

## 内容目录

<b>第一章 机器人控制器+AI 应用概述</b> .....	<b>3</b>
第一节 AI 是什么? .....	3
第二节 AI 和机器人控制器行业有什么关系? .....	4
一、AI 给机器人控制器行业带来的变化分析.....	4
二、AI 给机器人控制器行业带来的冲击分析.....	4
三、AI 给机器人控制器行业带来的变革分析.....	5
<b>第二章 2023-2028 年机器人控制器市场前景及趋势预测</b> .....	<b>5</b>
第一节 控制器：人形机器人之“大脑&小脑”.....	5
一、控制器：人形机器人核心基础.....	5
二、技术攻关关键环节，国家政策重点支持.....	6
三、横向对比成熟产业，底层原理殊途同归.....	6
(1) 工业机器人 vs 人形：控制精度和工艺理解要求更高.....	7
(2) 扫地机器人 VS 人形：简化的移动型机器人框架.....	8
(3) 汽车控制器 VS 人形：涉及环节更复杂，车规级要求.....	9
(4) Tesla FSDvs Optimus.....	11
第二节 工控领域：控制器发展成熟，国产替代潜力巨大.....	12
一、控制器经上百年发展，多种技术路线共进.....	12
二、通用控制器：灵活性、通用性强，可用于复杂控制.....	13
三、PLC：面向逻辑控制，编程简单易用性高.....	15
四、数控系统(CNC)：针对数控机床开发，精度要求高.....	16
五、硬软件和集成为突破瓶颈，国产替代空间巨大.....	17
(1) 硬件差距主要在于芯片.....	18
(2) 软件差距较大：主要在于精度和通用性.....	18
(3) 国内厂商使用的网络协议不足以进入高端市场.....	18
第三节 工业领域控制器重点公司梳理.....	19
一、通用控制器.....	19
(一) 固高科技：运动控制核心部件类、系统类、整机类全产品体系覆盖.....	19
(二) 雷赛智能：运动控制核心部件及解决方案供应商.....	19
(三) 埃斯顿：自研工业机器人核心部件控制器.....	20
(四) 新时达：电梯控制系统领域巨头，积极布局机器人全产业链.....	20
二、激光设备控制器.....	21
(一) 柏楚电子：主营激光切割控制系统，智能焊接机器人打开成长空间.....	21
(二) 维宏股份：深耕运动控制领域，运动控制卡及一体化控制器.....	21
三、机床数控系统.....	21
四、PLC.....	22
(一) 汇川技术：PLC 产品为重点突破产品线之一.....	22
(二) 信捷电气：较早布局 PLC 领域，初步完善工控产品线.....	22
(三) 禾川科技：较早布局 PLC 领域，初步完善工控产品线.....	22
第四节 消费领域控制器重点公司梳理.....	23

一、拓邦股份：“四点一网”技术为核心，面向五大领域提供智能控制方案.....	23
二、维峰电子：兼具成长和稳健的工控连接器企业.....	23
三、瑞可达：连接器重点布局通信和汽车赛道.....	24
<b>第三章 机器人控制器+AI 的应用现状及前景预测.....</b>	<b>24</b>
第一节 为什么众多企业纷纷入局 AI.....	24
第二节 AI 的意义和作用.....	27
一、AI 对企业发展的实际意义.....	27
二、智能化改造需求.....	28
三、AI 为企业创造价值的模式.....	28
第三节 机器人控制器+AI 市场应用情况分析.....	29
一、人工智能开始发挥实际作用.....	29
二、人工智能渗透到整个企业中.....	29
三、借助人工智能快速推进自动化.....	30
四、利用人工智能获得更大收益.....	30
五、人工智能战略需要集体的转变.....	30
六、人工智能触发业务流程转变.....	30
七、机器学习操作 (MLOps) 成为现实.....	31
八、企业铺设人工智能通道.....	31
九、新的业务模式可能出现.....	31
第四节 2023-2028 年机器人控制器+AI 市场发展前景.....	32
一、AI 给机器人控制器行业带来的机遇分析.....	32
二、AI 给机器人控制器行业带来的挑战分析.....	32
三、2023-2028 年机器人控制器+AI 市场发展潜力.....	32
四、2023-2028 年机器人控制器+AI 市场发展前景.....	33
五、2023-2028 年机器人控制器+AI 应用前景预测分析.....	34
<b>第四章 机器人控制器制定和布局+AI 的策略建议.....</b>	<b>35</b>
第一节 企业如何建立人工智能战略.....	35
一、专注于战略业务目标.....	35
二、通过新的、支持人工智能的业务模型产生颠覆性影响.....	35
三、通过合适的人来执行人工智能战略.....	35
第二节 人工智能时代下的企业战略分析.....	36
一、现阶段企业战略管理存在的问题.....	37
二、人工智能时代下企业战略管理的策略.....	38
第三节 机器人控制器布局 AI 的发展思路及对策.....	40
一、构建全方位人工智能管理体系.....	41
二、健全治理制度:建立合规机制与规范行为.....	41
三、完善治理组织:明确责任归属与岗位分工.....	42
四、丰富治理能力:结合风险防范与前沿探索.....	44
第四节 机器人控制器+AI 切入模式及发展路径分析.....	46
一、企业快速部署 AI 的动力非常强大.....	48
二、AI 成熟度:如何衡量?.....	49
三、不同行业应用 AI 的差距正在缩小.....	51
四、以传统绩效指标评价, AI 领军者表现非凡.....	52
五、三一集团:从“聪明工厂”到智造生态.....	54

六、如何成为 AI 领军者？五大成功因素.....	56
七、京东集团：探索 AI 前沿，沉淀 AI 实力.....	58
八、从实践到实效，驱动非凡价值.....	61
<b>第五章 机器人控制器《+AI 应用前景及布局策略》制定手册.....</b>	<b>62</b>
第一节 动员与组织.....	62
一、动员.....	63
二、组织.....	63
第二节 学习与研究.....	64
一、学习方案.....	64
二、研究方案.....	64
第三节 制定前准备.....	65
一、制定原则.....	65
二、注意事项.....	66
三、有效战略的关键点.....	67
第四节 战略组成与制定流程.....	70
一、战略结构组成.....	70
二、战略制定流程.....	70
第五节 具体方案制定.....	71
一、具体方案制定.....	71
二、配套方案制定.....	74
<b>第六章 机器人控制器《+AI 应用前景及布局策略》实施手册.....</b>	<b>74</b>
第一节 培训与实施准备.....	74
第二节 试运行与正式实施.....	75
一、试运行与正式实施.....	75
二、实施方案.....	75
第三节 构建执行与推进体系.....	76
第四节 增强实施保障能力.....	77
第五节 动态管理与完善.....	77
第六节 战略评估、考核与审计.....	78
<b>第七章 总结：商业自是有胜算.....</b>	<b>78</b>

## 第一章 机器人控制器+AI 应用概述

### 第一节 AI 是什么？

人工智能（Artificial Intelligence），英文缩写为 AI。它是研究、开发用于模拟、延伸和扩展人的智能的理论、方法、技术及应用系统的一门新的技术科学。

人工智能是计算机科学的一个分支，它企图了解智能的实质，并生产出一种新的能以人类智能相似的方式做出反应的智能机器，该领域的研究包括机器人、语言识别、图像识别、自然语言处理

和专家系统等。人工智能从诞生以来，理论和技术日益成熟，应用领域也不断扩大，可以设想，未来人工智能带来的科技产品，将会是人类智慧的“容器”。人工智能可以对人的意识、思维的信息过程的模拟。

## 第二节 AI 和机器人控制器行业有什么关系？

### 一、AI 给机器人控制器行业带来的变化分析

人工智能是制造业迈向工业 4.0 和工业互联网时代的重要新兴技术能力。制造业对于人工智能技术的使用正在稳步上升。

在制造业中人工智能不断丰富和迭代自身的分析和决策能力，以适应不断变化的工业环境，帮助企业在产生大量结构化和非结构化数据的复杂生产环境中更为快速、准确地梳理参数之间的相关性，提高生产效率，优化设备产品性能，具有自感知、自学习、自执行、自决策、自适应等特征。制造业中的人工智能的本质是实现复杂工业技术、经验、知识的模型化和在线化，从而实现各类创新的工业智能应用。

人工智能还能为提升用户体验做出贡献，诸如智能客服、智能推荐、精准营销等场景深入落地到各行各业；企业有意在数字人、虚拟 NFT 等数字化营销内容创作领域布局，以创造差异化的营销体验，升级品牌形象。

### 二、AI 给机器人控制器行业带来的冲击分析

从技术的行业应用而言，创新应用场景逐步增多。过去一年，中国人工智能应用保持快速发展的势头，行业应用场景较去年也更加深入和细化。除了相对成熟的应用场景之外，物流、制造、能源、公共事业和农业等在人工智能的应用方面得到快速发展，创新应用场景逐步增多。

未来五年，随着人机交互、机器学习、计算机视觉、语音识别技术达到更为成熟阶段，人工智能应用将呈现出如下发展趋势：从单点技术应用迈向多种人工智能能力融合、从事后分析迈向事前预判和主动执行、从计算智能和感知智能迈向认知智能和决策智能，以知识为主要生产工具的创作型工作（如文字、视频、图像和音频创作，软件开发，IP 孵化等）将实现更大程度的智能化；行业企业也将持续创新，拓展数字孪生与人工智能技术的融合应用，推进在能源电力、制造、建筑等行业的发展，构建虚拟工厂、数字孪生电网、数字孪生城市，加强数字与现实世界的连接，优化流程，实现全域管理，决策智能。

人工智能正在加深对实体经济的支持，产生一批成熟应用的场景，包括但不限于人员设备管理、行为预测、供需销售预测等。另外，科学家们越来越多地利用人工智能技术和方法，从数据中建立模型，重点围绕新材料研发等领域加速对前沿科学问题的探究。例如，在材料领域，科学家基于人工智能网络模型和大规模分子数据集，提升分子动力学模拟的极限，以快速、准确的方式预测新材料的特征

## 三、AI 给机器人控制器行业带来的变革分析

制造业在人工智能的主要应用场景包括：交互界面智能化、质量管理及推荐系统、维修及生产检测自动化、供应链管理自动化、产品分拣等。IDC 预计，到 2023 年年底，中国 50%的制造业供应链环节将采用人工智能，从而可以提高 15%的效率。这将使企业能够更好地预测市场变化、消费趋势和习惯的变化，甚至是气候变化，进而将预测结果与库存管理相联系，帮助企业努力使库存水平贴近市场需求，促进销售，同时降低成本，把控风险。此外，诸如媒体和娱乐、游戏、建筑等行业也在加速元宇宙技术的落地和应用，基于人工智能、物联网、智能边缘等技术，满足市场对于多元化、定制化、共情化的体验，改善运营流程，加速学习、分享、创造，产生更大的经济和社会价值。实现元宇宙构想以及物理与数字世界间的互联，需要创建更多的数字资产/数字人，这对计算性能与计算资源提出新的要求。目前元宇宙基础设施的搭建已经开始起步，通过构建能够支持应用落地的人工智能算力基础设施，提升基础平台的支撑力度，为将来满足企业和用户在虚拟环境中的应用需求夯实基础。

## 第二章 2023-2028 年机器人控制器市场前景及趋势预测

### 第一节 控制器：人形机器人之“大脑&小脑”

#### 一、控制器：人形机器人核心基础

人形机器人控制器框架通常包括感知、语音交互、运动控制等层面。1) 视觉感知层：由硬件传感器，算法软件组成，实现识别、3D 建模、定位导航等功能；2) 运动控制层：由触觉传感器、运动控制器等硬件及复杂的运动控制算法组成，对机器人的步态和操作行为进行实时控制；3) 交互算法层：包括语音识别、情感识别、自然语言和文本输出等。

以 UCLA 的人形机器人平台 ARTEMIS 为例，其控制架构包括硬件接口、仿真界面、控制器接口、安全接口，由中央处理器（CPU）来共享和存储数据和信息。由于目前人形机器人技术方案尚未定型，技术快速迭代，控制器适合采用模块化结构，从而便于更换组件，简化创建不同控制器组



合的过程。①硬件接口：包括执行器、惯导（IMU）、传感器等，反馈关节位置、速度、扭矩等数据信息；②仿真界面：模仿硬件接口的功能从而进行仿真环境的模拟测试；③控制器接口：读取到内外环境信息后，对运动控制器等发送指令；④安全接口：在检测到任何错误行为时关闭机器。

运动控制器是人形机器人控制架构中最重要且复杂的模块之一。对于人类而言，人类可以结合使用不同的感官，如视觉、触觉和听觉等来应对环境中的不确定性，经过长时间的走路训练，运动控制早已内化为“下意识”动作。对于机器人而言，如果机器人在不平整地面和不确定的外部环境中进行动态运动，运动控制器需要实时调整其计划和轨迹，并协调双足和全身肢体的状态。以 ARTEMIS 为例，其运动框架十分复杂，由运动控制器、步态调度、步态规划、轨迹规划器、全身控制器组成。运动控制器接收当前广义坐标  $(q, \dot{q})$  和接触状态  $(c)$ ，并计算所需的前馈力矩  $(\tau)$  和关节反馈。步态调度决定何时移动末端执行器，步态规划决定将末端执行器移动到哪里，轨迹规划器和全身控制器决定如何移动末端执行器、质心和身体。

## 二、技术攻关关键环节，国家政策重点支持

“大脑”和“小脑”是人形机器人产业化落地的关键所在，也是技术难点所在，不仅是各家人形机器人厂商竞争的关键点，也是目前政策层面重点支持的环节。在今年两大工信部发布的人形机器人重磅政策中，“运动控制”均放在关键位置。2023 年 9 月工信部发布《人形机器人揭榜挂帅任务榜单》中，排在核心基础首位的技术为全身动力学控制算法。揭榜任务为：面向人形机器人高动态行走的全身控制问题，突破人形机器人多体动力学实时模型、基于全身力矩的模型预测控制、长距离离线身体姿态和落足点规划、在线步态规划与实时姿态跟踪、面向仿人机器人高爆发关节伺服阻抗控制等关键技术。形成人形机器人高动态行走控制方法，在人形机器人实物平台上进行实验验证。预期目标为：到 2025 年，建立人形机器人高动态行走控制算法，可支持具有双足、双臂、腰、髋、膝、踝等不少于 28 个自由度的人形仿生机构。支撑人形机器人实现平地、斜坡、台阶、非平整路面、松软路面等环境的高动态行走，平地最大行走速度 $\geq 4\text{km/h}$ ，最大奔跑速度 $\geq 9\text{km/h}$ 。

2023 年 11 月，工信部联合多部门发布《人形机器人创新发展指导意见》，控制器为重点突破产品。政策目标到 2025 年，人形机器人创新体系初步建立，“大脑、小脑、肢体”等一批关键技术取得突破。其中，“大脑”基于人工智能大模型，增强环境感知、行为控制、人机交互能力；“小脑”用于控制人形机器人运动，搭建运动控制算法库，建立网络控制系统架构。控制器产品发展目标为：面向高实时协调运动控制需求，研发具有高动态运动驱动、高速通信等功能的专用芯片，研制“感-算-控”一体化的高性能运动控制器。面向人形机器人认知与决策需求，研发具有多模态空间感知、行为规划建模与自主学习等能力的智能芯片，提升人形机器人协调控制能力。

## 三、横向对比成熟产业，底层原理殊途同归

## (1) 工业机器人 vs 人形：控制精度和工艺理解要求更高

工业机器人控制器作为机器人的“大脑”，具有控制机械臂的工作状态、运动轨迹、空间位置、操作顺序等功能。工业机器人对控制器的基本要求包括：①控制工业机器人的位置、速度、加速度等，对连续轨迹运动的机器人还要有轨迹规划和插补运算功能；②人机交互：工作人员使用示教器、操作面板，对机器人进行编程等；③外部感知：部分场景需要工业机器人对视觉、力觉、触觉等有关信息进行测量感知，有时需要与其他设备交换信息和协调工作。

工业机器人控制器通常是 PC-Based 控制，由硬件和软件组成：①硬件：硬件由工控计算机和示教器（示教编程使用）/电脑面板（离线编程使用）组成。其中，工控计算机由 PCB 电路板（将电子元器件与电气连接）、IC 芯片（晶体管、电阻、电容等电子元器件形成的集成电路）、晶体管（基于输入电压控制输出电流）、电阻电容（阻碍电流，在电路中起分压、分流、限流等作用）组成。工控计算机另外包含操作面板、通信接口、网络接口、传感器接口和驱动器接口等。②软件：软件由控制算法和二次开发（客户定制化开发），部分工业机器人采用示教编程，工作人员通过示教器控制工控计算机；部分工业机器人需要工作人员进行离线编程，生成机器人的运行轨迹。

机器人控制器架构分为集中控制、主从控制、分布控制三种类型。1) 集中控制是由一台机器人实现全部控制功能，结构简单，成本低；但实时性差，难以拓展，可靠性低，是早期机器人的常用结构；2) 主从控制是采用主、从两级处理器实现系统的控制功能，主 CPU 实现管理、坐标变换、轨迹生成和系统自诊断等，从 CPU 实现所有关节的动作控制，实时性好，适用于高精度、高速场景；但系统扩展性较差，维修困难；3) 分布控制采用“分散控制，集中管理”思路，系统对总体目标和任务进行综合协调和分配，子系统协调来完成控制任务；其特点为灵活性好，可靠性提高，有利于系统功能的并行执行，提高效率，易于拓展，可实现智能控制；缺点为当自由度数量和算法变得复杂时，控制性能会恶化。

与人形机器人控制器相比，工业机器人的区别主要在于：1) 工业机器人有精度要求：工业机器人目前达到的运动控制精度在 0.1mm，相比机床的控制精度微米级别有所差距，但远高于人形机器人的要求；2) 控制器算法决定运动精度，算法与工艺理解密切相关：工业机器人应用于汽车、光伏等工厂场景中，控制器需要二次编程，程序员需要深入了解工艺 knowhow 和客户需求，才能不断优化算法，提高控制器的运动精度；人形机器人不用于精密加工，因此对工艺理解和精度要求低。3) 控制的复杂度不同：工业机器人控制器控制的自由度少，传感器数量少；人形机器人控制器主要用于控制更复杂的全身自由度以及灵巧手自由度、步态控制和全身协调控制等，需要连接的外部传感器更多（视觉、力觉、触觉、听觉等），应用场景更加复杂多元化，需要引入人工智能大模型，算法和算力要求高。

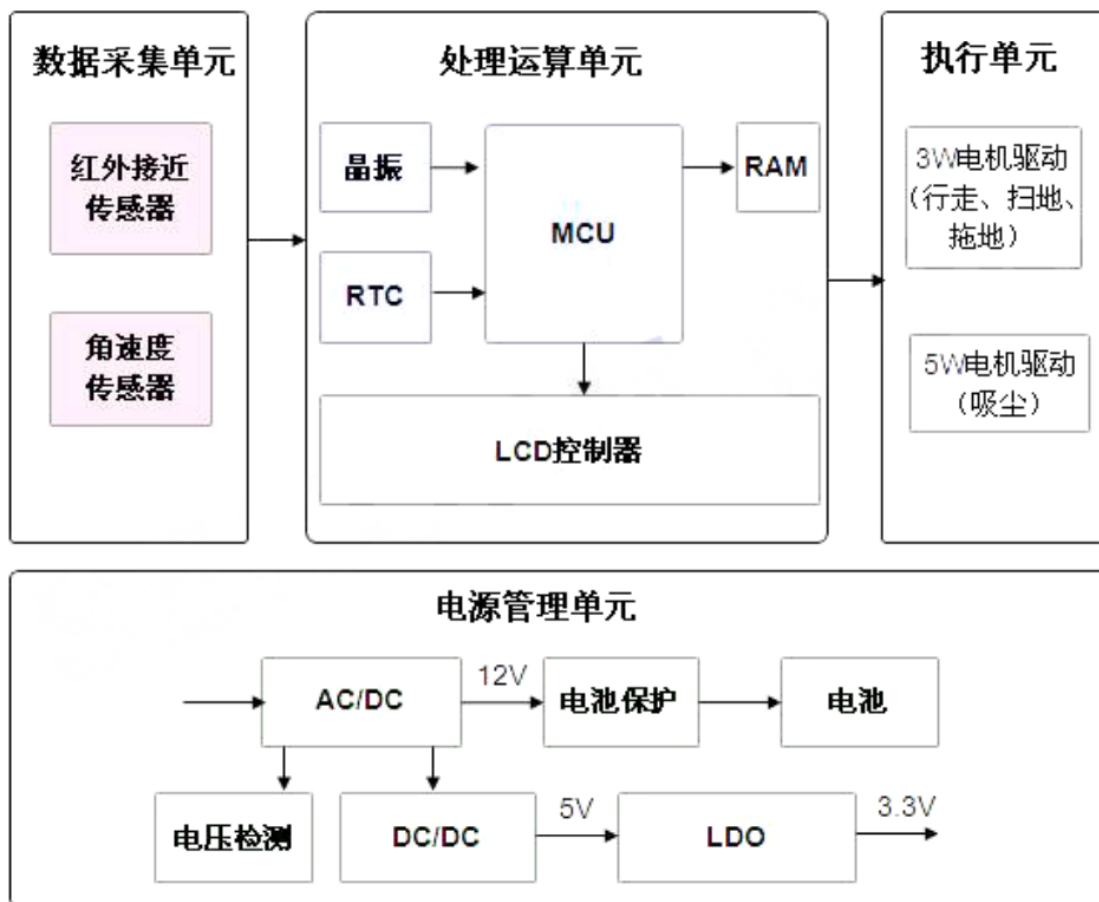
## (2) 扫地机器人 VS 人形：简化的移动型机器人框架

扫地机器人系统可以分为以下几个子系统：传感器、控制器、驱动电机、电池及电源管理等部分。首先，扫地机器人通过激光雷达、摄像机以及多种传感器构建的“感知层”，将环境的信息传递给扫地机器人的“大脑”。导航系统利用这些传感器提供的数据利用 SLAM 算法，通过软件的方式进行路径规划，确保机器人在空间中准确定位自己的位置并构建环境地图。地图建立完成后，导航系统将其传递给 MCU 芯片。MCU 芯片主要负责运动控制，根据地图信息和路径规划，精确地指导扫地机器人进行清洁工作。

扫地机器人作为智能化的小家电产品，控制器是核心零部件之一。目前常见的扫地机器人主要使用 MCU 控制器。它主要完成以下任务：①数据采集功能：MCU 控制器通过向各传感器发送选通信号，按顺序与各个传感器通信，实时完成信息数据采集。②障碍物识别与规划：MCU 根据接收到的数据信息，计算并判断障碍物的相对位置和体积大小。结合预设规则，确定相应的避障措施，如前进、左转、右转、后退或调头。③电机控制：在确定避障措施后，MCU 向步进电机输出相应的控制脉冲，确保机器人以精确的方式执行避障动作，灵活地移动。④远程控制和状态调整：MCU 接受来自遥控器的指令，允许用户调整机器人的工作状态。同时，监测电池剩余电量，指挥智能吸尘器自动返回充电桩进行充电管理。



图 9：扫地机器人主要控制系统



人形机器人的控制原理与扫地机器人相似：1）扫地机器人控制器主要用来规划路径，避障，以及人机交互。例如：人类设定打扫范围，以及语音指导扫地机器人进行打扫，由数字信号处理器和微控制器对执行层（电机）进行控制和回馈外部信息。小米及 TCL 等扫地机器人采用意法半导体的 M3 微控制芯片作为路径规划的控制芯片。2）人形机器人控制器涵盖运动规划和人机交互。运动控制器接收当前广义坐标、力矩和接触状态，并计算所需的前馈力矩和关节反馈，进而控制执行器的状态。

区别在于：人形机器人控制器所需的算法实时性要求高，控制器处理能力远高于扫地机器人。人形机器人的执行器和传感器数量更多，并且要求在尽可能短的时间内完成感知、决策规划和运动控制以及反馈，对软硬件的响应程度和配合要求较高。另外，基于软件算法的研发及模型化执行和操作对算力要求也很高。

### （3）汽车控制器 VS 人形：涉及环节更复杂，车规级要求

随着汽车电动化、智能化持续渗透，汽车控制器不断更新迭代，从分布式向域控制、中央集中的趋势发展。①分布式架构：分为模块化（汽车的每个功能拥有独立 ECU）和集成化（设计开始进

行功能集成），传统分布式架构缺点包括算力分散无法高效利用、线束成本重量劣势、无法支持高带宽车内通信、后续升级维护困难等。②域控制器架构：包括集中化（域中心控制器）和域融合（跨域中心控制器，如特斯拉 Model3）。集中式架构优势包括节约成本、降低装配难度；提高通信效率，实现软硬件解耦，便于整车 OTA 升级；集中算力，减少冗余等。③车辆集中架构：分为车载电脑和车-云计算，也是未来汽车发展的方向。

以特斯拉的汽车控制器为例，其主要经历了三次发展：1）ModelS 基于功能进行域划分，ADAS 模块横跨动力域和底盘域；2）ModelX 实现跨域的模块化深入，使用跨域中心控制器控制整车；3）Model3 打破了域的限制，实现了全车模块化。汽车行业内的主流发展方向是五大各有一个大脑，起到中枢运算的作用，该域内所有的运算逻辑均由域控制器完成，其下面通过 CAN 或 LIN 总线连接各种传感器和执行器。Model3 的设计思路与此并不相同，其采用了大集成的概念，即把一个区域范围内可见到的控制器都集成在一起，融合成一个超大控制器，好处在于大大降低了单车成本。

从 HW2.0 起，特斯拉开始采用自研智驾域控制器，FSD（完全自动驾驶）是特斯拉推出旨在实现全无人驾驶的智驾产品。其由多颗英伟达芯片构成的算力平台，8 颗 1.2MP 的摄像头接入到域控当中，并与毫米波雷达信息进行融合。当前大规模部署的 HW3.0，特斯拉对域控算力进行了大升级，从英伟达的算力平台改为自研的 FSD 芯片和 NPU，GPU 算力提升了 12 倍，每秒可以处理的视频帧数也提升了将近 21 倍。

基于功能集中分区，智能驾驶汽车电子控制系统分为动力域、底盘域、座舱域、自动驾驶域和车身域五域。其中，自动驾驶域是现阶段承载整车个性化智能体验的关键所在，也是目前车企的竞争焦点和布局重点。在现阶段其功能开发和实现需要涉及大量 AI 运算，因此对芯片所提供算力、操作系统底层算法要求很高；而其他域控制器涉及整车安全的部件较多，因此对功能安全等级要求更高，对芯片算力要求和功能智能化程度相对较低。

自动驾驶汽车域控制器和人形机器人的控制器的结构和控制原理类似。1）自动驾驶域能够使车辆具备多传感器融合、定位、路径规划、决策控制、图像识别、高速通讯、数据处理的能力。自动驾驶域通常需要外接多个摄像头、毫米波雷达、激光雷达等等车载传感器来感知周围环境，通过传感器数据处理及多传感器信息融合，以及适当的工作模型制定相应的策略，进行决策与规划。域控制器的输入为各项传感器的数据，所进行的算法处理涵盖了感知、决策、控制三个层面，最终将输出传送至执行机构，进行车辆的横纵向控制。2）机器人运动控制器充当着大脑和小脑的作用，用来控制机器人的肢体行为。比如，机器人行走这一动作，需要根据感知的环境规划出目标路径，经由运动规划器（LocomotionPlanner）生成参照投影，产生步伐运动行走方案，再由运动控制器转化为机器人身上各个执行器的扭矩、速度输出，呈现为机器人按照运动规划的步伐方案前进。但是汽车和人形机器人在控制精度、算法要求、接口复杂程度不同：1）自动驾驶对运作精细度、安全性等要求更高：通常车的驾驶速度远高于人形机器人的行走或奔跑速度。2）人形机器人外部环

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/977064026105006111>