

全系列人形机器人产品

公司介绍

智航深耕人形机器人研发与人工智能科教领域，是一家集仿生机器人自主研发、核心零部件自研量产、整机集成生产、全学段人工智能课程研发、科创赛事整体运营、定制化教材编制及深度产学研合作于一体的国家级高新技术企业。依托自主可控的完整产业链优势，公司搭建分层化、全覆盖的人形机器人产品矩阵，囊括大型科研级人形机器人、中型多功能教学展演机器人、小型竞技编程机器人三大主力品类。全系产品可适配中小学人工智能通识教学、中高职机器人专业实训、高校高阶具身智能算法研究、政企展厅常态化展演、工业标准化重复性作业、高端实验室专项课题研究等多元应用场景，硬件配置完善、软件生态成熟、配套资源齐全，可全面满足本次项目建设的各项使用要求与交付标准。

公司组建百人规模专职研发团队，团队人员覆盖机械结构设计、伺服关节自研、底层嵌入式开发、仿生步态算法调试、多模态机器视觉、具身智能大模型适配、专业化教材课程研发七大核心板块。团队长期聚焦双足人形机器人核心关键技术，先后攻克动态平衡调控、复杂路况自适应行走、双臂协同精细化作业、多传感器感知融合、轻量化高集成关节设计等多项行业重难点技术，搭建软硬件一体化协同研发与性能测试平台。除此之外，公司可为合作院校及政企单位，提供机器人定制化二次开发、人工智能实验室整体规划、专项师资集训、校企联合科研项目申报、校本教材专属编撰等一站式综合增值服务，凭借成熟的产品体系与落地服务模式，助力合作单位完善人工智能人才培养体系，助推国产人形机器人技术普及与教育场景深度落地。



六大核心元素



全学段课程体系

通过机器人与人工智能课程、活动与实践项目，形成具有辨识度的科技教育特色，提升学校、机构或研学基地在人工智能教育领域的影响力



多元智能教具

提供智能套件、人形机器人等在内的标准化教具套装，满足多种教学场景，一站式解决器材采购与适配难题。



多语言编程应用软件

自研多语言编程工具：支持Blockly 可视化、Python、ArkTS等语言，可视化到代码编程平滑衔接，降低学生入门门槛和教师教学难度。



个性化教学空间搭建

基于全国5000+学校/机构的建设经验，提供设备部署、课程植入等标准化建设服务，打造学校科技教育新名片。



专业师资培训

在广东、北京、苏州、青岛等多地服务中心提供培训，并配套长期专业答疑支持



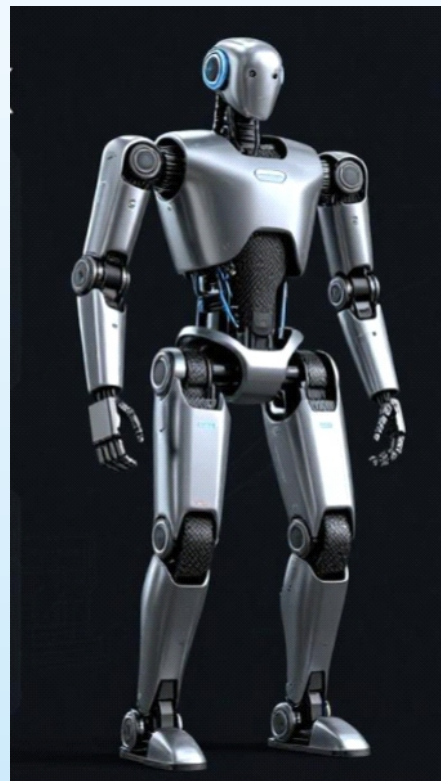
权威赛事平台

专注权威科创赛事，覆盖全学段，提供系统化专业备赛指导，秉持学而赛则优理念，助力学生提升科技创新综合能力，丰富综合素质评价档案。

第一章 NAVIGATOR-X 高动态全尺寸人形机器人

1.1 产品简介

NAVIGATOR-X全尺寸高动态人形机器人，为我司面向高等院校科研院所、高端智能制造企业、具身智能算法研发团队量身打造的旗舰级科研专用人形设备。整机采用航空轻量化铝合金与高强度结构钢材复合框架结构，兼顾结构抗冲击强度、设备负载上限与机身自重平衡，有效降低底层姿态调控难度。设备搭载自研分布式EtherCAT高速全域总线控制系统，集成大扭矩力控伺服关节组、多传感器融合感知模组、双算力异构计算平台，为高阶算法迭代运行提供坚实硬件支撑。软件层面预置全套自研底层控制算法与上层应用型功能模块，可稳定实现全身闭环力控调节、全向自适应行走、双臂精细化协同作业、三维环境实景建图、智能避障自主巡航、多目标分类识别追踪等高阶拟人功能。设备全方位开放底层驱动、上层应用两类接口及全套开发资料，适配整机动力学仿真调试、端侧大模型具身适配、工业重复性作业、全身运动控制算法研发等高端科研场景，是现阶段国内高校开展人形机器人相关课题研究、培育高阶人工智能科研人才的优质核心载体。



1.2 整体技术规格参数

1.2.1 体型结构参数

- 设备高度：1.72m
- 整机重量：62kg
- 主体材质：航空级铝合金+高强度结构钢材，抗腐蚀、抗冲击，适配多场景长期作业
- 双臂臂展：785mm
- 下肢长度：980mm

1.2.2 运动性能参数

- 移动模式：支持全向行走，可实现前进、后退、左右平移、原地转向全方位移动
- 行走速度：最高移动速度2.5km/h
- 地形适配能力：自适应不平整地面高度2.5cm，可平稳通过凹凸路面、缓坡路面，具备抗扰动动态平衡能力

1.2.3 核心配套算法

设备出厂预装全套自研底层控制算法套件，所有算法模块均开放源代码查阅权限与二次开发调试入口，支持工作人员自由调节各项运行参数，适配不同层级科研开发需求。算法套件涵盖全向自适应仿生步态算法、多传感器融合姿态解算算法、全身多关节闭环运动控制算法、分布式全身力控算法、复杂地形抗扰动平衡算法、多目标视觉识别追踪算法；同步配套双臂协同作业开发模板、整机动力学仿真插件、多模态数据同步采集工具，研发人员可依托原厂算法框架完成优化迭代，快速落地各类高阶科研实验与算法开发项目。

1.2.4 全身运动自由度配置

整机共计配置43组运动自由度，关节排布深度参照人体仿生运动结构设计，各区域自由度分配明细如下：

- 头部：配置2组专用活动关节，支持俯仰、旋转双向角度调节
- 单臂：集成7个运动关节，双臂累计14个关节
- 单腿：配置6个运动关节，双腿累计12个关节
- 腰部：2组联动自由度，可完成左右扭转、前后俯仰两类姿态动作
- 仿生灵巧手：单手具备6个独立自由度，双手合计12个自由度

1.2.5 关节控制系统参数

- 通讯协议：搭载EtherCAT实时总线通讯协议
- 控制速率：4KHz超高控制频率，指令传输延迟极低，关节响应即时同步
- 关节活动范围：膝关节 $0^{\circ}\sim 155^{\circ}$ ；髌关节P轴 $-110^{\circ}\sim 90^{\circ}$ ；髌关节R轴 $-20^{\circ}\sim 40^{\circ}$ ；髌关节Y轴 $-110^{\circ}\sim 45^{\circ}$
- 关节电机扭矩：单台伺服电机最大峰值扭矩420Nm
- 单臂负载能力：单臂静态环境下最大负载6kg
- 驱动器配置：配备30台专用伺服驱动器，额定最高电压100V，连续工作电流80A，瞬时峰值电流100A，内置独立过载、过压、过热多重防护机制

1.2.6 IMU惯性测量单元参数

整机腰部集成高精度六轴惯性测量传感器，作为机器人姿态调控的核心感知组件，主要用于实时采集机身三轴角速度与三轴加速度数据，通过内置解算程序实时输出俯仰角、横滚角、航向角三类核心姿态数据，并同步反馈至主控系统，辅助设备完成动态平衡调节、摔倒应急防护、姿态自动矫正等基础功能，是设备实现复杂地形自适应行走的核心硬件支撑。传感器详细运行参数如下：

- 姿态精度：俯仰/横滚方向 $\leq 0.2^{\circ}$ ，航向角漂移 $\leq 0.2^{\circ}$
- 陀螺仪：满量程 $2000^{\circ}/s$ ，零偏不稳定性 $\leq 2.5^{\circ}/h$

- 加速度传感器：满量程12g，零偏不稳定性 $\leq 30\mu\text{g}$
- 工作环境：适配-40℃~85℃宽温作业场景
- 输出频率：加速度数据输出频率1200Hz

1.2.7 视觉感知模块

机器人分别在头部正面、腰部下方搭载两套独立高清立体视觉相机，双相机分工协作，构建全域无死角视觉感知体系。头部相机主要负责远距离目标识别、人脸信息采集、科研道具定位；腰部相机聚焦近距离障碍物检测、抓取目标定位、地面路况扫描作业。双相机兼容景深成像、红外补光成像、RGB彩色成像三种运行模式，可适配强光、弱光、室内暗光等复杂光照环境，详细参数配置如下：

- 景深/红外模式：30fps帧率条件下，成像分辨率1280×800
- RGB彩色模式：60fps帧率条件下，成像分辨率1280×800
- 功能支持：内置专业化图像识别算法库，可实现目标识别、精准定位、动态追踪、障碍物检测等功能，兼容3D深度视觉建图相关技术开发

1.2.8 激光雷达模块

设备顶端搭载工业级mid-360全景激光雷达，该雷达专为大尺寸人形机器人定制开发，具备体积小巧、功耗可控、适配性强等特点，可与视觉相机、IMU惯性传感器组成多感知融合系统，主要用于全域环境三维建模、全局路径规划、远距离障碍物预警、自主巡航导航，弥补纯视觉感知易受光照干扰的短板，大幅提升设备户外复杂场景作业稳定性，详细参数如下：

- 扫描模式：非重复性全域扫描，无视觉探测盲区
- 探测量程：100klx环境下，10%反射率探测40m，80%反射率探测70m
- 近处盲区： $\leq 0.1\text{m}$
- 视场角：水平360°×垂直59°，实现机身周边全域覆盖
- 测距误差：10m距离内随机误差 $\leq 2\text{cm}$ ，0.2m近距离区间内 $\leq 3\text{cm}$
- 角度误差：随机误差 $< 0.15^\circ$
- 点云参数：光束发散度 $0.1^\circ \times 1^\circ$ ，点云输出速率200000点/秒，运行帧率10Hz
- 电气参数：配置100BASE-TX以太网接口，供电电压9~27V DC；额定功率 $\leq 6.5\text{W}$ ，启动峰值功率 $\leq 18\text{W}$
- 防护与配件：IP67防尘防水等级，内置ICM40609专用IMU传感器，工作温度区间-20℃~55℃

1.2.9 异构控制系统

- 运动控制主机：搭载Intel® Core™ Ultra 7 255H处理器，16核16线程，主频

2.7GHz；配置32GB DDR5内存、512GB固态硬盘，保障整机姿态调度、关节运转的长期稳定性

- 感知交互主机：采用NVIDIA Jetson AGX Orin (64GB高配版)，AI峰值算力可达275TOPS，支撑高清视觉图像处理、具身大模型推理、多模态人机交互等高算力运算任务

1.2.10 供电系统

- 满电额定电压：59.2V
- 电池规格：6*2Ah大容量锂电池组，支持热插拔换电模式
- 换电功能：支持设备站立状态下无关机换电，无需重置机身姿态，可实现24小时不间断持续性作业

1.2.11 仿生灵巧手

机器人双臂末端标配一对十自由度仿生灵巧手，结构设计完全复刻人类手指骨骼排布与运动逻辑，单只灵巧手集成多组独立驱动关节，可精准完成捏取、夹持、托举、拨动、旋转等精细化操作，适配螺丝拆装、小型零件搬运、道具分拣、电控开关调节等实操任务，广泛应用于远程遥操作作业、精细抓取算法研发、高端实训教学等场景。

- 外形尺寸：单手长度183mm、宽度86mm、重量547g，误差控制在 $\pm 5\text{mm}/\pm 5\text{g}$ 范围内

- 硬件配置：内置6台高性能精密微型电机、10组仿生关节；搭载位置、电流双传感器，具备防堵转、防摔防抖、自适应精细操控能力

- 负载性能：单指最大负载8.5kg，整手最大负载32kg；单指最大捏力32N，五指整体握力55N

- 动作参数：食指与拇指最大开合距离115mm；手指开合响应时间 $\leq 0.8\text{s}$ ；作业重复精度 $\leq 0.1\text{mm}$

- 电气参数：供电电压8.4~28V，最大工作电流3A；适配-10℃~40℃工作温度区间

- 通讯与拓展：采用RS485通讯协议，配套专用SDK开发工具包，支持远程遥操作、智能动作动态规划开发

1.2.12 音频交互模组

整机头部搭载6阵列高清降噪麦克风模组，采用环形环绕布局，可实现360°全域远场声音拾取；内置AI智能降噪算法，可自动过滤环境风噪、设备运行噪音、人群嘈杂声等无效干扰音源。系统支持双向智能语音对话、自定义语音指令绑定、多场景专属音效播报，操作人员可直接通过语音下发行走、转向、抓取、特技动作等控制指令，适配展厅智能讲解、课堂人机互动、科研语音交互算法研发等多元化应用场景。

1.3 二次开发与配套资源服务

1.3.1 开放接口资源

为提升设备二次开发适配性，原厂全面开放设备所有硬件接口与软件控制权限，覆盖整机全部功能模块，包含音频采集接口、激光雷达点云数据接口、双目相机图像传输接口、整机姿态行走控制接口、全身关节独立调控接口、双臂协同作业接口、末端灵巧手专属执行接口。开发者可依托各类接口，完成多传感器数据融合、整机运动逻辑重构、高阶交互功能开发、定制化作业程序编写等各类开发项目。

1.3.2 配套开发API

厂家免费向采购单位提供标准化开发API文档、底层SDK开发工具包及配套示例源代码，文档图文并茂、分步讲解，适配零基础入门学员与高阶科研人员。API资源分类完善，涵盖机器人基础移动控制、双臂协同精细化操作、机器视觉目标定位、智能语音交互、手臂正逆运动学解析、底层硬件驱动调试、灵巧手抓取执行七大类别，全方位降低二次开发准入门槛。

1.3.3 实战案例资源库

设备内置十余类可直接编译运行的开源实操案例，案例覆盖入门、进阶、高阶三个层级，适配课堂实训与科研开发双重场景。主要包含VR沉浸式遥操作、无线手柄自定义控制、单关节精准调试、Apriltag标签高精度检测、全局路径轨迹规划、多模态数据同步采集、YOLO系列目标检测、双臂运动学仿真、复杂曲线轨迹规划、电脑远程控制等案例，所有案例均附带注释代码与配套实训指导文档。

1.3.4 拓展配套配件

厂家可按需选配VR沉浸式控制设备、工业级无线遥操作手柄，支持工作人员以第一视角远程操控机器人，同步采集作业姿态数据，辅助精细化作业实训与遥操作算法研究；全系设备已完成OpenHarmony鸿蒙国产化操作系统兼容性认证，可适配国产系统开展底层适配、生态开发等专项科研项目，拓宽设备应用边界。

第二章 NAVIGATOR-R 中型仿生展演机器人(加强版)

2.1 产品简介

NAVIGATOR-R加强版中型仿生机器人，结合现阶段院校教学痛点与市场应用需求研发打造，主打科创通识教学、机器人赛事展演、入门级具身智能科研、商业展厅导览、校园文化节展演五大应用场景。产品深度复刻人体髌关节仿生结构，优化下肢力臂分布结构，显著提升下蹲、爬坡、阶梯攀爬等复杂动作的运行稳定性。整机搭载高集成静音伺服电机、双路双目红外深度相机、轻量化全景激光雷达，采用双算力异构分层架构，兼顾基础运动控制与高阶AI算法运算需求。软件生态同步兼容零基础图形化拖拽编程与高阶Python代码编程，覆盖中小学社团教学、中高职专业实训、高校入门级科研全学段场景。设备原生具备全向自由移动、多坡度上下坡、标准化室内阶梯自主攀爬、智能避障、多模态语音交互、多目标视觉识别等全套拟人功能，配套分层教学课程、海量动作素材库与完善开发资料，上手门槛低、拓展性能强，是产教融合项目中综合性价比极高的主力机型。



2.2 详细技术参数

2.2.1 基础外形参数

- 整机尺寸：1255*440*165mm（误差 ± 20 mm）
- 双臂臂展：1180mm（不含末端执行器）
- 整机重量：37kg（浮动 ± 4 kg）
- 仿生结构：髌关节倾斜角度 48° ，1:1复刻人体髌关节生理结构，大幅提升动作拟人度

2.2.2 全身自由度及关节活动范围

整机搭载25组分布式仿生运动自由度，关节排布参照人体运动机理优化设计，单关节支持独立角度调节与动作录制，多关节联动可组合生成数百类拟人动作，适配日常行走、特技展演、赛事竞技、精细化作业等多元场景，各部位关节活动范围明细如下：

- 头部：2个自由度，左右旋转 $\pm 90^\circ$ ，俯仰调节 $-20^\circ \sim 45^\circ$
- 肩部：单肩3个自由度，前后摆动 $-180^\circ \sim 120^\circ$ 、侧向抬举 $-20^\circ \sim 200^\circ$ 、水平旋转 $\pm 90^\circ$
- 肘部：弯曲/伸直活动范围 $-130^\circ \sim 0^\circ$

- 腰部：双向扭转 $\pm 150^\circ$ ，支持多角度姿态调节
- 髋部：前后摆动 $\pm 160^\circ$ 、侧向收放 $-48.47^\circ \sim 138.32^\circ$ 、水平旋转 $-50.33^\circ \sim 110^\circ$
- 膝部：弯曲/伸直 $0^\circ \sim 150^\circ$ ，适配爬楼、下蹲等高频动作
- 踝部：前后俯仰 $-50^\circ \sim 30^\circ$ 、内外侧倾 $\pm 15^\circ$

2.2.3 运动能力

- 移动模式：全向自由移动，支持前进、后退、左右平移、原地转向全方位位移
- 复杂地形：可稳定完成 15° 以内上下坡行驶、标准化室内阶梯自主攀爬作业
- 负载能力：单臂末端静态环境下最大负载1.2kg

2.2.4 伺服电机配置

整机搭载22台高精度闭环伺服电机，厂家依据关节受力差异分级搭配机型，精准匹配机身不同部位负载需求；所有电机内置多圈绝对值编码器，支持断电零点记忆、通电姿态自动复位、过载自动断电防护，有效规避误操作、超负荷运行引发的硬件故障。电机扭矩分层配置，兼顾动作灵活性与承载能力，具体明细如下：

- $\geq 35\text{Nm}$ 高扭矩电机：6台
- $\geq 22.5\text{Nm}$ 中高扭矩电机：3台
- $\geq 11\text{Nm}$ 中扭矩电机：10台
- $\geq 7\text{Nm}$ 轻量化电机：2台
- $\geq 6\text{Nm}$ 微型电机：2台

2.2.5 算力模组

•基础算力模组：八核高性能CPU，负责底层运动控制、整机设备调度、基础数据运算等常规任务

•高阶算力模组：专用AI推理芯片，峰值算力115TOPS，支撑视觉目标识别、图像算法训练、多模态交互运算

2.2.6 外部拓展接口

设备外设拓展接口配置丰富，预留多路高速端口，包含2个USB3.0通用接口、2个Type-C高速传输接口，可外接各类感知传感器、无线遥控设备、大容量存储设备，拓展设备功能边界。

2.2.7 供电与换电机制

设备配备高密度大容量锂电池组，电池集成智能电源管理系统，具备过充、过放、过温、短路四重安全防护功能。同时支持运行状态下热插拔换电，操作人员无需关停设备、无需重置机身姿态，即可快速完成电池更换，大幅缩减设备停机时长，满足长时间集体展演、连续多课时实训、全天候商业运营等高强度作业场景使用需求。

2.2.8 双目深度摄像头

- 硬件配置：内置高精度IMU姿态单元，采用USB3.0 Type-C专用高速传输接口
- 成像技术：融合双目立体视觉与主动红外散斑补光技术，抗强光干扰性能优异
- 基线长度：55mm
- 探测范围：0.10m~20m全域无死角探测
- 成像参数：1280×800@30fps、848×480@60fps；视场角90°×65°±3°@2m探测距离

离

- 精度指标：空间相对精度≤1.5%@2m探测距离

2.2.9 其他配套硬件

•激光雷达：标配轻量化全景激光雷达，支持SLAM实时地图构建、自主导航、智能巡航避障功能

•遥控手柄：配套专用无线操控手柄，兼容蓝牙5.3、2.4G无线、有线三种连接模式，可一键切换手动操控/自动编程模式；手柄尺寸152*105*65mm，整机重量235g，体积小巧便于手持操控

•氛围灯带：机身搭载可编程RGB全彩LED灯带，使用者可自定义灯光颜色、动态运行模式，适配节目展演场景

2.2.10 感知与编程功能

设备集成完善的感知系统与双模式编程生态，兼顾教学易用性与科研拓展性，全方位适配零基础学员及高阶研发人员：

•感知能力：内置AI双向语音交互模块、全景环境识别系统、SLAM实时建图模块、自主巡航避障单元，同时兼容人脸识别、物品分类识别、ARtag标签定位，可满足场景导航、人机互动、赛事道具识别等多元化需求；

•编程平台：适配Windows、Mac双操作系统；支持图形化拖拽编程、Python代码编程双开发模式，零基础学员可通过积木拖拽快速编写程序，高阶开发者可直接进行底层代码开发；平台内置可视化动作录制、AI模型一键训练、VR动作复刻三类工具，预置数十套成熟行走、爬楼、特技动作例程；

•控制架构：原生兼容模型驱动、强化学习两类主流机器人控制架构，无缝适配OpenAI Gym、Stable Baselines3等通用算法开发框架，降低具身智能算法研发准入门槛；

•音频系统：可适配配套无线降噪麦克风，内置动态降噪算法，支持背景音乐播放、自定义语音播报，适配课堂互动、舞台节目展演等场景。

2.2.11 安全与可靠性设计

厂家从硬件防护、软件风控、物理防护三个维度，搭建全方位安全防护体系，保障实训

教学、赛事展演过程中人员与设备双重安全：

- 安全防护：设备标配无线远程急停按钮与有线物理急停开关双重防护装置，紧急场景下可一键断电终止所有动作；软件层面搭载障碍物自检、高速行进紧急制动、摔倒自动锁止等可编程安全防护功能；

- 抗损性能：机身外壳采用高韧性复合塑胶材质，内部骨架经过抗摔结构专项优化，通过标准化跌落测试，可承受0.5m高度平地连续3次自由摔落且无结构性损伤，所有功能正常运行，适配高频次学生自主实训调试。

2.3 教学与二次开发配套服务

围绕NAVIGATOR-R中型仿生机器人，厂家打造零基础至高阶科研全覆盖的阶梯式人才培养体系，形成“硬件设备+软件平台+课程教材+师资培训+赛事支撑”五位一体综合服务模式。配套资源包含设备快速入门手册、分层级编程实训教程、具身智能算法进阶文档、全套授课PPT课件、课后习题及实训考核题库；常态化提供专项师资培训，培训内容涵盖设备运维保养、编程授课技巧、科创社团课程设计、赛事集训指导、入门级算法开发五大板块，助力合作院校完善人工智能课程体系，提升授课师资综合能力。

第三章 NAVIGATOR-S 小型教育竞技机器人(加强版)

3.1 产品简介

NAVIGATOR-S（加强版）小型双足编程机器人，专为基础教育、职业教育阶段人工智能通识课程、科创社团建设、常态化技能竞赛、课后拓展实训量身打造，属于轻量化教育竞技专用机型。整机体型小巧、收纳搬运便捷，机身采用高强度复合材料，抗摔抗磕碰性能优异，适配学生高频次实操练习。设备搭载高精密静音伺服舵机、双模式自研仿生步态算法、专属可视化图形化编程平台，原生支持高难度空翻特技、集体舞蹈展演、足球对抗、双人拳击对战等多元化动作与竞赛项目。该机型历经多轮赛事迭代优化，运行性能稳定、操作容错率高，目前已成为国内多项国家级、省级机器人科创赛事官方指定竞赛平台。厂家同步配套系统化电子教材、分层实训课程、赛事集训方案与全天候技术支持，性价比优势显著，既适合规模化课堂教学部署，也可作为竞赛集训专用设备。



3.2 核心技术参数

3.2.1 基础规格

- 整机高度：35.5cm
- 机身材质：主体框架采用轻量化航空铝合金，防护外壳为PC/ABS复合塑胶，兼顾抗摔、耐腐蚀、易维护三大特性

3.2.2 运动与控制模式

•操控方式：设备支持双操控模式，可通过2.4G无线手柄手动操控，完成特技调试、赛事实时对战；同时支持集群群控功能，单台手柄可同步管控多台机器人，实现同步舞蹈、同步特技展演，适配集体节目编排与批量实训教学。

•步态算法：系统内置两套独立自研步态算法，分别适配低速实训与高速竞技场景；低速模式行进速度 $\geq 5\text{cm/s}$ ，适配零基础学员编程调试；高速模式行进速度 $\geq 15\text{cm/s}$ ，适配足球竞速、特技比拼等赛事项目，两种步态均可适配平整地面，行走姿态平稳，无侧翻、倾倒隐患。

3.2.3 主控与驱动系统

- 底层主控：搭载高性能STM32专用处理芯片，统筹整机舵机调度、姿态数据采集、动作组调用等基础功能；标配128MB内置大容量存储卡，可存储数十组自定义动作程序，支持一键调取预设舞蹈、特技、竞技动作组。

- 硬件设计：电源开关、Type-C充电接口采用隐藏式内置设计，规避日常使用中的磕碰损坏；主控电路集成多级过载防护模块，搭配MPU6050六轴姿态传感器，实时采集机身倾斜数据，完成平衡矫正与摔倒防护；预留标准UART通用拓展接口，可外接各类外设配件。

- 驱动主板：专用驱动主板可同步管控17路及以上数字伺服舵机，单路舵机配置独立过载保护回路，单关节故障断电不会影响整机运行，有效延长设备使用寿命。

- 上位开发板：标配Raspberry Pi 4B开发主板，承担视觉图像处理、外设数据运算、复杂程序逻辑运行等任务，支撑OpenCV视觉实训、多语言高阶编程、外设联动开发等教学实验。

3.2.4 自由度配置

整机搭载17组专用运动自由度，关节排布参照人体运动结构分配：头部配置旋转俯仰关节、双侧肩部配置摆动关节、单臂设置屈伸旋转关节、单腿搭载4组行走支撑关节、双脚配备平衡调节关节。多关节协同联动，可复刻行走、下蹲、侧翻、抬手、弯腰等基础动作，同时组合衍生数百类特技动作，适配编程实训与赛事竞技双重场景。

3.2.5 伺服舵机参数

- 配置数量：整机标配17台同规格大扭矩专用伺服舵机，出厂统一校准，动作同步性高、运行误差极小，保障整机动作协调性；

- 结构设计：舵机采用副轴专属出线结构搭配四级精密传动结构，中空嵌套式布局，内部走线规整隐蔽，运行顺滑无卡顿，同时便于工作人员日常检修与线路更换；

- 性能指标：单台舵机最大转动角度 $\geq 180^\circ$ ，角度控制误差 $\leq 1^\circ$ ，运转响应速度 $\geq 461^\circ/\text{S}$ ，瞬时启停无延迟；整机运行噪音 $\leq 50\text{dB}$ ，静音运行不干扰课堂授课秩序。

3.2.6 供电续航

- 电池规格：配备专用7.4V高压锂电池，电池容量2500mAH，内置智能电源管理芯片，支持剩余电量可视化查看、低电量语音预警；

- 续航能力：静态待机模式下续航 ≥ 155 分钟；高负载特技、竞技模式下续航 ≥ 40 分钟，可完整覆盖单节实训课程、整场赛事集训及节目展演活动。

3.2.7 音频与传感系统

- 音频模块：内置独立MP3解码模块与1.5W高保真扬声器，支持本地音频存储、自定义背景音乐剪辑、动作配套音效同步播报，适配舞蹈表演、节目展演等场景；

- 内置传感器：集成六轴陀螺仪姿态传感器、头部高清摄像头、胸部视觉识别摄像头，姿态传感器实时矫正机身平衡，双摄像头分工完成环境扫描、道具识别、目标追踪；

- 拓展接口：机身预留两组磁吸式热插拔拓展接口，免工具拆装，可外接火焰感应、温湿度检测、人体红外感应、氛围灯带等十余类外设配件，丰富实训实验项目。

3.2.8 无线操控手柄

- 硬件配置：配套专用无线操控手柄，搭载2组高精度模拟摇杆，支持全方位方向控制；配备15个实体功能按键，可自定义绑定动作指令；正面集成高清显示屏，可视化展示设备运行状态；

- 运行模式：一键切换通用兼容、拳击竞技、足球赛事、节目表演四种运行模式；屏幕实时展示运行模式、剩余电量、无线信道、连接状态等核心数据，便于操作人员实时管控设备。

3.2.9 基础动作能力

设备预置全套成熟拟人动作库，可稳定完成左右侧空翻、单脚独立平衡、倒地自主起立、俯卧撑等高难度特技动作；适配集体舞蹈编排、足球攻防、双人拳击、道具搬运等主流竞赛与展演项目。使用者可直接调用原厂预设动作，也可自主录制、编辑全新动作轨迹，设备动作响应灵敏、肢体运行流畅，满足课堂实训、社团展演、各级科创赛事比拼等使用需求。

3.2.10 编程开发平台

- 开发软件：配套专属教育版编程软件，采用极简可视化界面与积木拖拽编程逻辑，零基础学员无需掌握代码即可快速编写程序；内置新手引导弹窗，降低入门学习难度；

- 素材资源：软件内置完善动作素材库，包含80组以上基础姿态动作、15套拳击竞技动作、7套足球赛事专用动作，覆盖主流实训项目与竞赛赛项；

- 拓展功能：支持自主录制编辑动作轨迹、手绘程序逻辑框图；支持多设备组网联动，实现集群同步展演；底层兼容Linux操作系统，适配多语言二次开发；配套编程软件已取得国家版权局软件著作权证书。

3.3 赛事与教学配套

3.3.1 赛事适配

本款小型教育竞技机器人，为中国机器人及人工智能大赛、睿抗机器人开发者大赛、全球人工智能算法精英大赛多项国家级科创赛事官方指定竞赛平台，适配足球竞技、拳击对战、特技展演、集体舞蹈、智能迷宫闯关五大主流赛项。厂家同步提供器材校准、赛前集训指导、竞赛规则解读、专属动作素材包等一体化赛事服务，助力参赛院校斩获优异成绩。

3.3.2 全套电子教学资料

厂家免费附赠分层级完整版电子实训教程，由一线授课讲师与研发工程师联合编撰，按照入门、进阶、综合三个层级划分，循序渐进适配不同基础学员，整体覆盖三大实训板块：

1.机器人基础操作实训：涵盖设备拆装保养、动作程序编写、全方位行走控制、专项编程实验、Lua脚本调用、上下位机通讯控制等基础内容，夯实学员实操与基础编程能力；

2.OpenCV视觉图像处理实训：依托双摄像头硬件，开展图像翻转、色彩空间转换、腐蚀膨胀运算、轮廓检测、图像降噪、图像变换等专项实验，帮助学员掌握机器视觉基础原理；

3.综合任务挑战实训：结合编程与视觉技术，设置智能迷宫穿行、物资搬运、动态避障、道具分类收纳等高综合性闯关项目，培养学员程序调试、问题分析、项目统筹的综合科创素养。

该机型双步态算法、多传感器融合感知技术已获得市级科技创新项目认证，技术成熟度行业认可度高。厂家可按需配套预装全套编程软件、实训教程、动作素材库的一体化实训电脑，开箱即用，简化设备落地部署流程。

满足机械、自动化、电子信息、计算机、双创类、师范类等不同专业复合人才培养					
专业课程	0808自动化类	0807电子信息类	0809计算机类	0802机械类	具身智能 (2025年11月，教育部公示北航、北理工等9所高校布局新专业)
	机器人工程	人工智能、电子信息工程	计算机科学与技术	机械电子工程	
	运控+具身	决策+具身	系统+具身	感知+具身	机器人技术实践
	具身智能机器人建模与仿真	图像处理与计算机视觉	智能机器人综合实践	智能机器人传感原理与应用实践	智能驱动与控制技术
	机器人操作系统(ROS)基础与应用	自然语言处理	图像处理与计算机视觉	传感与检测技术	智能人机交互技术
	智能机器人编程实践	智能人机交互技术实践	智能人机交互技术实践	机器人技术与应用	具身智能机器人控制与任务规划
	智能驱动控制技术实践	具身智能机器人技术实践	嵌入式系统开发	具身机器人专业实践	
	具身智能机器人技术实践	FPGA应用与开发	具身机器人专业实践		



机器人电子教学实训平台

入门学习模块
 OpenCV视觉处理基础

- 图像读取与显示
- 色彩空间转换
- 边缘检测入门
- 特征匹配基础

进阶学习模块
 Lua编程开发

- Lua语法进阶
- 函数与闭包应用
- 机器人API调用
- 脚本调试技巧

综合实训模块
 机器人控制实训

- 底盘运动控制
- OpenCV视觉引导
- 多传感器融合
- 综合任务演练

第四章 CREATOR-C 创意构建机器人套件（教育版）

4.1 产品简介

CREATOR-C 创意构建机器人套件，是智航智能专为中小学人工智能启蒙教育、科创实践课程量身打造的模块化智能搭建平台。产品采用标准化磁吸式电子模块与高兼容性积木结构件相结合的创新设计理念，让学生通过动手搭建与图形化编程，将创意想法转化为真实的智能作品。套件集成丰富的感知输入与执行输出模块，支持超声波测距、环境光检测、声音识别、手势交互等十余种环境感知能力，同时具备灯光显示、声音播放、电机驱动、舵机控制等多元执行功能，全面覆盖小学阶段人工智能核心知识点。通过 CREATOR-C 套件的学习，学生可系统掌握传感器原理、编程逻辑、结构设计三大核心能力，培养创新思维与工程实践素养，是人工智能启蒙教育的理想教学载体。



4.2 核心技术规格参数

4.2.1 基础物理参数

- 标准模块尺寸：55mm×55mm×25mm（误差 ±2mm）
- 整机套装重量：≤3.8KG
- 主体材质：高强度 PC/ABS 复合工程塑胶，抗冲击、耐磨损、安全无毒
- 工作温度范围：-5℃~+50℃，适配室内外多种教学环境

4.2.2 电源与通讯系统

- 供电规格：5V/2.5A 智能稳压输出
- 电池容量：≥1050mAH 高倍率锂电池
- 续航能力：连续工作时长≥2.5 小时
- 充电时长：≤45 分钟快充完成
- 无线通讯：蓝牙 5.0 双模模块，型号 nRF52832，传输距离≥15 米
- 连接稳定性：支持多设备同时连接，抗干扰能力强

4.2.3 核心执行组件参数

高精度数字舵机

· 单台重量：≤8.5g	· 外形尺寸：32mm×12mm×27mm
· 运动范围：0°~200° 宽角度调控	· 控制精度：≤0.8°，定位精准
· 响应速度：≤0.11sec/60°，动作敏捷	· 运行噪音：≤48dB，静音运行
· 使用寿命：≥60 万次循环，经久耐用	

高性能驱动电机

· 外形尺寸：12mm×10mm×25.3mm	· 工作温度：-10℃~+55℃宽温适配
· 空载转速：130±10r/min，动力强劲	· 堵转保护：内置过流保护机制，安全可靠

4.2.4 模块化电子配置

输入感知模块（13 种）

· 超声波距离传感器	· 环境光敏传感器
· 六轴陀螺仪姿态传感器	· 电容式触摸驱动模块
· AI 颜色识别传感器	· 高灵敏度声音传感器
· 红外手势识别传感器	· 薄膜压力传感器
· 精密电位器旋钮	· 机械按键输入模块
· 双轴摇杆控制器	· 人体红外感应传感器
· 温湿度一体化传感器	

输出执行模块（9 种）

· 有源蜂鸣器模块	· 8×8 点阵 LED 显示屏
· 双路直流电机驱动	· 多路舵机控制模块
· RGB 全彩灯带驱动	· 高亮 LED 指示灯
· 电磁吸盘驱动模块	· 振动马达模块
· 串行 OLED 显示屏	

4.2.5 结构搭建系统

· 结构件类型：≥112 种不同规格结构件	· 零件总数量：≥468pcs
· 兼容标准：兼容主流科技积木体系	· 连接方式：销钉 + 轴双重连接，稳固可靠
· 拓展能力：支持无限次拆装重组，创意无限制	

4.2.6 标准配件清单

· 智能电源模块 ×1	· 蓝牙通讯主控 ×1
· RGB 全彩灯带 ×2	· 高精度数字舵机 ×2
· 高性能直流电机 ×3	· 25cm 串口连接线 ×12
· 15cm 串口连接线 ×11	· 四色鳄鱼夹测试线 ×2
· 公共接地连接线 ×2	· 电机长轴套 ×5

· 电机短轴套 ×5	· 舵机长轴套 ×5
· 舵机短轴套 ×5	· 标准舵盘 ×3
· Type-C 快充数据线 ×2	· 专用收纳工具箱 ×1

4.3 功能特性与教育价值

4.3.1 多元感知交互能力

CREATOR-C 套件具备强大的环境感知与交互能力，可实时采集距离、光线、声音、手势、颜色、温度、湿度等 13 种外部环境信息，通过内置算法进行智能处理与决策，让学生直观理解人工智能“感知 - 决策 - 执行”的核心工作原理。丰富的传感器配置支持开展多样化探究实验，培养学生观察分析与科学探究能力。

4.3.2 丰富执行表现形式

系统支持发声、发光、电机运动、舵机动作、屏幕显示、振动反馈等 9 种不同的执行表现形式，通过输入与输出模块的灵活组合，学生可以创造出智能避障小车、跟随机器人、声光报警器、手势控制灯、颜色分拣机等数十种创意作品，在实践中理解硬件交互逻辑，锻炼工程思维与创新能力。

4.3.3 图形化编程开发平台

配套专属教育版图形化编程平台，采用拖拽式积木编程逻辑，零基础学生无需记忆复杂语法即可快速上手。编程平台包含控制、感知、运动、表达、数学五大类功能积木，涵盖顺序执行、条件判断、循环控制、变量运算、逻辑推理等核心编程知识点，学生可通过可视化方式自定义硬件模块的交互逻辑，培养计算思维与问题解决能力。

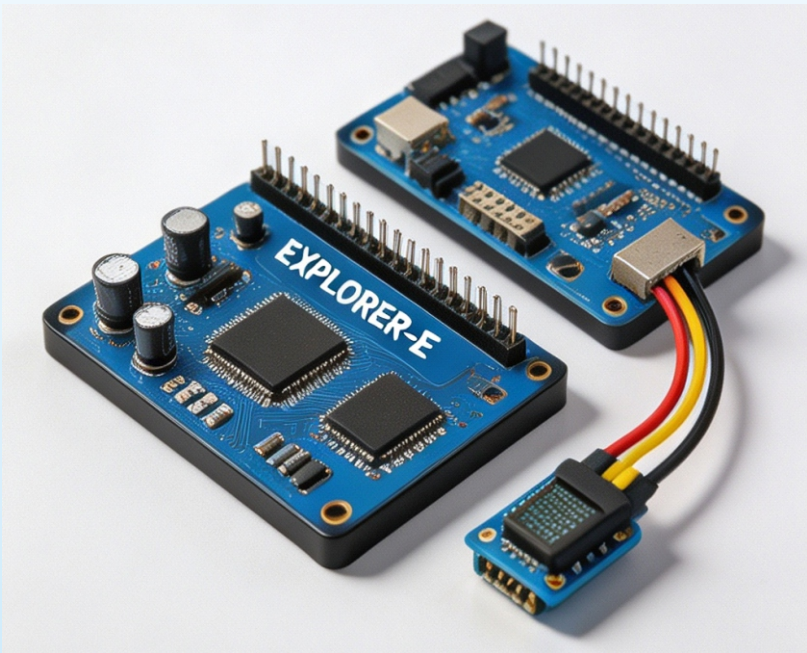
4.3.4 系统化教学资源配套

- 常规教学课程：≥72 节标准化课时，覆盖小学 3-6 年级全学段
- 竞赛集训课程：≥10 节专项集训内容，适配各级科创赛事
- 教学课件 PPT：全套授课课件，减轻教师备课负担
- 学生实训手册：图文并茂的操作指南，便于自主学习
- 教师指导用书：详细的教学建议与重难点解析
- 作品案例库：≥50 个完整创意作品案例，提供教学参考

第五章 EXPLORER-E 探索编程开发板（教育版）

5.1 产品简介

EXPLORER-E 探索编程开发板，是智航智能面向初中与职业教育阶段打造的 Python 开源编程学习平台。产品采用高性能主控芯片与模块化拓展设计，集成丰富的外设接口与传感器资源，支持 Python 代码编程与图形化拖拽编程双模式开发，是学生从图形化编程向代码编程过渡的理想学习载体。开发板原生支持巡线导航、颜色识别、超声波避障、温湿度检测等智能功能，可搭建智能小车、机械臂、数据采集站等多种实训项目，全面覆盖人工智能、物联网、嵌入式开发等核心教学内容。通过 EXPLORER-E 的系统学习，学生可掌握 Python 编程语言、硬件控制原理、传感器应用、算法设计等核心技能，为高阶人工智能学习奠定坚实基础。



5.2 核心技术规格参数

5.2.1 基础硬件参数

· 主板重量：≤1.25KG	· 基板材质：高 TG 环氧树脂玻纤板
· 板层设计：4 层沉金工艺，信号稳定	· 工作温度：-10℃~+60℃工业级宽温
· 静电防护：±8KV 接触放电，±15KV 空气放电	

5.2.2 电源管理系统

· 供电电压：3.7V~5V 宽电压输入	· 电池容量：≥700mAH 高密度锂电池
· 续航时长：≥1.5 小时连续运行	· 充电时间：≤40 分钟快速充电
· 保护机制：过充、过放、过流、短路四重保护	

5.2.3 核心驱动组件

减速电机组

· 减速比：1:100 高精度齿轮箱	· 空载转速：120rpm±5%
· 扭矩输出：≥1.2kgf·cm	· 寿命周期：≥1000 小时连续运转

数字伺服舵机

· 外形尺寸：32mm×12mm×27mm	· 转动范围：0°~200°
· 控制精度：≤0.8°	· 响应速度：≤0.11sec/60°
· 运行噪音：≤48dB	· 使用寿命：≥60 万次

5.2.4 主控与拓展配置

核心主板

· 高性能 32 位主控芯片	· 512KB Flash 程序存储空间
· 64KB SRAM 运行内存	· 最高工作频率：168MHz
· 支持硬件浮点运算	

拓展模块

· 专用游戏手柄控制器 ×1	· 多功能传感器扩展板 ×1
· 高速 Type-C 通讯接口	· 多路 GPIO 拓展引脚
· I2C/SPI/UART 通讯接口	

5.2.5 传感器模组配置

输入感知模块

· 五路红外巡线传感器阵列 ×1	· 高精度红外测距传感器 ×3
· AI 颜色识别传感器 ×3	· 超声波距离传感器 ×1
· 机械按键输入 ×3	· 精密电位器旋钮 ×1
· 数字温湿度传感器 ×1	· 环境光强度传感器 ×1

输出执行模块

· 4 位数码管显示屏 ×1	· 可编程 RGB LED×6
· 舵机驱动控制器 ×1	· 录音播音一体化模块 ×1
· 双路电机驱动 ×1	· 有源蜂鸣器 ×1

5.2.6 标准配件清单

· EXPLORER-E 主控板 ×1	· 传感器扩展板 ×1
· 无线游戏手柄 ×1	· 积木结构连接板 ×2
· Type-C 高速数据线 ×2	· 5pin 串口连接线 ×8
· 8pin 高速连接线 ×2	· TT 减速电机 ×3
· 高精度数字舵机 ×3	· 防滑橡胶轮胎 ×3
· 专用收纳盒 ×1	· 快速入门指南 ×1

5.3 功能特性与教育价值

5.3.1 强大环境感知能力

EXPLORER-E 开发板集成多路传感器阵列，可实时采集颜色、距离、光线、温度、湿度、线路轨迹等 8 种外部环境信息，支持智能巡线、障碍物检测、颜色分拣、环境监测等多种智能应用。学生可通过编程实现传感器数据的读取、处理与应用，深入理解人工智能感知层技术原理。

5.3.2 多元智能执行系统

开发板支持语音播放、电机运动、灯光变化、数字显示、舵机控制等 6 种执行表现形式，可实现智能小车自主导航、机械臂精准控制、环境数据实时显示、声光报警等复杂功能。通过软硬件结合的实训项目，学生可掌握 "感知 - 处理 - 执行" 完整智能系统的设计与实现方法。

5.3.3 Python 代码编程平台

配套专业 Python 编程开发环境，通过 Type-C 数据线与电脑端直连即可开始编程学习。简洁友好的代码编辑器支持语法高亮、自动补全、一键运行、实时调试等功能，帮助学生快速掌握 Python 编程语言。平台内置丰富的示例代码与注释说明，循序渐进引导学生从基础语法学习到复杂项目开发。

5.3.4 积木结构拓展能力

开发板标配专用积木连接板，可与标准科技积木完美兼容，支持学生自由搭建各种机械结构。无论是两轮智能小车、四足行走机器人还是多自由度机械臂，都能快速实现原型验证。软硬件结合的学习模式，让学生在动手实践中理解工程设计与编程控制的深度融合。

5.3.5 完善教学资源体系

- 常规教学课程：≥108 节系统化课时，覆盖初中全学段
- 竞赛专项课程：≥8 节赛事集训内容，含真题解析
- 配套教学平板：预装全套编程软件与教学资源
- 项目式学习案例：≥30 个完整 PBL 项目案例
- 在线编程题库：≥200 道分级编程练习题
- 教师培训资源：专项师资培训课程与考核体系

第六章 PIONEER-P 先锋启蒙智能机器人（教育版）

6.1 产品简介

PIONEER-P 先锋启蒙智能机器人，是智航智能专为低龄段人工智能启蒙教育精心设计的桌面型智能教育机器人。产品采用圆润友好的外观设计与安全环保的材质工艺，集成超声波测距、光电识别、智能语音等多种交互功能，支持图形化与 Python 双模式编程，是幼儿园与小学低年级学生接触人工智能、学习编程思维的最佳入门伙伴。PIONEER-P 机器人通过趣味化的游戏化学习方式，引导孩子在玩乐中理解编程逻辑、培养计算思维，同时锻炼动手能力与创造力，为未来的人工智能学习奠定兴趣基础。产品已通过国家 3C 安全认证、软件著作权认证及多项专利认证，安全可靠、品质保障。



6.2 核心技术规格参数

6.2.1 基础外形参数

· 整机尺寸：138mm×118mm×80mm（误差 ±3mm）	
· 产品重量：≤0.55KG	· 外壳材质：食品级 PC/ABS 环保塑胶
· 表面处理：哑光磨砂工艺，手感舒适	· 安全认证：国家 3C 强制安全认证
· 边角设计：全圆角无棱角设计，安全防磕碰	

6.2.2 电源与通讯系统

· 电池规格：3.7V 大容量聚合物锂电池	· 电池容量：≥2200mAH
· 续航能力：连续工作≥2.5 小时	· 充电时长：≤50 分钟充满
· 充电方式：Type-C 通用接口	
· 蓝牙规格：蓝牙 5.2 双模，无线标准 802.15.1	
· 工作频段：2.402GHz~2.480GHz	· 传输距离：≥20 米稳定连接

6.2.3 运动驱动系统

· 驱动电机：高精度直流减速电机 ×2	· 工作温度：-15℃~+55℃宽温适配
· 空载转速：480±30 rpm	· 控制精度：±5rpm 转速误差
· 运动模式：差分驱动，支持全向移动	· 最大速度：≥0.5m/s
· 转弯半径：0 半径原地旋转	

6.2.4 感知交互系统

· 超声波测距传感器：探测范围 2cm~200cm，精度 ±1cm	
· 光电循线传感器：五路高灵敏度红外阵列	
· 颜色识别传感器：支持 8 种基础颜色识别	
· 触摸感应按键：3 点电容式触摸	· 光线传感器：环境光强度检测
· 声音传感器：声控触发功能	· 六轴陀螺仪：姿态检测与摔倒保护

6.2.5 输出执行系统

· RGB 全彩 LED 灯环：16 颗可编程 LED，支持千万种色彩	
· 高保真扬声器：1.5W 音质清晰，支持 MP3 播放	
· OLED 显示屏：128×64 分辨率，状态信息显示	
· 振动马达：触感反馈功能	· 可编程音效：≥50 种内置音效
· 自定义语音：支持录制与播放	

6.2.6 标准配件清单

· PIONEER-P 智能机器人主机 ×1	· Type-C 充电数据线 ×1
· 专用循线训练地图 ×1 (A0 尺寸)	· 彩色任务卡片 ×30 张
· 积木拓展连接器 ×1	· 快速使用手册 ×1
· 保修服务卡 ×1	· 专属收纳袋 ×1

6.3 功能特性与教育价值

6.3.1 智能环境感知交互

PIONEER-P 机器人集成超声波距离探测与光电循线识别两大核心感知能力，可自主完成障碍物规避、黑线循迹行走、颜色识别分类等智能任务。同时支持触摸交互、声控触发、光线感应等多种人机交互方式，让孩子在与机器人的互动游戏中，直观理解智能设备的工作原理，激发探索兴趣。

6.3.2 丰富趣味表现形式

机器人具备灯光色彩变化、语音音效播放、智能运动行走、屏幕信息显示等多种表现形式，可实现舞蹈表演、故事讲述、游戏互动、任务闯关等丰富应用。孩子可以通过编程为机器人设计独特的性格与行为，在创造过程中培养想象力与表达能力。

6.3.3 双模式编程学习体系

- 图形化编程：专为低龄儿童设计的拖拽式编程界面，卡通化积木模块，无需识字即可

上手，通过简单的拖拽组合即可控制机器人完成各种动作，培养编程思维与逻辑能力。

- Python 代码编程：支持进阶 Python 代码开发，为高年级学生提供代码学习路径，实现从图形化到代码编程的平滑过渡。

- 多端支持：同时支持桌面端与移动端编程，电脑、平板、手机均可使用，适配不同教学场景。

6.3.4 积木结构拓展兼容

机器人顶部标配标准积木接口，可与主流科技积木完美兼容，支持孩子自由搭建各种创意结构。无论是机械手臂、运输小车还是创意建筑，都可以与机器人结合，创造出独一无二的智能作品，锻炼空间思维与动手能力。

6.3.5 游戏化课程资源体系

- 启蒙教学课程：≥56 节趣味化课时，适配幼儿园至小学 2 年级
- 竞赛集训课程：≥8 节专项赛事指导
- 配套教学平板：预装专属 APP 与全部教学资源
- 故事化学习场景：≥20 个主题故事闯关任务
- 亲子互动游戏：≥15 个家庭亲子编程游戏
- 教师指导方案：详细的教学实施建议与评价标准

6.3.6 权威资质认证保障

- 国家强制性 3C 产品认证
- 计算机软件著作权登记证书
- 多项实用新型专利与外观设计专利
- 环保材质检测认证
- 教育装备产品检测报告

第七章 通用增值配套服务

针对本项目采购的三款分层级人形机器人产品，我司量身打造全生命周期一站式增值服务方案，从前期交付部署、中期教学使用、后期运维保障三个维度，全方位保障项目落地与常态化运营。服务内容包含免费上门完成整机安装调试、软硬件环境部署、设备统一校准；面向授课教师、设备管理员开展设备实操、编程授课、日常运维两类专项集训；提供7*24小时全天候线上答疑、远程故障排查、紧急问题处置；全系产品享受一年整机免费质保，官方配套固件、软件平台终身免费迭代升级与漏洞修复；同时可协助校方完成人工智能科创实验室整体规划、机器人校本课程开发、科创社团常态化运营、省部级产学研项目联合申报、专属教材编撰等增值服务，深化产教融合建设成效，最大化挖掘设备教学、科研、赛事综合价值。

