

## 智能驾驶的技术面

- 一、智能驾驶的技术发展路线
- 二、“车路云协同”一体化的发展

## 智能驾驶的技术发展路线

### 一、L3 及以上渗透加速

分级别来看，L1-L2+级别智驾已较为成熟；L3 的代表性功能为城市 NOA（Navigate on Autopilot），2024 年小鹏、理想等车企实现城市 NOA，为 L3 落地元年，预计 2025 年 L3 渗透率快速提升；L4-L5 级仍处于发展初期，基于弗若斯特沙利文预测，2024-2026 年全球 L4-L5 级渗透率分别为 0.1%/0.6%/1.3%，2027 年有望提至 4.4%。

海外企业，特斯拉 FSD 处于 L2 级别；奔驰最新 L3 级自驾系统-DRIVEPILOT 获准上路，即将在 2025 年初在德国上市销售；Waymo 为 L4 级别无人驾驶出租车。国内企业，华为、小鹏、理想、比亚迪等主流车企多处于 L2+级自动驾驶，华为和理想已经明确 2025 年将推出 L3 试点 demo，小鹏预计 2025 年实现类 L3 智能驾驶，智己预计 2026 年实现 L3 量产，小马智行、文远知行、百度 Apollo 定位 L4 级智驾。

### 二、NOA 配置价格持续下探，实现高阶智驾平权

2024 年多款高阶智驾车型推出，销量表现亮眼：2024 年新势力、自主品牌共同发力智驾，多款高阶智驾车型推出，价格覆盖 15-40 万元，热销车型小鹏 MonaM03、理想 L6、小米 SU7、问界 M7 月销均过万。小鹏 P7+ 已实现全系标配城市 NOA；理想高阶智驾仅限 Max 版本；小米、鸿蒙智行、

长城的城市 NOA 功能均为选配；比亚迪腾势 Z9GTPro 标配城市 NOA。目前智驾芯片主要采用英伟达 Orin-x，算力达 254/508Tops。

车企	上市时间	车型	价格（万元）	智驾系统	智驾功能	智驾芯片	11 月销量（辆）
小鹏	2024 年 8 月	MONA M03 Max 版	15.58	XNGP	标配高速 NOA、城市 NOA	双英伟达 Orin-x，508Tops	11,960
	2024 年 11 月	P7+	18.68-21.88				6,950
理想	2024 年 4 月	L6 MAX	27.98	AD MAX	标配高速 NOA、城市 NOA	双英伟达 Orin-x，508Tops	24,318
蔚来	2024 年 9 月	L60	20.69-25.59	Onvo smart driving	选配高速 NOA、城市 NOA	单英伟达 Orin-x，254Tops	5,082
小米	2024 年 4 月	Su7 Pro/Max	24.59	Xiaomi Pilot MAX	选配高速 NOA、城市 NOA	双英伟达 Orin-x，508Tops	23,156
赛力斯	2024 年 5 月	问界 M7 ultra	32.98	HUAWEI ADS	标配高速 NOA、选配城市 NOA	-	13,415
赛力斯	2024 年 9 月	问界 M9 5 座版	46.98-56.98			-	16,409
北汽	2024 年 8 月	享界 S9 MAX	39.98			-	1,058
长安	2024 年 11 月	阿维塔 11 增程版	27.99			-	238
长安	2024 年 10 月	启源 E07 MAX 版	24.99-31.99	长安智驾	标配高速 NOA、选配城市 NOA	单英伟达 Orin-x，254Tops	388
长城	2024 年 8 月	魏牌蓝山智驾版	29.98	COFFEE Pilot	标配高速 NOA、选配城市 NOA	单英伟达 Orin-x，254Tops	6,368
比亚迪	2024 年 9 月	腾势 Z9GT Pro	35.48	DIPILOT	标配高速 NOA、城市 NOA	单英伟达 Orin-x，254Tops	3,557
比亚迪	2024 年 11 月	方程豹豹 8	37.98-40.78	华为乾崮智驾 ADS	标配高速 NOA、选配城市 NOA		2,483

2024 年重点智能驾驶车型

目前，从标配看，2024 年前三季度城市 NOA 主要集中在 25-30 万元价格区间，占比 25.8%，主要车型有理想 L6、小鹏 G6/G9 等；从预埋看，主要集中在 25-30 万元价格区间，占比 38.9%，主要车型有 Model3/Y、小米

SU7 等。但可实现城市 NOA 的车型价格正在逐步下探，2024 年前三季度 15-20w 标配城市 NOA 的乘用车比重达 1.0%，而 2023 年仅 20 万元以上车型才可搭载该功能。高阶智驾车型正向 10w+ 价格带推进，包括丰田、奇瑞、小鹏等在内的多个品牌展出 20 万元以内搭载高阶智驾的车型，如小鹏 MONA M03、小鹏 P7+、丰田铂智 3X（（2025 年初上市），均可实现城市 NOA，做到全国都能开。

车型	售价 (万元)	智驾系统	芯片	传感器配置	实现功能
奇瑞风云 E05	预计起售价 15 万元	未披露	未披露	包含 1*激光雷达，位于车顶	城市记忆行车、高速领航、记忆泊车、循迹倒车，入门标配高速 NOA Lite 自动泊车
智己 3X	低于 20 万元	端到端高阶智驾辅助系统	Orin-X, 254TOPS	5R11V12U1L	高速道路和城市道路领航智驾
小鹏 MONA M03	11.98-15.58	XNGP	2*英伟达 Drive Orin,508TOPS	3R11V12U	高速 NGP、城市 NGP、跨楼层的记忆泊车
深蓝 L07	15.19-17.39	华为 ADS SE 智驾系统	-	3R10V12U	高速领航辅助、城区巡航辅助、智能泊车辅助
奇瑞 iCAR 03T	13.98-14.98	基于威行平台开发	-	3R7V8U	高速领航、城市记忆行车、跨层记忆泊车
小鹏 P7+	18.68-21.88	XNGP	双 Orin-X 智驾芯片	3R12U12V1L	高速+城市智能辅助驾驶
零跑 C11 增程 300 智驾版	中型 SUV	18.58 万	单英伟达 Orin-X	5R12U12V	标配高速 NOA
乐道 L60	中型 SUV	20.69-25.59 万	单英伟达 Orin-X	1R12U11V	选配高速、城市 NOA
吉利银河 E8 智驾版	中大型车	21.88 万	2 颗 A1000	5R12U10V	标配高速 NOA、记忆泊车等
比亚迪海狮 07EV	中型 SUV	18.98-23.98 万	-	5R12U11V	智驾版标配高速 NOA

20 万级别及以下高阶智驾车型梳理

三、功能持续演进，从“城市 NOA”到“车位到车位”

2024 年主要为城市 NOA 的开城阶段，截至 2024 年底，主流车企均已实现全国全量推送城市 NOA，但落地速度有差异，小鹏、华为、理想率先完成，其他车企多于 Q4 实现全国都能开。“车位到车位”成为最新的

智驾体验标准，背后包含全场景覆盖、应对复杂路况、连接泊车功能。特斯拉、华为、理想、小鹏、小米、极氪六名智驾玩家，都进入「车位到车位」的竞争。节奏来看，理想、华为已经在年底全量推送了「车位到车位」功能，小米、小鹏、特斯拉都开启了不同程度的内测，都预计 2025 年开启全量推送，极氪则预计一季度分批推送，Q2 全量推送。2025 年第一梯队的小鹏、华为、理想将重点发力车位到车位功能，其他车企进一步夯实其城市 NOA 的能力。

	场景
全场景覆盖	停车场到公开道路、公开道路到园区、园区地面到地下车库、过闸机等
应对复杂路况	应对复杂路口、汇流变道、识别并避让特种车辆，实现 U 型掉头等特殊操作，做到全程无接管
连接泊车功能	出色的泊车能力，如侧方位、断头位、刁钻车位个一把到位

车企/品牌	智驾系统	智驾方案	功能	代表车型	硬件芯片	自研/合作
特斯拉	FSD	纯视觉	北美地区城市 NOA 全量推送	全系配备	双 FSD2.0 芯片	自研
问界/智界/享界/尊界	华为 ADS3.0	激光雷达方案	城市 NOA 全国全量推送;车位到车位全量推送	全系配备	MDC610 芯片	自研
小鹏	XNGP	纯视觉	城市 NOA 全国全量推送;车位到车位已开启全量首测	P7+全系标配	双 Orin-x 芯片	自研
理想	AD Max	端到端+VLM	城市 NOA 全国全量推送	MAX 车型标配	双 Orin-x 芯片	自研
蔚来	Banyan3	激光雷达方案	城市 NOA 全国全量推送	全系配备	4 颗 Orin-x 芯片	自研
智己	IM AD	激光雷达方案	城市 NOA 全国全量推送	L7/LS6	Orin-x 芯片	与 Momenta 联合开发
小米	Xiaomi Pilot Pro/Max	Pro 纯视觉、Max 激光雷达	城市 NOA 全国全量推送	Su7 Max	双 Orin-x 芯片	自研
极氪	NZP	激光雷达方案	城市 NOA 全国全量推送	极氪 007	双 Orin-x 芯片	自研
比亚迪	天神之眼	激光雷达方案	城市 NOA 全国全量推送	腾势 N7/腾势 Z9GT/仰望 U8 豪华版	Orin-x 芯片	自研
方程豹	华为豹智驾	激光雷达方案	城市 NOA 全国全量推送;车位到车位全量推送	豹 8	-	与华为合作
长城	Coffee Pilot Ultra	视觉+激光雷达融合方案	城市 NOA 全国全量推送	蓝山 MAX 版	Orin-x 芯片	自研
长安	长安智驾	激光雷达方案	高速领航辅助、自动打灯并线、车道巡航辅助	启源 E07	Orin-x 芯片	自研
阿维塔	华为 ADS3.0	激光雷达方案	城市 NOA 全国全量推送;车位到车位全量推送	全系配备	MDC810 芯片	与华为合作
深蓝	华为 ADS SE	激光雷达方案	城市 NOA 全国全量推送;车位到车位全量推送	S07/L07	-	与华为合作
零跑	Leapmotor Pilot	激光雷达方案	25 个城市推送高速 NAP	C10/C16 智驾版	Orin-x 芯片	自研
吉利	-	-	标配高速 NOA、记忆泊车	银河 E8	2 颗 A1000	采用黑芝麻智驾方案
广汽	城到端高阶智驾辅助系统	激光雷达方案	高速道路和城市道路领航智驾	智驾 3X	Orin-X	与 Momenta 合作
广汽全新高端品牌	华为 ADS	激光雷达方案	城市 NOA 全国全量推送;车位到车位全量推送	-	-	与华为合作
东风岚图	华为 ADS3.0	激光雷达方案	城市 NOA 全国全量推送;车位到车位全量推送	全新岚图梦想家	-	与华为合作
东风猛士	华为智驾	激光雷达方案	城市 NOA 全国全量推送;车位到车位全量推送	猛士 917	-	与华为合作

### 主流车企智驾进展情况

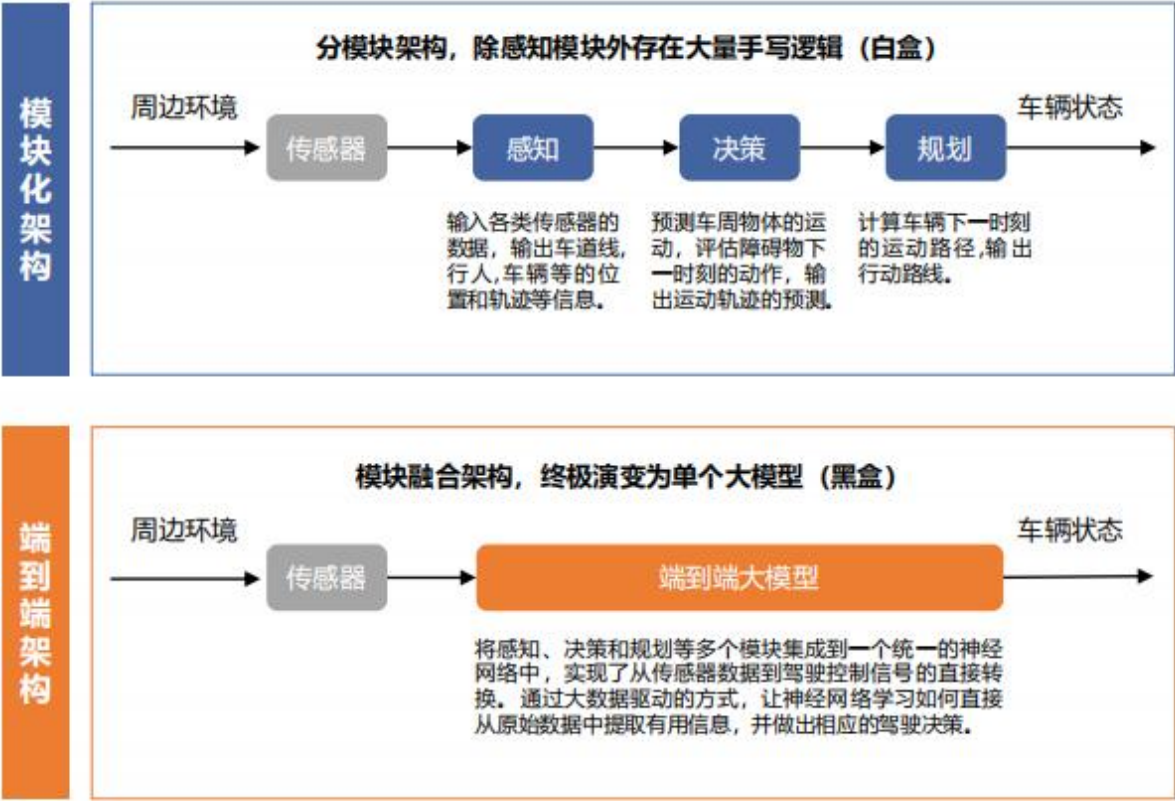
## 四、智驾路线向“端到端”演进

模块化方案各有千秋，传统自动驾驶架构存内生局限性。传统上自动驾驶分为感知、决策、规划与控制等模块，通过模块化的方式完成自动驾驶任务。模块化方案中，每个独立的模块负责单独的子任务，具备简化研发团队分工、便于问题回溯、低耦合、可解释性高、易于调试迭代等优点，但由于将不同任务解耦，各个模块相对于最终的驾驶规划目标存在信息损失问题，因此往往会丢失最优性，另外多个模块间优化目标不一致，误差会在模块间传递，造成误差传递。

多任务结构可降低整体运算成本，但仍无法实现全局最优。据《端到端自动驾驶系统研究综述》（陈妍妍等，2023），多任务架构基于“任务并行”理念的，使多个任务共享提取主干网络，并为每个任务单独设置解码组件，可降低整个系统运行过程的计算开销，实现更高效的推理速度。但该范式模型主要学习的是在多个任务间找到最佳平衡点来实现性能的相对最优，而非保证每个任务均达到最优。此外，不同任务间的优化目标并不一致，如感知模块的检测任务追求平均精度，规划模块以最小位移误差为评价指标以追求驾驶的安全性及舒适性，这将导致整个系统内存在冲突，无法朝着统一的优化方向进行学习，共用较大差异性的任务特征也可能损害最终的预测规划结果。

目前，已投入市场的智能驾驶系统大多数采用模块化架构，将驾驶任务划分为感知、决策和规划等独立模块，通过工程师编写大量代码去制定相关规则。简单来说，模块化架构就像一条流水线，通过多个步骤的加工，最终生成可执行的驾驶指令。模块化方案具备简化研发团队分工、便于问

题回溯、可解释性高、易于调试迭代等优点，车企可以在较短的时间看到成效；但由于将不同任务解耦，各个模块相对于最终的驾驶规划目标存在信息损失问题，因此往往会丢失最优性，另外多个模块间优化目标不一致，会造成误差传递。



自特斯拉在 2023 年末推出 FSD V12 之后，端到端技术成为越来越多车企竞争的新赛道，小鹏、鸿蒙智行、腾势、理想、蔚来等均开始发力端到端技术。端到端架构将感知、决策和规划等多个模块集成到一个统一的神经网络中，实现了从传感器数据到驾驶控制信号的直接转换。与模块化架构最本质的区别是，它不再依赖编程来处理特定驾驶场景，而是让神经网络学习如何直接从原始数据中提取有用信息，并做出相应的驾驶决策。端到端一方面可以使整体决策效果最优，同时也能显著降低中间环节成



本（例如，代码量从 FSD V11 的 31 万行减少到 FSD V12 的 2000 行）。端到端路线对于数据量和算力能力均有较高的要求，同时端到端路线由于省略了前期大量代码铺垫的过程，预计需要输入超过 100 万个视频后，基于神经网络的自动驾驶系统才开始表现良好。

技术路线逐步由模块化演进为端到端已经形成趋势，行业比较普遍的做法是采用分模块实现端到端演进，各家车企具体的技术路径也略有差异，未来单车智能技术发展的终局需要由市场给出答案。

端到端架构具备设计优势，整体效果有望更佳。据《端到端自动驾驶系统研究综述》（陈妍妍等，2023），端到端架构直接从车辆状态和传感器采集的外部环境数据中学习策略，通过绕过中间组件来消除潜在的信息瓶颈和累积误差，并允许网络效仿人类驾驶员朝着最终目标持续优化。

端到端技术路线上，一段式端到端将智驾的感知、预测决策、规划等多个模块合为一体；两段式端到端，一段是感知与决策阶段，其次是规划与控制阶段。目前，华为、百度 Apollo、小鹏汽车等采用两段式端到端，特斯拉、商汤科技、Momenta 则是一段式端到端。多家车企开始转向“一段式端到端”，华为一段式预计 2025 年量产，ADS4.0 将搭载；小米汽车将原来“感知”和“规控”两个二级部门合并为“端到端算法与功能部”，或将一段式作为目标；理想汽车、广汽埃安等均已布局“一段式端到端”。

车企	端到端路线
特斯拉	一段式端到端
理想	端到端（两段式）+VLM
华为	一段式端到端预计 25 年推出
小鹏	端到端（两段式）
上汽智己	联合 Momenta 打造一段式端到端

端到端助力高阶智驾的竞争重点从算法转向数据+算力。凭借全局优化、更高计算效率、更强泛化能力等优点，端到端技术迅速成为高阶智能驾驶方案当前最优解。参考高速 NOA 的发展历史，判断城市 NOA 等高阶智驾经过 24 年的大规模的落地应用后，在端到端大模型技术的加持下，有望在 2025 年从“能用”迈向“好用”。高阶智驾将成为 toC 乘用车市场竞争的重要手段。在端到端智驾方案中，数据和算法是最核心两大要素。因此，高阶智驾的竞争重点算法维度转向数据+算力。

## 五、中美多城市进入 Robotaxi 1.0 阶段

Robotaxi 即自动驾驶出租车，是一种利用人工智能、传感器、通信等技术实现自主行驶的出租车。这些车辆通常配备了高精度地图、摄像头、雷达、超声波等设备，能够感知周围的环境和交通状况，并通过算法和控制系统进行路径规划、避障、加减速、转向等操作。乘客可以通过手机 APP 或者语音识别等方式预约或者叫到自动驾驶出租车，并输入目的地。自动驾驶出租车会按照最优路线将乘客送达目的地，并完成付款和评价等流程。由于技术水平相对领先、政策支撑力度大、监管开放早，中美两国已在武汉、北京、上海、凤凰城、旧金山等多个城市开展 Robotaxi 商业化运营。目前，Robotaxi 的开发企业主要分为 3 大类：1）互联网企业：

百度 Apollo、谷歌 Waymo、文远知行 WeRide、小马智行 PonyPilot、亚马逊 Zoox 等；2）传统车企：特斯拉、小鹏汽车等；3）出行企业：曹操出行、滴滴、如祺出行等。

公司	自动驾驶行驶里程	运营城市	出行运营平台	车型	车队规模	合作车企	运营模式
特斯拉 Robotaxi	16 亿公里（截至 2024.4）	-	TESLA Network	Cybercab、Model 3、Model Y	-	无	自有车队+运营商+购车用户
通用 Cruise	160+万公里（截至 2023.2）	美国凤凰城、旧金山和奥斯汀	Lyft、Uber	雪佛兰 Bolt EV、Cruise Origin	300+辆（截至 2023.8）	通用、本田	自有车队运营
谷歌 Waymo	3200+万公里（截至 2024.6）	美国凤凰城、旧金山、洛杉矶和奥斯汀	Lyft、Uber	捷豹 I-Pace、Pacifica 改装车、Waymo-Zeekr	700+辆（截至 2024）	捷豹、克莱斯勒、极氪	自有车队运营
百度 Apollo	1 亿+公里（截至 2024.4）	北上广深、福州、成都等 12 个城市	萝卜快跑、百度地图	红旗 EV EHS-3 改装车、Apollo RT6	1000+辆（截至 2023.8）	广汽埃安、威马、北汽极狐、江铃、一汽红旗	车企+政府+科技公司合资模式
文远知行 WeRide	2500+万公里（截至 2024）	北京亦庄和广州	WeRide Go、高德地图、如祺出行	AION S、轩逸、林肯 MKZ 改装	600+辆（截至 2024.4）	广汽、日产、雷诺、福特	车企+政府+科技公司合资模式
小马智行 PonyPilot	3000+万公里（截至 2024.2）	北京、广州、上海和深圳	PonyPilot+、如祺出行、曹操出行、T3 出行	Aion LX、林肯 MKZ	450+辆（截至 2024.7）	丰田、现代、一汽、广汽	车企+政府+科技公司合资模式
滴滴自动驾驶	-	上海、广州、苏州和北京	滴滴出行	沃尔沃 XC60 改装	200+辆（截至 2023.4）	广汽埃安、沃尔沃	车企+政府+出行平台合资模式

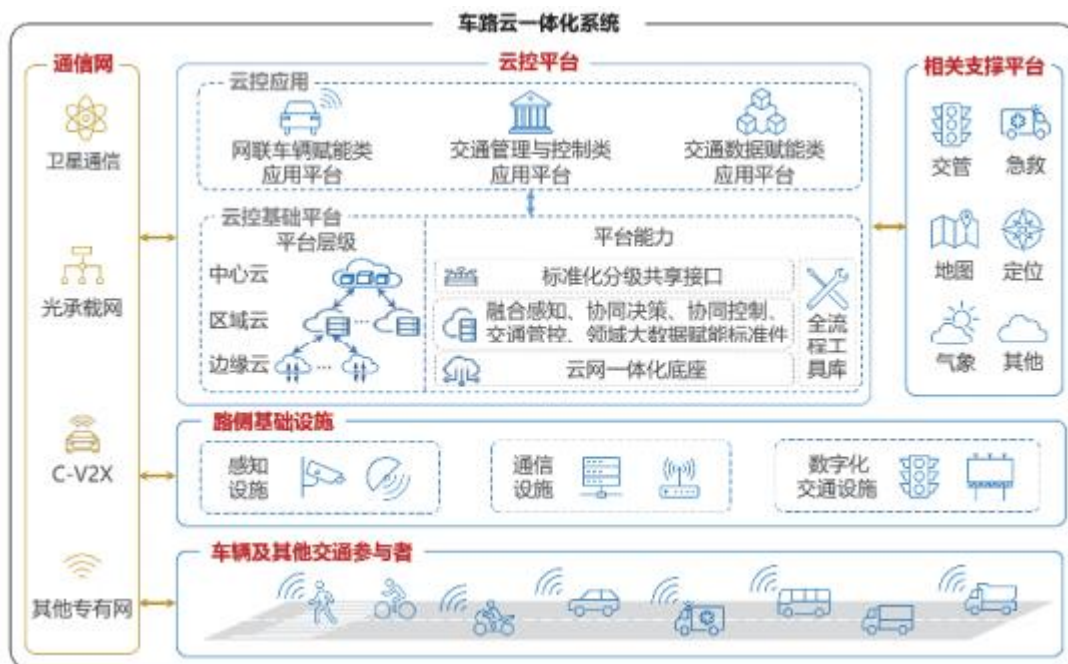
Robotaxi 核心玩家对比

# “车路云协同”一体化的发展

## 一、车路云一体化系统的概念

车路云一体化系统（Vehicle-Road-Cloud Integrated System，VRCIS）是通过新一代信息与通信技术将人、车、路、云的物理空间和信息空间融合为一体，基于系统协同感知、决策与控制，实现智能网联汽车交通系统安全、节能、舒适及高效运行的信息物理系统。其解决了单一车辆感知能力的限制和信息孤岛现象，通过实时共享交通数据和协同决策，最大化自动驾驶的安全性能和运作效率。

作为一种系统级解决方案，相比单车智能，车路云一体化强调车端与路端的协同发展。2024 年 7 月，五部委政策出台，确定了 20 个城市（联合体）为智能网联汽车“车路云一体化”应用试点城市，各地项目招标建设逐步落地，车路云产业化进展有望加速。



**车端：**智能网联汽车，是系统的关键组成，既是产生交通动态数据的

核心来源，也是路侧基础设施和云控平台的主要服务对象。智能网联汽车的感知和决策信息通过 C-V2X 通信，上传到路侧和云端，同时也接收路侧和云端下发的感知信息和决策建议，还通过 C-V2X 通信与周边车辆交互车辆状态、驾驶意图等信息。经过感知融合，最终形成车辆决策和控制指令，实现智能驾驶功能。

**路端：**智能化路侧基础设施，是增强智能网联汽车感知的有效补充手段，是实现云端数字孪生的主要信息路径。路侧基础设施主要包括路侧通信单元、路侧计算单元、路侧感知设备和交通信号设施等，以实现车路云互联互通、环境感知、局部辅助定位、交通信号实时获取等功能。

**云端：**云控平台，是车路云一体化智能网联汽车的核心特征。云控平台包括云控基础平台和云控应用平台。云控基础平台是智能网联汽车的中枢，也是连接所有系统要素的桥梁，是汽车由单纯的交通运输工具逐步转变为智能移动空间和应用终端的产业化核心所在。云控应用平台建设在基础平台之上，是支撑车辆行驶性能优化与运营全链路精细化管理的云端协同管控平台，面向智能网联汽车提供有效整合的车路云感知、决策、控制信息。

**其他：**相关支撑平台，是指保障云控基础平台发挥共性基础作用所必需信息的支撑平台，如提供地图服务的动态地图平台、提供实时定位的卫星导航服务平台、提供天气信息的气象预警平台等。

## 二、单车智能和车路云协同的关系

“单车智能”和“车路云协同”双路线并行发展推动技术进步。单车智能：侧重于由单车做出感知、计算和驾驶决策，目前发展相对成熟，

市场中主要的智驾方案多数为单车智能；车路云协同： 由车辆、道路和云控平台共同完成车辆控制， 目前处在早期阶段， 但是未来发展的主要趋势。

单车智能和车路云协同不是两条独立的技术路线， 两者具有相互促进作用。**单车智能是发展智能驾驶的基础**， 具有形成规模化和商业化周期短、投入相对少的特征， 更强调车本身的感知和算法水平， 不依赖路侧和云端的数据协同，可以有效解决车路云协同前期基建投入大、见效慢的痛点。

而车路云协同是智能驾驶模式的升级， 其具备超视距感知和群体协同决策等优势， 助力单车智能解决广域的交通信息交互需求（例如， 了解到几公里外的桥梁坍塌、快速疏通拥堵路段等）， 弥补单车的局限性， 拓展自动驾驶的运行设计域。



## 单车智能与车路云协同螺旋发展趋势

