48
1. 操作系统领域主流厂商的市场优势地位难以撼动	48
2. 基础理论和技术研究缺乏体系性、高强度、持续性投入	48
3. 应用软件开发支持不足，生态建设相对滞后	50
4. 缺乏灵魂人物、专业人才及稳定开发团队	51
5. 国家支持国产操作系统发展政策比较分散	52
(二) 发展机遇.....	52
1. 中国市场规模应用潜力巨大	52
2. 国际局势变化引发操作系统供应链安全担忧	53
3. 国产操作系统发展具备基本条件	53
4. 政府出台政策支持操作系统发展	55
5. 国内厂商积极布局构建生态体系	56
(三) 对策建议.....	57
1. 加大原始技术创新与积累	57
2. 加快制定行业标准统一技术要求	57
3. 鼓励支持软件产品批量化应用	57
4. 完善行业治理和优化价值评估	58
5. 重视推进国产操作系统进课堂	58
6. 构建多链条开源生态和纵深防御体系	59
7. 发动产业资源优化营商环境	60

前 言

软件产业体系中，软件根技术是处于整个产业链最底层的技术簇，就像植根于土壤中的大树根系，支撑起整个软件产业体系的茁壮成长。在加速数字化转型潮涌下，随着硬件的不断丰富和变化，激发了软件体系发展脉络的深度演化，促使软件生态更加繁杂，软件根技术正在呈现出多头并进、多点开花、多元交叉融合的势头。

操作系统是软件技术体系中最核心、最关键的基础软件，支持着所有应用软件的正常运行。以自主操作系统为代表的基础软件是数字基础设施的核心组成部分，是技术创新和数智化发展的基石，正在成为我国数字经济发展的安全底座。

操作系统多场景（服务器、云计算、边缘计算、嵌入式）底层同构是技术承载；跨场景、跨终端、云驱动将成为操作系统的新发展趋势，互联、互通、互操作成为共性需求，逐渐驱动着操作系统的功能越来越强大。开源和生态建设将成为国产操作系统发展的主流模式，我们提倡借鉴华为公司 openEuler、OpenHarmony 的探索和实践，共建技术、商业、生态、人才、社区、文化交融的开源生态体系。

本文重点聚焦软件根技术——操作系统，试图通过研究操作系统体系的深刻发展规律，提出国产操作系统发展之路，构建具备兼容当前软硬件，支持互联互通、互操作的操作系统基础架构体系，将其纳入国家基本建设项目范畴，是本白皮书的核心目标。

我们倡导由政府牵引、市场主导和社会协同，共同建设国产操作系统基础构架体系，基于构架延伸应用，衍生产品，培育生态，并面向全世界输出共享，这样有助于建设完备的中国软件产业体系，也可以为全世界的数字化进程贡献中国力量。

一、操作系统概述

回顾操作系统近半个世纪的发展历史，经历了从专用操作系统到通用操作系统的转变，如今已经成为复杂强大的计算机软件系统之一，推动了计算机应用的繁荣发展。

（一）操作系统定义

操作系统（Operating System，简称 OS）是连接硬件和数据库、中间件、应用软件的纽带，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。操作系统位于底层硬件与应用软件之间，对下承接硬件，对上承载应用，是软硬件系统的核心与基础，是硬件与其它软件沟通的桥梁。

IT 产业存在着“硬件——软件——服务”的研发和生产链条。操作系统是最贴近硬件的第一层软件，能够管理和控制其它软件。操作系统是硬件的扩充，为其他软件提供运行环境。因此，操作系统在软件技术体系中处于定海神针的重要位置。

专栏 1：操作系统是现代科技的基石

发展现代科技，除了诸如芯片这样的硬件基石，软体基石同样重要。而软体中最核心的技术，那就是操作系统。

每一个硬件后面，总有软件代码在后面支撑。

没有优秀的软件系统，再好的肉体也没有灵魂。

操作系统的组成部分有：内核为资源（特别是内存、处理器和 I/O 设备）提供了最低层次的抽象层。它包括（但不限于）任务管理、内存管理、文件系统、设备管理等组件。

专栏 2：操作系统五大功能

操作系统具备五大功能：管理资源、提供用户界面、运行应用程序、支持内置实用程序、控制计算机硬件。

操作系统的功能总是有针对性地满足具体需求。一些操作系统旨在为用户提供操作的便捷性，一些更注重性能，还有一些更注重系统的安全性。

（二）操作系统分类

计算机操作系统上面可以装载各种各样的应用软件，是重要的流量入口，作为最基本也是最为重要的基础性系统软件，按应用领域进行划分，操作系统可分为服务器、桌面、移动、云、嵌入式及物联网操作系统六种类型，各类操作系统均有其相对应的技术特点。

专栏 3：各历史阶段操作系统发展

◇ PC 时代

由于 Windows 操作系统的广泛应用部署，微软于 20 世纪 90 年代成为全球市值最高的公司；苹果研制的 macOS 也支撑苹果一度成为全球最赚钱的科技公司。

◇ 数据中心时代

在 IBM、Intel 等企业的支持下，Linux 操作系统又逐步在服务器等场景占据主体地位。

◇ 移动互联网时代

苹果基于 NEXTSTEP 操作系统构筑的 iOS 支撑苹果成为全球市值最高的科技公司；Android 公司创立于 2003 年，谷歌在 2005 年收购 Android，通过持续不断的研发投入与快速迭代，如今已将 Android 操作系统打造成世界上发行量最大的移动智能操作系统。

◇ 万物互联时代

随着万物互联时代的到来，覆盖全场景的单一操作系统已经很难适配多样化终端设备不同硬件能力、不同应用场景、不同运算能力的需求。目前谷

歌、华为等各大企业纷纷在物联网操作系统方面重兵投入：

谷歌从 2016 年开始投入基于微内核的 Fuchsia 操作系统，应用场景上希望适用于个人移动设备、IoT（Internet of Things 物联网）设备甚至无人驾驶汽车等不同运算能力和需求的场景。

华为于 2019 发布了面向万物互联的全场景分布式操作系统 HarmonyOS，支持手机、平板、智能穿戴、智慧屏等多种终端设备运行，天生具备模块化解耦优势，可针对不同硬件能力的设备进行模块剪裁，从而实现弹性部署。

1. 服务器操作系统

服务器操作系统通常指安装在大型服务器主机上并用于管理服务器硬件和软件资源以及向多个程序提供服务的操作系统。服务器操作系统可以实现对计算机硬件与软件的直接控制和管理协调。

2. 桌面操作系统

桌面操作系统通常指安装在个人电脑上的图形界面操作系统软件。桌面操作系统基本上根据人在键盘和鼠标发出的命令进行工作，对人的动作和反应在时序上的要求并不很严格。从应用环境来看，桌面操作系统面向复杂多变的各类应用。从开发界面来看，桌面操作系统给开发人员提供一个“黑箱”，让开发人员通过一系列标准的系统接口调用来使用操作系统的功能。

3. 移动操作系统

移动操作系统通常指安装在移动设备中的通用图形界面操作系统软件。移动操作系统内置了诸如用户界面和各种设置工具之类的实用程序，并且有很多机会可以直接了解用户。移动操作系统包括从桌面操作系统派生的操作系统以及从嵌入式 Linux 派生的操作系统。

专栏 4：主流的移动操作系统

◇ 安卓 (Google)

基于 Linux 的嵌入式平台。自 2010 年以来，它已成为主流智能手机操作系统之一。

◇ iOS (苹果)

从 Mac OS X 派生的移动操作系统。安装在 iPhone、iPad 等移动设备上。

4. 云操作系统

云操作系统通常指以云计算、云存储技术作为支撑，构架于云集群的服务器、存储、网络等基础硬件资源和单机操作系统、中间件、数据库等基础软件之上的、管理海量的基础硬件、软件资源的云平台综合管理系统。

云操作系统不同于传统操作系统仅针对整台单机的软硬件进行管理，而是通过管理整个云计算数据中心的软硬件设备，来提供一整套基于网络和软硬件的服务，以便更好的在云计算环境中快速搭建各种应用服务。

专栏 5：云操作系统特点

一是治众如治寡，能管理和驱动海量服务器、存储等基础硬件，将一个数据中心的硬件资源逻辑上整合成一台服务器；

二是为云应用软件提供统一、标准的接口；

三是管理海量的计算任务以及资源调配。

云操作系统与普通电脑中运行的操作系统相比，就好像高效协作的团队与个人。个人在接受用户的任务后，只能一步一步地逐个完成任务涉及的众多事项。而高效协作的团队则是由管理员在接收到用户提出的任务后，将任务拆分为多个小任务，再把每个小任务分派给团队的不同成员；所有参与此任务的团队成员，在完成分派给自己的小任务后，将处理结果反馈给团队管理员，再由管理员进行汇聚整合后，交付给用户。

5. 嵌入式操作系统

嵌入式操作系统通常指与硬件相结合，能够通过对硬件进行资源调度，实现硬件功能的系统软件。嵌入式操作系统是一种用途广泛的系统软件，通常包括与硬件相关的底层驱动软件、系统内核、设备驱动接口、通信协议、图形界面、标准化浏览器等。

嵌入式操作系统负责嵌入式系统的全部软、硬件资源的分配、任务调度，控制、协调并发活动。嵌入式操作系统必须体现其所在系统的特征，能够通过装卸某些模块来达到系统所要求的功能。大部分的嵌入式系统都具有软实时性，可移植于多种处理器，并且基于优先级设计。总体而言，嵌入式操作系统具有多种优点，尤其适用于成本较低、计算资源不多、对实时性有要求的场景。

专栏 6：嵌入式操作系统设备示例

具有嵌入式操作系统的设备的一些示例包括：自动取款机、功能手机、电动汽车、工业控制系统（ICS）、基于 Arduino 的设备。

Arduino 是一个开源平台，带有一个微控制器，可以处理简单的输入，例如温度或压力，并将它们转换为输出。这些设备有一个基本的嵌入式操作系统，其作用类似于引导加载程序和命令解释器。基于 Arduino 的设备的一个例子是遥控车。Arduino 从汽车控制器读取输入，并将输出信息和命令发送到其他组件，例如制动器。

6. 物联网操作系统

物联网操作系统通常指面对由多种硬件组成的网络系统，能够协调、调度硬件系统的资源，并和构筑于硬件系统之上的软件相互联系，达到统一调度软硬件资源，完成硬件执行动作的系统软件。

物联网操作系统能够在物联网设备上运行，提供物物相连能力，其核心是能够将各种物体连接到物联网并且为各种物体提供数据通

信的能力。物联网操作系统对“物体”的调度过程通过层层分发、层层下达，通过调度云、边、端，不同层级中不同设备的计算资源而实现。

专栏 7：物联网操作系统特征

物联网操作系统除具备传统操作系统的设备资源管理功能外，还具备下列功能：

1. 屏蔽物联网碎片化的特征，提供统一的编程接口；
2. 物联网生态环境培育；
3. 降低物联网应用开发的成本和时间；
4. 为物联网统一管理奠定基础。

二、国产操作系统发展形势分析

操作系统自上世纪 50 年代诞生以来，到 90 年代以后，国内开始投入力量研发国产操作系统，经历了三十多年的发展史。到目前为止，国产操作系统经历了萌芽期（1989-1995）、破土期（1996-2009）、成长期（2010-2017）、壮大期（2018-至今）四个发展阶段。

近年来，国产操作系统正在实现跨越式发展，特别是经过几次国外操作系统的停服事件后，国内加快了对国产操作系统的研发和创新进程，国产操作系统正在从“可用”向“好用”跃进。

虽然市场上不同技术和开发版本的操作系统较多，但是真正具备核心生态的操作系统体系数量稀少。从全球来看，美国的谷歌和微软长期垄断着操作系统市场，另外，以苹果公司为代表的科技企业正在大力突破市场垄断，以搭载苹果公司产品专属的操作系统积极抢占全球市场份额。从国内来看，国产操作系统经过多年布局发展，取得了一些阶段性成果，但由于操作系统要求对前期的投入巨大，研发、维护、更新周期长，能形成一定生态规模的操作系统较少，能够打破已有市场的新型操作系统更少。

主流操作系统厂商在在服务器、桌面、移动、云、嵌入式、物联网领域各自占据市场优势地位，国产操作系统厂商想打破现有格局，需要长时间积累突破，可以说挑战与机遇并存。

（一）操作系统行业发展现状

1. 微软 Windows 在桌面和服务端领域占据统治地位

目前，市场上不同技术和开发版本的操作系统较多，但是具备

核心生态的操作系统体系很少。美国微软公司凭借自身强大的应用生态与预装优势，通过“Windows-Intel 架构”+“软件付费”绑定模式，在桌面和服务器领域具备绝对垄断优势。

自 20 世纪 90 年代以来，Wintel 联盟充分利用市场化手段，在全球范围内打下了坚实的客户使用基础，数以亿计的软件开发厂商都是基于 Wintel 的计算生态开发软件和测试程序。客户和软件开发厂商的使用反身性，也更加加强了 Wintel 垄断者的优势。

近 5 年以来，虽然 Windows 操作系统在国内市占率稍有下滑，但仍占据绝大部分市场份额，依然具备强大生命力，未来很长一段时间仍将引领桌面和服务器行业操作系统的迭代与进化。反观国产操作系统都是基于 Linux 开源，市场份额占比约 5%，生存相对艰难。

Linux 操作系统被认为是后起之秀，国内厂商通过开源 Linux 成功研发和推出多款服务器和桌面操作系统，获取了一部分市场份额，但是整体生态系统薄弱，很难撼动微软的绝对领先优势。

专栏 8：Linux 操作系统特点

多用户系统：在一个 Linux 主机上规划出不同等级用户，每个用户登录时工作环境可以不同，还允许不同用户在同一时间登录主机。

模块化程序：Linux 内核设计精巧，其独特的模块机制可根据用户需求，实时地将某些模块插入或从内核中移走。

广泛的硬件支持：支持 x86、ARM、MIPS、ALPHA 和 Power PC 等多种体系结构和微处理器。目前已成功地移植到数十种硬件平台，几乎能运行在所有流行的处理器上。

占用资源少：目前市场上任何一款个人计算机都可以达到使用 Linux 搭建一个服务百人以上的主机，可定制剪裁，移植到嵌入式平台，可选择多种图形用户界面。

用户组规划：在 Linux 机器上文件分为三类：文件拥有者、文件所属用户组、其他非拥有者与用户组者，对于项目或者其他项目开发者具有良好的保密性。户组、其他非拥有者与用户组者，对于项目或者其他项目开发者具有良好的保密性。

专栏 9：Linux 在我国的发展策略

Linux 是互联网的产物，它的开发模式、服务模式、收益模式、经营模式都不同于传统软件，其真正价值在于为用户提供解决方案，为用户提供支持服务。Linux 的核心问题是应用与服务，而不是发行版，只有不断推出丰富多彩的、满足用户需求的应用并提供多样化深入的服务才是真正将 Linux 的丰硕成果带给广大的普通用户。

一是行业应用逐渐扩展，满足差异化解决方案需求。Linux 行业应用市场逐步细化，在金融、电信、邮政、传媒等行业的应用不断增多。Linux 平台上部署解决方案时，系统稳定性、可靠性、高性能和安全性等问题为使用者树立了信心。并提供满足用户需求基础之上的安全性、高效性、可移植性，以及成本最低的解决方案。

二是单一产品价格竞争向整体解决方案 TCO 竞争过渡。Linux 推向市场之初采取的是低价策略。针对用户需求的转变，Linux 产品提供商也逐渐由单一产品价格竞争向整体解决方案 TCO 竞争过渡。这个过程中，Linux 厂商与相关软硬件厂商和 ISV 等建立很好的合作关系，提高了产品的兼容性和互操作性。

三是服务在 Linux 收入结构中的比重逐渐增大。随着 Linux 应用逐渐深入，Linux 本土厂商和应用企业正逐步接受以服务来获取收入的销售方式，而国外厂商 Novell 和红帽的进入，更将它们在国外采用的成熟销售方式带入了中国。中国的 Linux 厂商越来越多的收入来自 Linux 技术服务，而不是 Linux 产品销售。

2. 谷歌 Android 和苹果 iOS 在移动领域形成双寡头垄断

进入移动互联网时代，应用于智能移动设备上的移动操作系统

迅速得到发展。Android 和 iOS 经过十几年技术发展和生态建设，占据着移动操作系统市场绝大部分市场份额。

谷歌依靠“Android-ARM”+“免费流量+增值服务”模式，成为了移动操作系统领域的巨头，国内智能设备制造厂商大都使用安卓操作系统，为智能手机、智能电视、平板电脑、智能手表等数十亿设备提供平台支持，使得 Android 成为国内最受欢迎的移动操作系统。

苹果依托其强大的创新能力，推出广受大众欢迎的智能手机、智能穿戴设备等科技产品，同时搭载自研的 iOS 操作系统，也成功占据了一定的市场份额。Android 和 iOS 两者的行业龙头地位稳固。

专栏 10：英国启动对谷歌苹果反垄断调查

2022 年 11 月 22 日，英国竞争和市场管理局（Competition and Markets Authority, CMA）发布消息称，将对谷歌和苹果在移动浏览器和云游戏市场的情况展开第二阶段调查，目前已经成立调查组。CMA 表示，这两家科技巨头在移动生态系统形成“双寡头垄断”，该机构需要进一步进行深入审查。

这项针对移动浏览器和云游戏的调查基于今年 6 月发布的一份 356 页的市场研究报告。该报告称，苹果和谷歌在移动生态系统领域拥有强大而稳固的市场力量，因此有能力制定“游戏规则”，控制移动设备上的操作系统、应用商店和网络浏览器。若不加以干预，这两家公司可能保持甚至强化对行业的控制，进一步限制竞争和创新。

国内华为公司推出的鸿蒙操作系统也逐渐进入发展正轨，随着鸿蒙操作系统的不断升级优化，将会有更多的智能设备厂商接入鸿蒙系统。未来，鸿蒙操作系统将会对 Android 和 iOS 产生挑战，国内移动操作系统市场竞争格局将发生变化。

3. 巨头围猎云操作系统，技术功能各具特点

随着企业上云探索的逐渐深入，厂商也从一开始时的各自为政，

到采用开源的标准（CloudStack、OpenStack 等），再到如今，一些厂商在实践经验和不断摸索的基础上，自主开发通用的云操作系统平台，云操作系统经历了螺旋式上升的演进过程。

目前，国内主要的云操作系统厂商大致可分成三大阵营：

——以微软、亚马逊、阿里云等为代表，提供互联网应用的厂商，他们依托自有产业资源，结合云计算技术，基于原有的操作系统向云端过渡，功能齐全，以互联网应用的形式对外输出“云-边-端-网”的云服务能力。

——以华为、浪潮等为代表，提供云服务器产品的厂商，他们的基本策略是通过生产云服务器，配置了自己开发的操作系统，实现产品一体化交付。

——以 VMware、华云数据等为代表，提供标准化产品的厂商，他们基于用户场景化需求和云的特点，独立开发模块化、标准化的云操作系统产品，并以软件产品的形式独立交付。

根据不同的产品定位，这些具有不同特色、以不同方式交付的云操作系统，有自己最适合或者说最匹配的业务应用场景。比如，互联网客户与传统行业客户在选择云操作系统时就有不同的侧重点，有的关注灵活性、成本，有的则看重成熟、稳定、可靠。客户在选择云操作系统时，只要选择适合自己的，并为未来的扩展预留空间就可以，所以造成了不同厂商云操作系统技术功能各具特色。

4. 嵌入式操作系统相对分散，发展潜力巨大

嵌入式操作系统作为软硬件资源的控制中心，以尽量合理有效的方式解决多用户共享下的资源。经过多年发展积累，我国嵌入式操作系统产业链布局基本完善，国产嵌入式操作系统产品数量不断

增加。我国嵌入式操作系统厂商众多，还没有形成如同 Wintel 联盟式的垄断态势。

近年来，随着计算机技术及集成电路技术的发展，嵌入式技术日渐普及，在通讯、网络、工控、医疗、电子等领域发挥着越来越重要的作用。嵌入式系统将成为当前最热门最有发展前途的 IT 应用领域之一。随着信息化、智能化、网络化的发展，嵌入式系统技术也将获得广阔的发展空间。

同时，工业领域通常对电子信息系统有着天然的特殊要求，例如可靠性、专用化、安全性、低功耗、小型化等，这些需求都非常适合应用嵌入式技术来满足。因此，工业领域是自主可控嵌入式操作系统的重要应用方向。伴随着工业领域逐步实现自动化、信息化的发展趋势，嵌入式系统将迎来更加广阔的应用场景和市场空间。

5. 物联网操作系统尚处起步发展阶段，呈现碎片化形态

进入万物互联时代，物联网操作系统尚处于发展早期阶段，呈现出碎片化状态。目前市场上存在着不同来源的物联网操作系统：有从原有嵌入式操作系统改进而来的，也有从通用系统裁剪而来的，还有面向物联网需求完全从零发展而来的。不同行业背景的厂商（操作系统大厂、硬件厂商、云计算服务厂商等）从自身业务需求出发进行研发。

物联网操作系统是行业应用得以茁壮成长和长期有效生存的基础，只有具备了强大灵活的物联网操作系统，物联网这棵大树才能结出丰硕的果实。我们判断，尽管当前物联网操作系统市场占有率较为分散，但未来有可能出现几个垄断具体业务场景或生态的主导型物联网操作系统。

（二）国产操作系统发展趋势

操作系统产业的规律是：当垄断已经形成，后来者就很难颠覆，只能等待下一次新的产业浪潮。按照市场发展规律，每过二十年左右，操作系统会出现一次跨越式发展机遇，这主要是因为计算环境发生了很大变化，导致操作系统会更新换代，并引导相应的应用场景呈现数量级增长，形成围绕操作系统的产业新生态。

华为近三年相继推出的 openEuler 服务器领域操作系统和 OpenHarmony 移动终端 / 物联网操作系统，使得华为迅速成为国内操作系统的领军企业之一，正在逐渐打破国外操作系统的现有市场垄断格局。

当国内 IT 领先企业发展到一定阶段，使用国外操作系统可能会受到功能、性能和安全可靠等特定需求的限制，而这些企业已经有一定的实力进行操作系统研发方面的投入，通过改进或定制开源 Linux 等操作系统来提升自身业务的发展需求。

人工智能、机器学习、物联网、元宇宙、无人系统、工业机器人等新兴领域吸引了大量的资金投入。现有的操作系统有可能出现不能充分满足这些领域的深入发展需求的情况，反过来倒逼这些领域的新玩家也投入到面向这些领域的新型操作系统的研发中来。

总体来看，由于我国在操作系统领域起步较晚，国内各领域操作系统市场长期被国外厂商以成熟稳固的产品线占据。Windows、Android、iOS 等主流操作系统占据绝大部分市场份额，这些巨头厂商通过几十年研发积累和产品试错，形成了一系列成熟稳固的标准化产品，同时通过长期市场布局，围猎了国内大部分用户，形成用户数量、产品标准化、软硬件生态等系列竞争优势。国内主力厂商

也开始后起发力，一些主流操作系统厂商都具备了内核之外代码的开发能力，造成受制于人局面的主要原因是产业链上下游没有建立良性的生态系统，随着生态布局的持续完善，一旦突破生态用户“临界点”，应用软件开发商也会因为用户基础而投入更多资源进行与操作系统的适配，从而形成生态良性循环，未来发展提升潜力巨大。

中国软协预测，未来 5 年左右，国内操作系统市场将继续保持快速扩张态势，至少有 5-8 倍的增长空间，国产操作系统将面临新的发展机遇。

三、服务器操作系统产业分析

（一）中国服务器操作系统市场竞争格局

全球服务器操作系统主要分为 Windows Sever 和 Linux 两大流派。在中国服务器操作系统市场上，受益于技术环境的变化，以 Linux 为代表的开源操作系统逐渐成为服务器操作系统市场受欢迎的主流产品，成为推动服务器操作系统技术发展的重要推动力。openEuler 的全面开源，引发了中国服务器操作系统发展的质变，推动了整个行业进入加速发展阶段，未来国内服务器操作系统市场竞争将迎来变局。

1. 主流厂商行业应用领域

国内服务器操作系统市场主流厂商有微软、IBM 红帽、麒麟软件、统信软件、中科方德等。这些厂商的服务器操作系统主要应用在互联网、金融、运营商、政府、能源、交通、制造、医疗卫生、零售、物流及邮政等行业领域。

近年来，国产操作系统在党政、金融、交通、能源、电信等领域应用日益广泛，并在核心业务领域渗透率不断提升。其中，银河麒麟、统信 UOS 为两大具有代表性的国产操作系统。现阶段，以麒麟、统信为核心的国产操作系统体系已经初步建立，党政关键领域的国产操作系统普及基本完成，金融、教育等行业开始试点推广，未来逐步向消费级市场拓展，市场增长潜力巨大。

2. 主流厂商的市场占有情况

近年来，数字化改造浪潮持续加速。目前，已经有多家操作系统厂商开发基于 openEuler 的商用发行版，如统信、普华、麒麟、

中科创达等。此外，三大运营商中国电信、中国联通、中国移动也开发了基于 openEuler 的自用操作系统。openEuler 系产品市场装机量在 2022 年不断突破，取得了多个领域的增速第一：

在政府行业，openEuler 系产品在 2022 年上半年市场占有率达 39.2%，位居第一位；

在运营商行业，市场占有率达 57.9%，位居第一；

在金融行业，装机量市场占有率达 28.0%，位居第二；

在能源行业，市场份额进一步提升，占有率达 29.6%，位居第二。

CentOS 停用加速服务器操作系统国产化替代进程提供了机遇。麒麟软件基于 openEuler 社区版本所推出的麒麟 V10 操作系统，同时支持桌面端和服务器端，技术自主、生态丰富，在国产服务器操作系统市场上优势明显。

专栏 11：openEuler 装机量跨越生态发展临界点

华为公司副总裁、计算产品线总裁邓泰华在“2022 全连接大会”上表示，截至 2022 年 11 月，openEuler 欧拉操作系统的累计装机量达到 245 万套，跨越了生态发展临界点，在服务器操作系统的新增市场份额达到 22%，年底有望达到 25%。

（二）主流厂商的技术路线和发展策略

1. 主流厂商的技术特点

——Windows Server 采用图形化操作界面，需要专业系统维护队伍（不定期的打补丁），易操作、易学习。利用 Windows 较好的一体化技术，将服务器端与桌面端无缝连接，能够充分调度服务器的软硬件资源。服务器端延续了 Windows 桌面操作系统的优点，并与以 Intel 芯片为主的计算资源充分统合，完全适配。

——EulerOS 是基于开源技术的开放的企业级 Linux 操作系统软件，具备高安全性、高可扩展性、高性能等特点，能够满足客户 IT 基础设施和云计算服务等多业务场景需求。作为面向企业级通用服务器架构平台的操作系统，华为 EulerOS 基于稳定系统内核，完美支持鲲鹏处理器和容器虚拟化技术，着力在系统的高可靠、高安全以及高保障方面储备了富有竞争力的技术特性，为企业用户提供了一个稳定安全的高端计算平台，并充分利用 Linux 的可伸缩、高性能和开放性的优势，从容面对快速的业务增长和未来的挑战。

2. 主流厂商的生态建设

——Windows Server 基于用户对微软的使用习惯，开发出更多的基于其服务器的应用软件，并与 Intel 绑定。微软在专业级应用软件及游戏方面推出不同层次的产品；在构建开发者生态方面，Windows 平台渗透率高，凝聚了大批的开发者。在硬件上，Intel 作为芯片 IDM 厂商，占据市场话语权，Wintel 通过捆绑销售，牢牢把握对产业下游生产商的控制权。

——EulerOS 通过开源社区形式与全球的开发者共同构建一个开放、多元和架构包容的软件生态体系，孵化支持多种处理器架构、覆盖数字设施全场景，推动企业数字基础设施软硬件、应用生态繁荣发展。EulerOS 通过开源社区的建设，将芯片厂商、整机厂商、操作系统厂商、应用软件厂商等多类伙伴集合到社区中，社区成员实现共建、共享、共治，全球资源逐渐向社区汇聚，从而推动了整个产业链条的发展。截至目前，EulerOS 社区伙伴已超 380 家，全国下载量超 50 万，用户数量超 60 万人，PR（Pull Request，优化请求拉取）合入超 5.5 万。

兼容性方面，openEuler 已完成与多个硬件厂商的兼容适配，通过了 CPU 架构（x86/ARM）、跨代 CPU、主板（USB/ 拓扑）、外设等的兼容性测试。

3. 主流厂商在我国的发展策略

微软 Windows Server 系列产品与桌面系统有很多相同之处，在整个 IT 发展中起到举足轻重的作用，微软 Windows Server 在发展中不断的进行技术迭代和升级，满足市场需要和用户需求，而基于 Windows 8 基础上开发出来的 Windows Server 2012 服务器版系统，引入了全新的开始界面，并且增强了存储、网络、虚拟化、云等技术的易用性，让管理员更容易地控制服务器。这使得微软 Windows Server 在中国服务器操作系统市场上占据了一席之地。

当前，以 EulerOS 为代表的中国开源社区正在构建以自主技术为核心的产业生态，国产服务器操作系统已经具备产品有开发者社区、有知识产权，高安全、高可用、可定制、可重构的特性。

华为携手 EulerOS 社区全体伙伴共同将欧拉开源操作系统贡献给开放原子开源基金会，推动了欧拉开源操作系统的加速发展。目前已经有多家操作系统厂商开发基于 openEuler 的商用发行版，如麒麟、统信、普华、中科创达等。此外，三大运营商中国电信、中国联通、中国移动也开发了基于 EulerOS 的自用操作系统。同时，随着数字经济建设的不断推进，EulerOS 着力建设数字基础设施的底座，通过不断与云计算、边缘计算等结合，提供对数字场景的支持。

此外，国内一些企业纷纷打造了自己的开源社区，丰富产业链生态。其中，阿里、麒麟、统信均打造了自己的根社区。

专栏 12：openEuler 开源社区

openEuler 是面向企业级的开源全国产化操作系统。openEuler 内核源于 Linux，支持鲲鹏及其它多种处理器，能够充分释放计算芯片的潜能，是由全球开源贡献者构建的高效、稳定、安全的开源操作系统，适用于数据库、大数据、云计算、人工智能等应用场景。

同时，openEuler 是一个面向全球的操作系统的开源社区，通过社区合作，打造创新平台，构建支持多处理器架构、统一和开放的操作系统的，推动软硬件应用生态繁荣发展。

四、桌面操作系统产业分析

（一）中国桌面操作系统市场竞争格局

桌面操作系统被认为是计算机时代的“灵魂”。与半导体产业链一样，国际跨国公司得益于先发优势筑起的护城河，长期主导着全球桌面操作系统市场。面对日益复杂的国际关系，实现操作系统自主研发，将有助于减少对国外硬件系统的依赖，打破软硬件技术壁垒。近几年，突破高端芯片等硬件技术已经得到国家大力支持，同样也需要推进软件操作系统的发展，这样才能把握自主权。

1. 主流厂商的行业应用领域

目前，国内桌面操作系统市场主要有以微软和苹果公司为代表国外桌面操作系统厂商，以麒麟、统信、中科方德、中兴新支点、深度为代表的基于开源 Linux 的操作系统厂商。

国外厂商方面，微软 Windows 和苹果 MacOS 主要用于企业、消费级市场 PC 领域。国内厂商方面，以麒麟 KylinOS、统信 UOS 等为代表的国产操作系统主要应用于政府、教育、金融、医疗、电信、航天等关键信息领域，并逐渐向企业和消费级市场扩展迁移。

专栏 13：银河麒麟操作系统成功应用于国家重大项目

银河麒麟操作系统 (KylinOS) 是我国自主研发的操作系统，“天问一号”成功着陆火星使用的就是该系统。如今，麒麟已经在中国空间站、北斗等领域得到广泛应用，为国家重大项目贡献了“中国大脑”。

2. 主流厂商的市场占有情况

中国在桌面操作系统领域的探索起步虽晚，也已走过了长

达三十余年的历程，但在国内只占据了很小的市场份额。以微软 Windows 和苹果 MacOS 为代表的跨国公司仍处于绝对主导地位，虽然近 5 年在国内市占率逐步下滑，但仍占据超过 94% 市场份额（Windows 约占据 90%，MacOS 约占据 4%）。

以开源 Linux 为主的国产桌面操作系统处于初期发展阶段，在市场占比尚不足 6%，市场拓展方面还有待进一步提升。目前麒麟、统信初露锋芒，但尚未形成稳定清晰的市场竞争格局，传统厂商、巨头企业、初创公司等参与者均有机会。

从当前国产化占比情况来看，国内操作系统市场增长空间较大。预计到 2025 年，国产桌面操作系统出货量有望超过 20%，中国市场整体占有率突破 10%，中国将成为全球最大的 Linux 桌面市场，具备发展独立生态的基础和引领 Linux 桌面系统发展的潜力。

（二）主流厂商的技术路线和发展策略

1. 主流厂商的技术特点

微软 Windows 桌面操作系统采用自研内核，内核功能强大丰富，内置的各类技术标准、应用程序接口保持持续更新，推动 PC 硬件迭代。系统采用直观高效的图形用户界面、多任务栏功能，即插即用，具备出色的多媒体功能。Windows 重视对新硬件、新技术的适配，鼓励硬件厂商对于新技术和新部件的积极采用及研发，形成了新硬件与 Windows 互利共生的关系。

苹果 MacOS 是基于 XNU 混合内核的图形化操作系统，采用多平台兼容模式，自研源码闭源，部分组件开源，占用更少的内存，一般情况下在普通 PC 上无法安装，安全性高，可使用多种开发工具。

麒麟 KylinOS 采用国际主流标准，技术成熟。KylinOS 基于 UNIX 国际主流标准，同时继承了“银河”系列操作系统的核心技术，采用层次式结构，由 Mach 风格的基本内核层、BSD 风格的系统服务层、Windows 风格桌面环境紧耦合构成。支持多种微处理器和计算机体系结构，实现跨平台。与 Linux 在应用层二进制兼容，充分利用基于 Linux 的丰富应用成果。全中文支持，桌面环境友好。支持集群环境，支持多种应用服务和应用开发。

统信 UOS 依托功能强大的自研桌面环境（DDE），为用户提供了界面精美、交互灵动、操作简洁而统一的操作体验。系统集成三十多款自研的桌面应用，支持用户日常办公学习、影音娱乐、编程开发等各种场景下的业务需求。此外，提供成熟的软件生态平台和应用管理审核机制，为生态软件开发者提供友好便利的平台保障和发展助力。自带硬盘加密、开发者模式开关、安全启动、应用软件签名、安全中心、文件保险箱等多重安全机制，从硬件到软件全方位保障用户系统使用和数据安全。

2. 主流厂商的生态建设

微软利用先发优势抢占市场，通过与软硬件厂商、自研应用的长期磨合，率先构建系统化的生态规模，形成庞大的用户群体。软硬件捆绑形成 Wintel 联盟，牢牢把握住对产业下游生产商的控制权。在马太效应的作用下，Windows 的软硬件生态越来越庞大，吸引更多的用户，促进产品和系统性能进一步提升，形成良性循环。

苹果除了生产硬件，还自主开发软件，使得软件系统和硬件设备兼容性好，同时保持持续稳定的更新迭代，不断优化系统性能，与苹果其它产品线实现“连续互通”，为用户带来了无缝衔接的顺

畅体验，形成了独特的闭源生态。

在市场和政策的推动下，国产操作系统逐渐形成以麒麟、统信为代表的两强格局，市场发展与生态构建形成聚拢趋势。

麒麟发起成立中国首个桌面操作系统根社区开放麒麟（openkylin）开源社区，吸引产业链合力。推动规模化商用，打造丰富的应用生态。高度重视生态体系建设，与众多软硬件厂商、集成商建立长期合作伙伴关系，建设完整的自主创新生态链。以麒麟软件教育发展中心为组织平台，联合政产学研各方力量，探索中国特色的网信人才培养模式。通过CMMI5级评估，现有博士后工作站、省部级企业技术中心、省部级基础软件工程中心等，先后申请专利545项，其中授权专利203项，登记软件著作权544项，主持和参与起草国家、行业、联盟技术标准60余项。

统信软件发起成立“同心生态联盟”，以深度（deepin）社区为基础，建设立足中国、面向全球的桌面操作系统根社区，与近3000家生态伙伴深度合作，推出“统信生态腾飞计划”，统信加快统信软件软硬件兼容适配认证，打造具有“百个标杆案例、千家合作伙伴、万家企业，十万开发者、百万应用”的中国操作系统最大的生态圈。加强与各个院校间的合作，开展职业学院，培养专业操作系统人才等。

3. 主流厂商在我国的发展策略

微软 Windows 早期在中国市场推广时，一方面与政府和中国企业加强合作，改善微软品牌在中国大众市场的口碑，一方面放任盗版系统软件的存在。当占据了庞大的市场规模后，开始收紧加大对知识产权的保护力度，并利用黑蓝屏技术限制打击盗版行为，迫使

用户付费使用正版软件，巩固了其在中国 PC 市场地位。

苹果产品的外观设计，硬件配置以及自研的 **MacOS** 稳定加流畅的系统体验成为苹果公司在中国市场取得成果的关键。苹果 **MacOS** 经过多次升级后，具有强大的管理功能和流畅的用户体验感，同时与苹果系产品如智能手机、平板、智能手表等联通，吸引了大批忠实用户。

以麒麟软件和统信软件为代表的国产操作系统厂商主要是抢抓政策红利和国产化替代契机，在党政、金融、电信、能源等重点领域抢占市场份额，并逐渐向其它行业进行渗透，不断扩大市场规模。

五、移动操作系统产业分析

（一）中国移动操作系统市场竞争格局

随着经济的发展，全球进入移动互联网时代，带动了以智能手机为代表的移动设备应用的兴起，推动了移动操作系统的繁荣。谷歌 Android 和苹果 iOS 两者凭借成熟的技术先发优势和庞大的生态，几乎垄断着移动操作系统市场。2019 年以来，随着华为公司推出 HarmonyOS，三年以来发展势头迅猛，正在逐步构建起丰富的全产业链生态，未来有望打破谷歌 Android 和苹果 iOS 的市场垄断地位，在移动操作系统市场占据一席之地。

1. 主流厂商的行业应用领域

谷歌 Android 主要应用于智能手机、平板电脑、智能电视、智能手表等移动设备上，并逐渐向数码相机、游戏机、汽车、家用电器等行业领域进行渗透。

苹果 iOS 主要用在自研的智能手机、平板电脑、智能手表等苹果系电子设备产品上。

华为 HarmonyOS 是一款面向未来的操作系统，主要应用于手机、电脑、平板、电视、工业自动化控制、无人驾驶、车机设备、智能穿戴等多终端设备领域。

2. 主流厂商的市场占有情况

国内移动操作系统市场主要被谷歌 Android 和苹果 iOS 控制。谷歌 Android 基于开源特性，在移动智能终端设备上拥有庞大的衍生应用市场。据统计，谷歌 Android 和苹果 iOS 之间的竞争正在加剧，谷歌 Android 操作系统的市场份额，已从 2018 年的 77%、下降到

2022年11月的70%，苹果iOS操作系统的市场份额却从19%增加到了26%。

移动操作系统在手机行业应用最多，目前排名前十的手机设备制造商中，大部分厂商都是搭载的谷歌Android操作系统。苹果iOS主要搭载在苹果系产品上，以其优越的性能和良好的用户体验感，吸引了众多忠实的粉丝客户。

目前搭载HarmonyOS的华为设备超过3.2亿，内置鸿蒙系统的智联产品的发货量也超过了2.5亿，两者合计，搭载鸿蒙系统的设备数量，累计已经超过了5.7亿，HarmonyOS已成为发展速度最快的国产操作系统。华为正在积极布局鸿蒙生态的建设，完成相关产品与鸿蒙操作系统的适配工作，拓展面向智能设备、物联网等场景的中间件产品，未来具有较大的上升潜力。

（二）主流厂商的技术路线和发展策略

1. 主流厂商的技术特点

谷歌Android系统平台架构主要通过Linux Kernel（内核）、Hardware Abstraction Layer（HAL硬件抽象层）、Android Runtime、Framework及APP系统应用等五大架构组成，使得系统可以正常、平稳运行。开源特性，最底层使用Linux内核，应用程序采用APK文件格式。跨平台特性，任何Android应用几乎无需做任何处理就能运行于所有的Android设备。用户界面操作便捷性，用户可以通过点击、滑动、挤压等方式，来操控屏幕上的应用程序。拥有丰富的应用软件，吸引了众多开发者为其平台开发各式各样的应用软件，坚实的消费者基础让开发者有动力开发更多更好的应用软件。

苹果 iOS 系统的用户界面主要基于多点触控，属于封闭式操作系统，是基于 Darwin 开源的操作系统，且 Darwin 的内核是 XNU。iOS 系统属于完全封闭的操作系统，其系统有着非常严格的系统管理体系，比如 APP 上传的时候的格式要求一定要使用 ipa、pxl、deb 等格式，并且要满足官方的审查要求才可以在苹果应用程序商店进行上架，同时软件和硬件的整合度较高可以有效避免分化程度，提高稳定性。

华为 HarmonyOS 采用分布式架构，具备分布式软总线、分布式数据管理和分布式调度三大核心能力。分布式架构首次用于终端操作系统，实现跨终端无缝协同体验。确定时延引擎和高性能 IPC 技术实现系统天生流畅。基于微内核架构重塑终端设备可信安全。通过统一 IDE 支撑一次开发，多端部署，实现跨终端生态共享。

2. 主流厂商的生态建设

Android 操作系统最初由 Andy Rubin 开发，主要支持手机。2007 年 11 月，Google 与 84 家硬件制造商、软件开发商及电信运营商组建开放手机联盟共同研发改良 Android 系统。随后 Google 以 Apache 开源许可证的授权方式，发布了 Android 的源代码，吸引芯片厂商在 AOSP 源代码上叠加自己的功能，发布自己的版本并进行测试，终端厂商使用芯片厂商提供的 Android 代码，在此基础上加上终端厂商自己的特性。这就相当于拉拢芯片制造商及众多的手机厂商、开发者合作，共同推广 Android 这个开放平台。Android 逐渐扩展到平板电脑及其他领域上，如电视、数码相机、游戏机、智能手表等。

苹果 iOS 统一软件系统和硬件设备，通过强有力的监控手段来

保证软硬件产品的品质，使产品的理念得以贯彻和延续。借助忠实的开发者推广自己的产品，通过自己产品构建的网络同时反哺创新和创意者，最终形成了良性的循环，构建成为了自己的生态系统。

有微软的 Windows Mobile 系统、诺基亚的塞班系统的前车之鉴，华为 HarmonyOS 从诞生之初就积极布局构建万物互联生态。持续投入资金超过 500 亿元，成立 OpenHarmony 社区，吸引开发者，壮大鸿蒙软件生态。通过开源方式，大力发展生态伙伴。将基础能力代码贡献给开放原子开源基金会，壮大开源鸿蒙产业，并加速向丰富的行业应用场景拓展。

加速构建 HarmonyOS 的生态环境。首先，华为与合作伙伴联手开发了更多创新鸿蒙生态产品，包括智能家居设备、智能办公设备等；其次，华为不断构筑 HarmonyOS 软件的基础能力，通过为开发者提供更好的鸿蒙生态开发环境和开发工具，使开发者可以实现一次开发、多端部署；第三，面向数字基础设施的开源操作系统欧拉也将和 HarmonyOS 实现能力共享、生态互通。

目前已有超 5000 社区贡献者，16000+API，76 款通过兼容性测试的开发板 / 模组，23 个软件发行版，79 款商用设备。开源社区 Gitee 指数位列第一，是当前码云平台上代码和社区最活跃的开源项目。

鸿蒙的生态开发者超过 200 万 +，鸿蒙智联伙伴超 2200+，HMS Core 开放 25030 个 API，海外 Top 3000 应用集成率达 80%。鸿蒙应用数量也取得了长足的进步，已有近 4 万款应用联合华为走向全球市场，标志着鸿蒙生态进入了快车道。

专栏 14：华为 HarmonyOS 生态布局

据公开信息，鸿蒙 OS 生态目前已有 300+ 应用和服务伙伴、1000+ 硬件伙伴、50 万 + 开发者共同参与到鸿蒙生态建设当中。鸿蒙计划今年将搭载超过 3 亿部设备，其中有 2 亿部是华为自有设备，生态设备将超过 1 亿。场景拓展上鸿蒙 OS 将采用“一横一纵”的战略。其中，“一横”要从在家居领域扩展到消费者高频刚需的六大领域，目前累计拥有超过 1000 家硬件生态合作伙伴，包括美的、九阳、老板电器等；“一纵”则是做好全产业链适配，已积累超过 50 家模组合解决方案合作伙伴。

3. 主流厂商在我国的发展策略

谷歌公司通过 Linux 基金会在中国大力推广，吸引国内中小企业进行 Android 的开发与应用。布局生态建设，吸引来自中国大陆和台湾地区的企业加入由谷歌公司主导成立的开放手机联盟（OHA）。与国内手机厂商合作，基于 Android 系统平台开发出的成功产品越来越多。

苹果公司每年定期对操作系统进行升级，提升功能和用户体验感；借助持续升级换代的智能手机、平板、电脑产品，吸引了大批忠实粉丝用户。

华为公司围绕智能家居、智慧办公、智慧出行、运动健康、影音娱乐五大场景，以分布式技术、AI、原子化服务、通信、影像、音视频、图形渲染、隐私和安全框架八大领先技术为“鸿蒙底座”，30000+API 为“鸿蒙砖块”，以 Ark Compiler 编译器、Ark TS 开发语言、APP Gallery Connect 上架分发等全链路自研开发套件为“鸿蒙工具”，构建“鸿蒙世界”。在 HarmonyOS 的加持下，鸿蒙已经实现了手机、平板、PC 三屏协同，给用户带来超级终端体验，在手机与车机之间，更是能够做到应用无缝迁移。

六、云操作系统产业分析

（一）中国云操作系统市场竞争格局

全球云计算市场处于快速增长阶段，在全球云操作系统市场上，亚马逊、微软、阿里巴巴和谷歌一直是市场的领跑者，四家公司的市场份额合计达到云操作系统市场总规模的 75% 左右。国内云操作系统市场集中度相对较高，主要厂商有阿里巴巴、华为、腾讯、亚马逊、微软等，呈现群雄并起局面。

1. 主流厂商的行业应用领域

华为 FusionSphere 是华为公司面向多行业客户推出的云操作系统产品，集虚拟化平台 FusionCompute 和云管理 FusionManager 等软件于一身，整个系统专门为云设计和优化，提供强大的虚拟化功能和资源池管理、丰富的云基础服务组件和工具、开放的 API 接口等，可以帮助客户水平整合数据中心物理和虚拟资源，垂直优化业务平台，让企业的云计算建设和使用更加简捷。

阿里 Apsara 提供的产品和服务涉及云计算基础服务、域名与建站、企业应用、安全防护、网络与存储、大数据、人工智能、物联网和开发运维等诸多方面，产品线丰富，涉及领域较广，主要市场在国内和东南亚地区。

亚马逊 AWS 主要面向数百万的大型企业、政府机构和初创公司客户。目前平台上提供了上千种服务包含了从基础服务到管理到应用的全部服务类型。其中基础服务包括计算、储存、网络等管理服务包括管理工具、安全配置、监控运行等服务

微软 Azure 主要用于政府、零售、医疗保健业、金融服务、制

造等领域。用户可通过微软全球的数据中心进行计算、存储、数据库分析、应用程序管理、机器学习等操作。

2. 主流厂商的市场占有情况

受国内利好政策影响以及国内数字经济背景下企业转型升级的需求，国内云计算服务需求持续增长，近几年的年均增速超过30%，是全球增速最快的市场之一。阿里云占据先发优势地位，华为云、腾讯云、百度云发展势头强劲，四家科技厂商占据了大部分国内市场份额，以亚马逊、微软为代表的国外厂商也占据了一定的市场地位。

（二）主流厂商的技术路线和发展策略

1. 主流厂商的技术特点

华为 FusionSphere 专门为云设计和优化，提供强大的虚拟化功能和资源池管理、丰富的云基础服务组件和工具、开放的 API 接口等，全面支撑传统和新型的企业服务，极大地提升 IT 资产价值和提高 IT 运营维护效率，降低运维成本。

阿里 Apsara 全面兼容 x86、ARM、RISC-V 等多种芯片架构，实现“一云多芯”。它可以将遍布全球的百万级服务器连成一台超级计算机，以在线公共服务的方式为社会提供计算力。提供足够强大的计算力、提供通用普惠的计算能力。

亚马逊 AWS 是一组服务，它们允许通过程序访问 Amazon 的计算基础设施。这些服务包括存储、计算、消息传递和数据集 AWS 提供基于云的基础架构，并提供基于 SOAP 的 Web 应用程序接口，在这之上建立基于云的 Web2.0 服务，对最终用户来说，只需浏览

器就可以使用。

微软 **Azure** 是构建在微软数据中心内提供云计算的一个应用程序平台，包含云操作系统、基于 **Web** 的关系数据库（**SQL Azure**）和基于 **.NET** 的开发环境（与 **Visual Studio** 集成，让开发人员得以使用其集成开发环境来开发与部署要挂载在 **Azure** 上的应用程序）。基于 **Azure** 的云存储和 **Web** 应用程序接口建立的在线服务，对于最终用户来说是桌面软件的形态，使用的终端主要是 **PC**、笔记本平台，仍旧要依赖微软的操作系统，软件的计算仍旧依赖终端的处理能力。因此微软倡导的云计算是“云+端”计算，终端是由操作系统加上桌面软件的方式。

2. 主流厂商的生态建设

华为 **FusionSphere** 构建 **OpenStack** 产业生态。华为 **FusionCloud** 支持私有云、公有云、混合云等多样化部署，旨在帮助客户构建基于开源的商业应用，助力企业 **IT** 云化转型。

阿里云将云生态定为阿里云的核心战略。以“汇聚、链接、共赢、聚变”作为生态理念，分别在产品生态、行业生态、区域生态、云市场、教育生态等方面，构建客户共享、数据共享、技术服务、全球服务四大生态体系。

亚马逊 **AWS** 坚持创新和构建最有活力的生态系统。亚马逊非常重视自行研发，在美国所有的科技公司中，亚马逊的研发支出一直是最高的。**AWS** 一直致力于通过构建最有活力的生态系统，与合作伙伴共同服务好各种类型的客户。**AWS** 通过全球性的 **APN** 合作伙伴网络计划，为合作伙伴提供业务、技术、营销以及进入市场的广泛支持，帮助合作伙伴在 **AWS** 上成功。**AWS** 与 **APN** 合作伙伴

形成合力，服务好各行各业的客户。

微软云落实本地运营为合作伙伴打基础。授权世纪互联在中国运营和提供 Azure 服务；带领合作伙伴向云转型，让合作伙伴减少花在运营上的时间，集中精力实现差异化竞争优势；大力培养云计算人才，微软在继承和延伸已有开发、编程能力的基础上，积极进行基于云计算技术的教育和培训。

3. 主流厂商在我国的发展策略

——国内厂商方面

华为公司利用其本身在软、硬件方面的强大优势，为企业提供了多套云解决方案，帮助客户实现数字化转型。随后，华为云通过“一云两翼双引擎”的云计算产业布局，围绕算力提升发力。另一方面，加入 OpenStack 基金会，与合作伙伴一起为 OpenStack 开发者和用户群提供更好的服务，极推动 OpenStack 从技术平台演进为企业平台，共同推动基于开源技术解决方案的商业落地。

阿里推出生态共建策略，积极与企业合作，推广其 IaaS 产品，帮助这些企业完成数字化改造。这种提前布局、抢先出手的打法，不仅让阿里云在国内一骑绝尘，还让其顺势将业务做到了海外。随着竞争者的不断加入，阿里的云利润开始收窄。为了实现新的突破，阿里云从 2017 年就开始倡导向智能云的转移。在这个阶段，阿里将其在人工智能上的优势集成到了云端，开发出了 ET 大脑等 PaaS 产品。

——国际厂商方面

亚马逊 AWS 将全球的最佳实践，跟中国国情相结合，通过联合 AWS 的本地合作伙伴一起，去定义最适合这些行业的中国最佳

实践。帮助中国客户通过中国区域享受到全球领先的云科技和服务，更好地深耕本地业务；帮助海外的全球客户使用中国区域保持全球 IT 架构和体验的一致性，高效快速植根中国市场，帮助中国客户通过亚马逊云科技全球基础设施和服务出海走向世界。

微软开放了对 **Linux** 系统的支持，还积极地与红帽、甲骨文、**SUSE** 以及 **Canonical** 等厂商合作，推动 **Azure** 成为理想的 **Linux** 运行环境。在基本确立市场地位之后，微软开始在大数据分析、人工智能等领域积极发力，努力实现云产品的差异化。加之微软本身有强大的软件研发能力，依托自身强大软件生态系统包括服务器、桌面操作系统、**Office** 应用软件和数据库的整合优势，为包括客户在内的合作伙伴提供差异化的云服务。

七、嵌入式操作系统产业分析

（一）中国嵌入式操作系统市场竞争格局

与通用操作系统相比较，嵌入式操作系统在实时高效性、硬件的相关依赖性、软件固态化以及应用的专用性等方面具有突出的特点。经过多年发展与积累，我国嵌入式操作系统产业链布局基本完善，国产嵌入式操作系统产品数量不断增加。

随着信息技术的快速发展，嵌入式操作系统已经广泛应用于通信、能源电力、航天航空、工业控制等行业，对实时性要求越来越高的智能家电、媒体广播和数字影像设备等领域，未来市场应用潜力巨大。

1. 主流厂商的行业应用领域

嵌入式操作系统历史悠久、门类繁多、用途广泛，常见的嵌入式操作系统厂商包括美国风河、微软、霍尼韦尔、德国西门子，法国施耐德等。从全球市场格局看，嵌入式操作系统主要分为三类：

第一类，传统的经典 RTOS。以美国风河公司 VxWorks 操作系统及其 Tornado 开发平台为代表。特别是在通信设备等实时性要求较高的系统中，几乎非 VxWorks 莫属。美国风河公司的 VxWorks 和 Wind River Linux 嵌入式操作系统主要应用于航空航天与国防、汽车、能源、工业控制、医疗、电信等领域。

第二类，嵌入式 Linux 操作系统。以嵌入式 Linux 为代表，占嵌入式操作系统的 50% 以上份额。

第三类，Windows CE 嵌入式操作系统。主要占据显示仪表等界面要求较高或要求快速开发的领域。

2. 主流厂商的市场占有情况

嵌入式操作系统在控制细分领域众多，没有绝对的市场主导者，就工控操作系统而言，美国风河公司开发的 VxWorks 现占市场主流，而在实时工业操作系统领域，国内制造巨头大多采用美国微软、德国西门子、日本发那科、瑞士 ABB、美国罗克韦尔等自动化巨头的产品。

专栏 15：风河领先全球嵌入式市场

风河（Wind River）公司是全球领先的智能互连系统软件提供商。1981 年至今，全球超过 10 亿台产品应用了风河公司的技术成果，风河公司已成为全球实时操作系统、嵌入式 Linux 及相关服务市场供应量最大的公司：

- 在 RTOS 及相关服务的全球市场总营收中占比近 40%；
- 在嵌入式 Linux 及相关服务的全球市场总营收中占比超 50%；
- 在上述两个领域中，风河的市场份额是竞争对手的两倍以上。

风河凭借其完整的产品阵容，在全球嵌入式市场拥有得天独厚的优势。以全面支持 VxWorks、Linux 的 Run-Time 平台为基础，再加上面向这些平台的开发工具、全系统模拟工具，风河公司建构了适用于不同行业应用的软件解决方案，同时还提供世界一流的全球性专业服务和技术支持。

（二）主流厂商的技术路线和发展策略

1. 主流厂商的技术特点

风河 VxWorks 可靠性好，经过大量应用实践验证，使用安全性高、稳定性好。实时性强，VxWorks 进程调度、进程间通信、中断处理等系统公用程序精练而有效，它们造成的延迟很短。可裁减性佳，VxWorks 由一个体积很小的内核及一些可以根据需要进行定制的系统模块组成。

微软 Windows CE 内核模块化：支持进程、线程处理及内存管理等服务。内核系统接口模块允许应用软件访问操作系统提供的服务。文件系统模块支持 DOS 等格式的文件系统。图形窗口和事件

子系统模块控制图形和 Windows 相关的外貌。通信模块允许同其他的设备进行信息交换。

西门子 Nucleus RTOS 是一种支持 32 位和 64 位嵌入式处理器的，成熟、可靠和全面优化的实时操作系统。Nucleus RTOS 为 Arm、RISC-V、MIPS 和 PowerPC 提供架构支持。Nucleus Ready Start 包提供完整开发环境，覆盖嵌入开发的各个方面。

表 1：嵌入式操作系统的技术演进

无操作系统的嵌入式算法	监控式实时操作系统	通用嵌入式实时操作系统	云端链接的操作系统
4-8 位单片机为主	8-16 位嵌入式处理器为主	32 位 RISC 微处理器	32 位及以上微处理器
无操作系统支持的裸机	以简单监控式操作系统为主	代表：Vxworks、Windows CE	嵌入式系统和网络的连接
汇编语言对系统进行直接控制	处理器种类繁多，通用性差	可运行在不同的微处理器上	可运行在不同的微处理器上
系统结构及功能单一，针对性强	用户界面不够友好	具有丰富 API 和嵌入式应用软件	具有丰富 API 接口，以及云端能力

2. 主流厂商的生态建设

风河 VxWorks 提供完整的产品阵容，配备了覆盖全球的专业服务与支持，在业界建构了广泛的合作伙伴生态系统。无论是开源的 Linux、商业化的 RTOS，还是两种产品同时需要，无论是设计、开发还是部署，凭借全面的软件阵容，风河都会在每个业务环节提供全面的支持。这种灵活性允许合作公司利用最新的社区创新成果交付前沿产品，同时满足关键任务应用程序的功能安全性、信息安全性和可靠性要求。

微软 Windows CE 所有源代码全部由微软自行开发的嵌入式新型操作系统，不仅继承了传统的 Windows 图形界面，并且在 Windows CE 平台上可以使用 Windows95/98 上的编程工具（如 Visual Basic、Visual C++ 等）、使用同样的函数、使用同样的界面风格，使绝大多数的应用软件只需简单的修改和移植就可以在 Windows CE 平台上继续使用，操作简单，具有很好的适配性。

西门子 Nucleus RTOS 的源代码是开源的，完全免费，可用于加快复杂多样的软件架构的实施。Nucleus RTOS 针对各种嵌入式应用，提供相应网络协议（如 TCP/IP，SNMP 等），以满足用户对通讯系统开发要求。可重入的文件系统、可重入的 C 函数库以及图形化界面等也给开发者提供了方便。针对不同的 CPU 类型，Nucleus 还提供编译器、动态连接库、多任务调试器等相应的工具来配置用户的开发环境。

3. 主流厂商在我国的发展策略

风河 VxWorks 客户可以免费得到 VxWorks 源代码，及所有网络、文件系统、无线、安全、图表、USB 等运行时代码，甚至包括所有平台。客户还可通过 VxWorks 系统平台，获取多时区实时帮助、具有多方面自助选项的在线支持网络以及可选的高级服务，帮助开发人员以最快的速度解决问题。

西门子 Nucleus RTOS 以创新生态圈模式为产业升级提供端到端的数字化解决方案通过携手各方伙伴构建创新生态圈，实现以贯穿评估、咨询、集成实施与优化服务的端到端数字化解决方案和人工智能、边缘计算、5G 和工业云等前沿科技在工业制造、城市及基础设施、交通和物联网等领域的落地生根。

八、物联网操作系统产业分析

（一）中国物联网操作系统市场竞争格局

近几年来，全球物联网操作系统行业发展增速较快，尤其是在欧美及亚太地区，很多互联网公司进入该行业，从各国物联网市场出发，推动着物联网操作系统行业的发展。

随着万物互联时代的到来，国内物联网操作系统市场规模也在迅速扩张。目前，市场上主要有十几种物联网操作系统，但都处在发展初期，产业链生态环境对此并未做出积极反映，同时，开源 Linux 和 RTOS 仍然是市场主流，活跃在物联网市场。

1. 主流厂商的行业应用领域

物联网是众多物联网设备的联网，以便开展不同数据的收集和共享服务，这使得围绕物联网硬件的联网、调度、管理及分析成为一个巨大的物联网操作系统市场。根据物联网市场情况将物联网操作系统分为物联网终端操作系统、物联网操作系统平台，各个物联网操作系统赛道内存在有不同厂商角逐。

物联网终端操作系统，即面向物联网领域的实时轻量级操作系统，通过轻量级的硬件完成任务管理、内存管理、时间管理、通信机制、事件管理、定时器等操作系统基础组件，更好地支持低功耗、短报文、轻功能等场景，如传感器、路由器等。国外的主流厂商有美国风河、微软、ARM、英特尔等，国内主流厂商有华为、阿里巴巴、腾讯、海尔、翼辉、赛睿德、南瑞、航天信息、国网信通、新华三等。

物联网操作系统平台，即物联网时代的基础设施，物联网操作系统平台是负责管理物联网中各种设备、网络与算法的系统软件，

其中设备包括各种传感器、摄像头、控制器等硬件设备，需要对例如 OPC-UA、Modbus、MQTT 等协议进行解析，通过多种网络传输手段如 TCP/IP、蜂窝网络、LoRA、Zigbee 等进行数据汇聚，然后进行算法应用的部署管理。国外的主流厂商有 IBM、微软、亚马逊、谷歌、霍尼韦尔等，国内的主流厂商有慧安股份等。

2. 主流厂商的市场占有情况

目前物联网操作系统百家争鸣，全球还未形成垄断性质的产品，在全球各大厂商都意识到这个万亿级别市场的背景下，在物联网终端操作系统，既有 Andorid Things、RTX、Fuchsia、Free RTOS、VxWorks 等国外物联网终端操作系统，又有 LiteOS、AliOS Things、CT Wing、OneOS、联通雁飞等国内物联网终端操作系统新兴崛起。在物联网操作系统平台，有 IBM Waston IoT Platform、Azure IoT、Google IoT Core 等老牌国外 IT 厂商的新产品，又有慧安股份的慧安蜂巢物联网操作系统平台 IS-MEST 等国内优秀物联网操作系统平台。国内外各家产品都各有优劣。随着数字化转型的浪潮到来，物联网操作系统将成为未来风口，迎来强大的市场需求。

在物联网终端操作系统厂商中，风河 VxWorks 可广泛支撑各种物联网设备，从消费者可穿戴设备到大型网络设备。华为 LiteOS 面向物联网领域开发广泛应用于智能家居、穿戴式、工业领域等场景应用。阿里 AliOS Things 广泛应用于智能家居、智慧城市、新出行等领域。Tencent OStiny 支撑智慧城市、智能水表、智能家居、智能穿戴、车联网等多种行业。翼辉 sylixos 覆盖网络设备、国防安全、工业自动化、轨道交通、电力、医疗、航空航天等领域。赛睿德 RT-Thread 广泛应用于能源、车载、医疗、消费电子等多个行业。

在物联网操作系统平台厂商中，IBM Watson IoT Platform 对物联网中的设备获取价值，可应用于环境感知、消费、医疗、工业生产等领域。微软 Azure IoT 面向制造、能源、医疗保健业、零售、运输和物流等领域，建立管理、控制、定价、操作等功能。亚马逊 AWS IoT 构建高效的物联网、设计良好的物联网，应用在制造、能源、电商、汽车等领域。谷歌 Google IoT Core 应用于汽车、制造、零售、机房、智慧工厂等领域。慧安股份 IS-MEST 提供规则引擎、可视化面板、设备连接、设备全生命周期管理、数据流转、协议桥等功能，应用于智慧城市、智慧军营、星基物联网、智慧农业、智慧园区、智慧能源、智慧工厂、智慧碳管理、智慧医疗等领域。

表 2：现有物联网操作系统应用场景

类别	操作系统举例	应用场景
物联网终端操作系统	uClinux	工业控制、无人机、因特网设备（路由器、交换机、防火墙、负载均衡器等）、专用的控制系统（自动售卖机）
	VxWorks	通信、军事、航空航天、工业制造机器人、医疗器械、汽车电子
	SylixOS	航空航天、电力电网、轨道交通、机器人、新能源、医疗、工业自动化
	Andriod things	应用于除手机（Andriod）、电视（AndriodTV）、车机（AndriodAuto）和穿戴式设备（AndriodWear）之外的物联网及嵌入式设备，适用于构建智能家居
	RT-Thread	智能家电、网关、工业物联终端
	Alios things	智能生活电器、智能穿戴设备、工业数据采集设备。

	Huawei LiteOS	智能家居、摄像头、智能水表、智能停车、智能照明
	Amazon Free-RTOS	使用微控制器、RAM 和 ROM 资源较少的应用场景，如工业场景下的传感器、制动器、泵和自动化组件
	Fuchsia	兼容手机、PC、智能家居等物联网场景
物联网操作系统平台	IS-MEST	智慧园区、智慧安防、智慧能源、智慧军营、智慧煤矿、智慧管网、智慧加油站等场景
	IBM Watson IoT Platform	环境感知、消费、医疗、工业生产等领域
	Microsoft Azure IoT	制造、能源、电商、汽车等领域
	Google IoT Core	汽车、制造、零售、机房、智慧工厂等领域

（二）主流厂商的技术路线和发展策略

1. 主流厂商的技术特点

——物联网终端操作系统厂商：

华为 LiteOS 是华为针对物联网领域推出的轻量级物联网操作系统，是华为物联网战略的重要组成部分，具备轻量级、低功耗、互联互通、组件丰富、快速开发等关键能力，基于物联网领域业务特征打造领域性技术栈，为开发者提供“一站式”完整软件平台，有效降低开发门槛、缩短开发周期，可广泛应用于可穿戴设备、智能家居、车联网、LPWA 等领域。

阿里巴巴 AliOS Things 是面向 IoT 领域的轻量级物联网嵌入式

操作系统。致力于搭建云端一体化 IoT 基础设备。具备极致性能，极简开发、云端一体、丰富组件、安全防护等关键能力，并支持终端设备连接到阿里云 Link，可广泛应用于智能家居、智慧城市、新出行等领域。

——物联网操作系统平台厂商：

IBM Watson IoT Platform 拥有一组成型的服务，它们是 IBM 通过 Maximo Asset Monitor、IoT、COS 等基础计算设施，提供包括计算、转发、数据集等。IBM 提供整套成型的服务，业务用户可以在自定义的仪表板中可视化其设备和资产当前和历史的趋势数据，只需要一个浏览器与云服务，就可以实现物联网操作系统的功能。

微软 Azure IoT 提供一组托管和平台服务，用于连接和控制 IoT 设备。Azure IoT 支持大范围设备，包括工业设备、微控制器和传感器。IoT 设备与 IoT 和其他服务进行通信，后者处理设备数据来监视和管理设备。

谷歌 IoT Core 是一项全代管式的操作系统服务，依靠多种连接能力，可连接管理分布在全球各地的数百万设备，从中提取数据。依靠 Cloud Pub/Sub 能力将分散的设备数据汇总到数据分析服务中，建立高速响应、安全、智能的 IoT 流水线。

慧安蜂巢物联网操作系统平台 IS-MEST 是慧安股份为解决传统物联网体系架构中多协议设备连接、跨协议设备联动、多域数据流转、数据存储可视化等功能而自主研发的物联网操作系统，同时结合慧安蜂巢边缘操作系统进行边云协同管理，向用户提供设备管理、规则引擎、数据转发、数据可视化、数据管理、智能 AI 应用、设备联动、协议桥等多种功能。

表 3 物联网操作系统与通用计算系统对比

特征	通用型计算系统	物联网操作系统
形式和类型	通用场景的计算机形式	面向业务的物联网操作系统，形式多样、应用范围广泛。
组成	CPU、IO 总线与外设、软硬件独立	既有面向终端设备的终端操作系统，也有管理物联网设备、网络、算法的物联网操作系统平台，软硬件相对独立。
开发方式	开发平台和运行平台都是通用计算机	采用交叉开发技术，开发平台为通用计算机，运行平台包含嵌入式、通用计算机等。
二次开发	可重新编制	通过 SDK 与 API 的形式为用户提供二次开发手段。

2. 主流厂商的生态建设

IBM 延续其老牌 IT 企业对于市场和用户的严谨态度，通过不断丰富自身的功能及利用自己原有的生态关系，通过合理推广引流将原有生态伙伴的新需求导入到其物联网操作系统产品中，再不断迭代完善自身产品。

微软 Azure IoT 作为微软打进物联网市场的一块利器，通过自有的云服务及原有的渠道打造自己的物联网生态。

谷歌 IoT Core 通过建立谷歌 Cloud Platform 合作伙伴，将构建硬件、软件和创新解决方案，通过 Cloud IoT Core 将遍布全球的设备与 GCP 无缝连接。

华为 LiteOS 通过生态伙伴计划，希望一起打造开放、共赢的物联网生态，快速获取商业成功，通过向合作伙伴提供技术、营销

和销售资源，帮助伙伴构建和发布产品和解决方案，不同伙伴等级有不同的权益和资格要求。

阿里巴巴 AliOS things 深扎办公、智能家居、空气环境、智能厨房，通过自有渠道建立起相应的行业合作伙伴。

慧安股份 IS-MEST 建立 ISCertify 互认证体系，基于国产基础架构之上建立起物理网感知层、网络层、网关层、边缘层、平台层、应用层的合作伙伴，互相开拓自身的渠道，基于纯自主可控的底层架构，以慧安蜂巢物联网操作系统平台为核心，与合作伙伴一同为用户提供国产化物联网解决方案。

3. 主流厂商在我国的发展战略

目前，物联网操作系统整个市场处于初探阶段，各大厂商都在根据自身的既有资源扩充其对物联网操作系统的需求，进而推进自身产品在相关领域的推广，尚未形成统一的发展方向。

各大厂商都处于以自有物联网操作系统为主，深扎某个行业的发展战略，只是在发展方向与细节上有所区别，像 IBM、微软、谷歌、阿里、华为、电信等老牌 IT 企业就根据自身原有市场和用户发展挖掘其新需求，也有像慧安股份等新兴物联网操作系统平台厂商深扎用户需求打磨自身基础产品，夯实物联网基础设施，通过集中力量完善自身产品核心能力，进而市场发展发现用户的发展战略。随着物联网市场的不断挖掘，相信各大主流厂商的发展战略会趋于同化并各有千秋。

九、国产操作系统发展面临的挑战和对策建议

经过多年的发展，国产操作系统已经在诸多领域取得了长足的进步，无论在产品的功能性、稳定性、兼容性还是在单一产品的性能上都有了显著的提升。但 Windows、Android、iOS 等主流操作系统已形成较高的生态壁垒，如何发展和壮大国产操作系统产业还存在诸多问题亟待解决。

（一）面临的挑战

1. 操作系统领域主流厂商的市场优势地位难以撼动

——**windows 独霸服务器和桌面操作系统多年，早已成一枝独大之势。**在服务器和桌面操作系统领域，微软 Windows 操作系统被公认是绝对的霸主，很多其他的科技巨头们难以研发出可以媲美 Windows 的操作系统，在长达几十年的时间里，Windows 始终牢牢地稳定住了 PC 市场，Windows Server、Windows10 等都是爆款产品，受到了众多用户的亲睐。

——**Android 在移动端占据优势地位。**在移动操作系统领域，由于 Android 操作系统开源免费，很多上下游企业都围绕 Android 操作系统进行研发硬件适配，建立了丰富的上下游产业生态链。

——**国际巨头的挑战。**亚马逊、微软等国际巨头垄断全球云操作系统市场，而且近年来开始在中国市场积极布局，跟国内厂商形成竞争态势，争夺市场份额。

2. 基础理论和技术研究缺乏体系性、高强度、持续性投入

近年来，全球主要发达国家都纷纷制定相关计划，设立专门机构，

并拨出巨额款项，竞相开展软件工程研究。这些计划的核心是首先发展软件工程支撑环境，并以此为基础，向高度集成化、智能化的软件工程支撑环境发展。中国的软件工程核心技术缺乏，创新能力不足，与美国、日本，甚至印度等注重知识产权相比仍有追赶空间。

——**长期技术积累不足**。国产服务器操作系统和桌面操作系统开发主要是基于开源 Linux 发行版生长出自己的商业版。操作系统内在的原理、资源的调度方式、应用软件广泛的兼容性存在短板，核心技术积累不足。例如，嵌入式操作系统领域的核心元器件存在卡脖子现象，基于核心元器件的原始封装操作系统后续开发较为困难。

——**国产软件工程化能力较弱**。现代的操作系统功能复杂多样，导致系统软件特别庞大，由于工程化能力欠缺，使得操作系统的整体性，各种功能的一致性，资源调度的有效性，与微软、谷歌为典型代表的外国公司相比还存在着明显的差距。

——**基础计算能力偏弱**。操作系统和算力相结合是操作系统发展的主要技术路线，但我国计算能力较弱，国产芯片一直处于跟随状态，与国内操作系统适配的耦合程度落后于 Wintel 和 Android-ARM，为国产操作系统带来底层挑战。中国算力产业依然面临需求碎片化、国产基础软件生态和配套芯片不强、传输能力不足、无效算力增多、人才紧缺、难互通协同等诸多挑战。

——**数据标准、通信协议被国外垄断**。中国 95% 以上的高端 PLC 和工业网络协议被国外厂商垄断，工业数据采集能力薄弱。由于国外厂商设备数据不开放、接口不统一，造成设备的数据兼容性差、采集门槛高、采集难度大，制约了国产嵌入式操作系统的快速发展。

——**缺乏持续高强度资金投入**。操作系统研发需要持续投入大量

资金支持。微软公司在研发 Windows 操作系统新产品时，投入 4000 多名工程师，历经 2 年，才公布了 Windows 3.0，但 Windows 3.0-3.2 并没有形成市场收入，之后又高强度的投入，到 Windows 95 才逐渐形成市场规模。据公布的最新报告显示，过去一年，亚马逊公司技术研发费用投资高达 226 亿美元，谷歌母公司 166 亿美元，英特尔公司 131 亿美元。这些大型科技公司在研发资金投入方面都呈逐年增长趋势。国内操作系统整体发展起步晚、底子薄，缺乏调度算法等关键核心技术，操作系统从研发到商业化的较长时间内，无法取得任何收益，国内企业不愿意投入大量资金。这种大规模资金和高强度人力投入是国内操作系统厂商的短板。

3. 应用软件开发支持不足，生态建设相对滞后

目前，国产操作系统占有的市场份额普遍都不高，缺少数量级的规模用户，导致基于国产操作系统的应用程序还较为匮乏，其他厂商围绕国产操作系统开发丰富的应用程序的意愿不强。国产操作系统生态建设相对较晚，与国外开源生态相比存在明显差距。

——**应用软件生态不足，专业应用软件少，操作系统与软硬件适配度、耦合度低。**微软 Windows 经过 40 年的发展，凭借强大的软硬件生态、Wintel 联盟以及不断地迭代更新，仅 Windows 10 月活设备数超过 7 亿台，适配应用程序超过 3500 万个，软件版本超过 1.75 亿个，硬件 / 驱动组合 1600 万件。反观国产操作系统，目前专门为适用于国产操作系统而开发出的应用软件比较缺乏，适应性不强，生态基础薄弱，如工具软件、管理软件等应用软件生态尚没有建立。国产操作系统适配的软硬件数量与 Windows、Android、iOS 等主流操作系统相比存在数量级的悬殊差距，且生态呈碎片化。

——**国产操作系统集中度不高、过于分散。**全球操作系统主要厂商微软、苹果、谷歌、亚马逊等少数几家企业。谷歌自 2008 年启动 Android Market 以来，累计向 Android 应用开发者支出的金额有达 800 亿美元（除了中国开发者），苹果公司自 2008 年 AppStore 推出至今，开发者已获得了逾 1550 亿美元的收入。

对比国内，我国至少有十几家，特别是利用政策红利发展起来的诸多厂商占据的市场份额较小，使得技术、人才、资金、生态等社会资源难以形成积聚效应。操作系统企业成长的要素被割裂分散，难以与国外巨头竞争，形成了类似大树和小草式的竞争格局。例如，物联网操作系统属于新兴的细分操作系统赛道，市场对物联网操作系统认知不足，用户需求描述宽泛。

——**国产操作系统市场分散，缺乏强大的核心企业引领技术和产品方向。**由于国产操作系统基本是在 Linux 内核基础上二次开发，技术门槛相对较低，国内做操作系统的厂商数量多，从业人员相对较少，力量分散，规模都不大，技术路线也存在差异，造成了散、乱、多的特点，尚未形成有市场竞争力的大型企业。

4. 缺乏灵魂人物、专业人才及稳定开发团队

——**领军人才缺乏。**操作系统开发是一件复杂的软件工程问题，不仅需要有强大的开发团队，更需要有灵魂性人物主导。微软创始人比尔·盖茨带领技术团队经过多年努力才最终开发出了 Windows 系统，这说明操作系统研发需要有绝对的核心人物牵头。

——**专业人才不足。**我国软件技术人员中 70% 是从事程序开发、技术支持和服务的人员，软件产业发展所急需的系统分析师、架构设计师、高级工程师、项目经理等底层核心技术人才比较匮乏，无法满

足软件产业发展对高层次人才的需求。

——**研发团队稳定性差。操作系统开发是一项系统性复杂工程，对研发团队的要求很高，保持研发团队的稳定性十分重要。**团队稳定性影响着技术研发的连贯性、项目成果的前瞻性，国内操作系统研发公司则面临技术团队人员不足、流动性较大等问题，这些不利因素制约了国产操作系统的研发进程。

5. 国家支持国产操作系统发展政策比较分散

近 20 年来，科技部、工信部等中央有关部委对操作系统国产化非常重视，国家相继出台了很多的支持政策，极大地推动了国产操作系统的发展进步，但也存在突出问题。

——**没有充分发挥政府引导性作用。**一方面，政府层面过度强调关键技术和重点项目研发的突破，对自主可控操作系统产业没有充分发挥政府引导作用，市场准入门槛较低，导致我国操作系统的发展现状是企业多、规模小、技术体系分散。另一方面，政府在国产操作系统采购时过度强调公开、公正、透明，使得国产操作系统的集采没有指向性，难以形成规模应用的拳头产品。

——**政府对操作系统支持不够完善。**政府对国产操作系统的支持方向存在一定的理解误区，政府出台的系列政策偏重对操作系统厂家研发端的支持，轻视了对适配硬件和客户应用开发端的支持，使得操作系统生态难以建立起来。

（二）发展机遇

1. 中国市场规模应用潜力巨大

根据最新数据显示，截止 2022 年 6 月，全球互联网用户数量达

到 50 亿人，中国网民规模 10.51 亿，互联网普及率达到 74.4%，成为全球互联网用户群体最多的国家。中国也是全球最大的 PC、手机终端市场，很容易形成国产操作系统的规模化应用，这将为推动国产操作系统发展提供强大内生动力。预测未来 3-5 年，如何抓住我国互联网规模应用的窗口期，将会是实现国产操作系统弯道超车的重要机遇。

万物智能时代，众多厂商把视线转移到操作系统身上，尤其是物联网操作系统。作为重要底层软件技术之一，操作系统上承应用开发，下接海量的硬件终端，正在吸引国内外科技巨头布局物联网操作系统。而作为巨头们角逐的下一个主战场，背后蕴藏的市场潜力难以估量。

2. 国际局势变化引发操作系统供应链安全担忧

俄乌冲突发生以后，微软宣布退出俄罗斯市场，暂停相关商品销售及服务；SUSE 和 RedHat 宣布不再为俄罗斯提供任何业务支持；Ubuntu 的开发方 Canonical 公开表示将终止为俄罗斯企业提供服务。易地处之，如果微软、Ubuntu、RedHat 等停止对中国的服务与支持，国内企业将面临重大危机。中美关系日益严峻的当下，政府势必将更加鼓励打造原生自主安全可控的国产操作系统，掌握主动性，防止在这一领域被欧美国家“卡脖子”，以确保维护国家数字基础设施和信息安全。

——CentOS 停服推动了主要部委的国产化替代，国资央企也积极开展私有云建设。CentOS 停服背后是国外厂商商业模式的变化，尤其是在美国近期出台“不允许将安全漏洞共享到中国”的新规则后，国内企业对使用国外系统产生安全担忧。如何稳步推进国产操作系统的自主创新与市场推广成为了国产系统操作系统企业关注的焦点。

3. 国产操作系统发展具备基本条件

——我国整体计算能力显著提升。目前已建成全球最大规模光

纤和移动通信网络，算力产业规模快速增长。近五年平均增速超过30%，算力规模排名全球第二。同时，高端芯片、新型数据中心、超算等领域研发取得突破进展。

——**新一代信息技术取得显著进步**。云计算、5G技术，通信技术的进步，使得桌面系统和服务器的切换连接更方便，网速更快，瘦客户机迎来发展新机遇。

——**国产软件具备强劲的发展基础**。经过多年努力发展，国内企业已经基本掌握了操作系统基本技术，软件工程正在被国内所重视，基本具备了开发操作系统的功能。

——**国内服务器出货量**大。中国软协预测，我国服务器操作系统市场到2024年至少有6-8倍以上的增长，仅仅服务器这个市场空间就会到百亿级人民币的规模，其中市场排名前三的厂商依次为浪潮、新华三、华为，这也是我国操作系统产业的新机遇。同时服务器操作系统更关键的是支撑了整个数字经济的底座，它会撬动万亿级的上游软件市场。

——**操作系统迎来云时代发展契机**。我国云操作系统主流厂商的技术实力与国外厂商处于并跑阶段，没有明显的技术差距。疫情之下，所有行业都开始转向进入“云时代”。预计十四五期间，我国数字经济将进入快速发展期，各行业数字化转型步伐加速，上云进程将持续推进成为新常态，对云操作系统的需求不断增加形成规模化应用，带动了云操作系统市场规模持续扩大。云操作系统需求增加，产生了多样化的场景需求，应用场景实践的增多将有助于我国云操作系统技术迭代，也为云操作系统市场的发展带来良机。

——**国内云操作系统和国际巨头基本处于同一技术水平**。国产云

操作系统具备自主核心技术，技术水平相对比较成熟，对比桌面和服务器操作系统，与国外云操作系统巨头处于同一起跑线，甚至在有些方面还处于技术优势地位。

4. 政府出台政策支持操作系统发展

——**政府高度重视，利好政策频出。**在国家政策顶层规划中，基础软件，尤其是操作系统在产业发展中的重要位置，相继出台了系列政策，支持国产操作系统做大做强。

——**信息技术创新快速推进。**近三年来，我国相继出台了多项政策，鼓励国内企业自主创新，尤其是信息技术创新体系的建立，让更多的国产操作系统有了更加强大的信心，在发展的过程中逐渐成熟和壮大。信创产业有望成为国产操作系统下一个巨头成长之地。

——**制造业数字化转型逐步加快，促进嵌入式软件发展和市场壮大。**随着单机装备智能化、智能装备群体化、人机交互语言化、复杂系统模块化转型趋势的逐步显现，基于国产软件企业的能力不断提升，面向于工业的软件产品和系统将成为软件企业转型和拓展的主要市场。嵌入式软件和操作系统的发展迎来了不可多的机遇。

——**国内的制造体系不断扩大，为嵌入式操作系统提供了较好的硬件环境。**国内拥有众多主要元器件生产厂商，需要鼓励软件厂商和硬件厂商合作，加大软硬结合一体化程度；通用性嵌入式软件要加大攻关力度和应用；我国是世界制造大国，应基于国产元器件，通过开源开放发展我国嵌入式操作系统。从嵌入式生产制造领域，鼓励基于嵌入式应用软件开发，带动操作系统普及应用，形成应用软件相对集中的趋势。

——**国内智慧城市建设，推动多领域智能化进程。**近年来，国家

对于智慧城市发展的政策支持不断加码。智慧城市要求能够充分运用信息和通信技术手段感测、分析、整合城市运行核心系统的各项关键信息，从而对于包括民生、环保、公共安全、城市服务、工商业活动在内的各种需求做出智能的响应，为人类创造更美好的城市生活，这为国产物联网操作系统发展提供了新的机遇。

5. 国内厂商积极布局构建生态体系

——**开源成为国产操作系统实现逆袭的突破口**。目前国内拥有约3500万开发者，成立了众多的开源社区，发布了数目众多的开源项目，开源进程全球最快。中国开源发展有着产业链优势，传统行业正在积极拥抱引入开源软件，开源与各个技术领域正在进行深度融合应用，构建安全可信的开源操作系统和由我国主导的根社区是国产操作系统发展的必然要求。2022年，中国开源项目高速发展，技术与产业协同共进，中国开源操作系统正努力向国际先进水平靠近，尤其是运行在手机、嵌入式设备以及自动驾驶方向的操作系统研发，已形成新的产业热点。

——**正在构建起丰富的开源生态体系**。2020年，由华为、阿里、百度等多家龙头科技企业联合发起中国首个开源基金会，开放原子开源基金会，遵循共建、共治、共享原则，系统性打造开源开放框架，搭建国际开源社区，提升行业协作效率，赋能千行百业。华为鸿蒙、欧拉加入开源项目，成立开源社区。麒麟、统信等国内厂商相继建立了开源社区，并积极参与国内其他开源社区建设，集聚了一大批上下游产业链企业资源，正在逐步做大操作系统产业软硬件生态链体系。

——**软件接口开放，为物联网操作系统提供了技术基础**。随着各大厂商对于物联网市场认知的提高，大家都意识到合作生态才能做大

做强物联网，所以整个物联网操作系统的生态正在逐步开放。

（三）对策建议

1. 加大原始技术创新与积累

操作系统以及主营操作系统的公司的创建，都是以10年为周期的，需要漫长的成长周期。当前国产操作系统软件需要根据未来新需求提供比国外品牌更有创新性的产品和解决方案，既完成国产替代，又实现新技术应用的升级。研发兼容技术，加强推广应用，让国产软件从能用——好用——常用转变；提升软件产品品质，加速迭代成熟，以广泛的产业应用提升自身核心技术，实现从追赶到并跑再到超越发展。

2. 加快制定行业标准统一技术要求

第一，制定统一的接口标准。由国家主管部委单位牵头，统筹推进自主可控国产操作系统关键技术国家标准和行业标准研制，联合企业争取尽快制定操作系统的统一的技术架构路线、API接口标准等国标，打造权威标准评测平台，做好标准的宣贯推广工作，加快推动国产操作系统创新发展。

第二，搭建统一的国产计算适配优化平台。国产操作系统厂商应搭建统一的国产计算适配优化平台，完成从下层硬件到上层应用的适配工作，增强软硬件生态兼容能力。

第三，建立统一标准技术体系。借鉴 Wintel、Android-ARM 联盟成功经验，通过政府引导、企业参与方式，共同制定操作系统行业标准，强化软硬件研发一体化能力。

3. 鼓励支持软件产品批量化应用

支持软件产品首试首用，支持属于关键领域“补短板”、填补国

内空白、技术水平国内首创的软件产品实现首次应用；鼓励国有企业、事业单位在同等条件下，优先采用纳入国家和本市重点目录的软件产品，为基础软件、工业软件等领域关键核心技术提供早期应用场景和试用环境，促进关键核心技术突破、成果转化和产业化落地。

首先，抢抓信创产业发展机遇。在党政、金融等领域扩大国产操作系统应用规模，形成规模效应，吸引更多的上下游厂商参与进来。

其次，加强对国内外头部软件应用的适配与兼容工作。加大推进与国内外头部软件厂商的专业应用程序的适配兼容工作，将有助于国产操作系统在更大领域的推广与应用。

第三，多点切入、重点示范。中国拥有全球最强大的工业制造体系、最庞大的互联网经济规模、最全面的网络通信技术，体量规模、工业数据、行业需求，建议在党政、金融、电力、能源等领域先行先试，打造标杆，示范推广。

4. 完善行业治理和优化价值评估

加强软件知识产权保护的宣传，加强各个领域、各种形态、各种应用场景下的软件技术知识产权保护方法，措施研究以及法规制定，完善健全软件知识产权保护体系，并建立严格的实施机制，切实保护软件技术和应用创新。

国家要鼓励原生操作系统创新，打造权威标准评测平台，建议国家各行业主管单位关注行业创新应用，给予行业评奖、标杆示范、人才奖励等多方面鼓励。

5. 重视推进国产操作系统进课堂

发挥国家科研项目和评价体系的引导作用，鼓励更多的高校科研选题聚焦系统软件。深化产教融合、校企合作，加快高校科研到企业

产品化的成果转换。

以促进学校、企业和社会的共同进步为目标，引入操作系统行业领军企业最优质资源，搭建“国产操作系统教学实践平台”，企业与院校建立全面友好的合作关系，打造校企实训平台，加强操作系统底层核心技术研发人才培养体系建设，做好操作系统教材和课程建设，打牢系统软件人才培养的基础。

加强领军技术人才培养。国产操作系统厂商应积极培养高端 IT 人才，通过与学校合作，搭建校企实践平台，提升技术人才的实践能力，并根据实训课程，更新教学教材内容，实现产学研链条化。

6. 构建多链条开源生态和纵深防御体系

软件开源、硬件开放已成为不可逆的趋势，发展国产操作系统需要从传统的封闭开发模式转变为开源开发模式，聚集企业、高校和开发者的力量，协同推进操作系统技术的迭代创新。

一是贯彻落实国家软件发展战略。加强开源体系建设，做好顶层设计，凝聚开源发展共识，广泛汇聚芯片、整机、操作系统、行业应用和服务商共同参与，形成一个协同创新技术生态，一方面加快操作系统与不同芯片架构和应用软件的适配，另一方面通过全栈优化、架构整合、软硬件协同来提升整体竞争力。

二是打造中国特色开源根技术社区。更好地支持本土开发者的特色文化需求，打造开源根社区，把创新的力量汇聚到根社区，收敛技术，让更多的开发者、厂商做相应的技术支持、应用开发，促进行业繁荣发展。

三是坚持生态开源，注重开发者交流与社区建设。加快社区项目建设，充分利用开源、参与开源、支持开源发展操作系统是当前最为

可行之路。学习国际经验，借鉴 Wintel、Android+ARM 商业模式，建立一套公平合理的商业模式，给予开发者充分的利益，增加开发者适配的意愿。利用国内庞大的工程师数量红利，利用开源社区、开源组织等加强操作系统的软件迭代能力。

四是打通国产操作系统上下游产业链。吸引软硬件厂商的参与，使国产操作系统与更多国产软件、硬件进行适配，形成良性循环生态。

五是加强国际间开源合作。秉承“开放、分享、合作、共建”的开源精神，坚持国际合作与开放，共同打造全球化合作共赢的开源生态。

7. 发动产业资源优化营商环境

第一，从政府层面精准发力，制定专项配套政策，打通国产操作系统上下游软硬件产业链条，鼓励建立完整的国产操作系统应用生态。

第二，抓住国内信创产业发展机遇，加大政府部门、金融、能源等行业对国产操作系统的批量采购使用力度，加快国产化替代步伐，使国产操作系统不断在实战场景中不断迭代，提高产品行业竞争力，培育行业龙头企业。

第三，鼓励和支持原生操作系统创新，国家主管部门要出台相关政策措施，开展行业卓越工程师评奖、推广标杆示范应用案例等行动，鼓励行业创新应用。

第四，充分发挥行业协会商会的纽带作用，加强与行业企业沟通，联合政府、企业共同营造稳定、共享、透明的营商环境，提升营商环境。

第五，积极发挥政府性融资担保和政府投资平台作用，发挥社会组织筹募资源能力，帮助企业破解项目融资问题。鼓励技术出海，将国产操作系统纳入中欧、一带一路等国家产业合作体系，借助国家的国际公共产品和国际合作平台，形成更大的开放格局。