

**CAICT** 中国信通院

# 云计算白皮书 (2016年)

中国信息通信研究院  
2016年9月

---

## 版权声明

---

本白皮书版权属于中国信息通信研究院(工业和信息化部电信研究院)，并受法律保护。转载、摘编或利用其它方式使用本白皮书文字或者观点的，应注明“来源：中国信息通信研究院（工业和信息化部电信研究院）”。违反上述声明者，本院将追究其相关法律责任。

## 前 言

2015 年云计算产业格局风起云涌，公有云服务竞争更加激烈，私有云服务市场需求不断增大，混合云逐渐成为云计算的主流模式。云计算领域新技术层出不穷且呈现不断融合的趋势，开源技术生态成为行业技术发展的重要力量，但产品和服务仍需完善。在新形势下，我国云计算产业面临着机遇和挑战，服务技术能力不断增强，并逐步拓展海外市场。

本白皮书通过梳理和分析国际、国内云计算市场（以公共云服务为主）的发展状况，总结云计算行业及基础设施领域国内外的技术发展特点和趋势，同时分析了我国云计算产业面临的政策环境，为政府及产业界决策提供参考。

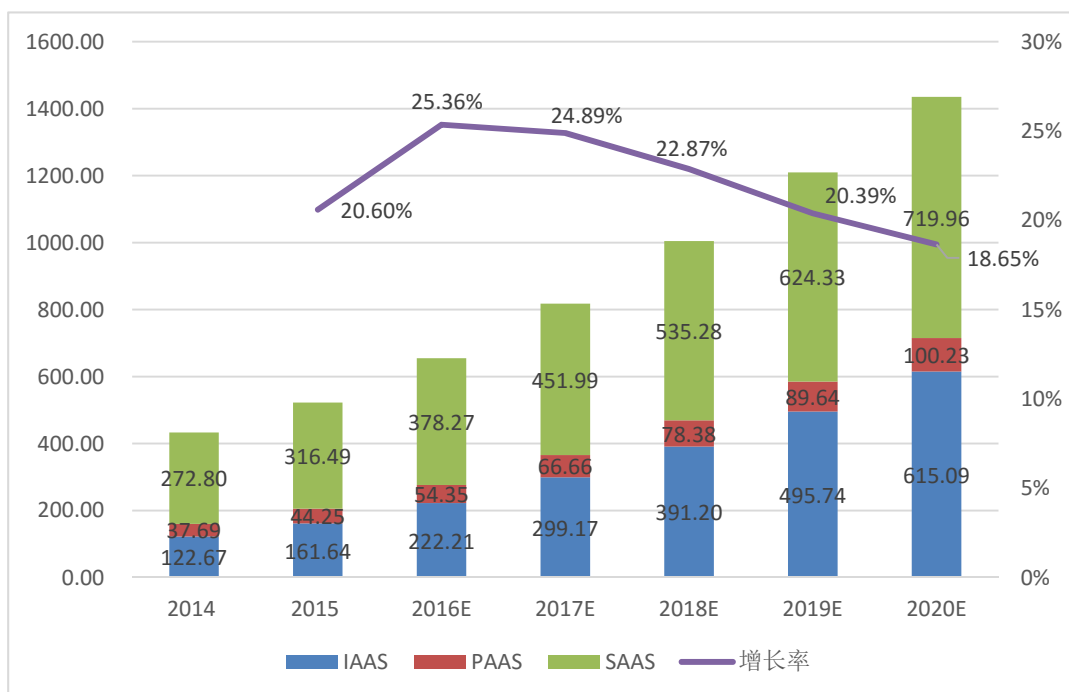
# 目 录

一、全球云计算市场发展状况及分析.....	1
(一) 全球云计算市场规模及发展趋势.....	1
(二) 全球云计算细分市场分析.....	3
(三) 全球云计算发展热点分析.....	4
二、我国云计算市场发展状况及分析.....	9
(一) 我国云计算市场规模及发展趋势.....	9
(二) 我国云计算细分市场分析.....	10
(三) 国内云计算发展热点分析.....	12
三、云计算技术发展特点.....	15
(一) 全球云计算技术发展热点.....	15
(二) 我国云计算领域技术亮点.....	19
四、云数据中心和相关设备技术发展及分析.....	21
(一) 云计算发展对数据中心和设备提出新要求.....	21
(二) 整机柜服务器实现从“中国制造”到“中国设计”的转变.....	22
(三) 微模块数据中心开创云数据中心的新模式.....	25
(四) 核心设备技术创新有力提升我国话语权.....	29
五、我国云计算政策环境分析.....	30
(一) 国内支持云计算发展的宏观政策环境已经形成.....	30
(二) 加快发展是云计算政策的主线.....	30
(三) 拓展行业领域是主要方向.....	31
(四) 云计算安全是政府着力的重点.....	32

## 一、全球云计算市场发展状况及分析

### （一）全球云计算市场规模及发展趋势

全球云计算市场总体平稳增长。2015年以IaaS、PaaS和SaaS为代表的典型云服务市场规模达到522.4亿美元，增速20.6%，预计2020年将达到1435.3亿美元，年复合增长率达22%。

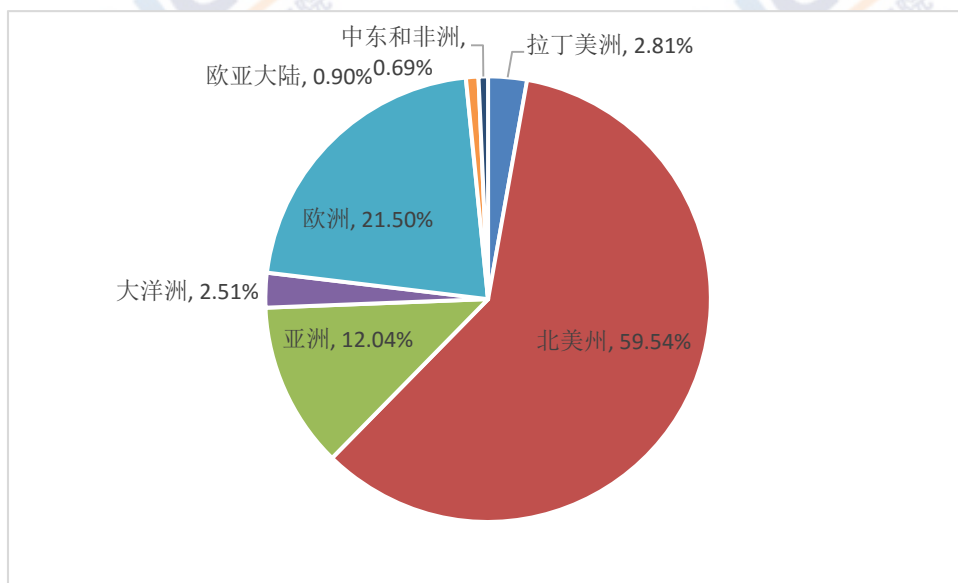


数据来源：Gartner

图1 全球云计算市场规模

美国在全球云计算市场的领导地位进一步巩固。作为云计算的“先行者”，北美地区仍占据市场主导地位，2015年美国云计算市场占据全球56.5%的市场份额，增速达19.4%，预计未来几年仍以超过15%的速度快速增长。从服务商来看，亚马逊AWS2015年收入近79亿美元，增速超过50%，服务规模超过全球IaaS领域第二到第十五名厂商总和的十倍，数据中心布局美国、欧洲、巴西、新加坡、日本和澳

大利亚等地，服务全球 190 个国家和地区；Salesforce2015 财年营收 53.7 亿美元，增速 32%，服务全球超过 10 万个企业用户。欧洲作为云计算市场的重要组成部分，以英国、德国、法国等为代表的西欧国家占据了 21% 的市场份额，近两年增长放缓，2015 年增速仅 4.2%，其中西班牙等国家出现负增长，预计 2016 年增速将达到 10%。2015 年日本云计算市场全球占比 4.2%，增速 7.9%，预测未来几年增速会小幅上升，但仍低于北美国家。预计未来美国与欧洲、日本云计算市场差距将进一步扩大。



数据来源：Gartner

图 2 全球云计算市场格局

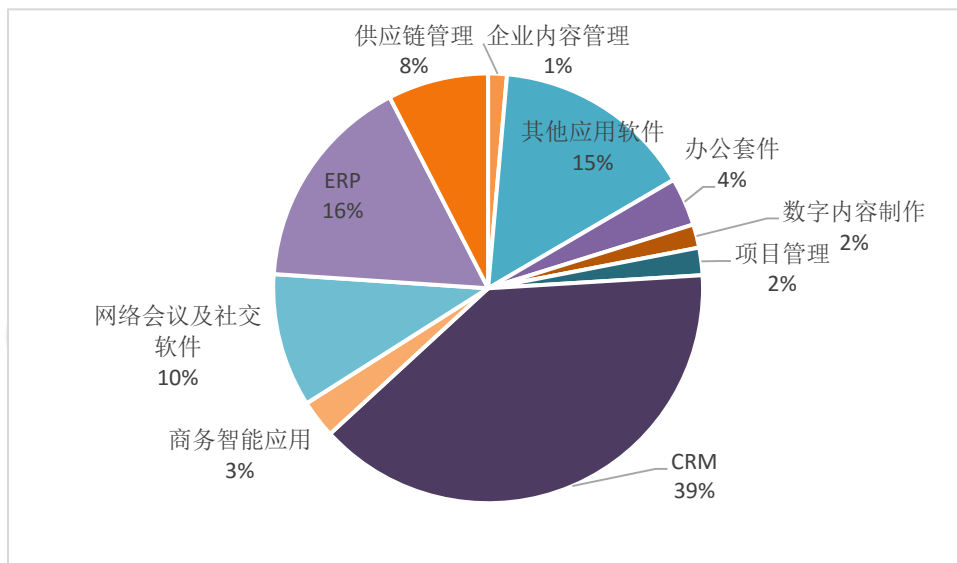
以中国、印度为代表的云计算新兴国家高速增长。2015 年亚洲云计算市场全球占比 12%，保持快速增长，其中印度增速达 35%，中国市场全球占比已由 2012 年的 3.7% 上升到 5%。金砖国家巴西、俄罗斯、南非云计算市场占有率总和仅 3% 左右，但增速较快，且市场潜力较大，预计未来几年市场会进一步扩大。

## （二）全球云计算细分市场分析

全球 IaaS 市场保持稳定增长，云主机仍是最主要产品。2015 年 IaaS 市场增速 32%（2014 年 IaaS 市场增速 33%），市场规模达 162 亿美元，其中云主机占据 85% 以上的市场份额，预计未来几年将持续增长，但增幅会略有下降。

全球 PaaS 市场总体增长放缓，但数据库服务和商业智能平台服务增长较快。2015 年 PaaS 市场 44 亿美元，增长 17%，其中应用基础架构和中间件服务占据 54% 的市场份额；数据库服务市场规模仅 1.7 亿美元，但增长较快，增速达 30%，预计未来几年仍将以 30% 以上的速度高速增长，远超过应用开发（增速 11.9%）、应用基础架构和中间件（增速 16.5%）等其他 PaaS 产品。

SaaS 仍然是全球公共云市场的最大构成部分，CRM、ERP、网络会议及社交软件占据主要市场。2015 年 SaaS 市场规模 317 亿美元，远超 IaaS 和 PaaS 市场规模的总和，其中 CRM、ERP、网络会议及社交软件占据市场 65% 的份额；同时产品呈现多元化的发展趋势，数字内容制作、企业内容管理、商业智能应用等产品规模较小增长快，尤其企业内容管理增速达 40%，数字内容制作增速 25%，但预计未来五年将以 30% 以上的复合增长率快速增长。



数据来源：Gartner

图 3 全球 SaaS 服务市场

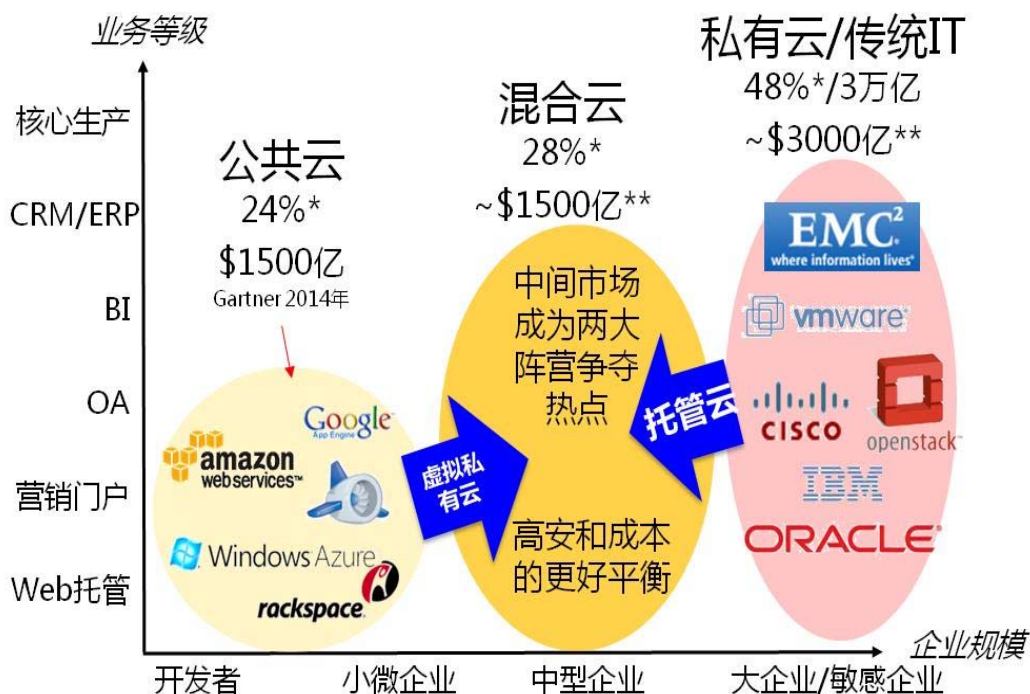
### （三）全球云计算发展热点分析

#### 1. 企业级应用场景成为云计算产业蓝海

当云服务从业者逐渐增多，云计算生态链日益完善，越来越多的企业开始走向并深入云计算，而混合云则是其中最可能的实现方式。据 RightScale 2015 年的调研数据显示，虽然有 88% 的企业使用公共云，但 68% 的企业在云端仅运行不到五分之一的企业应用，大多数企业未来会将更多的应用迁移到云端，并且 55% 以上的企业表明目前至少有 20% 以上的应用是构建在云兼容（Cloud Friendly）架构上的，可以快速转移到云端。对于企业，其在转移到云计算的需求与管理内部资源之间寻找平衡，特别是出于数据安全性顾虑，混合云则满足市场需求，既可以保存敏感数据在私有云上，又可以利用公共云的低成本和可扩展性优势。据统计，在公共云、私有云以及混合云策略中，82% 的企业优先选择混合云。目前云服务商和设备厂商也采用虚拟私有云、托



管云等多种方式进军混合云市场，提供多种混合云解决方案，未来几年混合云市场仍将快速增长。



\*数据：企业对在云计算上的投资的比例，来源于2014年451 Research对全球1400多家企业的调查  
 \*\*数据：根据比例，以公共云服务产值外推的估算值。私有云可能有较大偏差。

图4 混合云市场发展趋势

## 2. 云服务商构建以“我”为主的生态圈

随着云计算从互联网市场向企业市场拓展，应用开发、集成、咨询、培训等配套环节也愈发重要，建立产业生态成为服务商竞争的关键。国际公共云服务商通过不断丰富业务种类、培育合作伙伴，构建以自己为核心的生态体系。以亚马逊为例，除 50 余种基本云服务外，还可提供多达 2300 多种第三方应用，包括基础软件、应用软件、开发和测试工具等，且每年更新的特性超过 500 个。同时，亚马逊通过开展合作伙伴计划 APN 为客户提供技术、业务和营销支持，2015 年召开的“AWS Re: Invent”云计算技术峰会吸引超过 19000 人参加，会

上 AWS 宣布与更多的企业和机构建立合作关系，如美国知名金融企业 Capital One、传统企业 General Electric (GE)和 John Deere、咨询公司 Accenture、美国职业棒球联盟 MLBAM、用 Drupal 开源工具提供网站搭建和管理服务的公司 Acquia 等。

### 3. 私有云供应商抱团取暖共推开源

除云服务巨头企业之外，开源社区聚集了传统 IT 软、硬件厂商以及技术创新企业，形成了“众筹”式发展的局面，成为云计算产业生态的另一个核心。

**热点开源社区的平台产品技术能力迅速提升。**OpenStack 在 2015 年 10 月发布了第 12 个版本 Liberty，在这一版本中，OpenStack 已经成为能够对虚拟机、物理机和虚拟容器等各类资源进行管理的平台产品，并在大规模部署能力、平台运营能力等方面有了显著增强，使其不仅使用于专有云解决方案，并且具备公共云服务平台的实现能力。

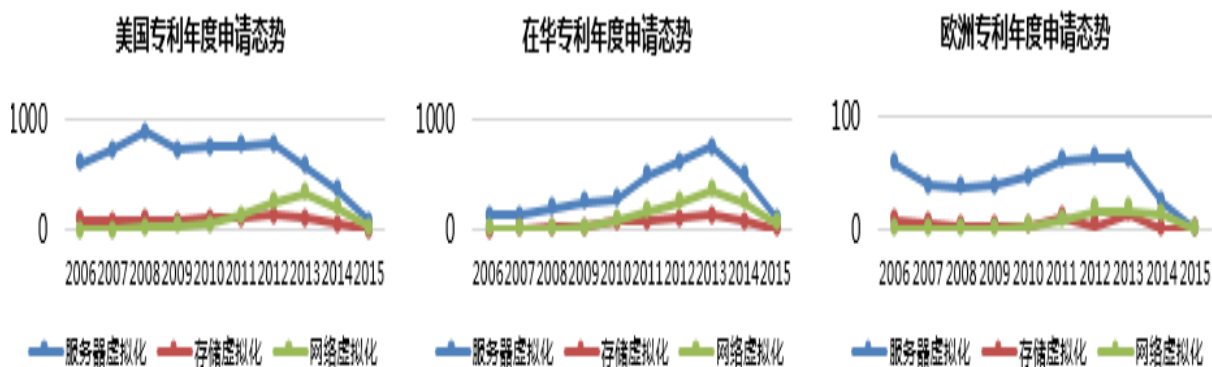
**传统 ICT 设备对开源平台的兼容性显著提高。**传统 ICT 企业不断加大对开源社区的投入，并提高自身产品与开源平台的兼容程度，希望借助开源社区和开源平台的力量，争取在云计算市场竞争中能与亚马逊、微软等云服务巨头相抗衡。惠普、IBM、VMware、思科等已经成为 OpenStack 的顶级代码贡献者；IBM、EMC、Oracle、思科、Juniper 等企业也在加快自身产品与 OpenStack 各模块的兼容步伐。

OpenStack 已经逐步开始在公共云服务领域的应用。开源平台以往一致主要被作为专有云的解决方案，但近年来越来越多的公共云服务提供商也开始采用开源平台提供公共云服务。根据 OpenStack 社区

统计，全球已有超过 20 家公共云服务商采用 OpenStack 作为基础平台。

#### 4. 云计算核心技术领域专利格局基本明确

虚拟化、分布式等云计算核心技术领域专利申请数量较多，近十年内虚拟化技术专利申请量已达 1.3 万件，其中美国为主要布局地区，专利申请数量 8360 件，中国 4906 件，欧洲仅 557 件。从专利申请趋势来看，美专局服务器虚拟化技术在 2006-2012 年持续大量申请，2013 年申请速度放缓，2012 年后存储虚拟化和网络虚拟化申请量快速上升；主要申请人以国际大型 IT 企业为主，IBM、微软在专利数量上已形成绝对优势，尤其在服务器虚拟化领域布局较深。欧专局虚拟化技术专利申请较少，申请量较为平稳，2009 年之后主要申请人由欧美企业转变为中日企业，总体上各申请人专利持有量比较均衡。中国专利申请在服务器虚拟化、存储虚拟化、网络虚拟化三个方向上比较同步，2011 年进入快速增长期；中国企业华为处于领先地位，其次是 IBM、微软，与美专局不同的是，除了老牌 IT 企业，中国系统设备商和两家高校/科研院所也跻身专利申请人 TOP10。



数据来源：中国信通院

图 5 云计算核心技术领域专利申请趋势

## 5. 物理设施故障和系统安全漏洞成为云安全的最主要威胁

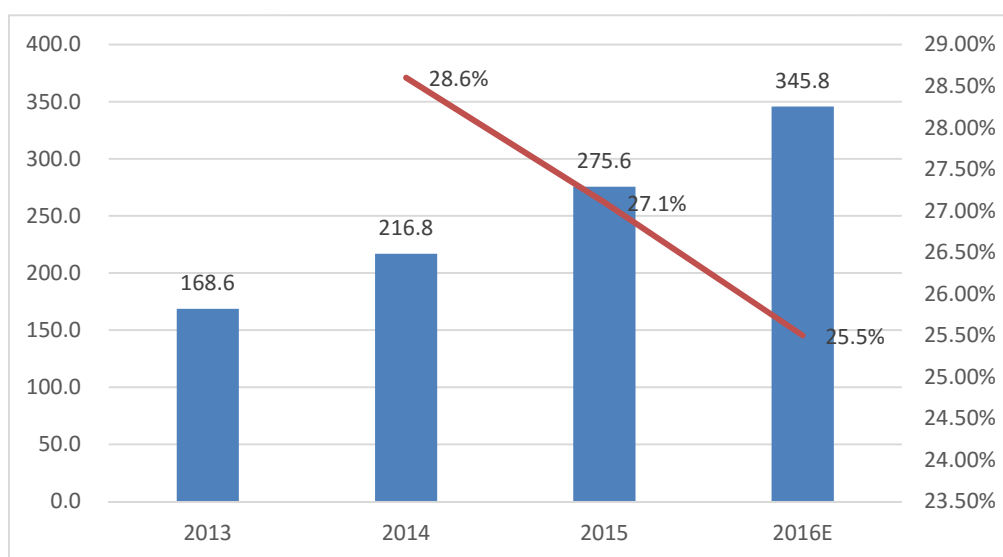
由于云服务商数据中心资源的规模化和集中化，数据中心、网络链路等物理设施的人为破坏和故障造成的影响进一步扩大，对服务商的运维水平提出巨大考验。2014 年 6 月 23 日，由于“外部网络故障”，微软在北美洲大部分地区的 office 365 企业电子邮件中断，部分用户受影响长达 8 个小时；2015 年 8 月 20 日，谷歌位于比利时布鲁塞尔的数据中心遭雷击，造成电力系统的供电中断，导致数据中心磁盘受损和云存储系统断线，部分数据永久丢失。面对数据中心承载的庞大业务规模，云服务商需要进一步提升运维能力与资源冗余水平。

公共云服务提供商向用户提供大量一致化的基础软件（如操作系统、数据库等）资源，这些基础软件的漏洞将造成大范围的安全问题与服务隐患。2015 年爆出的 KVM/XEN 虚拟机的“毒液（VENOM）”漏洞，可导致攻击者越过虚拟化技术的限制，实现虚拟机逃逸，侵入甚至控制其他用户的虚拟机，给 IaaS 服务商的虚拟主机服务带来了极大的安全隐患，影响了全球数以百万计的平台主机。同时，云服务商对系统漏洞进行修补往往需要进行服务器重启，又对服务的可用性和用户业务造成极大的影响，2015 年 3 月，对 XEN 的漏洞进行修补，就造成了亚马逊 AWS、IBM SoftLayer、Linode 及 Rackspace 多家云服务商的大面积主机重启，仅亚马逊 AWS 就造成了其将近 10% 的云主机用户业务暂停。

## 二、我国云计算市场发展状况及分析

### （一）我国云计算市场规模及发展趋势

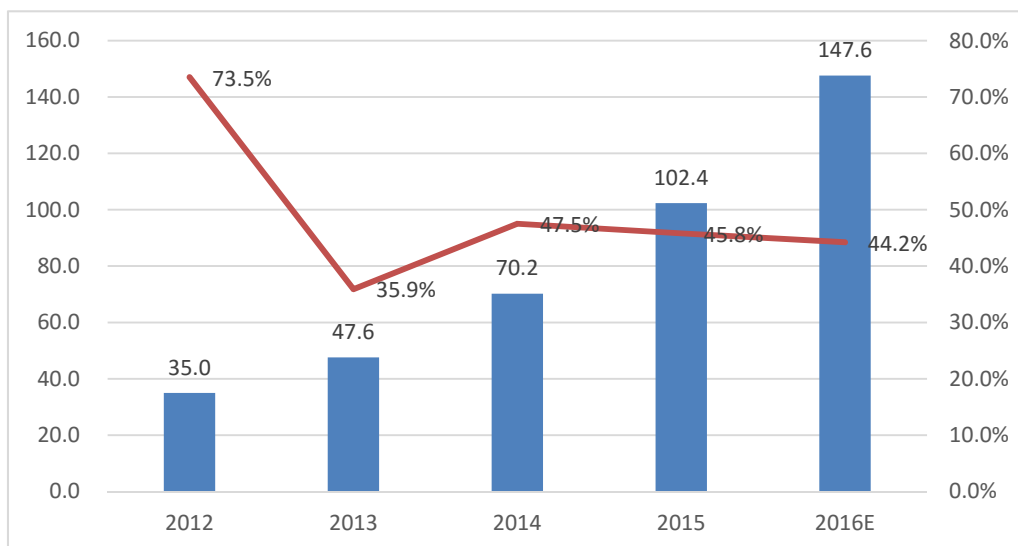
我国云计算市场总体保持快速发展态势。2015 年我国云计算整体市场规模达 378 亿元，整体增速 31.7%。其中专有云市场规模 275.6 亿元人民币，年增长率 27.1%，预计 2016 年增速仍将达到 25.5%，市场规模将达到 346 亿元人民币左右。



数据来源：中国信通院

图 6 中国专有云市场规模及增速（单位：亿元人民币）

我国公共云服务逐步从互联网向行业市场延伸，2015 年市场整体规模约 102.4 亿元人民币，比 2014 年增长 45.8%，增速略有下滑。预计 2016 年国内公共云服务市场仍将保持高速增长态势，市场规模可望达到近 150 亿元人民币。

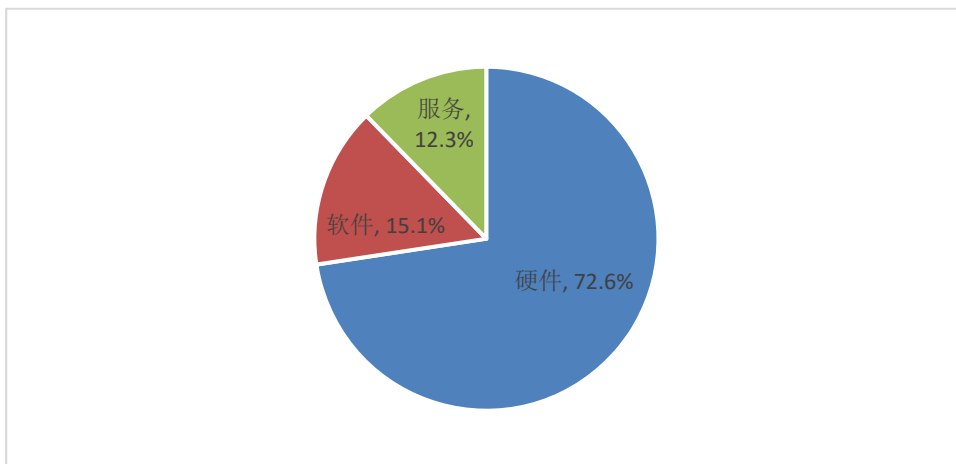


数据来源：中国信通院

图7 中国公共云市场规模及增速（单位：亿元人民币）

## （二）我国云计算细分市场分析

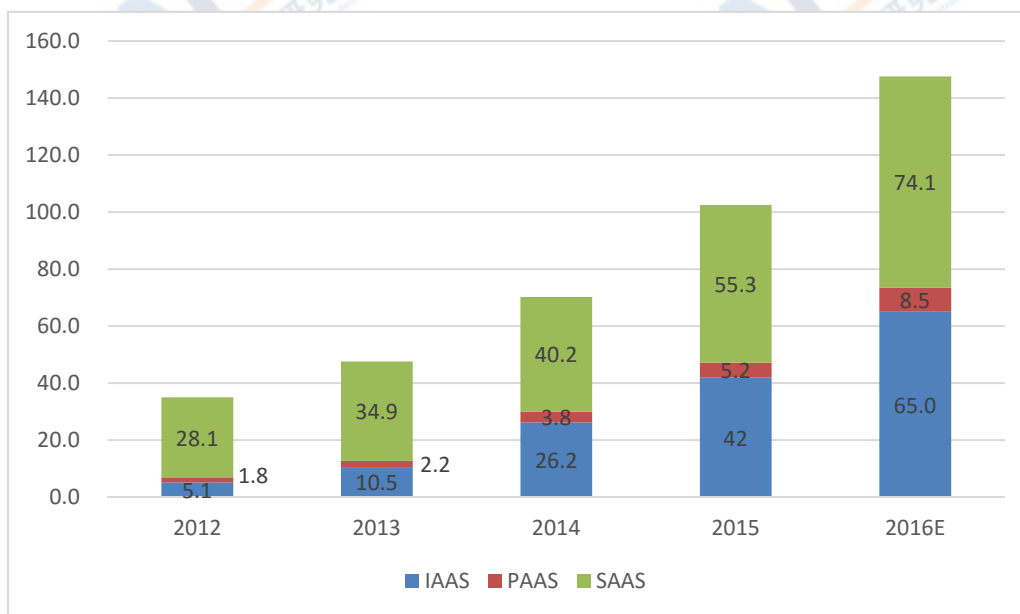
国内专有云市场中硬件市场占主导。2015 年专有云市场中硬件市场约 200 亿元，占比 72.6%，软件市场约 41.6 亿元，服务市场约 33.9 亿元。据中国信息通信研究院调查统计，70%企业采用硬件、软件整体解决方案部署专有云，少数企业单独采购和部署虚拟化软件，硬件厂商仍是私有云市场的主要服务者，其中国内设备厂商已经占据半壁江山。从用户角度来看，企业选择专有云的首要原因是可控性强，安全性好，但大多数企业并没有把核心业务系统运行在专有云上，企业管理系统是专有云承载的主要应用。在使用专有云的企业中，70%以上的企业将企业管理系统承载在专有云上，只有约四分之一的企业选择将核心业务系统承载在专有云上，未来企业应用将加速向专有云迁移。



数据来源：中国信通院

图8 中国专有云市场构成

IaaS 服务得到国内企业用户的充分认可。2015 年国内 IaaS 市场成为游戏、视频、移动互联网等领域中小企业 IT 资源建设的首选，市场规模达到 42 亿元人民币，与 2014 年相比增长 60.3%，预计 2016 年仍将保持较高的增速。从应用形式来看，云主机、云存储用户采用率最高，使用比例 70%以上，同时也有 70%以上的企业表示未来将会采用云主机或云存储服务，并且云存储的比例将进一步提升。



数据来源：中国信通院

图9 公共云细分市场规模（单位：亿元人民币）

**PaaS 服务成为互联网创业的重要平台。**由于低成本、快速、灵活的特点，并为开发者提供丰富的 API 接口，PaaS 平台成为互联网创业者的首选。到 2014 年 6 月，腾讯开放平台已为超过 500 万开发者服务；新浪 SAE 拥有 53 万活跃开发者，2015 年推出免费 100MB 空间、10GB 存储空间及缓存、域名绑定等服务为开发者提供“零成本创业”。同时，为了吸引开发者，云服务商通过开发者大赛、开发者沙龙、孵化器等线上线下相结合的方式招募开发者，不断扩大市场。从用户应用来看，市场需求正从最初的搜索/地图引擎服务、web 服务逐渐向大数据分析、安全监控等服务转变。

**国内 SaaS 市场仍然缺乏领导者。**从市场规模看，2015 年 SaaS 市场规模达 55.3 亿元，远超过 IaaS 和 PaaS 市场的总和，增长率为 37.6%，与 2014 年的 15.2%相比，增速大幅提高。在 ERP、CRM 等核心企业管理软件服务领域，国际厂商占据主要市场份额，缺乏有力的国内竞争者，虽然畅捷通、国信灵通等国内企业都开始提供相应产品，但从产品水平、技术能力等方面，仍无法与 Salesforce、Oracle、IBM 等国际厂商竞争。从用户应用来看，据中国信息通信研究院统计，在采用 SaaS 服务的企业中，有将近 70%使用云邮箱、统一通信平台等基础通讯软件服务，且大多数是免费服务，采用 ERP、CRM 等企业管理软件服务和专业的行业应用软件服务的用户均低于 50%。

### （三）国内云计算发展热点分析

#### 1. 国内云服务商从内向型向外向型转变

近两年国内云计算厂商向海外拓展的步伐正在加快。2014 年



Ucloud 在北美部署数据中心，2015 年开始在全球 37 个数据节点提供加速方案，逐步拓展海外市场。阿里云 2015 年集中启用了三个海外数据中心，2 个位于美国，一个位于新加坡，海外业务量随之增长了 4 倍以上，未来还计划在日本、欧洲、中东等地设立新的数据中心，完善阿里云的全球化布局。继 2014 年在香港部署云数据中心之后，2015 年腾讯也启用了位于加拿大多伦多的北美数据中心，提供超过 10 项云服务。随着中国企业国际化发展的不断加快，尤其是互联网领域，国内云计算厂商纷纷提供海外服务，实现云计算业务全球化，并积极拓展海外企业客户，加速国际化发展。

## 2. 云计算应用逐渐从互联网行业向传统行业渗透

当前，云计算的应用正在从游戏、电商、移动、社交等在内的互联网行业向制造、政府、金融、交通、医疗健康等传统行业转变，政府、金融行业成为主要突破口。截至 2015 年，济南市 52 个政府部门、300 多项业务应用均采用购买云服务方式，非涉密电子政务系统在政务云中心建设和运行的比率达 80% 以上。“数字福建政务外网云计算平台”建设一期按 5 年使用规模预算，拟承载 50 个省直部门、7321 项业务事项、1804 个业务线，共计 616 个应用系统应用。中国金融电子化公司的“金电云”平台可提供基于异构 IaaS 平台的灾备数据中心服务，为中小金融机构提供灾备、演练、接管、恢复、切换和回切等云服务，目前已经为中国人民银行总行和 20 多家中小金融机构提供了灾备服务。此外，蚂蚁金服、天弘基金、人人贷、宜信、众筹网、众安保险等众多互联网金融机构均已将业务迁移至云端。

### 3. 国内云服务商积极构建生态系统

伴随着云计算应用逐渐从互联网、游戏行业向传统行业延伸，国内云服务商开始构建生态系统，与设备商、系统集成商、独立软件开发商等联合为企业、政府提供一站式服务。继 2014 年发布“云合计划”（三年内招募 1 万家云服务商）之后，2015 年 7 月阿里云携手 200 余家大型合作伙伴推出了 50 多个行业解决方案，2015 年 10 月召开的云栖大会吸引了全球超过 20000 个开发者参加，200 多家云上企业展示了量子计算、人工智能等前沿科技，阿里云生态系统正在加速形成。2015 年国内创业型公司 UCloud 获得近 1 亿美元的 C 轮融资，启动 UEP 企业成长计划持续扶持创业者，以上海为试点布局 UCloud 孵化器，并在全国开展与投资及创业服务机构的深入合作，标志着 UCloud 已由单纯的第三方服务商向完善的游戏行业生态平台拓展。国内电信运营商也逐步构建合作伙伴生态系统，2015 年 6 月中国电信天翼云发起亿元资金扶持创业的计划，首站定位医疗移动行业，创业者只要通过认证均能获得天翼云提供的资金和技术支持。联通沃云联合华为部署 SDN 联合创新战略，与 CDN 服务商 Akamai 建立战略合作关系，利用其 CDN 技术部署高度可扩展、完全交钥匙的内容分发网络（turnkey CDN）产品。

### 4. 国内云保险的引入为高可用服务提供完善的保障机制

云服务风险备受关注，进而引发赔偿问题，中国信息通信研究院联合国内各大云服务商和主要保险公司，展开云保险的相关研究。目前云保险 1.0 方案已经形成：对云服务商自身故障、云服务商人员误

操作、第三方责任造成的服务中断以及设备故障引起的数据丢失进行赔偿，承保单位是中国人保为首席承保人的共保体承担，共保体还包括平安保险和渤海保险，中国电信、中国联通、UCloud 和万国数据作为首批投保单位已完成签约。云保险的引入最大程度的降低了用户和云服务商的损失，为云服务商承诺的高可用提供保障机制。

### 三、云计算技术发展特点

#### （一）全球云计算技术发展热点

##### 1. 容器技术助力云计算发展

Docker 技术快速迭代。2014 年 1 月 Docker1.0 版本正式发布，它的前身是 DotCloud 的一个开源项目。利用 Linux 和核心工具支撑容器之间的隔离。Docker 迭代速度非常快，2015 年 11 月 Docker 正式发布 1.9 版本，该版本包含了正式用于产品的 swarm 和多宿主机互联功能，为 Docker 引擎添加了新的卷管理系统，并修改了 compose 使其更好的支持多种环境。2015 年 11 月，Docker Europe2015 在西班牙巴塞罗那召开，Docker 公司宣布了对 Docker 平台中容器安全方面的三大改进，即支持利用 Yubikey 进行硬件签名、对 Docker Hub 中镜像进行安全扫描和支持用户名字空间。最近一项调查显示，69%的公司将会在下一年的生产环境中使用容器<sup>1</sup>。

容器逐步成为主流云计算技术之一。2014 年 OpenStack 社区决定开始支持容器和第三方容器支持者，创造一个多种技术混合的多元环

<sup>1</sup>数据来源：

<http://devops.com/2015/06/18/clusterhq-and-devops-com-survey-show-containers-poised-for-mass-adoption/>

境，Openstack 将相关技术命名为“容器编辑引擎”。VMware 已经宣布将支持容器，强调采用虚拟机作为介质部署容器可对容器安全性和管理控制进行补充。Redhat 将 Docker 集成到自己的操作系统 RHEL 中以 KVM 承载 Docker，并推出了 RHEL 7 Atomic HOST 容器虚拟化系统，Atomic 定义了 Redhat 认证的 Docker 宿主、容器元、容器开发包等，瞄准了原本安全堪忧的 Docker，从整体架构的各个层面进行可信认证。2014 年秋亚马逊正式推出了弹性容器服务，在 AWS 客户启动容器后，ECS 将负责扩展容器，提高了云移植性并降低了成本。

**容器技术推动自动化运维。**运维自动化的最关键部分是运行环境的定义。Docker 帮助开发者很简单的实现开发环境和生产环境一致，意味着目录、路径、配置文件、储存用户名密码的方式、访问权限、域名等种种细节的一致和差异处理的标准化， Docker 可以简单的实现不同机器上的环境标准化。

## 2. 更加高效的 Unikernel 技术引发关注

根据 X86 架构，无论是传统的虚拟机还是最近兴起的容器（Container）技术，用户应用仍然运行在“用户态”，对硬件的访问和操作仍然需要借助运行在“内核态”的操作系统来进行，这样应用对硬件资源的访问就需要经过用户态到内核态之间的上下文切换，从而损失了一定的性能。最近几年，以 LibOS 为基础的 Unikernel 技术受到了一定的重视。Unikernel 将应用及其依赖的运行环境全部运行在“内核态”，即全部在 X86 CPU 的特权模式（Ring 0）下运行，完全摒弃了传统意义上的操作系统，对硬件的访问完全由 Hypervisor

层实现。其优势在于：

- (1) 更好的安全性：与传统操作系统相比攻击界面更小，受到攻击的可能性随之减小。
- (2) 更小的体积：由于不需要完整操作系统的支撑，Unikernel实例的大小仅为传统VM的4%左右。
- (3) 更短的启动时间：没有操作系统装载的过程，启动时间更短。

Unikernel 也有其劣势，由于其为上层应用的定制化程度较高，因此难以像传统操作系统一样用于通用的应用目的。

目前 Unikernel 仍处在研究阶段，主要的项目包括 ClickOS、Clive、MirageOS 等，商业化应用为时尚早。

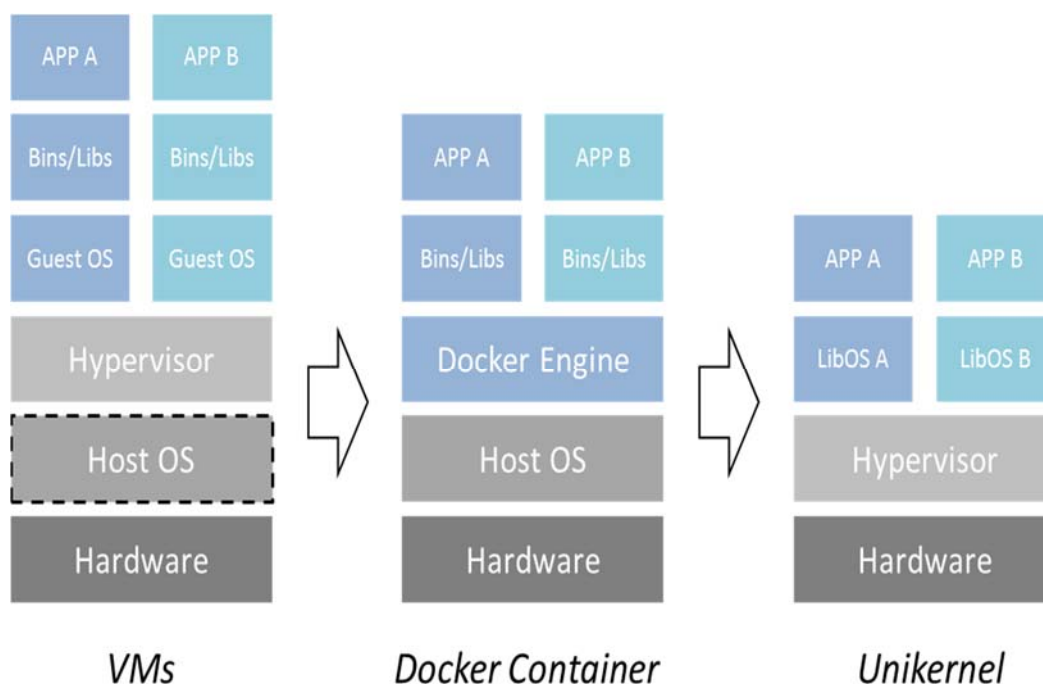


图 10 从虚拟机到 Unikernel 的演化

### 3. X86 在基础计算架构领域一统天下的局面或将改变

X86 在基础计算架构领域一统天下的局面可能在未来几年改变。云计算产生的最初动力在于使用廉价的 X86 计算节点构建具有强大计算、存储和容错能力的高性能计算集群。X86 一直是公共云和企业专有云平台的最佳甚至是唯一选择。这种情况在近几年开始改变。IBM 从 2013 年开始投入 10 亿美元进行基于 Power 架构的 Linux 研发，并在同年将 Power8 架构开源，力图建立完整的生态系统；2014 年，IBM 开始提供基于 Power 主机的企业云解决方案。Oracle 在 2015 年宣布向云计算全面转型，并在全球建立了 18 个数据中心提供公共云服务，其中大量采用了基于 SPARC 芯片的服务器。ARM 由于其低功耗、低成本的特点也成为构建基础云计算平台的新选择，Dell、HP、微软、亚马逊等公司都投入大量资金进行 ARM 服务器的开发，以替代云平台中的 X86 服务器。未来几年，云计算基础设施领域可能出现 X86、ARM、Power、SPARC 等多种架构竞逐的局面，其成败将深刻影响全球 IT 产业格局。

#### 4. 云计算与物联网（IoT）技术的结合成为新的技术与业务发展方向

随着“工业 4.0”、“工业互联网”等新概念的出现，以物联网（IoT）技术为基础，连接生产现场的各类传感器、执行器，进行大量数据采集并实时或离线分析，实现运行监控、预测维护、制造协同等成为制造、交通、医疗、能源等多个行业新的技术趋势。对 IoT 海量数据进行分析需要庞大的计算能力，这成为云计算与 IoT 相结合的最大动力。2015 年以来，来自 IT、互联网和制造业的巨头纷纷发

布其面向 IoT 场景的云计算服务。2015 年 3 月，微软发布了“Azure IoT”服务，其可以与 Windows10 IoT 操作系统结合，将现场数据发送至 Azure 平台进行进一步分析。制造业巨头 GE 在 2015 年 8 月发布了“Predix Cloud”平台，可以通过内置在发动机、发电机等产品上的“Predix Machine”将现场数据发送至 Predix 平台，用户可以利用开放的 PaaS 环境开发 APP 应用对数据进行分析。亚马逊在 2015 年 10 月的 AWS 峰会上发布了“AWS IoT”服务，可以通过连接生产、生活中的各类设备，并利用 AWS 上已有的各类云服务进行数据的存储与分析。与 IoT 在技术和业务模式上的结合不仅将成为云计算向各垂直行业渗透的重要切入点，而且也将成为未来 10-20 年 ICT 技术的重要热点。

## （二）我国云计算领域技术亮点

### 1. 我国云计算核心技术自主研发能力增强

根据 2015 年 7 月份可信云大会发布数据显示，目前通过认证的 37 个云主机服务，采用开源和自研的虚拟化方案占比 80.7%，采用开源和自研的虚拟化管理软件占比 61%，开源和自研所占比重较 2015 年 1 月份数据提升近 15%。

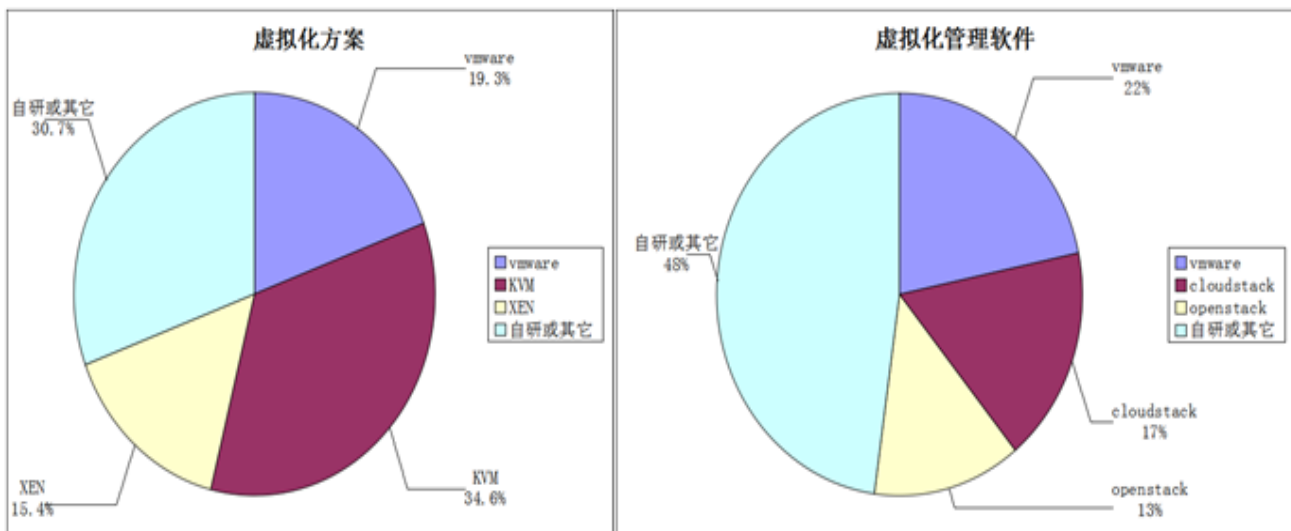


图 11 我国公共云服务虚拟化方案及虚拟化管理方案

## 2. 在云计算基础技术领域突破不断

我国云服务厂商自主研发免重启热补丁技术。漏洞修补一直是影响云服务连续性的棘手问题，2015 年 3 月，XEN 的漏洞修补造成了亚马逊 AWS、IBM SoftLayer、Linode 及 Rackspace 多家云服务商的大面积主机重启。我国云服务厂商自主研发免重启热补丁技术，比如 UCloud 自主研发的热补丁技术，可实现免重启修复所有内核代码，并将热修复过程业务中断时间控制在 10ms 内，这项技术在 UCloud 云平台已经运行超过一年，通过热补丁修复了近 20 个内核故障，累计进行了约 5 万台次的热补丁修复，理论上避免了相应次数的服务器重启。

**Docker** 技术在我国云计算领域逐步从实验阶段走向应用阶段。雪球的 SRE 团队借助 Docker 对整个公司的服务进行了统一的标准化工作，在 2015 年上半年已经把开发测试、预发布、灰度、生产环境的所有无状态服务都迁移到 Docker 容器中；蘑菇街采用 Openstack+Novadocker+Docker 的架构；蚂蚁金融云是蚂蚁金服推出



的针对金融行业的云计算服务，旨在将蚂蚁金服的大型分布式交易系统中间件技术以 PaaS 的方式提供给相应客户，在整个 PaaS 产品中，蚂蚁金服通过基于 Docker 的 CaaS 层来为上层提供计算存储网络资源，以提高资源的利用率和交付速度；腾讯游戏从 2014 年开始接触 Docker，经过一年的调研、测试、系统设计和开发，2014 年底整个系统开始上线运行，现在整个平台总共使用 700 多台物理机，3000 多个 Docker 容器，总体运行良好；大众点评在 2014 年 7 月基于 Docker 搭建私有云平台，目前平台承担了大部分的线上业务，实例数 2800 个左右，Docker 物理集群 300 多台。

## 四、云数据中心和相关设备技术发展及分析

### （一）云计算发展对数据中心和设备提出新要求

作为信息社会的重要基础设施，随着云计算、大数据等相关业务需求的持续增加，数据中心产业发展迅速，2009 至 2015 年，中国 IDC 市场规模增长了 5 倍以上，年均增长率超过 30%，2015 年中国 IDC 市场规模已达 500 亿元人民币。数据中心产业也进入了大规模的规划建设阶段，2013 年至 2015 年，全国规划在建数据中心 250 个左右，其中超大型、大型数据中心 100 个左右。云计算相关业务的快速发展也对数据中心和设备提出了新的要求，同时也带来了新的挑战。

**大规模。**为了支撑大规模的云客户访问和使用，与传统的数据中心相比，云计算数据中心需拥有较大的服务器规模，将数个甚至数十个传统规模数据中心集中整合，进行集中化数据备份、计算和管理，

才能实现云业务所需的计算能力。

**高密度。**云计算是一种集中化的部署方式，数据量和计算量的爆发式增长决定了单机柜中服务器的功率密度大大增加，单个服务器机柜的功率高达十几至几十千瓦。

**高可靠性。**云服务商向大量的客户提供云服务，云计算数据中心承载的云计算服务量巨大，涉及到的云客户的业务也多种多样，如果云数据中心出现故障，其影响广度和深度将非常大，因此云计算数据中心需要具有高可靠性。

**高效能。**云服务对软硬件资源的虚拟化使单台服务器的功率增加，大规模云计算数据中心能耗巨大，其用电量是传统数据中心的几倍甚至几十倍，云计算数据中心需要通过设计绿色节能数据中心，使其具有较高的能效，才能获得长期持续的发展。

**高效交付。**为了支撑业务系统的快速变化和发展，提升竞争力，云计算数据中心需要具备高效扩展和快速交付能力，无论机房建设阶段的机电部分交付，还是IT设备的运行交付都需要能够高效部署和快速完成。

**智能运维。**云计算数据中心规模庞大，可靠性要求高，需要推动监控技术的发展和完善，实现自动化的监控和管理。

## （二）整机柜服务器实现从“中国制造”到“中国设计”的转变

长期以来，我国服务器产业缺乏技术积累以及创新能力，在国际上扮演着“追随者”的角色。天蝎整机柜服务器的问世及规模应用正在

打破这一局面。作为我国自主设计的服务器，天蝎整机柜服务器实现了从“中国制造”到“中国设计”的转变。

天蝎整机柜服务器是一种将服务器节点与机柜系统融为一体的服务器解决方案，按照集中供电、集中散热、集中管理、高密度设计的思路，在标准化的机柜和服务器节点下进行节点配置，能够实现按需定制的目标。天蝎整机柜服务器由机柜子系统、网络子系统、供电子系统、服务器节点子系统、散热子系统、管理子系统六大部分组成，具备部署周期短、能耗低、成本低等显著优势。

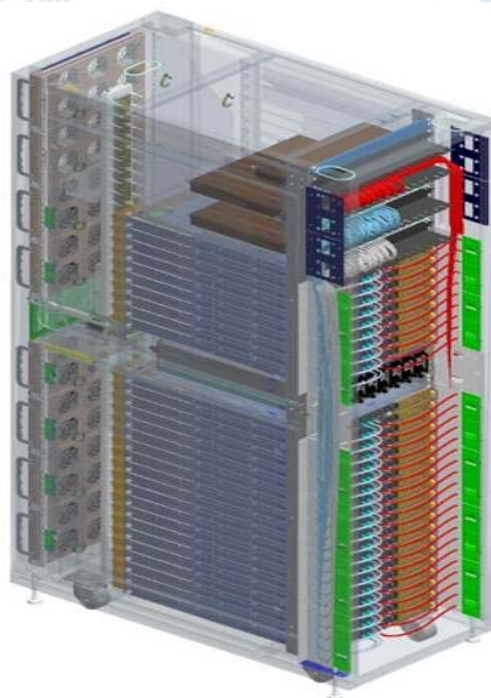


图 12 天蝎整机柜服务器示意图

整机柜服务器改变了传统服务器系统的部署和使用方式，将电源、散热、交换等非计算机 IT 体系结构模块集成在一个机柜中，并可根据用户的特定应用需求，配置不同特色的节点，灵活满足不同的应用对硬件平台的要求，并减低成本。具有以下优势：

**一是提高机柜空间利用率**，以机柜为整体单元将供电单元、散热

单元池化，辅助模块减少的空间占用，可支持布置更多节点，目前可实现单机柜最大 80 节点，与传统服务器相比可实现部署密度提高 1-2 倍，大幅提高空间利用率；

**二是提高电源效率**，集中供电和散热的设计使电源负载率可提高到 40%~50%，电源效率可以达到 90%~94%（传统机架式服务器的电源效率仅为 80%~85%），天蝎 2.5 规范中新增机柜级 BBS，整机柜服务器可支持双路或单路市电直供，电源效率可以达到 97%~98%；

**三是降低服务器能耗水平**，集中散热风扇能带来每台服务器 5% 左右的功耗节约，综合集中供电和集中散热技术，对于存储密集型配置的天蝎整机柜服务器可以实现节能 5%~10%，对于计算密集型配置的天蝎整机柜服务器可以实现节能 10%~15%；

**四是实现服务器高效交付**，整机柜服务器具备工厂预制、整机交付的部署能力，特别是在远离大城市的地区，把大部分组装工作转移到工厂预先完成，再通过整机柜进行现场快速部署，与传统的机架式服务器相比，交付效率提升 10 倍以上，日交付量可以从原来的几百台，提高到 3000 台，乃至 5000 台，在一些自建数据中心中甚至可以达到一万台。

作为由市场需求方推进的创新技术，天蝎整机柜服务器在很短的时间内得到了市场认可和发展壮大。尤其是“开放数据中心委员会<sup>2</sup>”成立后，天蝎整机柜服务器在技术和政策层面得到了广泛支持。

<sup>2</sup>开放数据中心委员会，是由百度、腾讯、阿里巴巴、中国电信、中国移动、中国信息通信研究院、英特尔等联合发起组建的全国性非营利组织，综合天蝎系列服务器、模块化数据中心、网络等研究内容，旨在通过打造开放平台，推动互联网产业发展和基础设施标准化和产业化进程。

当前，天蝎整机柜服务器已经在互联网企业（百度、腾讯、阿里等）、电信运营商（中国电信、中国移动、中国联通）、第三方数据中心（云硕等）、金融机构（工商银行、光大银行、人民银行等）、电力部门（国家电网）、政务部门（12306铁路订票系统等）等重要领域的企业开始了规模化应用，浪潮、华为、中兴、曙光、联想等服务器制造商也已推出天蝎整机柜服务器产品。

据开放数据中心委员会统计，2015年天蝎整机柜服务器实现3000多个机柜（10万台以上服务器）的部署，部署数量已超过前三年的总和，X86服务器市场占比5%左右。预计2016年，将实现上万个机柜的部署。

### （三）微模块数据中心开创云数据中心的新模式

微模块数据中心是由国内互联网公司的创新设计，借鉴集装箱的内部设计以及“乐高积木”式的模块化拼装理念来建设数据中心，是一种集IT机柜、制冷、不间断电源、消防、照明、监控、布线、安防等功能模块于一体的模块化数据中心产品，其构成单元均是符合业内通用规范的标准化产品。微模块数据中心的设计和技术特点使得其具备建设周期短、能耗低、运营可靠等显著优势。

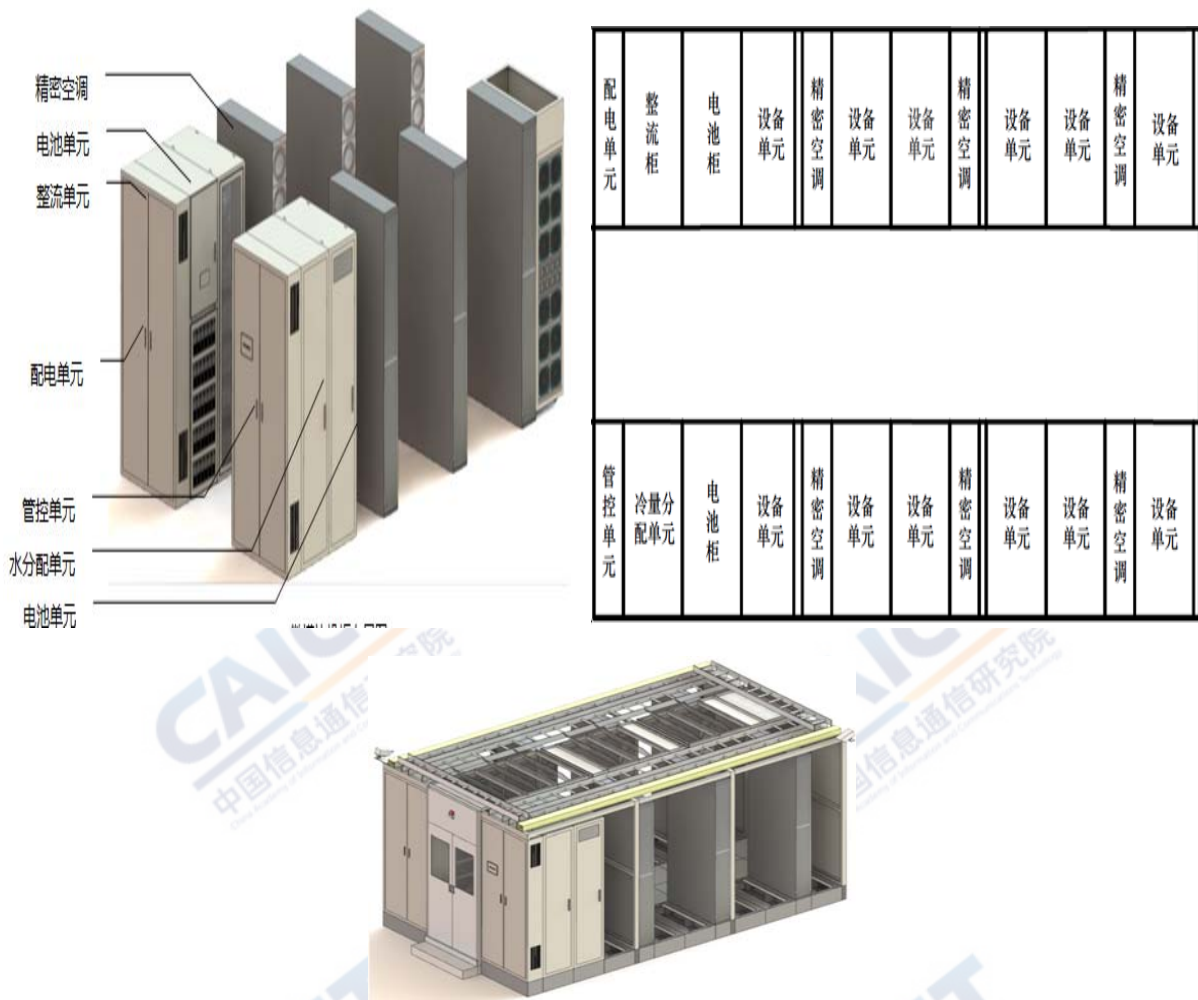


图 13 微模块数据中心架构示意图

微模块数据中心将数据中心“风、火、水、电”等基础设施都变成标准化、模块化的设备，实现整个数据中心物理基础设施的快速部署。具备以下优势：

**一是降低数据中心建设复杂性**，若采用微模块数据中心的建设方式，数据中心机房仅需要完成市电接入、冷机系统及主管道施工、主体消防施工、主要桥架建设，无需建设地板，并且可以根据实际需求，分期采购、分期部署，大幅降低数据中心建设难度。

**二是缩短数据中心建设周期**，微模块数据中心从技术特性上实现了数据中心的工业产品化和标准化，可以在工厂预制，与传统数据中

心相比，将原本长达数月乃至数年的建设周期缩短为 6 周左右，同时降低数据中心整体拥有成本。

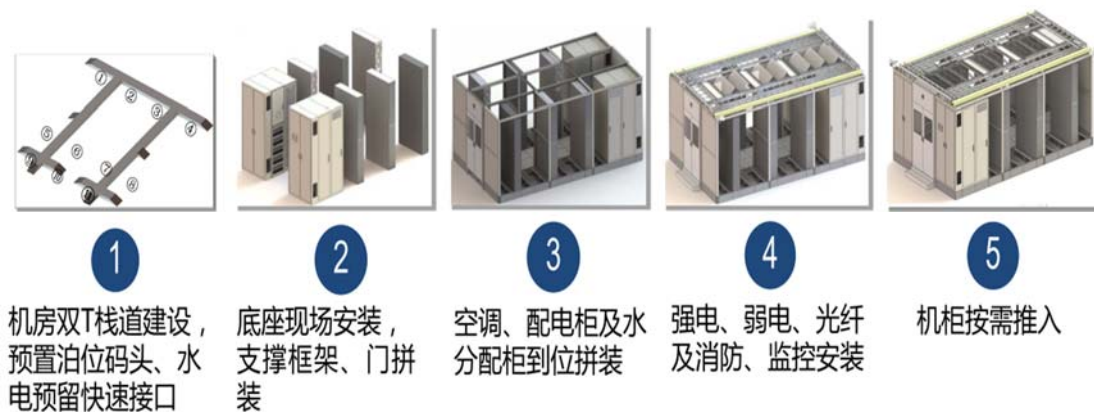


图 14 微模块数据中心部署方式

**三是提高数据中心能效水平**，微模块数据中心采用一系列先进技术实现节能降耗：科学合理的规划气流组织，与传统的不完全封闭的冷热通道模式的机房相比节能 7%；空调末端使用行间制冷技术，尽可能缩短内部送风距离，相比传统地板下送风技术，可实现节能约 7%；末端供电使用高压直流与市电直供结合技术，相比传统 UPS 供电方式，可节能约 8%；优化系统配电架构，相比传统 UPS 系统，减少了配电系统层级数量，可为实现节能约 4%。通过以上节能技术，可实现综合节能约 26%，年均 PUE 可以降低至 1.48 左右。

**四是实现数据中心高效运维**，微模块数据中心的基础设施运营与 IT 运营分离，专业分工明确，且以模块为运营基本单位，运维管理界面简单，模块管控平台可独立运行，又向上与其他自动化系统融合，结构清晰，接口简单，实现智能管控和可靠运营。

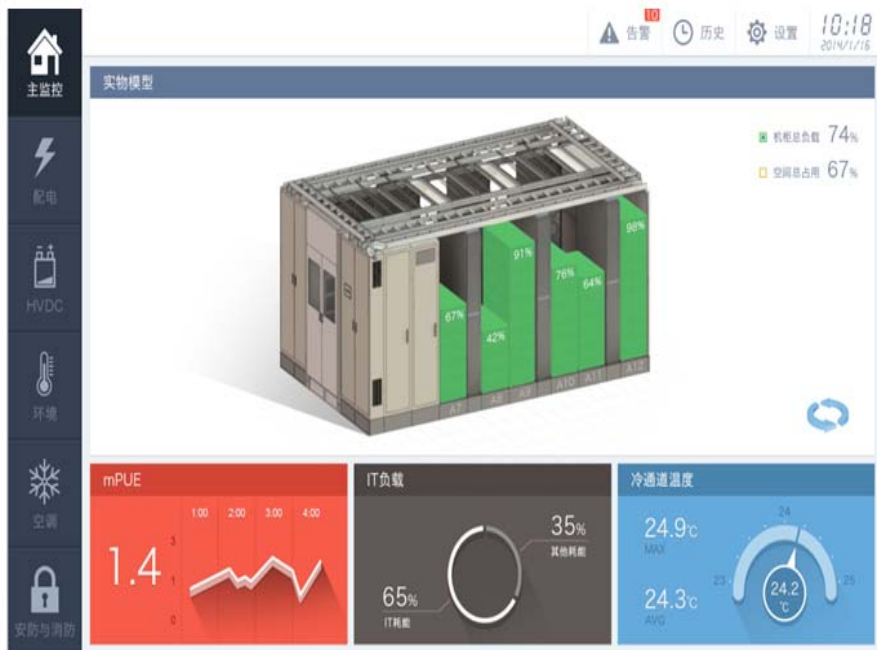


图 15 微模块数据中心智能运维系统

目前微模块数据中心已经在国内腾讯、百度、阿里巴巴等互联网的数据中心稳定运行了两年以上，在中国电信、中国联通等企业得到了不同程度的部署，同时微模块也适合于党政机关信息中心的部署，现已在法院、教育等行业得到实际应用。据开放数据中心委员会统计，2014 年国内微模块行业分布中互联网用户（55%）略高于非互联网用户（45%），2015 年非互联网用户数量增长较快，比例达到 52%，超过互联网用户 48%的比例，预计 2016 年将基本维持此分布比例。

同时，微模块数据中心还开创性地走出国门，在其他国家的电信运营商、互联网企业的数据中心实现部署，真正实现了中国创新的对外输出。

当前，我国微模块数据中心的部署步伐正在加快。据开放数据中心委员会统计，2015 年国内已经“落地”的微模块数据中心的总量达到近 1100 套，实现了超过 40 万台服务器的建设规模，相比 2014 年增



长一倍多，预计 2016 年保有量会达到 1900 套以上，可支持服务器数量将达到 70 万台以上。

#### **（四）核心设备技术创新有力提升我国话语权**

天蝎整机柜服务器、微模块数据中心诞生于互联网企业基于自身需求的创新实践，其出现标志着中国互联网巨头在 IT 设备产业的创新能力大幅提升，而整机柜服务器的大规模应用和部署则预示着 IT 产业由厂商主导逐渐转变为客户主导，用户可以根据需求自主设计定制服务器产品。数据中心的相关核心设备的技术创新将带动我国 IT 产业全产业链的创新，提升我国在 IT 产业中的话语权，对带动国产化技术发展具有重要意义。

**一是推进服务器和数据中心产业技术创新向外延伸。**整机柜和微模块技术从传统数据中心的技术封闭模式走向了开放，“开源硬件”改变了产业链的创新模式，为我国服务器和数据中心产业链上相关技术和产品的创新奠定了基础，将带动国内供空调、电源、供电、散热等领域的技术突破。

**二是带动 IT 产业创新向内延伸。**整机柜和微模块目前主要是集成式创新，随着产业的规模化发展，包括主板、芯片、硬盘、软件、操作系统等各个方面未来都会有自主创新的可能和机遇，带动我国 IT 产业核心技术和部件的技术创新和发展。

**三是为国内 IT 厂商技术创新带来新的机遇。**整机柜和微模块技术正在改变服务器和数据中心设计、建设、部署、运维的全生命周期过程，影响 IT 产业的竞争格局，国内大规模的用户将主导设备的设

计甚至是制造，可以带动国内供电、制冷、散热等其他厂商进入市场竞争，拉动国内 IT 产业链上一系列企业的技术和产品创新，加速信息产业国产化进程。

## 五、我国云计算政策环境分析

### （一）国内支持云计算发展的宏观政策环境已经形成

2015 年是国内云计算政策集中出台的一年，从 1 月至 9 月，国务院先后出台了三项与云计算密切相关的政策文件，中央网信办也发布了关于党政部门云计算安全管理的文件。云计算产业发展、行业推广、应用基础、安全管理等重要环节的宏观政策环境已经基本形成。

- （1）2015 年 1 月，《国务院关于促进云计算创新发展培育信息产业新业态的意见》（国发〔2015〕5 号）（以下简称“5 号文”）
- （2）2015 年 5 月，《关于加强党政部门云计算服务网络安全管理的意见》（中网办发文〔2015〕14 号）（以下简称“14 号文”）
- （3）2015 年 7 月，《国务院关于积极推进“互联网+”行动的指导意见》（国发〔2015〕40 号）（以下简称“40 号文”）
- （4）2015 年 8 月，《促进大数据发展行动纲要》，（国发〔2015〕50 号）（以下简称“50 号文”）

### （二）加快发展是云计算政策的主线

“5 号文”是未来几年指导我国云计算发展最重要的政策依据，实现我国自主云计算产业的快速有序发展是其最终目标，其中包含了三个方面的重要部署：

**一是以公共服务为先导，形成产业生态，带动技术创新。**《国务院关于促进云计算创新发展培育信息产业新业态的意见》中第一个任务就是“增强云计算服务能力”，并提出“鼓励大企业开放平台资源，打造协作共赢的云计算服务生态环境”、“大力发展面向云计算的信息系统规划咨询、方案设计、系统集成和测试评估等服务”等任务要求，意在以骨干云服务企业为核心，构建云计算产业生态。

**二是以电子政务为牵引，带动云计算产业快速发展。**“5号文”提出了通过政府信息化建设的投入带动云计算产业、市场发展的思路，这不仅是国际上许多国家的通行做法，也能够实现政府和产业的双赢。

**三是以布局优化为目标，实现云计算健康有序发展。**近几年国内以云计算为名的数据中心建设存在过热倾向，这种无序发展的状态实际上不利于云计算产业的健康发展。“5号文”不仅提出“加强全国数据中心建设的统筹规划”的要求，还提出“结合云计算发展布局优化网络结构，加快网络基础设施建设升级，优化互联网网间互联架构，提升互联互通质量，降低带宽租费水平”等任务，从数据中心、网络等基础设施的层面保障了云计算的健康发展。

### **（三）拓展行业领域是主要方向**

全球云计算的发展正在从互联网向其他传统行业领域延伸，我国也不例外。2015年国家发布的各项政策从宏观层面为云计算向行业领域的拓展铺平了道路。

**“5号文”夯实了云计算向行业领域拓展的技术、产业、政策基**

础。从技术方面看，拥有安全可靠的云计算技术是云计算在各行业领域得到进一步推广并保障安全的重要前提。“5号文”提出“提升云计算自主创新能力”，要求“加强云计算相关基础研究、应用研究、技术研发、市场培育和产业政策的紧密衔接与统筹协调”，推动安全可靠的云计算产品和解决方案在各领域的应用。从产业方面看，增强云计算服务能力，建立产业生态是云计算在行业领域应用推广的基础。“5号文”还重点提出了“增强云计算服务能力”的任务，通过大力发展各类公共云服务，充分满足企业、政府、行业部门对于信息化资源各个层面的需求，以期培育新业态、新模式。从政策方面看，适应产业发展情况的法规、政策环境是云计算行业应用发展的基本保障。“5号文”在政策方面提出了市场管理、隐私保护、财税扶持、安全保障等几方面的考虑。

“40号文”指明了云计算与传统行业结合的方向。一是在工业领域，通过云计算推动工业生产的智能化升级。二是在金融领域，利用云计算提供的新型平台和技术，实现金融产品和服务的创新。三是在社会化服务领域，无论是医疗、物流还是教育，都可以与云计算相结合衍生新型业务模式。

#### **（四）云计算安全是政府着力的重点**

中央网信办发布的“14号文”为我国党政部门开展云计算应用的安全管理奠定了政策基础。

“14号文”提出了“安全管理责任不变，数据归属关系不变，安全管理标准不变，敏感信息不出境”的四条基本要求，为党政部门

云计算安全管理定下了基调。

“14 号文”还重点提出了建立“党政部门云计算服务网络安全审查”机制。这一审查机制已经在 2015 年正式启动，包括中国信息通信研究院在内的四家第三方机构已经开始了对国内面向党政部门的云服务企业的审查工作。安全审查不仅将成为云服务商进入政务行业的敲门砖，也将为其他行业领域的云计算服务安全管理提供良好的参照和示范。





中国信息通信研究院

地址：北京市海淀区花园北路 52 号

邮政编码：100191

联系电话：010-62304839

传真：010-62304980

