

# 中国边缘计算产业 生态研究与案例分析报告

# 版权声明

ODCC（开放数据中心委员会）发布的各项成果，受《著作权法》保护，编制单位共同享有著作权。

转载、摘编或利用其它方式使用 ODCC 成果中的文字或者观点的，应注明来源：“开放数据中心委员会 ODCC”。

对于未经著作权人书面同意而实施的剽窃、复制、修改、销售、改编、汇编和翻译出版等侵权行为，ODCC 及有关单位将追究其法律责任，感谢各单位的配合与支持。

[www.ODCC.org.cn](http://www.ODCC.org.cn)

# 编制说明

本报告由开放数据中心委员会 ODCC 牵头撰写，在撰写过程中得到了多家单位的大力支持，在此特别感谢以下参编单位和参编人员：

参编单位（排名不分先后）：

中国信息通信研究院、深圳市腾讯计算机系统有限公司、北京百度网讯科技有限公司、京东科技信息技术有限公司、英特尔、中国移动通信有限公司研究院、烽火通信科技股份有限公司、浪潮电子信息产业股份有限公司、科华数据股份有限公司、富士康工业互联网股份有限公司、北京神州数码云科信息技术有限公司

参编人员（排名不分先后）：

常金凤、吴美希、陈炜、黄伟、王贵林、张骏、宋廷璋、陈共龙、杨旭、陆科进、吕文清、吴敏、李锴、杜希、邓艳山、于海洋、白欣璐、郭利文、蔡德煌、王世豪、温小振、阮迪

项目经理：

常金凤 [changjinfeng@caict.ac.cn](mailto:changjinfeng@caict.ac.cn)

[www.ODCC.org.cn](http://www.ODCC.org.cn)



# 前言

在数字化浪潮的带动下，AI、5G、物联网等技术应用潜力迸发，产业化市场服务向纵深发展，带来了信息流量和计算要求的巨大变化。边缘计算通过就近提供计算、存储、传输等关键能力，加速赋能经济社会的转型升级。我国不断加大对边缘计算的政策支持力度，《“十四五”国家信息化规划》指出，构建具备周边环境感应能力和反馈回应能力的边缘计算节点，提供低时延、高可靠、强安全边缘计算服务。《“十四五”数字经济发展规划》指出，加强面向特定场景的边缘计算能力，强化算力统筹和智能调度，我国边缘计算产业迎来重大发展机遇。

为推动边缘计算产业高质量发展，开放数据中心委员会 ODCC 牵头编制了《中国边缘计算产业生态研究与案例分析报告》，旨在落实国家政策文件，汇聚产、学、研、用各方力量，推进边缘计算产业标准制定、技术突破、生态建设等。

本报告通过“政策-产业-市场-技术”全方位多角度的研究方式，以边缘计算的基本特性、历史发展阶段、技术架构作为出发点，分析产业基本情况、国家政策、现有标准、市场情况、技术趋势、产业生态，绘制产业图谱，总结应用案例，最后提出发展建议，多维度、立体化地描绘我国边缘计算产业生态建设情况，助力边缘计算行业的健康有序发展。

由于时间仓促，水平所限，错误和不足之处在所难免，欢迎各位读者批评指正。如有意见或建议请联系 [dceco@caict.ac.cn](mailto:dceco@caict.ac.cn)。

# 目录

版权声明.....	I
编制说明.....	II
前 言.....	III
一、 边缘计算产业概述 .....	1
(一) 边缘计算定义与特点 .....	1
1. 边缘计算的定义 .....	1
2. 边缘计算的特点 .....	1
(二) 边缘计算发展历程 .....	1
(三) 边缘计算应用场景 .....	4
(四) 我国边缘计算挑战 .....	5
二、 中国边缘计算产业发展现状 .....	5
(一) 边缘计算产业相关政策 .....	6
(二) 边缘计算产业标准与开源项目 .....	11
(三) 市场情况分析 .....	13
(四) 区域发展特点 .....	15
三、 中国边缘计算技术发展分析 .....	16
(一) 边缘计算技术架构 .....	16
(二) 边缘计算技术热点 .....	16
(三) 技术发展趋势 .....	17
四、 中国边缘计算生态构建 .....	18
(一) 边缘计算产业服务商图谱 .....	18
(二) 边缘计算产业上游 .....	19

(三) 边缘计算产业中游 .....	22
(四) 边缘计算产业下游 .....	23
五、 行业案例分析 .....	23
(一) 边缘音视频案例 .....	23
(二) 安防监控案例 .....	24
(三) 边缘云游戏案例 .....	25
(四) 智慧工程案例 .....	26
(五) 智慧交通案例 .....	27
(六) 智慧零售案例 .....	28
(七) 5G 小基站应用案例 .....	30
(八) 边缘超融合一体机应用案例 .....	32
(九) 智慧加油站案例 .....	34
(十) 智慧园区案例 .....	35
六、 发展建议 .....	36
七、 参考文献 .....	37

[www.ODCC.org.cn](http://www.ODCC.org.cn)

## 一、边缘计算产业概述

### (一) 边缘计算定义与特点

#### 1. 边缘计算的定义

边缘计算是一种将主要处理和数据存储放在网络的边缘节点的分布式计算形式。从特点来说，边缘计算的应用程序是在数据源头边缘侧发起的，减少了数据在网络上转移的过程，那么所产生的网络服务也会更快，在一些行业中的实时业务、应用智能、安全与隐私保护等方面应用表现优异。

#### 2. 边缘计算的特点

边缘计算相对于云计算，其在计算方式、功能、延时性、通信网络等方面存在较大差异。具体差异对照如下表：

表 1 云计算与边缘计算特点对比

项目	云计算	边缘计算
计算架构	集中式计算	分布式计算
计算资源位置	远离相关设备	靠近应用场景设备或网关
功能特点	所有的数据分析和控制逻辑功能	收集数据、执行指令和部分分析功能
延时性	延时相对较高	延时相对较低
目标应用	一般互联网应用	物联网或移动应用
通信网络	广域网	无线局域网，4G/5G 等
提供的服务类型	基于全局信息的服务	基于本地信息的服务

### (二) 边缘计算发展历程

边缘计算发展历程分为三个阶段：原始技术积累阶段（2015 年及之前）、快速发展时期（2015-2017 年）和稳健发展期（2018 年及之后）。

#### 1. 原始技术积累时期



随着万物互联时代的到来，边缘数据呈现出爆炸式增长。为了解决数据传输、计算和存储过程中的负载和带宽问题，研究人员开始探讨在靠近数据生产者的边缘提高数据处理功能，即万物互联服务功能的上行。其中具有代表性的包括具有移动性、融合性和分布性特点的移动边缘计算、具有低时延、地理分布广泛、移动性高特点的雾计算。具有代表性的技术包括：1998年 Akamai 公司提出的内容分发网络(CDN)技术、2009年 Satyanarayanan 等人提出的 Cloudlet 的概念等。

## 2. 快速发展时期

2015-2017年，边缘计算产业规模迅速增长，因其满足万物互联需求，引起了国内外学术界和产业界的关注。其中具有代表性的发展技术包括：远程直接内存访问和数据平面开发套件技术。边缘计算产业在国外的政府、学术和产业组织层面同步有政策、科研以及企业的跟进。

### (1) 国外

在政府方面，1950年由美国国会成立的美国自然科学基金委(NSF)，政策引导较为明显。2016年5月，美国自然科学基金委将边缘计算列为计算机系统研究突出领域；8月，NSF和英特尔讨论无线边缘网络上的信息中心网络；10月，NSF举办边缘计算挑战研讨会，探讨未来发展目标、挑战及各方协同应对策略。

在学术方面，2016年5月，美国韦恩州立大学施巍松教授团队给出了边缘计算的正式定义，并发表了论文“Edge Computing: Vision and Challenges”，指出了边缘计算所面临的挑战。同年10月，美国计算机协会ACM和美国电气与电子工程师协会IEEE开始联合举办边缘计算顶级会议(ACM/IEEE Symposium on Edge Computing, SEC)。自此，ICDCS、INFOCOM、Middleware等会议也开始增加边缘计算议题。

在产业方面，2015年9月，欧洲电信标准化协会(ETSI)发布移动边缘计算白皮书，并在2017年3月将移动边缘计算工作组更名为多接入边缘计算。2015年11月，思科、ARM、戴尔、英特尔、微软和普林斯顿大学共同成立OpenFog联盟，2018年12月并入工业互联网联盟。

### (2) 国内



2016年2月1日，在工业和信息化部指导下，由工业、信息通信业、互联网等领域百余家单位共同发起成立工业互联网产业联盟（AII），致力于通过工业互联网与多种新技术的结合，有效提升产业发展质量，其技术方向之一为边缘计算。

2016年9月27日，由中国自动化学会、ABB（中国）有限公司、和利时科技集团、三菱电机自动化（中国）有限公司、北京康拓科技有限公司、菲尼克斯（中国）投资有限公司、希望森兰科技股份有限公司共同发起的“智能制造推进合作创新联盟”成立仪式在浙江宁波2016国家智能制造论坛上举行，并与宁波江北高新园合作签约，致力于通过响应国家政策通过利用基于“端—边—云—网—智”技术架构的技术+服务+解决方案提升企业智能制造水平。

2016年11月，华为、中国科学院沈阳自动化研究所、中国信息通信研究院、英特尔、ARM等在北京成立边缘计算产业联盟，推动各方资源合作。

2017年5月，首届中国边缘计算技术研讨会在合肥举行，同年8月中国自动化学会边缘计算专委会成立，得到专业学会认可和推动，其中包括通过致力于在自动化应用领域，边缘计算与自动化装置、自动化应用（历史数据、基于状态的监控、预测维护、资产管理和故障分析等）的结合，提升产业发展质量。

### 3. 稳健发展期

2018年，边缘计算逐渐为大众所熟知，对边缘计算发展来说具有重大意义。在这一阶段，边缘计算的参与者迅速扩大，参与者几乎涵盖了计算机行业的各个方面，主要包括四大角色：传统云计算厂商、传统电信运营商、CDN厂商和芯片/设备制造商。

其中传统云计算厂商包括微软、AWS、Google和国内的BAT等互联网公司；传统电信运营商国内包括中国移动、中国电信、中国联通等；CDN厂商包括阿里云、腾讯云、UPYUN为代表的云CDN提供商，云帆为代表的创新型CDN提供商，传统的专业CDN提供商主要包括蓝汛通讯、网宿科技和帝联科技等；芯片/设备制造商包括台积电、三星、联华电子、格芯、英特尔、高通、美光科技、博通、英伟达、中芯国际、北方华创等；科研机构包括：中国信通院、之江实验室、中国联通智网创新中心等。本时期主要以边缘技术与各领域应用结合为主，例如：边缘计算与交通运输、工业物联网等。

2019年4月，开放数据中心委员会（ODCC）设立边缘计算工作组，主要研究边缘计算相关内容，主要项目包括：端边结合方案在教育行业的应用、基于边缘平台的虚拟网关（vGPE）、边缘云场景、需求与组网架构等。

### （三）边缘计算应用场景

#### 1. 物联网

物联网（IoT）连接众多设备，产生海量数据。借助边缘计算，在数据源头处理数据，减少网络传输，实现快速响应。在电力物联网领域，电力设备状态监测至关重要，全面监测需大量资源，对大型系统具有挑战。设备状态信息由边缘节点汇聚、缓存、处理，报告异常，发送告警，可以提升实时监测性能，缓解网络压力，支持智能决策。结合5G技术和边缘计算，实现机器人智能远程巡检，毫秒级响应，及时发现、上传故障信息，协助处理，提高效率，增强安全性。

#### 2. 车联网

边缘计算和云计算技术在车联网中发挥着重要作用，使得数据交换和信息交换更加迅速、准确。通过实现车辆与路侧单元数据交换，车联网借助高效信息交换、互动和先进计算能力，提升交通管理效率，为车辆提供诸如交通管理、道路智能预测、多媒体服务访问和道路状况监测等服务。边缘计算与5G网络的融合，实现车联网在驾驶安全、道路运输效率和信息服务领域的要求。

#### 3. VR和AR

VR和AR技术需要快速且低延迟的数据处理，边缘计算为此提供了理想的技术支持。通过在边缘节点执行数据处理任务，边缘计算可以实时响应用户操作，带来更流畅、沉浸式的体验。在诸如远程教育、游戏娱乐和工业设计等领域，边缘计算极大地提高了VR和AR应用的实时性与稳定性。

#### 4. 零售和物流

在零售与物流领域，边缘计算能实时处理分析数据，提升业务效率。在零售业中，边缘计算实时分析消费者购物数据，为商家提供定制化营销建议，增

加销售收入。在智能仓库应用中，边缘计算对货物信息进行实时分析，优化存储和运输路径，降低运营开支。

#### （四）我国边缘计算挑战

##### 1. 从业务角度看，客户类型需要关注

企业客户更加关注边缘计算解决方案的可靠性、安全性、可拓展性以及成本效益等。在为不同行业的企业提供边缘计算解决方案时，边缘计算解决方案提供商需要深入挖掘企业的核心诉求，对比多种方案的优劣，以为企业提供提高生成效率和竞争力的产品。其难点在于边缘计算解决方案提供商需要对行业有深入的了解，才能真正触达到企业的使用痛点，从而提供满足需求的产品。

政府客户会更加关注边缘计算解决方案在社会效益、可持续发展以及数据安全合规等方面的表现。其难点在于如何在满足公共服务管理需求的同时，提高社会管理和治理的水平。

##### 2. 从产业规范看，技术标准仍未统一

不同供应商和平台间技术实现差异可能导致资源浪费和跨平台互通困难。边缘计算技术标准较为碎片化，尚未建立从基础设施、网络、数据处理、应用、安全、运维等方面的需求、架构及解决方案的完整标准体系。目前国际标准组织如 ETSI, ITU-T 等已进行部分标准工作，需要针对国内市场情况加快推动相关标准国产化工作。

##### 3. 从平台产品看，产业生态仍不完善

**集成问题。**技术和架构不统一导致平台间集成和互操作性复杂。解决兼容性问题耗费时间和资源，影响项目进度和回报。

**通用方案缺失。**市场解决方案过于专注特定领域，缺乏通用性。企业寻找多场景适用的统一架构面临挑战。

**开源生态不成熟。**开源生态助力技术创新和降低成本，但中国边缘计算开源生态尚不成熟，统一架构推广应用面临挑战。

## 二、中国边缘计算产业发展现状



## （一）边缘计算产业相关政策

### 1. 国家层面

我国不断重视边缘计算产业发展。国家全力推动云计算与边缘计算行业壮大，近几年频繁出台政策，涉及投融资制度、税务、产业技术、收益分配、人才引进与培训、知识产权保护等诸多领域，为产业提供政策支持与扶持，创造了有利的发展氛围，推动边缘计算及其他相关产业整体快速成长。相关政策如下表：

表 2 近年来国家层面边缘计算产业政策

发布时间	发布部门	政策名称	主要内容
2021. 7	工信部	《新型数据中心发展三年行动计划（2021-2023年）》	推动边缘数据中心互联组网。推动边缘数据中心间，边缘数据中心与新型数据中心集群间的组网互联，促进数据中心、云计算和网络协同发展。加速传统中心与网络、云计算融合发展，加快向新型数据中心演进，构建以新型数据中心为核心的智能算力生态系统。
2021. 12	中央网络安全和信息化委员会	《“十四五”国家信息化规划》	构建具备周边环境感应能力和反馈回应能力的边缘计算节点，提供低时延、高可靠、强安全边缘计算服务。加强国家超级计算设施体系统筹布局，探索大型机对外开放服务的市场化培育机制。
2022. 1	发改	《“十四五”数字经济发展	优化升级数字基础设施，推进云网协同和算网融合发展。加快构建算力、算



	委	规划》	法、数据、应用资源协同的全国一体化大数据中心体系。加快实施“东数西算”工程，推进云网协同发展，提升数据中心跨网络、跨地域数据交互能力，加强面向特定场景的边缘计算能力，强化算力统筹和智能调度。
--	---	-----	---

## 2. 地方政府层面

地方政府政策中不断提到边缘计算。边缘计算业务用户市场导向明显，各省间边缘计算的发展程度有所差异，经济较为繁荣的省份在边缘计算领域起步更早、发展较快，有效推动了地区产业发展。相关政策如下表：

表 3 近年来地方层面边缘计算产业政策

省市	相关部门	政策名称	主要内容
北京	2021.5	《北京市数据中心统筹发展实施方案（2021-2023年）》	鼓励发展商用型或混用型云数据中心，提升区域数据中心的整体计算能级和绿色水平。推进数据中心从“云+端”集中式架构向“云+边+端”分布式架构演变。
	2021.1	《北京市国民经济和社会发展第十四个五年规划和2035年远景目标纲要》	加快北京张北云计算产业基地建设。支持大数据、人工智能、云计算、数字孪生和区块链等新一代数字应用和集成创新。
	2020.6	《北京市加快新型基础设施建设行动方案（2020-2022年）》	暨“新网络、新要素、新生态、新平台、新应用、新安全”，实施30个重点任务，到2022年，北京市基本建成网络基础稳固、数据智能融合、产业生态完善、平台创新活跃、应用智慧丰离、安全可信可控具有国际领先水平

			的新型基础设施
广东	2021. 4	《广东省人民政府关于加快数字化发展的意见》	在大数据、云计算、人工智能、区块链等新技术领域开展基础理论、核心算法及关键共性技术研究。积极推进高等级绿色云计算平台建设,开展边缘计算节点建设。
	2020. 12	《深圳市信息通信基础设施专项规划》	《专项规划》充分挖掘现状设施服务潜力,精准提升六大信息基础设施的建设质量,新增政务数据中心 20 座、新增通信机楼近 48 座(兼具数据中心功能)。
	2020. 10	《广东省发展软件与信息服务战略性新兴产业集群行动计划(2021-2025年)》	加速工业软件关键技术研发和成果应用,鼓励传统工业软件向云化、数字化、智能化转变。
	2020. 7	《广州市加快推进数字新基建发展三年行动计划(2020-2022年)》	推动中国电信粤港澳大湾区 5G 云计算中心建设,积极配合广东省改造扩容广州至各数据中心集聚区的直达通信链路建设。充分利用移动互联网、5G、云计算、物联网、人工智能等新一代技术手段,提升社区基础设施集约化和智能化水平,实现绿色生态社区建设。
上海	2021. 1	《上海市国民经济和社会发展的第十四个五年规划和二〇三五年远景目标纲要》	加强金融科技研发应用,加快推动以大数据、人工智能、区块链、云计算、5G 等为代表的金融科技核心技术研发攻关。大力发展数字贸易,聚焦云服务、数字内容、数字服务、跨境

			电子商务等重点领域，做强要素流动、数字监管、总部集聚功能。引导中小企业“上云用数赋智”，共享产能、技术、数据、人才、市场等资源。
	2020. 4	《上海市促进在线新经济发展行动方案（2020-2022年）》	提出推动大型展览展示企业和知名云服务企业共建云展服务实体，打造云会议、云展览、云走秀、云体验等系列活动。结合5G互动直播，加快VR/AR技术应用；推广“云存储、云应用”模式，提升医疗机构信息化能级；通过“云招商、云洽谈、云签约”等方式。
浙江	2021. 6	《浙江省信息通信业发展“十四五”规划》	打造云边协同的数据中心集群。落实长三角一体化国家战略，支持建设长三角国家级区域型数据中心集群。提升IPv6端到端贯通能力。加快网络、数据中心、内容分发网络(CDN)、云服务等基础设施IPv6升级改造，提升IPv6网络性能和服务水平。
	2020. 12	《浙江省政务公开五年行动计划（2021-2025年）》	坚持数字化转型。充分利用大数据、区块链、云计算等现代信息技术，推动政务公开数字化转型，促进公共数据有序开放，实现数据共享、数字赋能，使政务公开更加权威、高效、精准。
	2020. 12	《法治浙江建设规划（2021-2025年）》	加强对大数据、云计算、人工智能等新技术研发应用的跟踪研究和规范管理。加强党内涉网法规制度建设，督



			促抓好落实。
	2020.8	《浙江省民政信息化发展规划 2017年-2020年)》	集约建设既是适应云计算技术发展的必然要求,也是降低民政信息化建设的投入的重要途径。充分利用物联网、云计算、大数据、移动互联网等新一代信息技术,实现与民政业务的深度融合应用,推动全省民政信息化建设总体水平继续保持全国民政系统前列。
福建	2021.7	《福建省“十四五”制造业高质量发展专项规划》	以5G为牵引的网络通信等领域,深入实施数字经济创新发展工程,加快数字产业化进程,培育壮大大数据、物联网、人工智能等新一代信息技术产业。
辽宁	2021.7	《辽宁省“十四五”信息通信业发展规划》	推动工业互联网发展,加快建设改造具有物理隔离特效的高品质企业外标杆网络。加大5G等新型技术的应用,升级改造企业内网。支持企业“上云用数赋智”。
安徽	2021.7	《安徽省智慧旅游“十四五”行动计划》	将实施“135”行动计划,集约化、一体化推进全省“十四五”期间智慧旅游建设,目标进入全国第一方阵。实现“一个中心汇数据、三大平台管全域、五大工程促提升”。
江苏	2021.8	《江苏省“十四五”数字经济发展规划》	以数字经济发展的重大需求和重大任务为牵引,聚焦重点产业集群和标志性产业链,实施前瞻性产业技术创新专项,加强云计算等重点领域的“卡脖子”技术攻关。做大做强新兴数字产业。围绕云计算等新兴产业,加强企业



			分类培育引导，发展一批旗舰型数字企业。
	2021.7	《江苏省“十四五”现代服务业发展规划》	服务外包加快提档升级，信息技术、云计算、管理咨询、检验检测、工程技术、医药和生物技术研发等高附加值、高技术含量的外包业务增速加快，知识流程外包占比约40%。鼓励应用移动互联网、物联网、大数据、云计算等技术提供农产品质量安全监测、农业生产经营决策、农民技术培训等各类服务。

## (二) 边缘计算产业标准与开源项目

### 1. 国际国内现有标准

**国际标准方面，较早开始边缘计算架构、管理等层面的标准制定。**自2014年欧洲电信标准协会（ETSI）成立移动边缘计算规范工作组。目前，ETSI已发布了关于多接入边缘计算参考架构、用例与需求（Phase 2）、边缘计算管理、边缘计算在NFV及5G场景下的应用、标准化应用程序接口（API）等标准，以及边缘计算网络切片等相关报告或白皮书。2019年，国际标准组织ITU-T SG13工作组开始对边缘计算的总体需求、微服务、5G边缘计算、智能边缘计算的协议、管理、架构等方面进行标准化工作，ITU-T SG20物联网工作组以及IEC等标准组织也开始着力推动边缘计算在物联网IoT领域应用的标准化工作。此外，针对不同垂直行业的国际边缘计算联盟也积极对边缘计算在不同产业的应用进行探讨，如开放边缘计算联盟（Open Edge Computing Initiative, OEC），全球性产业组织工业互联网联盟（IIC）等。

**国内标准方面，为了规范边缘计算市场，相关政府部门和行业组织制定了一系列边缘计算标准。**这些标准从多个方面对边缘计算进行规范，包括基本概念、技术要求、架构、接口规范、安全和隐私保护等。这些标准提供了基本框

架和技术指导，有助于确保边缘计算应用的稳定性、安全性和互操作性，促进了边缘计算技术在各行业的推广和应用。中国通信标准化协会（CCSA）的 TC1 WG4 工作组在边缘计算的术语定义、基础设施、模块化、虚拟化、一体化能力等方面进行标准化工作。开放数据中心委员会（ODCC）为推动边缘计算产业发展成立了边缘计算工作组，目前已发布“边缘计算技术白皮书”、“AIoT 智能边缘计算网关 ECOM 架构及参考设计技术规范”、“边缘计算架构安全要求研究报告”、“边缘云场景、需求与组网架构”等多项标准及报告，同时积极开展关于“基于边缘平台的虚拟网关（vCPE）”、“端边结合方案在教育行业的应用”等方面的研究工作。

表 4 国内部分边缘计算产业标准

序号	标准号	标准名称
1	GB/T 41780.1-2022	《物联网 边缘计算 第 1 部分：通用要求》
2	YDT 4025-2022	《互联网边缘数据中心术语》
3	YDT 4071-2022	《互联网边缘数据中心虚拟化技术要求和测试方法》
4	TCCSA 330-2021	《互联网边缘数据中心基础设施技术要求和测试方法》
5	TCCSA 331-2021	《互联网边缘数据中心模块化技术要求和测试方法》
6	TCCSA 427-2023	《互联网边缘数据中心服务器技术要求和测试方法》

## 2. 开源项目

### (1) KubeEdge

KubeEdge 的名字来源于 Kube + Edge，望文生义就是依托 Kubernetes 的容器编排和调度才能完成云边协同、计算下沉、海量设备接入等，将 Kubernetes 的优势和 CloudNative 云原生使用管理规范延伸到边缘，解决当前智能边缘领域用户所面临的挑战。

KubeEdge 经过更优的架构和技术，能积极应对这些挑战：

- 1) 通过将 AI 能力、大数据能力等延伸到边缘, 解决与云上服务的数据协同、任务协同、管理协同、安全协同诉求；
- 2) 经过数据本地化处置、边缘节点离线自治, 处理了云和边缘之间的网络牢靠性和带宽限制的问题；
- 3) 经过大幅优化边缘组件的资源占用(二进制大小约 46MB, 运转时内存占用约 10MB), 处理了边缘资源的约束问题；
- 4) 经过在云边之间构建的双向多路复用网络通道, 处理了从云端管理高度散布的海量节点和设备难的问题；
- 5) 南向支持对接物联网主流的通讯协议, 处理了异构硬件接入难的问题。

#### (2) OpenYurt

OpenYurt 是阿里巴巴第一个边缘计算云原生开源项目，深入挖掘“边缘计算”+云原生落地实施“诉求”。OpenYurt 以“云边一体化”为主要理念，依托本土 Kubernetes 通过多种边缘计算应用场景的锤炼，具有较强的容器安排和调度能力，实现了一套完整的本土化 Kubernetes 为边缘自治、高效运维通道、边缘单元化管理、边缘流量拓扑管理等“零”入侵边缘云原生方案，安全容器，边缘 Serverless/FaaS、支持异构资源等能力。OpenYurt 可以帮助用户解决大规模应用交付、运维和控制的问题，并提供中央服务下沉通道，实现与边缘计算应用的无缝连接。

#### (3) Baetyl

Baetyl 的前身“OpenEdge”由百度创立，是中国第一个开源边缘计算平台。Baetyl 作为第一阶段项目加入 LF Edge。2019 年 9 月，百度将 Baetyl 捐赠给 Linux Foundation Edge 社区。Baetyl 旨在创建一个轻量级、安全、可靠且具有高可扩展性的边缘计算社区，为中国边缘计算技术的持续发展创造良好的生态环境。Baetyl 将云计算功能延伸到用户现场，提供临时离线和低延迟的计算服务，包括设备接入、消息路由、数据远传、函数计算、视频采集、AI 推理、状态报告和配置下发等功能。

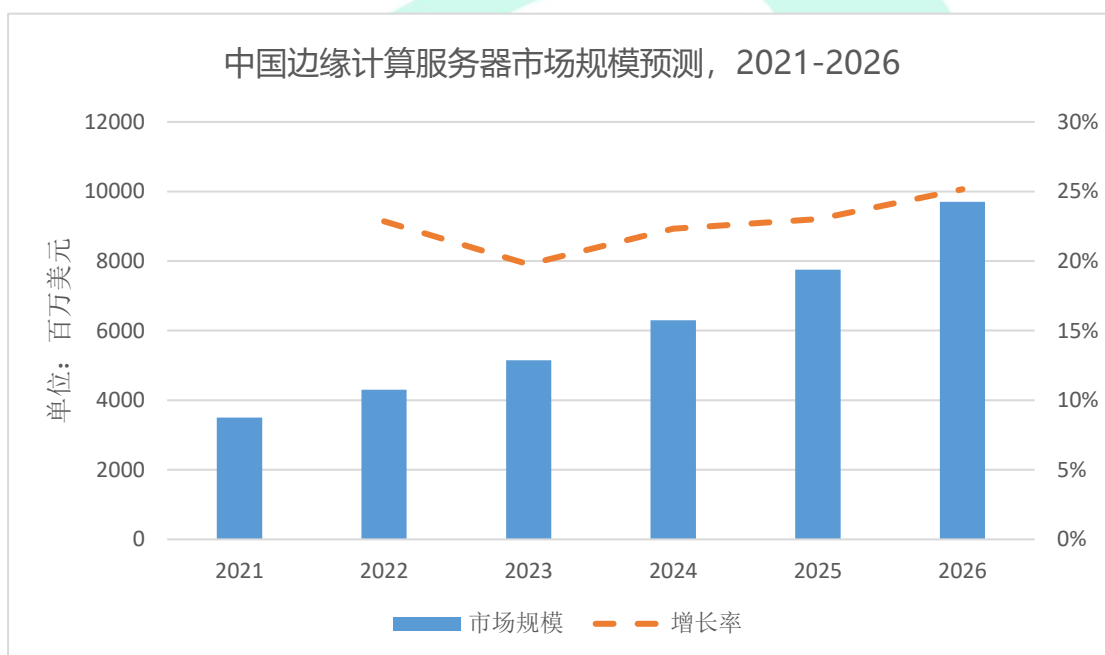
### (三) 市场情况分析



## 1. 市场规模稳中有升，边缘计算不再边缘

据 IDC 报告显示，2022 上半年，中国边缘云市场规模总计 30.7 亿元人民币，同比增长达到 50.8%。其中，边缘公有云服务、边缘专属云服务、边缘云解决方案市场规模分别达到 17.1、4.4 和 9.2 亿元人民币。

2022 上半年，中国边缘计算服务器整体市场规模达到 16.8 亿美元，预计全年达到 42.7 亿美元，同比增长 25.6%。IDC 预计，2021-2026 年中国边缘计算服务器整体市场规模年复合增长率将达到 23.1%，高于全球的 22.2%。



资料来源：IDC

图 1 中国边缘计算服务器市场规模

## 2. 细分领域逐渐清晰，领域龙头格局形成

整体来看，目前全球边缘计算领域生态主要玩家包括硬件厂商、软件厂商、场景服务商、运营商、云计算厂商和 CDN 厂商等。

边缘计算主要玩家构成：





资料来源：公开信息整理

图 2 边缘计算产业主流玩家

#### (四) 区域发展特点

表 5 边缘计算区域发展特点

地区	区域发展特点
华东地区	边缘计算产业发展较早，产业基础设施比较完善，政府政策支持力度大，具有较强的技术创新能力和市场竞争力。此外，华东地区的区位优势 and 开放程度也为边缘计算产业发展提供了机遇和优势。
华北地区	随着政策扶持和技术进步，边缘计算产业在华北地区得到了快速发展，产业链完整度逐步提升，已经出现了一批领先企业和创新型企业，市场规模和潜力较大。
华南地区	边缘计算产业在华南地区的发展较为活跃，拥有较强的产业基础和技术优势，包括高科技产业、物联网、智能制造等，具有较大的市场潜力。
西南地区	边缘计算产业在西南地区处于起步阶段，但随着政府的政策扶持和产业生态的逐步完善，产业链逐渐完整，市场规模和潜力逐渐提升。
东北地区	边缘计算产业在东北地区发展相对滞后，但政府和企业都在积极推进相关产业的发展，未来有望实现快速发展。

### 三、中国边缘计算技术发展分析

#### (一) 边缘计算技术架构



资料来源：ODCC《边缘计算技术白皮书》

图3 边缘计算技术架构

#### (二) 边缘计算技术热点

**云原生边缘计算技术：**云原生技术是下一代云计算的技术内核，具备高度的故障自愈能力、弹性响应和超量复制等特点。在推动5G技术在行业内的应用等方面发挥了重要作用。将云原生技术应用于边缘计算平台可支持5G核心网在各行各业的落地。目前的被运用在边缘计算中的架构主要包括：KubeEdge和K3s。KubeEdge是云原生在边缘计算中拓展的典型架构，其基于Kubernetes架构提供了许多边缘场景的功能支持，如离线运行能力、边云协同能力等。K3s是另一种经典的被运用在边缘计算中的架构，仅作为单一的二进制文件进行打包和部署，安装迅速便捷。同时，K3s删除了很多对于运行最低限度的集群来说不重要的组件，加入了一些新的必要元素，使得其可以适用于边缘计算场景。

**可持续边缘计算：**近年来，随着云计算和边缘计算的快速商业化，许多企业迁移至云平台，对于能耗和环境的关注也随着而来，一个数据中心消耗的电能相当于5万个家庭的用电量，在此种情况下，如何在运用边缘计算的同时，

减少能耗成本并实现可持续发展成为关键因素。相关研究从减少能耗、重用现有硬件减少新硬件加入等方面入手。在减少能耗方面：可通过减少冷却成本、使用较少服务器、减少碳足迹等方法实现；重用现有硬件减少新硬件加入方面：在边缘计算中更多应用现有硬件，节省资金和碳排放，更多寻求插入现有硬件，从而减少对新硬件的需求。

**5G+边缘计算：**从技术起源来说，5G 的网络架构能把核心网的一些网元下沉，也产生了边缘计算。5G 和边缘计算是互相促进、彼此成就的关系，5G 通过边缘计算来提供特色能力，边缘计算通过 5G 来进一步降低时延。5G+边缘计算将驱动一个面向行业的局域生态系统，以满足企业和工厂的网络、计算和数据处理需求，促进行业的数字化创新。

### （三）技术发展趋势

#### 1. 预测一：云—边—端协同发展

**云—边—端协同发展。**虽然云计算的相关技术已经比较成熟，但其工作原理造成的集中式数据处理、网络时延和抖动等固有问题依然存在。边缘计算的发展对云计算是一个强力的补充。在未来物联网的发展中，边缘计算、云计算和终端设备必须进行协作。云计算负责任务调度等全局性工作。边缘计算是云计算向数据产生侧的延伸，侧重于现场、实时性和安全性等，在对数据进行处理后将有价值的信息上传至云端。终端设备通过各类内嵌的传感器对原始数据进行采集。

#### 2. 预测二：边缘计算与 5 G 网络协同发展

**5 G 网络的商用为边缘计算提供了进一步的发展契机。**虽然 5 G 网络具有高带宽、大容量、低时延等优势，但该技术极大地增加了数据处理的规模，必须提供一种兼具高效性和可靠性的新型计算模式。多接入边缘计算被视为一种向 5 G 过渡的关键技术和架构性概念，能够充分发挥 5 G 的各种优势，从云—边—端 3 个方面优化资源的配置，实现系统性能、成本和用户体验等多个方面的提升。

#### 3. 预测三：个性化发展



个性化需求在边缘计算的发展中将成为重要方向。在实际生产环境中，边缘计算基础设施的拥有者、各节点的任务类型、计算量等都不尽相同。在部署边缘应用时，必须保证能够提供最低服务水平。在开发边缘计算设备和应用程序时应当充分考虑可能面临的个性化需求，以便更高效地利用基础设施资源。

## 四、中国边缘计算生态构建

### (一) 边缘计算产业服务商图谱

边缘计算产业服务商图谱覆盖边缘硬件、边缘软件与工具、边缘云、边缘电信运营商、边缘应用和解决方案、边缘安全等各环节要素，助力边缘业务落地。边缘计算产业链是由设备商、电信运营商、IT 开发商、应用开发商和内容商等多个利益主体组成的，目前正在迅速成长，但其生态尚未成熟。其中，华为、中兴、思科、浪潮等主要提供服务器和网络硬件设备，电信运营商、CDN 服务商和数据中心提供商主要提供数据机房和通信网络运营服务，而电信运营商和第三方服务商则主要提供边缘计算平台的运营服务。



资料来源：公开信息整理

图 4 边缘计算产业服务商图谱

## (二) 边缘计算产业上游

### 1. 边缘 AI 芯片

**边缘芯片行业受中美贸易战影响，波动较大。**边缘 AI 芯片是边缘计算产业的核心组件之一，位于整个边缘计算产业链的上游位置，在上游位置中处于核心低位。用于执行边缘设备上的人工智能任务。这类芯片具有高性能、低功耗和小尺寸等特点，以适应边缘计算设备的硬件要求。

在中国市场，许多公司致力于边缘 AI 芯片的研发与生产，包括华为的昇腾系列 AI 芯片、寒武纪的 AI 芯片、翱捷科技的神经网络处理器等。

### 2. 边缘服务器

**边缘服务器市场发展势头强劲，规模不断扩大。**边缘服务器是边缘计算设备的核心，承担数据处理、存储和分析等任务。与传统数据中心服务器相比，边缘服务器具有体积小、功耗低、高度集成等特点，以适应边缘计算设备的部署环境。

在中国市场，华为、浪潮、联想、曙光、神州泰岳等公司是边缘服务器的主要生产商。这些公司针对不同的场景和行业需求，推出了多种型号的边缘服务器产品，以满足市场的不断变化需求。

### 3. 传感器与边缘网关

**物联网环境大趋势，传感器与边缘网关附加价值明显。**传感器是边缘计算设备的重要组成部分之一，广泛应用于物联网、工业互联网等领域。传感器可监测环境参数、设备状态等数据，并将数据传输至边缘计算设备进行分析处理。边缘网关则是连接传感器与边缘计算设备的桥梁，负责数据的采集、传输和管理。

在中国市场，主要的传感器与边缘网关生产商包括海康威视、大疆创新、广和通、安霸等公司。

### 4. 边缘路由器

**边缘路由器是数据传输桥梁，伴随边缘计算产业共同发展。**边缘路由器是边缘计算系统的核心部件，用于连接和管理边缘设备和云端之间的数据传输。边缘路由器需要具备高性能、低延迟、可靠稳定等特点，以确保边缘计算应用的顺畅运行。

在中国市场，华为、中兴通讯、TP-Link 等公司是主要的边缘路由器生产商，他们推出了多款不同性能和功能的产品，以适应不同行业和场景的需求。如华为的多业务网关控制边缘路由器产品 ME60 系列，主要应用于广电、教育等行业，提供统一的用户接入与管理平台，提供 480G 容量的路由线卡，以及 160G 的 NAT 业务线卡；TP-Link 的多 WAN VPN 路由器 TL-ER7206 系列，主要应用于酒店、办公等行业，为客户集中化的设备云管理能力，并提供了高安全的 VPN 通信、DoS 防御等功能。

## 5. 边缘交换机

**边缘交换机传输互联特性明显，是补充产业发展的重要解决方案。**边缘交换机是边缘计算系统中的重要组件，用于数据传输和网络互联。边缘交换机相较于传统交换机，具有更高的处理能力、更低的延迟、更好的安全性和更强的环境适应性。

在中国市场，新华三、锐捷、华为等厂商是主要的边缘交换机生产商，提供多种型号和性能的边缘交换机产品来满足不同应用场景和需求。如新华三的 S12500X 高性能核心交换机，适用于边缘数据中心、企业网和运营商等对性能需求更高的场景，最大支持 40Tbps 的整机吞吐，提供 VRRP、BFD 等高可用能力；锐捷的 RG-S5750E 系列交换机，主要适用于中小型企业、校园网等场景，提供了高安全功能，如 IPSec-VPN，ACL 等，还支持多种协议功能，如 MPLS、VXLAN、QoS 等。

## 6. 边缘控制器

**响应边缘计算需求，边缘控制器取代传统控制器是大势所趋。**边缘控制器设备是将汇总数据发送到云端的硬件，作为通往云端的最后一层物理实体，是机器层 OT（信息技术）和云端 IT（操作技术）解决方案的接口，这类硬件是工业自动化领域的最新发展，不同于传统控制器，边缘控制器内部布置 PLC（可



编程逻辑控制器)或 PAC(可编程自动化控制器),具备高级编程、通信、可视化等功能,在保证控制能力的同时可以提升工业设备的接口能力、计算能力。

我国代表性企业主要有台湾研华科技、集和诚科技、东土科技等。

## 7. 边缘操作系统

**边缘操作系统性能重要性凸显,应用场景不断增加。**边缘操作系统是边缘计算设备的基础软件,负责资源管理、任务调度和系统安全等功能。边缘操作系统的轻量化、实时性强、兼容性好等特点有助于提升边缘计算应用的性能和稳定性。

中国市场的主要边缘操作系统开发商包括阿里云、腾讯云、华为云等,他们推出了基于 Linux 内核的边缘操作系统,以适应不同的边缘计算应用场景。

## 8. 边缘中间件

**边缘中间件作为核心关键组件,支撑多种应用场景。**边缘中间件是边缘计算系统的核心组件,为开发者提供数据处理、设备管理和应用部署等服务。边缘中间件的特点包括模块化、可扩展性强和易于集成。

在中国市场,主要的边缘中间件提供商包括百度云、新华三和中兴通讯等,他们推出了适用于不同行业和场景的边缘中间件产品,如百度的“百度云边缘计算平台”、新华三的“无限融合边缘计算中间件”、中兴通讯的“NetNumen U31 边缘计算平台”等,以支持各种边缘计算应用的开发和部署。

## 9. 边缘计算平台

**边缘计算平台是云平台的重要补充,有力助益数字经济发展。**边缘计算平台是一种软件平台,集成了边缘计算、数据处理、设备管理等功能,可帮助企业快速构建和部署边缘计算应用。

在中国市场,华为云、阿里云、腾讯云、百度云等公司是边缘计算平台的主要提供商。这些公司推出了一系列针对不同行业和场景的边缘计算平台产品。此外,一些创新型企业,如杭州云栖、格灵深瞳等,也在积极布局边缘计算平台领域,提供定制化解决方案。

## 10. 边缘基础设施解决方案

**边缘基础设施立足边缘需求，灵活应对新挑战。**边缘基础设施是边缘计算的“容器”，集成了服务器机架、电源配电系统、热管理系统、智能监控系统、消防系统、布线系统等，为边缘计算服务器提供一个稳定可靠的运行环境。

在中国市场，主要的边缘数据中心基础设施提供商包括科华数据、华为技术、维谛技术、中兴通讯和科士达等，他们推出了适用于不同行业和场景的边缘数据中心基础设施解决方案，如科华的 Wise MDC 系列，华为的 Fusion DC 系列，维谛的 Smart 系列等，以支持各种边缘数据中心快速部署，长期可靠运行。

### （三）边缘计算产业中游

#### 1. 边缘云服务商

**边缘云服务商是边缘计算视为其万物智联新赛道上的重要一环。**边缘云服务商主要包括阿里云、腾讯云、华为云、百度云等云计算厂商。边缘云服务商为客户提供了全球范围内的边缘计算服务，覆盖了数百个城市和数千个站点，并都提供了基础的边缘计算服务以及行业的解决方案。如边缘计算节点服务（阿里云的 ENS，腾讯云的 TEZ，华为云的 IEF，百度云的 BEC）中，提供了边缘计算虚拟机、边缘容器、边缘私有网络等云产品能力；行业解决方案包括，边缘 AI、实时音视频、边缘云游戏、边缘云渲染等。

#### 2. 边缘电信运营商

**边缘电信运营商是提供边缘计算服务最重要的主体之一。**边缘电信运营商正在加速部署 5G，并将边缘计算与 5G 同步规划成为网络规划的主要模式。电信运营商拥有分布全国的机房、数据中心和网络运维团队，并具备专线和云等协同性业务能力。目前，中国移动和中国联通都发布了针对边缘计算的推进规划，提出了明确的规划目标和路径，涵盖基础设施、边缘云平台和业务应用等方面。

目前中国移动在边缘计算业务的优势主要在于与 5G 资源的融合应用，建成了全球规模最大的内容分发网络。中国电信提出“2+4+31+X+0”云网一体化布局，目前已在 400 多个地市节点建立轻量化边缘节点。中国联通作为我国最早从事 MEC 边缘计算研究和商用的运营商，将边缘云建设作为发展 5G2B/2C 高价值业务的重要战略。

### 3. CDN 厂商

CDN 厂商是传统网络加速服务的典型企业。通过结合节点能力将业务范围与边缘计算结合，边缘节点服务（ENS）可以轻松得到虚拟机、计算、安全等能力，帮助用户业务下沉至运营商侧边缘，有效降低计算时延和成本。相比其他边缘计算参与方，CDN 厂商的技术门槛较低。在资源能力受限的条件下，CDN 厂商需要与运营商或 IaaS 供应商建立合作关系来提供综合的云-边协同解决方案。

## （四）边缘计算产业下游

### 1. 第三方应用供应商

第三方应用供应商主要是为终端用户提供新增价值业务或者提升业务可用性。内容提供如 CNBC 利用边缘计算可以实现不依赖任何 CDN 提供商进行边缘缓存内容，在网络边缘启动自己的自定义微型缓存，第三方应用涉及的企业包括 OTT 厂商、智能终端开发商等。

### 2. 智能应用开发商

下游智能应用开发商以及智能终端开发商将边缘计算更广泛地应用。例如华为推出了边缘计算物联网解决方案，并成功应用在电梯物联网和电力物联网中。

## 五、行业案例分析

### （一）边缘音视频案例

国内某泛娱乐直播龙头企业，在直播业务尤其是音视频通信方面有很强的技术积累，近年来自身的直播业务覆盖音乐、脱口秀、舞蹈、户外、体育、游戏等多个细分品类，其强大的音视频能力也对其他 ToB 企业开放，同时积极尝试采用新的技术手段优化其自身上层直播业务，进一步提升终端用户的使用体验。在音视频的业务中，对实时性有极高的要求，如游戏语音、直播等。这类业务需要对音频、视频内容的分发保证超低延，从而保证终端用户的极致体验。但是，如何能够在不增加业务成本的同时，保证用户的低延时体验，成为音视





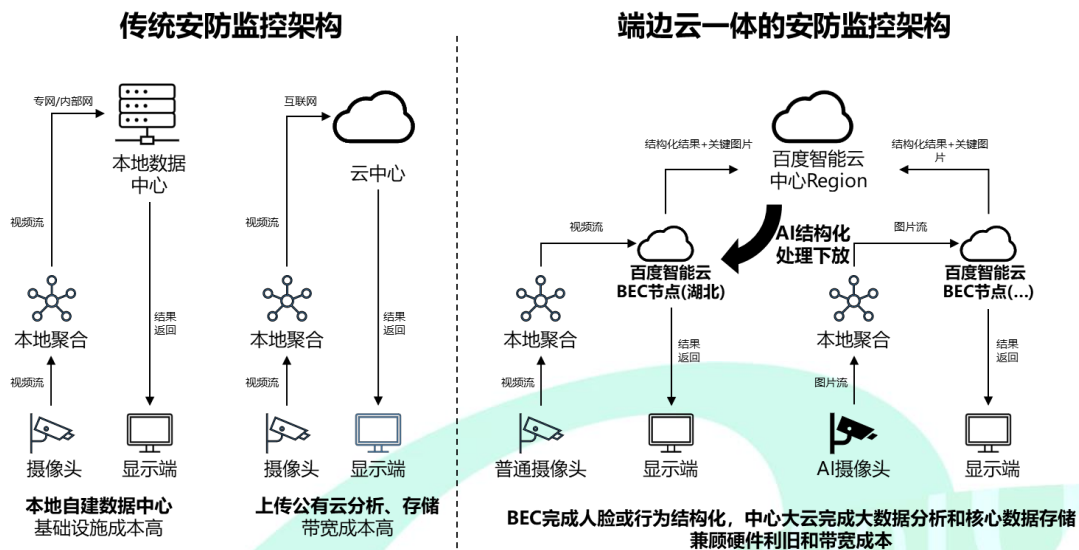


图 6 安防监控边缘解决方案

国内某安防监控龙头企业，在安防监控业务方面有很强的技术积累和较大的市场份额，近年来业务的监控视频考虑上云存储，降低存储成本。在安防监控的业务中，对弹性存储有极高的要求，这类业务通过摄像头采集视频数据，在本地做聚合之后上传到云端采集。传统的安防监控架构则是将视频在本地做聚合之后上传到云中心进行存储，该方案的特点是存储及带宽成本高。

因此，为了降低存储及带宽成本，客户采用了云边端一体的安防监控架构。客户将视频在本地做聚合之后上传到距离摄像头最近的百度智能云边缘节点，利用边缘冗余上行带宽，将视频流、图片就近上传边缘，进行抽帧/结构化处理，核心数据通过云边网络回传中心分析&存储。

在这一案例中，百度智能云 BEC 为客户提供了遍布全国的边缘存储资源和带宽资源，帮助客户完成了云边端一体的安防监控架构升级。客户利用边缘上行冗余带宽大幅度降低视频流、图片传输成本，实现了较为明显的降本增效。

### (三) 边缘云游戏案例

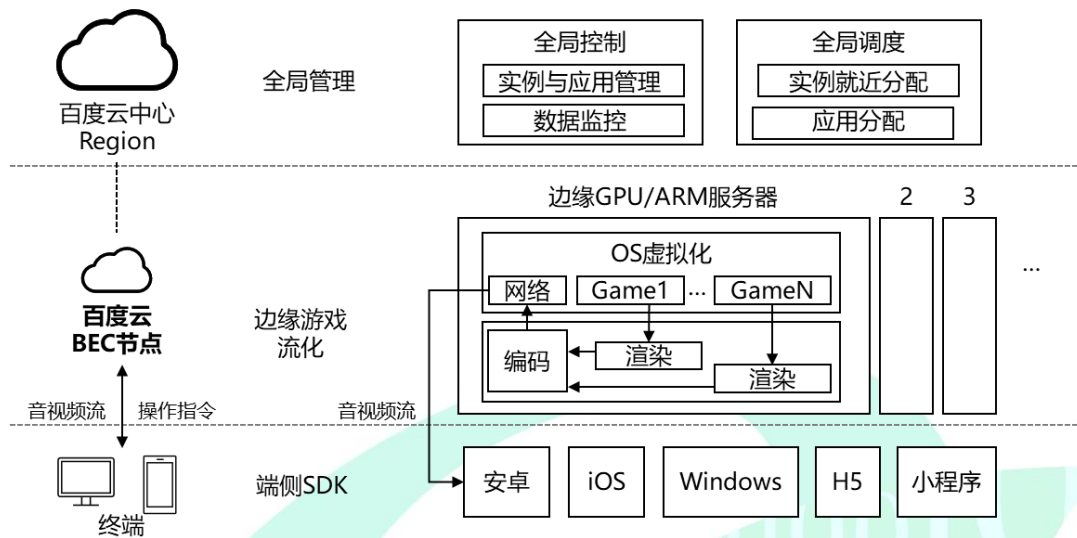


图7 边缘云游戏解决方案

国内某游戏行业龙头企业，近年来考虑将部分云游戏业务上云在云上部署。在云游戏业务中，对实时性有极高的要求。这类业务需要对音视频流的分发保证超低延，从而保证终端用户的极致体验。但是，如何能够在不增加业务成本的同时，保证用户的低延时体验，成为云游戏厂商必须解决的难题。通过云游戏架构升级，在更好的体验与更低的带宽成本间实现平衡。

客户基于百度智能云边缘计算提供的异构算力，在离玩家更近的区域部署云游戏业务，实现了在边缘侧就近编码、渲染、分发游戏音视频流，就近完成了游戏流化。架构升级后游戏无需下载，游戏部署在边缘节点服务端、用户即开即玩，实现游戏时延小于 50ms，满足用户游戏体验。

在这一案例中，百度智能云 BEC 为客户提供了遍布全国的边缘异构资源和带宽资源，帮助客户完成了边缘云游戏监控架构升级。客户在边缘侧部署云游戏业务，屏蔽端设备性能差异做到 3A 大作即开即玩，帮助云游戏平台厂商降低算力&带宽成本，机房维护成本。

#### （四）智慧工程案例

传统工厂在生产、运维及安全等方面存在设备互联互通难、数据采集难、无法实时控制、智能性低、安全可靠风险等问题。IECP 边缘计算平台帮助传统工厂快速搭建靠近物联网设备数据源头的边缘计算节点，提供实时数据采集



分析，建立工厂分析模型，感知并且降低环境和生产过程中的风险，提升生产的效率，优化生产的成本。

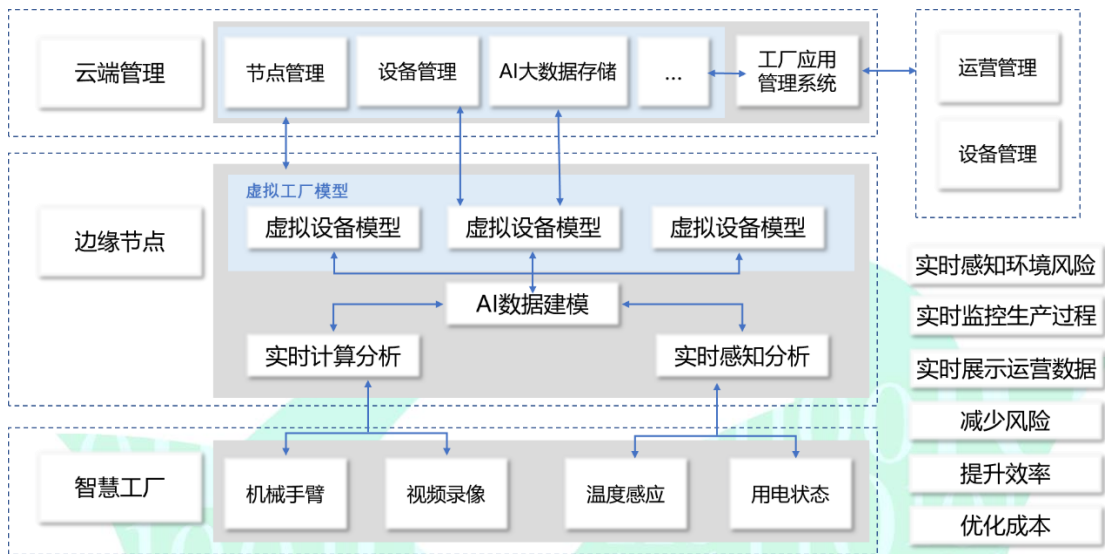


图8 智慧工厂边缘计算解决方案

针对工业联网设备存在通信协议不统一、协议标准众多且数据传输稳定性及安全性等问题，腾讯云面向工业现场级边缘计算应用场景推出了自研的天龙座 AIoT 边缘网关，可面向不同场景适配不同硬件接口，满足工业差异化的场景需求，并通过平台 SDK 方式，将数据回传至云端。

IECP 边缘计算平台将视频计算、存储前置到边缘节点本地处理，端到云的访问频率减少 80%以上，从而减少了建设成本，提高视频网联服务平台的处理效率和服务能力。IECP 边缘计算节点的部署，可实现数据不出工厂，有效保证工厂数据安全并在毫秒级完成前端采集到后端数据传输，数据分析处理。

针对传统工厂人工检测效率低，设备故障影响大，安全生产风险高的问题，可在边缘节点侧部署工业视觉 AI 质检、设备预测性维护、人员安全检测等 AI 算法，实时分析问题和隐患，提高工厂的生产效率和安全系数。

## (五) 智慧交通案例

在人工智能的新时代，智能驾驶对于 AI 技术的市场化和产业化有着非常重要的战略意义。智慧交通系统是解决交通发展瓶颈的有效手段之一，是交通信息化、自动化的重要发展方向，是智慧城市必不可少的一种途径，是当今社会

城市发展的趋势和特征。随着交通系统进一步智能化升级，其与边缘计算作的结合愈加深入，也带来了算力不足、硬件管理复杂等难题。

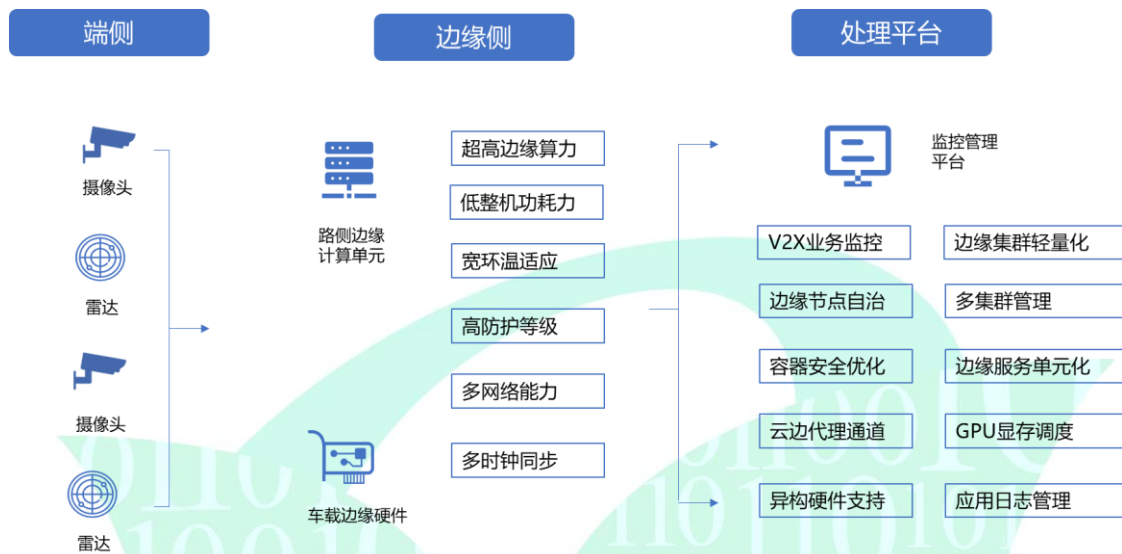


图9 智慧交通边缘计算解决方案

百度智能云边缘计算基于高算力、高性能的边缘服务器，结合功能丰富的监控管理平台，为用户提供低延时、高效率、强算力的边缘硬件和资源管理服务，赋能自动驾驶和城市交通治理场景，打造安全、便捷的智慧交通解决方案。具有以下特点：

#### (1) 超高算力硬件

提供超高算力的车规级边缘硬件，以及路侧边缘计算单元，构建本地计算网络，支持离线自治。

#### (2) 实时业务监控

实时采集、监测、展示边缘侧设备的资源使用情况，对业务运行情况进行实时告警，保证业务高效稳定。

#### (3) 服务单元化管理

为每个节点组自动生成区域约束部署实例，单独为本区域服务，实现资源分区，避免跨区域调用。

## (六) 智慧零售案例

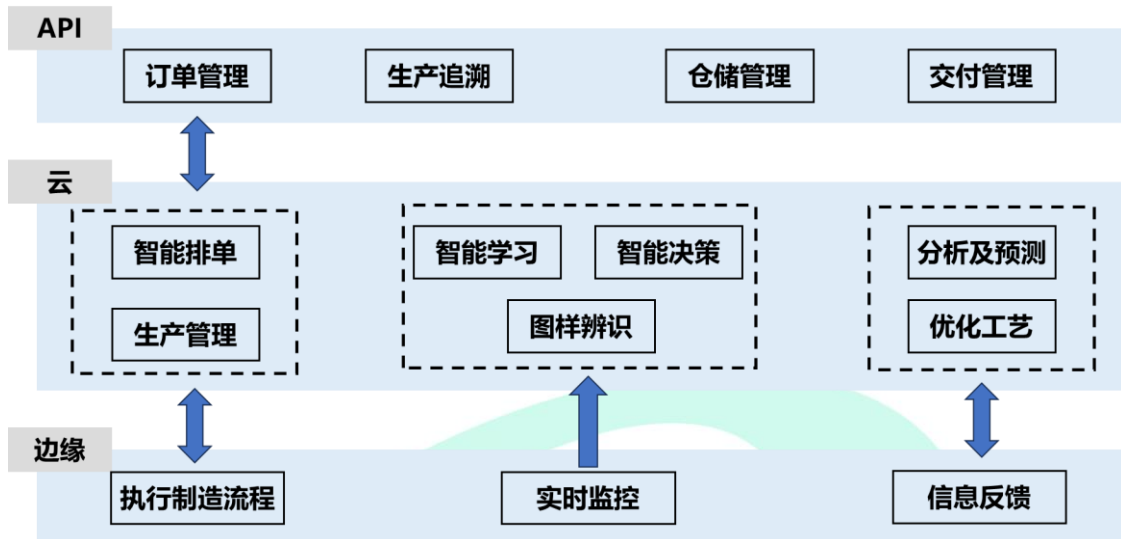


图 10 智能工厂边缘计算解决方案

上图是京东智能工厂与边缘服务器的应用解决方案，整个智能工厂是由云来做支撑，在工厂端可架设边缘服务器，边缘服务器可支持以下关键工作：

**智能排产**：可在远程下单进云后，进行智能排单、生产，下发至工厂端的边缘服务器，由边缘服务器基于工厂端状态，下发指令进行生产制造，直到生产完毕，反馈信息至下单人员，完成循环操作。

**生产监督/分析**：边缘服务器可实时接收产在线的所有信息，涵盖生产当中的任何问题，最终可由边缘服务器传至云上进行数据分析，进而优化及提升工艺。

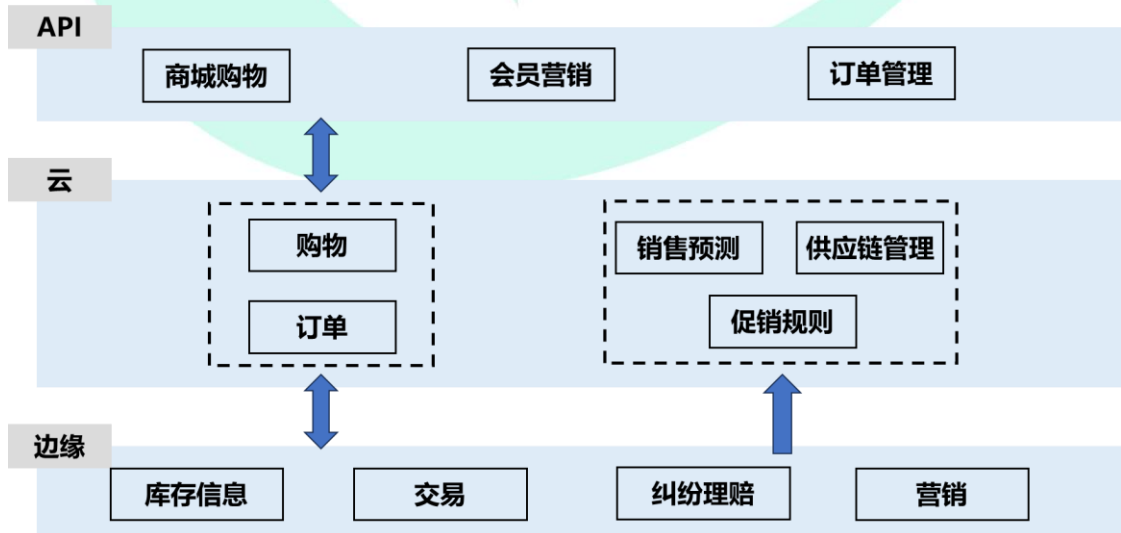


图 11 智能超市边缘计算解决方案

上图是京东智能超市与边缘服务器结合的解决方案，整个智能超市由云来做支撑，在超市架设边缘服务器做为边缘侧，主要可执行以下工作：



基于客户订单需求，可时时监控库存信息、交易状况、纠纷理赔以及营销推广，反馈至客户端。

基于边缘所获取的信息，反馈至云上进行相关分析，如销售预测、供应链管理以及促销规则。

## （七）5G 小基站应用案例

在 5G 一体化小基站应用场景中，作为边缘 5G 小基站设备，承载 5G 基站网元功能，通过外插的异构加速卡进行 5G 协议的解码、通过 CPU 完成 5G 业务网元管理和控制功能，同时通过集成的网卡为基站提供 1588 时钟同步功能，保证 5G 基站业务的高实时、低延时特性。功能如下图所示。

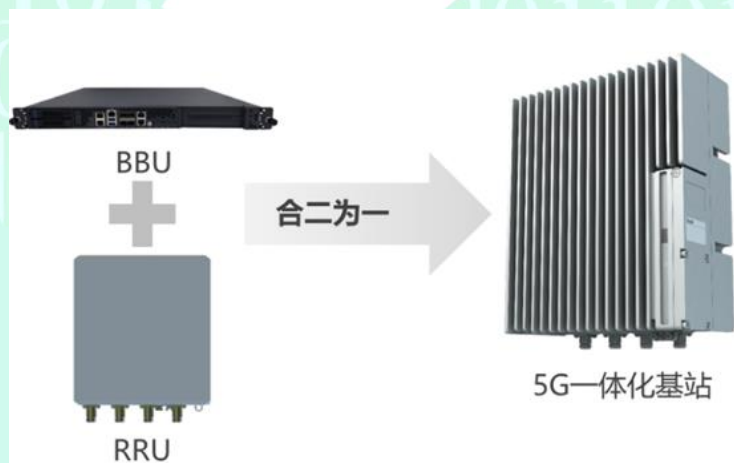


图 12 5G 一体化基站功能图

在 5G 网络中，5G 一体化基站负责与终端设备建立 5G 无线连接，为用户提供 5G 接入服务，进行语音、视频及数据业务的传输，保证 5G 信号覆盖。

5G 一体化基站支持多基站组网方式，支持基站级联或 RRU 拉远组网。

5G 一体化基站针对低成本覆盖需求进行设计，具有低成本、高性能、灵活部署等特点。

- 一体化高度集成，具有功耗低、体积小、施工方便等优点，安装简单，无需机房。
- IP65 防护，全密封设计。
- 支持基站级联或 RRU 拉远组网。
- 高性能：传输速率高、用户容量大和业务时延低。
- 支持灵活的时钟同步方案，支持 GPS/北斗/1588V2。

- 基于完全自主研发的协议栈和系统软件。

5G 一体化基站现已支持 N41、N78、N79、N28、N1 频段，满足 TDD 和 FDD 双工模式，采用多天线设计，支持 2TR/4TR；规划单基站激活用户数不小于 400，注册用户数不小于 800；支持多种子帧配比，下行峰值速率可达 1.4Gbps。

### (1) 组网方案

5G 一体化基站产品支持多基站组网方案，同时支持拉远或级联的组网方式，组网架构如下图的三种类型：

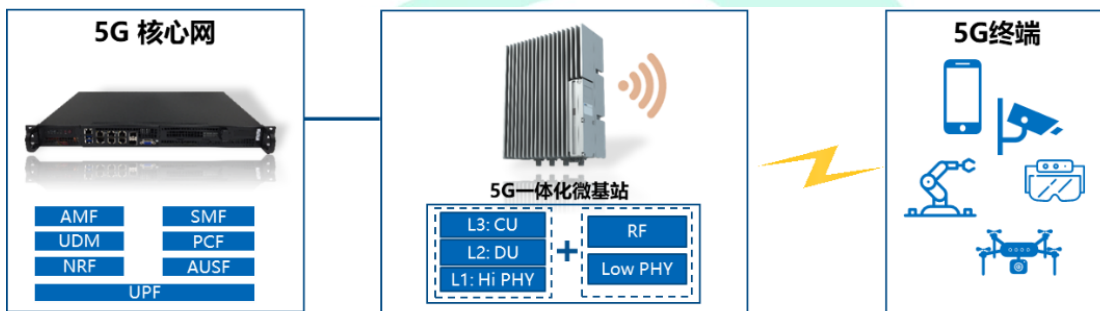


图 13 常规组网方式



图 14 远拉组网架构图

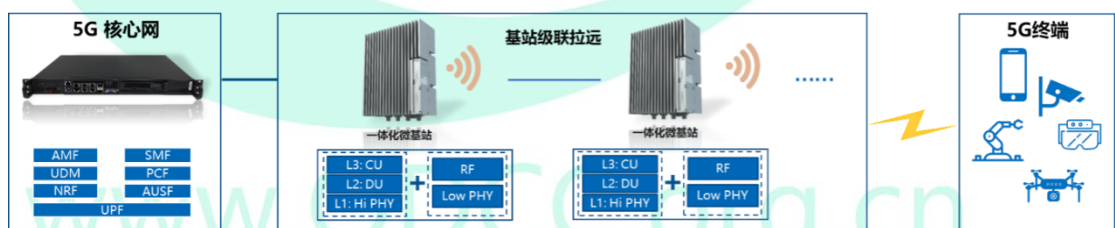


图 15 级联组网架构图

### (2) 应用场景

5G 一体化基站因其体积小、重量轻、易安装、高效能，部署灵活的特点，相比宏基站具有更多部署优势。

根据其特点，应用场景可分为两大类：第一类为 5G 公共移动网络；第二类为 5G 垂直行业应用。

对于 5G 公共移动通信网络，5G 一体化基站主要实现“吸热”、“补盲”和

边缘覆盖。在流量需求大的高热点地区如体育场馆、交通枢纽、会展中心等，由于高密度建设宏基站的成本太高，可以建设成本较低的 5G 一体化基站来满足容量需求，提高覆盖的同时节省投资。在室外覆盖盲区，或覆盖边缘区域，通过一体化基站取代宏基站可以满足覆盖需求，同时节约建设成本，如旅游景点、高档别墅群、临时需要提供 5G 覆盖的区域。

5G 一体化基站具有结构紧凑、体积小、功耗低等特点，无需复杂施工即可高效快速部署，提供完整的 5G NR 无线接入功能，适用于众多 5G 垂直行业的应用，如智慧媒体、智慧矿山、智慧工厂、智能电网、智慧园区、智能医疗、智慧高铁、智慧机场等。



图 16 5G 垂直行业应用

## (八) 边缘超融合一体机应用案例

随着行业数字化转型深入，5G 边缘云将广泛应用于工业、医疗、交通、教育、能源等众多领域，充分利用近用户侧的优势，为行业用户提供低成本、高质量的服务，是电信运营商面向 ToB 业务的核心竞争力。

行业数字化转型要求 5G 边缘云结合人工智能、大数据、区块链、5G 等新兴技术，满足行业应用在高效算力、海量接入、智能分析、安全防护等方面的需求。

随着电信收入高速增长，暴露出基础服务能力存在不足，需提升关键核心技术和产品能力用来支撑规模发展。电信重点推出三种场景算力服务，其中超融合一体机服务为客户提供边缘场景与中小型私有云，满足快速交付、标准化下单的需求。



### (1) 解决方案

边缘云原生一体机：基于边缘云架构，强化容器和虚拟机的协同调度，支持丰富的云原生行业应用；

全栈混合云敏捷版：轻量级，便于端到端的快速部署与交付，支持异构多云纳管。



图 17 边缘超融合一体机解决方案

### (2) 客户收益

- 1) 打通边缘云供应链，研发视频监控、5G 专网等场景化一体机产品；
- 2) 上线 iStack 边缘云系列产品，规格多样，按需建设。
- 3) 超融合一体机服务：为客户提供边缘场景小型私有云，满足快速交付、标准化下单的需求；
- 4) 主要场景：边缘节点建设与扩容；
- 5) 价格优势：采用服务模式交付一体机产品，超融合一体机具备价格优势，有较好的竞争力。

### (3) 应用效果

助力社区精细化治理，实现综合安防、智慧消防、智慧商业、能效管理。实现园区可视化、精细化、智能化管理，提升居民居住体验；社区卫生服务，居民使用智能医疗设备自助测量身高、体重、血糖、血压，系统记录及分析数据，实现“自主问诊”；视频问诊，连接岛外专家，享受优质医疗服务；智慧

教育，通过线上学习平台、积分制共享学习机制，通过社区阅览室，让居民享受“知识就在身边”。

## （九）智慧加油站案例

据商务部数据统计，我国汽车保有量已达 3.07 亿辆，居全球首位，随之加油站的总量也在快速增长，现在中国加油站的总建设量超过 11.9 万个。而随着加油站数量增多，加油站安全事故和意外发生概率也大大增加。既能够获得加油站带来的收益又能够保障加油站安全运行成了各地政府的迫切需求。

加油站主要经营销售汽油、柴油等各类燃料，加油站车流量大，人员复杂，不易统一管控，稍有不慎易燃易爆油品及作业过程中挥发的油气都可能因打火机、烟头、电气火花、静电等引起火灾、爆炸事故。

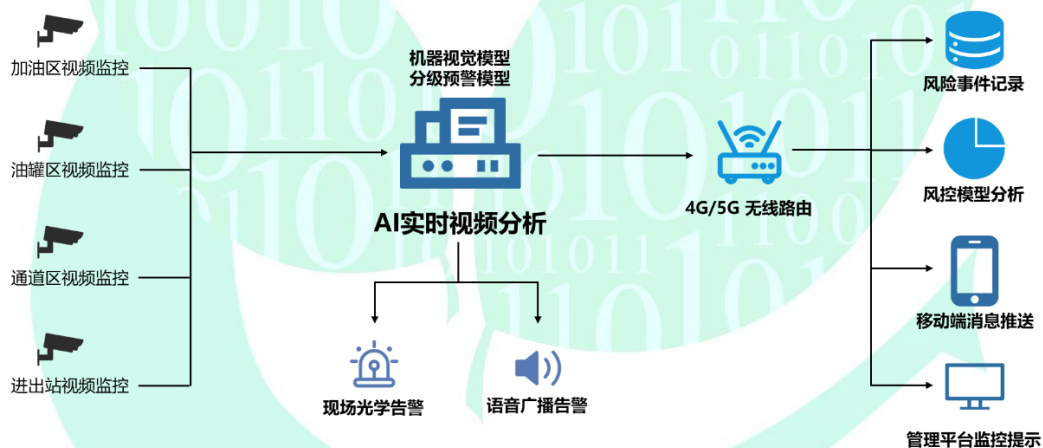


图 18 智慧加油站边缘解决方案

河北省沧州市部署智慧加油站系统，充分利用现有监控设备，通过对站内摄像头数据取流分析，对加油区、卸油区等区域进行重点监控。

通过部署浪潮边缘微服务器 EIS200 和 AI 算法，为加油站建设智能化安全监管系统，实现对危险区域内的接打电话、抽烟、烟火等违规行为识别，对卸油区工作人员的违规操作进行智能化监控，符合了国家对危化品企业的安全监管要求，切实提升加油站系统对危险情况的快速预警以及对人员业务规范的智能化管理。

（1）通过吸烟识别、打电话识别、区域入侵识别、静电释放状态识别、卸油人员离岗识别对人员和风险进行规范管理；

（2）通过对消防设备识别、烟雾识别、明火识别对异常状态进行预警，以

此保障各类作业安全；

(3) 在检测到人员不规范行为或异常状态时通过数据上传到数据平台或安全监管系统；在管理平台中可以对告警信息进行查询和管理，使得安全管理可视化和智能化。

收益层面主要实现：

(1) 智能化手段提升工作效率

通过 AI 智能化手段对加油站的人员进行安全管理，大大提升工作效率及特殊情况的预警和处理速度。

(2) 满足监管部门智能化建设要求

对报警记录进行全方位的分析，并保存相关报警信息，提升加油站工作人员的工作效率的同时能够将有关数据反馈到监管系统，满足智能化建设需求。

(3) 即插即用，充分利旧

EIS200 可与现有设备全面兼容，即插即用，部署便捷，施工方面。不改变加油站现有监控系统，无需更换或者增加摄像头，充分利旧，以极低的成本实现加油站的智能化转型。

## (十) 智慧园区案例

江西宜春丰城高新技术产业开发区是江西省第一批省级重点工业园，经济总量在江西省县（市）工业园中排名第一。园区成立时间较早，由于历史原因，园区个别地方不能满足新发布的《化工园区建设标准和认定管理办法（试行）》等管理要求。园区管理主要痛点如下：一是由于国道、省道穿过，居民区与工业区混杂，导致园区物理封闭难以实现，危化品车辆在园区内行驶状态难以掌控；二是针对辖区内重大危险源及时识别和状态监管不到位；三是针对工业企业事故多发的特殊作业环节，过程监管亟待加强；四是无法及时掌握园区及企业内重点区域人员违章行为，不安全的环境因素和异常设备状态，无法防患于未然。

浪潮化工园区解决方案以园区管理、安全监管、应急管理为核心业务目标，利用大数据、云计算、视频智能分析技术、地理信息系统、3D 建模以及物联网等信息化技术和通讯技术，形成了一整套整合化工园区安全、环保、应急、消



防、安防、能源、物流、公共服务及应用为一体的智慧管理和决策平台。



图 19 智慧园区边缘解决方案

化工园区解决方案通过信息化技术推进化工园区转型升级，提高园区产业集聚能力、企业经济竞争力，促进园区和企业的绩效提升，帮助化工园区实现绿色化建设、智慧化建设、标准化建设和高质量发展。方案部署一个月內，共计发现无关人员闯入七十余次，危化品车辆违规行驶、停放三十余次，园区及企业重点区域风险预警八十余个；在提高风险识别和隐患排除效率的同时，减少园区及企业视频监控人员十人，减员增效成果初现。

## 六、发展建议

**政策支持和标准制定。**政府应制定有利于边缘计算产业发展的政策和规划，鼓励创新、降低市场准入门槛，为企业提提供税收、资金和技术支持；加强边缘计算技术、安全、隐私等方面的标准制定和完善，促进产业发展规范化，提高互操作性。

**技术创新和人才培养。**加大技术研发投入，关注新兴技术和市场趋势，积极探索边缘计算应用的创新，鼓励企业与高校、研究机构合作，与上下游企业建立紧密合作关系，推动关键技术突破和自主创新，提高核心竞争力，推动产业链整合，共同开发创新解决方案，实现产业链协同发展；加强人才培训和教育，重视人才培养和引进，提高整体人才素质，打造专业技术团队，为企业技术创新和业务拓展提供人才保障。

**应用场景拓展与产业生态建设。**深入研究不同行业和领域的边缘计算需求，拓展边缘计算在各垂直行业和领域的应用，推动产业融合发展；搭建边缘计算产业链合作平台，整合各类资源，推动上下游企业合作，共享资源，实现优势互补，形成产业生态。聚焦细分市场，为客户提供定制化解决方案，展示边缘计算解决方案在不同场景的价值，满足市场差异化需求，吸引更多客户和合作伙伴。

**国际合作与数据安全隐私保护。**积极参与国际合作与交流，引进先进技术和管理经验，拓展国际市场，提高企业国际竞争力和中国边缘计算产业在全球的地位；注重数据安全和隐私保护，建立完善的数据安全管理机制和法规，提升用户对边缘计算的信任度。

## 七、参考文献

- [1]. 吴美希, 王少鹏, 谢丽娜, 王月. 边缘数据中心规划发展研究 [J]. 信息通信技术与政策, 2020 (06) :25-29.
- [2]. 郭亮. 边缘数据中心关键技术和发展趋势 [J]. 信息通信技术与政策, 2019, No. 306 (12) :55-58.
- [3]. ODCC, 边缘计算技术白皮书
- [4]. ODCC, AI应用对边缘计算的需求分析研究报告
- [5]. ODCC, 边缘计算架构及特征研究白皮书

[www.ODCC.org.cn](http://www.ODCC.org.cn)



ODCC服务号



ODCC订阅号