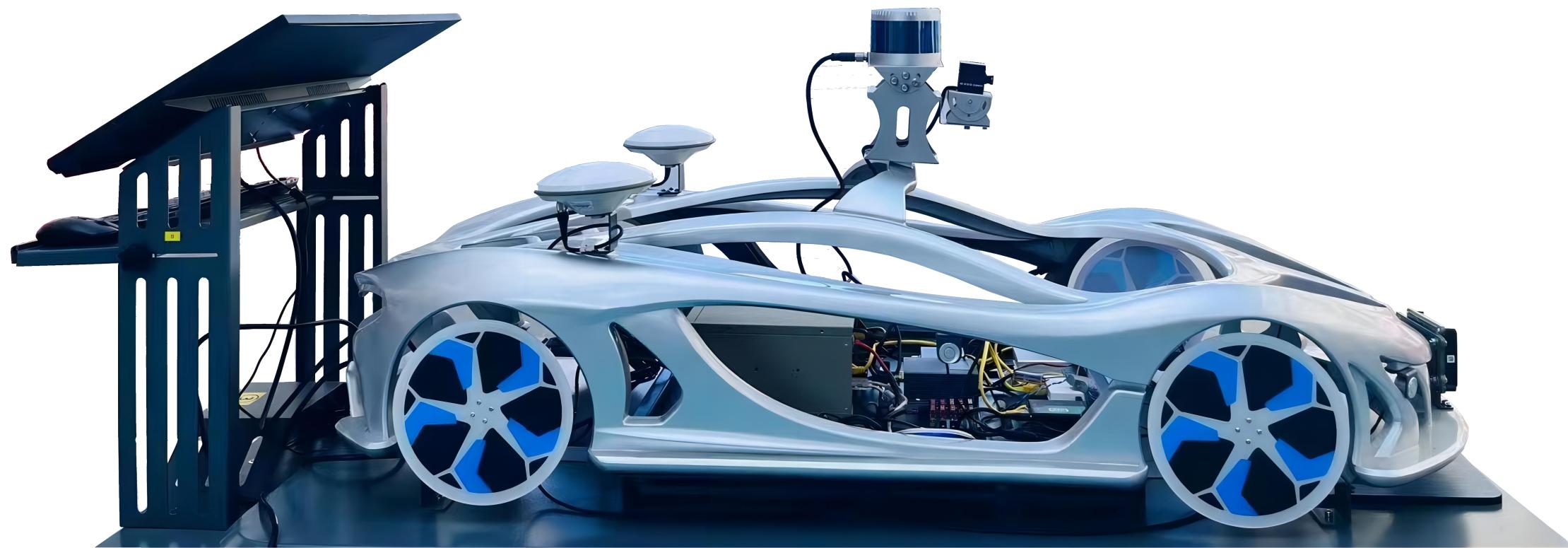


任务四 智能汽车毫米波雷达装配与调试

学习活动1 毫米波雷达的装配



组织教学

- 1、考勤
- 2、检查学生实训工装、精神状态
- 3、强调6S与实训安全
- 4、角色分工



思政教育

1、网上查找视频，了解国内毫米波雷达企业的发展历程。

进 步





任务来源

我校校企合作单位“蚂蚁侠科技（深圳）有限公司”接到**4台MYAuto--003环境传感器小车**装配与调试的生产订单，现委托我校校中厂“**深圳市XXX汽车修理厂**”完成环境传感器的装配与调试，前期已完成超声波雷达装配与调试，现要求完成**毫米波雷达**的装配，并通过质量检验。





任务来源

一体化课程

学习任务

学习活动

智能汽车环境感知传感器装配与调试

学习任务一：智能汽车视觉传感器装配与调试

学习任务二：智能汽车激光雷达装配与调试

学习任务三：智能汽车超声波雷达装配与调试

学习任务四：智能汽车毫米波雷达装配与调试

学习任务五：智能汽车惯性导航装配与调试

1. 毫米波雷达的装配（4课时）

2. 毫米波雷达标定

3. 毫米波雷达装调过程异常处理



学习目标

知识目标

1.能描述毫米波雷达的**结构、测距原理等**；
2.能确定**毫米波雷达装配要求及线束连接顺序**；
3.能通过观看世赛智能网联汽车技术项目的技术规范和教师示范操作，明确**毫米波雷达装配规范**。

能力目标

1.小组协作完成**毫米波雷达装配流程图的制作、优化、汇报**；
2.能根据**毫米波雷达配件清单，清点并检查配件**；
3.能使用卷尺、水平仪确定**毫米波雷达安装高度、垂直度、俯仰角**；
4.在**规定时间内完成毫米波雷达装配**。

素养目标

1.能够自觉**遵守法律、法规**以及技术标准规定；
2.能培养认真负责的态度以及弘扬**持之以恒的精神**；
3.能够与同学和教师建立良好的合作关系，具备良好的**团队协作精神**；
4.能够在实际操作过程中，培养动手实践能力，培养**质量意识、安全意识、节能环保意识、规范操作意识及创新意识**。

思政目标

1.激发学习兴趣，并立志投身**科技强国建设**当中；
3.了解**国内毫米波雷达企业的发展历程**，增强**民族自信心**。



一、识读任务书，明确任务要求。

蚂蚁侠科技（深圳）有限公司任务通知单

客户名称	蚂蚁侠科技（深圳）有限公司	具体地址	广东省深圳市坪山区龙田街道
联系人	XXX	联系电话	1576739XXXX
设备型号	MYAuto--003	数量	4 台
下达日期	XXXX 年 XX 月 XX 日		
任务要求	根据提供的智能汽车环境感知传感器装配图、线路图完成毫米波雷达装配与调试，并参照行业、企业要求，完成最终检验。		
派遣工程师	XXX	联系电话	1597599XXX
完成日期	XXXX 年 XX 月 XX 日		
责任人	XXX		



二、相关知识学习。

(一) 毫米波雷达认知

1. 毫米波雷达定义

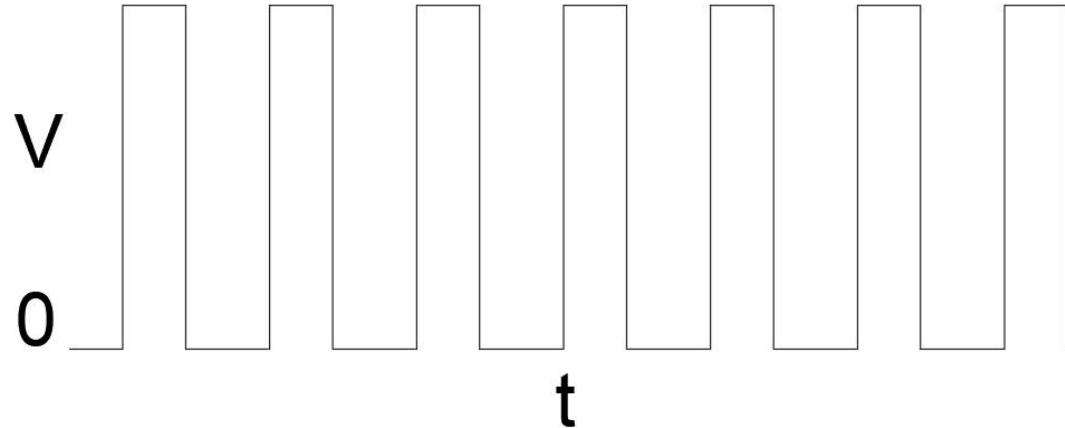
毫米波雷达工作在毫米波段。通常毫米波是指 $30 \sim 300\text{GHz}$ 频段(波长为 $1 \sim 10\text{mm}$)。毫米波的波长介于厘米波和光波之间，因此毫米波兼有微波制导和光电制导的优点。同厘米波导引头相比，毫米波导引头具有体积小、质量轻和空间分辨率高的特点。与红外、激光、电视等光学导引头相比，毫米波导引头穿透雾、烟、灰尘的能力强，具有全天候(大雨天除外)全天时的特点。另外，毫米波导引头的抗干扰、反隐身能力也优于其他微波导引头。



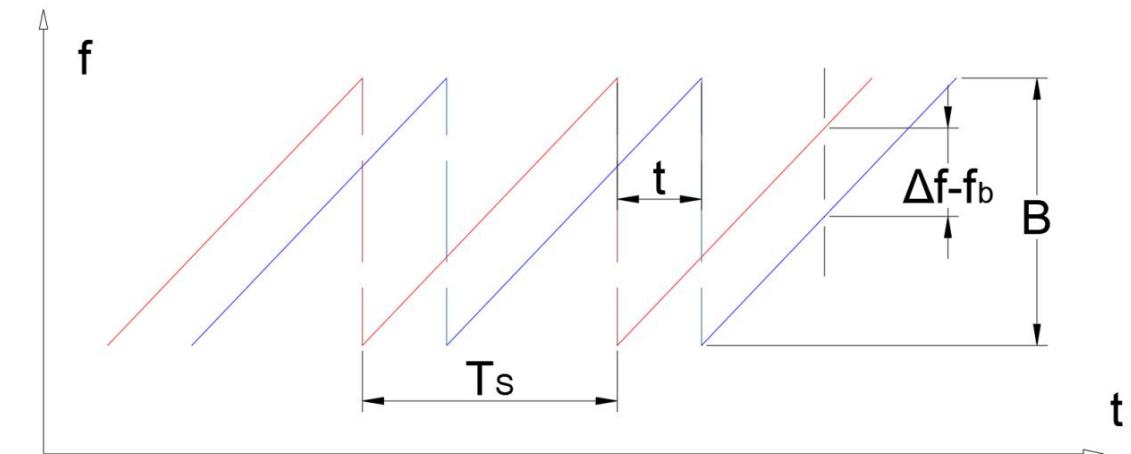
2. 毫米波雷达分类

1. 按照工作原理和探测距离进行分类

- ① 脉冲式毫米波雷达
- ② 调频式连续毫米波雷达



脉冲信号



调频式连续信号



2. 毫米波雷达分类

1. 按照探测距离分类

① 短程毫米波雷达 (SRR)

② 中程毫米波雷达

③ 远程毫米波雷达

毫米波雷达又分为24GHz、60GHz、77GHz和79GHz毫米波雷达。其中，24GHz毫米波雷达主要用于短距离（60m以内）；77GHz毫米波雷达主要用于远距离（150~250m）；79GHz毫米波雷达通常用于中短距离。



2. 毫米波雷达分类

24GHz毫米波雷达（2021年全球市占率37.60%）：探测距离60m。

77GHz毫米波雷达（2021年全球市占率62.13%）：探测距离100~250m，主要应用于自适应巡航系统（ACC）、自动紧急制动系统（AEB）、前向碰撞预警系统（FCW）等。



2. 毫米波雷达分类

毫米波雷达工作频率	不同点	共同点
24Ghz	与77Ghz、79Ghz相比安装和调试更加成熟，应用场景广泛	具有天线波束窄、分辨率高、频带宽、抗干扰力强等特点。它能分辨识别很小的目标，而且能同时识别多个目标；具有成像能力，体积小。
77Ghz		
79Ghz	传输损耗大、芯片昂贵、易被干扰	



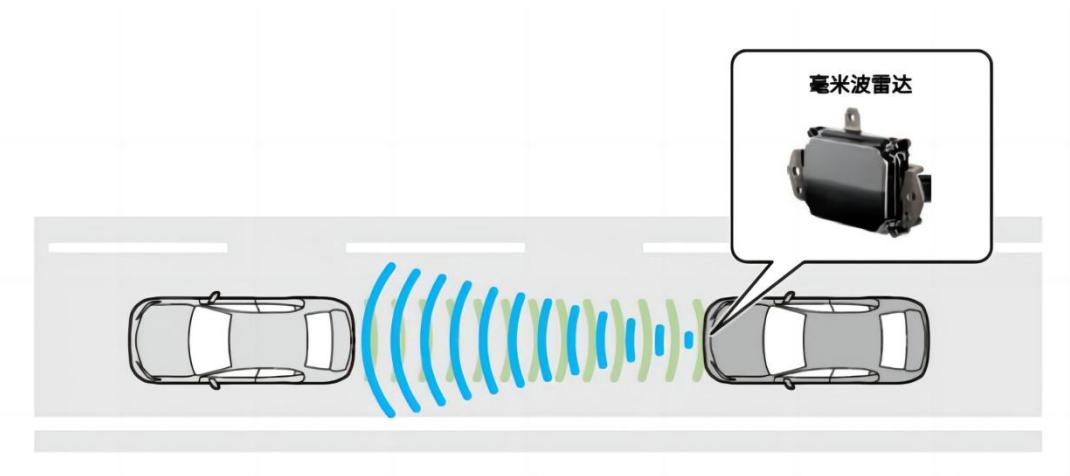
3. 毫米波雷达分类

毫米波雷达工作频率	不同点	共同点
24Ghz	与77Ghz、79Ghz相比安装和调试更加成熟，应用场景广泛	具有天线波束窄、分辨率高、频带宽、抗干扰力强等特点。它能分辨识别很小的目标，而且能同时识别多个目标；具有成像能力，体积小。
77Ghz		
79Ghz	传输损耗大、芯片昂贵、易被干扰	



4. 毫米波雷达作用

毫米波雷达是通过毫米波段的电波测量距离、相对距离、方向等的雷达传感器。在驾驶过程中向前方发射毫米波段的电波，若前方有车辆，则可收到反射回来的回波。通过分析检测到的反射波频率变化等，检测前方及对面是否有车辆、与前方及对面车辆间的距离、相对速度和方向等。

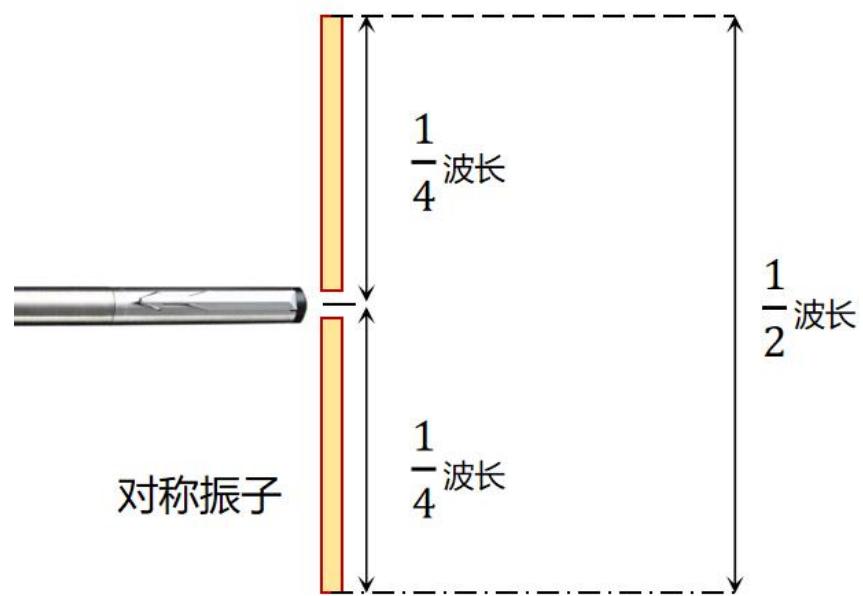




5. 毫米波雷达组成

(1) 半波振子：电磁波的发生装置。

毫米波雷达想要探测目标，就要有电磁波。毫米波雷达中能在空间激起电磁波的工具就是振子，即一根金属棒。





5. 毫米波雷达组成

(2) 毫米波雷达天线：电磁波的定向发射装置

反射器的大小与电磁波的波长有关。波长短，反射器就可以做得小一点；波长长，反射器就要做得大些，否则对电磁波的集聚作用不好。





5. 毫米波雷达组成

(3) 毫米波雷达接收机：电磁波的接收及处理装置

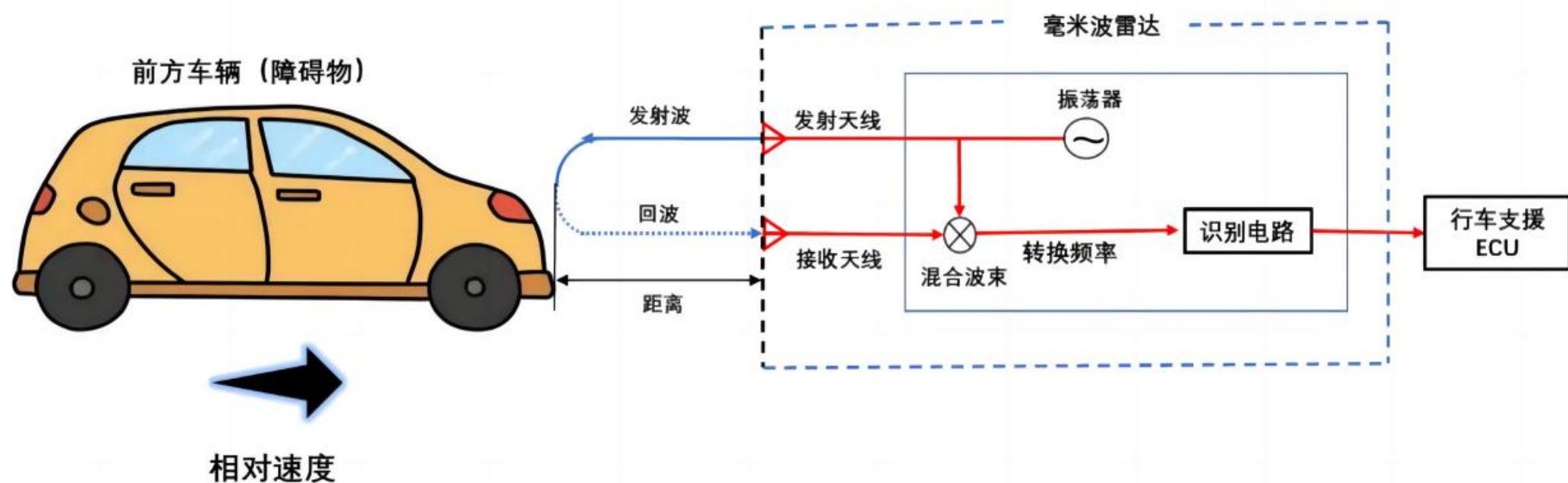
从目标反射回来的电磁波，在毫米波雷达天线还没有来得及从一个方位转到另一个方位以前，就已经返回到它上面来了。为使毫米波雷达的探测距离尽量远，毫米波雷达发射机的功率是很大的，但是从远距离目标上反射回来的电磁波的功率，却极其微小。反射回来的电磁波返回到毫米波雷达天线，并进入毫米波雷达接收机时，就更小了。





6. 毫米波雷达工作原理

毫米波雷达是利用多普勒效应测量得出目标的距离和速度，它通过发射源向给定目标发射毫米波信号，并分析发射信号频率和反射信号频率之间的差值，精确测量出目标相对于毫米波雷达的距离和速度等信息。

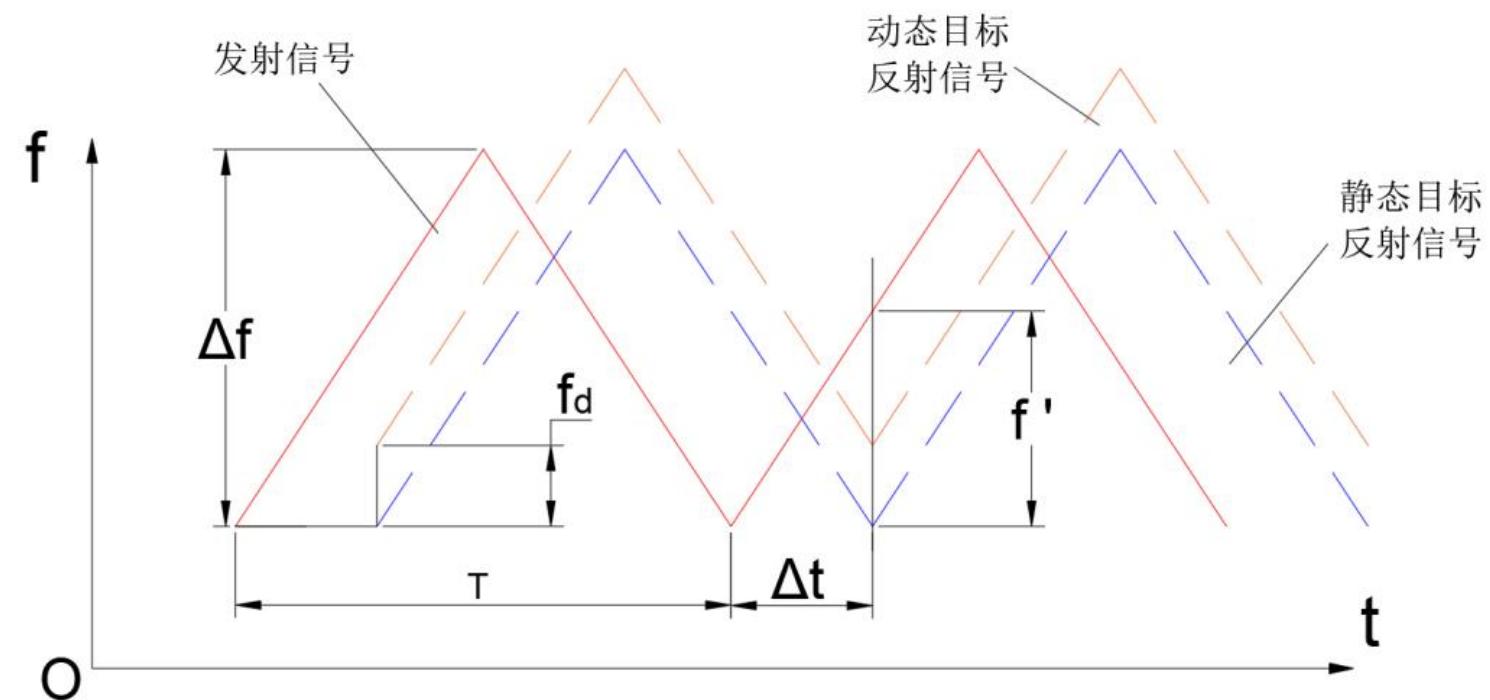




6. 毫米波雷达工作原理

毫米波雷达测量的距离和速度分别为

$$s = \frac{c\Delta t}{2} = \frac{cTf'}{4\Delta f}$$

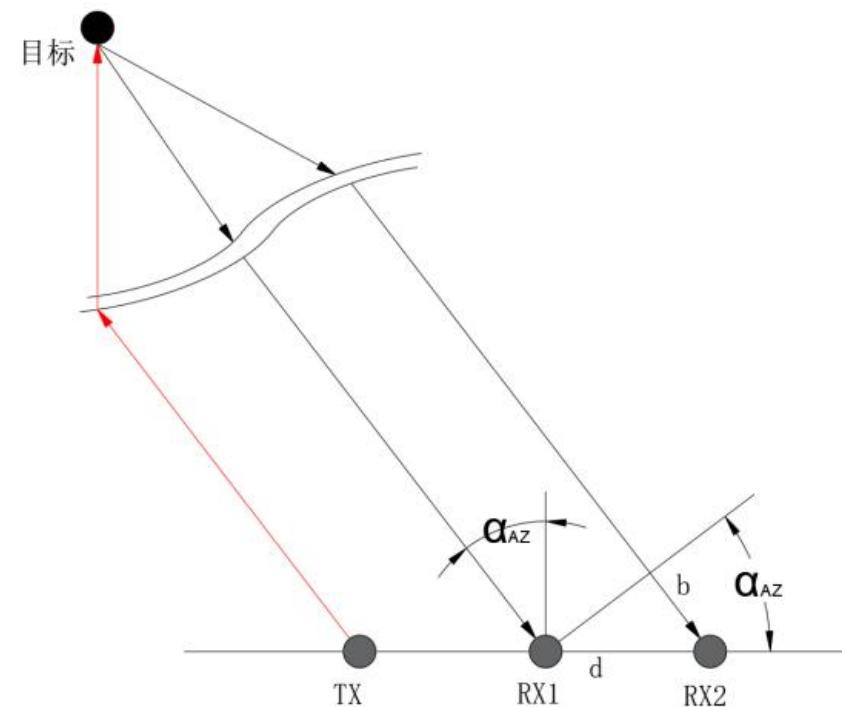




6.毫米波雷达工作原理

式中， s 为相对距离； u 为相对速度； f_0 为光速； Δf 为发射信号的中心频率。通过毫米波雷达的发射天线发射出毫米波信号后，遇到被监测目标反射回来，通过毫米波雷达并列的接收天线收到同一监测目标反射信号的相位差就可以计算出被监测目标的方位角，方位角测量原理如图所示。

$$u = \frac{cf_d}{2f_0}$$





7.毫米波雷达特点

1.毫米波雷达的优点

①响应速度快

毫米波雷达信号的传播速度与光速一样，并且其调制简单，配合高速信号处理系统，可以快速地测量出目标的角度、距离、速度等信息。

②探测性能稳定

不受被测物体表面形状、颜色等的影响；对大气紊流、气涡等适应性强。



7.毫米波雷达特点

③探测距离远

车载毫米波雷达一般的探测距离在150~200m之间，有些毫米波雷达探测距离能达到300m，能够满足高速行驶环境下对较大距离范围内的环境监测需要。

④适应能力强

毫米波有很强的穿透能力，其测距精度受雨、雪、雾、阳光等天气因素和杂声、污染等环境的影响较小，可以保证车辆在任何天气下的正常运行。



7.毫米波雷达特点

①虚假报警

毫米波雷达是利用目标对电磁波的反射来发现并测定目标位置，而充满杂波的外部环境经常给毫米波雷达感知带来虚警问题。

②覆盖区域呈扇形，有盲点区域。

③无法识别交通标志和交通信号灯。

④无法识别道路标线。

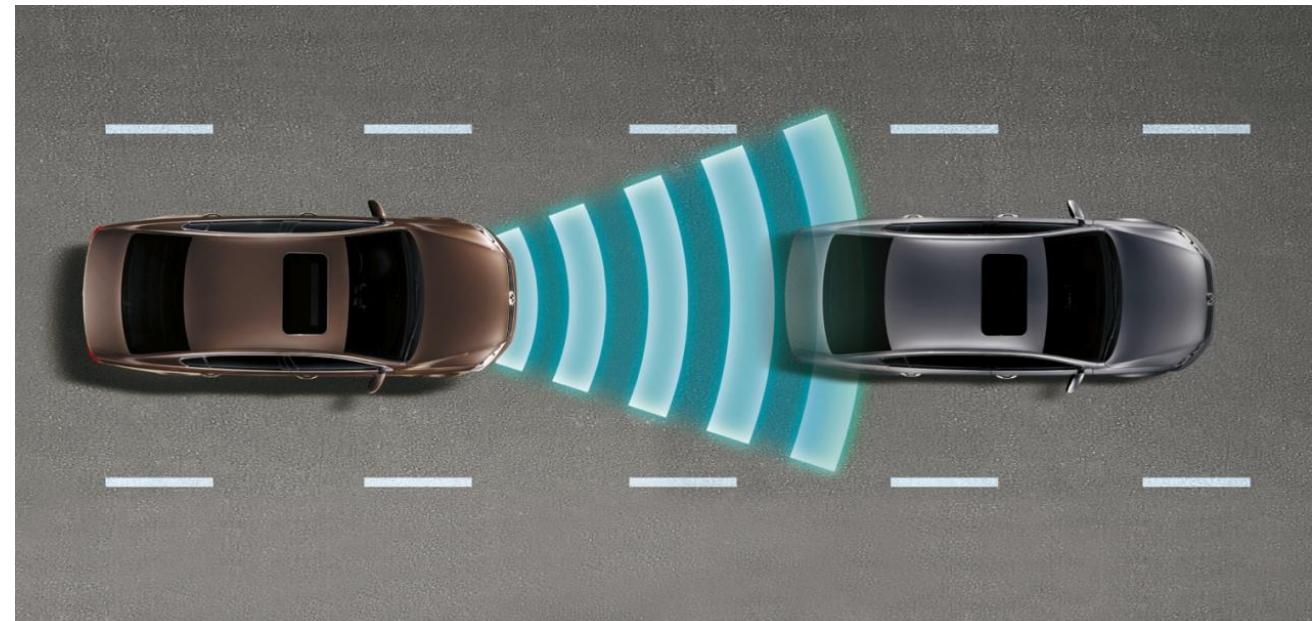




8.毫米波雷达在ADAS的应用

(1) 自适应巡航 (ACC)

自适应巡航ACC主要是指正常驾驶下，使行驶速度适应前方车辆，并检测远处的障碍物，距离可达200米。

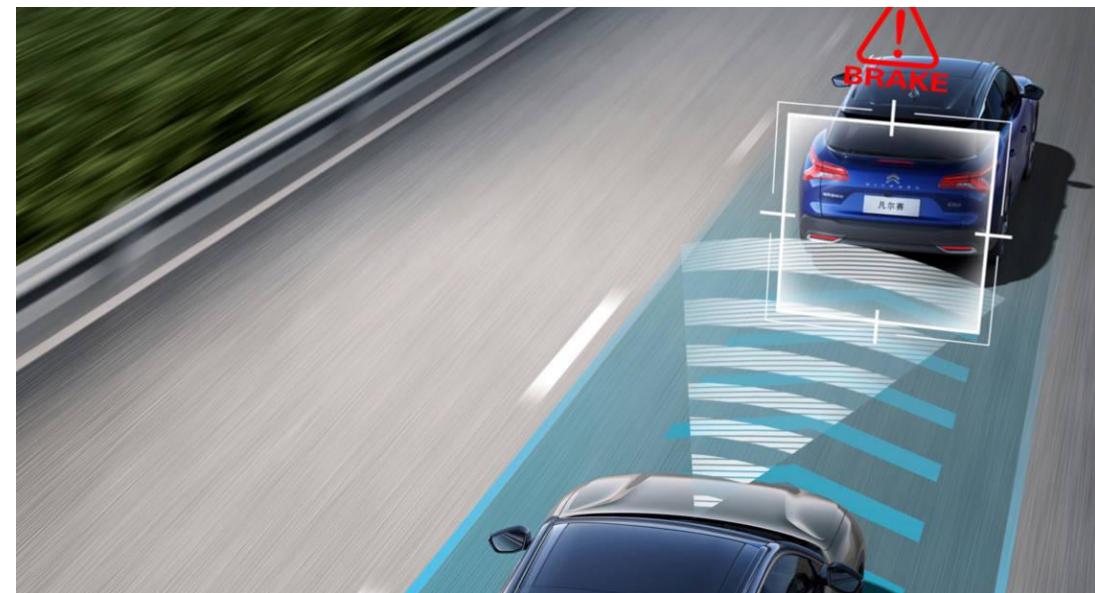




8.毫米波雷达在ADAS的应用

(2) 前向碰撞预警 (FCW)

前向碰撞预警 (FCW) 是指雷达模块通过发射毫米波和分析目标回波，探测到前方障碍信息时，提前预警，给出充裕的时间做出反应，踩下刹车，避免追尾事故的发生。

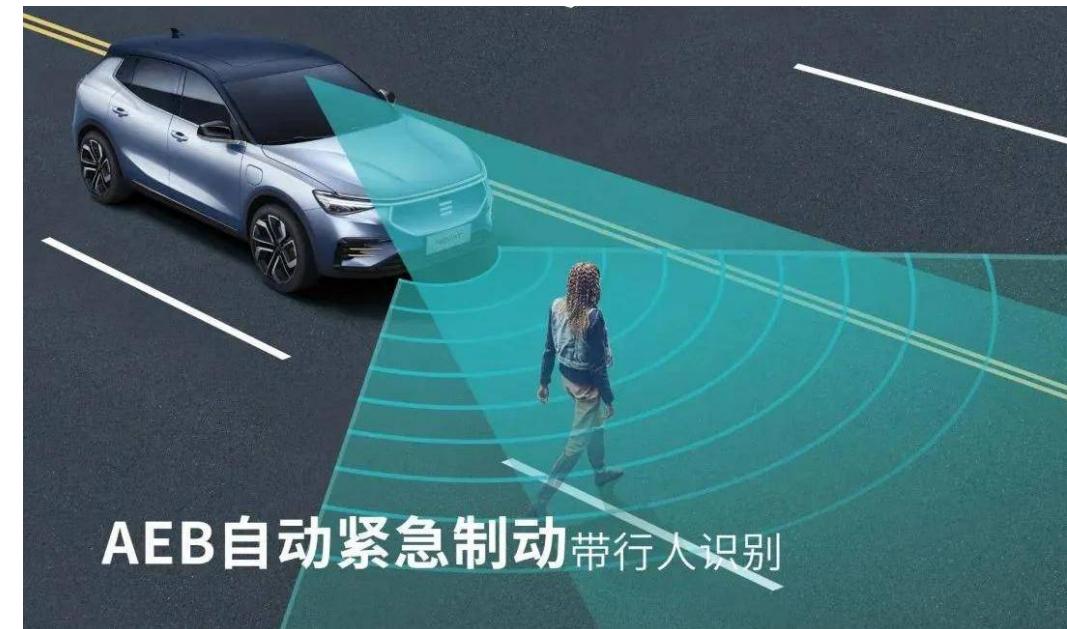




8.毫米波雷达在ADAS的应用

(3) 自动紧急制动 (AEB)

自动紧急制动AEB，在非自适应巡航的情况下正常行驶，基于车前方雷达传感器与摄像头的感知，遇到突发情况或与前车、行人距离小于安全距离时，车辆会主动进行刹车，避免碰撞事故，提高行车安全性。

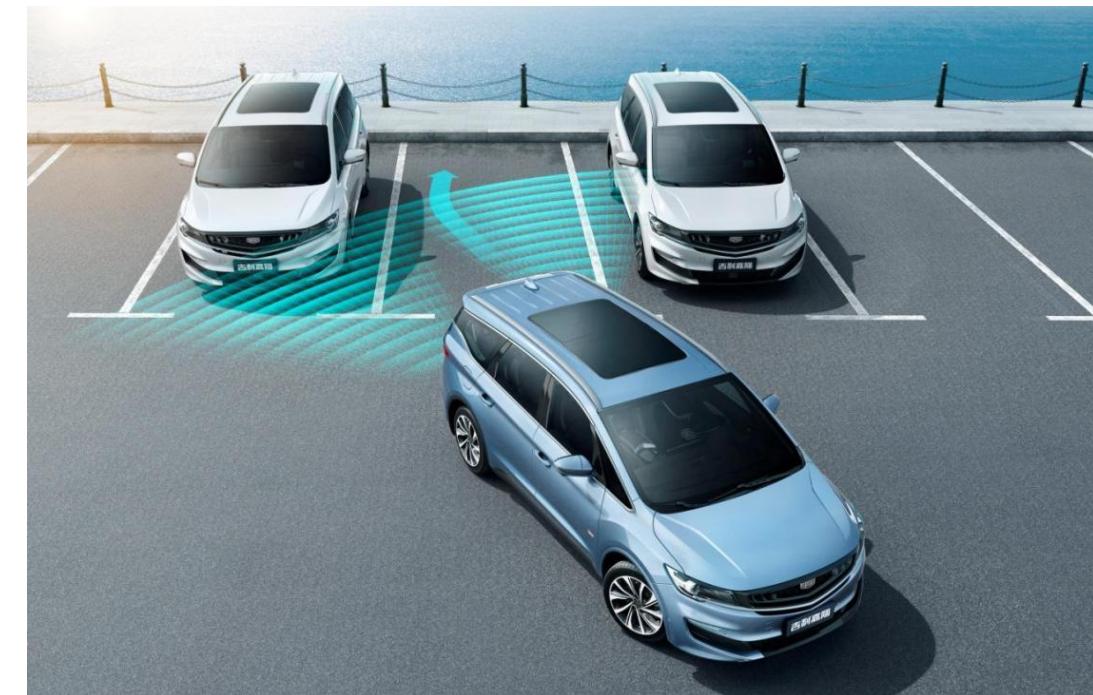




8.毫米波雷达在ADAS的应用

(4) 盲点监测系统 (BSD)

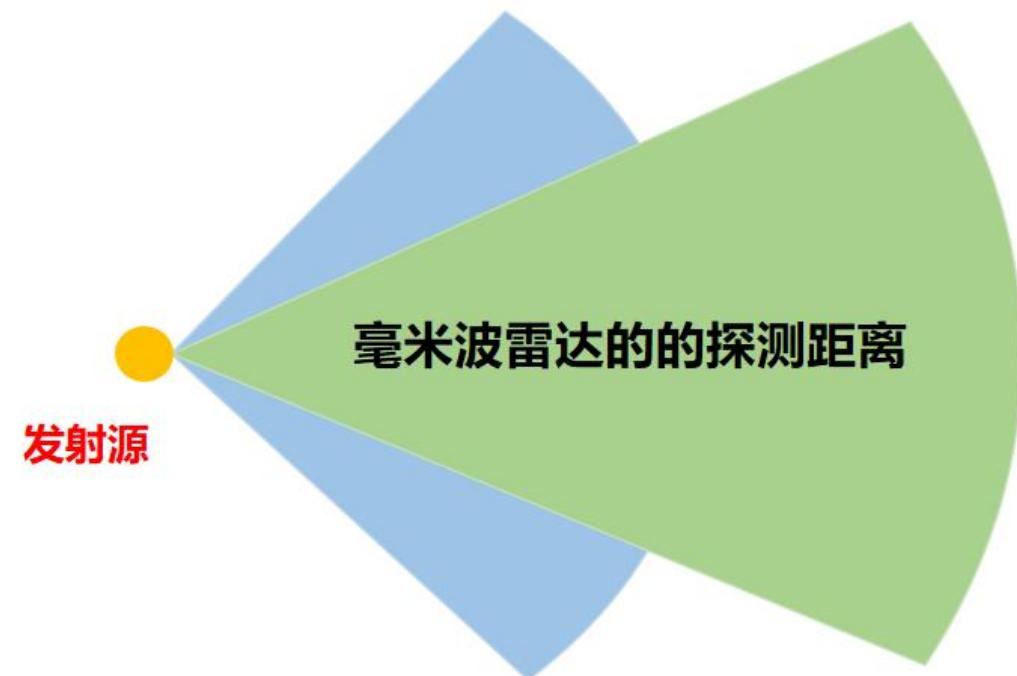
盲点监测系统BSD这套系统会借助隐藏在后保险杠左右两侧内的雷达传感器，对车身后方20米左右的距离进行实时监测，一旦在驾驶员视线盲区范围内发现有车辆或其他障碍物，则立即向安装在后视镜边缘的接收装置发出指示，在后视镜上亮起的光标来警告驾驶者，从而减少随意变道、停车看不到后方障碍物而撞到这些造成的安全隐患。





9.毫米波雷达的技术参数解释

(1) 最大探测距离：最大探测距离是指毫米波雷达所能检测目标的最大距离，不同的毫米波雷达，最大探测距离是不同的





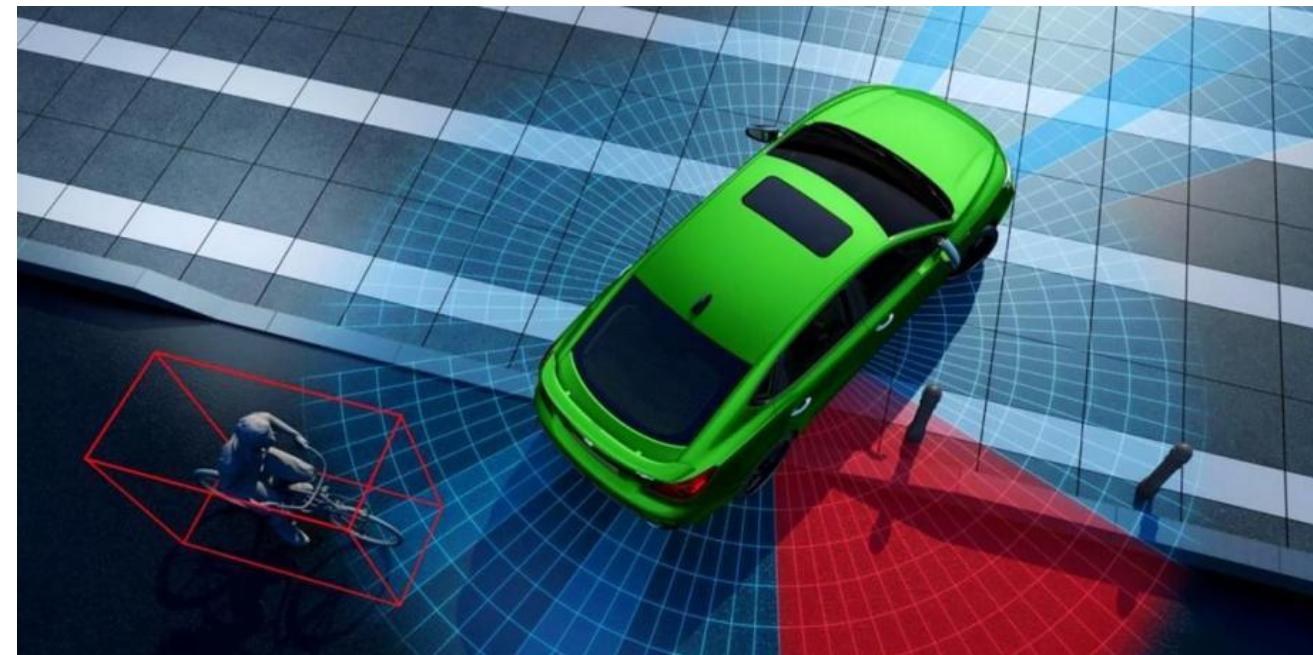
9.毫米波雷达的技术参数解释

- (2) 距离分辨率：距离分辨率表示在距离上分辨两个目标的能力。
- (3) 距离测量精度：距离测量精度表示测量单目标的距离测量精度，取决于信噪比。
- (4) 最大探测速度：最大探测速度是指毫米波雷达能够探测目标的最大速度。
- (5) 速度分辨率：速度分辨率表示在速度维区分两个同一位置的目标的能力。
- (6) 速度测量精度：速度测量精度表示测量单目标的速度测量精度，取决于信噪比。



9.毫米波雷达的技术参数解释

(7) 视场角：视场角分为水平视场角和垂直视场角，是指毫米波雷达能够探测的角度范围。





9.毫米波雷达的技术参数解释

(8) 角度分辨率：角度分辨率表示在角度维分离相同距离、速度目标的能力。雷达的角度分辨率一般较低，在实际情况下，由于距离、速度分辨率较高，因此目标一般可以在距离和速度维区分开。

(9) 角度测量精度：角度测量精度表示测量单目标的角度测量精度。

(10) 角度灵敏度：单目标的角度变化时，可探测的最小绝对变化角度值。



10. 毫米波雷达的发展趋势——4D雷达成像

4D毫米波雷达与普通毫米波雷达的区别

相比于传统毫米波雷达，4D成像雷达通过高分辨率点云来感知汽车周围环境，从而增强环境测绘和场景感知能力。在复杂的城市市场景下，可通过这些图像对各种目标进行分类，包括弱势道路使用者和各种道路车辆。



(二) 毫米波雷达技术指标

短程、中程和远程毫米波雷达的技术指标

参数	毫米波雷达分类		
	短程毫米波雷达	中程毫米波雷达	远程毫米波雷达
频带/GHz	24	76~77	77~81
带宽/GHz	4	0.6	0.6
测距范围/m	0.15~60	1~100	0.~150
最大视角/(°)	±80	±40	±15
测距精度/m	±0.02	±0.1	±0.1
方位精度/(°)	±1	±0.1	0.1
测速精度/(m/s)	0.1	0.1	0.1



(二) 毫米波雷达技术指标

77GHz毫米波雷达的主要指标

序号	参数	指标
1	频段/GHz	76~77
2	测距范围/m	1~250
3	方位角最大覆盖/(°)	45
4	俯仰角覆盖/(°)	±5
5	速度范围/(km/h)	最大 180
6	测距精度/m	0.3
7	速度精度/(m/s)	0.25
8	最大目标数量/个	超过 32
9	扫描周期/(ms)	<50
10	主要应用	FCW 逐步到 ACC、AEB



明确任务

计划决策

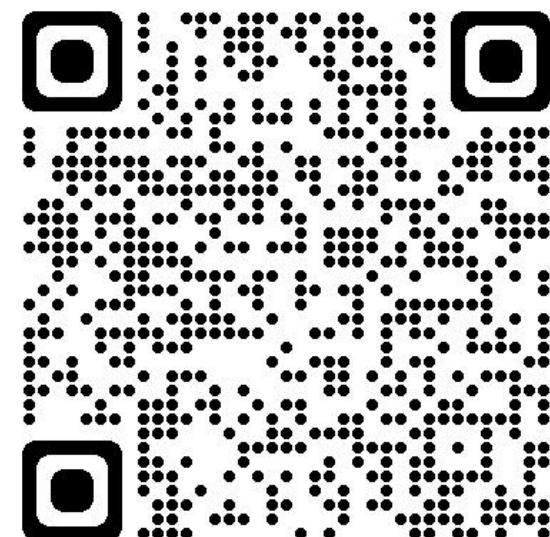
任务实施

任务检查

总结反馈

一、毫米波雷达装配流程图绘制

- (一) 观看“毫米波雷达装配”微课，小组探究，确定毫米波雷达安装高度、垂直度、俯仰角及线路连接顺序
- (二) 游戏闯关，分组抢答
- (三) 小组讨论，绘制毫米波雷达装配流程图；





二、毫米波雷达装配流程图优化

(一) 小组代表展示成果，开始找茬游戏；

(二) 结合教师点评，小组合作优化“毫米波雷达装配”流程图。

毫米波雷达安装流程

配件清单检查

确定毫米波雷达安装位置

将毫米波雷达与固定支架安装在一起

固定紧固螺栓

连接毫米波雷达线束



明确任务

计划决策

任务实施

任务检查

总结反馈

一、配件清单检查

1. 检查毫米波雷达外形和外观





明确任务

计划决策

任务实施

任务检查

总结反馈

一、配件清单检查

2. 检查毫米波雷达线束数目、外形和外观。





明确任务

计划决策

任务实施

任务检查

总结反馈

一、配件清单检查

3. 检查毫米波雷达固定螺栓数目、外形和外观





明确任务

计划决策

任务实施

任务检查

总结反馈

一、配件清单检查

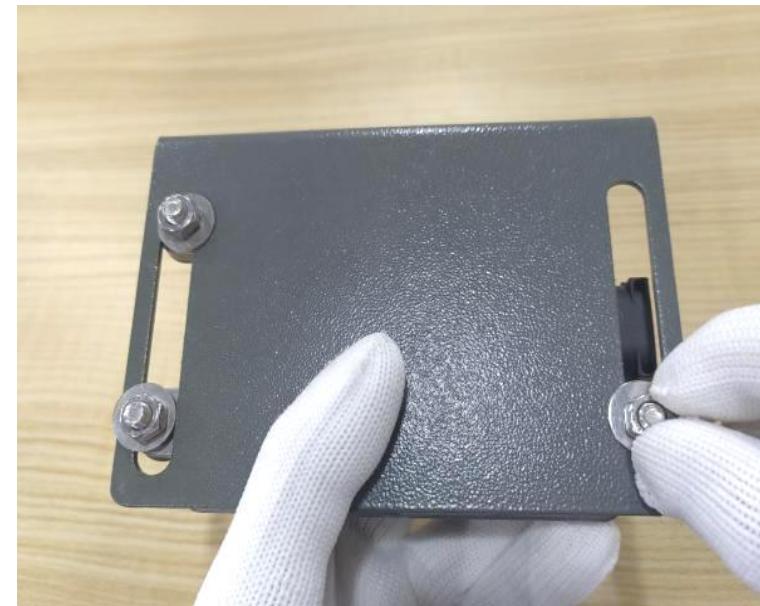
4. 检查毫米波雷达固定支架





二、毫米波雷达装配

1. 将毫米波雷达和固定支架安装在一起。





明确任务

计划决策

任务实施

任务检查

总结反馈

二、毫米波雷达装配

2. 确定毫米波雷达安装位置





明确任务

计划决策

任务实施

任务检查

总结反馈

二、毫米波雷达装配

3. 固定紧固螺栓





明确任务

计划决策

任务实施

任务检查

总结反馈

二、毫米波雷达装配

4. 连接毫米波雷达线束





一、自检、互检、终检

- (1) 检验毫米波雷达位置、垂直度、俯仰角及线路连接顺序是否符合要求
- (2) 质量检验。
- (3) 在工作页中记录结果。



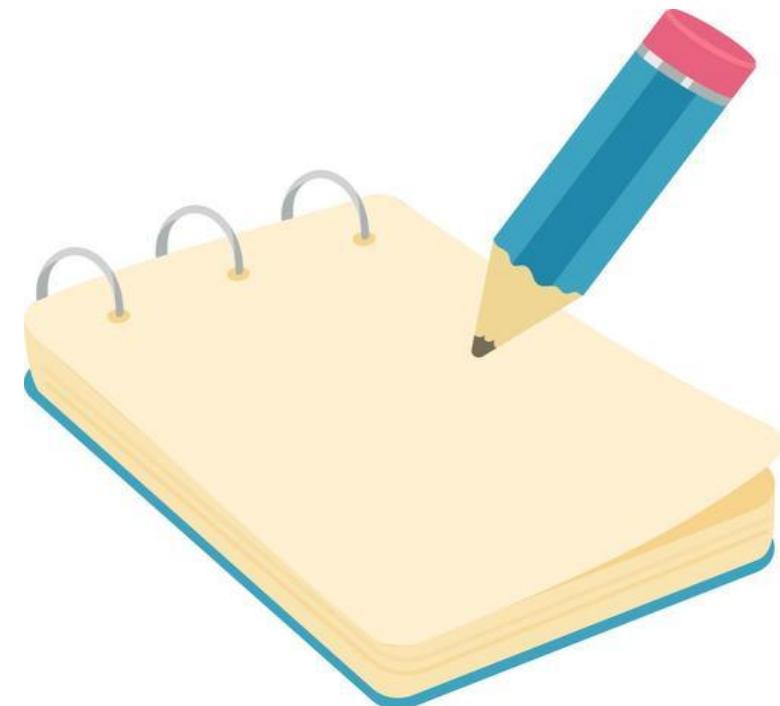


一、师生总结

小组讨论，总结本次任务的优点与不足，并派代表进行汇报。

二、自我评价、组内互评、教师评价

小组讨论，总结本次任务的优点与不足，完成评价表，认真听老师对各组的评价，进行记录并反思。认真听老师对**毫米波雷达装配**思路的总结，记录、体会并感悟检修过程的精髓，并派代表进行汇报。





作业布置

1、简述毫米波雷达工作原理。

用功中...





任务拓展

1、梳理“毫米波雷达标定”步骤。



谢谢大家！

