

2023
RESEARCH
REPORT

边缘计算市场 调研报告

物联网边缘智能
产业发展洞察

发布单位：



物联传媒
Ulink Media



IoT库
www.iotku.com



联合发布：



EMA
英码科技



发布单位：

AIoT 星图研究院

深圳市物联传媒有限公司

视觉物联

IOTE 物联网展

AIoT 库

联合发布单位：

浙江大华技术股份有限公司

广州英码信息科技有限公司

深圳市倍联德实业有限公司

英特灵达信息技术（深圳）有限公司

鸣谢单位：

厦门算能科技有限公司

英特尔(中国)有限公司深圳分公司

深圳市鲲云信息科技有限公司

中科寒武纪科技股份有限公司

北京灵汐科技有限公司

深圳市视美泰技术股份有限公司

深圳喜为智慧科技有限公司

深圳极市科技有限公司

芯算一体科技有限公司

深圳市奔迈科技有限公司

深圳市联深科技发展有限公司

深圳北斗应用技术研究院有限公司

太一物联科技（深圳）有限公司

万物云空间科技服务股份有限公司

南京未来物联科技有限公司

目录

| | |
|-------------------------|----|
| 第 1 章 边缘计算发展概况 | 1 |
| 1.1 边缘计算的概念 | 1 |
| 1.2 边缘计算产业生态 | 2 |
| 1.3 边缘计算相关行业标准 | 3 |
| 1.4 边缘计算相关产业政策 | 5 |
| 第 2 章 边缘计算应用场景及案例 | 6 |
| 2.1 智慧城市领域 | 6 |
| 2.2 智能交通领域 | 9 |
| 2.3 石油化工领域 | 13 |
| 2.4 工业制造领域 | 15 |
| 2.5 智慧电力领域 | 21 |
| 2.6 长尾需求领域 | 27 |
| 第 3 章 边缘计算市场与产业链 | 33 |
| 3.1 边缘计算市场规模 | 33 |
| 3.2 边缘计算产业链图谱与分析 | 33 |
| 第 4 章 边缘计算发展趋势与挑战 | 42 |
| 4.1 边缘计算面临的挑战 | 42 |
| 4.2 边缘计算发展趋势 | 43 |

前言

边缘计算的兴起，源于产业数字化过程中对于计算、通信实时性、安全性的切实需求。国内无论是在建筑楼宇、工厂园区，还是交通城市等方面都有着丰富的应用场景，而这些场景也已经在各种内外因素推动下进行着数字化转型。

市场决定需求，需求则是技术发展的最好动力。目前，中国主流企业已在边缘计算领域开展了全方位的工作，并取得了不错的成绩。但边缘计算被称为“人工智能的最后一公里”，还有许多问题需要解决，比如框架的选用、通讯设备和协议的规范、终端设备的标识、更低延迟的需求等。

“十四五”规划中明确提出要“协同发展云服务与边缘计算服务”，国务院《“十四五”数字经济发展规划》同时指出要“加强面向特定场景的边缘计算能力”。我国云计算进入普惠发展期，边缘计算需求激增，云边端一体化成为未来重要演进方向。产业界不断探索实现云边端统一资源管理的技术方案，其中之一便是通过边缘容器实现对边缘节点的统一管理，同时建立云原生 IoT 物模型，对接不同的物联网边缘平台。

如今 IT 负载是由本地和云进行承载，伴随边缘计算的兴起，未来的算力布局将是现场主实时、边缘主加速、云端主集中的模式。得益于国家新基建的持续推进，数字经济规模的不断扩大，以及产业、科研、媒体等各界的共同努力，边缘计算市场将会充满发展机遇。

第1章 边缘计算发展概况

1.1 边缘计算的概念

边缘计算 (Edge Computing) 是指在靠近人、物或数据源头的一侧, 采用融合存储、计算、网络接入、应用核心能力为一体的开放平台, 就近为使用者提供服务。相比于集中部署的云计算服务, 边缘计算解决了时延过长、汇聚流量大等问题, 为实时性和带宽要求较高的业务提供更好的支持, 具有如下特点。

去中心化: 边缘计算的本质是让网络、计算、存储、应用从中心向边缘分发, 以就近提供智能边缘服务。边缘计算可以让用户无论在任何时间、任何地点都可以自由地部署、存储、计算和控制。

实时高效: 数据分析的多数任务在数据完整精度高的原始边缘数据源附近完成, 可以达到最好的模型计算准确性、更精准的分析及反馈。

安全稳定: 边缘计算一方面可以杜绝隐私数据泄露的问题, 另一方面可以稳定快速响应客户, 在无网络或不稳定连接的地点或时刻仍然可以给客户提供不中断无延误的良好体验。

低成本: 边缘计算将大量高频的机器信号数据及时在近端处理并决策, 能节省大量的服务器、带宽、电量乃至物理空间等诸多成本, 从而实现低成本化。

2014 年, **欧洲电信标准化协会 (ETSI)** 在发布的《Mobile Edge Computing: A Key Technology Towards 5G》中指出, MEC 是在在距离用户移动终端最近的无线接入网内提供信息技术服务环境以及云计算能力。2016 年, ETSI 把 MEC 的概念扩展为 Muli-access Edge Computing, 意为“多接入边缘计算”。

边缘计算产业联盟 (ECC) 与工业互联网产业联盟认为边缘计算是在靠近物或数据源头的网络边缘侧, 融合网络、计算、存储、应用核心能力的开放平台, 就近提供边缘智能服务, 满足行业数字化在敏捷连接、实时业务、数据优化、应用智能、安全与隐私保护等方面的关键需求。

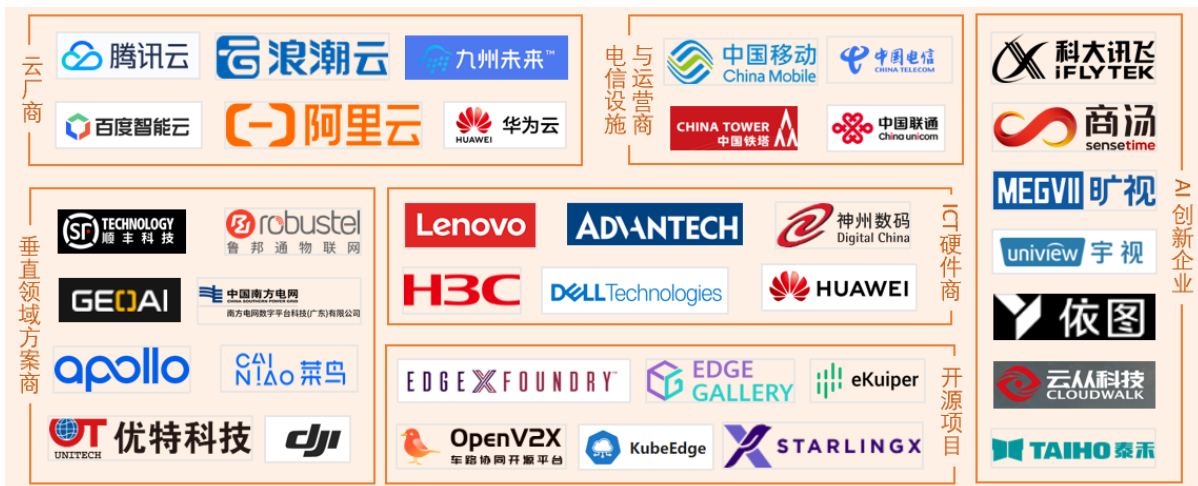
Gartner 认为边缘计算描述了一种计算拓扑, 在这种拓扑结构中, 信息处理、内容采集和分发均被置于距离信息更近的源头处完成。

尽管不同行业和组织对边缘计算的定义描述有差异, 但都表达了一个共识: **边缘计算是在更靠近终端数据的网络边缘上提供与云计算类似的算力服务。** 这种共识的形成与行业的数字化转型相关, 根据 IDC 的数据, 2023 年会有 70% 的企业需要处理物联网数据, 2024 年全世界会有 380 亿物联网设备。通过对人、物、环境、过程等对象进行数字化而产生数据, 以数据为生产要素, 通过人工智能

为各个垂直行业创造经济价值和社会价值，进而进入智能化世界。

1.2 边缘计算产业生态

边缘计算目前处于爆发初期，产业链上的业务边界相对模糊。对于单个厂商而言，既需要考虑与业务场景的融合，又需要从技术层面具备适应业务场景变化的能力，同时还需要保证与硬件设备具有较高的兼容性，以及项目落地的工程能力。



▲国内边缘计算产业生态矩阵，AIoT 星图研究院绘图

电信运营商关注边网融合，例如，中国移动构建面向边缘计算 PaaS 服务 Sigma 平台，为开发者提供 170 余项 API，中国联通推出 CUC-MEC 边缘计算平台并设计 EdgePOD 一体化边缘解决方案，中国电信推出自研 MEC 平台，在各行业开展 5G+MEC 应用合作创新。而中国铁塔作为全球规模最大的通信铁塔基础设施服务提供者，累计承建 5G 站址 170 余万座，自主研发边缘计算网关，结合客户业务场景灵活加载智能 AI 算法，实现本地智能处理和快速响应。

云厂商将公有云服务延伸至边缘，通过 AI+IoT 能力无缝扩展至边缘设备。九州云深度参与了 OpenStack Edge Group、StarlingX、Kubernetes、OpenNess 和 EdgeGallery 等边缘开源社区，推出了符合 3GPP 和 ETSI 规范的边缘全栈解决方案；百度发布 DuEdge 开源平台，并建立智能边缘计算框架 BAETYL，同时提供边缘计算+AI 能力；阿里云 2020 年启动首个边缘计算云原生开源项目 OpenYurt，深度挖掘“边缘计算+云原生落地实施”诉求，打造云网边端一体化的协同计算体系。

垂直领域解决方案商专注于行业解决方案，深耕细分领域客户市场，例如，顺丰科技、菜鸟物流专精于物流快递领域，优特科技专注于电力市场，百度阿波罗专注于自动驾驶、车路协同，大疆作为全球无人机巨头，专注于无人机产品和市场。

以新华三、联想集团等为代表的 **ICT 厂商**，将基础软硬件及技术服务同边缘计算场景融合，实现软硬一体的边缘计算私有化部署，并力推云网融合，以满足各类行业智能化应用所急需的新型边缘侧

高性能网络与计算资源。

AI 创新企业利用自身对算法和场景的深刻理解，是边缘计算产业不可忽视的一股力量，自深度学习突破以来，AI 视觉进入规模化商业落地的发展阶段，迅速赋能安防、泛金融、零售、医疗、自动驾驶、泛工业及泛农业等场景。

边缘计算开源项目方面，云厂商开源了各自基于 Kubernetes 的边缘计算云原生项目，如华为云的 KubeEdge，阿里云的 OpenYurt，腾讯云的 SuperEdge 等，Kubernetes 由于屏蔽了底层架构的差异性，可以帮助应用平滑地运行在不同的基础设施上。

此外，2016 年 11 月，由华为、中科院沈阳自动化所、中国信通院、英特尔、ARM 和软通动力联合倡议发起成立边缘计算产业联盟（Edge Computing Consortium, ECC），联盟横跨 OT、IT、CT 多个领域，旨在搭建边缘计算产业合作平台，加速边缘计算在各行业的数字化创新和行业应用落地。

1.3 边缘计算相关行业标准

当前，中国边缘计算标准体系相继建立，覆盖边缘设备、边缘软件及解决方案、边缘安全等层面，加速边缘计算技术创新与应用落地。此外，工业、电力、交通、智能家居等行业，逐渐出台针对边缘计算的相关技术标准。

通用边缘计算标准

边缘设备层面，传统服务器、网络、存储等硬件在边缘场景面临部署配置复杂、环境适应性较弱、管理运维复杂等挑战，《边缘一体机能力要求第 1 部分：轻量级边缘一体机》对物理硬件、云端管理、边缘自治、边缘智能、安全等方面进行要求，规范厂商提供边缘一体机的软硬件能力，满足用户对数据处理实时、安全性、可靠性等方面的需要；《边缘一体机能力要求第 2 部分：超融合边缘一体机》对物理硬件、虚拟化、云端管理、边缘自治、边缘智能、安全等方面进行要求，满足用户对统一管理运维、云边协同、边缘智能等方面的需求。

边缘软件及解决方案层面，面对节点分布广泛、网络复杂、资源异构、形态多样等挑战，边缘软件及解决方案提供统一开发和管 理能力，帮助用户构建边缘弹性敏捷应用。目前已出台《边缘节点管理解决方案能力要求》《边缘容器技术要求》《边缘智能通用技术要求》《边缘中间件 第 1 部分：边缘流式数据处理》等行业或团体标准。

边缘安全层面，国家标准《信息安全技术边缘计算安全技术要求》2023 年 5 月发布，将于 2023 年 12 月 01 日实施，标准提出边缘计算安全模型，将边缘安全问题分解和细化，并分别从应用安全、网络安全、数据安全、基础设施安全、物理环境安全、运维安全、安全管理等方面提出具体的技术要求。

行业领域边缘计算标准

公路行业，广东、浙江、江苏、四川、重庆、山东、云南、甘肃等省市制定发布了相关的地方标准或建设指南等指导性文件，对智能高速的总体架构、应用场景和具体内容进行了规定，强调了 5G、北斗、云计算、高分遥感、人工智能等新一代信息技术在高速公路的应用场景。

▼ 地方智能公路建设指南，资料来源：省、市交通厅官网

| 省份 | 时间 | 名称 |
|----|-------------|--|
| 浙江 | 2020 年 3 月 | 《智能高速公路建设指南（暂行）》 |
| 江苏 | 2020 年 11 月 | 《江苏省智能高速公路建设技术指南》 《江苏省普通国道智慧公路建设技术指南》 |
| 山东 | 2022 年 8 月 | 《智能高速公路建设指南》 |
| 宁夏 | 2021 年 2 月 | 《宁夏公路网智能感知设施建设指南》 |
| 云南 | 2022 年 1 月 | 《云南省智能高速公路建设指南（试行）》（2022 版） |
| 北京 | 2022 年 1 月 | 《智能高速公路建设指南（试行）》 |
| 甘肃 | 2022 年 4 月 | 《甘肃省智能高速公路建设技术指南》 |
| 上海 | 2022 年 9 月 | 《上海市智慧高速公路建设技术导则》 |
| 广东 | 2022 年 10 月 | 《广东省智能高速公路建设指南（试行）》 |

工业领域，《工业互联网边缘计算总体架构与要求》《工业互联网边缘计算 边缘云技术、要求及测试方法》《工业互联网边缘计算 边缘节点模型与要求 边缘云》等行业标准已实施。**电力行业**，当前国内已经立项《面向电力行业的边缘计算总体架构与要求》，正式启动电力行业边缘计算标准体系建设工作。

智能家居行业，行业标准《移动互联网+智能家居系统 家庭边缘计算总体技术要求》由中国移动、浪潮、郑州信大捷安、中国通信标准化协会等公司和组织共同起草，于 2023 年 5 月发布，2023 年 8 月 1 日起实施。

AIoT 星图研究院认为，围绕工业、电力、智能家居、公路等场景需求，产业界形成了初步的技术共识，在规范化、模型化和标准化方面已经形成了一定的研究基础，但是现有的标准工作碎片化、重叠化现象严重，已发布的标准要求与当前厂商的产品实现存在脱节等诸多问题，整体上看，边缘计算领域的标准工作仍然处于初级阶段。

1.4 边缘计算相关产业政策

“十三五”时期，国家提出构建万物互联、融合创新、智能协同、安全可控的新一代信息技术产业体系，万物互联的需求推动边缘计算技术及产品的发展。“十四五”时期，各部门推出大量支持边缘计算技术、行业应用相关政策，边缘计算产业迎来前所未有的发展机遇。基于国家边缘计算相关政策和规划，各省市在工业互联网、数字经济发展等相关政策和规划中纷纷提出支持和鼓励边缘计算发展的政策与具体措施。

▼ 边缘计算相关产业政策，资料来源：国务院及地方政府官网

| 时间 | 发布单位 | 政策文件 | 政策内容 |
|---------|----------|--|---|
| 2021年3月 | 全国人大 | 《中华人民共和国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》 | 推动传感器、网络切片、高精度定位等技术创新，协同发展云服务与边缘计算服务，培育车联网、医疗物联网、家居物联网产业。 |
| 2021年9月 | 工信部等 | 物联网新型基础设施建设三年行动计划(2021-2023年) | 加快多源海量数据计入的智能感知技术、物联网操作系统等关键技术攻关，加快边缘计算、数字孪生等技术研发与应用。 |
| 2022年1月 | 国务院 | “十四五”数字经济发展规划 | 加强特定场景的边缘计算能力，强化算力统筹和智能调度。 |
| 2023年2月 | 国务院 | 《数字中国建设整体布局规划》 | 系统优化算力基础设施布局，促进东西部算力高效互补和协同联动，引导通用数据中心、超算中心、智能计算中心、边缘数据中心等合理梯次布局。 |
| 2023年4月 | 上海市经信委 | 《上海市推进算力资源统一调度指导意见》 | 引导根据应用场景，利用存量通信机房、变电站等设施按需灵活部署边缘数据中心。 |
| 2023年5月 | 北京市政府 | 《北京市加快建设具有全球影响力的人工智能创新策源地实施方案(2023-2025年)》 | 面向边缘端应用场景的低功耗需求，研制多模态智能传感芯片、自主智能决策执行芯片、高效边缘端异构智能芯片。 |
| 2023年5月 | 深圳市政府办公厅 | 《深圳市加快推动人工智能高质量发展高水平应用行动方案(2023—2024年)》 | 持续推动智慧城市基础设施与智能网联汽车协同发展。在市容巡查、环境卫生领域适度超前布局市容巡查机器人、扫地机器人等应用。 |
| 2023年7月 | 杭州市政府办公厅 | 《杭州市人民政府办公厅关于加快推进人工智能产业创新发展的实施意见》 | 鼓励贴近应用场景布局高效边缘计算中心，满足视觉智能、自动驾驶、智慧金融、智能工厂等低时延高可靠业务应用需求。 |
| 2023年7月 | 重庆市经信委 | 《重庆市以场景驱动人工智能产业高质量发展行动计划(2023-2025年)》 | 推动云边一体布局、算力自由调配的新型云计算和边缘计算平台发展，构建云网融合的新型算力设施。 |

第2章 边缘计算应用场景及案例

2.1 智慧城市领域

智慧城市是指运用物联网、云计算、大数据、空间地理信息集成等新一代信息技术，促进城市规划、建设、管理和服务智慧化的新理念和新模式。作为 ICT 技术赋能城市发展的一种新思路、新方案，智慧城市经过十多年的发展，正在经历从功能阶段到性能阶段的关键转换期，局部的智慧城市建设取得一定成效，智慧城市急需从“局部智慧”到“整体智慧”，智慧城市的经济性和系统性正在从自发走向自觉。

市容巡检场景

城市物业的综合巡查包括市容巡查、城市公共设施设施巡查、小散工程和零星作业安全巡查等服务，目前普遍采用人工巡查的模式，人工巡查模式存在耗时费力成本高、过程依赖个人、覆盖面和巡检频率不佳、质量管控不严的问题。同时在巡查过程中记录了海量的数据，这些数据资源未转变成数据资产为业务赋能。

万物云 (2602.HK) 致力于打造产业级共享服务平台，基于空间物联技术及应用，为业主、客户和合作伙伴，创造更大更多元的价值。通过将 AI 技术应用于移动巡检场景，万物云创新打造了城市治理 AI 智能巡检车，该车采用物联网、云计算、AI 算法等技术，搭载高清摄像头、车载显示屏、AI 边缘服务器等专业设备，结合“智慧系统+智能机器+员工辅助”的巡查机制，推动城市治理由人员密集型向机械智能化转变，由经验判断型向数据分析型转变，从被动应对型向主动发现型转变。

万物云通过能源监控、能源统计、能源消费分析等方式，让电力、燃气、热力、水等各种能源介质及资源消耗信息可视化，通过开展重点耗能设备和重点用能区域的识别与分析，帮助自身和客户及时了解 and 掌握科学精准的数据，挖掘节能潜力，目前该类水电节约工作已经在物业管理中付诸实践。



▲ 万物云智慧巡检车载方案

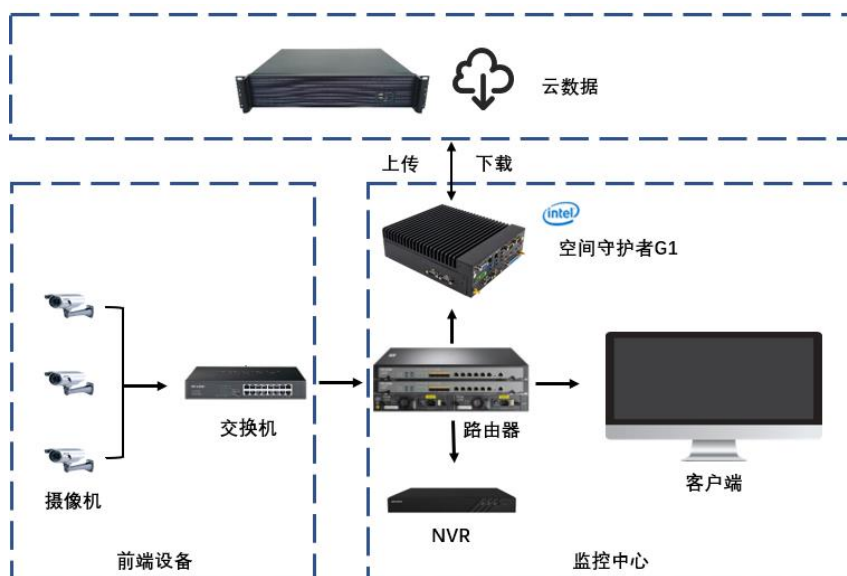
2020 年，武汉江汉区引入了万物云首创的“物业城市”模式——围绕城市管理、市政养护、物业管理等相关业务，进行一体化统筹运营。江汉区国资平台武汉金融街集团与万物云城合资成立武汉市江汉城市资源经营管理有限公司，万物云智能 AI 巡逻车通过“机器+人”的协同机制，实现辖区全域智能运营，推进江汉区从城市“治理”向“智理”转变。该车配备 4 个高清摄像头并搭载全景云台，可以 360°无死角转动，车内还配置有遥控手控器、车载显示屏和平板电脑，车后部装有“灵石”边缘服务器等专业设备。



▲ 武汉江汉区万物云 AI 巡逻车

高空防抛物场景

城市高空抛物事件屡见不鲜、屡禁不止，一直以来备受关注，这种不文明行为所带来的社会危害巨大。该行为大多发生于高空楼层，事假持续时间短，目击者少，事后公安部门执法难度高、成本大。作为英特尔物联网解决方案聚合商，太一物联科技推出的空间守护者 G1 是一款专为高空抛物现象设计的边缘计算设备，致力于保护城市居民的安全。



◀ 太一物联高空防抛物方案拓扑图

空间守护者 G1 基于 AI 和 IoT 技术，通过深度学习算法能够快速精准识别抛物物体，溯源高空抛物行为发生的全过程，实现有效地监控、取证、追责及管理，并将相关告警信息推送到相关人员的管理端，使高空抛物事件得到第一时间处理。

该产品方案包括 AIBox、高抛算法和管理平台，适用于园区和社区等场景，具有 7*24 小时全天候巡检、5*5 像素以上精准识别、识别速度最快达 0.8s 等优势。

智慧工地场景

基于边缘计算的智慧工地解决方案将 AI 技术深度融合应用于传统建筑行业安全监控工作，通过在工地放置一个边缘 AI 分析终端，完成基于智能视频分析技术自主研发视觉 AI 算法，全时侦测待测事件（如检测是否佩戴安全帽），提供人员、环境、安保等安全风险点识别及报警提醒服务，主动识别不安全因素，AI 智能值守，节约人力成本，满足工地的人员、财产安全管理需求。

同时，通过转码和移植技术，可在工地作业现场布置边缘智能分析服务器，完成多个 AI 识别算法的加载运行，实现多路视频的实时接入分析。平台通过实时监控分析实现事前事中事后全方位管理，构建工地作业现场的智能监控和防范体系，提升企业安全管理的效率和质量。

以塔吊远程操控为例，通过在塔吊上部署的多路超高清视频监控摄像头，利用 5G+切片将视频回传至 MEC 机房，再向互联网进行内容分发，完成整条链路数据传输，为塔吊远程操控驾驶员提供毫秒级的实时监控视频，充分满足塔吊远程操控作业需求。



▲ 塔吊高清摄像头及监控画面，来源：AloT 星图研究院《2023 中国智慧工地行业市场研究报告》

鲲云科技与某智慧工地管理平台集成商合作，为山东地区 400+工地接入人工智能视频分析服务。鲲云为每个工地提供一台星空 X6A 边缘小站，内含安全帽识别、反光衣识别、明烟明火识别等标准工地安全生产算法，帮助工地加强安全生产管理效率，满足山东住建厅智能化建设要求。

基于 5G+边缘计算的智慧工地该方案针对传统工地安全管理缺乏有效机制、施工作业人工化程度高、工地安全监管人力成本高的痛点，运用高清摄像头和人工智能分析手段让机器视觉代替人眼提前发现问题，规避可能的危险事故发生，为工地提供管理无人化、监管自动化服务。视频监控设备可部署在工地现场各处，5G 边缘计算解决高清视频回传实时性和带宽限制，边缘计算平台完成实时的计算和处理，实现对工地现场安全和项目进度的远程监测，做到有效信息的及时抓取，形成随时随地可视化协同，提高工地安全性，减少人力监管成本。

2.2 智能交通领域

《数字交通“十四五”发展规划》提出，深入推进“交通设施数字感知，信息网络广泛覆盖，运输服务便捷智能，行业治理在线协同，技术应用创新活跃，网络安全保障有力”的数字交通体系。云边端架构已成为智能交通行业应用部署的基本范式，云侧负责集中式管理以及部分数据处理，边侧主要提供边缘端数据分析计算决策处理，端侧主要负责业务数据采集。

在车路协同、全息路口、自动驾驶、轨道交通等具体场景中，有大量的异构设备接入，这些设备需要进行接入管理、退出管理、告警处理、运维处理。边缘计算可以分而治之、化大为小，提供跨层协议转换功能，实现异构数据的统一和稳定接入乃至协同控制。

全息路口场景

全息路口是交通管理智慧化改造典型场景之一，通过智能边缘计算单元将路口多方向的视频、雷达等多维感知数据统一接入、解析、拟合，融合智能传感器、AI 算法、边缘计算、高精度地图等技术生成“全面、准确、实时、精细”的交通数据，实现路口的全息感知。

通过采集及分析道路交通数据，如车流量、平均速度、排队状态、车头时距、间距、区域停车数、平均延误、空间及时间占有率等数据，解决传统路口单视觉感知、信号灯固时和事后分析等痛点问题，能够为道路交通信号自适应控制、溢出控制、路口仿真等提供精确数据支撑和可视化体验，辅助交警提高管理效能，提升路口通行效率。

百度智能交通推出 AIR 智能道路系统。AIR 基于路侧边缘计算 MEC 设备，聚焦数字化标准路口建设，采用多源异构传感器系统和标准化部署方案，对全量交通对象、违法行为、交通流量、交通事件、预警信息进行实时检测，实现路口全息感知。华为 2022 年推出了智能交通微边缘 ITS800，主要为全息路口提供服务，通过智能交通实现路口数据，特别是雷达和视频的数据融合。



▲ 百度 Apollo 边缘计算单元 RSCU 和 华为智能交通微边缘 ITS800

上市公司万集科技 2022 年完成苏州工业园区金鸡湖湖西片区 17 个路口的全域感知覆盖，通过路侧感知、通信、智能站台等基础设施，实现车-路-场-云互联互通。在雄安容东片区全息路口项目，基于感知融合、V2X 交互、数字孪生等技术，结合电信数据资源处理、边缘服务等能力，实现了基于全息路口全要素数字化重构、交通参与者感知、道路交通行为检测、事件检测、V2X 云车两端的感知和信控真实场景触发等。

轨道监测场景

边缘计算在轨道交通的应用十分普遍，特别在一些对现场安全要求高、并可在断网条件下也可正常工作的场景，边缘计算是云计算的补充和延伸，能实现智能化的实时数据处理等功能。

轨道异物检测是边缘计算在轨道交通领域的高效应用场景，旨在提高实时监测和数据处理的效率，以确保现场的高安全标准并满足断网条件下的要求。近年来，铁路入侵检测问题成为各国铁路运输安全关注的热点问题，当轨道出现滚石、行人、动物等异物时，列车需要进行紧急制动避让等操作，可能导致列车晚点或停运，甚至会导致列车脱轨、出轨、撞击等事故，不仅影响整个铁路运输系统，更严重威胁人民生命财产安全和铁路运输经济的发展。

传统的轨道检测主要是依靠人力，通过在全国范围内设置大量专业巡路人员来达到轨道检测的效果。这种方式虽然能够准确地检测出安全隐患，但过于浪费人力和财力，但对于紧急事故反应不够及时，将会大大增加安全事故发生的几率。因此，建设智慧化轨道交通体系势在必行。



▲ 英码科技轨道异物智能识别应用架构图与业务流程图

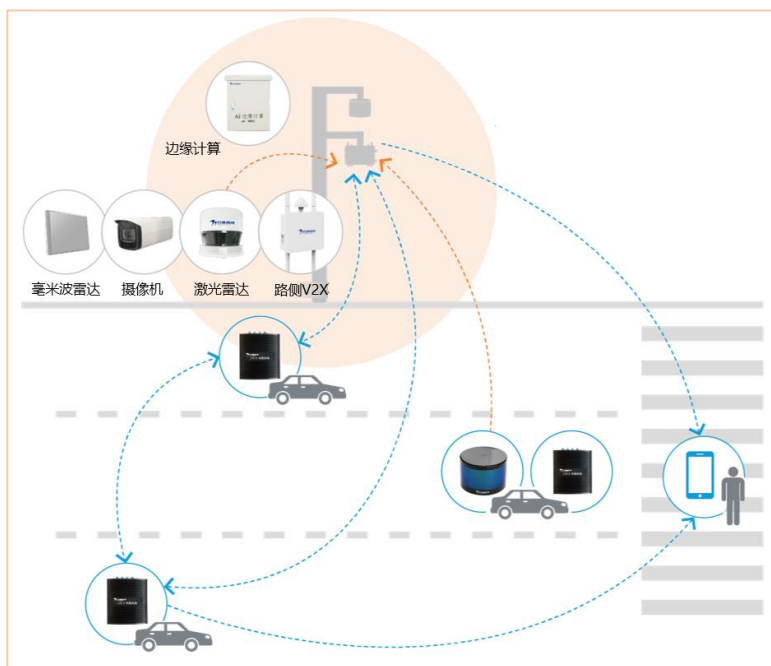
英码科技轨道异物智能识别方案利用轨边安装的摄像头，对摄像头覆盖的区域实时连续的采集，通过 RTSP 或者图片传输协议，将图像传输到 AI 工作站，对采集到的图像进行智能分析，实现对轨道动态实时监测，识别分析结果可以实时传输给上层平台进行告警上报，从而提高作业效率和作业质量，加强轨道安全监控，更好地保障列车行驶安全。

英码科技“深元”AI 工作站，可提供多层次算力，支持 4~16 路 1080p 视频结构化；内置人员入侵、动物入侵、异物检测、落石检测、泥石流检测、工具遗落、水浸检测等多种 AI 视觉算法。

车路协同场景

车路协同业务系统主要由路侧终端、边缘端、云端、外部应用组成，其中一个路侧边缘计算平台会连接多组路侧感知设备，一个区域计算平台连接多个路侧边缘计算平台，一个业务运营平台连接多个区域计算平台。路侧边缘计算平台实时获取路侧传感器数据进行融合计算，以高性能计算能力提供更高精度和更可靠的融合感知结果和交通事件，完成目标的识别、分类、追踪和轨迹拼接等功能，还能够对车辆车牌识别、运动属性预测等，为路侧交通参与者提供准确的数据服务。

路侧边缘计算平台的感知缓存主要存储路侧传感器历史数据，同时对于路侧海量、繁杂的数据进行清洗过滤，抽取业务所需的数据发送给区域计算平台。在高速公路车路协同场景中，当业务场景对时延具有严格要求且需要对感知设备采集的信息进行融合处理时，路侧边缘计算平台为处理终端，既可以满足时延的需求，也可以进行数据融合处理。



▲ 车路协同场景边缘计算拓扑图

如协作式变道场景，路侧边缘计算平台根据车辆行驶意图和感知设备采集的信息进行融合处理，生成调度信息并推送至 RSU，RSU 周期性广播 RSC 消息车辆接收 RSC 消息，车载应用结合自身的定位和行驶数据信息安全行驶。

高速公路路侧部署边缘计算设备，一般路段可按双侧对等 800 米间隔布设 1 台边缘计算设备，可满足同时接入至少 8 台摄像机、4 台毫米波雷达的性能需求。如果部署在中央分隔带，双向 6 车道及以下，中央分隔带按 800 米间隔布设 1 台边缘计算设备，可满足同时接入至少 8 台摄像机、4 台毫米波雷达的性能需求。双向 8 车道及以上，中央分隔带按 400 米间隔布设 1 台边缘计算设备。

自 2018 年我国启动新一代国家交通控制网和智慧公路试点工程以来，国内许多省份对智慧高速进行了实践，建立了智慧监控系统、智慧标志等，开发了智慧高速公路配套的系统，目前国内的 27 个省份智慧高速在建里程已经突破 4000 公里。



京雄高速是连接北京城区和雄安新区最便捷的高速公路，全长 100 多公里，全线设置了 3728 根智慧中枢杆，每个中枢杆集成了智慧专用摄像机、路侧通信设备、能见度检测仪、路面状况检测器等新型智能设备，车路通信系统包括边缘计算设备 69 套、路侧通信设备 138 套、车载终端 100 套。

◀ 京雄高速路段及感知采集设备

深圳外环高速公路是广东省智慧高速省级科技示范路，全长 94km，沿线布设 135 根多功能智能杆，挂载基站实现全线 5G 通讯网络全覆盖。多维传感数据经由杆载边缘计算节点进行实时动态融合，通过 5G 传输及后端平台侧 AI 分析，支撑了深圳外环高速实现精准化交通信息服务、全要素路网监测、精细化道路管养、全实时路况仿真预测、协同化交通诱导管控、全流程应急指挥优化、支撑车路协同应用等智能交通多场景应用。



▲ 深圳外环高速路段和多功能智能杆

公路隧道场景

截至 2021 年底，全国有公路隧道 23268 处、2469.89 万延米，其中特长隧道 1599 处、717.08 万延米，长隧道 6211 处、1084.43 万延米。在隧道变电所布置隧道边缘控制器，可通过监控专网实现与中心平台进行连接。隧道边缘控制器主要实现数据预处理与转发功能，接收隧道现场设备采集的数据，在本地进行存储与备份，并将预处理后的数据发送至中心平台服务器。

隧道洞内路段按不大于 200 米间隔(曲线段适当加密)布设感知点位, 每个点位配置 1 台高清摄像机和 1 套毫米波雷达, 毫米波雷达监测范围不小于 200 米范围, 每个感知点位实现隧道洞内 150 米路段信息感知全覆盖, 边缘计算有分布式和集中式两种部署方式。

对于隧道洞内路段按不大于 400 米间隔布设感知点位, 隧道及相接洞外路段应作为一个区域, 进行集中管控, 原则上部署 1 套边缘计算设备, 支持全域业务数据的协同计算分析。若因隧道太长, 设备太多, 可部署多套边缘计算设备, 并采用强协同工作模式。边缘计算设备可依托隧道洞口或洞内变电所设置, 具备支持区域内所有感知、通信等的接入能力。1km 及以上隧道宜采用设备级的硬件容错机制, 例如双机热备, 3km 及以上隧道应采用站点级的系统容错机制, 例如双活机房。



深圳北斗应用技术研究院基于北斗星辰边缘智能雷视融合一体机, 识别隧道内车辆车型、位置、速度等, 实现隧道车辆进出可视、隧道内位置可视, 对隧道车流量、车速、车道占有率等实时分析及呈现。联动隧道内温感、烟感、能见度等传感器及视频分析综合感知异常事件; 结合监控及传感器实现过程监测, 及时获悉各种数据信息; 联动广播、情报板提醒过往车辆, 构建事件处置闭环。



▲ 圳北斗应用技术研究院智慧公路隧道可视化平台

2.3 石油化工领域

截止 2022 年, 中国石油和化工规模以上企业数量达 28760 家, 全年石油和化工行业实现营业收入 16.56 万亿元, 实现利润总额 1.13 万亿元。目前我国的石化行业正朝着装置大型化、炼化一体化、产业集群化方向发展, 为石化厂区安全生产场景的边缘计算提供了广阔的市场空间。

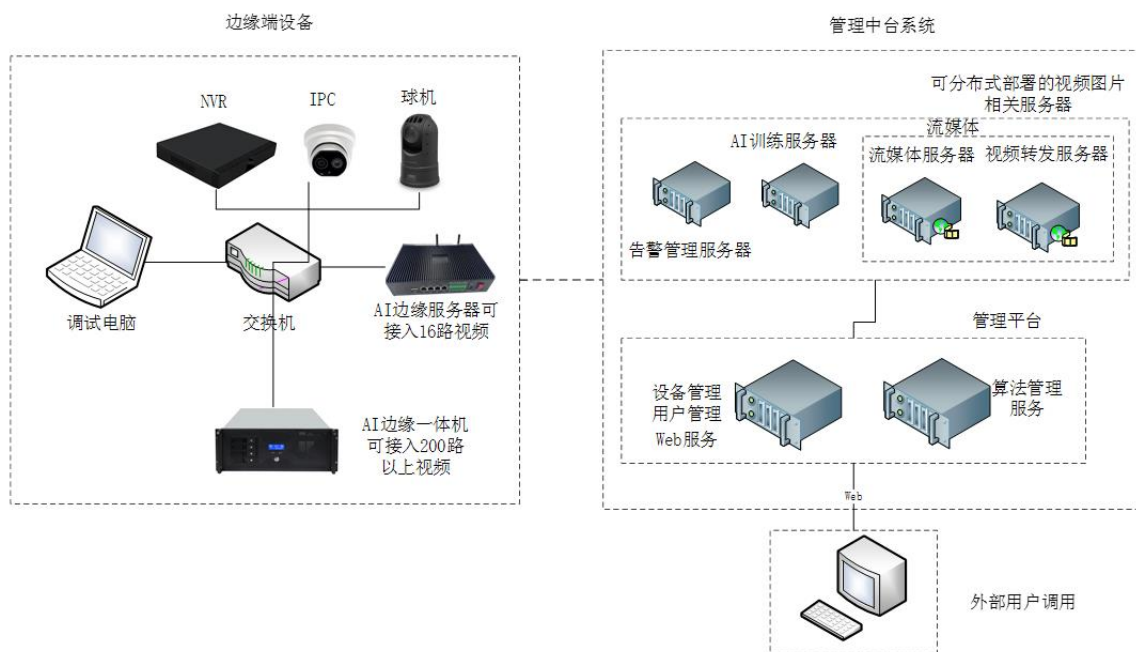
安全生产场景

油库作为石油产品的“蓄水池”, 在油品销售过程中发挥着重要的中转作用。石油产品在油库静态存储过程中由于其自身的物理、化学性质, 以及自然、人为等因素共同作用, 易引发安全事故, 是

重点管控的重大危险源。因此，油库的设备安全、作业安全至关重要。

通过智慧感知设备对储罐区进行 24 小时实时智能监测，并利用视觉 AI 管理平台在统一汇聚数据的基础上赋予智能分析能力，能够及时发现烟雾、明火等异常情况并预警上报风险，同时识别异常人员入侵、人员聚集、人员吸烟等风险行为并实时预警，帮助管理人员实时掌控储罐区的运行情况，助力该油库有效的进行风险管控，进而实现安全管理体系的优化和管理效能的提升。

奔迈科技是一家专注并精通于将基于嵌入式边缘计算的机器视觉算法与端、边、云各类硬件有机结合，从算法、嵌入式系统、硬件设计到软件系统平台，拥有整套自研产品体系的企业。通过应急管理、化工、电力、公安、消防、文化、水利、农业等 2000 多个项目的实际应用，奔迈科技已成长为一站式服务于众多行业，并为各行业进行 AI 赋能的“互联网+物联网+AI 视频”落地型系统解决方案提供商。

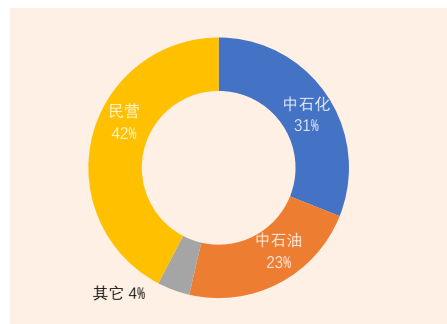


▲ 奔迈科技化工安全生产边缘 AI 系统拓扑

加油站场景

中国石油流通协会数据显示，截止 2022 年底，中国在营加油站总数超过 10 万座。其中，中石化 3.08 万座，中石油 2.24 万座，中海油、中化（道达尔）、延长石油、壳牌等国 有和外方独资企业各有 1000 多座，其余 4 万多座主要是民 营加油站。

中国加油站拥有方对比



加油站属于易燃易爆场所，安全防范工作极为重要，目前国内所有的加油站都已经安装监控系统，在加油区安装摄像头，分析识别是否有人抽烟和打电话，在卸油区安装 1 个边缘计算盒+N 个摄像头，主要分析识别卸油时工作人员是否在离岗、工作人员穿戴是否合规、静电夹是否连接、灭火器是否正常摆放。

以卸油区为例，系统检测到油罐车到达卸油区后，通过检测卸油口是否打开来确认是否为卸油状态，如果在卸油中，则检测工作人员是否在岗，如果工作人员在岗则检测其有无佩戴安全帽，如未佩戴安全帽超过设定的时间间隔时（一般为数秒），产生抓拍预警事件上传并语音提醒（自定义文本，如“请佩戴安全帽”），系统将自动将文本转换为语音播放。



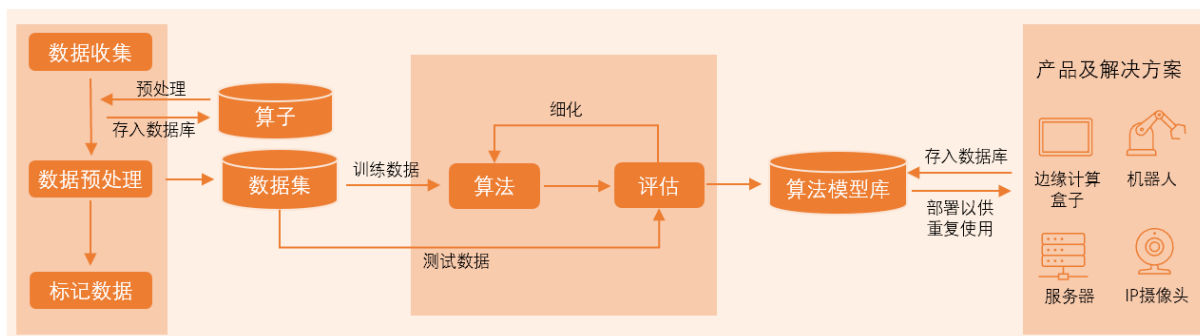
▲ 加油站加油区和卸油区

鲲云科技为山东地区数百家加油站建设智能视频监控系统，包括打电话识别、抽烟识别、烟火识别、人员离岗识别、灭火器摆放识别、静电释放时间检测等智能算法，实现了加油区和卸油区等事故易发、多发部位和环节的智能检测预警功能。此外，鲲云科技与某集成商合作，在河南多地市建设智慧加油站试点，充分利用加油站原有的监控设备，加强场所智能化安全管理。

2.4 工业制造领域

工业现场的很多数据保鲜期很短，一旦延误处理，就会迅速变质，数据价值呈断崖式跌落。为了解决数据实时性问题，应用边缘计算是时之所驱。工业生产特殊性对边缘计算提出了具体要求：一是工业设备通信协议繁多，边缘计算需要处理各种制式的网络通信协议转换、互联互通。二是工业生产要求计算能力实时、可靠，部分场景要求计算处理的时延不超过 10ms。三是许多任务业数据有私密性要求，要保证数据不流出产区，所以边缘计算成为必须。

为满足工业现场边缘计算需求，用户要求将 5G 网络的数据转发功能 UPF 下沉到企业侧的园区机房，园区内的各类终端通过 5G 基站直接将相关数据通过 UPF 分发到企业侧的边缘计算平台，由边缘计算平台上的各类应用提供诸如产线控制、质量检测等生产性功能。



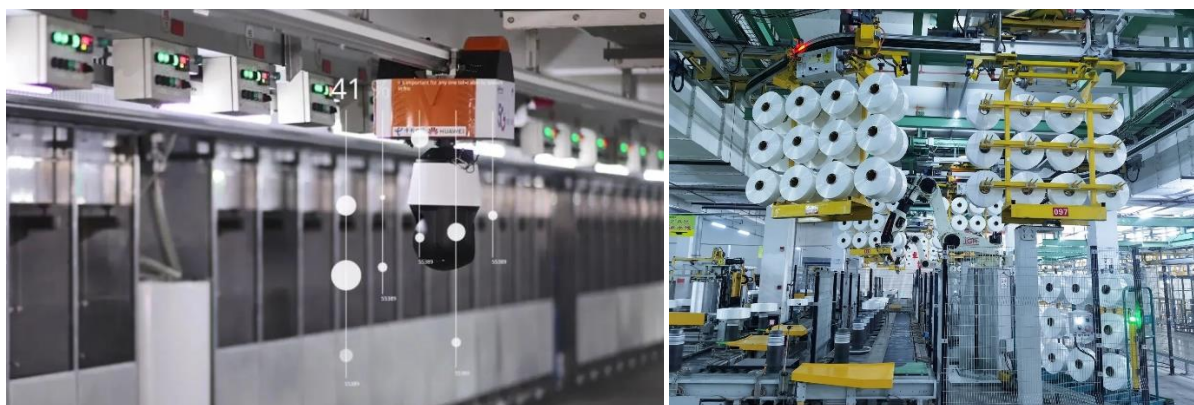
▲ 典型制造业 AI 工作流，AloT 星图研究院绘图

生产流程优化场景

当前大量离散制造系统受限于数据的不完备性，整体设备效率等指标数据计算比较粗放，难以用于效率优化。边缘计算平台基于设备信息模型实现语义级别的制造系统横向通信和纵向通信，基于实时数据流处理机制汇聚和分析大量现场实时数据，实现基于模型的生产线多数据源信息融合，为离散制造系统的决策提供强大的数据支持。

例如，在汽车制造厂，如果工人必须步行到不同的地点来完成任务，则效率低下，而传感器有助于分析工厂空间如何使用、谁在使用以及为什么使用。边缘计算平台为离散制造业提供决策和效率优化能力。边缘计算可以有效支持物料的标识和可追溯性；设备和产线的实时状态监控；现场操作指导和操作优化；自适应的生产调度和工序的优化；上下料和车间物流环节的优化。

桐昆集团股份有限公司是一家以 PTA、聚酯和涤纶纤维制造为主业的大型股份制上市企业，地处浙江桐乡市。在桐昆集团未来工厂，借助 5G 技术等，数字平台与上千条产线、近 3 万台设备相连，日夜不停采集 150 万余个数据点数据。只需几分钟，算法就可整合库存、成本、订单等信息，排出最优生产方案，及时将具体转产方案下达对应工厂。



▲ 桐昆集团智能生产车间，资料来源：桐昆集团官网、年报

在钢铁等流程行业，传统控制方式是 PID（比例-积分-微分）控制，缺点是难以处理多变量和控制滞后。目前，有些工业控制企业集成了模型预测控制软件系统作为系统级边缘计算载体，通过利用预测模型、系统历史数据以及未来输入来预测系统未来的输出。这种控制系统能够通过降低系统反

应时的波动振幅来改造整体工艺的效果和量化价值，达到降低能耗、减少碳排放的核心目的。

流程行业是闭环工艺流程，每个工艺的数据节点位置不同，在设备单元层级，部署边缘计算功能，对工艺设备、风机、水泵等单体设备进行诊断、预测分析保证工艺参数稳定；在 DCS 系统之上部署边缘计算系统，对整个生产工艺的各个连续工序的计算优化，给出最优解，并且闭环执行指令。

在轧钢系统中，大功率电动机工作期间的温升会影响电动机的使用效率，一般通过通风等方式降低电机工作温度。利用基于现场控制器 PLC 框架的边缘人工智能计算模块，可以找到工作主电机的温升与风机电机频率的关系，当工作主电机温度异常升高，自动停止主电机运转或改变通风系统的频率，以此来提高电机运行效率，减少能源浪费和降低电机损坏的可能性。



► 重型热轧 H 型钢生产线

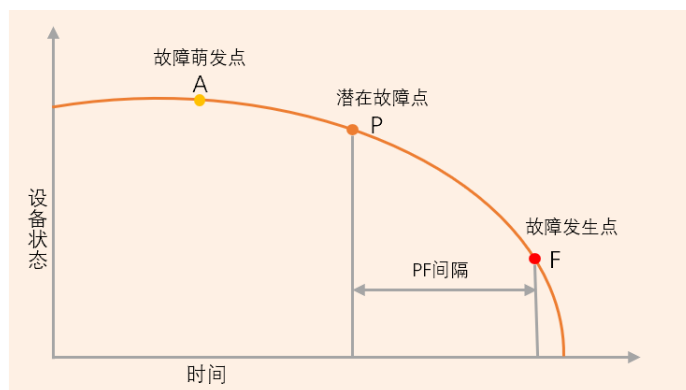
设备预测性维护场景

工业设备的维护分为三种：修复性维护、预防性维护和预测性维护。修复性维护属于事后维护，预防性维护和预测性维护均属于事前维护，前者基于时间、设备性能、现场使用工况等综合因素对设备进行定期维修，更多还是凭人的经验，后者则通过采集传感数据，实时监控设备的运行状态，基于工业模型进行数据分析，准确预测故障何时发生。

设备的性能状态可以用一条缓慢劣化的曲线表示，P 点为潜在故障点，F 为功能故障点。如果在 P 点之前进行维护则属于预防性维护，即为过度维护，在 F 点以后进行维护则属于修复性维护，往往会伴随严重的损失，在 P 点之后 F 点之前进行维护相对而言是最经济的，因而寻找和确定 P-F 的间隔愈发重要。

► 设备性能劣化曲线 (P-F 曲线)，AloT 星图研究院绘制

因此，预测性维护不但可以提前识别设备故障，避免功能性故障带来严重损失，而且可以协助确定最佳维修时间，减少非必要的预防性维护费用支出，缩短停工时间。但是预测性维护对技术水平和数据采集、监测、处理、分析等能力提出了更高的要求，前期成本也较高，企业往往没有动力自行



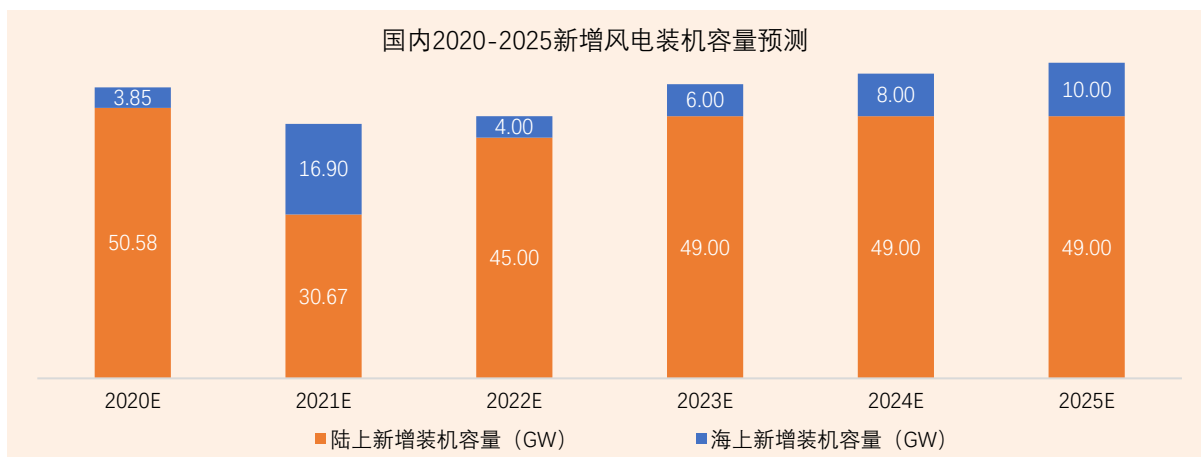
研发预测性维护所需的设备、软件等，因此与外部的智能运维公司合作成为较为普遍的模式。

预测性维护能够有效降低人员工作量、减少现场停机时间和提高设备使用寿命，但目前其应用在传统流程行业并未广泛铺开。相关数据显示，2020 年我国制造业中实行预测性维护的企业仅占 14%，东吴证券预测显示，2025 年风电、钢铁、煤炭和石化等行业预测性维护潜在市场合计超 400 亿元。

以风电行业为例，由于风电场选址比较偏僻，地理环境条件相对恶劣，且各风电场相距较远，风电场内部风机数量较多，故该行业市场对设备状态监测与故障诊断需求较为迫切。但是风电运维领域的竞争日益激烈，目前从事风电运维服务的企业有三类：整机制造商、风电场开发商和第三方运维服务商。相较于制造商和风电场开发商，第三方运维服务商的议价能力较弱，但入局较早的公司仍有较大的竞争优势。



▶ 安装了在线监测系统的风机主轴承



▲ 2020-2025 风电装机容量预测，数据来源：山西证券

上市公司**容知日新 (688768.SH)** 推出采用“云、边、端”三层架构的灵芝 SuperCare 设备智能运维平台，该平台已在多家头部企业先行试用，以中信泰富特钢集团青岛特钢为例，在平台植入之前设备事故年停机次数在 5 起以上、年停机时长均超 3273 分钟，在平台植入后实现全年零事故、年经济增益估值约 700 余万元。

SophonEdge 是**星环科技 (688031.SH)** 人工智能产品 Sophon 旗下的一款企业级物联网智能产品，它将 AI 算力注入边缘，就近对设备接入的数据进行分析和挖掘，降低在云端之间交换数据的必要。例如，在地铁线路弓网燃弧检测中，人工巡检需要消耗大量人力，且整体工作效率不高。用户使用 SophonEdge，首先对视频进行图像识别，将图像中的火花信息提取成结构化的时序信息；然后通过时序智能分析，根据火花发生频次和位置来评价地铁线路健康状况；最终结合现有的数据大盘对多条线路的健康状况进行综合展示。

工业质检场景

工业视觉检测领域首先是以传统的自动光学检测 (AOI) 形态进入质检领域, 但 AOI 发展至今, 在诸多缺陷检测等复杂场景中, 由于缺陷种类繁多, 特征提取不全, 适配算法延展性差, 产线更新频繁, 算法迁移不灵活等多种因素, 传统 AOI 系统已难以满足产线发展的需求。因此, 以深度学习+小样本学习为代表的 AI 工业质检算法平台正在逐步取代传统的视觉检测方案, AI 工业质检平台经历了经典机器学习算法和深度学习检测算法两个阶段。

工业质检分类及需求, 资料来源: 海通国际

| 行业 | 痛点 | 需求 |
|-------|---|--|
| 新能源电池 | 误检率、部署周期、检测速度 | 涂布、极片表面缺陷检测、模组焊点缺陷检测等 |
| 3C 电子 | 电子产品的微小结构多, 表面纹理复杂检测效率低 | 背板、玻璃、挡光板缺陷检测、PCB 检测、字符缺陷检测, 降低漏检率, 提高检测速度 |
| 半导体 | 误检率高, 部署周期长 | LED 表面缺陷检测、硅片缺陷检测、芯片表面检测等 |
| 能源电力 | 人工质检出效率低 | 风电、火电、新能源故障检测, 位置分析等 |
| 汽车 | 冲压车间、焊接车间生产工序多, 结构件多, 一致性差, 误检率/漏检率高, 检测速度慢 | 钣金焊点检测、雨刷检测、结构件外观检测等生产工序的自动化质检 |
| 钢铁 | 铁水运输效率低, 钢铁表面缺陷多样, 钢管焊缝缺陷细微等 | 提高铁水运输效率, 钢铁表面/焊缝缺陷检测 |
| 食品饮料 | 人工质检成本, 检测效率 | 茶叶质检、玻璃瓶质检、包装质检等 |
| 医疗 | 漏检率、误检率、成本, 检测速度 | 药品缺陷检测、针管检测、口服液杂质检测等 |
| 光伏 | 误检率、部署周期、检测速度, 成本 | 光伏板缺陷检测、外观检测等 |

以 3C 电子行业为例, 该行业中国的质检人员大概 300 万人, AI 视觉检测系统替代 50% 的人工计算, 全面引入 AI 视觉检测系统的市场规模可达到 300-600 亿元/年。汽车行业单条“冲-焊-涂-总”生产线的 AI 视觉检测改造价值在 2000-3000 万元, 对应市场规模 120 亿。根据 IDC 报告, 工业质检前五大厂商分别为百度智能云、创新奇智、腾讯云、华为和阿丘科技。

华为南方工厂在试点产线部署了华为升腾全套 AI 质检方案, 实现了成像子系统、训练子系统、推理子系统的有机结合, 实现一站式部署、算法准确率大幅提升、模型迭代时长大幅缩短。工业边缘智能化升级的实现方式如下: 工业数据方面, 应用难例识别实现半自动筛选难例, 同等精度仅需 65% 的样本, ISV 算法精度提升 10%, 应用样本处理分析工具实现样本采集时间缩减 50%, 应用增量学习实现一键算法迁移, 周期缩减 50%。

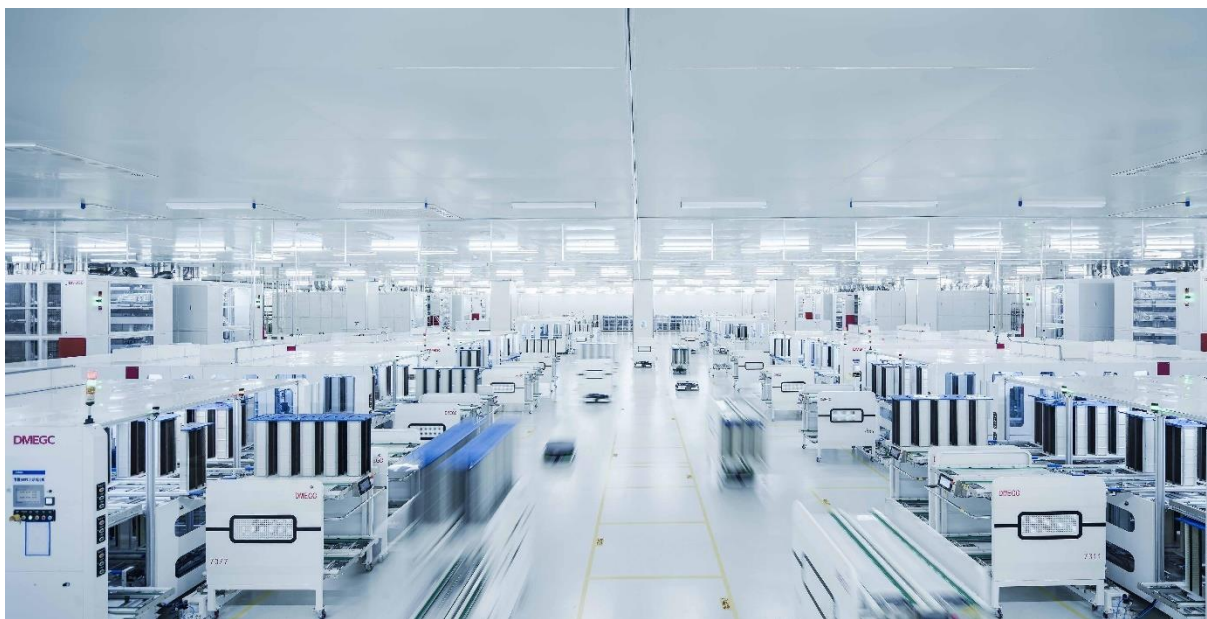
创新奇智 (2121.HK) 拥有机器视觉智能平台 ManuVision、边缘视频智能平台 MatrixVision 及分布式机器学习平台 Orion 三个 AI 平台。其中, MatrixVision 结合边缘计算和深度学习, 基于专有边缘计算设备, 可以执行视频流译码、图像编码及译码、模型转换与迁移、模型部署及实时推理等任务。

MatrixVision 平台与工业云平台深度融合通过边缘云协同实现随时监管及控制边缘计算设备上的模型及算法，并可以通过 OTA 技术动态升级计算模型。



▲ 创新奇智 MatrixVision 边缘视频智能平台架构，资料来源：创新奇智官网

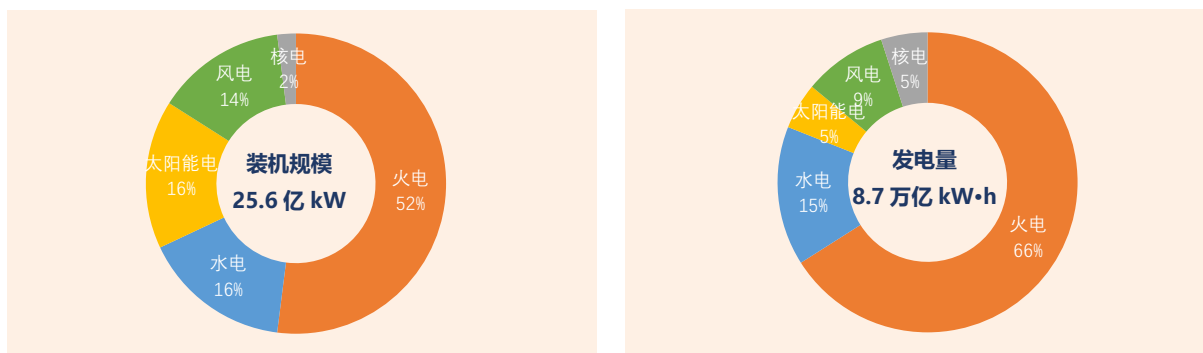
横店东磁创立于 1980 年，是“磁材+新能源”双轮驱动发展的国家高新技术企业，2006 年在深交所上市，其电池片六厂被列入 2020 年国家传统产业智能化、信息化改造项目。六厂从生产、物流到检测等环节均实现 5G 边缘计算赋能，使用 AI 检测，使得检测一片单晶电池片只需要 200 毫秒。基于光学图像、自动化，以及神经网络技术，AI 质检在 MEC 边缘服务器上执行，数据归档则存储在云端进行，由此实现单晶电池片 EL（电激发光）检测的毫秒级自动判定。



▲ 横店东磁电池片六厂生产车间，资料来源：横店东磁 2022 年度 ESG 报告

2.5 智慧电力领域

目前我国电力系统发电装机总容量、远距离输电能力、电网规模等指标均稳居世界第一，电力装备制造和系统调控运行等方面均建立了较为完备的业态体系，为全社会清洁低碳发展奠定了坚实基础。截至 2022 年底，我国各类电源总装机规模 25.6 亿千瓦，总发电量 8.7 万亿千瓦时，全社会用电量达到 8.6 万亿千瓦时。



▲ 2022 年全国各类装机规模和发电量占比

随着数量众多的新能源、分布式电源、新型储能、电动汽车等接入，电力系统信息感知能力、新能源消纳能力和源网荷储互动调节能力，需要电力企业持续推进物联网、人工智能、大数据等技术的应用，积极部署边缘计算基础设施，才能迎来良好的产业发展前景。电力行业中，部署在边缘侧的通用管理能力，包括数据分析、模型推理、设备控制、设备接入、数据预处理等，可面向电力行业应用提供高效、实时、智能的边缘服务。



构建覆盖能源电力系统全环节的边缘计算体系，对外可以推动电源侧、电网侧、用户侧、供应链泛在互联，实现对电网和客户状态的深度感知，促进源网荷储协调互动，支撑区域电力能源自治；对内可以实现源端数据融通和业务实时在线，汇聚各类数据进行共享应用，提升企业管理水平和客户服务水平。当前，边缘计算技术在电力行业的发电、输电、变电、配电、用电与源网荷储协同互动等核心业务场景中，均得到广泛应用。

发电场景

2022 年 1 月，国家发改委印发的《“十四五”现代能源体系规划》中提出，发展智慧电厂包括数字化三维协同设计、智能施工管控、数字化移交、先进控制策略、大数据、云计算、物联网、人工智能和 5G 通信等示范应用。

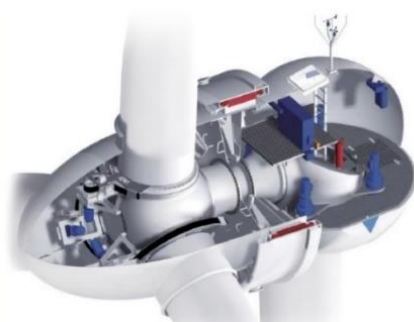
▼ 典型数字化火力发电厂情况

| 电厂项目 | 规模 /MW | 燃料 | 主要功能 | 投产时间 |
|--------------|--------|----|--|--------|
| 国华电力太仓电厂 | 2×630 | 燃煤 | 设备故障诊断、智能燃烧优化、机器人巡检和智能报表 | 2020 年 |
| 内蒙古东胜热电公司 | 2×330 | 燃煤 | 三维可视化平台、5G 网络、视频巡检和机器人巡检 | 2020 年 |
| 大唐姜堰（泰州）智慧电厂 | 2×200 | 燃气 | 三维可视化平台、三维培训、设备故障诊断、视频巡检、人员定位、智能两票、电子围栏、大数据运行优化和 APP | 2021 年 |
| 大唐南京发电厂二期 | 2×660 | 燃煤 | 三维可视化平台、锅炉 CT、燃烧优化、燃料智能掺配、设备故障诊断和人员定位 | 2019 年 |
| 海丰热电厂 | 2×1000 | 燃煤 | 三维可视化平台、APS 一键启动、设备故障诊断、智能吹灰、智能喷氨、煤场自动化、人车定位和大数据运行优化 | 2015 年 |
| 宝武马钢 5G 智慧电厂 | 183 | 燃气 | 三维可视化平台、智能巡检、人员定位、视频巡检和机器人巡检 | 2019 年 |
| 佛山南海垃圾焚烧发电项目 | 2×25 | 垃圾 | 燃烧优化 | 2019 年 |

经测算，一个中等规模的智慧火力发电厂，需布置 600 个以上的摄像头监测生产现场，操作人员难以对如此规模的视频信息及时处理。依托边缘计算技术，采用无人机、机器人等采集现场视频，对发电厂环境、设备和车辆进行实时监控和数据采集，将视频数据传输至边缘计算网关，通过人工智能模型进行分析推理，识别设备异常、外物入侵和仪表异常等状态并进行报警。

此外，随着发电自动化和智能化技术发展，可通过边缘计算网关对发电设备状态进行自动化控制，如火电厂可根据电网调度指令和厂内控制指令自动通过边缘计算设备控制 AGC/AVC 系统调节电量与电压，光伏电站可根据太阳光方向由边缘计算设备自动调节光伏板方向等。

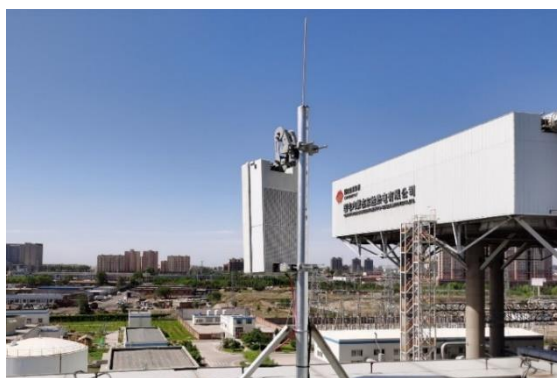
风电机组大部件的可靠性对于机组性能和安全具有重大影响，其故障恢复成本也相对高昂。相关数据显示，某风电机组发生一次齿轮箱重大故障，其修理、安装等各项恢复费用达 50 万元。若齿轮箱报废，总费用接近 100 万元，该费用超过风机年发电收益的 30%。基于边缘计算的风机故障诊断及预警系统可以对风机运行状况进行监测分析与诊断，其数据采集主要对象是风机、升压站、测风塔、AGC 和 AVC 系统等，通



过系统能够获知机组整体和主要部件的运行状况，对可能发生的故障及时预警，并为机组检修计划安排提供量化的决策支持信息。

在数字化火力发电厂应用方面，国有企业走在前列，国家能源集团、大唐集团、京能集团、华润电力、宝武集团和瀚蓝环境等大型集团旗下的典型数字化电厂，对于数字化转型主要聚焦在生产数字化、管理数字化、决策数字化、风险管控以及电力工控自动化等方面。

东胜热电作为国内首个落地“5G+智慧火电厂联合创新实践基地”的企业，通过引入5G网络突破行业瓶颈，实现由传统企业转型为数智企业的飞跃。5G专网 eMBB 切片基于边缘计算，实现设备就地快速初筛查。在5G技术的支撑下，东胜热电每月例行检修周期缩短至5.2天；节约网络链路铺设成本50万元/年，降低维护费用31万元/年；运行管理人员同比降低1人/每台机组。



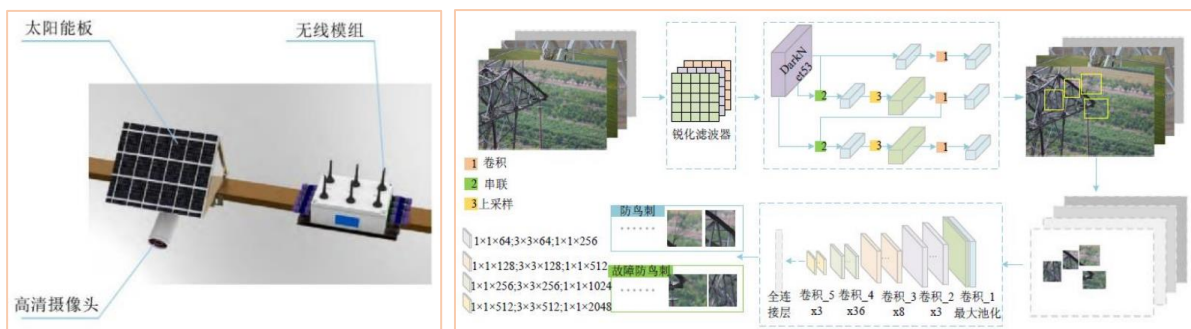
输电场景

电力输电场景中，路线跨距长、电压等级高、地形条件复杂，容易造成短路或输电设施破坏，导致线路非计划停运，严重危及输电线路安全稳定运行。据统计，近年来国家电网公司330kV及以上输电线路共发生输电线路异常目标所导致的故障436次，占故障总数的18.7%，停运274次，占停运总数的35.12%，且呈逐年增长趋势。

输电系统中有大量的传感器和控制设备，收集到的数据可以用来监测和控制输电线路的运行状态，并进行预测和优化输电过程。在线路温度监测、异常放电侦测、绝缘状态感知、雨雪量监测、地质灾害检测等设备感知场景中，通过导线、输电杆塔等处的测温传感器、导线弧垂传感器、气象传感器、通道监控等端侧感知设备，将收集的数据通过本地组网方式传输至边缘计算网关进行计算处理，计算结果上传至物联管理平台，并接入实时预警平台进行预警。

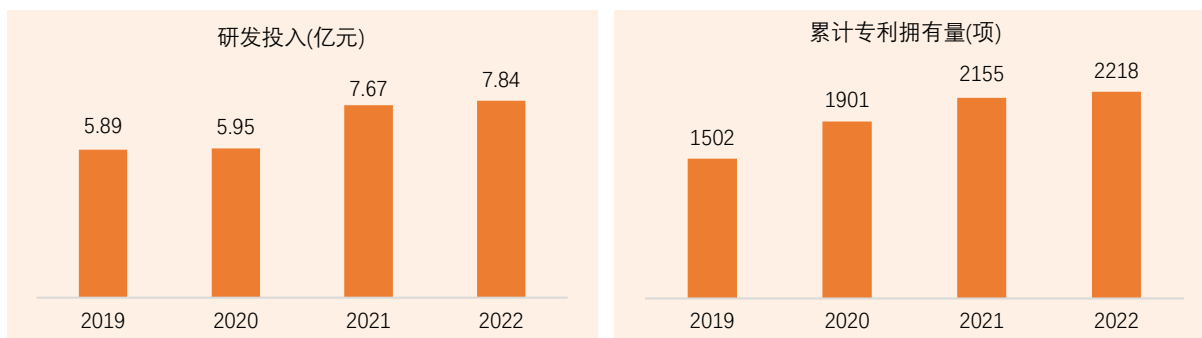
在线路巡检场景中，使用无人机、直升机等飞行器，通过拍照、录制视频、激光点云等方式对输电线路信道和杆塔进行数据采集，采集数据可实时或统一回传至边缘计算设备，使用人工智能技术在前端对输电线路设备和通道缺陷进行预识别，识别结果上传至监控中心和数据中心。

由鸟害引起的输电线路故障是当前频繁发生的故障之一，现阶段广泛采用的防鸟刺容易产生倒伏等故障而失去防鸟作用。在无人机上搭载边缘计算设备来对防鸟刺设备进行检测处理时，针对防鸟刺尺寸差别较大、轮廓特征不显着、重叠较为严重等问题，基于深度卷积神经网络的防鸟刺识别算法可以利用锐化滤波器增强防鸟刺的轮廓特征。



▲ 输电线路边缘计算终端和防鸟刺故障检测算法原理图

深圳供电局承担深圳市除蛇口外区域的供电任务，供电面积 2421 平方公里，输电线路设备点多面广，而且大部分位于丘陵山间，传统人工巡视需要跋山涉水，工作强度大，且存在登高、野外作业等多项风险。该局与华为携手，在边缘侧部署输电视频监控终端，集成 Atlas 200 AI 加速模块，运行 AI 推理算法进行就地图像视频分析，及时上传告警。通过“系统智能分析为主、人工判断为辅”的模式，原来需要 20 天的现场巡视工作，现在仅需 2 小时就可完成。



▲ 深圳供电局研发投入和累计专利拥有量，来源：深圳供电局 2022 社会责任实践报告

变电场景

变电场景中的边缘计算应用包括实时监测和控制电力设备和网络等，通过处理大量实时数据，为电力公司的决策提供实时支持，实现电力系统的可再生能源转换与电力系统的自主调度。以广州市为例，截止 2019 年变电站数量达 353 座，一座变电站至少设置 50 个摄像头用于人员安全防护和设备状态感知。若变电站统一采用超清 1080P 摄像头，视频流按 25 帧每秒计，每帧的大小为 1920×1080，则一个变电站每小时将会产生 434.5GB 的视觉影像，整个广州市的变电站一个小时将会产生 149.8TB 的视觉影像数据。

这种情况下，通过边缘计算将感知终端的影像数据在更靠近数据产生终端完成处理，避免了云计算数据上传的带宽和时延，降低了深度视觉模型的推理时延和能耗，具有更快地响应和处理速度，且能够极大地减轻数据中台的存储压力。当前，边缘计算在变电业务中非常重要的使用场景是变电站区域区域智能巡视，该巡视系统一般包括视频巡视、无人机巡视和机器人巡视三种模式。

视频巡视模式对采集到的变压器、套管、PT、CT 等重要设备的图像数据进行智能分析，实现智能

联动、作业管控等功能。**国网白银供电公司** 2022 年试点建成人机协同巡视样板间，该智能巡视系统可以分析 25 类变电缺陷，同时搭载 20 余座变电站的巡检任务，将单站 35 小时人工巡视时间压减为多站智能巡视 1 小时，替代 582 项人工例行巡视，大大提升设备巡检质效。

国网石家庄供电公司应用智能远程巡检平台，用时 18 分钟完成 1469 套继电保护装置的 8 万余项信息核查和多处异常点定位工作。使用该平台单站继电保护装置巡检平均时长由 2 小时缩短至 10 分钟，大幅提高了处置效率，并提升了变电站继电保护装置智能化运维水平。

无人机巡视模式通过对无人机、机巢的远程自动控制，实现变电站无人一键式自主巡检与风险及时



预警，涵盖无人机在变电站内外巡检安全作业全过程。通过无人机智慧管控平台，巡检人员无需到达作业现场，无人机便能自主完成例行巡检、特殊巡检等任务。

◀ 大疆经纬 M30 机场套装，机场预留边缘计算扩展接口

武汉供电公司是隶属于国网湖北省电力有限公司的特大型供电企业，该公司有 500 千伏变电站 9 座，35~220 千伏变电站 253 座。通过激光点云建模、RTK 厘米级定位，精确检测变电站一次设备部件，完成刀闸、断路器、互感器等重要部件的拍摄任务，上传到后台的同时自动生成分析报告。

武汉供电公司是隶属于国网湖

机器人巡视采集的数据包括可见光照片、红外图谱、音频等，通过红外热成像和高清视频双视相结合，精确识别变电站内各类仪表读数及设备制热现象，并及时发现设备缺陷，提高巡视效率。

配电场景

配变台区是供电公司直接服务客户的“最后一纳米”，依托台区客户用电数据和边缘计算网关算力，分析台区故障及停电事件，发挥台区边缘计算网关本地化边缘计算能力和处置优势。全国 297 个地级市大概有配电站 30 万座，配电业务场景主要包括配网运行状态感知、营配业务贯通、台区精益管理三大类，覆盖了柱上变、箱变、配电室等三种主流低压配电台区环境。



国网寿光市供电公司是山东省 14 家重点大型县供电企业之一，下设 14 个供电所，服务客户超过 50 万户。2020 年，公司以“菜博会”配电室为试点，开展基于“数字孪生”的全感知智慧配电室

建设，布置巡检机器人、边缘物联代理设备、环境监测、视频监控等设备 8 套，安装水浸、烟感等传感器 637 个，是应用“数字孪生”技术的全感知物联网配电室。

该公司还探索配电侧智能运检新路径，在寿光市三元朱、寨里等用电村开展全息感知智慧台区试点建设，目前已建成 10 个全息感知智慧台区，将信息传感器延伸到客户家用电器设备，实现了停电信息、设备缺陷信息精准到户以及故障抢修秒级响应。

源网荷储场景

源网荷储场景中，数据量大、采集频率高，以数字储能集装箱数据采集为例，物联网采集终端约 10 万个，频率达 100ms~200ms/次，一年的数据量接近 500TB。通过在边缘计算节点上运行智能储能算法，可以实时调整储能设备的充电和放电策略，从而保证电力系统的稳定运行，并提高能源的利用效率。

基于云边协同技术，可将功率预测模型下沉至边缘侧，结合传感器采集的光伏阵列所处环境实时气象数据，对分布式光伏短期发电功率进行初步预测，并将预测结果上传至云端一体化控制器系统，可有效提高分布式光伏短期发电功率预测及时性。

三峡乌兰察布新一代电网友好绿色电站位于内蒙古乌兰察布四子王旗，是内蒙古自治区和三峡集团



政企携手合作的“源网荷储”示范项目，也是全球最大“源网荷储”一体化项目。项目于 2020 年 10 月启动，2021 年 12 月实现首批机组并网。通过建设智慧联合调度中心，打造乌兰察布项目的“中枢大脑”，加强与电网、负荷实时运行数据的耦合，加强与电网调度交易中心的互动。

◀ 乌兰察布“源网荷储”示范

项目

在虚拟电厂建设方面，深圳供电局的网地一体虚拟电厂运营管理云平台，通过能源互联网技术，整合海量分散电力资源，协调优化电网运行方式，来缓解城市电网峰谷差大、局部电力供应紧张及土地资源紧张等问题。2022 年 4 月 29 日，位于深圳龙华区民兴苑的 V2G 充电站首次实现大湾区利用网地一体虚拟电厂平台实行精准削峰，在 1 分钟内充电站迅速将充电功率降为零，并进一步将车载电能返送回电网。



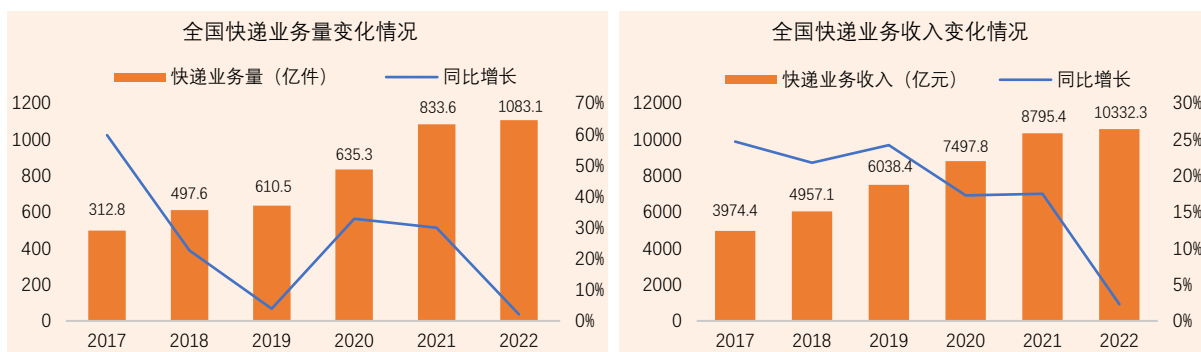
▲ 车网双向互动示范项目——龙华区民兴苑充电站

截至 2022 年底，深圳供电局已建成国内数据采集密度最高、接入负荷类型最全、直控资源最多、应用场景最全的虚拟电厂，累计接入资源规模 110 万千瓦，其中包括充电桩、建筑楼宇空调、储能系统等可调节负荷资源 85 万千瓦，分布式光伏约 25 万千瓦，实时最大可调节负荷能力 20 万千瓦。

2.6 长尾需求领域

快递中转场景

快速发展的中国电子商务行业孕育了超大规模、高度发达的物流市场，特别是在“双 11”、“618”等电商集中促销的业务高峰期，需要处理的快速业务更是堪称海量。国家邮政局监测数据显示，2022 年快递业务量累计完成 1105.8 亿件，同比增长 2.1%，业务量连续 9 年位居世界第一；快递业务收入累计完成 10566.7 亿元，同比增长 2.3%。



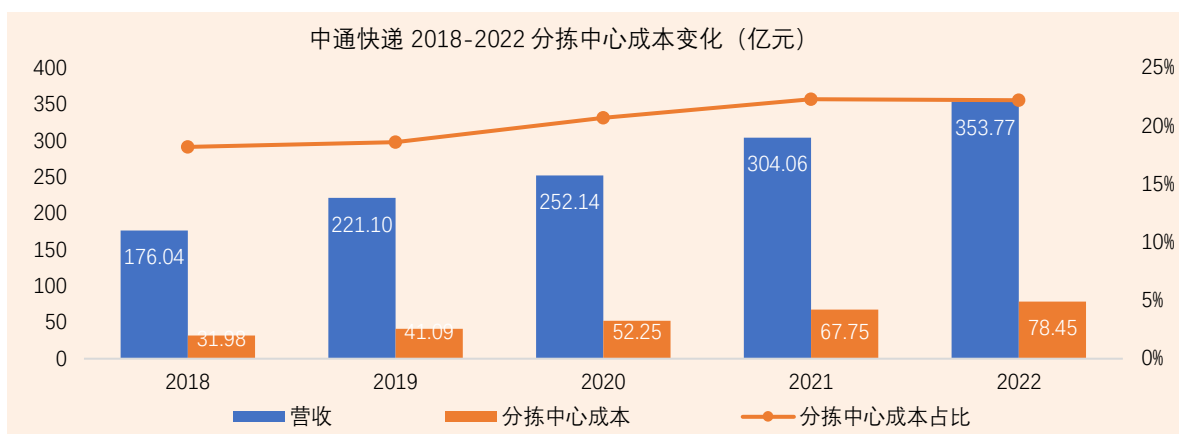
▲ 全国 2016-2022 年快递业务量与收入变化，数据来源：国家邮政局

物流行业是一个对于业务运转速度要求很高的行业，有大量就近计算的场景，对于 AI 视觉应用的推理速度有着很强的实时性要求，因此越来越多的快递企业选择将部分视频推理等负载转移到边缘侧，打造融合了网络、计算、存储和应用边缘 AI 系统。



▲ 物流中转现场和通用 I/O 设备

中通快递 2022 年度包裹量达 243.89 亿件，市场份额超 22%。其早期部署的边缘视觉 AI 方案，能有效监测园区内是否存在攀爬传送带等危险作业，踩踏、暴力分拣等违规作业，以及未戴安全帽等着装安全问题。随着业务的快速发展以及技术应用的不断深入，中通快递搭建了一个基于云原生技术的边缘计算平台 ZEdge，该平台为各类应用在边缘的混合运行提供了一定的 QoS 保障，实现了部分应用的边缘段自治，提高物流效率和降低成本。



▲ 中通快递分拣中心成本及其占比呈逐年上升趋势，数据来源：中通快递年报

中转中心快件数据扫描后，经过中转中心部署的服务进行第一次处理，然后把处理过的数据上传到数据中心。各个中转中心部署的服务现在是通过自动化脚本远程发布，目前中通所有中转中心将近 100 个，每次发布需要 5 个人/天。通过边缘管理方案，大幅度减少人力发布和运维成本。为了降低快件破损率，中通在各中转中心及其网点流水线安置摄像头扫描操作工日常操作，扫描数据会传到本地的 GPU 盒子进行图片处理，处理完的数据传到数据中心。

韵达是 A 股首家枢纽转运中心 100% 自营的快递公司，截止 2022 年，公司自动化设备资产值为 58.02 亿元，占固定资产的比例约 42.09%。目前公司已经形成了 AI 应用场景的云端+边缘端的联动部署格局，云端实现了集中制安全处理海量数据并及时反馈决策信息，边缘端保证数据产生地的信息反馈的实时高效性，在公司正在打造的视频分析平台和 OCR 面单识别应用中已实现高效应用。



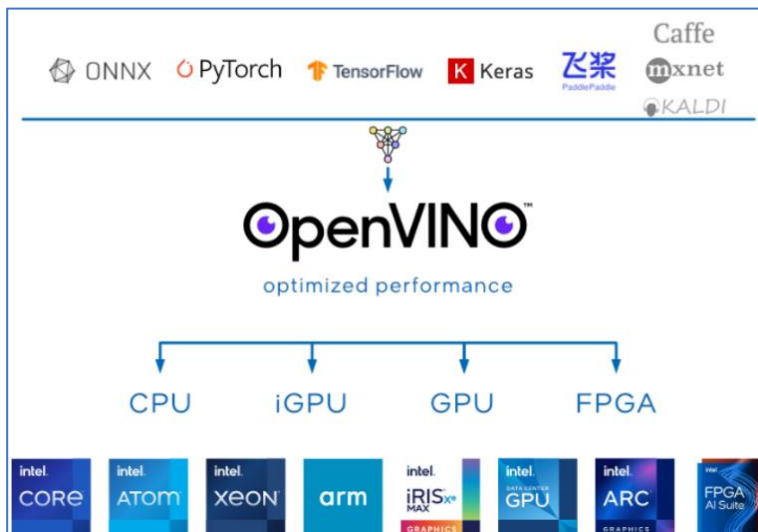
▲ 快递爆仓场景

韵达智慧视觉系统中的爆仓识别算法主要用于检测仓储状况，该算法基于 MaskR-CNN 模型进行开发，韵达标注了大量的实际业务数据，用于对 MaskR-CNN 进行训练，同时对训练模型进行优化和调整，在保证数据精度的同时能实现实时运算。通过将视觉负载转移到边缘 AI 架构，降低了负载处理延迟，据计算，使用该系统后，韵达仓储环节爆仓下降了 50%，运输环节货车准时准点到站率提高了 20%。

韵达技术团队打造的智能视觉系统，使用 OpenVINO 工具套件进行模型优化与推理加速，并使用英特尔开源的性能评估套件来满足多路视频拉流解码、视频编码分发、视觉 AI 分析等高并发边缘侧视频处理的需求。OpenVINO 是英特尔针对自家的硬件平台开发的一套深度学习工具库，包含推断库、模型优化等与深度学习模型部署相关的功能，支持超过 200 种的 CNN 网络结构，当前最新版本为 2023.0。

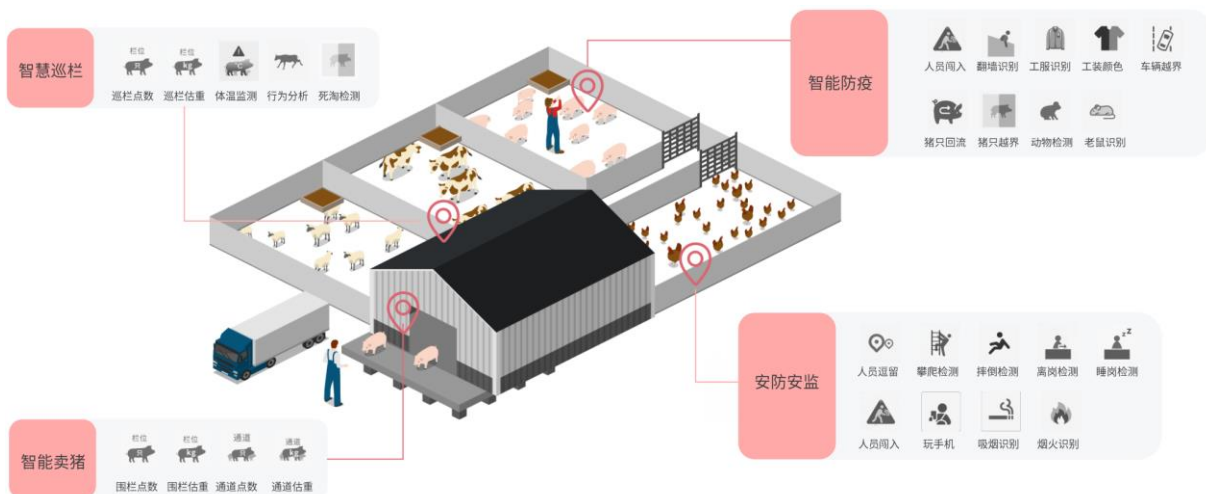
在英特尔的 CPU 上部署深度学习模型，可以使用 OpenVINO 快速部署应用和解决方案 ▶

畜牧养殖场景 ↘



相关数据显示，智慧农业经济市场规模预计 2023 年将超过 4200 亿元，到 2030 年将超过 1.6 万亿

元。**喜为智慧**是一家致力于边缘计算基础架构和 AI 视觉算法融合创新的企业，凭借其边缘智能平台、算法商城和边云协同产品，已服务温氏股份、正邦集团、京基智农、铁骑力士等农牧企业。



▲ 喜为智慧智慧养殖方案

喜为智慧凭借多年边缘人工智能核心算法研究和产品化经验，推出了畜牧盘估技术，得到头部客户的认可。在传统养殖生产的猪只出栏环节人工点数耗时约需 35 秒，且对熟练度要求较高大猪视频点数算法从识别到数据上报仅在 5 秒内完成。约束场景下算法召回率>99.9%、准确率>99.9%；在同等测试条件下比主流算法商高 10%、比主流摄像机商高 20%；支持白/灰/灰黑/花等多品种猪只识别，出栏效率比人工提升 7 倍。

在边缘侧，喜为智慧智能一体机可以快速部署于应用场景，利用自带的边缘智能平台 CivicTurbo 和高精度 AI 算法对现场数据进行采集和分析、上报到云平台。云平台接收智能一体机上报的高价值数据，汇聚、分析、挖掘数据的价值，实时推送到移动端 App，实现了数据闭环。



◀ CivicX 边云协同部分算法

卫星遥感场景

卫星遥感是从高空通过传感器探测及接收来自目标物体所辐射及反射的电磁波信息，从而识别物体的属性及其空间分布等特征，并通过遥感技术平台获取卫星遥感数据进行分析处理的技术。当前，

遥感应用到军事、农业监测与估产、地质矿产勘探、自然资源调查、环境监测以及城市建设和管理等领域。例如，在耕地监测方面，可以精确识别耕地地块范围，实现全域的耕地资源总量、分布、面积、增减占补等信息的动态监测和分析。



▲ 遥感全要素地物识别和耕地监测

近年来国营、民营单位纷纷合作发布商业遥感卫星星座计划，《中国遥感应用事业发展蓝皮书(2023)》显示，截至 2023 年 6 月底，中国各型遥感卫星发射近 300 颗、在轨运行近 200 颗。卫星遥感能力的提升使得在轨生成的数据量急剧增加，以中国资源卫星应用中心陆地遥感数据为例，2007 年至 2018 年间其数据存档量从 0.18PB 增长 194 倍至 35PB。



▲ 近 10 年中国遥感卫星发射数量变化

遥感卫星数量的提升带动数据均价下降，有望实现更大规模的商业化应用，根据《卫星应用》，2022 年高分辨率光学数据价格预计将跌至 10.7 美元/景，较上一年下降约 15%。同期，雷达数据价格预计将跌至 57.1 美元/景，较上一年下降约 12%。据共研产业咨询数据显示，2015 年中国遥感卫星产业市场规模为 56.1 亿元，到 2022 年，增长至 130.8 亿元，年复合增速达到 12.86%。

遥感数据传输需求不断提升，给在轨生成的数据处理和传输提出了更高的要求，而边缘计算为解决此类问题带来了方向，遥感边缘计算的典型应用包括遥感影像分类、地物目标检测、遥感变化检测、地物要素提取等方面。



▲ 遥感卫星资源一号 04 星和珠海一号 (右), 后者由珠海欧比特宇航科技股份有限公司发射并运营

目前, 除华为 MindSpore、百度飞桨 PaddleRS 对遥感应用的支持外, 武汉大学与华为基于昇腾 AI 打造了遥感影像智能解译专用框架 LuoJiaNET, 中科院空天信息创新研究院联合华为昇腾 AI 打造了面向跨模态遥感数据的生成式预训练大模型“空天·灵眸”。

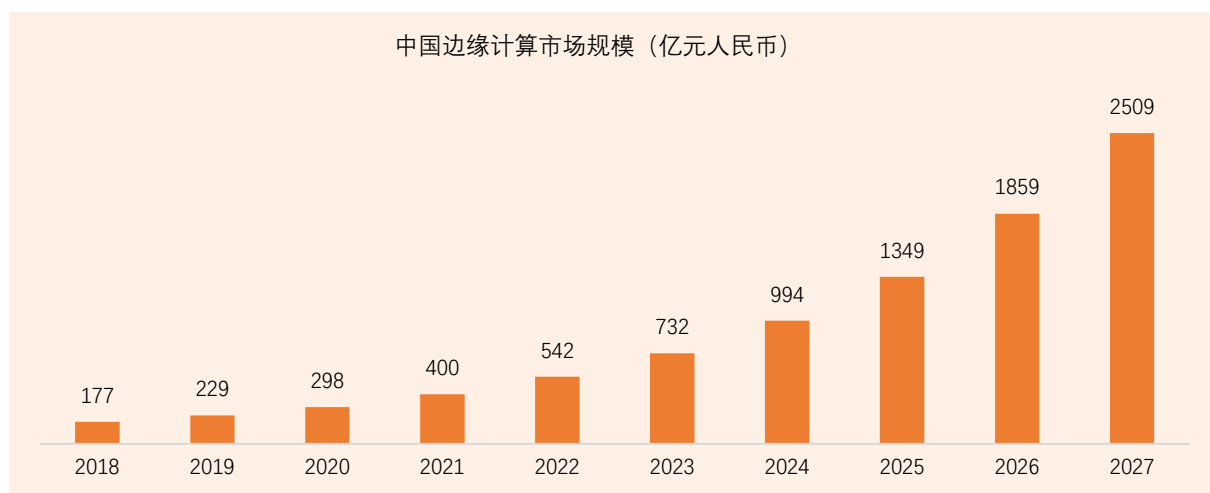
▼ 国内部分遥感平台一览

| 企业 | 产品 | 简介 |
|-------|----------------|---|
| 中科北纬 | L-earth 天枢 | 集成了海量数据管理、数据标注、模型训练、模型测试和发布、遥感推理服务以及模型知识资产的安全管控功能, 提供数据中心、遥感解译、工具箱等模块 |
| 阿里达摩院 | AI Earth | 提供遥感、气象等多源对地观测数据的云计算分析服务, 包括数据检索、处理分析、模型训练 3 大模块 |
| 腾讯云 | WeEarth 超级地球 | 提供遥感影像、时空大数据管理、融合和逻辑运算能力, 以及地图、遥感、物联网、位置服务等领域的全时空 PaaS、SaaS 服务 |
| 华为云 | 地理智能 GeoGenius | 构建一站式全流程遥感智能开发云平台, 提供数据平台、智能计算平台, 为自然资源、生态、气象、环保等提供技术支撑 |
| 商汤 | SenseEarth | 提供涵盖 30+ 智能遥感分析算法, 覆盖地物分类、变化检测、目标识别等应用场景 |
| 中国四维 | 四维地球 | 提供日新图影像、镶嵌图影像、地物分类、变化检测、目标检测等产品 |
| 大地量子 | 时空 PaaS | 通过遥感+AI 技术, 为农业、林业气候、金融等多个领域提供遥感服务 |
| 珈和科技 | 珈和地事通 | 针对农情、农险相关场景提供农情类、土地类、气象类、病虫害、气象灾害 5 大类遥感监测服务 |
| 易智瑞 | ENVI | 提供完整的遥感图像处理平台, 支持光谱分析、数据分析、高级图像分析 |
| 中科星图 | GEOVIS | 在基础软件平台之上承载融合各行业空间信息、扩展行业应用打造形成的行业专属应用软件, 目前主要应用在自然资源、交通、气象等领域 |
| 航天宏图 | PIE-Engine | 平台构建了基于云原生的并行高效底层架构, 包含无人机影像、卫星影像、遥感专题产品等多源数据以及虚拟仿真、城市实景三维等多维框架, 为用户提供“云+端”“平台+SaaS”的应用模式, 助力地球科学应用的产业化发展 |

第3章 边缘计算市场与产业链

3.1 边缘计算市场规模

边缘计算产业进入了稳健发展阶段，具体表现为其服务提供商逐渐多元化，市场规模不断扩大，应用领域进一步拓展。在市场规模上，IDC 跟踪报告数据显示，2021 年中国边缘计算服务器整体市场规模达到 33.1 亿美元，预计 2020~2025 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 22.2%。沙利文预测中国边缘计算的市场规模预计在 2027 年将达到 2509 亿元人民币，2023 年至 2027 年的复合年增长率为 36.1%。



▲中国 2018-2027 边缘计算市场规模，资料来源：沙利文

3.2 边缘计算产业链图谱与分析

边缘计算本质是一种赋能应用场景智能化升级、降本增效的工具，但由于国内许多业务场景还未完成数字化升级，因而在业务落地时需要针对场景痛点进行定制化改造，提供综合解决方案。目前处于爆发初期，产业成熟度相对不高，上下游具备资源禀赋的公司先后入局，产业链上的业务边界相对模糊。

本报告按照行业一般逻辑，将边缘计算产业链划分为芯片厂商、算法厂商、硬件设备制造商和解决方案提供商等。芯片厂商大多研发从端侧到边侧再到云侧的算力芯片，除边缘侧芯片外，还研发加速卡以及配套的软件开发平台。算法厂商以计算机视觉算法为核心，打造通用或者定制算法，亦有打造算法商城或者训推平台为主的企业。设备厂商积极投入，边缘计算产品形态不断丰富，逐步形成了从芯片到整机的边缘计算产品全栈。解决方案商针对特定行业，提供软件或者软硬一体的解决方案。

边缘侧芯片厂商



算法厂商



边缘计算硬件商 (边缘计算盒/服务器/网关)



边缘计算解决方案与平台商



▲ 边缘计算产业链图谱, AIoT 星图研究院绘图

AI 芯片

算力前置是行业发展的重要趋势，在边缘侧，设备不仅需要完成 AI 相关的推理计算任务，还要具备通用计算、信号处理、实时控制、人机交互、存储通信等功能。边缘端计算需要做到低功耗、低时延，既要符合场景的应用需求，同时还需要保障数据的安全。当前，国内的芯片企业通过自定义指令集、处理器架构及工具链的协同设计，实现算法芯片化。RISC-V 具有架构永久开源、指令集精简且高效、CPU 微架构模块化、架构扩展性强等特征，完美契合物联网领域设备多元化、碎片化的场景。

不同场景 AI 芯片对比

| | 终端 | 云端 | 边缘端 |
|-------------|-----------------------------------|-------------------------------------|--|
| 芯片需求 | 低功耗、高效能； 推理任务为主、成本敏感； 产品形态多 | 高性能、高计算密度； 推理和训练任务、单价高； 产品形态少 | 功耗、性能介于终端与云端之间； 推理任务为主、多用于插电设备； 产品形态相对较少 |
| 典型算力 | < 8TOPS | > 30TOPS | 5TOPS - 30TOPS |
| 典型功耗 | < 5W | > 50W | 4W-15W |
| 应用领域 | 消费类电子 物联网产品 | 数据中心 企业私有云 | 智能制造 智慧零售 智能交通 自动驾驶 |

不同芯片架构对比

| | | X86 | ARM | RISC-V |
|------------------|-------------|---|---------------------|----------------------------|
| 架构类别 | | CISC(复杂指令计算机) | RISC(精简指令集计算机) | RISC(精简指令集计算机) |
| 流水线及硬件复杂度 | | 流水线指令复杂 硬件实现难度大 | 流水线指令精简 硬件实现相对容易 | 流水线指令精简 硬件实现相对容易 |
| 指令集性能 | 模块化 | 不支持 | 不支持 | 支持模块化指令集 |
| | 可扩展性 | 不可扩展 | 不可扩展 | 支持第三方扩展定制指令 |
| | 能耗 | 高 | 低功耗 | 低功耗 |
| 应用实例 | | 高通 600E 和 410E、华为 Boudica120、150 以及三星 Artik1、5、10 等 | 英特尔 Edison、Curie | 目前仍是微处理器，特斯拉已加入 RISC-V 基金会 |
| 适用领域 | | 桌面、HPC | 移动互联网 | 物联网等新兴领域 |

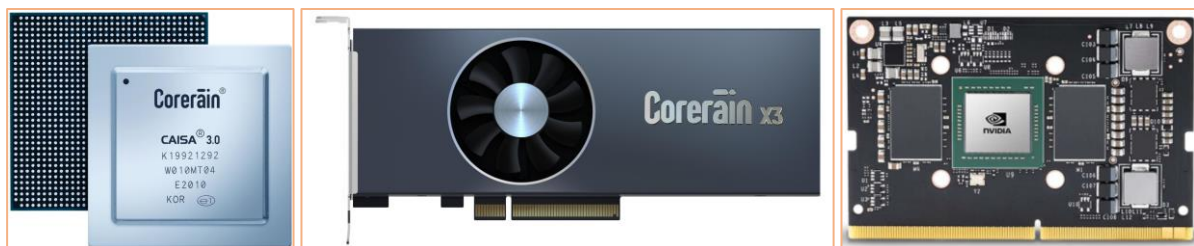
当前国内芯片企业大多研发从端侧到边侧再到云侧的算力芯片，体现在产品上，主要以算力大小而论，芯片厂商除了研发边缘侧芯片外，还研发加速卡以及配套的软件开发平台。

寒武纪 (688256.SH) 自 2020 年边缘产品线量产，思元 220 系列是其主打边缘计算加速卡。算能脱胎于比特大陆，专注于人工智能领域，拥有算丰 BM 智算芯片系列等边缘侧芯片。**瑞芯微 (603893.SH)** 的旗舰芯片 RK3588 是目前国内市场同类产品的最高水平之一，RK3588 正式版 SDK 于 2022 年发布。**登临科技** 的 Goldwasser-L 系列和 Goldwasser-UL 系列推理卡是基于登临科技 GPU+计算架构的通用人工智能处理器。



▲ 寒武纪 MLU220-M.2、算丰 BM1684X、瑞芯微 RK3588 及登临科技 Goldwasser-UL

云天励飞 (688343.SH) 新一代边缘计算芯片 DeepEdge10 系列 2022 年流片成功，可应用于 AIoT 边缘视频、移动机器人等场景，提供 12Tops 算力。**鲲云科技**推出数据流 AI 芯片 CAISA，以及面向边缘端的推断加速卡星空 X3 和星空 X9。**英伟达**作为全球人工智能芯片巨头，Jetson 系列是其主打的边缘计算设备，每个 NVIDIA Jetson 都是一个完整的系统模组(SOM)，其中包括 GPU、CPU、内存、电源管理和高速接口等。



▲ 鲲云科技 CAISA 芯片、星空 X3 加速卡及英伟达 Jetson TX2 模组

智能计算时代，面对的不再是较为规则的逻辑计算，而更多的是不规则、非线性、难以定义的复杂场景。应用场景的变化，使得原有通用的 CPU 架构就难满足功耗、性能等要求，需要对软件架构进行重新定义，对硬件进行重构。因此，芯片和算法的关系逐步走向相互定制和融合，即在芯片设计之初就要考虑在其上主要运行什么样的算法，而软件算法的设计也会根据芯片的基础架构进行相应的优化升级。

AI 算法

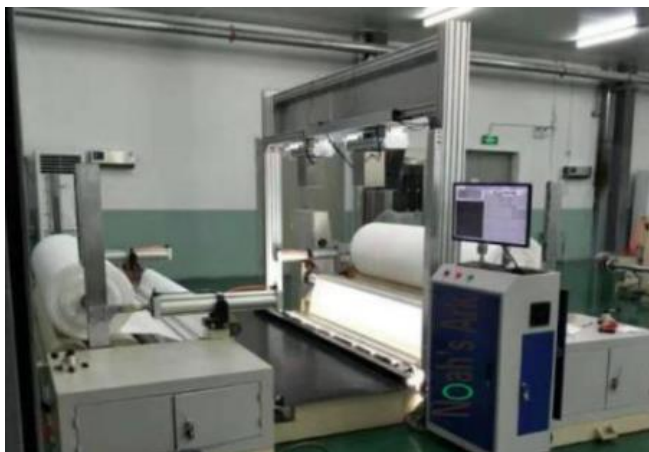
随着云计算、大数据、计算机视觉技术的快速发展，视频数据的图像分析成为解决难题的最佳方案。通过分析机动车、非机动车的结构化（对于车辆，如车型车款、车身颜色、车牌识别等；对于非机动车，如二轮、三轮、骑车人性别等）与半结构化信息（可用于以图搜图的向量信息），可广泛应用于交通、零售、安全生产、大型园区等行业领域。

深度学习是解决计算机“运筹帷幄”的问题，而小样本学习是解决计算机“照猫画虎”的问题。深度学习更擅长分析规律和预测趋势，而小样本学习则具备举一反三的能力。工业视觉检测是小样本学习的典型应用场景；城市治理方面，商汤在共享单车违停、乱丢垃圾检测以及遛狗合规性洞察等小众、长尾需求等方面的尝试；创新奇智在智能制造、AI 质检等制造业领域，实现了 AI 场景化落地。

▼ 常见 AI 算法分类

| 智慧城管 | 智慧交通 | 智慧零售 | 智慧园区 |
|----------|---------|---------|----------|
| 井盖识别 | 车牌识别 | 客流统计 | 电梯间电动车识别 |
| 河道违建识别 | 机动车颜色识别 | 人流密度识别 | 消防通道异常识别 |
| 河道漂浮物识别 | 安全带识别 | 工服识别 | 人员徘徊识别 |
| 河道晾晒识别 | 交通违法识别 | 口罩识别 | 高空抛物识别 |
| 占道经营识别 | 交通拥堵识别 | 顾客轨迹识别 | 车辆违停识别 |
| 街道垃圾识别 | 行人闯红灯识别 | 动作捕捉 | 电梯困人识别 |
| 消防车道占用识别 | 电动车头盔识别 | 表情识别 | |
| 智慧工地 | 智慧工业 | 智慧物流 | 明厨亮灶 |
| 反光衣识别 | 缺陷识别 | | 口罩识别 |
| 安全帽识别 | 火焰识别 | 快递爆仓识别 | 厨师帽识别 |
| 攀爬识别 | 绝缘手套识别 | 包裹移动识别 | 工作服识别 |
| 重型机械识别 | 布匹瑕疵识别 | 抛物识别 | 抽烟识别 |
| 人员闯入识别 | 指示灯识别 | 集装箱编号识别 | 老鼠识别 |
| 安全通道异常识别 | 刀闸状态识别 | | 火焰识别 |

芯算一体基于训推一体 AI 盒子提供算法的下载更新及自学习、自训练、自推理服务，以边缘侧为例，在工业检测场景有图文印刷在线检测系统、胶装龙在线检测系统、胚布在线检测系统、看样台对版检测系统等，此外，还有明厨亮灶视频监控智能分析预警系统、智慧灯杆机器人系统等其他场景的算法及方案。



▲ 胚布在线检测系统用于检测胚布的颜色缺陷和杂质数量

千视通为适应和满足市场对 AI 长尾算法的海量需求，运用算法自训练技术、数据驱动的优化技术、流程化数据再采集与标注的数据挖掘技术，打造了“鸿云”训推一体平台。该平台提供按需定义的能力架构，该架构基于中心节点的算法编排能力对边缘端进行场景、功能定义、算法下发及场景适配。基于边缘节点的可编程特性，可在算力配置恒定的情况下，最大程度适应业务场景对边缘节点推理能力的多样性要求。



▲千视通“鸿云”训推一体平台架构

极视角 “星光栈市”四大产品助力算法开发与落地，极栈是一站式私有化 AI 中台，面向大型政企与科研机构；极光为 AI 一体机，面向产业应用方和合作伙伴；极市是算法开发训练平台，面向算法开发者；极星为算法推理部署平台，面向产业应用方。

鲲云科技针对智慧城市、智慧能源、智慧安监、智能制造等垂直领域，提供算力、算法、平台一体化的解决方案，加速人工智能落地。在华北某石油工业基地，鲲云部署 AI 视频分析平台，接入现场的 400 余路视频，提供安全帽识别、漏油识别、采油设备运行状态识别、非法入侵识别等视频分析算法，并根据现场环境优化算法效果，帮助油田建立起全方位安全监管系统。

云天励飞 (688343.SH) 在人脸识别、商标识别、人体分析、高性能搜索等技术上处于行业领先水平，公司已研发的关键算法包括：海量类别高精度度量学习技术、高密度图像特征搜索技术、大容量视频结构化技术、基于结构化数据的图模型学习和预测技术、三维场景化人员分析技术、被动活体技术等，目前正在商业中具有成熟的应用水平。

智能制造解决方案商**凌云光 (688400.SH)** 开发了基于深度学习的 AI 算法平台，形成了显示屏缺陷 AI 大数据样本库，检测设备缺陷识别准确率超过 98%，大幅优于人工检测的误判率和漏判率。**创新奇智 (2121.HK)** 为其机器视觉智能平台 ManuVision 开发了 334 类有关缺陷检测的算法模型，为边缘视频智能平台 MatrixVision 开发了 413 类有关场景推理的算法模型。

边缘计算硬件

AI 落地应用逐渐增多，对于靠近端侧的算力产生了前所未有的需求，边缘计算盒应用这些需求而生，其本质就是具备 AI 能力的轻量级边缘计算设备。边缘计算盒玩家不乏 NVIDIA、研华这样的传统硬件巨头，还有百度、华为这样的实力选手，也涌现出一批实力强劲的边缘硬件设备企业，例如英码信息、鲲云科技、矽递科技等，其中也有上市公司，如智微智能、云天励飞、映翰通等。此外一些传统 ICT 硬件厂商，诸如联想、戴尔等也在利用自身能力优势，积极打造边缘计算硬件产品和方案。

英码科技专注国产边缘计算盒子多年，面向全场景需求，推出覆盖 2T~38T 不等的多层次算力边缘计算盒子，满足碎片化场景对不同层次算力硬件的需求。此外，英码可提供成熟、易用的 0 代码算法移植工具链，在不触碰客户模型文件的前提下，实现算法从 GPU 到 XPU 的一键移植，最快 3 天实现算法适配，可以大大缩短企业的开发周期和节省沟通成本，也降低了客户的试错成本，赋能企业 AI 项目快速落地。

| | | | |
|---------------------|--------------------------|------------|-------|
| IVP06A 智能工作站 | ARM Cortex-A7 四核@1.5GHz | 4路1080P解码 | 2T |
| IVP07A 智能工作站 | ARM Cortex-A55 八核@1.6GHz | 32路1080P解码 | 4.8T |
| IVP02E 智能工作站 | ARM Cortex-A55 四核@1.4GHz | 10路1080P解码 | 10.4T |
| IVP03D 智能工作站 | ARM Cortex-A53 八核@2.3GHz | 8路1080P解码 | 10.6T |
| IVP02D 智能工作站 | ARM Cortex-A55 四核@1.5GHz | 16路1080P解码 | 16T |
| IVP03A 智能工作站 | ARM Cortex-A53 八核@2.3GHz | 32路1080P解码 | 17.6T |
| IVP03X 智能工作站 | ARM Cortex-A53 八核@2.3GHz | 32路1080P解码 | 32T |

▲英码科技智能工作站

视美泰作为一家具备“算法+IoT 硬件+软件+云平台”全栈能力的科技公司，顺应“AI 显示+边缘计算”的行业要求，视美泰打造了硬件、软件、应用、服务的全栈式商显和物联网生态平台，核心业务包括自助终端和 AI 边缘计算设备的研发、生产、销售，并为行业用户提供包括智能商显、智能门店、自助零售、智慧校园、智慧社区、智慧楼宇等场景的 AIoT 数智化全栈解决方案。

深圳北斗应用技术研究院推出北斗·星辰边缘智能分析一体机，是融合视频+物联网数据的软硬一体的全国化产品。采用云、边、端的多层架构，定义感知能力、多模态边缘融合、云端中枢决策的场景驱动核心能力，建设云边一体协同的智能分析平台，该产品计算能力强、体积小、易于维护，支持有线、4G、5G 数据传输，组网方式灵活，可广泛应用于智慧城市、交通园区等领域。

鲲云科技推出的**星空 X6A 边缘小站**搭载数据流 AI 芯片 CAISA，支持多种行人、车辆的视频结构化分析，以及设备的缺陷识别和状态判断，可同时处理 8 路高清视频，接口丰富，部署简易，即插即用，满足加油站、智慧工地、安防、安监等场景的应用需求。

智微智能 (001339.SZ) 是国内领先的物联网硬件产品及解决方案提供商，2022 年 8 月在深交所主板上市，公司推出了基于英特尔模块化边缘计算架构的 SYS-6049C 高密度边缘计算服务器，以及基于第 11 代英特尔酷睿处理器的 E098 超融合智能边缘网关。2022 年，公司设计开发的光电混合交换机和 AI 边缘计算 5G 工业网关并逐步进入量产阶段。

AIoT 星图研究院认为，设备厂商从单纯提供硬件产品向“设备+平台”供给转变，通过打造“设备+平台”一体化供给转变，提升产品的市场占有率和企业自身的边缘计算技术升级。

解决方案和 SaaS 平台提供商

边缘计算解决方案商众多，既有数字化方案商，如当虹科技、万物云、思谋科技等等，也有 ICT 厂商，如华为、中国铁塔等，还有人工智能创新企业。为了充分利用通信链路上的计算、存储和网络资源处理这些数据，业内已有多家厂商与机构加入了边缘计算平台系统的开发中，以实现资源的统一管理并方便开发者快速部署应用。

新兴的边缘计算部署方案中，用户可以通过边缘计算平台在边缘设备上安全、便捷地运行本地处理、消息转发、数据缓存及同步等操作，边缘计算平台正获得越来越多的业内关注和参与。从用户视角来看，边缘计算平台必须满足互操作性、可伸缩性、可拓展性以及安全性等要求。

鲲云科技针对智慧城市、智慧能源、智慧安监、智能制造等垂直领域，提供算力、算法、平台一体化的解决方案，加速人工智能落地。目前，鲲云 AI 视觉智能分析方案已广泛应用于智慧城市（园区、楼宇、校园、社区）、智慧能源（石油、电力、矿山）、智慧安监（化工、港口、钢铁、水泥、工地）、工业质检（汽车零部件、新能源、3C 电子、半导体）等典型场景。

创通联达是智能物联网产品和解决方案提供商，由**中科创达 (300496.SZ)** 与美国高通公司在 2016 年共同出资设立。2021 年，发布了基于 openEuler 系统面向边缘计算领域的商业发行版，2022 年，创通联达在人工智能、边缘计算、多模态融合等方面的研发投入合计 8.47 亿元，边缘计算产品在工业、交通、零售等行业均取得了实质性的拓展。

万物云 (2602.HK) 基于边缘计算技术和容器化技术打造了一站式智慧空间解决方案“灵石”，该方案旨在为小区、楼宇和园区等客户提供全业务流程的软硬件一体边缘解决方案，并帮助客户快速建设一套可支撑业务流转的“边缘计算机房”。

中国铁塔 (0788.HK) 通过构建统一的铁塔视联平台、建设开放的算法仓、打造标准化的产品，为社会治理能力现代化建设提供经济高效的数智化解决方案。铁塔视联打造了森林智保、耕地智保、秸秆禁烧、蓝天智保、水库智保、渔政智保、乡村智保等 7 款铁塔视联行业应用产品，差异化满足客户需求。



▲ 中国铁塔在黄冈共享站址建设森林防火预警平台，中国铁塔 2022ESG 报告

AIoT 星图研究院认为，虑规模经济的因素，产业链未来会产生一定程度的分化，分化的方向将沿着两条路径进行：一是沿着场景进行取舍，从而产生业务场景的垂直化；二是沿着产业链环节进行取舍，从而带来产业链的分工化。以 AI 四小龙的业务布局为例，商汤科技的应用场景最为全面，覆盖智慧城市、智慧企业、智慧生活、智能汽车多个场景，而其他三家在部分场景上已经存在差异化，比如旷视科技差异化布局智慧物流、智慧仓储等供应链物联网，云从科技在金融领域较为突出，依图科技在智能医疗方向投入较多。

第4章 边缘计算发展趋势与挑战

4.1 边缘计算面临的挑战

边缘计算框架存存在不足之处

目前 KubeEdge 等各类边缘计算框架存在的一些不足。例如可观察性与可管理性，在实际落地过程中仍有较大改善空间，无法快速对数百台设备集中汇报与命令下发。而且，K8S 原生的 Token 生产机制在面对高等级安全攻击时也差强人意，由于云边联网，也需要对云边间通讯与容器加载做进一步改动方能满足现有的安全级别。

例如，物流中转场景中，在弱联网条件下如何根据物流线路质量做多路智能路由，邻近场地间的闲置计算资源是否可以智能组网组成更大的算力池，以及弱联网条件下传统监控漏报与误报率增多等诸多问题，仍需要在未来的发展中逐一解决。

数据稀疏和恶意数据

边缘计算场景中，由于地理环境较偏远，边缘设备较少，或边缘设备较自私不愿意主动分享数据，从而造成了数据稀疏的问题。第一次进入边缘场景的设备，没有任何交互记录，也会造成零信任问题。在这种零信任环境中，任何设备和系统都可能会受到伤害。同时，一些边缘设备可能会上传恶意数据或者不诚实数据，从而造成信任管理系统的误判。因此，如何解决数据稀疏问题，设计零信任环境下的信任评估模型，以及减少恶意的信任数据。

边缘计算标准尚不健全

技术标准方面，目前大部分边缘计算节点异构严重，在开放接口、数据格式、传输协议、网络接入等方面各厂商差异性较大，缺乏标准化方式实现统一管理。此外，云边端在资源、数据、应用、调度等协同方面也缺乏统一技术标准和方案，阻碍云边端一体化进程。

应用标准方面，一方面大部分企业尚处于加速“上云用云”阶段，在引入边缘计算架构，系统整体复杂度提升，如何与现有 IT 基础设施融合，仍缺少指引。另一方面，不同行业场景对边缘计算部署要求不一，如工业、园区、矿山等各业务现场对数据采集、管理模式、边缘 AI 算法、带宽、时延、成本等要求各异，目前尚未建立各细分领域的标准参照体系，以满足不同行业的定制需求，往往需要应用不同的解决方案进行大量重复验证和适配，导致投入成本高、复制推广效果差等问题。

大型制造业边缘部署难度大

工业物联网平台的建设不是简单的单个系统改造，而是一系列复杂系统的整合重塑，再加上大型企业，尤其是国有企业庞大的规模和复杂的体制，平台的建设仍然存在诸多挑战。

首先，大型企业所拥有数量众多的工厂，且地理分布广泛，存在明显的 OT 数据垂直集成问题；其次，国有企业通常信息化建设开展较早，存量系统烟囱林立，缺乏统一的数据采集工具和平台；最后，工业现场 OT 数据量巨大，产生的数据量将比过去企业的 IT 数据量高几个量级，且 OT 数据处理对时效性的要求又相比传统数据要高。

4.2 边缘计算发展趋势

边缘原生创新推动应用落地

随着边缘计算的落地发展，业务应用逐步被部署在边缘节点，但由于边缘节点通常面临设备海量接入、位置分散广泛、计算资源受限、网络环境复杂等挑战，需要与中心云协同构建云边端分布式计算架构，满足应用分布式部署和运行需求。边缘原生聚焦在分布式异构环境下，软硬件架构设计和开发充分利用边缘特性，包括物理位置、网络环境、轻量弹性等，帮助构建实时动态、弹性敏捷、安全可靠的业务应用。

容器技术相较于集中式部署模式的物理机和虚拟机，具备轻量化、标准统一、异构兼容、弹性敏捷等显著特点，但边缘原生容器资源占比依旧较大，在部分资源受限边缘设备上运行 docker 等容器运行时依旧面临挑战。更轻量化的、基于二进制指令格式的运行 WebAssembly 技术创新发展，产业界也开始探索将 WebAssembly 作为边缘二进制的运行环境到。

目前为止，CNCF 已经正式接收包括 WasmEdgeRuntime、wasmCloud、Krustlet 等项目，OpenYurt、SuperEdge 等国内开源边缘计算平台也开始支持管理 WasmEdge 应用，进一步拓展边缘计算在更多场景落地。

行业大模型推进边缘智能

传统的人工智能和大数据应用都存放在云端服务器和大数据中心，而边缘智能技术在边缘节点直接从终端设备获取海量数据并实现智能计算，将有力推动人工智能应用的进一步普及与发展。当前大模型的商业模式是“通用大模型+产业模型”，底层 AI 大模型的研发具有极高的研发门槛，面临高昂的成本投入，不利于人工智能技术在千行百业的推广。

▼不同参数大模型所需算力对比

| 模型参数 (亿) | 所需算力 (PFLOPS/day) | 所需内存 (GB) | 所需带宽 (GB/s) | 所需 GPU (以 A100 为例) (张) |
|----------|-------------------|-----------|-------------|------------------------|
| 10 | 21 | 1 | 5.12 | 108 |
| 30 | 63 | 3 | 15.36 | 325 |
| 100 | 209 | 10 | 51.2 | 1083 |
| 1750 | 3650 | 175 | 896 | 18953 |

具有数据、算力、算法综合优势的企业可以将模型的复杂生产过程封装起来，通过低门槛、高效率的生产平台，向千行百业提供大模型服务。以国内厂商为例，百度文心大模型涵盖基础大模型、任务大模型、行业大模型的三级体系，打造大模型总量约 40 个；阿里通义大模型基于阿里云、达摩院打造的硬件优势，可将大模型所需算力压缩到极致；华为训练出预训练生成语言模型，包括 NLP、CV、多模态、科学计算大模型，目前已实现医学、气象、时尚等多个 AI 场景落地；中科院的紫东太初是全球首个视觉-文本-语音三模态预训练模型，同时具备跨模态理解与跨模态生成能力。

▼大模型运行所需关键硬件价格

| 硬件实物 | 硬件种类名称 | 单价 |
|------|------------------|----------|
| | 骁龙 8 Gen 2 CPU | 1134 元/颗 |
| | 英伟达 A100 GPU | 15 万元/个 |
| | 美光 GDDR6X 16G 内存 | 216 元/颗 |

2023 上海世界移动通信大会上，创通联达推出首款集成大模型的智能搬运机器人解决方案，方案所采用的参考设计则是基于高通 RB5 机器人平台开发而成，该平台集成了 VSLAM 和计算机视觉算法，可适用于自主导航和目标识别等功能型机器人的开发。用户可以通过自然语言与智能搬运机器人交互，提出服务指令，机器人会按照要求提供拿取饮料、食物等服务。公司 Rubik 大模型作为首个国产边缘 AI 大模型，有望建立类似安卓的应用生态，带动海量软件开发需求。

在涉及大计算的智能硬件中，一旦 AI 沉淀到边缘侧，意味着智能硬件变成机器人，就会形成场景的中心。AIoT 星图研究院认为，边缘算力下，车和垂直行业弹性最具爆发性，我们认为边缘预处理会最先落地，大模型转小模型是必须之路，模型嵌入需要硬算力支撑。

开源项目加速边缘计算生态融合

开源技术有助于整合边缘计算碎片化生态，聚集产业各方力量，吸纳广大从业者参与到相关技术、平台、社区、生态的研究和运营工作中来，将有力推动边缘计算技术快速发展，推进相关应用场景规模化落地。例如，Linux 基金会下设 LfEdge 组织，旨在为独立于硬件、云或操作系统的边缘计算建立一个开放的、可互操作的框架，促进物联网、电信、企业和云生态系统的跨行业协作、加快组织对边缘计算的采用和创新步伐。

华为在 KubeEdge 社区开源了边缘协同 AI 框架项目 Sedna。基于 KubeEdge 提供的边云协同能力实现了 AI 应用的跨边云协同，支持现有 AI 类应用无缝下沉到边缘，快速实现跨边云的增量学习、联邦学习、协同推理、终身学习等能力。

▼部分边缘计算开源项目

| 项目 | 开源方 | 基金会 |
|---------------------|-----------------|-----------|
| EdgeX Foundry | / | LF Edge |
| Baetyl (原 OpenEdge) | 百度 | LF Edge |
| StarlingX | Intel、WindRiver | OpenStack |
| KubeEdge | 华为 | CNCF |
| K3S | Rancher Labs | CNCF |
| OpenYurt | 阿里 | CNCF |
| SuperEdge | 腾讯、Intel 等 | / |
| FabEdge | 博云 | CNCF |
| eKuiper | EMQ | LF Edge |

结 束 语

边缘计算产业正处在一个快速发展的阶段，技术迭代与创新日新月异。尽管面临着一些挑战，如数据安全与隐私保护、网络连接稳定性等问题，但边缘计算在全球范围内的应用场景日益丰富，如自动驾驶、远程医疗、智能制造等领域。

本报告认为，未来的边缘计算产业将更加注重跨学科的合作与创新。随着硬件性能的提升和软件定义的进步，计算能力将更加分散，云、边、端将更加协同，未来的边缘计算不仅将更好地服务于云计算，还将进一步推动产业互联网的发展，引领下一波信息化浪潮。

同时，我们也要清醒地看到，边缘计算产业还面临一些挑战和问题。例如，如何更好地保障数据安全和隐私，如何解决网络连接的实时性和稳定性问题，如何构建更加开放和标准化的边缘计算生态等。这些都需要我们在未来进行深入的研究和探索。

本报告的撰写，不仅是对现有边缘计算产业的一次梳理，也是对未来产业发展趋势的一次大胆预测。我们希望通过这份报告，能够为读者提供一些有价值的参考和启示，也希望更多的企业和个人能够关注并投入到边缘计算的研究和应用中来，共同推动边缘计算技术的发展和應用。