

# 汽车雷达生产测试

邵 晖

上海聚星仪器有限公司

## 1 前言

汽车给人们带来了交通运输便捷,一个高速行驶不堵车的公路体系会给社会带来极大经济效益。在德国不限速公里以140 km/h巡航,或者180 km/h超车,都给人畅快的驾驶体验。然而交通事故也给社会带来了巨大经济损失。欧洲汽车产业统计分析,每年交通事故造成千亿欧元损失,所以如何使得汽车更安全,成为行业研究热点。据文献[1]追尾事故中,68%出于驾驶员注意力分散,9%出于跟车太近,11%出于两者兼有,9%出于酒驾,其他3%。人们希望通过汽车雷达提高驾驶安全,减少交通事故起到重要作用。目前毫米波汽车雷达已经成为欧洲汽车的常见配置,而国内也常常见到响应产品的介绍。随着中国制造向高端进军,汽车雷达生产和测试也提上议事日程。

## 2 汽车雷达种类

常见汽车雷达分远距离、近距离雷达,其中远距离雷达主要用于自适应巡航控制(ACC)大多采用77~81 GHz波段;近距离雷达大多采用24~24.5 GHz波段,其作用较多,有前向辅助、泊

车辅助、盲点监测、后部来车提示和泊车引导。20世纪90年代初美国灰狗公司在长途汽车上安装了24 GHz碰撞预警系统,第二年事故率降低21%<sup>[2]</sup>。1999年梅塞德斯S系列轿车开始安装77 GHz自适应巡航控制雷达。目前在欧洲,这些功能已经在很多经济型轿车上可选,比如大众捷达、高尔夫等等。我们拿一个24 GHz汽车盲点探测雷达作例子,它的原理如图1所示。两个雷达探头分别以一定角度向斜后方安装在后保险杠内。雷达探头由转向灯使能。探头连接到雷达控制器,雷达控制器输出2个LED发光告警贴在汽车A柱内侧靠近后视镜的地方,或者放到后视镜里面。雷达控制器还有音频蜂鸣告警输出和CAN总线输出。其中CAN总线可以和汽车ODBI接口连接。这样,当某一侧转向灯打开后,那一侧的雷达使能工作,如果在其探测范围发现目标,蜂鸣器告警且相应LED点亮。由于后视镜玻璃有一定透光度,即使LED安装在后视镜内,也可以看到告警标志。如此简单易行,使得不少人自己买来安装。

汽车雷达看上去挺简单,它的

测试不简单。首先我们看汽车雷达解决方案。市场上Analog Device和Infineon公司都有汽车雷达套片,提供单发多收或者多发多收的解决方案。每一个雷达探测器里面都有一套这样的芯片方案。探测器上电后雷达发射调频连续波,迅速在频率波段内扫描,雷达波发射被目标反射回来,探测器接收后由微处理器解算幅度、时延和多普勒频偏,从而计算出目标的角度、距离和相对速度。高级的前向雷达可以同时识别多个目标,提供

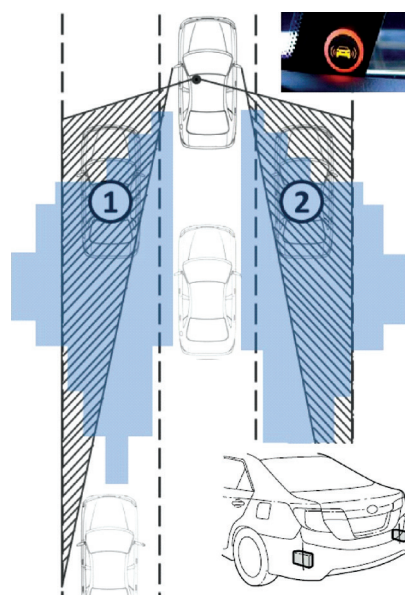


图1 盲点探测雷达示意图

避让行人的信息。图2显示了一个人员站立在汽车尾部，被距离7 m左右的毫米波雷达探测并分辨出。所以，我们要检测近距离雷达的角度、距离和

速度探测能力，远距离雷达的距离、速度探测能力，以及两种雷达的多目标识别能力。

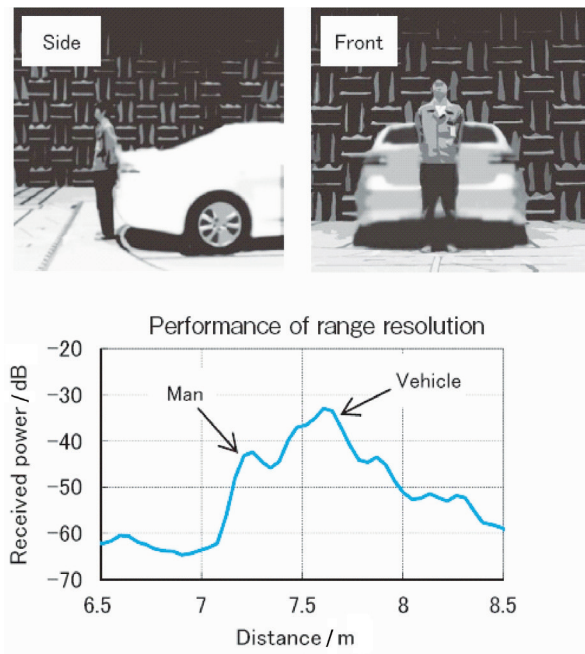


图2 距离探测试验<sup>[3]</sup>

3 雷达目标模拟

为了测试雷达，人们经常在微波暗室里面，采用无源反射器、延时传输线和雷达模拟器来模拟目标。毫米波微波暗室给我们提供了一个接近自由空间的环境。它隔离了外界的毫米波辐射，也吸收了被测雷达的全部辐射而几乎不反射。对于暗室的雷达来说，就像在无限大的空旷空间。优秀的暗室可以使得外界辐射传输到被测雷达的功率，以及雷达自身发射的毫米波经过暗室墙壁微弱反射回来的功率都显著小于雷达探测门限，也就是使得这些干扰因素都可以忽略。

图3显示了一个垂直的暗箱安

置了被测雷达探测器，在其上方配置了被动反射器和目标模拟器。反射器是一个规则的金属角锥或者圆球，反射雷达波成为一个实际的目标。其优点是简单易行，缺点是模拟目标距离就是实际距离，受限干暗室或暗箱空间，不容易模拟远距离和移动目标。复杂的雷达目标模拟器是一个昂贵的仪器。它接收雷达入射波，加上一个或多个模拟目标的频偏和时延，进行汇总放大或衰减后，经过发射端发送给被测雷达。这样，它可以在较小的微波暗室模拟远距离的多个目标。

延时传输线是一种折中的仪器，它接收雷达信号，经过一段传输线，

反过来馈送回雷达方向，使得测试用户可以在较小暗箱里面模拟近距离到中等距离目标。但是这种延时传输线通常没有多普勒频偏模拟功能。表1所示为三种目标模拟设备的比对。

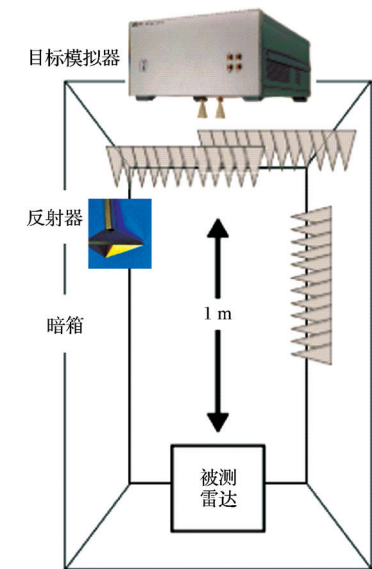


图3 用反射器和目标模拟器测试示意图

表格1 三种目标模拟设备的比对

|    | 无源反射器  | 延时传输线  | 目标模拟器 |
|----|--------|--------|-------|
| 距离 | 近距离    | 近-中距离  | 中-远距离 |
| 速度 | 零或机械运动 | 零或调制扩展 | 任意    |
| 目标 | 单目标    | 单目标    | 多目标   |
| 价格 | 低      | 中      | 高     |

4 常规雷达发射测试

除了模拟目标测试雷达功能和性能，也需要测试雷达发射信号质量。这个测试一方面检验毫米波发射是否符合无线电频率使用规范，检验被测雷达是否在规定的频率范围以规定功率范围发射雷达波。另一方面检验雷达发射的质量，从而查找可能的质量问题。

这些测试可以是多种多样的，根据欧洲标准<sup>[4]</sup>，测试包括工作频率、

峰值等效辐射功率、弛豫时间和重复周期、调频范围、带外发射、杂散辐射。这些测试基本上用矢量信号分析仪就可以完成。那么问题来了,雷达扫描频率很宽,24 G雷达通常在250 MHz范围扫频,而77 G雷达通常不低于500 MHz工作频率范围。难道我们必须装备更高带宽的矢量信号发生器吗?不必。欧标<sup>[4]</sup>给出了用带宽小于

扫描频率范围的矢量信号分析仪来测量的方法。如图4所示,用蓝色图线在时间频率平面表示了雷达信号或杂散辐射的轨迹,灰色表示了矢量信号分析仪的瞬时分析带宽。通过调整矢量信号分析实时带宽覆盖,并且积累足够长时间的数据,就可以充分测量得到雷达信号的参数。

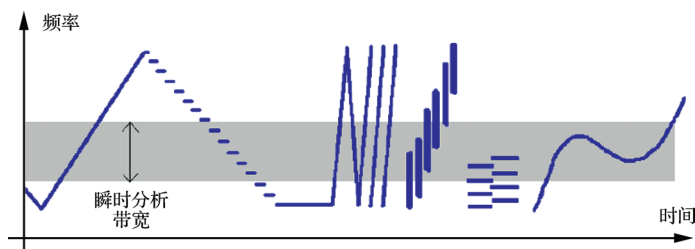


图4 亚带宽矢量信号分析方法

## 5 雷达生产测试

汽车雷达生产测试和其他汽车电子产品生产测试一样,以最优的性价比,通过大量完善的测试覆盖避免不良品流出产线。通常汽车电子产品出厂合格率要控制在十万分之几甚至十万分之一的水平。所以雷达生产测试也包括大量电子电气测量和机械特性测量。

图5所示为聚星仪器设计的一个雷达生产测试解决方案。这个方案运用先进制造技术,实现无操作工生产。物料和成品采用自主导航小车运输,自动上料、测试、组装、调校、包装采用模块化设计,模块间用自动装置或机器人移栽传送。整个流程被柔性生产测试管理软件控制。管理软件可

以根据当前生产的产品型号配置产线生产工艺和测试流程,实现多样产品类型快速转产。汽车雷达的生产和测

试数据,以及产线自动化监测数据全部汇总到产线生产数据库。这些生产数据通过接口和企业管理软件互联。

目前欧洲企业已经制定了工业4.0的网络信息交换标准。本产线也具备这种接口能力,方便和智能制造企业级过程优化软件接口。

图6展示了聚星汽车雷达测试解决方案的部分组件。我们综合了台式仪器、模块化仪器、有源无源目标模拟器,在专门为生产定制的自动化暗箱内对汽车雷达测试。聚星的方案优化了整体拥有成本和生产效能,在测试项目、测试方法上和国际标准一致,在测试覆盖和流程优化上又接受客户定制。

## 6 结论

汽车雷达是一个较成熟的技术,有效地提高了驾驶安全和驾驶体验。汽车雷达测试核心是毫米波雷达目



图5 汽车雷达先进制造产线示例框图



图6 聚星汽车雷达生产测试解决方案

(下转第11页)

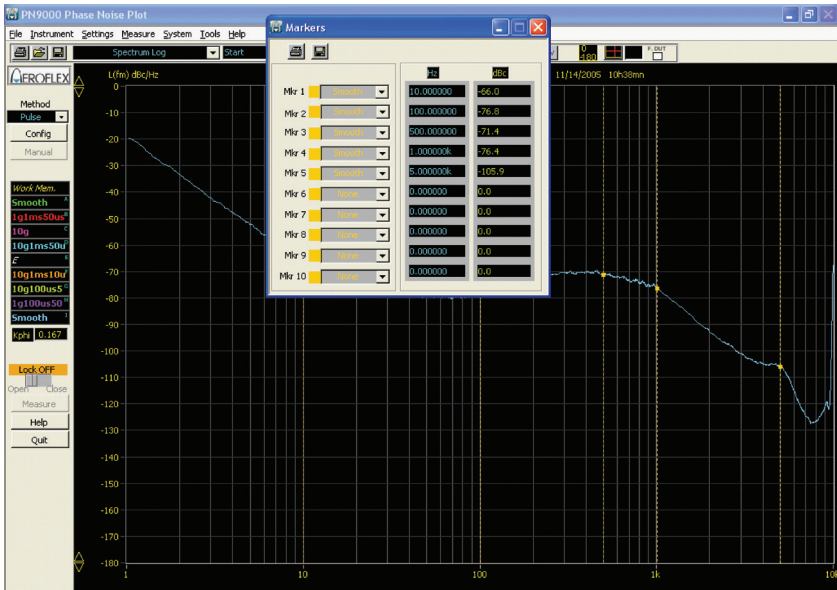


图6 PN9000测试载波频率为10 GHz， PRF 10 kHz， 占空50%信号结果

声测试，且测试时间明显要优于传统的PN9000相位噪声测试系统。

参考文献

[1] 李宗杨，国防科工委科技与质量司，王志田，等.时间频率计量[M]. 原子能出版社，2002.

[2] 冯丹. 基于噪声模型的脉冲调制信号相位噪声测量方法研究[D]. 西安:西安电子科技大学，2013.

[3] AEROFLEX-EUROPTEST, WPN9000 Manual V2.2, 2005.

[4] R&S®FSWPPhase Noise AnalyzerSpecifications,2015.

(上接第6页)

标模拟。多种测试仪器和测试方法对雷达各种功能和性能进行全面覆盖测试，保证了汽车雷达出厂合格率。聚星仪器融合各个厂商产品和自身在微波测试测量、汽车电子生产测试和智能制造的经验，提供面向先进制造和工业4.0的自动化组装测试整体解决方案。

参考文献

[1] ETSI TR 101 982 V1.2.1. Electromagnetic compatibility and Radio spectrum Matters

(ERM); Radio equipment to be used in the 24 GHz band; System Reference Document for automotive collision warning Short Range Radar[R].

[2] SCHNEIDER M. Automotive radar-status and trends[C]. German Microwave Conference Gemic, 2005.

[3] KATSUYUKI O, IKUNO M, MASAYUKI K. 79 GHz band ultra-wideband automotive radar[J]. Fujitsu Ten Technical

Report,2014, 31(1);9-14.

[4] ETSI EN 302 858-1 V1.3.1. Electromagnetic compatibility and Radio spectrum Matters (ERM); Road Transport and Traffic Telematics (RTTT); Automotive radar equipment operating in the 24,05 GHz up to 24,25 GHz or 24,50 GHz frequency range; Part 1: Technical characteristics and test methods[R].