

ADAS算法设计（二）：AEB算法设计

自动紧急制动AEB为一项重要的主动安全类ADAS功能，随着E-NCAP、C-NCAP的推动，得到了越来越广泛的应用配置，本文将介绍AEB的算法设计。

一、AEB算法功能定义

自动紧急制动AEB通过雷达、摄像头共同监测前方车辆以及行人情况，若探测到潜在碰撞风险，系统将采取相应预警及制动措施，从而避免发生碰撞或减轻碰撞损害程度。

AEB算法的功能定义如下：

- 1) 使用场景：10km/h~70km/h直道工况；
- 2) 当本车与前方车辆存在追尾风险时，AEB需通过预警、自动制动等方式避免碰撞或减轻碰撞的程度；
- 3) AEB干预策略分级：
 - 一级干预：预警（听觉预警）
 - 二级干预：舒适性制动
 - 三级干预：紧急制动
- 4) 具备制动辅助功能，即当驾驶员制动力不足时，AEB系统能够估算出车辆安全制动所需的最优制动力；
- 5) 驾驶员可通过APP进行AEB功能的开启和关闭；
- 6) 驾驶员大角度转向或急打方向盘进行主动干预时，AEB功能需要关闭；当驾驶员主动干预结束后，AEB功能自动恢复；
- 7) 驾驶员打转向灯准备转弯时，AEB功能关闭；当转向灯关闭后，AEB功能自动恢复；
- 8) 开启双闪状态下，AEB功能关闭。

二、AEB控制系统接口

AEB控制系统接口参见下图1。

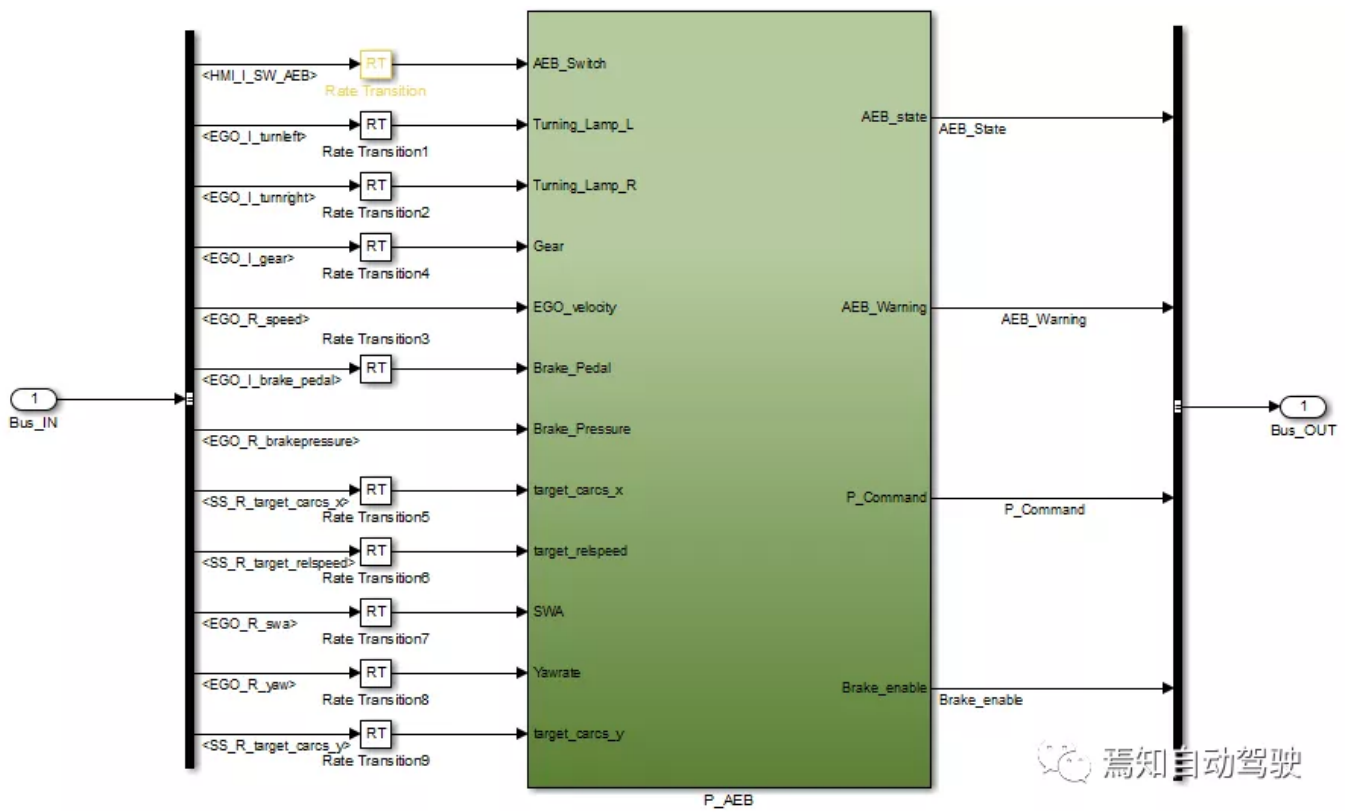


图 1 AEB控制系统接口定义

根据AEB算法功能定义，可知AEB控制系统需输入AEB开关、转向灯、方向盘转角、车速等整车信号及传感器环境感知的目标信息，而需要输出AEB预警及制动干预信号。具体见下表1

表 1 AEB控制系统接口

输入/输出	信号	备注
输入	AEB功能开关	/
	左转向灯信号	/
	右转向灯信号	/
	挡位信号	(P/R/N/D)
	方向盘转角信号	(degree/s)
	本车车速信号	(m/s)
	纵向相对距离	(m)
	侧向相对距离	(m)
	相对速度	(m/s)
输出	AEB动作状态信号	/
	AEB预警信号	/
	制动压力信号	(MPa)
	制动使能信号	/

三、AEB控制系统算法

AEB控制系统主要由模式控制（驾驶员干预）模块、信息处理模块、状态控制逻辑模块和功能控制模块四部分组成，以下分别介绍：

1) 模式控制模块

模式控制模块的功能是根据驾驶员相关状态对AEB功能模式进行控制，主要实现AEB功能的使能控制和驾驶员主动干预功能。

2) 信息处理模块

信息处理模块的功能是对环境感知信息和本车信息进行实时处理，主要包括危险程度评估和最优制动减速度估算两部分。

- 危险程度评估

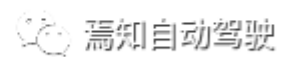
与FCW相同，AEB采用的系统危险程度评估算法仍为三段式距离判定方法和TTC碰撞事件判别方法，其中三段式距离判定方法应用更多，具体介绍可参见本系列上一篇文章《ADAS算法设计（一）：FCW算法介绍》，本文不再赘述。

- 最优制动减速度估算

AEB制动辅助阶段的制动减速度估算是AEB系统的关键算法，除保证制动安全性外，制动的平顺性和舒适性是衡量最优制动力估算算法性能的最重要指标。

AEB最优制动减速度估算公式如下：

$$A_{\text{optim}} = V_{\text{rel}}^2 / (D_{\text{dis}} - D_{\text{safe}}) / 2 * K_a$$



式中：Vrel —— 相对车速（前车 - 本车）；

Ddis —— 相对距离（前车 - 本车）；

Dsafe —— 安全距离；

Ka —— 减速度增益。

在实时制动减速度估算的基础上，还需要进行中值滤波及经验系数控制，保证制动辅助过程中制动减速度的平顺性及单调递增性。

3) 状态控制逻辑模块

状态控制逻辑模块的功能是根据两车状态信息和危险程度评估的数据实时进行AEB状态控制，参见下图2。

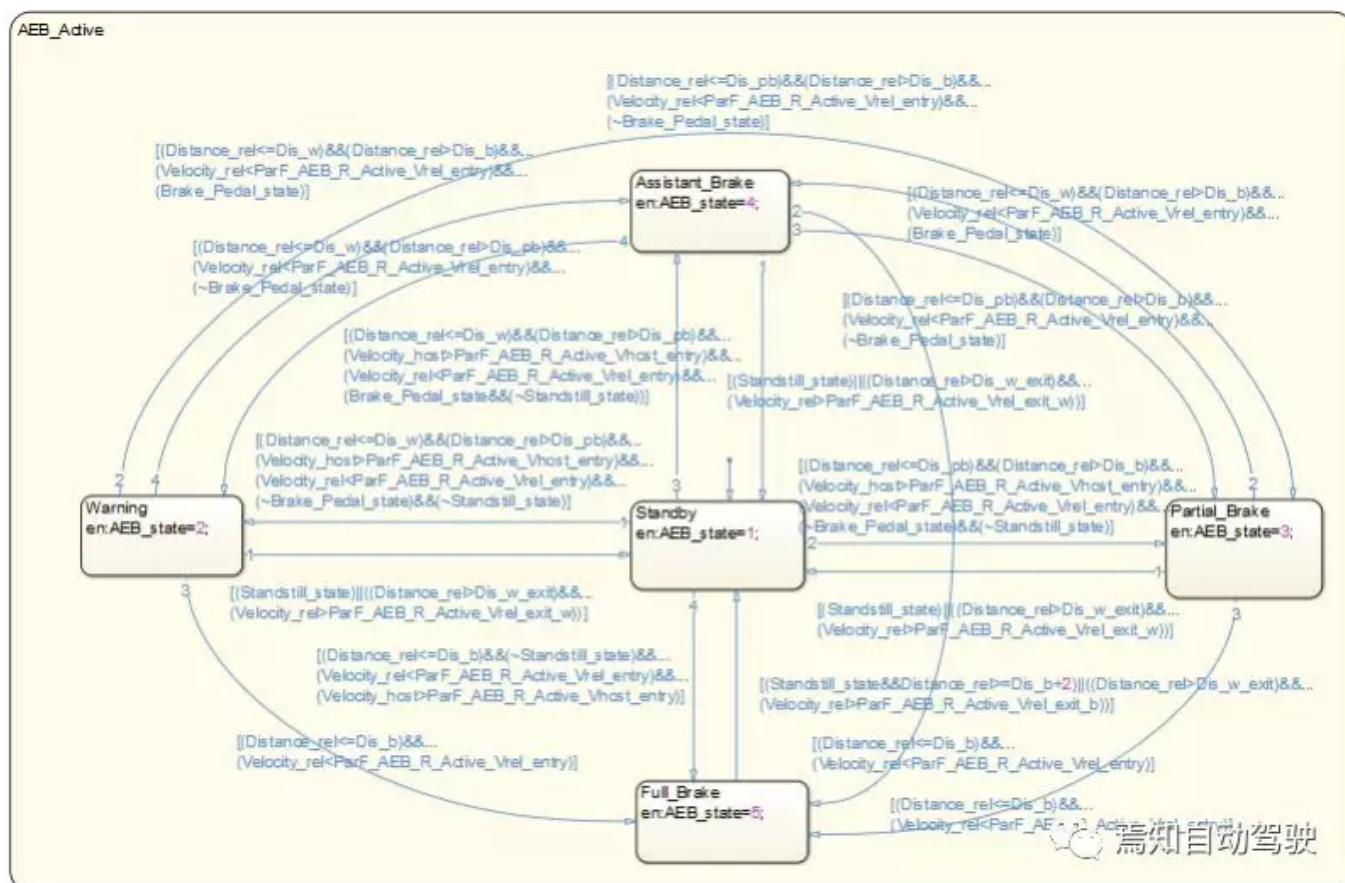


图 2 AEB状态控制逻辑示意图

AEB的状态定义为：

- OFF：AEB功能关闭；
- Standby：AEB功能开启准备；
- Warning1：AEB预警；
- Warning2：AEB舒适性制动；
- Brake_Assistant：AEB辅助制动；
- Brake_Full：AEB紧急制动。

4) 功能控制模块

功能控制的模块的功能时根据AEB状态信号进行AEB动作控制，控制输出包括预警信号和制动压力信号。其中制动压力信号是根据AEB控制系统估算的不同状态下的制动减速度信号和制动执行器特性进行计算得到。