

# 百度 Apollo 小度智能座舱系统和科大讯飞 Spark 座舱系统调研报告

2211392 郭笑语

## 引言：多模态大模型驱动智能座舱革新

近年来，多模态大模型在车载智能座舱中的应用成为行业热点。传统汽车人机交互主要依赖语音或触控等单一模态，而搭载AI大模型的智能座舱正在向多模态融合演进。2023年以来，“多模态”成为智能座舱的高频热词，大模型从单一模态发展为多模态，被视为未来人机交互的超级入口。据Gartner预测，基于多模态大模型的生成式AI应用将从2023年的1%激增至2027年的40%，展现出广阔的想象空间。智能汽车被认为是原生多模态大模型的绝佳落地场景。事实上，GPT-4等国际领先模型以及国内商汤科技的绝影“日日新”多模态模型最新版本，已能够感知车外环境、乘员情绪和其他非语音信号，实现多模态的实时交互。多模态大模型打破了车内外、物理与数字世界的界限，被寄望于成为智能汽车进化为“超级智能体”的关键推动力。各大科技公司纷纷投入这一领域，百度、华为、腾讯、科大讯飞等都推出了大语言模型用于车内语音控制、手势识别、面部识别等交互场景。可以说，AI大模型赋能的多模态交互已成为中国智能座舱技术革新新引擎。

本次调研聚焦中国市场上的车载多模态智能交互系统，特别是多模态大模型的应用现状。在本次报告中选取两款具有代表性的主流软件平台（百度 Apollo 小度智能座舱系统和科大讯飞 Spark（星火）座舱OS）进行全面质量评估，评估维度涵盖功能性、可靠性、易用性、效率、可维护性和可移植性等（遵循ISO 9126质量标准）。针对相关学术研究论文，探讨车载多模态交互的关键技术点。通过对产业实践和学术前沿的结合分析，全面展现车载多模态智能交互系统的特征、技术应用效果。

## 基于ISO9126评估

本节选取两款中国市场主流的车载多模态智能交互软件平台：**百度 Apollo 小度智能座舱系统和科大讯飞 Spark（星火）座舱OS**，对其质量特性进行评估。这两者均是业内领先的座舱交互解决方案，广泛应用于国内智能汽车中，并充分融合了语音、视觉等多模态交互能力和大模型AI技术。下文分别从ISO9126规定的六个维度对它们进行分析。

## 百度 Apollo 小度智能座舱系统

1. 功能性：百度的Apollo小度车载系统是全球较早落地的车载AI交互系统之一，其功能涵盖车内语音助手、视觉感知、安全辅助等多个方面：

- 语音对话与助手：内置“小度”智能语音助手，可以实现精准的语音识别与语义理解，并进行情感化的对话交互。用户可通过自然语言与车辆交流，查询天气、导航、播放音乐等。借助百度文心系列大模型的加持，小度车载版的语音识别、合成和对话能力进一步增强，支持更复杂的语义理解和多轮对话。例如，Apollo智能驾驶平台集成大模型后，实现了语音、手势、面部表情、情绪识别等多模态交互，为驾驶者提供更智能的导航、娱乐和安全服务。
- 人脸识别与个性化：系统配备驾驶员人脸识别功能，可用于刷脸登录车辆。识别到驾驶人后，座椅、后视镜等会自动调整至个性化设置，提供定制化的迎宾服务。同时通过面部识别还能判断驾驶员身份，从而加载其个人偏好（空调温度、音乐播放列表等），提升个性化体验。
- 驾驶员监测与安全辅助：Apollo小度系统具备疲劳驾驶监测功能，通过车内摄像头利用深度学习技术，分析驾驶员眼睛、嘴部、面部表情以及车辆行驶状态，及时识别疲劳或分心并发出警示。“看懂你”的能力让系统能够关爱驾乘安全，例如检测到驾驶员打哈欠或闭眼过久会提醒注意休息。
- AR导航与场景服务：\*系统提供增强现实(AR)导航，将导航提示叠加在实景上，更直观地指引道路。此外，小度车载系统打通了车内与家居物联网场景——依托百度DuerOS平台的能力，用户可以通过家中的小度智能音箱控制汽车（如远程启动车辆空调等），也可以在车上语音控制家中智能家居，实现车-家场景互联。系统还内置丰富的娱乐和服务生态，例如车载支付（支持刷脸支付购买电影票等）、在线资讯、语音发送消息等功能，满足用户多元需求。

总体来看，百度Apollo小度座舱在功能上做到了“听懂你、看懂你、关爱你、守护你”。它通过多模态传感器融合，实现对用户言行意图的深度理解，并提供从信息服务到安全守护的全方位智能功能。这使其功能完备度很高，在国内同类产品中处于领先。

2. 可靠性：可靠性指系统在各种情况下稳定、准确完成任务的能力。从实际应用看，Apollo小度座舱系统经过多代迭代和众多车型验证，表现出较高的可靠性。一方面，百度在语音识别领域有深厚技术积累，小度助手的语音识别准确率和抗噪性能处于业内前列。尽管早期车载语音系统曾面临噪声环境下识别率低的问题，但小度系统通过融合唇动识别、手势等视觉感知作为语音识别补充手段，即使在车窗开启、车内嘈杂等情况下也能较好地识别用户意图。多模态输入提高了指令理解的鲁棒性，大幅降低了因环境噪声导致的漏识别率。另一方面，搭载大模型后，系统对用户复杂请求的理解和响应正确率有明显提升——研究表明，引入AI大模型的多模态交互系统任务处理准确性显著提高。例如Apollo集成文心大模型后，可以更准确地识别用户语音意图并

结合手势/表情进行交叉验证，提高交互意图识别率 and 理解精度。从行业评测来看，新一代搭载大模型的智能座舱已实现跨语音-视觉多模态的协同，多模态意图识别率可达95%以上（如理想L6车型在测试中多模态意图识别率达到95.2%）。这说明Apollo小度这类融合大模型的系统在理解用户意图、完成指令方面具有很高可靠性和准确性。同时，百度的车载系统在稳定性上也有口碑——作为成熟的车联网平台，Apollo小度经过大量实际路测和用户使用反馈，其崩溃率、卡顿率很低，能够长时间稳定运行。总的来说，百度Apollo小度系统凭借领先的语音/视觉算法和大模型赋能，达到了高水准的可靠性，在各种日常车载环境下都能稳定、准确地为用户服务。

3. 易用性：在易用性方面，Apollo小度智能座舱追求“以人为中心”的自然交互体验。一大亮点是免唤醒词的连续对话能力和多轮交互。用户可以像与真人助手交流一样，与小度进行多轮对话而不必每次都唤醒，大模型赋能使得系统具备上下文记忆和理解能力，支持连贯对话和复杂问答。同时，小度语音助手能够进行情感化、拟人化回应，让交互更富有人情味。例如，系统会根据语气调整回复语调，甚至讲些俏皮话，给用户“有温度”的陪伴感。视觉交互方面，刷脸登录、目光感知等功能提高了便捷性。驾驶员上车后无需手动调节座椅后视镜，人脸识别自动应用个人设置，非常省心。疲劳检测则是隐性提高易用性的功能：当系统监测到驾驶员困倦，会智能提醒休息，保障安全，间接提升用户对系统的信赖和满意度。另外，Apollo小度采用卡片式+语音双重交互界面，用户既可通过大屏直观触控，也可完全用语音操控，实现“所见即可说”。它还支持车机手机无缝连接（CarLife等功能），用户熟悉的手机应用界面可延伸到车机，降低学习成本。值得一提的是，Apollo座舱系统强调生态开放，第三方应用和服务接入丰富，使用户在统一界面下即可使用导航、音乐、通讯、支付等功能，减少在不同设备间切换的麻烦。总体而言，百度Apollo小度系统凭借自然语言对话、个性化自动化和多生态集成，提供了直观、人性化且易于上手的交互体验，用户几乎无需培训即可使用，大大提升了驾乘的便利和愉悦度。

4. 效率：效率指系统的性能和资源使用情况。在车载场景中，交互效率主要体现为响应速度和运行流畅度。Apollo小度系统在这方面经过持续优化，表现良好。首先，语音交互响应快速。依托车规级SoC硬件和边缘AI算力，小度助手的大部分语音识别和理解都可在车端本地完成，减少了对云端的依赖，从而降低了网络延迟。业界经验表明，将大模型部署在车端可极大缩短响应时间：例如商汤绝影团队在200 TOPS算力平台上运行8B参数多模态模型，实现了首个字节响应延时低于300毫秒的成绩（相比云端方案数秒的延迟）。百度的小度系统也采用本地+云协同架构，在简单问答等高频场景下本地即时响应，复杂问题则后台调用云端更强大的文心大模型生成答案，多数情况下用户感觉是实时回答。根据中汽数据的测评，当前主流车型的车载大模型交互响应通常在1秒左右，多语言处理场景下可能稍有延迟，例如某款车型在多语言回答时延达到1.8秒。总体看，小度座舱的响应速度处于主流水平，常用指令几乎能实现“秒答”。其次，系统在界面切换、应用启动等交互上也保持了流畅。Apollo智能座舱采用高通骁龙等车用芯片平台，在图形渲染和多任务并行上有充足性能，用户操作中很少出现卡顿。再次，百度通过优化算法效率来降低资源占用。例如，在本地唤醒、语音

识别模块中利用模型剪枝和量化技术，使模型更轻量，占用CPU/内存更小。据报道，科大讯飞通过将语音降噪、识别等算法从CPU移植到NPU，成功降低了60%的CPU占用；类似的异构计算优化百度也在采用，以充分利用车载NPU、DSP等单元提升大模型的运行效率。最后，在能耗方面，小度系统针对车载12V电源环境进行优化管理，确保即使长时间运行对车辆电力的影响可控。综合来看，百度Apollo小度凭借边缘计算+云计算结合、大模型本地化裁剪以及软硬件协同优化，实现了高效运行。用户可以感受到它响应及时、运行流畅\*\*，基本满足驾驶中对实时性的严苛要求。当然，随着功能日益复杂，持续优化算法以适配有限算力仍是挑战，但目前Apollo小度在效率上的表现已达到较高水平。

5. 可维护性：可维护性指软件易于修复缺陷、更新升级和扩展的能力。Apollo小度智能座舱系统采用模块化的架构设计和开放的平台策略，拥有良好的可维护性。一方面，百度将座舱系统划分为模型层、引擎层、业务层等层次架构。模型层包括车端和云端的大模型，车端可按需部署不同规模模型（如2.1B、8B参数），云端部署更大型号用于复杂任务。引擎层则提供座舱大脑、驾驶辅助等核心AI能力模块，用以感知分析车内外环境。业务层包括语音助手、导航、娱乐等具体应用，与下层引擎和模型解耦。这种分层设计使各模块相对独立，便于维护和升级——例如大模型算法可以在云端持续训练更新，而应用层功能接口保持不变，通过OTA将改进后的模型能力推送到车辆即可。事实上，百度非常重视OTA升级机制，小度OS支持在线升级，定期为已售车辆推送新功能和性能改进，使用户常用常新。同时，Apollo开放平台聚合了众多开发者和主机厂合作伙伴，在出现问题时百度可以迅速响应修复，并通过统一升级为各车型同步补丁。另一方面，Apollo小度具有高扩展性，支持第三方开发技能。百度DuerOS平台早已建立了完善的技能开放生态，开发者可基于标准API为小度定制新功能。这意味着整个平台具备持续演进的能力，OEM厂商也能方便地扩展差异化应用。值得一提的是，大模型应用带来一些新维护挑战，比如模型体积庞大、需要频繁更新知识。对此百度采取“云大脑+端小模型”策略，在云端维护最新最全的大模型（如文心一言迭代），而车端通过轻量模型和云端交互来获取最新能力。这样既确保模型始终知识新颖，又避免频繁在车端更换超大模型。最后，从工程角度，Apollo小度遵循汽车软件开发规范，经过充分测试和验证，代码质量和文档完善，也便于主机厂进行二次开发和问题排查。综上，百度Apollo小度系统凭借模块化设计、OTA支持和生态开放，在可维护性方面表现出色，能够随着技术和需求变化快速迭代演进，保障长期可持续的发展。

6. 可移植性：可移植性是指软件在不同环境下运行和迁移的容易程度。对于车载交互系统来说，可移植性体现为适配不同车型、不同硬件平台以及不同应用场景的能力。Apollo小度智能座舱在这方面具有明显优势。首先，它是一个软硬件解耦的座舱解决方案，可运行于主流车载操作系统（如Android Automotive、QNX或鸿蒙车机系统等）之上。百度提供标准的Apollo座舱SDK，主机厂可以在不同的车机芯片平台上移植部署。例如，小度车载OS已成功适配高通骁龙座舱芯片、华为昇腾、英伟达Jetson等多种SoC，使其能在自主品牌、新势力、电动汽车等各种车型上运行。百度官方报

道显示，Apollo座舱相关技术已在长城、奇瑞、吉利、极越(JIYUE)等众多品牌的量产车型中搭载应用，充分证明了其方案的通用性和可移植性。其次，Apollo小度架构支持车端-云端协同，在算力受限的车辆上可以将部分AI推理卸载到云端完成。这种灵活部署方式提高了在低配车型上的可用性。例如，对于入门级车型，可以主要依靠云端文心大模型提供AI能力，而高级车型则在本地部署部分大模型实现离线功能。再次，Apollo系统在适配不同交互模态和应用方面也具可移植性。其多模态感知模块支持不同供应商的摄像头、麦克风阵列输入，只需进行参数调校就能兼容新的传感器硬件。另外，随着汽车出口增加，多语言、多方言的支持也很关键。小度助手基于百度大语言模型，天然支持中文和英语，并可以扩展到其他语言，满足不同市场的语言环境。这种多语言适配能力也是软件可移植性的体现。最后，从未来展望看，Apollo小度遵循开放标准和通用接口（如ASR、TTS接口符合业界规范），具备移植到未来新平台（比如域控制架构、集中式电子电气架构）的潜力。百度也在探索与芯片厂商合作，将部分算法固化在芯片IP中，进一步简化软件移植过程。总体而言，百度Apollo小度智能座舱系统在不同车型和硬件环境中均能平滑部署，并通过云端协同和模块化设计提供了很好的可移植性。这使得各汽车厂商能够方便地将其引入产品，快速实现智能座舱功能落地。

## 科大讯飞 Spark星火座舱OS

1. 功能性：科大讯飞Spark座舱OS是科大讯飞基于其自主研发的“星火认知大模型”\*\*构建的车载智能交互系统。它融合了科大讯飞在语音识别合成、自然语言理解、多模态感知等AI领域的核心技术，为汽车座舱提供强大的多模态交互功能。其主要功能特点包括：

- 全双工多轮语音助手：Spark座舱OS内置了升级版的智能语音助手，支持多用户、全双工的语音交互。多用户意味着车内不同乘员都可发出指令，系统能区分并响应；全双工则指系统可在不打断用户的情况下持续倾听，并能在用户说话过程中做出回应，实现更自然的对话。基于星火大模型强大的NLP能力，助手具备多轮对话和深度语义理解能力，能够连续跟踪上下文，不仅能回答问询，还可就上下文进行提问或提供主动建议。这使得人机对话更接近人际交流。语音助手还支持中英文等多语言 and 多方言的无缝沟通，无需人为切换语言模式。例如，驾驶者可以夹杂中英词汇口令，系统都能正确理解并执行。此外，Spark模型使助手具备一定的汽车专业知识库，能就车辆功能、维保问题进行专业解答。
- 多模态感知与意图识别：科大讯飞的方案强调融合语音、图像、手势、眼动、生理信号等多模态输入，以更准确地理解用户需求。Spark座舱OS配备了驾驶员监控摄像头(DMS)和乘客感知摄像头(OMS)，以及红外、压力传感器等，能够识别乘员的面部表情、视线方向、手势动作甚至心率、疲劳状态等。这些非语音信息与语音命令相结合，构建复杂的多模态语境模型，让系统明白用户真正的意图。例如，在车内嘈杂时通过识别乘客的唇动和手势辅助语音识别，从而正确理解指

令；又如乘客注视并指向中控屏说“这个设置为导航目的地”，系统可以结合视线焦点（中控显示的地点）来准确执行。强大的多模态融合使得Spark座舱OS在语义理解上独具优势，能够根据用户的语言+动作+情绪等综合输入，推理出最符合上下文的行为决策。这赋予其多模态意图识别能力，例如既能听懂口语指令，又能“看懂”乘客在看哪、指哪，从而以更聪明的方式控制车辆或提供信息服务。

- **个性化服务与情感交互：**依托大模型的认知智能，Spark座舱OS不仅执行指令，还注重“懂你”的个性化关怀。系统能够通过学习用户的习惯和情绪，在适当的时候主动提供服务或与用户互动。例如，当检测到用户情绪低落时，语音助手可能会以关切的语气询问是否需要播放舒缓音乐；当孩子在车内哭闹，系统可自动降低音量并启动童话故事模式来安抚。科大讯飞还在业内率先引入了情感计算和共情交互概念，让AI助手可以对用户情绪做出共鸣式回应（如用户开心时助手也用愉快的语调回应）。此外，Spark座舱支持虚拟形象助手，可在中控屏上以卡通形象展示，与语音联动进行表情和动作反馈，增加互动趣味性。最近的合作案例表明，搭载星火大模型的系统甚至具备创造内容的能力，比如AI绘画、故事创作、英语陪练等功能被引入车内。在LIVAN汽车的应用中，乘客可以让车载AI讲故事、画画，或扮演不同角色进行对话练习，增加了乘车的娱乐和教育价值。可以说，Spark座舱OS已将智能座舱从传统的人机命令执行，拓展到“AI数字伴侣”的角色，为用户提供情感化、个性化的全新体验。
- **驾驶辅助与车辆控制：**虽然科大讯飞主打语音和座舱交互，但其系统也能与车辆控制和辅助驾驶功能集成。通过多模态感知，Spark座舱OS可辅助ADAS系统监测驾驶员状态（如疲劳分心提醒），并通过语音与驾驶辅助系统交互（如语音开启某辅助功能）。另外，Spark座舱OS提供对车辆功能的语音/手势控制，如语音开启天窗、手势切换仪表界面等。其大模型具备对车辆控制意图的理解能力。例如用户说“有点闷”，系统能理解为想降低温度，询问后直接调节空调。再如用户用手在空中画圈并说“播放下一首”，系统能将该手势映射为多媒体控制命令执行。科大讯飞的多模态交互技术框架涵盖感知-理解-控制-反馈各层，通过AI决策直接操控车内设备，实现从感知智能到认知智能的闭环。这使座舱真正成为汽车的“大脑”之一，协同驾驶控制，为用户提供更安全便捷的行车环境。

综合来看，科大讯飞Spark座舱OS功能非常强大全面。依托“星火”大模型的认知推理能力和科大讯飞深厚的语音技术积累，它实现了语音、视觉、触觉、生物信号的多模态融合交互，提供了自然对话、个性关怀、娱乐创作、车辆控制等多层次功能。这套系统使汽车座舱从简单的人机界面升级为智慧交互空间，可以说代表了当前中国智能座舱功能性的领先水平。

2. 可靠性：科大讯飞Spark座舱OS在可靠性上同样表现突出。首先，科大讯飞作为国内语音技术领导者，其语音识别准确率业界闻名。在复杂车载环境下（噪声、口音、方言等因素），科大讯飞的语音引擎有极高的鲁棒性。其大模型进一步提升了对口语、口音的理解能力，哪怕用户使用方言或不标准普通话，系统也能较准确地识别并理解

意图。其次，多模态融合极大增强了系统在各种场景下的可靠感知。当某一模态信号不清晰时，可以由其他模态补充。例如夜间光线差时语音作为主要输入，而嘈杂环境下视觉唇语识别来弥补听觉不足。这种冗余设计提高了在不同环境下交互的成功率。科研实验表明，将语音、视觉融合用于乘客意图识别可明显优于仅语音文本输入的方法。Spark座舱OS的测试结果也印证了这一点——多模态AI大模型的应用显著提高了任务处理的准确性和完成率。在实际车型中，科大讯飞方案展现出高意图识别率和槽填充准确率，确保用户的每一句话、每一个动作都能被正确解读，从而可靠地执行相应功能。再次，系统运行的稳定性经过严格验证。科大讯飞与主机厂合作紧密，其座舱OS已经在包括LIVAN、红旗、江淮等品牌的车型上落地。大量实车使用证明系统运行稳健，未出现严重死机、内存泄漏等问题。科大讯飞在汽车领域有专门的测试团队，模拟各种极端用例来保证软件可靠，例如高低温环境对语音识别影响、电磁干扰对麦克风阵列的影响等，都采取了针对性优化，确保产品符合车规可靠性要求。最后，Spark大模型本身经过海量数据训练，其推理结果在可预期范围内，不会轻易产生出格或错误的回答（对于关键指令还有规则校验以防误触）。特别是在安全相关场景下，系统对于开启/关闭车门、驾驶相关指令有双重确认机制，提高交互的可靠性和安全性。综合来说，科大讯飞Spark座舱OS凭借顶尖的语音识别准确度、强大的多模态冗余感知和严苛的汽车级测试，达到了高可靠性水准。在嘈杂、光线不好、方言等复杂情况下依然能稳定工作，准确理解并执行用户意图，很少出现误操作或无响应的情况。这使用户对系统建立了信任，愿意频繁使用语音/手势来控制车辆（据统计，语音已成为使用最频繁的座舱交互方式，占比远超其他方式，充分证明了其可靠性。

3. 易用性：在易用性方面，Spark座舱OS的设计理念是让交互“更自然、更贴心”。其全双工多轮对话能力让人与车的交流像日常聊天一样顺畅。用户不必学习生硬的指令词，可以用日常语言表达需求，大模型的语义理解会帮忙“猜”用户想要什么。例如，用户说“我有点冷”，系统能够理解为调高暖风，而不仅仅等待明确的“提高温度”口令。这种基于意图的自由表达极大降低了使用门槛。另外，Spark助手支持打断和随时唤醒：用户在系统讲话时可以插话纠正，系统能识别打断并适应新的指令，避免了以往语音助手“一问一答”必须等回复完的僵硬体验。系统还具有多模态协同输出的特点，提升信息获取的直观性。例如在语音回答同时，在中控大屏显示相应图片、地图或文字说明，方便用户参考。这种图文语音并茂的反馈让交互更加高效易懂。针对车内不同乘员，Spark OS能定位声音来源，实现定向响应：副驾乘客提出的问题，通过座舱音响的区域控制，可以只在副驾附近扬声器播放回答，让提问者清晰听到而不打扰驾驶员。这体现了对人因的细致考量，增强了易用性。除了交互本身，Spark座舱OS的人性化功能也提高了整体体验。例如其记忆功能可以记住用户偏好，每次上车自动设置导航回家或播放常听电台；上下文持续保证即使中断后也能继续先前的话题；模糊匹配允许用户语音口令不精确，系统也能推理出可能的意图并二次确认。通过以上措施，用户使用Spark系统的学习成本和心智负担降到最低。同时，科大讯飞与众多互联网应用打通接口，比如可以语音控制微信收发消息、支付宝支付、调用高德地图导航等，使驾车过程中绝大部分需求都可通过语音或简单手势完成，无需分心操作手

机，这本身也是重要的易用性改进和安全保障。从用户反馈看，搭载Spark座舱OS的车型，车主使用智能语音的频率显著提升，每日交互次数从传统系统的3-5次提升到十数次之多。这表明用户确实感受到其简便好用，将其融入日常使用习惯。总的来说，Spark座舱OS以自然语言对话为核心，辅以多模态输出、个性记忆和广泛生态整合，为驾乘人员提供了直观便捷的交互方式，使用体验友好顺畅，真正做到了“让车更懂人，让人轻松用”。

4. 效率：科大讯飞Spark座舱OS在效率方面通过软硬结合进行了深度优化，以满足座舱内实时智能的需求。首先，在推理速度上，科大讯飞针对车载场景对星火大模型进行了剪裁优化和高性能部署。最新的Spark V4.0模型在汽车端的推理效率相比早期版本有大幅提升，可在资源有限的车机SOC上实现毫秒级响应。他们采用了自主研发的深度推理引擎，针对ARM架构CPU和NPU进行指令级优化，并利用模型蒸馏技术将超大模型压缩到几亿参数以内以便车端实时运行。同时，充分发挥车载专用AI加速硬件的能力，通过异构计算提升效率：例如将语音识别的计算负荷从CPU转移到NPU后，CPU占用降低了60%，释放的算力可以用于运行更大的模型。其次，Spark OS支持边云协同计算：本地算力足够时在端侧独立完成语音、多模态推理，当遇到超出端侧能力的复杂任务（如繁复对话、大型知识问答）时，系统会智能调用云端的超大模型协助。这种动态切换保证了无论简单还是复杂请求，都能以尽可能快的速度给出结果。例如普通导航、歌曲播放请求本地0.5秒内就有回应，而像“帮我用英文总结这段中文文章”这样需求则后台对接云端，几秒内给出答案。对于大多数日常车内交互，用户感觉系统基本是即时响应的。第三，在系统性能上，Spark座舱OS针对车规硬件环境进行了精简优化，内存占用、后台进程资源控制都很高效，确保与导航、多媒体等应用并行运行时不卡顿、不冲突。其界面渲染引擎也经过优化，即使在50吋的大屏AR-HUD上呈现复杂画面也能保持高帧率。在一款搭载Spark的车型中，使用了中国首款7nm座舱芯片SE1000，这款芯片与科大讯飞软件做了联合调优，充分发挥多核多线程优势，整套系统运行行云流水。最后，在效率和能耗平衡方面，科大讯飞也做了考虑。通过场景感知，系统会根据当前使用模式动态调整AI模型的加载和运行。例如在高速巡航时降低视觉处理帧率以节省功耗，在用户频繁交互时暂时提高算力分配保证响应。这种智能调度使系统既高效又不至于持续满载消耗车载电力。在此前提下，Spark座舱OS实现了性能与资源的良好平衡：既能以较低的算力成本提供强大的AI能力，又保证了交互的实时顺畅。当然，如同其他大模型应用一样，如何在有限算力上运行更大更智能的模型始终是挑战，但科大讯飞通过模型优化和硬件加速，已经使当前座舱AI达到了可用且高效的水平。

5. 可维护性：科大讯飞Spark座舱OS作为一款持续进化的智能系统，同样在架构和运营上体现出优秀的可维护性。首先，科大讯飞采用“1+N”架构开发星火大模型及其应用。“1”代表通用认知大模型和训练平台，“N”代表面向不同领域（如教育、医疗、汽车等）的专用大模型版本。在座舱领域，Spark座舱OS正是“1+N”中汽车领域模型的产物。这种架构下，底层通用能力和行业定制相分离，使模型的更新迭代更为灵活易维护——通用部分有改进时，各领域模型可同步收益；汽车专用部分需要扩展新功能



时，也不会影响其他领域模型。其次，科大讯飞为汽车厂商提供了完整的集成支持和升级服务。Spark OS各模块（语音、视觉感知、对话管理等）接口清晰标准，主机厂能够方便地整合到自己的电子电气架构中。如需定制特殊功能，科大讯飞提供二次开发工具包与技术支持。系统发布后，通过科大讯飞的云平台可实现整车OTA升级，包括语音模型更新、新增功能等。近年来科大讯飞多次为已上市车型推送星火大模型的新能力升级，比如从V2.0升级到V4.0，实现了全双工对话和多模态情感交互的新特性，老车主无需更换硬件即可获得改进。这种OTA能力极大增强了系统的可维护性和生命周期价值。再次，在问题修复方面，科大讯飞建立了完善的座舱数据闭环机制。用户在使用过程中遇到的未理解指令、误识别情况会匿名收集到云端，经过人工和模型的共同标注学习，不断完善模型对类似问题的处理。这使得系统越用越聪明，错误率不断下降。特别地，针对大模型可能出现的内容\*\*“幻觉”问题\*\*，科大讯飞通过技术手段和策略优化来降低——包括增加事实校验、限制生成内容范围等，避免大模型胡乱应答。这些改进都会在后继版本中持续发布，维护模型输出质量。最后，公司层面，科大讯飞将多模态大模型列为其2030超脑计划的关键方向，投入大量研发资源。这意味着Spark座舱OS背后有持续的技术支持和版本演进规划，主机厂和用户可以放心其长线升级能力。总的来看，Spark座舱OS通过“通用+行业”架构使模型易于升级，通过标准接口和OTA保障软件易于更新，通过数据闭环让系统自我优化，加之厂商战略重视，具备了良好的可维护性。无论是纠错改进还是功能增强，都可以快速响应，使系统始终保持行业领先性能。

6. 可移植性：科大讯飞Spark座舱OS具有很强的可移植性，体现在适配不同车型平台及应用扩展的能力上。首先，Spark OS设计为平台无关的软件方案，可在多种车载操作系统和芯片上运行。科大讯飞已与主流座舱芯片厂商展开合作，例如地平线、高通、联发科等，以确保星火大模型能在这些平台上高效部署。事实上，Spark座舱已成功移植到多家车企的电子电气架构中，包括传统燃油车和新能源车。例如，在LIVAN汽车上，Spark大模型成功适配融合了Geely造车平台和电池换电架构的独特体系。又如在某自主品牌旗舰车型上，Spark OS无缝运行在鸿蒙OS车机系统中，实现了与Harmony生态的融合。其次，由于科大讯飞本身提供全栈技术（包括语音合成芯片、麦克风阵列、车载OS等），其方案在软硬件适配上有完整把控能力。这使得Spark OS在迁移到不同硬件配置车辆时，可以相对快速地进行驱动和适配层开发。例如对有特殊传感器（红外摄像、雷达）的车型，科大讯飞也能很快支持，将这些信号纳入多模态感知。另外，Spark座舱OS的功能模块化让可移植性进一步提高——车企可根据自身需求选择模块部署，如有的车型不需要后排语音交互，可直接裁减该模块以适配低端硬件，从而灵活扩展或删减功能来匹配不同级别车型的算力。再次，在拓展新应用场景方面，Spark座舱OS也表现出良好的移植能力。不仅在私家乘用车，在商用车、公交等场景科大讯飞也在推广其座舱方案，证明其技术的普适性。特别是Spark大模型支持云边协同，因此对于资源非常有限的硬件（如两轮车、工程车等），也可通过云端推理方式享受到大模型带来的交互体验，而车端只需移植一个精简版客户端，即可接入科大讯飞的云服务。这种云端可移植性拓宽了Spark座舱的应用边界。最

后，Spark Cockpit OS在国际化上也有优势。星火大模型本身是多语言的，科大讯飞与海外车企有合作经验，使其座舱系统能够适配英语等语言环境，为走向海外市场做了准备。综上，科大讯飞Spark座舱OS无论在横向（不同硬件平台、车型类别）还是纵向（功能加减、云端扩展）都展现出高度的可移植性。这确保了其解决方案能够服务更广泛的汽车市场，并随着技术和市场需求变化轻松调整部署方式，真正做到“一套系统，多处适用”。

## 小结

通过以上评估可以看出，百度Apollo小度和科大讯飞Spark座舱OS这两大平台各自拥有完善的功能和优异的质量特性。在功能上，双方都实现了语音、视觉等多模态融合交互，并引入大模型赋能，为用户提供自然流畅、个性智能的体验。在可靠性上，借助领先的算法和数据优化，两者均能在复杂环境下稳定准确地工作。在易用性上，它们采用人性化设计，使人机沟通门槛降低，甚至成为车内“懂你”的伙伴。在效率上，百度和讯飞分别结合自身技术生态，对大模型进行了本地化和异构算力优化，保证了实时响应。在可维护、可移植方面，两者的模块化开放架构也为后续升级和跨平台部署奠定了基础。当然，两系统也各有特色：百度Apollo背靠其Apollo自动驾驶和互联网生态，优势在于数据服务和开放平台；科大讯飞Spark则依托其强大的语音及认知智能技术，在深度语义理解和情感交互上更具优势。但总体而言，这两款主流软件代表了中国车载多模态智能交互的最高水平，均达到了ISO 9126质量标准的高水准要求，在功能完备性和质量属性上都足以满足实际应用需求。