·2026中国汽车工程学会年会优秀论文(选登)·

多模态大模型驱动的座舱语音智能化测试系统

张家铭　高艳　赵德银　徐蒙蒙　秦诚　李思蓄　张东波

（中国第一汽车股份有限公司研发总院，长春 130013）

【欢迎引用】张家铭，高艳，赵德银，等．多模态大模型驱动的座舱语音智能化测试系统[J]．汽车文摘，2026(10)：9-15.

【Cite this paper】ZHANG J M, GAO Y, ZHAO D Y, et al. An Intelligent Testing System for Cockpit Voice Interaction Driven by Multimodal Large Models[J]. Automotive Digest (Chinese), 2026(10): 9-15.

【摘要】针对传统语音测试方法难以有效评估智能座舱语音交互系统应答能力的问题，提出了一种大模型（LLM）驱动的语音智能化测试系统。该系统首先利用LLM对基础语音指令进行语义泛化，并结合多模态大模型合成覆盖多音色、多语速的测试音频，以突破传统测试用例设计局限。随后，构建了用例-执行程序参数化映射模型，实现了测试逻辑与执行环境的解耦，显著降低了执行程序开发对硬件资源的依赖。在测试结果验证阶段，融合音频反馈识别、车机屏幕视觉解析与控制器日志分析3个独立维度的数据，通过加权融合决策模型提升判别结果的客观性与可靠性。试验选取座舱语音音乐控制功能进行验证，结果表明本系统在测试通过率、判决准确率、语义一致性及泛化多样性等指标上表现优异，证实了该方法在提升测试覆盖度、效率与置信度方面的有效性。

关键词：智能座舱；语音交互；测试技术；人工智能

中图分类号：U463.83　　**文献标志码：**A　　**DOI:** 10.19822/j.cnki.1671-6329.20260168

An Intelligent Testing System for Cockpit Voice Interaction Driven by Multimodal Large Models

Zhang Jiaming, Gao Yan, Zhao Deyin, Xu Mengmeng, Qin Cheng, Li Sixu, Zhang Dongbo

（Global R&D Center, China FAW Corporation Limited, Changchun 130013）

【Abstract】 To address the limitation that conventional voice testing methods fail to effectively evaluate the response capability of intelligent cockpit voice interaction systems, this paper presents an intelligent voice testing system driven by a Large Language Model (LLM). The system first employs the LLMs to perform semantic generalization on base voice commands and, in combination with a multimodal large model, synthesizes test audio that covers multiple timbres and speaking rates, thereby overcoming the constraints inherent in conventional fixed-form test case design. A parameterized mapping model between test cases and execution programs is then constructed, which decouples the test logic from the execution environment and substantially reduces the dependence of execution-program development on hardware resources. In the result verification stage, data from three independent dimensions (including audio feedback recognition, visual parsing of the head-unit display, and controller log analysis) are fused through a weighted decision-fusion model, thereby enhancing the objectivity and reliability of the verdicts. Tests are conducted on the cockpit voice-based music control function for validation, and the results demonstrate that the proposed system performs excellently in terms of test pass rate, decision accuracy, semantic consistency, and generalization diversity, confirming the effectiveness of this method in improving test coverage, efficiency, and confidence.

Key words: Intelligent cockpit, Voice interaction, Testing technology, Artificial intelligence

0　引言

随着汽车智能化进程的加速发展，智能座舱成为汽车产业技术竞争的关键领域[1-2]。相较于物理按键，语音交互作为更自然、直接的座舱控制方式，其功能可靠性、响应准确性直接关乎行车安全与用户体验[3]。

通信作者：高艳（1987—），硕士，高级工程师，研究方向为智能座舱测试技术，gaoyan2@faw.com.cn。

面对车内复杂的声学环境及用户日益多元化的表达习惯，如何在研发阶段对语音交互系统进行高效测试，已成为业界亟待解决的关键挑战。

传统语音交互测试高度依赖测试人员在实车环境中人工朗读预设指令并进行主观评判，存在测试效率低、场景覆盖有限、结果一致性差等问题[4]。近年来，自动化测试方案逐渐受到关注，如基于排队网络的语音交互性能预测模型[5]、基于多模型性能对比的多场景鲁棒性测试流程[6]、基于多点噪声模拟法和声学假人仿真的语音唤醒率评估方法[7]。然而，上述方法局限于固定场景与预定义指令，难以应对表达风格多样化的用户场景。同时，其验证维度单一、难以识别系统反馈与实际执行状态不符（如“车机撒谎”）等异常场景，更无法有效评估引入大模型（Large Language Model，LLM）后，车载语音系统在开放式对话与复杂语义理解方面的能力边界。

当前，为提高座舱域控制器语音交互的自然性与智能化水平，大模型广泛应用于语音交互系统并推动语音交互从命令执行向自然沟通演进[8]，使系统输出更加灵活且不可预测，对测试的深度与覆盖度提出了更高要求。针对上述问题，本文提出一种基于“以大模型测试大模型”为理念的语音智能化测试系统，利用语音大模型实现指令动态泛化，并引入多模态融合的定量评价机制，构建从用例生成到闭环验证的自动化测试平台，旨在提升测试效率、覆盖度与结果可靠性，推动语音测试向系统化、智能化方向发展。

1　语音测试内容

车载语音交互系统内嵌于座舱域控制器，具有子模块链路复杂、与整车控制系统耦合紧密的特点，其功能可靠性与响应准确性直接影响驾驶安全与用户体验[9]。传统测试流程如图1所示，测试人员以人工朗读的方式输入指令，通过监听语音反馈和观察车辆执行情况判断功能是否正常。

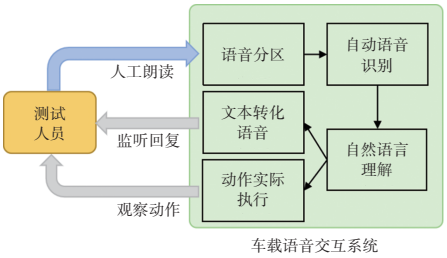


图1　人工语音测试流程

本文基于多款在售新能源车型测试数据，对常用语音控制功能进行了系统梳理，为后续编写测试用例提供依据。按照执行动作是否涉及座舱域以外控制器，将上述功能划分为信息控制和车辆控制2类，详细功能分别如表1和表2所示。

表1　语音信息控制功能

模块	一级功能	二级功能
通信	电话拨打	呼叫联系人/紧急救援等
	电话查询	人名/地图兴趣点/黄页等
	电话控制	拨打/挂断/接听/回拨/同步通讯录
导航	地图控制	放大/缩小/模式切换/比例尺
	目的地搜索	当前位置查询/兴趣点搜索等
	路径查询	路况/红绿灯/剩余时间/距离查询
	地址导航	途径点/沿途搜/全览/路线条件等
娱乐	音乐	播放/暂停/搜索/查询信息/切换等
	视频	搜索/播放/切换/收藏等
	电台/收音机	扫描/切换/播放/收藏/历史记录等
	其他应用	打开/收藏/播放/历史记录等
连接	流量/热点	开关/搜索/密码/连接/断开
	蓝牙	开关/搜索/密码/连接/断开
	Wifi	开关/搜索/密码/连接/断开
系统设置	屏幕调节	亮度/背光/护眼模式/屏保开关
	音量控制	分通道音量调节/静音调节

表2　语音车辆控制功能

模块	一级功能	二级功能
车身控制	座椅控制	加热/通风
	车窗控制	单侧车窗/所有车窗/天窗/遮阳帘
	后视镜控制	折叠/加热/展开
	后备箱控制	打开/关闭
空调控制	空调开关	开启/关闭
	空调调节	温度/风速/循环模式/除霜等
	香氛控制	开关/浓度调节/种类切换
充电控制	充电口开关	打开/关闭

2　语音智能化测试系统设计

为实现语音功能从“测试用例-指令泛化-测试执行-结果验证”的全链路自动化测试，本文自主开发了一套由乘用车智能座舱硬件在环（Hardware-In-Loop，HIL）模拟器和自动化测试软件协同的语音智能化测试系统。其中，HIL模拟器为测试提供可靠的硬件支持，可高保真模拟智能座舱内部声学环境并执行物理交互；自动化测试软件负责用例泛化生成、测试结果判别等步骤的自动调度与执行。

2.1 座舱HIL模拟器开发

针对实车测试复现一致性较弱的固有缺陷，本文设计并搭建了HIL模拟器，旨在对声学环境与车辆状态进行解耦与模块化控制，从而为车载语音交互系统关键功能的定量评估提供理想环境，该模拟器的总体架构如图2所示。

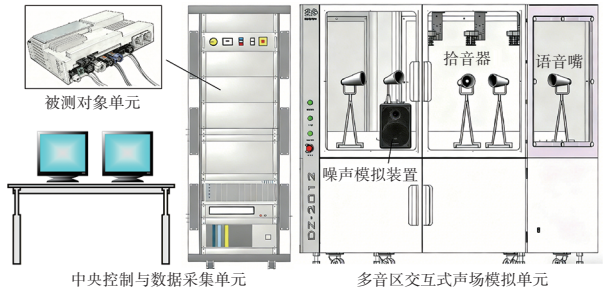


图2 座舱HIL模拟器架构

该模拟器主要包括：(1)中央控制与数据采集单元：向被测控制器和隔音箱实时发送仿真信号并实时采集拾音器音频、车机屏幕视频及车辆总线数据，为自动化测试软件提供数据支持；(2)被测对象单元：将真实座舱域控制器及相关线束连接到模拟器中，并通过虚拟控制器模型注入仿真的总线信号，使其运行在高度仿真的整车网络环境中；(3)多音区交互式声场模拟单元：为实现可控的语音测试环境，拾音器、噪声模拟装置和仿真人工嘴(语音嘴)均布置在隔音箱内部。为模拟真实座舱的多音区交互，基于人体发声频谱与辐射特性，本文在主驾、副驾及后排位置分别布置语音嘴，该单元关键参数如表3所示。

表3 多音区交互式声场模拟单元关键参数

参数名称	参数取值
隔音箱底噪/dB	≤30
隔音箱内隔音量/dB	≤50(外界噪声为80)
语音嘴输出频响范围/dB	94±1(100~10 000 Hz)
语音嘴最大声压级(SPL)/dB	110(距语音嘴25 mm处，200~10 000 Hz)
语音嘴失真度/%	≤1.5(200~10 000 Hz)
拾音器灵敏度/mV	22.00@94dB SPL
拾音器频响范围/Hz	100~20 000

2.2 自动化测试软件开发

车载语音交互系统应答基于大模型实现，单一范式测试用例难以全面覆盖其多样化交互场景，针对这一核心问题，本文梳理了行业通用语音自动化测试流程，将语音指令泛化模块、执行程序参数化映射模块和结果分析评价模块融入其中，基于LLM和多模态大模型(Vision-Language Model，VLM)构建了覆盖“指令音频泛化生成-测试自动执行-多模态结果验证”流程的语音智能化测试系统，软件层架构如图3所示。该架构以功能需求为输入，依次经由语音指令泛化模块完成指令文本到多元音频的泛化生成，通过执行程序参数化映射模块将泛化后的测试用例映射为可执行的程序参数并驱动座舱HIL模拟器硬件设备运行，最终由结果分析评价模块对车机视频、回复音频、运行日志等多维测试数据进行综合判别，形成完整的测试闭环。

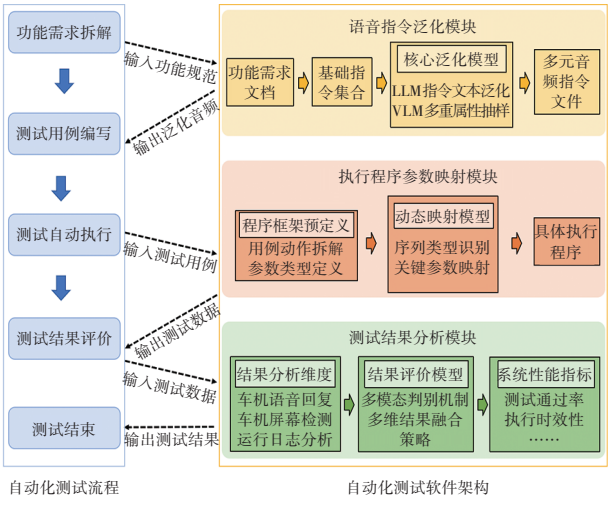


图3 自动化测试软件架构

2.2.1 语音指令泛化模块

该模块用于将功能需求定义的基础指令泛化成多元音频文件，是测试车载语音交互系统能力的关键。从待测试语音功能规范文档提取出n条功能，构建基础指令集合$\boldsymbol{B}=\{B_1,B_2,\cdots,B_n\}$，其中每一个$B_i$对应一个功能测试点，如“播放音乐”、“关闭车窗”，以B_i为种子，设计提示词工程ρ构建上下文，驱动LLM对指令文本按要求泛化得到更加多元的m条指令表达方式，该过程可表述为：

$$\boldsymbol{C}_{\text{text}}:B_i \xrightarrow[\rho]{\text{LLM}} \{B_i^1,B_i^2,\cdots,B_i^m\} \tag{1}$$

为保证泛化生成指令集$\{\boldsymbol{B}_i^j\},j\in[1,m]$不偏离原始指令$B_i$的意图，语义相似度需满足$\text{Sim}(B_i^j,B_i)>\theta_{\text{T}}$，其中$\theta_{\text{T}}$为语义保真度阈值。LLM语义泛化涉及参数定义及取值如表4所示。

表4 LLM参数定义列表

LLM参数	参数定义	取值
Temperature	温度系数	1.2
max_tokens	输出长度控制	500
Top_K	固定候选池	80
Top_P	动态候选池	0.99

将泛化文本指令集$\{\boldsymbol{B}_i^j\}$输入VLM，在语音多重属性空间中分层随机抽样、生成多元音频文件。该文本转换语音过程表述为：

$$\boldsymbol{C}_{\mathrm{TTS}}:\boldsymbol{B}_i^j\xrightarrow[(\phi,\varphi,\tau,\gamma)]{\mathrm{VLM}}\boldsymbol{A}_i^j \tag{2}$$

式中：VLM参数定义及取值如表5所示，针对单一基础指令最终生成覆盖多音色、多语速的音频泛化指令集$\{\boldsymbol{A}_i^j\}$。

表5　VLM参数定义取值

VLM参数	参数定义	取值
φ	音色	明亮、温暖、圆润、冷漠
ϕ	性别/年龄	男声、女声、童声
τ	语速	快速、中速、慢速
γ	语种	普通话、东北话、河南话

2.2.2　执行程序参数化映射模块

传统自动化程序搭建需在HIL测试环境软件中完成，其程序构建过程与软件操作方式高度耦合，对设备环境具有较强的依赖性。为简化程序构建流程、提升灵活性与效率，本文提出一种用例-执行程序参数化映射模型。该模型将具体测试用例从执行环境中剥离，实现用例逻辑与自动化执行程序的解耦，从而以更灵活的方式提高构建效率。

定义待执行的语音功能测试用例集合为$\boldsymbol{CTC}=\{CTC_1,CTC_2,\cdots,CTC_s\}$，其中$CTC_t(t\in[1,s])$为任意具体用例，$s$为测试用例条数。依据功能相似性和功能逻辑复杂程度，将CTC划分为l类，并为每一类别编写参数化语音测试自动化程序LTC_q，其中$q\in[1,l]$。

对于LTC_q，通过提取与其关联的基础指令B_i与所属种类q作为参数，可将其动态映射至对应的CTC_t运行，从而完成一次自动化测试，该映射过程为：

$$\boldsymbol{C}_{\mathrm{Map}}:LTC_q\xrightarrow{(B_i,q)}CTC_t \tag{3}$$

该模型有效实现了执行程序对具体测试流程的聚焦，完成了测试逻辑与底层设备环境的解耦，显著提升了测试自动化程序的开发效率与可复用性。

2.2.3　结果分析评价模块

为提高测试结果准确性、识别语音误报等异常场景，结果分析评价模块采用多维度策略实现。

维度一可实时获取硬件层拾音器监听到的车机回复，识别并转换成文字，并与输入指令进行语义匹配，评估车机回复正确概率，输出概率性结论C_1；维度二基于VLM对测试过程中由摄像头录制的车机视频进行分析，观测功能是否真实激活，输出概率性结论C_2；维度三实时读取控制器输出日志，与输入指令进行语义匹配分析，输出概率性结论C_3。最终评价结论由以下公式决定：

$$C_{\mathrm{con}}=\sum_{i=1}^{3}\omega_i C_i \tag{4}$$

式中：C_{con}为最终评价结论，$C_i\in[0,1]$，ω_i为各维度的权重因子，$\omega_i\in[0,1]$，$\sum_{i=1}^{3}\omega_i=1$。

最终输出评价结果为：

$$R=\begin{cases}pass, & C_{\mathrm{con}}\geqslant C_{\mathrm{thre}}\\ fail, & C_{\mathrm{con}}<C_{\mathrm{thre}}\end{cases} \tag{5}$$

式中：R为最终判决结果，C_{thre}为置信阈值。

3　测试结果评价

选取在线音乐语音控制功能，针对语音智能化测试系统（下文简称为“本系统”）、预置流程台架和人工测试全流程设计对比试验。通过计算泛化指令的语义保真度与词汇多样性的统计学分布，评估指令生成质量；通过测试通过率、判决可靠性和执行时效性等指标定量评价本系统对智能座舱语音交互系统测试的有效性。

3.1　测试范围及流程

针对真实驾驶场景中高频使用的音乐语音控制涉及的7个二级功能（表1），从“指令设计-用例编写-测试执行-结果判断-缺陷描述”全链路对每个功能点开展测试。测试共进行3组，主要过程分别阐述如下。

（1）第1组：由1名具备4年座舱测试经验的工程师对某车型车机实施人工测试，手动记录发现缺陷及测试时间等数据。

（2）第2组：基于现有测试用例，采用预置流程台架对基础指令集$\boldsymbol{B}$进行仿真测试，同步记录关键数据。

（3）第3组：利用本系统对$\boldsymbol{B}$的泛化指令集$\boldsymbol{B}^j$执行自动化测试并采集测试数据。测试完成后，依据所选评价指标对语音功能测试结果开展多维度对比分析，并对泛化指令质量进行专项评估，验证本系统对语音测试的有效性。

每组测试均针对7个二级功能，每个功能执行10条指令，总计70条用例。

3.2　泛化指令质量评价

指令泛化质量对系统性能存在显著影响，本文选取语义保真度和词汇多样性2个指标针对泛化指令集合的质量进行评估。利用大语言模型针对每个基础指令泛化生成10条指令，共获得70条泛化指令。

3.2.1　评价指标

3.2.1.1　词汇多样性

针对由功能测试点 $\boldsymbol{B}_i$ 泛化生成的指令集 $\{\boldsymbol{B}_i^j\}$，对其进行语义分割后得到有序词例集合 $\boldsymbol{W}=\{w_1,w_2,\cdots,w_{N_{\text{total}}}\}$，其中 N_{total} 是分割后的总词例数，设 N_{special} 为 $\boldsymbol{W}$ 中不重复的词例数，则泛化词汇多样性可定义为：

$$V=\frac{N_{\text{special}}}{N_{\text{total}}} \tag{6}$$

式中：V 为泛化词汇多样性，该比值可直观衡量生成指令文本的多样性。V 值越大，表明词汇使用越丰富，重复率越低；反之则证明文本泛化能力不足。

3.2.1.2　语义保真度

为评估泛化指令集 $\boldsymbol{B}_i^j$ 中每条泛化指令 $\boldsymbol{B}_i^j$ 与基础指令 $\boldsymbol{B}_i$ 间的语义保留程度，本文基于词袋模型[10]计算泛化平均保真度：

$$\mu=\frac{1}{m}\sum_{j=1}^{m}\text{Sim}(\boldsymbol{B}_i,\boldsymbol{B}_i^j) \tag{7}$$

式中：μ 为平均保真度，m 为泛化指令条数，μ 的取值范围为[0,1]，越接近1代表泛化指令集与原始意图的一致性越强，接近0则代表语义保真度低；$\boldsymbol{B}_i$ 和 $\boldsymbol{B}_i^j$ 是对应文本指令映射到向量空间与词例集合 $\boldsymbol{W}$ 进行词频计算后得到的向量，泛化指令向量 $\boldsymbol{B}_i^j$ 与基础指令向量 $\boldsymbol{B}_i$ 的保真度定义为：

$$\text{Sim}(\boldsymbol{B}_i,\boldsymbol{B}_i^j)=\frac{\boldsymbol{B}_i\cdot\boldsymbol{B}_i^j}{\|\boldsymbol{B}_i\|\times\|\boldsymbol{B}_i^j\|} \tag{8}$$

3.2.2　评价结果

7个二级功能泛化指令的词汇多样性统计分布如图4的箱型图所示，分析可知样本中位数为0.59，四分位区间为0.58~0.65，整体分布集中且离散程度较小，说明子功能泛化指令的唯一词例在总词例中占比普遍达60%以上，泛化指令重复率低，在表达方式上具有丰富多样性，可拓展测试边界。

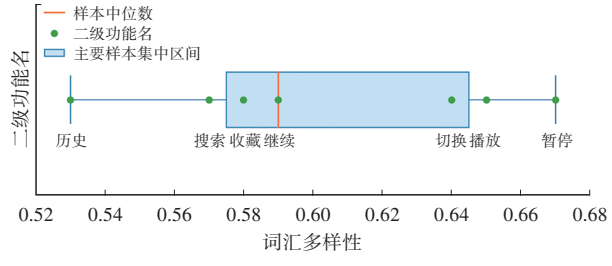


图4　泛化词汇多样性分布箱型图

70条泛化指令的语义保真度统计分布如图5所示，蓝色柱状表示不同取值区间内的样本数量，橙色曲线为概率密度分布，近似呈正态分布。分析可知，泛化指令语义保真度均值为0.73，取值集中分布于0.68~0.85，标准差为0.14，整体表现出稳定集中且较高的语义保真水平。表明绝大部分泛化指令能准确保留原指令的核心意图，满足测试对语义一致性的要求。

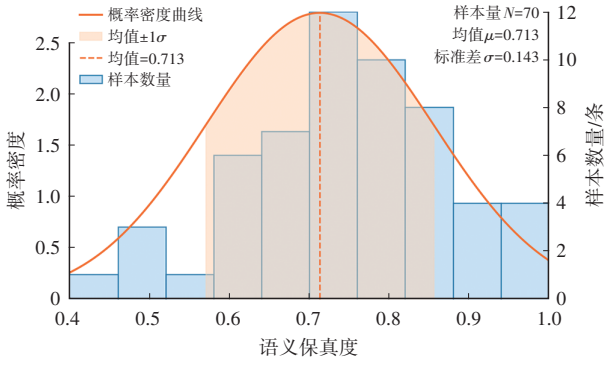


图5　语义保真度频率分布

分布结果证明，本系统生成的泛化指令在语义忠实性与表达覆盖度间达到良好平衡，可为后续测试提供高质量的输入。

3.3　语音测试结果评价

测试结果是评估测试方法效能的关键依据。本文从测试通过率、判决准确率、执行时效性、复现一致性和场景多样性5个维度对比分析3组试验数据，评估本系统的综合性能与实用价值。

3.3.1　评价指标

3.3.1.1　测试通过率

为评估车载语音交互系统在泛化指令集下的功能成熟度，本文采用测试通过率进行量化描述，测试通过率定义为：

$$\eta_{\text{pass}}=\frac{D_{\text{pass}}}{N_{\text{TC}}} \tag{9}$$

式中：η_{pass} 为测试通过率，N_{TC} 为一组测试中执行指令集的用例总数，D_{pass} 为一组测试中通过的用例数量。

3.3.1.2　判决准确率

为评估测试结果判定的可信度，本文对每组测试随机抽取20%的测试结果作为样本，由测试专家进行人工复核。判决准确率定义为抽样样本中判决结果与人工复核结果一致的占比：

$$\eta_{\text{acc}}=\frac{D_{\text{acc}}}{N_{\text{esti}}} \tag{10}$$

式中：η_{acc} 为判决准确率，N_{esti} 为抽样用例数，D_{acc} 为2次评价结果一致的用例数，该指标反映自动化判决相对于人工判断的一致性水平。

3.3.1.3　执行时效性

为评估测试执行效率，选取归一化指标对3种测

试方法的用时消耗进行比较：

$$\eta_{\text{time}} = \frac{\bar{t}_{\min}}{\bar{t}} \tag{11}$$

式中：η_{time}为执行时效性归一指标，$\bar{t}_{\min}$为三轮测试中最短的单用例平均测试时间，$\bar{t}$为当前测试方法单条用例的平均测试时间。

3.3.1.4　复现一致性

为评估测试方法稳定性，将复现一致性定义为重复执行同一用例时测试结果保持一致的概率。本文组织专家基于多次实验记录的统计分析进行综合评定，该指标取值范围为[0,1]，取值越高表明测试方法受偶然因素影响越小，结果可复现性越强。

3.3.1.5　场景丰富性

将场景丰富性定义为测试语音指令在句式结构、方言口音等表达维度上的丰富程度。本文组织测试专家进行综合评定，取值范围为[0,1]，取值越高表明测试用例能够模拟更多样化的用户表达习惯。

3.3.2　评价结果

按照3.1节所述流程开展3组试验，分别为人工测试、预置流程台架测试与本系统方法测试，以下分别称为第1组、第2组与第3组。3组试验的详细数据如表6所示。

表6　测试记录数据表

数据名称	第1组	第2组	第3组
测试用例总数/条	70	70	70
通过用例数/条	57	43	53
失败用例数/条	13	27	17
平均执行时间/条	5.00	1.96	1.60
抽样用例数/条	14	14	14
判别一致用例数/s	14	8	13
判决准确性	1.00	0.60	0.90
复现一致性	0.60	0.90	0.90
场景丰富性	0.50	0.30	0.80

根据表6计算5个维度的归一化指标，为直观对比3种测试方法，以测试方法为纵轴、评价指标为横轴绘制图6所示的热力图，图中颜色越深表示指标值越接近1，对应性能越优。

经对比分析可知：(1)第1组(人工测试)在判决准确性与测试通过率方面表现最佳，说明依赖人工经验判断与灵活应变能力在结果准确性上具备优势；然而其在执行时效性与复现一致性方面均明显偏低，反映出人工测试效率低、易受主观因素影响的固有局限。(2)第2组(预置流程台架)在执行时效性与复现一致性方面具有明显优势，体现了自动化执行在稳定性与运行效率上的优势；但判决可靠度显著不足，测试通过率最低，说明基于固化流程、仅依赖预设关键词进行结果匹配的方法面对语音系统多样化应答方式时易发生漏判或误判，且固定用例无法覆盖多元用户表达，难以应对非预设测试场景。(3)第3组(本系统)在执行时效性、复现一致性及场景多样性方面均表现优异，兼顾了自动化执行的高效率、高可复现性与场景泛化能力；判决准确率显著高于人工测试和预置流程台架测试，整体性能最为均衡。在测试通过率方面，失败的14条用例中有5条因车机无法响应泛化指令而出现异常现象，并被本系统准确识别，从而进一步验证了本文提出方法在探索语音交互测试边界方面的有效性。

综上，本系统在保持测试效率的同时，有效提升了判决可靠性与场景覆盖能力，实现了对传统测试方法的关键突破。

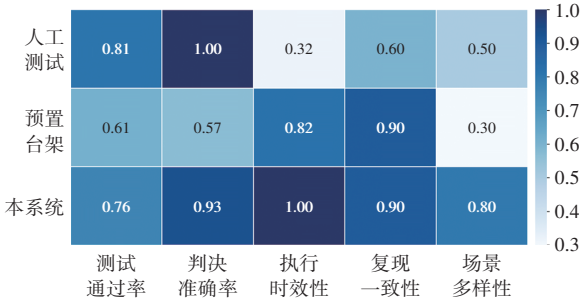


图6　3组试验测试效能对比热力图

4　结束语

本文提出一种多模态大模型驱动的座舱语音智能化测试系统，基于大语言模型实现语音指令的动态泛化与合成，并通过多模态融合判决机制提升测试结果的客观性与可靠性。对在线音乐语音控制功能进行测试，结果表明：该系统可将指令泛化方向聚焦于语义保真度和多样性的提升，从而拓展测试边界。与依赖固定用例的预置流程台架测试方法和人工测试相比，本系统在缺陷检出能力、判决准确率、测试执行效率以及可复现性指标上均表现出显著提升，为智能座舱语音系统可靠性验证提供了高效、可扩展的解决方案。

参　考　文　献

[1] ZHANG Z, LI Y, REN W, et al. A Secure and Robust Multimodal Framework for In-Vehicle Voice Control: Integrating Bilingual Wake-Up, Speaker Verification, and Fuzzy Command Understanding[J]. Engineer, 2025, 6(11):

319.

[2] CHAKROUN R, FRIKHA M. Robust Features for Text-Independent Speaker Recognition with Short Utterances[J]. Neural Computing and Applications. 2020(32): 13863-13883.

[3] 李乔娜, 陈璐璐, 刘兵. 车载语音识别率自动化测试研究[J]. 汽车文摘, 2019(10): 8-13.

[4] 陈媛媛, 李艺, 潘登, 等. 车载语音交互系统测试评价方法研究[J]. 汽车实用技术, 2025, 50(10): 34-40.

[5] JEONG H, LIU Y. Cognitive Modeling of Remote-Manual and Voice Controls for In-Vehicle Human-Automation Systems[C]// In HRI 18: Proceedings of the Companion of the 2018 ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction. Chicago: IEEE, 2018: 135-136.

[6] VICTORIA V, HU Z, NIKITA M. Development and Testing of Voice User Interfaces Based on BERT Models for Speech Recognition in Distance Learning and Smart Home Systems[J]. International Journal of Computer Network and Information Security, 2025, 17(3): 109-143.

[7] 田喆, 窦汝鹏, 赵猛, 等. 车载语音交互系统测试方法研究[J]. 中国汽车, 2021(7): 44-51.

[8] 张强, 石琴, 程腾, 等. 基于ChatGLM2大模型的座舱多模态拒识模型研究[J]. 汽车工程, 2025, 47(3): 412-417+429.

[9] 许娜, 卢佳烨. 基于安全和情感化的汽车辅助驾驶系统多模态交互设计研究综述[J]. 汽车工程学报, 2024, 14(3): 336-353.

[10] 雷朔, 刘旭敏, 徐维祥. 基于词向量特征扩展的中文短文本分类研究[J]. 计算机应用与软件, 2018, 35(8): 269-274.

（责任编辑　**明慧**）

《汽车技术》征稿启事

《汽车技术》杂志是中国第一汽车集团有限公司主办的国内外公开发行的汽车前瞻与应用技术类月刊，为我国高质量科技期刊分级目录入选期刊、中国科学引文数据库（CSCD）来源期刊、中文核心期刊、中国科技核心期刊、RCCSE中国核心学术期刊（A）、Scopus数据库收录期刊、俄罗斯《文摘杂志》（AJ）收录期刊、日本科学技术振兴机构数据库入选期刊、EBSCO学术数据库收录期刊、欧洲学术出版中心（EuroPub）数据库收录期刊。

《汽车技术》杂志以报道汽车整车及其零部件设计、研究、试验等方面的前瞻与应用技术为主，并兼有理论研究内容，是中国汽车行业核心学术和知识传播与共享的平台。

《汽车技术》将在国家提出的“创新、协调、绿色、开放、共享”发展理念的指引下，把握《节能与新能源汽车技术路线图》和“低碳化、信息化、智能化”的汽车技术主流发展趋势，努力在传统内燃机汽车高效动力系统、轻量化、低阻力领域，新能源汽车和互联智能汽车技术领域，大力吸收优质稿源，为广大科研和工程技术人员服务，为我国汽车工程技术创新能力提升贡献力量。

《汽车技术》欢迎高等院校师生、研发工程技术人员、技术管理人员及相关人员不吝赐稿，反映国家重点扶持项目、自然科学基金项目和其他重点项目等研究成果的稿件将被优先选择刊登。

投稿要求：

1. 文章字数最好控制在6 000~8 000字范围之内；

2. 请按科技论文要求撰写文章摘要，摘要中文字数控制在180字左右；

3. 文章必须附有公开发表的、体现本领域最新研究成果的参考文献，且在文中应标注文献引用处；

4. 文章主要作者应提供其简介，包括出生年、性别、职称、学历、研究方向及技术成果等；

5. 来稿的保密审查工作由作者单位负责，确保署名无争议，文责自负；

6. 请勿一稿多投；

7. 本刊使用网站投稿，请先登陆网站注册成功后投稿，详细投稿要求见本刊网站中“下载中心”栏的“作者指南”，网址：http://qcjs.cbpt.cnki.net。

《汽车技术》编辑部