

汽车智能座舱分级与综合评价白皮书

目 录

一、 导言	1
1.1 发展汽车智能座舱的战略意义	1
1.2 开展汽车智能座舱分级与评价的目的	2
二、 汽车智能座舱定义、分级与技术架构	3
2.1 整体思路	3
2.2 智能座舱定义与分级	4
2.3 智能座舱技术架构	5
2.4 蓝图与典型示例	8
三、 汽车智能座舱综合评价	11
3.1 整体思路与评价框架	11
3.2 面向产品的评价体系	13
3.2.1 安全维度评价指标体系	13
3.2.2 智能维度评价指标体系	15
3.2.3 面向产品的客观测试评价方法	17
3.3 面向用户体验的评价体系	18
3.3.1 高效维度评价指标体系	18
3.3.2 愉悦维度评价指标体系	20
3.3.3 面向用户体验的主客观测试评价方法	22
四、 总结与展望	24
4.1 总结	24
4.2 展望	24
附录 主要参与单位和专家	26

一、 引言

1.1 发展汽车智能座舱的战略意义

新一轮科技革命与产业变革加速演进，智能网联汽车成为跨行业、多领域先进技术集成应用的载体，也将成为万物互联时代驱动智能交通、智慧能源、智慧城市深度融合发展的超级终端。智能座舱是智能汽车各类新技术的综合应用空间，智能化技术、产品和市场相互融合、形成良性循环。发展智能座舱有助于提升产业整体竞争能力和创新能力，带动智能汽车产业生态发展。

智能座舱是企业实现差异化竞争的关键领域，是传统汽车制造业向智能汽车产业生态升级的入口，对行业和企业发展具有重要的现实意义和战略意义。

1. 智能座舱是汽车行业技术创新的集中增长点。

传统内饰、车机与人机交互难以支撑智能座舱新产品的开发。智能座舱涵盖信息通信技术、电子技术、认知科学、虚拟现实、人机交互、人工智能等多领域；包含了如舱内硬件电子化、舱域控制系统集成化、座舱整体环境宜人化等综合技术，兼具高新技术和交叉技术双重特征，是技术创新的爆发区。

智能座舱直接面对消费者，可以显性展示智能网联各类技术的整体应用水平、实际效果，并进行市场验证，是传统汽车向智能汽车产品形态演进升级的落脚点。

2. 智能座舱成为智能网联汽车市场化的突破口。

智能座舱当前主要聚焦于人机交互和消费者体验等车内技术功能，较少触及安全等外部法律约束条件，短期技术实现的难度小，且用户感知度高，对比自动驾驶技术，智能座舱更易在推动智能网联汽车市场化发展方面形成突破。

智能座舱技术领域和产业生态覆盖范围广、延展性强，很多领域的技术应用能快速迁移到智能座舱，如各类消费电子平台、可穿戴设备、生命体征检测等。相比传统座舱，智能座舱更强调内容和服务，这极为依赖“平台+生态”的构建。未来的座舱不再是孤立的出行载具空间，而是连接万物的智能移动空间，从而形成千亿级甚至万亿级市场，能有效促进各领域相关技术研发进步，并直接带动消费电子、汽车电子、芯片产业、生态服务等大量相关产业发展。

3. 智能座舱是智能汽车与智能交通、智慧城市融合发展的关键节点。

智能汽车正成为继个人计算机、智能手机之后的新一代智能终端。芯片、OS、全场景协同、以及生态发展，对于打造智慧出行新体验至关重要，汽车智能座舱作为“第三空间”和人车交互的主要界面，将成为连接人、车、环境的关键节点，伴随人机交互、网联服务、场景拓展的深化，智能网联汽车将通过智能座舱全面融入智慧交通和智慧城市生态。

4. 智能座舱将成为未来全球汽车产品力竞争的重要因素。

智能座舱是最容易被用户理解、感知和接受的汽车智能化技术领域，随着消费者对智能座舱关注的提升，智能座舱受到汽车制造商的高度重视。在未来智能汽车为主导的市场竞争中，智能座舱的发展，将直接影响汽车产品力竞争态势，甚至进一步影响全球汽车产业的市场格局。

1.2 开展汽车智能座舱分级与评价的目的

目前，智能座舱的开发主要基于传统技术量变式的演进，国内外尚未形成针对智能座舱系统本身作为新技术新产品的正向开发思路。其根本原因是智能座舱市场快速爆发，加之智能座舱属于多学科融合领域，行业尚未有一套系统性理论支撑，更没有形成相关理论-技术-产品的研究链条。

本项研究聚焦于智能座舱基础性工作，重点围绕三项任务展开：一是对汽车智能座舱进行定义与分级；二是对未来智能座舱发展提出技术架构，并结合技术发展特点描绘蓝图；三是面向智能座舱产业需求，研究提出一套可供行业自定义、模块化选用的综合评价框架体系。

汽车智能座舱分级与综合评价是智能座舱基础性工作的两项独立任务。智能座舱分级是面向未来智能座舱技术演进的划分；综合评价是面向近期产品研发需求的测评，不是对智能座舱分级的评价。

二、汽车智能座舱定义、分级与技术架构

2.1 整体思路

以技术引领和应用规范为目标，从人-机-环融合的角度对智能座舱进行定义分级。智能座舱的核心是更好的服务驾乘人员，对智能座舱各个等级所应具备服务驾乘人员的能力进行划分：明确每个级别座舱的人机交互能力、场景拓展能力、网联服务能力。（1）人机交互能力：座舱对舱内人员的感知从被动到主动，座舱任务的执行从授权执行到主动执行；（2）网联服务能力：从车机服务，到车舱服务、可升级网联云服务，再到开放网联云服务，最终实现云控平台服务的连接；（3）场景拓展能力：由舱内部分场景到舱内全场景，由舱外部分场景到舱外全场景。确定从“功能座舱”到“全面认知智能座舱”的五个智能座舱级别，该表格所描述的仅为每个级别应具备的最低能力。

人机交互能力代表着智能座舱感知、理解并做出相应决策服务驾乘人员的能力，网联服务能力代表着智能座舱为驾乘人员提供丰富功能和服务的能力，场景拓展能力代表着智能座舱服务驾乘人员边界的拓展能力（从驾驶员到驾乘人员，从舱内到舱内外）。人机交互、网联服务和场景拓展三种能力相互支撑，共同促进智能座舱整体服务驾乘人员能力的提升。

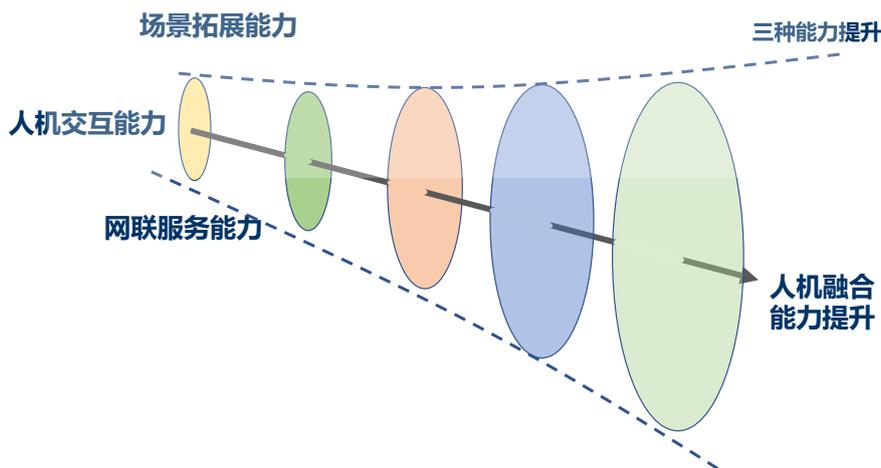


图 2-1 智能座舱分级整体思路

2.2 智能座舱定义与分级

1. 汽车智能座舱定义

汽车智能座舱是指搭载先进的软硬件系统，具备人机交互、网联服务、场景拓展的人-机-环融合能力，为驾乘人员提供安全、智能、高效、愉悦等综合体验的移动空间。

2. 汽车智能座舱分级

智能座舱包括人机交互、网联服务、场景拓展三个技术维度，其分级也对应地按照人机交互、网联服务和场景拓展三个技术维度区分。表 2-1 描述了汽车智能座舱分级。在人机交互维度，按照座舱任务的执行过程表述为感知主体和执行主体，等级越高表示智能座舱任务主动交互能力越强；在网联服务维度，按照座舱任务的服务内容分为从舱域服务到社会级服务的四个等级，不同等级表示智能座舱任务服务内容的不断丰富；在场景拓展维度，按照座舱任务的执行范围分为舱内场景和舱外场景，不同等级表示智能座舱任务执行场景的不断拓展。

表 2-1 汽车智能座舱分级

层级	主要特征	人机交互	网联服务	场景拓展
L0 功能座舱	任务执行发生在舱内场景；座舱被动式响应舱内驾驶员和乘员需求；具备车机服务能力	被动交互	车机服务	舱内部分场景
L1 感知智能座舱	任务执行发生在舱内场景；座舱在部分场景下具备主动感知舱内驾乘人员的能力，任务执行需要驾驶员授权；具备面向驾乘人员的舱域服务能力	授权交互	舱域服务	舱内部分场景
L2 部分认知智能座舱	任务可跨舱内外部分场景执行；座舱具备舱内部分场景主动感知驾乘人员的能力，任务可部分主动执行；具备可持续升级的网联云服务能力	部分主动交互	可升级网联云服务	舱内外部分场景
L3 高阶认知智能座舱	任务可跨舱内外部分场景执行；座舱具备舱内全场景主动感知驾乘人员的能力，任务可部分主动执行；具备开放的网联云服务能力	部分主动交互	开放网联云服务	舱内全/舱外部分场景
L4 全面认知智能座舱	任务可跨舱内外全场景执行，舱内可以无驾驶员；座舱具备舱内全场景主动感知舱内人员的能力，任务可完全主动执行；具备云控平台服务能力	主动交互	云控平台服务	舱内外全场景

座舱主动感知：座舱能够通过多种感知方式，充分理解人的行为状态并做出相应智能决策。

座舱授权执行：座舱能够通过智能决策，主动给出操作建议，请求授权后执行对应任务。

座舱部分主动执行：座舱能够通过智能决策，在部分场景下可以自主执行对应任务。

座舱主动执行：座舱能够通过智能决策，自主执行对应任务。

车机服务：用户能够使用车机系统内功能，如导航、音乐、电话等功能/服务，不能实时在线更新信息。

舱域服务：座舱具备确定的网联座舱域服务，用户利用车机系统操控舱内电子电气设备，可对车辆远程进行管理，享受车内导航、音乐、电话、信息查询等联网实时信息与服务。座舱具备有限的确定的应用下载和升级能力（不具备给未来新内容和服务生态开发者提供开放可自主升级服务的云平台能力）。

开放网联云服务：在舱域服务的基础上，内容和服务开发者能够在座舱生命周期内，基于座舱开放云服务平台自主创新内容和服务并持续升级，用户在生命周期中可以下载新应用与服务或者升级服务、常用常新。

云控平台服务：接入云端，网联平台具备超低时延，融入车路云一体化云控平台，实时与相关服务互联互通，拥有丰富的在线资源，串联虚拟与物理空间。

场景：智能座舱场景是指人和座舱的交互场景，包括出行、办公、娱乐、社交和其他场景。智能座舱场景拓展与交互技术、网联技术是高度关联和密切互动的，由此在智能座舱的不同发展阶段呈现出场景拓展的阶段性和相对完备性。

认知智能：以人类认知体系为基础、以模仿人类核心能力为目标的技术科学，对应人类情感、理解、推理、注意力和记忆等功能；作为人工智能发展的高级阶段，具有交互性、情境性与适应性等特点。

2.3 智能座舱技术架构

智能座舱涉及汽车、人机交互、信息通信、人工智能等多领域技术和多学科交叉，其技术架构较为复杂，可划分为“三横三纵”式技术架构。“三横”是指智能

座舱主要涉及的人机交互技术、系统与零部件关键技术和基础支撑关键技术，“三纵”是指支撑智能座舱发展的车舱平台、云平台 and 扩展设备，如图 2-2 所示。

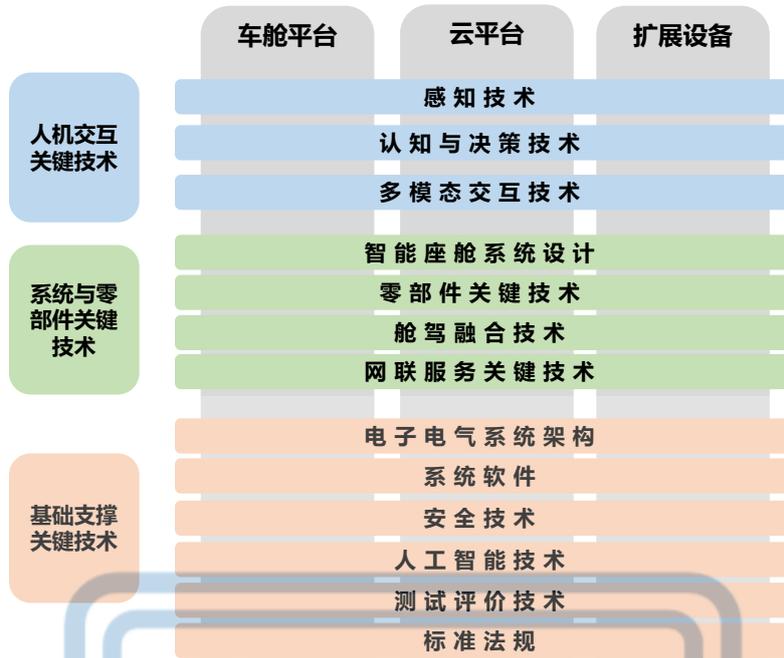


图 2-2 智能座舱“三横三纵”技术架构

图 2-2 中，云平台指除了车舱平台本身以外，还包括能够支撑智能座舱发展的网联服务条件，比如：开放网联云服务、云控平台、元宇宙座舱技术等。扩展设备指除了车舱平台本身以外，还包括能够支撑智能座舱发展的人机融合与场景拓展条件。比如：智能手机、智能手表、智能家居、以及未来可能应用于智能座舱任务中的其他可设备（AR，VR，可穿戴脑机接口）等。

近年来，作为容易被消费者感知的“第三空间”，众多整车制造、科技公司、信息通信企业、新型供应商等都在加大智能座舱的研发投入与商业应用，技术快速迭代、新技术新应用层出不穷。智能座舱是既有理论问题，也有技术问题，还有产品问题的研究领域。从用户需求出发，梳理下一代智能座舱领域的关键技术，针对性基础问题进行产业协同，建立产业生态是智能座舱领域进一步快速发展的紧迫要求。为此，智能座舱白皮书在进一步研判技术演进路径和商业应用时间的同时，将技术体系架构在人机交互关键技术、系统与零部件关键技术、基础支撑关键技术基础上，进行了第二层级与第三层级子领域技术分解研究，如表 2-2 所示。

表 2-2 智能座舱“三横三纵”技术体系

第一层级	第二层级	第三层级	
人机交互关键技术	感知技术	单模态感知技术	
		多模态感知融合技术	
	认知与决策技术	舱内人员行为与状态识别技术	
		舱内人员行为与状态预测技术	
		动态场景认知技术	
		座舱智能决策技术	
	多模态交互技术	基于五感（视觉、听觉、触觉、嗅觉、体感）的交互呈现技术	
		自然交互策略技术	
		舱内人员状态调节技术	
		脑机接口技术	
	系统与零部件关键技术	智能座舱系统设计	智能座舱静态系统设计
			智能座舱动态系统设计
智能座舱场景库技术			
零部件关键技术		感知零部件技术	
		交互零部件技术	
		可扩展设备零部件技术	
网联服务关键技术		专用通信芯片与模块技术	
		车载信息交互终端技术	
		5G/6G 网络切片及应用技术	
		生态应用技术	
		座舱云平台与元宇宙座舱技术	
舱驾融合技术		舱驾感知层融合技术	
		舱驾决策规划层融合技术	
		人机共驾技术	
		舱驾全融合技术	
基础支撑关键技术		电子电气系统架构	域控制器为核心的硬件架构技术
	中央 SoC 计算平台技术		
	通信和网络架构技术		
	数据架构技术		

第一层级	第二层级	第三层级
基础支撑 关键技术	系统软件	SOA 软件架构技术
		软件平台 OS 技术
		Hypervisor（中间件虚拟化）技术
		智能座舱虚拟开发与仿真软件技术
		OTA（远程升级）技术
	安全技术	信息安全技术
		功能安全技术/预期功能安全技术
	人工智能技术	新一代人工智能与深度学习技术
		自然语言处理技术
		混合增强智能技术
		虚拟现实智能建模技术
	测试评价技术	面向产品的测试评价技术
		面向用户的测试评价技术
		测试评价指标与规范化
		测试评价工具软/硬件开发技术
	标准法规	标准体系与关键标准构建
		标准技术试验验证
		前瞻标准技术研究
		国际标准法规协调

2.4 蓝图与典型示例

1. 蓝图

根据智能座舱的人机交互、网联服务、场景拓展发展趋势，智能座舱分阶段发展里程碑如下：

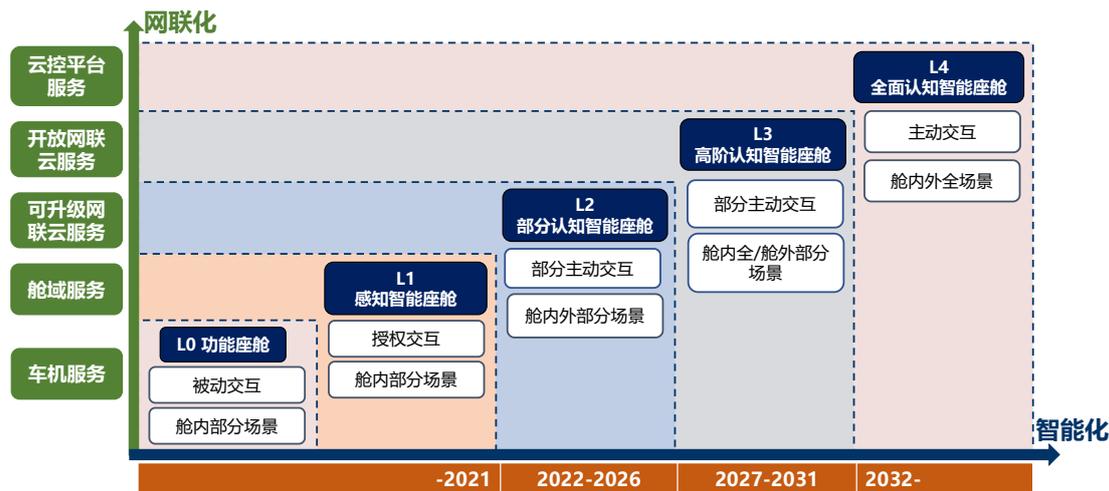


图 2-3 蓝图 (Roadmap)

第一阶段：L2 级部分认知智能座舱实现大规模市场化普及，智能座舱具备在舱内外部分场景下的座舱主动感知、座舱部分主动执行的能力，普遍实现可持续升级的云服务能力。同时，L3 级高阶认知智能座舱开始市场导入，预计将在 2025 年左右实现。

第二阶段：L3 级高阶认知智能座舱实现大规模市场化普及，智能座舱具备舱内全场景舱外部分场景下的座舱主动感知、座舱主动执行的能力；同时融入开放网联云服务，实现相关互联互通，拥有丰富的在线资源，初步实现智能座舱虚拟空间和物理空间融合发展。该级别会出现更多面向驾乘人员个性化情感化需求的舱内外场景。同时，全面认知智能座舱（L4）开始市场导入，预计将在 2030 年左右实现。

第三阶段：L4 级全面认知智能座舱逐步实现大规模市场化发展，智能座舱具备舱内舱外全场景下的座舱主动感知、座舱主动执行的能力；与自动驾驶系统实现感知、决策、规划、控制全面融合；同时进一步融入车路云一体化云控平台，及其他元宇宙相关的技术平台，最终形成可为驾乘人员提供安全、智能、高效、愉悦等综合体验的“第三空间”，预计将在 2035 年以后实现。

2. 智能座舱典型示例

L0：功能座舱

表述：任务执行发生在舱内场景；座舱被动式响应舱内驾驶员和乘员需求；具备车机服务能力。

典型示例：驾乘人员可以在车内使用导航、音乐、电话等功能。

L1：感知智能座舱

表述：任务执行发生在舱内场景；座舱在部分场景下具备主动感知舱内驾乘人员的能力，任务执行需要驾驶员授权；具备面向驾乘人员的舱域服务能力。

典型示例：座舱感知到舱内温度偏高，根据舱域服务主动向驾驶员询问是否需要打开周围的空调出风口，并将温度降低，获得驾驶员授权后，调整空调温度和风量。

L2：部分认知智能座舱

表述：任务可跨舱内外部分场景执行；座舱具备舱内部分场景主动感知驾乘人员的能力，任务可部分主动执行；具备可持续升级的网联云服务能力。

典型示例：座舱可以识别不同驾驶员，主动推荐驾驶员当前时段（如：上下班）常用功能（空调、音乐）。根据驾驶员到达时间，到家后选择打开家里的智能家居产品，如：空调、热水等。

L3：高阶认知智能座舱

表述：任务可跨舱内外部分场景执行；座舱具备舱内全场景主动感知驾乘人员的能力，任务可部分主动执行；具备开放的网联云服务能力。

典型示例：座舱感知到某位乘客行为状态参数有异常，初步诊断为紧急情况，需要去医院就诊，座舱立刻通过开放网联云服务平台主动联系就近的医院就诊，同时座舱主动联系乘客家属或紧急联系人。

L4：全面认知智能座舱

表述：任务可跨舱内外全场景执行，舱内可以无驾驶员；座舱具备舱内全场景主动感知舱内人员的能力，任务可完全主动执行；具备云控平台服务能力。

典型示例：在自动驾驶车辆行驶过程中，座舱感知到某位乘员行为状态参数有异常，根据云控平台服务快速诊断为某急性疾病，座舱立刻通过云控平台主动联系就近的医院急诊，并找到最优路线，尽快到达医院，并联系安排医护人员楼下等待。

三、汽车智能座舱综合评价

3.1 整体思路与评价框架

以技术引领和应用规范为目标，从人-机-环融合的角度对智能座舱进行综合评价。人-机-环系统的组成：驾乘人员（人），座舱产品（机），交互过程（人-机），广义环境（环）。智能座舱综合评价主要考虑两个角度，既要从功能服务的角度评价智能座舱产品的先进性，又要从用户体验的角度评价座舱是否让用户满意。

智能座舱综合评价包括产品和用户两个角度，其评价方式也对应按照产品和用户两个角度区分。对产品的评价，采用机械手等客观测试方法进行评价。对用户体验的评价，采用眼动分析、行为分析等客观测试方法和心理量表、问卷等主观评价方法相结合的测试评价方法。

智能座舱综合评价的一级指标按照人-机-环的组成要素进行划分。一级指标包括安全、智能、高效和愉悦。安全和智能主要用于评价座舱的产品先进性，分别对应于广义环境和座舱产品这两个人-机-环系统的组成部分。高效和愉悦主要用于评价用户体验，分别对应于交互过程和驾乘人员这两个人-机-环系统的组成部分。智能座舱综合评价的整体思路及一级指标的划分见图 3-1。

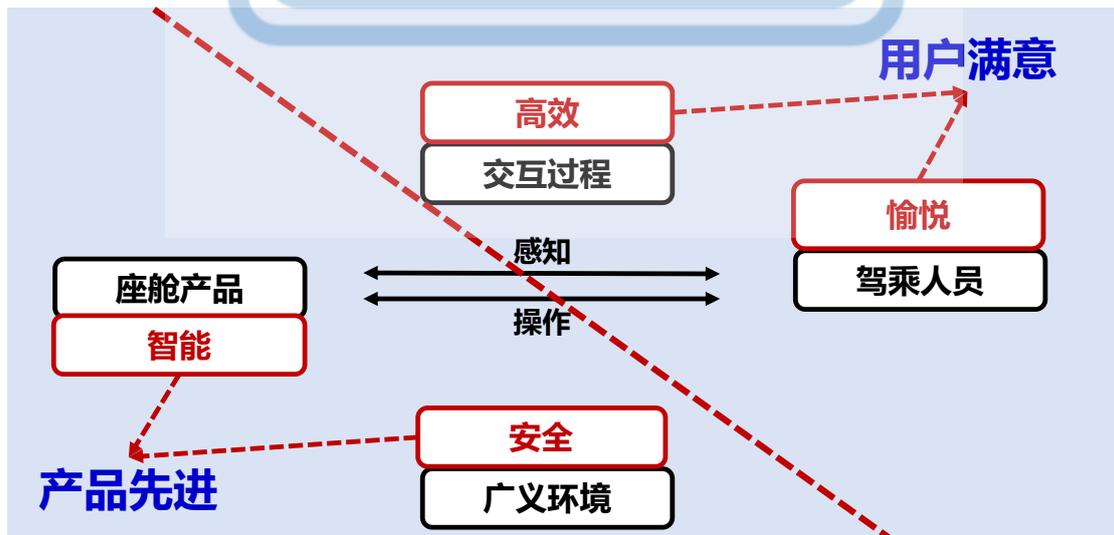


图 3-1 智能座舱综合评价整体思路

智能座舱综合评价二级指标的划分包括：在面向产品的安全和智能一级指标下，以汽车智能座舱分级的人机交互、网联服务及场景拓展能力为依据划分二级

指标；在面向用户的高效和愉悦一级指标下，以“ISO-9241-210 人机系统交互工效学标准”、人机交互中的感官和操作过程为依据划分二级指标。智能座舱综合评价三级指标以可测量、可扩展的思路进行划分，具体的三级指标划分内容见各部分的指标解释。智能座舱综合评价的一/二/三级指标组成架构见图 3-2。



图 3-2 四象限综合评价架构

但是也应当看到：智能座舱综合评价框架体系的构建尚处于从 0 到 1 的过程，突出综合性、全面性和准确性，力求打造行业在开展智能座舱测试评价时，可自定义、模块化选用的“百宝箱”；安全、智能、高效、愉悦共同诠释了智能座舱的内涵，其中安全、智能和高效维度承接于智能座舱分级，愉悦是座舱智能化技术向消费者传递的情感价值的体现；在对智能座舱进行整体评价时，对于相关指标的选择还要注意到部分指标存在交叉验证和佐证的关系，未能完全互斥；鉴于智能座舱技术进步日新月异，行业创新实践不断涌现，在保持综合评价一级二级指标稳定性的同时，对三级及以下指标保持开放性，做到可持续迭代升级。

分级与综合评价是智能座舱基础性工作的两项独立任务。综合评价是面向近期产品研发需求的测评，不是对智能座舱分级的评价。

3.2 面向产品的评价体系

3.2.1 安全维度评价指标体系

智能座舱安全维度主要包括驾驶安全和信息安全。驾驶安全是指驾驶员一边执行驾驶主任务，一边执行座舱交互系统次任务时，座舱交互系统具备的减少驾驶分心、正确实现相应功能、提高行车安全的能力。智能座舱的驾驶安全在座舱交互系统评价中具有特殊性，其所评价的并不仅仅是人机交互系统本身，而是这套人机交互系统协助驾驶员完成驾驶次任务的过程中，对于另外一组驾驶主任务的影响。如何平衡好驾驶次任务与驾驶主任务的关系，是座舱交互设计与评价所面临的主要挑战。

驾驶安全主要包括驾驶保持、注视偏移、操作分心和认知分心。其中，驾驶保持是驾驶安全的直接评价指标，注视偏移、操作分心、认知分心是驾驶安全的主要影响因素。驾驶保持是指用户在完成交互任务的过程中，能够维持与没有次任务驾驶的状态时相同或者相近的车速与车道的能力，侧重在纵向和横向上保持车辆行驶状态稳定的能力，能够直接反映驾驶安全。注视偏移是指用户在使用某种交互模态操作某个交互功能的全过程中，视线离开前车窗外的道路的时间和幅度，其主要包括注视偏移时间和注视偏移幅度。操作分心是由于操作次任务引起的手脚资源占用导致驾驶员对环境感知能力下降的程度，可以通过用户完成次级任务的操作频率进行评价。认知分心是由于认知次任务引起的注意力离开路面导致用户对环境感知能力下降的过程，可以通过主观负荷和瞳孔直径变化量两个指标来评价。

信息安全主要包括网络安全、隐私安全和信息存储安全。其中，网络安全是保护关键系统和敏感信息在网络层面免遭数字攻击，使其连续可靠正常运行的能力，其包含车载网络、车联网络、车云网络、数据网络四个方面的保护。网络安全威胁包括篡改攻击、重放攻击、身份仿冒、信息泄露、拒绝服务等方面，与之相对应，需采取相应措施保障数据的完整性、时效性、身份真实性、机密性、服务可用性。隐私安全是指系统保护车辆用户相关的隐私信息的能力，包括驾驶者的姓名、车辆牌照、行驶速度、车辆当前位置、车辆行驶路径以及它们之间的关

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/928073120140007007>