


上海智能机器人百大场景案例集

SHANGHAI AI ROBOTICS: 100 SCENARIO
SHOWCASE



上海人工智能研究院
编制
2025年9月

编委会

◆ 名誉主编 汤文侃

◆ 主 编 吴春平 宋海涛

◆ 副 主 编 吴 蔚 刘燕京 许春山

孙 丽 陈 忠

◆ 编 委 唐晟凌 沈 辰 仲惠颖

◆ 指导单位

上海市经济和信息化委员会

◆ 主编单位

上海人工智能研究院

参编人员

(按姓氏首字母排序)

卞继东	蔡博文	曹建清	曹卫涛	柴 勤
常金琦	常 莉	陈飞燕	陈 杰	陈杰胤
陈 坤	陈耀华	陈幼礼	程昊天	戴锡春
丁 勇	段红涛	范 曾	费旭锋	葛文化
顾鑫鑫	郭之兵	韩 晨	韩兆林	何 超
胡德波	胡晓平	胡雨辰	黄珏珏	孔 兵
李法设	李 华	李建国	李泳耀	李之勤
梁衍学	刘葆春	刘猛军	刘蕴熙	马启国
缪云洁	慕薇薇	潘 晶	皮从明	钱 晖
时 晖	宋 洋	孙振峰	汤 阳	童彦君
万 彬	王道雨	王德钊	王海滨	王金悦
王 磊	王少白	王 涛	王 晓	王秀贞
王云杰	吴春刚	肖汉华	肖 榕	谢昌纲
邢梁立博	徐纪洋	徐培麒	许 磊	杨 希
张宝军	张殿礼	张海波	张 华	张华军
张建政	张 敏	张 赛	张 舜	张英楠
张永怀	张兆东	赵 越		

前言

智能机器人是具备感知、认知、决策等功能，在非结构化或动态环境下具有一定自主作业能力的机器人。为加快推动上海机器人产业集聚和高质量发展，特制订本案例集。

一是打造“上海模板”。本案例集聚焦上海智能机器人标杆企业近年来重点探索和突破的创新示范应用场景，涵盖制造业、医疗健康、安全应急和极限环境、商业社区服务、建筑、商贸物流、养老助残、教育、农业、交通运输等经济发展与社会民生重要领域，遴选具有示范性、创新性和可复制性的项目案例，全面展现上海机器人与人工智能等前沿技术的全场景落地应用实践，打造“上海模板”。

二是展现独特优势。通过案例，展现智能机器人在复杂多样的环境中不断提升自身适应性，发挥解决应用发展瓶颈、推动公共服务优化、赋能产业升级等独特优势。案例集不仅呈现“用得好”的应用场景，也重视“为何能用”、“如何落地”的逻辑脉络，从而帮助各方深刻理解智能机器人的价值边界与演进趋势。

三是推动产业合作。智能机器人既是推进新型工业化的重要支撑，也是发展新质生产力的重要方向，正以前所未有的速度和深度推动经济社会发展进程。面对这一时代趋势，案例集旨在通过提炼典型案例、分享技术成果，促进智能机器人产业链上下游协同合作，基于上海在智能机器人产业的前沿探索和创新应用，助力智能机器人赋能千行百业。

目录

制造业篇

案例 1 汽车喷涂生产线场景	1
案例 2 汽车喷涂场景	5
案例 3 汽车总装场景	8
案例 4 高柔性焊接移动工作站场景	12
案例 5 汽车车灯螺钉锁付场景	13
案例 6 半导体行业上下料场景	18
案例 7 大型钢结构焊接场景	22
案例 8 大负载码垛场景	26
案例 9 型钢切割场景	29
案例 10 线圈打磨场景	32
案例 11 柔性电路板 FPC 自动化装配场景	36
案例 12 汽车板冷轧设备拆捆场景	40
案例 13 CNC 机床柔性上下料场景	42
案例 14 核电场景	45
案例 15 表面缺陷检测场景	50
案例 16 拉链智能质检场景	54
案例 17 软包锂电池外观检测场景	56
案例 18 化纤行业卷轴包装场景	59
案例 19 电箱接线质检作业场景	64
案例 20 工厂物料转运场景	68
案例 21 工厂自主装卸场景	72
案例 22 汽车行业滚边场景	76

案例 23 汽车清漆液控自适应打磨	78
案例 24 工业焊接场景	82
案例 25 AI 氧化层激光清洗场景	86
案例 26 智能工厂配送场景	90
案例 27 电子制造柔性插接场景	94
案例 28 核电柔性焊接场景	97
案例 29 汽车零部件装配场景	101
案例 30 汽车动力电池包搬运场景	104
案例 31 复杂动态工业场景	108

医疗健康篇

案例 1 腹腔镜手术场景	112
案例 2 血管介入手术场景	115
案例 3 脊柱微创手术场景	119
案例 4 植发场景	123
案例 5 手术室管理场景	127
案例 6 上肢康复场景	131
案例 7 脑电采集康复场景	135
案例 8 智能康复场景	139
案例 9 静脉药物配置场景	143
案例 10 实验室自动化场景	147
案例 11 二代测序建库场景	150
案例 12 微生物划线接种场景	154
案例 13 智能轮椅代步场景	157
案例 14 中医诊疗场景	161
案例 15 上肢康复场景	166

案例 16 经皮穿刺活检场景	170
----------------------	-----

安全应急与极限环境篇

案例 1 核电厂关键设备异物清除场景	175
案例 2 排水管网检测场景	179
案例 3 水下桥梁检测场景	181
案例 4 露天矿山复杂场景	186
案例 5 水下船体清洗场景	190
案例 6 船舶内舱清洗场景	192
案例 7 石化厂房巡检场景	197
案例 8 变电站智能巡检场景	201
案例 9 电力隧道巡检场景	205
案例 10 光伏清洁场景	209
案例 11 空中城市巡检场景	211
案例 12 水域救援场景	216
案例 13 煤矿智能采样场景	220
案例 14 光伏电站清洁巡检场景	224
案例 15 数据中心巡检场景	228
案例 16 电力巡检人机协作场景	232

商业社区服务篇

案例 1 商业综合体清洁场景	236
案例 2 餐饮酒店服务场景	239
案例 3 商场清洁消毒场景	243
案例 4 无人清扫场景	247
案例 5 超市清洁场景	250
案例 6 商业餐饮场景	254

案例 7 新能源汽车充电场景	258
案例 8 商业办公综合体清洁场景	262
案例 9 商超无人咖啡场景	266
案例 10 无人咖啡亭场景	270
案例 11 石材养护场景	274
案例 12 导览讲解场景	278
案例 13 集中供餐场景	281

建筑篇

案例 1 施工变形监测场景	286
案例 2 墙体喷涂场景	290
案例 3 建筑内墙抹灰场景	295
案例 4 墙面喷涂场景	298
案例 5 室内墙面抹灰场景	303
案例 6 墙体砌筑施工场景	307
案例 7 建筑钢筋施工场景	312

商贸物流篇

案例 1 物流快运场景	317
案例 2 物流园自主装卸场景	321
案例 3 面向中短距离的城市服务无人物流配送场景 ..	325
案例 4 物流中转场搬运场景	329

农业篇

案例 1 智慧农场场景	332
案例 2 文洛氏温室大棚柔性作业场景	336
案例 3 雏鸡性别鉴别场景	340
案例 4 苗床绿叶菜生产场景	344

养老助残篇

- 案例 1 养老护理场景 350
- 案例 2 二便护理场景 354
- 案例 3 康养服务机器人安全看护场景 358

教育篇

- 案例 1 青少年人工智能教育场景 363
- 案例 2 机器人职业教育场景 367
- 案例 3 乒乓球教学场景 371

交通运输篇

- 案例 1 机场行李分拣场景 376
- 案例 2 地铁站智能清洁场景 379
- 案例 3 智能收费公路场景 383

制造业篇



案例 1 汽车喷涂生产线场景

一、应用案例

奥迪一汽新能源汽车有限公司是奥迪在华首个纯电动车型生产基地，也是其全球最先进的生产基地之一，致力于打造高效且环保的标杆生产基地。作为奥迪全球“零排放计划（Mission: Zero）”实践的一部分，该工厂在涂装环节不仅需要在生产节拍内保证涂装质量、在整条涂装线上实现全流程质量跟踪、提升喷涂车间的生产效率并降低成本，也需要减少二氧化碳和废弃物排放以实现可持续运营。

为帮助奥迪一汽应对该新工厂生产运营过程中面临的挑战，ABB 机器人为奥迪一汽提供了先进的喷涂机器人解决方案，包括集成了 47 台 ABB 机器人、新型数字化高上漆率雾化器和配套的数字化软件分析平台，覆盖剑刷擦净、色漆、清漆工艺流程和表面检测站等应用环节。

喷涂站采用了 ABB 配置 26 色旋转换色阀的 IRB5500 七轴机器人，用于车身内部和外部喷涂色漆。该机器人具有更大的工作范围和灵活的安装定位，整条生产线采取紧凑型布局，使用 stop-go 模式，只用一个工位实现了车身内表面的喷涂，节省空间达 25%。

为确保涂层质量的精准监控，ABB 还为奥迪一汽提供了表面检测站，首次集成膜厚、橘皮、色差检测这三种应用为一站，全方位把控涂装质量，确保涂装工艺的高标准。

清漆外喷站搭配了 6 套 ABB 新型数字化高上漆率雾化器 RB1000i-S，上漆率高达 95-99%，涂料损耗率降低 30%，在保证喷涂质量的同时显著减少了二氧化碳和 VOC 排放量，每辆汽车的油漆用量降低 10%，从而提高喷涂车间的生产效率并节约成本，实现可持续运营。

在数字化赋能方面，该喷涂生产线还采用了 ABB 机器人的 Painting Suite 数字化分析平台，可以对机器人组件进行全生命周期管理，实现预测性维护并实时监控预测故障，减少停机时间和维护成本，而且用户界面操作方便。



采用 ABB 先进的喷涂机器人解决方案以后，奥迪一汽喷涂生产线在质量、效率和运营方面都实现了全方位升级。该喷涂生产线不仅在喷涂质量上得到了大幅提升，而且提高了生产效率、降低了生产成本，目前面漆线自动化率实现了 100%；另外通过降低涂料损耗、采用更加高效的喷涂工艺，减少二氧化碳和挥发性有机化合物（VOC）的排放量，降低了工厂的整体能耗，助力实现可持续发展目标。而且机器人也帮助承担了危险性较大的工作任务，为工人们营造了健康

安全的工作环境。

二、技术亮点

ABB 新一代机器人控制平台 OmniCore™是更快、更精确、更可持续的智能自动化平台。

该平台实现了人工智能、传感器、云计算和边缘计算系统的全面集成，创建先进和自主的机器人应用。

它将控制性能提升到了新的高度，提供了无与伦比的速度、精度和同步性。一流的运动性能使机器人达到 0.6 毫米以内的路径精度，并同时运作多个机器人以每秒高达 1600 毫米的速度高速运行，为弧焊、手机显示屏幕组装、涂胶和激光切割等精密领域带来了新的自动化机遇。

与之前的 ABB 控制器相比，OmniCore 使机器人的运行速度提升了 25%，能耗降低了 20%。

三、标杆企业简介

ABB 机器人成立于 1974 年，作为全球领先的机器人和机械自动化供应商，ABB 机器人专注于提供机器人、自主移动机器人和机械自动化解决方案等全套产品组合，通过 ABB 自主软件设计与集成，为客户创造更高价值。

ABB 机器人是中国工业机器人行业的先行者和领跑者，早在 1994 年就开始在中国市场推广工业机器人应用，2005 年就开始在中国开展研发和生产工作，是最早在中国开展工业机器人本地研发和本地生产的跨国企业。目前，ABB 在华实现了从研发、生产、销售、工程、系统集成到服务的全价值链本土化。ABB 采用内生性增长和兼并收购相结合的商业模式，不断扩大其业务范围和市场影响力。

未来 ABB 机器人将不断加速创新，继续协助汽车、电子、物流等不同领域、不同规模的企业进行自动化升级和转型，增强企业韧性，提高运营效率，提高生产柔性，助其迈向互联、协作的未来工厂。

案例 2 汽车喷涂场景

一、应用案例

赛力斯三工厂作为华为亲手打造的全球智造标杆，堪称“汽车界硅谷”。其中，涂装车间一方面致力于打造对标高端、匹配旗舰车型的“国际豪华车企标准”品质；另一方面，作为重庆市级“绿色工厂”示范项目的核心组成，更需通过工艺优化与技术创新降低生产对环境的影响，践行赛力斯“碳中和”生产目标。

为助力赛力斯攻克高效率数字化工厂生产运营的挑战，上海发那科提供了先进的喷涂机器人解决方案：涂装车间布局 33 个机器人工作站，集成 181 台全自动 FANUC 机器人，配置先进的水性漆内加电喷涂系统及上海发那科最新涂胶工艺设备，覆盖 UBS、UBC、ISS、LASD、发泡、擦净、色漆、清漆工艺流程及表面检测站等全应用环节。此外，配套的数字化软件分析平台可实现机器人各项工艺数据实时上传，打通底层设备端与 IOT、MOM 及各业务系统的数据孤岛，保障信息链通畅。

其中，P-250iB 6 轴机器人与 P-700iB 7 轴机器人分别应用于车身外部、内部喷涂；stop-go 紧凑型布局则充分体现 FANUC 机器人“空间需求小、灵活轻便”的特点。

所有喷涂站统一配置 FANUC Versabell 喷涂系统，采用“一套雾化器覆盖多工作站”的共享模式，大幅减少生产过程

中需储备的雾化器备件数量，降低备件采购与库存成本。FANUC 独有的尼龙手臂搭配 canister 水性漆内加电喷涂系统，相较于传统外加电系统，机器人运动速度提升 30%、上漆率提高 20%——在加快生产节拍的同时，既减少了涂料浪费与漆雾排放，又降低了环保处理成本，契合赛力斯新能源“绿色生产”需求。

涂胶线方面，上海发那科配置最新自主涂胶工艺设备，覆盖 LASD 液态隔音垫、UBS 底部密封等关键涂胶环节：依托 FANUC 高精度伺服控制与 iRvision 视觉定位技术，实现涂胶轨迹偏差 $\leq 0.5\text{mm}$ ，确保密封胶、隔音垫的涂覆均匀度与贴合度，既避免因涂胶不均导致的漏水、隔音失效问题，也为车身结构强度提供保障。

为精准监控涂层质量，上海发那科还为赛力斯配备表面检测站，集成膜厚、橘皮、色差三大检测功能，全方位把控涂装质量，确保涂装工艺符合高标准。



数字化赋能层面，上海发那科为全系列机器人标配 ZDT 预警系统与 iCare 数字化分析平台两大核心工具，构建机器人组件全生命周期管理体系：ZDT 预警系统通过实时采集机器人运行数据，提前识别潜在故障风险；iCare 平台基于大数据分析技术，动态追踪组件健康状态并预判趋势。二者协同实现从“被动维修”到“预测性维护”的转型，既能精准定位故障隐患、避免突发停机，又能合理规划维护周期，显著降低非计划停机时间与维护成本。同时，该数字化方案优化用户体验，界面设计简洁，大幅降低企业数字化应用门槛。

上海发那科助力赛力斯打造高效生产平台：通过优化喷涂工艺设计、对设备实施预测性维护，在保障生产节拍的同时减少资源浪费，实现生产效率与节能效果同步提升；高效喷涂设备减少二氧化碳及 VOC 排放，为企业践行绿色发展目标提供有力支撑；生产信息采集分析系统更为赛力斯搭建数字化工厂提供数据支撑，为可持续发展提供信息依据。

二、技术亮点

上海发那科全新一体化涂胶工艺设备，可覆盖涂胶全场景应用。其集成式涂胶控制系统由机器人统一控制涂胶工艺设备、温控系统、视觉系统等所有关联设备，操作更简便、响应更快速。通过机器人数据监控选项软件，可实时监控涂胶流量、压力、信号、涂速及工艺轴状态等参数，便于分析解决各类工艺缺陷；同时，借助 PLC 与 PW IV 软件可获取机器人底层数据，在人机界面或中控系统实时显示关键参数，满足客户对车间工艺信息化的需求。

案例 3 汽车总装场景

一、应用案例

两江鱼复智能网联新能源汽车产业基地，需在现有厂房（原北京现代重庆工厂）的产线设备基础上，通过设备利旧、技术改造与新增配置相结合的方式，满足新规划产品的生产需求。该基地致力于打造重庆长安旗下自动化程度最高的汽车总装生产线，对产线的装配质量提出了极为严格的标准。

作为该项目的核心组成部分，工厂总装车间针对电池包拧紧、底盘拧紧、座椅投放及轮胎安装四大关键工位，引入先进的机器人自动化解决方案，以攻克传统人工或半自动化生产模式下的精度不足、效率波动等难题。

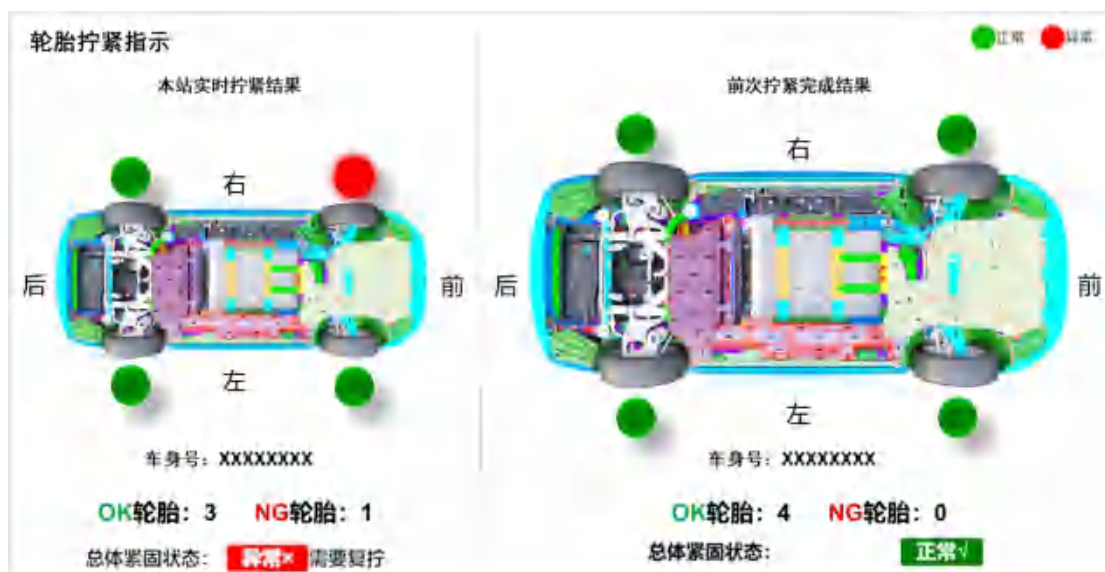
为助力长安汽车应对新工厂生产运营中的核心挑战，FANUC 机器人量身定制了先进的总装机器人解决方案。该方案整合了 17 台 FANUC 装配机器人，并搭配配套的数字化软件分析平台，全面覆盖电池包拧紧、底盘拧紧、座椅投放及轮胎安装等关键应用环节，形成“硬件+软件”协同的自动化生产体系。

在轮胎拧紧站，方案选用 FANUC R-2000iC/240F 六轴机器人执行汽车轮胎拧紧作业。相较于常规机型，该机器人具备更大负载能力，重复定位精度可达 $\pm 0.05\text{mm}$ ，能精准匹配汽车总装轮胎装配拧紧场景对精度与负载的双重要求。



为进一步保障轮胎安装的精度与一次成功率，该机器人特别配置了 FANUC 绝对精度软件包。通过对机器人的定位精度进行专业校正，其绝对精度得到显著提升，可大幅优化手持式 3D 视觉相机对刹车盘定位后的位置准确性，确保拧紧作业的精准度与稳定性。

在数字化赋能层面，装配单元搭载了 FANUC 机器人的 iSCADA 数字化分析平台。该平台可实现对所有机器人拧紧质量的全流程管理，支持实时监控拧紧数据、追溯故障根源，有效减少产线停机时间与设备维护成本。同时，平台采用清晰直观的用户界面，操作便捷易懂，为客户的质量管控工作提供了高效支撑，创造了显著的管理价值。



采用 FANUC 先进的总装机器人解决方案以后，长安汽车总装生产线在质量、效率和运营方面都实现了全方位升级。该总装生产线不仅在装配质量上得到了大幅提升，而且提高了生产效率、降低了生产成本。而且机器人也帮助承担了繁重的体力工作任务，为工人们营造了健康安全的工作环境。

二、技术亮点

相较于常规机器人，FANUC 绝对精度标定套件可使机器人的绝对精度提升 50%，尤其适用于需配合视觉系统完成精密装配的场景。在本汽车总装项目中，依托该技术优势，关键工位的一次性装配成功率高达 99.8%，不仅大幅提升了汽车总装装配的合格率，更增强了产线运行的稳定性，为大规模批量生产提供了可靠的技术保障。

三、标杆企业简介

上海发那科机器人有限公司由上海电气集团和 FANUC 集团联合投资组建，自 1997 年成立以来，跟随中国整个制造业的高速发展，致力于向各个行业提供专业和高品质的机器人、智能机械和智能制造及数字化解决方案，已成为中国

最优秀的智能制造解决方案供应商之一。

上海发那科将继续紧密围绕中国制造业的发展，结合数字化与人工智能的技术发展，不断拓展制造业自动化的应用场景，持续推动中国制造业的高质量发展。

案例 4 高柔性焊接移动工作站场景

一、应用案例

在汽车、船舶、航空航天、工程机械等制造领域，焊接是不可或缺的核心工艺。传统生产模式面临小批量、多品种、短交期的挑战，尤其在狭小空间、高危环境下，焊接作业难度和风险大幅增加，企业对焊接柔性及智能化提出了更高要求。为此，越来越多的企业开始探索柔性化、智能化焊接解决方案，基于协作机器人的高柔性焊接移动工作站应运而生。

目前主要存在的问题包括：一是传统人工焊接劳动强度大、环境恶劣、质量波动大，且事故频发；二是传统工业机器人缺乏灵活性、高成本、大空间需求，无法满足多品种、小批量生产及复杂环境作业。

高柔性焊接移动工作站基于协作机器人技术，具备灵活部署、智能感知及高安全性，能够在狭小或高危环境中高效焊接，适应多变的生产需求。工作站有易焊工作站和便携式工作站等形式，如下图所示。



易焊工作站



便携式焊接工作站

引入高柔性焊接移动工作站后，生产效率提升 20%-30%，

缺陷率降至 1%-2%，生产成本降低 30%-40%。此外，改善了工人劳动环境，减少了安全事故，推动了制造业向智能化、绿色化转型。

二、技术亮点

一是高柔性智能作业。支持快速部署与多任务切换，无需复杂编程。

二是智能焊接控制。精准的焊缝识别与自动跟踪功能。

三是人机协作安全设计。遵循 ISO 标准，无需额外安全围栏。

四是高精度焊接。重复定位精度可达到 $\pm 0.02\text{mm}$ ，适用于高要求焊接。

五是适应复杂环境。具有防尘、防水设计，能够在高温、震动等复杂条件下作业。

案例 5 汽车车灯螺钉锁付场景

一、应用案例

在汽车车灯装配的自动化进程中，螺丝锁付是非常重要的装配工艺，然而传统方案却长期受困于多重痛点。首先，大量工厂仍主要依赖非标螺丝锁付机，这类设备面向的往往是平面内锁付任务，无法适应车灯壳体内部复杂三维空间内的多角度、深腔、狭窄位置螺钉锁付需求。其次，无论是标准机还是非标机，都存在占地面积大的问题，导致产线布局

拥挤，后续扩线或改造时必须重新规划地面空间，进一步推高改造成本。再者，这些传统锁付机二次布署困难，一旦车型切换或工艺变更，机械结构、治具、程序都要重新设计、加工、调试，周期动辄以周计，极大拖慢了新品导入节奏。

针对上述痛点，节卡机器人依托自身在协作机器人领域的深厚积累，专门面向汽车车灯行业推出了“柔性智能螺钉锁付工作站”。该工作站的核心载体是“JAKA Zu 系列协作机器人”，以实现行业通用性、快速标准化、可复制性、经济性（高ROI、快速部署能力、低运营成本）。

节卡在该工作站中创新性地融合了吸钉和吹钉双模式供钉系统，通过软件一键切换即可适应不同孔位、不同姿态的螺钉锁付需求；面对车灯内部狭窄空间，JAKA Zu 系列协作机器人采用一体化关节结构，整体高度集成，相比传统多关节机械臂大幅缩减了本体体积，使机器人可以在狭窄空间内保证所有点位直线运动，无碰撞归位作业。



针对二次部署难题，节卡将整个工作站的机械、电气、软件接口全部模块化：当车型或工艺发生变更时，现场工程

师只需更换末端快换夹具，并在软件界面调用预置的车型模板，即可在 1 小时内快速换产，大幅压缩了传统方案动辄数天的调试周期。同时，机器人凭借 $\pm 0.02\text{mm}$ 的作业精度，确保每一颗螺钉都以精准的扭矩和角度锁付到位，满足车灯高精度和高密封性需求；而平均 3 秒完成自动送钉、锁付，以及回归初始位置的标准化作业流程，则让整站节拍与传统人工或专机相比有了质的提升。

某全球 500 强企业在全面导入节卡解决方案后，实现产线产能提升近 3 番；同时投资回报周期缩短至 12 月，比项目最初评估的 1.5 年进一步压缩，体现出方案在真实量产环境下的超预期表现；基于显著的投资回报，该企业现已完成数百套设备复购，形成了持续扩产、快速复制的良性循环。

从社会价值来看，机器人替代人工完成高重复、高强度的螺钉锁付作业，不仅降低了工厂用工需求，还把工人从单调的体力劳动中解放出来，转向设备巡检、质量监控等更具技术含量的岗位，实现“人机协作”的新型就业形态。

二、技术亮点

代表产品：JAKA Zu 系列协作机器人

一是行业通用、快速标准化、可复制、经济（高 ROI、快速部署、低运营成本）；

二是以 JAKA Zu 系列协作机器人为核心单元，创新融合“吸钉+吹钉”双模式供钉系统，一体化关节、高度集成，部署空间小；

三是作业精度 $\pm 0.02\text{mm}$ ，支持快节奏高效生产；

四是 1 小时内快速换产，平均 3 秒完成自动送钉、锁付

及回归初始位置;



三、标杆企业简介

节卡机器人(JAKA), 于 2014 年由一群工程师与机器学者联合创立, 是一家聚焦于新一代协作机器人本体和智慧工厂创新研发的高新技术企业。公司研发中心位于国际科创中心--上海, 生产基地位于江苏常州, 并在深圳、中国香港德国、日本、美国等地设立子公司。

创新为源, 公司不断攻关核心技术, 搭建了模块化硬件平台、算法+OTA 云端系统平台和前沿技术研发 3 大平台, 成功掌握包括智能模块化关节、高品质运动控制、新型示教与快速部署、人-机智能融合与安全协作、智能产线与集成 5 大核心技术体系, 推出通用型、感知系、视觉版、轻量级、高防护系列等本体系列, 获得过上海科技进步一等奖、TIA 工业设计、特种机器人优秀方案奖、国家专精特新小巨人、国家知识产权优势企业等荣誉。

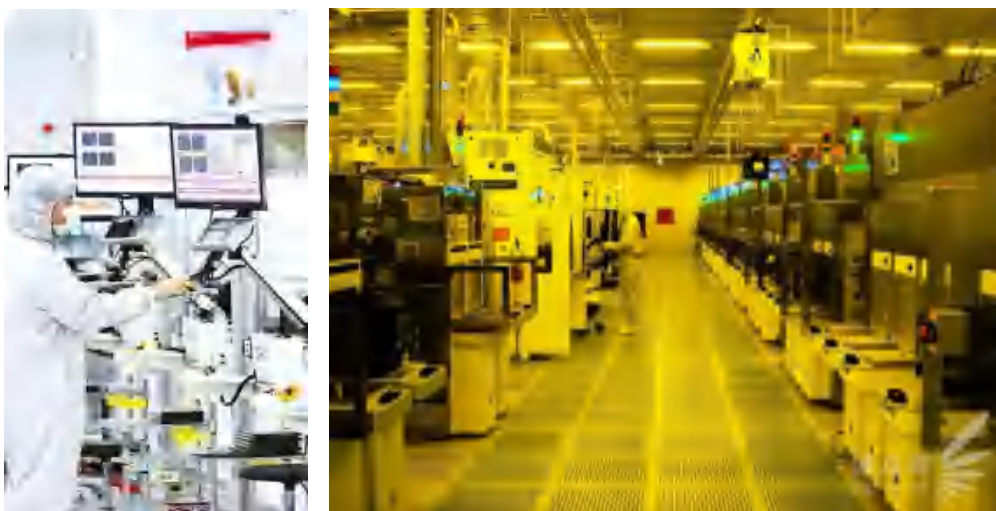
节卡机器人自成立以来, 已规划并完成产品化、场景化、市场化、规模化四个建设阶段, 打通“研发+生产+服务”全链路, 超 2 万台机器人已销往欧洲、亚洲、美洲等诸多国家和

地区，被广泛部署在施耐德、丰田、伟创力、东山精密在内的汽车、电子和精密制造等领域的全球头部客户产线中，落地包括上下料、锁付、取放、搬运、码垛、打磨、焊接等数百个应用场景，以新质生产力为翼，赋能全球工业实现智造跃迁。

案例 6 半导体行业上下料场景

一、应用案例

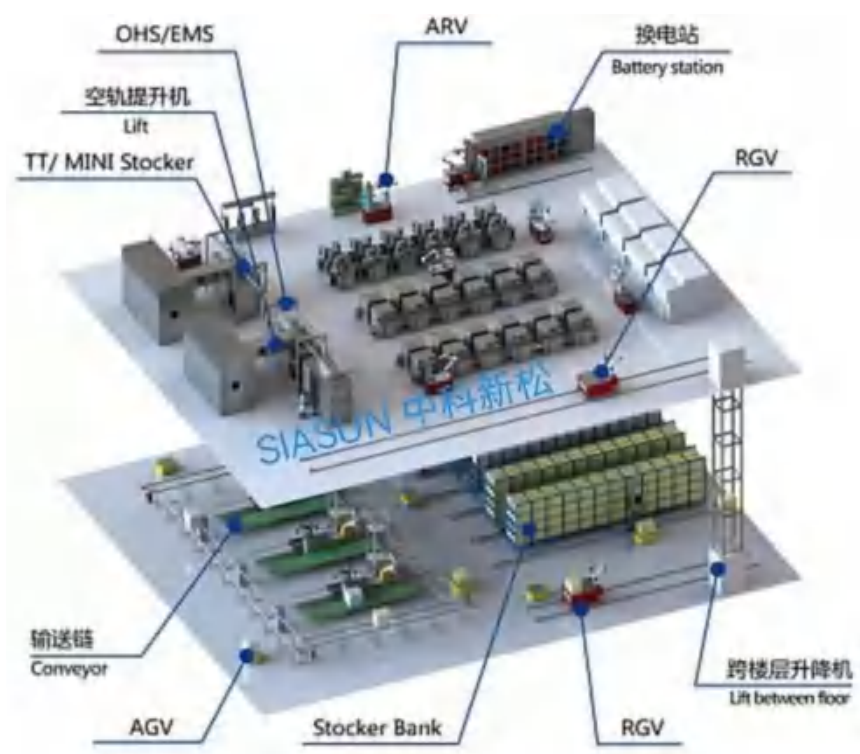
半导体制造作为现代工业的“皇冠明珠”，其生产环境的洁净度与稳定性要求极高。一是半导体洁净车间有严格的生产管理要求，防护服着装较封闭不舒适，工作单调重复劳动，1人1天行走10km，招工难问题突出，招聘需求量旺盛。二是无尘车间内人工操作具有一定的局限性，据统计手推车搬运导致1%-2%的晶圆破裂受损，以某月产能4万片的Foundry为例，以1.5%的不良率测算一年的损失将达48.6万美元在晶圆加工、封装测试等核心环节中。



这些痛点交织之下，半导体行业的自动化转型陷入两难：既要突破精度与集成的技术瓶颈，又需在效率、成本与安全性之间找到平衡。中科新松有限公司基于新松集团的深厚的研发能力以及多年来半导体行业经验，自主研发的AMHS解决方案已服务了全球多家半导体行业头部客户。提升半导

体行业客户的生产效率、良品率的同时，大大降低了人工、能源及运营成本。

自 2014 年以来，中科新松携手半导体行业知名企业“W”公司，深度参与打造了半导体行业内唯二两座通过专业机构麦肯锡认证的“灯塔工厂”。中科新松自主研发的 AMR/ARV、RGV、STK 等多款产品均有在“W”公司成功部署。其中搭载新松多可协作机器人的 AMR/ARV 部署数量超 300 台，实现了绝大部分工艺段的机器人替代人工进行物料搬运、机台上下料的效果。从“W”公司官方发布的统计数据，部署自动化解决方案前后，节约 41%能源，降低 16%材料消耗，减少 40%-50%作业停机，整体降低 32%运营成本。



二、技术亮点



项目	参数
型号	Open Cassette AMR
协作臂负载	12kg
臂展	1300mm
移动方式	全向移动
充电方式	快速换电/无线快充
充放比	1:20 (充电 5 分钟, 工作 2 小时)
料位振动	0.5G
洁净等级	ISO Class 3
ESD	优于 SEMI E78
绝对精度补偿	末端视觉 or 底部纹理
综合绝对精度	±0.5mm
外形尺寸	L600*W1100*H1600mm
重量	400kg
能耗信息	6000W(充电功率)
电池安全	极安全穿刺切割后,无明火,无气体,温升不过 100°C
电池寿命	10 倍于磷酸铁锂

三、标杆企业简介

2014 年中科新松有限公司正式成立。作为新松旗下针对智能机器人的子品牌，多可机器人率先取得多项自主研发的

专利技术，一路上业开发了多款机器人产品：国内首个七轴协作机器人，国内首个双臂协作机器人，国内首个大负载协作机器人，国内首个 2m 长臂展协作机器人，国内首个移动协作机器人。截至目前，中科新松拥有了完善的协作机器人产品矩阵。产品广泛应用于汽车、能源、半导体、3C、教育创新、医疗健康、食品药品、服饰纺织等行业，可轻松实现智能拣选、抛光打磨、上下料、装配、拧钉、质量检验、搬运、码垛、涂胶涂油等功能。产品出口东南亚、北美、欧洲等数十个国家与地区，品牌影响力享誉全球。

中科新松被工信部认定为首批国家重点支持的“专精特新”小巨人企业，成为协作机器人细分领域的“隐形冠军”；荣获“高新技术企业”、上海市“科技小巨人”企业、上海市企业技术中心、上海市智能工厂、上海市专利工作示范企业，入选《上海市第一批智能制造解决方案供应商推荐目录》，获得全国五一劳动奖、上海市科技进步一等奖等殊荣。

智慧协力，世界向前。中科新松将与更多客户携手同行，共创美好的未来！

案例 7 大型钢结构焊接场景

一、应用案例

船舶制造中的大型钢结构焊接是船体建造的核心工序之一，涉及船体分段、龙骨焊接、船底焊接等关键环节。随着船舶规模的不断扩大（如超大型货轮、游轮等），钢结构的复杂性和焊接难度显著增加。焊接工艺的高效性和稳定性直接影响船舶的生产周期、质量和安全性。

目前，船舶制造中的焊接技术主要面临以下问题：一是效率低下。船舶制造过程中，大型钢结构的焊接任务量巨大，但传统焊接技术效率低下，生产周期长。二是质量稳定性差。焊接质量受操作员技能和环境条件影响较大，容易出现焊缝气孔、未融合、变形等缺陷，影响船舶结构的安全性和使用寿命；三是依赖高技能人才。高质量焊接需要大量高技能焊工，但高技能人才的短缺已成为行业瓶颈，限制了生产能力的提升。四是高昂成本。由于焊接效率低、人工成本高，同时因缺陷率较高导致的返工成本增加，焊接环节的整体成本较高。五是环境与安全问题。统焊接过程中产生的烟尘、噪音等对操作工人健康形成威胁，同时也可能存在安全隐患。

随着人工智能技术在制造业中的应用逐渐深化，船舶行业已开始引入机器人焊接和基于 AI 的智能焊接技术。通过智能算法、传感器和机器学习，实现焊接工艺的自动化和优化，为船舶行业带来了革命性的改变。

Step Robot 携手合作伙伴，以“机器人+AI”为核心战略，推出智能焊接机器人解决方案，助力船舶制造，从“经验驱动”迈向“数据驱动”。在昆山工厂完成船舶组立智能焊接应用示范，共同验证智能焊接关键工艺模块，形成自主弧焊机器人在船舶组立智能焊接的应用示范。通过智能控制、深度学习等 AI 技术，将环境感知、动态决策与精准执行能力深度融合，构建 Smart Robot 通用技术底座。

该技术能够带来的经济效益主要体现在：一是降低生产成本。免示教焊接技术通过智能化方式减少了对高技能焊工的依赖，降低了人工成本。同时 AI 算法的优化能够减少焊接材料的浪费，进一步降低整体生产成本。二是提高生产效率。传统焊接技术效率慢、周期长，而 AI 赋能的免示教焊接技术可以显著缩短焊接时间，提高生产效率。根据实际应用案例，部分企业通过引入该技术实现了生产效率提升约 30% 以上。三是推动产业升级。免示教焊接技术的推广应用将推动船舶制造行业从传统劳动密集型向智能制造转型，为整个行业的产业升级注入新动能。

主要社会效益包括：一是促进就业结构优化。虽然 AI 技术可能会减少对传统焊工的需求，但它也会创造新的就业机会，如智能设备操作员、AI 系统维护工程师、数据分析师等。二是提升工人安全性。传统焊接作业中，工人需要在高温、噪音和有害烟尘的环境中长时间工作，而 AI 赋能的免示教焊接设备能够减少人工作业时间，降低工伤风险，提升工人的安全性和工作环境。三是推动技术普及与教育发展。基于免示教焊接技术的推广，学校和培训机构可以开设相关

专业课程，培养更多具备 AI 技术和智能制造技能的合格人才，为行业发展提供人力资源支持。

二、技术亮点

针对船舶重工行业焊接工件多品种、小批量、高度差异化的特点，SKE 开发软件完美适配新时达焊接控制系统。“AI 赋能”船舶行业免示教焊接应用技术结合，3D 视觉图像算法、自主避障算法以及焊接工艺设计，提供基于图像识别和特征分析的自主规划功能，解决传统机器人焊接无法满足多种类焊接工件，或节点形式复杂多样的工件的复杂焊接需求。

一是智能焊接设备。搭载 AI 算法智能焊接系统，结合模型导入或逆向建模等技术，自主规划相机识别轨迹与焊接姿态，通过纠偏相机完成实际焊接轨迹的数据采集，进行整体轨迹规划；

二是实时数据采集。通过视觉扫描、红外传感器等外部设备获取焊缝状态，实时优化焊接参数。通过云端大数据分析，优化工艺参数并预测设备维护需求，降低停机风险；

三是多站协同。多台焊接设备通过群控与云技术完成协同工作，实现大型钢结构的高效焊接。



该方案能够在复杂焊缝与异形结构中提升焊接效率

30%，缺陷率降低至 0.5% 以下，实现效率与质量双提升。同时，在端侧部署轻量化 AI 模型，确保复杂环境下的毫秒级决策与精准执行，实现边缘计算实时响应。

三、标杆企业简介

上海新时达机器人有限公司成立于 2014 年 2 月 12 日，是国家重点支持的高新技术企业、国家级智能制造示范工厂，是首批符合《工业机器人行业规范》的企业，是国内最早自主研发工业机器人的企业，完整掌握了机器人控制器、伺服驱动器、系统软件等核心技术，其中新时达工业机器人的控制器与伺服系统中的伺服驱动器，100% 由新时达自供。

公司是为数不多通过控制器切入机器人本体的厂家，凭借自主研发的控制系统和强大应用开发能力，深度融合应用工艺，实现机器人高速、高精度运行，实现更加精细化和专业化的应用场景定制，从而发挥出本体的极致性能，是“全长三角造”机器人的链主企业，打造出了一系列高品质的产品，屡获殊荣，奠定行业领先地位。

新时达从控制技术起家，完成了具有行业竞争力的机器人“底层”布局，公司推出融合机器视觉与运动控制技术的视控一体产品，旨在通过软硬件的高度集成优化工业自动化领域的效率与精度，可应用于机器人焊缝引导、零部件 3D 检测、3D 特征检测和尺寸测量等场景。公司目前对具身/人形机器人本体进行了深度的研究，将有望 2025 年推出市场。未来，与所有产业周期一样，具身/人形机器人也将面临性价比大幅跃升而带动的整个产业发展。

案例 8 大负载码垛场景

一、应用案例

在传统重载物料搬运与码垛作业中，企业通常依赖叉车、吊车等大型机械设备，配合人工指挥完成操作。面对单件重量高达 1000kg 以上的大型货物，如汽车制造、航空航天、重型机械加工、船舶制造、钢铁与建筑等领域，原有作业模式暴露出诸多问题，作业效率低下，安全隐患突出，人力依赖度高，场地利用率受限。随着智能制造转型升级的加速推进，传统重载搬运和码垛模式已明显滞后，成为制约企业效率提升与安全生产的关键瓶颈。

针对以上痛点，企业研发了负载能力超过 1000kg 的大载荷搬运机器人，全面实现了作业流程的智能化升级。通过部署高负载、高精度的重型工业机器人，结合定制化重载夹具及 3D 视觉识别系统，企业实现了对各类超重货物的自动识别、精准抓取与高效堆垛。机器人能够稳定处理 1000kg 以上单件货物，并以远超人工的速度和堆垛精度完成作业，有效提升了作业效率和仓库空间利用率。

同时，通过设置多级安全防护和人机隔离措施，彻底消除了传统作业模式下因人工操作失误引发的安全事故，实现了作业环境的本质安全化。整体来看，大载荷机器人不仅解决了重载码垛的核心痛点，还为企业建立了标准化、智能化、可持续发展的物流作业体系。

经过系统上线运行，搬运与码垛效率提升超 150%，全年出入库作业能力提升 40%以上，作业效率大幅提升；相关岗位用工数量减少 70%，夜班作业实现完全无人化，人力成本大幅下降；降低安全事故率，场地利用率提升 30%以上，作业流程标准化、能效优化，降低了单位作业能耗，减少了碳排放，促进绿色低碳发展，助力智能化转型，提升品牌竞争力和行业示范效应。



二、技术亮点

代表产品：大载荷搬运机器人

一是攻克工业机器人高刚性结构设计、高精度运动控制、大功率驱动系统开发以及安全性能保障等难题。

二是自主开发集成大扭矩精密关节减速机、大惯量伺服电机、柴孚控制系统等国产组件，国产化率达 95%，采用双电机带动 1 个关节轴的整体结构，满足高可靠重载作业要求。

三是在性能、技术指标、负载能力等方面实现根本性创新，填补了国内大型 RV 精密减速机、超大机型机器人双电机带动 1 个转动轴技术以及负载 1000KG 以上重载机器人的空白，达到国际先进水平。

三、标杆企业简介

上海柴孚机器人有限公司成立于 2011 年，坐落于上海市金山区张堰镇，是一家集工业机器人全产业链研发、生产、销售和服务为一体的高新技术企业。是国内领先的工业机器人企业，拥有 300 余台引进自国内外的先进精密设备，具备强大的研发制造能力。公司专注于工业机器人本体、核心部件（包括 RV 减速器、伺服电机、控制器）以及智能化整体解决方案的自主研发与产业化，广泛应用于汽车制造、电子装配、新能源、航空航天等领域，已成功出口至俄罗斯、马来西亚、巴西、越南、沙特、印度等国家，正加速全球布局，积极提升国际市场竞争力，对标国际巨头发那科、ABB、库卡，在国内市场与埃夫特、新松等知名企业同台竞技。

柴孚机器人汇聚了一支由顶尖人才组成的多元化团队，涵盖机器人研发、制造、应用及市场拓展等全链条环节。核心团队由多位在工业机器人行业深耕十年以上的专家领衔，研发人员占比超过 20%，其中本科及以上学历的技术骨干比例高达 80%。在机器人运动控制、人工智能、机器视觉与精密制造等核心技术领域，柴孚具备深厚的技术积累与持续创新能力，并与江苏大学、哈尔滨工业大学等知名高校建立了深度产学研合作关系，持续攻关关键技术，推动项目成果转化落地。

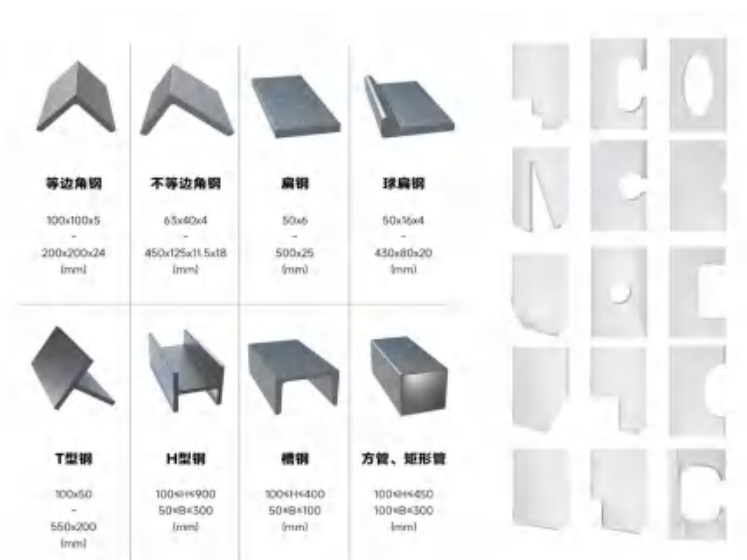
未来，上海柴孚机器人有限公司将以全球化布局为战略方向，持续加大研发投入，拓展智能制造及新能源等新兴应用领域，致力于引领高端装备制造业智能化、数字化升级，助力中国智造走向世界舞台。

案例 9 型钢切割场景

一、应用案例

在现代船舶制造业中，船体型材的使用量占船体全部钢材用量的 20%-30%。型材切割是船体工程的一项重要技术，针对不同的标准型材（如 H 型钢、T 型钢、角钢、球扁钢等）进行截断、开孔、翼缘整形等，以便形成符合尺寸与连接形式的钢结构件其精度直接影响后续的组对和焊接。

需求端行业痛点：一是现有型钢切割机器人价格高昂，可切割的断口高度定制化，无法自行开发；二是与前后道立库、下料与焊接工艺数据不打通，需要单独为型钢切割设备绘图；三是技术自主水平差，行业涉及军工等保密需求，数据安全存在问题。



大界打造了自主可控的 RobimCutProfile 型材三维切割方案，搭载全自研软件和智能算法，具备模型数据解析、路

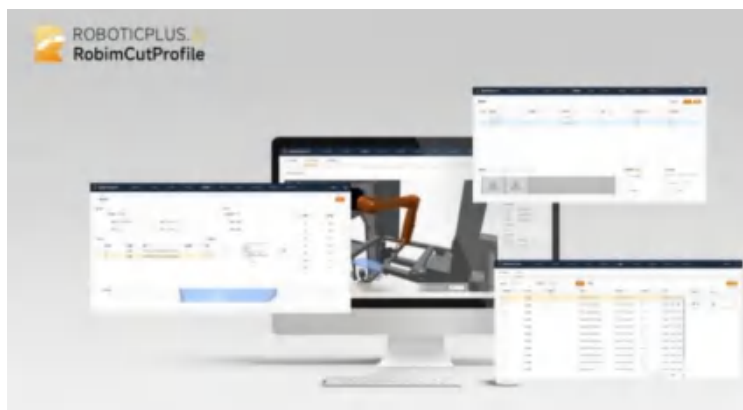
径规划、工艺规划、仿真模拟等功能，并配有丰富的宏库且支持无限拓展，可柔性适应不同规格船用型材生产需求，为企业提质增效、缩短制造周期。



二、技术亮点

一是高国产化率。大界按照一线生产需求开发，打造自主可控、灵活定制的国产软件，覆盖从切割工艺设计、生产执行、设备维护到产能统计等流程，操作简捷，一键全自动切割。

二是高开放性。百余种宏库且可无限拓展，充分满足新船设计需求，支持 TRIBON、AM、Catia、SPD 等设计软件输出的 GEN 文件。



三是高集成度。搭载先进软件、六轴工业机器人、等离子切割系统、点激光传感器、伺服推料小车、高精度编码器定位装置，实现从上料、进料、喷码划线印字、切割、分拣出料、下料等型材加工全过程自动化。

四是高精度。成熟的工艺算法库，切割精度可达 $\pm 1\text{mm}$ 。

五是高柔性。无需离线和参数化编程，适用于多种型材。自动规划机器人切割路径，自主避障，计算位姿最优解，解决周围环境干涉、机器人关节值超限、奇异点等异常情况。

六是高性价比。套料软件为大界自研，可基于零件资源库，自动套料和自定义手动套料，支持分段级别 5000 个零件以上的套料文件套料，同时满足余料套料或补料需求。与常见的贪心启发式算法相比，其成材率提高 4.6%，最大限度利用每根母材的余料，套料时间 <0.2 秒。

公司聚焦细分领域，通过自研 CAPP 工业软件技术底座，致力成为中国领先的机器人柔性控制公司，赋能现有难以自动化的工业柔性生产场景，产品已累计为公司贡献超过 9500 万，未来三年收入超过 5 亿元。

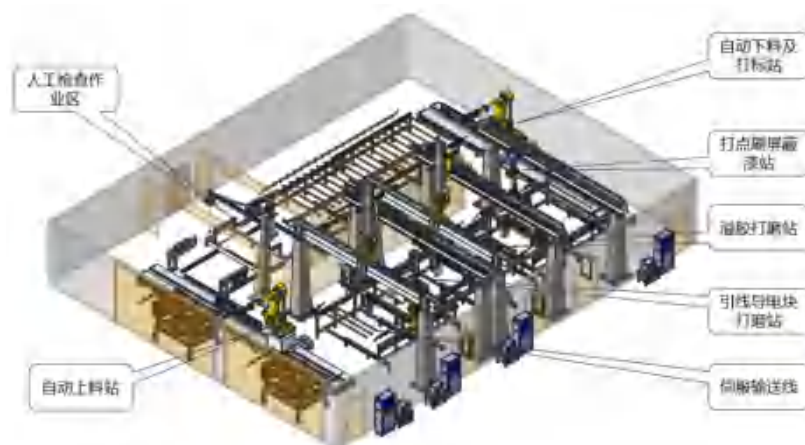


案例 10 线圈打磨场景

一、应用案例

水力、火力、核电发电机组都离不开大型发电机，而电机内部最核心的部品部件是线圈导线与线棒长期依赖于手工制作，需要接触有机溶剂的胶水、屏蔽漆料，金属粉尘，无机矿物纤维碎屑等，有毒有害工作环境，劳动条件差。

需求端行业痛点：一是线圈导线与线棒均按照项目设计定制，非标准化构件，形状为空间曲线，自动化实现难度高；二是线圈导线为绝缘包线，编织后注胶形成线圈导线，需要在保证不打破绝缘层的情况下，去除厚度仅 0.2mm 的透明溢胶，对工人个作业水平要求很高；三是导线焊接工艺要求高，接触高温焊锡，工作较为危险，且水平不一容易造成质量的波动。



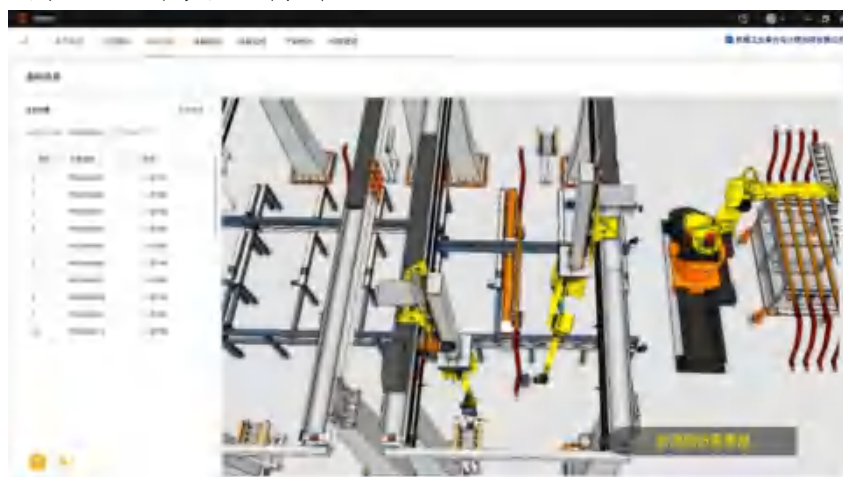
钎焊后的水电线圈半成品，实现的工件自动上料、导电块/引线打磨、打标、成型段溢胶清理倒角、直线段打点、刷屏蔽漆、自动下料、自动晾干输送及成品三坐标尺寸检测。

大界 RobimEnergyGrinding 首台首套打磨、成型检测特种设备应用，成为大国制造背后的基础设施工具，为制造更大更稳定的发电机组提供了坚实的制造工具基础。虽然单套产品的售价仅 1500 万元，其复制性也一般，可能只能跟随相关企业出海，但其社会价值很高，解决了特种设备生产长期依赖大国工匠人工技术，产能提升困难的问题。相关的线圈打磨技术可以横向应用于其他大型发电机和电动机的自动应用（包括新能源船舶电机、大型重卡电机等），重点关注客户包括：哈尔滨电机厂、东方电气、三一重工、比亚迪商用车、中创新航等。大界机器人将充分发挥团队在机器人底层控制创新设计、上层智能感知、先进控制算法以及人工智能全方面的技术优势，打造具有自主知识产权的渗透、融合视觉和力觉感知，结合先进制造工艺的高端机器人能源设备制造系统，在工业机器人的能源设备自动化应用关键领域实现颠覆式创新。

二、技术亮点

一是提高生产效率：机器人可以通过模型导入编程与视觉拍照重构生成精确的路径和动作，快速完成线圈的打磨工作，大大缩短了生产周期。机器人可以在连续操作中保持一致的速度和质量，避免了人工操作中的不稳定因素，从而提高了整体的生产效率。

二是保证产品质量：机器人能够精确控制每一步的动作和力度，确保每个线圈的打磨效果一致。可以根据预设的参数和反馈机制进行调整，以确保达到所需的精度和表面光滑度，提升产品的质量标准的。



三是减少人工操作风险：线圈打磨可能涉及到粉尘、高温等环境，对人工操作者健康有一定风险。使用机器人可以将人员从潜在的危险环境中解放出来，降低工伤风险，提升生产安全性。

四是灵活适应不同的打磨需求：机器人的程序可以根据不同型号和规格的线圈进行调整，适应多样化的生产需求。可以通过软件更新和调整来应对市场上新型号的发电机组线圈打磨需求变化，保持生产线的灵活性和竞争力。



五是质量产能可追踪：唯一标识符（UID）与生产管理系统相结合，系统能够实时监控生产过程，记录生产数据。

三、标杆企业简介

上海大界机器人科技有限公司以型钢切割机器人为基础，向前端下料及立库，型材矫直，线上喷码与识别，短料及长料自动推料分拣，agv或板链线输送相结合，形成以Robim核心技术为基础的全套型材加工智能化机器人部品部件生产系统。推广重点围绕船舶、海工行业，兼顾建筑业型材生产需求，针对生产端的行业痛点问题，结合公司专业的智能、自动化产线集成能力，匹配实际应用场景，为客户提供软硬一体的先进智造解决方案。推广重点企业包括：中船集团（江南、外高桥、沪东、大连、广船、黄船、葫芦岛等）、中远海运（重工、中远川崎）、招商局工业、新扬子造船、新能船业、宝冶池州船厂等。

案例 11 柔性电路板 FPC 自动化装配场景

一、应用案例

FPC 柔性电路板具有轻薄、易弯曲、成本低等优点，在各个领域广泛应用。但是 FPC 小且易变，以位置控制为主的传统机器人通常难以柔顺夹持其插头，且无法判断插装过程是否顺利完成，所以大多数仍以人工装配为主。

非夕 FPC 柔性自动化装配方案主要包含非夕力控自适应机器人、视觉伺服系统、AI 视觉系统、末端夹具等，高精度力控机器人与人工智能技术完美结合，从 0 到 1 打造了以自适应机器人技术为基础的 FPC 柔性自动化装配应用解决方案，全球首次实现了“柔软易形变”的 FPC 自动化装配的技术，解决了工业领域 FPC 柔性电路板插装难以自动化替代的“世界性难题”。



非夕 FPC 柔性自动化装配方案构建三大技术优势：一是 AI+视觉伺服+高精度力控：实现柔性稳定插装，成功率高达 99%。通过 AI 和视觉伺服技术对 FPC 进行高实时的识别和动

态追踪，自适应来料状态，完成精准取料；继而依托自适应机器人的工业级力感知和力控能力，确保如人手一般柔顺、精细、高效的插装。该应用可以有效规避对 FPC 和其他工件的划伤，插装成功率高达 99% 以上。二是全流程自动化+数据化：保证数据 100% 可追溯。结合自适应机器人操作系统 Flexiv Elements，该应用可获取并实时展示取料过程的视觉识别和追踪、插装过程中的微力控制、插装完成后的视觉检查等影像和数据，做到全流程、全物料的数据追溯，从而完成对装配质量的闭环监控。三是兼容、通用、可扩展 应对多种需求。基于自适应机器人自身的力控能力，该应用可兼容更多种类的 FPC，同时可根据需求对视觉伺服系统和末端夹具进行快速调整，从而适配不同的插装工艺，便于换型、换线，降低生产综合成本。



非夕 FPC 柔性自动化装配方案经过多年打磨和技术沉淀，目前已应用于消费电子及汽车电子领域等多个大客户工厂。未来将可以部署航天航空领域、工业自动化领域、可穿戴设备领域、生物识别领域等多个领域，实现更大的经济及社会价值。

二、技术亮点

一是工业级力控。非夕独创的力/力矩传感技术可以使自适应机器人具备仿人化的“手感”和“手眼配合”能力，并具备实时

力控规划、多维复合力位控制、稳定抗扰动、全身多点力控等高阶的工业级力控性能。基于七自由度、高达 0.03N 的末端力感知分辨率和 1kHz 高频响应能力，自适应机器人可以容忍多种误差，即使在复杂环境中也能完成多种生产环节常见的精密装配任务，保证装配工艺良率。

二是视觉伺服。实现机器人对“小而软”的工件精准识别。通过对图像进行实时处理和分析，调整机器人姿态，实现机器人对工件的精准实时识别与追踪。非夕为自适应机器人配备了基于力控的视觉伺服技术，使机器人与视觉的通讯频率最高可达 50Hz，在 30Hz 之下收敛精度可达 0.1mm。

三是自适应装配工艺包。能适配不同装配需求，编程调试又十分简单。在非夕自研的任务编辑系统 Flexiv Elements 中，使用独有的概念“元操作”进行机器人的任务编程。而自适应装配工艺包整合了精密装配所需的“元操作”，包括但不限于接触、搜孔、柔顺插拔等，使装配效果优良，且任务编程调试十分简便。更直观的理解是，通过控制不同大小和类型的力，可以实现不同装配需求。

三、标杆企业简介

上海非夕机器人科技有限公司自 2016 年成立以来一直围绕仿人化技术创新路线，专注于研发、生产集工业级力控、计算机视觉和人工智能技术于一体的自适应机器人产品，为不同行业的客户提供基于自适应机器人系统的创新性的解决方案和服务。

2024 年，非夕主导起草国内首个基于力控的机器人自适应能力的国家标准《机器人自适应能力技术要求》，在此之前全

球范围内尚无该类型的国际标准。这个标准首次定义了机器人自适应能力，并详细阐述其技术要求，是继工业机器人、协作机器人标准之后，又一细分领域的基础性标准，填补了国内高端机器人领域技术的空白。2022年6月非夕完成B+轮融资，市场估值超过10亿美金，成为智能机器人领域新晋独角兽企业。

非夕目前已荣获国家级工业设计中心、上海市创新型总部、上海市科技小巨人等荣誉。我司应用场景“自适应机器人汽车域控制器产线”获评国家工信部2022年度智能制造优秀场景。我司产品荣获工信部中国优秀工业设计奖、红点奖最高奖(Best of the Best)等。公司联合创始人分别荣获长江学者、上海市优秀技术带头人、达沃斯论坛世界青年领袖等荣誉。

案例 12 汽车板冷轧设备拆捆场景

一、应用案例

C808 机组是宝钢汽车板冷轧产线中的关键设备，钢卷上料前的捆带剪切作业长期依赖人工。该工序面临高风险、高强度问题，作业强度大、安全风险高，严重制约了自动化水平和产线效率提升。



由宝信软件自主品牌“图灵机器人”打造的 C808 机组拆捆机器人系统成功上线，全面替代人工作业。图灵机器人团队紧贴现场实际，针对该工序定制开发机器人本体结构及路径规划优化算法。该系统具备本体结构优化、路径智能规划等核心功能，在面对复杂作业环境和高频节拍的情况下，成功实现了高精度定位与多任务稳定协同。

系统正式运行后，人工减少超 50%、安全风险显著下降，助力产线 AOM 指数提升 5% 以上。此次图灵机器人在冷轧领

域的首次投用，有效填补了国产机器人在冶金高危场景下的应用空白，标志着宝信软件机器人产业化发展取得阶段^{制造业篇}成果，自主品牌完成从集成商向本体制造商的跨越。该系统为国产工业机器人突破“卡脖子”环节提供了优秀示范，成为了宝武集团“高端化、智能化、绿色化、高效化”发展方向的重要实践，为推动钢铁行业智能化升级提供可复制的中国方案。



二、技术亮点

代表产品：图灵拆捆机器人



型号	RRB6600
负载	155Kg
臂长	3200mm

一是核心功能：具备本体结构优化、视觉精确识别捆带、

气动拆捆等功能。

二是场景适应性：专为冶金高危场景定制开发，能应对复杂作业环境和高频节拍，有效填补国产机器人在该领域的应用空白。

三是工程化突破：标志着图灵机器人在钢铁冷轧核心工序的首次工程化应用，是图灵机器人在高端工业机器人领域的关键技术突破。

案例 13 CNC 机床柔性上下料场景

一、应用案例

传统 CNC 机床依赖人工上下料，面临三大瓶颈：人力成本攀升（年均超 40 万元/台）、技能工人招募困难、多品种小批量生产导致换线效率低下、油污环境工件损伤率高达 5%。人工操作重复性劳动，更易引发疲劳与工伤事故，机床利用率长期低于 60%。

图灵机器人智能化解决方案创新性融合三大技术模块。一是 AGV 智能调度系统。核心难点在于，多机协同调度（需动态路径规划和任务分配），实现跨 10 台 CNC 机床的动态物料流转，支持实时路径规划与任务分配；二是协作机器人+3D 视觉。通过亚毫米级点云扫描技术，精准抓取反光/油污工件（识别精度 $\pm 0.1\text{mm}$ ）；三是数字孪生预训练平台。7 天快速部署系统，降低工程调试成本 30%。



在经济效益提升方面，人力成本降低 70%，单台设备年节约 40 万元；机床利用率提升至 85%+，产能提升 30%。在社会价值提升方面，消除高危人工操作，工伤事故归零；工件碰伤率下降 95%，助力绿色制造。

二、技术亮点

代表产品：图灵柔性智造复合机器人系统

一是多模态感知融合技术。集成 3D 视觉+六维力控传感器，攻克油污/反光工件识别难题，无序抓取成功率 $\geq 99.5\%$ ；产品质量方面，凭借高精度视觉引导抓取，工件碰伤率大幅下降 95%；

二是动态环境自适应系统。基于 SLAM 的 AGV 定位漂移实时补偿（精度 $\pm 5\text{mm}$ ），金属屑干扰下稳定运行，油污地面的稳定运行及可靠定位精度，复杂场景适应能力；

三是全栈式协同控制架构。独创“AGV-ROBOT-CNC”三级通讯协议，响应延迟 $< 50\text{ms}$ ，支持 100+设备群控；

四是轻量化 AI 边缘计算。嵌入式神经网络模型实现 500ms/件高速识别，较传统方案提速 3 倍。

三、标杆企业简介

上海图灵智造机器人股份有限公司是中国宝武宝信软件控股的一家以智能机器人为核心的工业智能化和信息化

提供商。公司成立于 2007 年，由上海交通大学出资组建，旗下拥有 1978 年创建的意大利机器人公司 R.R.Robotica。公司致力于通过自主研发的智能工业平台、智能传感器产品、软硬一体化设备以及数智化解决方案，为客户提供一站式的数字化与智能化服务。产品涵盖了机器人本体、冶金及一般工业解决方案、汽车与新能源解决方案。截至 2024 年 12 月 31 日，公司拥有授权专利和软件著作权 110 项，其中发明专利 38 项，制定行业标准 3 项，获评国家级专精特新“小巨人”企业、高新技术企业、上海市科技小巨人企业等荣誉。

经过多年发展，图灵机器人已建立上海研发中心、江苏生产制造基地、意大利欧洲研发生产中心，依托三大核心基地，在机器人本体、机器人系统、机器人生态等领域持续创新，研发更先进的技术的产品，为客户创造更大价值。截至目前，已有 35000 台机器人在全球超过 50 个工业国家的 2200 个工业生产现场连续运行，满足不同行业需求。除广泛应用于汽车、3C、五金、光伏、注塑、食品、锂电、包装物流等传统工业场景外，图灵机器人业务正逐步拓展至冶金、医疗、新能源、服装、船舶、新零售等领域。

未来，图灵机器人将持续深耕高端本体研发，赋能更多场景智能化改造，加速推进中国制造迈向中国智造。依托宝武工业互联网平台 xIn³Plat 技术底座及 RaaS（Robot as a Service）等商业模式创新，构建“平台+生态”的服务体系，为客户提供全生命周期的机器人平台化运营服务。

案例 14 核电场景

一、应用案例

自 2024 年 3 月起，国地中心联合上海电气中央研究院，以核电行业极端和高风险作业环境为背景，深入探索人形机器人技术的实际应用。双方致力于通过“机器换人”战略，替代传统的高强度、高风险、重复性劳动，旨在提升核电作业的效率与安全性，为核电行业的智能化转型注入强劲动力。

面向上海电气核电环境，实施人形机器人核电产线巡检、检测室上下料、大型换热器管板孔清理工作，技术难点在于下肢持续稳健复杂地形行走步态突破、底盘自主导航避障、上肢高精度力控操作、多传感器融合信息获取等。



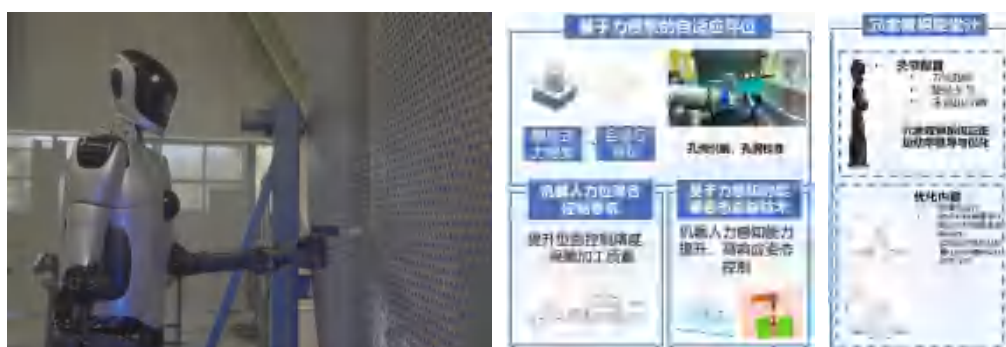
1、安防巡检场景

面向核电领域恶劣条件、危险场景应用需求，实施人形机器人安防巡检工作，实现“机器换人”。人形机器人具备复杂地形高机动鲁棒行走能力、态势感知与智能决策能力，特别是斜面楼梯、垂直楼梯、坡面、壕沟、小型障碍物平稳通过能力。



2、管板孔清理场景

核电装备大型换热器加工过程中，管板孔的清理操作。国地中心与上海电气中央研究院联合研发的高负载轮式作业机器人，具备管板孔与换热管孔精准定位能力，清理工具、胀管工具的抓取、操作使用能力，作业期间力搜索，与自适应能力，以及全流程自动化能力。



3、质检上下料场景

核电装备机加工工厂零部件质检过程中，检测仪上的零部件上下料搬运、转移。国地中心与上海电气中央研究院联合研发的高负载轮式作业机器人，具备零件识别、定位、抓取能力，双臂力控协同作业能力，及全流程自动化作业能力。



场景当前处于室内核心技术验证与能力演示阶段，未来将通过落地增效实现智能制造场景规模化应用与智能运营。国地中心也将继续与上海电气中央研究院团队紧密合作，依托核电集团的工业需求和技术导向，深入推进人形机器人在核电工业场景中的应用。

二、技术亮点

一是机器视觉-控制深度融合：精准定位与路径规划。多模态视觉方案：支持“双目相机”和“单目+结构光”双路径图像获取，结合霍夫变换、点云边缘提取、空间圆定位算法，精准识别孔位、拟合法向，输出目标点空间坐标，为机器人操作提供毫米级定位支持。视觉-控制闭环：视觉系统与机器人控制系统无缝衔接，“孔位三角测量→法向拟合→数据下发”流程闭环，保障操作精度与任务适配性。

二是力感知驱动的柔顺控制：自适应复杂工况。力控核心技术：集成“力搜索寻孔”和“主动柔顺控制”，通过力反馈实时调整末端姿态，实现“接触即顺应”，解决刚性操作易损伤工件的痛点。算法支撑：构建力位混合控制系统，结合机电耦合参数辨识、凸优化求解，提升面型控制精度，再清洁作业中保持压力稳定，保障加工质量。

三是双臂协同控制：复杂任务的高效执行。运动学与动力学突破：完成冗余双臂系统“逆运动学推导+动力学建模与辨识”，解决多臂协同的运动耦合难题，支持同步/异步作业。力控算法差异化：开发“单臂力控→双臂力控”的分级算法，结合仿真验证，实现多臂间力分配与姿态协调。

四是场景化技术整合：从“能做”到“做好”。行业适配性：

针对管板孔清洁、核电上下料等场景，定制“螺旋式力搜索→自适应寻位”流程，解决孔位偏差、工件形变等实际痛点，实现“精准定位→柔性操作→稳定清洁/搬运”的全流程覆盖。系统级优化：通过“构型-视觉-力控-协同”的全链路技术整合，形成“感知精准、控制柔顺、协同高效”的技术壁垒，区别于传统单臂、低自由度机器人方案。

三、标杆企业简介

人形机器人（上海）有限公司成立于 2023 年 12 月，是由国资骨干企业联合行业头部企业成立的新型研发机构，注册资本 10 亿元，挂牌省部级上海市人形机器人制造业创新中心，并于 2024 年 5 月获国家工信部和上海市共同揭牌国家地方共建人形机器人创新中心。公司在 2024 年 6 月全球人形机器人开发者大会上线全球首个通用人形机器人开源社区，后于 2024 年 7 月世界人工智能大会发布全球首个全尺寸通用人形机器人开源公版机。2025 年 1 月，公司发布世界首个规模化异构人形机器人具身智能训练场以及“格物”具身智能仿真平台，为我国人形机器人行业的发展打造了基础共性技术服务平台，持续推动国家重大领域场景落地应用。

公司科研团队硕博士占比约 80%，团队长期从事人形机器人领域技术与软硬件研发，主要承担了工信部人形机器人“揭榜挂帅”、国家自然科学基金、科技部重大研发、省部级重大科技专项等项目。未来将逐步构建以下人形机器人产品矩阵：开源人形机器人、专用人形机器人、大语言模型-大脑、强化学习与动力学-小脑、规模化数据集、机器人训练场、智算中心、核心零部件等。

公司通过打造全国领先、国际一流的人形机器人创新技术研发中心，加快我国通用人形机器人的工程化应用，以国家战略与市场需求为导向，汇集“政产学研用”各方力量，依托上海产业聚集及辐射全球优势，加快实现关键技术装备产业化，引领人形机器人产业链高速发展。

案例 15 表面缺陷检测场景

一、应用案例

制造企业在生产过程中往往耗费大量的人力在最终的成品检验环节，不仅人工成本高，效率低，更是无法保证检验的质量，给企业经营带来风险。以江苏某大型 3C 电子科技客户为例，该客户主要以 MIM 金属注射成型工艺加工构型复杂的精密零件，企业总员工数为 3000 人左右，其中质检人员超过 1000 名，不仅仅耗费大量的人力成本，并且检测的准确率直接受到人的情绪状态直接影响，外观检验的结果也存在偏差与不可控因素，同时高强度的人眼检测，对质检员的身心健康也存在持久的伤害。

捷勃特联合合作伙伴共同研发“工小匠”智能飞拍检测平台，是一款轻量化、柔性化、智能化的外观缺陷检测机器人，通过深度视觉感知及机器人运动控制等关键技术，赋能“相机+机器人”同步运动，结合工业 AI、光学、深度学习及大数据技术，实现轻量化、柔性化部署，满足小批量、多品种、多需求的外观检测要求，提供了一套检测效率高、自适应能力强的轻量标准质检系统。

“工小匠”可通过导入检测产品的 3D 文件自动生成相应的拍摄点位，同时，还引入了碰撞检测和轨迹优化功能，将拍摄点位生成最优拍摄轨迹，使得新产品能够快速导入并大大降低了调试难度。机器人精准的轨迹控制可保证机器人在

高速飞行不停顿的模式下进行高精度取图。这种高效的工作流程让“工小匠”在质检领域展现出了卓越的性能和灵活性。“工小匠”的复杂目标认知和自主规划技术实现了3D和2D融合的复杂场景感知以及机器人自主运动规划、在高速运动中成像。相机拍照时末端线速度达1000mm/s，相当于每个点位拍摄CT只需0.3s，重复误差小于2个像素，践行real2sim sim2real的理念，通过多种感知设备和算法，将现实世界信息还原到虚拟环境中，再经过模拟和规划，将算法和规划应用到实际机器人上，这大大降低了现场部署时间，并且能够快速切线换型，快速完成产品多角度全检。

目前“工小匠”的应用领域主要涵盖的垂直行业包括新能源汽车及零部件、小家电等行业。通过工小匠对产品质量的管理，协助工艺人员优化配方、降低产品不良率到9%以下；帮助工厂人员进行设备调机，缩短20%的调机时间。

“工小匠”作为一个面向企业生产制造场景的服务平台，具备数据采集、存储、计算、分析、挖掘、服务全流程的数据服务能力，既赋能特定行业/区域平台建设，提升行业企业产品质量，又能带动行业解决方案服务商发展，助力区域制造企业数字化转型。



二、技术亮点

“工小匠”中使用的机器人为捷勃特 P7B-900 型工业机器人。该机型使用世界一流品牌核心零部件，具备高刚性、高精度设计与强大的机械性能，结合捷勃特特有的单芯片多轴驱控一体运动控制器（SCIMC）技术，在运动控制、电机控制、智能算法、通讯、传感器等多技术在工业机器人产品上的融合突破，保证了捷勃特机器人在高速度、高精度、高稳定性等有核心竞争力。P7B-900 工业机器人核心创新点在于：

一是兼容多系统平台应用的 SDK/API 软件功能包、友好的 API 接口风格、丰富的 API 指令设计。客户根据质检场景要求组合 API 接口调用，便可快速实现复杂场景的功能实现，极大方便了工小匠的快速部署。捷勃特机器人的 SDK/API 软件功能包通过自适应算法自动匹配不同型号的机器人，满足了客户切换使用机器人的无感体验。同时捷勃特机器人运动控制轨迹规划算法封装平移至更高算力的 SDK 运行平台，用户只需将机器人要执行的轨迹点位文件交由对应的 SDK/API 接口进行机器人动力学校验，便可生成机器人可以直接执行的高精度飞拍离线轨迹工艺包，无需再耗费机器人算力资源进行飞拍轨迹规划和动力学校验，保障了“工小匠”实现跨场景、跨工艺、支撑多品类高节拍的柔性工业质检场景能力。

二是为实现飞拍功能，捷勃特先进控制算法建立 I/O 架构，可使 I/O 响应能力达到 200-400us 的水平，高响应速度、高灵敏度的 I/O 性能，使得捷勃特机器人达到拍照精度重复误差小于 2 个像素，保证了“工小匠”高速飞拍条件下的图片质量达到了像素级的高实时、高同步性。

三、标杆企业简介

上海捷勃特机器人有限公司是一家专业的工业机器人和智能磁驱输送系统提供商。公司以驱动未来工厂为愿景，以打造杰出的智能制造基础设施生态为使命，致力于运动控制技术、电机控制技术、通讯技术、传感器技术、智能算法在机器人与智能磁驱输送系统上的融合突破，聚焦专业领域应用技术的深耕落地，逐步实现技术平台和终端产品的多元化、专业化、生态化，以多种方式实现客户价值。

捷勃特建有先进完善的制造、测试、追溯体系，通过持续的工艺革新和管理升级为产品品质保驾护航。除了研发生产多品类的机器人、智能磁驱输送系统和各种功能软件外，还为客户提供培训维护、技术支持、方案咨询等服务。依托先进的驱控一体控制技术，捷勃特以关键技术自主可控为基石，以满足市场根本性需求为导向，不断为客户提供高性能、高品质、高性价比、高易用性的产品。

捷勃特是国家高新技术企业、国家科技型中小企业、上海创新型中小企业，具备强大的研发创新能力及应用开发实力。捷勃特还参与多项行业标准的制定，积极推动行业的标准化。

面向未来，捷勃特将以创新成果为基石，持续深化战略协同。凭借优质核心部件与全新驱控一体控制技术，不断迭代机器人产品性能，在智能制造场景中进一步提升生产效率、降低企业成本，强化产品在中高端市场的竞争力。充分发挥研发团队在底层控制与上层算法的技术优势，探索人工智能、大数据与工业机器人的深度融合路径，推进前沿技术在工业场景的落地应用，实现从硬件到软件的全方位创新突破。

案例 16 拉链智能质检场景

一、应用案例

传统拉链生产依赖人工目检，存在效率低（每小时仅检测 500-800 条）、漏检率高（约 5%-8%）、标准不统一等问题，细微缺陷可能导致重大安全隐患。

鲸朵自主研发的《拉链 AI 智能检测设备》，通过以下技术实现突破：一是多光谱成像技术。结合高分辨率工业相机，精准识别表面划痕、齿距偏差、色差等 20+类缺陷。二是深度学习算法。基于 10 万+缺陷样本训练的模型，实现 98.8%的识别准确率。3、自适应分拣系统：实时联动机械臂，自动分类不良品并标记缺陷类型，支持与 MES 系统数据互通。



在经济效益方面，当前人工质检数量按八小时计算一天 2400 件左右，而运用拉链检测装备可以达到 14000 件。客户

工厂质检成本降低 60%，产能提升 35%，年节省人工费用超 200 万元。在社会价值方面，鲸朵拉链智能检测装备突破了拉链生产过程中人工质检无法规避的漏检、误检、错检以及拉链计数等生产质检难题，填补了拉链行业智能检测装备的空白，推动拉链行业质检标准数字化，相关技术已拓展至服装辅料、汽车密封件等领域。



二、技术亮点

一是多模态传感融合。采用可见光+近红外双光谱成像，解决反光材质（如金属拉链）的误判难题，检测稳定性达 99.6%。

二是轻量化模型部署。基于自研的 EdgeAI 框架，将算法模型压缩后，可在低算力工控机运行，适配老旧产线改造。

三是零样本迁移学习。新增缺陷类型仅需 5-10 张样本即可迭代模型，客户定制化周期缩短至 3 天。

案例 17 软包锂电池外观检测场景

一、应用案例

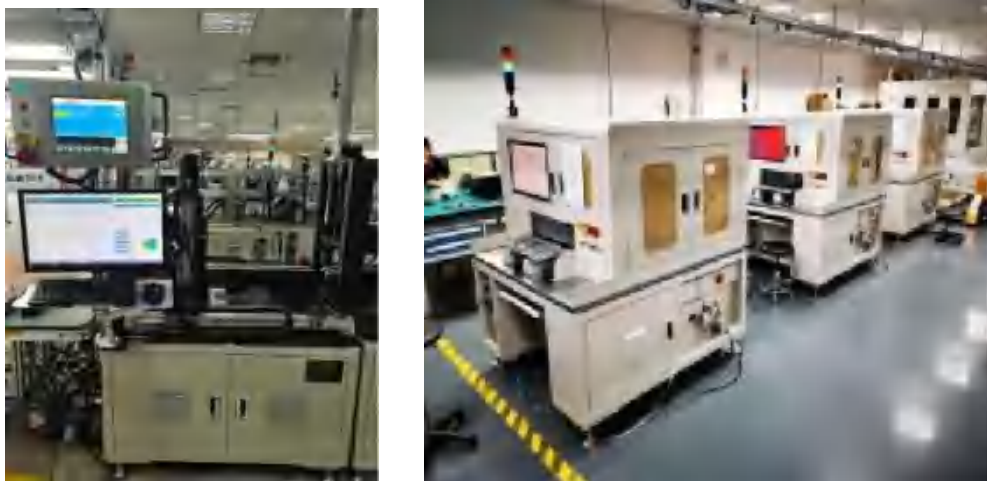
传统软包锂电池外观检测依赖人工目检，存在效率低（每小时仅检测 200-300 个）、漏检率高（约 5%）、人力成本高且易受主观因素影响等问题，难以满足消费类电子产品对锂电池高一致性和安全性的严苛要求。因此，市场迫切需要一款全自动软包锂电池外观检查机，能够替代人工，打通全自动产线的最后一公里。

鲸朵智能自主研发的“软包锂电池外观智能检测系统”，通过高精度工业相机、多光谱成像技术及 AI 算法，实现锂电池表面划痕、凹坑、极耳焊接不良等 20 余类缺陷的自动化检测。系统搭载自研机器人分拣模块，可实时分类不良品，检测速度达 1200 个/小时，准确率超 99.98%。



在经济效益方面，客户产线人力成本降低 70%，年节省检测费用超 200 万元；良品率提升 3%，间接增加年产值约 500 万元。在社会价值方面，推动锂电池行业标准化生产，助力新能源产业质量控制升级；系统已通过 ISO 9001 认证，

技术指标达国际领先水平。



二、技术亮点

代表产品：AI 视觉锂电池外观检测机器人

一是多模态光学成像技术，兼容可见光、红外光及 X 射线成像，精准识别表面与内部缺陷。

二是轻量化深度学习算法，支持 10ms 内完成单电池缺陷分类，模型体积仅为同类产品的 1/3。

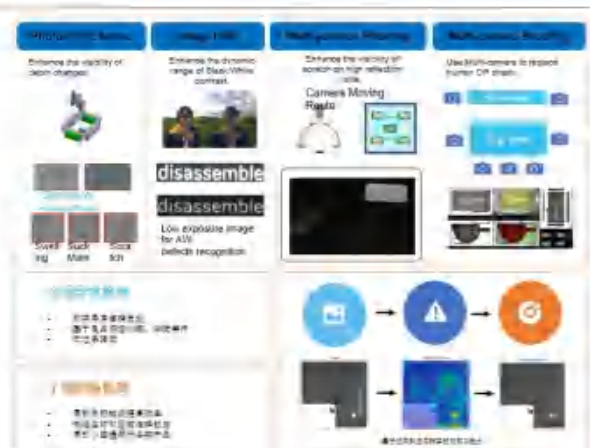
三是自适应分拣机械臂，集成功控反馈系统，分拣误差 $\leq 0.1\text{mm}$ ，适用于不同尺寸锂电池。

四是国内首套实现“检测-分拣-数据追溯”全闭环的锂电池检测系统。

JND | 光软算法

- 综合光场的应用实施能力
2D+3D+多波段 (X-ray)

- AI算法模型优化部署能力
全图+子图的缺陷搜索方式
高检出率+低过杀率的AI模型



三、标杆企业简介

鲸朵（上海）智能科技有限公司成立于2019年，是国家级高新技术企业，专注于消费类电子产品，纺织领域，新能源，汽车零部件等工业AI视觉检测设备的研发与产业化。公司拥有12项专利（含4项发明专利），近三年营收复合增长率达65%，公司深度服务各大头部客户，检测设备累计出货量超300台，2024年机器人出货量同比增长87.5%。公司自主研发的拉链智能检测系统国内市场占有率超50%。已形成“硬件+算法+云平台”全栈解决方案。

未来将继续深耕智能机器人领域，以技术创新为核心驱动力，加大研发投入，推动产品迭代升级，进一步巩固在行业中的技术领先地位。公司计划拓展更多应用场景，特别是在智能制造、医疗服务和智慧物流等领域，为客户提供更高效、更智能的解决方案。同时，公司将积极开拓国际市场，提升品牌影响力，力争成为全球智能机器人行业的标杆企业。通过持续优化运营管理和人才培养，鲸朵智能致力于实现可持续发展，为社会创造更大的经济价值和社会效益。

案例 18 化纤行业卷轴包装场景

一、应用案例

碳纤维与玻璃纤维作为高性能纤维材料在新兴产业发展中占据核心地位，前者广泛应用于航空航天等领域，后者在建筑建材等领域十分重要，但两者在转型中均面临诸多问题。 碳纤行业，上料依赖人工小车，因一致性不足导致机器人定位不准；卷筒条码位置与信息不匹配，扫码常失败；国内热缩机无法满足覆膜要求；装箱码垛时孔眼板质量与卷轴包装问题易引发失误等。 玻纤行业，传统搬运定位与导航精度不足，粉尘、高温干扰传感器；成品对运输震动敏感，传统取料效率低、易损坏，多层货架取料难平衡载荷与稳定性；库存管理依赖人工，信息滞后易致积压或短缺；设备缺乏统一调度，多任务易冲突，车间环境影响 AGV 运行及设备性能。

基于上述痛点难点，中建材凯盛机器人（上海）有限公司创新建立“智能机器人+高端装备”协同作业场景，助力行业实现智能化、数字化转型。



一是多维感知碳纤维卷轴智能包装机器人集群系统。该系统在关键环节创新建立“智能机器人+高端装备”工作站，替代现有人工操作，实现取料上料扫码、称重、测卷径、贴标、覆膜热缩、装箱码垛等全流程自动作业。



二是玻纤智能物流 AGV 搬运机器人系统。攻克基于激光扫描配合地标的车体高精度定位、单次多层取料、数字孪生技术驱动下的闭环出入库三大核心技术难关，实现物品输送、入库存储、出库等全流程全自动、智能化运作。

经济价值体现上，一是智能机器人系统可实现全天候自动化作业，覆盖碳纤、玻纤及相关行业生产场景，减少人工操作频次和人力投入；二是通过精准的技术应用，优化生产流程，助力企业实现降本增效；三是促进高性能纤维材料产业与智能装备技术深度融合，带动智能机器人研发、制造、运维等相关产业发展，形成新的经济增长点。

社会价值提升上，一是以智能机器人系统替代人工，解放劳动力，促进人才技能向高端岗位转型；二是通过全流程智能技术，建立协同作业系统，解决生产效率低、信息管理难等问题，推动两化融合。三是填补行业技术空白，促进碳

纤维规模化生产及产业链协同，助力国产大飞机等领域发展；加速玻纤行业智能化，带动上下游产业集群形成。

二、技术亮点

1、多维感知碳纤维卷轴智能包装机器人集群系统

一是上料扫码机器人工作站。用 2D 机器视觉定位，动态调整抓取位置，适配不同来料；机器人一次抓多个并同时扫码，固定扫码器、让卷轴旋转减小半径，且扫码器位置可调，提升效率；二是热缩工艺段智能化工作站。创新自动塑封装置，实现多种自动化功能，满足不同重量需求，解决大重量丝卷塑封膜粘连问题，保障产品无损，可模块化设计复刻，技术达国际领先水平；三是卷轴装箱码垛机器人工作站。设二次定位台减误差，用 2D 视觉复判并修正倒伏歪扭，机器人配多功能抓手，一机多用节省成本。

2、玻纤智能物流 AGV 搬运机器人系统

一是多传感器融合实现 $\pm 2\text{mm}$ 级动态定位，多自由度机械臂完成多层级物料智能存取，数字孪生调度引擎优化出入库作业；二是建立集成多种装备的多模态智能装备集群协同作业体系，通过工业物联网建立数字孪生中台，实现毫秒级数据同步；三是 WMS/WCS 与 MES 深度集成，实现全生命周期管理，仓储空间利用率提升 45%，出入库效率提升 50% 以上，关键环节全部实现无人化；四是应用 5G 边缘计算与 AI 视觉检测等技术，建立四级安全防护体系，作业可靠性达 99.8%，实现“零接触、零碰撞、零损耗”的智能仓储新范式，提供符合国际标准的柔性方案。

三、标杆企业简介

中建材凯盛机器人（上海）有限公司成立于 2003 年 9 月，是中国建材集团有限公司旗下一家以复合机器人和视觉技术为核心，提供跨行业多领域智能化解决方案的科创型企业。相继获评国家级专精特新“小巨人”企业、国家知识产权优势企业、高新技术企业、上海市服务型制造示范企业、上海市企业技术中心、上海市专利示范企业。拥有 207 项自主知识产权，其中发明 31 项。通过 ISO9001 质量体系、ISO14001 环境体系和职业健康安全管理体系的“三标一体化”认证。

公司 2024 年最新研发产品人防应急巡检机器人在工信部牵头举办的第二届特种机器人产业链“揭榜”推进活动中获评优秀解决方案。与上海交大联合研发的设施农业采摘机器人和巡检机器人项目获评 2024 年松江区重点领域示范应用项目；设施农业果蔬自动分拣包装生产线为高品质、全绿色、可追溯的设施农业产品提供全方位、全天候的保障，技术国际领先；设施农业育苗系统月产值破万株，完全取代荷兰设备实现国产化。玻璃分级堆垛工业机器人系统技术达到国际先进，国内市场占有率 70% 以上。在铜铟镓硒薄膜太阳能组件自动化生产线装备领域首次实现从 80MW 扩大到 300MW 的单线产能突破，获评 2018 年上海市高端智能装备首台突破和示范应用专项（首台突破）和 2022 上海首届高价值专利运营大赛百强；成轴碳纤维包装全流程自动化机器人系统获评 2024 上海市高价值专利运营大赛百强。

公司紧密围绕中国建材集团“4335”指导原则及凯盛科技集团玻璃新材料“3+1”战略布局，科技驱动“凯盛机器人制造”

迈向“凯盛机器人创造”，以新材料装备的智能化全集成解决方案为己任，坚持走创新驱动发展道路，为加快机器人产业发展，塑造高质量发展新动能贡献力量！

案例 19 电箱接线质检作业场景

一、应用案例

传统电箱接线质检环节高度依赖人工经验，作业人员需通过肉眼判断线缆颜色、端子压接状态及位置准确性，单台电箱检测平均耗时 15 分钟，且易因疲劳或主观因素导致漏检、误检，影响产品质量一致性。此外，人工检测难以实现标准化和数据留存，缺陷追溯效率低，长期面临人力成本高、夜间排班难、作业效率低等问题，制约了生产效率和交付能力。

某国际电气设备制造商引入飒智类人作业双臂机器人，通过配备全景视觉系统（头部广角相机+双臂末端高精相机），结合 3D 视觉融合技术，采用类人脑控制器，控制机器人可在复杂场景中行走、避障、路径规划，实现人、机器、环境间的共融，让机器人对现场环境具有高感知度和准确识别功能，实现对线缆颜色、位置及端子压接状态的毫米级高精度检测。



在电箱接线质检和作业过程中，单臂难以同时完成线缆抓取、位置调整和端子检测等多任务协同作业，双臂设计至关重要。该机器人模拟类人双臂协同动作，左臂负责稳定线缆并调整空间姿态，右臂配合高精相机进行压接点扫描与缺陷比对，双臂同步协作确保检测效率与精度。配合实时更新的缺陷数据库进行自动化比对，将单台检测时间由原来的人工检测 15 分钟缩短至 5 分钟，错误率降至 0.1%，并自动生成数字化质检报告。系统支持 24 小时连续作业，无需人工干预，彻底解决了传统检测中的效率、精度与标准化难题。

机器人应用后，经济效益和社会效益显著提升。单条产线减少了 3 名质检员，人力成本直降 50%，年节省成本超百万元。同时，检测效率提升 3 倍，错误率接近零缺陷，显著降低返工损耗与客户投诉风险。数字化报告为工艺优化提供数据支撑，推动智能制造升级。社会价值方面，机器人替代重复性高危作业，改善员工工作环境，企业亦通过技术示范效应提升行业影响力，为电气设备质检领域树立自动化标杆。



二、技术亮点

飒智智能类人双臂机器人是一款集成手-眼-脚-脑多个维度移动作业功能的柔性机器人产品，具有高度拟人化，作业灵活性高、安全性强、快速配置、易用便利等特点，双臂

协同作业，可以完成旋拧、定位、传接、抓取、拆解、喷涂等各种复杂性、智能性和柔性要求高的类人作业任务。产品的核心技术特色包括：

一是机器人“手-眼-脚-脑”一体化协同控制。采用创新的融合设计理念，通过机器人本体模块化设计、底层实时控制系统、具身智能算法三者融合，实现“多自由度双臂协同操作+自主稳健全天候移动作业”。

二是自主研发移动机器人底层操作系统。自主研发机器人实时操作系统，并将先进多模态数据融合算法、协同控制策略等基础算法嵌入底层操作系统，在控制实时性、对基础感知数据的融合处理能力和标准化协同控制性能等方面超越传统机器人操作系统，使其更适合作为具身智能机器人控制器的底层操作系统平台。

三是端侧 AI 模型实现机器人具身智能功能。基于企业移动机器人产品近年来在 200+工业场景的部署经验和积累的运营大数据，据此研发和训练的可部署于机器人产品端的 AI 模型，在应对复杂多变场景和高精度复杂柔性操作等特殊条件要求时，机器人的适应能力、自主决策能力显著增强，具身功能更完备。

三、标杆企业简介

上海飒智智能科技有限公司致力于打造“手-眼-脚-脑”协同的智能移动类人作业机器人，依托类人脑控制器、多传感融合、手眼脚脑协同算法、机器人操作系统等自研底层技术优势，从软件、硬件、算法三大层面进行模块化设计，已打磨出智能制造、智能运维两大产品体系，可实现多元复杂场

景下的柔性上下料、精密装配、无序分拣、线间检测、智能仓储等，服务汽车及汽车零部件、生物医药、新能源、电子半导体等行业，为海内外客户提供创新、柔性、有竞争力的产品、解决方案和一体化服务，助力用户加速自动化升级和柔性制造落地。

飒智智能凭借雄厚的综合实力，荣获国家级专精特新“小巨人”企业、国家级高新技术企业、上海市科技小巨人、上海市服务型制造示范企业、工业机器人优秀企业、上海软件和信息技术服务业高成长百家企业、“科技助力经济 2020”重点专项优秀奖、全国创新创业大赛（成长组）“优秀企业”等多项荣誉，入选工信部 2022 年机器人应用优秀场景名单。目前已获得中国机器人 CR 认证，通过质量管理体系认证 ISO9001、环境管理体系认证 14001、职业健康安全管理体系认证 45001、两化融合管理体系认证，获得 12 项机器人产品 CE 认证，通过上海市设计创新中心、闵行区技术中心认定，现已申请知识产权 500 余项，入围 WIPO(世界知识产权组织)全球 25 强、中国前 6 强。

未来，飒智智能将把科技创新置于核心战略高度，始终坚守“给机器人赋予人工智能，解决类人作业”的企业使命，深耕应用场景，以深厚的底层技术持续赋能多元场景需求。

案例 20 工厂物料转运场景

一、应用案例

飞利浦荷兰工厂的仓库与生产区之间需频繁转运重型料架，原流程完全依赖人工操作。料架高度达数米且重量大，导致员工劳动强度高、搬运效率低，且存在一定安全隐患。此外，运行狭窄通道和复杂动线进一步限制了传统叉车的适用性。

仙工智能为飞利浦落地了海外款堆高式智能叉车 SFL-CDD14-CE，结合 RDS 统一资源调度系统，实现了重型料架全流程自动化转运。



一是安全型控制器。该款叉车内部均搭载安全型控制器 SRC-3000FS (叉车版)，具备 CE、UL 认证，通过 ISO3691-4 认证，无忧出口欧洲市场；二是超窄巷道适应性。该款叉车机身宽度 < 1m，回转半径仅 1.2m，可灵活通过狭窄通道及

电梯，适应飞利浦工厂的密集布局；三是智慧调度。叉车通过 RDS 系统自主规划路径，多机协同完成料架从仓库到生产缓冲区的转运任务，员工仅需通过 PDA 一键下发指令；四是安全防护升级。搭载 3D 避障相机、距离传感器和 360°激光防护，结合动态路线调整与安全区域设置，实现人机交互零事故；五是轮换充电模式。针对充电区空间限制，智能叉车按序自动充电，均衡电量分配，提升设备利用率并降低能耗。

在经济效益提升方面，机器人综合续航达 10h，轮换充电模式实现 24h 不间断作业，生产效率大幅提升，降低转运人力成本。在社会价值提升方面，消除人工搬运安全隐患，减少工伤风险；全面的海外认证，助力飞利浦工厂实现绿色低碳生产。

二、技术亮点

致力于让开发机器人没有门槛，仙工智能与业界同仁最大的差异和创新在于：通过 SRC 系列核心控制器提供行业领先的机器人控制系统，帮助企业轻松快速开发各种类型的智能机器人，目前的机器人种类超过 1000+，包含人形机器人、机器狗、清洁机器人、智能叉车、料箱机器人等。



三、标杆企业简介

上海仙工智能科技股份有限公司由三届 RoboCup 小型足球机器人世界比赛冠军团队创立。公司面向智能制造集成商，提供“控制器+智能机器人+数字化软件”产品组合。

仙工智能专注于核心技术 100%自主研发，SLAM 技术全球领先，定位精度达到±2mm，具有卓越的一致性。凭借雄厚实力，公司与 1300 多家集成商和造车商合作伙伴达成战略关系，并聚集 2500 多个上下游产业链合作伙伴，共同创建智能机器人繁荣生态。

数年来公司发展迅速，营业收入稳定增长，2024 年营业收入超 3 亿。与此同时，公司立足上海辐射全国并不断拓展海外市场，在智能机器人控制器细分领域市场占有率突破 40%，连续多年行业排名 TOP1。目前，仙工智能的服务遍及全球超 65 个国家和地区，公司持续推陈出新为半导体、3C、锂电、光伏、汽车零部件、PCB、纺织、医疗等行业提供可复制的智能物流解决方案。

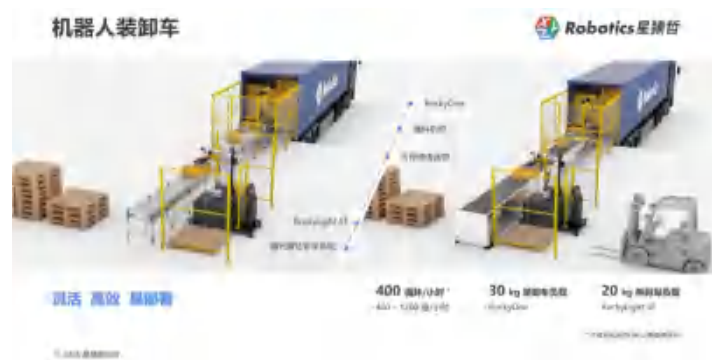
近年，仙工智能已获得诸多认可，获得了高新技术企业、国家专精特新小巨人企业、上海市专精特新中小企业、上海市企事业专利工作试点单位、上海市科技小巨人企业和浦东新区研发机构等称号。

在新的社会形势和技术发展推进下，未来的仙工智能将坚持以创新驱动发展，打造技术力和产品力的行业领先，实现关键技术和核心零部件自主可控能力显著增强，并充分发挥头部企业聚集与辐射的带动作用，推动机器人产业链现代化水平提升和国际竞争力的提高。

案例 21 工厂自主装卸场景

一、应用案例

出入库效率对于供应链至关重要。装卸车是一项耗时且劳动密集型的工作，目前其自动化水平相对较低，存在巨大的需求缺口。一家全球领先的休闲食品品牌在华东地区拥有一个大型生产基地，年产量超过 80,000 吨，辐射全国市场。通过每日高频率的卡车运输，基地不断将产品发往下游的分拣仓库。装卸车作业强度大，夏季面临半户外高温环境，装卸车工作耗时且劳动密集，安全风险大、工伤事故率高；人工作业效率低，易诱发供应链其他环节的瓶颈，增加物流成本。公司正在寻求自动化解决方案以应对挑战。



该公司引入了基于 Rocky 系列移动操作机器人的装卸车系统，以实现拆垛到装车出库的全流程自动化。机器人仅托盘大小占地，SLAM 导航算法+全向移动底盘，可自主导航进出车厢，依托强大的 3D 视觉和深度学习算法，自主适应不同纸箱、集装箱类型和尺寸，快速投入使用，大负载搭配智能夹具，支持一次抓取多箱，显著提升作业效率，运动规

划算法可自动规划避障路径，快速完成纸箱搬运任务，无需改造原有月台布局，可无缝衔接现有仓库基础设施。该系统能够灵活适应不同尺寸的纸箱，仅需 2 小时完成一个 17 米长集装箱的装载工作，每班次高效处理至少 6000 个纸箱，最大化吞吐量 1200+箱/小时。纸箱与集装箱壁之间的间隙控制在最小 1.5 厘米，优化车厢空间利用 90%装载率并有效降低运输成本。

实施效果



星猿哲科技推出的基于 Rocky 系列移动操作机器人的自动化装卸车解决方案，增强作业环境安全，提升仓库运营效率，以高度自动化的技术手段颠覆传统装卸模式。该解决方案由 RockyOne、RockyLight SE、理料机构、伸缩辊筒线及安全围栏组成，可实现拆垛-装车出库、卸车-码垛入库的全流程自动化。其中，RockyOne 负责自主装卸卡车、拖车或集装箱，RockyLight SE 负责拆码垛。该系统可轻松搬运重箱，高温环境下稳定作业，降低工人受伤风险，缓解劳动力短缺问题，并提升仓库运营效率。目前，该方案已在中国、日本、美国等多地成功落地，获头部客户认可，覆盖食品、鞋服、烟酒、个护、消费电子等广泛行业，落地宝洁、京东、百事、台州烟草和马士基等知名企业。随着智能物流和自动化转型加速推进，智能装卸车移动操作机器人正迎来广阔的产业化推广空间，具备强劲的全球竞争力与发展前景。

二、技术亮点

Rocky 系列移动操作机器人的装卸车系统是一种面向物流、仓储及制造环节“卡脖子”环节的高端自动化设备，专用于解决集装箱纸箱类货物的装卸痛点。该机器人集成了 SLAM 导航、多模态 3D 感知、智能决策与高精度机械臂等技术，能在狭小、复杂、昏暗环境中高效完成装卸作业，打破了当前人工作业依赖。

一是全向自主移动与 3D 全感知定位。应用基于 SLAM 的定位导航算法，结合自研 3D 激光雷达系统，实现免标识、360°无死角环境感知与自主避障导航。可动态适应集装箱、月台、厂房等复杂作业场景，支持极限空间路径规划与实时地图更新；

二是全箱型自识别与智能堆叠。基于深度学习与视觉识别算法，自动识别箱型尺寸与体积，无需提前建模；

三是多模态智能夹具系统。支持安全侧吸/顶吸双模态夹取，具备多抓能力。快速适应不同箱型和重量物品，提高处理效率；

四是紧凑空间作业与运动轨迹最优规划。数字孪生实时仿真，融合时间最优轨迹控制算法，确保在复杂狭隘空间内高效作业，实现机器人整体运动的动力学自适应和在线负载识别；

五是高安全性主动防护系统。使用高分辨率 3D 激光雷达，构建全方位主动避障系统。包括操作安全、移动安全双重保障，保障作业人员与设备财产安全。

三、标杆企业简介

星猿哲科技（上海）有限公司（XYZ Robotics）专注于移动复合机器人和 3D 视觉产品研发，赋能全球物流和制造生产力升级。公司成立于 2018 年，总部位于上海，先后获评国家级专精特新“重点小巨人”企业、上海市企业技术中心、上海市科技小巨人（培育）企业、上海市外资研发中心、高新技术企业、中国潜在独角兽等，5 款产品入选上海市经济信息化委《上海市创新产品推荐目录》。

凭借前沿的感知和规划技术，星猿哲提供装卸车、拆码垛、无序抓取、装配等解决方案，覆盖医药、食品、烟酒、电商、汽车、新能源等行业。业务已覆盖美国、德国、日本、韩国等全球多个国家和地区，实施落地 3000+ 视觉应用，成为百事、宝马、博世、马士基、宝洁、比亚迪、京东、中石化、国药、屈臣氏等众多国内外知名品牌的合作伙伴。在仓储自动化场景下，星猿哲已成为 3D 视觉引导拆码垛机器人领域市场占有率第一的企业。

未来发展方面，星猿哲科技将进一步巩固在 3D 视觉与机器人柔性操作领域的技术领先地位。公司将持续加大研发投入，围绕工业机器人在智能搬运、复合作业等复杂场景中的广泛应用，开展关键技术攻关，推动产品模块化、平台化、智能化发展。积极拓展泛制造业与海外市场，构建更具韧性与规模化的商业生态。通过持续迭代标准软件平台、加快技术中心成果转化、强化产业协同布局，公司计划形成“机器人+AI+感知硬件”一体化解决方案的技术闭环，打造具有全球影响力的智能制造解决方案提供商，为中国工业机器人产业的规范化、智能化发展注入坚实动力。

案例 22 汽车行业滚边场景

一、应用案例

在传统汽车车门、引擎盖等覆盖件的滚边工艺中，通常采用机器人安装机械滚边头或固定模具压合方式，存在以下痛点：滚边调试极为依赖调试人员的经验和手感，难以量化分析；影响因素复杂，设备无自适应能力，切换车型调试周期长；滚边过程多为黑盒状态，导致投产阶段尺寸培育周期长，量产阶段滚边问题无法快速反馈；传统滚边质量不稳定，容易出现褶皱、间隙不均等问题，影响车身密封性和美观度。

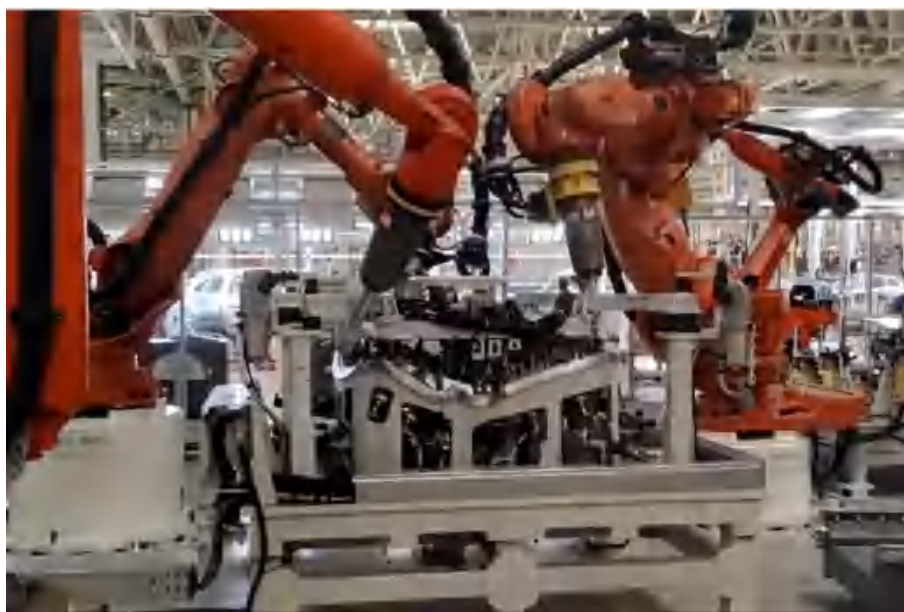
机器人液控自适应滚边系统由六轴工业机器人、液控滚边浮动模块、滚边头和控制系统组成。液控浮动模块是赛威德最新研发的力控滚边工具，产品创新性的采用了一体式微型高频响电静液执行器（EHA），内置力传感器和位移传感器，实现了汽车滚边过程中滚边力和位移的闭环控制。通过技术创新实现了以下突破：一是调试周期短。力控滚边能够降低机器人调试难度，大大缩短调试周期，达到上线即生产、首件即合格的指标。二是质量稳定。能够自适应翻边角度和高度波动，滚边一致性好。三是数据透明化。力和位移闭环控制，实时反馈。

在经济效益提升方面，可实现良品率提升至 99.5%，返工成本降低 60%；新产线调试时间从 6-7 天缩短至 11 小时，投产质量优化时间由原来的 15-20min 缩短至 2-3 分钟；人力

成本减少 50%，投资回收期 < 2 年。

在社会价值提升方面，将推动汽车制造业向智能化、绿色化转型，减少人工高危作业，提升职业健康安全水平，为新能源汽车轻量化铝材滚边提供技术标杆。

液控自适应滚边机器人不仅解决了行业痛点，更成为汽车智造升级的核心装备，助力企业实现高质量、可持续发展。



二、技术亮点

给滚边及打磨配套的液控浮动模块属全球首创，采用了一体式微型高频响电静液执行器（EHA），内置力传感器和位移传感器，实现了汽车滚边过程中滚边力和位移的闭环控制以及汽车涂层微米级高精度打磨应用。与传统产品相比，有如下优势：

技术参数	自适应液控滚边	传统滚边
控制方式	力和位移闭环控制	力和位移开环控制
自适应能力	能够自适应翻边角度及高度波动变化	无
滚边过程状态	数据透明化	黑盒状态
调试周期	调试周期短	调试周期长

调试难度	滚边参数透明化，可建立滚边参数与质量的关联关系，调试简单	依赖调试人员的能力和经 验，调试复杂、难度大
力控方式	浮动模块直接控制	通过控制机器人位移对压 力进行间接控制
力控精度	精度高（1%F·S）	精度差
滚边质量	滚边质量稳定，同时能够对滚边 质量进行预测和监控	来料不一致，滚边质量不 稳定

案例 23 汽车清漆液控自适应打磨

一、应用案例

汽车漆面打磨工艺是指在汽车涂装过程中或涂装完成后，使用砂纸、打磨机等工具，通过物理摩擦的方式，对汽车漆面进行处理的一种工艺手段。目前存在以下问题：一是打磨是涂装最耗人工的场景，如何降低打磨人耗是高价值课题。二是人工打磨依赖工人经验，打磨一致性差，质量不稳定。打磨力、打磨速度等数据无法闭环，打磨扬尘对人健康及质量均有不良影响。三是进口力控打磨设备价格贵，一套约 50 万元。价格昂贵。

汽车清漆打磨工作站由负压室体、协作机器人、液控打磨工具、吸尘系统、自动换砂纸系统、PLC 及上位机系统组成，通过机器人示教编程实现机器人轨迹规划，保证机器人姿态与加工表面法线垂直，通过液控工具实现恒力打磨，保证打磨的一致性。

打磨工具自带吸尘装置，通过吸尘系统实现粉尘的收集，

通过自动换砂纸装置实现磨料的自动更换，通过 PLC 实现多台机器人和打磨工具的通讯和协同控制，通过上位机实现打磨过程中数据的采集、分析及加工动态的显示。

在经济效益提升方面，一是打磨一致性提升，受益于柔性力控精准控制，自动打磨质量一致性 99%；二是每套工作站可节省 2 个人工，人工成本按照 12 万/年，按两班制，每年可节省 48 万；三是人工打磨磨料费用约 1.7 元/辆，机器人打磨磨料费用约 1 元/辆，单车节约约 0.7 元/辆。

在社会价值提升方面，一是汽车清漆自动化打磨行业首例，单套设备成本较国外类似产品预计降低约 60%；二是开发漆面自动打磨，后续可进一步延展到电泳、中涂漆面的缺陷自动处理或整车打磨，为降本增效，提升产品外观质量，提供新的途径；三是推动涂装环节“零缺陷”制造，提升国产汽车高端化竞争力；四是减少职业病风险，实现“人机协同”安全作业模式；五是粉尘减排 90%，助力企业达成碳中和目标。

液控自适应打磨机器人以智能化、绿色化重塑涂装工艺，成为汽车品质升级与可持续发展的重要引擎。



二、技术亮点

给滚边及打磨配套的液控浮动模块属全球首创，采用了一体式微型高频响电静液执行器（EHA），内置力传感器和位移传感器，实现了汽车滚边过程中滚边力和位移的闭环控制以及汽车涂层微米级高精度打磨应用。与传统产品相比，有如下优势：

技术参数	自适应液控滚边	传统滚边
控制方式	力和位移闭环控制	力和位移开环控制
自适应能力	能够自适应翻边角度及高度波动变化	无
滚边过程状态	数据透明化	黑盒状态
调试周期	调试周期短	调试周期长
调试难度	滚边参数透明化，可建立滚边参数与质量的关联关系，调试简单	依赖调试人员的能力和经 验，调试复杂、难度大
力控方式	浮动模块直接控制	通过控制机器人位移对压 力进行间接控制
力控精度	精度高（1%F·S）	精度差
滚边质量	滚边质量稳定，同时能够对滚边质量进行预测和监控	来料不一致，滚边质量不 稳定

三、标杆企业简介

上海赛威德机器人有限公司专注于机器人+液控磨抛和滚压、移动机器人打磨、增减材一体机及 AI 智能工艺编程软件，以及围绕力位控制开发衍生产品滚边、电阻焊等产品业务方向。公司建立机器人智能应用研发中心，搭建机器人磨抛、滚边、移动打磨机器人、增减材、智能传感及编程等功能。致力于为客户提供“机器人+”配套产品和个性化设计服务的综合解决方案。已取得了 CE 认证，以及 ISO-9001 质量认证体系，公司共有专利 80 余项，国际专利 3 项。

打磨产品用户主要机器人本体商和集成商，与四大家族和国内外机器人本体商联合开发全球首款磨抛工艺软件包。成套打磨机器人设备在三花智控、蔚来汽车、中船集团（江南造船厂、渤船重工、中船 716）、上海电气、中冶钢构、兵器集团等大企业供货。已在汽车总装厂机器人滚边、清漆打磨、焊缝打磨应用。

赛威德未来将持续深化创新：一是拓展力位控制衍生产品。基于在力位控制技术上的优势，持续开发更多创新衍生产品。除了现有的滚边、电阻焊产品，探索在其他工业应用场景中的可能性，如精密装配、表面处理等领域，不断丰富公司的产品线，满足不同行业客户的多样化需求。二是打磨工艺软件包迭代。与机器人本体商和集成商紧密合作，持续迭代全球首款磨抛工艺软件包。不断增加新的打磨工艺模板与参数库，适应更多类型工件与打磨场景。提升软件的易用性与兼容性，支持更多品牌和型号的机器人，进一步巩固在磨抛工艺软件领域的领先地位。三是智能传感技术升级。在机器人磨抛、移动打磨机器人、滚边等产品中，升级智能传感技术。采用更先进的力传感器、视觉传感器等，提高机器人对工作环境与工件状态的感知能力，实现更精准的操作控制，减少人为干预，提高生产效率与产品质量。

案例 24 工业焊接场景

一、应用案例

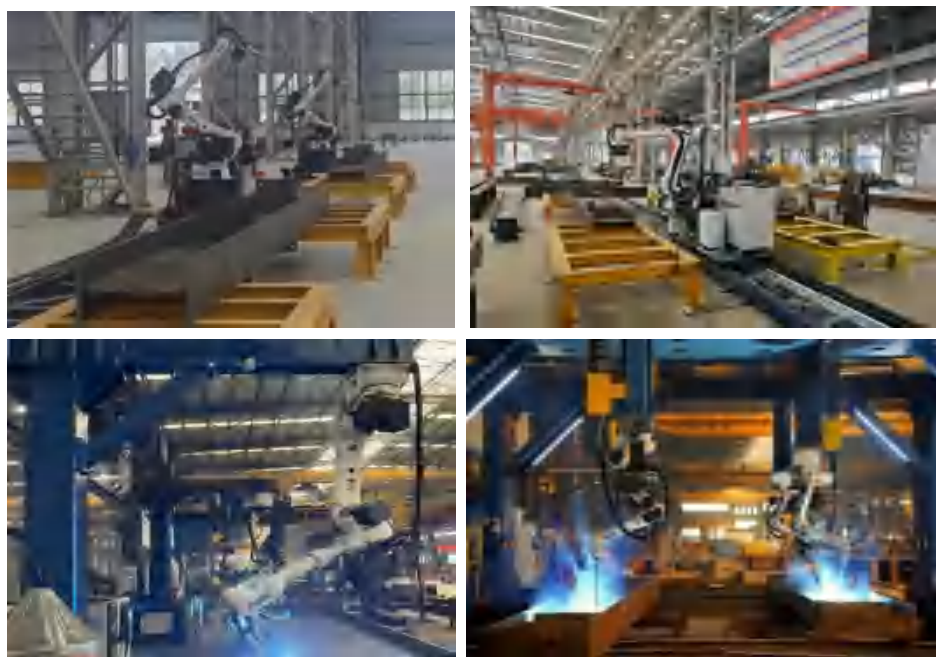
焊接是工业生产制造的关键环节，占大型设备制造工时的 50%左右。面对恶劣的焊接环境，年轻人已经不愿意做焊工，从事焊接的工人呈现明显的年龄断层，焊工已经成为稀缺性工种。从钢结构行业的整个生产工作量上来看，焊接制造占比超过 50%，强烈依赖于焊工的人工，机器换人已成为当前钢结构企业的选择之一。但是由于钢结构工件的“小批量、多品种”，除了极厚和极薄的钢板之外，钢结构的板厚普遍跨度在 4-45mm 之间，不像汽车行业的标准化，钢结构面临着复杂的工件情况。传统焊接机器人多是采用示教编程，不仅需要良好的下料、装配一致性，而且对操作人员的专业技能要求较高，小批量多品种便意味着更多的重复示教。

上海昇视唯盛科技有限公司自主研发的 HGXD 3in1 智能焊接机器人系列产品，致力于解决钢结构面临非标产品多、复杂异形件多、场景复杂多变的困局，成为钢结构免示教智能焊接的优选解决方案：基于自主品牌 HGXD 机器人本体、多模态工业感知 AI 技术和工艺决策大脑三位一体技术体系，通过 3D 视觉传感器与自主机器人核心控制器的高效协同，实现了免示教、免模型导入，适用多种结构形式，达到“应焊尽焊”，具备深度自主学习算法、自主规划路径、自适应匹配焊接工艺专家系统、自主避障等功能，全自主软硬件，底层

融合控制，系统柔性、精度、稳定性更强，满足了更广焊接范围、多层多道焊接工艺、高质量焊接成型等关键需求。

在建筑钢结构场景中实现了各类变截面 H 型钢智能焊接，针对加密筋板、窄间距节点，通过视觉识别的自动避障算法，有效避免焊枪碰撞的前提下，可满足极小间距节点平焊缝的焊接，尽可能提高了机器人焊接范围；自动匹配自主研发焊接工艺库，保证焊缝的高质量成型，达到焊缝标准；实现人效比高达 1.5，一名普工便可同时操作 4 个工作站，保持稳定高效的智能焊接工作节拍，实现焊接产能的翻倍，为企业大幅降低成本、提高质量和效率保驾护航。此外，公司智能定制焊接系统 IBWS，在首件模式下从启动到开始焊接需 1.5 分钟，而非首件模式仅需 10 秒。而且在非首件模式下，一个焊工最多可以同时负责和操作 7-8 台设备。

HGXD 3in1 智能焊接机器人已赋能中国中铁、国家电网、宝胜集团、芜湖天航重工、宝钢钢构、鸿路钢构等多家国央企和头部钢结构企业，并成为智能焊接的经典案例。



二、技术亮点

HGXD 3in1 智能焊接机器人融合了多模态感知、自适应控制与自适应焊接工艺，真正实现智能化焊接。

一是全系软硬件自主研发；

二是针对机器人智能焊接场景，开发高实时控制系统，实现焊接过程快速反馈，控制快速执行；

三是针对多模态感知智能焊接的特点，开发了全场景快速联合标定，使系统精度达到 0.1mm 级别；

四是工艺专精，具备视觉-电参数-熔池-变形-工艺的焊接垂类大模型，实现智能匹配焊接工艺，同时兼容多类场景的智能焊接工艺需求；

五是建立 IWSLAM 技术架构，实现机器人焊接场景下随动感知、感知与定位一体且兼具实时避障、柔性避障，提升智能焊接机器人焊接柔性；

六是硬件部署标准化，实现快速复制；软件部署轻量化，保持高频率更新，随时解决客户现场特异性问题；

七是高性能数据中心，通过 IOT 与数据服务平台（数据中台）实现智能焊接数据的有效积累，客户也可实时查看生产情况；

八是软件交互友好，学习成本低，一般操作工即可快速顺利上手。

三、标杆企业简介

上海昇视唯盛科技有限公司成立于 2020 年 11 月，作为全球少数具备自主品牌工业机器人、焊接垂直场景 AI 模型以及工艺系统三项关键技术并深度耦合的具身智能企业，专

注于焊接垂直场景中的具身智能机器人产品的研发、生产与销售，是上海市智能机器人标杆企业、高新技术及专精特新企业。

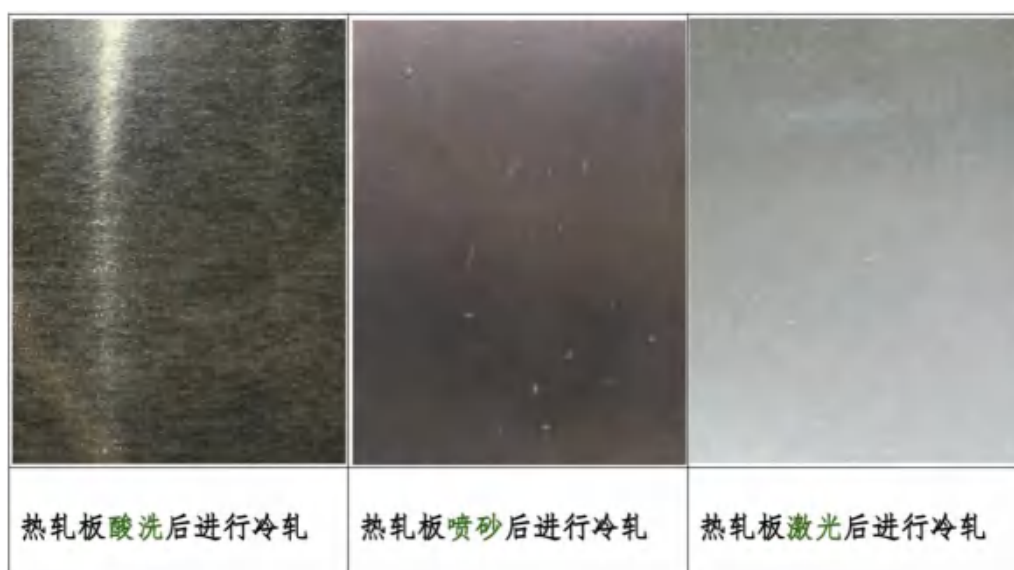
昇视唯盛致力于为生产制造企业提供具有自主感知、决策、焊接执行能力的“机械焊工”，解决焊工短缺、焊接环境恶劣等社会性问题。公司自主研发的“AI+3D+ROBOT”系统智能焊接机器人，从底层解决了绝对精度、绝对实时通信、多模块实时耦合的壁垒，底层技术调优，自动匹配焊接工艺，实现了“眼、脑、手”合一的功能，无需人工示教干预，实现“一键”启动生产。

昇视唯盛秉承“AI ROBOT·易世界”的企业使命，致力于推动焊接应用场景从手工到自动化再到智能化的变革，以智取胜，引领标杆。

案例 25 AI 氧化层激光清洗场景

一、应用案例

氧化层清洗是汽车、航天、军工、矿机等行业使用的特种钢的关键预处理环节，但传统清洗方式或工艺存在风险及痛点：一是环保压力。采用传统酸洗工艺单条产线年排放 500 吨强酸废液，处理成本超 80 万元，且释放有毒气体；采用传统喷砂方式石英砂年消耗 1.5 吨/千平米，产生硅尘污染，基于 PM2.5 超标达 20 倍；二是材料损伤。酸蚀工艺导致基材微坑，粗糙度 Ra 大于 5 微米，汽车高强钢疲劳强度下降 15%，化学耗材可造成材料氢脆风险；喷砂方式的冲击可引发 200-300MPa 残余应力，加速部件变形失效；三是产品工艺效率要求高。传统清洗方式虽然清洗效率较高，但异形件清洗盲区大于 15%，特种钢多品种切换耗时达 2 小时，氧化层去除效果略差，良率约为 90%左右。



针对场景痛点，采用激光工艺实现无耗材免维护，解决环保问题，非接触式加工方式，无机械应力损伤，粗糙度参数可调，氧化层去除效果好，冷轧后良率达 95% 以上，采用 AI 视觉引导机器人的方式，实现了清洗无盲区，快速换型，适应多品种小批量的柔性氧化层清洗。

首坤智能自研 AI 智能激光清洗机器人，采用“高功率脉冲激光+AI 视觉引导反馈+柔性机器人运动+工艺数据库”四位一体技术，在不损伤基材的前提下，实现氧化皮精准剥离。在经济效益上，单站年节省耗材 300 万，人员由原 3 人减少到无人化生产，能耗降低 40%，良率提升约 10%，设备投资回收周期小于 1 年；在社会效益方面，年减排污染物酸雾或废砂百余吨，碳排放强度下降 75%，助力产业升级，推动钢厂、矿机厂智能化改造升级。

二、技术亮点

AI 智能激光清洗机器人在技术与应用上进行了创新突破，是国内唯一实现“脉冲能量-视觉反馈-工艺库”全闭环控制的激光清洗方案：

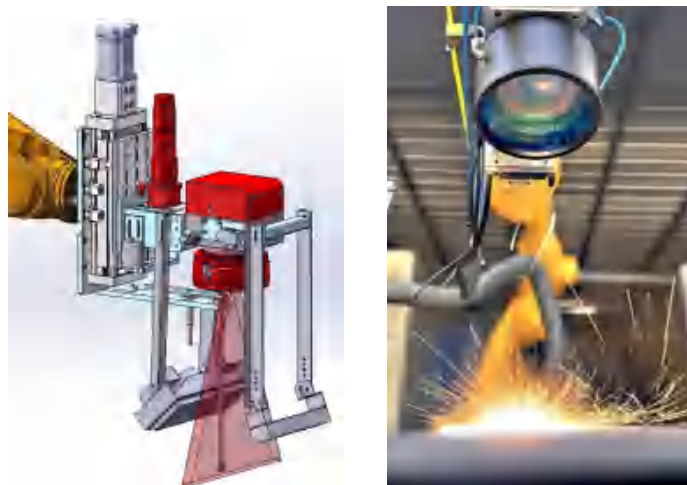
一是高能量可调脉宽激光。高能量脉冲设计：2000W 脉冲光纤激光器，脉冲频率 1-2000Hz 可调，单脉冲能量 2mJ，脉宽 60-500ns，适配不同氧化层厚度；光束整形：通过 DOE 光学件将高斯光斑转换为平顶光斑，能量均匀性大于 90%，避免局部过烧。

二是深度学习视觉系统。多光谱成像：采用双波段相机，有效识别氧化皮与基材反射率差异；深度学习算法：基于 ResNet-50 模型训练，识别氧化皮覆盖率与厚度，定位精度

±0.05mm。

三是柔性机器人运动。作为执行机构，根据视觉给定的坐标，规划路径，提高清洗效率；与视觉系统及 PLC 控制系统实时交互，动态获取指令，柔性加工。

四是自适应控制。实时调焦，Z 轴加装直线电机响应时间 < 10ms，动态补偿板材形变；搭建工艺参数库，内置 300+ 钢种清洗参数，支持能量梯度控制。



在技术拓展方面，公司将升级应用 3000W 脉冲激光清洗，提高效率，同时叠加蓝光模块复合清洗，针对有色高反金属。另外，公司还将搭载具身智能决策系统，配合全地形履带底盘拓展钢材露天堆场、重工机械维护等应用场景。

三、标杆企业简介

上海首坤智能科技有限公司是专业从事高端激光智能装备、自动化配套系统及机器人研发应用的现代化科创企业。公司注重研发创新，汇聚行业精英，组建跨学科、年轻化、高学历团队，汇聚激光、机器人、AI 视觉、电气、机械等专业研发人员深耕智能制造领域，拥有近百项自主知识产权，其中发明专利 16 项，激光镭雕、焊接、清洗、切割、熔覆

机器人等产品广泛服务于众多世界五百强企业，研发的多项细分领域激光智能应用全国首创，承担省部级科技项目 4 项，多次荣获国家及省部级奖项。公司先后荣获“国家级高新技术企业”、“上海市专精特新企业”、“企业技术中心”“宝山区和谐劳动关系达标企业”“上海市青年安全生产岗”等荣誉，并通过了质量管理体系、知识产权管理体系、两化融合管理体系等认证。

未来，首坤智能将立足于高端激光装备机器人制造商和智能制造系统解决方案提供商的战略定位，在“AI+激光+机器人”领域持续创新，解决“卡脖子”难题，在具身智能新时代，持续推动激光技术与人工智能、工业机器人的深度融合，以绿色、高效、智能的科技力量，赋能中国制造业向智能化、绿色化、国际化跃升！

案例 26 智能工厂配送场景

一、应用案例

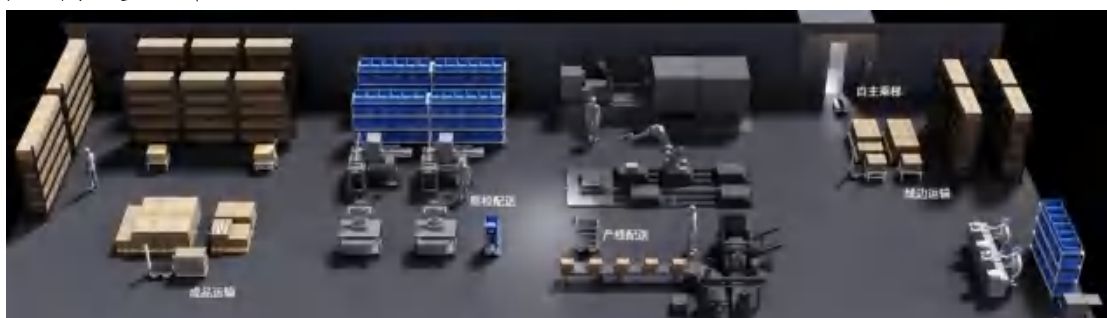
在制造业，产线上会产生大量的搬运工作需求，而产线环境相对固定，搬运动作重复性高，对精度和稳定性都有高要求。由于人力资源下降和劳动力成本增加，无人配送行业迅速发展，市场规模持续增长。

面对这样的场景需求，通过应用 AGV 进行产线搬运工作，减少人工搬运，能提高生产效率和减少错误。同时能减少人工劳动强度，并确保生产过程的清洁和安全。然而传统 AVG 产品具有路径固定、需要实施场景改造等方案痛点。

思岚科技的智能工厂配送机器人，通过多年自研技术积累，能提供支持超大场景的高效建图功能的产品及高效的室内定位导航方案；能够基于多传感器融合的高鲁棒性导航定位功能推行融合发展；在多机任务分配与路权控制与云端数据可视化与远程运维方面也有优秀表现。

针对场景痛点，思岚的机器人可以做到无需改造环境，迅速完成 25 万 m² 级超大场景建图，建图时间减少 30%，建图后即可设置目标点进行自主路径规划，完成配送，同时定位精度达厘米级。思岚科技的工业配送机器人集成了 IOT 模块，可与闸机、电梯互联，实现机器人自主通过闸机、乘电梯等，越障能力垂直 2cm、水平 4cm，可进行 60cm 窄道通行，在工厂场景中具有极致的通行能力。

目前思岚的工业配送机器人已应用于泰国半导体工厂以及韩国汽车制造业工厂，进行电子元器件或汽车零部件的搬运。通过代替人工完成简单、重复性劳动，缓解了劳动力密集型产业的用人成本压力，同时确保了生产过程中的清洁与安全。这极大地降低了制造类工厂的生产成本，提高了生产转运效率。



中商产业研究院发布的报告显示，我国 2024 年智能工厂市场规模有望增至 12854 亿元，而其中智能装备的投资和应用上，占比达 79.84%。因此思岚科技推出的智能工厂配送平台拥有广阔的市场前景。

二、技术亮点

代表产品：最新一代工业 AGV——Phoebus 350 系列

一是极致通过性：可越过垂直 2cm，水平 4cm 的障碍物，60cm 宽的窄道亦可通行，可以闸机、电梯等设施互联，实现自主通过闸机、自主乘梯等；

二是大场景与高精度定位：500*500m 超大单次建图面积，地图分辨率 5cm，导航精度 $\pm 2\text{cm}$ ， $\pm 2^\circ$ ，末端引导精度： $\pm 1\text{cm}$ ， $\pm 1^\circ$ ；

三是激光视觉融合定位，柔性化部署，建图后设置目标点即可自动规划路径；

四是新一代深度学习导航系统，实现动态自主规划最优

路径；

五是 360°安全防护：通过建图雷达、避障雷达、深度相机的多方位部署，实现符合工业安全标准的 360°防护；

六是最大负载 300kg，具有多种扩展形态，支持顶升、料箱、牵引等多模态，能有效完成大规模物流运输；

七是拥有高速快充系统，降低机器人充电等待时间成本；

八是配备全局智能调度平台：完成岗位统筹，物流分配，实现数据监控可视。



三、标杆企业简介

上海思岚科技有限公司(SLAMTEC)，领先的机器人自主定位导航及核心传感器解决方案供应商。深耕机器人行业 10 余年，以室内外中远距离激光雷达传感器、机器人开发底盘为基础，为智能机器人产业提供高效可靠的市场解决方案。思岚科技成立于 2013 年，总部位于上海，积极进行产业布局，在新加坡、深圳等地设有办事处和运维中心，并在江苏盐城拥有自建工厂，为全球客户提供及时周到的售前售后运维响应。截至 2024 年底，思岚科技产品累计交付量超百万台，业务遍布亚洲、欧洲、北美等全球 40 多个国家和地区，服务企业用户超过 3000 家、个人用户累计超过 10 万。是智

能移动机器人、自动驾驶、元宇宙等主流客户值得信赖的方案商。

未来，在战略层面，思岚科技将继续深耕机器人空间感知和机器人智能制造领域，不断推出更多创新产品和技术解决方案，推动机器人行业的持续发展和进步，积极参与行业交流与合作，与更多优秀的企业和专家共同探讨机器人产业发展的新路径和新机遇。在业务层面，将通过直销和代理的模式进行销售，线上通过广告投放、官网、独立站、新社媒、B2B 销售平台等渠道引流，线下通过参展、行业协会、产学研合作引流，一方面主动搜索，通过现有客户画像分析，按照目前客户类型，通过主动收索建立联系；一方面现有客户、代理商需要考虑客户粘性，对于现有合作的客户进行相应的代理商资质审核。

案例 27 电子制造柔性插接场景

一、应用案例

在电子制造柔性插接工艺场景中，涉及多种典型连接形式及系统总装环节（如 BTB、FTB、BTW、及系统总装），当前主流生产模式仍以人工操作为主，辅以治具辅助或专机自动化设备完成插接工序。这种传统作业方式使得企业在实际生产中面临多重困境：一是人员流动性高，熟练工培养周期长，频繁的人力更迭严重影响生产连续性；二是产品质量受人为操作因素干扰显著，个体技术差异导致良率波动，难以实现稳定品控；三是产线切换灵活性不足，设备与工艺适配调整耗时耗力，面对市场需求的快速变化或产品迭代升级时，无法及时响应并保障交付时效；四是人工操作场景下的数据采集与追溯难度大，难以构建完整的品质管控体系，进一步加剧了生产管理的复杂性与不确定性。



易博智机器人的 eBots-IDO 双臂具身智能系统通过工业双臂协同架构、机器视觉系统与 VLA（视觉逻辑适配）模型

的深度融合，突破传统单臂机器人的作业局限，实现双线程精密协作。系统构建“感知-决策-执行-检测”的全闭环智能控制体系，利用机器视觉实时捕捉生产数据，结合 VLA 模型快速分析决策，驱动双臂精准执行操作，并通过在线检测及时反馈优化。

依托通用型 VLA 模型工艺包与工具包，实现生产工艺的快速部署与设备参数的自动适配，大幅缩短产线换型时间。在某头部电子制造企业的实际应用中，该解决方案成效显著：产品良率提升至 99.8%，产线人力配置减少 4 人，同时投资回报周期大幅缩短，仅 11 个月即收回前期投入成本，充分展现出技术创新在提升生产效率和降低成本方面的显著优势。



二、技术亮点

代表产品：eBots-IDO——重新定义柔性制造的「桌面作业智人」

- 1、双擎架构：像人类一样思考的机械手臂
 - 类人级协作：≥20 自由度双臂自主分解「抓取-校准-装配-检测」全流程；
 - 微米级操控：≤20μm 装配精度（相当于 2 米外对齐两根头发丝）；

➤ 闪电级响应：毫秒级实时追踪决策，动作同步误差 <5ms。

2、眼疾手快且稳的「智造超人」

➤ Denali 视觉系统：409 帧/秒捕捉速度（比眨眼快 10 倍）+ 25 μ m 级定位；

➤ 微米级误差补偿：独创双臂料动抑制算法，在 350mm 臂展范围内实现 20 μ m 装配。

3、空间魔术师：0.8 m² 占地面积，颠覆传统自动化布局

➤ 替代 3-4 台单臂设备联动作业；

➤ 节省 35% 车间空间，布局灵活度提升 300%。

三、标杆企业简介

易博智机器人（上海）有限公司（eBots），诞生于硅谷创新腹地，以全球首款双臂具身智能系统 eBots-IDO 重新定义工业自动化边界。通过工业双臂架构、机器视觉与 VLA 模型的深度耦合，突破传统单臂机器人无法实现的双线程精密协作，在消费电子、汽车电子、IT 通讯、医疗器械等万亿级高端制造领域，将 20 μ m 级精密组装、8 小时安装交付、30 分钟极速换型、实时追踪决策三大能力闭环，转化为企业不可复制的核心竞争力。

公司在美国硅谷设有研发基地，在上海临港设有研发、生产、销售服务基地。高效承接客户需求。

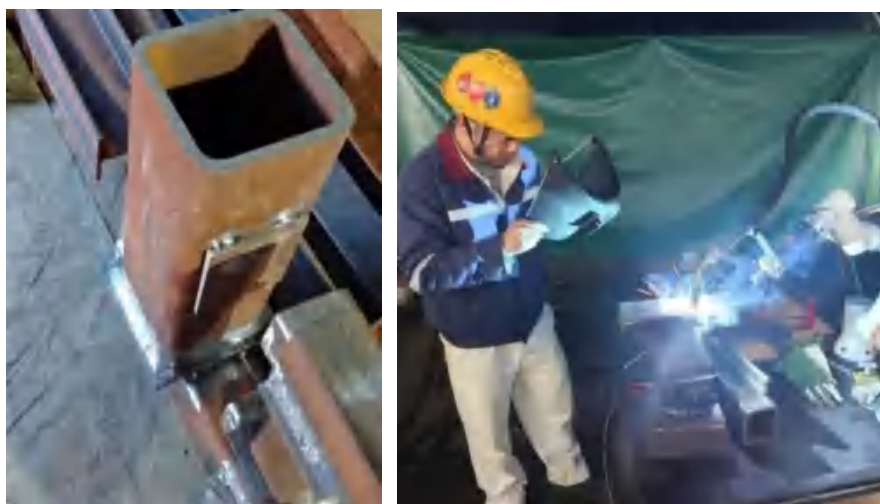
eBots-IDO 以“四化”赋能行业升级：通过自动化产线实现高效作业，标准化流程保障品质一致性，通用化模块降低适配成本，智能化系统提升决策精度，全方位推动产业效能跃升。

案例 28 核电柔性焊接场景

一、应用案例

当前核电制造焊接环节面临诸多挑战。首先，焊工数量持续短缺，熟练焊工更为稀缺；其次，人工成本不断攀升，企业负担日益加重；再次，焊工的培训周期长、上手慢，影响生产效率；此外，焊接环境通常高温、有毒烟尘多，劳动条件艰苦，对人体健康造成潜在危害；最后，传统焊接方式难以保证焊接质量的一致性与稳定性，尤其在复杂工况下问题尤为突出。

优复博自研的面向核电制造的柔性焊接场景的人工智能焊接系统，能显著提高焊接效率，降低对人员技能的依赖，助力企业高效生产。优复博和中核建股份公司核心二级单位合作落地面向核电的智能机器人系统解决方案，已经在某核电现场完成了工艺评定，设备报审，操作员考核，生产投产证，并且已投入生产取得了良好的效果。



预计 2026 年机器人应用产线预计产值超过 2000 万元，2027 年及以后每年预计产值超过 5000 万元。投入产出比 205%。机器人在核电预制及建造领域的应用，未来将为客户每年降低 10% 的人员成本，节约将近 6 亿的人工成本支出。



智能机器人在核电制造业的大规模应用，有利于促进机器人行业的迭代升级和繁荣发展，也促进传统制造业由劳动密集型向自动化、智能化转变，同时核电行业的快速发展也促进清洁能源的使用推广，对生态环境的保护起到了重要作用。智能机器人不仅提高了工作安全性，减少了人为错误，还提高了工作效率和准确性，并在数据收集与分析方面发挥了重要作用。

二、技术亮点

本系统采用模块化、分层式技术架构设计，确保各模块协同高效运行，并具备良好的可扩展性与可维护性：

一是硬件层：对机械臂、工业相机、激光传感器等核心硬件进行统一接口封装，屏蔽底层差异，实现跨设备兼容与统一调用，提高系统通用性与部署效率。

二是算法层：采用 RESTful 风格的接口标准，对各类算法模块（如焊缝识别、路径规划、避障仿真等）进行统一封

装，便于灵活选择与调用。同时支持算法本地部署与云端部署双模式，便于根据资源情况灵活调度，降低本地计算压力。

三是客户端层：提供直观图形化用户界面，具备简洁的操作流程与友好的交互体验。用户可通过可视化界面实现设备控制、焊缝识别、轨迹生成、系统校准等全流程操作，极大降低使用门槛。

形成四大竞争优势：更好用，全新智能算法，支持常见焊缝和多种复杂焊缝，几乎适用所有类型焊缝，包括 3D 立体焊缝；更快速，焊缝识别效率高、焊接轨迹生成速度快；更简单，界面简洁，普通工人即学即会，一键自动完成重新校准；更便宜，非常明显的购置和使用成本优势。

三、标杆企业简介

上海优复博智能科技有限公司（YOFO Robot），由来自卡耐基梅隆、复旦、同济等知名高校科学家与工程师、资深产业专家组建的“AI+机器人”创新公司。公司是上海人工智能行业协会会员、上海市机器人行业协会会员、智慧医疗产业联盟成员、英伟达初创加速计划成员，拥有多项自主知识产权。公司致力于先进 AI 技术与机器人技术的完美结合，让机器人拥有强大视觉和智慧大脑，更好地服务人类。

面向未来，公司将推动机器人在更多领域的广泛应用，让机器人更好地服务人类。公司将继续深化“AI 视觉+机器人+大模型”的核心技术优势，进一步拓展制造业、智慧医疗等领域的应用场景，同时积极探索智慧物流、智能安防等新兴领域，开发更多创新的机器人解决方案。此外，公司还将加强与产业链上下游企业的合作，构建完善的产业链生态，共

同推动机器人技术的普及和应用。通过技术创新、市场拓展和产业链合作，优复博将不断提升自身的核心竞争力，助力解决劳动力短缺等社会问题，为各行业的智能化转型提供有力支持，努力成为全球领先的智能机器人解决方案提供商。

案例 29 汽车零部件装配场景

一、应用案例

汽车零部件装配环节存在三大核心痛点：一是精密操作要求高。零件装配精度需达到 $\pm 0.1\text{mm}$ ，人工操作易因疲劳产生误差（误差率高达 2.8%）；二是安全隐患突出。发动机舱等狭小空间作业存在机械夹伤风险，高温部件可能造成烫伤；三是效率瓶颈明显。人工装配节拍时间长（平均 120 秒/件），难以满足自动化产线 60 秒/件的生产节拍要求。

开普勒部署先行者 K2 双足版人形机器人，实现精密装配核心流程覆盖：一是毫米级精确定位。集成六维力传感器（精度 $\pm 1.5\%$ ）和 RGBD 深度相机，实现 $\pm 0.1\text{mm}$ 的重复定位精度；二是多工具灵巧操作。11 自由度灵巧手可切换电动螺丝刀、真空吸盘等工具，扭矩控制精度 $\pm 0.5\text{N}\cdot\text{m}$ ；三是无间断生产。快充技术（1 小时充满）支持 8h 连续作业。

效益提升			
指标	人工装配	机器人装配	提升幅度
单件装配时间	300 秒	240 秒	20.00%
产品不良率	2.80%	0.15%	94.60%
工伤事故率	0.3 起/月	0 起	100%
单线人力配置	2 人/班	1 台机器人	节省 12 万元/年



二、技术亮点

开普勒 K2 通用机器人核心技术矩阵包括：

一是仿生运动引擎。自主研发行星滚珠丝杠执行器（峰值推力 8000N）；

二是认知决策系统。工业场景专用大模型 KeplerMind™（推理时延<200ms）；

三是超感交互网络。分布式多传感融合（LiDAR+RGBD 视觉），动态环境建模更新频率达 10Hz；

四是能源管理高效。快充技术（1h 充满连续作业 8h）。

三、标杆企业简介

上海开普勒机器人有限公司，作为通用机器人产业化的引领者，公司聚焦人形机器人核心技术研发，持有发明专利 17 项，实用新型专利 25 项目，主要成果包括：

- 国际人形机器人应用场景挑战赛张江记录第一名
- 上海市人工智能行业协会会员单位
- 人形机器人产业链人形机器人本体优秀企业
- LeadeRobot 中国人形机器人技术领先奖
- 维科杯·OFweek 年度创新产品奖

2025-2026 年实施“搬运大师+装配大师计划”；建设标准化工业人形机器人训练实验室（浦东张江）；构建机器人应用生态平台（接入 100+工业场景 SDK）；推动人形机器人技术在智能制造、物流仓储等领域广泛应用，提升产业自动化水平，助力企业降本增效，实现高质量发展目标。

案例 30 汽车动力电池包搬运场景

一、应用案例

宁德时代动力电池生产基地采用集约化仓储模式，其生产的锂电 PACK 包单体重量 0.8 吨，采用四联托盘堆垛（总重量 4 吨/垛，堆高 2 米）的存储方式。传统物流作业依赖人工叉车完成五楼立体仓至一楼装卸月台的垂直转运，存在作业效率低、数字化程度不足、人力成本高等痛点。

经过三年深度调研，现有 AGV 供应商解决方案存在三大技术缺陷：一是设备结构缺陷。车体厚度超出电梯运载空间限制（标准电梯轿厢高度余量 $< 50\text{mm}$ ）；二是动态稳定性不足。传统举升机构导致 4 吨载货重心波动超过 $\pm 15\text{cm}$ ，存在侧倾风险；三是导航可靠性问题。单一激光导航方案在复杂仓储环境下的定位成功率 $< 92\%$ 。

我司针对性开发的 Robopad AGV 系统实现三大技术突破：一是超薄底盘设计。采用嵌入式举升机构，车体高度控制在 $260\text{mm}\pm 5\text{mm}$ ，完美适配电梯转运场景；二是动态配平系统。配备双 IMU 惯性测量单元+液压伺服补偿装置，确保载货重心偏移量 $< 3\text{cm}$ ；三是多模态融合导航。激光 SLAM+视觉语义+UWB 的混合导航方案，定位精度达 $\pm 5\text{mm}$ ，系统可用性 $> 99.5\%$

经实测验证，该方案实现：

- 单次转运时效提升 40%（23 分钟→13.8 分钟）；

- 单位货损率下降至 0.02%;
- 人力成本节约 62%。

目前已在宁德时代溧阳工厂部署，日均处理 PACK 包 3000+单元，标志着动力电池行业重载 AGV 技术取得重大突破。

车厢的限高参数与动力电池模组的堆叠方案呈现显著的技术耦合性，货车标准的垂直高度制约着电池模组的堆叠策略及总成高度。该技术关联性在物流转运场景中尤为突出，特别是在电梯运输等存在垂直空间限制的环节，传统运输方案频繁遭遇通行性障碍。该矛盾直接催生出市场对超薄型大载重工业机器人的迫切需求。目前，宁德时代除溧阳工厂项目在使用中以外，洛阳工厂及宜宾工厂和宁德总部都在做该方案的推进中。该单一场景，每家工厂约 60 台设备需求，宁德时代全球 18 个工厂，总共约 1200 台需求，项目金额约 4 亿元。



二、技术亮点

1、产品的核心性能

- 超重负载，额定载重 5t--120t ；
- 移动速度 2.5m/s,行业领先；
- 重复定位精度 $\pm 1\text{mm}$,行业领先；
- 机器人轻薄度，行业领先；
- 越野性能行业领先。

2、机器人核心技术的特色

一是 AI 智能化程度高：在第一性原理的逻辑下，把传统 AGV 产品的整体技术实现了技术穿透，叠加 AI 技术的不断优化，让 AGV 更高效，更便宜，更容易，是面向下一代的 AGV 产品；

二是产品形态可塑性强：产品可平滑定制多形态多尺寸：叉车型，平板型，异形适用不同场景；基于全栈软件算法系统的坚实基座，支撑起任意定制的可靠交付。

三是高效率高性能：5 吨以上大承载；远超行业的 2.5m/s 安全运行速度；重复定位精度突破至 $\pm 1\text{mm}$ 级别；200mm 以下低重心底盘。

四是稳定可靠性高：全栈技术链自研，不同技术模块之间的耦合程度优异，每一行代码的可控。运行丝滑，故障极低，真正无人化交付。

五是环境适应性强：路面适应性，普通路面无损运行，具备优异越障能力；运行环境，室内外全天候能力；低温环境，军工防爆环境稳定运行。

六是国产化成本优势：全栈自研软硬件产品，供应链不依赖昂贵第三方传感器；核心部件均实现国产化。

三、标杆企业简介

上元立交（上海）科技有限公司基于上海交通大学机器人所、并行计算研究所、北斗导航研究院、网络空间安全学院在人工智能、环境感知和机器人等方向的前沿科研成果支撑。实现了 AGV/AMR 产品的整体技术穿透，移动机器人技术链，自研深度处于全行业头部，并通过 AI 技术叠加不断优化，让传统 AGV/AMR 产品更智能、更高效、更实用。上元立交引领大承重 ($\geq 5t$)、轻薄车身 ($\leq 220mm$)、高速度 ($\geq 2.5m/s$)、高精度 ($\leq 1mm$) AGV/AMR 的研发和产业化。

让移动机器人的每一次脉动，由传统的线程控制进化为算法的交响；杜绝拿来主义，深挖各技术路线落地壁垒，重视创新，确保全链最优解；敢打技术硬仗，7 年时间，构建从机器人本体、操作系统、环境感知到调度算法全栈技术架构，填补传统物流装备领域的空白，引领机器人时代的工厂内物流变革。物料从入厂分拣到流转加工再到成品月台装卸全流程，通过部署 robopad 等机器人矩阵，可实现厂内物流真正的数字化，智能化，消除数字化世界与自然世界的互联互通瓶颈，让每一件物料的流动具备自主思考能力。目前上元立交产品已在汽车生产装配、军工制造、动力电池制造、石油炼化、EVTOL 运行等多场景实现商业落地。

案例 31 复杂动态工业场景

一、应用案例

传统的工业机器人切换任务需耗费大量时间重新编程与调试，单一功能模块难以应对复杂动态环境，缺乏实时感知与自主决策能力。特别是在电子装配、食品包装等行业，产线频繁换型导致设备利用率不足 60%。本系统通过高自由度柔性关节、多模态感知矩阵与智能控制算法的深度整合，实现了机械结构动态重构、环境实时感知与任务自主规划的三重突破。

多模态感知控制技术：力觉与视觉是实现机器人柔性生产的关键技术，也是工业 4.0 的底层驱动技术。全域力觉感知系统包括六维力传感器、柔性执行器、移动机器人、工业级双目 3D 相机与商用视觉设备，目标识别精度 0.1mm。



中国制造 2025 将智能机器人列为重点发展领域，强调通过柔性化、模块化技术突破传统工业生产的刚性限制。根

据机器人行业协会透露，2023年中国机器人产业规模超过200亿美元，机器人整体市场潜力巨大。本产品属于当下最前沿的具身智能领域，助推制造业智能化转型、赋能现代服务业升级、突破关键核心技术、践行绿色智造理念。

二、技术亮点

本系统技术亮点突出，基于控制器及底层控制研发，2D、3D机器视觉精准识别，末端抓手+六维力觉控制精准抓取，AGV实现物料搬运，构建复合机器人的“脑、眼、手、脚”，赋能柔性制造升级。

一是采用AI+智能调度模式，实现拉动式生产与动态线平衡，让生产流程更高效。搭载3D视觉与精准力控技术，达到丝级装配定位，确保操作精度。

二是换线时间仅需1天，节拍时间35秒，大幅提升产线应变能力。系统整合多模态感知与智能算法，AGV定位、协作机器人重复定位等核心参数行业领先。

三是六维力控实现精密装配，复合底盘保障灵活避障，为汽车制造、电子装配等行业提供高效精准的智能作业解决方案，助力智能制造落地。

三、标杆企业简介

佳奕筱安（上海）机器人科技有限公司成立于2018年7月，是一家专注于工业具身智能机器人及核心部件研发、生产、销售的高新技术企业，公司已完成顶尖风投机构的多轮融资，累计融资金额超1.5亿元。公司具备全球领先的研发基因和雄厚的技术积累，核心研发团队来自上海交通大学、哈尔滨工业大学、南方科技大学等全球顶尖高校，在机器人

感控技术和工业智能应用领域均拥有 10 年以上的专业知识和实践经验。

公司致力于通过技术创新推动制造业的智能化升级，产品已成功应用于航天军工、3C、医疗、铸造等多个领域，服务的头部客户包括航天六院、西安铂力特（688333）、蓝思科技（300433）、朗合医疗、达闼机器人等。未来，佳安智能将继续加大研发投入，拓展产品线，深耕工业具身领域并开拓新场景，推动机器人移动作业集群在更多领域的应用，助力制造业智能化升级。

医疗健康篇



案例 1 腹腔镜手术场景

一、应用案例

随着机器人技术的发展，机器人辅助手术将微创外科手术带入了一个新的高度。临床实践表明，机器人辅助微创手术能够让外科医生在更良好的视野下，利用设计精巧的手术器械，完成许多在传统的微创手术下无法完成的精细操作，减小了手术给患者的创伤，加快术后恢复。因此，机器人辅助微创手术的临床应用被誉为第三次外科手术革命。

腹腔镜机器人微创手术的临床价值获得了广泛的认可，但国内腹腔镜手术机器人的临床应用与产业化刚刚起步，进口腹腔镜手术机器人在国内市场长期处于垄断地位，其高昂的购置费用、手术费用、检测及维护费用是制约机器人手术大规模临床推广及应用的主要原因。此外，由于国内医疗资源分布不均，跨地域就诊难一直是医疗卫生行业发展的痛点，基层偏远地区由于发展落后，医疗资源匮乏，使得病人往往不能在基层地区实施手术。

首先，腹腔镜手术机器人多采用主从遥操作方式，医生通过操作主控制臂来控制多条搭载手术器械的工具臂，在病人体内狭小的空间中完成复杂的手术操作，这对手术机器人的机械精密程度、控制精度和稳定性、系统安全性、通信实时性提出了极高的要求。其次，精准的图像信息反馈是手术过程能够顺利实施操作的关键，为了提供直观且具有沉浸感的

手术场景信息反馈，腹腔镜手术机器人运用了立体内镜下三维成像方法和荧光成像等技术，构成了机器人视觉感知系统。此外，通过突破远程遥控操作控制、大容量图像远程实时传输等核心技术，外科医生可以借助腹腔镜手术机器人开展远程手术，打破时间和空间的限制，有助于缓解医疗资源分布不均的难题。

近年来，以图迈®为代表的国产腹腔镜手术机器人的研发与临床应用，实现了国产高端医疗器械领域的重大突破，突破了医生在视觉分辨率与双手操作精度上的局限性，方便了医生进行准确解剖及精细操作，更能使医生可以完成在传统开放性手术和内窥镜手术下不可能完成的操作，为外科手术取得重大技术突破提供了可能，并打破了国外产品的长期垄断。



国产腹腔镜手术机器人的研发不仅能够推动机器人高端领域的学术研究、提升腹腔镜手术机器人自主创新能力，更有助于推进我国高端医疗器械产业发展，整体提升医疗技术水平。从应用层面来看，国产腹腔镜手术机器人系统可显著降低医院设备购置成本，推动机器人手术在各级医疗机构的普及应用，提升临床手术水平。国产手术机器人的应用预计能使

微创手术费用降低三分之一以上，有效减轻患者经济负担，使更广泛人群能够享受创伤小、安全性高的优质医疗服务。

二、技术亮点

代表产品：图迈®腹腔镜手术机器人

一是国内唯一自研轻量化医用专用机械臂。基于机器人本体功能布局与多科室临床术式数据分析，开发基于弹簧配平技术的多自由度调整臂机构，简化调整臂结构，大幅降低调整臂重量，实现机械臂系统轻量化设计，满足机械臂的医用专用化需求。

二是全球首个获批上市的远程手术机器人。全球首创提出常规网络兼容性的新一代远程手术技术理念，构建了图像低时延超压缩技术，数据多维加密技术，动态通讯网络优化策略，复杂网络环境下手术安全保障机制等远程手术技术体系。实现了多网融合通讯技术，能够兼容 5G、宽带、专线与卫星通讯等多维通讯网络，支持跨运营商、跨介质网络混合通信，不依赖专线，不依赖单一供应商，高性价比实现“一对多，多对多”远程互联与控制。

三是拥有全球首个力感知功能。创新性地开发力觉感知呈现组件，解决困扰腹腔镜手术机器人领域数十年的操作力信息丢失的技术瓶颈问题，帮助医生更直观了解手术过程中对不同组织进行的操作力，使微创手术更安全方便。

四是实时融合荧光 3D 高清立体视觉。创新性地通过目镜内置，使用 1080P 全高清双路电子镜图像采集真实手术视野，真实再现手术视野，而非使用算法将 2D 图像转换为 3D 图像，可实现精准组织辨别及组织层区分。此外，具备实

时融合荧光功能，可在彩色腔镜图像基础上实时融合显示荧光标记的淋巴系统、肿瘤、血管等目标敏感组织，打破传统分时切换黑白荧光的技术局限，极大降低手术难度、手术时间与风险。

案例 2 血管介入手术场景

一、应用案例

我国冠心病患病人数已达 1139 万，心血管疾病是我国城乡居民死亡的首要原因。随着介入器械和手术技术的发展，经皮冠状动脉介入治疗（PCI）已经成为冠心病的主要治疗方式。2023 年，我国冠脉介入治疗注册病例数超过 163.6 万例，PCI 病例数增长率 26.44%。随着手术数量和复杂程度不断增加，术者的健康负担进一步加重。

目前 PCI 手术存在如下临床需求痛点：一是 PCI 手术医生健康受到影响。传统的 PCI 手术中，手术医生长期暴露在 X 射线的电离辐射下，需要穿戴铅衣减少电离辐射。铅衣的使用虽然能够减少电离辐射，但同时增加了医生的负重，长期以往会对手术医生的骨骼系统产生巨大损伤。二是 PCI 手术治疗效果，完全取决于医生的水平。PCI 手术医生的培养，需要较长的时间和精力，并累积到一定的手术量。PCI 手术医生的数量增长已远远落后于 PCI 手术量的增长。为了尽快使年轻医生达到一定的技术水平，需要借助 PCI 手术机器人。三是 PCI 手术中精确度较差。由于 PCI 手术医生总是用手固

定导管导丝，在劳累的状态下，很难保持手持续的稳定。抖动的发生，会影响手术精确度。同时，一台 PCI 手术，必须需要另外一名无菌助手协助才能完成，造成资源紧张。

自 2006 年首次应用以来，血管介入机器人辅助 PCI 手术已被证明为安全可行。随着系统技术的进步和术者经验的增加，血管介入机器人也逐渐开始应用于复杂的，更“真实世界”的病变，其安全性和有效性得到了进一步验证。

2023 年 12 月，上海微创医疗机器人（集团）股份有限公司旗下 R-one[®]血管介入手术机器人正式获得国家药品监督管理局（NMPA）上市批准。这是首个在国内完成多中心临床试验并获批的商业化冠脉血管介入手术机器人，填补了我国 PCI 手术机器人领域的空白，使冠脉介入治疗进入到更精准、更智能的手术机器人辅助治疗新时代。



R-one[®]是基于主从控制技术的血管介入导航控制系统，旨在协助心血管介入医师进行 PCI 手术，实现精准定位病变，优化球囊和支架导管输送，使得手术流程标准化、提高手术精确度，同时还可减少手术并发症。

使用 R-one[®]时，术者可坐在防辐射控制台后，通过远端操控，在完成精确手术操作的同时有效减少了在射线下的暴

露时间；通过对现有 PCI 手术设备和耗材的兼容，即插即用，降低 PCI 医生学习曲线；一次性无菌盒，以其极低的成本和快速安装，带来手术效率的提升和治疗费用的降低。

此外，通过引用远程手术技术，可进一步进行场景提升，实现远程 PCI 手术指导和远程手术，打破时空和地域限制，有效节约医生和患者的时间，降低患者就医费用，提高救治效率，极大地拓展了远程诊疗的应用边界。

二、技术亮点

代表产品：R-one®血管介入手术机器人

- ▶ 具有全球独创的双指仿生搓捻技术，可复现“人手操作”，使其在复杂 PCI 手术中具有明显优势；
- ▶ 可进行 0~360°旋转平移连续运动，更易通过迂曲血管和复杂病变；
- ▶ 采用亚毫米级步进，提高了器械释放精度；
- ▶ 一键锁定解锁技术可单人完成器械交换，提高手术效率；
- ▶ 单膜全覆盖无菌耗材快装快拆，避免交叉感染，缩短手术准备时间；
- ▶ 标准化手术操作流程，学习曲线短，操作简单易上手；
- ▶ 人体工学防辐射控制台，更好地保护术者安全；
- ▶ 集成端对端远程控制模块，可实现安全、可靠、稳定的远程手术。

三、标杆企业简介

上海微创医疗机器人（集团）股份有限公司（02252.HK）成立于 2015 年，是上海微创医疗器械（集团）有限公司旗

下子公司，2021年11月于香港联交所主板成功上市。公司目前是国内规模最大、市值最高的手术机器人上市企业，为全球唯一业务覆盖腔镜、骨科、血管介入、经自然腔道、经皮穿刺五大手术机器人“黄金赛道”解决方案的创新公司。

经过多年研发创新与产业积累，公司已发展成为掌握手术机器人全链条底层技术的集团化运营公司，具备光、机、电、控、软、算、影像等多学科集成及平台化拓展能力。目前，6款产品获得国家药监局NMPA注册证，3款产品进入创新医疗器械特别审批程序，多款产品获批海外注册证，综合订单量累计突破100台，国产品牌综合市占率第一，首次实现了国产手术机器人全球商业化。

公司将积极推进手术机器人产品的研发及商业化。对于已获注册证的手术机器人产品，公司将依靠已建立的临床应用网络，尽快实现销售及大规模应用，继续形成行业领先的市占率，提高国产手术机器人应用程度。对于正处于研发阶段尚未获证的产品，将加快开发及临床试验进度，并基于已获证产品的获证经验，加快产品上市速度。预计5年内，公司将形成智能手术机器人一体化综合解决方案，对于主要高难度手术，均实现机器人手术应用，让天下没有难做的手术。

案例 3 脊柱微创手术场景

一、应用案例

截至 2024 年末，我国 65 岁以上人口比例已达到 19.8%，已经进入了深度老龄化社会，骨科相关疾病发病率随之攀升。另外，我国目前医疗资源分布不均，县域基层设施设备条件薄弱，外转就医率高，偏远地区的群众经常面临“看病难”，无法就近享受优质医疗资源等问题。以骨科疾病手术中常见的脊柱手术举例，在手术要求上，一台微创脊柱外科手术需要运用特殊的器械和装置，在影像设备和导航技术引导下，从正常的解剖结构到达病变处，在可视化条件下完成整个手术过程，以达到手术切口小、组织创伤小、出血少、操作精确度高等目的。然而，目前大部分县级医院的医疗条件尚无法满足对精准微创脊柱手术的要求。



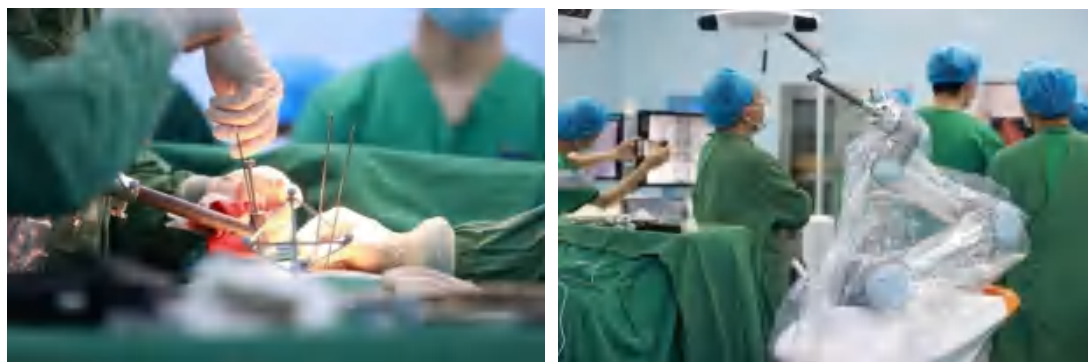
今年 4 月，卓昕医疗与贵州省岑巩县人民医院合作开展一场具有里程碑意义的脊柱手术打破了这一局面。成都医学院第二附属医院 416 医院的骨科领域教授、一级专家范海泉带领贵州省岑巩县人民医院姚茂辉主任、田佳庚主任的骨科

团队，通过使用卓昕医疗三维 C 臂和脊柱手术机器人设备，成功为三名腰椎骨折、胸腰椎多发性骨折、腰椎重度滑脱、腰椎管狭窄症、重度骨质疏松症等疾病患者实施机器人辅助经皮椎体成型术及经皮椎弓根螺钉固定技术。

在手术室无影灯下，范教授根据术中三维 C 臂扫描构建的 3D 模型和体层图像，通过红外导航传感装置以及智能软件算法精准控制机械臂，实时、准确地完成了椎弓根螺钉的精准植入，实现了“以最小创伤解决患者疾苦问题”的新突破。手术过程中，在机器人机械臂引导下，仅需数个微小的皮肤切口，便能完成椎弓根螺钉植入和骨折复位，出血量明显减少，为骨病患者解除了病痛。

这场微创手术在黔东南腹地划出了一道基层医疗技术革新的分水岭，也是国内首家运用国产自研的智能影像骨科手术机器人一体化方案落地县级医院。

此新技术的落地实施，不再是冰冷的医疗器械，而是连接优质医疗资源与基层百姓的科技纽带。它见证的不仅是一次创新手术的成功，更是医改深水区内，通过技术引进、服务创新与人才柔性流动，破解县域医疗难题的生动实践。



二、技术亮点

卓昕医疗智能影像骨科手术机器人一体化方案包括自

主研发的骨科手术机器人+三维 CBCT,其中骨科手术机器人包括主控台车、机械臂台车、光学追踪系统台车,三维 CBCT 包括主控台车和 C 形臂台车,同时配置了专用导航接口与机器人接口,为进一步拓展手术室智能化与数字化提供技术基础。

智能影像骨科手术机器人利用术中影像设备进行 3D 建模,无需做术前 CT 扫描,去除不必要的等待和额外的辐射,避免了术前 CT 数据导入软件、建模以及模型优化等操作。采用光学追踪系统机械臂辅助定位技术,简化操作流程,优化当前医生的手术习惯和流程,达到国际先进水平。

卓昕医疗智能影像骨科手术机器人具有以下亮点:一是智能影像骨科手术机器人实时自动配准技术;二是融合多模态输入参数及先进的运动控制技术,实现手术机器人与三维影像设备精准、智能、安全联动定位;三是基于深度学习规划算法,持续收集不同术式规划方案数据为术者提供更智能的规划辅助

三、标杆企业简介

上海卓昕医疗科技有限公司是一家领先的智能医疗装备公司,致力于设计、研发及商业化手术机器人、三维影像等医疗装备,产品涵盖疾病早期筛查、诊断评估、手术治疗、术后康复、临床科研全流程。目前已上市脊柱手术机器人、移动式三维 C 形臂、数字化 X 射线摄影系统、关节韧带数字体查仪、关节运动功能参数检测仪等数十个产品。卓昕医疗秉持“创新驱动,普惠医患”的理念,围绕“数智化手术”赛道,为医生构建一站式“整体解决方案”,辅助医生更加精准、微

创地完成手术，加速优质医疗资源的下沉与普及，造福更广大的医患群体。

公司先后获得国家高新技术企业、上海市“专精特新”中小企业、上海市独角兽（潜力）企业、上海市专利工作试点企业等荣誉称号，与 40 余家三甲医院开展创新医疗项目合作，承担国家级、省部级科技项目 20 多项。

未来，卓昕医疗将继续坚持创新驱动，以临床应用为导向，推动手术机器人和医学影像装备的持续升级。另外，公司将实现产品多元化和应用拓展，在专注于骨科领域的同时，也将在泌尿科、普外科、胸外科、乳腺外科、呼吸科等方面加强技术储备，不断扩展产品应用场景。

案例 4 植发场景

一、应用案例

1、植发行业发展现状

2021 年中国脱发人口超 2.5 亿人，并且保持每年至少 200 万人新增脱发患者数快速增长；2023 年植发市场规模 322 亿元，年手术量超 100 万例，随着“颜值经济时代”来临，消费医疗属性的植发市场正进入爆发式快速增长时期。同时中国养发服务市场规模已过 1000 亿元，且拥有高频复购特性，复合增速超 20%，未来增长空间更为广阔。

全国 3000 家三级以上医院、13000 家医美机构和 1500 家植发机构累计装机量大于 1000 台。植发机器人在植发手术标准化上、精准度的效果上、手术能力要求与效率上已经体现出明显优势。

目前全球唯一上市销售的机器人植发系统是由 Restoration Robotics 公司研发的 ARTAS 系统，全球销售近 500 台，而国内无相关在售产品，定价权由国外掌握。国内虽已有多家单位购入 ARTAS，但其高昂的采购价格及耗材费用，导致使用机器人进行植发费用大幅高于人工操作。HAIRO 植发机器人在保证功能，且性能优于 ARTAS 系统的前提下大大降低了使用成本。产品推出后可在市场上形成强力竞争能力，产品创新的布局上三年内可以做到全球领先。

2、行业痛点

一是植发手术以人工机械重复性操作为主，手术流程趋

于标准化，整个手术过程长达 5-8 小时，医生工作强度大。二是手术依赖医生经验，普通医生操作毛囊横断率高。三是从业人员数量、经验与资质是行业规模化发展的瓶颈。四是植发机构人工成本和营销成本较高，人员流动率较高。五是植发手术费用较高，人均种植 2000FU 以上，单价 10-30 元/单位，平均手术费用 2.5 万以上。

3、项目简介

本产品由华山医院皮肤科吴文育担任首席临床专家研发，应用于毛发移植手术。通过立体视觉识别技术，精准获取毛囊的出射角度、深度、直径等关键参数从而获取毛囊位置信息，再联合驱动控制电机、智能传感器等多个硬件执行结构，实现机械臂力感知、实时运动补偿和穿刺路径智能规划并提取毛囊。通过机器人降低对医生经验的依赖，提高服务效率并减少了医生眼部颈部手部腰部身体消耗，降低工作负荷强度。提高植发成功率的同时降低毛发损伤问题，术后康复周期更短，做到手术过程全程可视化，为患者带来更优的手术体验。



二、技术亮点

植发机器人设备相较于人工，具有稳定性好、效率高、横断率低的优势。相比于人工提取毛囊，机器人基于其算法

可智能化规划穿刺路径、精准提取毛囊并大幅度减少毛囊横断率，使得术后效果更好。通过机械臂更精准控制穿刺力度，且可补偿患者运动，确保了手术的安全性。

一是机器人各执行运动部件，自主研发机器人运动控制器，更好的柔顺控制启停顿挫，可快速连通设备底运控的部署，更好匹配智能规划算法，提高手术效率，同时降低外采运动控制器成本，从原理图到 PCB 制造全自研。

二是机器人手眼伺服技术，眼在手上的实时跟踪伺服技术，运行过程机器人需要不断确认自身空间位置与下一步规划位置运行。

三是毛囊实时识别软硬件技术，需要组建亚显微视觉双目成像模组，需要调教最佳视距、角度、光源频闪的混合参数来保证每张图片清晰度，每秒需处理百张图片并输出结果。

四是算力模型最优解，最大化分配算力，CPU 异构计算，GPU CUDA 加速毛发 3D 位姿计算、头皮建模技术，需要将双目识别结果进行匹配计算，5 秒通过 500 张 50 个锥形空间位置进行头皮 3d 建模，手术过程中同时需评估计算不同株数下发根发尖不同角度的空间位置计算，且同时识别计算高速穿刺下深度刻度线识别保证穿刺深度一致性。

五是机器人力控技术，在植发/取发过程中，通过力位混合识别控制，达到对穿刺机构的深度与安全精确控制。

六是针耗材的材料与成型工艺，保证 5000 次以上穿刺耗材损伤与破皮效能的匹配；针对女性、细软头发不同应用场景涨紧器专利壁垒与识别标签印刷工艺制程，涨紧器是国外专利封锁后的突破，另需根据识别算法要求对于标签的精

度与清晰度。

三、标杆企业简介

磅客策(上海)智能医疗科技有限公司由哈工大机器人体系孵化以机器人技术为核心的创新公司。产品涵盖毛发检测诊断、治疗、养固全场景创新产品矩阵，在毛发领域是国内领先的全套毛发诊疗智能化全流程解决方案提供商。植发机器人产品是国内第一张三类注册证，已获批上市，产品出海也同步申报（FDA/CE）并已得获 Pre-Sub 回复，第二代/三代产品正在临床试验阶段。目前植发机器人在华山、中日等多国内家头部医院示范性开展累计完成真人临床试验 130+ 例，成功率在 90% 以上且出毛率优于临床 35%。2025 年作为商业化第一年，目前已获得超过 30 台预售订单，近 20 台意向订单。磅策参与制定多项人工智能国家标准；累计申请 120 余项专利及知识产权（已授权 88 件、申请中专利 41 件、PCT 专利 4 件）。

团队为哈工大孵化时整体班底，核心团队人员与创始人搭班共事了十余年，牵头支撑的是机器人行业专家孙立宁院士（首席科学家）与华山医院皮肤科主任吴文育（首席临床专家）。创始人张兆东，原任职哈工智能（000584.SZ）中央研究院院长、哈工大机器人(HRG)集团服务机器人研发总监在哈工大体系 10 余年机器人技术研发、产品线开发、管理及孵化转化经验。

案例 5 手术室管理场景

一、应用案例

手术室涉及到患者、机构、医护人员、服务项目、药品、设备、耗材、物资、病历等经营要素，也会涉及到预约、排班、诊疗、护理、计费、结算、收费等经营过程。在现代医院手术室中，还存在以下问题：一是医务人员行为管理。传统的手术室中，医务人员难以及时获取多维手术数据，无法实时了解手术进程，外围人员也无法掌握手术情况。医护人员还需耗费大量时间管理和准备手术所需的药品和耗材。二是医疗物资仓储物流管理。目前医院的医疗物资使用登记一般采用手工登记，术前及术中的配送也一般采用人工配送，另外补货也采用人工通知方式，这降低了医护人员的工作效率，增加了补货延迟的风险。三是院感控制。传统管理采用定性检查方式，难以量化消毒效果；长期接触传统消毒方式对从业人员有一定职业伤害；手工消毒难以充分覆盖各类物品缝隙，导致消毒效果不佳，存在消毒死角和交叉感染风险。



基于现有的手术室业务流程，物流机器人、消毒机器人、

医疗废弃物回收机器人、毒麻药品管控机器人等多种形态智能机器人赋能数字化手术室管理场景，实现手术室全流程业务管理的全面升级。

一是医疗物资仓储及物流管理。通过智能机器人协同作业，改变手术室医疗物资排队领取和人工配送的现状。该系统覆盖手术全程，保证所需耗材能够及时供应，并且和每场手术的场次、人员进行绑定。改变医疗物资的传统手工登记方式。智能机器人协同作业管理平台可以对医疗物资使用情况进行实时监控，并根据使用情况对其进行宏观调控。改变物资供应的信息不对称，提高供应效率。对医疗物资实现全程智能追溯管理，避免物品过量消耗、浪费、丢失等问题。

二是院感控制和医废管理的数字化规范管理。智能机器人协同作业保证洁净手术环境达标、医疗废弃物管理符合规定要求，特别是对医院感染的危险因素进行控制。基于物流机器人的物资与人员非接触运输模式升级，减少人与医疗物资、人与人之间的接触，减少人与医疗物资、药品之间的接触，有效避免交叉感染，提高医疗物资、药品、废弃物等运输的安全性。基于消毒机器人的智能化环境消杀能力，在手术室衣脱区/缓冲区/患者区等超大空间实现自动消杀，具有良好的环境自适应能力，有效控制手术室感染的危险因素。

在经济价值创造方面，智能机器人集群协同作业使手术器械准备时间缩短 65%，手术周转效率提升 40%，高值耗材和无菌包库存管理准确率提升至 95%以上。每年可减少一家大型三甲医院的人力支出约 200 万元，高值耗材损耗率从 5.2%降至 0.3%，年节约采购成本超 500 万元。通过提升手术

效率，医院日均增加 3-5 台手术，年增收约 1500 万元。在社会效益层面，智能机器人系统使手术室管理标准化程度大幅提高，医疗差错率得以改善，患者和家属满意度极大提高。

二、技术亮点

核心技术类别	技术亮点	性能指标	差异化优势
多模态融合感知技术	激光雷达+3D 视觉+UWB 超宽带定位融合	定位精度±1cm，识别准确率 99.8%	行业首个实现术中动态器械识别的解决方案
群体智能协同系统	分布式任务调度算法	支持全院机器人设备协同，超低响应延迟	全球首个通过 IEC 60601 医疗电磁兼容认证的集群系统
医疗场景深度融合	专家系统+强化学习打造深度融合手术室全周期物资、感控、行为管理的集群协作系统	实现 100%耗材、器械、药品闭环管理	全面治理手术室物资、环境、人员行为
医疗物联网平台	多协议兼容中间件	对接各类医疗设备，数据加密传输	同时支持 HL7 和 DICOM 标准的机器人平台
AI 决策引擎	深度学习预测模型+数字孪生	需求预测准确率 96.7%	手术室数字孪生实时仿真技术、可延伸至 ICU、检验科等多医疗场景
5G 边缘计算	本地化数据处理架构	计算延迟<50ms	数字孪生同步系统



三、标杆企业简介

上海钛米机器人股份有限公司成立于 2015 年，是国内少数具有核心技术自主知识产权、能够自主快速提供智能机器人系统整体设计以及应用解决方案的机器人平台型企业。公司承担国家科技部重大专项（人工智能 2030、科技助力经济 2020）、国家发改委重大专项（新一代信息基础设施建设 5G 融合）、国家自然科学基金、上海市科委、上海市经信委等 20 余项科研项目。

荣誉与奖项方面，公司荣获上海及全国多个科技奖项与称号。公司于 2020 年成为“上海市专利试点单位”；2021 年，公司入选工信部国家级专精特新“小巨人”企业，荣获国家卫生健康委医院管理研究所授牌“医学工程研究基地”；2022 年，获上海市授牌“上海市科技小巨人企业”、“上海市第四批服务型制造示范企业”、“上海市智慧医疗服务机器人技术创新中心”、“海南省科技进步奖一等奖”等荣誉。

业务方面，公司是全国领先的医疗机器人企业，产品覆盖率为行业第一。公司率先定义了智能消毒机器人、物流管理机器人以及智慧医疗服务机器人三大类医疗机器人品类，其中消毒机器人是全国首款获得消毒器械注册证的机器人，柔性物流系统是全国首家将医疗物资存储、运输、使用管理整合为一体的智能系统，病房服务机器人是全国首款获得 CFDA 二类注册证的医疗服务机器人产品，并成为国内首批创新医疗收费服务项目之一。在此基础上，公司正对医疗场景进行更进一步的体系研究，将人工智能和数字孪生技术用在由十余种医疗服务机器人构成的数字底座上，抽象出超过

50 种医疗机构管理业务模型，形成智慧手术室、智慧 ICU、智慧病房以及智慧门诊等一系列解决方案。

案例 6 上肢康复场景

一、应用案例

上海海每康智能医疗科技有限公司独创性研制的上肢外骨骼康复训练器（HMK-SG 系列）是专门针对脑中风、脑损伤患者手功能障碍的医疗康复和日常辅助的智能机器人。

这类患者因脑部损伤导致手部与上肢功能障碍，无法完成日常生活相关动作。患者生活质量急剧下降，同时对家庭和社会造成巨大的负担。多项研究表明，积极康复锻炼可以提高患者手功能评分，对于改善患者日常生活能力并不显著。针对提高患者日常生活自理能力，残联版的上肢外骨骼康复训练器（HMK-SG 系列）应运而生。该系统采用轻量化的设计，方便患者日常佩戴，可辅助完成抓握、松开日常生活物件，减轻对家属的依赖性，提高生活质量。



上肢外骨骼康复训练器（HMK-SG 系列）的核心技术是表面肌电信号的采集。表面肌电是肌肉收缩时伴随的电信号，是由肌肉兴奋时所募集的运动单位产生的一个个动作电位序列在皮肤表面叠加而成，是一种非平稳的微弱信号。系统通过表面肌电信号的采集、放大、处理，使之成为系统评估的数据来源以及主动训练、日常使用的触发条件。同时利用智能算法了解使用者动作意图，形成随想随动、隔空控制的闭环。



传统的机器人康复训练，多根据特定的应用场景来开发的，不仅要根据不同的康复动作设定不同的康复训练轨迹，而且对于机械臂设备都有一定的要求。不仅费时费力，而且在主动柔顺控制方面，也不能达到很好的使用效果。而由上海海每康研发的这款康复干预系统是一款基于示教动作的主动柔顺康复训练设备，结合外骨骼硬件系统、控制系统以及软件设计等功能，实现较好的康复效果，可用于日常辅助、提高生活质量。

目前 HMK-SG 系列相关产品已经取得医疗器械注册证，可以进入机构，上海市多个头部三甲医院、相关社区卫生服务中心得到重点推广与展示，受到医患双方的热烈欢迎，社会反响积极，从而使之融入到居民家门口的保健康复之中。同时海每康不忘初心加快进入患者家庭，普惠大众。HMK-SG

系列相关产品也顺利进入上海市残联辅具目录。同步与上海各区残联紧密合作，推广柔性外骨骼辅具版在肢体功能障碍患者中的使用，提升 AI 的基层化推广应用，做老百姓用得起、效果好的 AI 智能辅具。

二、技术亮点

该产品以患者主动运动意图（前臂 sEMG）为启动信号，控制 HMK-SG 系列外骨骼的运动，并成功完成日常活动后可调动患者使用患手的积极性；当患者积极使用患手时，可促进大脑功能重塑，从大脑信号控制层面改善脑-手功能；作为日常佩戴辅助患手完成日常生活任务可提高患者日常生活活动能力（ADL），降低患者对家庭的依赖，减轻家庭负担。

可穿戴式智能柔性外骨骼：

- ✓ 痉挛性偏瘫肢体专用高精度传感器
- ✓ 精准识别运动意图的核心算法
- ✓ 低功耗、高续航、轻量化外骨骼设计
- ✓ 建立了大数据采集云端分析系统
- ✓ 在5G云平台建设构架中形成云-端-管-云与智慧医疗
- ✓ 解剖学研究为人体工程学设计提供参数
- ✓ 设计可穿戴性的手部外骨骼
- ✓ 国家二类医疗器械取证中
- ✓ 国家工信部药监局全国十个创新产品之一
- ✓ 第一个神经类辅助结合康复手外骨骼



HMK-SG 系列具有以下功能特点：一是主动控制，使用者可以使用前臂残余肌电信号实现系统的自主控制，实现自然的抓握和伸指动作；二是重量轻，由于采用动力分离式的设计，在保证长续航的基础上，手部的结构重量仅有 200g，

可以满足长时间佩戴的需求；三是安全防护，为保证使用时的安全性，系统采用了多种安全防护设计，可见，HMK-SG系列将人工智能、传感器、纳米加工等技术运用到康复领域，开发出一套基于脑重塑模型的柔性外骨骼，集辅助使用与康复治疗一体化。

在轻便的基础上具有大型机器人设备的机械硬件功能，并建立一套基于人工智能算法的实时康复系统，打破传统的康复方式。大大提高康复效果与患者使用康复设备的积极性，成为国内首创、国际领先、行业标杆，引领产业发展。

三、标杆企业简介

上海海每康智能医疗科技有限公司聚焦于脑机接口（BCI）与外骨骼，将人工智能（AI）、传感器、纳米加工等技术运用到康复领域，矢志于开发出基于脑可塑模型的柔性控制外骨骼，集代偿使用与康复治疗一体化。展示的手功能辅具系统，聚焦 BCT 与外骨骼的融合，运用 AI 技术助力肢体功能的主动康复、拓展运动医学领域的应用。

拥有 20 多项生物电传感器与外骨骼发明专利及相关知识产权，参加科技部国家重点研发计划与上海市产业重点研发计划多项，是全国人工智能医疗器械揭榜优胜单位，并荣登生物医药领跑者“成长之星榜”，其手功能外骨骼产品成果获评创新医疗器械，并有望成为国内第一个手部神经信号辅助性的医疗器械，填补市场空白，造福偏瘫患者。为“健康中国”贡献上海原创力量，创始人许磊 CEO 获“海聚英才”大赛优胜奖并入选上海市“东方英才”计划。入选“2025 上海青年创新创业优秀十大案例”。

案例 7 脑电采集康复场景

一、应用案例

脑卒中后运动功能障碍疾病的临床康复是目前医学界一大难题。脑机接口（brain-computer interface, BCI）是一种不依赖于外周神经和肌肉的人脑与机脑交互的信息采集反馈系统，包括采集大脑皮层电信号，处理信号及输出信号等。

基于 BCI 的电刺激训练是一种中枢神经干预新方法，通过设备收集患者运动想象任务下的大脑信号，并将其进行处理转换成计算机指令，给予瘫痪肢体相应的电刺激治疗，建立起“中枢-外周-中枢”的闭环式康复训练模式，通过促进中枢重塑和外周控制，进而促进运动功能的恢复，这是一项可以主动参与的治疗方法。



基于运动想象的 BCI 可以客观识别运动想象意图，并通过任务奖励等方法反馈优化运动想象水平，量化大脑神经网络连接程度的同时提高其可塑性。临床上 BCI 运动想象训练能显著改善脑卒中患者上肢肌力、关节活动度、运动功能和日常生活活动能力，将 BCI 应用于运动想象，具有广阔的临床治疗前景。

在社会价值提方面，一是改善患者生活质量。脑电采集康复训练设备的应用，使患者能够在专业指导下进行个性化的康复训练，有效提高了康复效率和效果。通过不断的训练，患者可以逐渐恢复部分或全部失去的功能，提高生活质量。例如，脑卒中后遗症患者可以通过脑机接口设备进行手部精细动作的训练，逐步恢复手部功能，从而提高日常生活自理能力。二是减轻家庭负担。神经功能受损患者的康复过程漫长且复杂，需要大量的人力、物力支持。脑电采集康复训练设备的应用，可以在一定程度上替代人工康复师的部分工作，降低人工成本。同时设备的智能化和自动化程度较高，可以减少患者对家人的依赖，减轻家庭照顾负担。三是推动医疗技术进步。脑电采集康复训练设备的研发和应用，推动了相关医疗技术的发展。这类设备涉及到生物学、神经科学、电子工程、计算机科学、自动化和数学等多个学科的交叉融合，促进了跨学科技术的创新和发展。随着设备的普及和应用，医生和研究人员可以收集到更多的康复数据，为神经科学的研究和治疗提供有力支持。

二、技术亮点

脑电采集康复训练设备创新地实现了患者主动运动意

图直接、实时驱动瘫痪肢体产生功能性动作的闭环神经调控机制。将康复模式从传统的被动/辅助模式，革命性地转变为患者主动意图驱动的神经重塑模式，促进日常生活能力恢复。

一是聚焦手部精细功能，覆盖关键生活场景。设备训练高度聚焦手部抓握、屈伸等精细动作，在进食、穿衣、洗漱、书写等活动中至关重要，覆盖超过 80% 的日常生活活动需求。

二是精准区分左右半球，实现靶向神经重塑。具备高特异性的左右手运动想象识别能力，可为卒中后偏瘫患者提供针对性细致康复。于患侧：患者想象患侧手运动时，触发患侧 FES，直接刺激受损运动通路，强化患侧大脑半球的神经活动，促进病灶区功能重建。于健侧：想象健侧手运动时激活健侧半球，增强其抑制性调控，有助于平衡双侧大脑半球兴奋性，抑制异常协同运动或痉挛模式，优化整体运动控制。

三是高精度运动想象脑电识别。基于深度迁移学习的运动想象多任务脑电智能解码模型，准确解码患者脑电信号。

四是沉浸式多视角 VR 引导，强化运动表象与动机。拥有丰富第一人称、第三人称及多样化功能场景 VR 模型，通过高沉浸感、多视角引导，提升患者主动参与意愿和训练依从性。

五是优化脑电采集配置，兼顾质量与实用性。采用 8 通道无创脑电采集系统，电极精准覆盖关键运动相关脑区。相比多通道设备，显著缩短佩戴准备时间，降低操作复杂性，盐水电极提高患者舒适度，更适合高频次、可持续的临床康复应用场景。结合先进算法，在有限通道下保持脑电解码正

确率，平衡了采集级精度与临床实用性的需求。

六是多模态反馈刺激中枢。融合视觉、听觉、触觉的全方位多模式反馈，使患者能够在沉浸式环境中进行康复训练，丰富的感官刺激中枢，激活多个脑区，提升康复体验和效果。

三、标杆企业简介

上海韶脑传感技术有限公司成立于2021年3月，由张永怀博士、上海大学脑机工程研究中心的杨帮华教授、宝山区国资委下属的上海超碳中心共同创立。

韶脑科技专注于非侵入式脑机接口技术，产品有脑电采集康复训练设备、脑控康复轮椅、脑控意图表达系统、脑控注意力增强系统、数字脑电图机等。其中脑电采集康复训练设备以运动意图解码技术为核心，通过脑电采集、信号处理和意图解码使执行设备带动用户运动训练，形成闭环康复一体化的人工智能医疗系统，2024年12月脑电采集康复训练设备已经拿到上海市第一张脑机接口医疗器械注册证。

公司已授权16项发明专利、18项实用新型专利、5项软著、6项外观专利，取得科技型中小企业、创新型中小企业和高新技术企业资质，荣获宝山区最佳潜力奖、环上大之星、中关村论坛2025全国十大创新成果等荣誉。主持撰写《脑机接口肢体康复训练技术服务规程》团体标准。加入信通院脑机接口产业联盟，上海市残疾人康复协会。

展望未来，我们积极响应新质生产力理念。持续加大研发投入，探索脑机接口在更多医疗场景应用；引入前沿技术，提升产品智能化水平；加强国际友好合作与交流，提升品牌国际影响力，为全球医疗健康事业发展贡献中国力量。

案例 8 智能康复场景

一、应用案例

中国作为全球康复需求最大的国家，在康复医疗行业发展过程中面临多重痛点，行业标准缺乏、医疗服务低效、资源分配不均等。随着 AI、物联网等前沿技术的成熟应用，机器人+智能康复综合解决方案的出现，成为破解行业困境的关键利器，它既能提升治疗效果、提高治疗效率，又能促进医疗均质化，同时降低治疗成本，让高质量康复服务真正实现普惠可及。

基于自研的系统化、框架式、多学科融合的康复机器人技术平台，卓道医疗创新性地融合了尖端科技与传统康复治疗方​​案，推出了涵盖康复机器人产品矩阵、物联、数据与康复信息化为​​一体的，为运动功能障碍和认知功能障碍患者打造的卓道智慧方舟——机器人+智能康复综合解决方案。精准定位康复治疗需求，提供丰富的产品矩阵，覆盖了 OT 与上肢康复、PT 与下肢康复、ST 与认知康复的主要康复场景，包含几十款全球技术领先的康复机器人产品。

借助机器人辅助技术和智能交互技术形成的全新综合解决方案，突破传统产品训练模式和训练参数的固有限制，可以个性化、精准化地下达康复训练处方，训练中实时采集、分析与呈现训练数据，获取训练结果，全方位增强患者的运动控制能力、运动协调性、关节活动度、认知能力等。同时

机器人能够实现对患者多维度信息的融合处理，充分采集分析患者治疗数据，实现训练方案自驱式升级，使患者获得更精准、更高效的康复体验。

机器人+智能康复综合解决方案应用于康复医学与康复治疗，可大幅提升科室治疗效率，并有效推动康复治疗的均质化与标准化。简化康复治疗师传统“一对一”治疗过程，提高康复治疗师的治疗效率，促进患者的主动参与、客观评价康复训练的强度、时间和效果，使康复治疗更加系统化和规范化。同时，通过整体方案内几十种智能康复机器人的“集群”作业，单名治疗师可以指导至少十几名患者同时进行康复训练。通过引入现代化有疗效和可验证的智能康复技术，构建领先的智能康复临床一体化平台，实现真正意义的康复资源整合与整体提升。



机器人+智能康复技术正在改变现有的医疗服务模式，更将推动我国康复医疗体系的整体升级。在这场医疗变革中，卓道智慧方舟——机器人+智能康复综合解决方案正在通过科技创新赋能推动康复医学和康复治疗的持续进步，为助力实现“健康中国 2030”战略目标提供有力支撑。

二、技术亮点

ArmGuider® Pro 康复系统为上肢功能障碍患者设计，提

供个性化训练方案和全周期力学交互，适应不同康复阶段。系统结合多样场景交互，包括日常生活活动和趣味训练，促进患者积极参与。采用双向视觉交互技术，支持任务导向训练，符合神经可塑性原理，提供高强度、高重复性康复体验。

一是眼动追踪，双向视觉交互：内置眼动信息采集模块，实现视觉双向交互功能，满足神经康复要求的任务导向下的患者主动参与，通过意图参与真正实现全阶段“主动”训练。

二是主动定轨训练：提供全新“定轨训练算法”，主动训练时可有效减少其他无关肌群的激活，同时提供高拟合度、高精度的千万次重复训练，适配神经功能可塑性需求。

三是全面力学交互的多模式辅助训练：配备了全新升级的数字感知机械臂及自适应力学控制系统，可根据患者情况，提供多种力学方案适配，支持被动、主被动（自适应）、助力、等张、等长、等速、情景等多种训练模式。

四是多样化方案组合与参数：ArmGuider® Pro 上肢康复训练机器人系统搭载上肢多关节训练方案预设，提供了多样化的方案组合，覆盖肩肘复合运动、肩关节外展内收、屈曲伸展，肘关节屈伸及手部抓握等多项功能训练，以测定结果为基础，可定制个性化训练方案和训练参数自动匹配。

五是任务导向型情景交互训练：系统搭载丰富的游戏化任务导向训练场景，涵盖针对运动功能设计的多样化场景、认知功能训练场景及 ADL 模拟场景，结合实时生物反馈与多感官刺激，实现神经重塑与功能重建的康复闭环训练。

六是物联网与智能化管理：围绕康复业务需求打造的集患者建档、科室排班、训练数据监控、方案管理、康复数据

统计分析等多种功能为一体的智能管理系统。

三、标杆企业简介

上海卓道医疗成立于2015年，是国内从事高端康复机器人和智能康复综合解决方案研发与产业化的上海市高新技术企业和专精特新企业。公司拥有两百余人的团队，核心团队拥有超过十年的康复机器人研发经验与医疗器械项目管理经验。通过持续创新，已研发出数十款全球技术领先的康复机器人，其中多款产品已获批第二类医疗器械注册证，并广泛应用于全国超千家医院和医疗机构。公司承担数十项国家重点研发计划和上海市科技创新计划，是上肢康复训练机器人国家标准的起草单位。卓道医疗致力于传统康复产业的数字化升级和智能化改造，已逐渐成长为具有全球视野和行业影响力的高科技领军企业。

公司累计获得几十余项省部级以上荣誉和奖项，包括《财富》中国最具社会影响力创业公司、中国康复医学会科学技术奖一等奖、上海康复医学科技奖一等奖、上海城市数字化转型“智慧工匠”一等奖等，并多次被《新闻联播》等主流媒体报道。

卓道医疗以“通过科技的力量为挑战性的康复医学问题提供创新型的解决方案”为使命，期望以工程领域的持续创新去推动康复医学和康复治疗的整体进步，致力于在恢复患者功能与维持人类高质量生命的过程中做好科技赋能。

案例 9 静脉药物配置场景

一、应用案例

现在，我国大多数医院的静脉药物配置由药师或者护士在日间化疗中心和静配中心内手工完成，其操作的规范性、标准性和人工差错得不到保证，且人工调配过程易造成药液二次污染。另外，医护人员调配过程中还是无法避免暴露于抗生素、抗肿瘤药物等药品污染环境，以及气溶胶对身体健康的影响；而且医护人员一定程度上缺乏对药物相溶性、配伍性知识的及时更新，使临床用药危险性大大增加，急需改善目前人工配药的操作方式和工作模式。

为了解决调配人员、环境影响及调配质量问题，国际上一些著名医疗机器人公司进行了创新性研究开发。在国外，机器人调配危害药品已逐渐成为规模化医院的标准配置。但是，国外的静脉用药调配机器人无法配置安瓿药物、药物调配效率严重低下、软件不能本土化、服务成本高，不能解决中国医疗临床一线的诸多问题，故无法在国内市场化。在强劲的市场需求下，上海市卫邦机器人有限公司推出的WEINAS 静脉用药调配机器人以其领先的多学科技术融合、独特的蠕动泵解决方案、先进的制造工艺，成为全球首台既可以调配西林瓶也可以调配安瓿瓶的配药机器人，精准匹配日间化疗中心与静配中心的临床应用场景需求。

本产品采用模块化设计，通过药物个性化调配流程，降

低了临床用药差错风险，实现药物精准稀释、溶解以及混合，能够显著降低医护人员接触危害药物的风险，同时提升调配安全和剂量准确性，调配过程全程可追溯。在为医护人员的健康带来有效安全保障的同时，整体提高药品调配的质量及调配效率，降低因配药错误导致的医疗事故风险，提升精准医疗水平。推动了国产高端医疗装备的自主创新，减少对进口设备的依赖，促进高端制造、人工智能、生物医药等领域的协同创新，填补国内医用静脉药物调配类装备的产业空白。



2025年，公司预计可实现销售额3000万元，利润416万元，并计划实现规模化量产，单台设备成本可进一步降低，利润率提升，预计未来5年，将形成年产值超10亿元的产业规模。

二、技术亮点

WEINAS Onco系列静脉用药调配机器人是全球首台既可调配西林瓶也可调配安瓿瓶的配药机器人，主要针对细胞

毒性药物调配的智能化、自动化解决方案。人工进行药品、转移器以及溶媒的输入，通过二维码识别，与医院 PIVAS 或者 HIS 系统自动对接，机器人自动进行药物的调配，实现以自动化配药替代人工操作，减少出错、避免人为污染，解决了同类产品不能满足中国临床市场需求的相关问题，如药品种类多、溶媒种类多、精准性要求、稳定性要求、效率要求等。

核心技术优势包括：一是调配速度：单支药品调配时间控制在 70 秒以内，而国外同类设备需 6-8 分钟/支，效率提升 5-7 倍，更符合中国医院高强度配药需求。二是剂量精度：药品抽吸计量精度达 $\pm 5\%$ ，优于临床需求标准，确保用药安全。三是安瓿处理技术：采用柔性夹持+合金刀具切割技术，解决安瓿瓶易碎、粉尘污染等难题，开瓶成功率 99.9%，属全球首创。四是本地化优势：由于国外设备存在无法处理安瓿瓶、软件不适配中国医院系统、服务成本高昂等问题，WEINAS 凭借高性价比和本土化优势，在国内市场占据领先地位，并具备国际竞争力。

WEINAS Onco PD-160C 主要参数	
调配环境	ISO 5 级洁净度
臂长	3200mm
兼容性	支持安瓿、西林包装药物调配
追溯性	全流程监控及视频追溯系统
质控系统	药品身份识别系统及处方自动计算、复核系统
剂量精度	$\pm 5\%$
其他功能	化疗泵处理、个性化药物调配需求、智能拼药、难溶药物溶解等

三、标杆企业简介

上海市卫邦机器人有限公司于 2014 年在上海浦东新区

成立，为深圳市卫邦科技有限公司的全资子公司。公司自成立以来，开启了中国静脉药物调配机器人的研发，开创了我国高端静配机器人产业。在过去超过11年的时间，只专注于静配机器人的研发及专业服务领域，助力医疗机构实现静脉药物的智能化数字化安全调配、全面保障患者用药安全、满足精准用药发展需求、优化药事质控管理模式是我们的使命。

2016年，在上海交通大学医学院附属仁济医院开始了静配机器人的临床应用，实现了从0到1的里程碑式的突破。经过多年临床的稳定运行，WEINAS静脉用药调配机器人已与国内多家顶级医疗机构达成合作，进入包括上海交通大学医学院附属仁济医院、上海交通大学医学院附属瑞金医院、北京东肿、四川省人民医院、深圳市人民医院等多家全国综合性三甲医院，服务于临床。随着示范性应用推广，逐步实现公司华东区域高端用户枢纽带动技术提升的区域价值。

在未来，公司将一如既往地坚持持续推进产品研发与技术升级，不断优化产品性能与稳定性。紧密围绕医院临床的实际需求，计划逐步推出适用于门诊病房、社区医院等场景的小型化、模块化机型，逐步实现智能化静脉用药的多场景解决方案。借助北京、上海、武汉等核心城市的三甲医院应用示范案例，借助学术会议、行业展会提升影响力。此外，国际市场的推广已启动，公司正与中东、东南亚、欧洲等国家医疗机构及代理商建立初步合作，为后续海外市场拓展奠定坚实基础，致力于开创医疗静配机器人临床应用的新篇章。

案例 10 实验室自动化场景

一、应用案例

晶泰科技是一家以人工智能（AI）和机器人驱动创新的科技公司，致力于实现生命科学和新材料等领域的数字化和智能化革新。随着生物医药的研发复杂度增加，其实验室在效率提升、复杂环境适配、数据质量与可追溯方面存在多重挑战。

为应对上述挑战，ABB 与晶泰科技达成战略合作，部署百余台 GoFa™协作机器人，打造多功能柔性化实验室工作站，覆盖样本运输、测试和质量控制等领域，使实验室研发迈向更快速、更高效的新平台。

ABB GoFa 协作机器人具有更高的负载、更大的工作范围和出色的重复定位精度，树立了行业新标准，为更高效的协作机器人自动化增添了新的可能性。在该案例中，ABB GoFa 协作机器人集成于制备站、稀释过滤站、反应站、UPLC 测试站、手套箱、卫星仓及自主移动小车等多功能柔性化工工作站中，能够承担重复性的操作任务，可 7*24 小时不间断工作，服务于实验室研发人员，助力加快实验进程并提升检测质量。ABB GoFa 协作机器人可在一系列具有挑战的环境中工作，包括在手套箱这样的无水无氧环境执行复杂任务，完成开盖、放置、移液、加样、过滤、稀释、磁力搅拌、快速取样、UPLC 测试等不同工序，将人工监督需求最小化。

不同工作站可由配备了 GoFa 协作机器人的自主移动机器人进行串联，自主完成样本转运任务，在提高效率的同时进一步降低成本。配有一台 GoFa 协作机器人的中央存储卫星仓，实现了完全可追溯的数字化试剂管理及更高的出入库效率。



在 ABB GoFa 协作机器人的支持下，晶泰科技实现了多维突破，大幅提升了实验室运营效率并加快了实验室研发工作，进一步推动了生物医药实验室运营变革和转型。

二、技术亮点

ABB 新一代机器人控制平台 OmniCore™是更快、更精确、更可持续的智能自动化平台。

该平台实现了人工智能、传感器、云计算和边缘计算系统的全面集成，创建先进和自主的机器人应用。

它将控制性能提升到了新的高度，提供了无与伦比的速度、精度和同步性。一流的运动性能使机器人达到 0.6 毫米以内的路径精度，并同时运作多个机器人以每秒高达 1600 毫米的速度高速运行，为弧焊、手机显示屏幕组装、涂胶和激光切割等精密领域带来了新的自动化机遇。

与之前的 ABB 控制器相比，OmniCore 使机器人的运行速度提升了 25%，能耗降低了 20%。

三、标杆企业简介

ABB 机器人成立于 1974 年，作为全球领先的机器人和机械自动化供应商，ABB 机器人专注于提供机器人、自主移动机器人和机械自动化解决方案等全套产品组合，通过 ABB 自主软件设计与集成，为客户创造更高价值。

ABB 机器人是中国工业机器人行业的先行者和领跑者，早在 1994 年就开始在中国市场推广工业机器人应用，2005 年就开始在中国开展研发和生产工作，是最早在中国开展工业机器人本地研发和本地生产的跨国企业。目前，ABB 在华实现了从研发、生产、销售、工程、系统集成到服务的全价值链本土化。ABB 采用内生性增长和兼并收购相结合的商业模式，不断扩大其业务范围和市场影响力。

未来 ABB 机器人将不断加速创新，继续协助汽车、电子、物流等不同领域、不同规模的企业进行自动化升级和转型，增强企业韧性，提高运营效率，提高生产柔性，助其迈向互联、协作的未来工厂。

案例 11 二代测序建库场景

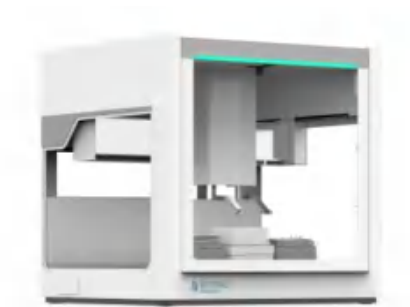
一、应用案例

在二代测序（NGS）建库场景中，传统人工操作面临以下核心挑战：一是效率低与通量不足。建库流程复杂，依赖人工操作时步骤繁琐、耗时长，难以满足临床或科研领域高通量样本处理的需求。二是人为误差风险高。移液精度、交叉污染控制、试剂用量的一致性易受操作者经验影响，可能导致实验结果偏差，影响后续测序数据质量。三是标准化与可重复性差。不同操作人员的流程执行差异可能导致批次间结果不一致，难以满足临床检测对稳定性的严苛要求。

奔曜科技通过自主研发的 LabMate 系列 NGS 前处理自动化平台，以高精度机器人平台为核心，融合领先的视觉识别与人工智能算法，提供端到端的解决方案，智能化覆盖样本加样、磁珠纯化、文库构建、液体分配等多个关键步骤，助力实验流程实现真正的自动化、标准化与高一致性，显著提升实验效率与数据质量，为高通量测序注入强劲动力。

1、NGS 前处理助手

NGS 前处理助手可自动化完成 DNA 建库（片段化、末端修复、加接头、扩增与纯化）和 RNA 建库（mRNA 富集、cDNA 合成等）全流程前处理，生成的文库兼容靶向测序、单细胞测序、外显子测序等多种高通量测序技术。



2、台式全自动 NGS 前处理助手

台式全自动 NGS 前处理助手可自动化完成 DNA 建库（片段化/末端修复/加接头/扩增/纯化）和 RNA 建库（polyA 富集/mRNA 片段化/cDNA 合成）全流程前处理，生成的文库兼容靶向测序、单细胞测序、外显子测序等多种高通量测序技术。



3、立式全自动 NGS 前处理助手

立式全自动 NGS 前处理助手可流程自动化完成 DNA 建库（片段化/末端修复/加接头/扩增/纯化/定量）与 RNA 建库（polyA 富集/mRNA 片段化/cDNA 合成），覆盖片段分析至文库混合全步骤。



二、技术亮点

LabGenius G 系列移液机器人是构成 LabMate 系列 NGS 前处理自动化平台的核心智能机器人产品。它可以搭配不同的工作台面设计和功能模块，支持常规移液、NGS 前处理、甲基化样本前处理、质谱样本前处理等应用，实现自动化、标准化实验操作。

一是模块化平台架构。支持移液、转运、温控、磁力架等模块自由组合，适配 NGS 文库构建、蛋白组学/代谢组学前处理等多场景需求；兼容国际标准耗材（PCR 板、深孔板），支持单/多通道移液配置，单台设备日处理样本量可达千级。

二是 AI 赋能。视觉纠错、自主决策算法提升实验可靠性，通过拖拽式编程实现实验协议快速配置，支持 3D 仿真与指令级校验，降低操作门槛。

三是生态整合。适配市场主流耗材与仪器，支持 GLP/GMP 合规管理；标准化模块设计支持客户自定义板位布局及非常规耗材适配（如可立管、深孔板），缩短部署周期。

三、标杆企业简介

上海奔曜科技有限公司创立于上海张江科学城，创始团队来自机器人和生命科学领域的世界五百强企业，具有深厚的科研底蕴与卓越的产品开发能力。公司致力于加速生命科学行业的智能化自动化变革，利用尖端的机器人、视觉与人工智能技术，为科学研究、临床诊断及理化应用等各类实验室，提供更易用、更高效的产品和解决方案。依托丰富的行业数据和前沿的算法优势，奔曜科技精心打造出具有“领域

认知和推理能力”的智能实验机器人，旨在让自动化触手可及，释放科学创新力，推动实验室卓越发展。

奔曜科技成立于2021年3月，已在美国、欧洲等国家和地区建立人才团队，推动产品与解决方案进入全球市场，服务覆盖上千家客户。公司成立至今已获得一线投资机构的多轮数亿元战略投资，并荣获国家高新技术企业、上海市“专精特新”中小企业、科技型中小企业、创新型中小企业、上海智能机器人标杆企业等认定。

未来，奔曜科技将持续加大技术研发与产品创新，深耕生命科学领域，研发专用智能自动化产品及解决方案，填补细分市场空白。同时，积极拓展制药、材料、农业等多行业应用场景与市场，让智能自动化赋能科学创新，推动实验室高质量发展，助力细分学科的发展与进步，拓展未来无限可能。

案例 12 微生物划线接种场景

一、应用案例

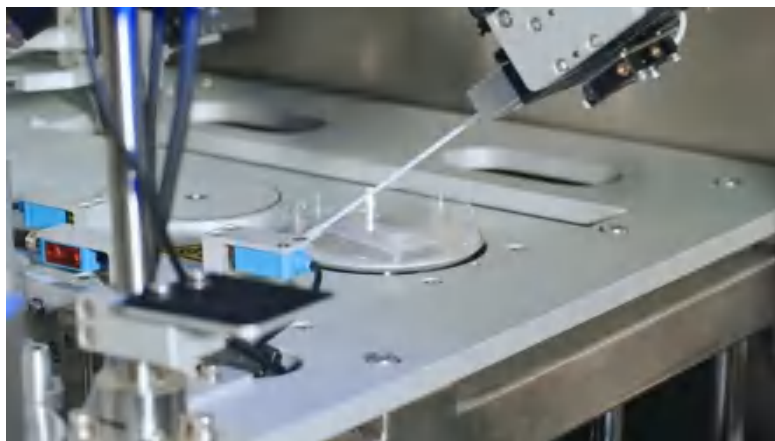
微生物检验是临床医学检验实验室的重要组成部分，对指导临床精准用药，实现患者及时诊疗至关重要。同时我国自动化等数智技术在该领域的应用起步较晚，市场上主流的全自动划线接种工作站基本被国外垄断，不仅使用代价高昂，还存在临床检测信息安全风险。

在微生物学实验室中，划线接种是微生物检验的关键步骤，也是每个微生物实验室工作人员的必修课。划线涂布工作的自动化和标准化是临床微生物实验室提高检验质量、开展质量控制的主要研究和发展的方向之一，同时也是一种有着风险的“手工劳动”。玄刃科技通过导入艾利特协作机器人，为微生物学实验领域带来新的可能性。



生物医药行业全自动微生物划线工作站，可全自动完成微生物平板划线/涂布流程；该方案还新增痰液稀释流程，可兼容更多样本；整体尺寸更小巧，更易安装使用；更多功能模块，确保更快的结果反馈和更高的可靠性。简便操作加速流程开发，助力客户自研软件平台升级。

艾利特机器人编程简单，适合二次开发，支持拖拽示教，可轻松创建强大的实验方案。让操作者可直观选择和配置不同的命令，实现高度个性化的实验流程，提高了实验的定制性和灵活性。



面对微生物检测步骤繁琐、过程复杂的困境，玄刃科技通过导入 2 台艾利特 EC63 协作机器人，搭建全自动微生物划线接种工作站，不仅能够处理标准的微生物样本，更能够有效处理更为复杂的临床样本。四大亮点，完美解决客户痛点：一是全自动完成微生物平板划线/涂布流程；二是新增痰液稀释流程，兼容更多样本；三是整体尺寸更小巧，更易安装使用；四是更多功能模块，确保更快的结果反馈和更高的可靠性。

二、技术亮点

代表性机器人产品：艾利特 CS 系列协作机器人

- 谐波减速机、电机、输出反馈轴一体化设计，缩减零件数量并通过严格的性能测试和可靠性测试，提高大负载、长时间工作下传动系统可靠性。
- 轻量化、高性能无框电机及优化的伺服驱动散热设计，确保本体大负载、长时间工作下电机输出性能稳定。

- 全新的模块化制动器设计经过 10 万次以上的一类急停测试和 1 万次以上的零类急停测试。
- 全新的模块化、冗余编码器及设计，抗干扰能力强，长时间工作稳定。
- 优化的本体整体结构和线束设计轻量化的同时仍确保结构强度和刚度，保证长时间满载满速的性能稳定性。
- 优化的控制系统散热设计，环境适应性强，确保控制系统长时间高温高湿等极限环境下的稳定可靠。
- 全系 IP68 防护，进一步保证了复杂恶劣环境下的长期稳定性。

三、标杆企业简介

上海艾利特机器人有限公司是艾利特全球研创中心，是一家从事协作机器人产品研发、生产、组装、测试、销售、售后、系统集成于一体的国家高新技术企业。

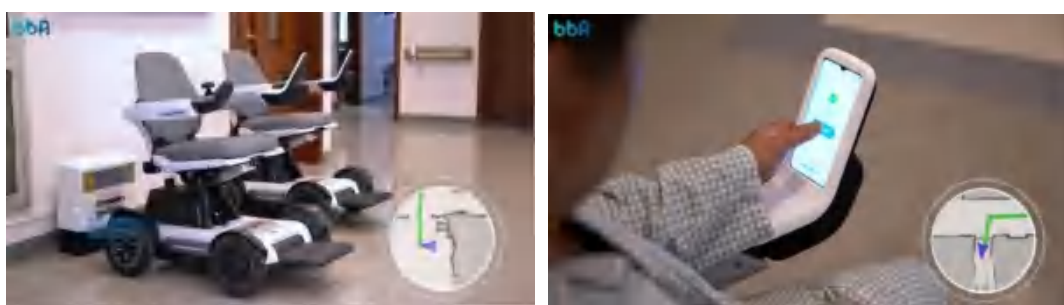
公司专注协作机器人赛道，经过高速发展，产品远销全球 50 余国，拥有 500 余家经销商及系统集成商，110+生态合作伙伴，全球累计出货超 10000 台。公司协作机器人产品矩阵丰富，目前拥有八大系列产品，全行业全场景覆盖，技术领先，已成长为新一代人机交互场景的制造商和迅速成长的国际协作机器人龙头企业之一。

案例 13 智能轮椅代步场景

一、应用案例

上海交通大学医学院附属瑞金医院是一所综合性三甲医院，始终致力于满足病人多元化的需求，建设成为适应社会发展的“智慧医院”。

邦邦机器人打造的“邦邦低速代步自动驾驶解决方案”，按照瑞金医院实际场景需求，定制化部署“智能轮椅预约调度平台”，并配备智能轮椅终端。该平台能够让病人通过在线预约实现远程召唤智能轮椅，达到从病房安全移动到各检查室进行检查，并返回病房的全流程自动送检的目标，从而解决住院病人在就诊、体检过程中移动的多元化、便捷性需求，提升服务的精细化和人性化。



一是在线预约送检。通过微信小程序在线预约智能轮椅，在线预约成功后，调度平台可自主配置智能轮椅资源，自动接送。减少人工寻找轮椅和送回轮椅的困扰；二是诊所检查导航。自动导航到指定的检查室。乘坐智能轮椅后，可自动导航至各个科室检查，并送回病房。减轻初入院病人不熟悉各科室楼层、位置的焦虑；三是平台交互系统。智能轮

椅运行中，可通过管理平台实时与患者音视频互动，了解检查进度。让医患双方在检查过程中更加安心。智能轮椅搭载紧急呼叫系统，能一键呼叫医护人员的功能，适用于突发医疗状况。

智能轮椅预约调度平台的落地实施，让医患群体轻松体验到智慧医疗带来的便利和舒心。在经济价值提升方面，随着人口老龄化趋势加剧和康复医疗服务需求不断上升，本案例的市场需求将持续扩大，具备良好的产业化基础。持续推广后预计可实现数百万元至数千万元不等的年产值，并随着方案的成熟及市场拓展，年利润有望稳步增长。同时本案例的实施将带动自动驾驶、智能轮椅制造等相关上下游产业发展，培育新的经济增长点。此外，智能轮椅系统可显著减少对传统护理人员的依赖，降低人力与护理成本。在社会价值提升方面，本案例为老年人群等行动受限者提供了一种智能、高效的自主移动解决方案，案例采用融合传感器+SLAM增强建图技术，实现室内外无缝自主导航自动驾驶，支持在养老院、公园、医院等复杂场景通行。本案例的落地推广将使老年人群等行动受限者实现更程度的生活独立性和自理能力，有助于显著改善老年群体和残障人群的生活质量。



二、技术亮点

代表产品：邦邦能辅助出行轮椅机器人 X 系列



一是业内独创牵引式四连杆折叠结构。本产品在最紧凑的空间下，通过对比所有折结构，独创最有的四 连杆折叠结构，产品在折叠和展开的状态时，四连杆结构是对比其他折叠结构的最稳固的方案。

二是融合人体工学和运动力学设计理念。本产品采用适老化设计理念，融合人体工学和运动力学，坐垫靠背贴合性强，并且车身搭载独立避震悬挂系统，能够缓冲在不平路面和台阶上受到的冲击，给用户 提供驾驶平稳和舒适感受。

三是自研智能安全辅助控制系统。本产品通过自研智能启停电磁刹车系统、智能物联模块、自重式 低重心稳定系统，保证用户行车过程中的安全，包括坡道自动驻车、 一键 SOS 呼叫和手机远程操作等智能安全功能，为用户安全保驾护航。

三、标杆企业简介

上海邦邦机器人有限公司成立于 2016 年，是一家集设计、研发、生产和销售于一体的高新技术企业、上海市专精特新中小企业。在辅助出行领域，公司以智能网联、人机交互、辅助驾驶、运动控制等为核心的技术基底，形成了三大

核心技术平台，包括智能控制平台、智能安全驾驶平台、智能服务平台。并且搭建了自身的知识产权体系。截止 2025 年 6 月，共拥有已授权及申请中知识产权 300 余项。

公司于 2022 年开展了双品牌策略，在国内外分别搭建了市场营销体系。在国内以邦邦机器人品牌，聚焦康复及辅助出行领域，用科技推动传统产业向智能化革新；在国际创建 ROBOOTER 品牌，旨在成为全球辅助出行新势力。截止 2025 年 6 月，公司产品已覆盖全球包括欧美日韩等六十多个国家和地区，累计销量 500000+，2024 年营业收入超亿元。

邦邦机器人未来发展战略将以“从智能辅助出行到家庭通用机器人”为核心，致力于打造千亿市值的行动障碍人群全周期解决方案。当前，公司已在智能辅助出行领域实现全球领先地位，通过“全球线上线下全渠道覆盖、服务本土化、租赁模式创新”的市场战略，构建了覆盖下肢运动功能全周期的智能出行产品家族，包括户外代步、居家照护等场景化解决方案。未来，公司将进一步扩展业务边界，从下肢移动能力延伸至上肢操作能力，最终发展为服务于数亿行动障碍人群家庭的通用机器人。

案例 14 中医诊疗场景

一、应用案例

随着社会日新月异的发展，当前中医诊疗场景正面临三大核心挑战：一是诊疗流程标准化程度不足，传统“望闻问切”与现代医院信息化系统的衔接存在断层；二是服务质量管控难度加大，在保持中医“辨证施治”精髓的同时，如何构建科学化的疗效评估体系成为新课题；三是特色资源整合效率待提升，传统中医特色疗法的传承教育也有待加强，许多名老中医的宝贵经验和独特技艺面临失传风险。

2021 年底，上海中医药大学附属龙华医院引进智能中医体征检查设备及数字医疗辅助系统，以大数据、人工智能前沿信息技术赋能中医临床，帮助全院医护人员提高自身的中医学辨证能力和中医药服务水平，覆盖“诊前-诊中-诊后”全流程诊疗服务场景，即诊前，通过智能中医设备和智能预问诊，提升患者就诊体验及中医体征量化采集；诊中，通过数字医疗辅助系统，提升中医电子病历书写质量及疾病诊治水平；诊后，通过智能随访补充患者院外健康数据、结局报告和疗效及时评估。



平台以构建中医名家智能诊疗决策引擎为核心，集成多模态中医诊疗数据采集终端，实现舌象、脉象、面象及体质等中医体征信息的实时动态捕捉与客观化记录。通过知识图谱构建与深度学习算法训练，将名医临证思维模式与诊疗经验转化为可计算的决策模型，使传统中医“师带徒”经验传承模式突破时空局限，形成标准化、可扩展的智慧化传承新范式。该模式有效支撑日常中医诊疗服务的质量同质化提升，最终构建起“名医经验数字化沉淀-智能算法自优化迭代-临床传承常态化应用”的螺旋式创新生态，为中医药传承创新发展注入数字化新动能。

龙华医院通过全流程智慧诊疗服务场景的实践创新，有力地促进推进中医药守正创新与传承发展，形成具有行业标杆意义的现代化转型范式。短期内以“降本增效”为核心，优化运营成本与收入结构，依托智能中医体征检查设备进行客观量化中医体征数据采集，结合大数据分析，实时动态主动智能预警降低漏诊风险，夯实医疗安全基础；中期聚焦中医服务标准化体系建设，构建中医诊疗标准化体系，创新“人机协同”诊疗模式，以数字化工具赋能青年医师低成本规模

化培养，同步以中医可视化提升服务效能与患者体验，加速中医药普惠化进程；长期以所积累的高质量中医医疗数据为驱动，支撑学科建设与科研创新，持续强化医院行业引领力与品牌价值，助力医院高质量发展。

二、技术亮点

中医四诊仪可用于舌象、面象、脉象诊测信息采集和分析，以及辅助体质辨识。设备采用数字化的体征采集方式结合中医 AI 大模型分析能力，将患者体征参数进行采集与输出，供中医辨证参考用。具体功能概述如下：

一是舌象检测功能。设备通过匀光板及光学设计，可以模拟自然光照射效果，显色指数（Ra）大于 90。设备采用 2000 万像素的摄像头，通过可视化虚拟界面控制对患者的舌象进行自动拍摄。设备结合人工智能算法，可通过对舌象照片的颜色、纹理、轮廓进行特征提取，最后在检测报告中输出 34 项以上定性结果，9 项以上量化指标，报告中包括但不限于舌色、苔色、苔质、干湿度、舌形、齿痕、剥苔、裂纹、点刺、瘀斑瘀点的舌象等特征。

二是面象检测功能。设备通过匀光板及光学设计，可以模拟自然光照射效果，显色指数（Ra）大于 90。设备采用了 2000 万像素的摄像头，通过可视化虚拟界面控制对面象图像的颜色和轮廓进行特征进行自动采集；设备可支持显示整体面色、整体光泽、眼眶色、口唇色、口唇干燥度五大类面象要素，显示不少于 16 项具体特征。

三是脉象采集功能。设备支持可视化虚拟界面，控制脉象检测传感器自动采集脉图数据，实时显示脉图采集波形。

前后共三次自动施加压力作用于桡动脉及周边组织腕部关脉位置表面，脉压传感器逐次采集“浮”“中”“沉”取脉位置的脉象波动信号分析并显示脉位，脉力，脉势，节律，脉率，脉名的脉象信息及检测结果供医生临床使用。脉象检测仪采用了独创的柔性液态封装传感器，脉压准确性达到 $\pm 3\%$ ，远超同行业及国家标准。

四是设备体质辨识与中医 AI 大模型联合分析功能。通过设备所采集的体征数据可快速辨别出大于 9 种基本体质辨识及其它 58 种以上复合体质并给出健康建议。设备检测结果输入中医 AI 大模型后将联合大数据与 AI 系统在中医的诊断、处方、治疗方案上进行协助。

三、标杆企业简介

上海国民集团健康科技有限公司（简称“国民健康”）2018 年成立，是一家专注于中医数字化智能化技术研发与应用的科技公司，面向国内外各类中医医疗机构，提供以“中医大数据+人工智能”为驱动并覆盖中医诊疗全流程的数字中医为核心的一系列解决方案。

国民健康数字中医解决方案核心载体是覆盖诊前、诊中、诊后全流程的数字中医辅助系统（DMC），以国民健康自主研发的中医多模态医疗垂类大模型为核心引擎，结合中医四诊仪、居家舌脉象检测仪和 AI 健康助理等软硬件系统，驱动中医诊疗全流程的数字化和智慧化升级。

国民健康已与上海中医药大学附属龙华医院、广东省惠州市政府、广东省茂名市卫健委等建立深度战略合作，结合国家和地方中医药发展趋势、要求和特色，将数字中医解决

方案升级扩展为智慧中医共同体解决方案。利用中医大数据、中医多模态医疗垂类大模型等前沿技术赋能数字中医药发展，助力各区域中医药数字化、智慧化升级，打造中医药事业高质量发展标杆。

案例 15 上肢康复场景

一、应用案例

我国社区康复体系面临资源短缺、数据孤岛和康复机器人性价比低的三大痛点。七成偏瘫患者出院后因康复中断导致功能退化，凸显当前基层康复服务的短板。

认知与上肢一体化综合康复训练机器人，提供 4 种上肢运动训练模式，覆盖肩、肘、指多个活动关节，适合不同康复阶段人群，具备判断力、注意力和记忆力三个认知域的评估和训练功能，7KG 和 3KG 的两款产品，桌面机器人的形态在大厅，床旁，居家场景均可训练，可根据用户情况自动推荐训练方案，模拟康复师手法，提供 20 余个训练游戏场景，训练后生成训练报告。可实现康复数据的实时采集和云端管理，以及远程监控及远程训练配置方案，并实现基于模型的自动化评估与智能训练方案推荐。

后续，认知与上肢一体化综合康复训练机器人将在居家、医疗机构、社区养老三类场景验证，遵循相关规范，评估康复效果等指标，居家患者康复训练依从性提升 20% 以上等。建立快速迭代机制，每两周收集反馈，采取“中心+网点”模式进行推广工作。



二、技术亮点



上肢综合康复训练机器人核心产品是上肢综合康复训练机器人，医疗版已在 2024 年 12 月成功获批二类医疗器械注册证（浙械注准 20252192076）。在原先医疗版和专业版的基础上，深度洞察康复市场需求，历经无数次技术打磨与优化升级，上肢妙手康复机器人不仅延续了个人专业版在功能上的强大基因，更针对老年人日常生活的实际痛点与个性化需求，进行了全方位的突破与创新。相比较，妙手版体积、重量和价格都“砍”了一半多。

“个人妙手版重量只有 3kg，体积约 0.004 立方米，价格也从个人版的 2 万元‘直降’到了几千元”，智能化程度也“卷”上了新高度——以前只能练练肘、肩，现在手、肘、肩、手指都能“一条龙”综合训练。

同时目标人群也更加细分，妙手版瞄准个人患者的后期康复训练，不仅针对上肢力量增强，扩大活动范围，而且提升精细动作能力，防止手指挛缩，提高指尖抓握，同时协调上肢综合训练，模拟日常动作。妙手版包含主动、阻力两种模式，能像“私人定制”一样匹配不同需求，轻松变身家庭康复的“生活小能手”。

三、标杆企业简介

上海智康加机器人有限公司孵化于上海机器人产业技术研究院平台，本司拥有一支由国内外名校、上海交通大学、英国曼彻斯特大学等精英组成的研发团队，核心成员在机器人工程、人工智能算法和康复工程等领域拥有深厚的学术背景和超过 10 年的研发及商业化实践经验，临床方面与上海交通大学医学院和复旦大学华山医院开展深度的医工合作。

公司目前已经研发三款上肢康复机器人产品，其中一款上肢康复机器人已在 2024 年 12 月成功获批二类医疗器械注册证（浙械注准 20252192076），本公司产品开发和生产制造均严格按照 ISO13485 质量管理体系要求进行。

公司曾获 2024 世界人工智能大会 Future Tech100 “人气之星”，第六届“中国创翼”创业创新大赛上海赛区优胜奖等多项荣誉，是长三角智慧康复专科联盟的成员单位，上海市康复器具协会会员。公司和产品应用情况获中新网、CCTV、《人民日报》、《国际金融报》、澎湃新闻、第一财经、中纪委、上海普陀、桐乡发布等媒体的报道。

未来，智康将持续加大研发力度，不断优化产品与服务，以科技创新为驱动，以老年人市场的需求为导向，为推动智

慧养老产业的发展贡献更多的力量，让每一位老年人都能享受到科技带来的便捷与温暖，早日让智能康复走进家庭，让生命更有质量！

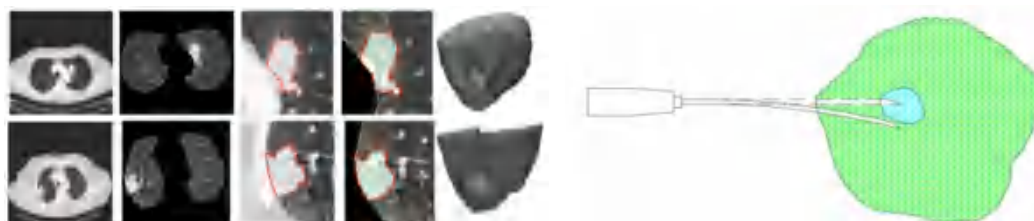
案例 16 经皮穿刺活检场景

一、应用案例

经皮穿刺活检术可以获取病理学标本，是最终定性诊断肺结块病变并提供病理类型及免疫组化结果的重要手段。在传统 CT 引导穿刺下，根据 CT 影像和医生自身的经验去进行穿刺，这种穿刺方法主要依靠医生对人体构造的了解，如果是小于 10mm 的微小结节，对医生的考验比较大，在穿刺过程基本不允许出现误差。在传统 CT 引导穿刺的基础下，可引入电磁定位技术，在电磁导航 CT 引导下开展穿刺活检术，但目前仍然存在图像分割不完整、空间坐标系注册慢、定位导航存在偏差等临床使用问题。

针对以上问题，精励形成相应的解决方案。一是交互式图像分割方法。将 Transformer 模型应用在血管分割上，解决了传统图像分割方法不能有效地捕获全局多尺度信息的问题。在初步分割完成后，再通过人工确认分割结果，如果发现图像分割不完整，可以人工对分割位置进行调整。二是一键全自动空间注册。通过将传感器设置标记物中央，预先将虚拟影像坐标和现实物理坐标进行关联。基于图像分割过程中对标记物提前进行识别，CT 图像完成后，人为地去将标记物位置和传感器位置进行关联即可，通过设置 3 个以上的标记物，实现一键注册。三是基于 LSTM 算法的呼吸运动算法。研发了一种基于动态多元 LSTM 网络的软组织漂移靶

点自动定位方法，采用多元 LSTM 网络的深度学习算法，进行多输入多输出的迭代训练，完成体内靶点精准定位。四是基于深度学习的组织分割。通过基于深度学习算法的研究实现肺结节的全自动识别分割，基于 nnUNet 网络进行算法研发，得到肺结节的分割结果，该算法在气管、血管的分割中同样可以应用。五是智能穿刺针技术。团队首创了解决导航手术器械前端真实时定位难点，研发的穿刺针的传感器位于针尖部分，在针弯曲的情况下，前端的定位准确不受到影响。



目前，国内外支气管电磁导航和经皮穿刺电磁导航设备竞品在设备价格和物价收费上也是差异浮动巨大，其中作为价格分别作为最早进入中国市场的进口设备中，磁导航支气管镜美敦力 SuperDimension 和磁导航穿刺设备 Veran IG4 市场售价在每台 600 万人民币左右，手术收费在每例 12,000-13,500 元。相对而言，精励电磁导航设备在更优异的性能和医患获益的前提下，设备售价仅为上述产品一半，手术收费也更低，成本回收周期仅需一年左右，其经济效益更高。



二、技术亮点

代表产品：穿刺手术导航机器人 Savior-S

与国内外其他厂家的产品技术相比，精励导航系统的核心竞争力是精度。Savior-L 的平均精度为 2.48 ± 1.49 毫米，且磁场稳定，最大误差仅 3.03 毫米。辅以呼吸运动算法进行呼吸监测和补偿，解决了早期肺癌的诊疗难题；同时给予医师活检前病灶精准定位，通过减少入针次数、手术时间，并发症的发生率使得患者受益，手术难度的降低也提供了技术下沉的可能，未来有望推动基层医疗的水平。

精励的核心专利包括：一是将传感器嵌入导航针尖，减少了因穿刺针尖弯曲而引起的误差，提升了精度；二是通过传感器网络，结合肺部边界元模型呼吸矫正，进一步提升了精度；三是结合体表传感器和术前 CT，全自动配准，降低术前准备时间，提升了配准精度和手术效率。

关键技术特色包括：一是搭载 10s 内全自动注册注册配准技术；二是基于 LSTM 算法的呼吸运动算法；三是搭载基于融合传感网络 and 智能穿刺针的呼吸门控技术；四是基于约束空间和关节异动监测的机械臂安全控制方法；五是搭载消融热场仿真及消融手术路径规划模块。

三、标杆企业简介

上海精励医疗科技有限公司是一家致力于精准介入手术导航及手术机器人的高科技企业，总部设立在上海，在南通、内蒙古设有分公司，员工约 70 人，公司创始人和管理层由相关领域专家和医疗行业的资深人士组成，具有良好的研发体系、生产体系、质量管理体系。

公司是上海交通大学“交大之星”计划医工交叉研究基金项目/智能磁导航经自然腔道手术关键器械和功能的研发和临床转化。依托交大生物医学工程学院科研成果，于2018年打造出国内首款一次性使用电磁定位针和基于电磁导航的精确定位和器械示踪的胸腹部穿刺介入手术导航系统 Savior-L，于2021年完成穿刺手术导航机器人 Savior-S 的研发。公司具备自主知识产权，目前申请专利 67 件，其中发明 27 件，实用新型 32 件，外观 6 件，软著 4 件，PTC 2 件。

未来，精励将以上海市同济医院作为电磁导航引导下开展经皮穿刺术的模范医院，在 1 年内建立起更多模范医院，覆盖江浙沪覆盖范围的样板医院示范中心，以此将电磁导航引导下经皮穿刺术下沉至基层医院。同时推广精励手术机器人其他功能，精励手术机器人将适配的更多的应用场景，可以帮助医生完成各类经皮介入诊断和治疗。

安全应急与极限环境篇

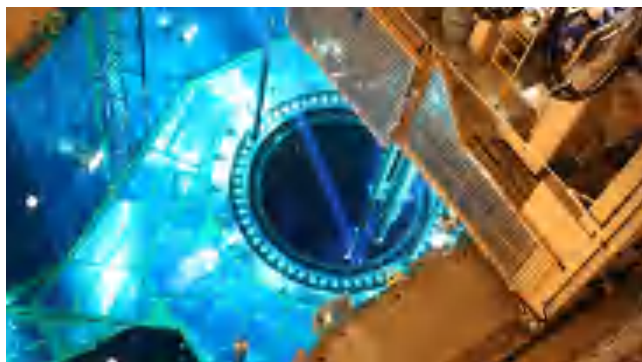


案例 1 核电厂关键设备异物清除场景

一、应用案例

核电厂反应堆水池、循环水系统、乏燃料水池等关键区域常因检修期间螺栓、螺母、卡环等金属异物意外掉落而影响设备正常运行。传统人工打捞需停堆检修，由潜水员水下作业，面临辐射风险高、作业窗口期短、打捞效率低等问题，不仅增加运维成本，还可能延长机组停机时间，影响供电稳定性。

针对这一痛点，我司研发的核电厂关键设备异物清除机器人采用耐辐照设计，集成高清摄像、机械臂抓取、水下抽吸打捞等多功能模块，实现水下自主导航与精准操作。机器人通过轻量化结构适配狭窄空间，配合实时影像传输与 AI 识别系统，快速定位异物并完成抓取回收。在某核电机组大修期间，该机器人仅用 4 小时即完成传统潜水员需 2 天完成的打捞任务，全程无需人员涉险。



在经济效益提升方面，单次打捞减少停机时间 12 小时，直接节省成本超 600 万元；在安全效益提升方面，彻底规避

人员辐照风险，符合核安全文化"ALARA"原则；在社会效益提升方面，保障机组按时并网，稳定区域电力供应，提升公众对核电安全的信心。



二、技术亮点

核电厂关键设备异物清除机器人主要用于换料水池及压力容器异物处理以及常规岛关键设备异物打捞等项目。其适用范围广，覆盖率高，能有效清除反应堆堆芯、换料水池以及乏燃料水池区域内的异物。

核电厂关键设备异物清除机器人还设置有专用接口，用以实现与核电站现有装卸料机、辅助换料平台、环吊等设备的良好匹配，提高了异物打捞的可操作性，其特点如下：

一是自适应抓取技术。机器人配备智能感知系统，能够识别和适应不同形状、大小的异物，确保精准、稳固抓取。

二是高耐辐射设计。采用特殊材料和防护技术，使机器人在高辐射环境中长时间稳定工作，满足核电厂严格的安全

标准。

三是远程精准操控。结合先进遥控技术和实时反馈系统，操作人员可远程精准控制机器人，提高操作效率和安全性。

四是自主导航与定位。机器人具备自主导航功能，能在复杂环境中准确定位异物，并规划最佳路径进行打捞。

五是多模态传感器融合。集成多种传感器，实现环境信息的全方位感知，增强机器人在复杂、多变环境中的适应性。

六是快速部署与回收。设计轻便、紧凑，便于快速部署和回收，减少对核电厂正常运营的影响。

三、标杆企业简介

国核电站运行服务技术有限公司，是我国唯一同时拥有民用核安全设备无损检验许可全范围资质和特种设备检验检测 A 级资质的单位。作为 AP/CAP 三代运行和维护技术自主化攻关核心单位，为我国核电站设计、建设、安装、调试、运行、退役等方面提供专业化技术保障服务，着力于提升核电机组的安全性、经济性和稳定性。同时国核运行是首家为 AP1000 三代核电机组提供全范围在役检查与金属监督、燃料维修维护技术服务、设备特种维修、性能试验技术服务的单位。在核电运行维护领域具备行业领先的核心竞争能力。

针对机器人方面，国核运行作为国家电投集团机器人技术研究中心，主要产品包括电厂巡检监测机器人，放射源搜寻及回收处置机器人，反应堆压力容器及顶盖检查机器人，蒸汽发生器传热管检查机器人、核电厂异物打捞机器人，风机叶片及塔筒检查机器人，清理清扫机器人等，已成功推广至上海市生态环境局、吉电股份、山东核电、浙江三门核电、

红沿河核电、台山核电、石岛湾核电等单位，取得了可观的经济效益，并为电站的安全经济、运行提供了重要的支撑。国核运行将依托国家电投的发展战略和产业需求，建设成为能源领域国际一流的机器人创新技中心，在新时代能源供给侧结构性改革的发展浪潮中，担当机器人技术创新的引领者，成为机器人技术的开发商、运维产品的供应商及智能技术支持的协同服务商。下一步研发将着力解决小型智能机器人系统创新设计、监测检测与故障诊断技术、多传感器信息融合与智能预警策略、核辐射防护技术、恶劣环境下的高稳定遥操作技术等关键技术难题，从成本低、运动灵活、操作方便等角度考虑，向小型化、智能化、实用化方向发展。

案例 2 排水管网检测场景

一、应用案例

市政雨污水管网不仅是城市基础设施的重要组成部分，更是保障城市正常运行、推动经济发展、保护环境、提高居民生活质量和促进社会和谐的重要支撑。完善和高效的市政管网系统是现代化城市发展的必要条件。（据住建部数据：截至 2024 年 2 月，全国城市管道总长度已达到 349.03 万公里，其中排水管道长度为 91.35 万公里。）据新华社报道，2024 年我国大力推进城市地下管网改造，实施城市排水防涝能力提升工程，深入推进城市生命线安全工程建设。未来，我国将每年改造 10 万公里以上地下管线。



城市地下管网是城市基础设施的重要组成部分，但由于其隐蔽性和复杂性，具有①管网负载高，存在结构渗漏和缺陷，停水作业难；②设计、施工图纸与实际走向和结构可能存在差异；③水下能见度低，定位困难，流速变化大；④管道结构复杂，有毒物质物质和垃圾影响仪器使用等共性问题。传统的人工检测方式效率低、成本高，且检测环境恶劣，检

测施工人员存在安全隐患。近年来，随着城市化进程加快，管网老化、堵塞、渗漏等问题日益突出，亟需一种高效、智能的检测与维护解决方案。

我司自研排水管网检测水下机器人（Auto-0050E-P01），城市排水管网智能带水检修系统，实现非开挖、不停水作业、智能化远程检修，搭载的智能 AI 后处理软件，通过多架构数据管理服务器，进行数据处理、AI 辅助缺陷判读与标记，可分布式成果存储，一键导出成果资料，同时，AI 机器的学习提升了样本的数量和质量，模型训练的“个性化”对快速数据处理及检测提供加持。



通过水下机器人等专用设备查明污水管道结构性缺陷、功能性缺陷、特殊结构、管径、材质等信息，以及高水位满水管道的接驳、雨污混接、污水外溢等情况，为城市污水管网的设计、修复提供科学的依据，最终达到中心市区污水处理提质增效及内沟河水质提升的目的。

二、技术亮点

我司自主设计大功率灵巧型推进器阵列和基于 AI 技术的行进控制系统具有以下特点：

- 体积小，可进入直径 500mm 管道进行检测；
- 多维度高分辨率的声光检测载荷；

- 可覆盖半水、满水、带压、带流等工况；
- 多模定位技术保证定位精度；
- 设计的流线结构和防缠结构。

案例 3 水下桥梁检测场景

一、应用案例

截止 2023 年末，全国公路桥梁共有 107.93 万座，据新华社不完全统计，2016 年我国公路路网中在役桥梁约 40% 服役超过 20 年，技术等级为三、四类的带病桥梁达 30%，超过 10 万座桥梁为危桥。2021 年交通运输部《公路桥涵养护规范》、《公路缆索结构体系桥梁养护规范》将桥梁水下检测纳入“特殊检测”，并对桥梁竣工后的初始水下基础检查，及桥梁运营期的水下基础特殊检查做出了详细要求。

目前针对桥梁检测，主要是以表观缺陷检测、基础冲刷及淘空检测、河床断面测量、几何形态测量、服役环境和材质性能等检测。通常采用人工潜水检测、水下摄像检测、声呐扫描检测、枯水期人工检查的技术方法。

由于水下环境复杂多样、能见度低、水流湍急、漂浮物干扰、高泥沙等，传统人工潜水检测和常规水下机器人检测技术已无法满足实际需求，主要体现在人工操作风险高、成本高、检测区域受限、检测可靠性差；目前的水下机器人一方面在复杂水文条件可靠性和精准度仍有待提高，另一方面检测主要是以外部缺陷为主，缺少内部缺陷的检测，其有效

的桥梁水下损伤自动化检测技术及装备十分匮乏，诸多技术瓶颈亟待突破。随着城市化进程加快和桥梁检测手段的增加，研发实时监测预警和结构病害检测设备，满足“早发现、提前预警、预防处治”等要求问题日益突出，亟需一种高效、智能的检测与维护解决方案。

我司自研桥梁检测水下机器人（Auto-0300E-B1），一方面可以有效解决了人工作业的难题；另一方面增加了检测手段和检测可靠性，实现了远距离操作、多手段检测、智能化检测的应用。其搭载了浑水造清装置，在能见度很低的情况下，也能实现光学 mm 级别的精细化检测；搭载了多款组合式声呐设备，如图像声呐、机械扫描声呐、侧扫声呐等，实现了在不同维度下，对桥梁外观的检测和智能化的分析；搭载了阵列声波阵源仪器，不仅检测了桥梁内部的缺陷情况，而且弥补了桥梁内部缺陷的技术空白；采用了智能 AI 数据处理、AI 辅助缺陷判读与标记，在一定程度上可以自动识别混凝土开裂、剥落、露筋等表观缺陷，同时，AI 机器的学习提升了样本的数量和质量，模型训练的“个性化”对快速数据处理及检测提供加持。



通过桥梁检测水下机器人取代传统“潜水员+目测+手摸”的检测方式，利用精密的设备和传感器的搭载，有效的进行内部缺陷检测、表观缺陷检测、局部精细检测、基础冲刷及淘空检测、河床断面测量等项目，为桥梁的运作、检修提供科学的依据，也将水下桥梁检测的“效率、精度、安全、成本”四项核心指标提升到新量级，且桥梁检测机器人已成为现代桥梁智慧运维体系不可替代的核心装备。

二、技术亮点

我司自主设计大功率灵巧型推进器阵列和基于 AI 技术的行进控制系统具有以下特点：

- 远距离实时监测和数据传输；
- 强动力，可在 1.5m/s 大流速下稳定工作；
- 多自由度运动能力，可实现水下前后移动、左右平移、左右旋转、上下移动等方位的运动和不同维度的观察；
- 浑水可视系统，可在无能见度情况下实现浑水观察；
- 负压吸附系统，可实现强力吸附贴壁观测；
- 组合式声呐设备，同时搭载多款声呐，实现了不同维度的检测；
- 阵列声波阵源仪器，解决了桥梁内部的缺陷检测，弥补了桥梁内部缺陷的技术空白；
- 智能 AI 数据处理、AI 辅助缺陷判读与标记，在一定程度上可以自动识别表观缺陷；
- 可灵活搭载多种检测设备和传感器，实现多用途水下检测和水下作业。

三、标杆企业简介

上海遨拓深水装备技术开发有限公司于 2012 年 10 月在中国（上海）自由贸易试验区临港新片区注册成立，是美国船级社(ABS)QHSE 认证企业、上海服务型制造示范企业、上海市高新技术企业、专精特新企业、科技小巨人培育企业。牵头承担了国家高技术研究发展计划（863 计划）“作业型 ROV 产品化技术研发”、上海市浦东新区国家海洋经济创新发展示范专项“系列化无人深海潜水器产品及工程应用”、国家重点研发计划“基于虚拟现实（VR）技术的 ROV 辅助作业系统研发与应用”等多项国家级、省部级科研专项。遨拓公司拥有 56 项专利、22 项软著和 14 项商标。

上海遨拓与国内主要涉水高校、科研院所和国内主要的水利水电及海工客户长期合作，共建产学研用创新联合体。公司牵头建设“上海市水下机器人工程技术创新中心”，参与建设上海市“水下工程检测专业技术服务平台”、“城市排水管网评估与修复工程技术研究中心”，获得“浦东新区企业研发机构”和“自贸区临港新片区研发机构”等称号。

公司拥有 4500 米级作业型 ROV 和 1000 米级检测型 ROV 的研发经验，拥有研发基地、示范厂房和无人潜水器海试保障基地，已初步实现遨拓系列化水下无人潜器的研发与产业化，产品包含便携式观察型、观察级、观测级、轻作业级电动以及作业级液压 ROV、AUV 等五大系列成熟产品。在水下结构物检测、海洋及陆上水利管线检测、水下测绘及海洋工程作业等领域具有丰富经验，涉及水利水电、市政、环保、海洋工程等多个领域，服务内容涵盖水库、大坝、水电站等的水下结构物检测、海底管线检测、海上风机水下结

构检测、长隧道检测等。

公司将继续秉持创新驱动发展的理念，致力于攻克更多高端深水装备核心技术难题，强化与高校、科研机构及客户的紧密合作。同时，积极拓展国内外市场份额，努力打造成为全球领先的深水装备技术解决方案提供商，为国家海洋战略实施和全球水下工程事业发展贡献更多力量，向着更深的海域、更广阔的市场扬帆远航。

案例 4 露天矿山复杂场景

一、应用案例

传统矿山作业长期深陷多重困境：在高海拔、深井及露天开采场景中，人员面临塌方、落石等致命安全威胁，柴油设备持续释放的高碳排放与噪声污染饱受社区诟病，加之采矿效率受限于人工操作误差与设备调度僵化，成本攀升与资源浪费已成行业痼疾。面对日益严苛的安全生产法规和全球碳中和目标，粗放式采矿模式亟待颠覆性变革。



伯镭科技以 5G 零碳智能矿山解决方案破局，部署机器人集群重构生产链条：自动驾驶纯电矿卡搭载全地形底盘与模块化电池系统，在矿区无人值守换电站实现机械臂自动更换电池，全程仅需 6 分钟，彻底解决重载设备续航焦虑；配合远程操控电铲与云端 AI 调度中枢，系统实时规划最优运输路径与换电策略——当矿卡驶入换电区，激光定位与机械

臂协同完成精准电池置换，同步上传健康数据至云端，而调度系统依据矿卡电量、运输任务及电价峰谷动态分配能源，甚至利用矿山陡坡势能为下坡车辆回充电能。



在菲律宾镍矿应用中，该方案实现矿卡 24 小时不间断运行，燃油成本直降 60%，人力需求缩减 50%；矿区安全事故归零，年减碳量达 4.8 万吨。这套以自动换电为能量枢纽的智能网络，不仅让矿山摆脱柴油依赖，更以全链条自动化重塑了矿业的经济逻辑与生态责任。



二、技术亮点

代表产品：伯镭电牛 145 充换电一体自动驾驶矿卡

一是自研 L4 级矿山专属自动驾驶。多模态感知融合：激光雷达+毫米波雷达+红外摄像头 360°覆盖，精准识别坑洼、

边坡、障碍物（精度达 $\pm 5\text{cm}$ ）；高精度动态载重地图可实时融合矿山爆破地形变化数据，自动规划最优路径，运输效率提升 30%。

二是无人值守智能换电站。激光定位+机器视觉，实现矿卡精准停泊、电池仓毫米级对位，搭载自研机械臂换电机机器人，6 分钟完成重载电池全自动更换；全程无人工干预，彻底解决矿山恶劣环境下的能源补给难题。

三是全地形自适应机器人底盘。传动系统配置双电机+4 档 AMT 变速箱，可满足车辆重载上坡动力需求，完全解决宽体矿卡动力指标和爬坡能力不足等问题；液压主动悬挂系统可基于路面扫描数据实时调节车身姿态，载重 70 吨工况下颠簸幅度降低 45%，保障矿石运输完整性。

四是云端电池健康预测。依据充放电数据 AI 预判故障，提前 48 小时预警，保障作业连续性。

五是集群协同机器人网络。5G 低时延编队：多车间距控制精度达 0.1 秒级，编队协同运输效率提升 40%；全局调度大脑动态分配换电站资源与运输任务（如电量低于 20% 自动调度至最近换电站），全局设备利用率达 92%。

三、标杆企业简介

上海伯镭智能科技有限公司（Boonray）成立于 2015 年，致力于通过自动驾驶及人工智能相关技术赋能矿山等传统行业，提供企业级智能化运营解决方案。创始团队毕业于上海交通大学，并与交大成立“自动驾驶联合研发中心”，利用行业领先的 L4 级自动驾驶全栈技术，打造了一个包含自动驾驶系统、车辆线性控制系统、5G 远程控制系统及云端智

能调度系统在内的露天矿山智能作业平台，可以实现矿车、挖机、装载机等各类矿用工程机械的互联互通和集群化智能作业，便于大规模部署。目前已经在国内多个矿山实现矿车运输无人化运营，并与国家五大发电集团之一国家电投达成战略合作，推出行业首创自动驾驶换电矿卡，助力矿山全面实现安全、无人、低碳生产。

随着全球矿业绿色转型进程的加速，中国自主研发的露天矿山自动驾驶技术正迎来前所未有的出海机遇。伯镭科技已明确将海外市场拓展作为核心战略之一。未来，伯镭将持续深化国际技术交流与合作，将其先进的智能化解决方案推向更广阔的全球市场，助力全球矿业的绿色、安全、高效发展。

案例 5 水下船体清洗场景

一、应用案例

在传统港航与远洋航运行业中，船体水下部分常发生海生物附着、藻类堆积和锈蚀现象，严重影响船舶航速与燃油效率，增加温室气体排放，并对海洋生态造成潜在威胁。长期以来，水下船体清洗主要依赖人工潜水作业，作业效率低、作业时间受限、作业质量不稳定，且存在较高的人身安全风险。此外，船体清洗操作缺乏标准化与数据化支撑，难以适应规模化、规范化的船舶运维需求。



上海泊展科技有限公司面向船体清洗领域存在的“作业效率低、人工风险高、清洗质量不稳定”等瓶颈问题，率先推出 Metis 水下船体清洗机器人系统，构建了集智能感知、路径规划、高效清洗、远程控制于一体的智能化作业解决方案。该系统具备自主作业能力与高适应性贴附能力，突破了传统人工清洗模式的效率与安全边界。

Metis 机器人采用磁吸附贴附方式，可在不同涂层与曲率的船体表面稳固行走；搭载空化射流清洗系统，可在不损伤防污涂层的前提下高效剥离附着物；融合路径规划算法与

作业监控系统，实现自动化作业轨迹生成与全过程远程控制与记录。



“Metis”智能水下船体清洗机器投入使用后经济效益十分显著。在国内外多个港口应用试点中，Metis 机器人平均清洗效率达每小时 1400m² 以上，相比人工清洗提效 5 倍以上，同时减少 70% 以上人工成本。以一艘 179 米的散货船为例，定期使用机器人清洗船体，可大幅降低燃油消耗，每年节约的燃油费用高达上千万元，顺应了节能减排的国际大趋势，并将助力温室气体减排的人类宏大目标的实现。

机器人作业过程符合绿色环保要求，有效提升船舶能效与碳排控制，助力实现“净零船舶运维”目标。该系统有望成为全球绿色港航转型中的智能基础设施之一，推动海洋服务业迈向智能运维新时代。

二、技术亮点

一是泵机集成。发动机系统、海水过滤系统、加压海水泵、发电机、液压系统、电控系统做了深度集成，成为独立系统，系统具备高度一体化设计，适用于野外与海上复杂环境，仅需加注燃油即可实现自主运行，部署灵活高效。

二是多机协同。泊展科技的创新集合型泵站集成了两个清洁机器人，一套泵站带动两组机器人同时作业及收纳，充

分发挥发动机的极限效能。

三是浑水成像。通过视觉硬件结构优化以及水下图像增强算法开发，实现浑浊水像机产品落地，使得泊展机器人可以在东海等浑浊水海域作业时能够实时清晰看清被清洗船体的情况。

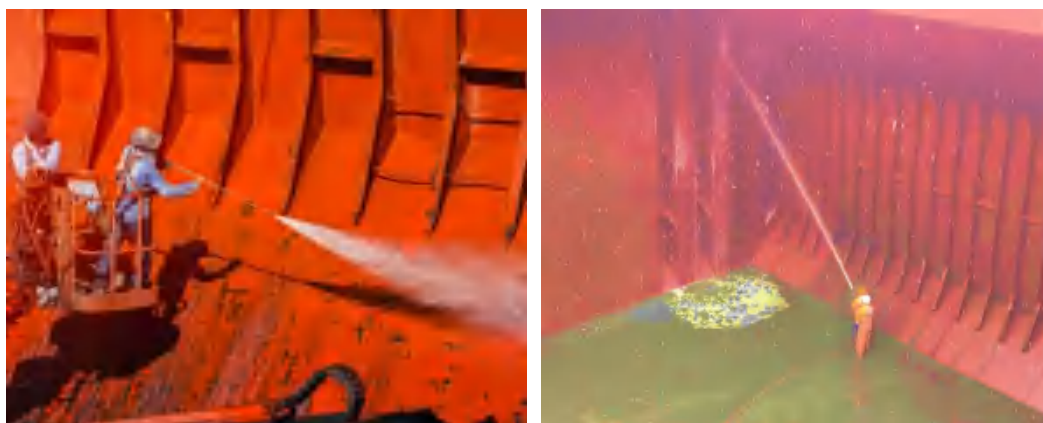
四是水电复合。通过创新复合工艺实现水电缆一体化，仅需一条集成缆即可同时传输高压水流、动力电能与传感信号，大幅简化操作系统，提升可靠性与布放效率。



案例 6 船舶内舱清洗场景

一、应用案例

在传统船舶运维与港航服务领域，船舶内舱长期受顽固污渍堆积与局部锈蚀困扰——煤炭粉尘、矿石碎屑、油泥易附着于舱壁及肋骨间隙，海水侵蚀与湿气冷凝导致金属舱壁出现锈迹，不仅污染后续货物，甚至影响舱体结构安全。



目前，行业仍以人工高压水枪为主。作业人员需要进入狭窄、密闭甚至可能存在有毒残留气体的舱内，通过脚手架或吊具在垂直、倾斜的舱壁上移动。这种方式风险高、效率低，肋骨背面和拐角处经常存在清洗盲区，质量难以保证。同时，还需要大量辅助人员，清洗周期长，影响船舶周转。随着一线工人老龄化和招工难度加大，这一矛盾更加突出。此外，传统清洗方式没有标准化和数据化记录，废水也缺乏规范处理，不符合绿色航运的要求。

针对这些痛点，上海泊展科技研发了船舶内舱清洗机器人系统，提供全流程的智能化解决方案。我们通过磁吸附轮式移动、超高压精准清洗、远程智能操控和废水同步回收，突破了人工清洗在空间和安全上的限制。

这款机器人采用磁吸附轮式设计，能在垂直舱壁、倾斜舱顶甚至弧形舱壁上稳固行走，还能顺利穿越铆钉和结构缝隙。搭载的超高压旋转喷淋组件，最大工作压力可达50兆帕，并结合超声波探测模块，能够根据污渍厚度自动调节水压，高效剥离污渍而不伤害防腐涂层。同时，机器人支持路径规划和可视化监控，可进行矩阵式或螺旋式的自主清洗，作业全程可远程操控并留存数据。下一代产品还集成了废水

回收模块，回收率可以达到 90%以上，避免二次污染。



该机器人应用后效益显著。在国内港口及航运企业试点中，平均清洗效率达每小时 600 m²，相当于 2-3 个人工，以 5 万吨级散货船货舱为例，定期使用可避免货物残留导致的载货损失，且因废水回收与无化学药剂添加，每年减少约 15 吨污染物排放，契合“绿色航运”要求，助力企业“降本、增效、减碳”。

二、技术亮点

一是磁吸附轮式移动集成。整合高矫顽力永磁轮、独立伺服驱动、与防滑聚氨酯轮面，单轮吸附力 100kg、总吸附力 270kg，可自适应跨越 10mm 铆钉凸起，移动响应延迟≤0.5s，确保复杂内舱稳定行走。

二是高压智能清洗。配备四个 360°旋转高压喷头，可自动调节水压（最大 50MPa）与喷头角度，实现盲区无死角清洗，污渍清除率超 95%，且不损伤舱壁防腐蚀涂层。

三是视觉建图与自主路径规划。通过高清视觉系统与环

境感知算法，对舱内结构进行实时建图，自动识别肋骨、拐角等复杂区域，结合路径规划算法完成自主清洗，确保全覆盖、无遗漏，并可生成可追溯的清洗作业数据。



四是下一代产品采用清洗-回收一体化。采用水电复合集成缆设计，单条线缆同步传输高压水流、电能与传感信号，简化部署；后置负压回收口，废水与污渍同步回收，避免内舱二次污染。

三、标杆企业简介

上海泊展科技有限公司成立于 2017 年，是一家聚焦绿色航运发展、专注于船体智能清洗装备研发与应用的高新技术企业。公司聚焦绿色航运核心需求，通过自主研发的 AI 驱动型水下机器人系统，为航运业提供高效、环保、智能化的低碳养护解决方案，致力成为航运业可持续发展的技术赋能者。公司目前已累计获得发明专利、软件著作权等 20 余项，并获得 ISO9001 质量体系认证。

泊展科技长期服务于智慧港口、绿色航运与海工运维等应用场景。公司拥有完整的水下机器人设计制造能力，具备系统级产品工程化与跨场景适配能力，形成“软硬件一体、线上线下协同”的技术架构。泊展科技 Metis 系列水下船体清洗机器人已与国内多家大型航运企业、港口集团建立长期稳定合作关系，产品广泛应用于国内各大港口及远洋船舶清洗维护。

未来泊展科技将围绕绿色航运与智能运维两大方向，持

续推进船体清洗机器人核心技术的迭代升级，构建更高效、低碳、智能的全系列产品体系。公司全球战略将以东南亚港口为样板市场，积极拓展中东及南美等重点航运区域，推动“零碳清洗服务平台”在全球范围内的落地与规模化应用，以智能化、可持续解决方案重新定义船舶维护标准，成为全球航运业清洁技术领域的首选合作伙伴，推动海洋装备产业生态化发展。

案例 7 石化厂房巡检场景

一、应用案例

石化化工等生产厂房，一直以传统巡检方式进行人工巡检，存在效率低、准确性低，巡检不到位等痛点。采用机器人无人巡检系统将为化工的安全、生产、质量等业务管理提供信息化手段和技术支持，以确保企业的安全、稳定、长周期、满负荷和优化运行。

化工厂房的现场特点，有以下四大问题，制约了目前已有巡检机器人的应用。一是防爆等级需要达到 II C，而目前已有巡检机器人基本是 II B 等级。二是使用环境温度需要达到 65℃，而目前巡检机器人最高温度是 40℃。三是需要构建新的全景图像采集系统，现有配置一个云台的机器人无法满足要求。四是智能图像识别与诊断需要同时采用直接和间接方法来判断。

钧工开发的面向石化领域防爆型智能巡检机器人系统可以在厂区内进行自主巡检，通过搭载的传感器和检测设备，对厂区内的环境参数、设备状态等进行实时监测。移动机器人还具报警功能，一旦发现异常情况，可以通过系统进行报警，并引导人员采取相应的措施。



机器人有轮式和履带式两种行走方式，轮式机器人可在平坦的厂区巡检，履带式机器人可以越障、爬楼梯，适合于复杂地形的厂区巡检。

项目实施的经济效果主要有：一是减少事故损失。智能监测预警系统能够及时发现和预警潜在的安全风险，有效预防事故的发生，从而减少人员伤亡、财产损失和环境污染等事故损失。这可以为企业节约大量的赔偿、修复和整治等费用，提高企业的经济效益。二是提高生产效率。智能监测预警系统通过实时监测和分析生产过程中的各种安全隐患和异常情况，能够及时发现和解决生产过程中的问题，提高生产效率。同时，系统的应用还可以减少人工巡检和干预的频率，降低人工成本。

随着大型石油化工企业的不断扩大，油品、燃气、毒气、化学危险品等引起的泄露爆炸、火灾等灾害隐患不断增加，防爆型智能巡检机器人代替人进入易燃易爆、有毒、缺氧、浓烟等现场进行巡检探测，有效解决巡检人员在上述场所面临的人身安全、现场数据信息采集不足等问题。

二、技术亮点

面向石化领域防爆型智能巡检机器人系统实现“以机器

人代替人，高效完成巡检报警”，能有效保证巡检的质量和效率，提高项目的自动化管理水平，彻底解决传统巡检方式的各种痛点，堵住巡检管理工作中的各种漏洞，依托 5G 应用和智能算法，助力智能工厂建设。该产品突破现有国内外防爆型巡检机器人的瓶颈，优势与核心竞争力主要包括：

- 防爆等级达到 II C；
- 防爆认证的使用环境温度达到 65°C；
- 构建新的全景图像采集系统；
- 智能图像识别与诊断同时采用直接和间接方法来判断，实现全方位巡查；
- 机器人自主巡检；
- 通过 5G 网络通讯，以实现高效可靠的数据传输。

防爆型智能巡检机器人系统，填补国内在该领域的产品空白，满足无人巡检需求，实现打造一体化的机器人无人区管理系统，全面实现智能服务的产业升级。

三、标杆企业简介

上海钧工机器人有限公司是一家融科技开发及生产为一体的高科技企业。公司一直专注于智能巡检机器人、公共安全机器人等特种机器人产品与技术的开发，有完整的工业自动化系统解决方案，形成了多项具有自主知识产权的核心技术，并在业界得到广泛应用。主要产品有化工智能巡检机器人、军用机器人、公共安全机器人等。

公司自成立以来一直专注于特种机器人的研究与开发，拥有 20 多项自主知识产权，研发力量雄厚，技术优势突出。拥有智能系统设计技术、基于行为的智能控制技术、多核多

任务实时控制技术、实时动态环境感知技术、紧密的机电一体化设计技术以及自主视觉导航技术。

公司在智能巡检机器人及工业智能化的开发及产业化领域具有技术领先的地位，能够引领化工智能巡检机器人等产品与技术的开发和生产推广。

案例 8 变电站智能巡检场景

一、应用案例

当前变电站巡检工作面临多重痛点和难点，制约了运维效率和安全性的进一步提升。首先，传统人工巡检存在效率低、劳动强度大、安全风险高等问题，且受天气与人员经验差异影响较大。其次，现有智能巡检设备如轮式机器人、轻量化机器人、无人机和固定摄像头虽在一定程度上改善了作业效率，但仍普遍存在适应性差、覆盖面有限、缺乏灵活性等问题。具体表现为：轮式机器人难以应对复杂地形，轻量化机器人功能单一、仅适用于室内，无人机受限于天气与续航，固定摄像头全覆盖成本高且存在盲区。此外，现有设备普遍缺乏任务扩展能力，如无法抵近带电检测或执行应急操作，且智能识别精度不高，误报与漏报率较高，难以满足实用化需求。更重要的是，多数方案存在高昂的前期投资与后期维护成本，难以实现良好的成本效益与投资回报。

该方案以联想晨星足式机器人为核心，结合可见光/红外摄像头，运用 AI 识别、多机协同、数字孪生、巡检监控等技术，实现自动巡视、缺陷和表计自动识别和告警、巡视报表自动生成和发送等功能，实现场站式巡检场景的全息感知和全域决策辅助。

该方案有效打破了传统方案在设备全覆盖、环境适应性和任务灵活性等方面的瓶颈。足式机器人采用仿生足式结构，

能够稳定通过楼梯、草地、鹅卵石路面、砂砾等复杂地形，覆盖一次、二次设备，执行红外测温、表计识别、缺陷检测等多种任务，并支持机械臂作业与应急操作。系统还配备 AI 图像识别和自主导航技术，具备高准确率和低误报率，大幅减少人工干预。



应用后，机器人巡视准确率达 98%，巡检点位覆盖率达 95%，显著提高了巡检效率和数据可靠性。在成本控制方面，依靠其低维护频率、高稳定性及自主充电机制，整体维护成本显著下降。与传统人工巡检和其他智能装备相比，该方案在五年全生命周期内展现出更优的性价比。更重要的是，该系统的落地应用不仅减轻了一线作业人员的劳动强度和安全压力，还推动企业管理向智能化、精细化转型，体现了企业在落实国家“新质生产力”与“人工智能+”发展战略中的担当与创新能力，具有显著的经济效益和社会价值。

联想晨星足式机器人智能巡视方案成为全国首次实现单台智能设备全站巡视点全覆盖的变电站智能巡检方案。目前已在广东、江苏、川渝、新疆、内蒙等地多点开花，未来将实现对电站智能化升级的全面赋能。联想将继续探索包括 AI 在内的新一代技术助力千行百业智能化转型，加速推进新型工业化进程。

二、技术亮点

仿生设计，“足”够强大。联想晨星足式机器人智能巡视方案是端到端的智能解决方案，以联想晨星足式机器人 IS 作为巡检的载体，该机器人是一款仿生足式机器人，六足结构赋予了 IS 更强的抗干扰能力和全地形适应性，保证了运行过程中的低噪音、高稳定性，并实现了连续巡检功能，不需停车便可完成高精度的数据采集。同时联想晨星机器人智能巡检系统可以自主规划巡视路线，图像识别准确性提升到 95% 以上，状态识别、测温和缺陷检出率均达到 100%，巡检效率提高至少 80% 以上，为电力场站的智能升级及综合管控提供全方位、高效、安全方案。

一机全覆盖，行业首创。具备识别 9 类表计、15 类状态、30 类设备缺陷的全感知能力，实现全国首次单台设备全站点巡检。540° 旋转云台+低功耗相机精准补盲，彻底消除巡视死角，真正做到“一机巡全站”。

智慧大脑，洞察全站异常。集成多模 AI 视觉算法，能自主识别缺陷、生成报告、发出告警，巡检即分析。让机器人不止看得见，更“看得懂”，为运维提供前所未有的智能决策支持。

数字孪生系统，打造虚实联动中枢。AIGC 快速仿真建模，1:1 三维孪生模型复刻全站点位，整个过程全程自动化，几乎无需人工干预。与传统的手工建模相比，同等面积的建模效率提升了 200%，同时也彻底消除了人为误差的可能性。配合云台引导技术实现图像自动纠偏、采集准确率达 99.5%。

虚拟部署，拖拉拽式高效部署。在虚拟空间中，通过“拖拉拽式”操作，点位部署宛如一场“数字乐高”一样简单流畅，

告别了传统的现场部署方式。一旦完成部署，系统可以在虚拟电站中模拟和优化巡检路径，确保从最初的部署到实际巡检的每一步都无缝衔接。

三、标杆企业简介

联想（上海）信息技术有限公司隶属于联想集团。公司2003年入驻张江，重点布局技术研发与创新，一直致力于推动智能设备和服务的技术发展，为公司和客户引入最前沿的科技成果和理念。公司多次承担国家核高基重大专项，863项目，上海市经信委、科委项目等，积累AR及移动技术等领域国内外发明专利超过300件。拥有自研品牌联想晨星。

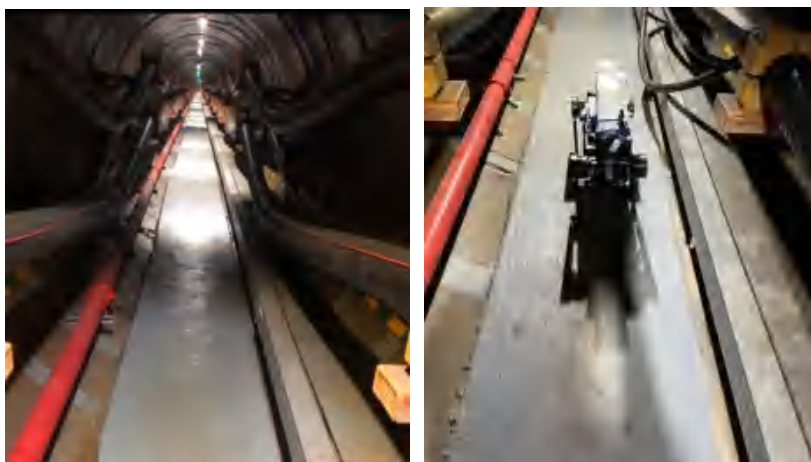
联想上海的智能解决方案已在制造、能源、教育、文旅等多个行业得到广泛应用，为核心客户提供了先进的技术支持。客户涵盖了中国商飞、国家电力、南方电网、中石化、中国烟草、宁德时代等行业领先企业，联想上海还与中共一大纪念馆、上海自然博物馆、巴斯夫等本地知名企业建立了长期合作关系。凭借在技术创新和行业应用方面的突出表现，联想上海荣获了北京市科学技术奖一等奖、中国计算机学会科技进步卓越奖、中国产学研合作一等奖等多个重要奖项。

联想晨星机器人系列是具身智能的践行者和先行者。从第一款机器人联想晨星X1开始，始终秉持融合手眼脚脑的复合型机器人形态，包括轮式、四足、六足机器人，以及自主研发的机器人任务编辑和管理系统，先后为中国商飞、国网电力、南网电力、大陆汽车等企业提供机器人本体及配套方案。

案例 9 电力隧道巡检场景

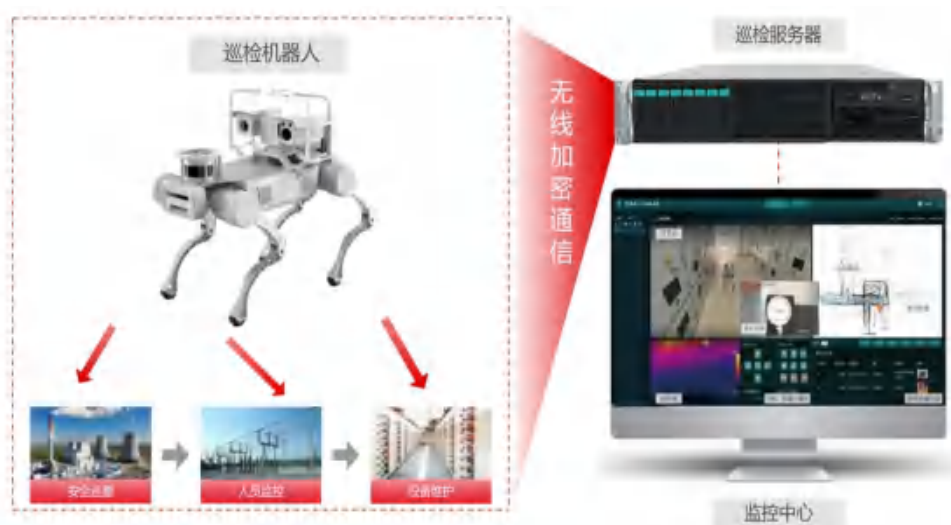
一、应用案例

在电力隧道巡检场景下，传统的巡检方式采用工程师定时定点记录仪表数据后汇总，或者传统履带式或轨道式机器人巡检的形式，具有以下痛点难点：一是空间与地形限制较大。电力隧道通常狭窄、曲折，存在斜坡、台阶、积水等复杂地形。传统机器人适应性差，轮式或履带式机器人易受困；人工巡检效率低，容易产生疲劳导致误检，且存在滑倒、碰撞风险。。二是有害气体与温湿度。隧道内可能积聚沼气、硫化氢等有毒气体，加之高湿度环境，对人员和设备均构成安全隐患。三是设备密集与隐蔽故障。隧道内电缆、接头、传感器等设备密集，细微的腐蚀、发热或绝缘破坏难以通过肉眼直接发现，易引发火灾或停电事故。四是监控系统孤岛化。现有隧道监控系统多为独立部署，缺乏数据联动与智能分析，难以实现全局风险预警。



通过由巡检机器人构成的机器人监控系统替代人工巡

检，实现对于户外电站、园区、公安巡逻等场景的全面、精准和高效巡检，提升巡检效率和安全管理水平。巡检机器人系统是按照相关行业标准进行开发，能够实现机器人综合态势监测、巡检任务管理、巡检实时监控、远程联动控制，对设备采集的数据进行智能分析，异常实时预警，事后生成巡检报告，实现全方位可视化运维管理。系统支持对接第三方平台，实现可联动第三方平台数据进行综合分析。



二、技术亮点

骠骑 X1 四足巡检机器人以仿生机动性突破复杂地形，集成热成像、激光雷达与 AI 算法实现设备精准监测与人员环境安全保障，通过融合机械臂与 5G 技术，构建“检测-诊断-维修”全流程自动化体系。

一是全地形适应能力。复杂地形穿越，骠骑具备仿生步态，可稳定通过楼梯、斜坡、碎石等非结构化地形，无需铺设轨道，适应老旧隧道的不规则路径，可跨越电缆支架、排水沟等障碍，保持机身平衡，避免倾覆。

二是自主导航与智能避障。骠骑 X1 搭载了 4 颗激光雷达以实时扫描隧道环境，构建高精度三维地图，自主规划最

优巡检路径。结合深度相机与 AI 算法，实时识别移动障碍物（如落石、积水），调整行进路线，确保巡检连续性。

三是多模态感知与精准检测。骠骑 X1 能够搭载红外热成像、气体检测、局部放电检测等传感器，可同时监测设备温度、有害气体浓度、电缆绝缘状态。配备超长焦相机，可远距离读取仪表数据（如表盘式、数显式压力表、温度计等）。

四是自主作业与报告生成。骠骑 X1 支持预设巡检路线或远程指令，可自主完成设备状态检查、数据采集、异常上报等任务。能通过 AI 算法分析传感器数据，自动生成巡检报告（含设备状态、风险等级、维护建议），大幅提升运维效率。

五是全天候与长续航能力。骠骑 X1 防护等级达 IP67，可在雨雪、高温、高湿等恶劣电力隧道环境下稳定工作。同时配备大容量电池，支持低电量自动返回充电桩，实现 7×24 小时无人化巡检。

三、标杆企业简介

中国电子科技集团公司第二十一研究所（简称“21 所”）始建于 1963 年，主要从事各类微特电机及组件研发、生产。根据集团公司全面深化改革总体部署，于 2019 年 5 月成立中电科机器人有限公司。电科机器人、21 所深耕“微特电机及组件、特种机器人及核心部件”主责主业，已成为拥有 1500 余名员工，横跨上海、北京、贵阳、珠海四地，集科研、生产、展示、服务功能于一体的创新型企业。

电科机器人、21 所围绕军工电子主力军、网信事业国家队、国家战略科技力量战略定位，累计研制各类微特电机和

组件 4000 多个品种，获得国家、部委、市级重大科技成果奖 400 余项，成功保障了载人航天、探月探火、北斗导航和空间站等国家重点工程配套研制任务，并先后成立上海永磁电机与组件工程技术研究中心、上海智能机器人工程技术研究中心、上海市特种机器人创新中心等创新平台。

近年来，电科机器人、21 所通过体制机制创新、产业平台升级、外部资源整合等有力举措，着力打造“全球特种电机、特种机器人”一体化协同创新平台，先后在机器人电动关节、轻量型多关节机器人、外骨骼助力机器人、足式机器人等方向取得系列技术突破。

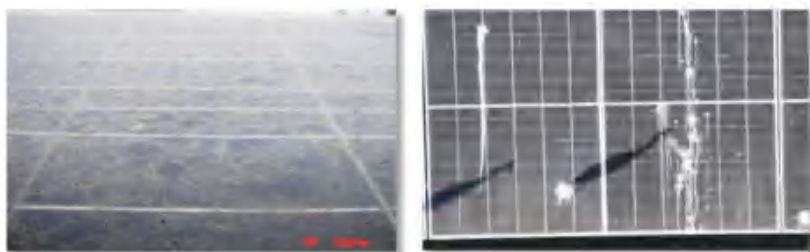
后续将聚焦产业链发展痛点，集聚集团优势产业力量，开展核心技术攻关和应用场景挖掘，着力打造自主可控的机器人整机产品及核心部件，联合打造行业引领的机器人场景解决方案，形成业务协同、能力共享、场景共通的发展新模式，构建中国电科机器人生态圈，打响“电科制造”品牌。

案例 10 光伏清洁场景

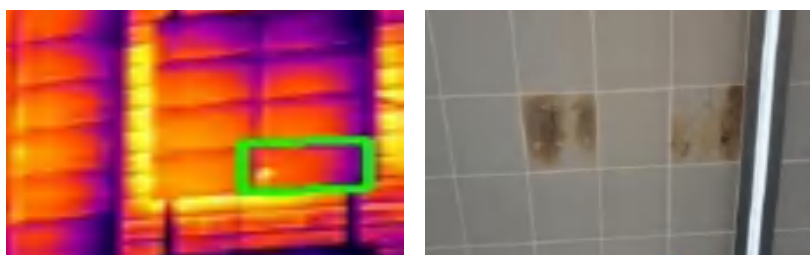
一、应用案例

众所周知，光伏电场是清洁、可持续、低运行成本的关键能源技术，对推动能源转型、应对气候变化和实现可持续发展目标具有重大意义。脏污对光伏电场的核心损失包括：

一是发电量显著下降（核心损失）。遮挡效应：灰尘、鸟粪、树叶等遮挡电池片，导致局部电阻增大，电流下降。其中，轻度灰尘（覆盖面积 5%）将导致发电量损失约 3-8%；中度污染（如沙尘暴后）的损失可达 15-25%；重度污染（如鸟粪黏附）局部组件功率损失或达 30%以上。干旱地区未清洗的光伏板，年均发电损失可能高达 20%。



二是热斑效应加速组件老化。被遮挡的电池片会因反向电流发热，形成局部高温（热斑），导致 EVA 胶膜黄变、脱层以及电池片隐裂甚至烧毁。这也将导致组件寿命缩短 20-30%，更换成本陡增。



三是运维成本飙升。频繁清洗增加人工、设备费用；污染严重地区（如沙漠、工业区）需每月清洗，年清洗成本可达电站收益的 5-10%。

四是其他隐性损失。包括绝缘性能下降，潮湿污垢引发漏电，增加安全隐患；辐照反射率降低，灰尘散射阳光，降低组件对有效光线的吸收。



星逻智能的光伏清洁机器人可以有效解决上述光伏电站的核心痛点，星逻智能开发了无人值守的光伏清洁机器人，一台机器人 2-3 天可清洗 1MW 光伏面板，配合自动充电机库，可实现无人化自主作业，星逻智能还开发了遥控款光伏清洁机器人，满足不同用户需求。

光伏清洁机器人是电站运维的“智能卫士”，通过自动化清洁直接对抗发电效率的“隐形杀手”（灰尘污染），在降本、增效、延寿三个维度创造价值。随着光伏装机量激增和智能化升级，机器人正逐步成为中大型电站的标配设备。

二、技术亮点

一是智能无人化。定时任务，自动运行，自主充电，无需人员参与；

二是效率最大化。可在光照强度低、夜间进行光伏面板

清扫，不影响发电；

三是运维常态化。自动执行规划任务，完成高频、动态清洁（天气）、自定义清洁；

四是作业安全化。多路防跌落传感器，电子围栏，双重保障安全作业；

五是清洁精细化。实时定位纠偏技术，全覆盖路径规划算法，实现无死角清洁；

六是效益最大化。清洁后发电量提升 5%-20%。



案例 11 空中城市巡检场景

一、应用案例

近年来，在城镇化发展不断加快的背景下，凌源市城市整体水平也有较大提升，同时伴随着人口持续增多和各种各样城市病的日益凸显，加剧了城市建设的要求与难度。为满足市民对于高质量、高水平城市生活的不懈追求，凌源市智慧城市建设受到越来越高的重视。城市的安全、稳定与和谐不仅是市民的共同追求，也是城市管理者的一个重要目标。

在此背景下，星逻万象的部署，通过无人机巡检、监测、应急处理，能够有效保障城市的安全。依托无人机，星逻万象能够通过对于城市管道、街道等的巡检，及时发现各种生产突发事故和违法犯罪活动，从而减少城市安全隐患。



凌源市本次建设的“无人机赋能城市治理系统”，采用了星逻万象&智能无人机场的解决方案，基于星逻万象解决无人机管理过程中依赖于人工操作与信息上报导致的管理效率瓶颈的问题。于职教中心和凌源市市政府分别部署机场，通过星逻万象全自动化控制无人机的飞行、无人机库的分布式部署、规划预设作业路径、定时自动作业任务、远程应急监控指挥等功能，同时搭载多种算法的无人机进行协同作业，大幅提升了工作效率。其中涵盖人车识别、垃圾识别、违建识别、烟火预警；蓝藻监测、船只识别、河道垃圾检测、河道漂浮物检测、河道违建检测、排污口检测、异常水体；安全帽识别、工程车辆识别、渣土车辆检测等，星逻万象真正做到了“地面安全的空中守护神”。

作为国内较早从事无人机智能化系统研发的高新技术

企业，公司创新研发出可本地部署/云端部署的无人机赋能软件、机载边缘计算模块及无人机机库，实现无人机智能调度、自主飞行、数据采集、数据 AI 分析和无人机自动充换电的无人机数智一体化巡检装置及系统，通过集成无人机机载边缘计算模块、无人机智慧巡检平台、AI 智能诊断系统等核心技术，已实现在全球百余个光伏巡检、电网巡检、智慧城市、安防城市等场景落地，产品于 2025 年通过了科技部中国民营科技促进会科技成果评价，性能指标达到国际先进水平。可替代以色列 Airobotics 的同类产品，在我国无人机智能巡检领域起到了“锻长板、补短板”作用。

二、技术亮点

一是网格化部署。用户可通过网格化部署机库实现全面覆盖管理区域，无人机可实现网格化跳棋式作业，选择就近机库进行降落自动充电，并执勤下一任务；

二是五分钟出勤圈。打造无人机五分钟出勤圈，无人机接到指令后两分钟从机库中起飞，并于三分钟之内到达指定任务现场，满足应急需求；

三是云端远程操控与调度。指挥中心的管理人员可通过 SkyScout 棋云远程调度系统为无人机规划线路与任务可对无人机进行排班，完成对管理区域的无人机进行远程控制。无人机将采集的数据上传至云端；

四是全自动飞行。SkyCab 天斗无人机系统，按行业场景定制自动飞行算法，实现无人机自主起飞、自主巡检、精准降落。无需人工操控，自动飞行作业，只需通过 WEB 或 PAD 端设定巡检、巡逻路线，远程一键飞行作业；

车辆工程领域博士、硕士组成的创新研发团队，匠心设计了光伏清洁机器人，进而逐步形成全球领先的无人机新能源闭环解决方案。

案例 12 水域救援场景

一、应用案例

水下应急救援是指在水中发生事故、灾害或紧急情况时，派出救援人员紧急搜救的场景。传统的水域救援方式存在一些问题，如人力救援效率低下、风险高、搜救成本高等。而水下无人机的应用可以有效解决这些问题。

首先，在进行水域救援时，往往需要迅速准确地获取事故现场信息，以便快速采取救援措施；其次，由于水下环境复杂且危险，人员进入水中执行任务还存在一定的风险；再者，水下环境复杂，无线通信困难，导航定位困难，且对设备的可靠性和性能要求较高。

约肯机器人 2 款水下无人机 BW Space Pro 和 Oceaneye，不仅配备了 4K 高清摄像头、高照明强度的 LED 补光灯，还能够搭载机械臂、声呐、水下定位系统、采样器等多种救生装备，通过无线操控，在水下环境中执行搜索、侦察、救援等任务。它们可以快速抵达水下现场，实时获取水下情况，为救援团队提供实时、高清的影像资料，帮助制定更精确的救援方案。此外，它们还能在无法人力涉水或水下环境危险时进行探测和救援，大大拓宽了救援队的作业范围和能力。



约肯水下无人机在鸡西市蓝天救援队、玉屏侗族自治县蓝天救援队、丰顺县应急救援协会等救援队的应急救援过程中发挥了重要作用。一是水下无人机可以快速抵达水下现场，为救援团队提供实时、高清的影像资料，帮助制定更精确的救援方案。二是水下无人机还能在无法人力涉水或水下环境危险时进行探测和救援，大大拓宽了救援队的作业范围和能力。三是水下无人机的出现也在一定程度上提升了水下搜救的效率和救援人员自身的安全保障。



二、技术亮点

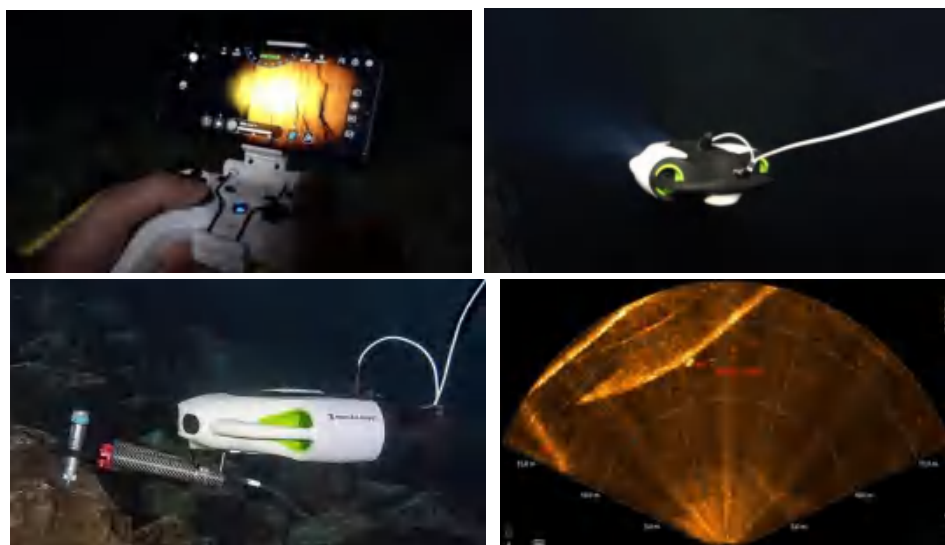
一是水下无人机配备 4K 高清摄像头，可以让其代替救援人员探索未知水域的情况。岸上人员用手机无线操控无人机的运行方向，镜头将记录的水下画面实时回传至手机，供人们观察水下情况：是否有人员被困、是否有障碍物。此外，无人机操控的界面上还能实时显示水深、水温等参数，帮助救援队员更好定位，为后续展施救工作做好准备。

二是针对光线太弱阻碍救援工作开展的问题，水下无人机自带 3000-5000 流明的补光灯，在昏暗的水域环境中，也

能看得清楚。

三是在水下无人机上留有多个拓展坞接口，可以搭载多种工具，如机械手、定位系统、水下相机、取水器等，可协助救援人员完成简单的水打捞、牵引等任务。

四是在浑浊、可见度低的水域环境下，水下无人机也可以通过搭载 2D 成像声纳来进行搜救，利用水中声波对水下目标进行探测、分类、定位和跟踪；进行水下通信和导航。



三、标杆企业简介

约肯机器人（上海）有限公司自 2016 年成立至今，不断超越自我，传承“匠人精神”，专注于用智能科技为人类探知海洋提供全方位解决方案。历经 8 年的发展，公司以“探索，永无止境”为经营理念，不断突破自我，引领水下智能技术革新换代，研发了多款出色的水下无人机产品，极大地推动了水下探索产业由专业化向大众化的发展，产品也远销欧美、日本、澳大利亚等全球四十多个国家和地区。

约肯机器人目前已经掌握了多项水下机器人领域的关键技术，致力于“用最强大脑智慧赋予最强人工智能产品”，先后获得 50 多项专利，并完成欧美 CE、UL、PSE、FC 等

多项国际质量认证，是上海市高新技术企业和“专精特新”企业。

以“探索，永无止境”为经营理念，不断突破自我，引领水下智能技术革新换代，从公司创立当年推出了首款水下无人机 BW1，到全球首款智能追踪水下无人机 BWSpace，再到全球首款水下变焦拍摄无人机 BW Space Pro 的相继问世，逐步奠定“约肯”行业领先的地位。

案例 13 煤矿智能采样场景

一、应用案例

目前，煤炭采样方法分人工采样和传统机械化采样。人工采样存在采样点数过少、样品的代表性差、劳动强度大的缺点；传统机械采样机体积大、维护复杂，不具备智能化作业能力，存在采样时间长、效率低、无法安装等诸多问题，无法满足快速装车及机车装运作业的需求。

智能机器人采制样系统是针对散装物料采制样的现状，由工艺、机械、控制、电子及计算机等专业组成的设计团队，运用大型工业机器人技术开发而成，对散装物料的采样进行智能化处理，精确判断火车的行径方向、车皮数量以及汽车车厢位置和尺寸，由机械臂控制采样臂进行随机采样，采回的煤样直接进入自动制样系统，完成破碎、缩分、弃样、集样等作业，整个过程全自动完成而成，解决了长期以来火车、汽车、皮带、散装站人工采制样效率低、误差大、纠纷多等问题。

系统可全天候连续运转，提高了采制样效率及样品的代表性，实现了智能判断、动态采样、自动制样、无人值守。降低人为因素，提高采样效率及煤样的代表性，为企业生产、洗选、煤质管理提供可靠依据。

目前方酋智能机器人采制样系统已成功应用于火车装车的自动采样、汽车自动采样、散装站台的煤堆移动车载式

采样和机器人皮带采样等，为煤炭产品质量提供实时数据，提高企业的经济效益和社会效益。

经济效益：系统在实际运行中，提高了装车作业和采样工作的效率，减少人工作业经济成本，杜绝了人工作业产生的错误，为煤矿的安全高效运行节约了运营成本，避免与用户在产品质量上产生纠纷所带来的重大经济损失；提高煤炭产品质量，有力保证了企业的产值和利润。

社会效益：智能机器人采制样过程无人工干预，可以大大减少管理漏洞，降低廉洁风险和安全管理风险，消除安全隐患，达到了减员增效的目的。



二、技术亮点

一是项目运用大型工业机器人设计，取代了传统人工采制样作业，提高了采样作业的安全性和智能化水平。

二是通过对煤炭等物料随机采样的研究，实现动态或静态国标随机采样，提高了采样效率和准确性，填补国内空白。

三是国内首创移动车辆钻探式采样。采样臂采用钻探式，柔性机构设计，可在刚性和柔性两种状态间根据需要进行切换；移动车辆行驶过程中可以不停车采样，整个采样过程对原有装车系统没有任何影响。单次采样周期 ≤ 10 秒，采样时间短、效率高。

四是采制样过程提高了采样作业效率和数据的准确性，为企业生产、洗选、煤质管理提供可靠的依据。

五是整个采制样过程全部智能化，自动识别车厢位置，采样、封装、记录、传输全程无人干预，实现了“智能判断、动态采样、自动制样、无人值守”的全新操作模式，为企业结算提供准确依据，提高经济效益。

三、企业简介

上海方酋机器人有限公司是专业从事工矿机器人、安全生产及工业自动化系统研究和开发的高新技术企业。公司一直致力于矿山工业机器人的开发和应用，2020年起被认定为高新技术企业，2023年认定为上海市专精特新中小企业。

公司创始人谢昌纲，教授级高工，1993年开始享受国务院政府特殊津贴，1996年被列为国家“百千万人才工程”煤炭系统专业技术拔尖人才，多年来一直从事煤炭行业自动控制及计算机系统的开发与应用。公司具有一支老、中、青相结合稳定、精湛的技术研发团队，在创始人的带领下与国内多家大型煤炭企业开展合作，在商品煤智能机器人采制样领域和钻探式采样臂的研制方面取得了突出成果。

公司下一步将开发出适用多种物料和液体的采样装置，将产品扩充到钢铁企业、水泥厂、粮食及化工行业等散装物料和有毒有害腐蚀性强的液体采样应用现场。

案例 14 光伏电站清洁巡检场景

一、应用案例

在工商业屋顶分布式光伏电站的长期运营过程中，电站周边的灰尘、沙尘、纸张、树叶及鸟粪等异物会造成遮挡和污染，极大影响光伏电站的实际发电效率。工商业屋顶分布式光伏电站一般光伏组件安装的倾角很小，会在组件边缘形成很厚的灰尘沉积区域的情况，导致大面积热斑的出现，对光伏组件造成长期的损坏，影响光伏组件的使用寿命。

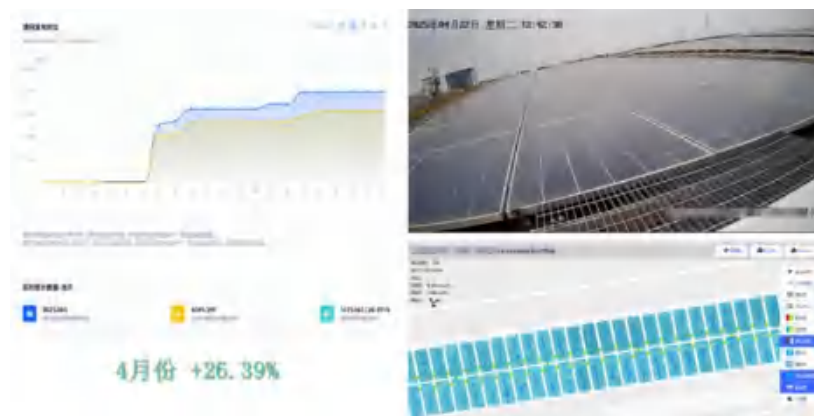
目前针对分布式光伏电站的清扫方案中或多或少存在下述弊端：自动化不足导致人员参与过多，人力成本高；清扫频次过低（1年2-4次），无法实现高频次清扫；只能天气好的白天清扫，无法全天候清扫，无法夜间清扫；难以实现100%全覆盖清扫，清扫容易有遗漏；清扫导致光伏组件损伤的风险过高；清扫人员人身伤害风险过高；有水清扫浪费水资源并导致屋顶漏水。



上海织光智能科技有限公司的光伏智能清扫及巡检机器人，具备高度的智能，能够自主进行路径规划、运动控制、

清扫作业、充电控制、拍照巡检等操作，全程无需人员参与。一是定位导航。实现了基于多传感器融合的定位导航算法，后续将改进融合定位算法，进一步提高定位的精度和稳定性。二是运动控制。采用了融合算法（底盘运动控制、转向补偿算法、电机控制算法、辅助地图等），得到了很高的运动稳定性和可靠性。三是路径规划。综合考虑全局地图覆盖、充电往返、多级任务调配等因素，通过在云平台 and 机器人两边合理分配算法模块，自主研发了高效的路径规划算法。四是拍照巡检。机器人在移动清扫过程中同时拍照，并利用 AI 算法实现自动识别各种异常。五是可靠性。通过了各种第三方认证（CR 认证、抗紫外线、电磁兼容、IP 防护、12000 次无隐裂、防跌落等）。六是可维护性。按模块化设计，可方便快捷进行部件的更换维护。

从 2022 年 8 月起，织光智能自主研发并生产的分布式光伏智能清扫及巡检机器人开始投入市场，在众多客户（华电、晶科、京能、港华、中鑫、钧茂、开勒、众壹、昇茂、优得等）的光伏电站进行应用。一般光伏电站全年的发电量提升可以达到 6-30%（在钢铁厂等严重污染站，电量增发超过了 50%），创造了十分可观的经济价值，得到了客户的高度认可。



二、技术亮点

一是独有性特点。全球首台将智能清扫机器人加入了巡检功能的设计产品，清扫+巡检双功能融为一体，台设备双重功能，让电站运维更智能、更高效、更安全、更便捷。

二是全自动特点。利用北斗+RTK 双复合定位技术、物联网技术、路径导航算法、组件级电子地图等，智能清扫+巡检机器人无须任何人工干预，全面实现自主定位、自主清扫、自主充电、自主避险等能力。

三是超智能特点。AI 视觉技术、洁净度算法模型、组件异常算法等大模型已通过华为昇腾技术认证，智能清扫+巡检机器人可实现在清扫过程中通过视觉分析系统发现组件表面和组件周边的异常情况。

四是零伤害特点。超轻超薄机身、特制滚刷材质、避震系统与特制橡胶履带等设计，全球首台通过 TUV 南德 12000 次组件无伤害、无隐裂等测试，机器人重量、行走与清扫均不会对组件产生任何影响。

五是高安全特点。采用高安全的磷酸铁锂电池、超声波防坠落监测技术、IP65 防护等级，智能清扫+巡检机器人将安全防护提升到最高等级。

六是多保障特点。全国首家提出 24 个月超长整机质保、全国售后服务保障、易损件模块化设计更换更便捷,让用户使用无后顾之忧。

七是保平安特点。所售或所服务产品均由中国平安产险提供承保，因产品问题造成的任何第三方责任将由平安产险受理理赔，理赔保额高达 1000 万，为用户额外增加更多安

全感，真正做到万无一失。

三、标杆企业简介

上海织光智能科技有限公司是由上市公司恒为科技(603496)与易泓资本共同注资成立的一家专注于光伏运维智能科技及解决方案的高新技术公司，拥有雄厚的人工智能技术背景和完善的质量管理体系，为客户提供安全、高效、便捷、低成本的智能化清洁及巡检解决方案，助力绿色能源行业健康可持续发展。

公司主要技术来源于团队在特种机器人、机器视觉及新能源行业深耕的技术成果转化，致力于用最前沿的技术成果为光伏组件自动化清洁及巡检提供高效智能解决方案。

团队研发的“基于 AI（人工智能）的态势感知一体化配电房运维系统”（含巡检机器人）获得了上海市 2022 年度“科技创新行动计划”技术创新基金项目（小组第一）；团队研发的第一代“分布式光伏电站智能清扫机器人”获得了上海市 2023 年度“科技创新行动计划”技术创新基金项目；2024 年 3 月，织光登陆上海专精特新专板（代码 000106）；2024 年 6 月，获得“SNEC 兆瓦级翡翠奖”；2024 年 10 月，为国内首家通过 CR 认证的光伏智能清扫机器人厂家。

案例 15 数据中心巡检场景

一、应用案例

2021年，农行稻香湖数据中心机房搬迁工程完成，原天筑机房作为灾备机房继续投入使用。面对两地机房带来的生产运行值班增加、运行维护成本上涨等问题，加之响应金融业数字化转型构建绿色机房的号召，亟需通过先进科技进行数字化转型赋能，实现降本提质增效的目标。

1、解决方案

一是智能巡检。2台智能巡检机器人部署于农业银行稻香湖数据中心，机房面积约600平方米，各类设备机柜157个，设备类别近20种。机器人根据预设的巡检指令自动进行7*24小时的巡检，捕捉设备指示灯、局部温度及噪音状态，精准识别动态环境（温度、湿度、有害气体、粉尘颗粒物等），发现异常情况实时通过邮件、短信、钉钉等多种形式进行告警；每次巡检结束后，机器人都会自动生成巡检报告，为运维人员的工作内容管理提供支持，实现“机巡为主、人巡为辅”的机房运维新模式，优化人力资源配置，达到降本增效。

机房运维对比项	人工	巡检机器人	效果
巡检频率	2次/天	8次/天	巡检频率提升300%
巡检记录方式	纸质记录	数字化记录	无纸化巡检模式
平均巡检时间	60分钟	30分钟	巡检时间缩短66%
平均故障发现时间	2小时	5-10分钟	故障发现时间提升98.3%
平均故障定位时间	4小时	1小时	故障定位速度提升75%
平均故障解决时间	6小时	2小时	故障解决效率提升67%
多机房现场运维次数	30次	8次	多机房现场运维次数降低84%
各类运维报表统计时间	至少4天1月	按需导出	运维报表生成效率提升100%

二是规范管理。机器人可通过搭载的高分辨率光学摄像

机拍摄检测通道，结合人脸识别技术监测是否有陌生人员出现；当经过核验的工作人员进入机房后，机器人能结合工单系统引导运维人员到达巡检点，运维人员可通过机器人进行语音对讲，远程监控、指挥作业人员的规范性操作。

三是无人化盘点。机器人通过 RFID 射频识别或二维码识别技术能够迅速识别比对资产信息，按照预设时间、频率自动完成资产盘点，准确率达 99%，自动生成盘点报告，盘点数据可直接与管理系统对接，便于资产管理和决策。

四是协同管理。运维人员通过使用蒙帕多机管理平台可同时接入多台机器人，随时查看每台机器人当前状态（巡检次数、位置电量等）、下达指令操作信息（指定到达、随工陪同、自动巡检、一键返回等），并根据部门、岗位、角色进行权限管理，规范化管控机器人和机房。



2、案例特色

一是机器人通过智能巡检实现对设备潜在风险的主动检测、提前预防，并能及时提醒运维人员进行异常情况排查修复，保障机房稳定运转，提升信息系统安全性。

二是通过多机管理平台实现“多台机器人协同工作，一个平台统一管控”，减少运维人员重复性作业，保障设备系统稳定运行，提升机房整体数字化管理能力。

三是该项目采用“负载均衡”和“一主一备”双重巡检

模式，日常巡检时两台机器人协同管理机房，各自负责所处区域的设备巡检；当有特殊情况发生时，任意一台机器人都可独立负责整个机房的巡检，保障机房系统持续稳定运行。

二、技术亮点

蒙帕智能巡检机器人系列拥有 3 款自研产品，其中专业版核心技术亮点如下：



一是拥有机械臂技术专利，定位精度 $\pm 0.05\text{mm}$ ，实现自动开关机柜门、服务器按钮按压、多功能仪表翻页、分合闸按压、空气开关断开/闭合等精细操作，可扩展性强；

二是指示灯识别技术准确率超 99%，实现指示灯颜色及闪烁状态精准识别；

三是 SLAM 导航技术，2 项发明专利，针对机器人多种传感器实时进行误差计算与补偿；

四是独有无源 RFID 识别技术，免开机柜门进行设备盘点，解决金属网孔门干扰、设备电磁干扰、信号屏蔽等问题。

三、标杆企业简介

上海蒙帕智能科技股份有限公司主要从事信息化建设及 IT 专业服务，业务涵盖：智能巡检机器人、智能运维综合管控平台、IT 运维、信息基础设施建设等。作为国内数据中心智能运维领域的领先企业，蒙帕自研巡检机器人已累计

推广部署超 100 台，在金融、政府、制造业、交通、能源、通讯等多行业头部客户数据中心落地，助力客户节省运维成本，加快行业智能化转型速度。

未来，蒙帕将持续深耕智能运维领域，提升核心技术水平，打造差异化竞争优势，并与高校、科研机构、上下游企业合作，构建开放共赢的产业生态，围绕多模态感知系统、数字孪生平台、轻量化边缘计算模组等先进技术方向迭代升级产品，实现从“单一巡检”向“预测性维护+智能应急联动”的跨越式升级。推广模式上，采用“标杆案例复制+订阅制服务”双驱动，既满足大型客户核心巡检目标及差异化功能需求，又针对中小客户推出机器人租赁模式，降低使用门槛。作为一家高新技术企业，蒙帕不仅要追求商业成功，更要积极履行社会责任，以科技力量推动行业进步和社会发展，促进创新技术进步和应用落地。

案例 16 电力巡检人机协作场景

一、应用案例

电力巡检是保障电网安全运行的关键环节，中国电网系统专职巡检人员约 12 万人（2022 年数据），每年需完成超 500 万次例行巡检任务。传统巡检方式面临多重挑战一是高风险作业环境。巡检人员需攀爬输电铁塔，携带绝缘子检测仪、扳手等设备，在狭窄的塔架空间内完成螺栓紧固、缺陷排查等作业，此外还存在高空坠落、高压电击的风险。二是体力消耗大。输电铁塔高度一般超过 30 米，单次攀爬铁塔平均消耗体力相当于负重徒步 5 公里，导致作业人员疲劳加剧，漏检率上升。三是效率瓶颈。视变电站设备数及规模，每次人工全面巡检需要至少 1 人天，巡检人员体力消耗大，效率提升难。



针对上述问题，傲鲨智能联合国家电网某省公司试点部署 FIT-HV 腰部外骨骼机器人，创新“外骨骼+智能巡检”模式：一是强劲电动助力。外骨骼大范围采用轻量化材料，提供

20kg 的攀登与行走助力，降低爬塔时腰部与下肢 50% 的肌肉负荷，使人员攀爬时节省大量体力，同时不影响设备携带。二是人机协同作业。通过模块化设计适配绝缘子检测仪等工具，机械臂辅助完成高空螺栓紧固作业，减少人员高空停留时间。三是数据互联。集成 5G 模块实时回传检测数据至智慧电网平台，同步记录作业轨迹与设备状态，形成数字化巡检报告。



二、技术亮点

代表产品 FIT-HV 外骨骼机器人是傲鲨智能于 2024 年 7 月发布的第五代外骨骼机器人产品，在前四代产品的基础上继续突破：

一是采用傲鲨智能自研的电机和准直驱减速系统，通过双电机协同驱动，助力表现更灵活，最大助力可达 40kg，减轻 60% 体力负担。

二是人机交互升级，内置新一代动作感应系统和 ai 姿态预测算法，根据大量实际应用数据进行训练和优化；毫秒级响应速度，可动态调整助力曲线；配备的手控器可手动多档调节助力力度、灵敏度，可在搬运助力和姿态保持功能之间自如切换。

三是通过改进的能耗管理软硬件，进一步优化能效表现，

外骨骼机器人的每块替换电池可持续工作 6-8 小时，赋予外骨骼长续航、不间断的工作能力。

三、标杆企业简介

上海傲鲨智能科技有限公司（ULS Robotics）是中国外骨骼机器人行业领军企业，2018 年成立于上海，专注泛工业领域外骨骼及人形机器人研发。公司获 ISO 9001、欧盟 CE 认证，2022 年入选工信部矿山机器人优秀应用场景，2023 年获评“上海市智能机器人标杆企业”，技术覆盖 50 余项全球专利。

目前，傲鲨智能产品已覆盖汽车制造、航空地服、矿山、物流等工业场景，并在德国、美国、东南亚等 17 个国家建立销售网络。消费级市场方面，公司通过与景区、康养机构合作（如梵净山、武夷山“登山外骨骼”案例），探索户外助力和居家养老新场景。

傲鲨智能将加速推进消费级外骨骼机器人产品量产，推动外骨骼硬件及 AI 技术的深度融合；继续深耕工业应用的同时大力发展消费场景，推进 B 端市场 C 端化，并联合全球合作伙伴建立外骨骼机器人开放生态，助力“具身智能”和“人机协作”的技术普惠化。

商业社区服务篇



案例 1 商业综合体清洁场景

一、应用案例

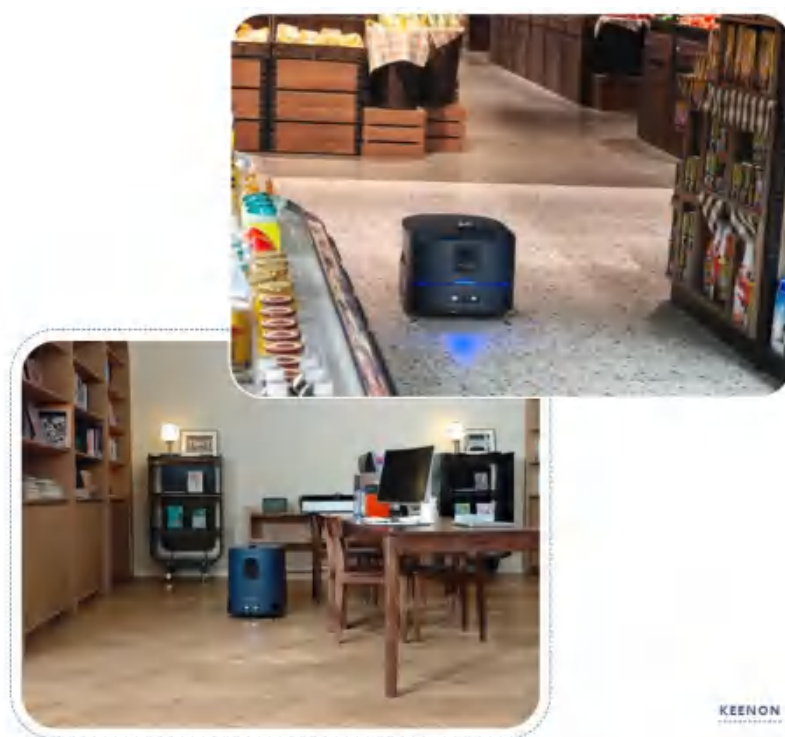
商业综合体作为高频人流聚集地、城市核心消费场所，其地面清洁需求具有高频、复杂、动态变化的特点，传统清洁方式面临多重挑战，如高峰时段清洁压力剧增、传统设备对瓷砖缝隙和地毯纤维深层污垢清理能力有限、人工清洁管理成本居高不下、设备维护成本高且缺乏数据化管理手段等。

针对上述痛点，擎朗智能基于商业综合体的复杂需求，推出全场景清洁机器人矩阵，包括轻量小微场景水洗机器人 C20、轻量中小场景水洗机器人 C25、高端地面清洁机器人 C30、专业中小场景四合一清洁机器人 C40、专业中大场景扫洗机器人 C55，通过多机协作与智能调度系统实现高效清洁。



C20、C25 专为中小场景设计，适用于商铺、餐饮区等短毛地毯和硬质地面清洁。搭载“三滚筒深拖+暴风吸力”技术，单次作业即可完成扫地、拖地全流程，清洁效率较传统机型提升 100%。C20 超薄机身专治货架底、沙发角的积

灰死角，只需每天花 3 分钟换水箱就能维持地砖透亮；C25 一次充电 6 小时可清洁 2000m²，解决大面积场所的续航痛点。30 秒速干系统通过强力吸风+纳米级蒸发技术，避免地面湿滑隐患。55cm 超窄机身灵活穿行，40cm 滚刷适配多种地面类型，支持 5 秒快换电池和污水箱一键拆卸，维护时间缩短 80%。



C30 专注于地毯深层清洁，采用 AI 算法动态调整清洁力度，深度清除饼干屑、毛发、污垢等纤维内污染物，洁净度达 99%。模块化设计支持快速更换清洁模块（如干拖、湿拖、吸尘），适配不同地毯材质。断电续扫功能让它像“查漏补缺”一样自动填补未清洁区域，搭配精准导航和灵敏避障，即使在宾客往来高峰期也能安静作业灵活避障。

C40 专为中小场景设计，集扫地、拖地、吸尘、消毒于一体，适用于商业综合体、医院、办公楼等复杂场景。搭载多模态三维感知系统，实时识别地毯、瓷砖、木地板等地面

类型并自动切换清洁模式。三滚筒设计深度清洁瓷砖缝隙油污和地毯纤维污垢，断点续扫功能确保 100%覆盖率。

C55 专为超大场景（如购物中心、机场、停车场）设计，双电池+超大水箱支持 8 小时连续作业，清洁效率较人工提升 200%。针对瓷砖、大理石等硬质地面顽固污渍，采用高压水洗+强力吸干技术，单日清洁面积达 30000m²。双电池设计可以无缝衔接随时替换，轻松应对长时间高强度清洁。

二、技术亮点

一是多模态三维感知系统。搭载 10 个高精度融合传感器（激光雷达+立体视觉+超声波），实时识别地毯、瓷砖、木地板等地面类型，自主切换清洁模式。避障能力突破行业瓶颈，55cm 超窄机身灵活穿行，可绕过 49cm 窄道障碍物，精准避让儿童、宠物及动态人流。

二是三滚筒深拖+30 秒速干技术。行业首创“扫、拖、吸”三合一设计，单次作业完成清洁流程，效率较传统机型翻倍。30 秒速干系统通过强力吸风+纳米级蒸发技术，避免地面湿滑，保障顾客安全。

三是 AI 算法驱动的断点续扫。采用擎朗自研路径规划算法，断电后自动记忆未清洁区域，重启后精准填补空缺，确保 100%覆盖率。支持云端 OTA 升级，持续优化清洁策略（如高峰期动态避让、低电量智能返充）。

四是模块化设计与易用性。5 秒快换电池、污水箱一键拆卸，维护时间缩短 80%；APP 远程控制功能实现清洁任务“零干预”。

案例 2 餐饮酒店服务场景

一、应用案例

在餐饮服务领域，传统模式长期面临人力成本高、服务效率低、标准化程度不足等痛点。以大型连锁餐厅为例，高峰期时服务员需同时处理点单、配餐、送餐及收餐等任务，导致工作负荷过重，客户体验也易因服务响应延迟而受损。此外，如后厨与前台的衔接等跨岗位协作的复杂性进一步加剧了管理难度。擎朗智能通过“岗位化+具身智能”技术路线，结合双足人形机器人 XMAN-F1 与多形态协作生态，为餐饮行业服务场景提供系统性解决方案，全面破解传统模式的痛点。



擎朗以“岗位化”为核心，将复杂服务场景拆解为独立的工作模块（如迎宾、餐食制作、配餐收台等），每个模块对应单一标准化岗位。通过构建 ProS 岗位化垂域模型，机器人可执行抓取、放置、端持等基础动作，以及冲泡、手铲爆米花等专业化技能。这些模块化能力可自由组合，快速适配

新场景需求。在快餐店场景中，XMAN-F1 通过“原子技能库”完成饮品制作、餐盘搬运等精细操作，并与配送机器人（如 T10/W3）协作，实现全流程服务闭环。这一技术路线不仅降低了机器人学习新任务的难度，还显著提升了场景适配效率和标准化水平。

擎朗构建了“通用+专用”多形态机器人协作生态，通过人形机器人与专用机器人分工协作，既满足当前场景的可靠性需求，又为未来智能化升级预留空间。在餐饮场景中：人形机器人（如 XMAN-F1）负责需精细操作的岗位（餐食制作、迎宾服务）；专用机器人（如配送机器人 T10/W3、清洁机器人 C40）承担标准化流程（配送、清洁）。



擎朗智能以“双展联动”的创新形式惊艳亮相 2025 世界人工智能大会，在大会核心的“机器人技能大舞台”中央展区，擎朗双足人形机器人 XMAN-F1 荣获 WAIC2025 的“镇馆之宝”奖项——由大会组委会从科技含量、市场前景、可复制性、社会效益等维度考量，评选出具有行业突出贡献及领先技术的创新应用。

二、技术亮点

针对传统服务场景中复杂地形和狭窄空间的挑战，擎朗推出双足人形机器人 XMAN-F1。其仿生运动控制技术与双

足动态平衡系统，使机器人能够在人流密集区域稳定行走并执行任务。通过全身协调控制，在狭窄空间、人流密集区域依然能保障稳定行走与运动，兼顾效率与安全性。此外，XMAN-F1 的手部精细化操作能力（如手铲爆米花、精准抓取餐具）可胜任传统人工依赖的岗位，大幅提升服务效率和一致性。

XMAN-F1 具备以下性能参数：

一是全身 43 自由度。7DOF 机械臂*2，高仿人手臂；6DOF 双足*2，高性能双足，稳定性；3DOF 腰身，柔性腰身，动作协调；2DOF 头部，拟人交互无障碍；6DOF 灵巧手*2，仿人精细灵巧手；深度视觉相机*4。

二是运动规划、环境感知。3D 激光雷达 立体空间建模感知；深度视觉相机*4 运动规划、环境感知；高清广角相机*4 360°全景覆盖，安全保证。

三是拟人自然交互。高清晰度全向麦克风，双声道扬声器，高清柔性曲面面部屏幕。

四是强大内置算力。100TOPS AI 算力、16GB 显存、256GB 存储。

五是高精度同步遥操作能力。支持 VR 双臂要操作数据采集，提供多模态感知、操作数据。

三、标杆企业简介

上海擎朗智能科技有限公司(KEENON)成立于 2010 年，总部位于上海浦东，专注于智能服务机器人研发、生产与销售的高新技术企业。公司以 AI 技术为核心，构建了从智能感知、多传感器融合 SLAM 到云端大脑的全链路技术栈，业

务覆盖餐饮、酒店、医疗、工业、商超等多元场景，提供送餐机器人、酒店服务机器人、医疗配送机器人等多样化的智能解决方案，在全球设立 80+营销运营中心。

凭借稳定可靠的产品、全球项目经验、售后服务，擎朗智能已成为海底捞、巴奴毛肚火锅、Spacelab 失重餐厅等众多国内外知名品牌的合作伙伴。根据 IDC 相关报告，餐饮配送机器人是中国商用服务机器人出海的主力军，擎朗智能以 44.8% 的占比位居中国厂商之首”。

截止 2024 年 12 月 31 日，公司已申请知识产权 1090 件，已获得授权专利 536 件，软著登记 47 件，涵盖硬件设计、算法、多模态交互等多个层面。同时，作为标准制定的重要参与者，擎朗智能主导或参与制定 20 项标准，其中包括 2 项国际标准、4 项国家标准、12 项团体标准及 2 项企业标准。先后获评国家专精特新“小巨人”企业、上海市科技小巨人企业、上海市企业技术中心、上海市设计创新中心等多项荣誉资质；产品通过欧盟 GDPR 隐私认证及全球 60+ 国家/地区的质量安全认证，包括 CE-MD、UL 等，成为业内首家实现全产品线国际合规认证的企业。

未来，擎朗将持续深化具身智能技术研究，将在 2025 年内拓展东南亚、中东市场，推动全球清洁行业智能化变革。依托上海全球影响力科创中心建设契机，加速构建智能机器人生态圈，助力实体经济降本增效与数字化转型，目标成为全球智能服务机器人首选品牌。

案例 3 商场清洁消毒场景

一、应用案例

中国约有 10 万家保洁公司，1000 万保洁从业人员，人均 6 万年服务费，这里蕴藏了千亿级市场；同时，清洁消毒机器人可替代 5%-10% 的人数，长期来看替代比例将逐步提高，这都将极大的降低人力成本，颠覆这个保洁行业。

1 台室内清洁消毒机器人，可替代 1-2 个人工；1 台室外清洁消毒机器人，可替代 4-5 个人工。根据当前国内人工成本，1 台自主清洁消毒机器人的投入可以在 15 个月左右收回投资。清洁消毒机器人可以比人工更为高效更为严谨地完成清洁作业；同时，清洁消毒机器人可以替代人工在人类不适宜的环境和时段进行清洁作业，比如夜间作业和在寒冷/炎热/多尘/强噪及其它有健康隐患的场所进行清洁作业。在一体化多功能工作站加持后，清洁消毒机器人可以 24 小时全天候运转，并可进行多机协同作业，满足各种定制化的清洁需求。

产品名称	型号 S1	Vacuum 40	Scrubber 50	Scrubber 75	DMHE	BEEBLE
产品定位	室内楼宇清洁全能王	室内商用清洁全能王	室内商用清洁全能王	室内用、室外大场景清洁全能王	全场景清洁全能清洁机器人	无人值守清洁机器人
产品功能	清扫、吸尘、抛光、除尘	吸尘、清扫、抛光	清扫、吸尘、抛光	清扫	清扫、吸尘、抛光	清扫
产品图片						
适用场景	大理石、水磨石、环氧地坪	大理石、水磨石、环氧	大理石、花岗岩、水磨石、环氧地坪、防静电地板、防静电垫、防静电毯	大理石、花岗岩、水磨石、环氧地坪、防静电地板、防静电垫、防静电毯	大理石、花岗岩、水磨石、环氧地坪	大理石、花岗岩、水磨石、环氧地坪
清扫面积	<1500m²	~8000m²	<5000m²	<5000m²	<4800m²	>25000m²
清扫速度	1000m²/h	1000m²/h	1000m²/h	1000m²/h	1000m²/h	1000m²/h
清扫高度	100mm	100mm	100mm	100mm	100mm	100mm
清扫宽度	100mm	100mm	100mm	100mm	100mm	100mm
清扫重量	100kg	100kg	100kg	100kg	100kg	100kg
清扫噪音	65dB	65dB	65dB	65dB	65dB	65dB
清扫续航	4h	4h	4h	4h	4h	4h
清扫充电	4h	4h	4h	4h	4h	4h
清扫价格	10000元	10000元	10000元	10000元	10000元	10000元
清扫厂家	科沃斯	科沃斯	科沃斯	科沃斯	科沃斯	科沃斯

目前高仙清洁消毒机器人已在万达广场、宝龙广场、龙湖天街、兴业太古汇、来福士、恒基广场、嘉里中心等商场落地应用。未来产品将加入灵巧手开发，针对商超、园区景区、写字楼、餐饮酒店提供技术保障，有效提升了机器人多场景的沉浸能力。



二、技术亮点


主导产品可弥补新一代信息技术领域产业技术基础方面开放式机器人基础技术服务平台短板。高仙机器人以基于激光+slam 算法技术打造商用全场景移动技术及商用清洁机器人为主要产品发展方向。

产品在功能上进行多功能融合创新，可实现以清洁、安防、消毒等多种功能一体式服务，提高产品的高性价比与分时复用性，通过融合 20+种传感器实现防碰撞、防跌落、 $\leq 1\text{cm}$ 精准定位、百平方米的建图能力、支持 50 公里时速（目前已达高速无人驾驶技术级别）以超越行业 20 倍建图水平领先业界。实现贴边清扫、梯控技术、自动加排水、充电、温湿度检测、堆头检测、移动广告、人脸识别、车位监控、消毒杀菌等多功能并适用于多场景。

免影S1-楼宇清洁全能王

集洗地、扫地、吸尘、推尘功能于一体，一机解决写字楼、酒店、住宅、零售、医院等楼宇全场景的地面清洁难题

产品功能亮点 Product features

- 
小巧灵活
 最小通行宽度0.6m，载重0吨级，兼容办公楼下地毯清洁
- 
SLAM快速建图
 快速建图，地图扫描精度高，部署效率大幅提升
- 
软硬兼容
 拖扫吸推合一，智能识别地面材质变化
- 
巡检清洁*
 自主识别垃圾，规划最优路径处理，灵活应对突发情况
- 
智能把手
 电动/手动模式无缝切换，智能助力轻松易用
- 
智慧物联
 自主自动编程，于自动编程操作时可适配工作站、充电桩、移动水箱



S1 Pro参数 (可选配CD-04充电桩、WS-03工作站、移动水箱)

产品尺寸 540(L)*440(W)*617(H) mm	续航时间 4.5 h(洗地) 4 h(吸尘) 14 h(扫地) 10 h(全满)	充电时间 ≈2.0 h
最小贴边距离 0 mm	最小转弯直径 750 mm(605 mm*)	最小通过高度 650 mm
爬坡能力 2° (≈14%)	最大理论清洁效率 250m ² /h(洗地); 1180m ² /h(扫吸)	最小通过宽度 500 mm(550 mm*)

传感器配置 激光雷达、深度摄像头、RGB摄像头、超声波、防撞锥

*最小转弯半径 1.5m

注:洗地清洁工作模式工作时间为4.5h,吸尘工作模式工作时间为4h,扫地工作模式工作时间为14h,全满工作模式工作时间为10h,爬坡能力为14%,最小通过高度为650mm,最小通过宽度为500mm。

三、标杆企业简介

上海高仙自动化科技发展有限公司的清洁消毒机器人及无人驾驶解决方案主要销售区域为海外占比80%，国内主要分布在一、二线城市，在新加坡樟宜机场、卡塔尔多哈机场、澳大利亚墨尔本机场、上海浦东机场、深圳宝安机场、杭州萧山机场、北京大兴机场、英国国王火车站等在内的诸多国际一流的航空中心及交通枢纽均有落地应用，深得用户青睐。

在上海外滩、上海兴业太古汇、新加坡国立美术馆、浙江大学、可口可乐公、北京奔驰、宝钢、广州生物岛、深圳天安云谷、武汉火神医院、浙江中医院、湖南湘雅医院、武汉军区医院等落地应用，涵盖大型商场综合体、交通枢纽、写字楼、酒店、智慧园区的城市生态空间中被大量投入运营，并为郑州宇通、高新兴、优必选、大华、科沃斯等上市企业提供无人驾驶解决方案，同时是2022年冬奥会供应商，市

占率高达 60%。

下一步，公司将以研发服务机器人为产品支撑，以助力科商场、社区等和全球更多应用场景为目标，以市场化服务需求为导向，以品牌搭建、精细化营销为战略，全方位多维度挖掘服务机器人创新应用场景，为参与到国家重大活动的服务产业链做好准备，推动服务机器人在全国范围的广泛应用。同时，在新冠肺炎抗疫过程中，积极推动服务机器人发挥更多社会担当，用技术改变人类生活，缔造更加智能化、数字化与便捷化的生活与工作环境。

案例 4 无人清扫场景

一、应用案例

传统环卫作业高度依赖人工清扫，存在作业效率低、劳动强度大、安全隐患多等痛点。针对这一现状，上海人民广场作为城市核心地标率先引入无人清扫机器人库萨星筠[®]，通过智能化手段系统性解决问题。

库萨星筠[®]是库萨科技针对环卫场景定制开发的机器人，该机器人在人民广场区域采用全时域高效作业模式，每日分3个班次沿广场内圈自动清扫4圈，作业精度达到 ± 2 厘米；其纯真空吸扫系统可有效清除各类路面垃圾，确保全覆盖无遗漏。基于多模态环境感知方案，库萨星筠[®]以视觉AI为主导融合多传感器协同工作，通过实时感知道路状况与障碍物分布，实现高精度贴边清扫并智能调整路径，保障复杂环境下的作业安全与稳定性。作业过程中，机器人按预设任务自主运行，并通过智能云控平台实现多机协同作战与远程管理——管理人员可实时监控设备状态及任务进度，进行异常处理与数据分析。平台还具备自我学习升级能力，持续优化清扫策略以提升整体作业效率。



成效方面,库萨星筠®的部署显著降低了人力依赖及相关成本,并将环卫工人从高强度重复劳动中解放出来,转向设备监控、特殊区域深度清洁等人机协同或精细化管理的岗位。机器人在密集人流与复杂场景中提供的高稳定性服务,大幅提升了公共环境清洁品质,增强了市民体验与城市形象标杆价值。

二、技术亮点

代表产品: 无人清扫机器人库萨星筠®

一是扫得更干净。机器人配备 420L 大容量水箱和 1000L 大容量垃圾桶,单次作业时长可达 8 小时,满足全天候作业需求;机身配备了自适应独立调节扫盘,会自动调节扫盘的宽度、高度和转速,对多地形进行无死角清扫作业;

二是行驶更灵活。机器人越障爬坡如履平地,拥有电子

化线控底盘，1.95m 同尺寸最小转弯半径，转弯、掉头灵活自如；

三是清扫更精细。机器人采用了 AI 视觉主导，结合多传感器融合技术，可以满足作业环境的感知需求，实现高精度贴边清扫；

四是作业更安全。机器人使用库萨科技自主研发的封闭操作系统，在通信效率、信息安全性等方面进行了优化，更能满足环卫场景的需求；

五是运行更稳定。机器人采用车规化选型与设计，适应户外复杂环境，保障全天候作业稳定可靠。

六是协作更智能。在环卫清扫作业中，机器人会与智能云控平台时连接，集中监控和调度机器人的作业状态，实时接收和处理来自各机器人的作业数据，通过智能算法优化作业路径和资源分配，实现多台机器人的高效协同作业。

三、标杆企业简介

上海库萨科技有限公司专注于设计并销售无人作业机器人、智能云控平台。为客户提供城市服务领域中涵盖全生命周期的无人作业解决方案，帮助客户实现无人作业的规模化落地。

公司核心团队由清华大学、上海交通大学、北京大学等顶尖高校人才组成，硕博比例超 50%，在机器人、自动驾驶、芯片、汽车、信息化环保等领域深耕多年，多人荣获国家级、省部级奖项，技术研发实力强劲。库萨科技是行业内最快完成产品开发及商业化落地速度最快的企业，产品作业效率为行业均值 2 倍。目前库萨科技的无人清扫机器人已在全国 20

余个区域实现商业化落地，所有机器人可购买商业化保险（产品质量险及第三方责任险）。公司拥有完整的具身机器人技术架构，强 AI 视觉主导技术方向，车规级产品开发流程及供应链支持。

库萨科技有信心让更多环卫机器人活跃在城市各处，推动产业升级，为智慧城市建设添砖加瓦。

案例 5 超市清洁场景

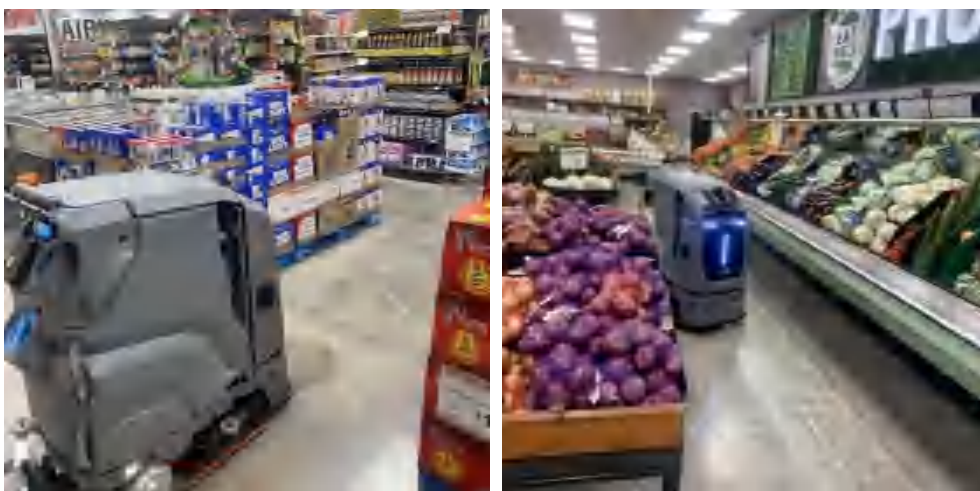
一、应用案例

美国传统超市清洁高度依赖人工操作，面临效率低、成本高、安全隐患多等系统性挑战。以美国 99 Ranch 超市和 Tom Thumb 超市为例，其清洁痛点尤为突出：一是复杂场景清洁难度大。生鲜区残留的蔬果汁液、收银台油渍、狭窄走道（宽度不足 20 英寸）需频繁深度清洁，人工操作耗时长达 6-8 小时，且难以彻底覆盖货架底部及边缘死角；二是人效与成本矛盾。夜间清洁需配置 4-6 名员工，人力成本占比超总清洁预算的 80%，但高峰期因员工流动性高易出现清洁中断。三是安全隐患与体验下降。夜间作业灯光昏暗，员工滑倒风险增加（Tom Thumb 超市 2023 年报告 3 起工伤事件），且清洁设备噪音（超 70 分贝）干扰周边居民。四是资源浪费严重。传统洗地机水耗达 5 加仑/小时，化学清洁剂年用量超 200 升，环保压力与运营成本同步攀升。

针对上述痛点，汤恩智能设计“TN70+TN10 双机协同”解决方案，结合 AI 导航、多传感器融合与模块化清洁技术，实现全场景覆盖。

TN70 机器人具备超大的水箱和续航能力，专门针对大面积的场景进行清洁。搭载 360° 激光雷达与视觉 SLAM 系统，动态规划路径，适应复杂货架布局。配备双刷盘+真空吸污系统，可切换“扫吸拖”模式，帮助生鲜区油污清洁效率提升 90%。在 Tom Thumb 超市生鲜区（面积 9,893 平方英尺）单次任务耗时 1 小时 25 分钟，效率达 6,907 平方英尺/小时，较人工提升 4 倍；夜间自主作业覆盖 1.3 万平方英尺，水耗仅 18.5 加仑（较传统设备节省 35%）；

TN10 机器人适合于货架边缘，窄道，收银台等狭窄的区域。精准定位，贴边精度 $\pm 1\text{cm}$ ，彻底清洁收银台缝隙、货架底部。在 99 Ranch 超市边缘清洁任务中，效率达 5,500 平方英尺/小时，3 小时内完成全店 5.5 万平方英尺边缘覆盖，人工同等任务需 8 小时。支持“即停即充”模式，任务中断后自动回充，30 分钟补电可续航 1.5 小时，保障清洁连续性。



在人力成本方面，夜间清洁团队从 6 人缩减至 1 名监督

员，单店年节省 12.8 万美元。在能耗与水耗方面，TN70 水循环系统降低水耗 20%，年节水成本约 1.2 万美元；电力消耗较传统设备减少 30%（月均电费下降 800 美元）。在设备维护方面，机器人模块化设计使维护时间从 2 小时/次缩短至 5 分钟，年维护成本降低 45%¹⁰¹⁶。在顾客体验方面，24 小时无干扰清洁使晨间开业准备时间提前 1 小时，顾客投诉率下降 18%（据 99 Ranch 调研数据）。在品牌形象方面，通过 ESG 报告披露清洁减碳数据（年减排 CO₂ 12 吨），助力超市获“绿色商业领袖”认证。在员工安全方面，工伤事故归零，员工满意度提升 32%，间接降低保险支出。

二、技术亮点

代表产品：TN10 机器人

汤恩科技依托四大核心技术构建核心竞争力：

- SPAD dTOF 激光雷达；
- 多模态智能导航系统；
- 生成式场景学习平台；
- 高性价比清洁模组。

自主研发的国内首个商用级单光子激光雷达，以 300 元成本实现 50 米超远测距与透明物体多回波检测，打破技术壁垒；基于多传感器融合与 AI 算法的导航系统，支持单次 10 万平方米空间建模，并通过动态学习持续优化路径规划，适应复杂场景变化。通过整合低成本自研激光雷达与摄像头，产品综合成本较欧美竞品降低 80%，获欧盟 CE/IEC60335 安全认证，人工干预频率减少 50%，市场竞争力显著提升。

技术优势快速转化为全球市场突破，公司清洁机器人已

进入沃尔玛、雀巢、海天味业等国际头部企业场景，全球部署超千台。

三、标杆企业简介

汤恩智能科技（上海）有限公司创始人崔彧玮毕业于中科大少年班，博士就读于美国马里兰大学计算神经科学专业，在创立汤恩科技之前曾在硅谷知名人工智能公司 Numenta 任高级研究员，在人工智能和机器人领域有十余年研发和产业落地经验，曾带领团队完成国内首个基于视觉人工智能功能的低成本机器人导航系统的开发并实现大规模产业化应用。

汤恩科技的核心团队来自于华为、富士康等知名科技公司，及多家商用清洁设备上市公司的核心管理人员。团队具有机器人行业的丰富产业化经验及全球的品牌及销售渠道搭建能力。目前实现了上海研发，长三角生产，美国销售的三驱动架构。充分利用长三角一体化的产业优势，在全球近 30 个国家实现了渠道拓展和产品销售，产品已进入沃尔玛，雀巢，Ranch99，海天味业，奥兰多机场等多个行业标杆场景。2024 年实现近 2000 万人民币销售额，其中 80% 来自海外市场，海外营收增速超过 400%，毛利达 75%。

技术驱动全球化布局，海外业务爆发式增长是汤恩科技目前及接下来重点方向。公司将继续深化全球化战略，重点拓展欧美高端市场，推动中国智能清洁机器人的技术优势与品牌价值在全球范围内落地。并深化 AI 与机器人技术融合，开发具备自学习能力的下一代产品，积极探索 AI 与商用清洁机器人的结合，实现更多应用场景。未来将重点拓展欧洲及东南亚市场，致力于成为全球智慧清洁解决方案的领导者。

案例 6 商业餐饮场景

一、应用案例

中餐市场规模庞大，据相关数据显示，2024年已达到57812亿元。传统的中餐生产模式面临着效率低下、标准化程度低、食品安全难以把控、人力成本攀升等诸多问题。

熙香科技以AI+IOT无人化标准重构餐饮生产体系，打造覆盖预处理、烹饪、分装、结算全链路的智能餐饮机器人方案，成功克服上述难点。熙香AI智能餐厅包括备餐模块、调度模块、烹饪模块、出餐模块、线上点餐模块。备餐模块通过智能备餐屏、视觉识别称重设备、加料机精准配料。



调度模块利用机械臂、移栽机与AGV小车优化食材搬运，保证运送精确程度，最大化食材运送效率；烹饪模块凭借多功能蒸烤箱、炒菜机与油炸炉等设备，通过传感器控制温度、湿度与时间，通过雾化烹饪、低温慢煮烹饪等烹饪方式，保留食材营养素，同时具备自动清洗功能，让排污、清洗非常

便捷。



出餐模块则借助上餐机械臂、视觉结算台等设备提升用餐效率，自动计算餐品价格，支持多种支付方式。



基于以上创新技术的应用，解决了传统餐饮面临的痛点：一是提高生产效率。无人化的生产流程大大提升了坪效，相比传统后厨提高了 5-10 倍的生产能力；二是强化食品安全。通过 IoT 设备实现出品稳定性（误差率 $<2\%$ ）和视觉检测协同，减少了人为和供应链因素对食品安全的干扰；三是提升菜品标准化与品质。通过 IoT 传感器（温度、重量、时间控制）实现 95% 以上标准化；四是降低运营成本。3000 人食堂后厨人员配置从传统 10 人降低到 2 人，人工成本可节省 50%-60%，库存预测管理系统亦可降低食材浪费；五是饮食健康。膳食管理功能则帮助用户更好地规划饮食健康，社区食堂可接入民政老龄健康数据库，慢性病饮食干预覆盖率超 80%，增强社区食堂可持续发展性。

二、技术亮点

1、软件系统：AI 驱动全流程智能决策

一是 MES 毫秒级动态调度。突发故障处理效率提升 3 倍，生产连续性提高 40%。

二是 APS 智能排产引擎。实时优化食材、设备、订单数据，降低食材浪费 30%，出餐延迟率趋近于 0，客户成本节省超 20%。

三是多算法协同+RFIDYOLO+DeepSORT+MobileNetV3 构建“感知-追踪-决策”闭环，目标检测精度 99.5%，跟踪误差 <0.1%；RFID 与 AI 视觉互补：RFID 监控全流程数据，AI 实现毫米级定位防撞，配送效率提升 40%，加工误差趋近于 0；双系统交叉验证结算，准确率超 99.99%。

四是 Kitchen Engineer 生成式厨房 OS。全球首个融合 LLM 与供应链数据的餐饮大脑，支持 2000+SKU 动态管理；用户健康画像生成定制菜谱（如糖尿病低 GI 方案），满意度提升 45%；AI 捕捉餐饮趋势驱动创新，研发周期缩短 70%。

五是智慧工厂配置系统。零代码个性化配置设备布局与动线，交付周期缩短 50%，市场无竞品对标。

2、硬件创新：精密机械与算法深度耦合

一是高度集成设备集群。嵌入式加料机、智能炒菜机等 20+类自研设备，通过算法实现智能联动（非单机拼接）；

二是机械工艺壁垒。炒菜机高精度齿轮传动确保搅拌稳定性；蒸烤箱加热管定位精度 $\pm 2\text{mm}$ ，隔热材料降低能耗 30%；

三是多传感器融合。温度/压力/视觉传感器实时调控烹饪参数，出品稳定性达 98%。

3、工艺数据库：千次验证的独家参数体系

一是 2000+菜品工艺库。融合食材特性、设备性能与口味需求的最佳烹饪参数；

二是全流程生产模型。从预处理（智能清洗切割）到配送（包装与路线优化）的科学标准化体系。

三、标杆企业简介

上海熙香艺享电子商务有限公司作为国内人工智能无人厨房解决方案的先驱者，始终专注于借助人工智能技术达成餐饮标准化生产这一核心目标。公司持有超百项专利技术和软件著作权。熙香及旗下子公司世味零厨是国家高新技术企业和上海市专精特新企业，2024 年“上海市标准化试点优秀案例”，旗下 AI 食堂被评选为 2023 年度社区长者食堂“双优”单位，设备研发团队被评为上海市“劳动模范集体”、上海市“工人先锋号”。

熙香科技将始终以“AI+IoT 重构餐饮生产力”为使命，深耕技术迭代与场景融合，致力于成为全球智慧餐厨生态的引领者。未来三年，我们将围绕三大核心战略加速布局：

一是技术引领。持续投入餐饮垂直领域 AI 算法与仿生机器人研发，实现家庭场景全品类烹饪自动化，推动 L5 级无人厨房技术标准全球化；二是场景破界。2027 年完成团餐、连锁、家庭三大场景全覆盖，落地 1000+智能厨房节点，赋能中国传统餐饮市场智能化升级；三是全球共生。依托模块化硬件与本地化算法，在东南亚、欧洲建成 5 大区域中心，生态链带动千亿市场，树立“中国智造”餐饮科技标杆。

案例 7 新能源汽车充电场景

一、应用案例

广陵服务区作为连接北京与上海方向的重要交通枢纽，在五一假期期间迎来了空前的车流高峰。数据显示，每日过往车辆高达数万辆，其中新能源汽车占比攀升至 20% 左右，较平日呈现显著增长态势。然而，双向服务区内原有的固定充电桩数量仅不到 20 个，这样的基础设施配置与激增的充电需求形成了尖锐矛盾。在高峰时段，新能源车主往往需要排队 3-4 小时才能完成充电，漫长的等待不仅让车主们情绪焦虑，更出现了部分车辆因电量耗尽，被迫在服务区内紧急寻求应急充电的情况。这不仅严重扰乱了服务区的正常秩序，也极大地降低了旅客的出行体验，成为假期交通服务中的一大痛点。



为有效破解广陵服务区五一期间新能源车充电难题，我们针对性地引入了移动储能充电机器人。该机器人具备 80KW 直流快充能力，能够在短短二十分钟内为车辆增加

200 公里的续航里程，充分满足车主快速补能的需求。与传统固定充电桩相比，移动储能充电机器人具有高度的灵活性，可根据实时充电需求在服务区内自由调度，精准对接待充电车辆。当某一区域出现充电车辆聚集时，机器人能迅速移动至该区域提供服务，避免了固定充电桩位置固定导致的局部拥堵问题。同时，其储能特性使其无需依赖服务区原有电网的扩容改造，可快速投入使用，及时填补充电设施的缺口，为高峰期的充电保障提供了高效解决方案。

移动储能充电机器人的应用，为广陵服务区带来了显著的经济效益和社会价值提升。在经济效益方面，机器人的投入避免了因紧急扩容电网而产生的高额建设成本，同时通过高效的充电服务提升了服务区的车辆周转效率，间接带动了服务区内餐饮、零售等配套业务的消费增长。

在社会价值层面，其带来的改变更为突出。五一假期后的用户满意度调查显示，车主对服务区充电服务的满意度从之前的 30% 大幅跃升至 80%。便捷高效的充电体验有效减轻了车主的“里程焦虑”，让他们在旅途中更加从容自在，整体出行体验得到显著提升。此外，充电秩序的改善也减轻了服务区管理人员的工作压力，保障了服务区的正常运营秩序，为假期交通服务的顺畅提供了有力支撑，树立了交通枢纽应急服务保障的良好典范。



二、技术亮点

代表产品：移动储能充电机器人

一是大容量长寿命储能技术。采用磷酸铁锂储能电池，单机储电量达 102kWh，循环寿命 ≥ 8000 次，远超行业平均水平，大幅降低长期使用中的电池更换成本。

二是精准灵活的导航避障系统。搭载激光 SLAM 导航与多传感器融合避障技术，定位精度可达 $\pm 5\text{cm}$ ，能适应城市复杂路面，爬坡倾角达 15° ，确保在服务区等人员车辆密集场景中灵活移动、安全作业。

三是广泛兼容的充电模式。兼容 GB/T 20234.1/2/3 标准，同时支持直流快充（最大输出功率 80kW）与交流慢充，可满足不同车型、不同充电需求的新能源汽车，适配性极强。

四是高效稳定的温控能力。运用液冷散热技术，控温精度 $\pm 2^\circ\text{C}$ ，能在 -30°C 至 55°C 的极端环境温度下稳定运行，且充电过程中电池温差 $\leq 5^\circ\text{C}$ ，显著提升电池安全性与使用寿命。

五是突破场景限制的创新设计。有效摆脱占用地表空间、电网容量的约束，无需进行变压器扩容，规避了高额的扩容成本和漫长的施工周期，可快速部署于商业区、通勤枢纽等充电需求集中且传统充电设施受限的场景，解决排队时长超

40 分钟的难题。

三、标杆企业简介

耶书伦（上海）新能源科技有限公司在新能源领域成绩斐然，实力强劲。2024 年 8 月 12 日，被上海股权托管交易中心批准进入上海专精特新专板（企业代码：000257），更是凸显其在专精特新领域的卓越表现。同时，作为高新技术企业、创新性中小企业、国家级科技型中小企业，耶书伦在技术创新与企业发展方面不断突破。不仅入围上海市专利导航立项名单，设立博士后创新实践基地，还担任移动储能充电机器人团体标准起草单位，深度参与行业标准制定，引领行业发展潮流。

在业务成果方面，公司研发的移动储能充电机器人技术先进，切实解决新能源充电难题。在不同的应用场景中，有效缓解了新能源车充电压力，提升用户体验。公司还积极探索多种创新充电模式，例如建设光储充一体化综合能源超充电站，整合光伏发电、储能和电动汽车充电，通过智能能源管理实现成本降低和供电系统的安全稳定运行；研发的移动储能充电机器人，实现“桩找车”的共享充电模式，极大提升充电便利性。

展望未来，耶书伦将继续加大在新能源技术研发上的投入，持续优化移动储能充电机器人等核心产品，进一步提升产品性能与服务质量。计划拓展更多应用场景，不仅聚焦交通枢纽的充电难题，还将目光投向社区、商业区等更多区域，致力于让便捷、高效的新能源充电服务惠及更广泛人群，为推动新能源产业发展与绿色出行贡献更大力量。

案例 8 商业办公综合体清洁场景

一、应用案例

商业办公综合体作为一个集办公、零售、餐饮、娱乐等多种功能于一体的大型建筑群，人员密集、功能区域多样，其清洁工作长期面临诸多难题。一是办公区域地毯清洁常见痛点包括咖啡、茶、食物残渣等日常办公中常见的污渍处理困难，地毯深度清洁需求高，办公区域脚步频繁导致磨损严重，清洁时间窗口有限等；二是地库清洁常见痛点包括人力成本高但效率低，垃圾类型复杂且清洁难度高，运营监管难度大，对清洁过程缺乏可视化数据支持，高峰时段干扰大，传统设备用水量且污水排放难管理等；三是仓库清洁常见痛点包括空间大且结构复杂，清洁频率高等。

毛驴快跑机器人针对各个区域的清洁难点，提供了定制化的智能清洁解决方案，以适应不同的清洁需求。

一是办公区域地毯清洁。毛驴快跑地毯蒸汽清洁机器人集自动驾驶技术和蒸汽清洁技术于一体，可以深度清洗地毯上的各种顽固污渍以及各种碎屑垃圾。在蒸汽清洁模式下，蒸汽可深度清除嵌入的污垢、污渍和细菌。快速干燥模式下，地毯短时间内即可干燥并重新投入使用，使地毯焕然一新。



二是地库清洁。毛驴快跑地库清洁机器人专为大场景的智能无人清洁而生，可支持百万平米的超大场景的建图、定位、导航的无人清洁作业。拥有超强的洗地去污能力，正常洗地压力达到 46kg（可扩展到 100kg）。能精准识别车位和车辆，轻松跨越减速带，同时清洗车道和车位，单日作业面积可达近 18000 平方米。



三是仓库清洁。毛驴快跑仓库清洁机器人可高效清理各类仓储杂物，从细微粉尘、纸屑到塑料袋、缠绕膜、螺丝、木块等仓库常见的各类垃圾，一次完成清扫作业。全场景覆盖，高规格传感器配置，轻松识别各类大小垃圾，高效智能清扫，7×24 小时无人值守作业，能够避开障碍物，高效完成仓库内的清洁任务，提升仓储管理效率。



毛驴快跑机器人在商业办公综合体的智能清洁解决方案，解决了传统清洁方式的诸多难题，是未来智能清洁领域的重要发展方向。在经济效益提升方面，机器人清洁提高清洁效率，减少人力成本和时间成本，降低运营费用，帮助物业公司实现降本增效的目标。清洁质量的提升也带来环境舒适度的提升，吸引更多的企业和客户入驻，增加综合体的收入。在社会价值提升方面，智能清洁机器人不仅提升综合体

的整体形象，还改善员工的工作环境。机器人清洁的广泛应用也为推动智能化城市建设做出了贡献。

二、技术亮点

- 应用超高速数字马达技术，可清扫 1.5L 矿泉水瓶，奶茶杯、塑料袋等垃圾，业内领先的商用清洁机器人；
- 全天候工作：雨雪、灰尘智能过滤算法，在多种恶劣天气下可以使用的清洁机器人；
- 高精度的智能定位算法，室外精度达 5cm，业内领先；
- 自研 SioEslam 算法，实现清洁无死角便利导航，领先目前流行的导航技术一代以上；
- 采用 AIGC 大模型为垃圾识别模型生成训练数据集，免标注；
- 贴边清扫：独创极致贴边算法，实现 0cm 无缝隙清扫；
- 续航：智能 BMS 管理及运动控制节能算法，10-12 个小时的超长续航；

三、标杆企业简介

上海永力信息科技有限公司成立于 2011 年，专注 IOT 及 L4 无人驾驶技术研发的高新技术企业。基于自研的无人驾驶线控底盘核心硬件、运动控制系统、导航系统和决策系统，结合自研的高精度定位算法 UniHPP，3D 点云和匹配算法，融合 GPS 及多传感器融合、目标检测算法，实现环境的智能感知和自主决策和导航。

公司旗下的毛驴快跑全场景商用清洁机器人，是目前全球市场上仅有的几家覆盖室内外各个场景的无人驾驶清洁

机器人。独特的功能和系统设计让我们的产品性能独树一帜，可清扫 1.5L 饮料瓶以下的各种垃圾，并获得美国 FCC，欧盟 CE 认证以及 ROHS 认证，深受用户喜爱。

公司已于 2025 年 7 月 11 日公开递交纳斯达克 IPO 申请，中国证监会海外上市备案已提交，预计 2025 年年底或 2026 年年初完成纳斯达克上市。

未来，毛驴快跑机器人将持续加大研发投入，聚焦人工智能与机器人技术的深度融合，开发更多实用功能，进一步增强产品的适应性和便捷性。针对不同行业和场景需求，提供个性化解决方案，满足客户的多样化需求。同时积极开拓海外市场，参与国际竞争与合作，提升全球影响力，让智能清洁解决方案惠及全球更多用户，致力于成为全球领先的智能清洁机器人品牌，推动行业向更高水平发展。

案例 9 商超无人咖啡场景

一、应用案例

商超作为高频消费场所，对便捷餐饮服务的需求日益增长，但传统模式存在以下痛点：一是人工成本高。咖啡师培训及薪资成本占运营成本较大比例；二是空间利用率低。传统咖啡吧台需较大面积，小型商超难以部署；三是服务效率不足。高峰时段顾客排队时间长，影响购物体验；四是标准化程度低。人工制作易出现品质波动，影响品牌口碑；五是营业时间受限。夜间或非高峰时段难以维持人工服务。

同时机器人应用也存在以下难点：一是商超人流量大。机器人需具备高精度避障和稳定运行能力。二是多任务处理。需同时支持咖啡制作、支付、清洁等功能，对系统集成要求高。三是供应链管理。需实时监控原料(咖啡豆、牛奶、糖浆)余量，确保连续运营。四是消费者习惯培养。部分顾客对无人咖啡服务接受度仍需提升。



新松多可咖啡机器人通过智能化技术提供以下解决方

案：一是全自动化制作。支持美式、拿铁、摩卡等 20+种饮品，精准控制温度、浓度。二是高效运营。单杯制作时间 90-120 秒，日均产能 200+杯，相当于 3 名咖啡师。三是灵活部署。块化设计，可嵌入商超入口、休息区或收银台旁。四是智能运维。物联网远程监控，自动预警缺料或故障，降低人工干预。

咖啡机器人通过高精度协作机器人运做可实现多种咖啡集成设备灵活应用。AI 视觉识别，自动检测杯具位置、原料余量，确保制作精度。多模态交互，支持触屏、扫码点单，适配不同年龄段用户。通过全自动化操作+全智能化管理，实现 7*24 小时全年全天候营业。



二、技术亮点

新松多可咖啡机器人操作简单，支持多种饮品配方选择，出品标准化。端系统可一键保存并同步配方至线下门店，实时查看数据。采用简约大气设计最大化内部空间利用率。支持扫码点单灵活适配多场景运营，实现一机多用。配备 AI 后台软件及高精度机械臂，具备智能监控、紫外线杀菌和自

动清洗功能。解决了传统咖啡店人力成本高、旺铺空间稀缺、品质不稳定等问题，为零售自动化发展提供了全新商业范式。

一是投放灵活，快速回本。新松多可咖啡机器人方案运用一体化集成架构，仅占 2.1m² 空间且支持快速移动，既减少场地租赁成本，又能灵活布局于多类高人流场景，运营成本仅为传统门店的 20%，助力实现更高商业回报。

二是快速出品。依托多可 GCR 系列协作机器人卓越硬件性能，新松咖啡机器人方案较传统人工制作模式，出品效率提升 20%，最快 90 秒完成咖啡制作，饮品一致性显著增强，助力优化消费体验。

三是多种搭配。新松多可咖啡机器人方案可制作 20+ 种特色饮品，并能自定义糖度及温度，精准适配多元口味需求。

四是全天候服务。全自动化操作+全智能化管理，实现 7*24 小时全年全天候营业。

三、标杆企业简介

2014 年中科新松有限公司正式成立。作为新松旗下针对智能机器人的子品牌，多可机器人率先取得多项自主研发的专利技术，一路上业开发了多款机器人产品：国内首个七轴协作机器人，国内首个双臂协作机器人，国内首个大负载协作机器人，国内首个 2m 长臂展协作机器人，国内首个移动协作机器人。截至目前，中科新松拥有了完善的协作机器人产品矩阵。产品广泛应用于汽车、能源、半导体、3C、教育创新、医疗健康、食品药品、服饰纺织等行业，可轻松实现智能拣选、抛光打磨、上下料、装配、拧钉、质量检验、搬运、码垛、涂胶涂油等功能。产品出口东南亚、北美、欧洲

等数十个国家与地区，品牌影响力享誉全球。

中科新松被工信部认定为首批国家重点支持的“专精特新”小巨人企业，成为协作机器人细分领域的“隐形冠军”；荣获“高新技术企业”、上海市“科技小巨人”企业、上海市企业技术中心、上海市智能工厂、上海市专利工作示范企业，入选《上海市第一批智能制造解决方案供应商推荐目录》，获得全国五一劳动奖、上海市科技进步一等奖等殊荣。

智慧协力，世界向前。中科新松将与更多客户携手同行，共创美好的未来！

案例 10 无人咖啡亭场景

一、应用案例

作为中国最具盛名的商业街之一，上海南京东路步行街每日吸引着数以万计的国内外游客。传统的咖啡店在高昂的租金与高人力成本双重压力下导致，一方面饮品价格居高不下；另一方面，人工服务难以保证 24 小时不间断供应。而且人工出品的品质与效率难以标准化。尤其在节假日客流高峰期，现场点单排队现象严重影响游客体验。此外，对于年轻消费群体和国际游客而言，个性化体验和科技感营造方面也存在提升空间。这些因素共同制约着景区服务质量的进一步提升和商业潜力的充分挖掘。



针对上述痛点，上海氮豚机器人科技有限公司自 2018 年起，在南京东路步行街核心区域率先投放了 COFE+全智能机器人现磨咖啡亭。占地 2.35 平方米。面积小，部署灵活，全天候 24 小时无人化运营。其通过集成先进的人工智能算

法、精密机械臂和全封闭式制作系统，能够为消费者提供包括现磨咖啡、奶茶、巧克力饮品等在内的 5 大类 50 多种饮品选择。整个制作过程全透明可视，平均 50 秒即可出品一杯稳定且高品质的饮品。

COFE+机器人咖啡亭无人化运营，无需门店大幅降低了 90% 的运营成本；日产能千杯，显著提升了效率和投资回报率。即使在旅游淡季或工作日，单台设备日均销量仍能稳定保持在 200 杯上下，充分证明了其强大的市场吸引力和盈利能力。



在社会价值方面，首先，COFE+提升了南京东路步行街的服务品质与效率，为市民和游客提供了便捷、卫生、高品质的饮品选择，24 小时不间断服务充分捕捉各时段的消费需求，提升了公共空间的整体服务能级。其次，对于国际游客而言，COFE+机器人制咖啡的体验极具吸引力，许多海外游客对其自动化流程、多语言交互及稳定出品表示赞叹，并主动通过社交媒体（如 Instagram）分享，这无形中成为了展示中国科技创新实力、提升国家智能化形象的民间窗口。再者，COFE+的应用普及了人工智能和机器人技术在日常生活中

的应用，推动了公众对新科技的认知与接受。

二. 技术亮点

代表产品：COFE+第6代全智能多品类现磨咖啡机器人

一是 AI 驱动与冠军技艺复刻。集成 AI 智慧大脑与多自由度仿生机械臂，实现全流程精准自动化，全球唯一能 100% 复刻咖啡冠军手艺，饮品品质媲美世界一流咖啡馆。

二是超高稳定性与运营寿命。全球唯一能实现日产千杯、误差近零，单次加料连续出品 300 杯，并具备稳定运行超 10 年、稳定优质出品约 50 万杯的行业领先高寿命设计。

三是全球化智能远程管控。独创“1 键 1 秒”远程全智能控制店铺，通过云平台实现全球设备菜单秒级更新、95% 故障远程修复及全天候智能运维。

四是极致品类与个性化交互。全球唯一能鲜制咖啡、奶茶、巧克力、乳饮等 5 大类 50 余种饮品，支持双豆双奶、多工艺及深度个性化定制，并通过虚拟服务员引导友好人机交互。

五是全球权威认证与合规标杆。全球唯一获得美国食品药品监督管理局（FDA）颁发合格证的咖啡机器人，并全面符合欧盟禁塑令、环保法规及国际运输安全规定，树立行业合规典范。

三. 标杆企业简介

上海氩豚机器人科技有限公司（COFE+）是机器人现磨咖啡的全球开创者与技术定义者，拥有 80 多项国际专利，其数量与质量远超行业同侪。公司不仅是全球唯一获得美国食品药品监督管理局（FDA）认证的咖啡机器人企业，其产

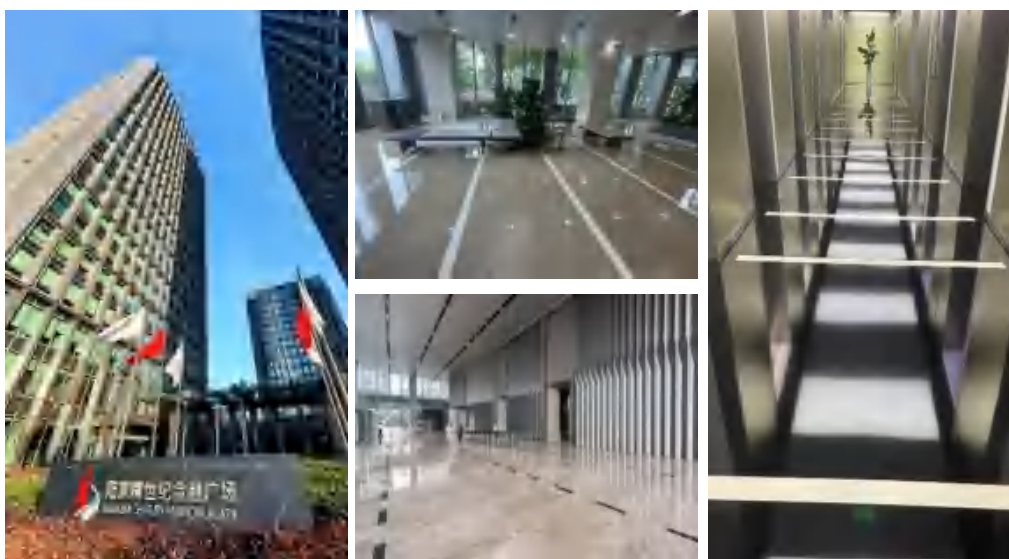
品更凭借卓越的品质与创新技术，畅销全球五大洲 40 多国的近百城。服务网络遍及全球各大洲，覆盖了从世界 500 强企业总部到国际交通枢纽，从顶级商圈到著名文旅景区的数百种高频消费场景，奠定了其在全球智能零售与服务机器人领域的绝对领导地位。

上海氩豚机器人科技有限公司将继续秉持创始人韩非子先生提出的“从此再无亏损的咖啡馆，从此再无辛苦的服务业，从此再无苦逼的店老板，让世上消费者从此实现咖啡自由”的宏大愿景。公司将持续加大研发投入，推动人工智能、机器人技术与服务业态的深度融合创新，不断拓展 COFE+机器人的应用场景与服务边界。我们将致力于打造全球领先的无人零售与智能服务生态系统，以科技力量赋能传统产业转型升级，为上海建设具有全球影响力的科技创新中心贡献力量，让高品质、智能化的便捷生活服务惠及全球更多消费者，引领全球服务机器人行业迈向新的高峰。

案例 11 石材养护场景

一、应用案例

陆家嘴世纪金融广场地处陆家嘴金融贸易区核心地带，总占地面积约 5.34 万平方米，总建筑面积约 44 万平方米（含地下三层）。其中，3 号楼、5 号楼的大厅面积在 800-1000 平方米之间；3 号楼共 31 层（含 26 层办公楼层），5 号楼共 19 层（含 17 层实际办公楼层）。各楼层电梯厅及走廊面积约 120-150 平方米，地面均采用大理石铺设。



传统作业模式存在明显局限：一是养护人工成本增加，且多家外包团队的服务质量参差不齐；二是作业人员管理难度大，耗材成本难以有效控制；三是作业效果高度依赖工人的经验及专业度，标准化作业模式难以快速复制；四是夜间作业劳动强度高、体力消耗大，导致工作效率难以提升。

该项目目前由保洁公司的 4 位石材养护专员负责日常石

材护理工作，具体作业安排为做6休1，大堂区域每周养护一次，其余楼层每月养护一次。按此安排，每位专员每晚需完成120-150平方米的养护作业，以有效工作时间4小时计算，每人每小时至少需完成30平方米的石材养护工作。而派特纳自研的晶面养护机器人，平均每小时作业面积为40-60平方米，一次充电可持续工作8小时。

人机协同智能化石材养护作业方案，能够精准解决传统作业模式存在的各类痛点。同时，通过数字化、规范化的管理手段，可帮助企业切实实现“降本增效”的目标。以此项目为例，3号楼、5号楼均采用1人+1机协同作业模式后，各楼层地面石材养护频次翻倍，每月仅用工成本可降低约26%。

3号楼(3F)人机协同石材养护								
楼层	地面材质	养护面积	石材养护机器人	日期	石材养护时间	工作时长	人机协同	
【2#】 3F-3F-3F	3楼	大理石	300-400㎡	周一	13:00-14:00	2h/工作班	单人工作	
【2#】 6F-7F-8F	3楼	大理石	300-400㎡	周二	13:00-14:00	2h/工作班	单人工作	
【2#】 9F-10F-11F	3楼	大理石	300-400㎡	周三	13:00-14:00	2h/工作班	单人工作	
【2#】 12F-13F-14F	3楼	大理石	300-400㎡	周四	13:00-14:00	2h/工作班	单人工作	
休息				周五				
【2#】 1F大堂	大堂	大理石	500㎡	周六	9:00-16:00	8h/工作班	单人工作	
【2#】 1F大堂	大堂	大理石	500㎡	周日	9:00-16:00	8h/工作班	单人工作	1.人机协同机器人协同工作 机器人能大面积区域 人工难以到达的区域 人工巡检机器人更换耗材
【2#】 10F-11F-12F	3楼	大理石	300-400㎡	周一	9:00-16:00	8h/工作班	单人工作	
【2#】 13F-14F-15F	3楼	大理石	300-400㎡	周二	9:00-16:00	8h/工作班	单人工作	
【2#】 16F-17F-18F	3楼	大理石	300-400㎡	周三	9:00-16:00	8h/工作班	单人工作	
【2#】 19F-20F-21F	3楼	大理石	300-400㎡	周四	9:00-16:00	8h/工作班	单人工作	
休息				周五				
【2#】 1F大堂	大堂	大理石	500㎡	周六	9:00-16:00	8h/工作班	单人工作	
【2#】 1F大堂	大堂	大理石	500㎡	周日	9:00-16:00	8h/工作班	单人工作	

5号楼(5F)人机协同石材养护								
楼层	地面材质	养护面积	石材养护机器人	日期	石材养护时间	工作时长	人机协同	
【2#】 5F-5F-5F	3楼	大理石	300-400㎡	周一	9:00-13:00	2h/工作班	单人工作	
【2#】 6F-7F-8F	3楼	大理石	300-400㎡	周二	13:00-17:00	2h/工作班	单人工作	
【2#】 9F-10F-11F	3楼	大理石	300-400㎡	周三	13:00-17:00	2h/工作班	单人工作	
休息				周四				
【2#】 12F-13F-14F	3楼	大理石	300-400㎡	周五	9:00-13:00	2h/工作班	单人工作	
【2#】 1F大堂	大堂	大理石	500㎡	周六	9:00-16:00	8h/工作班	单人工作	1.人机协同机器人协同工作 机器人能大面积区域 人工难以到达的区域 人工巡检机器人更换耗材
【2#】 1F大堂	大堂	大理石	500㎡	周日	9:00-16:00	8h/工作班	单人工作	
【2#】 10F-11F-12F	3楼	大理石	300-400㎡	周一	9:00-13:00	2h/工作班	单人工作	
【2#】 13F-14F-15F	3楼	大理石	300-400㎡	周二	13:00-17:00	2h/工作班	单人工作	
【2#】 16F-17F-18F	3楼	大理石	300-400㎡	周三	13:00-17:00	2h/工作班	单人工作	
休息				周四				
【2#】 1F大堂	大堂	大理石	500㎡	周五	9:00-16:00	8h/工作班	单人工作	
【2#】 1F大堂	大堂	大理石	500㎡	周六	9:00-16:00	8h/工作班	单人工作	
【2#】 1F大堂	大堂	大理石	500㎡	周日	9:00-16:00	8h/工作班	单人工作	

二、技术亮点

派特纳晶面养护机器人 PAIPO 是一款专为室内场所地面养护设计的移动机器人，可广泛应用于商场、写字楼、医院、酒店、大型交通枢纽等场景，针对大理石、花岗岩、人

造石、PVC 等各类地面材质，提供抛光、养护、除蜡等日常养护服务。

该机器人通过技术创新，无需扫图，即能够实现石材养护自动化作业、工艺品质标准化管控、成本管控精细化管理等行业核心目标，目前已推出两款不同机型，可灵活适配多样化的应用场景及差异化的养护需求。

PAIPO: 多维度的作业优势

<p>一键开启任务 无需构建地图，即开即用，半小时即可完成交付培训</p>	<p>作业转速可调节 转速可调，可根据不同地面的材质、地面情况做不同的适配，确保达到该地面最佳的保养效果</p>
<p>膏剂、浆剂、水剂、粉剂均可适配 适用范围广，可满足各种地面的石材养护需求</p>	<p>作业压力可调节 可根据不同地面的材质、地面情况做不同的适配，确保达到该地面最佳的保养效果</p>
<p>采用标准20、17吋大刷盘 作业效果更均匀，所需耗材选型更方便，成本更低，更可控</p>	<p>适配场景丰富 经过两年近两百多个场景的测试验证，拥有完整的全场景库，可适配各种不同场景、不同地面的作业</p>
<p>单刷盘结构百洁垫更换方便 1.5-2H更换一次，更换周期长，可满足长时间持续作业</p>	<p>实际作业效果可追踪 两年的经验积累，两百多个场景的效果测试，已形成一整套作业模式，可确保各种地面的作业效果</p>
<p>药剂桶清洗方便 药剂桶可直接取出，且经过多次迭代耐腐蚀清洗，可保证市面上不同酸碱度药剂的正常存储，不受损</p>	

三、标杆企业简介

派特纳（上海）机器人科技有限公司成立于 2021 年 6 月，是一家以商用清洁机器人为起点，逐步向全系列服务型机器人领域拓展的创新型企业。公司由机器人行业领军人物孔兵先生领衔创办，核心研发团队在夏临先生（具备多年海外市场拓展与创业经验）的带领下，汇聚了来自华为、库卡等企业的顶尖人才，致力于推动机器人从弱智能向强智能升级，高效破解场景落地中的实际痛点。

历经四年多的发展，派特纳已构建起商务清洁与工业净化两大核心产品矩阵，涵盖室内尘推机器人 PAIMIO、晶面养护机器人 PAIPO、无尘室洁净机器人 PAICU 等系列产品，并持续探索机械臂、具身智能等技术的场景化应用。目前成

熟产品线已落地近百个标杆场景，覆盖顶级商业楼宇、知名商场、高端酒店、一线交通枢纽及国内领先的生产线工厂等，为客户提供一站式、全方位的整体清洁服务方案。

公司自成立以来屡获殊荣，先后获评“高新技术企业”、“专精特新中小企业”、“创新型中小企业”、“科技型中小企业”，并入选第九届“创客中国”智能机器人中小企业创新创业大赛全国 500 强。

展望未来，派特纳将在国内市场聚焦机场、高端酒店、写字楼、商场、医院等核心场景，与头部物业管理企业、连锁品牌深度合作，通过试点示范打造标杆案例并复制推广成功经验；海外布局方面，将优先深耕东南亚、中东等“一带一路”沿线国家，通过参与国际行业展会、与当地代理商建立合作等方式，结合区域需求优化产品，逐步拓展海外市场，提升品牌国际影响力。

案例 12 导览讲解场景

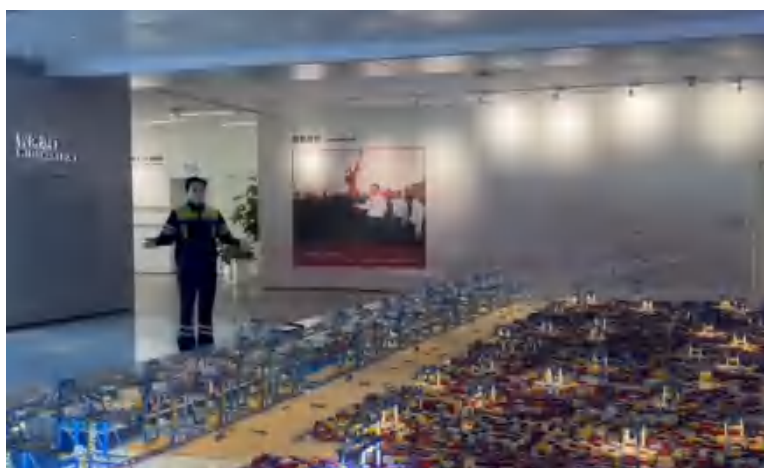
一、应用案例

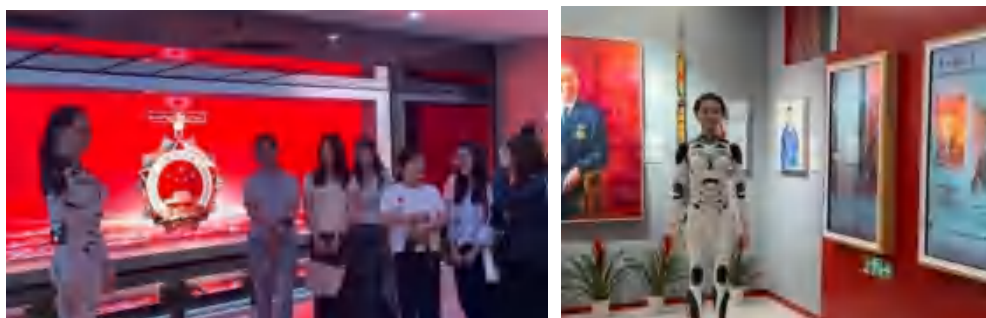
1、场景需求和痛点

一是用具身人形机器人导览讲解体现高科技；二是需要仿人形的；三是对于复杂知识的讲解，培养一个导览员很不容易。比如红酒知识，矿石知识，政府各个部门的规章制度和办事流程；四是机器人操作复杂，不知道怎么用。

2、以应用驱动研发

一是仿人形头部加上铁甲风身体，满足了可以针对仿人和展示高科技的需求；二是把客户的知识在大模型上进行精心微调，让机器人能精准回答各类问题；三是经过大批量出货带来的市场摸爬滚打，清宝打造了极致的易用性体验。客户开箱即用，不需要技术人员上门。





二、技术亮点

1、微表情头部

一是 19 个电机+舵机安装在头部，驱动丰富的自由度。散热不简单。

二是展示的各种喜怒哀乐的表情和大语言模型的精准对齐。做有个性的机器人不容易。

2、极致的采音设计

一是没有精准的采音，语言大模型就没有用处。语言大模型就会四顾茫然，并且所问非所答；

二是多通道同步采集技术的研发投入；

三是噪声，回声，混响，多信号源干扰的处理；

四是视频跟踪，声纹记忆和识别。

三、标杆企业简介

上海清宝引擎机器人有限公司，成立于 2021 年，一家瞩目全球的科技创新者，专注于人形机器人本体的精心设计与制造，同时深度融合具身智能技术与机器人科技。公司的领军人物，王磊博士，毕业于我国享誉海内外的清华大学电子系，他的研究焦点精准锁定在具身智能与大模型的前沿领域。而沈阳教授与王生进教授，作为公司的联合创始人，他们分别来自清华大学人工智能学院和电子系，均为人工智能与具身智能领域的卓越专家。至今，公司的研发团队已经斩

获或正在申请共计 52 项专利，其中发明专利占据了 27 项。

清宝的人形机器人在人形机器人技术的前沿探索与场景应用的广泛布局上，均展现出了行业领导者的风采。公司的产品应用场景丰富多样：一是人形机器人直播场景，这里汇聚了清宝机器人在直播垂类模型和智能体技术的最新成果与丰富应用，为观众带来逼真的直播体验；二是智能座舱测试机器人，公司携手理想汽车，共同探索智能座舱技术的新境界，为汽车行业注入新的活力。

上海清宝引擎机器人有限公司始终坚持创新发展的核心理念，致力于构建“人形机器人+”的全新服务模式，为我国机器人产业的繁荣与发展贡献着不可或缺的力量。

案例 13 集中供餐场景

一、应用案例

集中供餐场景（如社区食堂、单位食堂、团餐企业等）具有高频次、大体量、标准化的特点，但也面临成本控制、食品安全、运营效率等挑战。随着智能化技术的发展，烹饪机器人等自动化设备逐渐成为行业升级的重要解决方案。

1、需求痛点

一是人力成本高，厨师水平不稳定。传统食堂依赖厨师团队，人工成本占总成本的 30%-50%，且面临招工难、流动性大等问题。厨师技能差异导致菜品质量不稳定，影响顾客满意度。

二是食品安全风险高。人工操作易引入卫生隐患（如交叉污染、不规范存储等）。传统烹饪方式依赖经验，温度、时间等关键参数难以精准控制，增加食品安全风险。

三是运营效率低，标准化程度不足。高峰时段供餐压力大，人工操作易出现排队时间长、出品速度慢等问题。不同厨师烹饪方式差异大，难以实现口味一致性，影响品牌形象。

四是能源与食材浪费。传统灶具热效率低（仅 30%-40%），能耗高。人工备餐易导致食材浪费，成本管控困难。

2、解决问题

一是降低人力依赖，提升效率。自动化烹饪，单台机器人可替代 2-3 名厨师，日均产能提升至 500-1000 份，大幅减

少人工成本。智能排程，支持预约备餐，优化高峰时段出餐效率，减少排队等待时间。

二是保障食品安全与标准化。精准控温控时，减少人为干预，确保菜品熟度、口感一致，食品安全达标率提升。数据可追溯，记录烹饪参数，便于监管和溯源。

三是节能降耗，优化成本。高效能源利用，电磁加热等方式热效率达 90%以上，比传统燃气灶节能 30%-50%。智能备餐系统，通过数据分析优化食材采购，减少浪费。



3、应用成效

经济效益方面，一是效率提升：单台设备可替代 2-3 名厨师，出餐速度提升 30%-50%，单位食堂高峰时段供餐能力达 500-800 份/小时。二是标准化程度高：菜品口味一致性达 95%以上，减少人为因素导致的食品安全问题。三是节能降耗：相比传统燃气灶，能耗降低 40%，综合运营成本下降 20%-30%。因而对于企业端，可帮助团餐企业节省 30%以上人力成本，投资回报周期约 1-1.5 年。

社会效益方面，一是食品安全，减少人为接触，降低食源性疾病风险，符合 HACCP（食品安全管理体系）标准。

二是绿色餐饮，节能设计减少碳排放，助力“碳中和”目标。
三是普惠餐饮，在社区老年食堂、学校营养餐等场景提供高性价比餐饮服务。

二、技术亮点

一是技术领先：拥有自主知识产权，集团公司拥有发明专利 15 项，实用新型及软件著作权等近百项，自主研发的智能温控系统和自动翻炒算法，适应多种中式烹饪方式（爆炒、炖煮等）。

二是菜谱生态：云端菜库支持 200+ 标准化菜谱，并可定制地域性风味（如川菜、粤菜等）。

三是成本优势：国产化供应链降低制造成本。

 <p>FXZ-DC-249G</p> <p>尺寸 (长X宽X高) 660X350X600</p> <p>额定功率 3.5kW</p> <p>单次烹饪时间 3-6Min</p> <p>单次烹饪量 0.5-1kg(炒菜)</p> <p>加热源 电磁</p> <p>电源 电压/频率 AC 220V/50Hz</p> <p>供餐能力(人/小时) 25-55</p> <p>重量 20kg</p>	 <p>FXZ-DC-300G</p> <p>尺寸 (长X宽X高) 852X39X870</p> <p>额定功率 8kW</p> <p>单次烹饪时间 5-6.5Min</p> <p>单次烹饪量 1-4kg(炒菜) 4-10kg(炖菜)</p> <p>加热源 电磁</p> <p>电源 电压/频率 AC 380V/50Hz</p> <p>供餐能力(人/小时) 90-135</p> <p>重量 165kg</p>	 <p>FXZ-DC-400G</p> <p>尺寸 (长X宽X高) 1010X915X875</p> <p>额定功率 12kW</p> <p>单次烹饪时间 6.5-11Min</p> <p>单次烹饪量 2-10kg(炒菜) 10-30kg(炖菜)</p> <p>加热源 电磁</p> <p>电源 电压/频率 AC 380V/50Hz</p> <p>供餐能力(人/小时) 120-260</p> <p>重量 180kg</p>
 <p>FXZ-DC-500G</p> <p>尺寸 (长X宽X高) 1202X1030X920</p> <p>额定功率 20kW</p> <p>单次烹饪时间 7-12Min</p> <p>单次烹饪量 5-8.5kg(炒菜) 25-50kg(炖菜)</p> <p>加热源 电磁</p> <p>电源 电压/频率 AC 380V/50Hz</p> <p>供餐能力(人/小时) 310-570</p> <p>重量 252kg</p>	 <p>FXZ-DC-650G</p> <p>尺寸 (长X宽X高) 1230x1150x1100</p> <p>额定功率 30kW</p> <p>单次烹饪时间 6-14Min</p> <p>单次烹饪量 15-40kg(炒菜) 50-75kg(炖菜)</p> <p>加热源 电磁</p> <p>电源 电压/频率 AC 380V/50Hz</p> <p>供餐能力(人/小时) 300-800</p> <p>重量 320kg</p>	 <p>FXZ-DC-800G</p> <p>尺寸 (长X宽X高) 1750X1480X1240</p> <p>额定功率 45kW</p> <p>单次烹饪时间 12-20Min</p> <p>单次烹饪量 25-75kg(炒菜) 90-200kg(炖菜)</p> <p>加热源 电磁</p> <p>电源 电压/频率 AC 380V/50Hz</p> <p>供餐能力(人/小时) 750-1400</p> <p>重量 600kg</p>

三、标杆企业简介

上海发现者机器人集团成长于黑龙江省发现者机器人

股份有限公司和哈工大的技术基础，具有技术先发优势。黑龙江发现者成立于 2012 年 8 月，是中国最早开展烹饪机器人研究的企业之一，主要从事厨房机器人以及智能中央厨房配套产品的研发、生产以及销售。立式烹饪机器人领域独树一帜，技术领先。公司依托哈工大博士为核心的研究团队，完善了工程化和商业化的服务能力，形成以智能烹饪机器人为核心的智能厨房配套项目“交钥匙”工程能力。2022 年牵头起草烹饪机器人行业标准，2024 年，成立博士后工作站。公司在黑龙江省建立了省级工程技术中心，通过独到的创新思想以及精湛的技术经验，将传统的中国饮食文化与机器人技术相结合，完全实现自主烹饪，推进了中餐的标准化。

建筑篇



案例 1 施工变形监测场景

一、应用案例

施工变形监测是施工质量与安全管控的重要依据，传统方法大多采用全站仪、各类位移计（拉线式、数字式、振弦式、光纤光栅式）、水准仪、GNSS 位移监测仪 4 类监测仪器，存在着监测频率低、精度低、稳定性差、成本高、安装流程繁琐等问题，尤其是对于空间结构、悬挑结构、悬挂结构、异形结构、拆除工程等复杂结构施工变形监测，无法全面反映结构真实变形状态，影响工程项目高品质建设。

视觉变形监测机器人则能够利用先进的机器视觉算法，基于现场实时采集的视频与图像，实现多点、高频、高精度、无人化、24 小时全过程结构变形监测，适用于各类建筑结构变形监测，尤其适用于空间结构、悬挑结构、悬挂结构、基坑工程、城市更新工程等复杂工程变形监测，技术指标符合《上海市智能建造应用场景技术目录》监测类智能装备要求。

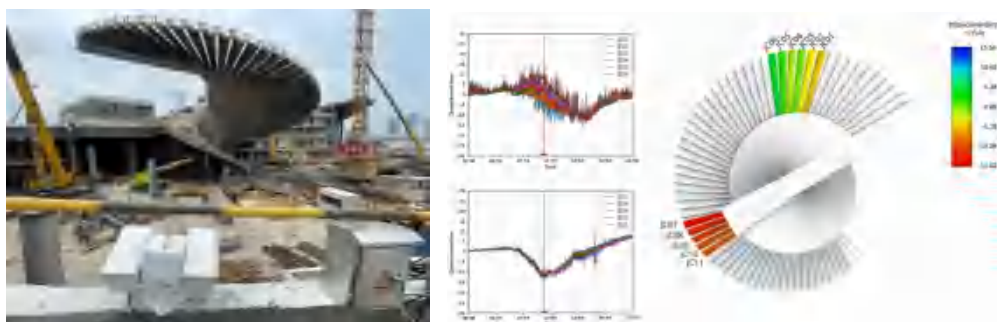
截止目前，本企业自主研发的视觉变形监测机器人经过 3 年持续迭代研发，累计投产使用 50 余台，累计提供正式监测服务超 20000 小时，累计服务上海大歌剧院等工程项目近 30 项。



第三代设备成功应用于 G1503 公路周邓快速路浦东枢纽工程的桥墩托换监测项目中。本设备对金亭桥桥墩托换过程中 6#、7#桥墩的沉降情况进行了全过程监测，监测结果与第三方专业监测机构数据高度吻合，确保了整个托换过程的施工安全，为项目下一步的施工组织提供了有力支撑。



第二代设备成功应用于上海大歌剧院“中国扇”（国内最大悬挑 UHPC 旋转楼梯）施工变形监测工作中。本设备对旋转楼梯多测点变形进行了全天候同步实时监测，在高温、台风等恶劣天气影响下，系统性能依然保持稳定，实现了高频率、高精度、高稳定性的位移监测数据采集与生成。



二、技术亮点

视觉变形监测机器人是同领域首个通过国家级计量检测机构计量认证的监测产品，最高监测精度可达 0.035mm，具体包括以下核心技术特色。

一是混合神经网络算法架构。将卷积网络的目标检测框架与改进型 SIFT 特征匹配技术相结合，形成了具备动态自适应标定能力的混合神经网络。

二是基于深度递归神经网络的图像超分辨率算法。基于深度递归神经网络的低分辨率图像的超分辨率重建技术，实现了对低分辨率图像的高清、高保真超分，提高了基于低分辨率图像的亚像素识别准确率。

三是关键点亚像素定位技术。改进基于混合高斯曲面的关键点亚像素定位算法，使监测精度突破 0.1 像素阈值。

四是基于大语言模型的监测数据智能处理系统。通过集成预训练大模型，融合自然语言理解与时序数据分析算法。利用少样本学习适应新场景，结合知识图谱增强语义关联与推理能力，实现监测数据的智能解析、异常告警与决策支持。

五是边缘计算架构。开发了边缘计算系统架构，在低流量资源消耗的前提下，实现了数据的实时更新，监测频率可达 1Hz。

六是强环境鲁棒性。现场图片自适应矫正技术与断电重启自连接技术，即使在目标部分遮挡、光照变化的场景下，以及断电重启后，仍能稳定追踪结构特征点。

三、标杆企业简介

上海建工四建集团有限公司成立于 1964 年，国家建筑

施工总承包特级资质企业、国家高新技术企业，是一家提供设计、研发、建造、运维、更新“五位一体”产业优势的现代化建筑企业集团，综合实力连续8年位居上海市建筑施工企业30强第一名，连续15年被认定为“国家高新技术企业”，集聚上海市领军人才、上海工匠等高端人才，近年来打造了中共一大纪念馆、上海大歌剧院、世博会中国馆、迪士尼梦幻城堡等一大批在全国具有广泛影响力的市级重大工程项目，被上海市政府授予“精品先锋”称号，同时也是上海市人工智能行业协会理事单位、国内首家通过国家级人工智能算法备案的施工企业，率先开拓建筑人工智能、建筑机器人新兴技术领域，致力于打造AI时代下的建筑业新质生产力。

为积极响应《关于推动上海市智能建造与建筑工业化协同发展的实施方案》，加快建筑业数智化转型步伐，四建集团组建了建筑人工智能研究室与智能装备研究室两大专业研发团队，面向“脏、累、重、难”应用场景，自主研发了一大批包括视觉变形监测机器人、水磨石配比智能分析仪、脚手管自动清洗装备、安全绳挂扣状态智能监测装置等行业首创智能施工装备与建筑机器人产品。

未来，四建集团将进一步融合在建筑人工智能与智能装备的研发优势，总结在砌墙机器人、水磨石配比智能分析仪、视觉AI变形监测设备的研发经验，充分思考合理应用场景，全面提升现阶段建筑机器人产品的智能化水平与现场适应能力，努力朝着行业领先的建筑施工智能机器人标杆企业迈进。

案例 2 墙体喷涂场景

一、应用案例

以上海杨浦大桥街道 113 街坊 S-09 地块项目为例，喷涂机器人应用于该项目 1#-3#楼 7-9F、5#楼 6-8F 及 4#、6#楼 6-10F 墙面腻子喷涂，卫生间及厨房区域无法完成机械化施工，选取大面的墙面进行示范应用。

应用场景主要面临的重点和难点包括：一是与传统工序穿插难度大。喷涂机器人工序与传统工人工序配合需要有效的衔接。二是涂料性质差异大。不同品牌和类型的腻子涂料其物理和化学性质存在差异，可能影响喷涂效果和机器人性能。三是设备轻量化程度需要提高。虽然喷涂机器人在提高施工效率方面具有优势，但其重量较大往往限制了其在某些狭小或高空作业环境中的应用。

针对以上问题，在施工过程中采用了应对策略：一是在实施前期编制有效的施工组织方案，实施智能装备样板间，完成与现场工人的有效磨合。二是选择适合喷涂机器人施工的腻子喷涂材料，优化凝结时间、抗裂性等性能指标，使其匹配喷涂设备。加强涂料与腻子喷涂机器人的兼容性研究。三是在不影响机器人强度和刚性的前提下，尽量采用铝合金等轻量化材料替代传统钢材。通过仿真分析和优化设计方法，减少不必要的结构重量。将机器人拆分为多个模块，可根据实际需求进行组装，既降低了整体重量，又提高了灵活性。

从施工效果来看，腻子喷涂机器人通过精确控制喷嘴和压力，实现优异的施工效果，有效防止空鼓开裂。喷嘴控制雾化粒子的细度和喷射角度，压力控制喷涂速度和力度，确保涂层均匀，厚度一致。均匀致密的涂层避免了薄弱点和收缩不均，良好的附着力防止空鼓开裂。



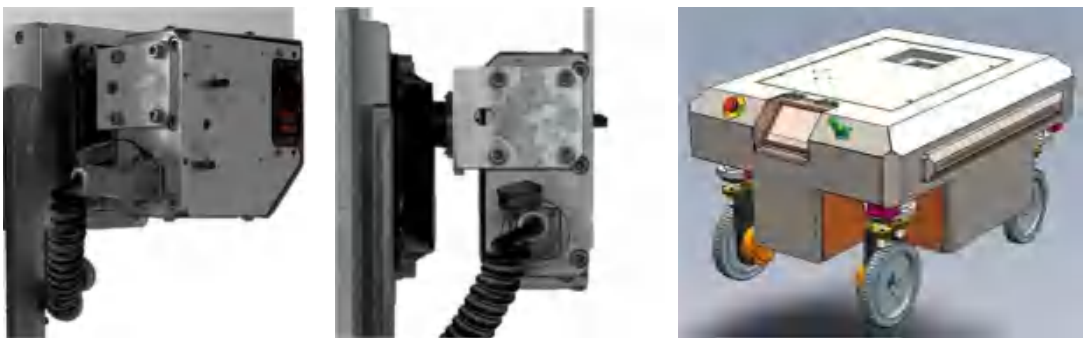
经济价值方面，成本上，通过喷涂控制显著降低涂料浪费，减少耗材损耗与能源消耗，同时简化人力依赖，普通工人经短期培训即可操作，综合人力成本较传统模式大幅下降；效率上，机器人实现24小时连续作业，施工周期较人工缩短近半，配合智能视觉系统，可高效完成喷涂，减少返工率，质量稳定性远超行业平均水平；收益模式上，设备定价具备显著性价比优势，租赁模式进一步降低客户门槛，依托国内庞大的建筑内墙市场规模，设备销售与增值服务形成双轮驱动，投资回报周期短且内部收益率远超制造业基准。

社会应用价值方面，一是降低劳动强度与人力成本。喷涂机器人能够自动完成腻子喷涂任务，替代施工工人进行高强度劳动，不仅有助于改善工人的工作条件，还能减少因长时间体力劳动导致的职业病风险。二是保障作业安全。机器人能够自动控制无需进入有粉尘环境，且能减少80%登高作业高空作业等危险任务，降低了工人因高空坠落等事故导致

的安全风险。三是实现绿色环保。喷涂机器人采用精确的喷涂技术，能够均匀上墙节省材料约 30%左右，且通过采用清洁能源的形式，降低能耗与排放。

二、技术亮点

一是喷枪设计。喷涂机器人采用模块化机械执行机构，由智能舵机驱动系统、喷枪触发机构和自适应喷涂调节机构组成，确保高精度、高可靠性的喷涂作业。采用大扭矩数字舵机直接连接喷枪扳机，通过精密齿轮组或连杆机构将舵机旋转运动转换为线性触发动作，实现喷枪的精准开关控制，舵机旋转角度精确对应喷枪扳机行程，支持喷涂流量动态调节，确保不同涂料（腻子、乳胶漆、真石漆）的均匀出料，采用防回差蜗轮蜗杆或高刚性行星齿轮结构，避免喷涂过程中因振动或压力波动导致的扳机位移，保证流量稳定性，舵机驱动模块与喷枪采用标准化接口，支持不同品牌喷枪的快速适配，关键传动部位采用 IP65 防护等级的密封设计，防止涂料渗入影响舵机寿命，该机械结构方案相比传统气动或电动推杆方案，具有结构紧凑、控制精准、维护便捷等优势，特别适合高频率、高精度的自动化喷涂场景。



二是底盘驱动设计。该喷涂机器人的驱动底盘采用大扭矩高精度关节电机，搭配自适应悬挂系统，具有良好的越障能力，可稳定跨越 10cm 高度的障碍物（如门槛、管线等），

并适应瓷砖、水泥、木板等多种地面工况。底盘采用四轮独立驱动布局，采用全向舵机转向控制，可实现 $\pm 1^\circ$ 转向精度，最终实现机器人毫米级重复定位精度与零转弯半径的灵活移动，确保在狭窄空间内仍能精准调整喷涂位姿。

三是智能伺服舵机管理板。智能伺服舵机管理电路板用于喷涂设备摆动臂的控制。该伺服舵机驱动板可以实时检测舵机电流，测量舵机当前扭矩，检测并避免施工过程中伺服舵机堵转情况，确保设备稳定性。创新集成了过流保护、过热保护、电压监测等核心功能。

三、企业简介

上海俊鹤建筑科技有限公司致力于提供覆盖建筑全生命周期的智能化解决方案，包括机器人研发、系统集成和技术支持服务。目前公司已投入测试的机器人产品达到20余个，涵盖墙面喷涂、结构检测和物料搬运等多种功能。这些产品在多个大型建筑施工现场进行了实地测试和应用验证，累计测试施工面积超过20万 m^2 。公司已递交申请专利15余项，涉及机器人自主导航、智能控制和作业优化等核心技术领域，为行业技术积累奠定坚实基础。

公司成功取得上海市高新技术企业证书和上海市科技型中小企业证书，彰显在科技创新领域的领先地位。公司持有建筑机器人研发组装销售的3c认证，确保产品在设计、生产和销售全流程中符合国家强制性质量标准和安全规范。

公司将继续秉承“创新驱动发展，智能引领未来”的核心理念，深化与国内外知名科研机构、行业伙伴的战略合作，加速技术创新成果的转化与应用落地，积极拓展智能机器人

在建筑领域的深度应用，为上海乃至全国的建筑智能机器人产业发展注入强劲动力，推动行业向智能化持续迈进。

案例3 建筑内墙抹灰场景

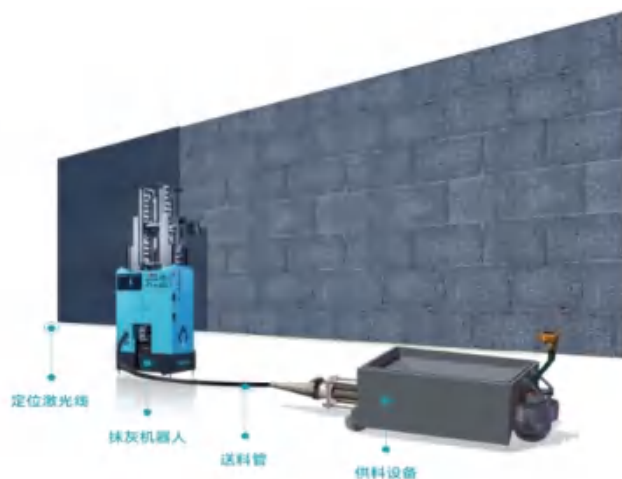
一、应用案例

目前传统人工抹灰场景主要存在以下问题：一是人工成本高，效率低下。依赖熟练工人，劳动力成本逐年上升。人工抹灰速度慢，每人每天仅能完成约 30-50 m²，大工程需大量人力，工期长。二是施工质量不稳定。工人技术参差不齐，易出现厚度不均、空鼓、开裂等问题。依赖经验控制砂浆配比和抹灰力度，质量难以标准化。三是安全隐患大。高处作业易发生坠落、物体打击等事故。地下工程环境封闭，粉尘大，长期作业危害工人健康。四是材料浪费严重。人工操作难以精准控制砂浆用量，浪费率高达 10%-15%。返工率高，进一步增加材料损耗。



一台蔚建抹灰机器人，能抵十个大工。蔚建自研的“天工控制系统”具备空间感知、智能规划、自主行走、自动抹灰、闭环检测，智能化施工。蔚建抹灰机器人可自行进入指定房间并沿墙面自主完成抹灰作业，通过对“自主导航、视觉精准定位、离线仿真、全息控制、视觉伺服”等技术的研

发和创新应用，并不停迭代优化，具有高效的抹灰质量和抹灰效率，并且能适应各种施工环境，能有效替代人工作业，真正实现了“自感应、自识别、自判断、自决策、自执行”。



高效工作率，超高作业质量。精准测控上料，并通过墙体自动识别，自动进行定位和调整，3分钟一抹，抹灰效率可达 $350 \text{ m}^2/\text{天}$ ，是人工作业效率的 5-10 倍；30 公斤对墙抹灰压力不产生空鼓。抹灰平整度高、质量稳定。

未来 10 年将出现千万级建筑工人缺口，建筑机器人将解决这一难题，推动建筑行业机械化、智能化进程。



二、技术亮点

代表产品：蔚建抹灰机器人

一是 30KG 压力，不空鼓。配有 3D 相机，利用视觉伺服，确保砂浆液位高度，维持对墙压力，不空鼓。

二是高垂平，自调平系统+视觉定位双保障。自动调平系统，垂直度偏差 $\pm 0.015^\circ$ ，确保作业面垂直度。视觉精定位，保证接茬拼接处精度 $\pm 1\text{mm}$ ，墙面过渡自然流畅。垂平度可达高精度墙面标准，远超行业常规精度。

三是施工效果好，作业效率高。创新抹头设计，内置双层刮板，抹压定型后，再次进行刮平，保持表面观感。经过 400 万 m^2 + 的实际抹灰。参与多项施工技术团标制定，引领行业施工品质。同时作业效率高，3 分钟一抹，日均 300-350 平（目前最高记录 708 平米），机器日盈利 1500-2000 元。

四是使用便捷，易于上手。零基础只需培训 3-7 天，即可实际使用。一键启动，实现全自动施工。

五是作业稳定，适用于恶劣环境。AGV 底盘装备 4 个防水防砂浆全向舵轮，不受地面砂浆，积水，坑洼影响。电机防护 IP66 级。设备出厂前经防水、疲劳等严苛测试，品质有保障。

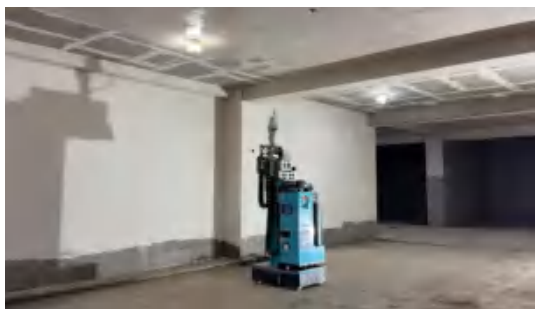
六是天工系统，让机械成为建筑机器人。“手、脚、眼”一体化控制器。智能感知，自主作业。

案例 4 墙面喷涂场景

一、应用案例

在住宅精装修领域，长期存在着诸多亟待解决的问题。随着城市化进程加速和居民对居住品质要求的提高，精装修住宅比例逐年攀升，国家政策也要求新建住宅全装修交付比例达到 30% 以上，但庞大的市场需求与现有作业能力之间存在差距。一是从施工层面而言，传统喷涂作业高度依赖人工，可装修行业正面临劳动力老龄化、年轻工人短缺的困境、人工成本占比高等问题。二是住宅空间普遍层高低、转角多、障碍物复杂（如门窗、窄走廊、玄关），传统工业级大型喷涂设备体积大、移动笨拙，难以适应狭小空间作业。三是乳胶漆喷涂时雾化严重，人工喷涂即便做好防护，也难免因防护不到位或长时间接触，危害施工人员健康。

面对这些问题，蔚建引入了专门的喷涂机器人。该机器人采用创新性的提升轴+横移轴+小四轴机械臂结构，前端小四轴机械臂灵活性极强，能在狭小空间穿梭，轻松触达飘窗、玄关、窄走廊等异形区域，解决了传统设备无法适应狭小空间的难题。



它实现无人化施工，搭载建模机器人，完成从建模、程序生成到现场作业的全流程自动化，形成腻子搅拌上料、喷腻子、墙顶打磨、喷乳胶漆的完整闭环作业，一名操作员即可控制 3 台机器人，降低了对人力的依赖。同时，机器人配备 MU 传感器、高性能喷涂机和医用级四轴机器人执行件，确保喷嘴与墙面角度、距离恒定，移动速度一致且精准到毫米级别，有效避免了人工喷涂的厚度不均、滴漏等问题，且能减少人工接触雾化涂料的机会。

在经济效益方面，机器人喷涂效率可达人工的 2-4 倍，涂料节省 20% 以上，能显著缩短大规模住宅精装修项目的工程周期，降低人工和材料成本，提升装修企业的利润率。

在社会价值方面，其应用填补了国内住宅精装修自动化设备的空白，助力建筑行业从劳动密集型向技术密集型转型，推动了产业升级。同时，减少了人工在恶劣环境下的作业，保障了施工人员的身体健康，改善了作业环境，体现了对劳动者的关怀，具有积极的社会意义。



二、技术亮点

代表产品：蔚建喷涂机器人

一是高效作业：一站三喷，效率倍增。该喷涂机器人作业效率显著，腻子每小时可喷涂 200 平，乳胶漆每小时能喷涂 300 平。其独特的“一站三喷”设计，让单一站点可同时实现左、中、右三列喷涂，大幅提升作业效率。同时，配备医用级别四轴机器人执行件，确保喷嘴移动速度一致且精准到毫米级别，为高效作业提供稳定保障。

二是全面覆盖：无死角喷涂，覆盖率超 95%。机器人创新性采用提升轴+横移轴+小四轴机械臂结构，完美适配建筑墙面作业特点。前端的小四轴机械臂灵活性极强，能够轻松触达建筑结构中的各类异形区域，实现墙面、吊顶、天花、飘窗、玄关、走廊等区域的全覆盖，喷涂覆盖率 $\geq 95\%$ ，这也是衡量其可用性的关键因素。

三是自动化流程：无人化施工，全流程集成。机器人搭载建模机器人，实现了从建模、程序生成到现场作业的全流程自动化。作业流程形成完整闭环：腻子搅拌上料机完成材料制备后，机器人进行腻子喷涂，接着由墙顶全覆盖打磨机处理，最后机器人进行乳胶漆喷涂。无人化操作模式下，一名操作员可控制 3 台机器人，大幅缩短工程周期并降低成本。

四是优质效果：漆膜均匀，省材高效。喷涂效果堪称卓越，墙面无色差，漆膜厚度均匀度 $< 0.1\text{mm}$ 。机器配备 MU 传感器，确保喷嘴与墙面成 90° 角并保持恒定距离；高性能喷涂机保证喷涂速度恒定流畅；医用级四轴机器人保证喷嘴移动速度一致精准。同时，自带倾斜补偿功能，确保提升过程中喷嘴距离墙面恒定，提升速度恒定也保障了漆膜厚度均匀。在横向交接处，采用最优化算法确保厚度均匀，且采用变喷

幅工艺，在保证漆膜厚度均匀的同时适应各类宽窄区域，相比同类产品，可节约材料 15%-20%。此外，独有两遍腻子搅拌打磨技术，确保腻子更为细腻稳定；机器人还能自主调整喷涂交叠宽度及喷幅宽度，使接缝处的厚度误差控制在 0.1mm 以内，保证整体墙面喷涂均匀、色彩一致。

五是便捷使用：简单上手，一键启动。使用便捷性高，易于操作，零基础人员只需培训 3 天即可实际使用。作业时一键启动，即可实现全自动无人化施工，极大降低了操作门槛。借助蔚建测量机器人的数字模拟技术，喷涂机器人能按照提前规划的优化方案执行精准的喷涂路径和施工策略，让施工前的准备和施工过程都变得简单便捷，作业稳定性强，是施工效率的坚实保障。

六是智能系统：天工系统赋能，机械化身建筑机器人。机器人配备“手、脚、眼”一体化控制器的天工系统，这是微健自行研发的核心技术。该系统运用 AI 强化学习算法，实现智能规划，保障高效、精准、安全的全自动施工。通过工具数据化、场景模拟、实时感应调控和多执行件并行协作，使机器人能够不断更新迭代并自我适应，让机械真正成为智能化的建筑机器人。此外，机器人不仅局限于单一功能，更换喷嘴即可实现多种喷涂作用，功能扩展性强。

三、标杆企业简介

上海蔚建科技有限公司成立于 2020 年 6 月，汇集“机器人+智能建造”领域的国内外优秀科研人才，专注机器人核心技术及智能算法的研发和产业化。

蔚建科技秉承“科技成就智能建造”的理念，深度融合

精密机械、控制、导航、视觉、人工智能算法等前沿技术和传统建筑工艺，研发建筑工人可使用的机器人，完成“超前一公里”研究探索，并通过中建未来智造（中建八局和蔚建科技合资公司），打通“人工智能+场景落地”的最后一公里，通过全栈式的技术服务体系、设备管理体系、产业工人培训体系全面支撑建筑机器人的产业化落地，让“脏乱繁危”的建筑现场作业更加安全、高质和高效，推动建筑产业全方位升级。

蔚建始终为“智能化的高效建造体系在全球普及”的目标而不懈努力！蔚建期待与更多的企业建立合作，共同推动建筑机器人的商业普及，领跑全球智能建造的发展。

智能建造正在深刻改变传统建筑业的发展模式。蔚建科技将继续深耕建筑机器人领域，围绕墙面作业展开技术攻关，覆盖抹灰、腻子、油漆等多道工序，致力打通从技术到产品再到商品的衍化路径。尽管全球建筑体量规模可能正在缩减，但智能建造的市场潜力依然巨大。公司未来十年将坚持技术创新，推动建筑行业向智能、安全、高效、高质量的方向发展。蔚建科技正以创新之力，重新定义传统建筑行业的未来。

案例 5 室内墙面抹灰场景

一、应用案例

1、项目概况

虹口区嘉兴路街道 hk311-01 地块（135 街坊）住宅项目位于虹口区嘉兴路街道单元的南侧，项目建设内容包括住宅、保障房及配套。在本项目智能建造实践中，尤其是在抹灰等关键分项工程引入建筑机器人技术时，面临了多项亟待解决的技术与管理难点：一是人机高效协同与流程整合难题：角色定位模糊、流程衔接不畅、信息互通壁垒；二是现场复杂环境适应性挑战：空间适应性不足、环境耐受性要求高、基面条件波动；三是设备长期稳定运行与可靠性保障难点：严苛工况下的耐用性、故障诊断与处理复杂、能源与维护效率；四是施工工艺标准化与经验传承瓶颈：参数固化与灵活性矛盾、过程质量监控与追溯困难、新手操作质量保障；五是数据驱动管理与应用深度不足：数据价值挖掘浅层、数据价值挖掘浅层。

随着建筑工业化、智能化浪潮推进，抹灰机器人正逐步进入施工现场，充分发挥其效能，实现“1+1>2”的效果。一是工作界面精细划分。机器人主导大面积内墙、客厅等平整区域的主体抹灰（打底、找平、压光初阶）；人工作业主导复杂边界处理，例如门窗洞口边缘、阴阳角、管线盒周边、梁柱与墙体交接处等机器人难以精确定位或覆盖的区域。在

机器人完成一个区域的主体抹灰后，人工无缝衔接进入进行精修与细节处理，避免砂浆初凝影响质量。二是流程衔接与并行协同。单作业面为机器人完成主体抹灰→人工紧跟精修（串联）；多作业面为机器人组在 A 区作业的同时，人工精修组在已完成的 B 区作业，材料转运组为即将作业的 C 区做准备（并行），实现流水线式高效推进。推行“1+N”协同模式。三是技术支撑与信息互通。利用设备带有的黑匣子记录的施工数据，由专门人员通过平台进行施工数据的解读分析，总结在施工过程中设备的使用情况，并由当天的数据计算喷涂效率以及做到对现场的效率监管。四是安全保障强化。机器人作业时，严格设置警戒区域（如激光扫描安全围栏、物理围栏、警示灯带），禁止无关人员进入。同时也要确保机器人有急停按钮，在紧急情况下能停止作业，应对现场突发情况。



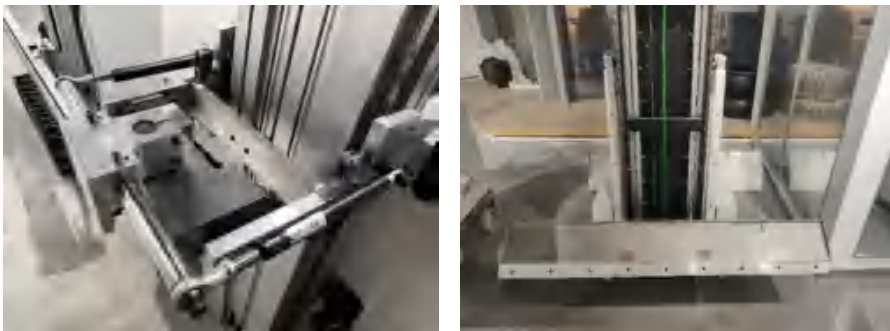
机器人抹灰并非简单替代人工，而是开启人机协作的新范式。成功的核心在于深度理解人机各自优势，通过精细化的界面划分、高效的流程衔接、可靠的技术支撑、适配的组织管理、严密的安全保障以及精益的物料控制，将人、机、料、法、环有机融合为一个高效运转的系统。唯有如此，方能真正释放智能建造的潜力，实现质量、效率、安全与成本效益的全面提升，推动建筑业向更高水平发展。人机协同，

是当下抹灰作业智能化升级的必由之路，也是未来建筑业的核心竞争力所在。

二、技术亮点

智能建造研发团队与现场施工管理团队深度协同，通过系统化需求对接与痛点分析，针对传统人工抹灰施工中存在的三大核心问题——墙面平整度控制精度不足、施工空间适应性差、环境干扰因素多——联合开发了系列低成本智能化解决方案，显著提升了施工质量与效率：

一是墙面平整度自适应调节。机械式触点检测：抹灰刀头集成弹簧缓冲装置（行程 $\pm 10\text{mm}$ ），遇墙面凸起时自动回缩，避免硬性碰撞导致的砂浆不均匀或设备损伤，同时确保抹灰层与基层紧密贴合。三轴加速度传感器一键辅助调平：通过实时检测抹灰模组与墙面的倾角偏差，结合 PLC 控制步进电机进行动态补偿（调节精度 $\pm 1^\circ$ ），工人可一键调平抹灰模组，确保模组与墙面平行，保障抹灰厚度一致性，减少人工二次修整。



二是模块化施工单元。刀头快拆设计：采用磁吸挂钩式快拆结构，支持 100mm（踢脚线/边角）与 200mm（大墙面）刮板快速切换，拆装时间 $<10\text{s}$ ，兼顾施工效率与细节处理需求。可伸缩调节支架：手动无级调节高度（ $1.5\text{m}\sim 2.5\text{m}$ ），覆盖常规层高变化场景，无需依赖外部升降设备，降低施工

成本与复杂度。

三是环境鲁棒性优化。关键部件防尘保护：直线模组导轨加装可拆卸硅胶防尘罩，有效阻隔砂浆颗粒侵入，延长设备使用寿命并减少维护频次。智能温控运行逻辑：PLC程序内置环境温度检测功能，当温度低于5℃时自动切换至“低温模式”，降低电机运行速度与负载，避免因砂浆黏度增加导致的设备过载故障。

三、标杆企业简介

上海筑博佳智能科技有限公司是一家专注于智能机器人和人工智能技术在建筑行业应用的领先建筑科技公司。公司核心业务涵盖智能机器人的研发、销售，工业机器人的销售、安装与维修，以及人工智能应用软件开发、基础资源与技术平台建设、公共服务平台技术咨询服务等。

展望未来，上海筑博佳智能科技有限公司将继续深耕建筑科技领域，凭借在智能机器人与人工智能技术应用上的深厚积淀，稳步推进各项战略规划，立志成为全球建筑科技领域的领军企业。在技术研发层面，公司计划持续加大投入，聚焦智能机器人在复杂建筑场景下的自主决策、精准作业等前沿技术以及人工智能在建筑全生命周期的深度应用。在市场拓展方面，积极开拓国内中西部地区市场，同时瞄准东南亚、中东等海外市场。在行业合作与标准制定层面，公司将积极参与行业协会活动，与更多建筑企业、科研机构建立战略合作关系，共同推动建筑科技行业发展。同时，深度参与国家及行业标准的制定工作，确保企业产品和服务符合最新法规标准，引领建筑科技行业规范化发展。

案例 6 墙体砌筑施工场景

一、应用案例

苏州星光耀商住公寓楼项目位于苏州市金阊新城虎池路与金筑街交汇处，总建筑面积 16 万 m²，由中亿丰建设集团股份有限公司总承包施工。该项目由 6 座高层（21F）单体组成，除 2 号楼外，1 号楼和 3 号-6 号楼的内外墙体均采用蒸压加气混凝土（ALC）砌块现场砌筑，项目使用的砌块规格等级为 A5.0 B06 级，总使用量约 2.5 万 m³，砌筑施工人工费约 580 万元人民币。

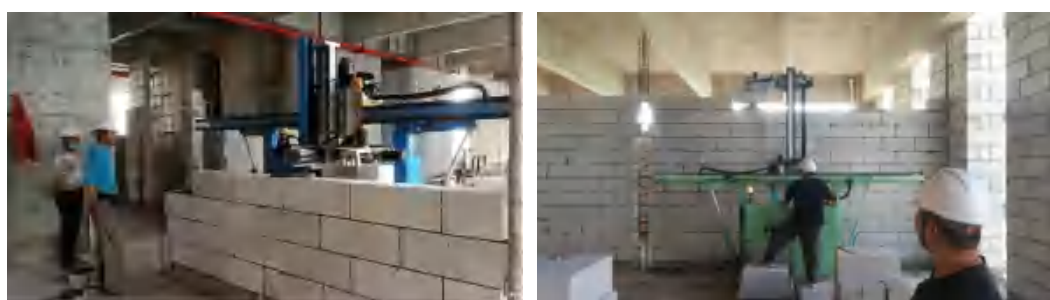


该项目 2020 年 8 月开始进入墙体砌筑施工阶段，高峰时 3 座楼同时进行砌筑作业，遇到较为严重的砌筑工短缺情况，砌筑工不但招募困难，而且年龄普遍偏大，据项目部统计，在岗的砌筑工年龄超过 50 岁的占比达到了 65% 以上，难以适应持续高强度抢工作业，造成施工工期严重滞后。

为此总包方决定该项目开展砌筑机器人“On-site”砌筑应用试点，破解砌筑作业人力短缺和工效低下的难题。2020 年 10 月，星光耀 1 号楼的在建楼层（16F~21F）启动了砌筑机器人“On-site”砌筑施工试点，并选择相邻的结构、体

量完全一致，采取传统全人工砌筑的 3 号楼作为对比参照。

在施工组织上，采取砌筑机器人和砌筑大工混合编成，区分大小工作面进行分工协作，以充分发挥各自的优势和效能，包括砌筑机器人 1 台（含操作手 1 名），砌筑大工 4 名，材料转运和卫生清理和 3 号楼一致，由 2 名小工负责。4 名砌筑大工中 3 人负责不利于机器人展开的小墙面砌筑，1 人与机器人操作手合作，编成双人机组开展机器人作业。



根据大小墙分工原则，由机器人班组负责承担最有利于发挥效能的大墙砌筑，该部分砌筑量约 120m^3 ，占比 60%。MOBOT GT30 型砌筑机器人由于在设计时考虑了真实工况下的可操作性和部署便捷性，具备环境耐受性高，移动展开部署简单等优势，更换作业面后的砌筑准备时间小于 10min；加上其六轴运动机构完全根据室内砌筑的工作条件来设计，运动路径最优化，砌筑节拍达到 3 块/min，因此，班组日砌筑量超过了 15m^3 ，几乎是人工砌筑速度的 5 倍。

该型砌筑机器人在软件设计上具备智能排砖系统，可根据项目使用砌块的种类，砂浆种类以及各地构造柱留搓方案的不同，自动给出最佳砖块排列进行砌筑。其末端抓手装备了力矩传感器，可确保在大速度砌筑作业下的墙体砌筑质量。

1 号楼对比 3 号楼，在砌筑大工减少 50%，整体砌筑质量明显提升的情况下，平均砌筑工期还节省了 1 天-2 天。人

员的劳动强度显著下降，持续施工作业能力得到提升，同时支付班组的作业人工费用由 180 元/立方降低为 60 元/立方，下降 60%，提质增效作用显著。

二、技术亮点

Mobot GT 系列砌筑机器人是一款基于人机协作的实用型智能化作业工具，专门针对国内建筑室内砌筑场景和工序作业特点进行研发的，也是国内外第一款进入建筑施工现场，在无预设的实际工况下开展人机协作施工的建筑机器人。设计目标是在各种复杂作业条件下，代替人工完成劳动强度最大的重、大型砌块搬运和快速砌筑就位操作，减少重体力工作对砌筑作业人员的身体损伤，提高职业安全性。同时大幅度提高砌筑班组的作业效率，降低砌筑施工的单位成本。



项 目	指 标
最大砌筑高度	3.4m
最大砌筑速度	18s/块
最大砌块重量	50Kg
8 小时砌筑产量	>15m ³
移动展开部署时间	<10min

一是该机硬件系统包括六轴（X、Y、Z1、Z2、R 以及末端夹爪）的运动结构、机身框架、液压调节以及上料皮带机和感应式砂浆机六个分系统。传感器系统包括砂浆机料门接近感应、皮带机输送就位感应、砌块抓紧力反馈以及码放力矩反馈。

二是控制系统包括上位机、底层专用运动控制器、基本 I/O 模块、伺服驱动单元、示教器单元和液压、皮带上料机分系统组成，各单元之间通过网卡采用 EtherCat 总线通信。

三是 MOBOT GT 系列砌筑机器人的任务系统是一套含有各地砌筑规范专家系统的智能化排砖系统，带有人机交互界面，也可手动调节其中特定位置的砖块排列方式，具有可视化界面，操作简单易学。

三、标杆企业简介

上海自砌科技发展有限公司是一家建筑机器人科技创新公司，位于上海市嘉定区南翔智地产业园。公司主攻用于工序建造的现场施工型机器人以及相关的基于数智平台的机器人应用技术。公司愿景是为建筑业推进以施工机器人为抓手的智能建造，向新一代技术生产力转型升级，提供包括装备、产业化应用技术在内的整体解决方案。

公司的研发序列包括砌筑机器人 Mobot GT 系列和二次结构通用建造机器人 GCR，在国内砌筑机器人细分赛道上，自砌科技的相关产品已率先进入产业化应用阶段，在技术先进性、场景适应性以及实际工效方面居于独家领先地位。

自砌科技现有砌筑机器人有关 4 项发明专利，11 项实用新型专利获得授权。公司是全国砌体结构委员会、CECS 建筑机器人专委会的成员，是中国机器人检测认证联盟建筑机器人 CR 认证实施规则专家组成员单位。目前正在主持制订中国工程建设标准化委员会建筑机器人 CECS 团体标准《建筑砌筑机器人》一项，协助编写 CECS 团体标准《智能建造技术成熟度评价标准》一项。

2024 年，公司 GT30 砌筑机器人已经实现了对以色列、阿联酋市场的先导验证机器人销售，目前正在抓紧工地验证和数据分析，争取逐步扩大产品对中东市场的销售份额。技

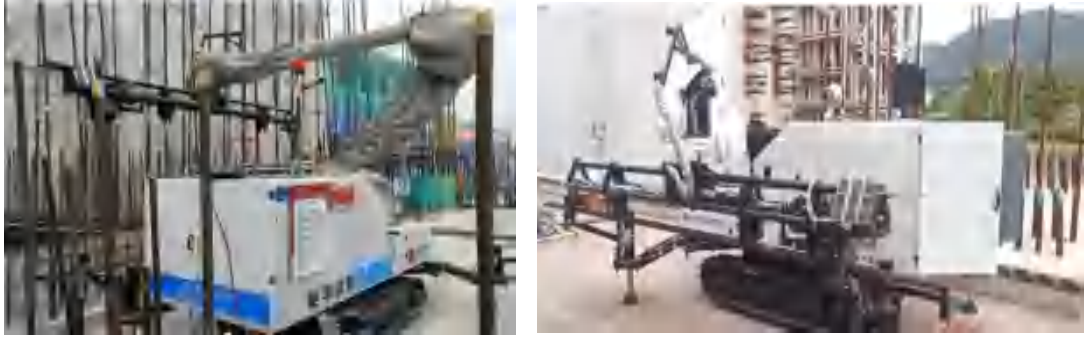
术上，公司正在研究人形机器人技术与砌筑机器人的结合技术，预计于 2025 年下半年开始有关原理设计和专项研究。

案例 7 建筑钢筋施工场景

一、应用案例

在建筑领域建设中，钢筋施工作为结构工程的重要环节，长期以来依赖人工操作，存在劳动强度大、作业环境复杂、施工效率低等问题。核电站或建筑施工现场空间狭小、钢筋密集、气候影响大，给人工作业带来安全隐患，施工周期长、工序繁琐，对高技能劳动力依赖大，钢筋有不同直径，且重量较重，传统模式已明显滞后，成为制约企业效率提升与安全生产的关键瓶颈。

针对以上痛点，柴孚研发了智能施工机器人钢筋自动化工作站，利用本款机器人突破传统人工施工的局限，攻克复杂环境下钢筋自动识别、定位、等技术难题，实现钢筋施工全流程的自动化与智能化。本项目通过集成先进的加长施工机器人、无线遥控全伺服履带小车、双目视觉定位系统、人机智能操作系统和高精度六维传感器等核心技术，打造一款能够适应核电站复杂施工环境的智能施工机器人的整体解决方案，可以延伸到高层建筑、桥梁、隧道等工程中的钢筋抓取与安装，支持大型钢结构组件的自动化生产和装配，并广泛应用于道路、铁路和水利工程等基础设施建设领域，填补国际空白，显著提升施工效率和质量。



在直接经济效益提升方面，一是提高作业效率，缩短工期。施工机器人具备全天候作业能力，且作业速度稳定、连续，显著提高钢筋安装效率，可减少施工周期 20%，降低项目整体建设成本。二是降低人工成本。可替代大量钢筋工人，减少对高强度体力劳动者的依赖，节省人工费用，尤其在劳动力资源紧张或高工资区域尤为明显。三是减少材料浪费，提升施工质量。精准控制钢筋布设位置和长度，减少因人为失误造成的材料浪费和返工损耗，降低综合材料成本。

在间接经济效益提升方面，一是降低安全风险和赔偿成本。核电站或建筑施工环境复杂，辐射、空间狭小、高空作业等因素增加工人安全风险。机器人替代人工作业可减少工伤事故，降低保险及赔偿支出。二是助力数字化施工管理。机器人设备可与 BIM 系统、施工管理平台联动，实现钢筋安装全过程的数据采集和可追溯。三是提升工程质量与一致性。机器人作业标准统一，误差小，符合核电工程对高精度、高可靠性的严苛要求，有助于提高工程整体质量和运行安全性。

在社会效益提升方面，一是缓解用工短缺、改善工人就业结构。施工机器人减轻一线工人高强度、重复性劳动，推动传统施工岗位向设备操控、运维等技术型岗位转型，有利于吸引年轻人进入建筑行业。二是推动产业升级与智能建造

发展。施工机器人的应用加速核电站、建筑、道路、桥梁等重大基础设施智能化建设进程，促进建筑工业化、智能化转型。三是提升国家重大工程建设能力和国际竞争力。在国家重点工程中广泛应用智能建造装备，有助于提升我国在高端基础设施建设中的智能化水平，增强国际市场影响力。

二、技术亮点

代表产品：智能施工机器人

一是自主研发施工机器人，加长了二轴和四轴，使得该机器人比传统六轴机器人能达到更高更远的位置，最大活动半径 4.6 米，适合于几乎任何轨迹或角度的工作，重复定位精度高，线速度快，国内最长。

二是六轴机器人安装于伺服履带小车上，配合双 3D 视觉系统，实现移动作业下工件的高精度定位与取放，移动后可免二次标定；

三是采用伺服电机与 RV 减速机，驱动的旋转拍照系统，支持机器人末端 360° 旋转拍照，提高圆形或接近圆形工件的识别与抓取准确性；

四是集成六维力传感器与人机智能操作系统，实现复杂环境下直径 20-45mm 螺纹钢筋的自动识别、定位、夹取与连接施工的全流程自动化。



三、标杆企业简介

上海柴孚机器人有限公司成立于 2011 年，坐落于上海市金山区张堰镇，是一家集工业机器人全产业链研发、生产、销售和服务为一体的高新技术企业。是国内领先的工业机器人企业，拥有 300 余台引进自国内外的先进精密设备，具备强大的研发制造能力。公司专注于工业机器人本体、核心部件（包括 RV 减速器、伺服电机、控制器）以及智能化整体解决方案的自主研发与产业化，广泛应用于汽车制造、电子装配、新能源、航空航天等领域，已成功出口至俄罗斯、马来西亚、巴西、越南、沙特、印度等国家，正加速全球布局，积极提升国际市场竞争力，对标国际巨头发那科、ABB、库卡，在国内市场与埃夫特、新松等知名企业同台竞技。

柴孚机器人汇聚了一支由顶尖人才组成的多元化团队，涵盖机器人研发、制造、应用及市场拓展等全链条环节。核心团队由多位在工业机器人行业深耕十年以上的专家领衔，研发人员占比超过 20%，其中本科及以上学历的技术骨干比例高达 80%。在机器人运动控制、人工智能、机器视觉与精密制造等核心技术领域，柴孚具备深厚的技术积累与持续创新能力，并与江苏大学、哈尔滨工业大学等知名高校建立了深度产学研合作关系，持续攻关关键技术，推动项目成果转化落地。

未来，上海柴孚机器人有限公司将以全球化布局为战略方向，持续加大研发投入，拓展智能制造及新能源等新兴应用领域，致力于引领高端装备制造业智能化、数字化升级，助力中国智造走向世界舞台。

商贸物流篇



案例 1 物流快运场景

一、应用案例

物流快运行业是国民经济的重要支柱，但传统运作模式面临诸多痛点。一是人力依赖度高。分拣、搬运、装卸等环节依赖大量人工，尤其在高峰期（如“双十一”），人力缺口显著，导致效率低下。二是运营成本高昂。人工成本逐年上涨，加之工伤事故频发，进一步推高企业运营成本。三是安全隐患突出。叉车操作存在高风险，工人疲劳驾驶或操作失误易引发事故，威胁人身安全。四是效率瓶颈明显。人工搬运速度慢、易出错，难以满足大规模、高频次的物流需求，导致货物积压、配送延迟。

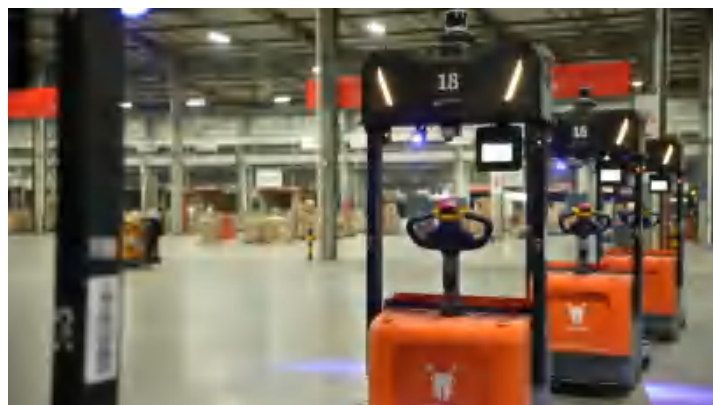
木蚁机器人通过自主研发的无人叉车、智能调度系统及导航模块，为物流快运场景提供高效、安全的解决方案。一是无人叉车替代人工。MEF2 智能搬运车可实现自主导航、路径规划、货物搬运及避障，24 小时不间断作业，效率是人工的 2 倍以上。二是智能调度系统优化流程。木蚁的调度系统可同时管理 100 台叉车，动态规划最优路径，避免拥堵，提升整体作业效率。三是人机协同灵活切换。无人叉车支持一键切换至人工驾驶模式，适应复杂环境，实现高效协作。四是安全防护全面升级。配备多线激光雷达、3D 深度相机等传感器，实时感知环境，避免碰撞，保障人员与货物安全。

在经济效益提升方面，一是人力成本降低。某物流分拨

中心引入木蚁无人叉车后，人力节约 80%以上，年节省成本超千万元。二是效率显著提升。无人叉车搬运速度达 2.6 米/秒，是传统叉车的 2 倍，日均处理货量提升 30%。三是事故率大幅下降。无人叉车零事故运行，减少工伤赔偿与停工损失。



在社会价值提升方面，一是推动行业智能化转型。木蚁的解决方案助力物流企业实现“无人化”升级，提升行业整体竞争力。二是改善工作环境。减少工人从事高强度、高风险作业，提升职业幸福感。三是促进绿色物流。无人叉车高效运行，降低能源消耗与碳排放，助力可持续发展。



二、技术亮点

代表产品：MEF2 智能搬运车

一是 L4 级无人驾驶技术。木蚁的无人叉车达到 L4 级无人化，可在复杂环境中自主完成插取、装卸、避障等动作，

无需人工干预。

二是全球首创单仓 100+台智能调度系统。通过分布式服务架构，实现单场景下 100 台叉车的协同作业，路径规划精准，资源调度高效。

三是高速运行与高安全性。最高速度达 2.6 米/秒，是行业平均水平的 2 倍，配备多重安全防护措施，确保作业安全。

四是人机协同灵活切换。支持一键切换至人工驾驶模式，适应复杂环境，实现高效协作。

五是 3D SLAM 室内外导航模块。实现室内外无缝导航，远距离识别障碍物并进行避障决策，提升环境感知力。

三、标杆企业简介

上海木蚁机器人科技有限公司自 2016 年成立以来，迅速崛起为全球自动驾驶叉车及群体智能搬运解决方案的领航者。其核心团队汇聚了自动驾驶、机器人及物流领域的资深专家。企业获评上海市“高新技术企业”以及“专精特新企业”。国际化进程加速推进，木蚁通过欧盟 CE 认证，海外订单占比超 40%，在欧洲实现规模化商业落地并设立美国子公司。

木蚁不仅掌握了 L4 级无人驾驶与数字化管理的尖端技术，更开创性推出了业内首个大规模集群调度控制系统，实现百台级设备毫秒级协同作业，并自主研发了行业领先的室内外一体化导航模块。凭借卓越的产品和服务，木蚁成功赢得了京东、顺丰、跨越、德邦等快运行业头部企业的信赖与合作，国内市场占有率稳居行业第一。

未来，木蚁机器人将继续深耕智能物流领域，加速技术

创新与产业升级，通过拓展海外市场、提升产能与产品质量、推出覆盖物流仓储全流程的一体化解决方案，迈向“开箱即用”的智能搬运超级工具时代，为全球物流行业注入新动能。

案例 2 物流园自主装卸场景

一、应用案例

传统人工装卸货的困难之处在于处理各种不同类型的货物。从小到大，从轻到重，从易碎到耐用，每一种货物都有其独特的特点和要求。装卸站点、车厢内通常不会配备空调，在狭窄的车厢内，冬季寒冷、夏季炎热，还要不停的搬运货物，气味、气温、尘土等都会给工作带来不便。并且由于货物庞大的数量、巨大的重量，还需要持续不断地快速完成任务，基本每一位工作者都患有长期劳作留下的疾病。

机器人的应用也面临诸多难点。一是安全性。机器人通常需要在繁忙的仓库环境中操作，与人员和其他设备共存，因此必须确保它们能够避免与人员或其他机器碰撞，同时避免货物损坏或损失。二是货物多样性。不同的货物可能在形状、尺寸、重量和材质方面差异巨大，机器人必须具备高度的适应性，能够处理各种类型的货物。三是导航和感知。机器人必须能够精确地感知周围环境，包括检测障碍物、确定货物位置，以及识别货物的特征。四是机器人自动化和协作。与其他机器人、自动化设备和人员协同工作，以实现高效的货物处理过程。五是维护和可靠性。因为机器人通常需要在工作环境中运行很长时间，因此需要定期维护和保养，以确保其可靠性和持续性能。

车厢到达指定位置时，机器人根据系统提供的信号到

达指定位置，前方输送带会根据货物高度调节自身输送高度，然后进入车厢，设备卸货前方有隐藏式吸盘装置，将货物吸入皮带传送装置。机器人采用履带载重式底盘，适合月台、户外、车内等复杂工况的混装物品装卸货；其次机器人融合多传感器及 AI 决策引擎，感知场景，自主导航；设计方面，集成化一体机身设计，适应集装箱、高地栏车、箱式货车内作业；在末端执行机构，设计重负载 7 轴机器手臂，灵活更换执行机构，兼容箱装、袋装货物；软件和控制系統上，对接各物流公司的 WCS、WMS，与现有系统无缝集成。



二、技术亮点

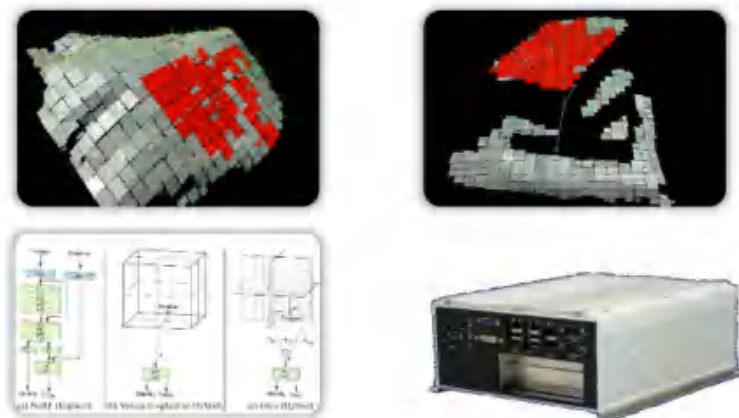
1、自主装卸机器人四大“自主”

一是自主知识产权，包括一种 3D 智能视觉卸货机器人、卸货机械手及其控制方法。

二是自主规划导航，自主感知月台、车厢、货物情况，自主规划路线，自主导航。

三是自主装卸货，可与 WMS、WCS 对接，自主进行货物的装卸，无需人工参与。

四是自主交付平台，内置 Vision Robot 低代码交付平台，用户可灵活进行流程配置。



2、ASV|橡胶履带底盘适合复杂工况的高速稳定装卸

- 分布式负载，重负载且稳，不易对车厢造成损坏，不损伤地面；
- 跨越缝隙：400mm；
- 垂直越障：80mm；
- 爬坡坡度：45度；
- 驻车坡度：27.5度。



3、7轴灵活手臂胜任自主装卸、拆码等多任务

- 集装箱装柜及卸货，兼容标柜和高柜等；
- 箱式货车、板车等装卸货；
- 货车、月台等基础设施无需改造。

三、标杆企业简介

赛那德科技有限公司是一家自主装卸机器人及视觉算法平台提供商,专注于具身智能机器人和视觉产品的研发和

制造。公司以机器视觉技术为基础,通过自研底层智能框架及 AI 算法,深度耦合运动控制体系,打造了全方位多场景覆盖的产品体系,实现机器抓取、视觉定位、智能拣选、搬运装卸等功能,高效替代了工业生产、仓储和物流分选中的传统人工作业,帮助客户完成“机器换人,从而实现降本、增效。

自主研发专利与版权百余项,凭借卓越的产品技术创新能力和市场表现,备受行业与合作伙伴认可,是嘉定区创新发展 50 强企业、国家高新技术企业、上海市“专精特新”企业、荣获上海高新技术成果转化项目认定、获评“嘉定区产学研合作项目”。

案例 3 面向中短距离的城市服务 无人物流配送场景

一、应用案例

面向中短距离的城市服务无人物流配送场景是指从分拣站/配送站点到末端驿站/消费者的运输，实现快递包裹/物品的高效配送，主要应用于快递配送、商超配送、移动零售、餐饮配送和城市服务细分场景，有效推动培育数字经济新业态、发展现代邮政快递服务、构筑数字服务新场景、推动冷链基础设施智慧化升级。

传统的物流配送场景受到一定的约束：一是配送物品种类众多，包括快递、餐饮、生鲜、药品等，配送的空间、时间非常分散，需要大量快递员以高频次、小批量的方式工作。二是配送路线复杂、效率提高难，传统配送主要依赖配送员人力作业，配送员机动性较大，存在各种突发情况，影响配送效率提升。快递员每天三分之二的时间在派件，三分之一的时间都在做重复性的往返运输。三是配送成本高，2023年全国快递单量 1745 亿件，其中中转场站或网点到小区的运输约占单票成本 50%以上，快递、配送企业经济效益、市场竞争力受末端配送成本制约。四是配送人员流动大、雇佣难，2013-2024 年，全国快递业务量增长 14.2 倍，同期快递从业者仅增长 4.5 倍。人社部发布的全国年度最紧缺的 100 个职业中，快递员职业常年高居排行前五。

面向中短距离的城市服务无人物流配送安全风险更低，更具备落地条件，能在保证安全的情况下满足 B 端、C 端用户需求，并更快达到自动驾驶技术商业化目的，同时也带来经济效益和社会价值的提升。



一是补充末端物流配送运力，缓解用工短缺。面向中短距离的城市服务无人物流配送机器人的落地和推广，一方面实现分拨中心到网点或网点到驿站的机器换人，另一方面无人配送机器人作为标准运力，人力作为调峰运力解决季节性用工荒问题，实现对末端物流配送的运力有效补充，提高总体作业效率。

二是提升末端物流配送安全性。一直以来，快递员、外卖员安全问题备受关注。面向中短距离的城市服务无人物流配送机器人的推广能较大程度缓解快递、外卖行业工作压力，并且机器人为无人驾驶，有助于提升人员安全水平。

三是节省快递物流配送成本。随着近年国产替代加速，产业链上游部分零部件价格逐步下降，无人物流配送机器人的整体价格呈现下降趋势。同时在无人物流配送机器人使用过程中，除了充电、维修保养、保险外，较少涉及其他费用。以公司产品的终端客户的某一分拣中心为例，使用 5 立方的无人配送车车型，每车 500 票，一天往返 4 趟（大约 80 公里），无人车就能够省去一个月 8000 的司机人力成本和能

源成本，一个月分摊到单件，成本可从2毛/件下降到6分/件，降本率达70%。

二、技术亮点

一是全球首创的线控底盘操作系统。无人物流配送机器人的核心和关键是其线控底盘，其操作系统的车载软件开发模式基于SOA架构进行研发的思路和城市服务场景无人驾驶软件平台EOS，能应对智能数字化线控底盘解决方案软件的复杂性和多样性，可实现软硬开发解耦，功能开发不受硬件开发周期约束。全新软件功能开发周期做到4周以下，已有突破到2周以下，实现与重要客户开发同频。

二是全栈自研的线控底盘线控套件。无人物流配送机器人配备全新的线控套件开拓“积木式”智能数字化线控底盘造车模式，实现场景应用、总成配置及部件“即插即用”式快速切换，达到软硬开发解耦与技术能力跨平台、跨产品通用，实现整车精密瞬态响应控制和低时延、高精度、高效率、高稳定性的产品状态，其中速度控延迟200ms、速度控精度0.5kmph，领先行业平均水平50%。

三是全面创新的能量套件核心技术。无人物流配送机器人的能量套件主要包括软硬自研的高/低压智能配电单元Hi-PDU以及Lo-PDU，从能量供给形式、补能形式、自主精细化诊断和冗余等多个方面保障车辆的安全性和出勤率，实现能量供给“分布式精准供能”和“主动预测+多级容错”，确保车辆供电与配电系统故障的及时处理和系统稳定性。

四是远程诊断升级的自研网联数据平台。无人物流配送机器人使用自主研发的车端诊断+云端调度智能运维平台，

将无人驾驶域控制器深度集成，实现对底盘、动力、感知、能源四大域的硬件资源统一调度，使得分散的车辆硬件之间实现信息互联互通、资源共享和功能模块的灵活切换，确保无人物流配送机器人远程升级过程连续性和稳定性。

三、标杆企业简介

上海易咖智车科技有限公司聚焦 L4 级轮式具身智能无人驾驶线控底盘核心技术，构建 ADC 产品生命池（智能设计引擎+数字化智造+云端数据挖掘），携手 AI 及科技公司赋能无人驾驶在物流配送、环卫清洁、安防信采、移动充电等领域规模化商业落地，成为服务型无人车领域覆盖场景最丰富、行业最全产品矩阵的无人驾驶装备提供商。

易咖智车沉淀形成服务型无人车在不同场景产品平台中高效迁移、适配和拓展的技术内核“行者架构”，实现从“需求-研发-采购-生产-测试-造车-用车-运维”无人车产品全生命周期服务。易咖智车充分发挥“链主”企业作用，与 80% 中游算法合作伙伴和 60% 的下游场景端客户均为合作关系，互为甲乙双方共同赋能场景用户，产品市场占有率稳居行业第一。累计开发二十多款产品，覆盖超过 80 座城市，交付超 4000 台无人驾驶车，为行业领先水平。荣获国家级专精特新“小巨人”企业、国家智能制造试点示范企业（优秀场景）、中国汽车隐形独角兽企业、上海市专利工作试点单位、上海市科技型中小企业、上海市设计创新中心、上海市“质量标杆”、张江国家自主创新示范区“张江之星”等，作为核心单位参与编制全国首个线控底盘国家标准《低速线控底盘通用技术要求》（GB/T 43947-2024），填补行业空白。

案例 4 物流中转场搬运场景

一、应用案例

物流中转场是典型的人工密集型场景，存在三大痛点：一是人力成本高。中国平均工资年复合增长率达 8%，2026 年预计达 15.5 万元/人（来源：国家统计局）；二是工作强度大。员工需高频次搬运 8 米长货柜中 30kg 以内的箱子，日均操作超百次；三是效率瓶颈。人工分拣搬运依赖经验，连续工作 8 小时，尤其是夜间作业易出错，甚至产生安全事故。

开普勒部署先行者 K2 底盘版/双足版人形机器人，实现核心流程替代。一是智能识别。通过 RGBD 相机实时定位货箱位置，并利用激光 SLAM 自主导航和避障；二是双臂协同搬运。负载 30kg，完成 1-5 排货柜物料箱的定位抽取和搬运任务；三是快充供电。1h 快速充满电支持 8 小时移动作业。

效益提升			
指标	应用前（平均）	应用后（平均）	提升幅度
单箱操作耗时	300 秒	180 秒	40%
人力成本	3 班×2 人/日	2 台机器人	节省 36 万/年
错误率	5%	<0.1%	98%



二、技术亮点

开普勒 K2 通用人形机器人核心技术矩阵包括：

一是仿生运动引擎。自主研发行星滚珠丝杠执行器（峰值推力 8000N）；

二是认知决策系统。工业场景专用大模型 KeplerMind™（推理时延<200ms）；

三是超感交互网络。分布式多传感融合（LiDAR+RGBD 视觉），动态环境建模更新频率达 10Hz；

四是能源管理高效。快充技术（1h 充满连续作业 8h）。

三、标杆企业简介

上海开普勒机器人有限公司，作为通用机器人产业化的引领者，公司聚焦人形机器人核心技术研发，持有发明专利 17 项，实用新型专利 25 项目，主要成果包括：

- 国际人形机器人应用场景挑战赛张江记录第一名
- 上海市人工智能行业协会会员单位
- 人形机器人产业链人形机器人本体优秀企业
- LeadeRobot 中国人形机器人技术领先奖
- 维科杯·OFweek 年度创新产品奖

2025-2026 年实施“搬运大师+装配大师计划”；建设标准化工业人形机器人训练实验室（浦东张江）；构建机器人应用生态平台（接入 100+工业场景 SDK）；推动人形机器人技术在智能制造、物流仓储等领域广泛应用，提升产业自动化水平，助力企业降本增效，实现高质量发展目标。

农业篇



案例 1 智慧农场场景

一、应用案例

中国作为农业大国，前沿技术在农业的应用普及程度非常低，机械从种类和数量来看均低于欧美国家。我国耕地多为小地块作业，小型智能农机产业还不成熟，而且设备成本相对较高，农民负担不起。

除草、施肥、植保、移栽作为农业依托人工的主要工作，高效替代方案要求智能机械能够整合图像识别系统、智能传感装置、自动驾驶技术、信息处理系统实现无人化智能作业。因此从业务实现角度看，实现无人化智能作业的农业机器人技术解决方案包括完备的管理系统、机器自动驾驶技术和自主作业模式、自带边缘计算的数据库系统、精准的电池管理系统、机器人自身管理和 OEE 分析。

在上海金山区亭林镇建立的点甜机器人智慧农场中，点甜机器人研发中心已自主研发一套智能机器人，包括开沟、耕地、播种、除草、施肥、打药、采收全流程作业智能机器人。实现多机器的协同作业，全套作业管理只需一人即可完成，大大解放劳动力，机器在满功率情况下可连续工作 8 个小时，每台机器每天按工作 12 小时工作时间计算，用电成本不到 40 元，经济效益显而易见。

通过点甜自主研发的 SWEET OS 系统，用户操作界面流畅简捷，非常容易上手，像打游戏一样即可操控管理机器人

作业，便于推广使用。



在经济效益提升方面，一是生产效率提升。通过引入智能农机装备，农民可以实现自动化作业和精准操作，较传统模式提高生产效率 30%以上。二是作物产量增加。智能农机装备可以实现精准的播种和施药，确保作物得到适量的种子和农药，减少浪费和过度施用。作物产量平均提高，（以 23 年使用智能电动收割机为例，每亩水稻收割率增加 50 斤每亩），显著增加农民的收入。三是资源利用效率提升。智能农机装备可以通过精准的农机作业和数据分析，帮助农民优化土壤养分管理、水资源利用等方面的决策，实现资源的高效利用，减少资源浪费，降低生产成本。

在社会效益提升方面，一是产业链推动和市场拓展。智能农机装备的研发和推广将整合带动提升相关产业链的发展，包括农机制造业、传感器和控制系统供应商、软件开发商等。同时，提供智能农机装备还能满足市场需求，拓展农业科技产品的市场空间。二是农业现代化推进。智能农机装备的广泛应用有助于推进农业现代化进程，提升农业生产的智能化水平和科技含量，增强农业的竞争力和可持续发展能

力。

二、技术亮点

一是基于事件的视觉导航技术：基于事件的摄像机（即动态视觉传感器）通过检测摄像机上所有像素的图像强度变化，提供了一种新的视觉感知模型。

二是 LoRa 组网技术：LoRa 技术基于线性调频扩频调制，具有通信距离远的优势。

三是语义 SLAM 技术：语义 SLAM 技术，利用现在检测速度很快的 SSD，以及基本上可以达到实时定位的 ORB-SLAM2 相互促进。

四是 3DMatch 技术：一个数据驱动模型。这一模型学习局部空间块的描述子来建立局部 3D 数据的对应关系。

五是基于在线全局模型校正的目标重构 (3dv-7)：这是一种全新的基于概率的物体三维模型重构算法框架。

六是 3D 重建下的摄像头不确定计算(3dv-6)：这种算法与数以百万计的特征点、数千台摄像机和数百万个 3D 点在一台计算机上协同工作。

七是基于深度自编码的 3D 激光点云定位方法：该方法需要一个全局的 3D 点云地图，以及几次连续扫描得到局部的点云子集，而无需考虑先验信息。

八是 DAP3D-Net:一种全新的基于卷积神经网络和长短期记忆模型的多任务三维深度模型（DAP3D-Net）来有效的对视频进行深度活动学习和分析。

九是三维刚体在狭窄通道存在情况下的运动规划问题中的碰撞检测技术：基于样本的三维刚体运动规划算法的一

个主要环节是碰撞检测。

十是 YOLOv5+DeepSORT 多目标跟踪与计算:对移动目标进行跟踪定位,可对随风摆动的作物目标进行跟踪计算。

三、标杆企业简介

上海点甜网络科技有限公司是上海市高新技术企业,国内首个集研发、科创、休闲为一体的现代化农业人工智能科创综合体。公司与多家农业科研院所合作,通过自主研发的 SWEETOS 及 SAIGA 架构,对传统农业机械进行颠覆性革新。

点甜在上海设有 5000 平米研发中心和 300 亩试验基地,研发中心设有人工智能探索中心、视觉与图像中心、通讯与衍射中心、结构与运动中心、控制与电气中心、定位与导航中心六大智能研发模块。目前已研发包括 AI 旋耕机器人、AI 做哇机器人、AI 播种机器人、AI 植保机器人、AI 采收机器人多款应用于园艺、大田、果林三大板块的智能机器人,并广泛应用于新疆、黑龙江、江西、湖南、贵州、浙江等地。

点甜是 2020 世界智慧城市大奖上海方案农业板块提供方,第八届中国(上海)国际进出口交易会服务机器人场景应用标杆企业,2022 世界人工智能大会上海人工智能代表产业 8 大项目之一,并被市农科院授予农业农村部长三角智慧农业技术重点实验室工作站。

点甜智慧农场场景在农业智能机器人领域的技术先进性和创新性为其带来了广阔的推广前景。随着社会对农业生产效率和可持续发展的需求不断增加,点甜智慧场景的高效、标准化、自动化、信息化特点将为农业生产带来革命性改变。

案例 2 文洛氏温室大棚柔性作业场景

一、应用案例

在现代农业迈向高质量发展的关键进程中，果蔬生产全链条正经受着前所未有的挑战。随着劳动力市场结构的变革发展，人工成本呈现持续攀升态势，以传统人力为主导的果蔬巡检、采摘、运输等模式，不仅面临用工难、成本高的现实困境，同时因人工操作差异导致的品控标准难以统一等问题也逐渐凸显。果蔬巡检人工判断存在效率低、漏检误检风险高等问题；人工采摘对果实成熟度识别不够精准，易造成采收损耗；运输环节中，人工搬运码垛不仅效率低下，还常因操作不当引发果蔬损伤，这些痛点难点严重影响着现代农业的智能化发展。

基于上述难点问题，中建材凯盛机器人（上海）有限公司创新建立以复合机器人技术为核心的文洛氏温室大棚复合机器人柔性作业应用场景，该体系深度融合多模态感知与智能决策技术，打造全流程自动化解决方案。

一是设施农业巡检复合机器人：搭载高光谱成像与视觉识别技术的智能巡检复合机器人，可精准分析番茄成熟度，通过大数据建模预测产量与上市周期，为科学管理提供数据支撑；二是设施农业采摘复合机器人：采用多自由度机械臂与力控传感技术，实现果实精准定位与无损采收，显著提升作业效率；三是配套物流运输机器人系统：集成搬运码垛机

器人、AGV 智能牵引机器人及复合机器人调度系统，构建柔性化物料流转网络，确保作业流程无缝衔接；四是配套开发农业 MES 管理平台，通过物联网终端实时采集环境参数、作物生长数据及设备运行状态，运用数字孪生与机器学习算法，实现生产过程的动态监测、智能调控与决策优化，推动现代农业向数字化、智能化转型。



经济价值体现上，一是机器人可实现全天候自动化巡检，覆盖大面积设施农业园区，减少人工巡检频次和人力投入；二是通过实时环境监测，机器人可精准反馈数据，帮助农户动态调整灌溉、施肥等措施，实现精细化利用，降低生产成本，减少资源浪费，优化生产管理；三是促进农业与科技深度融合，带动农业机器人研发、制造、服务等相关产业发展，形成新的经济增长点。

社会价值提升上，一是机器人替代重复性体力劳动，吸引技术型人才回流，助力乡村振兴；二是精准资源管理减少农业源污染，保护土壤和水体环境，符合“双碳”目标下的促进可持续发展要求，践行绿色农业；三是作为设施农业智能化的核心装备，复合机器人整合物联网、AI、大数据技术，为农业生产提供实时数据支撑，加速传统农业向数字化、智能化转型，助力我国从农业大国向农业强国迈进。

二、技术亮点

设施农业果蔬巡检复合机器人深度融合人工智能与物联网技术，构建起智能化巡检体系。

一是通过构建基于大数据驱动的“生境-果情-墒情-病虫害”深度学习模型，系统可实时采集并分析温室内的光照、温湿度、二氧化碳浓度等环境数据，精准监测果蔬的生长态势，判断果实成熟度，还能对土壤墒情进行评估，识别潜在的病虫害风险。

二是借助设施温室激光-视觉 VSLAM 导航模型，机器人能够在复杂的温室环境中自主定位、规划路径，高效完成巡检任务。

三是凭借先进的算法与技术，巡检复合机器人不仅能实现产量预测、面市时间预估和病虫害预警等功能，还可通过数据积累和模型优化，持续提升检测的准确性和效率。

四是在实际应用中，单套设备的工作效能相当于 10 名人工巡检员，大幅降低人力成本，显著提高巡检的精准度和效率，为全流程机器人化作业提供坚实的装备支撑，推动设施农业向智能化、无人化迈进。

三、标杆企业简介

中建材凯盛机器人（上海）有限公司成立于 2003 年 9 月，是中国建材集团有限公司旗下一家以复合机器人和视觉技术为核心，提供跨行业多领域智能化解决方案的科创型企业。相继获评国家级专精特新“小巨人”企业、国家知识产权优势企业、高新技术企业、上海市服务型制造示范企业、上海市企业技术中心、上海市专利示范企业。拥有 207 项自

主知识产权，其中发明 31 项。通过 ISO9001 质量体系、ISO14001 环境体系和职业健康安全管理体系的“三标一体化”认证。

公司 2024 年最新研发产品人防应急巡检机器人在工信部牵头举办的第二届特种机器人产业链“揭榜”推进活动中获评优秀解决方案。与上海交大联合研发的设施农业采摘机器人和巡检机器人项目获评 2024 年松江区重点领域示范应用项目；设施农业果蔬自动分拣包装生产线为高品质、全绿色、可追溯的设施农业产品提供全方位、全天候的保障，技术国际领先；设施农业育苗系统月产值破万株，完全取代荷兰设备实现国产化。玻璃分级堆垛工业机器人系统技术达到国际先进，国内市场占有率 70% 以上。在铜铟镓硒薄膜太阳能组件自动化生产线装备领域首次实现从 80MW 扩大到 300MW 的单线产能突破，获评 2018 年上海市高端智能装备首台突破和示范应用专项（首台突破）和 2022 上海首届高价值专利运营大赛百强；成轴碳纤维包装全流程自动化机器人系统获评 2024 上海市高价值专利运营大赛百强。

公司紧密围绕中国建材集团“4335”指导原则及凯盛科技集团玻璃新材料“3+1”战略布局，科技驱动“凯盛机器人制造”迈向“凯盛机器人创造”，以新材料装备的智能化全集成解决方案为己任，坚持走创新驱动发展道路，为加快机器人产业发展，塑造高质量发展新动能贡献力量！

案例 3 雏鸡性别鉴别场景

一、应用案例

我国白羽鸡年出栏量 65.32 亿只，黄羽鸡年出栏量 45.60 亿只，蛋鸡年出栏量 11.59 亿只。现阶段全国从事雏鸡性别鉴别行业人员现阶段共有 2 万余人。用工成本高（平均工资 15000 元/月）、人员培训周期长（半年以上）、离职率高等问题，导致广大种禽孵化企业较高的鉴别成本，减少了孵化利润。同时因为强光照射，对鉴别员视觉伤害很大，40 岁以上就很难再从事该行业，是长期以来畜牧界的痛点。此外，国外商品代白羽肉鸡均采用公母分饲，保证了较高的均匀度，提高料肉比。国内因为白羽肉鸡量大，鉴别费用高企，对商品代不进行公母分饲，进一步压缩了养殖阶段的经济价值。

针对雏鸡性别鉴别的行业痛点，夏数科技研发出能代替熟练鉴别员的雏鸡性别鉴别设备，是目前国内乃至世界上首创商用的一日龄小鸡公母鉴别仪器。研发团队利用机器视觉成像+AI 技术，通过对不同品种的种禽进行海量数据采集，构建机器视觉模型，使用多通道极深度神经网络对目标图像分析，对雏鸡性别进行判定，并设计相应的机械传动装置，代替手工操作进行分拣。

通过长达 4 年的研发，雏鸡性别鉴别设备（翻肛系列）的鉴别精度已经达到 98--99% 准确率，达到国内顶尖鉴别师的水平），速度 1200 只/小时。设备仅需人工辅助就可以解

决该业务场景的痛点，对视力、鉴别技能没有任何要求。设备鉴别精度高、鉴别精度稳定，既能提升产品质量及稳定性（分饲准确率），也能够提升现代家禽养殖产业链的整体生产效率，实现降本增效。目前该产品主要面向家禽孵化公司、家禽育种公司等客户，得到海内外客户的一致好评。

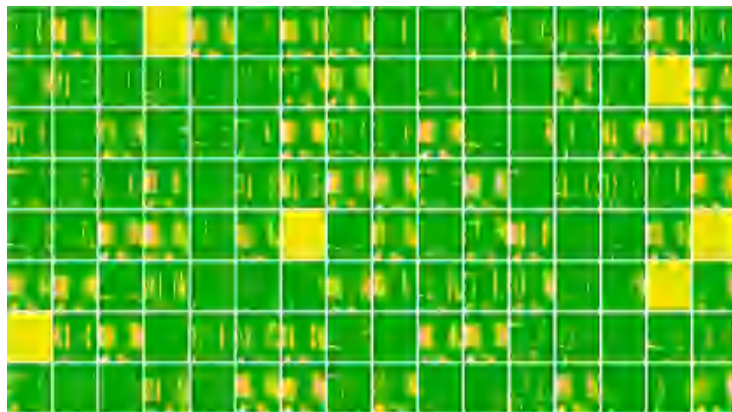


二、技术亮点

通过人工智能与大数据技术，有效赋能家禽产业升级发展。项目核心技术路线为多通道极深度卷积神经网络(MDCNN)。MDCNN主要用于图像处理和计算机视觉。CNN中的层由组织成三个维度的神经元组成：输入的空间维度（高度和宽度）和深度。任何给定层内的神经元仅连接到它们之前层的一小部分区域，这些区域相互缠绕。三种类型的层（卷积层、池化层和全连接层）构成了CNN。卷积层将通过计算其权重与连接到输入量的区域之间的标量积来确定连接到输入的局部区域的神经元的输出。池化层将沿着给定输入的空间维度执行下采样，进一步减少该激活中的参数数量。全连接层将从分类激活中产生类别分数。

在人工智能技术方面，一是将机器视觉的落地应用从工业场景有效拓展至农业场景。通过机器视觉，模拟人工视觉

检测方法，有效解决复杂环境、复杂场景下的视觉成像问题。二是通过深度学习技术，将复杂的鉴别分析工作程序化智能化。近三年来，公司通过研发实验，不断积累应用场景数据，持续优化提升相关设备智能化水平。



在大数据技术方面，通过深入的采集数据、实验分析，将农业数据标准化、统一化，从而扩展产品应用类型。以雏鸡性别鉴别设备为例：已经从单一品种鉴别成功拓展至全品类（肉鸡、蛋鸡、火鸡）全品系（黄羽鸡、白羽鸡、杂色鸡，等多个品种），将单一客户拓展至全产业客户皆可使用的通用类智能化产品。

三、标杆企业简介

上海夏数智能科技有限公司是国家高新技术企业，创新型中小企业，“启迪之星”称号企业，同济大学“启帆计划”企业，同济科技园高成长企业，苏州清华环境创新研究院农业环境研发团队。主要从事农业畜牧业领域内基于大数据技术和人工智能模型的软硬件一体化农机自动化设备研发，以及无人化农场、畜禽、种猪养殖场自主无人系统搭建研究，为种禽产业中的孵化、养殖、屠宰提供智能解决方案。

公司在美国费城成立，总部位于上海，在苏州、嘉兴、北京设有控股子公司，夏数科技分别与世界最大家禽育种公

司 EW 集团，马来西亚上市公司潮成资本，启迪控股（英国）、上海家禽育种公司等设立有合资公司。公司核心产品包括雏鸡性别鉴别设备、雏鸡快慢羽性别鉴别设备、雏鸭性别鉴别设备、家禽图片估重系统、养殖场巡检机器人等，产品销售覆盖了全球超过 23 个国家和地区。

公司可以对外提供全套智慧养殖管理模式，可以向客户提供交钥匙的软硬件系统，帮助客户轻松管理养殖场，提高客户的养殖收益。同时，与育种企业建立深度绑定，打通育种→孵化→育成产业链，形成全流程智能化管理。企业愿景是通过人工智能技术，助力畜牧产业升级。通过科学技术，赋能畜牧产业发展。

案例 4 苗床绿叶菜生产场景

一、应用案例

国兴农在 2020 年就初步打造了苗床绿叶菜智能化生产流水线应用场景，目前该场景已经在浦东 3 个基地(清美)、崇明 2 个基地落地运行，总应用面积达 10 万平方米，运行时间已达 4-5 年。该场景逐步研发应用了从基质搅拌机-全自动播种流水线-穴盘入床机-智能立体催芽室-全自动物流苗床-全自动施肥机-收割包装机-苗床清洗机-苗床堆垛机 -基质抖盘机-穴盘清洗机-基质回收处理装备-AGV 物流小车等全流程智能装备。但是采收机械化水平仍然比较低，特别是穴盘提取和移栽环节还需完全依赖人工。2022 年通过对场景的全产业链进行补链和强链，进一步进行技术的提升和智能装备的优化替代，在原有智能装备环节增加了穴盘提取机械手以及绿叶菜移栽机器人，并在 2023 年成功落地清美桥北基地。



目前我国设施农业机械化水平为 36.28%，环境调控、种植、采运等环节的机械化水平较低，还不能满足中国设施种植智能化发展的需要。由于采收环节技术要求高，劳动强度大，缺乏有效的生产组织模式，并且人工作业效率低，人力成本高，无法标准化精细化实施。因蔬菜收获的复杂性和种类的多样性，设计的收获机械大多专用性很强而通用性不高。采收环节中，从苗床到采收包装机，还需要人工一盘一盘的搬到采收机上进行包装。而且随着我国城市化进程的推进，农村劳动力的减少，对于蔬菜这种劳动密集型产业，发展蔬菜整体性的收获机械，实现蔬菜生产的机械化有助于提高我国农业的生产效率。

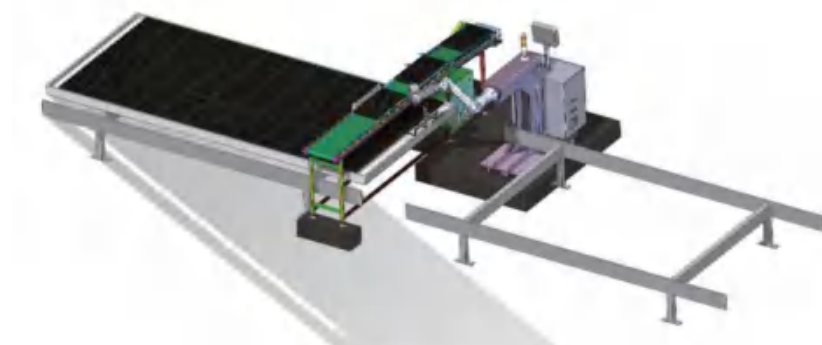
通过增加穴盘提取机械手以及绿叶菜移栽机器手的苗床绿叶菜智能化生产流水线应用场景，解决了原先苗床绿叶菜场景需要大量运用人工的问题，原采收环节单亩需要人工 6 人/亩，机械手替代后可实现单亩节约人工成本 900 元：形成全程智能装备的闭环生产与运行，实现全套智能装备国产化率达 80% 以上，与传统种植模式进行比较节省人工 87% 以上。通过叠加绿叶菜水肥和环控模型，实现水肥及环境的标准化管控绿叶菜产量由原 3-5 茬上升到 12-15 茬/年，茬口提高 3-4 倍。这种快播快种，鸡毛菜最快只需 18 天就可以生产完成，生产的绿叶菜已在全市 1000 多家直营门店销售，获得市民一致好评。

升级后的苗床绿叶菜智能化生产流水线应用场景将成为全产业链的农业设施和智能装备的集成的“上海模式”，可以应用于生菜、香葱、香菜、木耳菜等多品种，也可以适

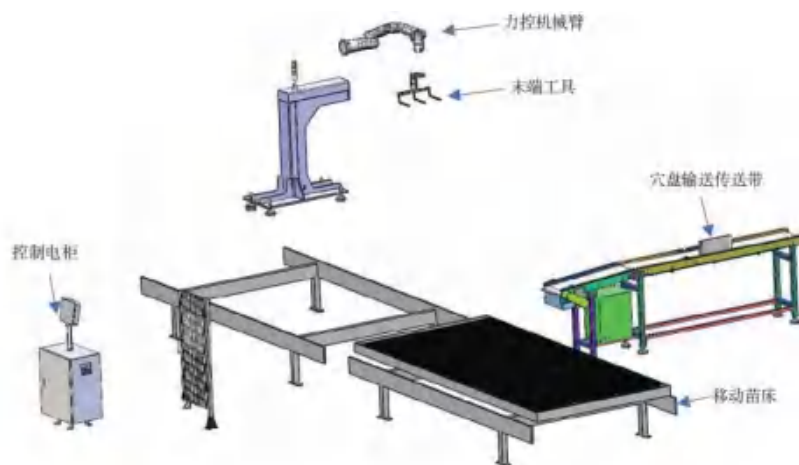
用于水培蔬菜、工厂化育苗、花卉工厂化等多场景，在上海及全国复制推广应用前景广阔。

二、技术亮点

代表产品：穴盘提取机械手



该机械手由多轴机械臂、末端执行器(含插齿工具)、力传感器、控制系统等主要部分组成。力传感器作为感知元件，实时收集插齿与穴盘交互过程中的力学数据。



穴盘提取机械手采用柔性机械手，利用力的感知让触手有活性；无需视觉，可自动适应穴盘的位置误差；可自动适应穴盘因新旧程度导致的软硬误差；可满足4秒/次上下料节拍，结合苗床移动速度可自动优化。绿叶菜移栽机器人采用柔性机械手，力的感知赋予夹具灵巧性，在抓取幼苗时更好的保

护幼苗;可换不同的夹具处理多种生产场景;单个工站两台机器人节拍 600 盘/小时;可与机器人上料工站配合,实现多种种植场景移栽。

三、标杆企业简介

上海国兴农智能科技股份有限公司成立于 2011 年,是一家专注于农业设施、装备、自动化、智能化及数字化应用的设施农业整体解决方案供应商。

国兴农拥有自己的核心硬件+软件研发团队,自主研发智能装备 20 多台,获得 100 多项知识产权,其中 44 项专利、49 项软件著作权、20 项商标,累计承担市重大研发攻关项目 30 项,相关研发经费达 5800 万元,与交通大学、上海农科院、百度人工智能、同济大学、上海航天电子技术研究所、上海大学中国工业设计院、上海农技推广服务中心等多家院校机构形成了紧密的合作关系,并与交大黄丹枫老师团队组建了上海市院士专家工作站。国兴农“设施蔬菜优质高产高效智能化生产关键技术及成套装备”于 2023 年荣获“上海市科技进步一等奖”,主持的《面向农业设施装备研发与智能控制的共享制造项目》获得国家共享制造示范项目,并积极加入相关行业协会,为行业的进步和发展承担责任,累计为 100 个超 100 亩以上的基地提供“双总”(总集成·总承包)全周期服务。先后获得国家专精特新小巨人企业、上海市科技小巨人企业、上海市农业产业化重点龙头企业等荣誉与资质。

未来,国兴农将进一步加大自主研发,打破国外技术垄断,形成自主知识产权,攻克农业高端智能装备“卡脖子”

问题(如高精度环境传感器、自适应机器人等),实现国产化装备成本较进口降低 40%,助力企业开拓中小型农业市场,并通过“智能装备+AI 决策系统+数据服务”一体化模式,构建从硬件到软件的全产业链盈利生态。

养老助残篇



案例 1 养老护理场景

一、应用案例

作为养老结构中家庭养老、机构养老之外重要一环，目前存在智能产品不足、护理服务不够、护理人员短缺、基础护理工作繁重、服务内容与老年人需求不匹配、经济负担重等问题。



针对这些问题，宣康机器人从失能半失能老年人本体需求出发，从护理床与轮椅一体化、智能化、小型化、轻量化、人性化、个性化等角度，开发出了一体化智能床椅机器人，具有自动起背、抬腿、翻身、站立、移位、聊天等功能。并且推出租赁模式，减轻家庭一次性经济压力，有效解决半失能、半自理老人久坐需要自动移位、久卧需要翻身和站立、久处需要陪护聊天等难题，可以帮助失能老人起背、抬腿、翻身、站立、自主巡航，让失能老年人更方便生活，提高自理能力，提升生活品质，让子女和护理人员更轻松辅助，避免“一人失能、全家失衡”的情况。目前已在上海市浦东新区浦兴路街道、徐汇区虹梅街道、宝山区张庙街道、静安区

彭浦新村街道、奉贤区西渡街道、崇明区新河镇等日间照料中心开展示范应用，减少了社区养老的人力成本。

在经济效益提升方面，一是创造新的经济增长点，智能护理床椅机器人的研发、生产、销售及后续维护等环节，可带动电池、电机、电控、软件开发、人工智能技术应用等产业发展；二是降低养老服务运营成本，社区养老的日间照料中心或长者照护之家引入智能护理机器人可减少护理人员数量，提高护理效率，减少护理用品浪费，降低运营成本；三是促进养老服务消费升级，智能护理机器人提供的高质量、个性化养老服务，可吸引更多老年人及家庭选择社区养老服务，激发养老服务消费潜力。

在社会价值提升方面，一是提升老年人生活质量与尊严，帮助失能半失能老人更便捷地完成日常活动，让他们重新获得生活的自主性，提升生活质量。减少护理过程中对老人隐私的暴露，维护老年人的尊严；二是缓解家庭养老压力，减轻家庭成员照顾失能老人的负担，让家庭成员能够从繁重的护理工作中解脱出来，有更多时间和精力投入到工作与生活中；三是推动养老科技发展，作为科技应用的典型，智能护理机器人的广泛应用可促使养老行业加大对科技的投入与应用，吸引更多科技人才关注养老领域，推动养老行业整体向科技化、智能化方向转型升级；四是促进社会和谐稳定，良好的社区养老服务及智能护理机器人的应用，可增强老年人对社会的认同感与归属感，减少因养老问题引发的社会矛盾，促进社会和谐稳定发展。

二、技术亮点

代表产品：一体化智能护理床椅机器人

一是床和椅一体化机械设计。首创将护理床与轮椅合二为一，床椅的一体化、小型化、轻量化设计，增强机器人应用场景的适用性，方便护理机器人的使用，让失能半失能老人更好实现坐、卧、立、走的无缝切换，增强老年群体生活的自主性，减轻家属或护工的工作量。

二是自主导航与避障技术。使用嵌入式处理器（ARM+ROS 系统）实现实时决策，采用激光雷达导航避障技术和 SLAM 算法，根据目标位置和实时环境数据，规划安全高效的移动路径并移动到目标位置：基于预设地图使用 AI 算法计算最优路径，采用时间弹性 TEB 实时调整路线实现动态避障，基于激光雷达（长距离）+超声波（短距离）的双重防护，导航过程中遇到未知障碍，自主重新规划路径避开障碍。

三是自动对接与分离技术。采用全向轮和驱动差速轮作为移动方式，确保灵活转向和狭窄空间移动，通过多种传感器融合实现环境感知，通过激光雷达（LiDAR）发射激光束并接收反射信号，利用激光 SLAM 技术生成高精度的 2D/3D 环境地图，使用超声波传感器检测位置，通过高精度编码器里程计、陀螺仪和加速度计提供机器人的姿态和运动状态数据，辅助定位，实现对接与分离。

四是语音控制与陪护聊天。集成 NLP 模块，支持语音指令控制，配备摇杆和遥控器，提供手动操作模式。集成 DEEPSEEK 模块，支持交流互动，与老人直接对话，根据需要播报新闻、播放音乐等，开启轻松陪护模式。

三、标杆企业简介

上海宣康机器人有限公司是上海理工大学、上海康复器械工程技术研究中心科研转化成果，顺应人工智能、机器人、银发经济、康复四合一的趋势，聚焦老伤病残失能半失能群体，专注智能护理机器人的研发、设计、生产、销售和服务，致力于成为智能护理机器人综合服务商，为各类养老机构和万千老年家庭提供专业、智能、有温度的服务！

公司是上海市康复器具协会理事单位、上海市养老服务 and 老龄产业协会理事单位、上海市物联网行业协会会员单位，参与中国残联课题（2024CDPFAT-11），源自科技部、民政部、市科委 3 大重点科研项目，公司拥有自主研发团队，已取得 4 项专利、7 项软著，已提交 8 项专利申请；公司还荣获全球康复机器人创业大赛最具市场潜力奖、世界设计之都大会上海设计 100+ 等荣誉；在上海市康复器具协会牵头立项团标 1 项，与上海理工大学成功申报中国残联课题 1 项；公司依托上海理工大学智能康复工程研究院，开展产学研用协同创新，通过研发、设计、应用，实现概念验证、试用检验、工程应用落地，形成产学研协同创新闭环。

经过两年多的发展，宣康机器人已经是徐汇区银发经济伙伴计划首批成员单位、浦东新区银发经济产业协同生态圈首批成员单位。面向未来，宣康机器人将面向机构养老和社区养老两端发力，继续打磨和推广床椅机器人，并将开展床旁机器人的开发，包括外骨骼机器人、助行机器人、陪护机器人以及机器人保姆，加快产品示范推广和应用。

案例 2 二便护理场景

一、应用案例

上海西郊协和颐养院&文阳护理院占地面积为 14,987 平方米，总建筑面积 33,385 平方米，核定床位数 825 张，是中心城区单体最大的公建民营项目，由人寿堂养老集团连锁运营。2020 年集团投资近 3000 多万元，升级 99 个护理院床位及 80% 护理型床位改造。是集养老，医疗，康复，护理，餐饮，教培，科研为一体的综合性医养项目。

在日常的护理工作中，二便护理由于不定时性、不确定性，占用了护理人员大量的精力及时间，也是护理人员最不愿意处理的一项服务内容。对于长期卧床老人如果不及时护理极易造成老人的护理风险，例如：尿路感染、褥疮、皮疹、压疮等并发症的可能。护理的及时性和标准化对老人的健康造成影响，也会加大院方与家属的矛盾。

“丽洗乐智能护理机器人”正是为了解决这些问题而研发的智能二便护理机器人。实现了对大小便的智能感应、智能识别、智能处理，实现了从感应识别到抽取、冲洗、烘干的二便护理全流程处理。

在使用“丽洗乐智能护理机器人”后，不单单是人力、物力成本的节约，运营效率也提高了，机器人可以 24 小时不间断工作，且能够精准地完成日常护理，这使得养老院的整体运营更加高效，资源利用更加合理，进一步提升了经济

效益；老人生活质量改善，丽洗乐智能护理机器人能够为失能人群提供舒适和个性化的护理服务。



“丽洗乐智能护理机器人”由功能主机、智能卧便器、护理床垫三部分组成，并包括穿戴腰带、管线套等配件。整体设计综合了工业设计、机械设计、交互设计等，集成了家电、家具、服装等各行业的设计方案，用跨界融合的设计理念，提升产品的功能性和实用性。

二、技术亮点

一是多传感技术融合数据算法，精准的识别排泄物，及时准确的进行二便处理，收集每天的处理数据以便家属或者护理人员查询。

二是卧便器外观依托人体工学，男女同款，满足不同身形的用户使用，舒适贴身，可侧翻，有预防侧漏功能。

三是多重空气过滤设计，在处理二便的过程中降低环境异味的散发，改善居住环境。

四是个性化设置处理模式，满足不同老年人的护理使用

需求。

五是充分考虑老人及护理人员的使用体验，选用国际领先的高性能、超静音电机。

六是在操作页面设计方面，考虑到实际操作人员的情况，合理优化操作界面，做到简洁易懂。

七是床垫采用充气材质+新型防褥疮材料，六面透气，舒适护脊，可有效预防褥疮产生。

八是注重选材，卧便器软体选择高分子纳米材料，具有柔软舒适、易清洁等特点；综合选材中都考虑了产品具有较好的经济性和环保性。

三、标杆企业简介

上海弈东医疗科技有限公司是一家集研发与生产为一体的科技型企业，总部位于上海，公司自2016年创立以来，专注于养老健康事业，组建了一支拥有医疗康复、养老护理、产品研发、信息化开发、市场运营等相关领域丰富经验的精英团队。依托上海本地优势资源和良好科研环境，把当前各种养老需求、护理难点和先进的护理理念融入研发创新中，致力于打造养老领域智能护理与诊疗相结合的高科技企业。

公司在2020-2021年度获得上海设计100+入围作品；2021年-2023年度被上海市经济和信息化委员会评为上海市设计引领示范企业。

在未来，丽洗乐智能护理机器人将迭代成为具诊断功效的陪护机器人。科技改变生活，促进与老人的情感交流、精神慰藉；机器人护理服务人类，让老人有尊严地度过人生的最后阶段。

上海弈东医疗科技有限公司坚持以改善老年人生活品质为己任，通过研发和推广智能护理产品，为解决养老问题贡献力量。同时也关注环境保护和社会公益事业，实现企业的可持续发展，致力于为社会提供更优质的养老护理解决方案，为智慧养老行业的发展做出更大的贡献。

案例3 康养服务机器人安全看护场景

一、应用案例

在我国，意外跌倒已成为65岁以上老年人意外死亡的“头号杀手”。传统居家养老安全防范经常采用拉绳报警或者摄像头方案，但拉绳或者摄像头无法全家密集部署，存在较多安全盲区。尤其是摄像头还可能侵犯老年人生活隐私而备受抵触。家庭养老服务机器人是老年人可信赖的安全管家。居家老年人无论在哪里意外摔倒，或者突然感觉身体不适需要帮助时，都可以呼叫机器人。机器人通过声源定位、机器视觉以及自主导航等技术，全屋移动找寻老年人，并发起视频通话联系家人。家人通过机器人视频可准确知晓老年人现场实况，紧急安排救助。

除此以外，机器人还和诸多安防传感器深度耦合，形成全天候老年人居家环境安防管理系统。最大程度防范老人因忘记关火、关水、关煤气，或陌生人闯入等造成居家威胁。无论何时，机器人感知环境安全异常，即刻自主导航前往事发地点，视频联系家人报警。机器人还自带环境监测设备，对居家环境的空气质量环境实时监测，还可启动空气净化器或开窗以确保室内外通风等。

随着老龄化加速，老年人家庭空巢化、独居化、小型化、少子化态势继续加剧，积极应对人口老龄化已上升为国家战略。目前养老产业已进入“精准发力、多措并举”新阶段，

未来行业也将迎来发展新机遇。科技+养老助推养老服务产业智能升级将是一个重要趋势。结合政府公布的发展战略和老龄产业规划，借助人工智能、大数据、云计算及物联网技术，基于养老服务场景，弗徕威家庭康养服务机器人将通过科技赋能养老，打造新型智慧养老社区，为老年人提供更高品质、更多元化的健康养老服务，惠及数亿老年人。



二、技术亮点

一是四大核心功能：安全看护、健康监护、生活照护、精神陪护。弗徕威养老照护服务机器人围绕老年人居家安全发力，解决老年人居家养老的安全看护、健康监护、生活照护和亲情陪护等需求，着力为老年人创造高质量高享受的居家养老生活。依靠移动互联网技术、云技术、数据共享和大数据分析，为合作客户搭建机器人智慧养老管理云平台，通过数据采集、数据交互以及信息安全等关键技术，确保整个智慧养老服务管理云平台的安全性、稳定性和可靠性。

二是机器人具备企业自主研发的 SLAM 算法，能够精准的感知周边环境并建立地图。具备运动控制能力、智能避障能力、重定位能力、利用自身的视觉识别系统识别人体特征且跟随人体运动能力；机器人能够自主移动到任意指定位置并且自主避开障碍物，能全局规划最优路径引导机器人快速安全地到达导航位置。

三是机器人具备语音交互能力。可听见、听懂人类自然语言，并反馈或输出自然语言，具有像人一样的“能听会说、自然交互、有问必答”能力。MIC 组件为 6 麦阵列方案，支持 360° 声源定位，最远拾音距离为 3-5m，并具有回声消除、稳态/动态噪音抑制、语音增强的性能。基于深度学习认知与交互技术，机器人通过重新设计训练新的神经网络模型、裁剪压缩模型和深度学习框架平台级的深度优化，在机器人板载 ARM 处理器平台上实现了多种基于视觉和深度学习方法的认知与交互功能，包括语音识别、人脸识别、手势识别、人体识别、人体姿态识别、通用物体检测、识别、分割与跟踪等。这些认知与交互特性极大提升了机器人的实用性和智能度。

三、标杆企业简介

弗徕威智能机器人科技（上海）有限公司是国内率先参与制订服务机器人企业标准、并获得首批认证的企业。企业注册在浦东，是国家高新技术企业、科技部创新基金支持单位、国家战略新兴产业标准化试点单位、国家住建部《居住区服务机器人管理技术规范》标准制定单位，科技部《养老服务课题》承接单位、国家知识产权局“专利试点单位；承

接上海市重大技术装备、上海市高端智能装备首台突破、上海市人工智能等专项；2021年企业获得上海市科委“高新技术成果转化”项目认定（A级）、上海市“专精特新”企业、国家三部委智慧健康养老应用试点示范企业；2022年入选工信部《2022年老年用品产品推广目录》、《上海市智慧健康养老产品及服务目录》。

企业专注于服务机器人领域深耕十年，拥有完整的自有技术体系、数十项已授权核心专利。团队核心成员来自本领域具有国际和国内影响力的专家，是国内最早实现机器人量产、且一次性交付量最大的服务机器人之一，技术实现力和产品稳定性已获市场验证。

未来企业将继续整合全球研发资源，持续推动机器人技术与人工智能、物联网、移动互联网、云计算等新技术的融合与创新，引领智慧康养、智慧社区及智慧城市建设，为用户提供智能化的解决方案，科技赋能美好生活。

教育篇



案例 1 青少年人工智能教育场景

一、应用案例

中小学人工智能通识教育是指面向全体中小學生，通过系统化的课程、活动和实践，普及人工智能的基本概念、技术原理、应用场景、伦理安全和社会影响的基础性教育。截至 2025 年 6 月，人工智能专业仍尚未被列为一级学科，导致现阶段很多学校对于人工智能教育的培养方案、课程设置还未来得及细化，真正成体系的培养方案也并不多见。

鲸鱼机器人顺应人工智能技术发展的趋势，面向中小學生和教师，以鲸鱼机器人产品为基础，通过系统化的教育内容（海平面）、专业的 AI 师资培养体系（2050 创新中心）、丰富的交流活动和实践（ENJOY AI），普及人工智能的基本概念、技术原理、应用场景的“四位一体”的青少年人工智能教育解决方案。

鲸鱼机器人产品体系覆盖 3-22 岁全年齡段青少年，涵盖积木系列、飞行系列、人形系列 400 多款产品，畅销全球超 51 个国家和地区，2024 年销量破 100 万套。通过与学校和校外教育机构的合作，产品已被纳入中小学信息科学教育课程体系，成为学生學習科学、技术、工程和数学领域知识的重要工具，激发学生的创造思维、批判性思维发展，通过 CBL（创造式）、ABL（目标式）教学方法，培养孩子解决问题的能力、团队协作能力及社会责任意识。

2025 年 ENJOY AI 青少年科技创新实践基地全面建成使

用，总建筑面积 35,000 平方米，总占地面积 40 亩，其中 15 亩青少年活动绿地。基地建设人工智能与机器人展示体验中心、青少年创新与技术教育中心、机器人智能智造中心、ENJOY AI 竞赛中心四大部分组成。ENJOY AI 基地致力于成为全球青少年科普、展示、深度体验、创新实践为一体的独具特色的国际研学基地。孩子们在专业老师的指导下，他们可以亲手操作机器人，认识机器人、学习人工智能知识、感受科技的魅力，通过场景化体验传递“让青少年用科技改变世界”的核心理念。



鲸鱼智能制造中心以“高精度视觉引导+智能化工艺控制+柔性化产能适配”为核心，覆盖从电路板的 SMT 贴装开始，智能柔性组装线灵活切换，AI 质检火眼金睛，激光精准刻码实现全程追溯，自动化包装行云流水，智能堆垛稳如泰山，再到无人仓储高效运转，每一步都刷新认知，能够让青少年深刻感受到科技赋能制造的澎湃力量！



二、技术亮点

鲸鱼积木系列机器人产品是全球首款针对青少年人工智能普及设计的可编程、可拼搭、模块化配置的多模式操控机器人产品，以安全、有趣、激发青少年创造性思维为产品设计理念，主打创意搭建、操控灵活、多场景适配的青少年人工智能通识教育产品。

- 结构标准：独创的 10mm”鲸鱼”尺寸，更易拼搭，“十进制”的中国体系；
- 系统标准：基于 ARM 架构的自研教育机器人操作系统——WHALESBOT OS；
- 软件标准：支持跨平台（Win、Mac、IOS、Android）；
- 13 级编程：无屏编程（积木、刷卡、点读、编程器、编程板、语音编程器）；有屏编程（模块化、流程图、Scratch、Python、C 语言、3D AI ROBOT）；
- 机器智能：5 级机器人传感器与执行器实现全兼容。



三、标杆企业简介

上海鲸鱼机器人科技有限公司是一家专注青少年人工智能与教育机器人领域的高新技术企业，获院士专家工作站、国家专精特新小巨人企业、上海市企业技术中心、科技小巨

人称号。鲸鱼机器人已经完成 B 轮融资，估值 36 亿元。公司拥有集产、学、研于一体、总占地面积 40 亩的鲸鱼机器人产业基地，机器人科研大楼 10000 平米，教育机器人竞赛基地 6000 平米，青少年科技研学基地 5000 平米，数字化生产基地 14000 平米。

公司研发团队以全栈技术自主化能力构建核心研发壁垒，形成覆盖“芯片—操作系统—硬件—课程—赛事”的完整产业链布局，累计研发投入超 4 亿元。产品体系覆盖 3-22 岁全年龄段青少年，涵盖积木、飞行、仿生等 8 大系列超 400 款套装产品，适配家庭、学校、机构等多种场景。公司产品畅销全球超 51 个国家与地区，2024 年销量破 100 万套，超 300 所大学、2 万余所中小学等广泛使用。作为行业佼佼者，鲸鱼机器人正持续以科技赋能教育，助力全球青少年提升人工智能素养。

我们的梦想：让青少年用科技改变世界，青少年通过鲸鱼机器人产品学习人工智能技术、运用人工智能技术，为今后的人工智能事业培养后续人才。

案例 2 机器人职业教育场景

一、应用案例

近年来，工业机器人技术已成为衡量国家科技创新和高端制造业水平的重要标志。相应地，教育体系中对工业机器人相关专业人才的培养需求也日益迫切，但该领域的教学与实训长期面临着由进口设备主导所带来的严峻挑战。一是高昂的硬件与软件成本。根据《2020 年教育装备采购分析报告》，在 2019 年，ABB、FANUC 等名牌进口工业机器人的单价普遍在 15 万元至 25 万元人民币之间。同时配套的专业软件授权费用通常采用年费制，每年所需支付的费用可占到设备总价的 15%至 20%。二是严重的技术依赖与服务滞后。进口设备的核心技术往往掌握在原厂手中，当需要进行二次开发以满足特定教学需求或进行系统集成时，往往必须依赖原厂的工程师提供技术支持，不仅成本高昂，且响应周期长。此外其维修成本常常占据了学校年度设备维护总预算的 30%左右。

面对上述困境，围绕 2020 年教育部等部门联合印发的《职业教育提质培优行动计划（2020—2023 年）》，新时达推出了 SD700 系列教育专用机器人，相较于规格相近的进口品牌机器人，其采购成本降低了约 45%-55%；年均维护成本仅为 0.8 万元左右，大约只有同类进口设备（年均约 2.2 万元）的 33%-36.4%，极大地缓解了职业院校的经费压力。

新时达并非简单地提供产品，而是构建了一种深度的校企合作与服务保障机制。新时达与某实业（工业机器人教育培训机构）深度合作，为院校及参与的技能竞赛建立了“1名企业驻场工程师 + 2名培训骨干教师”组成的技术支持与培育小组模式。

在提升经济效益和社会价值方面，一是参与支持多项职业技能大赛，高效的赛事保障。新时达教育专用机器人参与了包括河南省第三届职业技能大赛、江西省第二届职业技能大赛等，在技能竞赛期间提供全程驻场技术支持。以2024年河南省职业院校技能大赛工业机器人相关赛项为例，所有涉及新时达设备的技术问题均实现了100%的现场快速解决，平均响应时间控制在2小时以内，确保了比赛的顺利进行，也为参赛师生提供了宝贵的实战学习机会。二是持续提供技术赋能。企业工程师不仅提供设备维护，更重要的是参与到教学过程、课程开发和师资培训中，将最新的行业技术和应用经验带入课堂。三是就业竞争力增强。对2023届毕业生的追踪调查数据显示，接受过数字孪生系统培训的毕业生，其首次就业的平均起薪较传统教学模式下的同专业班级高出23%。更值得关注的是，这些毕业生中，有32%成功进入了国内智能制造领域的头部企业（如大型汽车制造商、3C电子代工厂、系统集成商等），显示出其技能水平和综合素质更能满足高端产业的需求。



二、技术亮点

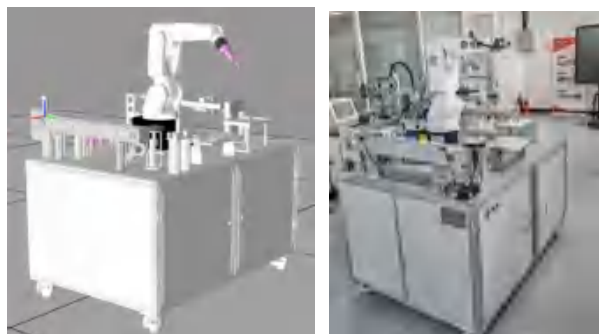
新时达机器人与 STEPStudio 的协同创新的技术亮点在于深度整合与应用了数字孪生 (Digital Twin) 技术, 其载体正是 STEPStudio 仿真软件与新时达机器人的无缝对接。STEPStudio 不仅仅是一个离线编程软件, 它通过特定的技术架构, 成为了新时达实体机器人的高精度数字孪生体, 该架构核心如下:

一是高保真数字模型。STEPStudio 内置了与新时达实体机器人 1:1 对应的运动学和动力学模型, 确保了虚拟环境中的运动轨迹、速度、加速度等与真实世界高度一致。

二是虚拟控制器。软件内部运行着与实体机器人控制器相同的控制算法, 这意味着在虚拟环境中编写和调试的程序逻辑, 能够最大限度地模拟真实运行情况。

三是实时数据交互。STEPStudio 可以与实体机器人建立实时、双向的数据连接。物理机器人的关节角度、速度、扭矩、I/O 状态等可以实时反馈到数字模型中; 反之, 在虚拟环境中调试好的程序也可以快速下载到实体机器人执行。

四是开放的扩展接口。通过 OPC UA 等标准协议, 新时达机器人可以方便地集成 PLC、传感器、视觉系统等第三方硬件, 构建出完整的虚拟工作站或生产线环境。



三、标杆企业简介

上海新时达机器人有限公司成立于 2014 年 2 月 12 日，是国家重点支持的高新技术企业、国家级智能制造示范工厂，是首批符合《工业机器人行业规范》的企业，是国内最早自主研发工业机器人的企业，完整掌握了机器人控制器、伺服驱动器、系统软件等核心技术，其中新时达工业机器人的控制器与伺服系统中的伺服驱动器，100%由新时达自供。

公司是为数不多通过控制器切入机器人本体的厂家，凭借自主研发的控制系统和强大应用开发能力，深度融合应用工艺，实现机器人高速、高精度运行，实现更加精细化和专业化的应用场景定制，从而发挥出本体的极致性能，是“全长三角造”机器人的链主企业，打造出了一系列高品质的产品，屡获殊荣，奠定行业领先地位。

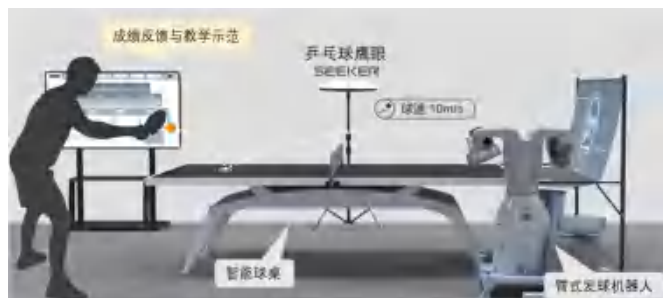
新时达从控制技术起家，完成了具有行业竞争力的机器人“底层”布局，公司推出融合机器视觉与运动控制技术的视控一体产品，旨在通过软硬件的高度集成优化工业自动化领域的效率与精度，可应用于机器人焊缝引导、零部件 3D 检测、3D 特征检测和尺寸测量等场景。公司目前对具身/人形机器人本体进行了深度的研究，将有望 2025 年推出市场。未来，与所有产业周期一样，具身/人形机器人也将面临性价比大幅跃升而带动的整个产业发展。

案例3 乒乓球教学场景

一、应用案例

庞伯特智慧体育教学系统旨在用科技赋能体育教育，解决传统体育运动难点，为用户提供专业性及趣味性的创新性整体方案，并于2021年上线中小学智慧教室解决方案，以科技手段助力体育教学智慧转型。

庞伯特智慧体育教学系统包括乒乓球发球机器人M-EDU、智能视觉评估打分系统、专业课程、课程管理软件。其中，发球机器人M-EDU，是全球首款类人型发球机器人，一比一还原国家级教练发球方式，拥有超越人类教练的精准控制力。智能视觉评估打分系统，可捕捉高速运动下的乒乓球位置，并形成球的轨迹，通过轨迹分析，在毫秒内判断球速以及球的旋转方向，让乒乓球技术转化为可视的数据，实时调整，精准化训练。专业课程由中国乒乓球学院共同开发，包括专业级乒乓球教练和运动员共同开发的训练课程和定制视频课程，专业教练预设300+组专业训练套路，可覆盖初学者到专业运动员。课程管理以课堂为单位，通过教学计划管理、教学质量管理等，打造智慧课堂。



智能乒乓球教学训练系统主要包括臂式乒乓球多球训练机器人、乒乓球鹰眼识别系统、智能乒乓球桌、乒乓球动作识别与评价系统、乒乓球技战术自动化分析软件和乒乓球示范视频教学课程等部分组成，通过逻辑算法进行有机组合，可以较好满足从零基础到专业运动员不同层次练习者的教学和训练需求。其核心部件臂式发球机器人为全球首创，尽管成本和售价较高，但从投产至今销售量已超300台，充分展示其广阔的市场需求，也得到使用者广泛的好评，并接受了多家媒体的宣传报道。

智能乒乓球教学训练系统作为“智慧体育”的典型案列，有着广泛的社会价值，一是服务竞技体育，提高专业运动队训练效率；二是服务学校体育，提高学生体育素养；三是服务全民健身，推动大众健康发展。

未来，乒乓球机器人技术和鹰眼识别系统将广泛应用于运动研究、康复医疗、电视转播、电子竞技、体感游戏等各种市场领域，通过不断创新，在不同的应用场景中革新人机交互的手段，为人类的未来加持，定义更多生活与娱乐的新方式和新理念。

二、技术亮点

一是拟人的高性能供球系统。该装置用于模拟对手的击球，在性能上要具备以下几点：1）可控性，能够根据预先的设定向练习者提供不同飞行速度、落点位置、旋转强度以及发球频率的乒乓球；2）稳定性，向练习者提供的同一类型的球的运动参数的波动范围要小；3）切换速度，发球机可以从一种模式快速切换成另一种模式（比如将下旋球切换

到上旋球)；4)拟人化，运动员必须学会观察对手的动作预判来球的运动特性。

二是精准的球体识别评价系统。为快速获取乒乓球的飞行速度、落点位置和旋转速度等信息，采用双目高速相机和深度学习图像识别的方法获取球的三维空间信息。

三是无穿戴动作评价和智能球桌系统。运用可见光无穿戴的人体识别技术，巧妙地避免了传统穿戴设备可能带来的束缚感和不便。该系统能够精准识别练习者的身体姿态和击球动作，通过与优秀运动员的击球动作模型库进行对比分析，全面、客观地评价练习者的动作规范性。当练习者出现错误动作时，系统会及时指出，起到有效的监督作用，帮助练习者快速发现问题并加以纠正，从而提高训练效率和技术水平。

四是自适应课程方案。在没有教练的条件下，智能化教学训练系统将根据内置的课程指导练习者，为练习者提出任务要求和动作做示范，控制臂式发球机发球，并通过鹰眼系统对练习者的击球质量进行评价，通过摄像机的人体动作捕捉评价练习者的动作合理性。根据联系这的任务完成情况，调整练习任务的难度和要求，实现“教学—练习—评估—课程调整—再教学”这一闭环的自适应智能化教学过程。

三、标杆企业简介

上海创屹科技有限公司成立于2019年10月28日，是一家集研发，制造，销售于一体的科技创新公司。作为国内领先的体育科技公司，专注于将先进的人工智能算法、智能机器人控制技术和各类智能硬件设备深度融合，为竞技体育训练场景和运动爱好者提供多元化智能化解决方案。公司以

"科技赋能体育"为使命，已构建覆盖智能硬件、人工智能算法平台、训练系统的全场景产品矩阵，成功在乒乓球、网球等球类智能运动领域取得商业化落地。

公司荣获“金长城”年度卓越品牌影响力奖、中国领先体育品牌“榜单”智能器材创新品牌、《经济观察报》中国品牌力百强榜等荣誉，取得“科技型中小企业”、“高新技术企业”、“专精特新企业”资质。创屹科技50%以上为技术研发人员，具备完善的自主研发体系，拥有近百项核心专利技术，包括发明专利、实用新型专利、外观设计专利、计算机软件著作权等。

未来，创屹科技将继续践行“科技赋能体育”的使命，通过体育专家团队的介入，形成人工智能算法闭环，打造数字化智能教练系统。同时将依托公司智能物联网数字化产品方案，形成博主私域粉丝、线下场馆、庞伯特数字化内容的完整生态闭环。公司业务多元化发展，面向包括欧美、中东、东南亚、澳洲等地区进行出海销售，拓展包括全部球拍类运动及包括篮球、棒球在内的团队运动场景中的产品及方案。

交通运输篇



案例 1 机场行李分拣场景

一、应用案例

乌鲁木齐地窝堡国际机场作为新疆航空枢纽，面临行李分拣效率低、人力成本高、劳动强度大等挑战。传统人工分拣依赖大量劳动力，易因疲劳导致错分、漏分；高峰时段行李积压严重，航班准点率受制约，难以满足智慧机场建设需求。

上海世沃新承科技有限公司通过自主研发的机场行李机器人分拣系统（RBSS），为地窝堡机场提供高效、安全、可持续的智能化升级方案。一是智能识别。融合人工智能视觉技术，实现行李与航班信息的精准匹配，减少人工核对环节；二是安全分拣。采用柔性机械臂与专用软包处理模块，确保各类行李（含软包）无损分拣与装车；三是高效协同。机器人异常分拣自动转人工处理，数据实时同步，保障全流程无缝衔接；四是绿色节能。系统全天候稳定运行，降低能源消耗与人工干预，助力机场低碳化运营。

该系统通过智能化升级，显著提升机场服务品质与区域发展动能：一是公共服务优化。全天候高效分拣保障航班准点率，减少旅客延误，提升出行满意度；适应高温、高寒等复杂环境稳定运行，增强机场应急保障能力；二是绿色可持续发展。通过自动化减少能源浪费与人工干预，助力“平安、绿色、智慧、人文”四型机场建设，推动低碳化、数字化运

营模式落地；三是就业与产业升级。降低高强度人工分拣需求，促进劳动力向技术岗位转型；以智能化标杆项目带动区域航空物流产业链升级，增强地方经济竞争力；四是民生与城市形象。行李精准分拣大幅减少旅客纠纷，彰显城市智慧服务能力，为打造国际化交通枢纽提供支撑。



作为全球首套满足航空出港行李全自动分拣需求的系统，机场行李机器人分拣系统突破传统技术瓶颈，为智慧机场建设提供标准化解决方案。

二、技术亮点

一是双重智能识别。复杂环境下精准匹配行李信息，适应全类型标签需求；

二是柔性抓取。机械臂采用柔性材质抓取，不破坏行李，并且软包有专用分拣模块，独立输送+机械臂协同装车；

三是动态智能规划。模拟人工逻辑优化装载路径，提升空间利用率与安全性；

四是全气候适配。极端温度环境下稳定运行，保障机场

全天候服务能力。

三、标杆企业简介

上海世沃新承科技有限公司专注于航空物流智能化技术创新，以机器人分拣系统为核心，推动机场服务升级。公司深度参与乌鲁木齐地窝堡机场等重大项目，通过自主研发的机场行李分拣机器人（RBSS），实现行李处理“零损伤、零误差”，助力“四型机场”建设，获行业权威认可。

我司作为行业内具有显著竞争力的企业，拥有多项权威资质与荣誉认证：公司持有高新技术企业证书及建筑业企业资质证书，技术实力与行业准入能力均获官方认可。在民航机场建设领域，公司亦屡获殊荣，曾被中国机场建设年会组委会授予《2013-2024 中国机场建设优秀供应商》证书，并在第五届民航未来机场高峰论坛中荣膺民航机场《最佳合作伙伴奖》。上述资质与荣誉，充分体现了公司在技术创新、行业应用及服务能力等方面的综合实力。

企业以技术赋能产业，与新疆机场集团等合作方共建智慧化标杆项目，提升机场运营效率与区域经济竞争力。未来，公司将深化全流程无人化技术研发，整合智能分拣、无人运输等场景，打造端到端智慧物流体系，为全球机场提供高效、安全、可持续的综合解决方案，引领行业迈向全面智能化。

案例 2 地铁站智能清洁场景

一、应用案例

地铁站作为城市公共交通的核心枢纽，具有人流量大、空间结构复杂、运营时间长等特点。以上海地铁为例，部分枢纽站点日均客流量超过 30 万人次，传统清洁模式面临诸多挑战：首先，清洁质量难以保持稳定，人工清洁受员工技能、体力状态等因素影响较大；其次，夜间清洁窗口时间短（通常为 23:00-5:00），人工清洁效率有限；再者，清洁人力成本持续上升，近五年行业平均工资涨幅超过 40%，且招工难度日益加大；最后，地铁站环境复杂，存在轨行区、电扶梯等高风险区域，对清洁作业的安全性要求极高。

针对地铁站清洁痛点，汤恩智能推出了 TN70 智能清洁机器人综合解决方案。该方案以 TN70 智能洗地机器人为核心，结合云端管理平台 and 智能调度系统，实现了地铁站清洁的智能化和数字化。机器人具备 2203 m²/h 的超高清洁效率，配备 120L 大容量水箱和 58cm 超宽洗地盘，单次作业可覆盖 4000 m² 以上的清洁面积。通过多传感器融合技术（2 个激光雷达+5 个深度相机+12 个超声波传感器），机器人能够实时感知环境变化，精准避开乘客和障碍物。特别值得一提的是，机器人支持智能梯控系统，可与电梯、闸机等设备联动，实现全自动跨楼层作业，真正做到了无人化运营。

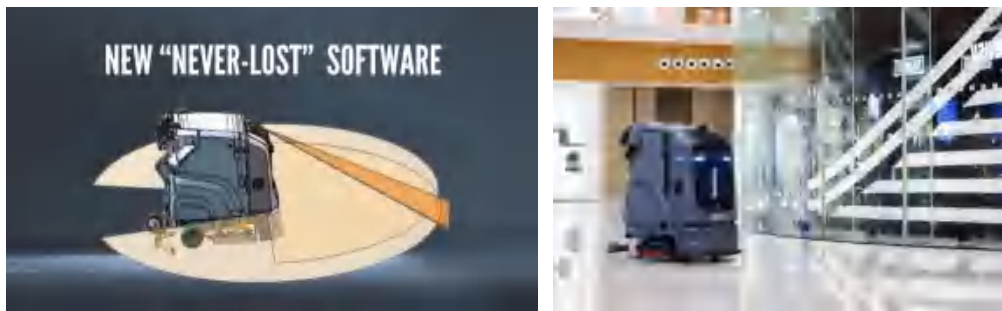
该方案在西安地铁试点应用后取得了显著成效。在经济

价值方面，单台机器人配合 1 名保洁人员即可替代传统模式下 3 名保洁人员和 3 台洗地机的工作量，首年即可节约成本 6.59 万元，五年累计节约成本达 49.03 万元，降本幅度超过 48%。在运营效率方面，清洁频率从原来的每日 2 次提升至 6 次，清洁一致性达到 98% 以上。在社会价值方面，不仅大幅降低了保洁人员的劳动强度，提升了作业安全性，更通过数字化管理实现了清洁过程的实时监控和质量追溯，为乘客创造了更加洁净、舒适的出行环境，提升了城市公共服务的整体形象。



二、技术亮点

一是智能感知系统：采用多传感器融合方案，配备 2 个自研 SPAD dTOF 激光雷达（测距 30m，精度 0.125°）、5 个深度视觉相机和 12 个超声波传感器，实现 360°环境感知，障碍物识别准确率高达 99.7%。



二是高精度导航定位：基于自研激光雷达与视觉融合定位算法，实现毫米级定位精度，支持千级地标同时追踪，即使在信号较弱的地铁站环境也能稳定工作。

三是洗地技术突破：采用超大单盘刷设计，转速达900rpm，单位时间对地摩擦次数达到传统滚刷的105倍，去污能力提升3倍以上。

四是智能跨楼层作业：融合梯控系统，可与电梯、闸机等设备无缝对接，实现全自动跨楼层清洁，突破机器人作业空间限制。

五是云端数字化管理：基于4G/5网络支持远程监控和任务调度，清洁数据实时上传云端，支持清洁质量分析和优化决策。

六是高安全可靠：通过CE认证（EN 60335系列），防护等级达IPX3，配备双热源触发灭火系统和实时电池监测系统，确保地铁站环境作业安全。

七是超长续航：采用高性能铅酸电池组，单次充电可支持4-6小时连续作业，满足地铁站夜间清洁时间窗口需求。

三、标杆企业简介

汤恩智能科技（上海）有限公司创始人崔彧玮毕业于中科大少年班，博士就读于美国马里兰大学计算神经科学专业，在创立汤恩科技之前曾在硅谷知名人工智能公司 Numenta 任

高级研究员，在人工智能和机器人领域有十余年研发和产业落地经验，曾带领团队完成国内首个基于视觉人工智能功能的低成本机器人导航系统的开发并实现大规模产业化应用。

汤恩科技的核心团队来自于华为、富士康等知名科技公司，及多家商用清洁设备上市公司的核心管理人员。团队具有机器人行业的丰富产业化经验及全球的品牌及销售渠道搭建能力。目前实现了上海研发，长三角生产，美国销售的三驱动架构。充分利用长三角一体化的产业优势，在全球近30个国家实现了渠道拓展和产品销售，产品已进入沃尔玛，雀巢，Ranch99，海天味业，奥兰多机场等多个行业标杆场景。2024年实现近2000万人民币销售额，其中80%来自海外市场，海外营收增速超过400%，毛利达75%。

技术驱动全球化布局，海外业务爆发式增长是汤恩科技目前及接下来重点方向。公司将继续深化全球化战略，重点拓展欧美高端市场，推动中国智能清洁机器人的技术优势与品牌价值在全球范围内落地。并深化AI与机器人技术融合，开发具备自学习能力的下一代产品，积极探索AI与商用清洁机器人的结合，实现更多应用场景。未来将重点拓展欧洲及东南亚市场，致力于成为全球智慧清洁解决方案的领导者。

案例3 智能收费公路场景

一、应用案例

随着云计算、大数据、物联网、移动互联网和人工智能的快速发展，特别是云计算技术框架体系的日渐成熟，在确保收费系统安全可靠运行的前提下，如何推动高速公路收费站的广场布局、优化收费系统架构和收费管理模式，推进高速公路收费站信息化、智能化、数字化发展，已成为当前高速公路收费站运营管理急需解决的问题。

基于对交通运输领域人工收费场景规则的深度理解和长期积累的精密控制与人工智能技术，福赛特公司自主研发了智能车型车牌识别系统和智能发卡/交费系统。该系统创造性地融合人工智能和机器人技术，实现对通行车辆的车型、车牌和空间位置的高响应、高准确率的识别，具备与驾驶人员进行直接高效的人机交互能力，显著提升高速公路收费站的通行效率、计费精准性、服务品质，实现发卡、交费操作“自然流、无人亭”。





智能发卡交费系统由三大核心模块组成：人工智能模块、智能机器人模块、储卡及发卡/收卡模块。一是人工智能模块。运用独特的视觉算法和人工智能算法进行车型分类，结合光学特性和超声波传感器组合部署策略进行车型、车牌识别，0.3秒高速出结果，车牌、车轴和车型准确率可达99%以上。二是智能机器人模块。提供高度定制化的四轴高性能机械手加智能车窗识别系统，构成一个手眼一体的“带眼镜的机器人”，实现智能柔性精准递卡或收卡。三是储卡及发卡/收卡模块。容纳1000-1500张CPC卡的高储卡设计，配合高效、高可靠性和易运维的智能调度写卡、发卡/收卡结构，可连续稳定长时间工作。

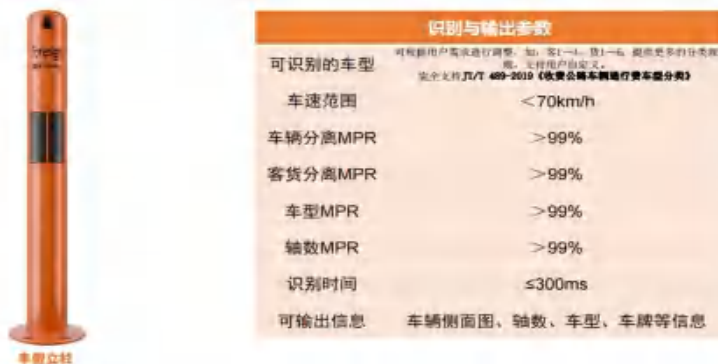


智能发卡/交费系统已在上海城际高速公路、南京绕城高速批量部署运营，在北京、天津、山东、福建、广东等外省市的收费高速公路也进行真实场景试点测试。该系统能实现

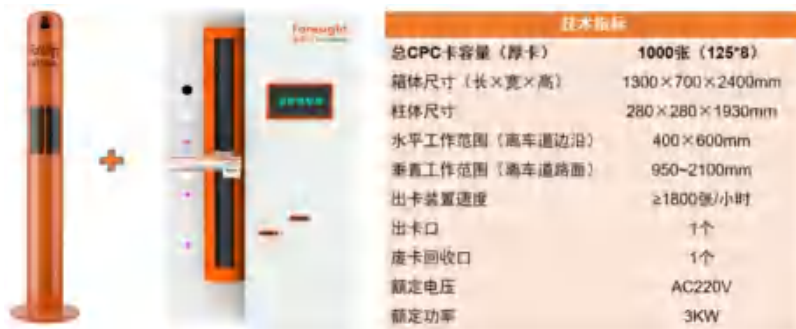
无人化收费作业，降低人员投入，在解放人力资源和提高经济效益方面效果显著：一是打造智慧化收费体系，提升服务水平；二是实现无人化收费作业，降低人员投入；三是节能减排，减少收费员劳动强度，改善工作环境；四是引进先进设备，提升高速公路稽核能力。

二、技术亮点

智能车型识别系统 FST Hawkeye-100 可在无人值守的状态下，对进入车道的车辆进行车型分类、客货分离、车轴检测，在“自由流”交通条件下提供车辆的车轴数量信息以及车型信息。



智能发卡系统 FST AiTC-100ci 运用人工智能和机器人技术，满足不同车型、不同停车位置车辆在三维空间自动识别、自动发卡。



智能交费系统 FST AiTC-100tc 运用人工智能和机器人技术，满足不同车型、不同停车位置车辆的自动识别，通过微信、支付宝、云闪付等电子支付手段实现在三维空间自动收卡交费。



三、标杆企业简介

上海福赛特技术股份有限公司成立于2015年3月27日，注册资本11850万元，是一家基于复杂、精密机械设计、精准运动控制和人工智能等自动化、智能化核心技术的高端专用智能设备及系统供应商。公司融合对应用领域的深度理解，产品已应用于新能源、新材料、半导体和智慧交通等战略性新兴产业。

公司通过ISO9001、ISO14001、ISO45001认证，取得“国家高新技术企业”称号，已累计获得45项发明专利、145项实用新型专利、11项软件著作权等核心知识产权，承担如：上海市战略性新兴产业发展重大专项、上海市产业转型发展专项、上海市高端智能制造设备首台突破等科研攻关任务。

公司坚持走“自主知识产权”技术路线，以“技术领先性”为产品理念，瞄准高性价比、高成长性市场，实现高端装备进口替代，为客户提供高品质产品和优质服务，立足于成为细分市场的隐形冠军。

