

面向AI 定义汽车
中国汽车基础软件
发展报告6.0

（AIDV）时代 AIOS的生态创新应用

指导单位：工业和信息化部装备中心
发布单位：中国汽车工业协会软件分会
中国汽车基础软件生态标委会（AUTOSEMO）

序言

PREFACE

当前，人工智能技术正以前所未有的深度重塑汽车产业格局。随着电子电气架构向“中央计算 + 区域控制”演进，AI 大模型、多模态融合等关键技术加速在智能驾驶、座舱交互等领域落地，推动汽车从代步工具向具备持续进化能力的智能终端跃迁。这一变革不仅重构了技术架构，更催生了“数据驱动研发、场景定义功能”的产业新范式。

车用操作系统作为 AI 能力的核心承载平台，其重要性日益凸显。传统操作系统较难满足异构算力调度、多模态数据处理等 AI 场景需求，而面向 AI 应用定义的操作系统（AIOS）通过构建硬件抽象层、AI 能力框架及安全体系，实现了软硬解耦与跨域协同。

中国汽车基础软件生态标委会（AUTOSEMO）自成立以来，始终致力于推动产业协同创新。通过连续六年发布行业白皮书、制定技术规范、组建开源社区等务实举措，有效促进了主机厂、芯片企业、软件开发商之间的深度合作，推出的天元 OS 开源项目为构建自主可控的技术生态提供了重要实践平台。

本研究报告系统梳理了 AIOS 生态创新体系，一方面是深入剖析容器化、虚拟化等底层技术路径，提出“算力抽象 – 数据融合 – 功能服务化”的架构范式，另一方面前瞻性定义 AI 原生操作系统分层解耦、应用驱动的演进方向，这与《车载智能计算基础平台参考架构 2.0》高度契合。另外，白皮书中对芯软融合、开源协同等关键问题的对策建议，兼具技术深度与产业视野，为行业提供了发展图谱的重要参考。

唯有构建自主可控、开放共赢的技术生态，方能支撑中国智能汽车在全球化竞争中行稳致远，引领 AI 定义汽车的时代。面向未来，衷心希望产学研用各方协同加快车用操作系统接口标准统一和共建测试认证体系，通过分层解耦、开源协作降低国产车用操作系统量产应用的门槛，而 AUTOSEMO 无疑就是这样一个重要的纽带。

清华大学教授
中国工程院院士



2025 年 10 月 16 日

目录 CONTENTS

一 AIDV 时代下的整车智能化变革 001

1.1 概述 001
1.2 研究背景 001
1.2.1 AIOS 的定义 001
1.2.2 AIDV 技术变革的必要性 001
1.2.3 技术重构： 002
1.2.4 汽车基础软件 +AI 的角色与定义 003

二 AIOS 技术架构 005

2.1 概述 005
2.2 AIOS 技术架构特点 005
2.3 AIOS 核心技术特征 006
2.3.1 技术特征概述 006
2.3.2 AIOS 的核心功能 006
2.3.3 异构系统兼容技术 008
2.4 AIOS 整体架构 010
2.4.1 架构概述 010
2.4.2 AIOS 技术要点 011

三 基于 AIOS 的关键技术 013

3.1 整车底座统一抽象 013
3.1.1 硬件抽象：从通用芯片到智能平台 013
3.1.2 数据抽象：从异构信号到统一模型 013
3.1.3 功能抽象：功能抽象能力是 AIOS 的核心能力 013
3.2 AI 能力闭环 014
3.2.1 多模态交互引擎的技术架构与实现 014

3.2 多层级安全机制 016
3.3.1 硬件安全 016
3.3.2 固件安全升级 017
3.3.3 车云通信双向 TLS 017
3.3.4 车云一体化的信息安全 017
3.3.5 功能安全 018
3.4 容器化技术架构与虚拟化技术应用 020
3.4.1 嵌入式容器技术 020
3.4.2 容器技术架构 020
3.4.1 容器化技术的优势 021
3.4.2 虚拟化技术 021

四 AIDV 驱动的芯软融合生态新范式 022

4.1 产业协同方式的现状及问题 022
4.1.1 异构芯片的算力重构与 RISC-V 的破局之路 022
4.1.2 中游： AIOS 开发与基础软件的生态的框架共建 023
4.1.3 下游：整车厂的场景化集成 023
4.1.4 整车数据与操作统一抽象的生态协同 023
4.1.5 产业生态协同的困难与问题 024
4.2 芯软融合生态问题 024
4.2.1 芯软融合生态的开发与落地逻辑 024
4.2.2 分布式架构到中央计算架构 024
4.3 低代码与 AI 辅助开发 026
4.4 开源社区的驱动机制 026
4.4.1 开源开发者发展趋势 027

五 AIOS 生态创新应用场景案例集 030

5.1 智能座舱的创新趋势 030
5.1.1 多模态应用案例 030
5.1.2 个性化服务生成 030
5.2 自动驾驶：从规则控制到认知决策 031
5.3 智能助手： 从数据管理到知识应用 031
5.3.1 智能故障诊断 032
5.3.2 智能数据分析 032

六 AIOS 生态落地的核心问题与对策 033

6.1 技术挑战 033
6.1.1 核心技术问题 033
6.2 对策建议 034
6.2.1 技术层面的对策 034
6.2.2 生态层面的对策 035
6.2.3 产业协作层面的对策 035

七 未来展望：AIOS 生态的演进趋势 036

7.1 架构跃迁：从 【AI 嵌入】到 【AI 原生】的操作系统 036
7.2 生态革新：开源主导的跨产业协同体系构建 036
7.3 行业分工变革：从垂直分工到水平协作 036
7.4 开发者生态： 推动开发者群体扩展 037
7.5 商业价值 037
7.5.1 技术研发成本合理优化 037
7.6 结语 037

八 主要贡献单位 038

编制说明

总括

在全球智能汽车产业加速向人工智能（Artificial Intelligence 英文缩写为 AI）转型的大背景下，汽车基础软件作为智能网联汽车的核心基座，正呈现出向 AIOS 方向快速演化的明显趋势。AIOS 作为智能汽车的核心与灵魂，对提升 SDV（软件定义汽车，以下简称 SDV）& AIDV（AI 定义汽车，以下简称 AIDV）汽车产品竞争力、推动产业创新发展起着至关重要的作用。此外，随着汽车电子电气架构从分布式向中央计算加区域控制式演进，基础软件也需要不断适应如跨域融合，整车 SOA 架构等新技术需求带来的挑战。与此同时，人工智能、大数据、云计算等新兴技术在汽车领域的深度应用，也对基础软件的性能、安全性、开放性提出了更高要求。自《中国汽车基础软件发展研究报告 1.0》于 2020 年首次发布以来，AUTOSEMO（中国汽车基础软件生态标委会，以下简称 AUTOSEMO）基于产业发展动态的持续跟踪，基础软件发展趋势的深度研究，已连续 4 年发布了中国汽车基础软件发展研究报告，为国内汽车基础软件的技术、生态以及产业发展提供了重要参考价值。

自 AI 爆发式发展以来，AUTOSEMO 密切关注到 AIOS 在汽车智能化领域所起到的颠覆式作用。具体来看，一是智能驾驶算法的快速演进、多模态交互技术的普及，对 AIOS 的算力调度、数据处理、软硬件适配提出了更高要求；二是汽车与能源、交通、智慧城市等领域的跨界融合，需要 AIOS 在兼顾安全的基础上更开放更融合，构建可共享的生态创新体系。AUTOSEMO 识别到目前现有研究多聚焦于 AIOS 某单一技术模块，缺乏对整体系统的梳理与技术、产业以及生态领域的前瞻研判。在此背景下，AUTOSEMO 编制《中国汽车基础软件发展研究报告 6.0》（《研究报告 6.0》），旨在全面剖析 AIDV 时代 AIOS 的现状与发展趋势，及时反映最新发展态势，为技术，产业以及生态发展提供方向指引，为产业链上下游各参与者提供更具针对性和指导下的决策依据。

一、 编制目的

1) 梳理 AIOS 发展现状：梳理 AIDV 时代 AIOS 在技术架构、应用场景、产业链布局等方面的发展现状，分析当前落地应用中存在的短板与痛点，如软硬件适配效率低、数据安全机制不完善、跨行业标准不统一等，为系统优化提供现实依据。
2) 洞察生态创新技术趋势：深入研究 AIOS 在算力虚拟化、算法开源化、服务场景化等领域的技术突破方向，剖析大模型与 AIOS 的融合路径、软硬件生态发展趋势、开源创新领域实践的前沿趋势，为企业技术研发与创新布局提供参考。
3) 探索生态构建模式与案例：总结国内外在 AIOS 生态创新应用方面的典型实践案例，如车企与科技企业的深度合作模式、开源社区的协同创新机制等，抽象可复制的构建经验，推动产业链上下游形成合力。
4) 提出生态发展的落地建议：结合产业实际与技术趋势，针对 AIOS 生态创新中的数据安全、标准制定等关键问题，提出具有针对性的创新落地建议，助力构建健康有序的产业发展环境。

二、 研究方法 & 范围



图 1–1 报告研究方法矩阵

三、 编制参与单位

本报告由中国汽车工业协会软件分会 AUTOSEMO 牵头，并联合涵盖汽车制造、人工智能、软件研发、科研教育等多个领域。在汽车企业方面，邀请了一汽、东风、上汽、广汽、蔚来、小鹏等汽车等主流企业，以及中汽创智、东软睿驰、经纬恒润、普华等供应商企业，参考借鉴其在 AIOS 搭载与用户场景落地方面的经验，能提供从整车视角出发的应用需求与实践案例；并邀请科研机构与高校作为评审单位，依托其在 AI 算法优化、电子架构、产业政策研究等领域的深厚积淀，为本报告提供学术论证支持。通过多层多方机构的协同参与，确保报告对 AIOS 生态的研究兼具产业落地与学术前瞻价值。

四、 编制流程

资料收集与专项调研：组建由汽车电子、人工智能、软件工程等领域的专家形成专业调研团队，通过多维度多渠道收集分析资料。1）系统梳理 AIOS 相关的技术、公开资料；2）针对核心企业开展专项调研，涵盖 AIOS 技术架构、产业链合作伙伴、应用场景数据、商业化路径等内容。数据整合与多维度分析：采用定量分析方法，构建 AIOS 生态成熟度评价指标体系，量化评估不同企业生态的覆盖广度（如合作伙伴数量）、用户渗透度（如搭载车型销量占比）等；定性分析方面，运用案例比较法，通过 2025 年 5 月 27 日组织的跨领域专家研讨会，围绕大模型与 AIOS 的协同创新等议题的讨论结果，形成趋势总结。报告撰写与分级编写及审核：撰写团队包含技术模块，由 AI 算法专家负责，生态构建部分由产业专家主导，应用场景章节由车企产品专家撰写，确保内容专业性。初稿完成后，启动三级审核机制：首先进行内部交叉审核，重点校验技术术语一致性、数据逻辑合理性；其次邀请产业界代表（如车企 CTO、AI 企业生态负责人）进行实务审核，验证生态案例的真实性与代表性；最后由学术专家与政策研究员开展战略审核，评估报告结论对产业政策制定与企业战略布局的参考价值。根据审核意见进行多轮修订，直至达成共识。

五、《研究报告 6.0》主要内容

本次《研究报告 6.0》的主题聚焦于面向 AI 定义汽车（AIDV）时代 AIOS 的 生态创新应用方向，主要内容包括 AIDV 时代下的整车智能化变革概述、AIOS 技术特点及架构、基于 AIOS 的五大关键技术、AIDV 驱动的芯软融合生态新范式及开源社区驱动机制、AIOS 生态创新应用场景案例集、AIOS 生态落地的两大核心问题与对策、未来展望 /AIOS 的生态演进趋势等。《研究报告 6.0》根据当前产业发展情况形成 AIDV 时代 AIOS 的核心定义，分析中国 AIOS 应用的优势与当前面临的挑战，提出分阶段发展目标及政策建议，为政策制定者提供参考，为产业界提供中长期生态布局指引。

一、 AIDV 时代下的整车智能化变革

1.1 概述

AIDV 是智能汽车发展的新范式，其本质是通过人工智能技术重构汽车的技术架构、产品形态与产业生态，使汽车从被动执行指令的机械工具 进化为主动感知、自主决策、持续进化的 AI 智能体。这一变革不仅是技术的叠加，更是汽车产业从硬件驱动向数据驱动、从功能迭代向体验定义的跃迁与实践。本章节围绕 AI 定义汽车（AIDV）趋势下的技术变革与软件体系演进展开，从核心概念定义、技术变革必要性、多维度技术重构，到 AI 融合的汽车基础软件定位与差异，层层递进阐述本报告的研究背景。

1.2 研究背景

1.2.1 AIOS 的定义

整车 AIOS（整车人工智能化操作系统）以传统整车操作系统的资源管理、任务调度、软硬件适配功能为底层基石，在整车级服务抽象与数据抽象的基础上，进一步整合 AI 基础能力抽象层，构建起 AI 智能体开发框架。从系统能力来看，其不仅能实现异构资源统一协调、多模态交互融合决策、系统安全全向加固、AI 开发原生支持等核心功能，还可全面融合硬件端的多种 AI 算力，同步构建丰富的智能体生态，为 AI 应用提供原生技术赋能。作为 AIDV（AI 定义汽车）时代的关键基础载体，整车 AIOS 成为智能汽车场景化创新与规模化落地的核心支撑。

1.2.2 AIDV 技术变革的必要性

● **演进逻辑：** 在 AIDV 大势下，操作系统向 AIOS 演进，相较于软件定义汽车（SDV），AIDV 以 AI 技术为核心驱动力，对汽车研发、设计、生产、使用、服务起到全面的支撑与赋能。

● **AIOS 的支撑作用：**AIOS 顺应 AIDV 时代智能汽车技术需求，通过智能架构、提供系统级技术支持、实现多系统协同，推动汽车向硬件为基础、软件为核心、AI 为驱动的新范式转变。

1.2.2.1 多层面变革体现：

技术架构： 从分布式 ECU 转向“中央计算平台 + AIOS”，AIOS 以统一软件接口和数据协议打破功能域壁垒，实现多域协同与数据闭环，缩短软件迭代周期、降低开发成本。



图 1–1 AI赋能的电子电气架构转变方向

1.2.2.2 研发模式层面：

AIDV 推动的研发模式变革本质是推进主机厂的研发从**实验室里的静态设计** 走向**场景中的动态优化**，通过数据闭环实现【用户需求 – 数据反馈 – 模型迭代 – 功能升级】的正向循环，这不仅能大幅提升智能功能的适配性与泛化能力，更能让主机厂在智能化竞争中掌握以数据反哺研发、以快速迭代占领市场的主动权。

1.2.2.3 用户体验层面：

AIDV 推动汽车升级为贴合用户伙伴需求的智能载体。AI 技术在汽车领域的深度应用，推动汽车突破传统出行工具的功能边界，逐步具备对终端用户的感知、学习与适配能力。

1.2.3 技术重构：

聚焦 AIDV 对智能汽车技术的革新方向，核心是实现软件架构协同化、灵活化与研发方式数据化、迭代化，具体涵盖四大技术领域：

- AI 大模型与算力突破：AI 大模型通过多模态融合、端到端架构提升汽车智能化水平，以“量产车数据采集 – 云端模型训练 – 车端 OTA 升级”闭环重构汽车生命周期价值；算力突破需依托芯片架构创新、AIOS 动态资源调度与云端协同，构建 算力按需分配、效能极致优化的智能计算体系，支撑大模型全链路应用。
- 异构系统兼容与算力革新：以标准化中间件破解异构系统交互难题 —— 通过统一通用通信协议、硬件适配规范、数据格式等接口，解决 CPU、NPU 等硬件单元与 RTOS、AI 算法框架等软件模块的协议差异问题，实现跨单元数据流转与跨模块功能协同。
- **AI 范式开发**

由 AI 智能体（AI Agent）主导跨团队协作，无需开发团队反复对接接口文档：AI Agent 可自主协调数据格式、同步训练进度、适配硬件资源，还能整合智驾安全标准、座舱交互协议等多域知识图谱，实现知识内化（形成跨域知识模型）、动态适配（自动转换变更数据结构）、标准对齐（校验安全标准符合性），提升研发效率与质量。详细请参考表 1–1。

表 1–1 AI范式开发

知识内化	AI Agent 可实现自主学习各域技术规范，例如掌握智驾激光雷达的 PCD 点云格式、座舱显示的 OpenGL ES 渲染协议、车控 CAN 总线指令格式，进而整合形成覆盖智驾、座舱、车控的统一跨域知识模型，为后续跨域协同奠定认知基础。
动态适配	当智驾团队更新感知算法输出数据格式时，AI Agent 可自动识别变更，并基于座舱团队的显示需求，自主转换数据结构（如将 3D 点云的障碍物坐标转换为座舱 UI 的 2D 图标坐标），无需两团队工程师手动对接；
标准对齐	在 AIDV 场景中，AI Agent 可实时调取行业标准及接口规范，确保跨域开发的代码与协议符合安全要求，例如在智驾与车控协同开发中，自动校验制动指令的响应延迟是否满足 ASIL–D 级安全标准。

- **芯软技术协同**

1. AIDV 时代芯软协同定义：以软件定义为核心，分三层深度耦合，即架构层通过硬件抽象与软件的模块化消除交互壁垒；功能层靠 AI 驱动的动态算力调度和算法、硬件优化释放潜力；安全层以硬件根信任 + 软件策略构建全生命周期安全闭环。

2. 行业实践与趋势：

① 主流有车企自研软件 + 联合定制芯片的“自主研发”

② 芯片厂商提供“芯片 + 基础软件”方案的“深度合作”

假设，未来由 **AI 智能体**主导全链路协同，对开放协同生态赋能提供全新方向；芯软协同是 AIDV 时代的核心竞争力，决定汽车智能化体验与安全，也推动产业链分工重构，是汽车向全域智能移动空间进化的关键。

● **开发者生态重构**

开发者生态重构应以分层协同梳理角色分工、打破域间壁垒，实现跨专业技术复用，降低研发成本，加速创新。

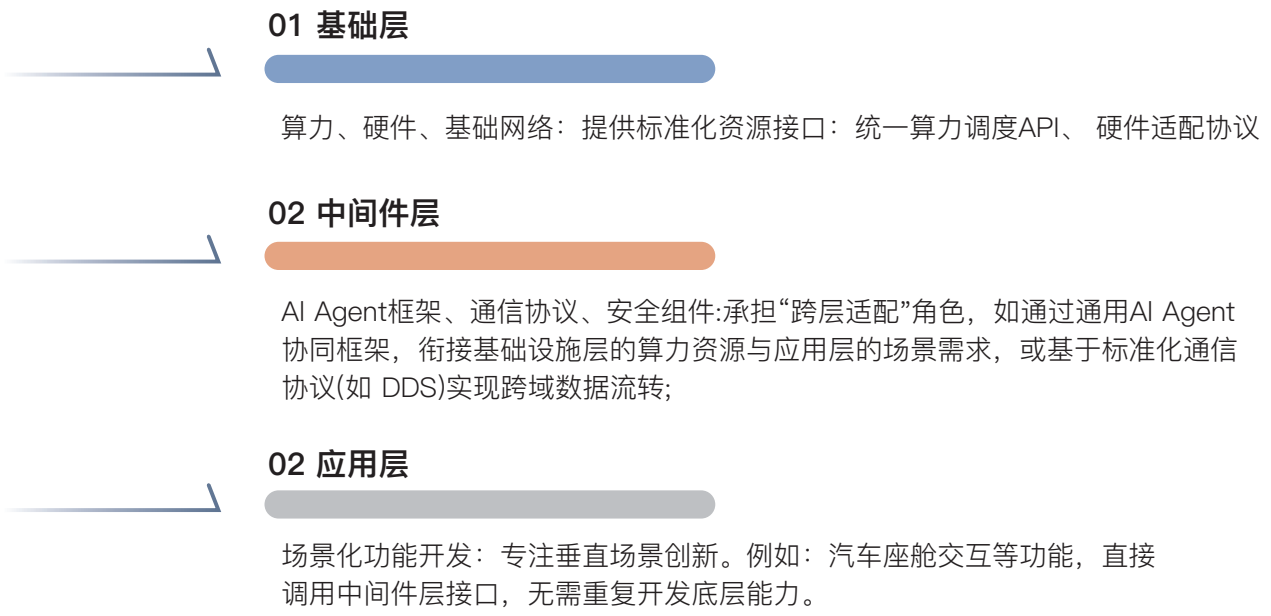


图 1–2 开发者分层

1.2.4 汽车基础软件 +AI 的角色与定义

阐述 AIDV 时代融合 AI 的汽车基础软件的内涵、定位与差异，明确传统基础软件到 AIOS 的进化方向：

1.2.4.1 核心定位转变：

从传统硬件与应用软件的连接者承担资源调度、安全防护等基础功能，升级为汽车智能化能力运行基座的 AIOS，需原生支持 AI 模型部署、训练、推理全流程，并实现 AI 与车辆控制、座舱交互等场景的深度耦合。

1.2.4.2 新增核心功能：

● **AI 场景适配：**根据车辆状态（如高速 / 城区道路）、用户习惯（如驾驶风格）动态调整 AI 模型参数（如拥堵路况优化智驾跟车距离算法）。

● **持续进化支撑：**通过“车端数据采集 – 云端模型训练 – 车端模型更新”闭环，支持基础软件智能化迭代，如：基于语音数据优化座舱 AI 语义理解。

1.2.4.3 与传统基础软件的关键差异

AI 的融入使汽车基础软件转变为 AIOS，这种变化不仅体现在技术实现层面，更在于从被动响应到主动进化的范式转变。这种转变依赖于多模态数据融合、动态资源调度、独立迭代能力及 AI 安全体系的协

同构建，最终推动汽车从机械产品向具备自主学习能力的智能终端进化。详情参考表 1–2.

表 1–2 基础软件发展特征对比

维度	传统汽车基础软件特点	融入 AI 的 AIOS 特点
核心目标	保障系统稳定运行与功能实现	支撑 AI 能力落地并驱动车辆智能化进化
数据处理方式	结构化数据为主，按固定协议传输	多模态非结构化数据（图像、语音等）实时处理
资源调度逻辑	基于预设规则静态分配	基于 AI 算法动态优化（如实时算力调度）
迭代模式	依赖整车 OTA 或硬件升级	支持软件模块与 AI 模型的独立、高频迭代
安全防护重点	功能安全（如防故障）	功能安全 + AI 安全（如防模型偏见、数据污染）

二、AIOS 技术架构

2.1 概述

随着 AI 技术和大数据技术的日渐成熟，AI 智能体（AI Agent）已经成为 AI 发展的主流技术趋势。AI 智能体（AI Agent）以自主感知、决策协同、持续进化能力，可以打通汽车行业传统割裂的、域间与环节间的技术壁垒，对内衔接智驾、座舱、车控等多域技术模块，实现跨域数据流转与功能协同；对外联动车路云生态、用户需求、供应链资源，形成从需求 – 开发 – 落地 – 反馈的闭环。为了支撑 AI 智能体，兼容 AI 原生开发范式，AIOS 需要打通车载环境与 AI 运行时之间的技术鸿沟，因此汽车操作系统需要在 SOA 架构和多域协同框架的基础上，融合 AI 技术并最终进化为整车 AIOS，以支撑汽车全面智能化和动态自演化的需求。智能友好的 AI 智能体与高效安全的 AIOS 共同构建智能汽车的核心竞争力元素。**本章节围绕 AIOS 技术架构展开，从核心特性、兼容技术到整体架构与技术要点，系统阐述其支撑汽车智能化的核心逻辑，**

2.2 AIOS 技术架构特点

AIOS 的技术架构特点应具备四个特征：



图 2–1 AIOS 技术架构特点矩阵

2.3 AIOS 核心技术特征

2.3.1 技术特征概述

作为汽车 AI 化的基础底座，整车 AIOS 的核心技术特征包括如下几个方面（图 2–2）：

智慧赋能的基础底座： 以 AI 智能体为基础，构建满足汽车 AI 运行的基础能力和交互接口，包括硬件兼容、服务抽象、运行时维持、数据提取、通信管理等；

多端融合的动态协作： 主要包括对 AI 要素和系统资源的动态协调，包括数据、模型、算力、基础服务等资源在车内、车云、终端等多端的统一协调；

全向加固的安全体系： 基于智能化的方式，提供汽车整车和相关系统的整体安全体系，包括功能安全和信息安全，提供全方位安全保障；

高效灵活的开发方法： 构建具备 AI 智能能力的架构和开发工具链，支持灵活便捷的开发范式；

交叉学科的技术整合： 整合并反哺多个学科的知识，包括计算机、深度学习、电子工程、数学算法、认知科学、系统工程、汽车工程等多方面技术；

生态共建的新质创新力： 支持开放汽车 AIOS 的接口、标准、工具和知识平台，支持搭建开放创新的虚拟化平台，以促进生态繁荣、新质创新。



图 2–2 AIOS 结构概要

2.3.2 AIOS 的核心功能

整车 AIOS 的目标在于构建一个支撑整车智能化演进的统一技术基座，其核心在于实现从基础能力支持到应用开发与安全协同的完整闭环。核心功能可概括为以下具体维度：

2.3.2.1 构建 AI 智能体运行的基础平台

表 2–1 构建 AI 智能体运行的基础平台的元素

统一抽象层	AIOS 的核心在于对整车底层异构资源（包含：传感器数据、车辆状态、执行器控制、通信总线、异构算力）进行统一的数据抽象、通信抽象与调度抽象，为上层 AI 智能体提供一个标准化可预测的交互界面，屏蔽底层硬件差异和复杂性。
运行环境支撑	基于统一抽象，AIOS 需要构建稳定、高效、安全的车端 AI 智能体运行环境，它提供标准的任务调度机制、资源隔离、进程间通信（IPC）以及必要的实时性保障，确保各类 AI 智能体能够协同、可靠地在车辆复杂环境中执行。

2.3.2.2 协同调度多系统的资源

表2–2 协同调度多系统的元素

AI 要素协同	对 AI 三要素：数据、模型、算力而言，进行全生命周期的统一纳管，其中包括：数据管理，提供高效的数据采集、预处理、标注、存储、版本控制与合规访问机制，支撑模型训练与迭代；
模型管理	实现模型的高效部署、版本管理、动态加载、热更新、性能监控及在线 / 离线推理服务调度；算力管理，对车端异构计算资源（CPU、GPU、NPU 等）进行虚拟化、池化、动态分配与负载均衡，实现算力的高效、弹性供给，满足不同 AI 任务的性能需求；
多端资源动态管理	对系统资源（如 CPU、内存、带宽等）进行有效管理，并根据实际情况，在多终端（如车内多芯片、云端、移动终端等）进行智能动态调整，以协调多端资源消耗，达成整体资源使用的最优解。

2.3.2.3 保证全面始终的安全保障

表2–3 各层级安全策略

基础层维度	通过资源隔离、安全通信、访问控制、智能预测等机制保障运行环境安全，以保证基于智能体系的信息安全
应用层维度	提供模型安全校验、数据保护、运行监控、智能分析、预期维护等能力，以保证基于智能体系的功能安全；
整体协同的维度	AIOS 需要确保不同安全等级、不同来源的 AI 智能体能在受控环境下安全交互，共同完成复杂整车智能任务，实现安全前提下的智能协同。

2.3.2.4 基于 AI 智能体的高效开发

表2–3 AI智能体的高效开发的元素

高效开发语言	提供 Python 框架，作为 Agent 友好的开发语言环境来打通车内传统开发语言与 AI 智能体主流开发语言的隔阂，包括嵌入式 Python 运行环境、Agent 开发库、Python 形式的车内功能接口
高效开发总线	提供针对 AI 智能体开发的统一总线，即将 SOA 服务转换为 Restful 接口或 MCP 服务，提供模块化、低代码 / 无代码开发范式，降低 AI 应用及智能体的开发门槛，提高工程开发效率和产品稳定性，提高智能迭代的频率和质量。

2.3.2.5 反哺相关学科

汽车产业具备多维度特征，包括海量的运行数据、极端的运行场景、异构的基础设施、虚拟化的仿真需求以及丰富的人机交互等。这些特征共同决定了人工智能技术在业内大规模落地应用面临着极高挑战。为此，AIOS 架构必须经历大量严苛的试验与验证。同时，其成功的工程实践应形成闭环反馈，反哺人工智能等基础学科的进步，最终构建起跨学科领域相互促进、协同发展的良性循环。

2.3.2.6 建设开放创新生态

整车 AIOS 架构因其复杂的软件层级、多样的功能需求以及众多的接口与依赖，其开发与完善高度依赖于产业链各方的协同参与。这一复杂性在带来挑战的同时，反而构成了建设开放性、创新性生态的固有优势与内在要求。因此，业界必须将推动接口标准化、共建开放创新平台作为核心要务，这不仅是整合行业资源的技术先决条件，更是加速汽车产业智能化转型的必由之路。

2.3.3 异构系统兼容技术

2.3.3.1 整车抽象能力

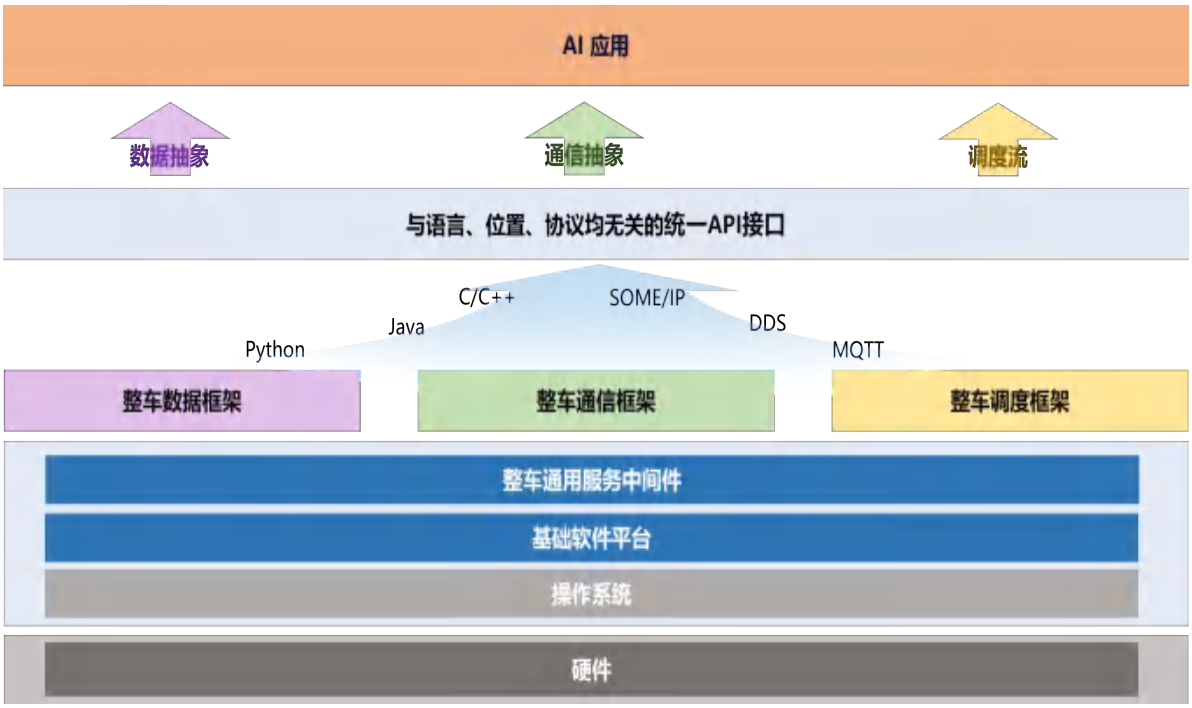


图 2–2 AIOS 的整车抽象

完善的整车基础功能的抽象能力主要包括：**AI 加速的软硬协同、整车统一的基础服务、动态自调整的调度流、一致有效的数据视图、安全畅通的通信总线等方面**，具体描述参见：图 2–2、表 2–4

表 2–4 AI化整车抽象能力元素

AI 应用	作为智能业务的承载者，AI 应用是实际业务的实现实体，是 AIOS 的应用层实体；
数据框架	数据是 AIOS 重点关注的关键资源，因此需要对车内数据进行统一抽象，实现位置、来源、格式无关的一致性数据视图，并支持对数据的统一管理，包括权限管制、冗余备份、故障恢复、边缘计算等，以支持 AI 高效运转；
通信总线	将域内、车内、车云、多终端等通信能力进行统一抽象，定义一致的通信语义、服务机制与兼容总线，并给 AI 提供一致视图的调用接口，支持 AI 数据获取和调度控制，同时支持车内与车外 AI 的协同运行管理机制；
调度编排	AIOS 提供任务调度编排并支持跨域、跨终端的协同调度机制，以便为 AI 提供抽象的执行流水线，以保证算力、数据及其他资源的动态自调整，支持 AI 任务自动适配异构算力环境，并实现在资源受限情况下的整体运行最优解；

基础服务	AIOS 提供整车统一的、标准的、与位置无关的基础功能和通用服务，例如诊断、SOA、OTA、运行状况等多方面的能力和数据，以供 AI 智能体快速调用；同时 AIOS 包含全方位加固的功能安全保障和信息安全机制，为应用 / 智能体上车提供完整可用的安全底座；
软硬协同底座	在 AI 实时处理多传感器数据、执行复杂决策和自适应学习时需要大算力和高能效比。因此，软硬协同方式的 AI 加速能力成为至关重要的系统需求。AIOS 要求芯片支持硬件级虚拟化，以实现 AI 任务与传统 ECU 功能的隔离与协同；芯片需提供统一的 AI 加速接口，以便操作系统快速调用 AI 模型。

2.3.3.2 AI 开发能力

AI 开发框架是 AIOS 实现异构系统兼容、开发体系一体化的关键技术，其意义在于弥合 AI 开发与车载系统开发的方法论鸿沟。其核心目标是解决 AI 上车的核心矛盾，即：AI 领域（含 AI 智能体开发）高度依赖 Python 生态，而车载软件基于高可靠的 C/C++ 体系构建，二者差异导致强行移植繁杂。为此，AI 开发框架凭借高适配性中间层设计，打造对下兼容、对上通用、内部解耦的架构，最终实现 AI 开发与车载软件开发的无缝转换及高效协同。

Python 语言作为 AI 开发的高效语言，在 AI 智能体开发中占据统治级地位：

1) Python 凭借其简洁语法、丰富的科学计算库（如 NumPy、Pandas）、强大的机器学习和深度学习框架（如 TensorFlow、PyTorch）、活跃的 AI 社区以及广泛存在的仿真平台和创新支持能力，已经成为 AI 算法开发、模型训练、数据处理乃至 AI 智能体构建的事实标准语言，在 AI 开发领域具有无可替代的地位。
2) 在车载 AI 智能体场景中，用 Python 编写感知决策逻辑、集成调试模型、开发多智能体协作策略，可显著提升开发效率、降低技术门槛，还能依托成熟 AI 开源生态并反哺 AI，推动车载 AI 生态繁荣与创新；因此，为车载 AI 开发者提供原生 Python 及开发支撑体系，是关键基础设施，也是 AI 与汽车共同繁荣的基础，这也决定了 AI 开发框架需具备两大核心功能：构建车载 Python 开发运行环境，提供车载基础功能的 Python 转换接口层。
3) 在车载 Python 开发运行环境中，AI 开发框架的基础功能是在 AIOS 上提供安全、稳定、资源受控的嵌入式 Python 运行时环境；该环境经优化可适配车载环境的性能、实时性、编译链兼容性及内存 / CPU / 电源等资源受限要求，同时需满足车载服务保密性与隔离性等安全要求。
4) AI 开发框架在车载基础能力 Python 化接口方面的核心功能是充当“翻译器”与“适配器”，封装车载基础功能，将 AIOS 底层及 AUTOSAR、DDS、CAN 等车载中间件的 C/C++ 接口和服务，转换为直观易用、高性能的 Python API 及可远程调用的 Web Service，供 Python 应用直接调用。
5) AI 开发框架实现了 AI 开发与车载软件开发双域方法学兼容，搭建起二者协同的开发体系与生态融合路径：一方面，让 AI 开发者减少深入掌握底层 C/C++ 代码与通信细节，即可通过熟悉的 Python 语言，直接调用、控制车辆核心功能与服务；另一方面，使车载软件基础功能在保留传统软硬协同、安全稳定、实时高效特性的基础上，逐步融入 AI 开发与创新生态，最终彻底打通 AI 智能体与原有车载软件的开发体系。

综上所述，AI 开发框架通过提供车载级 Python 运行环境及 C/C++ 到 Python 的接口转换层，解决了 AI 开发语言（Python）与车载系统语言（C/C++）的异构适配问题；其可降低车载 AI 应用（尤其智

能体）的开发难度与周期，让开发者聚焦模型算法、借力 Python 生态，同时无缝调用车载底层能力，是推动车端 AIOS 落地的关键使能技术。

2.4 AIOS 整体架构

2.4.1 架构概述

整车 AIOS 架构由三个部分组成，分别是车端、云端和智能终端。各部分主要都分为异构设备抽象层、基础功能层（整车服务与数据抽象层）、AI 能力抽象 / 模型抽象层、AI 开发框架层（车端独有）、AI 应用层。详情参见 图 2–3、表 2–5

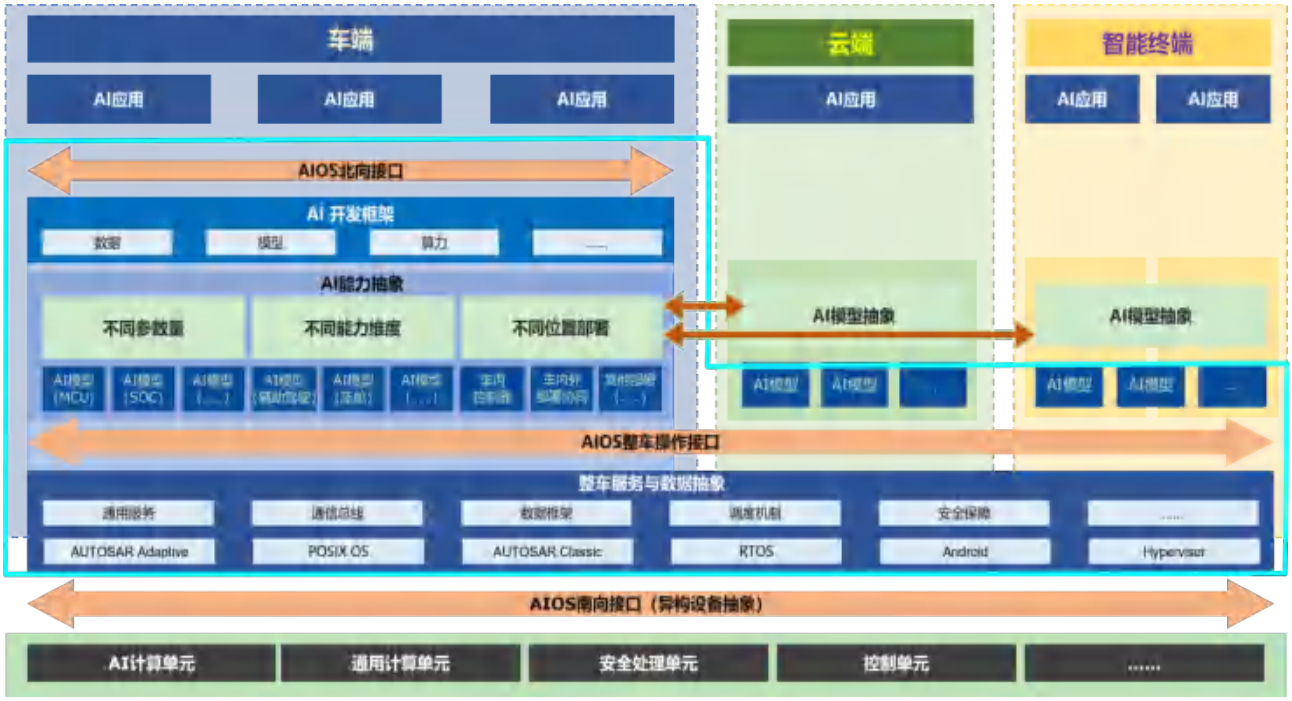


图 2–3 AIOS 整体架构

表 2–5 AIOS 架构分层描述及定义

异构设备抽象层	基于 ECU 功能和硬件传感器和执行器，定义针对异构设备的统一抽象服务；这些服务应该在操作系统和平台级别封装成统一接口，并作为 AIOS 南向接口向上提供。
整车服务与数据抽象层	基于异构设备抽象层，针对域控提供单节点基础功能（含 POSIX 操作系统、AUTOSAR 基础软件等）与通用服务，再在整车级抽象为一致的通用服务与数据视图，最终作为 AIOS 整车操作接口向上提供。
异构设备抽象层	针对域控提供单节点基础功能（含 POSIX 操作系统、基础软件等）与通用服务，再在整车级抽象为一致的通用服务与数据视图，最终作为 AIOS 整车操作接口向上提供。

AI 能力抽象层	基于整车服务与数据抽象层，以包含 AI 垂直模型和 AI 智能体主体功能的形式封装并提供 AI 能力，其中涵盖 AI 参数量、模型属性、部署位置等可调项（作为系统 AI 能力控制与调优的重要参数），最终向上输出 AI 能力。
AI 模型抽象层	基于整车服务与数据抽象层，提供针对特定需求场景的专用 AI 模型，对 AI 应用向上提供 AI 能力
AI 开发框架层	基于 AI 能力抽象层，提供 AI 开发框架，包括 AI 三要素，即数据、模型和算力，并提供针对 AI 要素的交互接口、调度能力和控制机制，向上提供上述具体的 AI 接口，作为 AIOS 北向接口供 AI 应用调用
AI 应用层	基于 AI 开发框架层针对车端控制器或 AI 模型抽象层针对云端和智能终端，实现实际的 AI 业务需求，完成用户需要的功能、服务或体验。

2.4.2 AIOS 技术要点

2.4.2.1 全链路 AI 工具链

AI 工具链的技术要点包含如下几方面：

1) 提供全链路开发工具链，实现车端能力的渐进式 AI 化重构；
2) 信号转换为原子服务：将 CAN/LIN 等总线信号自动封装为可复用的原子服务；
3) 原子服务封装为组合服务：通过可视化编排引擎，将原子服务组合为场景化功能；
4) 组合服务转型为智能服务：注入 AI 上下文，生成支持智能体调用的 MCP/RESTful 接口，形成“车辆能力 – 智能服务”的映射库；
5) AI 赋能智慧化自动配置：将软件开发方法学输入 AI 模型，构建 AI 赋能的自动配置工具，代替繁重的人工配置和检验逻辑。

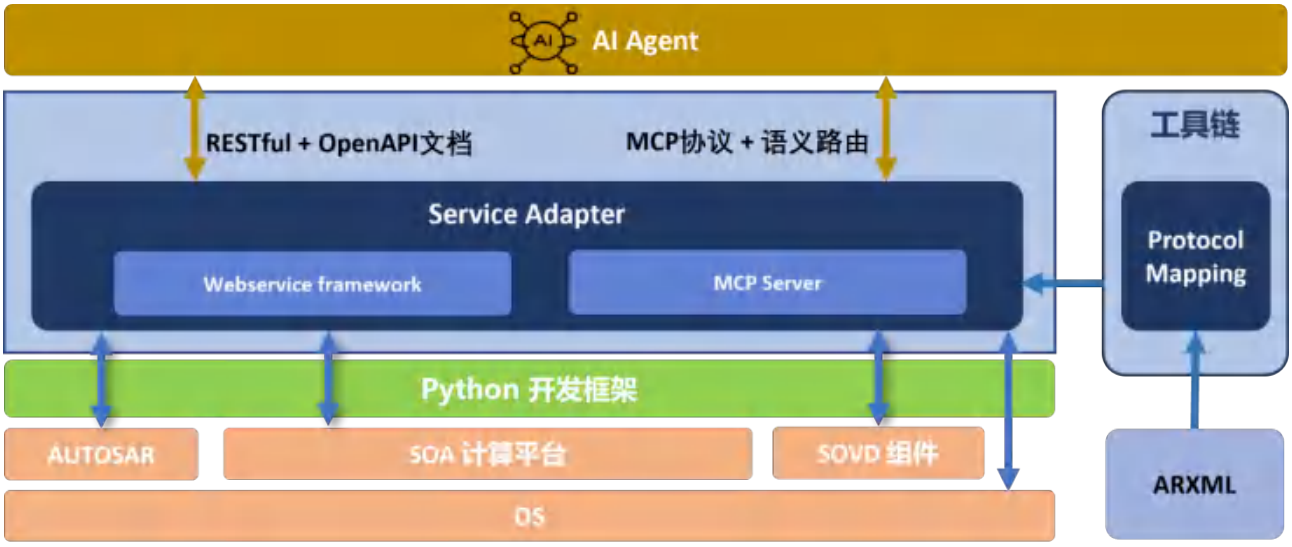


图 2–4 AI 抽象能力

AI 能力抽象层（图 2–4）通过编程语言融合、服务智能化及全链路工具链，构建了【信号→服务→智能接口】的转化体系，以及 AI 赋能的智慧化配置工具。

这不仅消除了传统车载开发与 AI 开发生态的技术壁垒，更确立了以智能服务为中心的新开发范式，为车载 AI 应用的规模化落地奠定坚实基础。

2.4.2.2 AI 开发框架层

AI 开发框架层（AI Framework），其核心功能是 AI 能力的集成与管理，包含数据管理、模型管理、算力管理三大核心组件，以及 Agent Framework 开发框架；这些组件共同为 AI 应用的开发集成与运行维护提供基础支持。

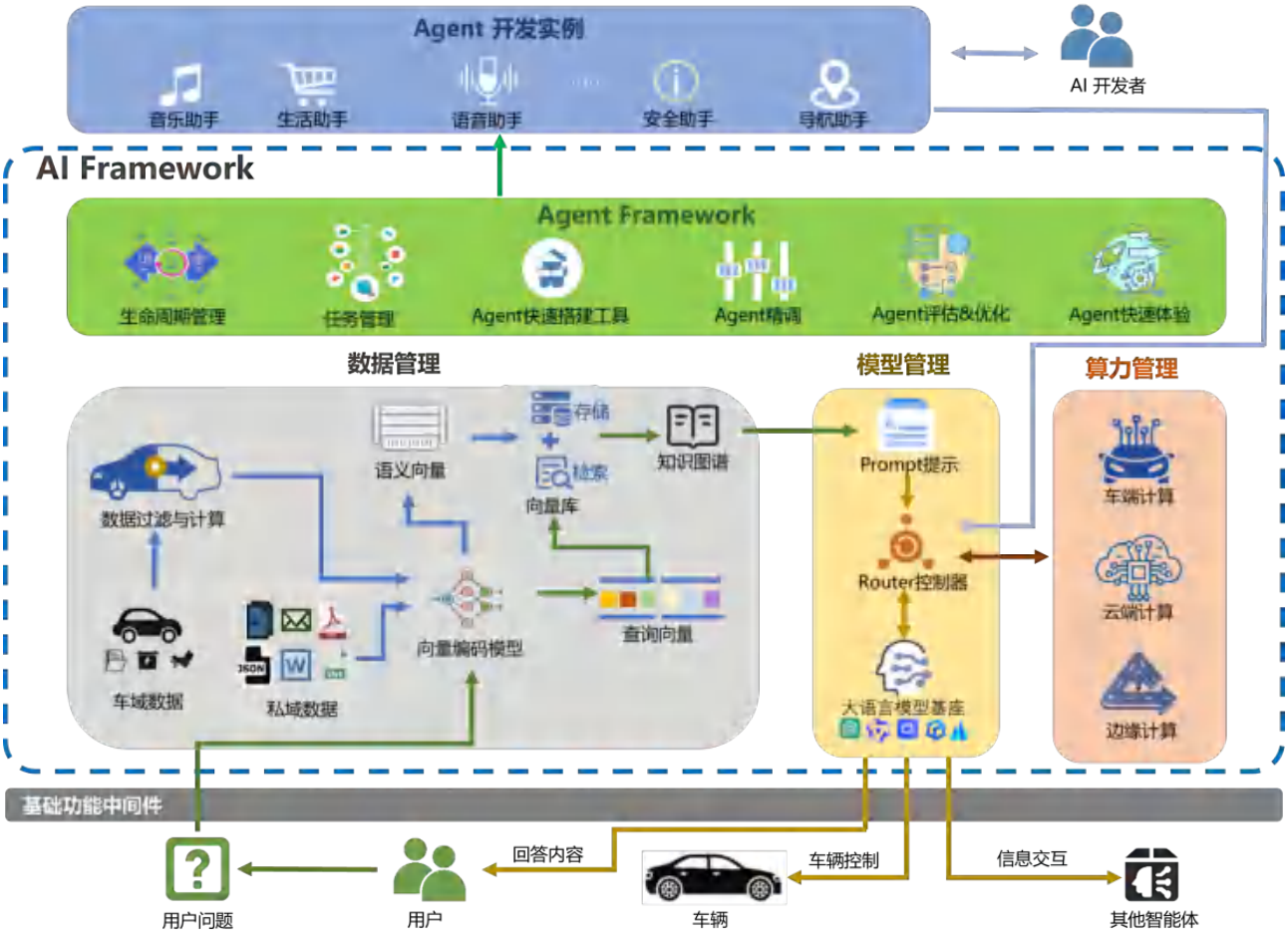


图 2–5 AI 开发框架

AI 开发框架（图 2–5）的运作流程如图展现，其中主要包含：

1) 数据管理模块：处理用户指令与车辆数据，经分析提取价值信息、向量编码生成语义向量，按要求存储加密构建数据库；用户操作时快速检索生成知识图谱并转 prompt 给 LLM，提升个性化服务能力。
2) 模型管理模块：针对 LLM 云端为主、车端小模型探索且架构多样的情况，依托 Model router 提供统一接口方便切换模型，还能凭评测知识按任务分配给适配 LLM，提高处理效率与准确性。
3) 算力管理模块：model router 选模型时考虑车辆算力，选定后该模块按模型参数与车端资源动态分配，如座舱算力不足时调用空闲智驾芯片处理高隐私复杂任务。
4) 低代码开发平台：低代码环境，内置任务管理等组件，降开发门槛、提效率，方便快速开发部署 agent，无需高专业能力，加速 AI 落地与生态构建。

三、基于AIOS的关键技术

AIOS 关键技术支撑是实现智能汽车向智能化迈进的核心保障，本章围绕 AIOS 落地的核心支撑技术展开，从整车底座抽象、AI 能力闭环、多层级安全机制到容器与虚拟化技术，系统阐述保障 AIOS 高效、安全运行的技术体系，

3.1 整车底座统一抽象

3.1.1 硬件抽象：从通用芯片到智能平台

随着汽车电子架构向功能融合、软硬协同持续智能化方向演进，底层硬件资源的异构性已成为技术集成的核心瓶颈。为突破此限制，应需构建一个统一的异构硬件抽象层，并在此基础上定义标准化的抽象服务接口。此举是支撑上层应用实现兼容性、通用性与高效性能力构建的架构基石。硬件统一抽象涉及多技术，核心内容包括：

1) 算力需求：AI 数据与模型复杂度提升叠加汽车实时安全要求，使算力需求指数增长，需与车载芯片环境、资源等权衡；

2) 能效优化：需借硬件加速等手段实现低耗高效，这是关键指标；

3) 安全性：AIDV 时代 AI 接入、硬件复杂，对硬件安全抽象机制要求更高；

4) 接口一致性上，AIOS 初期厂商软硬件接口不统一、工具链不完善，需行业推动标准化。

综上，硬件抽象能力是车载软件运行的基础保障，关乎其运行效率、开发效率与能效比。

3.1.2 数据抽象：从异构信号到统一模型

数据是 AI 技术运行的基石。为确保 AI 算法的高效运行，一套独立于具体来源、格式与应用目标的归一化数据供给体系显为重要。为此，需对整车数据进行顶层抽象：基于整车统一通信总线，对来自驾驶域、座舱域、车身域的不同总线数据进行采集、提炼、整形与融合，构建全局统一的逻辑数据视图，并配套提供数据存储、计算等基础框架与标准化接口。这种核心的数据抽象能力，是支撑 AIOS 高效运转、驱动车载智能从简单信号处理迈向复杂场景认知的关键基础。

3.1.3 功能抽象：功能抽象能力是 AIOS 的核心能力

AIOS 的核心要务在于构建整车级的全局服务框架，以实现各子系统间的功能协同与统一管控。该框架需统筹基础功能、通用业务（如运行管理、资源调度）并标准化开发接口，其覆盖范围应聚焦于整车基础业务、通信网络、安全及跨域协同等关键领域。更为核心的是，AIOS 必须具备高度的功能抽象能力，以屏蔽底层 E/E 架构拓扑、异构芯片及基础软件的差异性，从而为上层 AI 智能体提供跨核、跨域、车云一体的标准化访问机制。此举将显著缩短产品研发周期，并有效降低系统集成的技术风险。3.1.4 资源抽象：从资源控制到虚拟化容器

当前，随着智能汽车向 L3+ 智驾、多模态交互升级，该阶段的局限性愈发凸显：

1) 异构硬件适配难：智驾芯片、座舱芯片、车控 MCU 架构差异大，资源控制需针对不同硬件单独调试，导致跨车型功能移植周期长；

2) 动态算力响应弱：行驶中突发复杂场景（如暴雨天感知冗余需求提升）时，智驾需临时增加算力，

但资源控制的静态分配无法实时调度座舱、车控的空闲资源，可能导致感知延迟；

3) 安全隔离不足：娱乐应用与智驾系统共享硬件资源时，资源控制的弱隔离性与功能安全要求匹配不足。

4) 随着智能化发展逐渐落地应用，车载硬件资源从被动分配变为主动适配 AI 与场景需求，将为 L4 级智驾、全场景车云协同、AI 原生应用落地奠定关键基础。因此，汽车资源抽象的演进路线是：在资源控制到虚拟化容器的技术跃迁中，硬件资源管理已从满足单一域基础运行升级为支撑多域智能协同、动态 AI 任务、安全实时响应的核心需求。资源抽象的演进，本质是为智能汽车异构硬件：智驾芯片、座舱芯片、车控 MCU 等、密集 AI 任务（例如：感知、决策、多模态交互）、严苛安全标准量身打造的资源管理范式，实现资源利用的安全化、实时化、柔性化。

3.2 AI 能力闭环

在整车 AI 落地应用过程中，能力闭环是实现智能功能从单次响应到持续进化的核心，而多模态融合的感知决策系统则是这一闭环的技术支撑。

3.2.1 多模态交互引擎的技术架构与实现

3.2.1.1 核心技术特征：

多模态交互引擎作为智能座舱系统的核心组件，正朝着深度融合感知与情境化理解的方向迅速发展，其技术特征参考表 3–1：

表 3–1多模态交互引擎核心技术特征

端侧大模型部署	实现车内智能交互“自主化、实时化、隐私化”的核心路径。 ● 用户体验革新：端侧部署使交互摆脱网络依赖，在隧道、山区等弱网环境下仍能保持流畅。 ● 商业模式创新：车企可通过订阅制服务（如高级自动驾驶功能）创造新收入来源。
多模态融合技术体系	深度融合自然语言理解、语音识别与合成等多项 AI 技术，能处理语音、文字等多种输入信息并做出协调自然的反馈。
情感计算与表达	采用先进情感计算算法，通过 CNN 提取音频声学特征、结合 Transformer 做深度语义理解，识别用户情绪并调整交互策略，实现情感语义双维度分析。

3.2.1.2 AI 决策中枢层

在智能汽车等场景中，中枢先通过多模态感知（如语音指令、视觉图像、车辆状态、环境数据等）提取关键信息，整合为场景特征向量（量化描述当前场景的核心维度，基于向量，以【基础规则 + AI 模型 + 场景权重】三元逻辑实现决策，具体如下：

1. 基础规则：基于法规、安全标准预设，先对场景特征向量进行初步筛选 —— 若向量触发安全 / 合规风险直接激活规则拦截，无需进入 AI 决策环节，确保决策不触碰安全红线。

2. AI 模型：处理复杂场景的智能决策基于海量多模态数据训练，对经规则筛选后的场景特征向量进行深度分析。

例如：面对“城区暴雨 + 行人横穿 + 车辆低速”的特征向量的场景案例，AI 模型结合视觉识别行人

位置、车辆动力学刹车距离、用户习惯驾驶风格，输出【缓踩刹车 + 开启双闪 + 语音提醒】的复合决策，是解决基础规则无法覆盖的复杂、动态场景的有效策略。

3. 场景权重：动态适配实时情境优先级针对不同场景维度（如紧急程度、用户需求、环境复杂度）设置动态权重，调整 AI 决策的偏向性。

例如：【车辆故障报警（高紧急权重）+ 用户日常导航（低权重）】时，优先响应故障处理；【通勤高峰（高环境复杂度权重）+ 用户闲聊（低权重）】时，弱化闲聊交互、聚焦驾驶辅助，确保决策与实时场景的核心需求匹配。

三者协同形成闭环：先以基础规则排除安全风险，再通过 AI 模型生成复杂场景决策，最后靠场景权重动态优化优先级，既保证决策的安全性、合规性，又兼顾智能性与场景适配性。

3.2.1.3 3D 渲染引擎的技术集成与优化

3D 渲染引擎与多模态交互引擎的深度融合，实现了座舱体验从”二维界面”到”沉浸空间”的质变。现代智能座舱系统采用游戏级渲染技术，将导航、环境感知和信息娱乐内容可视化。

3.2.1.4 渲染优化技术

为确保在车规级芯片上实现稳定高性能渲染，3D 渲染引擎采用了多种优化技术：

1) 延迟渲染架构：通过仅对最终可见像素执行光照计算，减少过度绘制开销，大幅提升多光源场景的渲染效率；
2) 自适应分辨率渲染：依据内容重要性（关键信息如导航、安全警报优先高分辨率）与系统负载动态调整分辨率；
3) 移动端优化策略：针对车机芯片，采用数据打包（如法线 / 切线共用寄存器）、纹理数组技术，减少内存带宽占用与插值计算开销；
4) 一擎多画能力：基于 Unreal ASIS，单个引擎可渲染多场景并服务多个 App，节省资源消耗且缩短启动时间。

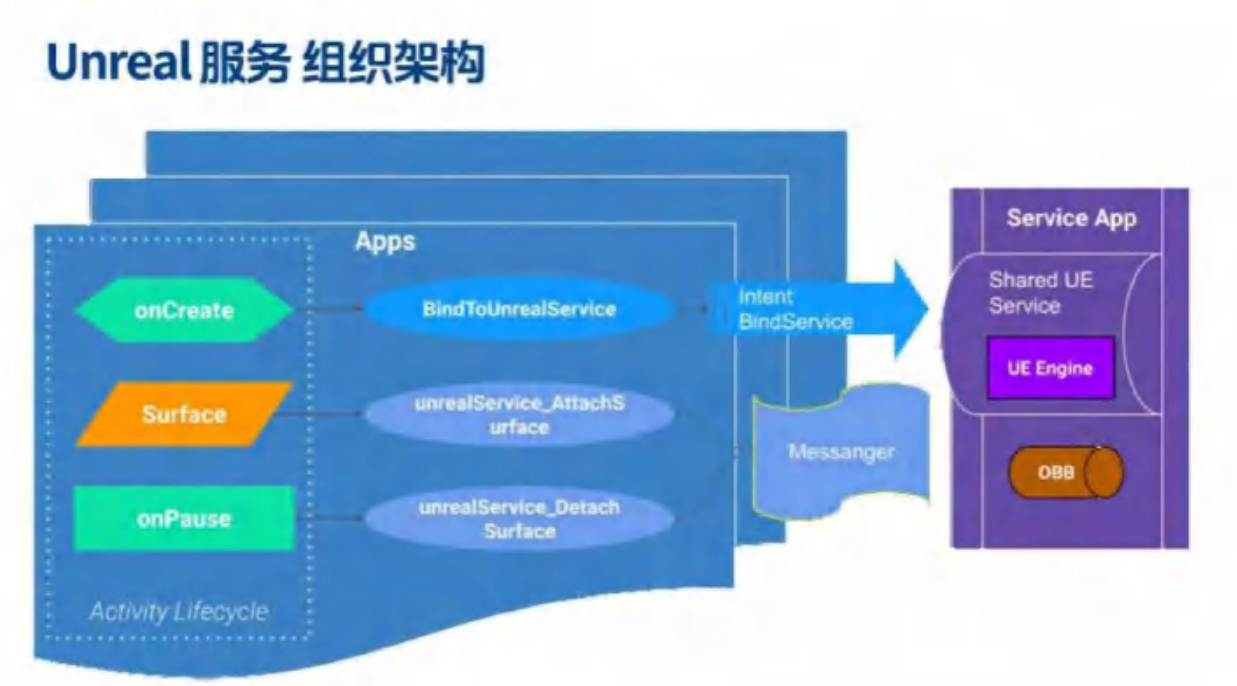


图 3-1 unreal服务组织架构

3.2.1.5 多模态与 3D 渲染的协同优化

多模态交互引擎与 3D 渲染引擎深度协同，打造沉浸式情境交互体验，具体体现在三方面：

1) 视觉反馈与交互联动：用户通过语音或手势交互时，3D 渲染引擎实时生成视觉反馈；
2) AR-HUD 与多模态融合：渲染引擎将导航指令与实际道路场景融合，经 AR-HUD 投射到驾驶视野，多模态引擎同步提供语音指引，形成多通道交互，可降低驾驶员认知负荷；
3) 个性化渲染与情感适配：引擎依据用户习惯和情感状态调整界面风格与内容。

3.2.1.6 个性化交互的智能座舱系统

个性化交互智能座舱系统是对用户、主机厂与产业的三重赋能，

1) 对主机厂：个性化座舱逐渐成为主机厂差异化实践的关键：一方面，通过越用越懂的体验形成转换成本；另一方面，通过用户交互数据积累核心资产，反哺 AI 模型优化，使模糊指令识别的准确率提升，进一步增强用户粘性。
2) 对产业：个性化座舱的 AI 闭环并非孤立存在，对整车 AI 生态入口而言，整车 AI 生态的交互中枢是通过座舱的用户需求积累数据，优化智能驾驶的决策偏好、车控系统的能耗策略，推动整车产业链条的全域协同发展。

3.2 多层级安全机制

智能汽车的信息安全与功能安全是保障其安全落地、赢得用户信任及推动产业合规发展的两大核心支柱，二者相辅相成、缺一不可。当智能汽车融入 AI 技术后，信息安全更需聚焦于防范外部攻击、数据泄露及恶意操控，是智能汽车应对网联化风险的防护盾；功能安全则需要聚焦于防止电子电气系统自身故障导致人身或财产损失，是智能汽车运行的基础生命线。

其中，其信息安全核心含三方面：

1) 硬件安全：靠 HSM 与 TEE 协同形成分层防御；
2) 固件安全升级：通过传输加密、数字签名等措施保障 OTA 安全；
3) 车云通信安全，依托双向 TLS 协议，以身份认证、数据加密等确保传输安全。

3.3.1 硬件安全

HSM 与 TEE 是汽车硬件安全的底层支撑：HSM 依托专用安全芯片，提供硬件信任根，实现敏感数据防篡改存储及关键操作的安全计算与硬件加速；TEE 通过硬件隔离在主处理器构建安全区域，保障安全关键代码隔离执行。二者并非替代关系，而是协同互补，共同筑牢汽车硬件安全防线。

硬件安全模块（HSM）或信任根（Root of Trust）是车端安全能力的物理载体，为各类安全机制提供不可或缺的支撑，详情请参考表 3-1：

表 3-1 各类安全机制说明

安全存储与执行	为密钥、数字证书及安全算法（如 AES, ECC, SHA）提供受保护的存储和隔离的执行环境，防止敏感信息被非法读取或篡改。
安全启动与可信度量	确保从 Bootloader 到 Hypervisor 再到操作系统各阶段的代码完整性，构建从硬件到软件的可信链，这同时满足 UNECE R155 和 GB44495 法规要求。

硬件加密加速	提供高性能的加密解密运算，保障车内高速通信和数据存储的加密需求而不影响系统性能。

3.3.2 固件安全升级

当下，业界普遍采用多重严密的安全措施，全力确保 OTA 升级过程的可靠性，详情请参考表 3–2：

表 3–2 各类安全机制说明

传输加密	借助 TLS 协议加密升级数据每一字节，构建传输防护墙，抵御窃听、篡改等攻击，保障车云数据传输安全；
数字签名验证	升级包传输前用 ECDSA 等技术加数字签名，终端 ECU 刷入固件前验证签名，仅接收可信且未篡改的固件；
升级前系统自检	OTA 升级前车辆全面检查电量、档位等关键状态，确保车辆在最佳状态升级，避免因状态异常致升级失败或引发安全隐患；
失败回滚机制	采用 A/B 分区技术，升级失败时可快速切换至备用分区，回滚到升级前稳定版本，保障车辆正常运行，防止死机等关键故障。

3.3.3 车云通信双向 TLS

车云通信双向 TLS（Transport Layer Security）是一种为智能汽车与云端服务器之间通信提供高强度安全保障的协议。车云通信双向 TLS 是 AIOS 实现安全车云协同的底层核心安全技术支撑，二者是技术保障与上层系统的依存关系。双向 TLS 为 AIOS 的车云数据交互筑牢安全防线，AIOS 则依托双向 TLS 实现核心功能的安全落地，具体关系可从三方面简要说明：

1) 双向 TLS 保障 AIOS 车云数据交互的安全性

AIOS 需频繁与云端进行数据交互，如：获取云端 AI 模型、上传车辆状态数据、接收 OTA 升级包，双向 TLS 通过双向身份认证，实现车端验证云端合法性、云端验证车端身份，避免伪云端 / 恶意车辆接入等问题、避免因通信漏洞导致 AIOS 核心功能（如 AI 决策、系统升级）受攻击。

2) 双向 TLS 支撑 AIOS 关键功能的可靠运行

AIOS 的核心能力（如车云协同 AI、OTA 固件升级）依赖车云通信的稳定性与安全性：

- 当 AIOS 需从云端获取更新的智驾推理模型时，双向 TLS 可防止模型传输中被篡改，确保 AI 决策的准确性；
- 当 AIOS 执行整车 OTA 升级时，双向 TLS 保障升级包从云端传输到车端的安全，配合 AIOS 的固件验证机制，避免恶意升级包导致系统崩溃。

3) 双向 TLS 助力 AIOS 满足安全合规要求

AIOS 需符合智能汽车信息安全法规（如 ISO/SAE 21434），双向 TLS 作为车云通信的主流安全协议，是 AIOS 构建“端 – 管 – 云”全链路安全防护体系的关键环节，帮助 AIOS 满足法规对车云数据传输安全的强制要求，为 AIOS 的合规落地提供技术支撑。

3.3.4 车云一体化的信息安全

3.3.4.1 车云一体化全链路信息安全机制

在实践中，受成本与项目周期等因素制约，安全部署常需分阶段实施，但全覆盖的防护体系是必然发展趋势，需在架构设计之初便进行通盘规划，并随着安全的深入逐步在每个环节落地相应的安全措施。

3.3.4.2 车端安全

车端是数据的源头和指令的执行终端，其安全是整个体系的基石。随着软件定义汽车的发展，车端安全已从单一的 ECU 防护演进为涵盖车内通信、软件更新、故障诊断与审计追溯的体系化工程。

3.3.4.3 云端安全

云端平台是安全运营的大脑与中枢，负责海量数据聚合、处理与分析，其安全防护核心含三方面：

1) 云原生安全：构建含虚拟防火墙、微服务隔离等的全方位防护体系，遵循最小权限原则与零信任架构，避免攻击者横向移动；
2) 安全运营中心：聚合分析百万级车辆安全遥测数据（如日志、IDS 告警），满足 R155 和 ISO/SAE 21434 持续监控要求，借大数据与 AI 实现全局威胁感知、自动化响应及主动威胁狩猎，形成安全闭环；
3) 应用安全：针对远程控车 App 等移动 App 及 Web 应用，遵循 OWASP 安全开发规范，防范代码逆向、中间人攻击等风险，保障用户身份认证、会话管理与数据传输安全。

3.3.4.4 与 AI 融合的信息安全

1) 车端：集成 AI 引擎的轻量级入侵检测系统（IDS），实时分析车内网络流量与系统行为，学习正常模式，精准识别规则 IDS 难发现的未知威胁、低慢速攻击等，实现本地实时感知决策，缩短威胁响应时间；
2) 云端：安全运营中心（VSOC）借深度学习与大数据，开展跨车辆数据关联分析、高级威胁狩猎及攻击链还原，辅助研判安全事件并自动化响应，结合硬件安全推动防护从被动转向主动免疫；
3) 智能密钥与硬件信任根：AI 通过学习 HSM 密钥上下文建动态访问控制模型，异常时告警拦截；在自适应密码服务中，依车辆安全等状态决策加密算法 / 密钥强度；硬件信任根增强上，AI 分析启动组件运行时行为，识别经签验但行为异常的“合法”恶意软件；
4) 通信加密：AI 推动通信加密与管理更动态、精细。

- 自适应加密策略：AI 引擎结合数据敏感级、网络安全性、威胁情报等上下文，为 V2X、V2C 数据流动态匹配加密算法、密钥长度及安全协议，实现智能资源分配；
- AI 加密流量分析：依托元数据机器学习，AI 通过分析加密通信的时间、大小等元数据特征，训练分类器识别恶意软件通信、网络扫描等异常，实现加密通道内威胁检测。

3.3.5 功能安全

3.3.5.1 功能安全核心体系

功能安全对于 AIOS 具有关键作用，是 AIOS 能够安全运行的核心，可以确保电子电气系统故障时仍维持安全状态，覆盖整车、控制器、硬软件多层面，依托 AIOS 集成三大关键技术构建防护体系：

a. 集成硬件监控

通过多手段实时监测关键硬件，及时发现故障并处置，满足高安全等级需求：

锁步核：主核与检查核指令级同步，周期比对结果，故障触发中断，AIOS 微秒级启动动态降级，符合 ISO 26262 ASIL D 级要求；

——核自检：安全等级要求低时替代锁步核，空闲 / 定期启动程序，测试 CPU 核心部件，发现异常上报；

——LBIST/mBIST：分别检测芯片逻辑电路、存储器故障，上电 / 运行间隙启动，提升故障覆盖率；

——ECC：数据存储传输中检测纠正单比特错误、检测多比特错误，保障关键数据安全；

——电压 / 温度 / 时钟监控：实时监测核心参数，异常时触发降频、散热、复位等措施；

——硬件看门狗：定期接收心跳信号，超时判定故障并强制复位，避免系统无响应。

b. 软件冗余

以异构算法备份 + 隔离技术保障关键功能，提升安全性：

——异构算法备份：关键功能用不同原理算法实现（如自动驾驶目标识别的深度学习与传统图像处理算法），主算法故障时备份算法接替；

——隔离技术：通过容器技术（独立虚拟化环境）、MMU 内存隔离实现空间隔离，结合任务调度实现时间隔离，防止冗余软件干扰。

c. 故障诊断（DCM）模块

实时监测系统状态，协同安全机制处理故障：

——接收硬件监控、软件冗余的故障信号，分类分析处置（如瞬态错误记录监控、持续性故障启动降级、核心故障触发安全模式）；

——上报故障信息至安全管理单元，触发屏蔽、降级、停机等策略，同时记录故障数据供维护。

d. 预期功能安全（SOTIF）

应对系统正常运行时的感知 / 决策局限风险：

——构建海量场景库模拟分析，识别感知盲区与决策漏洞；

——优化感知（增强数据训练）、决策（强化学习）算法，建立实时风险评估机制，异常时预警并调整参数。

3.3.5.2 强实时性与功能安全底层框架

依托实时操作系统实现强实时性与确定性调度，适配汽车电子架构升级需求：

a. 硬实时内核

作为车端基础软件核心，保障任务实时调度，关键特性包括：

——低延迟响应：支撑防撞、紧急制动等安全功能；

——支持 TSN 技术：确保车内实时数据传输同步；

——保障多域实时性：资源共享下不影响关键任务；

——支持 OTA 更新、增强虚拟化（隔离实时 / 非实时任务）、优化多核处理器适配；

——协同车端 / 云端 AI 大模型：提升响应与处理效率，保障实时通信；

明确性能指标：需关注任务调度、抢占、中断响应等时间参数。

b. 确定性调度

确保关键任务按时执行措施包括，详情请参考表 3–3：

表 3–3 确定性调度措施

严格调度能力	保证制动、转向等任务在时限内执行，可预测执行顺序与时间；
算法优化	结合 AI 预测负载、动态调整策略、模拟最优方案，提升调度效率；
时间安全策略	监控任务执行时间、频率、资源锁定等，保障调度确定性；
时序分析	记录调度日志（时间戳、任务 ID 等），便于排查时序相关安全问题。

3.4 容器化技术架构与虚拟化技术应用

3.4.1 嵌入式容器技术

容器采用操作系统级虚拟化技术，无需虚拟机监控程序即可让多个容器在同一主机操作系统上运行且相互隔离；这种隔离能保障环境一致性、灵活性与可移植性，支持软件快速部署测试。目前容器已广泛应用于分布式应用、批处理作业、持续部署流水线等场景，其应用领域还在持续扩展至分布式数据处理、流媒体传输、基因组学及含生成式 AI 的机器学习等方向。

3.4.2 容器技术架构

整车操作系统容器技术架构以分层设计为核心，遵循开放容器规范，融合车规级安全需求与资源调度特性，构建安全底座、内核支撑、运行时管理的完整体系，具体细分请参考图 3–2：



图 3–2 容器技术架构

a. 硬件安全层：由 TPM2.0、HSM、UEFI、TrustZone 等低层技术构成，提供密钥存储、硬件加密、系统完整性度量，确保仅签名内核与引导程序可启动，且安全能力会逐级传递至容器，实现容器完整性度量与签名验证；

b.Linux 内核层：依托名称空间、控制组、Linux 能力、强制访问控制等技术，达成容器的隔离、资源限制、能力配置与强制访问控制；

c. 低层容器运行时：符合 OCI 规范，提供容器创建、运行、销毁等生命周期管理能力，代表有 runc（OCI 指定默认参考实现）、crun、youki、runsc；

d. 高层容器运行时：基于低层运行时，额外提供容器镜像管理、实例编排等功能，代表有 docker、podman、cri-o、containerd，且均符合 OCI 规范。

3.4.1 容器化技术的优势

当应用程序目前运行在虚拟机或裸金属服务器上时考虑将其容器化，以充分利用容器带来的优势。容器的主要优势包括速度、一致性、密度、资源效率和可移植性：

a. 速度：加速应用迭代与启动

容器凭借轻量性与模块化特性，可显著提升应用程序迭代效率。通过将应用拆解为更小单元，从而降低库或包的兼容性问题。容器启动时间主要受镜像大小、缓存状态及“拉取 – 启动”流程影响。优化启动速度可采取三大关键技术：

——尽可能缩减容器镜像体积；

——在适用场景下采用多阶段构建；

——利用本地缓存与可寻址 OCI（SOCI）技术，进一步缩短启动耗时。

b. 一致性：保障全链路环境稳定

容器的模块化开发环境具备高一致性与高保真度，能确保代码在开发、测试、生产系统间迁移时，输出结果可预测。通过封装必要库与包的精确版本，可最大限度降低兼容性风险。

c. 密度与资源效率：最大化硬件利用率

容器支持在单台主机上运行多个实例，其资源效率源于底层的隔离与分配技术：可精准限制容器的 CPU 使用数量、分配特定内存大小。通过合理规划容器与主机（或虚拟机）的资源匹配关系，能最大化单主机上的容器运行数量。

d. 可移植性：打破环境与平台限制

容器的灵活性核心在于高可移植性、易部署性及相较于虚拟机更小的体积，而这一特性的关键支撑是**开放容器倡议（OCI）**——其旨在制定全互操作的容器开放标准，核心包含三大规范：

——运行时规范（runtime-spec）

——镜像规范（image-spec）

——分发规范（distribution-spec）

3.4.2 虚拟化技术

虚拟化技术是一种通过软件或硬件手段，在物理计算资源（如 CPU、存储、网络等）之上构建多个独立虚拟环境技术。虚拟机监控程序是实现虚拟化的核心组件，它直接管理物理硬件资源，并为每个虚拟环境分配独立的计算、内存、存储和网络资源，使多个操作系统能在同一台物理机上并发、隔离地运行。

3.4.2.1 虚拟化技术在 AIOS 中的应用

1) AI 资源虚拟化与调度：将 GPU、NPU 等 AI 加速器资源进行虚拟化，支持多个 AIOS 任务共享同一硬件资源，实现资源隔离和优先级调度。
2) 系统隔离与安全增强：在 AIOS 中隔离不同 AIOS 任务或模型，防止恶意 AI 模型攻击系统，保障关键 AI 应用的安全运行。
3) AIOS 实时性与虚拟化调度：在 AIOS 中支持实时 AI 推理任务，保证关键 AI 任务的响应时间，实现虚拟化环境下的低延迟调度。

四、AIDV 驱动的芯软融合生态新范式

本章围绕 AIDV 背景下芯软融合生态的发展展开介绍，从产业协同现状、芯软融合落地逻辑、开源社区驱动机制到开发者生态赋能，系统阐述新范式的核心构成与演进路径。

4.1 产业协同方式的现状及问题

4.1.1 异构芯片的算力重构与 RISC-V 的破局之路

当 AIDV 技术从概念走向智能座舱、自动驾驶、车路协同等实际应用场景，其对算力效率、场景适配性与生态开放性的需求正推动汽车芯片产业迎来结构性变革。在芯软融合的新范式下，硬件与软件不再是孤立发展的个体，而是形成“算力定义功能边界、算法牵引硬件迭代”的共生关系。异构芯片凭借多核协同架构成为破解软件定义汽车实时性与能效矛盾的核心支撑，而 RISC-V 则以开源特性承载着生态创新的无限可能，同时也面临着商业化落地的多重挑战。

4.1.1.1 RISC-V 架构芯片应用加速

RISC-V 凭借开源属性与高度可定制化优势，正加速在汽车芯片领域渗透，国内外企业近期密集布局，推动其车规应用落地：

国外层面，2023 年底，博世、英飞凌、北欧半导体、恩智浦、高通五家欧美半导体企业联合成立初创公司 Quintauris，为汽车芯片市场提供标准化平台，率先推动 RISC-V 应用加速落地。

国内层面：2024 年 9 月，长城汽车自研的紫荆 M100 车规级芯片首次点亮，标志着国内首款基于开源 RISC-V 架构的车规级芯片实现关键突破；同期，武汉二进制半导体宣布推出“业界首款 RISC-V 架构、全流程自主可控车规级 MCU 芯片 DF30”，并通过主流开发环境适配与软件优化，推动 DF30 进入多家头部车企的发动机等核心控制器开发环节，加速商业化落地。从上述国内外行业动态与技术突破来看，RISC-V 架构在汽车领域的应用已进入加速发展期，未来有望成为车规芯片的重要技术路线之一。

4.1.1.2 芯片技术研发与应用挑战

芯片技术研发与应用挑战展开，核心涉及四个方向：

a. 关键内核技术生态研发：需联合高校、科研院所及芯片企业，聚焦智能终端、服务器领域，研发通用 / 向量计算等关键技术，突破自主高性能 RISC-V 内核，提升通用计算与 AI（矩阵计算、神经网络训练）计算能力；

b. 异构计算协同效率问题：不同架构处理器间缺乏数据传输与任务调度统一标准，导致算力浪费，如自动驾驶域控制器中 GPU 与 NPU 需手动优化，难实现动态负载均衡，影响系统实时性与能效；

c. RISC-V 生态成熟度短板：汽车领域工具链、开发框架及软件适配处于初期，未达 X86/ARM 成熟度，如 TensorFlow 等主流 AI 框架对其原生支持有限，依赖第三方移植增加开发成本；

d. RISC-V 可靠性与安全性挑战：开源、模块化特性使其面临硬件一致性不足、原生容错机制缺失、高可靠性验证工具不完善、模块化扩展兼容风险等问题，需通过制定设计指南、强化硬机制、完善生态工具三方协同，推动其在汽车高可靠 / 安全领域应用。

4.1.2 中游：AIOS 开发与基础软件的生态的框架共建

构建标准化的 AI Agent 开发框架已成为行业共识，其核心需满足多模态数据处理、车云协同交互及跨域功能融合等关键技术需求。

在技术路径选择上，行业呈现出两条并行的发展脉络：

a. 在现有操作系统（OS）架构中嵌入 AI 功能模块方案所采用的集成化路径；

b. 从内核与框架层进行底层重构，开发 AI 原生操作系统的创新型架构。



图 4–1 行业共建的技术框架



图 4–2 中间件抽象层技术共识

4.1.3 下游：整车厂的场景化集成

在整车智能变革进程中，其核心本质在于将车辆的硬件能力、软件功能与用户真实用车场景进行深度耦合，依托跨域协同技术，最终实现“功能服务化、服务场景化”的体验跃迁。

场景化功能正加速向“用户意图预判”方向升级，从传统的“被动响应指令”模式转向“主动预判需求”模式，这已成为场景化集成的核心演进趋势。对此，整车厂商通过 AI 大模型对用户行为数据展开深度训练，构建覆盖多元场景的用户意图库，进而实现车辆功能的精准主动触发，让智能体验更贴合用户潜在需求。

4.1.4 整车数据与操作统一抽象的生态协同

整车数据与操作的生态协同正处于深刻变革阶段：

在数据共享机制层面，如今，部分车企通过推动数据在安全合规框架下的有限共享，为后续数据资

源的统一抽象与高效复用奠定关键基础。

在技术落地层面，容器化部署与软硬件解耦已成为核心实践方向。主流车载软件平台（如 NeuSAR、HarmonyOS 车机、滴水 OS 等）均已原生支持容器化方案，可实现应用与驱动镜像在不同 SoC（系统级芯片）或 MCU（微控制单元）间的快速迁移，显著降低车型改款迭代时的软件集成工作量，提升研发与量产效率。

4.1.5 产业生态协同的困难与问题

a. 统一抽象层的实时性与安全性难以平衡： 智能汽车对操作指令的实时性与安全性（如 ISO 26262 ASIL–D）要求极高，但统一抽象层作为“中间层”，可能引入额外延迟或安全风险。

b. 跨行业协作壁垒： 汽车行业长周期、高可靠的产业基因决定与半导体行业快迭代、追性能、互联网行业高风险、试错式的发展模式需要融合： 当前的跨行业协同发展正在面临沟通成本高、决策周期长等问题。

4.2 芯软融合生态问题

4.2.1 芯软融合生态的开发与落地逻辑

AIDV 时代芯软融合的开发与落地，主要体现为智能汽车对 算力高效释放、架构集中升级、技术路线自主适配的核心需求，以芯片硬件与软件系统的深度协同为根本逻辑，软件架构从传统分布式转向中央计算，打破硬件单独驱动、软件分散适配的局限。

以芯片硬件与软件系统深度协同支撑 AIDV 落地为核心逻辑，分三层递进推进：

1. **从硬件→ AIOS 进化**： 推动软件架构从传统分布式转向中央计算，硬件端靠异构芯片整合 CPU/GPU/NPU 算力，软件端 AIOS 承接动态资源调度与跨域协同，解决硬件算力闲置、软件分散适配问题，为后续协同打框架；

2. **中央计算架构协同**： 芯片端通过异构集成、硬件虚拟化构建统一算力池并保障安全隔离； 软件端以多 OS 并行、跨域中间件（SOME/IP/DDS）、资源服务化，实现跨域数据流转与算力动态分配，攻克中央架构下多域协同、实时安全的核心难点；

3. **RISC–V+AIOS 的生态**： 结合 RISC–V 开源定制优势与 AIOS 车载适配能力，完善工具链、推进车规合规、联动产业，为芯软融合提供可持续的技术路线支撑，

4.2.2 分布式架构到中央计算架构

传统架构的核心问题在于功能隔离与资源静态分配，而 AI 应用需要全局协同与动态资源调度。中央计算架构通过算力集中、通信升级、软硬解耦解决了上述矛盾，其主要特点请参考表 4–1：

表 4–1 中央计算架构特点

特征	描述
中央算力整合	中央计算平台集成多颗高性能 SoC，通过 Hypervisor 实现硬件资源虚拟化，运行 Linux/QNX/Android 多操作系统，避免硬件重复堆叠。
算力利用率提升	通过高速互连技术将不同芯片的 CPU 核心虚拟化为统一算力池，通过动态分配提高算力利用率。例如，自动驾驶突发算力需求时，自动从空闲座舱域调配 CPU 核。

跨域功能融合	中央计算平台整合车身传感器、智驾摄像头、座舱交互等多源数据，构建统一数据池，实现跨域协同。例如蔚来 ICC 融合底盘与智驾域数据，实现道路预瞄与主动悬架调节。
高带宽低延迟网络	车载以太网（10Gbps+）替代传统 CAN 总线（1Mbps），支持 SOME/IP、DDS 等面向服务协议。PCIe Switch 与 TSN 技术解决多 SoC 互连延迟，满足激光雷达 / 摄像头的高吞吐需求。
硬件简化与轻量化	ECU 数量从 100+ 缩减至 20–30 个（如 Model Y 仅 26 个 ECU），线束长度从 5km 降至 1.5km（如特斯拉 Model 3 将线束压缩至 1500 米）。
OTA 升级与软件生态	集中式软件管理支持整车统一 OTA，升级成功率 >90%，且支持第三方应用生态集成。

4.2.2.1 芯片架构革新

a. 异构计算芯片集成

表 4–2 异构计算芯片集成元素

多核异构 SoC	单芯片集成高性能 CPU（处理通用逻辑）、GPU（图形 / 并行计算）、NPU（AI 推理）、实时 MCU（安全控制）、专用加速器（ISP/DSP），形成统一的硬件资源池。
高速互连总线	通过 PCIe 4.0 连接多 SoC 芯片，车载以太网（10G+）实现跨域数据传输，由 LPDDR5X 内存提供高带宽共享访问。

b. 硬件虚拟支持

表 4–3 硬件虚拟化支持类型

CPU/IO 虚拟化	芯片内置虚拟化扩展，允许 Hypervisor 将物理核心、内存、外设划分为多个隔离的虚拟机（VM），每个 VM 运行独立域功能（如智驾 VM、座舱 VM）。
硬件资源分区	为安全关键域（如制动控制）预留专属计算单元和内存带宽，确保硬实时性。

4.2.2.2 软件系统协同

4.2.2.2.1 跨域通信中间件

a. 自适应性通信框架：基于 SOME/IP 或 DDS 协议，实现跨 VM/ 跨域的服务调用（如座舱域调用智驾域的感知结果）。

b. 数据流优化：对高优先级数据（如传感器帧）标记 QoS 等级，通过专用缓存通道或网络优先级队列保障低延迟传输。

4.2.2.2.2 服务化资源接口

硬件资源服务化：如图 4–3 所示，将硬件资源抽象为可调用服务，通过标准 API 供上层应用申请。



图 4–3 中央计算软件架构

4.3 低代码与 AI 辅助开发

低代码平台与 AI 辅助开发工具链正在重构生产关系，推动车企、供应商与开发者打破传统垂直整合的封闭模式。

低代码开发：以模块化 + 可视化拖拽为核心，将座舱交互、车控基础功能（如座椅调节、空调控制）封装为可复用的服务模块，同时支持多车型适配，减少重复开发，大幅缩短功能上线周期。

AI 辅助开发：贯穿开发全流程，在需求阶段，AI 分析用户数据生成场景化需求；在编码阶段，AI 生成符合车规标准化代码，自动补全或修复漏洞；在测试阶段，AI 生成自动化测试用例，模拟极端路况、网络异常等场景验证功能稳定性；在运维阶段，AI 监测软件运行数据，预判故障并推送优化方案，保障代码符合 ISO 26262 等安全合规要求。低代码与 AI 辅助开发协同可进一步降低开发门槛、提升开发效率，支撑汽车软件快速迭代与场景化创新。

4.4 开源社区的驱动机制

当前汽车产业开源社区的驱动机制呈现多维度、多主体协同的特征，核心由技术创新需求、成本优化压力、生态共建诉求、政策引导支持四大要素构成。2025 年东风汽车联合中汽创智在 AUTOSEMO 平台中共同打造天元 OS。2025 年 4 月 25 日，AUTOSEMO 正式发布开源社区，天元 OS 成为该社区的首个开源项目。在开源社区的实践中，主要聚焦于技术普惠性、产业协同性、成本可控性三大核心维度。这与整车开发者模式、开源开发者生态构建息息相关。

4.4.1 开源开发者发展趋势

4.4.1.1 整车开源开发者形态

智能汽车软件开发模式核心开发模式已演化为车企定义场景—芯片商提供算力—开发者贡献算法—OS 集成服务的闭环链条。新的开发模式打破了传统供应链的线性关系，实现跨层级的动态协同，推动智能汽车功能快速迭代，如图 4–3 所示：



图 4–3 芯软融合架构下的整车开发者生态模式

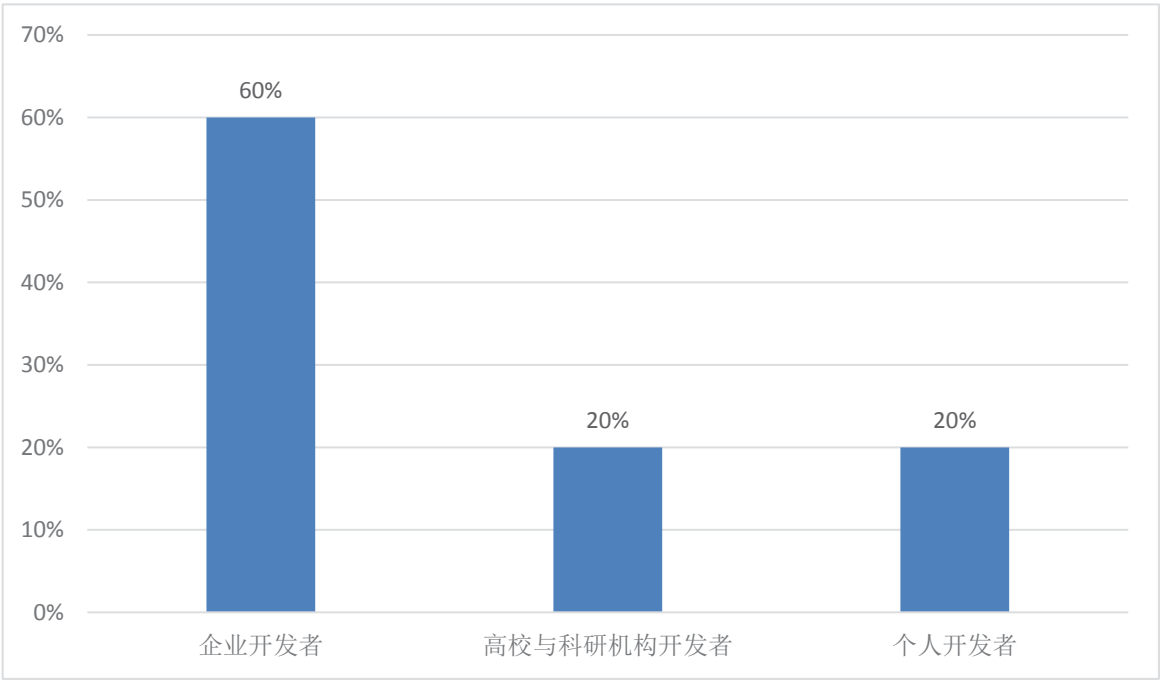
汽车产业开源社区应具有下列特性：

- 共建坚实的共性技术底座：为车企、开发者及合作伙伴提供从技术底座到商业落地的全周期价值支撑。
- 全栈自主研发：立足整车操作系统核心技术自主，降低创新门槛。
- 高效开发体验和流程：整合生态资源，降低适配成本，提升开发效率。
- 引领标准与协同：推动技术实践转化为落地标准，引领国际技术路线；通过芯软融合的实践促进产业链协同发展。

4.4.1.2 汽车软件开发者构成

当前汽车软件开发者核心由企业开发者主导、高校与科研机构赋能、个人开发者补充构成，当前汽车软件开源社区的开发者占比呈现企业主导、高校与个人分层协作的特征，其核心由企业开发者约 60%、高校与科研机构约 20%、个人开发者约 20% 构成，并通过代码贡献、文档维护、工具开发等多元形式参与技术共建。详情参考图表 4–1：

图表 4-1汽车软件开源社区的开发者占比



（数据来源：中国汽车报统计）

4.3.1.3 开放开源的开发者分层

当前汽车产业开源社区的开发者形态应呈现多主体协同、多层次互动、多角色共生的特征。

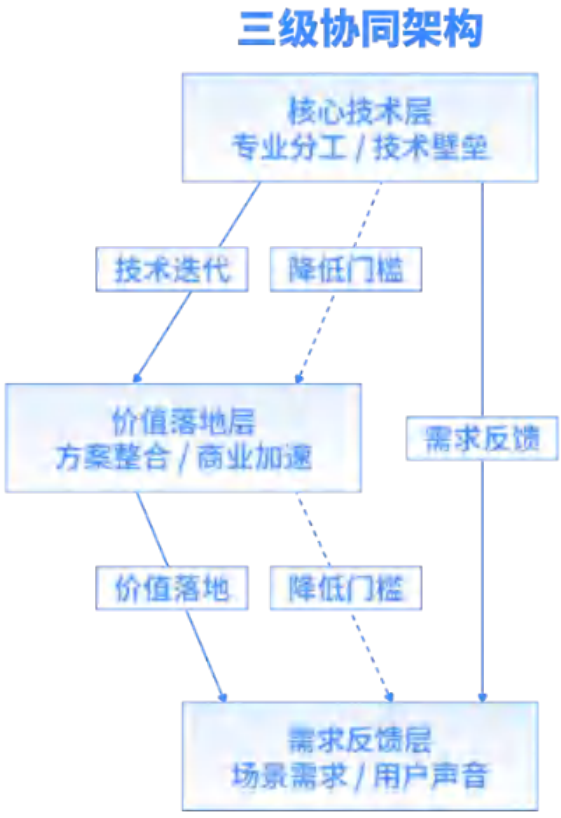


图 4-4 三级协同架构

● 多主体协同：全产业链参与方各司其职又深度联动

涵盖车企、Tier1、芯片商、软件开发商、开源社区、高校等核心主体，围绕 目标形成协作闭环：车企主导场景需求定义、芯片商提供异构算力支撑、软件开发商聚焦 AIOS 与基础软件开发、开源社区共享标准化技术模块，高校则攻坚前沿技术。在 RISC-V 内核优化等方面持续与车企、算法公司、硬件厂商协同开发体现需求走向技术落地的跨主体协同。

● 多层次互动：技术层与协作层双向贯通

推进底层芯片与基础软件层需适配，例如 RISC-V 芯片与 AIOS 的硬件抽象层对接），应用层（座舱交互、智驾功能）需基于基础软件层动态调用资源；同时，车企的场景需求（需求层）传递至软件商及开源社区，实现技术迭代、需求满足、安全验证的多层互动闭环。

● 多角色共生：不同角色互补依存，共同支撑开发者平台建设

通过开源贡献优化工具链、补全软件模块；使用户成为需求反馈者，各角色相互依存 车企的场景需芯片与软件支撑，开发者的技术需车企落地验证，最终形成共生的平台建设。

我国汽车软件开源社区的开发者平台起步较晚，对于核心代码开发、软硬融合的工具链优化、测试验证等方面仍属于探索的阶段。开源社区应吸引 ICT 企业、科研机构等跨界参与者，形成软硬融合的闭环。汽车产业开源社区的驱动应通过鼓励推进开源许可、治理模式、开发者激励等机制创新，实现了从技术共享 到价值共创的跨越，为高质高效的推进汽车产业落地开放开源的平台赋能

五、AIOS生态创新应用场景案例集

本章围绕智能汽车 AI 技术应用核心场景的技术创新案例展开描述，聚焦智能座舱、自动驾驶、智能助手三大领域，阐述其从技术集成到场景延伸、从规则控制到认知决策、从数据管理到知识应用的演进逻辑。

5.1 智能座舱的创新趋势

智能座舱的创新本质是技术理性与人文关怀的平衡，智能座舱已不仅仅是技术的集成，而是用户生活场景的延伸。未来，随着量子计算、神经形态芯片等技术突破，智能座舱有望成为用户的移动智能伙伴。

5.1.1 多模态应用案例

案例一：红旗智慧健康座舱

技术亮点：非接触式生物传感器 + 医疗知识库，建立个性化健康档案。

场景创新：

疲劳预警机制：通过眨眼频率、头部姿态识别疲劳状态，触发座椅按摩 + 咖啡预约联动服务。

突发疾病响应：检测到心率异常时，自动拨打紧急联系人电话并导航至最近医院，同步推送实时健康数据至急救中心。

案例二：比亚迪璇玑架构

技术架构：双循环多模态 AI 系统，车端实时决策与云端数据闭环协同。

场景创新：

低成本智驾方案：通过前视三目摄像头 + 毫米波雷达组合，在 10 万元级车型实现城区 NCA 功能，夜间行人识别率达 99.3%。

用户习惯学习：记忆用户常行驶路线的变道偏好，自动优化加减速时机，实现“千人千面”的个性化智驾体验。

案例三：领克 900 的 LYNK Voice 语音助手

技术架构：领克 900 的 LYNK Voice 语音助手采用多模态情感计算模型，

场景创新：融合语音语调分析、面部微表情识别与生理数据判断用户情绪。检测到驾驶员“路怒症”征兆时，自动切换至“舒缓模式”，联动座椅按摩与氛围灯调节，并以温和话术提示路况替代方案；支持 12 种方言识别，复杂路况下指令识别准确率超 95%，弱网时依赖端侧模型完成基础交互，联网后通过云端生成个性化内容。LG 电子 AI 座舱则通过 60 个传感器实时监测心率、呼吸频率，疲劳时自动调暗灯光并播放白噪音，分心时触发座椅震动预警。

5.1.2 个性化服务生成

5.1.2.1 从被动响应到主动规划

智己汽车 IM AIOS 生态座舱的全场景服务生成引擎

智己汽车已应用 AI Agent 集群通过端侧多模态大模型实现服务本地化闭环处理。其核心能力在于将

用户行为数据转化为预判式服务：

a. 通勤场景自动化：通过分析用户过去 3 个月通勤数据，系统会自动激活【通勤模式】结合车主偏好，调整座椅至记忆位置、将空调预设、推送路口的实时拥堵系数等功能。

b. 生活化服务联动：通过“AI 点餐 Agent”推荐评分高的店铺，根据行程计算车到餐至的最佳下单时间，并不断优化误差。

c. 情境化内容推荐：基于用户听歌习惯与驾驶时段，系统会动态生成播放列表，在早晚高峰推送不同情绪的音乐。

5.1.2.2 从单一服务到群体定制

极狐 S5 的“家庭场景感知系统”

针对多成员乘车场景，极狐 S5 通过四音区语音定位与乘客特征识别，实现服务的差异化生成。其核心创新在于构建【家庭关系图谱 + 场景需求模型】。

5.1.2.3 端云一体的大模型架构

广汽昊铂

广汽昊铂 HL 搭载的 ADiGO SENSE 系统通过端侧理解模型 + 云端生成模型的融合架构，将语音交互延迟降至毫秒级，同时实现 99% 的高噪环境识别率，验证端云协同是平衡实时性与智能度的实践。

5.2 自动驾驶： 从规则控制到认知决策

AIOS 正推动自动驾驶完成从规则控制到认知决策的核心跃迁。 其中 AIOS 作为中枢，承担异构计算调度、数据闭环管理的核心职能，支撑认知决策落地。

a. 异构计算调度：智行者 BRAINBOX 中央计算单元整合 CPU/GPU/ASIC，实现多传感器数据同步处理减少延迟。

b. 决策模型部署：AVOS 支持端侧 7B 参数大模型运行，90% 服务本地化处理，确保断网场景下的可靠性。

c. 数据闭环管理：通过车端数据挖掘 – 云端训练 – OTA 升级的完整链路，使认知模型持续进化。

当前，核心挑战集中在数据质量、模型可解释性、实时性、伦理隐私，应对策略，均围绕“技术适配场景、安全兼顾效率”展开。AIOS 与自动驾驶的融合正沿着“技术突破 – 体验升级 – 治理完善”的路径深度演进。

5.3 智能助手： 从数据管理到知识应用

智能助手是通过 AI 大模型与知识图谱技术实现从数据管理到知识应用的跨越。智能助手在故障诊断与数据分析领域的创新应用场景，通过多源数据融合与可视化分析，显著提升车辆运维效率与业务决策精度，推动行业向数据驱动的智能化服务模式演进（详情请参见图 5–1）。

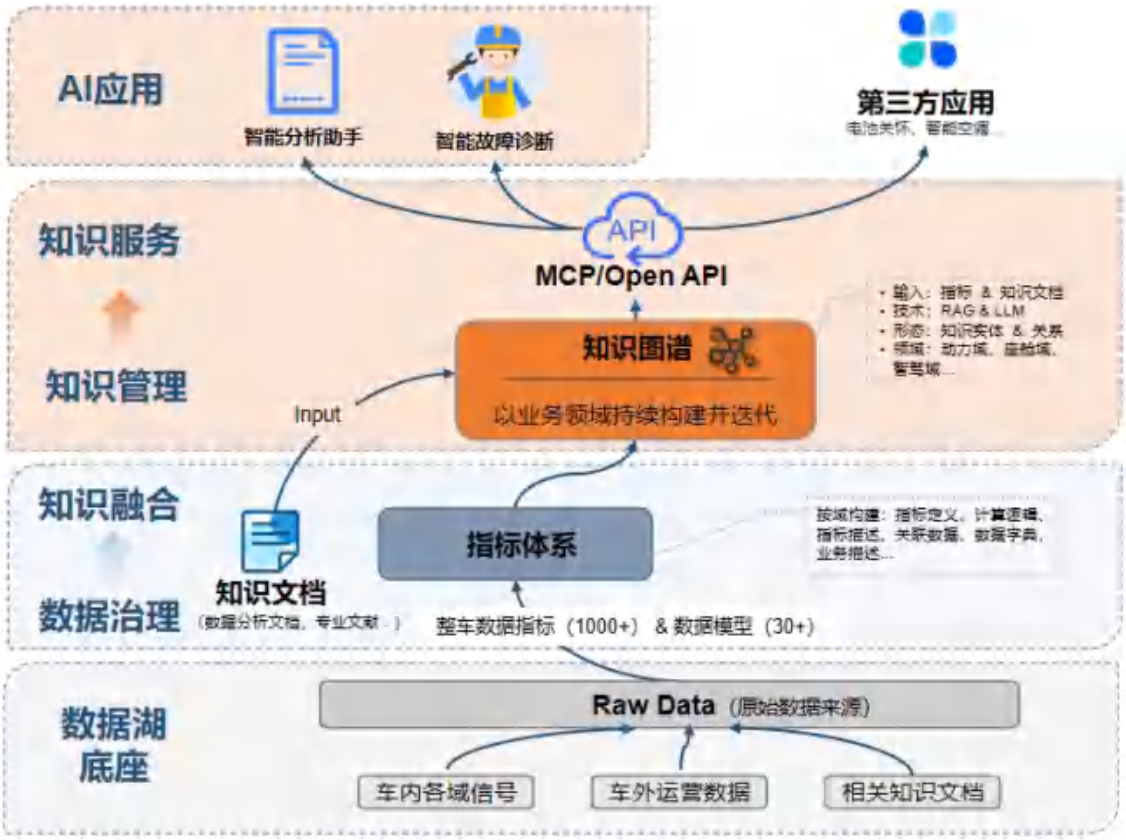


图5–1 AI应用的知识图谱

5.3.1 智能故障诊断

基于 AI 大模型与知识图谱技术，智能助手可诊断车辆故障。通过整合历史维修记录、传感器实时数据及故障信息等，支持故障根因分析与解决方案推荐。结合自然语言处理技术，用户可通过日常语言描述故障现象，系统自动解析并匹配知识图谱中的故障关联节点，首次修复准确率可大幅度提升，缩短诊断时间并降低人工诊断成本。这一创新场景不仅重构了传统诊断流程，更推动了后市场服务从被动响应向主动预防的服务模式升级。

5.3.2 智能数据分析

智能助手依托知识图谱融合多源数据，实现业务需求的可视化分析。通过融合电池研发数据、生产参数、车辆运行数据等多源异构数据，构建覆盖全产业链的知识图谱体系。借助自然语言交互技术，业务人员可通过自然语言直接获取分析结果，大幅降低数据使用门槛；结合动态可视化引擎，系统可自动生成包括电池健康度热力图、充电行为分析、衰减趋势预测等在内的多维度分析报告。可有效支持从研发优化到售后服务的全业务链决策。这种端到端的智能分析能力，正在推动新能源电池行业从传统经验决策向数据智能决策的转型升级。

六、AIOS生态落地的核心问题与对策

本章围绕 AIOS 生态落地的核心障碍与破解路径展开，系统梳理技术挑战、产业协同壁垒，并从技术、生态、标准三大维度提出针对性对策。

6.1 技术挑战

6.1.1 核心技术问题

6.1.1.1 关键技术瓶颈

1）实时算力与模型精度的结构性矛盾

在 L3 级及以上的高阶自动驾驶场景中，系统需实现毫秒级的实时响应，以确保紧急制动、突发避障等关键操作的安全性。然而，当前车载算力资源仍存在显著瓶颈：主流智能座舱芯片算力约在 50—200 TOPS，智驾芯片算力多在 200—1000 TOPS 之间。若采用参数量庞大、计算复杂的大模型，虽可提升感知与决策精度，却极易因推理延迟引发响应滞后，威胁行车安全；反之，若为满足实时性过度简化模型，则可能损失识别精度，增加漏检或误判风险。

2）安全问题

数据是 AI 的血液，其安全问题直接影响模型的生命。

数据投毒：

定义：攻击者在模型训练阶段向训练数据中注入恶意样本，从而“污染”模型，使其在特定场景下出现漏洞或错误。

实例：在数据标注阶段，故意将“狗”的图片标注为“猫”，长期污染会导致模型识别能力下降。

数据隐私泄露：

定义：自动驾驶车辆收集的海量数据（高清地图、车辆轨迹、车内影像、乘客信息）若保护不当，存在被窃取和滥用的风险。

实例：黑客入侵云端服务器，获取用户的出行习惯、家庭住址、公司地址等敏感信息。

3）技术迭代与车辆生命周期的适配挑战

汽车作为耐用消费品，其产品生命周期通常长达 10—15 年，而人工智能技术的演进周期已缩短至 1—2 年。这一时间尺度上的错位，对 AIOS 架构提出极高要求：系统需在保障车辆全生命周期功能稳定、安全可靠的前提下，同时支持 AI 算法、软件服务与硬件能力的持续迭代与平滑升级。

4）模态数据融合的技术壁垒

AIOS 需实现对车外环境、车内状态以及车辆控制等多源数据的统一理解与协同处理。然而，不同模态数据在图像、点云、文本格式、雷达、语音频率与语义层面存在显著差异，当前在车端有限算力下运行的融合算法效率偏低，易导致数据时空对齐不准、信息丢失或语义断层，制约整体智能水平的提升。

6.1.1.2 生态碎片化与标准缺失

1）行业架构与技术路径分化

当前各整车厂在电子电气架构与智能系统设计上存在明显差异，尽管国内行业组织以期推动接口统

一，但其在实际车型中的落地应用进程缓慢，尚未形成有效的产业共识。

2）国际生态闭环与本土接入挑战

国际科技头部企业模型等技术构建软硬一体的生态闭环，正在逐步形成标准主导权。在此背景下，国内车企面临技术接口兼容性、数据安全互通性与用户体验一致性等多重难题，制约了开放创新技术的健康发展。

6.1.1.3 产业协同壁垒

● 传统 Tier1 向软件服务商转型迟缓

AIOS 的深入发展要求传统一级供应商从以硬件交付为核心的业务模式，转向具备软硬一体化设计与持续服务能力的软件驱动型供应商。然而，多数 Tier1 企业的软件研发体系、人才结构与合作模式仍处于转型初期，其响应速度与交付质量尚不能满足 AIOS 快速迭代的需求，导致硬件与软件之间的适配效率低下，进而拖累整车智能功能的上市周期。

● 第三方开发者培育不足

健康、活跃的开发者是 AIOS 价值倍增的关键。但当前汽车场景的开发门槛远高于移动互联网，面临开发周期长、商业模式不清晰、收益预期不明朗等现实挑战。与其他领域和行业的开发模式应用相比，制约了应用创新与用户体验的丰富度。

6.2 对策建议

6.2.1 技术层面的对策

为系统应对 AIDV 时代的技术与产业挑战，AIOS 的构建应遵循“以车规约束为前提、以架构重构为核心”的核心思路，对传统技术栈进行全局优化与层级解耦，具体可从以下三大路径推进：

路径一：构建异构协同的硬件抽象层，破解“硬件适配难、算力调度散”痛点

以车规级安全（ISO 26262 ASIL-B/D）与实时性（毫秒级响应）为底线，通过虚拟化技术与统一接口设计，实现底层硬件与上层软件的彻底解耦：

- **异构资源统一抽象：**针对 CPU、GPU、NPU、传感器等异构硬件，建立标准化硬件能力描述协议。
- **车规级调度与隔离：**集成动态算力调度算法，优先保障智驾、底盘控制等安全关键域的算力需求；同时通过硬件虚拟化 Hypervisor 分区隔离，避免不同域功能相互干扰，满足车规功能安全与信息安全要求；
- **多芯片兼容适配：**针对国产芯片现状，提供芯片适配模板库，预置主流车规芯片的驱动与优化参数，将芯片适配周期缩短，降低硬件替换成本。

路径二：打造模块化可迭代的 AI 层整体能力，平衡模型精度与迭代周期的需求

围绕车辆 10–15 年生命周期与 AI 技术 1–2 年迭代周期的错位矛盾，以模块化封装、轻量化部署、OTA 升级为核心，构建灵活的 AI 能力体系：

- **AI 模型服务化封装：**将感知、决策、交互等 AI 能力封装。每个单元独立部署、独立升级，避免因单一模型迭代导致整个系统重构；
- **车规级轻量化优化：**联合芯片厂商开展软硬协同优化，通过知识蒸馏、量化、指令集定制，在保证识别精度、识别率的前提下，满足高阶智驾实时性要求；
- **全生命周期 OTA 管理：**建立 AI 模型 OTA，支持对单一模型单元的增量升级，保障升级过程的车规级可靠性。

路径三：建立跨域协同的数据与服务中台，打破数据碎片化 & 生态割裂化壁垒

以数据安全合规为前提，通过统一数据视图与标准化服务接口，实现跨域数据互通与生态开放：

• **全场景数据统一治理：**构建整车级数据中台，对车外环境、车内状态、车辆控制等多源数据进行对齐与标注，形成统一数据格式与语义标准，同时通过数据脱敏技术保障车主隐私安全；

• **跨域服务标准化调用：**基于 AUTOSEMO《ASF 2.0》等规范，设计的整车服务总线，将底盘控制、座舱交互、智驾决策等功能封装为标准化 API，支持跨域功能调用，降低开发者跨域协作成本；

6.2.2 生态层面的对策

a. 推动 Tier1 转型软件 + 硬件服务商：车企通过联合研发帮助 Tier1 提升软件能力，建立 Tier1 软件认证体系，对具备 AI 研发能力的 Tier1 给予优先合作机制，激励其转型。

b. 设计阶梯式开发者激励计划：降低开发门槛，提升收益确定性：

① 创立车规级开发套件，包含：模拟测试环境、安全认证模板，从而缩短开发周期；

② 设立生态基金及基金管理体系，对创新应用给予研发补贴，鼓励开发者平台的创建及参与。

汽车 AIOS 生态落地的本质，是一项覆盖技术适配汽车行业特性、产业链利益协同、数据在合规与价值间平衡、用户安全信任建立的系统性工程。这并非 AI 技术的简单叠加，而是以汽车安全为底线、用户场景为核心，助力产业链范式转换的关键过程。

6.2.3 产业协作层面的对策

1. 建立跨域统一技术标准与接口体系：以 AUTOSEMO《ASF 2.0》等规范为基础，进一步明确硬件抽象层、数据格式、安全认证的统一规则，避免车企、芯片商因技术路径分化导致的适配重复，将跨主体技术对接周期缩短 50% 以上。发展以基础软件为核心的标准体系，是智能汽车实现技术可信与规模落地的必要基石。未来，随着技术演进与国际协作的深化，标准化工作将推动 AI 技术从【可用】向【可信】跨越，为产业高质量发展提供持久支撑。

2. 搭建跨主体联合协作机制与平台：推动车企、Tier1、芯片商、软件厂商成立 AIOS 协同实验室，采用需求前置对齐模式 —— 芯片商提前接入车企场景化算力需求，Tier1 与软件商联合开展硬件 – 软件同步适配，推进域控制器与 AI 模型的实时性调试的模式，及时解决适配冲突。

3. 定向赋能薄弱主体的技术协作能力：针对传统 Tier1 软件能力问题，联合软件厂商开展车规 AI 算法培训、输出软件开发模板，并建立软件认证体系；针对开发者车载开发门槛高，提供车规级开发工具链，降低跨域开发难度。同时通过生态基金补贴开发者参与 AIOS 模块开发，形成能力互补、利益共享的协作闭环。

七、未来展望：AIOS生态的演进趋势

2025–2030 年将是汽车 AIOS 生态发展及落地应用的关键阶段。 未来五年，AIOS 将呈现 **AI 原生渗透、开源协同深化、安全体系重构、场景体验跃迁**四大核心发展趋势，推动智能汽车从软件定义迈向 AI 定义的新阶段。

7.1 架构跃迁： 从 【AI 嵌入】 到 【AI 原生】 的操作系统

a.AI in OS 阶段： 现阶段操作系统通过算力分配、数据管理等基础服务支撑 AI 应用落地，为智驾算法提供稳定运行环境。

b.AI as OS 阶段： 2025 年 — 2027 年，AI Agent 将替代传统应用程序直接调用 SOA 接口，通过 MCP 协议实现车内外跨平台联动，让车辆根据用户习惯自动触发场景组合。

c.AI is OS 阶段： 操作系统将进化为具备自主决策能力的智能体，自动协调动力控制、空调调节等子系统，实现全局优化。

7.2 生态革新： 开源主导的跨产业协同体系构建

开源模式将打破汽车操作系统的封闭生态，形成标准统一 + 分工协作的产业格局。未来，AIOS 开源生态将呈现“分层共建”特征：底层内核（如微内核、安全监控模块）由基础软件企业主导开发，保障安全性与实时性；中间件层，例如：如 SOA 框架、AI 模型管理由车企与科技公司联合定义标准。



7.3 行业分工变革： 从垂直分工到水平协作

AIOS 生态正打破传统车企 – Tier1 – 供应商的线性链条，形成多主体协同创新的协作模式： 开发者生态爆发式增长： 车企通过开放平台吸引第三方开发者，形成长尾应用创新。腾讯 TAI 车联平台接入微

信小程序生态，开发者可快速定制车载应用；东软睿驰 NeuSAR OS 提供 智能体接口和 AIGC 辅助开发工具，使软件开发效率提升。vivo 蓝心智能体支持开发者三步、10 分钟完成智能体上架，并与百度文心平台打通实现一键分发。

7.4 开发者生态： 推动开发者群体扩展

AIOS 正通过工具链下沉和生态激励，推动开发者群体从专业工程师向全民扩展：

1. 低代码 / 无代码开发普及：统信软件推出 deepin IDE 开发工具，支持可视化拖拽和代码自动生成，使非专业开发者也能定制车载应用。

2. 阶梯式赋能体系建立：蔚来开发者平台提供“入门教程 – 模拟测试 – 实车验证”全流程支持，开发者可通过积分兑换算力资源；

3. 开源社区引领创新：开放原子旋武社区推动 Rust 语言在车载系统中的应用，统信软件将操作系统核心组件逐步开源，吸引超 800 万用户参与生态共建。这种开源模式加速技术迭代，例如 deepin 社区每月贡献代码超 10 万行。

7.5 商业价值

7.5.1 技术研发成本合理优化

AI 大模型对汽车基础软件技术链路中的研发成本的优化本质是通过“数据智能 – 研发智能 – 管理智能”的全链路革新，打破“成本 – 性能”的对立。

核心技术：围绕汽车基础软件生态技术链，其核心模块研发包含：实时操作系统、中间件、座舱交互引擎技术，研发迭代周期长达数月，且需投入大量资深工程师进行代码开发与性能调优，叠加算力资源的持续消耗，人力与算力成本长期居高不下，成为企业研发降本的核心瓶颈。AI 大模型通过强化学习与参数优化，压缩迭代时长 30%–50% 实现研发效率的数倍提升。

测试验证：测试验证是汽车基础软件研发的成本核心，传统人工测试覆盖场景不足，且单次完整测试（含环境搭建、用例执行、问题复现）成本较高。AI 大模型通过两大路径实现测试成本的系统性优化：

1. 构建自动化测试体系，基于用户行为数据与边缘场景特征，自动生成高覆盖率测试用例，替代重复性人工操作；

2. 开发精准缺陷定位模型，通过分析测试日志与代码关联关系，将缺陷定位时间缩短。

7.6 结语

AIOS 推动智能汽车多模态交互成为标配，未来，交互将突破【指令 + 响应】模式，通过构建动态场景知识图谱，实现 需求预判、服务主动推送，使终端用户的体验感深度转型。

AIOS 生态的演进本质是汽车产业数字化转型的核心载体，其发展将遵循 技术标准化、生态开放化 、体验个性化的路径。当 AIOS 赋能智能汽车成为会思考、懂情感、能进化载体时，人类出行方式将向更安全、高效、愉悦的方向跃迁。在这一进程中，能够构建开放生态、掌控核心技术、平衡安全与创新的参与者，将主导未来汽车产业的价值格局。

八、主要贡献单位

编写委员会：

顾　　问：李克强
主　　任：付炳锋
副 主 任：杨中平
专家指导组：瞿国春、刘法旺、杜强、许艳华、李方正、孟超、古永承、张贺伟、原诚寅、罗蕾、潘晓红、张衡、李岩、张晓谦、刘时珍、蔡伟杰、周剑光、孙键、李冰、钟卫东、蔡敏、曾剑隽、巫楚江
主　　编：谈民强
副 主 编：韩昭、李雅静、庄天然、耿茗晓、李成蹊、赵汉卿、白安琪
责任编辑：孙永建、王珺

主要撰写单位（排名不分先后）：

中国汽车芯片产业创新战略联盟：邹广才
中国第一汽车股份有限公司智能网联开发院：张晓谦、李岩
东风汽车集团有限公司：徐凤
中汽创智科技有限公司：杨晓辉
广州汽车集团股份有限公司汽车工程研究院：梁伟强、李晓平
吉利汽车研究院（宁波）有限公司：王环
广州小鹏汽车科技有限公司：胡绵洲、钟振
北汽福田汽车股份有限公司：田俊涛、钱国平
武汉二进制半导体有限公司：谢振新、张金银、张玮康、郑磊
零束科技有限公司：朱飞卿
上海智能汽车软件园：冷韦韦
东软睿驰汽车技术（上海）有限公司：孙键、向文玲、李冰、褚波、宋思蒙
北京经纬恒润科技股份有限公司：张贺伟、赵汉卿
博泰车联网科技（上海）股份有限公司：熊正桥、郭鹏、唐焱、闫辉、陈景、马浩锋
上海蔚来汽车有限公司：黄乐
中兴通讯股份有限公司：陈晓、胡冲
南京紫荆半导体有限公司：张同辉、蒋晓达、王崇
上海睿赛德电子科技有限公司：熊谱翔、余天国、陈家明、韩明裔
苏州挚途科技有限公司：李东军、潘常远、师强、范一武
湖北亿咖通科技有限公司：邓玉峥
普华基础软件股份有限公司：杨琳、王琳
中瓴智行（成都）科技有限公司：杨波涛
北京云驰未来科技有限公司：杨振明张津铭刘阳
武汉光庭信息技术股份有限公司：余贞金、程德心、叶雄飞、郝江波

支持单位

重庆长安汽车软件科技有限公司	上海拿森汽车电子有限公司
万向钱潮股份有限公司	东风汽车集团有限公司
长城汽车股份有限公司	科大讯飞股份有限公司
北汽福田汽车有限公司	上海汽车变速器有限公司
深圳威迈斯新能源股份有限公司	国家新能源汽车技术创新中心
上海重塑能源科技有限公司	蜂巢电驱动科技河北有限公司
紫光国微电子股份有限公司	亚杰科技（江苏）有限公司
千寻位置网络有限公司	阿里巴巴达摩院（杭州）科技有限公司
浙江吉利控股集团有限公司	湖南湖大艾盛汽车技术开发有限公司
星河智联汽车科技有限公司	联创汽车电子有限公司
耐世特汽车系统（苏州）有限公司	宇通客车股份有限公司
宁波均联智行科技股份有限公司	上海博泰悦臻电子设备制造有限公司
北汽新能源汽车股份有限公司	浙江吉利新能源商用车集团有限公司
奇瑞汽车股份有限公司	湖南湖大艾盛汽车技术开发有限公司
北京中科慧眼科技有限公司	湖南大学
上汽知从科技科技有限公司	深圳欣锐科技股份有限公司
华东师范大学	北京云驰未来科技有限公司
北京西能电子科技发展有限公司	岚图汽车科技有限公司
威马汽车科技集团有限公司	鱼快创领智能科技（南京）有限公司
禾多科技（北京）有限公司	浙江富特科技股份有限公司
华夏龙晖（北京）汽车电子科技股份有限公司	恩智浦（中国）管理有限公司
德创未来科技有限公司（陕汽）	日立汽车系统（中国）有限公司
电子科技大学	埃泰克汽车电子（芜湖）有限公司
上海合兴软件科技有限公司	上海扶丕悌软件有限公司
上海怿星电子科技有限公司	上海盖世网络技术有限公司
南京富士通南大软件技术有限公司	苏州云体科技有限公司
安波福（中国）科技研发有限公司	小华半导体有限公司
电装（中国）投资有限公司	陕西汽车集团股份有限公司
仓擎智能科技（上海）有限公司	北京奕斯伟计算技术股份有限公司
亿咖通（湖北）技术有限公司	杭州安恒信息技术股份有限公司
深圳市航盛电子股份有限公司	

中国汽车工业协会
中国汽车基础软件生态委员会（AUTOSEMO）
地址: 北京市丰台区汽车博物馆东路诺德中心11号楼33层
邮政编码：110160
联系电话：010-63979900
邮箱：autosemo-info@caam.org.cn
网址：www.autosemo.com