

信心十足地向着全自动驾驶迈进

通过全场景仿真改善 ADAS 雷达视野

竞争已经拉开帷幕。全自动驾驶汽车 (AV) 正在快速走进我们的生活。除了提高交通系统的整体效率之外，保障驾乘人员的安全是自动驾驶汽车最引人注目的优势。最新数据显示，全球每年约有 130 万人因道路交通事故丧生¹。根据美国国家公路交通安全管理局 (NHTSA) 的统计，94% 的严重车祸是人为失误造成的²。



图1. 根据NHTSA统计, 94%的道路交通事故是由人为失误造成

- ¹ 道路交通伤害。世界卫生组织, 2021年6月21日。
<https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/road-traffic-injuries>。
- ² 为安全而打造的自动驾驶汽车。美国国家公路交通安全管理局。
<https://www.nhtsa.gov/technology-innovation/automated-vehicles-safety>。

提高汽车自动驾驶等级

如果我们能够提高安全性、降低道路交通事故风险会怎样？如果我们能够避免驾驶员操作失误会怎样？报告显示，自动驾驶汽车能够将道路交通事故死亡人数减少 90% 之多³。除了降低事故死亡人数之外，自动驾驶汽车还能避免几十亿元的车祸相关损失。

量产汽车中的高级驾驶辅助系统 (ADAS) 已经达到了国际自动机工程师学会 (SAE International) 定义的第 2+ 至第 3 级自动驾驶水平，在大多数交通状况下仍需要驾驶员控制车辆 (图 2)。许多原始设备制造商 (OEM) 和行业专家认为，实现第 4 级和第 5 级自动驾驶 (其中第 5 级表示车辆无需任何人工交互) 能够让道路交通更安全。然而，实现这一目标仍存在一系列独特的挑战，需要大量技术进步。



图 2. SAE 定义的自动驾驶等级 (来源: SAE International)

为了实现更高等级的自动驾驶，汽车行业需要解决技术、社会、法律和监管等方方面面的问题。虽然其中许多问题难以掌控，但汽车行业和 OEM 能够合力突破技术局限。他们能够打造出更小巧、更坚固、更经济的雷达、激光雷达、摄像头和其他传感器，同时改进这些传感器的检测和识别软件。要想改进这些算法的训练，业界需要克服两个障碍。

³ 《自动驾驶汽车的七大优势》Thales 集团。最后更新于 2021 年 1 月。
<https://www.thalesgroup.com/en/markets/digital-identity-and-security/iot/magazine/7-benefits-autonomous-cars>。

缩小路测与软件仿真测试之间的差距

如今, OEM 使用具有软件在环系统的仿真环境来测试传感器并控制模块。尽管软件仿真很有用, 但它无法完全重现现实情况以及可能出现的不完美的传感器响应。全自动驾驶汽车必须知道如何应对这样的情况。

通过对原型车或合法上路车辆中集成的完整系统进行道路测试, OEM 得以对最终产品的性能先进行验证, 然后再将它们推向市场。道路测试是开发过程中不可或缺的一环, 但考虑到测试成本、测试所需时间和测试可重复性等一系列问题, 完全依赖道路测试是一个不切实际的想法。如果采用这种方式, 车辆需要经过几百年的测试才能达到足够的可靠性, 万无一失地安全行驶在城市和乡村道路上。

无法在现实条件下训练 ADAS / AV 算法

车载雷达测试对于训练自动驾驶算法具有重要意义。这些算法使用车载雷达传感器获取的数据做出决策, 指示车辆在遇到特定行驶状况时应该做出何种响应。如果算法没有经过正确训练, 它们可能会做出意外决策, 危及驾乘人员或行人安全。为了测试足够多的场景以便验证 AV 功能, OEM 需要从少数几个目标转为真实场景, 走出枯燥无味的理论世界, 进入实际应用。

驾驶员要做出很多决定。成为一名优秀的驾驶员往往需要时间和经验的沉淀。将自动驾驶技术提升一个台阶则需要依靠复杂的系统, 这些系统的能力应超越最优秀的人类驾驶员。传感器、精妙算法与强大处理器的结合是实现自动驾驶的关键因素。在传感器感知周围环境的同时, 它们背后的处理器和算法在任何情况下都必须以比人类驾驶员快得多的速度做出正确的决定——例如遵守道路交通规则。

我们必须确保新 ADAS 功能安全可靠。采用不成熟的系统过早进行道路测试会有很大风险。汽车 OEM 需要能够仿真真实场景, 对实际采用的传感器、电子控制单元代码、人工智能逻辑等部分进行验证。尽早测试更多场景能够让 OEM 清楚地了解何时可以完成开发, 何时可以信心十足地发布 ADAS 功能。

自动驾驶汽车测试和验证方面的缺口

当今的测试系统不能有效地解决某些难题。它们只对一定数量的目标进行测试, 无法仿真近距离的对象并且难以区分对象。

有限的目标数量和视场

有些系统使用多个雷达目标仿真器 (RTS)，每个 RTS 都向雷达传感器呈现多个点目标，并通过机械移动天线来仿真水平位置和垂直位置。这种机械式的自动化操作延缓了整体测试速度。此外，天线移动一下就会导致回波到达角 (AoA) 发生变化，如果不重新计算或重新校准，则可能会导致渲染目标出现误差和精度损失。

另一种选择是为每个 RTS 使用多个射频 (RF) 前端，其中一个对象使用一条延迟线。如果某个场景需要多个对象，则应在测试设置中增加射频前端的数量，然后视需要在它们之间进行切换。这意味着它能够在场景中的任意位置生成对象，但不能同时仿真场景相对两侧的目标。

移动 RTS 或切换使用多个射频前端这两种方式会在场景中产生间隙和遗漏的对象，在图 3 中标记为 X。只用数量有限的对象来测试雷达单元无法提供完整的驾驶场景视图，也无法揭示现实状况的复杂性，尤其是在有各种十字路口以及涉及行人、自行车或电动车骑行者转弯场景的城市地区。

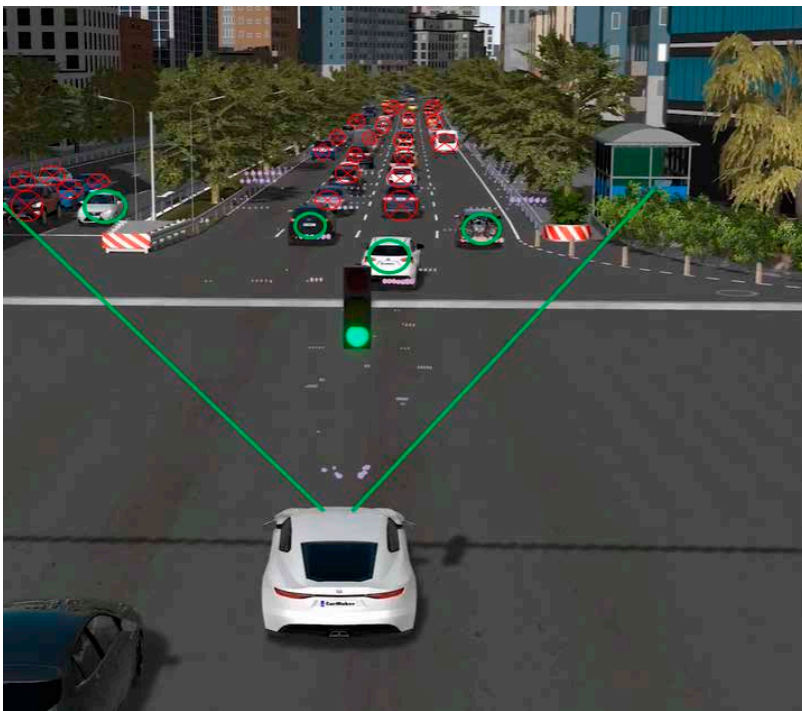


图 3. 具有数量有限的 RTS 或雷达前端的场景示例

无法生成距离小于 4 米的对象

当前的雷达目标仿真器解决方案无法生成距离在 4 米以内（某些情况下甚至更远）的对象。这样会在汽车保险杠前方形成一个盲区。新车评估计划等测试例都需要在非常接近雷达单元的距离仿真对象。以自动紧急制动系统为例。道路上的障碍物需要非常接近。目前市面上的目标仿真解决方案只能仿真 4 米或以上距离的对象（图 4）。

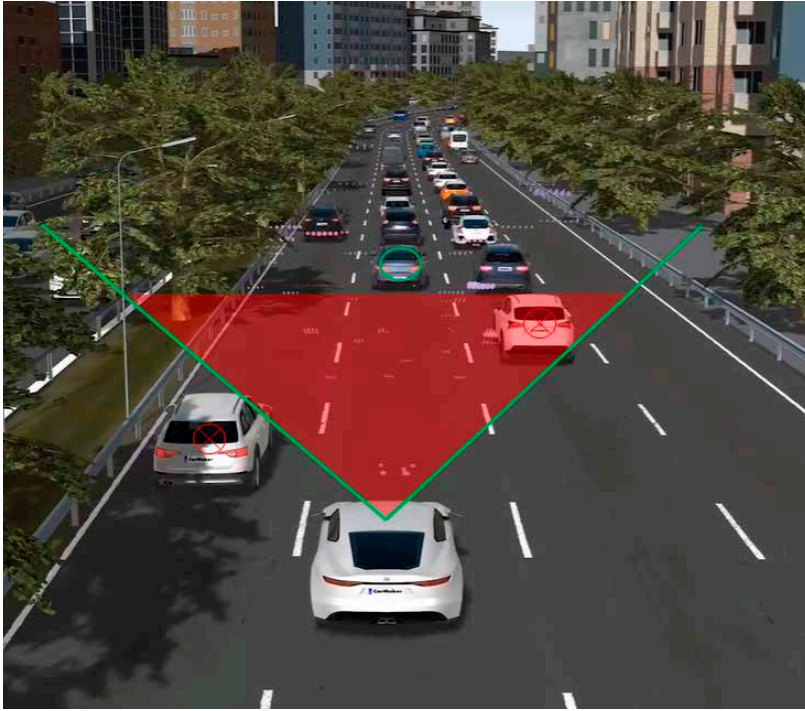


图 4. 如果仿真的车辆前方存在大面积盲区，则无法对紧急制动场景进行测试

对象之间的分辨率较低

早期的雷达技术将对象视为点目标，这意味着雷达没有考虑被检测对象的空间属性，而是将对象所反射的能量都聚集到一个点上。雷达截面积概念应运而生。它将击中目标的功率密度转换为反射功率，并将空间尺寸、形状和反射率组合成一个数字。但是，这种方法只有在将目标视为一个点时才有效。在现代汽车雷达中，目标之间通常比较接近，雷达单元必须利用高角度分辨率来感知对象的空间特征。

当前市面上的目标仿真器迎合了这种过时的雷达传感器需求。它们的设计理念是将一个对象视作一个雷达信号加以处理，因此会造成场景细节缺失。

应对挑战的关键技术进步

为了实现全自动驾驶愿景所需的 ADAS 功能，需要使用可靠的雷达传感器和算法。在实验室中执行全场景仿真对于开发这些雷达传感器和算法至关重要。是德科技推出的全场景仿真器使用几百个微型射频前端构成一个可扩展的仿真屏幕，可呈现最多 512 个对象，距离最近可达到 1.5 米。

这一解决方案的成功交付还需要在以下几个方面实现突破：

- 单个微型射频前端 (图 5a)
- 八个射频前端集成在一块电路板上 (图 5b)
- 64 块电路板排列成半圆形阵列，形成仿真屏幕 (图 6)

除了射频硬件的技术进步之外，软件也有同样规模的创新，从而避免被测器件 (DUT) 检测到距离在 1 m 以内的虚假对象并连接将这些影像渲染到屏幕上的 3D 成像软件。

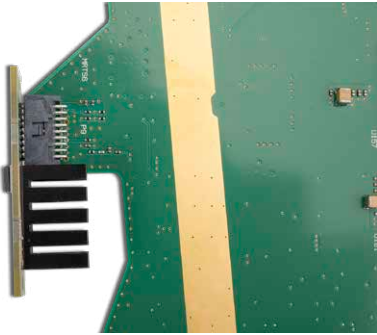


图 5a. 使用 Keysight ASIC 技术的新射频前端特写

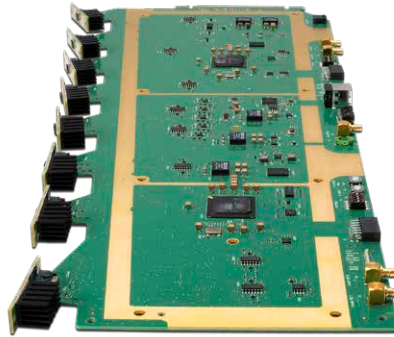


图 5b. 包含 8 个射频前端的电路板

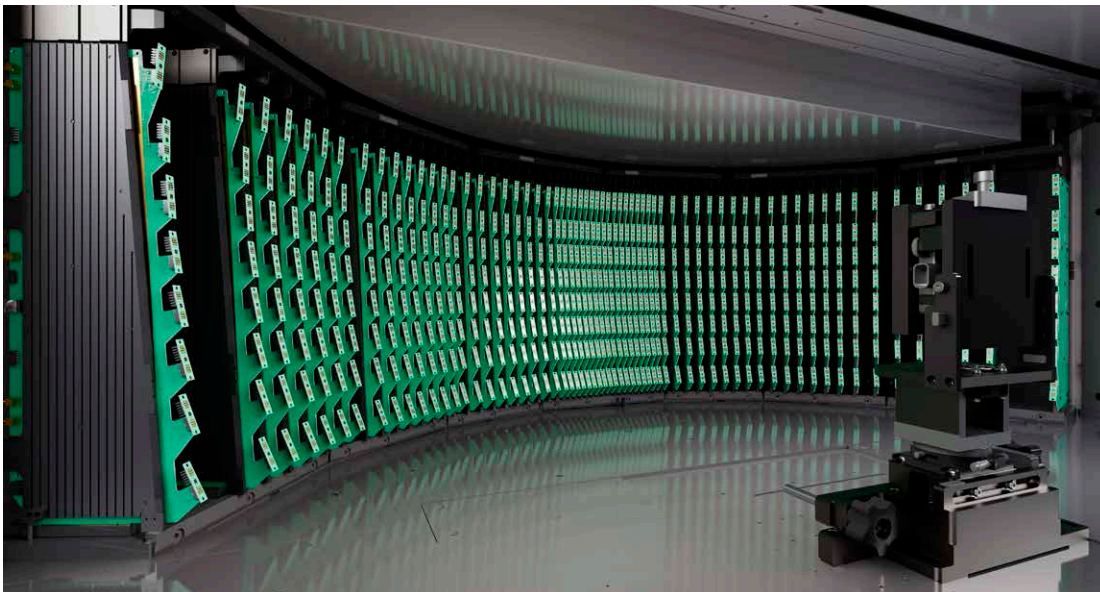


图 6. 将 64 块电路板组合成射频前端屏幕的动画

创建场景的更多对象

是德科技雷达场景仿真器采用了专利技术，不是通过目标仿真来实现对象检测，而是仿真整个交通场景（图 7）。

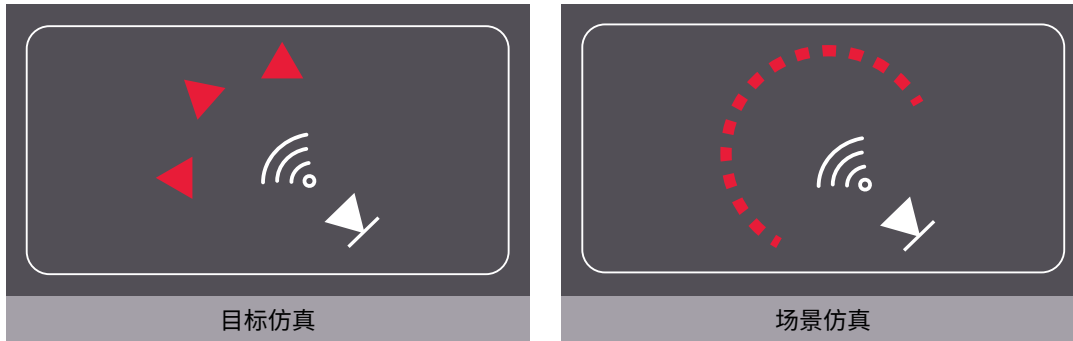


图 7. 目标仿真与场景仿真的对比

凭借开阔的视场和极小的对象距离，该解决方案可以仿真复杂的场景以及场景中的高分辨率对象。它通过密集封装的紧凑型射频前端来实现这一目标。

从设计原理上来说，这些小型化的“像素”无法由雷达传感器探测到，完全是由 3D 仿真软件激活，可以取代机械运动。阵列中的每个像素仿真一个对象的距离和回波强度（图 8）。

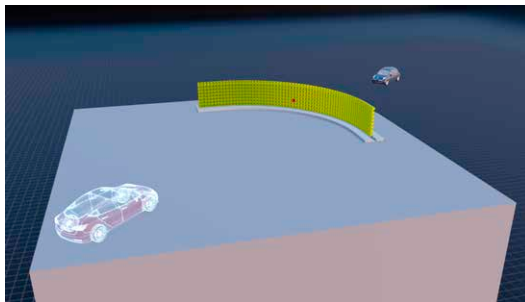


图 8. 墙上的每个像素表示一个对象的距离、速度和回波强度。

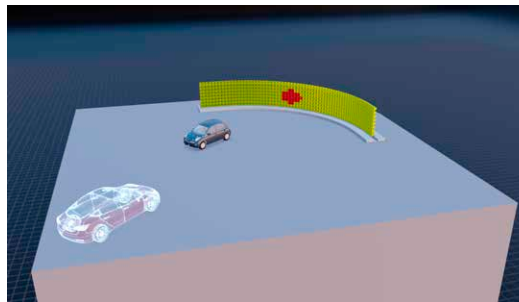


图 9. 多个像素可以代表一个对象，与被测器件的距离越近，分辨率越高，每个对象的点也越多。

多个像素可以根据对象的大小和与被测器件的距离来表示对象（图 9）。如果多个对象之间的距离较远，可通过缩短距离来完成仿真。

开阔的连续视场

是德科技雷达场景仿真器不仅可以帮助雷达传感器在更开阔的连续视场内发现更多目标，还支持仿真近距离目标和远距离目标。这样可以避免雷达视野遗留盲区，还能提升算法训练效果，从而高效探测和分辨密集、复杂场景中的多个对象。因此，AV 决策是基于整体情况而不仅仅是测试设备允许的情况做出。

是德科技的技术涵盖了传感器的整个视场，可以扩大测试覆盖面，运行更全面、更复杂的测试场景。使用最多 512 个像素的对象和 $\pm 70^\circ$ 方位角/ $\pm 15^\circ$ 仰角的连续视场运行雷达传感器的检测软件。512 个射频前端在空间保持静态，以便进行精确可重复的 AoA 验证。

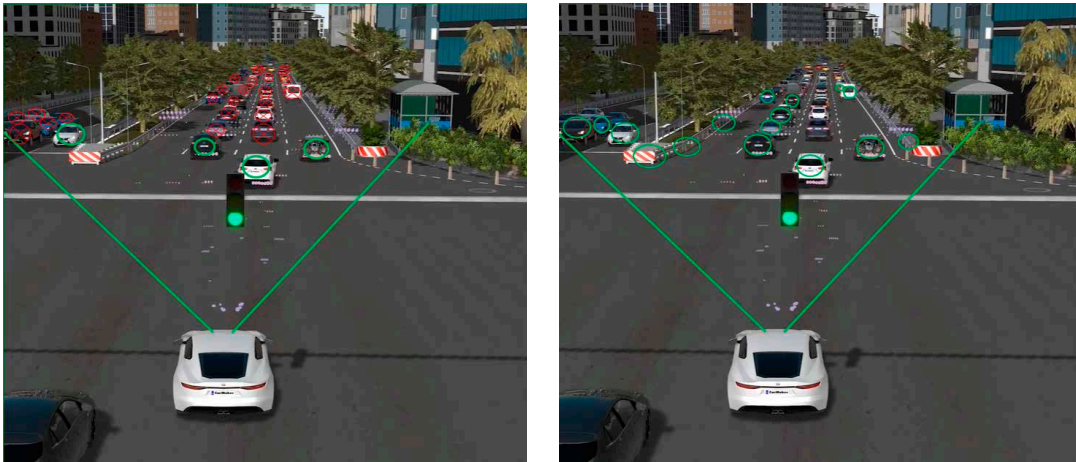


图 10. 右侧的场景显示了雷达场景仿真器车辆的完整视场

最小距离更近

逼真的交通场景需要仿真非常靠近雷达单元的对象。例如，在相距车辆不超过 2 m 的红绿灯处，自行车可能会进入车道，行人可能会突然横穿马路。通过这项测试对于验证 ADAS/AV 的安全功能至关重要。是德科技雷达场景仿真器的仿真范围为 1.5 m 至 300 m，速度为 0 至 400 kph。

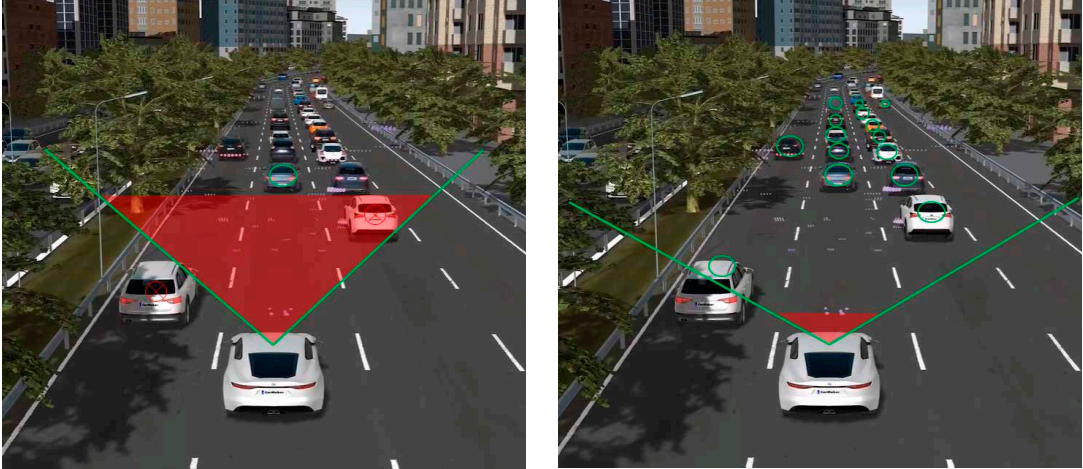


图 11. 在右侧场景中，与检测到的第一个对象之间的最小距离更近，因此更安全。缩小雷达传感器前方的盲区为 ADAS 功能验证测试开辟了无限可能。

为每个对象提供更高分辨率

对象分离代表着区分道路上不同障碍物的能力，这是让自动驾驶技术更平稳、更快进入第 4 级和第 5 级的另一个测试重点。例如，当汽车在公路上行驶时，雷达检测算法需要区分护栏和行人。



图 12. 每个对象多个点，为场景添加实用信息

是德科技通过点云概念解决了这个问题，为每个对象带来更高的分辨率。这种方式可以为场景提供更多细节，帮助汽车 OEM 信心十足地测试算法，区分两个非常接近的对象。传统的 RTS 会返回一个与距离无关的反射，而雷达场景仿真器会随着车辆的接近而增加反射的数量，也称为动态分辨率。这意味着对象的数量会随着其距离发生变化。

更快测试更多场景

雷达场景仿真器使得 OEM 能够通过基于动态分辨率的自适应渲染轻松检测 ADAS 软件中的差距或不当行为，并将附近对象所提供的真实场景视为多个单独的目标。OEM 因此能够在实验室构建复杂的真实场景，包括具有大型平面对象的场景。该解决方案涵盖大量场景，包括危险情况和极端情况，从而帮助原始设备制造商更早发现潜在问题，尽可能避免在发布之后发生故障。

测试复杂的真实环境

在测试雷达传感器时，如果目标数量不够多，就无法反映出完整的驾驶场景，重现真实环境中的复杂情况。雷达场景仿真器使得 OEM 能够在实验室内设定各种环境条件变量、交通密度、速度、距离和目标总数，真正仿真现实驾驶场景。无论是常见情况还是极端情况，都可以提前进行测试，最大限度降低风险。

加快学习速度

雷达场景仿真器为在实验室测试当今需要路测的复杂场景提供了一个确定的真实环境。借助其开创性的测试方法，OEM 能够使用可重复的高密度复杂场景提前进行测试，场景中可以包括静止目标或运动目标，还包含各种可变环境特征，从而显著提高 ADAS/AV 算法学习速度，避免人工测试或自动化测试导致的效率低下问题。

增强对 ADAS 功能的信心

汽车公司知道自动驾驶算法不仅测试起来非常复杂——还会涉及安全问题。是德科技的雷达场景仿真器非常适合坚持“安全第一”的自动驾驶技术人员使用。它能够以更快的速度测试汽车雷达传感器，具有高度复杂的多目标场景和全场景渲染能力，可在开阔的连续视场中仿真近处和远处目标。

雷达场景仿真器是是德科技自动驾驶仿真 (ADE) 平台的一部分，是德科技与 IPG Automotive 和 Nordsys 通过多年合作打造了该平台。ADE 平台能够在系统中仿真汽车上各种相关传感器的同步连接，例如全球卫星导航系统、车联网摄像头和雷达。有了 ADE 这个开放平台，汽车 OEM 及其合作伙伴就能够集中精力开发和测试 ADAS 系统与算法，包括传感器融合和决策算法。汽车 OEM 还能将该平台还与商用 3D 建模、硬件在环系统以及现有的测试和仿真环境相集成。

是德科技雷达场景仿真器和 ADE 平台为汽车 OEM 提供了一个理想的解决方案，可以帮助他们实现新的 ADAS 功能，最终实现全自动驾驶的愿景。



图 13. Keysight AD1012A 雷达场景仿真器

实现移动性愿景

是德科技认为，只有集成的真实环境仿真器才能弥合仿真与路测之间的差距，从而实现更高等级的自动驾驶。您需要根据整体情况做出 AV 和 ADAS 软件决策，而不能仅仅依赖于测试设备呈现的内容。是德科技的雷达场景仿真器解决方案可以帮助您降低风险，更快实现 ADAS 和新一代自动驾驶愿景。

如需了解更多信息，请访问 www.keysight.com/find/DiscoverRSE。

如欲了解更多信息，请访问: www.keysight.com

如需了解关于是德科技产品、应用和服务的更多信息，请与是德科技联系。

如需完整的联系方式，请访问: www.keysight.com/find/contactus

