

团体标准

T/TMAC ×××—202X

乘用车智能一体化底盘技术要求

Technical Requirements for Integrated intelligent chassis of Passenger vehicles

(征求意见稿)

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

已授权的专利证明材料为专利证书复印件或扉页，已公开但尚未授权的专利申请证明材料为专利公开通知书复印件或扉页，未公开的专利申请的证明材料为专利申请号和申请日期。

××××-××-××发布

××××-××-××实施

中国技术市场协会 发布

目 次

前 言 II

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 缩略语 1

5 总体要求 2

 5.1 线控化要求 2

 5.2 集中控制要求 2

 5.3 协同控制要求 2

 5.4 标准化接口要求 2

6 系统架构要求 2

7 智能一体化底盘功能要求 3

 7.1 自适应调节要求 3

 7.2 状态评估与边界限制要求 3

 7.3 失效降级要求 3

 7.4 故障监测要求 3

 7.5 跨系统冗余要求 3

8 执行器线控接口要求 3

 8.1 线控制动接口要求 3

 8.2 线控转向接口要求 6

 8.3 线控悬架接口要求 7

9 智能一体化底盘执行器要求 9

 9.1 BBW 线控制动执行器要求 9

 9.1.1 BBW 线控制动执行器响应参数 9

 9.2 SBW 线控转向执行器要求 9

 9.2.1 FWA 线控制动执行器的响应参数 9

 9.3 AS 线控悬架执行器要求 11

 9.4 智能一体化底盘控制单元硬件要求 12

10 智能一体化底盘系统功能安全要求 13

 10.1 功能安全要求 13

 10.2 网络安全要求 13

参 考 文 献 15

智能一体化底盘控制技术要求

1 范围

本文件规定了乘用车智能一体化底盘系统的技术要求、性能指标、功能边界、交互接口、功能安全、网络安全及冗余设计等内容。

本文件适用于 GB/T 15089 规定的 M1 类且最大设计总质量不超过 3500 kg 的车辆的乘用车智能一体化底盘系统。其他类车辆用乘用车智能一体化底盘可参照执行。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 15089 机动车辆及挂车分类

GB/T 34590 道路车辆功能安全

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

智能一体化底盘 Intelligent Integrated Chassis; IIC

集成了线控制动、线控转向、主动悬架等多种控制系统的智能化底盘平台。具备实时环境感知、多系统协同控制、高安全性冗余设计等特点。

3.2

线控制动 Brake By Wire; BBW

使用电力传输及电子信号控制的制动系统，包含电子液压制动和电子机械制动等不同形式。

3.3

线控转向 Steering By Wire ; SBW

取消了方向盘和转向轮之间的机械连接，通过电子控制实现转向功能。

3.4

主动悬架 Active Suspension; AS

通过电子信号控制悬架阻尼、高度和刚度的底盘系统，包含全主动悬架和半主动悬架等多种形式。

3.5

车辆运动控制 Vehicle Motion Control; VMC

负责统一协调智能一体化底盘各执行器的控制系统。通过调用转向、制动、悬架、驱动等执行器，实现车辆纵向、横向及垂向运动的精准协同控制。

4 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

ASW: 应用软件(Application Software)

ADAS: 先进驾驶辅助系统(Advanced Driver Assistance System)

CAN: 控制局域网(Controller Area Network)

EMB: 电子机械制动(Electro-Mechanical Brake)

- EHB: 电子液压制动 (Electro-Hydraulic Brake)
- ECAS: 空气悬架系统 (Electric Controlled Air Suspension)
- EDC: 电控减振器 (Electric Damper Control)
- MCU: 微控制单元 (Microcontroller Unit)
- FAS: 全主动悬架 (Full Active Suspension)
- FWA: 前轮转向执行器 (Front Wheel Actuator)
- HWA: 方向盘执行器 (Hand Wheel Actuator)
- IICU: 智能一体化底盘控制单元 (Intelligent Integrated Chassis Control Unit)
- PNC: 局部网络管理 (Partial Network Management)
- PSI5: 外设传感器接口 5 (Peripheral Sensor Interface 5)
- RWS: 后轮转向 (Rear Wheel Steering)
- SENT: 单边半字节传输协议 (Single Edge Nibble Transmission)
- TAS: 扭矩转角传感器 (Torque Angle Sensor)

5 总体要求

5.1 线控化要求

智能一体化底盘架构应集成或兼容 SBW (线控转向)、BBW (线控制动)、AS (主动悬架) 等线控系统中的至少一种, 以实现底盘系统的全面线控化和智能化。

5.2 集中控制要求

推荐智能一体化底盘采用中央集中控制加分布式执行架构 (如图 1)。传感器数据与控制算法集中至智能一体化底盘控制单元统一处理, 各执行器需具备本地闭环控制能力。

5.3 协同控制要求

智能一体化底盘应支持制动、转向、悬架、驱动之中三个及以上系统的协同控制。智能一体化底盘控制单元负责各系统执行器运动协调, 实现最优的运动控制效果。

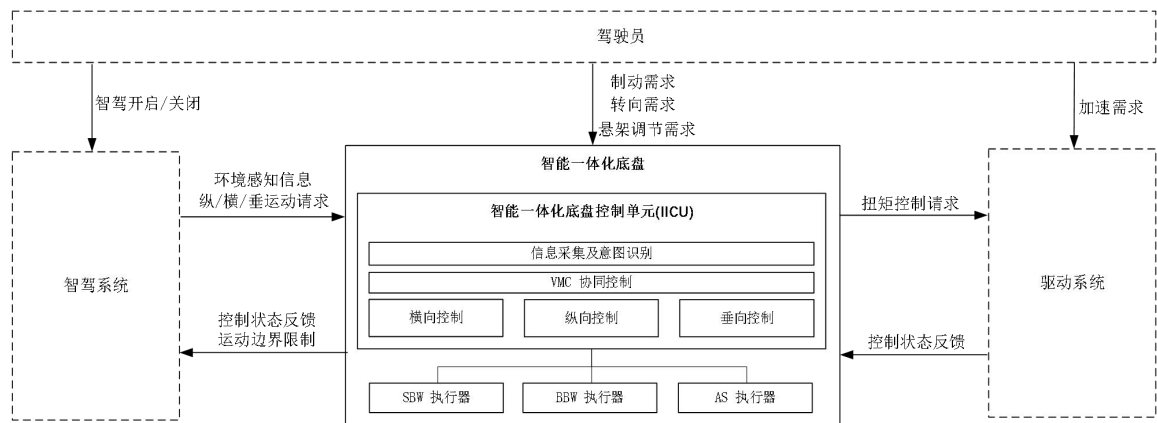
5.4 标准化接口要求

智能一体化底盘控制单元和执行器之间, 以及和外部域之间需采用标准化通讯接口, 以实现软硬件解耦, 提高不同执行器之间的兼容性。

6 系统架构要求

智能一体化底盘推荐架构如图 1 所示, 智能一体化底盘控制单元需要作为整车运动控制中枢, 解析智驾系统和人驾的控制意图。

底盘横向控制、纵向控制、垂向控制和 VMC 协同控制软件模块通过和 SBW、BBW、AS 执行器之间的标准化控制接口, 进行执行器的统一指挥调度, 实现车辆多自由度运动姿态的控制。



注 1: BBW 执行器包括但不限于 EHB、EMB 等线控制制动形式;
注 2: SBW 执行器包括 FWA、HWA 及 RWS 等多种执行器形式;

注 3：AS 执行器包括但不限于 EDC、ECAS、FAS 之中 1 个或多个线控悬架形式的组合。

图 1 智能一体化底盘系统边界

7 智能一体化底盘功能要求

7.1 自适应调节要求

智能一体化底盘应支持自适应调节功能，可根据不同的路面附着系数、地形地貌、车辆载重等场景需求，智能协调车辆纵向、横向及垂直方向动态控制，优化车辆驾乘体验。

7.2 状态评估与边界限制要求

智能一体化底盘应具备车辆实时运动状态评估与安全阈值分析能力，通过状态与安全阈值进一步计算车辆安全边界，并在临界行驶条件下完成高效动态响应控制，实现对传统动力学控制边界拓展。

7.3 失效降级要求

应具备智能驾驶与人驾系统的协同与降级容错能力，若在智能驾驶状态下发生失效，需要能够进入故障降级状态，及时切换到人驾模式，保障底盘控制基本功能并确保整个切换过程中的安全与平顺性。

7.4 故障监测要求

智能一体化底盘应实时监测各执行器和关联部件的异常状态，评估各种异常造成的潜在失效后果，及时根据故障状态禁用或降级相关功能，并进行报警提示。

7.5 跨系统冗余要求

智能一体化底盘应具备跨系统冗余控制能力。比如：SBW 系统失效时，可以通过制动及悬架协同控制，产生横摆角速度，形成一定转向能力；当制动失效时通过动力系统能量回收形成一定减速能力。

8 执行器线控接口要求

8.1 线控制动接口要求

基于智能一体化底盘系统架构要求，优先推荐采用 EMB 线控制动系统，同时接口信号需考虑 EMB 与 EHB 系统的兼容性，推荐采用如表 1 所示的标准化交互接口。对于 EHB 系统，部分信号为选配。

表 1 线控制动接口信号清单

智能一体化底盘控制单元发送，BBW 执行器接收			
信号名称	信号描述	信号值描述	备注
IICU_FTarVld_FL	IICU 左前目标夹紧力		
IICU_FTarVld_FL	IICU 左前目标夹紧力有效	0x00:无效 0x01:有效	
FtarGradLmt_FL	IICU 左前夹紧力梯度限制		
IICU_FTar_FR	IICU 右前目标夹紧力		
IICU_FTarVld_FR	IICU 右前目标夹紧力有效	0x00:无效 0x01:有效	
FtarGradLmt_FR	IICU 右前夹紧力梯度限制		
IICU_FTar_RL	IICU 左后目标夹紧力		
IICU_FTarVld_RL	IICU 左后目标夹紧力有效	0x00:无效 0x01:有效	
FtarGradLmt_RL	IICU 左后夹紧力梯度限制		
IICU_FTar_RR	IICU 右后目标夹紧力		
IICU_FTarVld_RR	IICU 右后目标夹紧力有效	0x00:无效 0x01:有效	
FtarGradLmt_RR	IICU 右后夹紧力梯度限制		
IICU_VehSpd	IICU 车速		
IICU_VehSpdVld	IICU 车速有效	0x00:无效 0x01:有效	
IICU_SlipTar_FL	IICU 左前目标滑移率		

IICU_SlipTarVld_FL	IICU 左前目标滑移率有效	0x00:无效 0x01:有效	
IICU_SlipTar_FR	IICU 右前目标滑移率		
IICU_SlipTarVld_FR	IICU 右前目标滑移率有效	0x00:无效 0x01:有效	
IICU_SlipTar_RR	IICU 左后目标滑移率		
IICU_SlipTarVld_RR	IICU 右后目标滑移率有效	0x00:无效 0x01:有效	
IICU_EpbParkReq_FL	IICU 左前 EPB 请求	0x00:无请求 0x01:驻车请求 0x02:释放请求	选配
IICU_EpbParkReq_FR	IICU 右前 EPB 请求	0x00:无请求 0x01:驻车请求 0x02:释放请求	选配
IICU_EpbParkReq_RL	IICU 左后 EPB 请求	0x00:无请求 0x01:驻车请求 0x02:释放请求	
IICU_EpbParkReq_RR	IICU 右后 EPB 请求	0x00:无请求 0x01:驻车请求 0x02:释放请求	
IICU_WhlCtrStsTar_FL	IICU 目标轮控状态 FL	0x00:BBF 控制模式 0x01:ABS 控制模式 0x02:VDC 控制模式 0x03:转毂控制模式 0x04:维修释放模式 0x05:Prefill 模式	
IICU_WhlCtrStsTar_FR	IICU 目标轮控状态 FR		
IICU_WhlCtrStsTar_RL	IICU 目标轮控状态 RL		
IICU_WhlCtrStsTar_RR	IICU 目标轮控状态 RR		
IICU_AmbtTemp	IICU 环境温度		
IICU_AmbtTempVld	IICU 环境温度有效		
BBW 执行器发送, 智能一体化底盘控制单元接收			
信号名称	信号描述	信号值描述	备注
BBW_BrkForceAct_FL	BBW 左前实际制动力		
BBW_BrkForceActVld_FL	BBW 左前实际制动力有效	0x00:无效 0x01:有效	
BBW_BrkForceCap_FL	BBW 左前制动能力		
BBW_WhlSpd_FL	BBW 左前轮速		选配
BBW_WhlSpdVld_FL	BBW 左前轮速有效	0x00:无效 0x01:有效	选配
BBW_WhlSpdDir_FL	BBW 左前轮速方向		选配
BBW_WhlPulseCntr_FL	BBW 左前轮速脉冲		选配
BBW_PistPosnAct_FL	BBW 左前实际活塞位移		选配
BBW_PistPosnActVld_FL	BBW 左前实际活塞位移有效	0x00:无效 0x01:有效	选配
BBW_FricLinRemThk_FL	BBW 左前摩擦片剩余厚度		选配
BBW_DiscTemp_FL	BBW 左前制动盘温度		
BBW_DiscTempVld_FL	BBW 左前制动盘温度有效	0x00:无效 0x01:有效	
BBW_WhlCtrStsAct_FL	BBW 左前实际轮控状态	0x00:BBF 控制模式 0x01:ABS 控制模式 0x02:VDC 控制模式	

		0x03:转毂控制模式 0x04:维修释放模式 0x05:Prefill 模式	
BBW_BrkForceAct_FR	BBW 右前实际制动力		
BBW_BrkForceActVld_FR	BBW 右前实际制动力有效	0x00:无效 0x01:有效	
BBW_BrkForceCap_FR	BBW 右前制动能力		
BBW_WhlSpd_FR	BBW 右前轮速		选配
BBW_WhlSpdVld_FR	BBW 右前轮速有效	0x00:无效 0x01:有效	选配
BBW_WhlSpdDir_FR	BBW 右前轮速方向		选配
BBW_WhlPulseCntr_FR	BBW 右前轮速脉冲		选配
BBW_PistPosnAct_FR	BBW 右前实际活塞位移		选配
BBW_PistPosnActVld_FR	BBW 右前实际活塞位移有效	0x00:无效 0x01:有效	选配
BBW_FricLinRemThk_FR	BBW 右前摩擦片剩余厚度		选配
BBW_DiscTemp_FR	BBW 右前制动盘温度		
BBW_DiscTempVld_FR	BBW 右前制动盘温度有效	0x00:无效 0x01:有效	
BBW_WhlCtrStsAct_FL	BBW 左后实际轮控状态	0x00:BBF 控制模式 0x01:ABS 控制模式 0x02:VDC 控制模式 0x03:转毂控制模式 0x04:维修释放模式 0x05:Prefill 模式	
BBW_BrkForceAct_RL	BBW 左后实际制动力		
BBW_BrkForceActVld_RL	BBW 左后实际制动力有效	0x00:无效 0x01:有效	
BBW_BrkForceCap_RL	BBW 左后制动能力		
BBW_WhlSpd_RL	BBW 左后轮速		选配
BBW_WhlSpdVld_RL	BBW 左后轮速有效	0x00:无效 0x01:有效	选配
BBW_WhlSpdDir_RL	BBW 左后轮速方向		选配
BBW_WhlPulseCntr_RL	BBW 左后轮速脉冲		选配
BBW_PistPosnAct_RL	BBW 左后实际活塞位移		选配
BBW_PistPosnActVld_RL	BBW 左后实际活塞位移有效	0x00:无效 0x01:有效	选配
BBW_FricLinRemThk_RL	BBW 左后摩擦片剩余厚度		选配
BBW_DiscTemp_RL	BBW 左后制动盘温度		
BBW_DiscTempVld_RL	BBW 左后制动盘温度有效	0x00:无效 0x01:有效	
BBW_WhlCtrStsAct_RL	BBW 左后实际轮控状态	0x00:BBF 控制模式 0x01:ABS 控制模式 0x02:VDC 控制模式 0x03:转毂控制模式 0x04:维修释放模式 0x05:Prefill 模式	
BBW_BrkForceAct_RR	BBW 右后实际制动力		
BBW_BrkForceActVld_RR	BBW 右后实际制动力有效	0x00:无效 0x01:有效	
BBW_BrkForceCap_RR	BBW 右后制动能力		

BBW_WhlSpd_RR	BBW 右后轮速		选配
BBW_WhlSpdVld_RR	BBW 右后轮速有效	0x00:无效 0x01:有效	选配
BBW_WhlSpdDir_RR	BBW 右后轮速方向		选配
BBW_WhlPulseCntr_RR	BBW 右后轮速脉冲		选配
BBW_PistPosnAct_RR	BBW 右后实际活塞位移		选配
BBW_PistPosnActVld_RR	BBW 右后实际活塞位移有效	0x00:无效 0x01:有效	选配
BBW_FricLinRemThk_RR	BBW 右后摩擦片剩余厚度		选配
BBW_DiscTemp_RR	BBW 右后制动盘温度		
BBW_DiscTempVld_RR	BBW 右后制动盘温度有效	0x00:无效 0x01:有效	
BBW_WhlCtrStsAct_RL	BBW 左后实际轮控状态	0x00:BBF 控制模式 0x01:ABS 控制模式 0x02:VDC 控制模式 0x03:转毂控制模式 0x04:维修释放模式 0x05:Prefill 模式	

8.2 线控转向接口要求

基于智能一体化底盘系统架构要求，推荐线控转向采用如表 2 所示的标准化交互接口。

表 2 线控转向接口信号清单

智能一体化底盘控制单元发送，SBW 执行器接收（含 RWS）			
信号名称	信号描述	信号值描述	备注
IICU_SBW_Enable	SBW 使能请求	0x00:关闭 0x01:使能	
IICU_RWS_Enable	RWS 使能请求	0x00:关闭 0x01:使能	
IICU_FWA_request	IICU 对 FWA 控制请求	0x00:关闭 0x01:使能	
IICU_FWA_CtrlAngle	IICU 对 FWA 控制请求角度		
IICU_FWA_CtrlAngle_Valid	IICU 对 FWA 控制请求角度有效性	0x00:无效 0x01:有效	
IICU_RWS_request	IICU 对 RWS 控制请求	0x00:关闭 0x01:使能	
IICU_RWS_CtrlPosition	IICU 对 RWS 控制请求位置		
IICU_RWS_CtrlPosition_Valid	IICU 对 RWS 控制请求位置有效性	0x00:无效 0x01:有效	
IICU_HWA_request	IICU 对 HWA 控制请求	0x00:关闭 0x01:使能	
IICU_HWA_CtrlTorque	IICU 对 HWA 控制请求扭矩		
IICU_HWA_CtrlTorque_Valid	IICU 对 HWA 控制请求扭矩有效性	0x00:无效 0x01:有效	
SBW 执行器（含 RWS）发送，智能一体化底盘控制单元接收			
信号名称	信号名称	信号值描述	备注
SBW_FWA_Available	FWA 可用信号	0x00:无效 0x01:有效	
SBW_FWA_Status	FWA 状态信号	0x00:功能正常 0x01:功能降级-1 级 0x02:功能降级-2 级 0x03:功能失效	
SBW_FWA_CtrlActive	FWA 使能请求响应	0x00:关闭 0x01:使能	

SBW_FWA_angle	FWA 实际转角		
SBW_RWS_Available	RWS 可用信号	0x00:无效 0x01:有效	
SBW_RWS_Status	RWS 状态信号	0x00:功能正常 0x01:功能降级-1 级 0x02:功能降级-2 级 0x03:功能失效	
SBW_RWS_CtrlActive	RWS 使能请求响应	0x00:关闭 0x01:使能	
SBW_RWS_position	RWS 实际位置		
SBW_HWA_Available	HWA 可用信号	0x00:无效 0x01:有效	
SBW_HWA_Status	HWA 状态信号	0x00:功能正常 0x01:功能降级-1 级 0x02:功能降级-2 级 0x03:功能失效	
SBW_HWA_CtrlActive	HWA 使能请求响应	0x00:关闭 0x01:使能	
SBW_HWA_angle	HWA 实际转角		
SBW_HWA_torque	HWA 实际扭矩		

8.3 线控悬架接口要求

基于智能一体化底盘系统架构要求，推荐线控悬架采用如表 3 所示的标准化交互接口。

表 3 线控悬架接口信号清单

智能一体化底盘控制单元发送，线控悬架执行器接收			
信号名称	信号描述	信号值描述	备注
IICU_DrvCurrentFL1	左前电磁阀 1 驱动电流		
IICU_DrvCurrentFL2	左前电磁阀 2 驱动电流		选配
IICU_DrvCurrentFR1	右前电磁阀 1 驱动电流		
IICU_DrvCurrentFR2	右前电磁阀 2 驱动电流		选配
IICU_DrvCurrentRL1	左后电磁阀 1 驱动电流		
IICU_DrvCurrentRL2	左后电磁阀 2 驱动电流		选配
IICU_DrvCurrentRR1	右后电磁阀 1 驱动电流		
IICU_DrvCurrentRR2	右后电磁阀 2 驱动电流		选配
IICU_TarHeightFL	左前目标高度值		
IICU_TarHeightFR	右前目标高度值		
IICU_TarHeightRL	左后目标高度值		
IICU_TarHeightRR	右后目标高度值		
IICU_TarHeightFL_Valid	左前目标高度值有效	0x00:无效 0x01:有效	
IICU_TarHeightFR_Valid	右前目标高度值有效	0x00:无效 0x01:有效	
IICU_TarHeightRL_Valid	左后目标高度值有效	0x00:无效 0x01:有效	
IICU_TarHeightRR_Valid	右后目标高度值有效	0x00:无效 0x01:有效	
IICU_ReqSVOpenFL1	请求打开左前刚度阀 1	0x01: 无请求; 0x02: 请求	
IICU_ReqSVOpenFL2	请求打开左前刚度阀 2	0x01: 无请求; 0x02: 请求	选配
IICU_ReqSVOpenFR1	请求打开右前刚度阀 1	0x01: 无请求; 0x02: 请求	

IICU_ReqSVOpenFR2	请求打开右前刚度阀 2	0x01: 无请求; 0x02: 请求	选配
IICU_ReqSVOpenRL1	请求打开左后刚度阀 1	0x01: 无请求; 0x02: 请求	
IICU_ReqSVOpenRL2	请求打开左后刚度阀 2	0x01: 无请求; 0x02: 请求	选配
IICU_ReqSVOpenRR1	请求打开右后刚度阀 1	0x01: 无请求; 0x02: 请求	
IICU_ReqSVOpenRR2	请求打开右后刚度阀 2	0x01: 无请求; 0x02: 请求	选配
IICU_ReqTorqueFL	左前扭矩请求		
IICU_ReqTorqueFR	右前扭矩请求		
IICU_ReqTorqueRL	左后扭矩请求		
IICU_ReqTorqueRR	右后扭矩请求		
线控悬架执行器发送, 智能一体化底盘控制单元接收			
信号名称	信号名称	信号名称	信号名称
EDC_ActDrvCurrentFL	左前电磁阀实际电流值		
EDC_ActDrvCurrentFR	右前电磁阀实际电流值		
EDC_ActDrvCurrentRL	左后电磁阀实际电流值		
EDC_ActDrvCurrentRR	右后电磁阀实际电流值		
ECAS_ActHeightFL	左前实际高度值		
ECAS_ActHeightFR	右前实际高度值		
ECAS_ActHeightRL	左后实际高度值		
ECAS_ActHeightRR	右后实际高度值		
LMC_ECAS_SVAvailFL1	左前刚度阀 1 可用	0x01: 可用 0x02: 不可用	
LMC_ECAS_SVAvailFL2	左前刚度阀 2 可用	0x01: 可用 0x02: 不可用	选配
LMC_ECAS_SVStsFL1	左前刚度阀 1 状态	0x01: 打开 0x02: 关闭 0x03: 故障	
LMC_ECAS_SVStsFL2	左前刚度阀 2 状态	0x01: 打开 0x02: 关闭 0x03: 故障	选配
LMC_ECAS_SVAvailFR1	右前刚度阀 1 可用	0x01: 可用 0x02: 不可用	
LMC_ECAS_SVAvailFR2	右前刚度阀 2 可用	0x01: 可用 0x02: 不可用	选配
LMC_ECAS_SVStsFR1	右前刚度阀 1 状态	0x01: 打开 0x02: 关闭 0x03: 故障	
LMC_ECAS_SVStsFR2	右前刚度阀 2 状态	0x01: 打开 0x02: 关闭 0x03: 故障	选配
LMC_ECAS_SVAvailRL1	左后刚度阀 1 可用	0x01: 可用 0x02: 不可用	
LMC_ECAS_SVAvailRL2	左后刚度阀 2 可用	0x01: 可用 0x02: 不可用	选配
LMC_ECAS_SVStsRL1	左后刚度阀 1 状态	0x01: 打开 0x02: 关闭 0x03: 故障	
LMC_ECAS_SVStsRL2	左后刚度阀 2 状态	0x01: 打开	选配

		0x02: 关闭 0x03: 故障	
LMC_ECAS_SVAvailRR1	右后刚度阀 1 可用	0x01: 可用 0x02: 不可用	
LMC_ECAS_SVAvailRR2	右后刚度阀 2 可用	0x01: 可用 0x02: 不可用	选配
LMC_ECAS_SVStsRR1	右后刚度阀 1 状态	0x01: 打开 0x02: 关闭 0x03: 故障	
LMC_ECAS_SVStsRR2	右后刚度阀 2 状态	0x01: 打开 0x02: 关闭 0x03: 故障	选配

9 智能一体化底盘执行器要求

9.1 BBW 线控制动执行器要求

9.1.1 BBW 线控制动执行器响应参数

BBW 线控制动执行器的响应参数见下图 2。

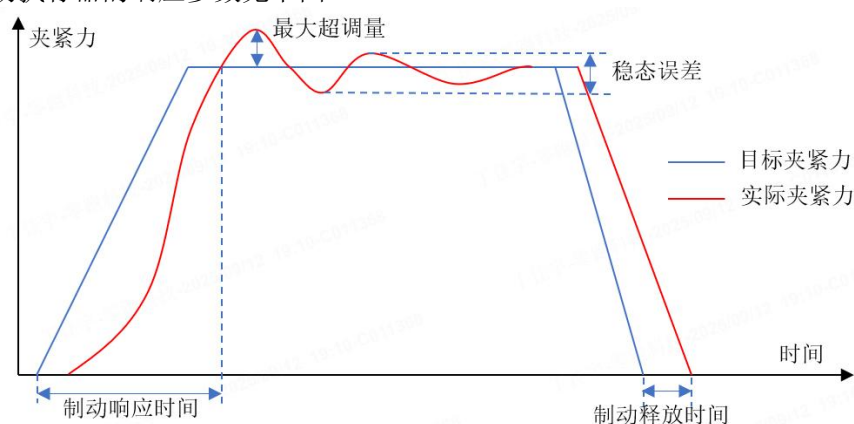


图 2 BBW 线控制动执行器响应参数示意图

9.1.2 制动响应时间

BBW 执行器从释放状态收到目标夹紧力请求，到 60%最大夹紧力的总时长应不大于 100ms。

9.1.3 制动释放时间

BBW 执行器从 60%最大夹紧力收到释放请求，到夹紧力为 0 状态，总释放时长应不大于 50ms。

9.1.4 控制精度

BBW 执行器稳态控制误差绝对值应不大于 2%，最大超调量应不大于 3%。

9.1.5 制动力反馈精度

BBW 反馈的轮端夹紧力与实际物理值偏差，当目标夹紧力不大于 10KN 时，偏差绝对值应不大于 1.5%；当目标夹紧力大于 10KN 时，偏差绝对值应不大于 3%。

9.2 SBW 线控转向执行器要求

9.2.1 FWA 线控制动执行器的响应参数

FWA 线控制动执行器的响应参数见图 3。

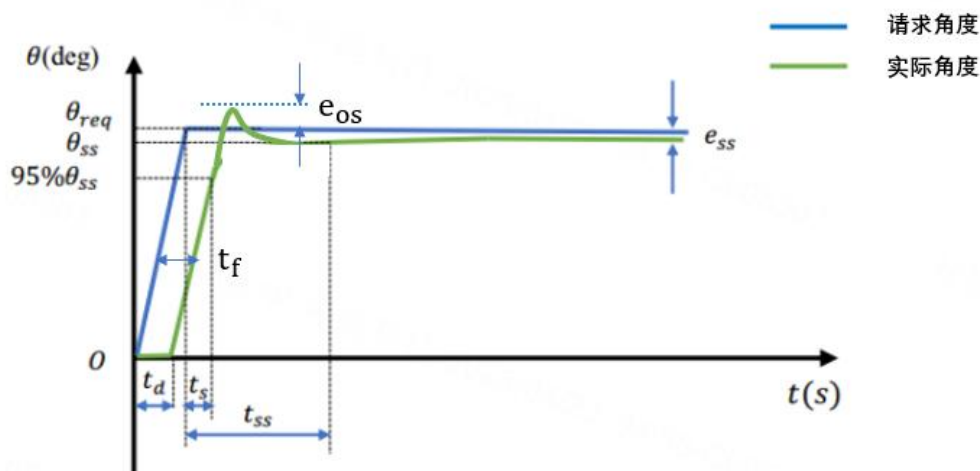


图 3 FWA 线控制动执行器响应参数示意图

9.2.2 FWA 响应延时 (t_d)

FWA 前轮执行器从收到请求角度（或请求位置），到实际角度（或位置）开始变化，应不大于 30ms。

9.2.3 FWA 跟随延时 (t_f)

FWA 前轮执行器在执行角度控制过程中，从收到请求角度（或请求位置），到实际角度（或位置）开始变化，应不大于 30ms。

9.2.4 FWA 临界稳态响应延时 (t_s)

FWA 前轮执行器的请求角度到达目标角度（ θ_{req} ），到实际角度执行到 95%稳态转角（ θ_{ss} ）的时间间隔，应不大于 40ms。

9.2.5 FWA 临界稳态响应延时 (t_s)

FWA 前轮执行器的请求角度到达目标角度（ θ_{req} ），到实际角度执行到稳态转角（ θ_{ss} ）的时间间隔，应不大于 60ms。

9.2.6 FWA 控制精度

FWA 前轮执行器控制差稳态误差（ e_{ss} ）应不大于 0.1° ，最大超调量（ e_{os} ）应不大于 0.2° ；

9.2.7 HWA 响应时间

HWA 从指令发出到扭矩输出达到 95%目标值所需的时间，当请求扭矩为 1Nm 时应不大于 6ms，当请求扭矩为 10Nm 时应不大于 20ms。

9.2.8 HWA 调节时间

HWA 扭矩输出进入并稳定在目标值允许误差带 $\pm 2\%$ 内的时间，当请求扭矩为 1Nm 时应不大于 10ms，当请求扭矩为 10Nm 时应不大于 40ms。

9.2.9 HWA 稳态误差

HWA 在系统稳定后实际扭矩与目标扭矩的偏差，当请求扭矩为 1Nm 时应不大于 0.1Nm，当请求扭矩为 10Nm 时应不大于 0.3Nm。

9.2.10 HWA 扭矩波动 (Torque Ripple)

稳态运行时扭矩的周期性波动，当请求扭矩为 1Nm 时应不大于 0.15Nm，当请求扭矩为 10Nm 时应不大于 0.2Nm。

9.2.11 RWS 载荷性能要求

RWS 载荷性能应符合表 4 的要求。

表 4 RWS 载荷性能要求

工况\参数	Max. 方向盘角速度	Min. 后转向角速度	Max. 后转向角度	精度	后转向齿条负载
静态转向 0 kph	360 °/s	2.7 °/s	7.5 °(17.5mm)	0.1 °	100%
低速转向 8 kph	500 °/s	10.0 °/s	7.5 °(17.5mm)	0.03 °	90%
高离心力转向 > 30 kph	1000 °/s	10.0 °/s	TBD (2 °)	0.1 °	60%
紧急避让转向 < 100 kph	500 °/s	10.0 °/s	TBD (5 °)	0.1 °	15%
高速直行	5 °/s	0.1 °/s	TBD (1 °)	0.03 °	30%

9.2.12 RWS 动态响应性能要求

RWS 动态响应性能要求应符合表 5 的要求。

表 5 RWS 动态响应性能要求表

后轮转向执行响应期望响应					后转向执行器响应技术规范					
参数 工况	电压	最大齿条负载	阶跃转向角	阶跃转向角速度	延迟时间	响应时间	峰值时间	最大超调量	稳定时间	允许误差
静态	12	100%	7.5°	2.7 °/s	≤100 ms		≤300 ms	≤0.1°	≤300 ms	≤0.4°
低速	12	70%	7.5°	10 °/s	≤100 ms	≤300 ms	≤300 ms	≤0.4°	≤400 ms	≤0.1°
高速	12	90%	2°	10 °/s	≤100 ms	≤200 ms	≤200 ms	≤0.1°	≤200 ms	≤0.1°

注 1：延迟时间（td）：从指令阶跃输入达到其最大值（er）的 50%时刻起，至实际转向输出首次达到其终值 50%时刻止所经历的时间。

注 2：响应时间（tr）：从指令阶跃输入达到其最大值（ar）的 50%时刻起，至实际转向输出首次达到其终值 90%时刻止所经历的时间。

注 3：峰值时间（tp）：系统响应达到超调量第一个峰值所需的时间。

注 4：稳定时间（ts）：系统响应曲线达到并持续保持在允许公差范围内所需的时间。

9.3 AS 线控悬架执行器要求

9.3.1 ECD 响应时间要求

阻尼力在 10%~90%区间，ECD 控制电流在 0.3A~1.6A 由小到大变化时，阻尼响应时间应小于 20ms，控制电流在 1.6A~0.3A 由大到小变化时，阻尼响应时间应小于 15ms，如下图 4 所示。

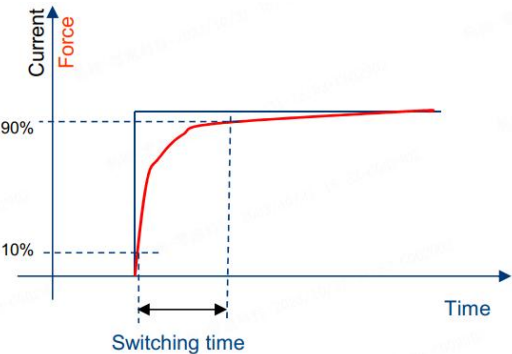


图 4 响应时间图示(阻尼力 10%~90%)

9.3.2 ECD 响应一致性要求

同一减振器，以 0.1A 为间隔，各个电流值下的 FV 曲线不得有交叉，阻尼力变化与电流变化尽可能线性，见图 5。

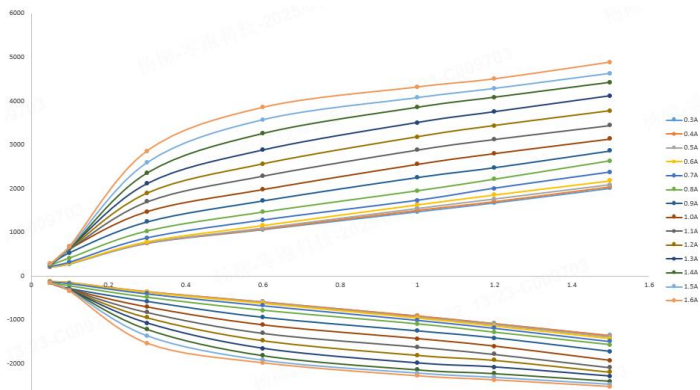


图 5 各电流值下曲线示例

9.3.3 ECAS 升降速度要求

测试 ECAS 系统升降速度时，总时间需减去前后轴维稳停滞时间。ECAS 系统升降速度应符合表 6 要求。

表 6 ECAS 系统升降速度要求

模式切换	速度要求（整车）	备注
低→高（充气）	3mm/s~6mm/s	
高→低（排气）	2.5mm/s~5.5mm/s	

9.3.4 FAS 响应时间要求

当控制系统发出指令到 FAS 执行器输出目标力的时间应不大于 100ms。

9.3.5 FAS 主动力要求

FAS 执行器在正常工况下可连续输出的最大力不小于 5000N。

9.3.6 FAS 爆破压力要求

FAS 执行器在瞬态冲击时允许的最高工作压力要求不小于 150bar。

9.4 智能一体化底盘控制单元硬件要求

9.4.1 MCU 选型要求

9.4.1.1 非易失性存储空间要求

推荐智能一体化底盘控制单元采用 PFlash 容量不低于 12 MB，DFlash 容量不低于 2M，具有 DFlash 和 PFlash 物理分区，并且支持 ECC 校验的 MCU。

9.4.1.2 随机存储器空间要求

推荐智能一体化底盘控制单元采用 SRAM 不低于 2M，并且支持 ECC 校验的 MCU。

9.4.1.3 运行频率及算力要求

推荐智能一体化底盘控制单元采用单核主频不低于 300Mhz，单核心算力不低于 300DMIPS 的 MCU。

9.4.1.4 可靠性及安全要求

智能一体化底盘控制单元需采用符合 AEC-Q100 Grade1 车规芯片认证，且符合 ASIL D 功能安全要求的 MCU。

9.4.2 硬件物理接口要求

9.4.2.1 CAN 通讯接口

推荐智能一体化底盘控制单元支持至少 8 路 CAN FD 接口，且每路 CAN FD 支持局部网络管理

（PNC）。以满足控制单元跨域通讯和多执行器域内交互的通讯需求。

9.4.2.2 以太网通讯接口

推荐智能一体化底盘控制单元支持至少 1 路以太网接口，通讯速率不低于 100 Mbps，以满足底盘系统和智驾系统之间日益增长的数据传输容量和速率要求。

9.4.2.3 踏板位置（或角度）传感器接口

推荐智能一体化底盘控制单元支持不少于 4 路踏板位置（或角度）传感器 SENT 信号传输接口，以满足通过不同类型和数量的踏板传感器，实现避免非预期的减速能力下降的功能安全目标。

9.4.2.4 方向盘力矩及转角传感器接口

推荐智能一体化底盘控制单元支持不少于 6 路 TAS SENT 信号传输接口，以满足通过不同数量的扭矩传感器和角度传感器组合，实现避免非预期转向助力功能安全目标。

9.4.2.5 加速度或高度传感器接口

推荐智能一体化底盘控制单元支持 4 路悬架高度或加速度传感器 PSI5 信号传输接口，以满足不同种类主动悬架的传感器采集需求。

10 智能一体化底盘系统功能安全要求

10.1 功能安全要求

智能一体化底盘应满足表 7 定义的功能安全要求。

表 7 智能一体化底盘功能安全要求

序号	功能安全目标	Max.ASIL
1	避免车辆行驶过程中非预期的减速	D
2	避免车辆行驶过程中非预期的减速能力下降	D
3	避免驻车制动非预期释放，导致车辆溜车	C
4	避免车辆行驶过程中非预期转向助力（非预期自主，反向）导致非预期的侧向运动	D
5	避免车辆行驶过程中失去对车辆的侧向运动控制（转向卡滞，转向丢失）	D
6	避免车辆行驶过程中非预期的垂向运动（悬架高度非预期调节）	C
7	避免车辆行使过程中非预期的横摆运动	D
注：ASIL（C/D）定义遵从《GB/T 34590 道路车辆功能安全》相关相关要求		

10.2 网络安全要求

10.2.1 硬件防拆保护

应具备防拆保护措施，确保硬件在面对非法恶意打开具有相应的防护、标识等措施。

10.2.2 基于硬件的安全模块

应支持并应用基于硬件的加解密引擎，集成硬件安全模块 SE 或 HSM（单独或集成均可），提供密钥对生成、证书和密钥安全存储功能，可支持并使用国际主流且符合行业标准要求的加密算法库。

10.2.3 硬件外部接口管控

应禁用所有不必要的硬件外部接口（如 JTAG、UART、I/O、USB 等）来保护系统和内存中的数据，确保不存在非法访问的隐藏接口；如业务需要，则通过主机厂评估通过后，采用安全访问控制措施进行权限管控，规避通过外部接口攻击系统或窃取数据。

10.2.4 可读丝印控制

智能一体化底盘控制器硬件应当从 PCB 表面移除可读性文字说明或进行不可读处理（如混淆/加密），例如调试口标识，通信口标识等。

注：芯片型号标识等芯片本身表面的可读性文字可以保留。

10.2.5 通信线路及触点隐蔽

智能一体化底盘关键芯片（包括但不限于 MCU、SOC）之间的通信线路及测试触点应尽量隐蔽（例如：采用内层布线方式隐藏通信线路），对抗内部数据传输的窃听和伪造攻击。

10.2.6 安全启动

智能一体化底盘整个系统及核心驱动在安全启动中应采用签名和校验技术，密钥应由产品供应商或系统开发团队进行保护；应支持整个启动流程的签名和验证。对于包含多芯片的控制器，要求所有芯片均满足该需求。

10.2.7 代码安全

智能一体化底盘软件代码不应存在后门，代码编写应遵循企业或开发方定义的编程技术规范，并至少满足下列要求之一：

- a) 对代码的关键内容进行混淆，关键内容包括：变量名、函数名、程序结构等。
- b) 对开发完成的代码进行静态代码测试。

10.2.8 安全诊断

应使用增强型 27 安全访问的算法技术，种子密钥长度不少于 4 字节，算法应为未破解的标准算法或同等级别自定义算法；针对写服务，控制类诊断服务应通过 27 算法访问后进行操作。27 服务应具备防暴力破解机制。

10.2.9 软件升级安全

软件更新过程应对提供软件包的真实性、完整性做校验，确保升级包身份无误、内容完整。

升级过程中出现校验失败或其他情况时，应能阻止当前升级过程，并记录相应日志；升级后若出现系统异常，应确保系统具备恢复能力，避免升级导致的系统功能失效。

升级过程中的重要流程（在线升级的身份验证、升级包验证、升级包分发、升级版本记录、升级结果记录等）应有相应日志记录。

参 考 文 献

- [1] GB/T 15089 机动车辆及挂车分类
 - [2] GB 17675 汽车转向系统基本要求
 - [3] GB 21670 乘用车制动系统技术要求及试验方法
 - [4] GB 44495 汽车信息安全通用技术要求
 - [5] GB 44496 汽车软件升级通用技术要求
 - [6] QC/T 491-2018 汽车减振器性能要求及台架试验方法
 - [7] T/CSAE 312-2023 乘用车空气悬架用空气弹簧技术规范
-