CAICT 中国信通院

云计算发展白皮书

（2019 年）

中国信息通信研究院

2019年7月

版权声明

本白皮书版权属于中国信息通信研究院，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”。违反上述声明者，本院将追究其相关法律责任。

前　言

当前，云计算处在快速发展阶段，技术产业创新不断涌现。产业方面，企业上云成为趋势，云管理服务、智能云、边缘云等市场开始兴起；技术方面，云原生概念不断普及，云边、云网技术体系逐渐完善；开源方面，开源项目发展迅猛，云服务商借助开源打造全栈能力；安全方面，云安全产品生态形成，智能安全成为新方向；行业方面，政务云为数字城市提供关键基础设施，电信云助力运营商网络升级转型。

本白皮书是继《云计算白皮书（2012 年）》之后,中国信息通信研究院第 5 次发布云计算白皮书。本白皮书在前几版的基础上，重点介绍当前云计算发展现状与趋势。白皮书首先梳理了国内外云计算产业的发展状况及热点，总结了当前云计算技术发展特点，然后从开源和安全两个角度分别对云计算的发展进行了分析，同时阐述了云计算在典型行业的应用情况，最后结合当前现状给出了我国云计算发展建议。

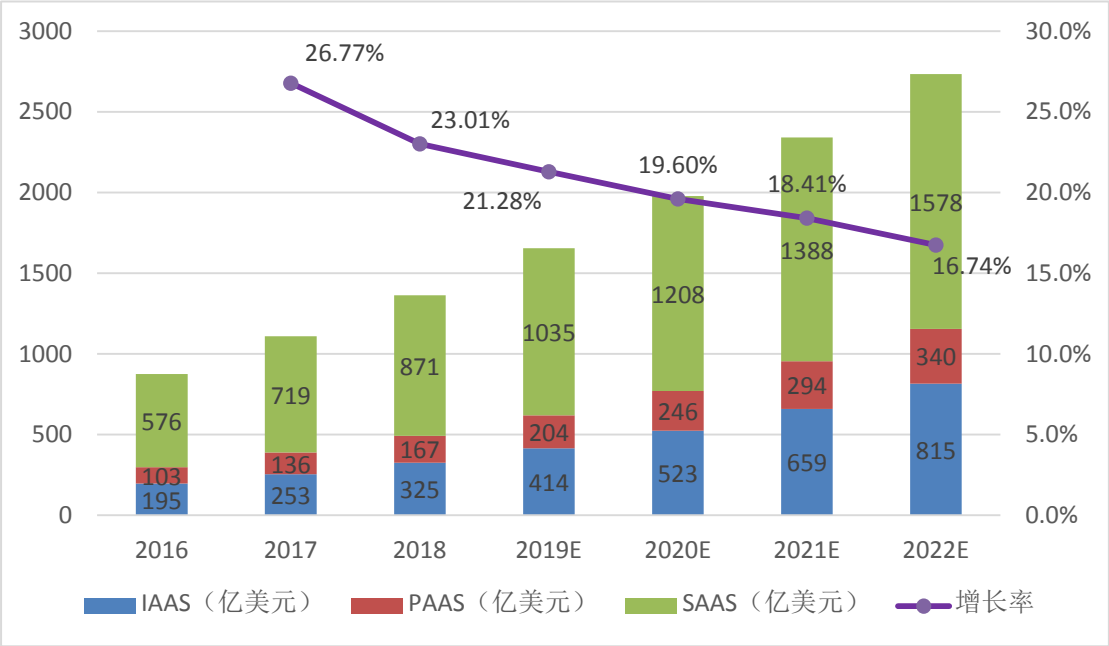
目 录

一、云计算产业发展状况及分析.....1
（一）全球及我国云计算市场规模及发展趋势.....1
（二）全球及我国云计算政策情况.....5
（三）我国云计算发展热点分析.....9
二、云计算技术发展特点.....15
（一）云原生技术快速发展，将重构 IT 运维和开发模式.....15
（二）智能云技术体系架构初步建立，从资源到机器学习使能平台.....17
（三）DevOps 进入实践阶段，行业开始探索智能化运维.....20
（四）云边协同技术架构体系不断完善，协同管理是关键.....23
（五）云网融合服务能力体系逐渐形成，并向行业应用延伸.....24
三、云计算开源发展现状.....26
（一）开源技术成为云计算领域主流，国内企业初露头角.....27
（二）国际云计算巨头通过收购强化开源布局.....29
（三）云计算与开源互相影响，推动商业模式变革.....31
四、云计算安全发展分析.....32
（一）厂商积极布局，不断发展云安全产品生态.....32
（二）智能安全为保障云计算平台安全提供新方向.....34
五、我国云计算行业应用情况.....36
（一）政务云：为“数字城市”转型提供关键基础设施保障.....36
（二）金融云：传统金融企业与云计算厂商共同发力金融云市场.....37
（三）交通云：交通行业各领域上云全面开花.....39
（四）能源云：能源领域信息系统较复杂，上云进度慢.....40
（五）电信云：助力通信运营商网络升级转型.....42
六、我国云计算发展建议.....44
（一）持续创造良好的云计算发展环境.....44
（二）着力发展云原生技术能力及应用实践.....44
（三）稳步构建开源风险管理和治理体系.....45
（四）不断加强云计算产业链上下游合作.....46
（五）持续增强传统行业供需双方信任度.....47

一、云计算产业发展状况及分析

（一）全球及我国云计算市场规模及发展趋势

全球云计算市场规模总体呈稳定增长态势。2018 年，以 IaaS、PaaS 和 SaaS 为代表的全球公有云市场规模达到 1363 亿美元，增速 23.01%。未来几年市场平均增长率在 20%左右，预计到 2022 年市场规模将超过 2700 亿美元。



数据来源：Gartner，2019 年 1 月

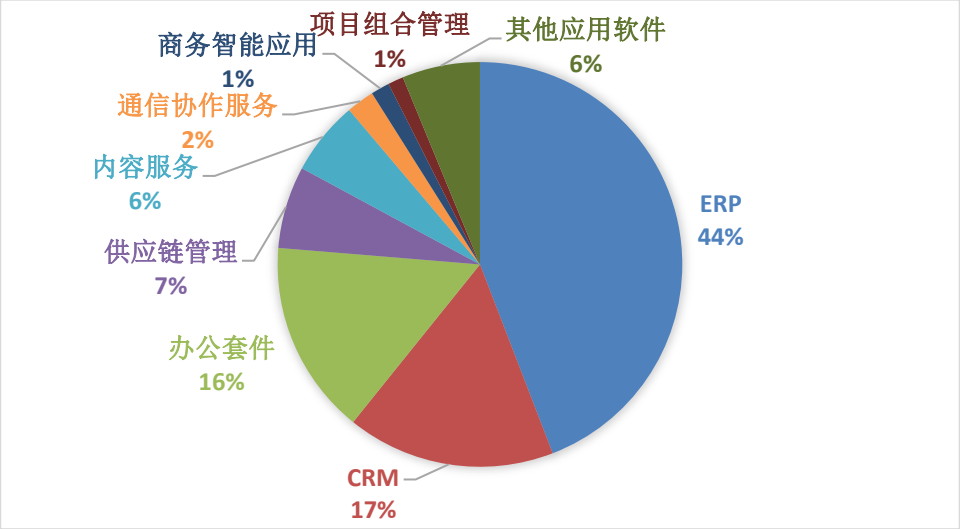
图 1　全球云计算市场规模及增速

IaaS 市场保持快速增长。2018 年全球 IaaS 市场规模达 325 亿美元，增速为 28.46%，预计未来几年市场平均增长率将超过 26%，到 2022 年市场份额将增长到 815 亿美元。

PaaS 市场增长稳定，但数据库管理系统需求增长较快。2018 年全球 PaaS 市场规模达 167 亿美元，增速为 22.79%，预计未来几年的年复合增长率将保持在 20%以上。其中，数据库管理系统虽然市场占

比较低，但随着大数据应用的发展，用户需求明显增加，预计未来几年将保持高速增长（年复合增长率超过 30%），到 2022 年市场规模将达到 126 亿美元。

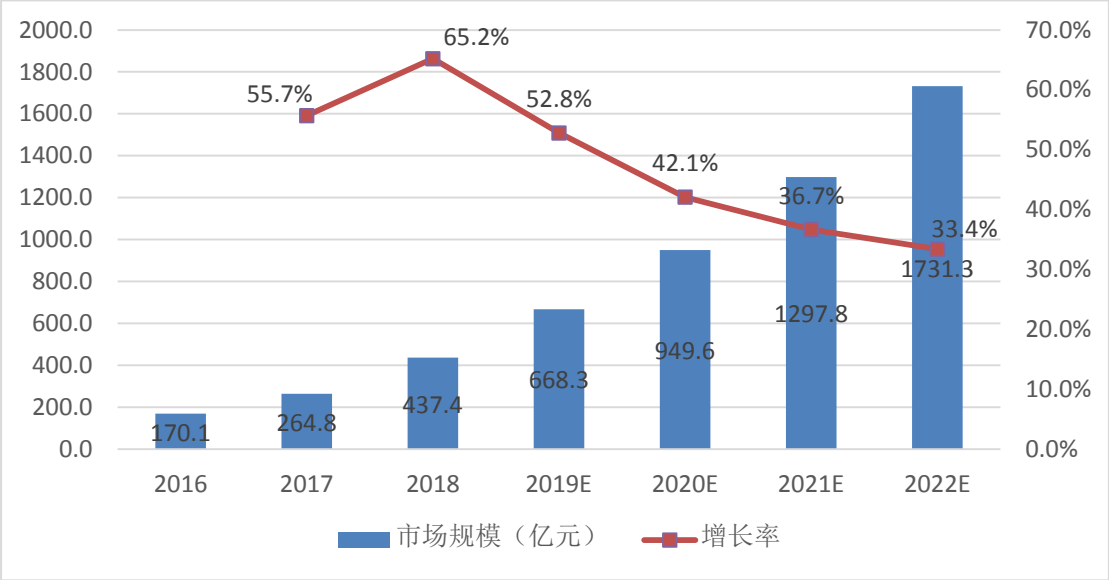
SaaS 市场增长减缓，各服务类型占比趋于稳定。2018 年全球 SaaS 市场规模达 871 亿美元，增速为 21.14%，预计 2022 年增速将降低至 13%左右。其中，CRM、ERP、办公套件仍是主要 SaaS 服务类型，占据了 3/4 的市场份额，商务智能应用、项目组合管理等服务增速较快，但整体规模较小，预计未来几年 SaaS 服务的市场格局变化不大。



数据来源：Gartner，2019 年 1 月

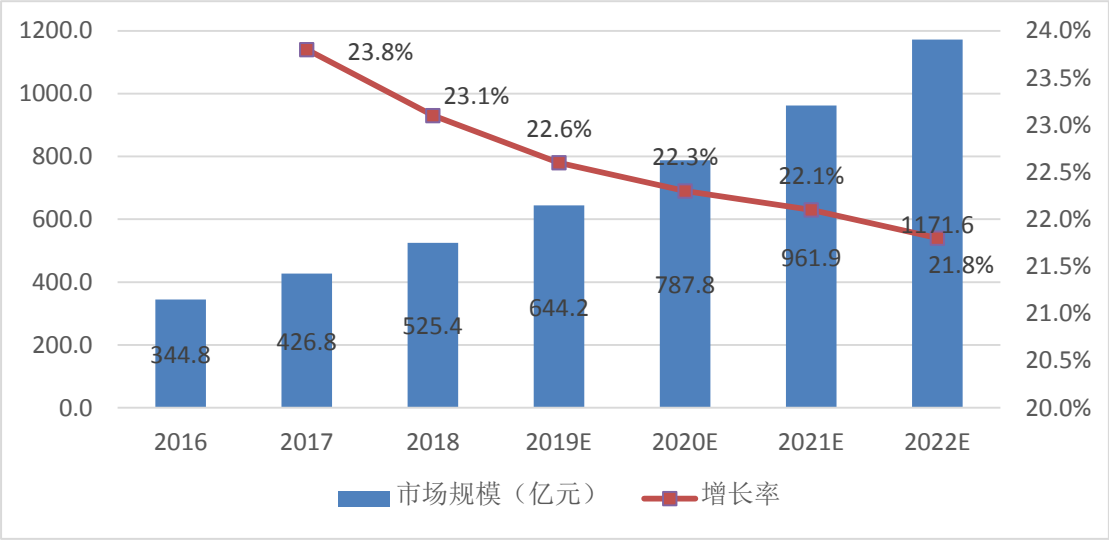
图 2　全球 SaaS 细分服务市场占比

我国公有云市场保持高速增长。2018 年我国云计算整体市场规模达 962.8 亿元，增速 39.2%。其中，公有云市场规模达到 437 亿元，相比 2017 年增长 65.2%，预计 2019-2022 年仍将处于快速增长阶段，到 2022 年市场规模将达到 1731 亿元；私有云市场规模达 525 亿元，较 2017 年增长 23.1%，预计未来几年将保持稳定增长，到 2022 年市场规模将达到 1172 亿元。



数据来源：中国信息通信研究院，2019 年 5 月

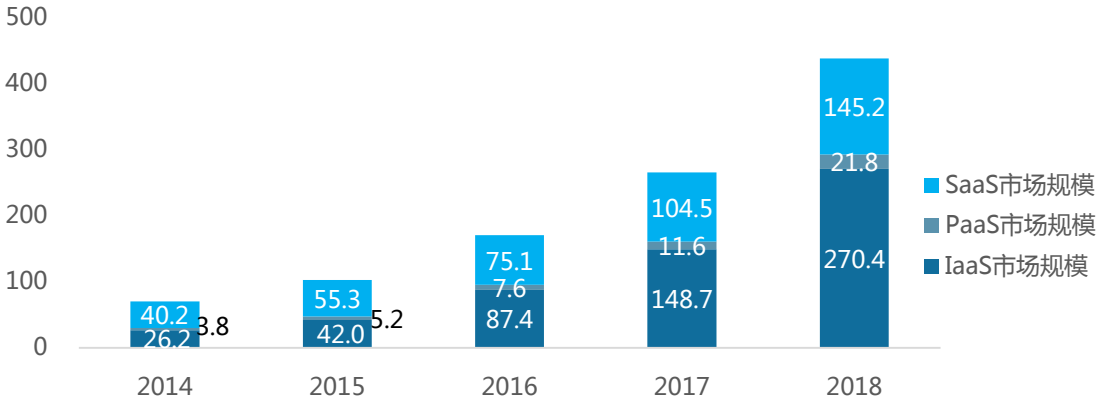
图 3　我国公有云市场规模及增速



数据来源：中国信息通信研究院，2019 年 5 月

图 4　我国私有云市场规模及增速

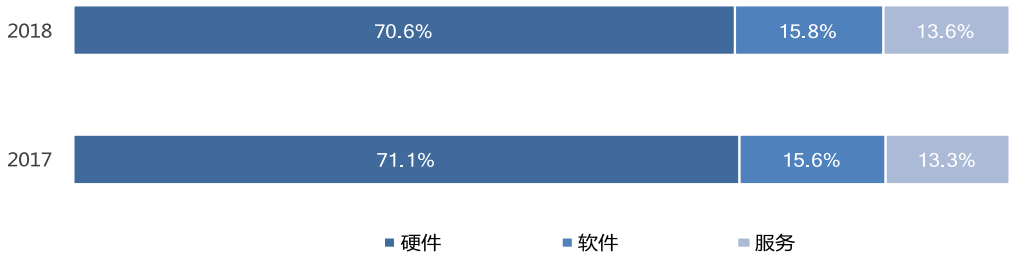
IaaS 依然占据公有云市场的主要份额。2018 年，IaaS 市场规模达到 270 亿元，比 2017 年增长了 81.8%；PaaS 市场规模为 22 亿元，与去年相比上升了 87.9%。未来几年企业对大数据、游戏和微服务等 PaaS 产品的需求量将持续增长，PaaS 市场规模仍将保持较高的增速；SaaS 市场规模达到 145 亿元，比 2017 年增长了 38.9%，增速较稳定。



数据来源：中国信息通信研究院，2019 年 5 月

图 5　中国公有云细分市场规模（亿元）

私有云市场中软件和服务占比稳步提升。2018 年私有云硬件市场规模为 371 亿元，占比 70.6%，较 2017 年有所下降；软件市场规模为 83 亿元，占比为 15.8%，与 2017 年相比上升了 0.2%；服务市场规模为 71 亿元，占比 13.6%，提高了 0.3%。



数据来源：中国信息通信研究院，2019 年 5 月

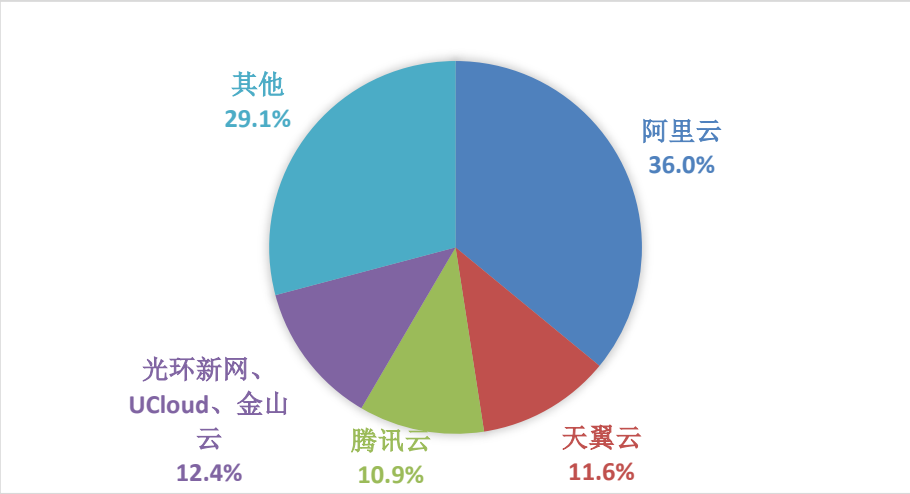
图 6　中国私有云细分市场构成

市场份额方面。据中国信息通信研究院调查统计[1]，阿里云、天翼云、腾讯云占据公有云 IaaS 市场份额前三，光环新网、UCloud、金山云（排名不分先后）处于第二集团[2]；阿里云、腾讯云、百度云位于公有云 PaaS 市场前三；用友、金蝶、畅捷通位居公有云综合 SaaS

[1]市场规模为 2018 年的统计，主要依据企业财报、人员访谈、可信云评估、历史公开数据等得出。对于市场数据不明确的领域，只发布头部企业整体情况，不做具体排名。

[2]因为 IaaS 和 CDN 是两种业态，需要分别获得互联网资源协作牌照和 CDN 牌照，所以 IaaS 市场统计中不包括 CDN（云分发）收入，只统计计算、存储、网络（不包括 CDN）、数据库等纯基础资源服务的收入。

能力第一梯队；中国电信、浪潮、华为、曙光则处于政务云市场前列。



数据来源：中国信息通信研究院，2019 年 5 月

图 7　2018 年国内公有云 IaaS 市场份额占比

（二）全球及我国云计算政策情况

1.国际云计算政策从推动“云优先”向关注“云效能”转变

随着云计算的发展，云计算服务正日益演变成为新型的信息基础设施，全球各国政府近年来纷纷制定国家战略和行动计划，鼓励政府部门在进行 IT 基础设施建设时优先采用云服务，意图通过政府的先导示范作用，培育和拉动国内市场。

2018 年，加拿大政府发布了更新后的《云优先采用》策略，其中提到政府部门应优先选择公有云服务，在公有云无法满足某些特定需求时可考虑私有云模式部署。同年 2 月，智利政府发布《云优先》行政命令，其中明确了政府机构使用云服务所带来的降本增效、灵活易扩展等主要优势，要求各州政府在保证技术中立、安全、合法等原则的前提下优先考虑使用云服务。我国在 8 月发布《推动企业上云实施指南（2018-2020 年）》，指导和促进企业运用云计算加快数字化、

网络化、智能化转型升级。

此外，巴林、阿根廷、新西兰、菲律宾等国家也纷纷发布相关政策，要求政府机构在进行 ICT 基础设施采购预算时，应优先评估使用云服务的可能性。

2018 年 10 月，新一届美国政府重新制定“云敏捷”战略。“云敏捷”是一种新的战略，该战略专注于为联邦政府机构提供必要的工具，使其能够根据自身需求更好地做出信息化决策，让各政府机构采用具有更多先进技术的云解决方案，简化从传统 IT 基础设施迁移上云的难度。

可见，各国不仅注重云资源的使用，随着云计算软件和服务的发展，更加重视上云的效率，以及运用云计算是否能达到更好 IT 信息化决策的需求，是否能赋予传统 IT 更好的能力。所以，“云效能”是未来国际关注的重点。

2.国内政策利好推动企业上云，信用管理成为监管优化“抓手”

（1）企业上云政策陆续出台，保障上云效果是关键

2018 年 8 月，工业和信息化部印发了《推动企业上云实施指南（2018-2020 年）》（以下简称《实施指南》）。《实施指南》从总体要求、科学制定部署模式、按需合理选择云服务、稳妥有序实施上云、提升支撑服务能力、强化政策保障等方面提出了推动企业上云的工作要求和实施建议。《实施指南》提出了企业上云的工作目标，到 2020 年，

云计算在企业生产、经营、管理中的应用广泛普及，全国新增上云企业 100 万家。在《实施指南》带动引导下，截至 2018 年 12 月，全国已有上海、浙江、江苏、湖北等 20 多个省市出台了企业上云政策文件，明确了工作目标和重点。

行业	案例名称
金融	中国人寿财产保险股份有限公司-金融智能语音云平台项目
	贵州省金融控股（集团）有限责任公司-金融行业云
	营口银行股份有限公司-营口银行云数据中心
	辽宁振兴银行-私有云助力振兴银行打造科技型银行
	达州银行股份有限公司-新零售下手机银行容器云化探索实践
	邯郸银行股份有限公司-"云化+生态"互联网银行
	深圳前海微众银行股份有限公司-微众银行私有云项目
	中国人民财产保险股份有限公司-中国人民财产保险股份有限公司私有云项目
	北京银行股份有限公司-北京银行私有云平台
	光大证券股份有限公司-光大证券金融云平台
交通	无锡地铁集团有限公司-无锡地铁上云案例
	南京地铁集团公司-南京地铁
	交通运输部-重要信息系统数据异地容灾备份项目
	交通运输部科学研究院-城市交通云服务平台
	中国民航信息网络股份有限公司-中航信基础架构云平台
	厦门航空有限公司-厦门航空云办公系统
	昆山市公共交通集团有限公司-智能公交运营调度系统
	海口市公共交通集团有限公司-智慧站牌项目
	跨越速运集团有限公司-跨越物流云
	浙江数链科技有限公司-混合云基础设施升级项目
工业+能源	鞍钢集团有限公司-精钢云
	山东钢铁集团有限公司-山钢云建设项目
	浙江钱江摩托股份有限公司-钱江摩托基于云平台的企业管控一体化信息系统
	比亚迪汽车工业有限公司-比亚迪商呼平台
	广西玉柴机器股份有限公司-智能协作管理平台
	中国海洋石油集团有限公司-中国海油数字化转型支撑平台海油云建设项目
	山东黄金集团有限公司-协作办公云平台
	新奥集团新智云数据服务有限公司-混合云管理平台/云存储协作管理
	港华集团-港华VCC云平台
	山东琦泉能源科技有限公司-琦泉智慧能源云
服务业	绿城理想生活科技有限公司-绿城智慧社区运营平台（IOC）
	陕西华山智慧旅游商务科技有限公司-华山智慧旅游票务云项目
	海南南海网传媒股份有限公司-南海网云平台
	甘肃陇能兰新互联网金融信息服务有限公司-"陇金汇"互联网金融平台
	中信国安广视网络有限公司-京东云电商云峰平台
	重庆忽米网络科技有限公司-宗申忽米网
	中央电化教育馆-国家教育资源公共服务平台和资源中心建设运维项目
	北京华联精品超市有限公司-BHG企业云项目
	深圳市酷开网络科技有限公司-"酷开&融合OTT"混合云项目
	山东爱城市网信息技术有限公司-智慧城市便民服务平台

图 8　典型行业“十佳上云”名单

同时，《实施指南》中指出，要制定出台企业上云的效果评价标准，逐步构建企业上云的效果评价体系。在此背景下，中国信息通信研究院牵头撰写《企业上云效果成熟度评估方法》，主要从企业用云量、上云程度、上云效益、上云典型性与可推广性四个维度考察企业

上云效果成熟度，衡量上云企业的用云规模和程度、计算上云企业的成本节约和效益提升、研究上云企业的典型性与可推广性，作为地方标杆企业评选重要参考，希望能够充分发挥优秀案例的示范引领作用，进一步引导企业深度上云。同时，中国信息通信研究院组织开展了行业“十佳上云”案例评选活动，对金融、交通、工业+能源、服务业等四个重点行业中优秀典型进行评选，评选结果如图所示。

（2）工信部持续推进“两单”工作，加强信用管理

2018 年 3 月，工信部发布《关于做好电信业务经营不良名单和失信名单管理工作的通知》（工信部信管〔2018〕54 号，以下简称“两单”），着力于加强以信用管理为基础的事中事后管理，在现有行业信用管理体系基础上进一步强化了信用机制的约束作用，形成了全流程信用管理机制。截至 2019 年 4 月，已公布六批次累计 8139 家电信业务经营不良企业。“两单”的实行有效规范了相关企业的经营行为，也为进行行业信用评价建立了基础标准。

在此背景下，中国信息通信研究院牵头成立云服务经营自律委员会，通过制定自律规范条款，作为刚性行政监管手段的有效补充和延伸，引导云服务企业规范市场经营行为。基于《云服务经营自律规范》和《云服务企业信用评价办法》，云服务经营自律委员会组织开展云服务企业和 CDN 企业信用评级，依据不良失信行为记录情况、自律工作开展情况和服务能力可信情况等三方面开展工作。截至到 2019 年 6 月，共有中国电信云公司、中国移动政企、联通云数据、浪潮、华为、京东、网宿 7 家企业获得云服务企业信用 AAA 级，网宿获得

CDN 企业信用 AAA 级。

（三）我国云计算发展热点分析

1.云管理服务开始兴起，助力企业管云

企业上云成为趋势，但非坦途。自去年工信部《推动企业上云实施指南（2018-2020 年）》推出以来，国内企业上云成为一个不可阻挡的趋势。然而，企业在上云过程中并非坦途，随着业务系统向云端迁移，企业会面临各种各样的问题。例如，企业是将业务完全放在云上，还是部分业务上云，如何保证系统在迁移过程中的稳定性，如何统一管理复杂的多云和混合 IT 环境等等。要解决这些问题，就必须由“专业的人来干专业的事”，因此一个新的服务领域--云管理服务提供商（Cloud Management Service Provider，以下简称云 MSP）随之诞生。



图 9　企业上云过程中面临的问题

云 MSP 助力企业上云、管云。其实，MSP 并不是一个新的概念。上世纪 90 年代，MSP 曾被认为是企业用户的 IT 托管服务商，其代表厂商有 IBM、HP 等。2017 年，Gartner 首次发布云 MSP 的魔力象限图，引起人们的广泛关注。目前，国外主要公有云服务商相继推出了自己的云 MSP 合作伙伴计划，着力建设云 MSP 生态；国内公有云

服务商包括阿里云、腾讯云、华为云等则在咨询、分销、SI（系统集成）、ISV（独立软件开发商）等方面开展云 MSP 合作伙伴计划，旨在帮助企业更好地上云、用云。

国内云管理服务市场尚处发展阶段。未来，随着新兴厂商、传统分销商、软件开发商、系统集成商、数据中心服务商等的进入，我国云管理服务市场将迎来爆发式的增长。据 IDC 统计，2018 年我国云管理服务市场规模达 19.95 亿元，未来几年市场复合增长率在 70%左右，到 2023 年市场规模将接近 300 亿元。为促进云管理服务市场健康有序发展，中国信息通信研究院制定了《云管理服务提供商能力要求》系列标准，从咨询、迁移、管理等方面对云 MSP 进行规范，并将能力水平分为高、中、低 3 个等级。

2.“云+智能”开启新时代，智能云加速数字化转型

智能云是智能化应用落地的引擎，缩短研究和创新周期。人工智能技术能够帮助企业实现降本增效，激发企业创新发展动能。然而，人工智能技术能力要求高且资金投入量大，在一定程度上地限制了人工智能的落地进程。因此，企业希望“云+智能”共同为产业赋能，根据各类业务场景需求匹配，以云的方式获得包括资源、平台以及应用在内的人工智能服务能力，降低企业智能化应用门槛。

国内厂商纷纷布局智能云市场，积极开放自身智能化技术能力。以腾讯云、阿里云、华为云、天翼云、第四范式为代表的厂商智能云产品战略布局如图所示。其中，以 GPU、FPGA 云服务器为代表的基础资源服务为机器学习模型的训练和预测提供算力支撑，虚拟化技术

让 GPU/FPGA 计算资源实现即买即用，弹性伸缩，节约平台建设成本；以机器学习平台为代表的使能平台服务为智能化应用开发提供算法模型的快速训练上线，弥补了传统企业在该方面人才和技术积累的不足，降低企业智能化转型门槛；人脸识别、语音识别以及自然语言处理等较为成熟的智能云应用服务可以直接应用于新零售、金融、工业以及医疗等企业智能化业务场景，为业务创新提供新动力。



图 10　国内主流厂商智能云服务布局

智能云服务落地多个行业应用，助力企业实现数字化转型。在零售领域，通过对用户消费行为进行智能分析，制作客户画像，精准识别客户需求，从而大幅度提升转化率。以阿里“新零售”、苏宁“智慧零售”和京东“无界零售”等理念为代表，提出打造智慧营销解决方案，以提升消费者体验为核心，实现精准营销。在金融领域，借助大数据分析进行智能反欺诈预测和风险控制。例如，银行及其它金融机构在征信及授信过程中，利用智能反欺诈等服务实现验证、反欺诈和授信等贷前评估工作、用户行为和市场情况等贷中监控以及还款记录、行为打分等贷后反馈工作，解决欺诈问题，避免逆向选择，做好风险控制。在医疗领域，远程诊疗平台、辅助诊疗系统、医学影像分析等依靠图像识别技术大大提升医生的诊断效率，并在一定程度上提高医疗

较为落后地区的诊疗能力。

3.云端开发成为新模式，研发云逐步商用

云端开发成为软件行业主流。传统的本地软件开发模式资源维护成本高，开发周期长，交付效率低，已经严重制约了企业的创新发展。通过采用云端部署开发平台进行软件全生命周期管理，能够快速构建开发、测试、运行环境，规范开发流程和降低成本，提升研发效率和创新水平，已逐渐成为软件行业新主流。云端软件开发的优势体现在：

- **降低企业成本。**云计算利用虚拟化技术对软硬件资源采取集中式、动态化管理，用户可弹性管理所需资源，按需投入，随时扩大计算能力，满足复杂的计算需求，降低企业成本。
- **覆盖软件开发全生命周期。**云平台集成端到端管理工具服务，全面实现云中协作、需求分析、编码调试、测试、部署、运维等一体化流程。
- **实现软件开发协同。**云开发平台集成语音、消息、会议等一站式协同平台，聚焦核心内容，使团队随时随地可高效沟通，完美解决开发、测试、运维等跨地域协作效率低的问题。
- **软件开发趋于结构化。**软件即服务（SaaS）将传统开发和集成中的低端任务，抽象成标准化的构件，实现即装即用，在云计算分布式的软件体系结构下，不同的软件可共享构件，使软件开发过程更加灵活。

软件开发一体化云平台逐步商用。目前业界顶尖的软件企业均致力于软件开发云的建设和应用，陆续推出集成需求管理、架构设计、

配置管理、代码开发、测试、部署、发布、反馈、运维等全自动化的 DevOps 持续交付云平台，给用户带来一站式的云端软件交付新体验，并将软件定制化服务深入到企业应用场景中，帮助企业在提升软件开发效率的同时专注于业务创新。

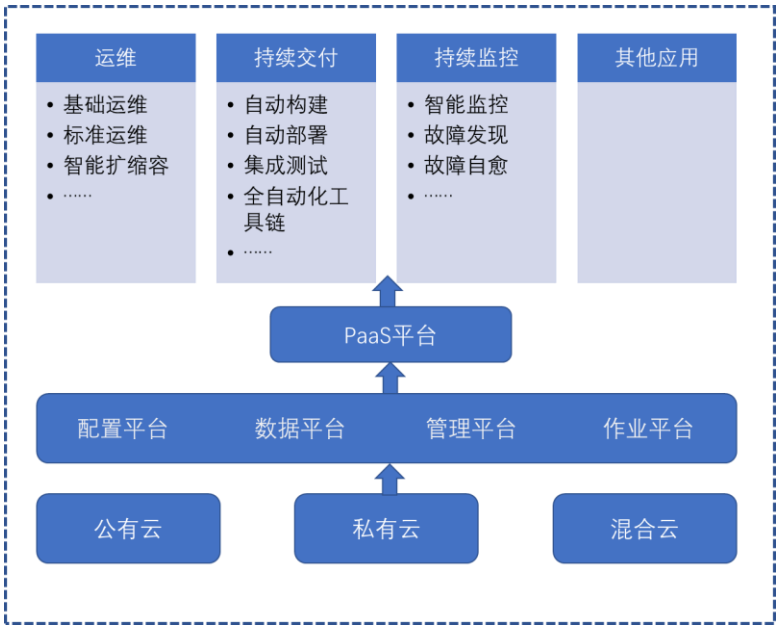


图 11　软件开发一体化云平台

例如，华为的软开云 DevCloud 平台，与华为云紧密集成，简化部署、发布和应用上云，让软件开发变得更加简单高效，其全方位安全加固的系统对核心研发数据加密传输和存储，全面保障企业研发数据的安全。阿里云的云效平台，将敏捷开发、流式实时交付、分层自动化等 DevOps 理念落地实践，提供覆盖从需求开发到产品上线运维的端到端提效工具，提供稳定的分布式代码托管服务、多中心、去存储、强依赖的运维监控及全面的自动化质量保证，自动识别发布异常并采取合理措施。腾讯的蓝鲸平台提供了从代码构建、集成到最终交付部署的完整自动化工具链，同时支持多云并发、海量高效的运维操作，实现了真正的开发运维一体化云平台。

软件开发云通过互联网的模式改革企业的研发过程，促进企业向云化的进一步转型，使 DevOps 实现从理念到工具，再到实践的真正落地，打造出 DevOps 研发运营一体化的生态圈。

4.云边协同打造分布式云，是物联应用落地的催化剂

物联网技术的快速发展和云服务的推动使得边缘计算备受产业关注，在各个应用场景中，虽然边缘计算发展如火如荼，但只有云计算与边缘计算通过紧密协同才能更好地满足各种需求场景的匹配，从而最大化体现云计算与边缘计算的应用价值，云边协同已成为主流模式。在智能终端、5G 网络、云计算、边缘计算等新技术的应用越来越广泛的时代，云+边+协同的分布式云方便了最终物联应用的管理和部署，作为物联网场景中各种技术的纽带，将成为实现物联网时代的最后拼图。

分布式云分为中心管理平台（中心云）和分布式云节点（边缘云、边缘智能终端等）。在分布式云中，中心管理平台负责大规模整体数据分析，深度学习训练，大数据存储，同时对分布式云节点进行管理；分布式云节点负责小规模局部数据轻量处理，小数据存储，数据采集与实时控制，快速进行决策等动作。统一的操作系统、统一的数据接口、统一的数据结构等能力，将会是中心管理平台与分布式云节点之间协同的重要指标。

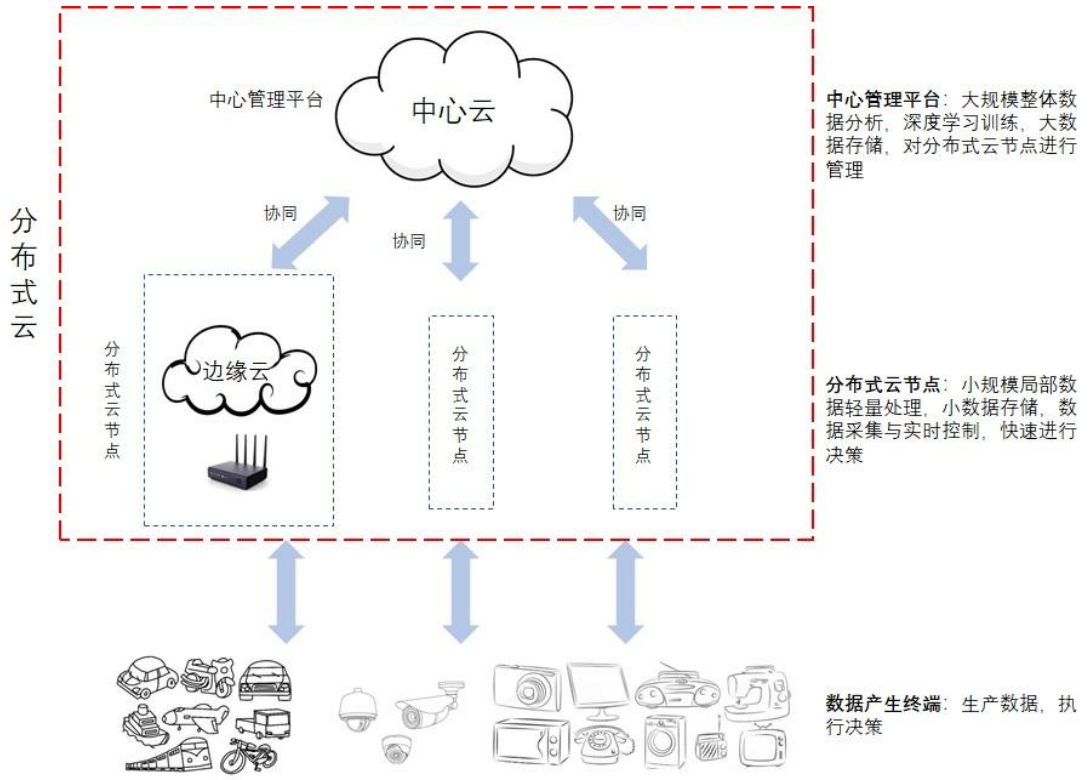


图 12　云+边+协同示意图

二、云计算技术发展特点

（一）云原生技术快速发展，将重构IT运维和开发模式

过去十年，云计算技术快速发展，云的形态也在不断演进。基于传统技术栈构建的应用包含了太多开发需求（后端服务、开发框架、类库等），而传统的虚拟化平台只能提供基本运行的资源，云端强大的服务能力红利并没有完全得到释放。云原生理念的出现在很大程度上改变了这种现状。云原生是一系列云计算技术体系和企业管理方法的集合，既包含了实现应用云原生化的方法论，也包含了落地实践的关键技术。云原生专为云计算模型而开发，用户可快速将这些应用构建和部署到与硬件解耦的平台上，为企业提供更高的敏捷性、弹性和

云间的可移植性。经过几年的发展，云原生的理念不断丰富，正在行业中加速落地。

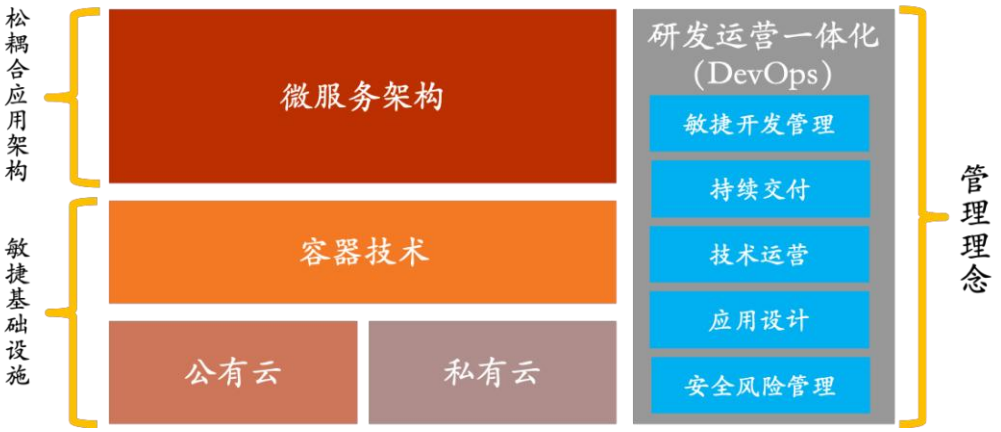


图 13　云原生关键技术架构图

以容器、微服务、DevOps 为代表的云原生技术，能够构建容错性好、易于管理和便于监测的松耦合系统，让应用随时处于待发布状态。使用容器技术将微服务及其所需的所有配置、依赖关系和环境变量打包成容器镜像，轻松移植到全新的服务器节点上，而无需重新配置环境，完美解决环境一致性问题。这使得容器成为部署微服务的最理想工具。通过松耦合的微服务架构，可以独立地对每个服务进行升级、部署、扩展和重新启动等流程，从而实现频繁更新而不会对最终用户产生任何影响。相比传统的单体架构，微服务架构具有降低系统复杂度、独立部署、独立扩展、跨语言编程的特点。频繁的发布更新带来了新的风险与挑战，DevOps 提供统一软件开发和软件操作，与业务目标紧密结合，在软件构建、集成、测试、发布到部署和基础设施管理中提倡自动化和监控。DevOps 的目标是缩短开发周期，增加部署频率，更可靠的发布。用户可通过完整的工具链，深度集成主流的工具集，实现零成本迁移，快速实践 DevOps。

云原生技术正加速重构 IT 开发和运维模式。以容器技术为核心的云原生技术贯穿底层载体到应用中的函数，衍生出越来越高级的计算抽象，计算的颗粒度越来越小，应用对基础设施的依赖程度逐渐降低，更加聚焦业务逻辑。容器提供了内部自洽的编译环境，打包进行统一输出，这为单体架构的应用像微服务拆分提供了途径，也为服务向函数化封装提供了可能。容器技术实现了封装的细粒度变化，微服务实现了应用架构的细粒度变化，随着无服务器架构技术的应用推广，计算的粒度可细化至函数级，这也使的函数与服务的搭配会更加灵活。在未来，通过函数的封装与编排将实现应用的开发部署，云原生技术轴将会越来越靠近应用内部，颗粒度越来越小，使用也越来越灵活。

根据中国信息通信研究院云原生相关评估数据显示，互联网行业正在带动政府、金融、能源等传统行业试水云原生技术，现阶段多集中在互联网化应用的部署阶段，尚未触及核心应用。云原生技术已经在深度学习、边缘计算、区块链等场景上广泛应用，大幅降低了这些技术的使用门槛，促进了复杂应用的普世化。

（二）智能云技术体系架构初步建立，从资源到机器学习使能平台

人工智能技术正在逐渐实现从理论概念到场景落地的转变，然而其高学习门槛、对资源的高要求以及复杂的场景需求定位使大多数企业用户望而却步。当前，以云计算使能人工智能应用为理念的智能云技术体系逐渐成型，在此背景下，中国信息通信研究院制定了《智能云服务技术能力要求》系列标准，对智能云体系做了详细剖析，将智

能云体系划分为基础资源、使能平台、应用服务三大部分进行了详细的描述，并提出了相应的技术要求。

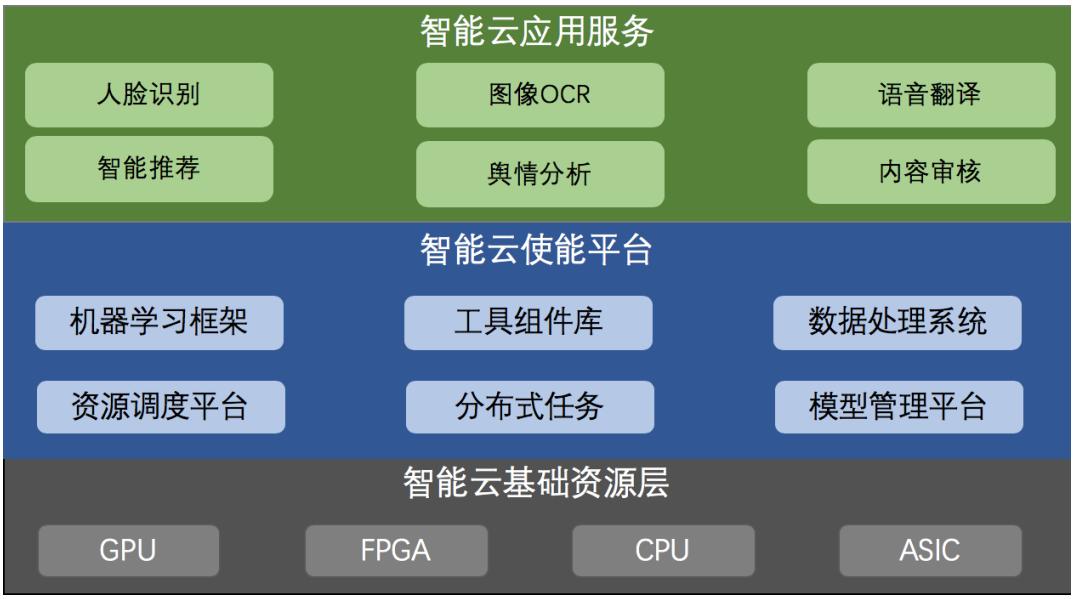


图 14　智能云体系架构图

异构计算崭露头角，云化进程持续深入。当前人工智能的持续火热，其对于算力的需求早已超过了通用 CPU 摩尔定律发展，以 GPU、FPGA、ASIC 为代表的异构计算成为方向和趋势，异构计算业已在一些大型企业自建的数据中心崭露头角。但异构计算的硬件成本及搭建部署成本巨大，使用门槛较高。云化将异构资源变成一种普适的计算能力，通过将异构算力池化，做到弹性供给，即业务高峰期召之即来，业务低谷时挥之即去，轻松应对大量的业务挑战，便捷的服务于更多的人工智能从业者，进而推动产业升级。在今年中国信息通信研究院举办的第二届 MAXP 大赛中，众多高校参赛队伍借助云服务商提供的 GPU 云服务器、FPGA 云服务器等异构计算资源完成了计算量巨大的科研项目。据统计，大赛提供的高性能异构计算云资源帮学生节约了 90%的计算时间成本。目前异构计算云化进程中，GPU 云主机

占据主流地位，随着 FPGA 云主机生态的建立和逐步完善以及 ASIC 芯片的逐渐成熟，未来异构计算领域将会呈现三分天下的局面。云服务商需根据不同芯片的特长和应用场景，打造特定的云化解决方案。

使能平台搭载云原生技术，共同助力企业智能化转型。行业中有很多业务落地场景如搜索推荐、人脸识别、交易风控反作弊等对于大规模机器学习有着强烈需求。传统机器学习平台缺乏完善的资源隔离和限制，同节点任务容易出现资源冲突，并且缺乏弹性能力，造成训练性能低下、资源利用率低且成本极高等问题。针对机器学习在实际业务场景中落地时的性能、效率和成本三个核心问题，各大公有云厂商纷纷推出了基于云原生技术搭建的机器学习使能平台。智能云使能平台集合了众多智能开发必备工具，为用户提供一站式机器学习平台服务。平台支持当前主流算法框架，并内置丰富的算法库，涵盖了当前主流的机器学习和深度学习算法，可供用户选择使用；数据处理方面，支持多数据源的采集和处理，包括特征提取、标注等全流程处理方式；可视化操作界面简化了用户构建任务工作流的复杂度，拖拽式的开发模式能使用户自由的对各种数据源、组件、算法、模型和评估模块进行组合；平台的模型管理提供了模型导入导出、部署、上线、版本管理、调度方式等功能，大大缩短了模型从训练到落地的周期。此外，使能平台还借助公有云的弹性能力，解决了不同业务时期的资源使用效率低下的问题；利用 Docker 和 Kubernetes 等云原生技术实现异构计算资源管理，高效便捷的实现了分布式机器学习任务调度、管理、监控等工作，既免去了人工管理的成本，还使得企业能深入业

务层面进行调优，提升业务实践性能。云原生技术与机器学习平台的结合极大地提高了企业智能化转型进程。

智能云服务定制化程度高，着力建设完善 SaaS 生态圈。随着异构计算以及机器学习赋能云平台在众多垂直领域得到应用，使得越来越多的智能化 SaaS 服务呈现出极高的定制化特点，如人脸识别、图像 OCR、语音转写、舆情分析等服务，针对用于对于特定场景的需求高度定制化，做到即买即用，极大地降低了用户部署及运维难度。云服务商着力建设完善的 SaaS 生态圈，吸引更多的开发者与用户参与到生态建设中来，开发者可以提交垂直领域的解决方案以获得利润，同时用户也有更多更丰富的定制化智能 SaaS 方案可选择。

（三）DevOps 进入实践阶段，行业开始探索智能化运维

DevOps 从概念炒作向落地实践演进。IT 行业与市场经济发展紧密相连，而 IT 配套方案能否及时、快速的适应市场变化，已成为衡量组织成功与否的重要指标，提倡持续高效的交付使 DevOps 成为一种趋势，正在企业中加速落地。中国信息通信研究院 DevOps 能力成熟度评估结果显示，DevOps 的敏捷开发和持续交付阶段已经在互联网、金融行业、运营商和制造业等行业得到广泛的落地实践。随着敏捷开发理念在企业的深入实践，借助容器、微服务等新技术支撑，以及目前市场已具备相对成熟的 DevOps 工具集，协助企业搭建协作、需求、构建、测试和部署一体化的自服务持续交付流水线，加速 DevOps 落地实践。对应持续交付各阶段市场上的 DevOps 主流工具

包括：用于协作和需求管理的 JIRA、Confluence，用于代码编译和构建阶段的 GitHub、Maven、Gradle、Apache，测试阶段的 JMeter、JUnit，部署阶段的 Docker、Puppet、Ansible 等 DevOps 基本工具，借助具备良好兼容性和插件功能的自研平台或持续集成工具 Jenkins，创建完整可视化的 pipeline，实现代码提交后的全自动化构建、打包、自动化验证、测试、分发部署等功能，促进企业向云化的进一步转型，打造 DevOps 研发运营一体化生态圈。借助 DevOps 工具集打造持续交付流水线的同时，企业也需切实加强自身实力。据《中国 DevOps 现状调查报告（2019 年）》显示，DevOps 落地实践的企业普遍存在自动化测试投入不足、度量可视化与驱动改进能力薄弱等问题，未来企业亟待解决这些问题。未来，采用容器技术、提升微服务架构采用率和 DevSecOps 将是重点发展方向。

互联网行业纷纷探索智能化运维。AIOps 是对传统运维的提升和优化，其目标是减少人力成本投入，最终实现无人值守运维。AIOps 的落地实践建立在全面的运维知识图谱、从工程到 AI 算法的抽象能力和高度自动化的运维能力三个基本因素之上。基于对海量运维数据的聚合和分类，结合运维指标形成完整的运维知识图谱；利用实时流数据和运维知识图谱，通过动态决策算法来处理各种具体的运维场景；通过机器学习等 AI 智能算法进行计算、分析，最终将决策发送给自动化运维工具执行，全面实现无人化的智能运维。伴随着机器学习、深度学习等人工智能技术的不断成熟，运维平台向智能化的延伸和发展将成为必然趋势。

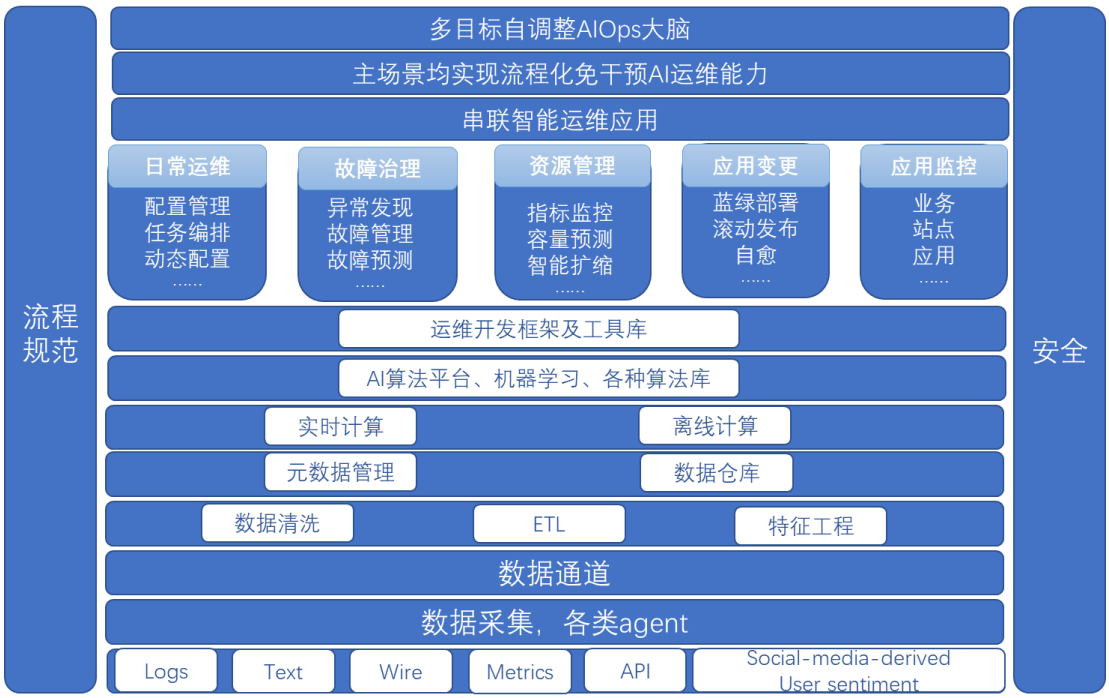


图 15　　智能化运维架构图

目前互联网行业率先对一些简单、高频的运维场景进行了智能运维落地尝试：

- 场景一：在指标异常检测场景中，使用无监督学习算法 3-Sigma 原理、Isolation Forest 和有监督学习算法决策树、线性回归等实现时间序列指标的特征提取，通过智能手段对监控的各项指标进行实时分析和监控，发现指标异常。
- 场景二：在告警根因分析场景中，使用 Apriori 和 FPGrowth 等关联规则算法和神经网络算法，智能发现告警之间的隐含关系，生成根源告警，提供智能化解决方案。
- 场景三：在故障预测场景中，应用 K-means 聚类、Dimensionality reduction 降维等无监督学习算法，根据故障的规律和征兆，在故障发生之前进行故障预测，提升系统可用性，最大程度降低损失。

由于运维场景的多样性和复杂性，不同运维场景采用的 AI 算法差异巨大且通用性较差，通常需要多种 AI 算法的组合，使得智能运维虽然已经在部分场景落地尝试，但整体技术并未成熟，仍然是一个长期演进的过程，未来智能运维的深入应用必然会为企业带来最深远的影响和价值。

（四）云边协同技术架构体系不断完善，协同管理是关键

边缘计算从初期概念到现阶段的进阶协同，边缘计算关键技术正在逐步完善。

网络层面，5G 数据通信技术作为下一代移动通信发展的核心技术，围绕 5G 技术的移动终端设备超低时延数据传输，将成为必要的解决方案；**计算层面**，异构计算将成为边缘计算关键的硬件架构，同时统一的 API 接口、边缘 AI 的应用等也将充分发挥边缘侧的计算优势；**存储层面**，高效存储和访问连续不间断的实时数据是存储关注的重点问题，分布式存储、分级存储和基于分片花的查询优化赋予新一代边缘数据库更高的作用；**安全层面**，通过基于密码学方法的信息安全保护、通过基于访问控制策略的越权防护、通过对外部存储进行加解密等多种技术保护数据安全。

边缘计算技术的逐步完善，使云边协同能力要求成为新的需求。结合云边协同在线协同、高效访问、方便连接、高兼容性的技术特点，在应用中，只有在有效协同二者的前提下，才能满足部分场景在敏捷连接、实时业务、数据优化、安全与隐私保护等方面的计算需求。

云边协同参考框架主要涉及云计算和边缘计算节点在基础设施、平台、应用三个层面的全面协同。基础设施层面主要指云端 IaaS 与边缘 IaaS 之间需要实现计算、网络、存储等方面的资源协同；平台层面主要指云端 PaaS 与边缘 PaaS 之间需要实现数据协同、智能协同、服务编排协同和部署协同；应用层面主要指云端 SaaS 与边缘 SaaS 之间需要实现应用服务协同。除此之外还需要考虑计费、运维、安全等方面的协同。在此基础上，中国信息通信研究院联合电信运营商、云服务商、边缘计算厂商共同制定了《云计算与边缘计算协同参考框架》标准。

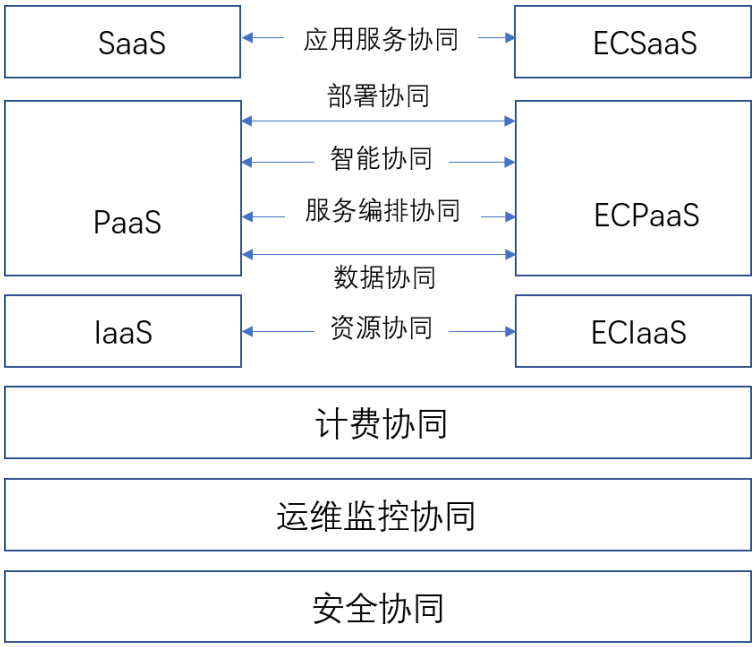


图 16　云边协同参考框架

（五）云网融合服务能力体系逐渐形成，并向行业应用延伸

随着云计算产业的不断成熟，企业对网络的需求也在不断变化，这使得云网融合成为企业上云的显性刚需。云网融合是基于业务需求

和技术创新并行驱动带来的网络架构深刻变革，使得云和网高度协同，互为支撑，互为借鉴的一种概念模式，同时要求承载网络可根据各类云服务需求按需开放网络能力，实现网络与云的敏捷打通、按需互联，并体现出智能化、自服务、高速、灵活等特性。

云网融合逐渐形成完整的服务能力体系。云网融合的服务能力是基于云专网提供云接入与基础连接能力，通过与云服务商的云平台结合对外提供覆盖不同场景的云网产品（如云专线、SD-WAN），并与其他类型的云服务（如计算、存储、安全类云服务）深度结合，最终延伸至具体的行业应用场景。当前，云网融合服务能力体系已经形成，主要包括 3 个层级：

（1）**最底层为云专网。**云专网为企业上云、各类云互联提供高质量高可靠的承载能力，是云网融合服务能力的核心。云专网由底层基础运营商网络和上层 overlay 网络共同组成，其中基础运营商网络需要在光缆资源、数据中心数量、POP 点数量、云连接节点、光纤基础设施等网络资源上做到全方位的覆盖，以提供端到端的服务质量保证，同时上层 overlay 网络大量引入 SDN 与 NFV 技术，以保证网络的灵活性和拓展性。

（2）**中间层为云平台提供的云网产品。**包括云专线、对等连接、云联网、SD-WAN 等云网产品，这些都是基于底层云专网的资源池互联能力，为云网融合的各种连接场景提供互联互通服务。其中云专线提供本地计算环境与云资源池互联能力，对等连接提供同一云服务商的跨地域资源池互联能力，而云联网和 SD-WAN 则聚焦于多云互联、

企业组网等场景。

（3）**最上层为行业应用场景。**基于云专网与和云网产品的连接能力，并结合其他类型的云服务，云网融合向具体的行业应用场景拓展，并带有明显的行业属性，体现出“一行业一网络”，甚至“一场景一网络”的特点。

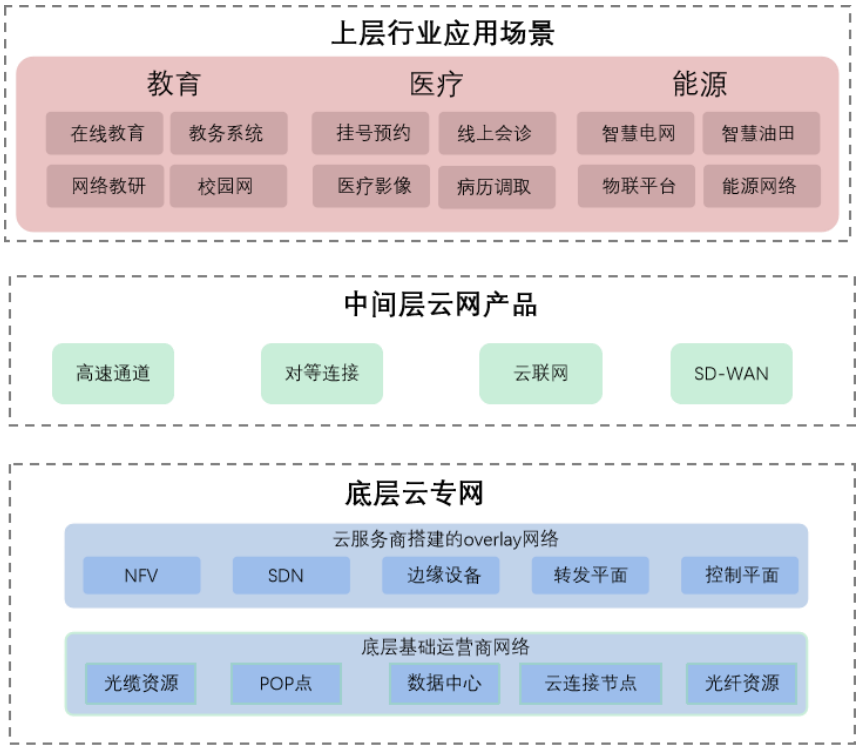


图 17　云网融合服务能力体系架构

基于云网融合服务能力体系，中国信息通信研究院制定了《云网融合解决方案》系列标准，分别对底层云专网、中间层云网产品以及上层行业应用场景进行详细描述，并针对网络连接能力、网络资源调配能力、多点互联能力、可靠性、网络性能、运维管理能力等指标提出了相应的技术要求，以规范服务商的云网融合服务能力。

三、云计算开源发展现状

（一）开源技术成为云计算领域主流，国内企业初露头角

作为一种一切皆服务的全新 IT 提供模式，云计算已经与开源愈发密不可分。一方面，开源有助于打破技术垄断；另一方面，开源为企业提供了一个共同制定事实标准的平等机会。在与云计算相关的虚拟化、容器、微服务、分布式存储、自动化运维等方面，开源已经在同领域内形成技术主流，并深刻影响着云计算的发展方向。

近几年来，在开源技术的支持和推动下，云原生的理念不断丰富和落地，并迅速从以容器技术、容器编排技术为核心的生态，扩展至涵盖微服务、自动化运维（含 DevOps）、服务监测分析等领域，云原生技术闭环初见雏形，主要体现在：

- **容器技术应用持续深化**。Docker 技术热度不减，Kubernetes 已成为被企业选用最多的容器编排技术。
- **微服务技术应用逐步落地**。云原生应用开发框架 Spring Cloud 已经成为分布式微服务框架中的领导者之一，开源服务网格 Istio 进一步简化服务间通信。
- Devops **助力敏捷开发持续交付**。开源 IT 运维自动化平台 Ansible、Saltstack，持续集成工具 Jenkins 等关注度持续提升。
- **云原生领域中国企业开源贡献显著**。腾讯的开源微服务框架 TARS、阿里的开源分布式服务框架 Dubbo 分别捐赠给了 Linux 基金会和 Apache 基金会，容器镜像仓库 Harbor 已经进入 CNCF（云原生计算基金会）孵化。

表 1　云原生部分开源软件及框架统计

云原生	开源 软件/框架	所属企业/ 基金会	Github Star	Github Commit	Github Contributer
容器及容器编排	Docker	Docker	2.8K	44855	1953
	Swarm	Docker	5.6k	3553	163
	Kubernetes	CNCF	53.5k	79210	2151
	Harbor （中国企业开源项目）	CNCF 孵化	8.0k	6728	127
微服务	Spring Cloud	Pivotal	/	/	/
	Istio	Google、IBM、Lyft 等	17.9k	7908	376
	Dubbo （中国企业开源项目）	Apache	26.9k	3441	202
	TARS （中国企业开源项目）	Linux	6.9k	532	42
DevOps	Ansible	Ansible	37.5k	45080	4418
	Jenkins	Linux	13.1k	28381	556
	SaltStack	SaltStack	10k	106318	2239
	BlueKing （中国企业开源项目）	Tencent	2.8k	10282	29

开源分布式存储技术 Redis、Ceph 应用广泛。Redis 作为在微服务和容器开发者中最受欢迎的高性能开源键值（Key-Value）存储数据库，目前已被 9 亿个容器使用。开源分布式存储系统 Ceph，凭借其高可靠、高性能、易扩容三大特性，抢占了大部分云平台存储的市场。目前，市场上 70%-80%的 OpenStack 云平台都在采用 Ceph 作为底层的存储平台。2018 年 11 月 12 日，Linux 基金会在德国柏林成立了 Ceph 基金会，以支持 Ceph 项目的成长，这意味着该项目将得到

更加系统化的管理以及更高效的发展。

OpenStack 已成为应用最广泛的开源云管理平台。从发起至今，OpenStack 几乎已经成为云计算开源技术的事实标准，并广泛覆盖网络、虚拟化、操作系统、服务器等各个方面。众多的企业已经加入 OpenStack 基金会，截至 2019 年 5 月，OpenStack 基金会的白金会员 8 家，包括 AT&T、Ericsson、Intel、华为等公司，黄金会员 24 家成员，基金会合作伙伴 104 家。OpenStack 市场规模逐年增大，目前已经在超过 78 个国家和地区的企业中使用，管理着超过 500 万个处理器核心，并在电信、金融、政府、能源、交通、制造、医疗、教育等行业获得广泛应用。预计到 2020 年，来自 OpenStack 业务模式的收入将突破 50 亿美元，复合年增长达到 35%。

（二）国际云计算巨头通过收购强化开源布局

开源对于云计算领域而言是大势所趋，头部云计算公司开始深刻得认识到，不论是过去、现在、还是未来，开源技术对于云计算的发展都起到至关重要的作用。近年来，**多家国际巨头收购开源公司，以借助开源开拓更为广阔的市场，整体提升本公司在云计算领域的市场竞争力。**

云服务商借助开源增强自身服务能力拓展用户群体。2018 年 3 月，全球最大 SaaS 服务（客户关系管理 CRM）提供商 Salesforce 以 65 亿美元收购开源应用集成服务发行商 MuleSoft。Saleforce 表示，收购 MuleSoft 有助于公司成立“整合云”服务，把传统的企业内部计算与公共云中的数据和应用程序结合在一起；同时，借此举可以增强

自身的软件开发能力，扩大产品覆盖范围，通过将 MuleSoft 植入 Salesforce Integration Cloud 帮助客户连接多个数据源，加强其云计算资产组合能力。

开源代码托管平台已经成为企业级云服务的重要组成。2018 年 6 月，微软正式宣布以 75 亿美元的价格收购全世界最大的开源软件代码库和开发工具服务商 GitHub。据该公司官方数据统计，截至 2018 年 9 月开源代码托管平台 GitHub 上已经有 9600 多万个库，相比去年也增长了 40%以上。选择收购 GitHub 对于微软布局开源领域至关重要，微软希望借此促成 Azure 和 GitHub 在云端的结合，推动广大开发者在微软的云端中开发并运行应用，这一举措的本质是为微软构建一个繁荣的生态，而众所周知在 IT 行业中，生态的繁荣才是保持科技公司在激烈的竞争中保持长盛不衰的关键所在。

传统软硬件开发企业借助开源布局混合云及多云管理。2018 年 10 月，IBM 以 340 亿美元收购开源 Linux 发行商 RedHat 公司，收购完成后，Red Hat 将作为一个独立的单元加入 IBM 的混合云团队。IBM 公司希望借助此次收购重点解决云用户对于混合云及云管理的相关需求，帮助客户更快地创建云本地业务应用程序，增强多云时代数据和应用程序的可移植性和安全性，为云用户提供全栈式云解决方案，促使 IBM 成为首屈一指的混合云供应商。在此过程中，IBM 将利用两家公司在该领域关键技术上的共同优势，包括：Linux、容器、Kubernetes、多云管理以及云管理等，助力其在混合云方面掌握领先的核心技术。

表 2　2018 年部分巨头公司收购事件统计

时间	事件	金额	目的
2018.3	Salesforce 收购 MuleSoft	65 亿美元	增强自身服务能力，拓展用户群体
2018.6	微软收购 GitHub	75 亿美元	促成 Azure 和 GitHub 在云端的结合，构建繁荣生态
2018.10	IBM 收购 RedHat	340 亿美元	借助开源布局混合云及多云管理

（三）云计算与开源互相影响，推动商业模式变革

开源许可证一般都规定只有在“分发”时才需要遵守相关许可证的要求对外公开源代码，**云计算的产生创造了以 SaaS 形式提供服务的全新模式，对传统的开源模式造成了巨大的影响**。目前，大部分主流的开源许可证并没有将以 SaaS 形式提供服务视为“分发”场景，因此云服务提供商在使用开源软件提供云服务时，一般不必提供相应源代码。

开源软件厂商通过修改许可证限制云服务商对开源软件的使用，云计算现有 SaaS 模式或受影响。2018 年以来，多个著名开源软件厂商纷纷修改原软件所使用的开源许可证，希望通过这种方式对云服务商使用开源软件提供 SaaS 服务而不回馈社区的行为进行约束，其结果也在一定程度上限制了云服务商向云用户提供开源软件产品和服务的能力。9 月，数据库公司 Redis 宣布将 Redis 模块从 AGLP 迁移到 Apache 2.0 和 Commons Clause 相结合的许可证，其自研的 Redis 模块变为源码可用（Source Available）而非开源软件。10 月，著名开源数据库公司 MongoDB 将其开源许可证从 GNU AGPL v3 转移到

SSPL，其中针对将 MongoDB 托管产品打包成服务的云服务提供商进行了重点说明。12 月，开源流处理平台 Kafka 将 Confluent 平台一些组件的许可证由 Apache 2.0 改为 Confluent 社区许可证，变更后云服务提供商无法创建 KSQL 即服务（KSQL-as-a-service）的产品。

四、云计算安全发展分析

（一）厂商积极布局，不断发展云安全产品生态

随着我国云计算应用的日益普及，用户不再仅仅考虑“如何上云”，而更关注“如何安全上云”，受近些年云安全事件频发的影响，用户对云上的安全需求越发迫切。同时，《网络安全法》等法规政策的出台强化了企业安全合规的要求，进一步推动了我国云安全市场的快速发展。目前，我国云安全产品生态不断丰富，促进了云用户安全防护水平的极大提升。一方面，云计算厂商在强化自身安全能力的同时，纷纷将自身安全能力产品化输出；另一方面，安全厂商积极布局云计算安全解决方案，将积累的丰富安全经验适配于云环境。

目前，IaaS 场景下除基础环境的风险由云计算厂商承担外，云主机、网络、数据等层面的风险均由用户和云计算厂商共同分担。云主机作为 IaaS 场景下的基础和核心产品，安全问题成为关键。由此，国内云安全市场形成了以云主机安全为核心，网络安全、数据安全、应用安全、安全管理和业务安全为重要组成部分的格局：

云主机安全提供面向云主机的安全防护，市场上产品的主要功能包括入侵行为的检测和告警、漏洞管理、异常行为检测、基线检查等。

网络安全关注云环境所受的外部网络攻击，主要产品为云抗 DDoS，它能够结合云端节点实现性能灵活扩展，基于海量带宽和高速传输网络有效抵御 DDoS 攻击和 CC 攻击，突破了传统防护设备单点部署的性能瓶颈。

应用安全侧重用户云上 Web 应用的安全防护，目前应用较为成熟的产品包括两类：云 WAF 保护 Web 应用远离外部攻击，与传统硬件或软件部署相比，云 WAF 部署简单，运营维护成本低，实时更新防护策略，能够有效防御 0day 和新型漏洞。网站威胁扫描挖掘 Web 应用的内在威胁，无须部署，具备强大的并发扫描能力。

数据安全保障云上数据存储、传输和使用的安全性，主流产品包括：数据加密服务提供云上数据的加解密功能，支持弹性扩展以满足不同加密算法对性能的要求。云数据库审计提供云数据库的监控与审计功能，能够监测异常操作、SQL 注入等风险问题，实现云上数据的高效安全防护，帮助用户满足合规性要求。

安全管理提升用户云上资产管理的综合能力，主要产品为云身份管理，它提供云环境下的统一身份与策略管理，实现 IaaS、PaaS、SaaS 多层云资源的访问控制，解决传统身份管理模式下云上身份管理与认证的割裂、无序问题。云堡垒机助力企业用户构建云上统一的运维通道，实现云端人员和资产权限管理、运维操作可审计、安全合规等需求。

业务安全对用户业务进行有效风控，依托云计算的强大计算能力和大数据分析技术，提供内容安全、交易反欺诈、信贷反欺诈、营销

反欺诈和防钓鱼等业务安全产品。

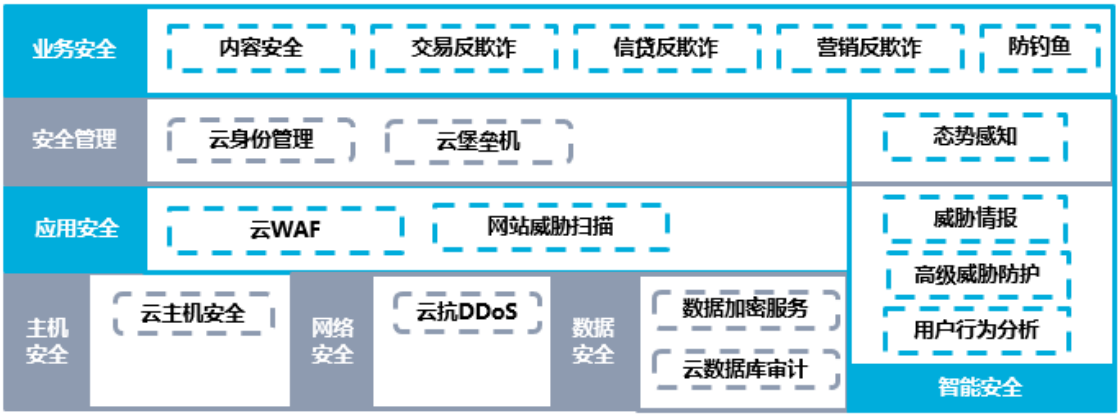


图 18　云计算安全产品体系

（二）智能安全为保障云计算平台安全提供新方向

近些年，全球网络安全态势日益严峻，非法利用和破坏信息系统发展成有组织的犯罪行为，攻击手段和工具日新月异，攻击范围和危害不断扩大，为企业安全运营带来挑战。云计算作为新一代关键信息基础设施，让传统的网络边界变得模糊，以安全边界为核心、部署安全设备为手段的被动防护思想越发局限，安全体系建设亟需突破。

随着人工智能技术的不断发展，国家和国内厂商日益重视人工智能与安全领域的深度融合。工业和信息化部印发的《促进新一代人工智能产业发展三年行动计划（2018-2020 年）》中指出，应“完善人工智能网络安全产业布局，形成人工智能安全防护体系框架”。安全厂商和云服务商纷纷布局智能安全，推动人工智能技术在安全领域落地应用，助力企业建设覆盖风险预测、主动攻击防御等的新型安全运营体系。目前，国内已进入应用阶段的智能安全类产品主要分为两类，一类是智能安全检测与防御产品，另一类是智能安全管理产品。

智能安全检测与防御产品以解决某一类安全问题为目标，将传统的安全技术与人工智能相融合，聚焦某一类或几类的数据，提供更智能化的分析、检测、预测和处理模式，突破传统安全技术的局限。典型产品及功能如下：

用户行为分析（UBA）智能感知用户异常行为：引入人工智能技术对 IP、指纹、历史行为等多维数据进行分析，精准地刻画用户画像、挖掘风险点，通过建立异常检测模型，跟踪和智能检测用户异常行为，感知未发生的外部威胁和内部违规风险。

高级威胁防护（APT）深度挖掘云环境潜在威胁：高级持续性威胁长期潜伏在目标用户环境中，对目标对象进行精确的信息收集，利用 0day 漏洞等进行攻击，传统安全方案难以侦测。应用人工智能技术建立威胁检测模型，以精准和快速识别已知高级威胁和未知新型攻击。

威胁情报提供大规模、实时网络安全威胁数据：通过对多源数据的清洗、归并和关联分析，让企业以智能的方式掌握最新的安全事件、重大漏洞等信息，推动全生命周期持续智能响应的发展。目前，国内威胁情报大多与安全产品和服务相结合，是驱动安全产品数据化升级的关键所在。应用主要集中在安全需求高、IT 技术较为成熟的行业，如大型金融机构、政府监管部门、大型工业和能源企业等。典型应用场景包括风险检测与防御、应急响应等，如将威胁情报集成到态势感知平台中，为关联分析提供额外的数据支撑，提高风险挖掘准确率。

智能安全管理产品通过引入人工智能技术，实现传统安全管理产

品的智能化，典型产品及功能如下：

态势感知平台提供云环境总体安全态势，为用户决策提供支撑：面向云计算的态势感知平台对能够引起云环境态势发生变化的安全要素进行获取、理解、展示，并预测未来的发展趋势。它能够适应云环境下资产的动态变化，有效识别虚拟机等资源短期内的产生和消亡，将云资产信息、告警、日志、流量等数据进行统一存储和处理。同时，依托于云计算的弹性扩展能力，态势感知平台能够利用关联分析和人工智能技术对采集到的海量数据进行挖掘分析，并结合外部的威胁情报，获得宏观整体的安全状态并预测未来的趋势，为安全运营人员的日常管理和决策提供有力帮助。

五、我国云计算行业应用情况

（一）政务云：为“数字城市”转型提供关键基础设施保障

2018 年，我国政务云市场规模达 370.8 亿元，政务云已实现全国 31 个省级行政区全覆盖，地市级行政区覆盖比例达到 75%。整体来看，政务云行业呈现出三个特点，一是逐步走出“跑马圈地”的快速建设期，新增项目以扩容为主；二是应用成效不断提升，依托云平台有效推动“互联网+政务服务”建设，极大提升了政务服务的便捷性，同时，政务云在帮助政府节约信息化成本方面效果显著；三是政务云正在成为“数字城市”建设的关键基础设施，在政务云基础设施之上，结合大数据、物联网、人工智能等技术，为实现城市经济运行、城市综

合管理、城市综合服务的精准数字化提供保障。

例如，湖北省政府近 90%的部门和业务系统已经在云上运行[3]，采用政务云模式为政府节约近三成的信息化支出，近九成的政务事项实现“最多跑一次”。上海作为开展“数字城市”建设较早的城市，以上海政务云为载体，大数据中心为城市枢纽，上海将“一网通办”作为主要任务，让数据跑路代替民众跑路，民生服务进一步完善。广东省建设的“数字广东”以政务云平台为基础，通过广东政务服务网、“粤省事”平台，提升政府治理能力和民众办事体验，现广东省已面向社会开放 3326 个政府数据集，超过 1.39 亿条政府数据。

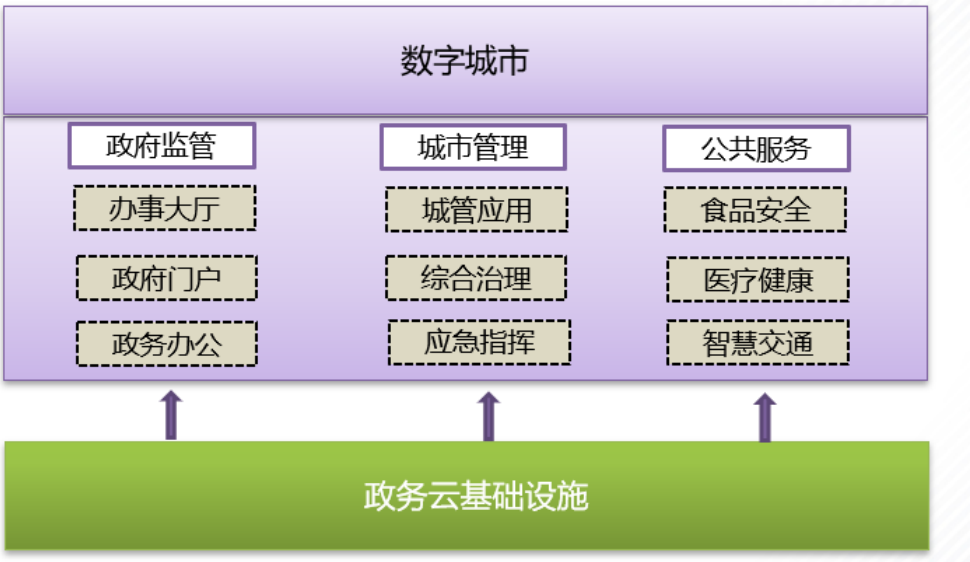


图 19　政务云为数字城市提供基础设施保障

（二）金融云：传统金融企业与云计算厂商共同发力金融云市场

金融云四个细分领域在监管要求和业务需求上有显著区别，导致金融云在行业应用时产生了不同的侧重，具体如下图所示。

[3] 数据来源：中国信通院政务云综合水平评估结果

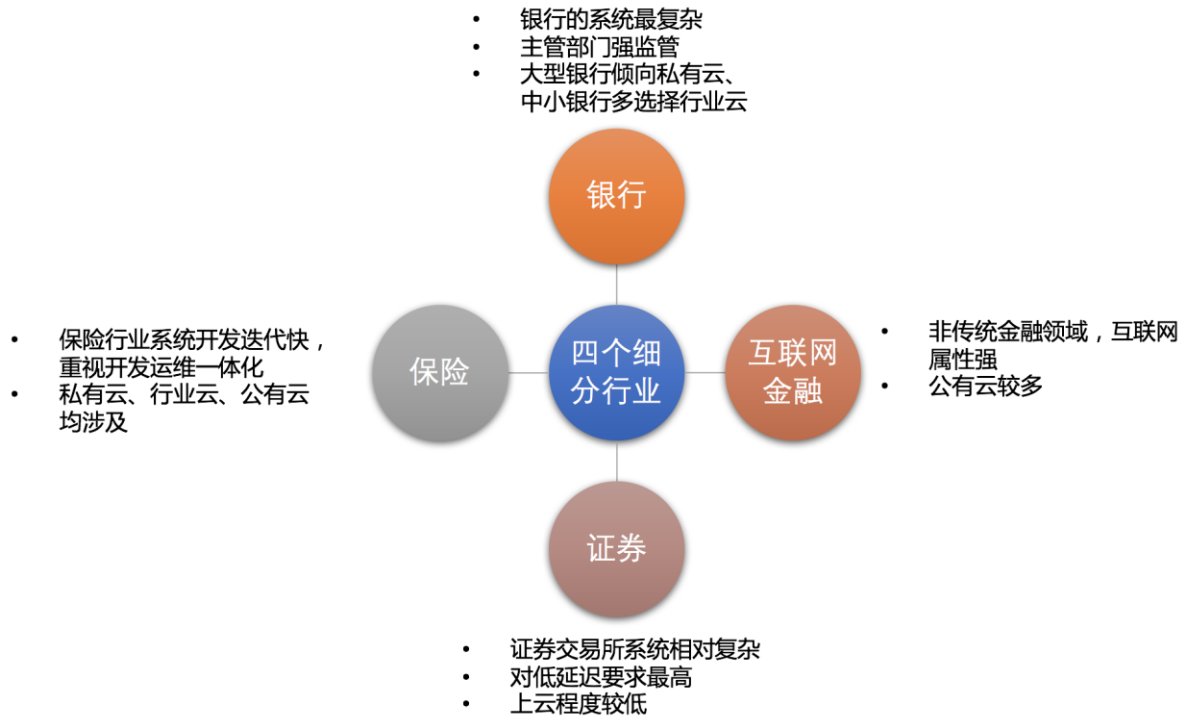


图 20　金融细分行业监管要求和业务需求

银行方面。行业对服务可用性和数据持久性要求较高。银行科技公司成为银行云主体，兴业银行、招商银行、建设银行、民生银行、工商银行、光大银行、华夏银行、北京银行、平安银行等纷纷成立科技公司，提供包含 IaaS、PaaS、SaaS 的全方位的云计算服务，银行领域科技公司总注册资金超过 37 亿人民币。

证券方面。证券对交易系统的响应时延要求苛刻，系统上云不能显著影响交易速度。证券交易系统在数据库、操作系统和小型机等方面对传统部署方式依赖度较大，上云推进缓慢。但也有证券公司探索开启云平台建设，中信证券已经建设完成金融服务云平台和私募基金云服务平台，构建“平台+服务”新型商业模式；招商证券利用混合云架构实现系统弹性与数据安全，国泰君安证券搭建金融云平台提升灾备管理，赋能业务创新。

互联网金融方面。银行与 ICT 服务商争相成立互联网金融公司。阿里成立蚂蚁金服，京东成立京东金融，腾讯扶持的微众银行，为互联网金融企业提供定制化的云计算解决方案；民生银行、江苏银行、兴业银行、工商银行、浦发银行、北京银行、华夏银行等纷纷成立直销银行，进军互联网金融领域，利用“互联网+云计算”为客户提供理财、基金等服务；苏宁、海尔、国美等厂商纷纷成立消费金融公司，利用云计算技术为客户提供方便快捷的在线支付手段。

保险方面。云计算公司纷纷布局保险行业，阿里云、腾讯云、百度云、华为云、青云、云栈科技等云计算公司利用容器、微服务等新技术手段构建核心架构的上云方案，实现保险系统快速的开发迭代。

（三）交通云：交通行业各领域上云全面开花

交通行业具有服务对象数量多、安全可靠性要求极高、信息化系统生命周期长等特点。现阶段，我国交通行业整向高速化、密集化发展，而基础设施利用率和共享度低，系统分散独立、可靠性低、扩容难、新系统上线周期长，数据缺乏统一管理部署、安全性堪忧成为限制交通行业信息化发展的痛点。云计算技术特有的超强计算能力、动态资源调度、按需提供服务等特点将使交通行业在海量数据信息存储、应用负载波动需求、数据共享、高可用性及高稳定性、综合交通业务融合、安全性上有突出的表现。以轨道交通为例，利用云计算 IaaS、PaaS、SaaS 技术，以及可靠的数据交换和安全保障，为用户提供了全方位的网络和数据安全，提高了资源利用率，实现了应用系统的快速扩容，保证了数据的高速传递。

轨道交通方面，无锡地铁、南京地铁实现了地铁生产系统、开发测试环境、办公 OA 系统、便民系统全部上云，满足地铁行业对信息管理提出的高标准、严要求，全面提升业务应用系统的持续服务能力。

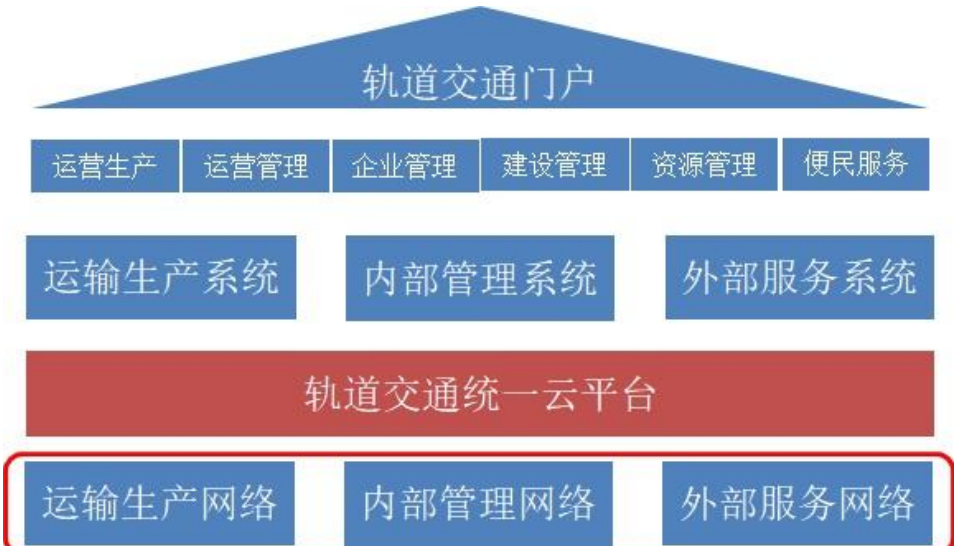


图 21　轨道交通云计算应用整体架构

在铁路交通方面，兰州铁路营业线安全管控信息平台开展基于视频分析的安全风险预警新智能化应用，为用户提供了人机互控一体化安全综合管控平台。

航空运输方面，中航信建设了远程、跨区域、高效兼容并自主可控的业务云平台，各类业务数据交互效率显著提高，更加符合航空运输便利、快捷、可靠、高效的业务发展要求。

物流运输方面，百世汇通等物流企业构建云平台，通过计算虚拟化、存储虚拟化、网络虚拟化技术实现了整个架构的灵活性和高可扩展性，使应用能够快速在云上实现扩展。

（四）能源云：能源领域信息系统较复杂，上云进度慢

电力、石油、化工等传统能源企业拥有大型集团企业共性的信息

化痛点，包括：“集团-省-地市”多级部署，管理成本高；业务系统“烟囱式”部署，数据互通难；信息系统独立运行，运维效率低等方面的问题。同时，能源企业的信息系统还具备服务对象广泛、信息量巨大、业务周期峰值明显等行业特色。云计算技术虚拟化、资源共享、弹性伸缩易扩展等特点正是能够很好的解决上述“信息化顽疾”的一剂良药。

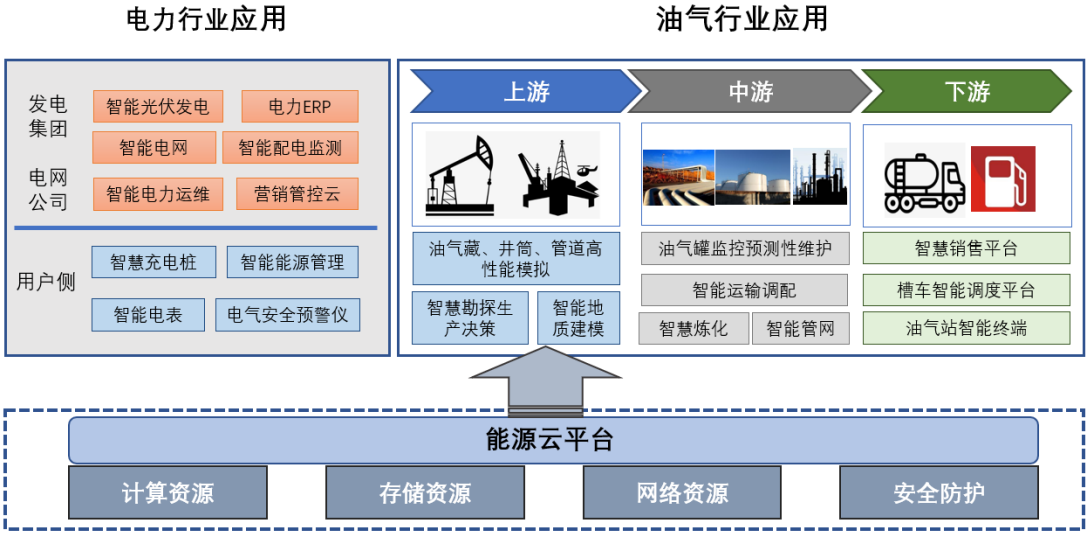


图 22　云计算在能源行业的应用

然而，能源领域云计算目前的实际应用情况却并不乐观。从细分行业来看，我国电力企业应用云计算的水平略高于石油、化工企业，但是总体起步较晚，进展较慢，大部分仍处于以服务器虚拟化为主的“云计算 1.0”阶段。同时，由于对服务稳定性和数据安全性的严格要求，以及业务迁移导致的系统重构难度大等因素，大多数重要业务系统仍运行在物理主机中，仅有少部分非核心业务系统完成了物理机向虚拟机的迁移。

尽管如此，能源云的发展依旧有我们值得期许的地方。从云服务商层面来看，华为、新华三、紫光云、浪潮云、灵雀云等在能源行业

逐步加大技术研发和市场投入，业务范围覆盖智能电网、电力调度、智慧勘探、营销管控、油气安全预警、能源智慧管理等多个方面。从龙头能源企业来看，国家电网正在建设“国网云”，采用三地集中数据中心及 27 家省公司数据中心部署的方式，计划从“云计算 1.0”直接迈向“云计算 3.0”阶段；中国石油于 2018 年 11 月发布“勘探开发梦想云”，期望通过“梦想云”实现上游全业务链的数据互联、技术互通、业务协同；中海油建设“海油云管理平台”，对二级单位提供云服务，计划于 2020 年实现关键业务迁移上云。

（五）电信云：助力通信运营商网络升级转型

云技术的成熟和网络业务的升级驱动电信云发展。一方面，不断涌现的新型 IT 技术正逐渐渗入到电信行业。云计算、虚拟化、SDN/NFV 等技术可以实现电信业务云化和网络功能灵活调度，以达到网络资源最大化运用。另一方面，伴随着 5G 时代的到来和边缘业务的兴起，当前运营商网络软硬一体的通信网元和转发控制一体的网络设备，难以满足快速发展的网络业务需求，不能很好地兼容新业务。为应对网络转型的需求，电信云应运而生。国内三大运营商均发布了转型计划，中国移动提出的 NovoNet2020 愿景、中国联通提出的 CUBE-Net 2.0 架构和中国电信提出的 CTNet2025 架构，转型的核心理念都涉及到基于电信云来承载业务

电信云分为面向 CT 的云和面向 IT 的云。根据服务的对象不同，可以将运营商电信云分为面向 CT 的云和面向 IT 的云。CT 云侧重于网络的云化，意在建设云化的新型电信网络服务环境。IT 云是针对

运营商内部的应用系统的云化，如账单、计费、客服、客户关系等系统的云化。CT 云将通信网元建设在云的架构上，由于电信业务的特点，使得 CT 云在功能和性能方面明显区别于 IT 云。功能上，CT 云除了有云资源管理，还有虚拟化网元生命周期管理和电信业务编排和管理，通信行业属性显著。性能上，由于通信网络强转发大路由的特点和 99.999%的高可靠性要求，CT 云须在转发平面、操作系统、虚拟化层等方面进行电信级技术增强。随着人工智能、大数据等技术的发展，未来电信云中的 IT 云和 CT 云在数据层面进行打通成为趋势，IT 云针对 CT 云存储的海量数据资源进行分析，得出用户的日常行为习惯反作用于建设 CT 云。

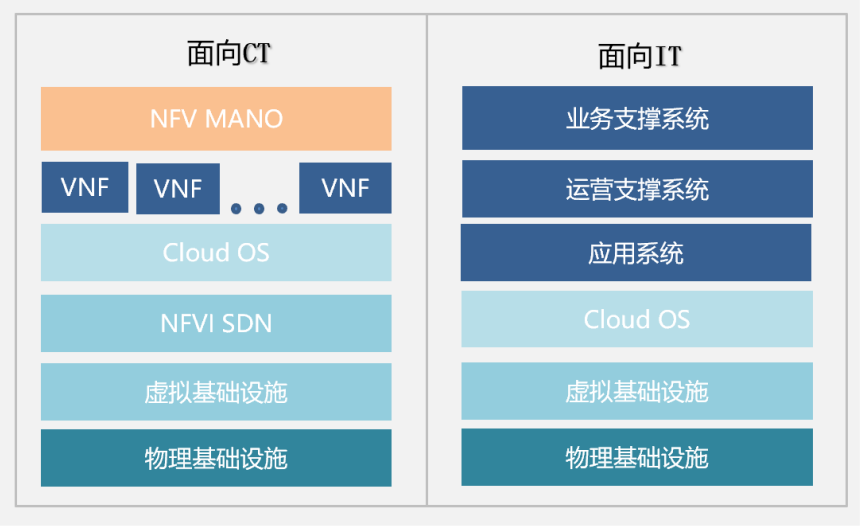


图 23　电信云架构图

由于电信云 CT 业务和 IT 业务对系统要求的差异，要实现 ICT 融合，需要同时满足 IT 和 CT 业务的特征。随着人工智能、大数据等技术的发展，未来电信云中的 IT 云和 CT 云在数据层面进行打通成为趋势，IT 云针对 CT 云存储的海量数据资源进行分析，得出用户的日常行为习惯反作用于建设 CT 云。未来融合的电信云通过新建和

改造数据中心，打造 ICT 一朵云，能够让电信云 CT 业务和 IT 业务共享云资源，满足多类型的业务特点、实现管理协同，以及多数据中心 SDN 组网的需求。

六、我国云计算发展建议

（一）持续创造良好的云计算发展环境

近年来，我国高度重视云计算的发展，在国家和地方层面出台了多项政策措施。当前，我国云计算呈现产业发展快速、创新能力增强、行业应用深入等特点，但也存在市场需求尚未完全释放、技术水平仍需加强、管理规范有待明确等问题。建议国家和地方政府继续创造良好的云计算发展环境：

一是以政务、金融、工业等重点行业领域为切入点，在银行、保险、轨道交通、能源等领域，推广应用服务，完善配套体系，促进云计算与实体经济的深度融合，打造经济发展新动能。**二是**推进产学研用协同攻关，形成关键核心技术攻坚体制；鼓励开放平台资源，带动产业链上核心芯片、基础软件、应用软件、关键设备、大数据平台等关键环节的发展。**三是**进一步明确云计算相关业务的监管要求，尽快出台规范云服务市场经营行为的管理要求；加强研究云计算带来的新问题新挑战，保证监管规则与时俱进，使行业规范发挥灵活优势，及时作出应对；不断完善云计算信用管理，对信用评级流程、公示机制等细节做好优化，加强事中事后监管。

（二）着力发展云原生技术能力及应用实践

云计算作为第三次 IT 信息技术革命，全球加速云化的浪潮势不可挡。云原生技术能够有效解决跨云环境一致性问题，缩短应用交付周期，消除组织架构协作壁垒。同时，云原生技术可帮助企业或用户更好的利用云计算资源、打造具备敏态的业务应用系统。目前云原生技术还处于发展的初期阶段，面临诸多问题挑战如：企业核心业务的落地采纳尚属少数，技术推广仍待加强；云原生产品方案百花齐放但良莠不齐，存在较大标准化空间等。鉴于此，应从以下几个方面着力发展云原生技术：

一是加快云原生技术在行业中的应用普及，推动云原生技术逐步从业务边缘区向核心区渗透。加强典型应用的推广力度，探索云原生技术在传统应用迁移上的最佳实践方案，实现云原生技术的软着陆。**二是**加大开源社区的投入，积极参与社区贡献。云计算的发展已经进入众包模式，社区应联合各方力量，促进开发者提升技术积累，积极参与社区贡献。**三是**完善云原生领域标准化体系建设。云原生技术大幅降低了用户迁移成本，然而丰富的技术栈选择也带来了兼容性与互操作性差的问题。这需要标准化组织继续完善标准体系，为云原生技术的开发与应用提供规范指引。**四是**充分发挥产业联盟组织及第三方评估机构的积极作用。借助产业组织的力量，沟通产学研用各方需求，实现技术与产业的自然衔接，引领市场健康有序发展。

（三）稳步构建开源风险管理和治理体系

目前，我国企业对开源软件的接受程度已处于较高水平。随着开源软件的引入，企业可能会面临技术、运维、合规、知识产权、安全、

管理等多个方面的风险。然而，企业在开源治理方面普遍缺乏相关经验和有效手段。因此，一方面产业界需要形成统一开源治理规范和指引，另一方面企业需要形成内部开源治理模式。相关建议如下：

一是构建企业开源治理体系，规范开源软件引入。企业可以通过制定开源管理制度，建立自上而下的开源治理体系，建立企业内部开源软件管理平台，规范开源软件全流程管理，规避企业使用开源软件带来的风险。企业应从公司层面对开源软件的引入和输出进行管理，一方面从管理角度搭建开源治理相关的组织架构，设置明确的开源治理分工，将开源治理的工作和责任具体落实到个人。另一方面，制定企业内部相关的规章制度，将开源软件的引入做流程化规范化管理。**二是通过第三方机构梳理开源治理规范，推动相关标准制定。**第三方组织通过标准化的手段梳理用户侧使用开源应该遵守的规范，聚集产业最佳实践，形成行业共识，通过标准化的规范流程进行开源治理，事前规避风险。前期中国信息通信研究院已牵头编制开源治理一系列标准，后续可加强产业界推广，推动产业界开源治理规范。

（四）不断加强云计算产业链上下游合作

经过多年的发展，云计算已形成较为完整的生态系统，构建了从芯片到终端用户的全产业链条。然而，产业链各层之间在交互时还存在一些问题，例如云平台与不同芯片的兼容问题、云管软件与各个云平台之间的适配问题等，这在一定程度上限制了整个产业的发展。

因此，鼓励云计算产业链各参与方开放更多服务能力和接口。**从纵向来看，**云平台需要适配多种服务器，需要解决云平台与芯片兼容

性问题；云管平台需要适配多种虚拟化方案，解决兼容性问题；软件开发企业需要适配多种 PaaS 平台接口，实现不同平台开发的要求，建议处于产业链上游的厂商应向下游厂商开放资源管理、运营管理等接口。**从横向来看，**应统一建立云服务商 API 接口规范标准，以减少下游厂商在咨询、迁移、管理、安全、优化等方面的难度。

（五）持续增强传统行业供需双方信任度

现阶段，云计算技术日趋完善，云计算应用正向传统行业渗透。然而，云计算在向传统行业渗透的过程中仍然受到一些因素的制约，技术应用速度较慢。例如某些行业出于安全性、数据私密性等原因并不愿使用云计算技术。同时，在传统行业中多使用私有云或行业云，公有云的使用率较低。

因此，需要从几个方面逐步减少供需双方对传统行业云计算发展的疑虑，增强供需双方的信任度：**一是传统行业用户应加强利用云计算赋能产业，**加强进行内部资源整合，形成不同的商业创新模式为客户提供一站式服务，同时积极推动企业上云工作的进行，在实践中寻找适合行业内云计算发展的道路。**二是丰富行业内云计算相关产品和工具，**云计算服务商应提供适合行业特点的云计算产品、服务和工具，为行业数字化转型提供有力支撑。**三是完善符合行业特点的行业云标准，**第三方科研机构要发挥自身优势，加强对传统行业应用云计算技术的研究，依据行业和云计算的特点，制定和完善行业云标准，保证云服务商提供安全、可信的云服务，使企业使用到符合行业特点的云服务。

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：010-62300072

传真：010-62304980

网址：www.caict.ac.cn