

Design Improvement for Driver Assistant Camera Bracket

Bifeng Lan¹ Bin Huang¹ Zongyi Yu¹ Xuanhe Miao¹ Kefu Wang²

1. Liuzhou Polytechnic University, Liuzhou, Guangxi, 545616, China

2. SAIC GM Wuling Automobile Co.,Ltd., Liuzhou, Guangxi, 545007, China

Abstract

Automotive millimeter-wave radars have emerged as the preferred sensor solution for adaptive cruise control systems in vehicles. To eliminate deviations in the radar's axial direction from the design specifications caused by assembly errors of various components during the vehicle manufacturing process, and to ensure that the radar can accurately detect target vehicles in the same lane and adjacent lanes ahead, an offline calibration scheme for radars has been designed. In this scheme, the in-vehicle radar actively emits electromagnetic waves towards the offline calibration panel, collects the echoes, and calculates the angular deviations of the radar in both vertical and horizontal directions. The equipment occupies a small footprint and is compatible with different vehicle models. Application results from the first mass-produced vehicle show that the in-vehicle radars can be correctly calibrated through this offline calibration process and functions normally.

Keywords

millimeter-wave radar; intelligentization; off-line calibration; radar calibration panel

车载毫米波雷达下线校准的设计研究

兰必丰¹ 黄斌¹ 俞宗薏¹ 缪宣和¹ 王科富²

1. 柳州职业技术大学, 中国·广西 柳州 545616

2. 上汽通用五菱汽车股份有限公司, 中国·广西 柳州 545007

摘 要

车载毫米波雷达业已成为汽车自适应巡航系统首选的传感器方案。为消除车辆制造过程中各零部件装配误差而引起雷达轴线与设计方向的偏差, 保证雷达能正确探测到同车道及临近车道前方的目标车辆, 设计了雷达下线校准方案, 由车载雷达主动向下线校准板发射电磁波, 再采集回波, 并计算出雷达在垂直方向和水平方向的角度偏差。设备占用场地面积小, 能适用于不同车型。首款量产车应用结果显示, 车载雷达经过该下线校准工序后能得到正确的校准, 并正常发挥相应功能。

关键词

毫米波雷达; 智能化; 下线校准; 雷达标靶

1 引言

自1999年起, 毫米波雷达(下称“雷达”)成为汽车自适应巡航系统首选的传感器方案。2015年起, 配装雷达的紧急制动辅助系统更是成了欧洲卡车的法规要求。随着汽车“智能化”浪潮进入白热化, 鉴于其探测前方车辆(示意图见图1)的精准性、全天候使用的高环境适应性及产品价格的适中性, 雷达在国内乘用车领域的渗透率已近10%, 并有望在2025年达到90%以上。

【基金项目】广西高校中青年教师科研基础能力提升项目(项目编号: 2023KY1088)。

【作者简介】兰必丰(1979-), 男, 瑶族, 中国广西都安人, 硕士, 高级工程师, 从事电气自动化技术、智能驾驶传感器应用研究。



图1 车载雷达探测前方车辆

作为智能驾驶产业中最核心的传感器, 更被业内称为“发展主动安全技术乃至无人驾驶的基础”, 雷达在整车出厂前, 必须经过一道下线校准工序, 以保证其能正常发挥功用, 否则雷达对于前方车辆将出现误识别而影响驾乘体验。

国内对车载雷达校准的研究方面, 茆乐、王爱春等介绍了一种车载雷达目标校准标定方法、工站搭建要求和流程, 未能详细分析雷达标定板尺寸大小的由来^[1]; 王孔龙、钞永兴等介绍了车载雷达在完成下线校准后仍然出现探测失准的现象并进行了分析^[2]; 尚可辉提出了一种使用红色激光束通过对雷达天线系统进行零位校准的方法^[3]; 朱龙介绍了汽车雷达系统在动态行驶过程中进行的自动校准流程和功能原理^[4]; 杨昭对米散射激光雷达系统进行模拟, 确定系统光学偏差并作出相应校准调试^[5]。

2 雷达下线校准目的

安装于汽车前端的雷达, 向本车行驶方向前方的其他车辆发射毫米级电磁波、并对回波进行处理、分析, 进而确定同车道目标车辆的行驶速度、距离、方位角, 从而计算出本车运动的加速度或减速度, 并发送给发动机控制模块 ECM 和车身控制模块 BCM, 以实现自适应巡航主动加减速或自动紧急制动的功能。

在制造上, 轮胎、车体、悬架、雷达及其安装支架等各种零部件都会出现大或小的公差, 叠加之后将使雷达轴线与设计方向产生一定偏差。这个偏差虽然微小, 但足以让雷达对目标车辆所处方位角产生误判, 影响其对发动机控制系统、转向系统、制动系统等的控制决策, 从而影响自适应巡航系统及自动紧急制动系统的性能。为了消除车辆制造公差对雷达性能的不利影响, 通常需要车辆完成总装装配后, 增加一道下线校准工序, 以确定雷达轴线方向的偏差, 从而使雷达识别到正确的目标车辆。

因此, 雷达下线校准工序显得尤为重要。通过这一工序, 能够精确测量雷达轴线方向的偏差, 生产线调试技师根据该偏差来调整雷达的安装参数, 确保雷达下线后能准确识别目标车辆, 从而提升驾驶辅助系统的性能。

3 雷达下线校准要求

下线校准分被动式和主动式。

产线设备向雷达表面的小镜子发射光束、光束反射回设备, 再计算发射光束与反射光束的角度偏差, 该方式称为被动式校准。

当前汽车行业大多采用主动式校准, 即由雷达主动发射电磁波, 通过计算电磁波抵达下线校准板(下称“雷达标靶”)后反射至雷达的回波, 得出雷达在水平和垂直方向上与车辆行驶轴线之间的偏差, 并储存下来。主动式下线校准工位布置见图2。其中, Lx 取 1900 mm。

3.1 雷达下线校准场地

校准场地要求包括: 校准工位场地的不平度、车辆停放的倾斜度, 以及反射避免区。

下线校准设备摆放区域平面度应不超过 1 mm。

车辆停放区域平面度应不超过 10 mm。

停放车辆区域倾斜度: $-1^{\circ} \sim 1^{\circ}$ 。

反射避免区为雷达与雷达标靶之间区域, 以及雷达标靶后方 1.2 米区域。反射避免区内不允许有任何物体特别是金属地面或金属支架, 如有金属, 应使用吸波棉进行覆盖; 反射避免区在垂直方向上为 $\pm 15^{\circ}$ 、水平方向上为 $\pm 65^{\circ}$ 或 1.5 倍车宽。

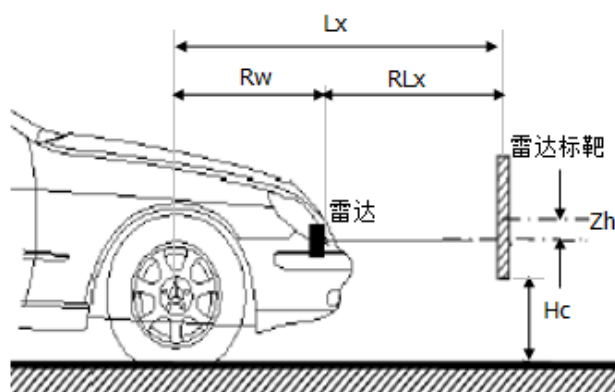


图2 雷达下线校准工位

3.2 雷达标靶要求

雷达能够完成下线校准的前提是, 雷达标靶需采用金属材质, 标靶中心与雷达中心平齐, 两者相互距离 1 米以上, 且雷达标靶能够覆盖雷达垂直方向以及水平方向 $\pm 15^{\circ}$ 范围内的雷达波。

雷达标靶宽度、高度尺寸均应达到某一最小值, 覆盖雷达发射电磁波水平方向 $\pm 15^{\circ}$ 以及垂直方向 $\pm 15^{\circ}$, 以确保反射足够的回波进行校准计算。

该尺寸最小值可通过下列公式得出: $2 \times RLx \times \tan 15^{\circ}$ 。

设计上, Rw 最小值可低至 750 mm, 则 RLx 最大值为 1150 mm, 则 $2 \times RLx \times \tan 15^{\circ} = 616$ mm。

因此, 雷达标靶平面大小取整十数为 620 mm $\times$ 620 mm。

雷达标靶安装到龙门架上, 其在水平方向和垂直方向可以根据上位机的指令移动位置, 以与车辆雷达布置位置对齐。龙门架、雷达标靶、车辆、产线设备上位机的使用现场参见图3。

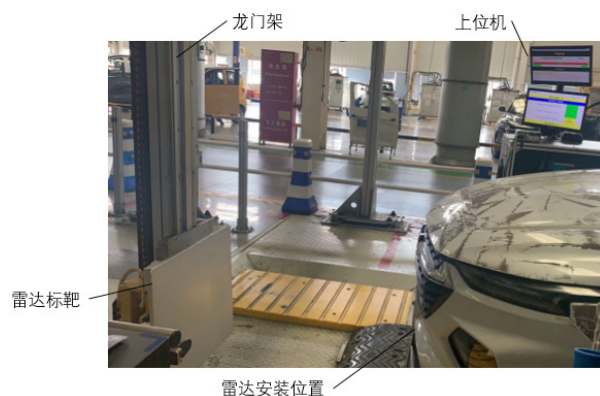


图3 雷达下线校准

3.3 雷达安装高度误差消除

在整车制造上, 零件加工、装配误差是不可避免的。

对于雷达来说，轮胎、转向节、减震器、减震弹簧、前防撞梁、雷达安装支架等的制造误差，累积之后极限误差最大可达到 10 mm 左右，将导致雷达中心与雷达标靶中心无法对齐。为抵消制造误差的不利影响，产线上增加激光测量装置，对轮眉高度进行测量，根据轮眉高度实测值与理论值的偏差情况，调整雷达标靶高度位置，确保雷达标靶中心与雷达中心对齐。

4 雷达下线校准流程和验证

雷达下线校准流程和顺序要求如下：

- ①车辆完成四轮定位。
- ②胎压正确。

- ③车辆停放稳定。
- ④车辆空载。
- ⑤车辆上电，连接上位机诊断接口。
- ⑥轮眉高度测量。
- ⑦雷达进入产线模式，关闭自动紧急制动功能。
- ⑧雷达执行下线校准程序。

该套下线校准设备完成安装、调试后，投入使用的第一个量产项目为一款紧凑型 SUV。统计首批下线 160 台车辆雷达完成下线校准的情况，水平方向和垂直方向角度偏差如表 1 所示。其中，水平方向为俯仰角，负值为偏下（俯角）、正值为偏上（仰角）；垂直方向为偏航角，负值为偏右、正值为偏左。

表 1 雷达下线校准角度偏差车辆数统计

角度偏差	水平方向角度偏差（度）				垂直方向角度偏差（度）			
	-2~-3	-1.75~0	0.25~1.75	2~3	-2~-3	-1.75~0	0.25~1.75	2~3
车辆数量（台）	4	127	28	1	9	140	10	1
总数（台）	160				160			

统计结果显示，所有车辆雷达安装的水平方向角度偏差和垂直方向角度偏差都在雷达允许的 -3° ~+3° 范围内，雷达通过下线校准后都能投入正常使用，对于本车前方、位于相同车道和邻近车道的目标车辆，都能够正确识别。

5 结论

经过车载雷达下线校准方案的产线设备规划、流程设计、量产验证，完成了如下工作：

- ①雷达下线校准所需的龙门架、雷达标靶、上位机等设备占用场地面积不超过 10 m²，利于在现有生产线上进行扩展，无需新增场地。
- ②雷达标靶可适用于小型至中大型 SUV、小型至中型轿车，以及 MPV 等车型毫米波雷达的下线校准。
- ③对于自带调节螺钉的毫米波雷达，上位机可采集雷

达计算结果，在显示屏上显示螺钉调节圈数，并由人工执行调节螺钉操作。

参考文献

[1] 裴乐, 王爱春, 黄少堂, 罗国荣, 刘卫东, 吴方义. 一种车载前向毫米波雷达下线校准方法[J]. 汽车电器. 2021, (5) : 4—6.

[2] 王孔龙, 钞永兴, 肖连飞, 韩超. 汽车毫米波雷达探测失准故障分析[J]. 北京汽车. 2020, () : —

[3] 尚可辉. 一种快速校准雷达零位的光学装置[J]. 设计与研究. 2019 (20) : 250

[4] 朱龙. 前向毫米波雷达系统自动校准功能[J]. 汽车电器. 2021 (4) : 37—40

[5] 杨昭. 米散射激光雷达系统的校准与调试[J]. 激光技术. 2008 (1) : 92—94