



Amanda Nguyen

## 摘要

本应用手册提供了一个物体与距离间关系的表格，其中列出了 TI 毫米波雷达传感器的距离检测能力。文中报告了用于数据收集的方法，并提供了每个物体的最大距离记录数据。可从该表中直观了解雷达截面和最大距离检测能力。

---

## 内容

1 引言.....	2
2 物体与距离间的关系.....	2
3 关于最大距离的讨论和物体相关注意事项.....	16
4 结论.....	17
5 修订历史记录.....	17

## 商标

所有商标均为其各自所有者的财产。

## 1 引言

在使用毫米波雷达传感器开发终端应用时，确定目标对象的最大可检测距离会比较困难。雷达系统参数、检测算法设置以及环境和目标对象的物理特征都会对确定目标对象的最大可检测距离产生影响。本应用手册的重点在于提供 TI 毫米波雷达传感器的距离检测功能示例，并简要介绍当检测距离成为主要问题时需要考虑的重要因素。

## 2 物体与距离间的关系

表 2-1 列出了物体与距离（以米为单位）间的关系。

表 2-1. 物体与距离间的关系

物体	EVM 测出距离 (m)												
	1	5	10	20	30	40	60	80	100	120	140	160	199
卡车 <sup>(2)</sup>	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
汽车 <sup>(2)</sup>	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	● <sup>(3)</sup>	● <sup>(3)</sup>	● <sup>(3)</sup>
摩托车 <sup>(2)</sup>	●	●	●	●	●	●	●	●					
载人自行车 <sup>(2)</sup>	●	●	●	●	●	●	●						
人体 <sup>(1)</sup>	●	●	●	●	●	●							
金属椅 <sup>(1)</sup>	●	●	●	●	●								
易拉罐 <sup>(1)</sup>	●	●	●	●	●								
木椅 <sup>(1)</sup>	●	●	●	●									
塑料椅 <sup>(1)</sup>	●	●	●										
咖啡杯 <sup>(1)</sup>	●	●	●										
大型犬 <sup>(1)</sup>	●	●	●										
小型犬 <sup>(1)</sup>	●	●											
硬币 (25 美分) <sup>(4)</sup>	●												

- (1) 物体与距离间的关系中采用低 RCS 线性调频脉冲配置的 xWR1443。  
 (2) 物体与距离间的关系中采用高 RCS 线性调频脉冲配置的 xWR1443。  
 (3) 交通监控中采用远距离线性调频脉冲配置的 xWR1642。  
 (4) 开箱即用 (OOB) 演示中采用最佳距离分辨率线性调频脉冲配置的 xWR1443。

表 2-1 中列出了一些常见物体以及一些黑点，这些黑点指示了在哪些距离可以使用特定雷达系统配置以及测量协议检测到物体。有关如何收集数据的更多详细信息，请参阅相应的文档。

有关交通监控中采用远距离线性调频脉冲配置的 XWR1642 的详细信息，请参阅 [《使用单芯片毫米波雷达传感器的交通监控物体检测与跟踪参考设计》](#)。

有关 OOB 演示中采用最佳距离分辨率线性调频脉冲配置的 XWR1443 的详细信息，请参阅 [使用毫米波检测 25 美分硬币的实验](#)。

TBD 涵盖了采用低 RCS 和高 RCS 线性调频脉冲配置的 IWR1443 的用途，旨在生成“物体与距离间的关系”表中的其余条目。

## 2.1 测量协议

为了收集数据，需要将运行毫米波 SDK 开箱即用演示的 **IWR1443 EVM** 与运行 [毫米波演示可视化工具](#) 的 Windows 笔记本电脑一起使用。如需了解有关使用毫米波演示可视化工具的更多详细信息，请参阅 [毫米波演示可视化工具](#) 的用户指南。

如果可视化工具在目标距离处返回检测到的物体标记，则认为在指定距离处检测到物体。

根据目标物体的特征，EVM 可按低 RCS 线性调频脉冲配置或高 RCS 线性调频脉冲配置。可通过 [毫米波线性调频脉冲数据库](#) 了解线性调频脉冲的详细信息。

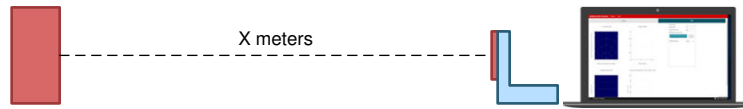


图 2-1. 测量设置

在每次测量中，将物体放在地面上，而 EVM 与物体保持指定的距离，并使 EVM 的天线视轴与物体中心的中线大致成一条直线。收集测量值时，目标物体保持静态。图 2-1 所示为测量设置的一个示例。

### NOTE

在混乱程度最小的环境（例如空的停车场）中进行测量。

在为每个物体进行设置之后，通过增大与物体间的距离并重复进行数据收集来完成下一次测量。如果未检测到物体，将目标对象返回到先前的距离并记录最大距离。然后，将物体移开后进行测量以捕获由任何杂波和背景环境产生的距离曲线。

## 2.2 物体详细信息和结果

节 2.2.1 到节 2.2.12 显示了每个物体的最大距离测量结果。

每个图包括三条曲线：

- 噪声曲线
- 距离曲线：有物体
- 距离曲线：没有物体

没有物体的距离曲线表示杂波和背景环境。对于有物体的曲线，带有注释的波峰表示在这些测量条件下检测到的物体最大距离。随附的每一张照片描绘了物体在测量过程中的景象。

### 2.2.1 卡车

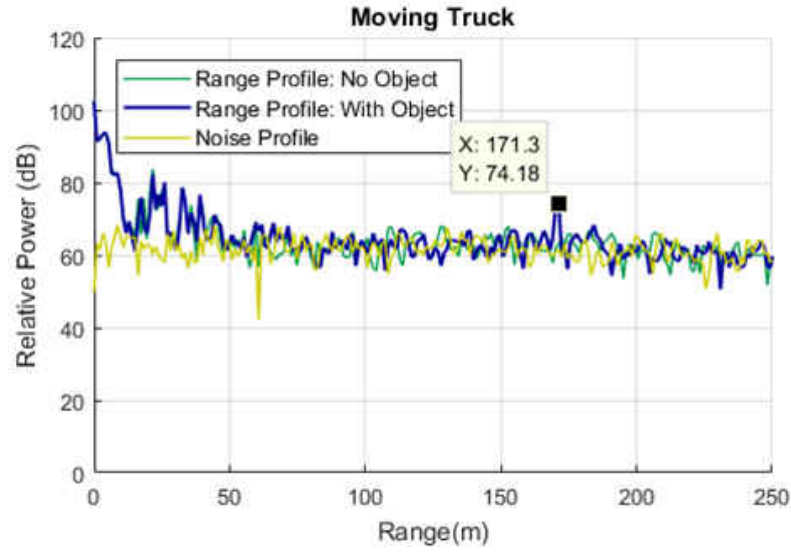


图 2-2. 移动卡车



图 2-3. 移动卡车距离测试

## 2.2.2 汽车

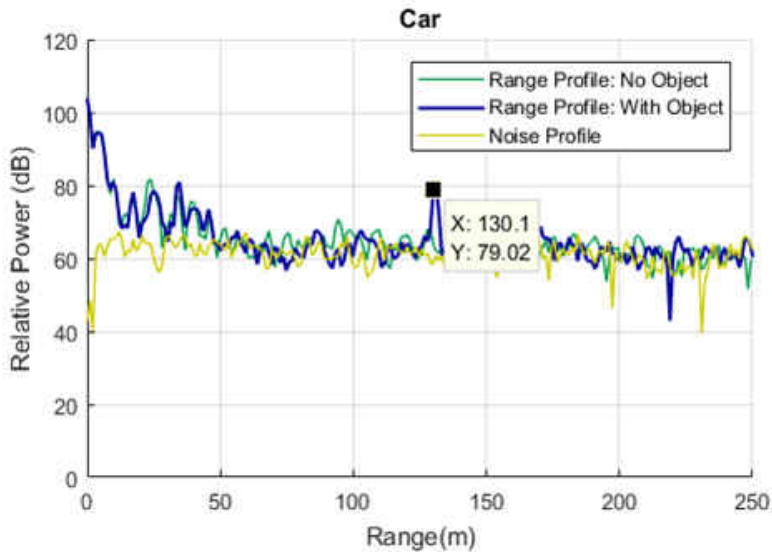


图 2-4. 汽车

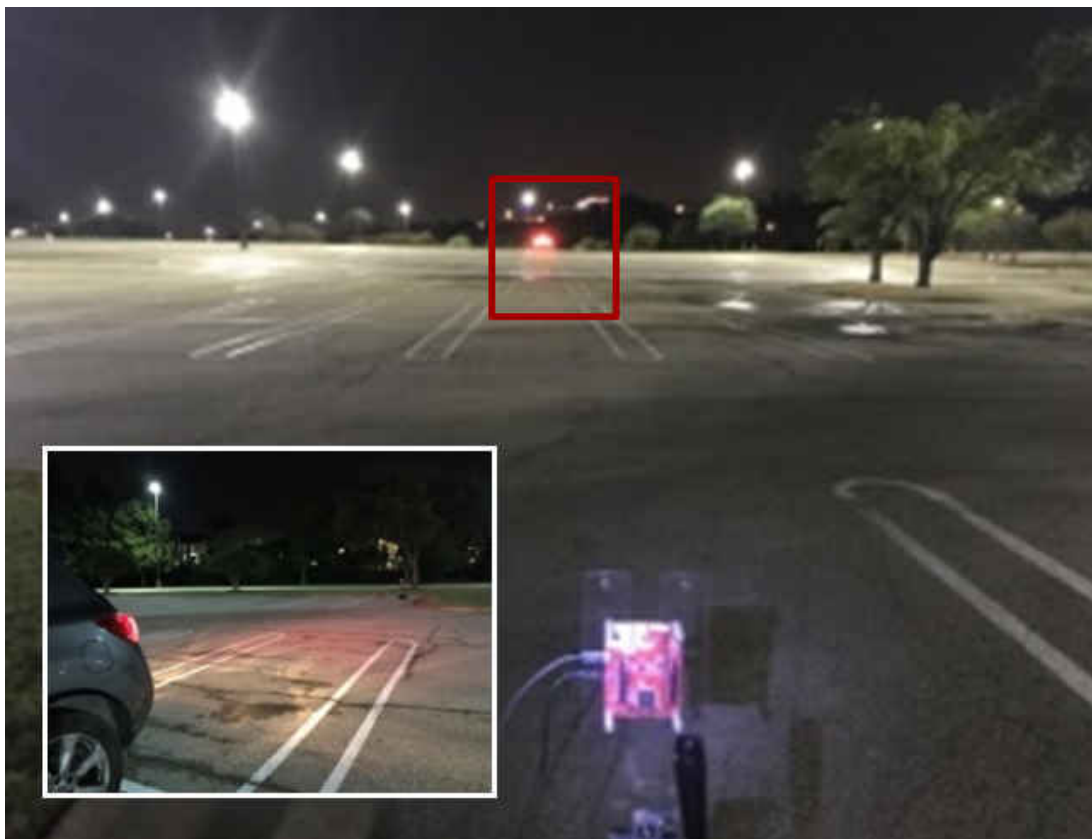


图 2-5. 汽车距离测试

### 2.2.3 摩托车

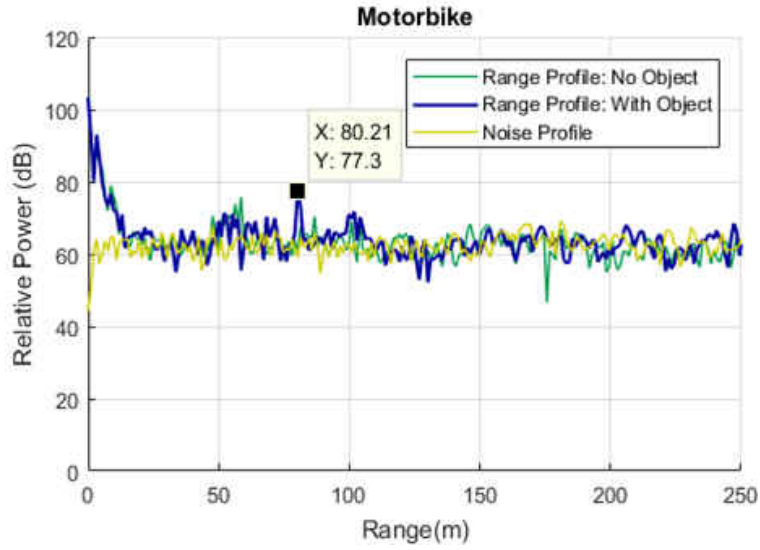


图 2-6. 摩托车



图 2-7. 摩托车距离测试

### 2.2.4 载人自行车

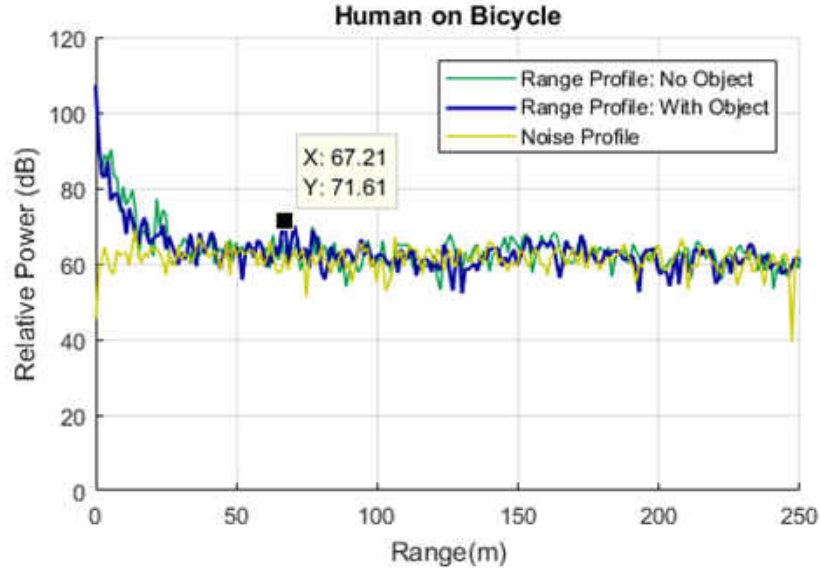


图 2-8. 载人自行车

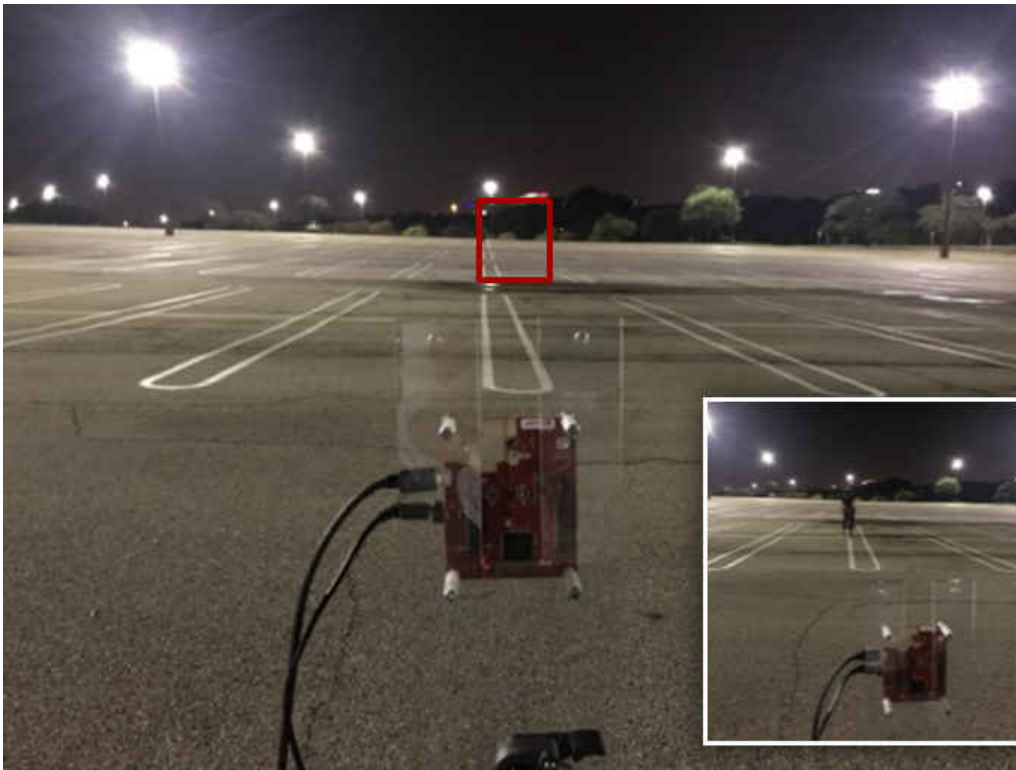


图 2-9. 载人自行车距离测试



### 2.2.5 人体

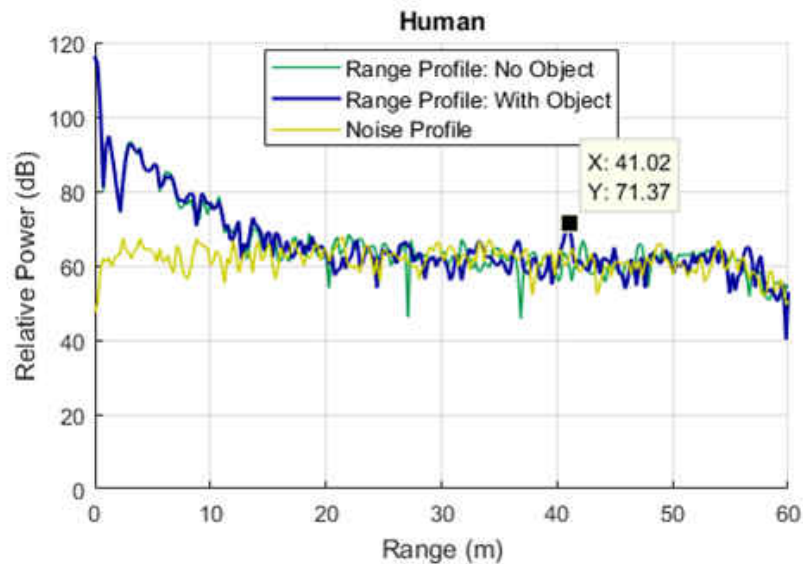


图 2-10. 人体

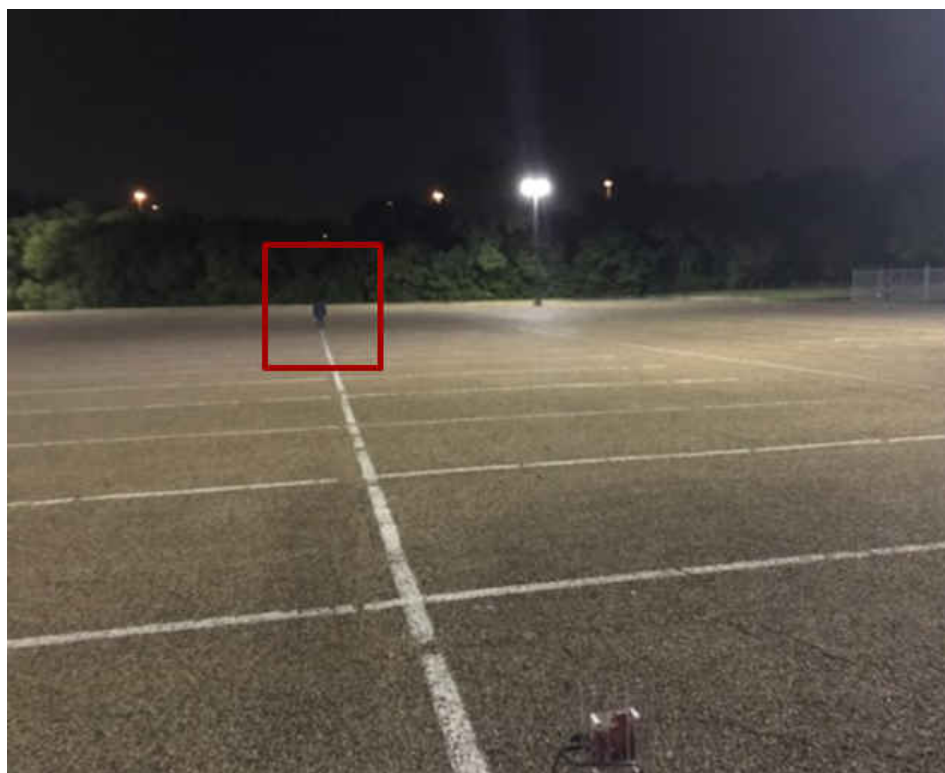


图 2-11. 人体距离测试



### 2.2.6 金属椅

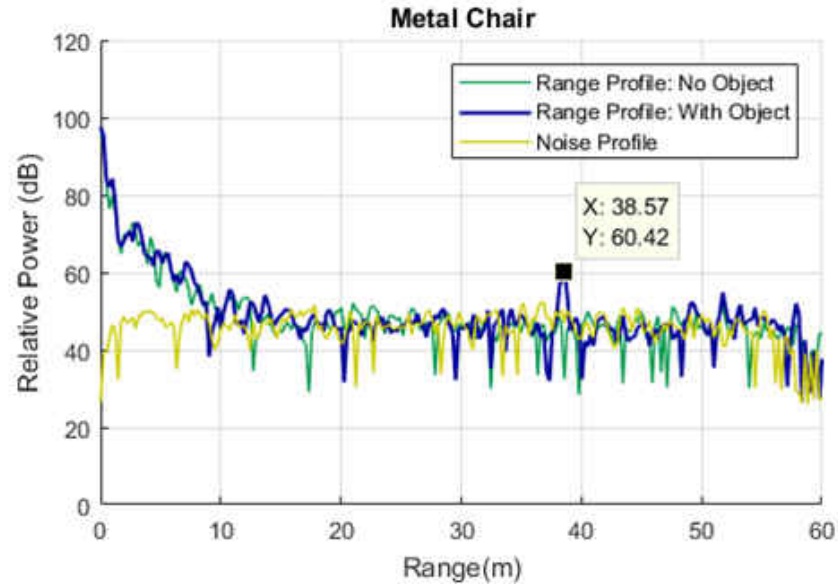


图 2-12. 金属椅



图 2-13. 金属椅距离测试

### 2.2.7 易拉罐

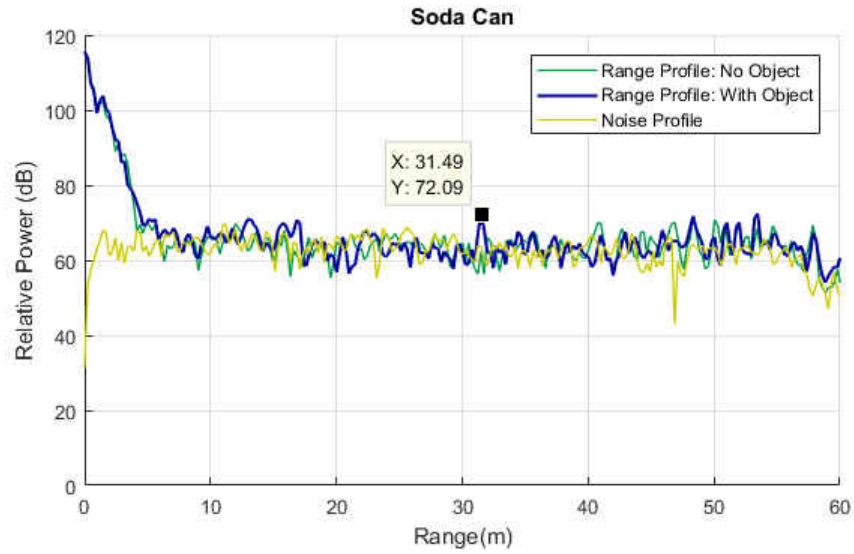


图 2-14. 易拉罐



图 2-15. 易拉罐距离测试

### 2.2.8 木椅

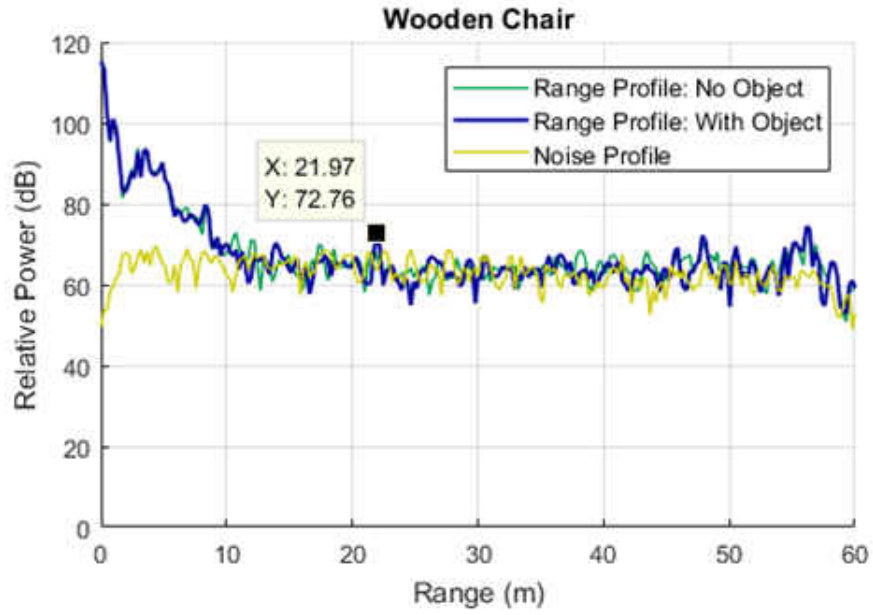


图 2-16. 木椅

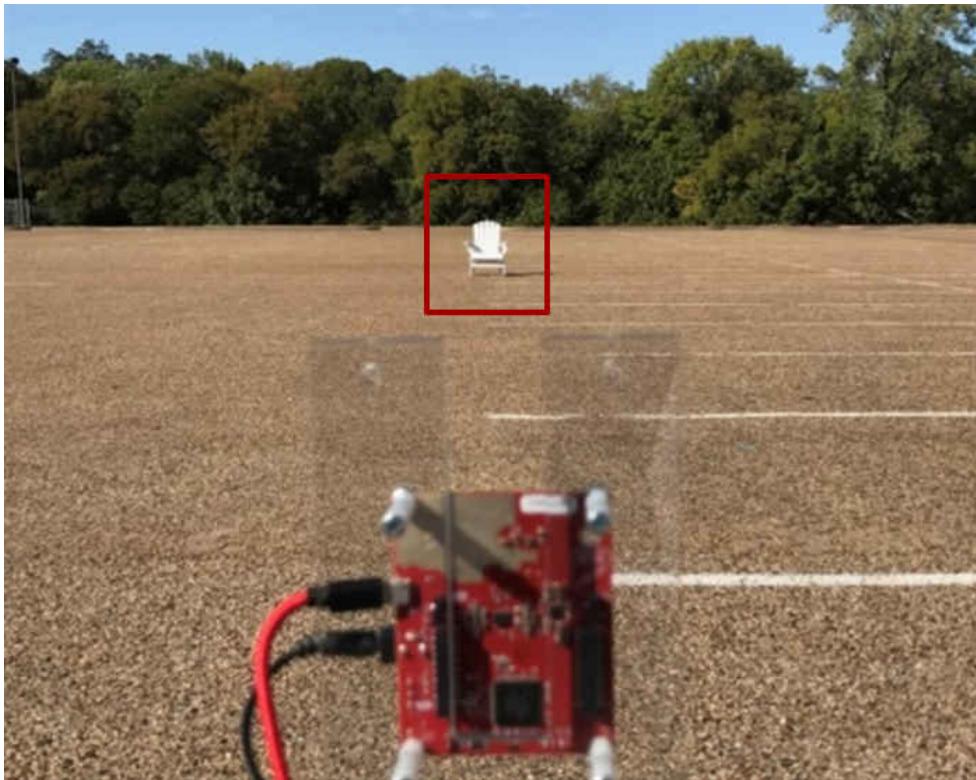


图 2-17. 木椅距离测试

### 2.2.9 塑料椅

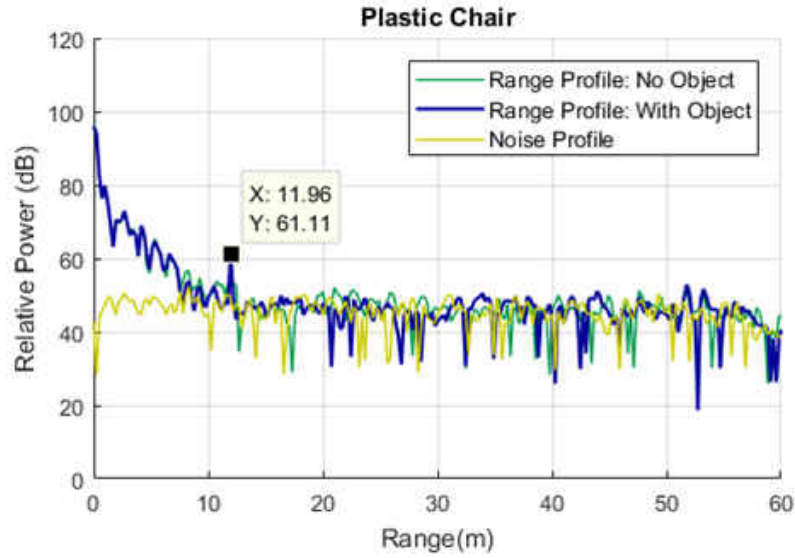


图 2-18. 塑料椅



图 2-19. 塑料椅距离测试



### 2.2.10 咖啡杯

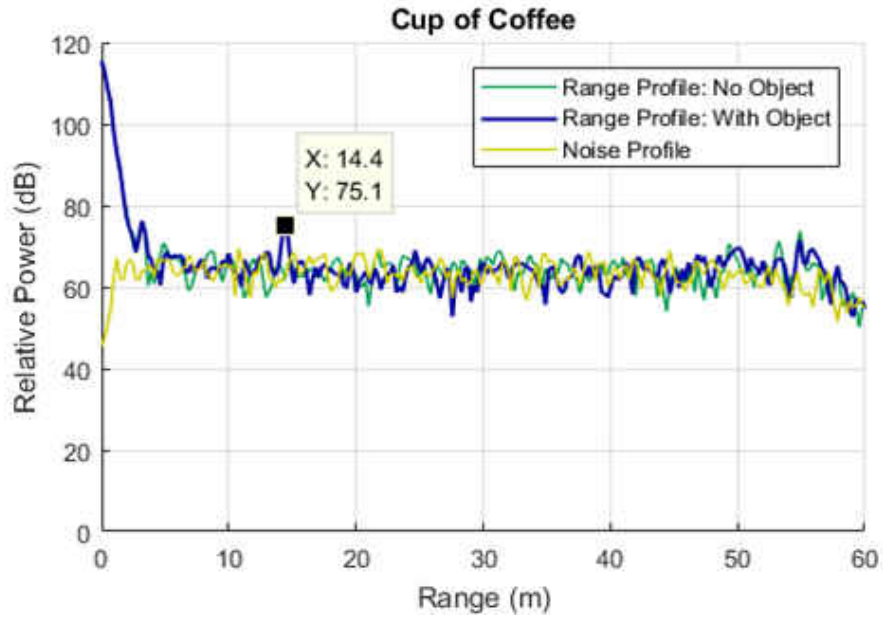


图 2-20. 咖啡杯



图 2-21. 咖啡杯距离测试

### 2.2.11 大型犬

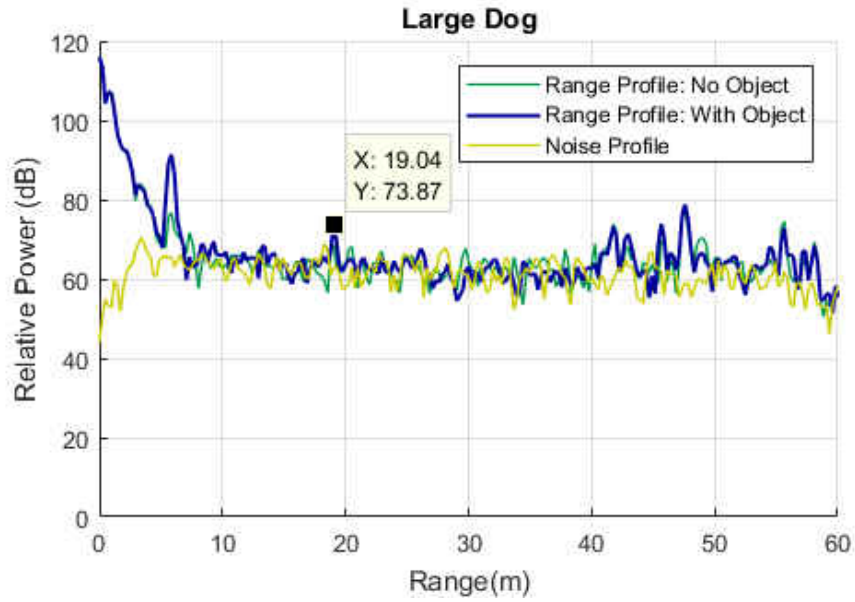


图 2-22. 大型犬

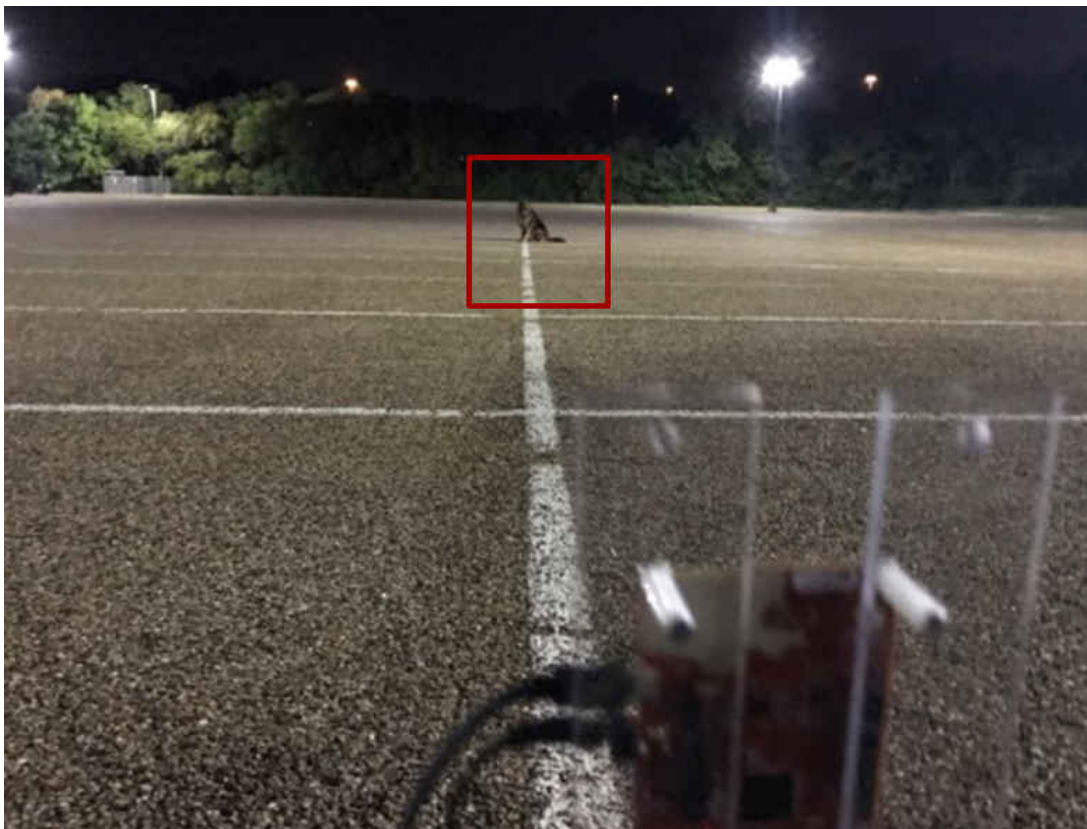


图 2-23. 大型犬距离测试

### 2.2.12 小型犬

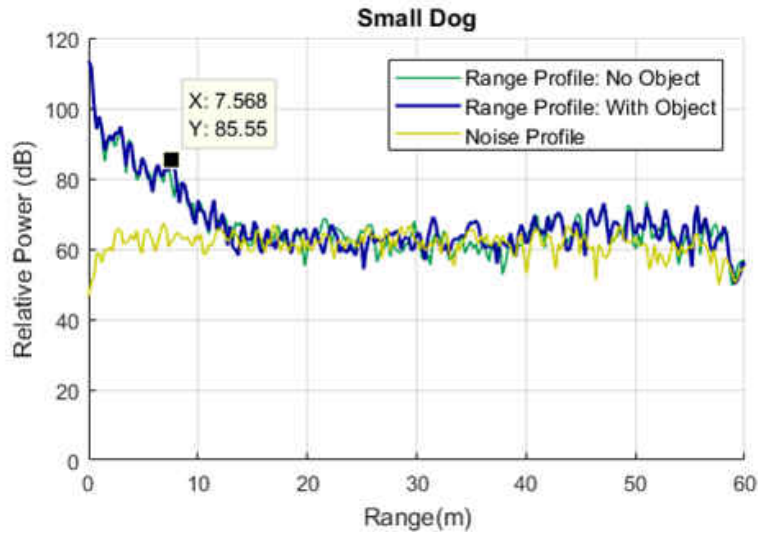


图 2-24. 小型犬



图 2-25. 小型犬距离测试



### 3 关于最大距离的讨论和物体相关注意事项

表 2-1 中所列物体与距离间的关系数据点表明了使用 TI 毫米波传感器进行距离检测的可能性定性指标。但是，对于特定终端应用，最大可检测距离的确切值将有所不同，并受雷达系统参数、目标对象特征和背景因素（杂波、噪声等）的影响。节 3.1 详细说明了这些参数和最大距离之间的关系。

如需进一步详细了解雷达距离公式和雷达系统参数产生的影响，请参阅《在 TI 雷达器件中进行线性调频脉冲参数的编程》。

节 3.1 详细说明了目标对象特征与最大距离之间的关系。

#### 3.1 雷达距离公式和雷达截面

每个目标物体都有一个被称为雷达截面 (RCS) 的属性，这种属性衡量的是目标在雷达接收器方向上反射雷达信号的能力。RCS 越大，表示越能够被给定雷达传感器系统检测到。

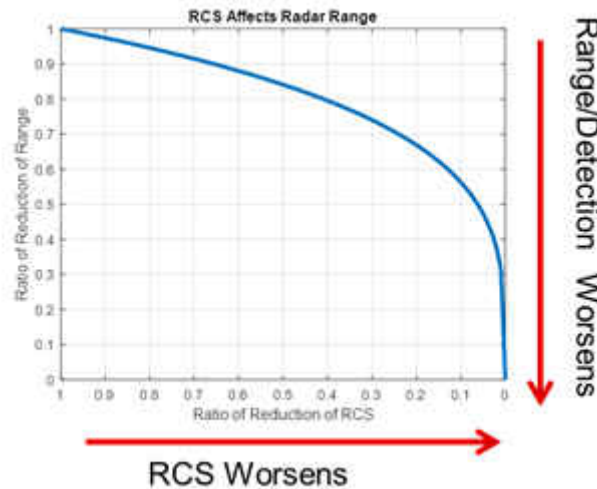


图 3-1. RCS 与检测距离的关系

图 3-1 说明了 RCS 的相对变化如何影响最大检测距离（假设所有其他参数保持不变，并且只有具有相应 RCS 的检测物体发生变化）。例如，如果目标的 RCS 降至原来的 10%，那么能够检测到目标的最大距离将降至原来的 55%。

#### 3.2 影响雷达截面的因素

当雷达系统和环境设置相同时，相比 RCS 较低的物体，RCS 更高的物体可以在更远的距离被检测到。

RCS 与最大检测距离间的关系有助于理解表 2-1 中各种物体所达到的检测距离。

##### 3.2.1 目标物体材质

比较在相同条件下测量的易拉罐和咖啡杯时，很明显易拉罐的检测距离更大。易拉罐的材质是铝，而咖啡杯是纸。此例子揭示了影响 RCS 的主要因素：物体的材质。通常，导电材质比非导电材质具有更高的 RCS 值。对于非导电材质，具有更高介电常数的材质拥有更高的 RCS 值。

### 3.2.2 尺寸、形状和方向

对于卡车和汽车，尽管这两者都主要由金属制成，但体积较大的卡车具有更远的检测距离。

RCS 是对返回雷达的反射率的量度，因此较大的物体通常会产生较强的雷达反射。但是，必须要注意，除了增加表面积可以增大 RCS 外，表面积与雷达之间的垂直度也会产生影响。因此，目标物体相对于雷达的形状和方向都会对 RCS 产生影响。

对于表 2-1 中所述的汽车和卡车，具有挑战性的情况是特意将雷达对准车辆的低矮端或后侧进行测量。

使用雷达系统开发应用之时，有必要将会影响 RCS 的目标物体的属性考虑在内。

## 4 结论

本文档在物体与距离间的关系表中提供了 TI 毫米波雷达传感器的距离检测功能示例 ( 请参阅表 2-1 )。从表 2-1 可以直观地了解 RCS 如何增大或减小雷达检测距离。

## 5 修订历史记录

注：以前版本的页码可能与当前版本的页码不同

<b>Changes from Revision * (January 2018) to Revision A (May 2021)</b>	<b>Page</b>
• 更新了整个文档中的表格、图和交叉参考的编号格式。 .....	<b>2</b>

## 重要声明和免责声明

TI 提供技术和可靠性数据 (包括数据表)、设计资源 (包括参考设计)、应用或其他设计建议、网络工具、安全信息和其他资源, 不保证没有瑕疵且不做任何明示或暗示的担保, 包括但不限于对适销性、某特定用途方面的适用性或不侵犯任何第三方知识产权的暗示担保。

这些资源可供使用 TI 产品进行设计的熟练开发人员使用。您将自行承担以下全部责任: (1) 针对您的应用选择合适的 TI 产品, (2) 设计、验证并测试您的应用, (3) 确保您的应用满足相应标准以及任何其他安全、安保或其他要求。这些资源如有变更, 恕不另行通知。TI 授权您仅可将这些资源用于研发本资源所述的 TI 产品的应用。严禁对这些资源进行其他复制或展示。您无权使用任何其他 TI 知识产权或任何第三方知识产权。您应全额赔偿因在这些资源的使用中对 TI 及其代表造成的任何索赔、损害、成本、损失和债务, TI 对此概不负责。

TI 提供的产品受 TI 的销售条款 (<https://www.ti.com/legal/termsofsale.html>) 或 [ti.com](https://www.ti.com) 上其他适用条款/TI 产品随附的其他适用条款的约束。TI 提供这些资源并不会扩展或以其他方式更改 TI 针对 TI 产品发布的适用的担保或担保免责声明。

邮寄地址: Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265

Copyright © 2021, 德州仪器 (TI) 公司

## 重要声明和免责声明

TI“按原样”提供技术和可靠性数据（包括数据表）、设计资源（包括参考设计）、应用或其他设计建议、网络工具、安全信息和其他资源，不保证没有瑕疵且不做任何明示或暗示的担保，包括但不限于对适销性、某特定用途方面的适用性或不侵犯任何第三方知识产权的暗示担保。

这些资源可供使用 TI 产品进行设计的熟练开发人员使用。您将自行承担以下全部责任：(1) 针对您的应用选择合适的 TI 产品，(2) 设计、验证并测试您的应用，(3) 确保您的应用满足相应标准以及任何其他功能安全、信息安全、监管或其他要求。

这些资源如有变更，恕不另行通知。TI 授权您仅可将这些资源用于研发本资源所述的 TI 产品的应用。严禁对这些资源进行其他复制或展示。您无权使用任何其他 TI 知识产权或任何第三方知识产权。您应全额赔偿因在这些资源的使用中对 TI 及其代表造成的任何索赔、损害、成本、损失和债务，TI 对此概不负责。

TI 提供的产品受 [TI 的销售条款](#) 或 [ti.com](#) 上其他适用条款/TI 产品随附的其他适用条款的约束。TI 提供这些资源并不会扩展或以其他方式更改 TI 针对 TI 产品发布的适用的担保或担保免责声明。

TI 反对并拒绝您可能提出的任何其他或不同的条款。

邮寄地址：Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265

Copyright © 2022，德州仪器 (TI) 公司