

ANSYS®

Excellence in Engineering Simulation

ADVANTAGE

2018年 | 第1期

聚焦

自动驾驶汽车



ANSYS官方微信

15 安全驾驶
发现自动驾驶系统缺点

20 安全旅行
确保可靠的汽车电子产品

24 尽在雷达的掌控之中
研发可靠的雷达系统

了解更多精彩内容：

[http://www.ansys.com/zh-CN/
About-ANSYS/advantage-magazine](http://www.ansys.com/zh-CN/About-ANSYS/advantage-magazine)



欲了解ANSYS最新网络培训，最多线下活动，最全行业解决方案，可以加入：

官方微信：ANSYS
官方微博：ANSYS中国
咨询电话：400 819 8999
咨询邮件：info-china@ansys.com
官方网站：www.ansys.com.cn

ANSYS中国分公司

北京办公室地址：

北京市海淀区科学院南路2号融科资讯中心C座
北楼601-03室(100190)

上海办公室地址：

上海市黄浦区南京西路128号永新广场20楼
(200002)

成都办公室地址：

成都市人民南路二段1号仁恒置地广场3104单元
(610016)

深圳办公室地址：

深圳市福田区金田路4028号荣超经贸中心1009室
(518048)

全国统一售前咨询热线：400 819 8999

全国统一咨询邮箱：info-china@ansys.com

自动驾驶未来展望

自动驾驶正在重新定义全球汽车与航空航天等行业。但是设计此类需要达到一定安全性与可靠性水平的复杂产品将面临前所未有的工程挑战。



作者：**Sandeep Sovani**，
ANSYS全球汽车行业总监

同样，随着亚马逊、UPS与Domino's Pizza等企业积极投资无人机递送业务，无人机(UAV)将会推动运输业发生变革。[2]Interact Analysis最近的一项报告预计：为了满足上述需求，到2022年无人机递送业务将会增长6倍，使行业营收从2016年的13亿美元提高到2022年的150亿美元。[3]亚马逊设定了一项雄心勃勃的目标：在下单30分钟内使用无人机把包裹送达给客户。[4]

面对这些令人振奋的预测猜想，全球工程师的任务是在短短几年内亲身实践，致力于将美好愿景变为现实。自动驾驶汽车所面临的是运输行业中史无前例的设计挑战——而且相关安全性与可靠性的高标准也是前所未有的。

以天气状况挑战为例。当浓雾或大雪遮挡自动驾驶汽车的“视线”——即其摄像头、雷达和激光雷达系统不能正常使用时，它们如何感应公路车道、其它车辆和行人？在送货途中，无人机如何感应和应对城市中经常出现的风向突然转变？

在成功驶向真实的高速公路和翱

翔在真实的天空之前，自动驾驶工具必须经过全面而彻底的测试和认证，以确保安全运行。但是，在必须满足苛刻时间要求并且提供丰厚利润率的情况下，应该如何对此类复杂产品进行严格测试？

专家认为，安全自动驾驶技术的问世即将完全颠覆全球汽车行业，类似于当今的Uber和Lyft的自动驾驶出租车会取代无数私家车，不同之处在于它们能够实现纯电动和自动驾驶。

虽然业内普遍认为2020年将是自动驾驶汽车首次商用的目标时间点，不过RethinkX的技术专家最近预测：到2030年，也就是再晚10年，美国95%的客运里程将由相关公司通过自动驾驶电动车提供出行即服务(TaaS)覆盖。[1]

翔在真实的天空之前，自动驾驶工具必须经过全面而彻底的测试和认证，以确保安全运行。但是，在必须满足苛刻时间要求并且提供丰厚利润率的情况下，应该如何对此类复杂产品进行严格测试？

答案即是工程仿真。面对这类生命攸关的产品，为了抓住市场机遇，唯有仿真技术才能够将高速度、低成本与产品高置信度完美结合。ANSYS的多物理场软件使企业能够用仿真技术替代成年累月的物理测试，而且仿真能够在毫无风险的虚拟环境中，在成千上万种操作情景下反复试验自动驾驶车辆各方面的性能。

举例来说，仿真让产品研发人员查看哪些传感器能够在各种现实天气状况下“看清”物体，在各种可能天气状况下进行物理测试，而无需等待数月或数年之久。

通过无风险的虚拟环境中研发和测试软件、电子设备和传感器等关键组件，ANSYS客户能够跻身全球自动驾驶汽车领域的领导者行列。本期

《ANSYS Advantage》杂志重点介绍了能够实现自动驾驶汽车梦想的先进仿真应用。

虽然还要再等几年时间，道路和天空中才能出现自动驾驶汽车和飞机的身影，但是有一些企业正在利用关键的产品研发工作塑造美好未来。无论您身处哪个行业，无论您关注哪些产品，我们衷心希望这些正在进行的潜力无限的仿真技术会激发您的灵感，帮助您解决汽车自动驾驶相关的最棘手挑战。⚠

参考资料：

- [1] USA Today. [usatoday.com/story/tech/news/2017/05/04/self-driving-electric-vehicles-make-car-ownership-vanish/101204980](https://www.usatoday.com/story/tech/news/2017/05/04/self-driving-electric-vehicles-make-car-ownership-vanish/101204980) (02/18/2018)
- [2] Bloomberg. [bloomberg.com/news/articles/2017-06-21/the-future-of-drone-delivery-hinges-on-predicting-the-weather-block-by-block](https://www.bloomberg.com/news/articles/2017-06-21/the-future-of-drone-delivery-hinges-on-predicting-the-weather-block-by-block) (01/11/2018)
- [3] Interact Analysis. [interactanalysis.com/drones-market-2022-predictions](https://www.interactanalysis.com/drones-market-2022-predictions) (01/11/2018)
- [4] Opinion Outpost. [opinionoutpost.com/en/blog/whats-going-on-with-amazons-delivery-drones](https://www.opinionoutpost.com/en/blog/whats-going-on-with-amazons-delivery-drones) (01/11/2018)

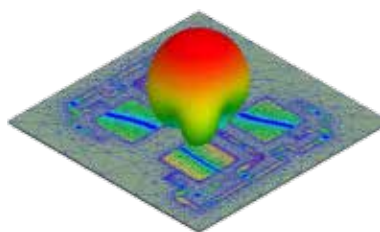
目录

聚焦自动驾驶汽车

4

无处不在的工程仿真 重新定义仿真

今天，工程师必须每天在每款产品上以及整个产品生命周期中使用仿真，以研究和改进产品性能的各个方面。



10

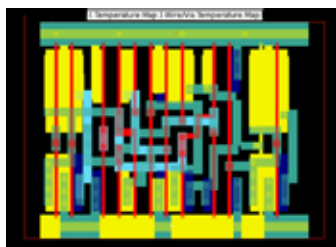
最佳实践 奔向自动驾驶

工程仿真对于实现完全自动驾驶汽车至关重要。

15

软件与算法研发 安全驾驶

我们无法通过对计算机编程来处理每种可能的驾驶情景，因此，当今的自动驾驶系统配备了像人类一样学习和思考的智能程序。



20

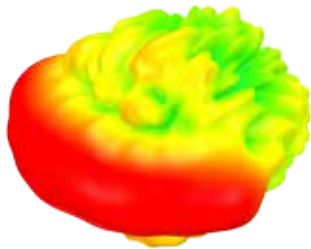
半导体仿真 安全旅行

由于车辆乘员的安全越来越依赖这些电子产品，因此工程仿真对于避免这些故障非常重要。

24

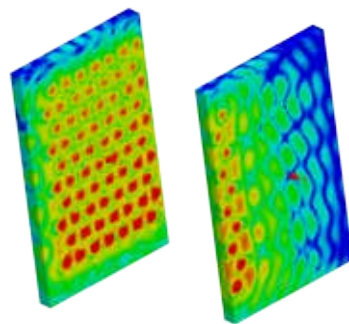
传感器仿真 尽在雷达的掌控之中

Autoliv采用ANSYS电磁场仿真软件评估雷达集成情景，以研发可靠的系统并避免昂贵的设计修改费用。



关于封面

在接下来的几年中，业界将展开实现完全自动驾驶的激烈竞争，这意味着要克服一系列的高级工程挑战。本期《ANSYS Advantage》展示了仿真技术对于实现完全自动驾驶的重要性。



28

传感器仿真 实现公路与铁路上的自动驾驶

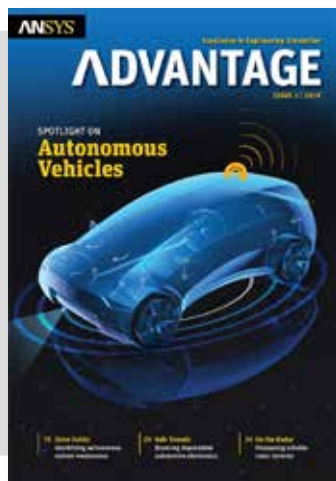
Autodrive研发一种能够利用道路和轨道上的塑料代码标记来准确定位车辆的技术，从而提高安全性和增强交通运输能力。



32

传感器仿真 自动驾驶汽车雷达：仿真技术助力改善雷达性能

为确保汽车雷达系统能够可靠运行并且向控制系统提供准确的输入，工程师需要采用高级工程仿真。



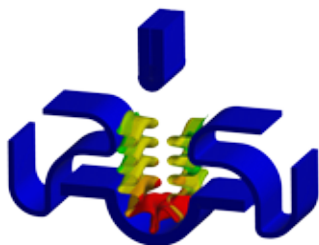
Simulation@Work

38

制造业

仿真与增材制造加速模具设计

Senior Flexionics的工程师采用ANSYS解决方案来验证模具，从而为新的小型液体/空气热交换器制造翅片管道。



42

汽车

探秘汽车噪声

Corning公司的工程师在ANSYS Workbench中结合采用空气动力学与振动—声学分析，以确定如何装配玻璃来控制内部噪声。

46

石油与天然气

搭建陆上钻井场地的坚实基础

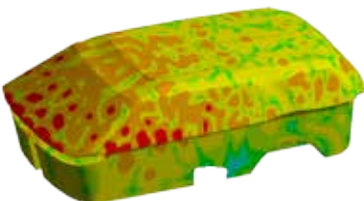
工程师将研发新型箱板的时间缩短90%，进而将石油工人和设备提高到积水区域之上。

49

石油与天然气

模块化井口设计

WEFIC工程师采用ANSYS仿真对关键井口组件的设计备选方案进行评估，从而将研发时间缩短80%。



52

建筑

开启屋顶供热机组热潮

AAON工程师利用仿真技术来设计新型屋顶供热机组，不仅实现能效目标，同时节约了60-80个小时的测试工作。

部门

56

新闻

仿真新闻

与仿真有关的新闻集锦。

加入仿真对话
[ansys.com/Social@ANSYS](https://www.ansys.com/Social@ANSYS)



ANSYS

Realize Your Product Promise™

聚焦 自动驾驶汽车



官方微信：ANSYS-China

了解更多：

[ansys.com/campaigns/autonomous-engineering](https://www.ansys.com/campaigns/autonomous-engineering)



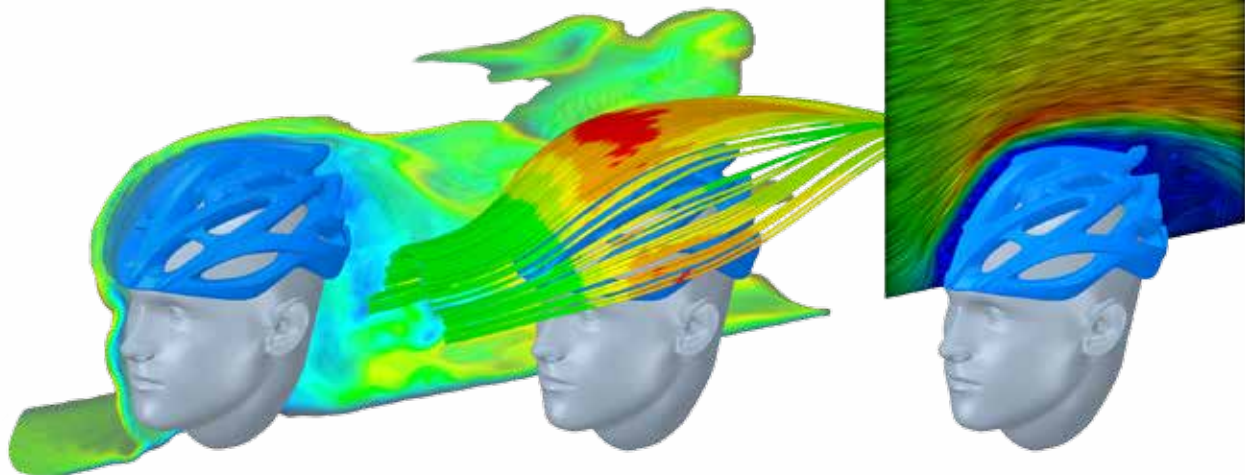
重新定义 仿真

作者：Mark Hindsbo，
ANSYS副总裁兼
总经理

为了使未来产品成为现实，工程仿真必须进行变革。它必须演变发展成一种适合所有工程师、所有产品、并贯穿整个生命周期的工具。如果没有这种演变发展，我们就无法充分利用工业4.0带来的机遇。落后者会被这场创新竞赛所淘汰。



近半个世纪以来，ANSYS致力于通过工程仿真帮助客户推动创新，同时降低成本并缩短产品的研发时间。从汽车、飞机、火车到消费类电子产品、工业机械乃至医疗解决方案，ANSYS软件已经帮助相关行业创造出能够推动变革的产品。



“工程仿真变得无处不在，能够对产品
创新与性能带来积极影响，驱动营收
增长并为终端用户提供优势。”

虽然客户的成就让我们感到惊叹不已，但是我们
认为这只是仿真技术所能创造出的巨大价值的冰山一角。
目前，仿正在步入一个新时代，其主要包括以下三种根本
性变化：

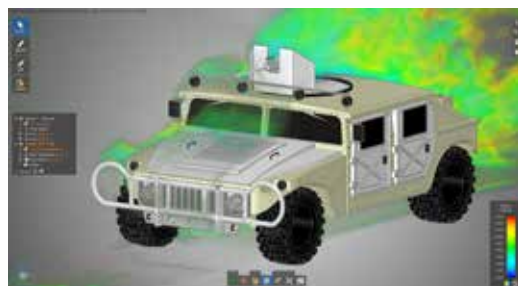
- 仿真曾经是一种稀缺资源，仅应用于最复杂的工业产品
设计，但现在正逐渐成为每种产品设计不可或缺的组成
部分。
- 过去，产品仿真仅检测单一属性：单个物理场、单个组
件以及单个设计。而现在我们可以利用多个物理场和数
字领域的相互作用探索众多系统级设计。
- 或许最令人振奋的是，仿真不只是被用于设计验证，而
是用于从早期概念、制造到运营和维护的整个过程。

简而言之，工程仿真变得无处不在，能够对产品创新与
性能带来积极影响，驱动营收增长并为终端用户提供优势。

由于这些趋势正在重塑ANSYS研发工程仿真软件的方式，
以及全球各个行业的客户利用ANSYS解决方案的方式，
因此我们有必要对这些变革进行深入探讨。

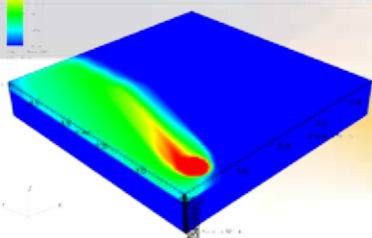
简单产品已成明日黄花

当1970年工程仿真技术问世，它代表了一种新奇的功能，
但需要技术熟练的工程专家进行设置，而且需要最大型
组织机构才能提供的计算资源。因此，它几乎仅用于最复
杂、最昂贵的工程产品，如：工业机械、汽车和飞机。



面向数字世界的无处不在的仿真
[ansys.com/pervasive-world](https://www.ansys.com/pervasive-world)

“每个行业、每种产品都在发生数字革命。”



然而，在2018年，没有一款所谓简单的产品。如今，每种设计不断突破极限，以充分利用复合材料、增材制造以及工业4.0所实现的高水平连接性与自动化功能的优势。结果是迎来了新一代智能化、耐用型的可持续性产品。

您可能认为工程大趋势只是通过提高电气化和自主性打破汽车等产品的常规。但是，每个行业、每种产品都在发生数字革命。仿真对于这个全新的世界至关重要，因为只有通过数字方式仿真这些工程趋势带来的所有产品选项，我们才

能像行业领导者那样获得创新所需的洞察力。

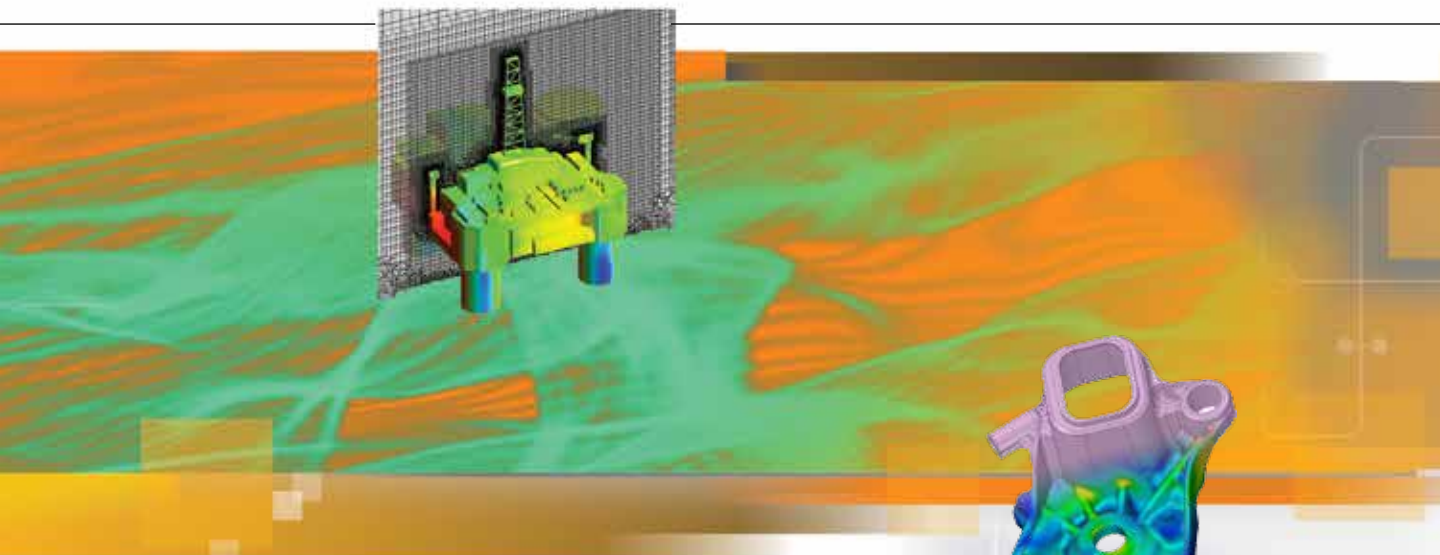
目前，我们看到Skittles®糖果的制造商Mars利用与涡轮机制造商相同的ANSYS先进仿真软件来优化制造工艺。另外，初创公司Nebia利用控制火箭喷焰的相同方程式，节省了喷头中70%的用水量。任何产品都不会因为太小、太简单或者太便宜而无法享受仿真带来的优势。



复杂世界的复杂分析

当我们努力追求更智能、更高效的产品设计时，我们不能再仅仅关注性能的单个方面或者孤立地查看一个单独部件。过去，工程仿真团队很可能孤立地关注单个关键物理场 - 例如，F1赛车制造商可能会关注对速度和性能有重大影响的车辆空气动力学。

如今，得益于仿真软件、硬件和处理速度方面的进步，工程师可以轻松研究多个物理场并评估整体产品性能。这一点至关重要，以F1为例，整体速度和性能并非仅仅取决于空气动力学。燃烧效率、轮胎耐磨性能、电子产品的可靠性等因素都会影响整体性能。一个领域的优化可能会导



致对另一个领域做出权衡取舍，因此对所有影响因素进行综合仿真的重要性日益突出。目前，在ANSYS全球最重要的100家客户中，有96家使用了至少3种物理场解决方案，并应用于整个ANSYS平台。

计算能力与仿真软件的进步还支持对众多设计选项进行评估，从而颠覆整个设计过程。工程师并非通过仿真验证某个具体设计，而是利用仿真在早期概念设计过程中分析成千上万种可能的设计方案，以确定最佳方案。这一点在拓扑优化中最

**“不久以后，普遍深入地利用工程仿真
将不再只是少数人的竞争优势，而会成为
所有人的必备工具。”**

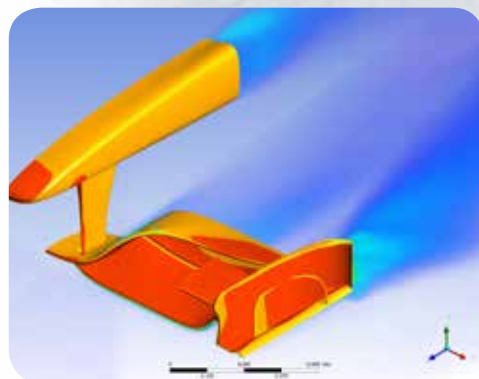
为明显，例如：工程师只需设置某个部件的结构标准，仿真软件即可自动迭代，直到找出最佳设计方案。

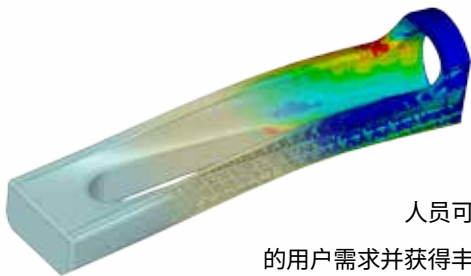
仿真工作越来越多地从需求阶段开始，并帮助生成设计方案，而不是在确定了大部分设计选择后再加以应用。为了应对现代产品设计固有的复杂性，并利用快速创新带来的机遇进而在当今社会取得成功，这是一条唯一的途径。

在整个产品生命周期中产生回报

如今，最重要的变革可能是在产品生命周期的各个阶段更普遍地持续利用仿真技术。仿真曾经作为初始设计与物理测试之间的一项专业工作，现在则被公认为具有巨大的战略价值和财务回报，从早期设计阶段直到产品的现场使用寿命，仿真都能够提供重要优势。

直到今天，大多数产品决策还是靠经验法则来定，而且仿真主要是由工程团队的专家使用。其他人仍然依靠最常用的工程工

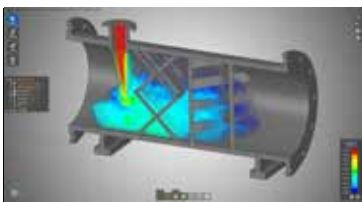




具，即Microsoft® Excel。随着仿真技术发展为与Excel一样的简便快速，这开启了一个全新的创新时代，每位工程师都能够在设计过程中随时从详细的仿真洞察力中大获裨益。当产品处于早期概念阶段时，设计人员可以利用数字探索来测试初始概念并获得洞察力，从而实现能够满足严苛的用户需求并获得丰厚利润的初步产品设计方案。

如今，Excel可帮助我们实时更新与计算数百万行数据并绘制相应图表，而且谷歌搜索引擎能够让我们即时访问数十亿个网站，令人难以理解的是，每位工程师却不能平等地使用仿真技术。ANSYS通过Discovery Live及其它产品取得突破性进展，致力于让这种梦想成为现实。再过几年，如果工程师没有全面使用仿真技术，难以想象我们如何实现创新。

此外，仿真也在越来越多地应用到制造阶段，在此阶段它能够显著提高生产的效率、成本效率和灵活性。随着产品大规模定制的兴起——得益于增材制造（即3D打印技术），仿真有助于

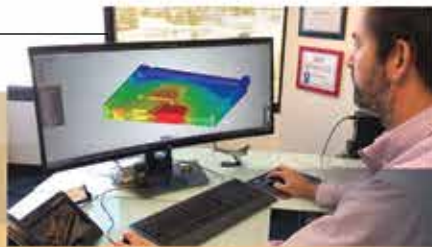


确保成品拥有最佳形状，同时确保精确度、低成本以及随着时间推移而具有高度一致性。

增材制造使我们有可能生产出几乎任何想象得到的形状，但什么才是最佳形状呢？人类大脑能否想像出最佳形状呢？另外，对于大规模定制，我们如何确保每次变化都能够保持产品的完整性与性能？仿真是大规模发挥3D打印潜能的关键所在，它使企业能够轻松进行按需分析和回答上述问题，从而满怀信心地交付独特、可靠的高品质产品。

随着产品从设计、制造进入运营阶段，仿真能够继续发挥关键作用，从而有助于在现场提供最佳的结果。通过使用远程传感器收集关





“仿真不只是被用于 设计验证，而是用于从早期概念、 制造到运营和维护的整个过程。”

于产品工况的数据，分析人员可以创建产品的虚拟复制品——数字孪生体，然后对数字模型施加相同的物理力和其他环境条件。在不存在或者无法实现物理传感器的情况下，仿真技术作为数字孪生体的组成部分，能以虚拟传感器的形式提供关键洞察力。此外，仿真还可以执行假设研究，以获得最佳性能；而且能够预测严重故障或维护需求。

目前，数字孪生体还处于萌芽阶段，但随着工业4.0日趋成熟，它们会变得愈发普及，能够在云端或者在本地上按需运行。仿真将日益成为一种产品内部的体验，其中数字孪生体是产品设计和运行的内在组成部分，它与人工智能和机器学习算法一起运行。

无处不在的仿真：新的必备工具

尽管不是所有企业都对每种产品使用仿真、研究多种物理场的效应或者在整个产品生命周期使用仿真，但是这三个趋势却吹响了未来的号角。行业领导者已经在使用这些最佳实践。不久以后，普遍深入地利用工程仿真将不再只是少数人的竞争优势，而会成为所有人的必备工具。

仿真软件的持续改进使广泛的用户能够在整个企业范围内更轻松地应用这些最佳实践。如果您目前仅在产品研发功能方面或者仅仅针对特定设计方案使用仿真技术，那么您就无法充分发挥ANSYS软件的全部潜力，进而也无法为贵公司提供战略优势和经济效益。

当工程仿真软件在大约50年前问世时，相比那些在认识和发挥仿真潜力方面慢一拍的企业，早期使用者很快就从中脱颖而出。未来它将成为每位工程师工具箱中的必备品。⚠



奔向 自动驾驶



作者：**Scott Stanton**，
ANSYS工程解决方案
总监

多年以来，汽车和飞机已经具备了一些我们信赖的一定程度的辅助或部分自动功能，例如，自动驾驶仪或者盲点探测等高级辅助驾驶系统(ADAS)。如今，产品上市时间至关重要，实现完全自动驾驶的竞赛也已经上演。这意味着工程复杂性和适用的安全标准都会发生巨变。为证明安全性而需要进行数十亿英里的道路测试，这种方式在时间和成本方面代价过高，因此公司已将仿真作为成功实现自动驾驶汽车计划的唯一途径。

自

自动驾驶工具正在快速增长，而且不仅局限于汽车市场。亚马逊公司正在对无人机投递技术投入巨资，而军方机构多年来已经将无人机技术应用于作战中。制造商在他们的生产设施中使用移动自主机器人；运输公司正在研发能够全天24小时运行的牵引式挂车，进而快速、低成本地将货物运送到数千英里之外。对于消费者而言，自动驾驶汽车无疑会在不久的将来出现在我们的生活中。然而，作为工程专业人士，我们则需要面临严峻的技术挑战。



自动驾驶汽车的关键技术

我们有充分的理由对这种趋势感到无比振奋。自动驾驶汽车和无人机递送几乎能消除人为失误——在2016年发生的创下纪录的高达37,461起公路交通事故中，94%是由人为失误所导致。[1][2]随着自动驾驶的程度提高，人为失误的几率会显著降低。完全自动驾驶汽车由人工智能和神经网络算法提供支持，可实现360度全视野，支持持续监测周围环境，而且这些算法绝不会停下来给朋友发短信。

如果我们能够用无差错的自动控制功能取代可能存在缺陷的人类行为，同时整合运输投资，那么只有在汽车、无人机和其他机器实现完全自主功能时，这件事则变得非常有意义。然而，在工程确定性范围内实现自主功能之前，仍然有很多必须解决的技术挑战。

据估计，为证明自动驾驶汽车的安全性，需要在超过80亿英里的实地道路上测试。[3]在这场实现完全自动驾驶的竞赛中，这个数字简直不切实际。以目前的进度看，道路测试需要几个世纪才能完成。

工程仿真为这个难题提供了答案，因为它能够在无风险、低成本而且高效率的虚拟环境中对自动驾驶汽车进行测试和验证。Waymo（前谷歌自动驾驶汽车项目）最近发布的一篇安全报告中介绍了工程师如何仿真25,000辆虚拟自动驾驶汽车的性能，他们每天可进行超过800万英里的道路测试。[4]

 通过工程仿真推动自动驾驶汽车、
无人机和机器人的快速研发
[ansys.com/autonomy](https://www.ansys.com/autonomy)

“工程仿真为这个难题提供了答案，因为它能够在无风险、低成本而且高效率的虚拟环境中对自动驾驶汽车进行，测试和验证。”

通过闭环仿真证明安全性

最高水平的仿真必须具备能够捕捉车辆在所处环境中的能力。这种仿真可以被称作车辆的闭环仿真，因为它能够在人工智能的指导下让车辆“看见”、“思考”、并且“操作”。仿真中包括虚拟的城市和道路、车辆的“视觉”和“听觉”传感器、制定关键决策的控制软件和算法，以及基于软件和算法指令的车辆动力学。这种仿真代表一种持续的闭环过程，随着时间的推移，车辆在行程中能够感应、执行、并且操作演习。

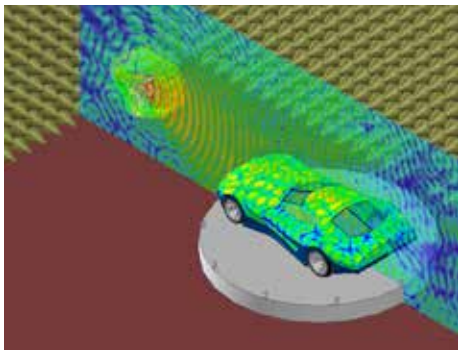
当然，这些闭环仿真必须能够准确表示车辆及其周围环境的所有相关组成部分，这样它们才能被看作是可靠的。为支持准确的虚拟道路测试方式，需要五个关键的工程功能：

- 传感器设计：基于车辆运行时所处的现实条件
- 半导体优化：可平衡高性能与风险，例如电子密度和热积聚
- 可靠的电子设备：用于承受实际工作环境
- 安全关键型嵌入式软件研发：可集成机器学习和人工智能组件
- 功能安全性分析：将组件级或系统级故障的相关风险降到最低

下文将逐一探讨这几个关键的工程应用。

用于感知现实世界的可靠传感器

传感器负责实现自动驾驶汽车的“视觉”和“听觉”，因此它们是最关键的组件。此外，它们还是最复杂的组件，负责实时收集和处理大量环境数据，并将数据传输给感知算法。自动驾驶汽车的常用传感器类型包括：雷达、激光雷达、摄像头和超声波。



传感器性能的测试与验证工作存在严峻的工程挑战。例如，雷达传感器通常安装在汽车前仪表盘的后方。虽然经过完全控制的物理测试环境（例如消声室）有助于工程师设计这类系统，但现实情况是，在实际应用下，汽车前仪表盘的材料属性和几何结构会使辐射

图出现偏差。为了在道路上实现可预测的可靠运行，雷达系统必须能够在数十款不同车型的前仪表盘后方运行，而每款仪表盘都有其独特的几何结构和材料属性。鉴于每次设计迭代所花费的时间和成本，物理构建与测试法根本不切实际。



ANSYS提供一系列完整的雷达和天线仿真解决方案，支持利用高保真度来复制实际性能。通过利用ANSYS软件，电气工程师可以准确预测传感器的性能——无论是对传感器系统进行单独研究，还是安装在车辆上研究，置于静态环境中

研究，亦或是通过快速移动的闭环仿真研究均是如此。

此外，ANSYS还提供面向其他传感器技术的解决方案，例如主要用于停车辅助系统的超声波传感器。

优化半导体性能

ANSYS还能对构成雷达系统和支持信号处理的半导体组件进行仿真。利用ANSYS半导体产品套件，工程师可在综合的芯片-封装-系统设计环境中对这些半导体以及周围电路进行分析。

半导体可支持自动驾驶汽车的很多功能，然而，所需的众多电子设备也成为显著性能问题的来源。

功率损耗、静电放电、电磁干扰以及热与结构应力都会对产品可靠性和完整性产生不利影响。例如，温度升高25°C通常会导致电子设备的预期使用寿命缩短3至5倍。

ANSYS提供一系列专业的解决方案，包括能够优化集成电路设计的ANSYS RedHawk 3DIC和PowerArtist。这些解决方案可帮助工程师管理电子密度，并在产品尺寸、热积聚和整体产品性能方面进行明智权衡。产品研发团队在推出汽车产品时能够确信半导体设备在现实工作环境中按照预期工作。

电子产品可靠性：制造耐用的硬件

高级电子硬件是自动驾驶汽车最关键的组件之一，其可支持通信、图像与数据采集、系统控制、人工智能和移动性等多种重要功能。硬件必须具有足够的鲁棒性，才能承受电气、热、振动和机械应力。

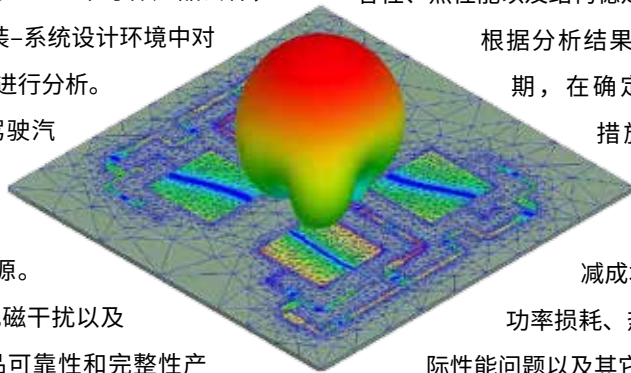
工程师并非对硬件原型进行物理测试，而是利用Icepak、SIwave和Mechanical等多种ANSYS工具，在虚拟设计空间内分析封装、电路板、外壳和系统。ANSYS仿真技术可显示一些基本的性能因素，例如电源完整性、能量损耗、静电放电、电磁干扰与兼容性、热性能以及结构稳定性。

根据分析结果，工程师可在研发过程早期，在确定最终成本之前采取校正措施，例如，添加风扇或热沉。ANSYS仿真技术不仅能加速硬件设计周期和削减成本，还能帮助工程师避免与功率损耗、热过载和结构变形有关的实际性能问题以及其它潜在缺陷。

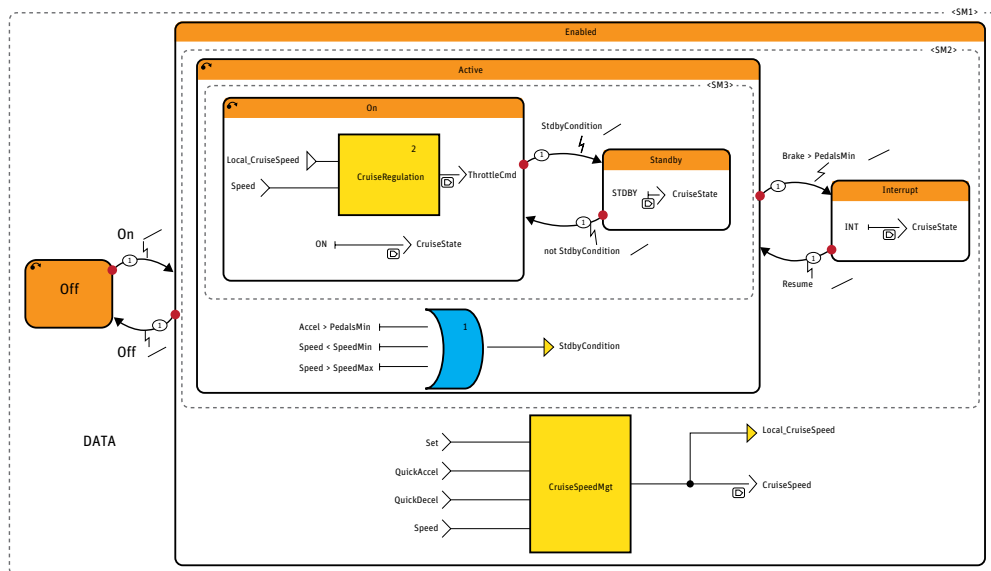
安全关键型嵌入式软件研发

尽管计算机软件是无形的，但是计算机软件及相关算法却是每辆自动驾驶汽车实现安全可靠性能的基础。为了让车辆能够收集数据并做出智能决策，每种基于数值的功能——从信号处理例行程序到物体识别功能——都必须无差错地执行。这意味着底层软件代码也必须是完美无瑕。

为了帮助消除人为失误，ANSYS提供一系列经过验证的SCADE解决方案，用于软件的研发与验证工作。通过采用数值方式模拟和控制所有代码生成活动，SCADE解决方案能帮助软件工程师满足行业安全标准并且提供高水平的性能。为支持自动驾驶产品的研发，SCADE解决方案能够与第三方神经网络和机器学习软件方便地进行集成。



“随着公司竞相解决其余的**工程挑战**，并且推出极具**创新**同时具有实用性的自动驾驶汽车，**仿真**已成为一种不可或缺的竞争工具。”



与手动代码生成法相比，除了提高软件代码的可靠性之外，ANSYS SCADE还能显著减少研发时间和成本。根据有些客户反馈，通过使用ANSYS SCADE，软件研发时间比不采用自动代码生成与验证的传统过程缩短了三倍。

功能安全性：自动化方法

无论前期的工程过程有多么严格，任何电子系统都有可能在现场出故障。遗憾的是，这个道理同样适用于自动驾驶汽车，而且其系统级故障会导致灾难性的后果。工程师需要实现高度的功能安全性，以确保在一个组件失效时整体系统能够适当地作出反应。

自动驾驶汽车由众多机械部件、电子设备、硬件和软件组成，因此功能安全性分析过程极为复杂。手动验证过程不仅繁琐、成本高，而且存在固有的人为失误。

为了解决该问题，ANSYS可提供medini分析解决方案系列，其可自动执行功能安全性分析并将这个关键活动无缝集成到整个产品研发过程之中。工程师不用假设车辆在出现功能故障时如何操作，而是利用基于事实的方法来评估潜在的故障模式。然后，他们可以设计一个系统级应答，用于降低故障模式的影响并保护人员安全。

赢得竞争

如今，问题并非是“我们是否能在不久的将来看

到完全自动驾驶汽车改变多个行业？”，而是“谁会是第一个吃螃蟹的人？”

随着公司竞相解决其余的工程挑战并且推出极具创新同时具有实用性的自动驾驶汽车，仿真已成为一种不可或缺的竞争工具。ANSYS正在打造业界唯一一款用于自动驾驶工具性能仿真的综合解决方案，其支持进行数十亿英里的驾驶、飞行或操作演习仿真。

无论您是研发整车还是组件，仿真都有助于应对您的工程挑战。ANSYS提供统一的可配置平台，能够针对安全要求验证车辆性能。其开放性支持将自动驾驶汽车设计集成到完整的生态系统之中，包括但不限于高保真度物理研究、多种传感器模型、车辆动力学、现实情境、嵌入式软件代码研发、连接优化、数据分析与功能安全性分析。ANSYS仿真软件可根据给定研发环境、硬件在环要求和车辆的独特架构进行配置。

无论您在车辆自动功能方面面临什么样的挑战，我们希望本期《ANSYS Advantage》杂志能够为您带来启发，我们介绍了一些客户已完成的具有开创性的仿真工作，这些客户遍布全球，目前都专注于赢得这场令人激动的角逐赛。🚗

参考资料：

- [1] USA Today. usatoday.com/story/money/cars/2017/10/06/nhtsa-2016-deadly-crashes/739842001/ (02/18/2018)
- [2] NPR. npr.org/2016/10/20/498406570/tech-human-errors-drive-growing-death-toll-in-auto-crashes (02/18/2018)
- [3] RAND Corporation. rand.org/content/dam/rand/pubs/research_reports/RR1400/RR1478/RAND_RR1478.pdf (02/18/2018)
- [4] Waymo. waymo.com/safetyreport/ (02/18/2018)



安全 自动驾驶

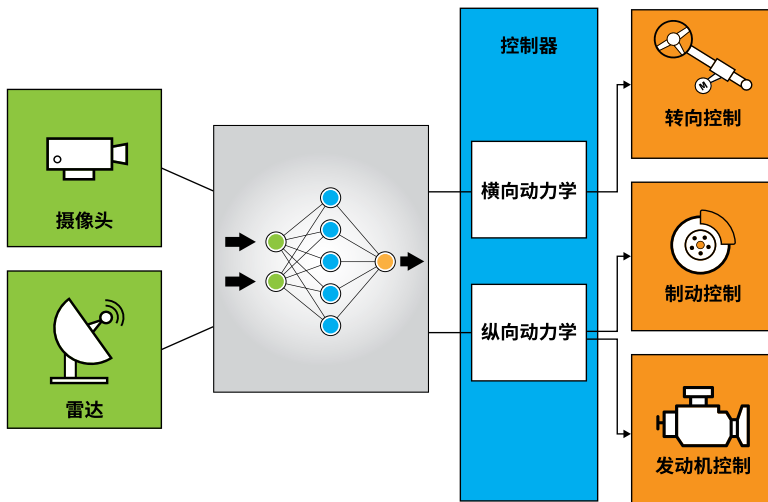
我们无法通过对计算机编程来处理每种可能的驾驶情景，因此，当今的自动驾驶系统配备了像人类一样学习和思考的智能程序，以针对几乎每种情况做出正确决策。但是，如何验证这些程序的安全性呢？答案是精心设计一款具有最大化安全性的嵌入式软件架构，以及一个可以通过数十亿种复杂驾驶情况来测试自动驾驶软件、以快速发现其缺点的仿真平台。

作者：**Michael Wagner**，美国匹兹堡市
Edge Case Research首席执行官；
Bernard Dion，ANSYS系统部门首席技术官

当验证和确认自动驾驶系统在复杂环境中的运行能力时，工程师将面临巨大挑战。

交付一个既能够掌握每种想象得到的驾驶情况、又能够做出判断以确保车内乘员和行人安全的自动驾驶系统，是一项复杂而且艰巨的任务。例如，试想一下，为了研发相关规则以识别任何一个可能在城市街道上出现的行人、车辆或其他物体，工程师需要面临的挑战有多大。传统的需求-驱动编程法已经无法处理当今道路和公路上可能出现的大量潜在状况。

省去人工操作的自动驾驶系统依赖于深度学习算法，这些算法经过训练能够像人类一样具备识别能力，无需面对（例如去杂货店的路）可能出现的每种情况即可自动识别该情景模式。这些系统缺少用于验证传统安全关键型软件的详细



传统软件已经无法满足该需求，因此机器学习和深度学习成为了最新自动驾驶软件的核心组成部分。

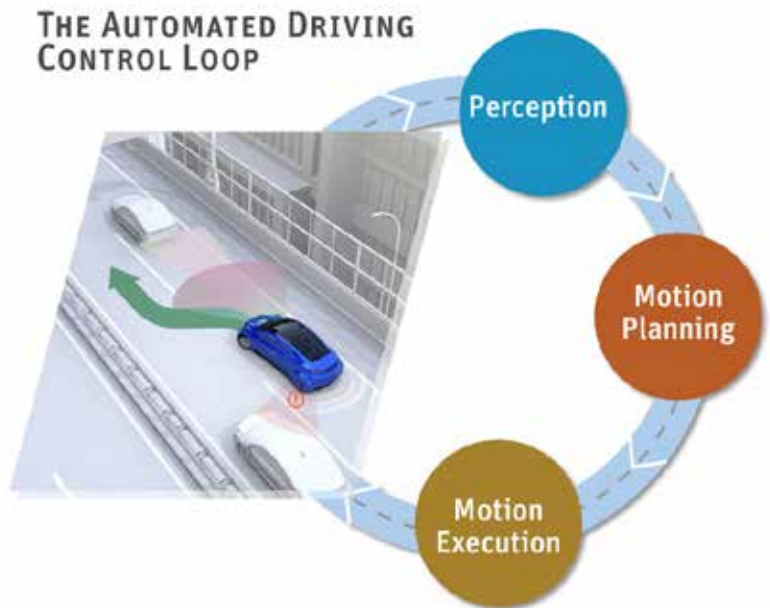
预定义需求和架构。道路测试这种验证方法不切实际，因为它需要行驶数十亿英里来证明安全性和可靠性。ANSYS ADAS/自动驾驶汽车开放式仿真平台集成了物理、电子、嵌入式系统和软件仿真，能够精确仿真整个自动驾驶系统。通过将ANSYS仿真平台、ANSYS SCADE模型化研发工具与Edge Case Research (ECR)的Switchboard™自动化鲁棒性测试技术链接在一起，并结合ANSYS medini功能安全性分析，工程师就能够在自动驾驶系统（包括使用深度学习的系统）中实现端到端的安全性。

从ADAS到自动驾驶

高级辅助驾驶系统(ADAS)被越来越多地用于当今的汽车中，以提醒驾驶员注意潜在问题，有时甚至能够控制车辆以避免碰撞。这些安全系统通常采用ISO

26262中定义的系统与嵌入式软件生命周期模型进行验证。利用V-模型，研发人员能够精心定义系统的详细需求和架构，然后有条不紊地验证系统能否满足每一项需求。ANSYS SCADE Suite完整端到端模型化系统工程(MBSE)解决方案可帮助行业领先的汽车制造商研发安全系统。

完全自动驾驶系统的研发过程更加复杂，而且它必须基于机器学习/深度学习和控制逻辑的组合，以实现全自动汽车控制回路。控制回路由感知（汽车观察到什么情况）、动作计划（汽车计划采取什么行动）和动作执行（汽车如何完成计划）构成。该控制回路以循环方式执行，因此汽车可以根据环境的不断变化做出响应。但是，对于以机器学习为基础的自动驾驶系统而言，只有在研发人员证明它们能够实现高度安全性之后，才能向公众发布。道路测试无疑是汽车研发过程中的重要环节，但却无法解决安全性验证问题。问题在于，道路测试主要包含一些常规事件，这对于人类或自动驾驶系统来说并不难。需要通过数十亿英里的道路测试来验证安全性，而且尽



“省去人工操作的自动驾驶系统依赖于深度学习算法，这些算法经过训练能够具备识别能力，无需面对可能出现的每种情况即可自动识别该情景模式。”

管这样，发生一次故障或更改一次代码就可能需要从零开始。

解决安全性验证挑战

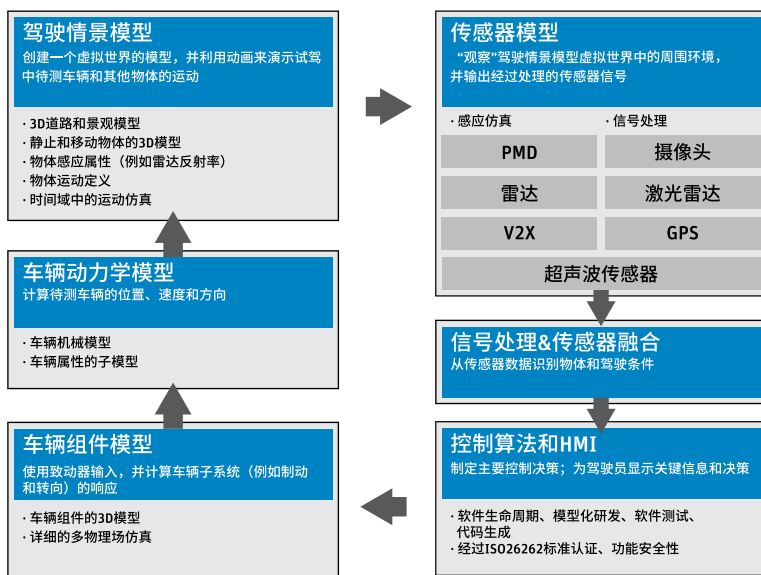
ANSYS ADAS/自动驾驶汽车开放仿真平台通过将以下功能集成到一起，可以测试更多情景，并且所需的时间和成本仅为道路测试的几分之一：

- 驾驶情景仿真，包括利用精确传感器仿真（雷达、激光雷达、摄像头、GPS等）以及车辆动力学对自动驾驶汽车运行所在的虚拟世界和虚拟车辆本身进行建模。
- 经过ISO 26262标准认证的模型化研发工具，用于研发控制软件和人机接口(HMI)软件。
- 针对半导体和电子系统的信

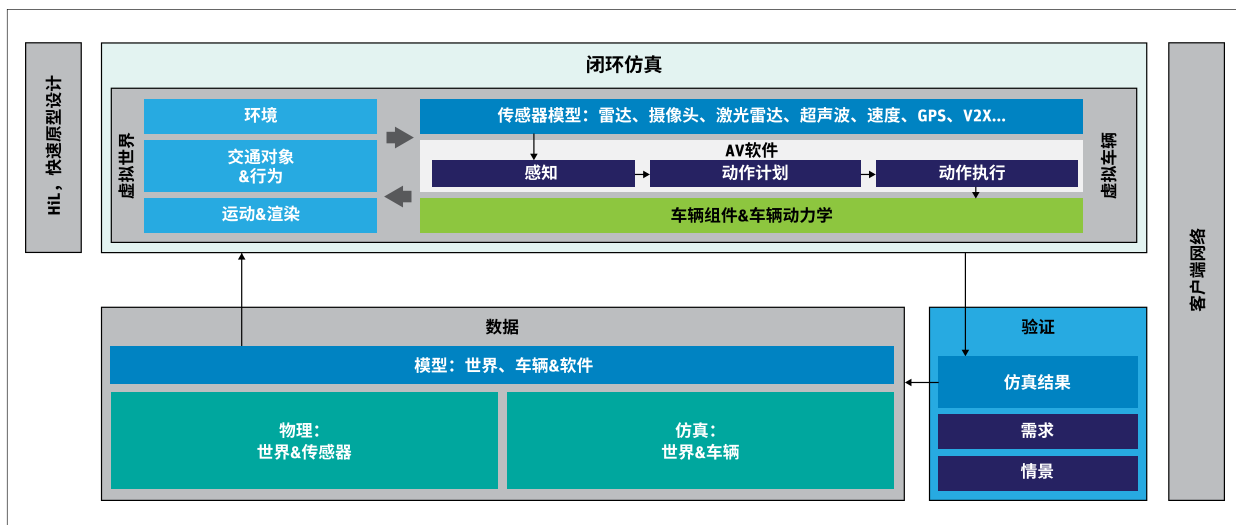
号完整性、热、结构和电磁可靠性进行优化。

所有物理场、嵌入式系统、软件仿真和代码生成功能的充分集成，可帮助自动驾驶系统的研

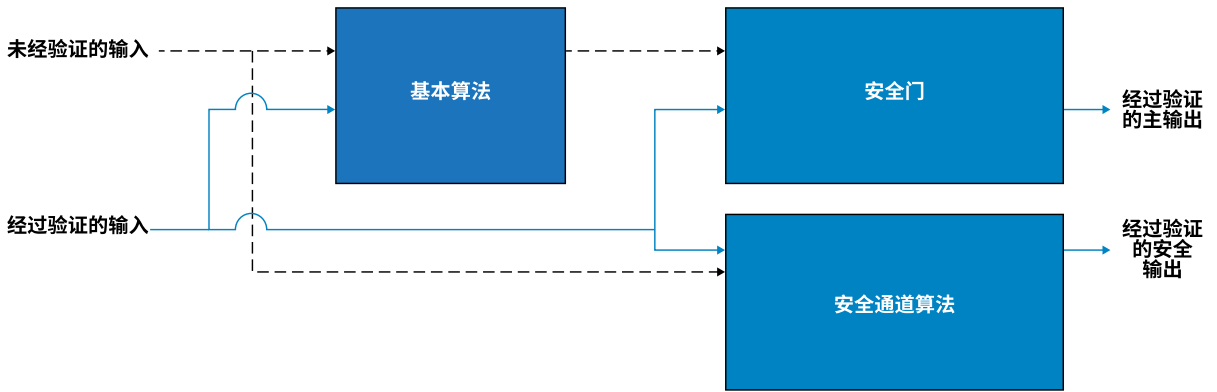
发人员在统一平台上精确仿真完整的自动驾驶控制回路。驾驶情景模型利用动画来演示试驾中待测车辆以及其他车辆和物体的运动。传感器模型能够观察虚拟世



自动驾驶控制回路的仿真

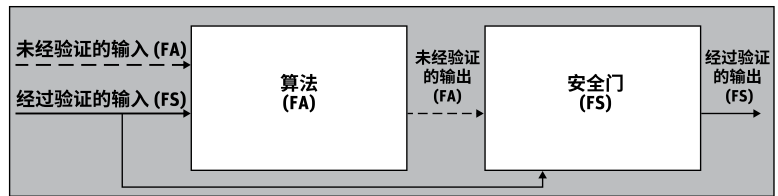


ANSYS自动驾驶车辆仿真架构



主通道生成一个没有定义结束状态的长周期任务，而安全通道则生成一个以安全状态结束的短周期任务。

界中的周围环境，并且输出传感器信号。信号处理模型和深度学习可从传感器数据中识别物体和驾驶条件。控制算法负责制定控制决策，生成致动器输入，并为乘客/操作人员显示信息和决策。车辆组件模型使用致动器输入，并计算车辆子系统（例如转向和制动）的响应。车辆动力学模型计算待测车辆的位置、速度和方向。



数据来源：卡内基梅隆大学

算法（即“DOER”）可出现任意故障（FA），这意味着它可能以最坏的方式实现最坏的结果。

安全门（即“CHECKER”）将算法变为故障沉默（FS）组件，进而只生成正确数据或关闭。

计划阶段的安全算法

安全车辆的安全架构

尽管仿真比道路测试更快速、更高效，但仿真本身无法对感知、动作计划和动作执行等功能所用的复杂自动算法的安全性进行验证。

为此，工程师首先必须将自动驾驶汽车的整个软件架构根据感知、计划和执行功能分成多个组件。然后，他们必须设计一个架构，以确保每个组件的安全性。该架构基于DOER-CHECKER原则。

详细架构由基本算法(DOER)构成，该算法可能非常复杂，需要经常更新，而且难以进行验证。基本算法搭配相应的安全门(CHECKER)，可用来验证基本算法的输出是否正确。如果安全门检测到问题，则由安全通道算法接管。这可以作为ECR团队成员在卡内基梅隆大学期间研发的双通道架构的基础（参见图表）。该架构包含一个负责成长周期任务的主通道和一个负责生成

短周期任务（例如将汽车停在路边）的安全通道。

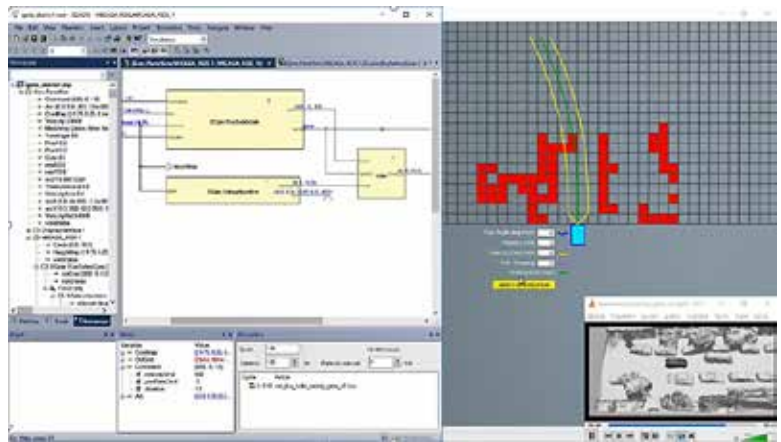
利用该架构，在计划阶段即可检查计划的安全性。基本算法不需要满足最高级别（ISO 26262中的ASIL D）的安全目标；而是将这个职责分配给安全门。具体做法是为安全门建立详细的安全要求，使其实现方案满足ISO 26262中的ASIL D目标要求。以下示例对此进行了描述，由于检测到并排停放车辆，图中汽车将会停止前行。

自动化鲁棒性测试可识别并诊断感知故障

确保感知的安全性则更为复杂；工程师不可能为检查感知输出是否正确与安全而创建一个安全门。因此，必须使用不同的技术来验证感知的安全性。ECR Switchboard通过自动化鲁棒性测试寻找故障，从而解决了该挑战（及其它挑战）。

为证明感知安全性，需要多次接触那些对自动驾驶系统（和驾驶人员）具有挑战性的复杂状况。ECR Switchboard采用一种新颖的算法，它能够在无数种可能的测试中快速找出导致软件故障的测试案例，并理解故障发生的原因。它通过高维输入空间进行筛选，从而识别能够为模型测试提供信息的异常查询。它向自动驾驶系统发送大量混合的标称和异常输入，直到故障发生。然后，诊断故障的方法是通过归纳一个单一的故障触发输入生成一组输入，这些输入在涉及触发故障的字段值分配时起提示作用。该方法能够非常有效地找出导致系统故障的极端案例。

或许，大规模部署自动驾驶系统的最大挑战在于测试和调试机器学习和深度学习算法，因为这些算法没有明确的需求，并且需要确保其鲁棒性和安全性。ANSYS利用其在多物理场仿真和安全关键型嵌入式软件仿真方面的丰富经验，提供了一种完



ECR Switchboard能识别感知故障：当出现几乎无法察觉的环境变化后，强大的检测功能变得非常薄弱。使用Switchboard找到的任一故障都可以增强测试中的深度学习算法。

“**ANSYS/ECR的合作可交付一系列完整的解决方案，以帮助验证和确认大多数高级自动驾驶系统的安全性。**”



ECR switchboard找到一个路径规划故障。

整、自动化、并且包含世界唯一一款ISO 26262合规性代码生成器的驾驶仿真平台。现在，该平台又集成了ECR Switchboard鲁棒性测试平台，能够运行海量的仿真情景，同时侧重于研究复杂情

景，以降低遗留的安全性验证风险。这种无缝的合作可提供一系列完整的解决方案，以帮助验证和确认大多数高级自动驾驶系统的安全性。📍



安全关键型嵌入式系统的分析与研发：
面向集成工具套件的需求
ansys.com/safety-critical



安全 旅行

汽车电子产品始终需要面临严峻的环境条件。如今，由于车辆乘员的安全越来越依赖这些相同的电子产品，因此这些产品的失效会造成前所未有的灾难性后果。在投资成本高昂的原型和现场测试之前，工程仿真是用于诊断和验证汽车电子产品可靠性的一款利器。

作者； **Arvind Vel**，
ANSYS 半导体产品
管理总监

随着汽车电子产品的作用从提供娱乐转变为辅助驾驶员，乃至完全控制车辆，其可靠性也需要经得起日益严苛的审查。关键汽车电子系统的使用寿命需要达到10年以上，它们通常是在发动

机舱内部温度高达150°C的严酷环境中工作。ANSYS仿真工具使工程师能够针对可能导致自动驾驶系统故障的问题，对推荐的电子系统设计进行仿真、调试与优化。仿真有助于设计高效的鲁棒性电子系统，以满足自动驾驶应用对于可靠性的苛刻要求。本文将重点探讨在设计封装/系统感知集成电路(IC)和IC感知封装/系统时所涉及的可靠性和芯片-封装-系统(CPS)仿真的各个方面。

自动驾驶可靠性挑战

如今，驾驶人员越来越多地依赖电子系统来确保安全性。例如，几乎每辆车都会采用防抱死制动系统来缩短湿滑条件下的刹车距离。近期，高级辅助驾驶系统(ADAS)功能（如：前方车辆突然停车或减速时自动应用刹车）的普及进一步提高了电子产品对于车辆安全的重要性。新兴的自动驾驶系统能够理解各种想像得到的驾驶状况，并作出判断，以确保车辆乘员和行人的安全性，这无疑会进一步增加驾驶人员、乘客和行人安全对汽车电子产品的依赖性。

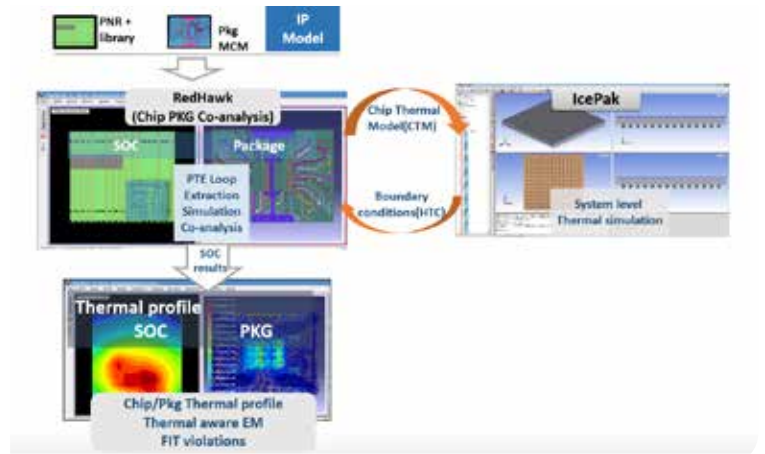
目前许多汽车电子应用都是采用基于较旧工艺节点的半导体，由于其具有较大的特征尺寸，并且设计人员积累了丰富的经验，因此从可靠性的角度来看

“仿真有助于设计高效的鲁棒性电子系统，以满足自动驾驶应用对于可靠性的苛刻要求。”

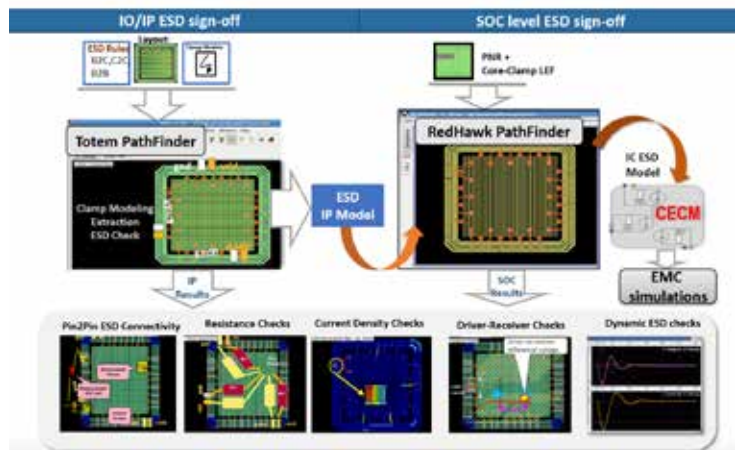
其验证工作相对简单。然而，ADAS和自动驾驶技术所采用的传感器会产生海量数据（通常高达每小时40GB），必须对其进行高速、低延迟处理。这些应用需要大幅提高计算能力，而这只能通过最新问世、具有更小特征尺寸的先进半导体工艺来实现。

采用高级工艺节点设计的新一代集成电路，以更小型的封装集成更多晶体管，从而提供最高级别的计算性能。这些IC以更低的供电电压运行，因此更容易受

到电源和信号噪声耦合的影响。另一个挑战是，大多数情况下这些半导体需要在高达135°C的发动机舱环境中运行，进而更容易出现由热引起的失效。由于许多汽车应用中的电子元器件会接触到水和灰尘，因此必须对它们进行密封处理，这不仅会进一步加剧热挑战，而且会增加充分冷却的难度。



利用ANSYS RedHawk-CTA和ANSYS Icepak进行的ANSYS芯片-封装-系统热可靠性分析

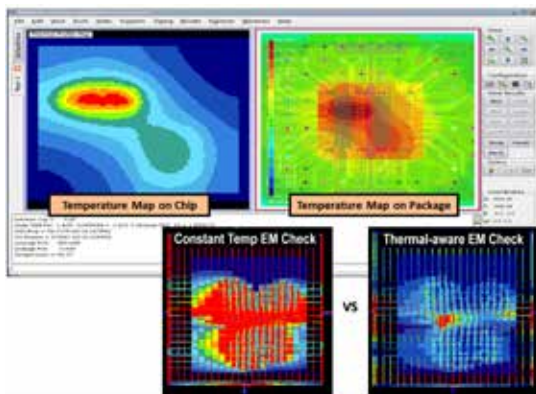


ANSYS PathFinder ESD/EMC工作流程

“通过仿真确定和排除可靠性问题，
企业能够显著缩短产品上市时间并提高可靠性。”

电迁移

随着基于先进工艺节点的汽车半导体日益普及，ADAS和自动驾驶使电迁移（寿命可靠性问题）成为了一大关键系统设计问题。当电子流经集成电路，并与导体中的金属原子发生碰撞、逐渐造成开路或短路时，就会出现电迁移(EM)。随着时间的推移，这种现象会导致芯片失效。由于芯片的导体横截面随着各个连续工艺节点不断缩小，芯片更容易受到EM的影响。此外，EM还会随着温度呈指数增长。先进的2.5D和3D集成电路缩短了晶片之间的距离，从而可能会出现更多的热点。



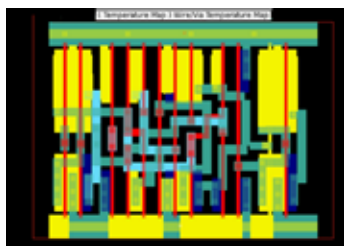
使用ANSYS RedHawk-CTA进行芯片
与封装热分析

一般情况下，设计工程师无法知晓芯片中单个导体的温度，因此他们会假定芯片具有均匀的最差情况温度。这种方法尚可满足较旧的工艺节点，但是，当今先进工艺节点具有更快的转换速度、更窄的导体和更多的层数，采用此方法会

显著增加EM违规次数。设计团队需要花费越来越多的时间评估和修复这些违规，而如果仿真是基于准确的非均匀温度分布，那么许多违规是虚假的并且永远不会被触发。

通过准确确定器件和金属周围的温升来准确预测EM违规，ANSYS RedHawk平台可以解决上述难题。工程师采用芯片中金属导体之间的焦耳自发热与热耦合原理来模拟温升。器件温度是每个晶体管消耗的电流以及到相邻晶体管的距离的函数。代工厂提供的工艺参数结合晶片所用的金属与电介质的热特征可以用于准确预测局部温度变化。

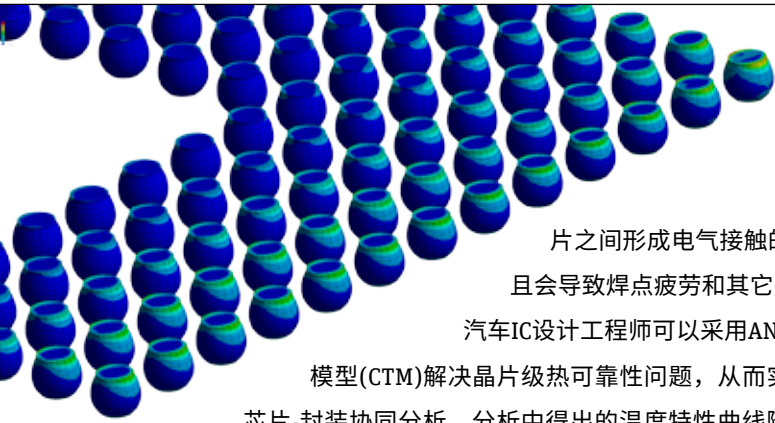
根据芯片中每根导线的实际温度，温度特性曲线可用于执行热感知EM检查。这种方法能够显著减少EM违规次数，同时提供比过去更多的诊断信息，以便帮助解决问题。工程师能够集中精力处理真正重要的EM违规并加快修复速度。最终能够大幅缩短上市时间并降低EM失效风险。



用于计算热感知电迁移的导线温度

热性能

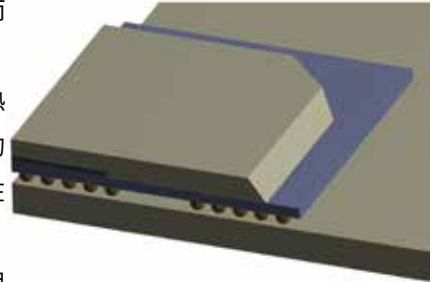
热效应是确保关键汽车半导体可靠性的另外一个主要关注问题。在晶片和封装级，工程师需要确保整个芯片的温度不超过任一点的最高运行温度。此外，他们还必须评估运行期间的热循环，由于晶圆和金属层之间的热膨胀系数(CTE)差异，热循环会导致晶片和封装的变形。由于铜与电介质之间的CTE差异，电路板级的热循环也会产生应力。变形会拉伸和挤压在电路板和芯



ANSYS Mechanical可以预测温度对晶片应力、应变和变形的影响。

片之间形成电气接触的焊球，而且会导致焊点疲劳和其它失效。

汽车IC设计工程师可以采用ANSYS芯片热模型(CTM)解决晶片级热可靠性问题，从而实现完整的芯片-封装协同分析。分析中得出的温度特性曲线随后可以在



ANSYS Mechanical用于预测温度对晶片上的热或机械载荷造成的应力、应变和变形的影响。在电路板级，ANSYS Siwave信号完整性分析器可用于计算印刷电路板(PCB)迹线和通孔的焦耳热，从而创建电路板迹线图并生成电流密度预测值。工程师将这些信息导出到ANSYS Icepak系统级热仿真工具中，其可计算PCB的正交各向异性热导率和求解域中各点的温度。这些温度数据被传输回Siwave，而Siwave根据温度场更新电路板的电气属性。Siwave和Icepak然后迭代上述过程，直到温度收敛为止。温度数据可用于加载电路板结构模型和预测应力与变形。

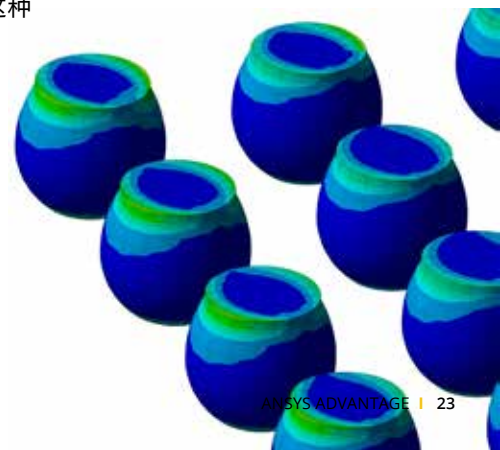
静电放电

先进工艺节点经常采用的更小特征尺寸和隔离的独立电源/接地网络会提高静电放电(ESD)失效的风险。在创建布局和执行设计规则检查时，传统的ESD验证方法涉及以下工程指南。但是这些方法不能预测ESD通道的总电阻和电流密度是否低于极限阈值。

ANSYS PathFinder采用模块级静态和动态方法以及全芯片级静态方法，以发现设计的薄弱区域并且判断其是否符合ESD指南。PathFinder可验证：通过钳位单元穿过网络的任意两个焊盘/凸点之间的有效电阻，任何连接钳位单元的焊盘/凸点之间的有效电阻，多个钳位单元之间的有效电阻，以及有源器件和嵌位单元之间的有效电阻，从而进行通过/失败检查。PathFinder可以评估从IC器件到嵌入的钳位单元（提供放电路径）之间的有效电阻。PathFinder可突出显示超过电流密度限值的导线/通孔，以便设计人员验证放电电流是否超出技术或工艺指南中确定的极限。

ADAS与自动驾驶系统的安全性仅取决于其运行的电子系统的可靠性。ANSYS仿真工具使工程师能够根据芯片中每根导线的温度来开展EM分析。这种方法通过突出显示真正有问题的迹线可以节省时间。ANSYS热仿真工具进一步使工程师能够评估整个热生态环境，以便确定和纠正晶片、封装、电路板和系统级热问题。最后，ANSYS仿真工具使工程师能够确定和排除ESD问题。通过仿真确定和排除可靠性问题，企业能够以严格高效的方式确保ADAS和自动驾驶电子产品的可靠性，从而大幅缩短上市时间并且提高可靠性。▲

“ADAS与自动驾驶系统的安全性仅取决于其运行的电子系统的可靠性。”



尽在雷达的 掌控之中

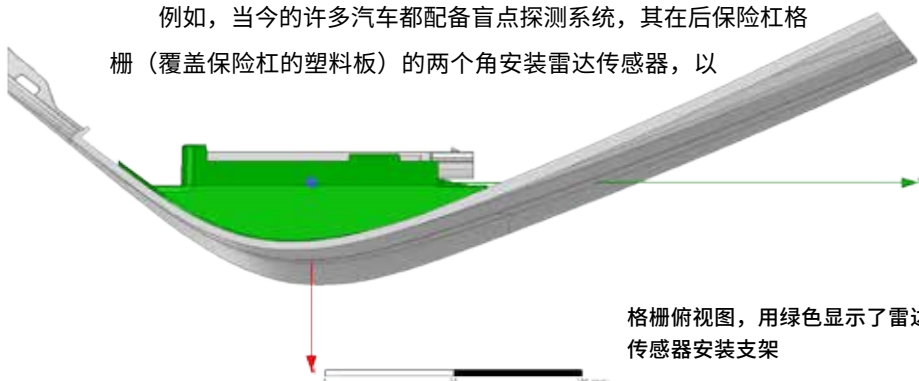
雷达系统在当今辅助驾驶系统和未来自动驾驶车辆中发挥着关键作用。这些系统必须准确无误地提供所需的功能和安全性。Autoliv在汽车研发的早期阶段采用ANSYS电磁场仿真软件评估备选的雷达集成方案，进而研发可靠的系统并避免昂贵的设计修改费用。

作者：**Clyde Callewaert**，
美国南菲尔德Autoliv
Electronics首席RF工程师



车安全性与自动驾驶需要越来越多的雷达系统来监测车辆环境。在车辆研发的早期阶段，尚未进行原型车性能测试之前，工程师通常开展雷达系统的封装设计。如果工程师的设计出现错误，那么必须重复进行封装过程，其成本大约高达100万美元，并且很可能会延误车辆上市。全球汽车安全系统领域的领导者Autoliv采用ANSYS HFSS来预测格栅和其他邻近组件如何影响辐射图，以便在设计原型之前验证设计，从而避免上述成本。

例如，当今的许多汽车都配备盲点探测系统，其可在后保险杠格栅（覆盖保险杠的塑料板）的两个角安装雷达传感器，以



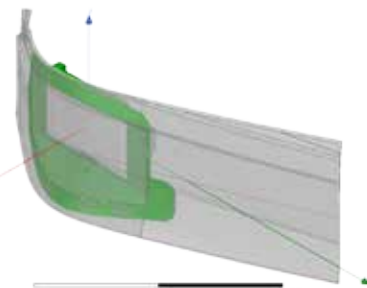
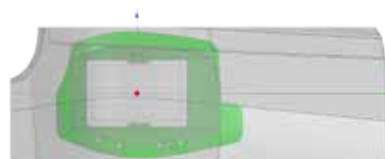
格栅俯视图，用绿色显示了雷达传感器安装支架



“虽然Autoliv通常不能控制保险杠格栅和其他邻近组件的材料、几何结构及其所用的油漆类型，但必须保证汽车雷达系统的性能。”

监测相邻车道是否存在车辆，以及车辆的行驶方向及速度。如果驾驶员盲区存在车辆，后视镜上的警告指示灯则会亮起。此外，当今的许多汽车也在前保险杠中间装有雷达传感器，以实现前方碰撞警告等功能，该功能可以检测出如果驾驶员不注意可能会碰到的车辆或物体。自动驾驶车辆预计会在保险杠格栅和其他车体面板背后安装这些雷达系统。

雷达系统利用发射器发射电磁辐射短脉冲。在发射脉冲之后，发射器关闭，接收器开始监听周围物体反射脉冲产生的信号。对于雷达传感器发射的电磁辐射而言，由于辐射必须穿过一些物体，其可能会以很难预测的方式产生变形。周围其他物体可能会产生反射并干扰接收器。在新车中集成雷达传感器时，工程师必须将系统放置在合适的位置，以防止格栅和安装支架干扰其精度。这意味着需要在传感器的整个方位（从一侧到另一侧）获得相对恒定的强信号，同时最大限度地减少由于发射到非预期方向或者被保险杠格栅反射回雷达所造成的能量浪费。由于必须实现耐用性、安全性、美观及可制造性等多种目标，保险杠格栅的几何结构往往很复杂。稍微改变传感器位置就可能无法满足精度要求。虽然Autoliv通常不能



用于仿真的保险杠格栅的CAD文件截断截面，标明了雷达传感器位置

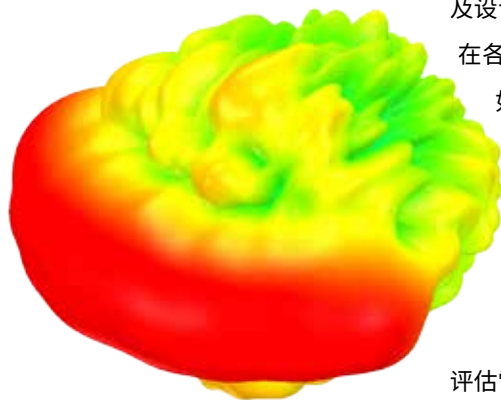


“在试驾过程中，如果Autoliv工程师发现雷达位置或支架几何结构使其无法满足性能要求，则必须花费大约100万美元重复整个过程。”

控制保险杠格栅和其他邻近组件的材料、几何结构及其所用的油漆类型，但必须保证汽车雷达系统的性能。

封装设计对雷达精度的影响

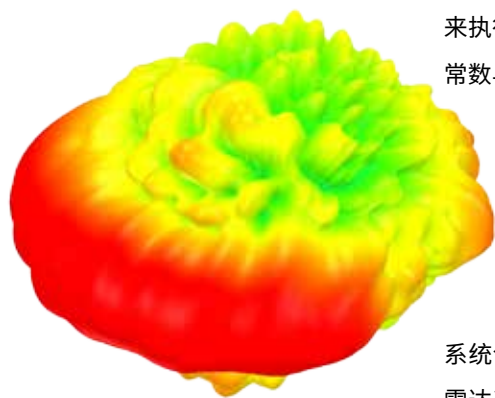
为了满足车辆上市日期的要求，Autoliv必须首先完成封装设计。这主要包括：在测试车辆或格栅之前，确定传感器相对于格栅的最佳位置以及设计安装支架。Autoliv积极投资封装设计、为原型车安装检测设备以及在各种不同环境中进行驾驶测试，以评估雷达的精度。在试驾过程中，如果Autoliv工程师发现雷达位置或支架几何结构使其无法满足性能要求，则必须花费大约100万美元重复整个过程。此外，额外的设计迭代还会浪费8到12个星期的项目时间，这很可能会延误车辆上市。



不带格栅的传感器发射辐射图

仿真汽车雷达性能

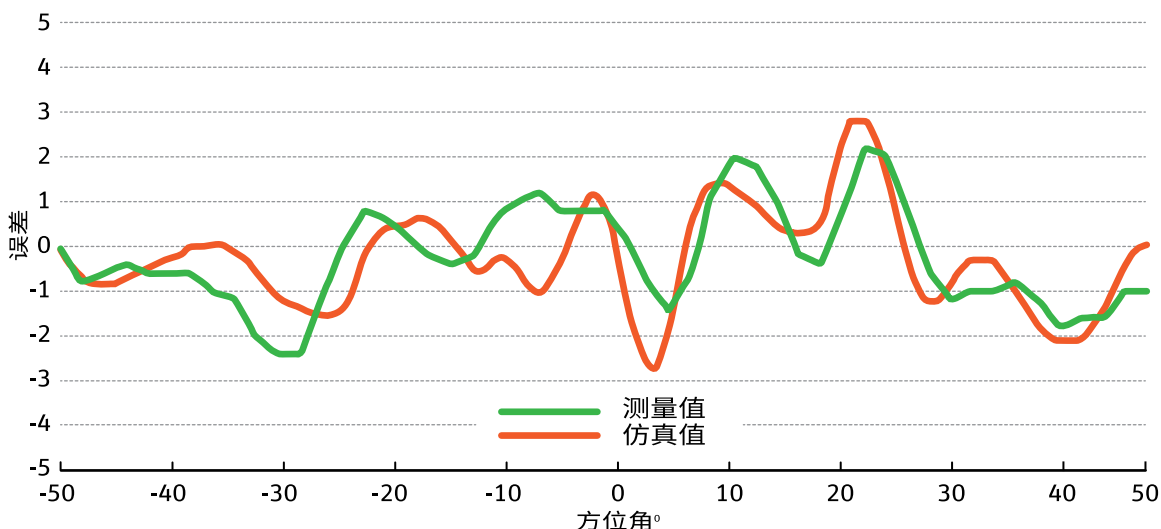
Autoliv通过采用ANSYS HFSS在原型设计之前以数字化方式探索和评估雷达传感器封装设计，从而避免上述潜在问题。HFSS已经在众多不同的项目和应用中展示了其强大的预测功能。仿真过程首先是获取支架与格栅材料的物理样本，以确定它们的电气属性，这需要采用波导或准光技术来执行准确的电磁仿真。测量的电气属性包括格栅、油漆层和支架的介电常数与损耗正切。



带格栅的传感器发射辐射图

Autoliv工程师可采用汽车原始设备制造商(OEM)提供的计算机辅助设计(CAD)文件，其中包含了支架、格栅和其他邻近组件的现有几何结构。ANSYS SpaceClaim可用于转换和准备CAD，以支持HFSS导入和网格划分优化功能。他们截断仿真模型中的格栅，既可节省计算资源，又能保持电磁保真度。工程师已经对公司现有的全部雷达系统创建了ANSYS HFSS模型。他们按照Autoliv封装指南选择用于车辆的雷达系统并将其安装到仿真模型的支架中，以用作初始设计。然后，工程师把测量得到的格栅、油漆和支架的电气属性分配到模型中的各自对象上。仿真采用了ANSYS HFSS、ANSYS HFSS-IE求解器和ANSYS高性能计算功能。





雷达传感器方位预测误差的预测值与测量值对比

满足精度要求

工程师随后在HFSS中对仿真结果进行后处理，并导出到自定义MATLAB程序中，该程序可模拟雷达传感器所用的算法，进而评估雷达性能，如信噪比、视场角、方位偏差和方位模糊性。在给定方位角和给定雷达截面的情况下，仿真使工程师能够确定雷达能够探测到物体的最大距离，如在另一个车道30米处迎面驶来的一辆摩托车。



用于测试格栅材料的消声室

如果预测性能无法达到最低要求，则需要采取几何对策，如：重新定位雷达，然后再重复仿真过程。此外，格栅的几何结构也有可能在设计过程中发生改变，不过即使出现这种情况，Autoliv工程师可以获得新的几何结构，再次执行仿真，并且在必要时修改设计。

对于工程师而言，将雷达传感器集成到车辆上以实现符合政府法规要求和客户预期的高精度，这

是一项具有挑战性的工作。凭借ANSYS HFSS电磁场仿真软件，Autoliv工程师已经将众多雷达系统集成到新车辆上，而且并未出现需要额外设计迭代的任何问题。此外，仿真还帮助工程师发现封装设计需要改进的方面，从而显著增加雷达系统的范围与精度。⚠

“凭借ANSYS HFSS, Autoliv工程师已经将众多雷达系统集成到新车辆上，而且并未出现需要额外设计迭代的任何问题。”

实现公路与铁路上的自动驾驶



RPS可读取道路上的编码涂料点位模式。

自动驾驶的成功取决于运载工具本身和交通运输基础设施的变革。Autodrive正在研发一种能够利用道路和轨道上的塑料代码标记来准确定位车辆的技术。这种精度可以提高安全性、增强交通基础设施的运输能力并减少铁路的能量消耗。此外，它还有助于避免汽车碰撞，并且为实现5级自动驾驶提供一款强大工具。基于仿真与模型的代码研发对于创建经过认证的嵌入式软件至关重要，该软件负责控制这些系统中的硬件。

作者：Alejandro Badolato，
西班牙马德里
Autodrive Solutions
的创始人兼CEO

道路应用

如今，许多正在研发的自动驾驶汽车解决方案都重点关注每台车辆中的传感器和嵌入式软件，使其为车辆制定正确的决策。减速、制动、转向、加速——全都要依靠车辆中的传感器不断收集信息。通过与该区域中的其他车辆通信，还可获得一些附加信息。

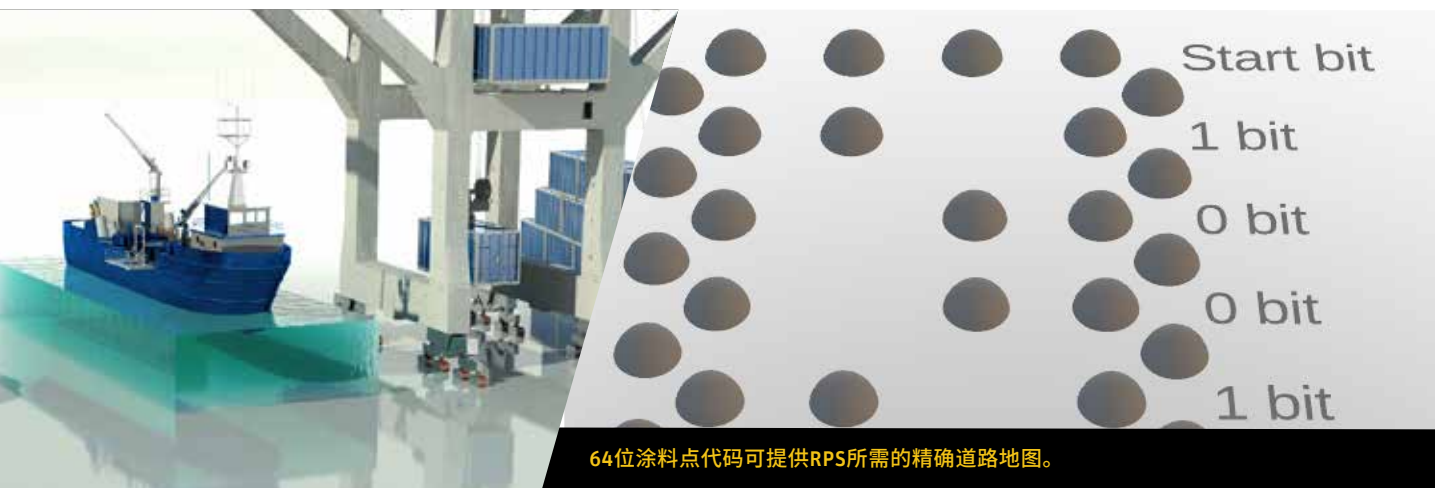
Autodrive Solutions认为，安全的自动驾驶交通运输依靠协调的社会化解决方案。对于道路而言，城市和国家交通运输部门有必要进行合作，以建立类似于空中交通管制系统的中央主机数据中心。中央主机将从道路上的车辆收集数据，并同步交通流量。这样做最终可消除红绿灯的需求。



低成本的8X8mm²雷达前端将应用于最终产品。

为实现此目标，每条道路的每一公分都必须用一系列独特的6mm厚塑料涂料圆点进行标记绘图。这些涂料点按照总共64行每行4个点的模式排列在每条车道

“经过验证，ANSYS SCADE对于Autodrive工程师来说
尤为重要，其可为公司节省80%的研发时间，
帮助实现RPS的快速上市。”



64位涂料点代码可提供RPS所需的精确道路地图。

的中央，构成一个64位数字代码，这些代码可以厘米精度显示车辆的位置。这一宝贵数据可与中央主机共享。

当涂料点完成后，绘图车辆将行驶在城市的每条车道上。它会记录每个64位模式，并创建厘米精度的道路地图作为参考地图。尽管绘制每条道路的高精度地图似乎极为复杂且成本高昂，但现有的自动画线卡车可以轻松地进行改装，从而使其绘制涂料点而非线条。根据洛杉矶交通运输部所提供的数据，Autodrive的工程师已经确定，洛杉矶总共长达44,900km的驾车车道可以利用50辆卡车以6km/h的绘制速度在两个月内完成涂料点代码。

在日常操作中，位于自动驾驶汽车底部并包含四个独立毫米波(mm-wave)雷达检测器的雷达装置将在汽车驶过涂料点时读取每行中的四个涂料点。毫米波雷达能够每50ps利用0.1mm的精确度测量到地面的距离，从而获得读数。通过这种方式，每个雷达都能在车辆运行过程中获取高度详细的地面特征图，从而根据厚度检测是否存在涂料点。

在读取整个64位代码之后，车辆就能够以1厘米的精确度进行定位。车辆存储器中存储的道路地图将

预测前方道路形状，并通过逐行读取来更新位置，而不是等待完整的64位代码读数。这是有可能实现的，因为下一个64位代码序列是已知的。因此，车辆可利用道路地图中嵌入的道路形状设定最佳轨迹，以实现安全驾驶。

RPS具有极高的精确度，能将每个目标的矢量从一辆车传输到另一辆，从而实现车辆之间的数据共享。这样，自动驾驶汽车不仅能使用自身传感器收集到的信息，还能使用前方100m处行驶车辆所收集的信息，从而提高车辆的感知功能。此外，它还能将自身位置发送至中央主机交通控制器，后者利用来自所有车辆的信息来控制该地区的交通流量。

雷达定位系统

Autodrive的雷达定位系统(RPS)在其雷达装置中采用欧盟SUCCESS财团研发的微型化、低成本、高分辨率毫米波雷达传感器。这种完全集成的122 GHz雷达传感器采用8mm × 8mm表面安装式封装，并包含一个SiGe芯片以及发射和接收天线。将四个这样的传感器安装在密封、防水的塑料装置中，并连接到自



已安装天线的性能
ansys.com/installed-antenna

“持续的速度调整可以使欧洲火车每年从80亿欧元的能耗成本中节省20%。”

自动驾驶汽车下方的底盘。该系统绝对安全——雷达不可能发生阻塞，因为它采用122GHz的超高频率与超过15GHz的巨大带宽。轨道的任何改动处理都会很容易被检测到，因为它将产生与所记录的道路地图不匹配的结果。

为实现RPS的1cm定位精确度，工程师必须研发一款定制的塑料透镜，以将雷达波聚焦到地面上1cm的圆圈中。ANSYS HFSS SBR+是一款用于仿真电大尺寸平台上已安装天线性能的业界领先工具，能够预测已安装的辐射图、场分布以及天线到天线耦合等。Autodrive的工程师利用ANSYS HFSS SBR+成功设计出了这种透镜。



四雷达RPS读取道路上的涂料点位模式

由于波长小 (λ 小于3mm) 且仿真体积大 ($100\lambda \times 100\lambda \times 400\lambda$)，必须将问题进行划分以优化计算要求。贴片天线的首次仿真可通过ANSYS HFSS中的有限元法求解器获得。然后，仿真结果可用来激励HFSS SBR+中的辐射源，后者利用渐近式射线跟踪法(SBR+)技术高效计算精确解。

该透镜对于RPS的运行至关重要，但更为关键的是研发用于无差错控制硬件的嵌入式软件，以满足欧盟的严格认证标准。尽管Autodrive Solutions在雷达系统方面拥有丰富的经验，但对于关键型实时嵌入式软件却较少涉猎。因此，他们转而使用ANSYS SCADE来生成和验证软件，并获取软件认证。

经过验证，SCADE对于Autodrive工程师研发这种应用尤为重要，其可为公司节省80%的研发时间，帮助实现RPS的快速上市。工程师专注于模型，专注于解决问题，并利用SCADE研发符合认证要求的软件，以控制他们所研发的硬件。如果他们在测试后发现模型有问题，他们只需要通过修改模型来解决问题。然后，SCADE根据此模型并利用经过认证的KCG编译器生成代码，在几分钟内即可提供认证机构所要求的可追溯性和文档。SCADE生成的软件每次都能满足关键安全性应用中嵌入式软件的认证标准。

轨道应用

尽管不那么明显，但铁路行业正在面临的挑战也可利用自动驾驶系统进行解决。确定火车在轨道上的精确位置并不像看上去那么简单。因此，为了让火车实现精准停车，需要安装站台屏蔽门（以防止有人跌落或跳到轨道上），而每个火车站的成本高达50万欧元。利用当前技术，当火车经过RFID装置时，预先编程的制动过程会自动初始化。该过程能判断火车在哪里停止。实现火车精确停车的成本之所以高，是因为制动过程依靠多个

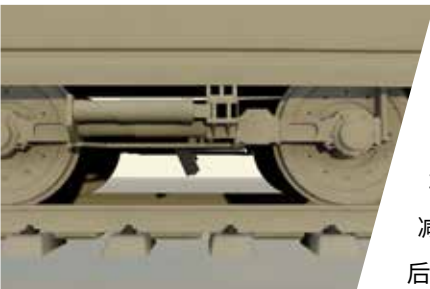
变量，例如车厢数量、载荷、车轮磨损等，因此需要对每列火车进行持续校准。

Autodrive Solutions研发了一套铁路解决方案，类似与他们针对道路所创建的解决方案。在这种情况下，他们不使用涂料点，而是沿铁轨在多个点成组安装1cm或2cm高的塑料棒。1cm高的塑料棒表示数字0，2cm高的塑料棒表示数字1。因此，一组塑料棒就能以一系列数位对火车在铁轨上的位置进行编码，火车动力车厢底部安装的单个RPS装置可读取这些数位。通过测量火车在两个特定位置之间的行驶时间，系统可精确判断火车在每个点的行驶速度，并应用针对火车载荷进行定制的制动过程。自适应制动系统可帮助操作人员精确控制火车在哪里停止。

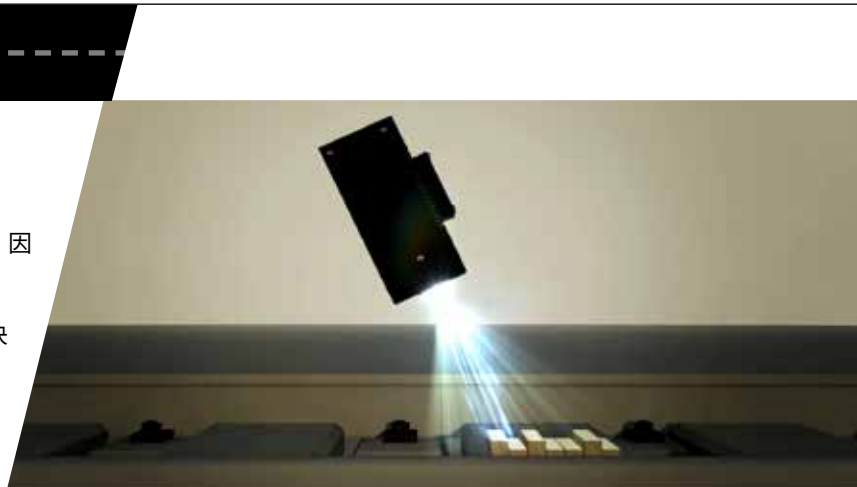
另外，RPS还可通过缩短间隔时间——两列连发火车的距离，增加指定轨道上能够实现的安全行车总流量。如今，欧洲的铁轨被分成许多最小长度为400米的铁轨段（称为“闭塞区段”）；如果一列火车处在某个区段，其他火车则无法进入该区段。这种400米分隔区段的设计初衷是确保安全性，但出现相应的瓶颈问题，其限制了通过一个区域的火车数量。最频繁出现瓶颈的区域是火车行驶速度较慢的火车站和城市附近。

Autodrive的精确定位RPS可以通过将闭塞区段的长度缩短到50米，以减少火车间隔时间，从而大大减少瓶颈问题的发生。最后，Autodrive的RPS还可以提高火车系统的能效。如今，欧洲火车能够以固定速度在两个连续的RFID信号灯之间

行驶。当火车检测到有信号指示其可在下一个铁轨段加速或减速时，它就会按指令行驶。RPS可以在较短时间间隔内检测出轨道状况何时发生变化。它能识别出斜坡是上坡还是下坡，并立即针对这些状况调整速度，无需等待下一个欧洲应答器（欧洲标准RFID信号



火车下方的单个RPS装置



单个RPS铁路装置读取铁轨上塑料棒的高度

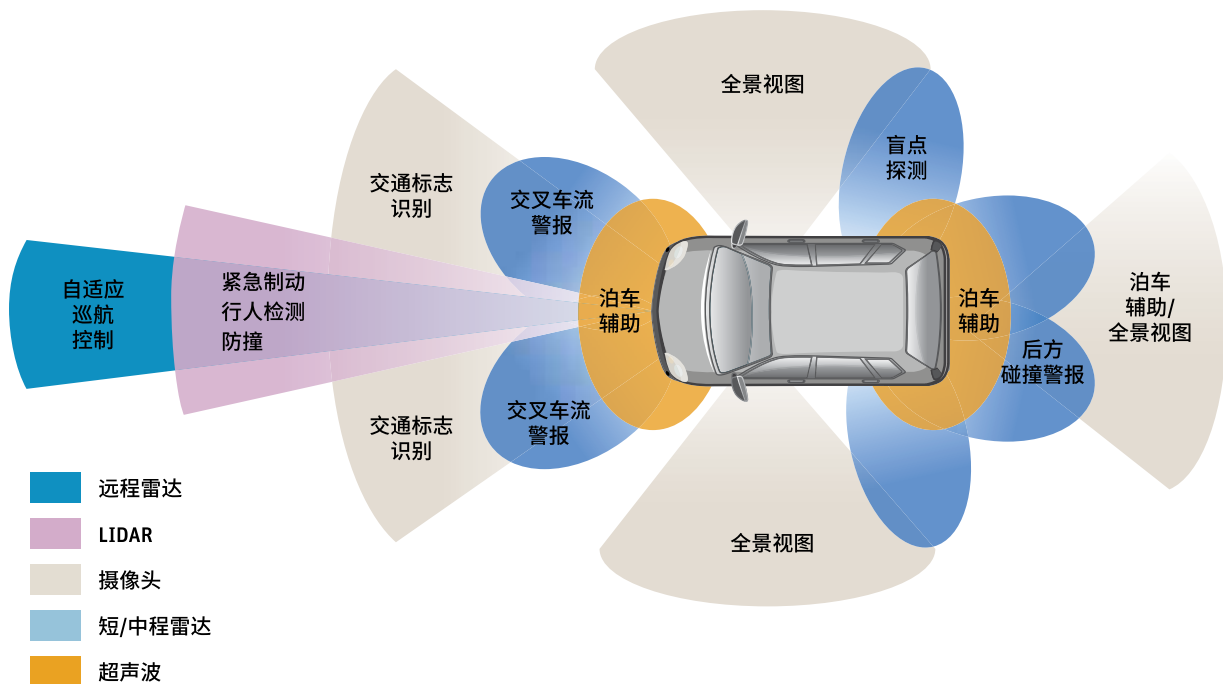
装置)的信号。持续的速度调整可以使欧洲火车每年从80亿欧元的能耗成本中节省20%。

Autodrive已在马德里地铁公司成功测试了RPS的原型。他们还在时速为330 km的高速列车中测试了雷达的测量功能。

利用ANSYS SCADE生成的嵌入式软件，Autodrive预期在2018年实现EN 50128标准中规定的SIL4（安全完整性等级4）认证，这将使他们很快能够在欧洲铁路市场上销售技术。

未来计划

Autodrive Solutions的RPS未来可能应用于：在跑道上滑行的飞机，以及优化Hyperloop的速度与制动。他们正在与全世界各个城市的交通运输部门以及地铁和火车部门开展合作，以探索利用RPS改进道路和铁路交通运输安全性与效率的可能性。ANSYS SCADE与ANSYS HFSS SBR+仿真将成为不可或缺的工具，助力Autodrive Solutions在全世界精心研发每一个解决方案。⚠



自动驾驶 汽车雷达：

仿真技术助力改善雷达性能



雷达系统可以为安全可靠的自动驾驶汽车操作提供重要的传感器输入。为确保这些雷达系统能够无干扰地运行、覆盖预期的区域、不受安装影响并且向控制系统提供准确的输入，工程师需要采用高级工程仿真。

作者：**Shawn Carpenter**，
ANSYS高频电子产品经理

自

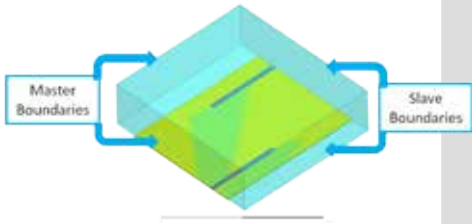
自动驾驶汽车依赖汽车传感器（充当控制系统的“视觉”和“听觉”，能够感知车辆操作特性及其周围环境）的持续发展。这些传感器能够为车辆控制

系统提供有关车辆周围环境当前及发展状态的数据。车辆操作与安全性都取决于传感器系统的准确度。

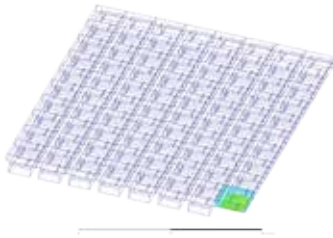
四种主要类型的汽车传感器可为自动驾驶汽车提供大部分的环境传感数据，它们分别是可见光谱摄像机、激光测距仪（激光雷达）、超声波传感器和射频测距传感器（雷达）。汽车雷达采用毫米波频率检测远程物体与障碍物，以及跟踪车辆周围环境中不同行为者（如：行人、其它车辆、护栏等）的速度与方向。

雷达天线仿真

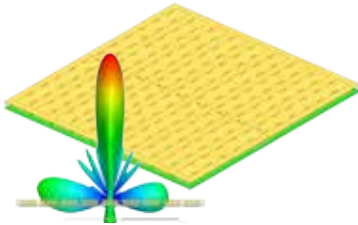
本实例演示了采用开槽波导基于双面印刷电路板(PCB)制造工艺的77 GHz汽车雷达传感器的发展历程。



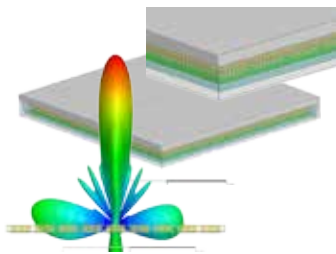
ANSYS HFSS可用于快速优化扩展天线阵列开槽波导结构单元中每个单元的合适尺寸。



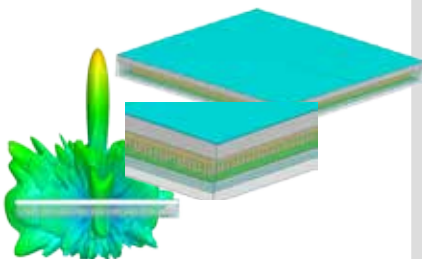
一旦将辐射结构单元的设计优化到预期频率,就可以快速、自动布置全尺寸阵列。仿真采用高度可扩展的自动化技术,以确定达到空间辐射覆盖范围和阵列辐射功率效率所需的最小结构单元数量。



当阵列设计满足性能要求时,则可以添加制造细节(通孔、金属厚度、将功率耦合到波导管的结构等),以仿真真实的材料和制造工艺。数字探索试验设计(DoE)可以和预期制造工艺容差对比运行,以评估此阵列的制造良品率。这种包含通孔、PCB填料和过渡的初始阵列设计显示了当所有阵列单元通电时的仿真远场辐射图。



研究封装和外壳的效应,可以了解其对传感器性能的影响。封装内部和附近的金属会对阵列产生电磁耦合,这可能劣化阵列满足辐射规范的能力。天线罩和其他非金属封装的邻近效应也会产生影响。在构建物理原型之前,工程师可以在仿真模型中确定和修复这些影响。



另外,工程师还可以考虑影响封装传感器性能的环境因素,如:雨、冰、灰尘或其他物质。在此次仿真中,工程师对雷达封装上薄薄的一层(0.1 mm)水或冰进行了研究,结果表明水对主波束增益的影响甚微,但是旁瓣电平增加了4dB。通过了解不同环境条件下的性能,工程师可以优化阵列设计并且在原始设计中构建适当裕量。

“为了发挥汽车雷达技术的全部优势，汽车制造商必须明智地利用仿真技术，以满足研发进度和性能要求。”

汽车主动安全系统通常采用三大类雷达系统：

- 短程雷达(SRR)，可用于碰撞接近警报、确保安全性和提供有限泊车辅助功能。
- 中程雷达(MRR)，可用于监测车辆角落、执行盲点探测、观察其他车辆车道交叉以及避免边/角碰撞。
- 远程雷达(LRR)，可用于前视传感器、自适应巡航控制(ACC)和碰撞预警检测功能。

当今的汽车雷达一体化技术在20年前只被应用于航空航天与国防实验室的高级研究项目。为了以低成本发挥这种技术的全部优势——包括芯片级集成、封装与传感器小型化、减少部件数量、降低功耗以及提高性能，汽车制造商必须明智地利用建模与仿真技术，以满足严格的研发进度和更高的性能要求。

雷达仿真可用于设计单个雷达组件（天线与阵列），研发包含所有雷达装置和车辆的系统，甚至能够扩展到包含多个雷达系统、车辆本身及其环境的虚拟系统——即数字原型。

雷达传感器的快速发展

高性能雷达设计首先从天线入手——天线是传感器和它所感应的环境之间的接口。理想情况下，这些天线系统必须以预期的覆盖角度把能量集中到一个方向上。天线必须高效辐射，以避免能量消耗到天线本身或传感器封装材料上。不应该由于发射功率放大器不匹配而损失能量。

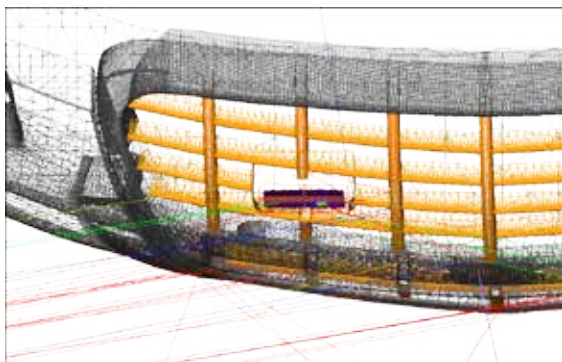
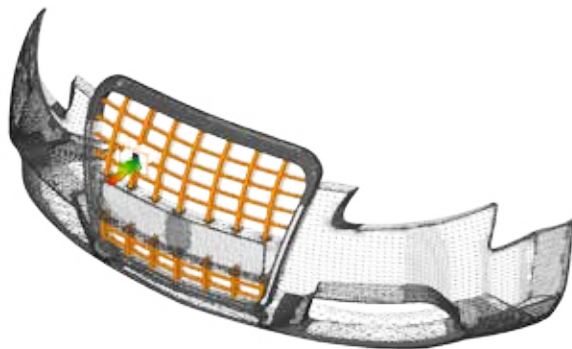
高频建模与仿真可以带来众多机遇，为雷达传感器的设计与研发节省时间和成本。工程师利用仿真可以：

- 虚拟地开展原型设计，并快速“调整”天线拓扑，无需实际制造。
- 高效地测试天线替代方案，以了解其在各种结构与环境条件下的行为。
- 以最少的精力和成本优化单元和多通道天线阵列。
- 最后只需构建一个用于测试的原型。

将雷达集成到汽车上

在完成传感器设计或原型设计之后，必须将其安装到车辆中，以进行评估。许多雷达传感器被安装在

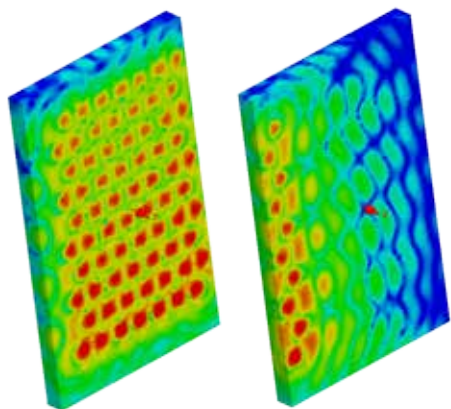
繁忙交叉路口的雷达仿真
youtu.be/v2sjKa3vjEg



雷达传感器阵列模型被安装到推荐的汽车格栅（左）中，ANSYS HFSS SBR+射线跟踪法EM场求解器可用于模拟安装相互作用。在正确的安装位置显示了用于雷达传感器天线系统的HFSS有限元仿真，在80°出口角显示了HFSS SBR+仿真所用的射线子集。



“雷达系统在安全系统中发挥关键作用，
必须利用车辆控制系统和算法对其进行测试，
以验证运行安全性。”

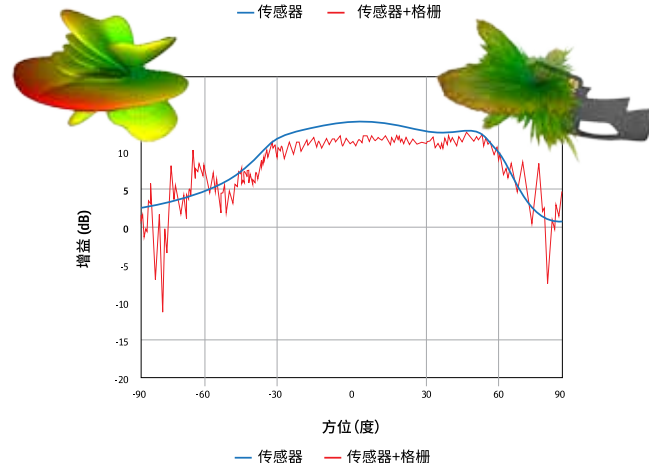
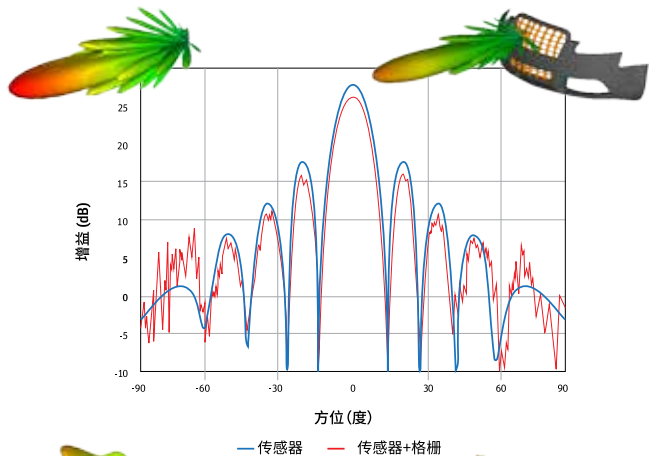


ANSYS HFSS仿真的近场环境传感器的Tx通道（左）和Rx通道（右）构成了HFSS SBR+格栅相互作用解决方案中的激励基础。

保险杠背后或车辆格栅中。车辆设计的邻近效应会影响雷达性能——尤其是天线聚焦雷达能量的能力。汽车制造商致力于研发在空气动力学和审美两方面都能够满足顾客要求的保险杠与格栅设计。符合审美目标的独特车型有可能会给汽车中集成或隐藏的雷达传感器的性能带来不利影响。

过去，传感器制造商和汽车制造商一起合作评估雷达与格栅以及雷达与保险杠的相互作用影响。这是一个基于试错法原型设计的迭代过程。车辆重新设计时需要重组的原型会浪费宝贵的研发时间与成本。

建模和仿真可以将此过程从九个月缩短到几天。ANSYS HFSS SBR+不仅可以针对隔离式传感器系统集成模型——包括能够提供高精度结果的有限元ANSYS HFSS模型，而且可以采用高频射线跟踪法仿真传感器系统与大型格栅以及保险杠的相互作用。经过仿真的已安装雷达天线响应图为雷达工程师展示了，在被安装到推荐的格栅-保险杠设计方案后每个雷达子阵列将如何“照亮”道路或环境。



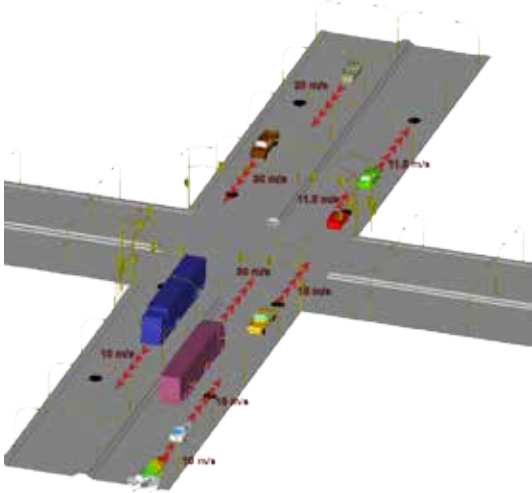
接收通道子阵列辐射图（顶部）和发射通道辐射图（底部）显示了隔离模块和安装后包含格栅与保险杠相互作用的辐射图。

雷达的虚拟道路测试

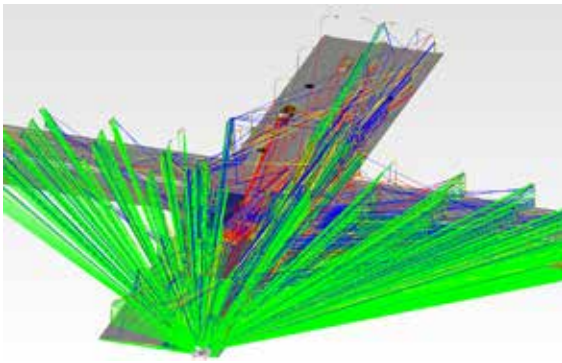
自动驾驶汽车的研究人员致力于保证乘客的安全。雷达系统在安全系统中发挥关键作用，必须利用车辆控制系统和算法对其进行测试，以验证运行安全性。如果不借助建模与仿真的优势，这需要数百万公里的驾驶测试。如今，大部分AV研发人员都在把该过程转移到数字原型领域。利用建模与仿真功能可以针对任何想像得到的情景进行测试。

不过，汽车雷达系统电磁性能的高保真度建模到目前为止已被证明是一项艰巨任务。雷达传感器的全

求解互联世界中的大规模问题
ansys.com/large-scale



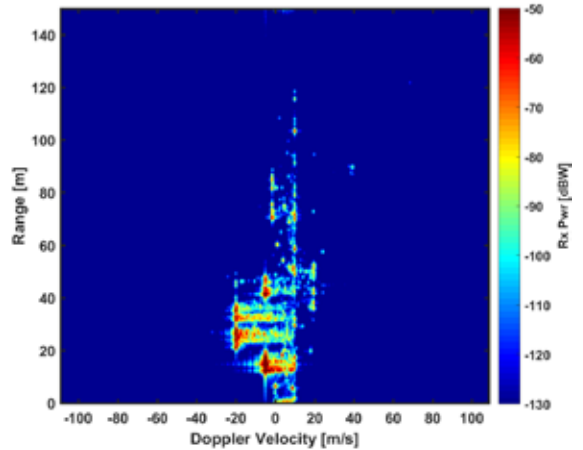
繁忙交叉路口环境的几何结构。场景中各个移动行为者的速度如图所示。



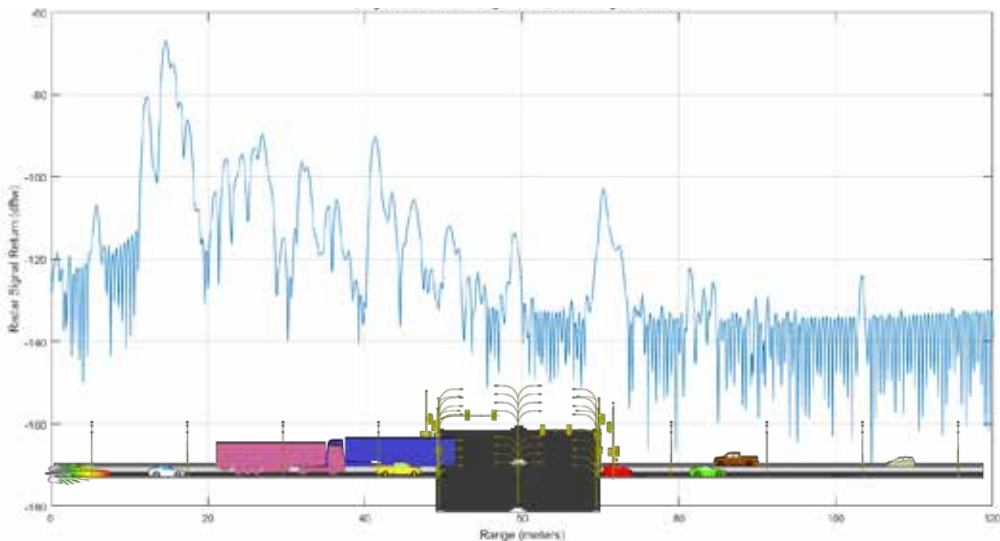
从雷达发射通道跟踪整个环境的射线。多种颜色对应所绘制的各个射线轨迹的顺序反射。

物理场建模与仿真会产生严重的EM分析问题，因为雷达需要覆盖的区域可能占据超过140万个电波长。与此同时，系统级要求也会增加上述挑战，其中包括雷达更新中央控制系统的次数、涉及的天线数量、MRR系统的距离与速度分辨率以及环境行为者的相对速度。

虽然以上考量因素会给雷达与环境相互作用的高保真度EM建模带来挑战，但是其并非无法解决。就计算机资源和建模时间而言，合理利用ANSYS HFSS SBR+



雷达框架为200个连续300MHz脉冲的雷达系统的距离-多普勒图



分辨率为0.5m的单个雷达300MHz带宽脉冲的距离剖面图。雷达在覆盖区的左下方可见。距离剖面图显示了雷达系统响应建模环境而收到的所有雷达回波的飞行距离。图中还显示了一些灯柱、几辆汽车的表面以及车辆反射之间的高强度雷达回波。近目标的信号比远目标的信号强，但是即使是道路上的目标也能被检测到。由于波形的分辨率，雷达可能会检测到来自同一车辆的多个目标回波。



的射线跟踪法(SBR)能够以良好精度与合理效率提供此类问题的全物理场仿真。

ANSYS HFSS SBR+可用于综合重现高保真度雷达模型所获取的信号。任何指定带宽都可用于仿真，帮助工程师测试传感器供应商目前无法提供的新波形，从而推动虚拟创新。

雷达信号处理系统需要对环境中属于同一行为者的分布式目标回波进行智能分组，否则车辆控制系统会有太多目标而无法跟踪。通过处理信号有可能出现的多普勒频移可实现上述分组，该信号以不同于观察域的速度从表面反射。如果目标的雷达信号在连续距离单元中具有相同速度，则可视为来自同一目标。从距离和速度这两方面准确确定目标需要持续分析大量脉冲。ANSYS SBR+结果可用于建立距离—多普勒图，其在一个轴上显示到目标回波的距离，另一个轴则显示目标的提取速度。

典型的汽车雷达传感器能够以每秒5-30帧的速度向车辆控制与安全系统提供更新数据。ANSYS HFSS SBR+的速度与准确性有助于全面仿真车辆在整个环境中的运动情况，以创建场景的距离-多普勒图。将HFSS SBR+仿真嵌入完整的自动驾驶汽车仿真回路可以创建数字原型，以测试车辆控制系统或主动安全系统。

完整建模与仿真工作流程

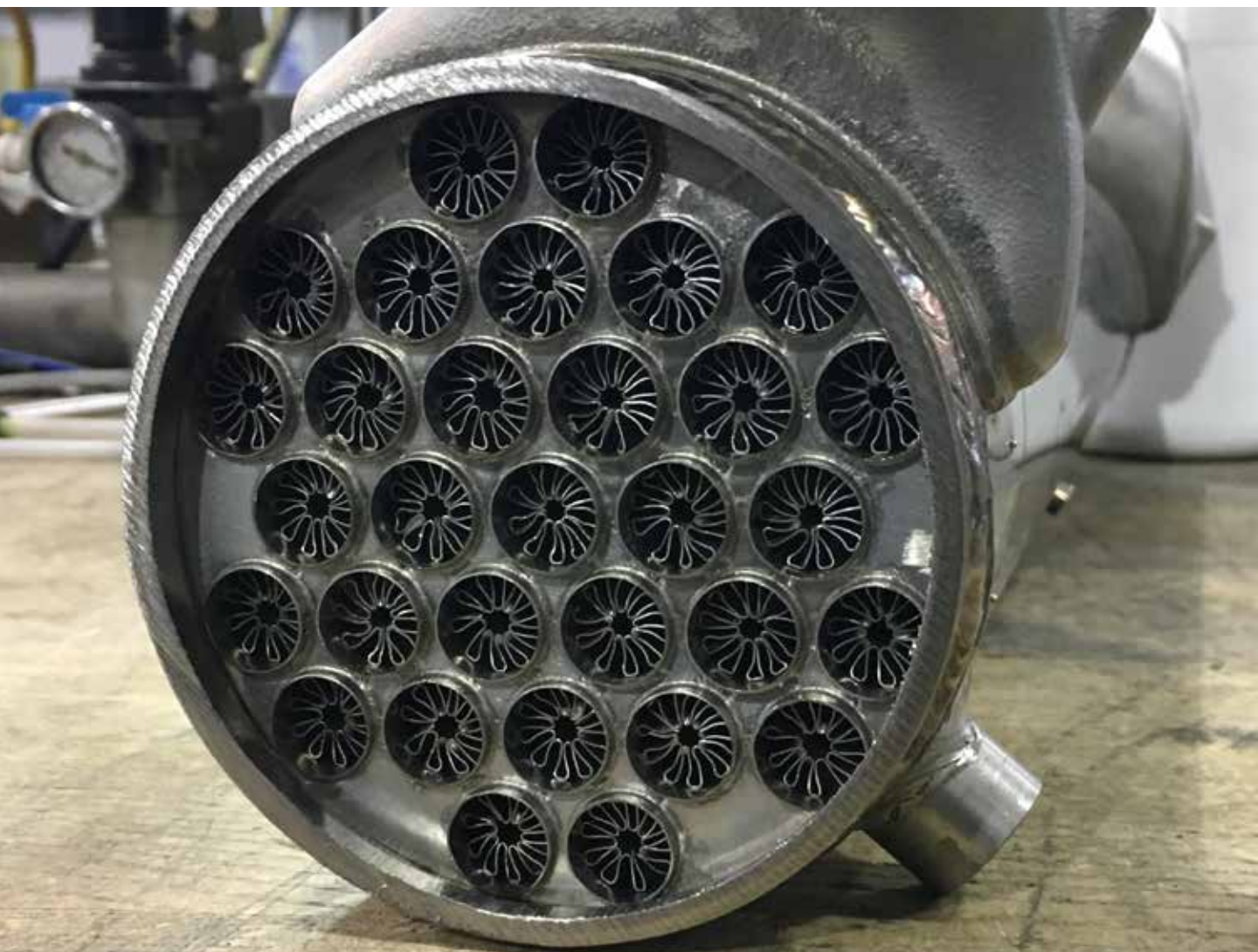
雷达传感器研发人员、汽车OEM厂商、主动安全系统研发人员和自动驾驶汽车控制系统研发人员采用ANSYS解决方案设计雷达传感器模块，研究其被安装在车辆上的性能，以及了解完整动态道路场景中移动与静止目标的雷达报告。无论是单个组件还是数字系统原型，ANSYS都能够针对这种极具挑战性的高频难题提供独一无二的解决方案。▲



自动驾驶汽车雷达：
仿真技术助力改善雷达性能
[ansys.com/av-radar](https://www.ansys.com/av-radar)

**“雷达系统在安全系统中发挥关键作用，
必须利用车辆控制系统和算法对其进行测试，
以验证运行安全性。”**





仿真与增材制造 加速模具设计

作者：**Mark Davey**，
美国Bartlett市Senior
Flexonics公司首席工程师

当被模具供应商告知需要大量故障排除工作和成本来验证模具，进而为新的小型液体/空气热交换器制造翅片管道时，Senior Flexonics的工程师转而采用ANSYS软件。工程师使用ANSYS LS-DYNA仿真冲压操作，第一次就成功设计出顺序冲模原型。相比于最佳供应商的报价而言，他们能够将制造工具所需的成本降低95%，时间缩短75%。



制造过程的第一步是将翅片冲压成扁平形状。

S

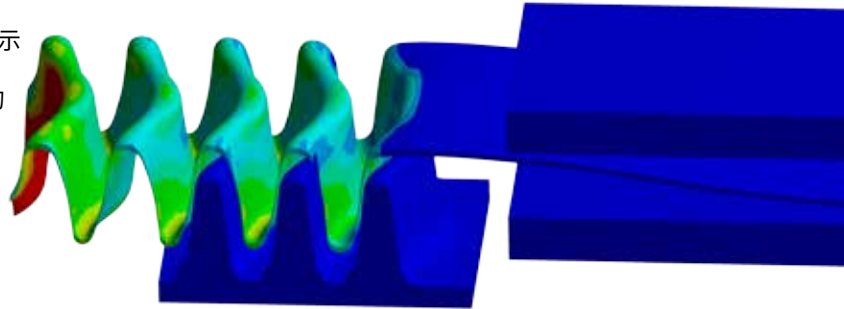
SENIOR FLEXONICS正在研发用于多种工业和移动应用的新一代小型液体/空气热交换器(HEX)。通过采用翅片管道增加管道中热气体与冷却壳中冷水之间的热传递,新型HEX比当前型号更小巧、更轻便。然而,翅片管道的制造过程充满挑战,由于翅片的高宽比较大,使得原料板和顺序冲模上的应力和应变非常高,进而导致很难冲压。当该公司带着新设计找到两家模具供应商时,其中一家表示

无能为力,而另一家则给出了60,000美元的报价和12周的交付周期,因为制造一款可靠的工具需要在车间进行漫长的试错过程。

因此,Senior Flexonics的工程师决定使用

ANSYS LS-DYNA显式动力学软件来仿真冲压操作,以加速工具的原型设计过程。仿真可确定并纠正现有顺序冲模设计中的问题、选择正确的部件材料,

并且对翅片板材弯曲成圆柱体的过程进行验证。利用增材制造(3D打印),只需3,000美元即可在三周之内实现通过仿真技术研发的模具,并且第一次就能够完美运行。



仿真可指导工程师研发新型顺序冲模,进而制造高质量的翅片。

新一代HEX

Senior Flexonics专门生产工业热交换器,面向重型、中型和轻型卡车的EGR冷却器、高压柴油燃料管和导轨、水管、涡轮机排油管路、金属波纹管、活塞冷却喷嘴,以及复杂装

配件。公司的工程师设计了最新的HEX,以增强冷热流体之间的热传导,从而使冷却器更小巧、更轻便,这两项优势对于汽车

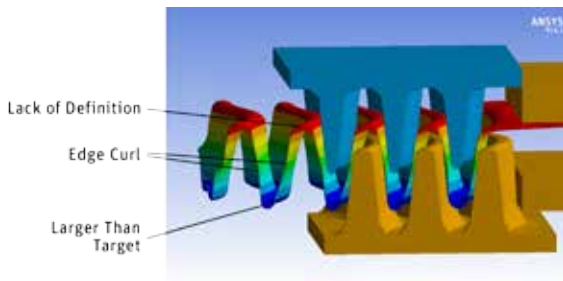
和卡车市场都至关重要。

为此,他们在管道中设计了

纵向翅片,以增加管道中热气体与热交换器冷却壳中冷却液之间的接触面积。

当Senior Flexonics工程师向模具供应商询问制造翅片所需的顺序冲模模具的报价时,供应商指出翅片的深度使不锈钢材料达到成型性能极限的边缘。

他们表示很难提前预测具有最终正确形状的模具几何结构。此外,他们还担心高应力区发生撕裂。他们预计,需要通过试错过程来满足设计规范。



仿真能够确定现有顺序冲模设计制造的翅片的问题。

仿真冲压操作

Senior Flexonics的工程师决定在内部设计模具,并委托3D打印服务机构来建造。尽管工程师不熟悉ANSYS LS-DYNA,但由于对ANSYS Workbench环境驾轻就熟,他们能够快速、轻松

地设置仿真。他们在CAD软件中提取初始模具设计,并在Workbench中打开CAD模型。工程师利用自动多区划分法在Workbench中生成有限元网格。他们



“借助**仿真**，工程师第一次就能够获得合适的模具，从而**节省数万美元**的成本，并帮助公司如期发布产品。”

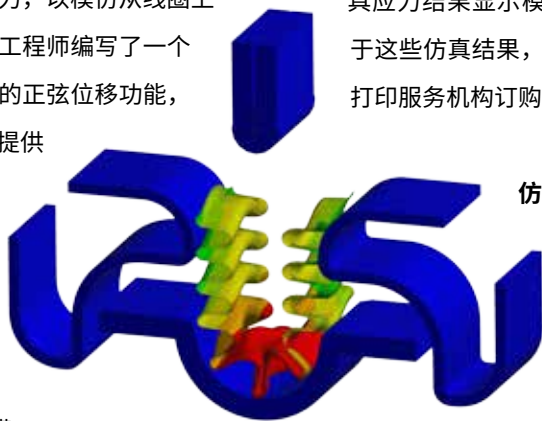
打印出的模具被安装在冲压机内

将模具建模为17-4 PH不锈钢实体单元，并将原材料建模为400-系列不锈钢壳单元。该模型包含64,230个节点和67,112个单元。为了模拟从进料槽拉出的材料条，他们使用摩擦单元来施加力，以模仿从线圈上松开和拉紧材料条所需的力。工程师编写了一个用户定义函数来描述基于时间的正弦位移功能，该功能可以为模具的每次冲程提供逐步启动和减速，以确保获得稳定的结果。

ANSYS LS-DYNA能在38小时内迭代出包含四个冲压周期的瞬态解。仿真位移结果显示，采用现有的初始模具设计得到的部件会引发顶部和壁面弯曲（它们本应该相对

平坦），而且翅片根部的半径过大。成条应变结果显示出明显的撕裂。基于仿真结果，Senior Flexonics工程师调整了模具的几何结构，以解决变形问题。他们将材料更换为316L不锈钢，以解决撕裂问题。仅通过

几次迭代，仿真就预测出：新的顺序冲模设计能够制造具有正确几何结构的部件，并且将撕裂仅限制在材料条的第一个翅片上面——这是可以接受的结果。模具应力结果显示模具能够轻松承受成形过程。基于这些仿真结果，Senior Flexonics的工程师从3D打印服务机构订购了原型模具。



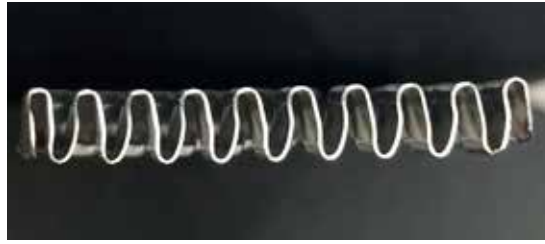
压缩弯曲未能正确密封管道。

仿真管道成形操作

在等待顺序冲模交付的过程中，Senior Flexonics工程师将注意力转移到研发翅片条成形过程，以便将其制作成一个能够插入管道的圆柱体。他们首先利用LS-DYNA仿真压缩弯曲技术。仿真结果显示，

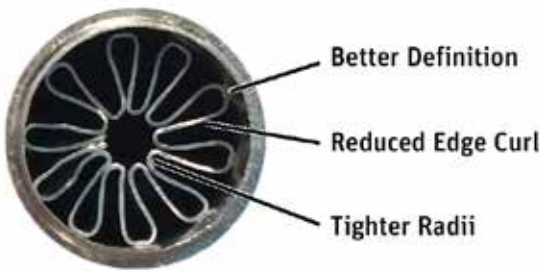
该方法无法将翅片两端连接起来以形成一个完整的圆柱体。接下来，他们仿真了切向擦拭系统，但这种方法也无法完全闭合圆柱体。最后，他们仿真了轧制过程，尽管效果有很大改善，但是仍然无法完全形成

圆柱体。工程师试图改善辊锻模设计，通过缩小出口直径，这样轧制圆柱体就可以从模具中弹出，并回弹插入管道。仿真显示该方案能实现紧密密封，因此工程师也从3D打印服务机构采购了辊锻模。



在现有模具上制造的第一个翅片与仿真预测结果相符。

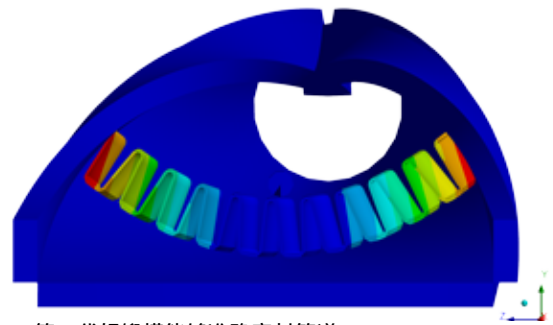
在收到原型顺序冲模之后，Senior Flexonics的工程师将其安装在冲压机内，并运行一个较短的翅片条。运行结果与仿真预测非常匹配，并满足所有设计



经过优化的3D打印模具制造的第二个翅片与改进后的仿真预测结果相符。

规范。此外，辊锻模也符合仿真预期，第一次就能正确运行。如果没有仿真，很有可能是顺序冲模和辊锻模都需要进行高成本的维修甚至重新制造，以解决仿真中确定的问题。借助仿真，工程师第一次就能够获得合适的

模具，从而节省数万美金的成本，并帮助公司如期发布产品。⚠

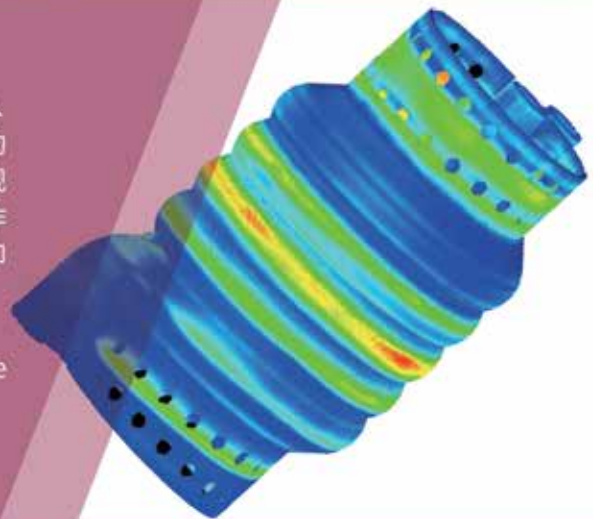


第二代辊锻模能够准确密封管道。

ANSYS Additive Suite 最强大的金属增材制造仿真解决方案

ANSYS Additive Suite可提供设计人员、工程师和分析人员所需的重要洞察力，帮助他们避免构建失败并生产出完全符合设计规范的部件。这款综合解决方案涵盖整个工作流程，包括增材制造设计 (DfAM)、验证、打印设计、过程仿真以及材料探索等。

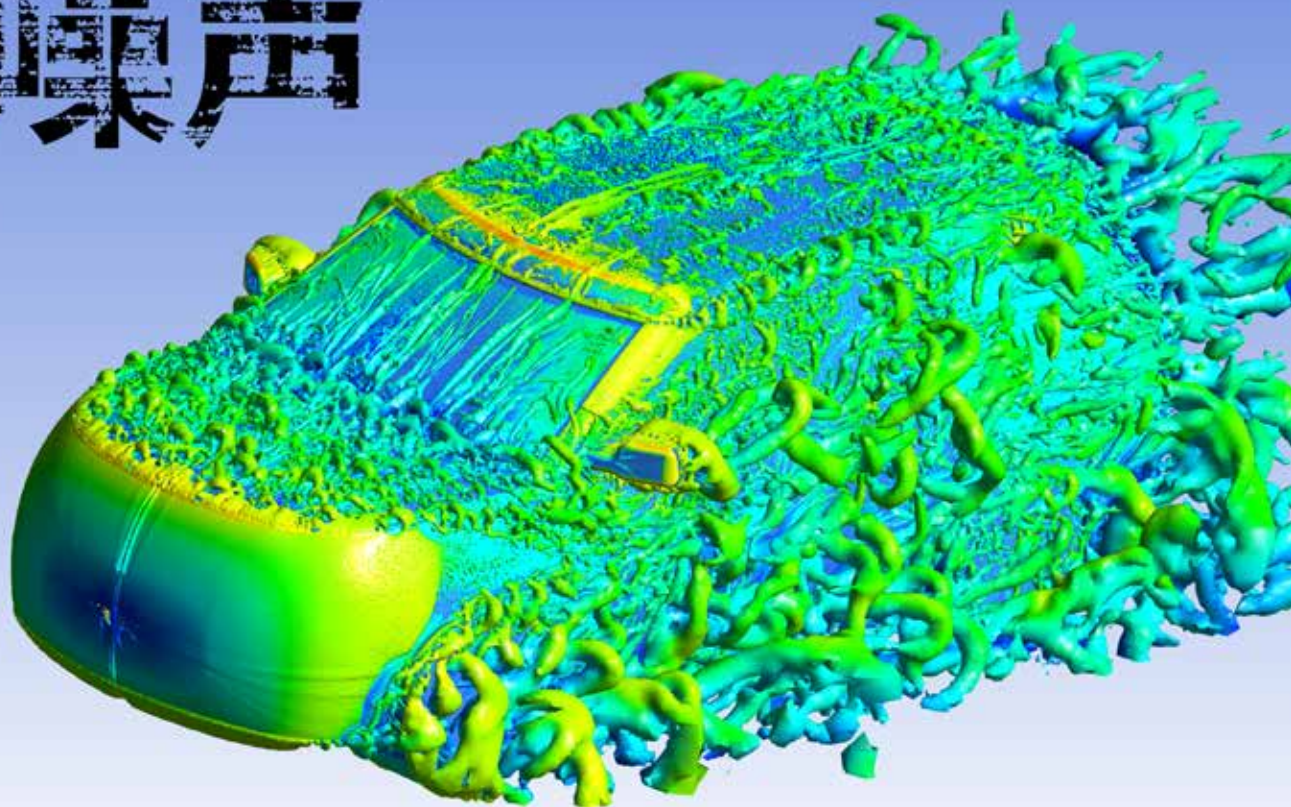
可作为ANSYS Mechanical Enterprise 授权的附加组件。



更多详情请登录：

ansys.com/zh-cn/products/structures/ansys-additive-suite

探秘 汽车 噪声



风湍流会使汽车内部变得嘈杂扰人，这一点在高速公路行驶时尤为明显。Corning公司的工程师在ANSYS Workbench中结合采用空气动力学与振动——声学分析，以确定如何装配玻璃来控制内部噪声。

大部分驾驶员想必有过类似的经历：在高速公路上必须调高收音机音量才能听到喜欢的电台节目，或者需要提高噪音才能与乘客进行交谈。这是在高速公路驾驶时空气湍流流经

作者：**Chao Yu**，
美国Corning州
Corning公司
高级机械系统
的高级项目工程师

车身造成的直接后果。J.D. Power近期发布的美国车辆可靠性研究报告[1]中指出，风噪声过大是车主经常遇到的首要问题之一。根据外部噪声在频谱中的位置，车内乘员会感觉到噪声的分贝值处在安静交谈（40至50dB）与繁忙城市街道（70至80dB）之间的范围。



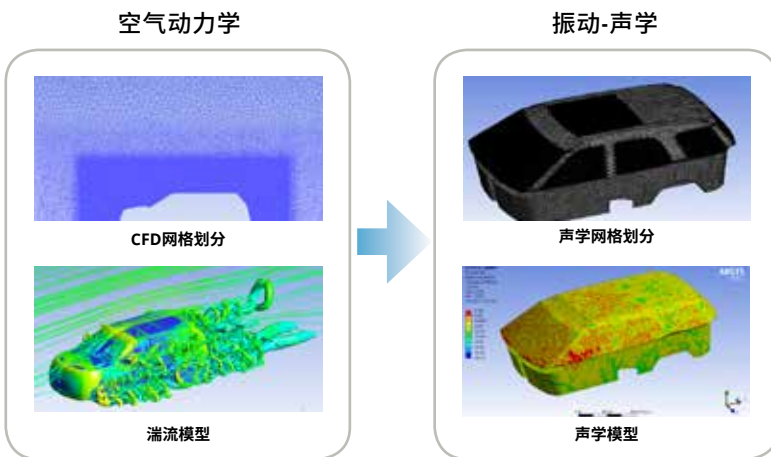
为了缓解该问题，Corning的工程师[2]一直在研究外部风通过什么物理机制转化为车厢噪声。在高速公路行驶时，汽车周围的空气被汽车前端、A柱（挡风玻璃支撑结构）和后视镜干扰。这样就会形成湍流，并在汽车外表面产生气压场波动。这种压力变化会引起玻璃（挡风玻璃和其他窗户的玻璃）振动，进而激励车厢空气振动并产生内部噪声。产生内部噪声的另一个主因是，汽车表面其余部分的风通过汽车零部件传送到车厢内（侧翼噪声）。此外，轮胎接触路面的声音和汽车机械系统运行的声音也会加大车厢噪声。

Corning工程师想要确定哪种玻璃表面是最重要的玻璃噪声传输路径，以及更轻的玻璃材料是否会降低噪声。工程团队采用一种名为确定性空气-振动-声学(DAVA)的仿真方法，

该方法在ANSYS Workbench中使用了流体和结构分析工具。DAVA仿真过程首先采用一款美国普通SUV的简化几何结构，以降低网格划分和总体计算的成本。由于研究重点是通过玻璃的声音传输，因此工程师保留了玻璃周围区域的详细车辆特征（例如后视镜和A柱），但是保险杠和轮胎周围的区域并未进行详细建模。利用对称性方法，工程师使用ANSYS CFD网格划分功能创建了包含5500万个六面体单元的计算流体动力学(CFD)网格，从而对车辆半边几何结构周围的流体域进行建模。工程师选择适当的流体域大小，以捕捉涡旋脱落、流动分离和再附着现象。

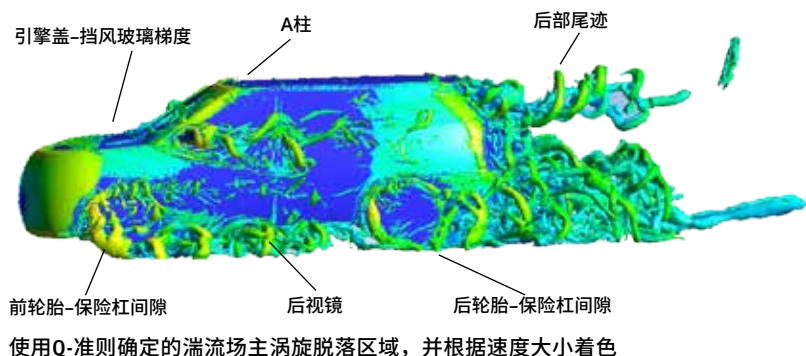
噪声的产生

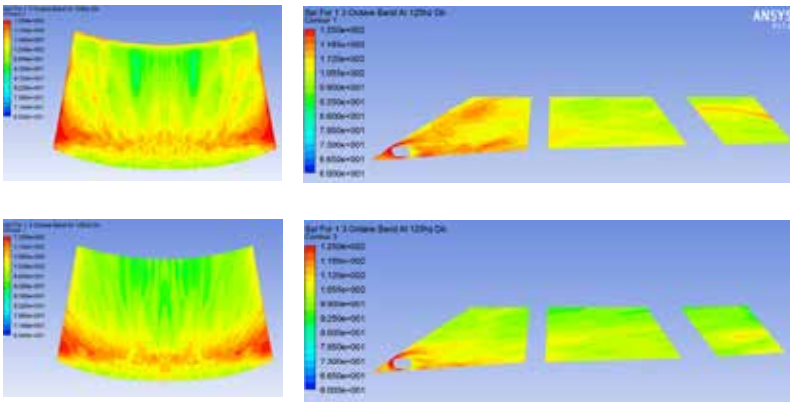
完成网格后，Corning的工程团队使用ANSYS Fluent CFD求解器仿真域中的瞬态湍流。为了预测80mph气流流经车辆产生的旋涡，工程师选择使用分离涡流仿真(DES)模型。DES是一种混合方法，能根据网格分辨率和到壁面的距离在标准雷诺平均方程(RANS)求解方法与大涡流仿真(LES)建模之间切换。LES在计算方面的成本更高，其被用于仿真远离车辆的更粗糙的区域，而RANS则被用于求解壁面边界处更精细的区域。该团队以10,000个时步运行DES模型，进而仿真0.5秒的实际湍流。之所以



整车风噪声模型演示了在DAVA方法中结合使用的空气动力学建模与振动-声学建模。

“仿真结果与实验SPL数据非常吻合。”





在125Hz频率下，标准过渡（上图）和平缓过渡（下图）条件下挡风玻璃（左图）和侧窗（右图）上的外部SPL轮廓。标准过渡显示挡风玻璃和前侧窗侧边位置的局部SPL值较高。

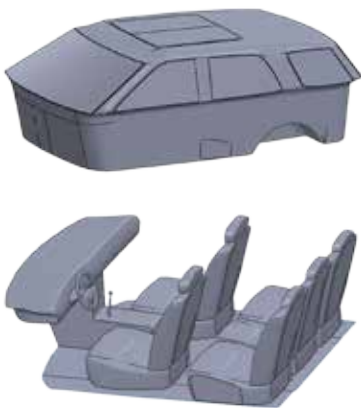
要求如此小的时步，这是因为团队需要求解高达5kHz的频率以覆盖宽频率范围的空气噪声。Corning工程师利用快速傅里叶变换(FFT)功能将瞬态数据从时域转化到频域，这样他们能够以更易于理解的dB值来评估玻璃的声压级(SPL)。这个大型案例需要在Corning的HPC集群上使用ANSYS HPC。

初始CFD分析显示，相比其他位置的玻璃，挡风玻璃的下方角落和前侧窗上的外部SPL值更大。在标准

挡风玻璃设计中，玻璃表面与A柱之间通常存在不连续的小填缝，其中玻璃边缘延伸至A柱下方。团队在基本车型设计中考虑采用5mm填缝，他们将其与挡风玻璃和A柱平滑过渡（无填缝）的改进型设计进行对比。改进型设计

“Corning工程师想要确定哪种玻璃表面是最重要的玻璃噪声传输路径，以及更轻的玻璃材料是否会降低噪声。”

的预测结果显示，前侧窗的外部噪声降低多达5dB。除了修改几何结构，该团队还在60mph和30mph的空气流速下额外运行了两次仿真。不出所料，所预测的外部风噪声随车速的降低而减小。

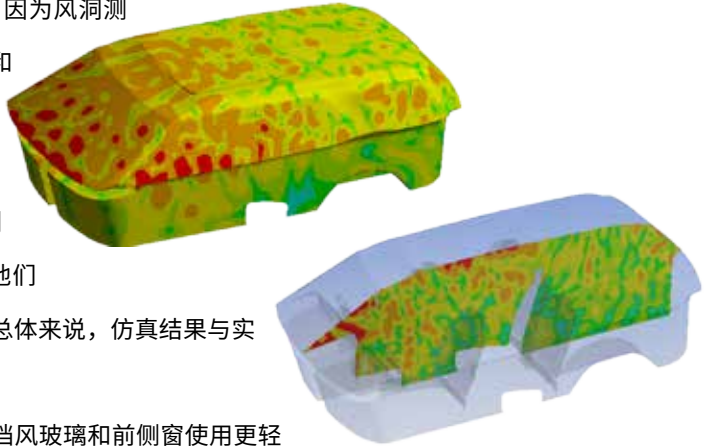


内部车厢几何模型（上图）与结构（下图）

噪声传输与传播

Corning团队将获得的外部SPL预测结果作为ANSYS Mechanical的输入，以进行振动-声学分析。工程师将压力映射到车身表面，以作为外部激励。团队为车厢边界和内部创建单独的网格，使玻璃表面被外部和内部几何结构共享。内部几何结构还包括座位、仪表板、变速箱和方向盘的结构几何体，以更好地反映声波的吸收和反射。最初，工程师考虑挡风玻璃和前侧窗使用钠钙玻璃(SLG)和聚乙烯醇缩丁醛树脂两层层压材料，车辆所有其他玻璃窗使用单片SLG材料。在典型频率(1kHz)下，谐波响应仿真预测：车前端的SPL更高，大部分噪声都来自挡风玻璃和前侧窗。ANSYS Mechanical分析的总仿真时间为300CPU小时，共有21个采样频率。

为验证仿真结果，团队将麦克风放在测试车辆中驾驶员的耳朵位置，以收集来自风洞的SPL测量结果。然而，因为风洞测量结果完全是内部SPL，团队还需要玻璃噪声和侧翼噪声的信息。在此次研究中，他们可以忽略轮胎和机械系统噪声对SPL的影响，因为测试车辆是静止的，而且没有启动。为研究侧翼噪声，团队又单独执行了一次风洞测试，他们遮住所有玻璃表面，然后得出内部总的SPL。总体来说，仿真结果与实验SPL数据在趋势和大小方面完美匹配。



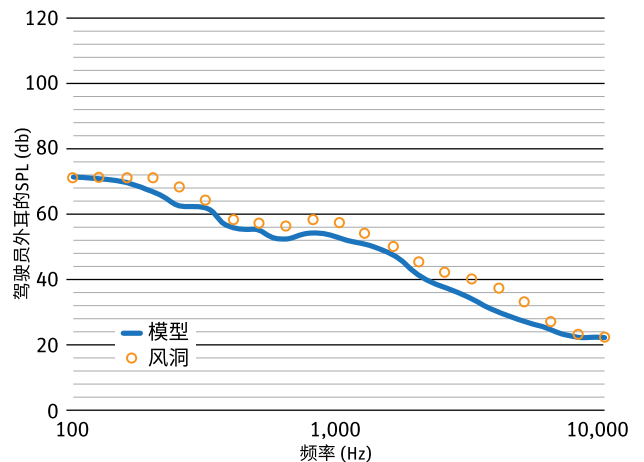
整体3D视图（上图）和横截面视图（下图）中显示了1kHz频率下的车厢SPL，红色和橙色表示最高值

作为一项附加测试，Corning分析了如果挡风玻璃和前侧窗使用更轻的混合层压材料（即使用更薄的Gorilla®玻璃材料替代内部SLG层）时会产生什么效果。尽管仿真显示玻璃噪声有所降低，但因为侧翼噪声才是高速状态下的主要噪声源，团队判断整体影响肯定很小。当使用SLG-SLG和SLG-Gorilla玻璃层压材料时，与标准的填缝过渡相比，使用挡风玻璃到A

“团队估计其设计与评估过程的效率将提高30%至50%，从而实现相同幅度的过程成本节约。”

柱的平滑过渡，会减少较低频率（500Hz以下）外部噪声条件下可感知的车厢SPL。

最后，Corning团队研发了一种具有强大分析功能的模型，用于研究整个车辆的噪声生成、传输与传播。利用这些初步结果，团队估计，其设计与评估过程的效率将提高30%至50%，从而实现相同幅度的过程成本节约。对于不同的车辆设计而言，尽管噪声传输路径的重要等级可能会有所不同，但这种通用的DAVA评估方法使设计人员能够集中精力进行最重要的玻璃装配和设计优化工作。▲



在不同噪声频率下，DAVA法的预测结果与风洞数据对比显示，在车厢SPL的趋势和大小方面完美匹配

参考资料：

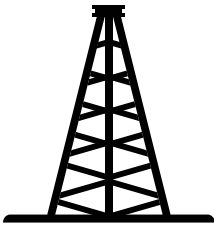
- [1] J.D. Power. jdpower.com/cars/articles/jd-power-studies/vehicle-dependability-study-top-10-problems-3-year-old-vehicles (01/11/2018)
- [2] Yu, C., *Automotive Wind Noise Prediction using Deterministic Aero-Vibro-Acoustics Method*, 23rd AIAA/CEAS Aeroacoustics Conference, AIAA AVIATION Forum, (AIAA 2017-3206).

搭建陆上 钻井场地的 坚实基础

采用箱板搭建的工作平台可用来将石油工人的设备提高到积水区域之上，但其使用寿命并未达到预期值，因此工程师求助于ANSYS仿真技术。新型箱板的研发时间缩短了90%，而且使用寿命是此前箱板的7倍。

作者：**Dewei Wang**，中国大庆中国石油天然气集团公司
大庆石油设备集团抽油机研发部工程师





场地选址是很多陆上钻井和生产项目中需要考虑的一项因素。如果场地处在沼泽地中或者临近河堤的区域，钻井工地会被积水（深达几厘米）包围，从而增加在该区域中工作的复杂性。积水会使工作条件变得不利，缩短设备使用寿命，并给周围环境造成负面影响。一种解决方案是修建地基，并且避免对环境产生较大影响。

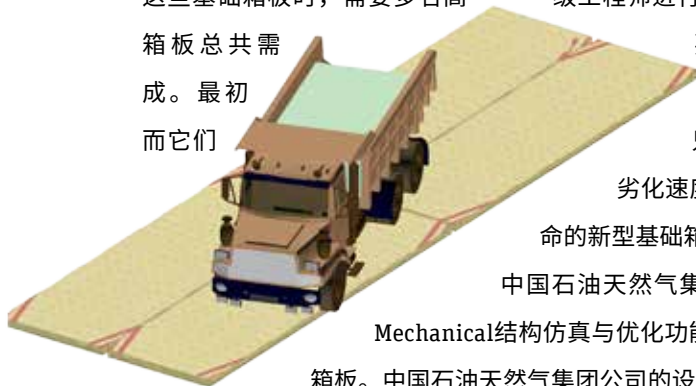
为了避免积水问题，世界第三大石油公司——中国石油天然气集团公司(CNPC)试图将作业季从夏季转为冬季，但这样会导致加热成本上涨，难以为继。另一种方案是用卡车运来数吨泥土，但这会显著增加项目成本，尤其是在2015年环保法律条例颁布后更不可行——其要求在钻井完成后将运入场地的所有泥土运走。

当前的解决方案是使用由硬钢筋网组成并用泥土填充的基础箱板。将箱板连接在一起形成一个平台，使工人和机械能够在场地中来回移动，同时保持在水面以上。基础箱板大幅减少了所需的运土量，因此优于前两种方案。

一个标准工作场所使用的平台由大约200个基础箱板连接在一

起而构成，覆盖现场所有必要的工作区域。这些箱板需要承载重达60吨的工人和卡车。最初设计这些基础箱板时，需要多名高级工程师进行手动计算，然后对大量原型进行实验。这些

箱板总共需
成。最初
而它们



经过仿真的基础箱板上的自动倾卸卡车

要数十位熟练工人花费近四个月的时间建造而的基础箱板设计的预期使用寿命是五年，然而只使用了两年左右的时间，原因是结构强度的劣化速度比预期得要更快。这就需要具有更长使用寿命的新型基础箱板。

中国石油天然气集团公司通过ANSYS Workbench利用ANSYS Mechanical结构仿真与优化功能，从而设计、测试、迭代并创建改进型基础箱板。中国石油天然气集团公司的设计团队首先在ANSYS Workbench中使用ANSYS DesignModeler设置基础箱板初始设计的尺寸，然后利用形状优化功能进行修改，以满足制造工艺的约束条件。他们使用ANSYS Mechanical的静态与模态分析模块执行线性屈曲分析，并确定每个箱板结构的载荷极限。工程师对设计进行优化，以获得强度、材料与制造成本之间的最佳平衡。箱板表面的钢板厚度是影响箱板结构强度和成本的最大因素。钢板厚度每增加一毫米，每平方米箱板的成本增加2.5%，重量增加125kg。ANSYS软件中的参数化功能可用于优化顶部钢板的最终厚度。

中国石油天然气集团公司的工程师采用ANSYS软件取代了

极为耗时而且成本高昂的手动过程，通过20次仿真即可实现设计和结构参数的自动化过程。结构

“积水会使工作条件变得不利，缩短设备使用寿命，并给周围环境造成负面影响。”



钻井场地的泥泞条件

“中国石油天然气集团公司的工程师采用ANSYS软件取代了极为耗时而且成本高昂的手动过程，通过20次仿真即可实现设计和结构参数的自动化过程。”

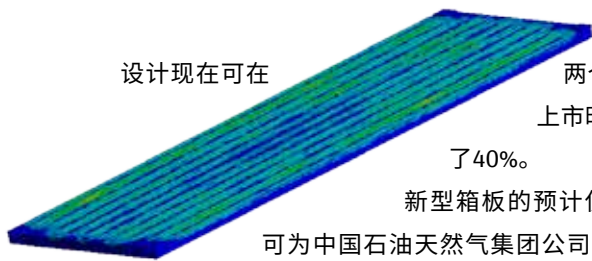


重型机械下方的四块基础箱板

悬挂强度载荷仿真可用于确定结构是否能支撑预期重量。

设计现在可在

两个星期内完成，研发周期缩短了近90%，而且箱板的上市时间比过去提前了三个月。单块基础箱板的重量减轻了40%。



总载荷仿真

新型箱板的预计使用寿命为15年，每年可为中国石油天然气集团在沙土采购和环保费用方面节省200多万美元。每块基础箱板的重量减少400kg，能为每个钻井场地节省70多吨钢材。这也意味着相关运输成本节省了6.8%。



ANSYS集成解决方案可帮助中国石油天然气集团公司更全面地分析并优化钻井场地所需的基础箱板，从而为其节省数百万美元的成本。现在的设计周期耗时仅为过去手动过程的十分之一，而且无需再用卡车将数千磅的泥土运入（并运出）每个钻井场地，从而显著减少环境影响。⚠️



基础箱板



用于结构仿真的智能策略
[ansys.com/structural-simulations](https://www.ansys.com/structural-simulations)

模块化 井口设计

作者: **Wen Chun Lee**,
新加坡WEFIC Ocean
Technologies Pte. Ltd
产品设计工程师

在石油天然气行业中，采用新加坡WEFIC Ocean Technologies公司的模块化井口系统有助于缩短井下设备的安装时间。由于采用多级系统来支持不同套管程序和工作压力，因此该模块化井口系统安全高效并且易于操作。WEFIC工程师采用ANSYS Mechanical对关键系统组件的设计备选方案进行评估，随后通过物理测试来验证有限元分析结果。这种方法可大幅减少所需的测试原型数量，在确保可靠性的同时将研发时间减少大约60%。

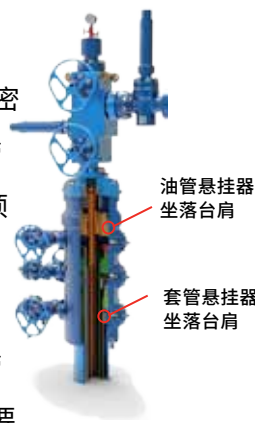


井

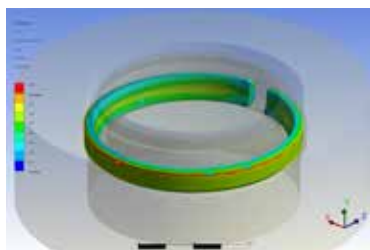
口位于石油或天然气井的表面，可充当悬挂点与加压密封口，便于在油气井生命周期的不同阶段将钻柱、套管线和生产油管下降到钻孔中。两种设备可连接到井口顶部，以用于控制表面压力：即钻井过程中的防喷器以及钻井结束后的采油树（用于控制井流量的阀门、配件

和四通）。井口的内孔包含台肩，其上面的套管与油管悬挂器可用于悬挂套管柱和生产油管。尽管这些台肩可以防止套管和油管悬挂器向下移动，但还是需要

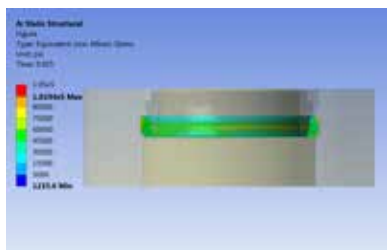
一个机械装置来抵抗向下钻进的压力，否则压力会迫使套管和油管悬挂器上移，其有可能损坏井口并导致密封泄漏，从而降低保压压力。解决此问题的最常用方法是使用锁紧螺钉来固定悬挂器。这种方法需要相当长的安装时间，因为需要安装和拧紧大量锁紧螺钉。



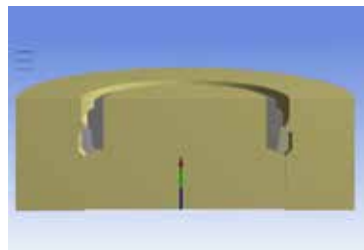
“采用ANSYS技术完成设计大约只需过去所需时间的40%。”



在最大载荷条件下锁环所承受的应力。



锁环应力结果的另一视图。



通过施加位移边界使锁环上移，即可产生与井口压力等级相匹配的反作用力。

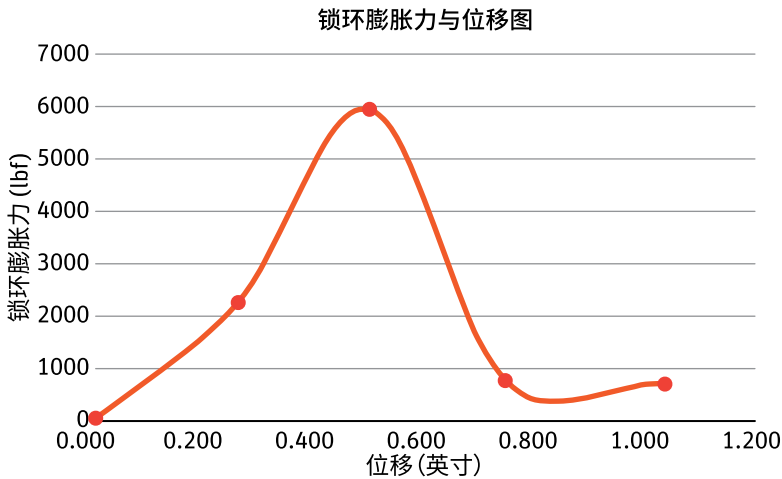
新加坡WEFIC Ocean Technologies Pte. Ltd. (WEFIC)致力于为油田工程行业提供高科技石油设备与技术服务。该公司的模块化井口(MW-1)同时适用于陆上与海上应用，通过采用锁环径向扩展，直至安装在井口的凹槽中，进而缩短安装时间。借助井口、立管和防喷器操作的工具可以实施安装。这样可以显著缩短安装时间，从而降低钻井费用。采

用该公司之前的构建测试法，设计新型井口的锁环将需要创建并测试2~3个原型，而每个原型大概需要两个月的时间。工程师估计，如果采用这种方法设计锁环大概需要六个月的时间。为了设计新井口的锁环，该公司采用ANSYS Mechanical在短短10周内就完成了非常接近成品的设计，只需要在原型阶段进行

最终的调整即可，这样可以显著加快产品上市进程。

锁环设计规范

根据井口型号，锁环必须可以承受3000~15000磅每平方英寸(psi)的压力所造成的向上力。3000~5000psi井口所用的锁环连接到井口的单个台肩，而



通过施加位移边界条件使锁环膨胀，即可获得最大锁环膨胀力。

10000~15000psi型号井口所用的锁环需要连接到多个台肩。所有这些型号井口采用的锁环都必须能够承受与井口压力等级相当的向上力，同时还必须在指定安全裕量范围内符合材料屈服极限。锁环从径向分开，一种旋转工具使锁环膨胀并进入井口孔壁的凹槽内。该工具需手动操作，因此使锁环膨胀所需的力值大小大约不超过200英尺磅。

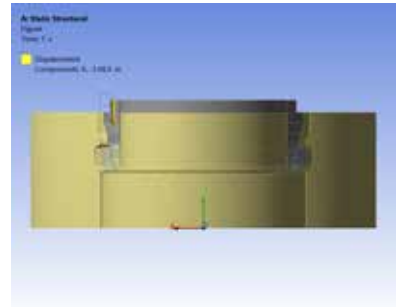
WEFIC工程师过去每次设计迭代时需要构建并测试一个物理原型，每次迭代大约需要2个月的时间。过去几年来，石油价格的走低迫使该公司寻求方法来提高设计过程中的效率。WEFIC与CAD-IT Consultants公司通力合作，使用ANSYS仿真软件来创建虚拟原型，这样可以减少需要构建和测试的物理原型数量。该公司采用ANSYS Mechanical有限元分析软件指导

5000psi与10000psi井口的锁环设计。

工程师将锁环材料定义为屈服强度超过100000psi的合金钢。他们需要同时计算锁环膨胀需要的力以及在锁环下面施加与井口压力等级相当的力时整个锁环的应力。为了实现上述目标，他们在仿真开始时移动锁环，使其能够径向膨胀。锁环完全膨胀后，则径向位移结束，此时即可记录锁环膨胀所需的最大力。然后采用另一个位移边界条件使锁环上移。当反作用力达到井口的压力等级时，停止仿真，然后评估锁环的应力与挠曲。

加快市场部署

首次设计迭代提供了可承受的膨胀力，但是应力值超出了设计目标。工程师通过改变锁环厚度值以及锁环接触井口时其外径横截面的



角度，创建了另外的设计迭代。通过连续10次迭代，他们把应力值降低到设计规范以下，同时减少了锁环的膨胀力和重量。

然后工程师构建并测试了一个原型。测试结果满足了全部设计规范而且与仿真结果非常匹配。利用仿真，工程师只用两周时间就完成了锁环设计，又用两个月时间构建并测试了原型。采用ANSYS技术能够在10周时间内完成设计，这大约只有过去所需时间的40%。根据钻井条件、钻井设计和套管程序，WEFIC模块化井口通过缩短安装时间能够大幅节约每口井的钻井成本。

ANSYS工具帮助WEFIC工程师实现了更简化的产品研发流程，并为公司客户提供经过优化的低成本解决方案，这些案例众多，不胜枚举，本文所介绍的只是其中之一。▲

WEFIC获得了ANSYS渠道合作伙伴CAD-IT Consultants公司的大力支持。



开启屋顶供热 机组热潮

在设计新型屋顶供热机组时，AAON工程师需要增加气流，同时保持与此前设计方案相同的封装。设计团队采用ANSYS计算流体动力学(CFD)软件计算了流经供热机组的热交换器中的气流，并且迭代设计以满足能效、气流和热传递的要求。与传统设计方法相比，此项目采用仿真技术可以节约60~80个小时的实验室工作。

作者：**Chait Johar**，
美国塔尔萨市AAON Inc.
项目工程师

AAON屋顶整体式机组集成了管式热交换器和空气处理系统，能够实现商业和工业建筑的高效供热。为了设计屋顶供热机组所采用的管式热交换器，工程师必须最大限度地提高管道中的热气与机柜中的空气之间的传热递。这样能够实现高水平的能源效率。此外，该机组还必须能够承受环境中的使用条件，同时最大限度地降低成本与尺寸。

过去，设计过程需要构建原型并执行物理测量，如：测量传送到机组中的气流的热量。在过去几年中，AAON逐渐转向采用前期仿真技术来优化气流和热传递，这些工作都在构建物理原型之前完成。仿真比构建和测试原型需要花费更少的时间，而且能够提供更全面的诊断信息，从而使工程师能够更快速地通过迭代获得精心优化的设计。AAON工程师实现了物理空间、换气和热效率目标，同时节约了60~80个小时的手动实验室工作。



AAON RQ系列屋顶机组具备出色的性能、灵活性与适用性。

热交换器设计挑战

在设计新型屋顶机组时，工程师必须提高换气能力，同事保持与前代产品相同的高效率和封装。热气进入热交换器，被分配到内部换热管，然后从机组中排出。新鲜空气进入机组为下一个燃烧循环提供氧气。热交换器的外壳将风机吹动的空气流引导到换热管。传统设计方法依靠手册公式和工程判断，其通常关注热气体和流经机柜的冷却空气之间产生对流热传递的表面区域。机组的传热能力与效率主要依赖于经过换热管的气流：气流应当围绕输送热气的换热管均匀分布。

构建测试法的主要局限是通常无法考虑流动几何特性，因此必须在流经机组的气流分布方面做出假设。由于传统设计过程本身存在误差，

在完成初始概念设计之后，很快就需要在实验室中构建原型并进行测试。上述过程需要大约8个工作日。在此阶段，相关结果很难达到产品要求，因此工程团队需要不断开展构建

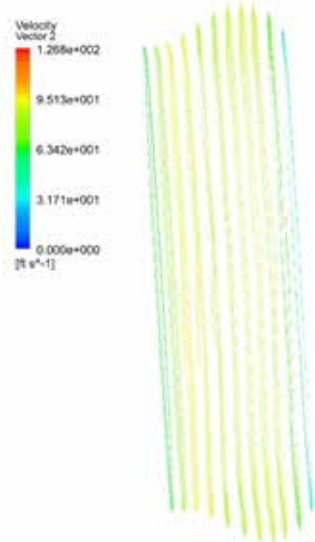
和测试原型的迭代过程。工程师在换热管外部放置

热电偶，用于准确测量原型的热性能。但是它无

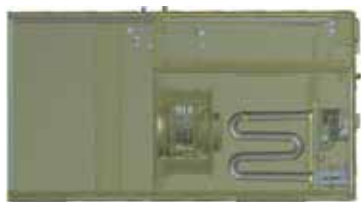
法准确测量换热管周围的气流，因此这些测

试能够提供的关于流型如何影响热性能的诊断

信息少之又少。



离心风机的轴向、径向和切向矢量分量可通过物理测试确定。



仅配备换热管（8根管）和风机的
机组框架

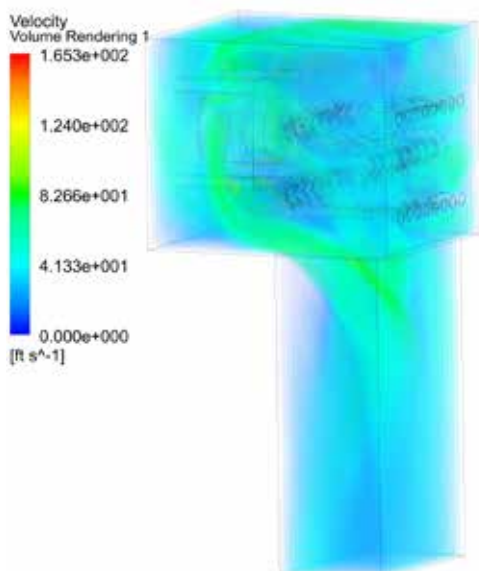
仿真驱动设计过程

AAON在过去几年中逐渐采用了新的方法，即工程师通过仿真技术能够以更少的时间评估更多的设计迭代。仿真可以提供更多的诊断信息，而且可以快速迭代，直到获得精心优化的设计方案。在设计新型RQA-B屋顶机组时，工程师需要通过与现有机组相同封装但是更高的机组来输送更多热量和空气。新机组必须达到81%的能效并在所有销售区域得到认证。

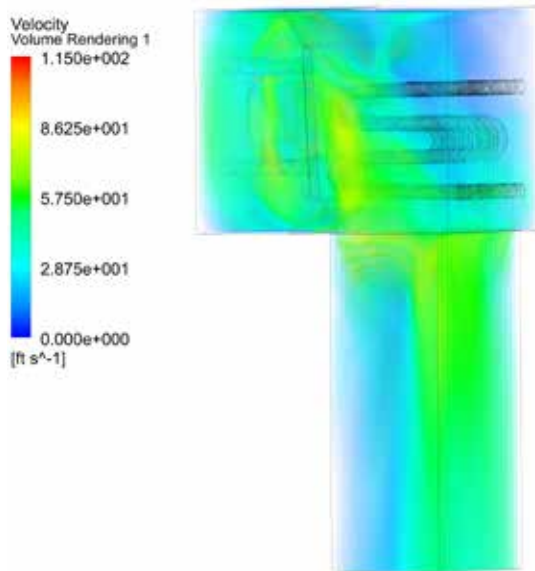
工程师创建了初始设计迭代，而且在ANSYS CFX计算流体力学软件

“仿真比构建和测试原型需要花费更少的时间，而且能够提供更全面的诊断信息，从而使工程师能够更快速地通过迭代获得精心优化的设计。”

中建立了机组模型。蒙大拿州立大学波兹曼分校的一名硕士生采用物理测试方法确定了不同离心风机尺寸和速度所产生的气流的轴向、径向和切向矢量分量，其中离心风机尺寸和速度是到风机旋转轴的距离的函数。这些值可用作CFD模型中的边界条件。壁面函数法可用于模拟更少单元数量的边界层特征。在换热管附近的流体域采用膨胀层可提供足够精细的网格，进而准确捕获此区域，该区域的气流速度、压力和温度发生快速变化。尤为重要的是需要将网格的第一个节点布置在换热管末端。基于被称为 y^+ 的



初始运行显示了空气离开风机并离开机框。
大部分空气并未流经换热管。



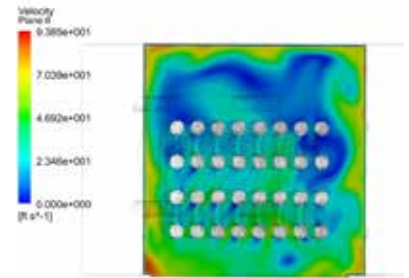
增加挡板可改变气流方向并改善气流分布。

局部单元流速的无量纲距离可以确保此区域达到容许的仿真精度。由于本例采用了k-ε湍流模型，因此建议采用低于100的y+值。AAON工程师调整了网格，以确保y+低于100。

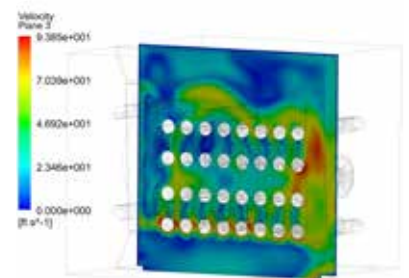
AAON减少物理原型

仿真结果表明，初始设计的能效远远低于所要求的水平。此外，AAON工程师也创建了初始设计的原型，并且采用它来验证仿真结果。AAON工程师从机柜和换热管中的气流与温度分布可以看出，流经换热管的大部分气流并未与其接触就流出口。根据上述结果，AAON工程师在机柜中增加了挡板，以改变之前绕过换热管的气流的流向。利用仿真技术，他们能够以数字方式探索不同挡板位置与几何结构以及换热管相对于薄板的不同位置。

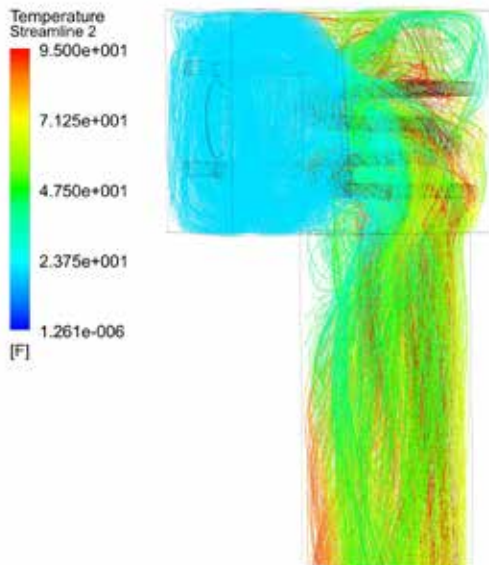
每次仿真在单核上需要运行6-8个小时，因此AAON工程师在晚上下班时可以设置执行多次运行。他们目前采用4核计算机，从而把求解时间缩短到1.5~2个小时。工程师根据流动仿真结果迅速迭代出一款可以更高效地将空气引导进机柜的设计方案。流经换热管表面的空气平均流速提高了近25%，而且以相同流速经过机柜时流出口的温度提高了好几度。工程师构建了优化设计方案的原型，其结果与仿真结果非常匹配，能够达到82%的能效。AAON目前正加大新型屋顶机组的生产并准备投放市场。AAON测试实验室经理预计，在此项应用中，仿真技术节约了60~80个小时的物理实验室工作，这意味着节约了大笔的成本。与采用构建测试法相比，仿真能实现更快的产品上市进程，进而提高营收。⚠



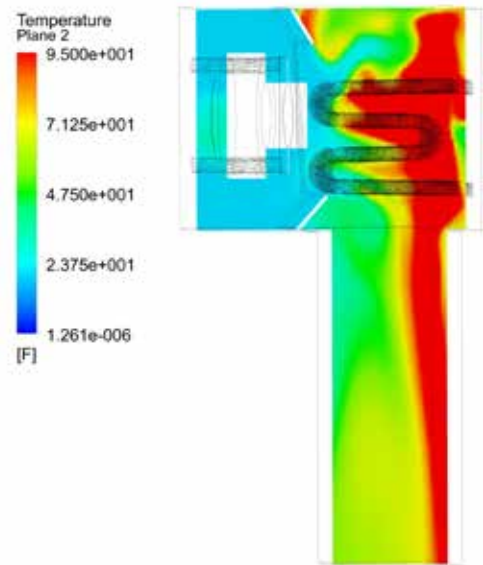
初始设计的流速图显示大部分空气流经机柜外围。



增加挡板的最终设计方案的流速图显示更多的空气流经换热管。



流线显示出整个机柜的温度变化。



机组横截面的温度显示了空气温度在机柜下游升高。

仿真新闻

ANSYS 19.1助力解决产品复杂性和提高生产力

ANSYS® 19.1帮助工程师以前所未有的快速步伐研发各种突破性产品，包括自动驾驶汽车、更智能的设备以及多电飞机等。从结构到流体，从系统、半导体到电磁，整个业界领先的产品组合均实现了功能改进，老客户将会发现求解时间显著缩短，新客户则能充分发挥最先进的功能优势。ANSYS 19.1帮助工程师解决复杂性并提高生产力，让工程设计团队能够针对各种不同的应用领域获得更准确的答案，从而不断推广仿真技术的应用。



19.1
RELEASE

实时数字探索

Neuelectronics, 2018年2月

ANSYS Discovery Live商业版帮助全球成百上千万名工程师满怀信心地开展快速、低成本的实时设计。Discovery Live旨在推进无所不在的工程仿真技术，帮助工程师在设计流程早期阶段提出假设性问题，从而快速探索成千上万种设计选择，并立即获得反馈。



ANSYS收购增材制造仿真领先企业3DSIM

3DPrint.com, 2017年11月

ANSYS已收购了金属增材制造领域的领先仿真软件开发商3DSIM。此次收购促进双方仿真解决方案的充分整合，使其成为业界当前唯一的增材制造综合仿真工作流程。增材制造正在快速发展，并成为工程市场领域中实现突破性变革的细分市场。

青少年奇思妙想改进磁共振成像技术

CBC, 2017年10月

高中生正利用ANSYS仿真技术研发面向无创血液检测的MRI技术。利用MRI技术，学生们无需穿刺皮肤即可确定血液成分。

.....

增材制造为供应链革新带来机遇

Auto Tech Review, 2017年10月

ANSYS首席执行官Ajei Gopal在接受采访时探讨了无所不在的工程仿真、增材制造和汽车业宏观大趋势。

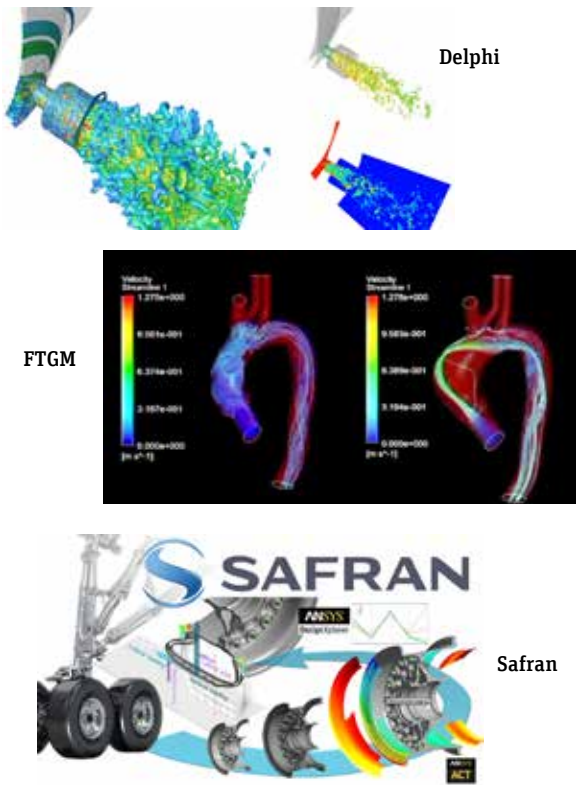
“仿真技术现已覆盖整个产品生命周期。这不仅限于验证阶段。”

—Ajei Gopal博士，
ANSYS首席执行官



2018年ANSYS名人堂展示了无所不在的工程仿真技术

每年的ANSYS名人堂竞赛都会吸引来自全球各地的不同机构，并为大家呈现出ANSYS软件的精彩使用案例。从大型跨国公司到小的创新型初创公司，整个商业世界都在积极利用工程仿真技术，进而向市场快速推出可靠的产品。学生、教师和学术研究人员也在使用仿真技术，以扩展其工程知识。



CAE转向高性能计算

2017-18年HPC年刊，2018年1月

ANSYS的Wim Slagter在接受采访时介绍了HPC技术对计算机辅助工程的重要作用。随着HPC领域的障碍不断减少，越来越多的公司都开始采用这种技术。

“HPC正在帮助制造商削减成本，产生新的营收来源，这是因为他们现在能够设计出此前无法想象的全新产品。”

— Wim Slagter,
ANSYS HPC和云联盟总监



ANSYS初创公司计划为大众提供低成本的CAE、HPC和云端解决方案

Engineering.com, 2017年10月

Rescale和ANSYS积极推动仿真和云端计算计划，旨在帮助初创公司以较低成本快速向市场投放创新型产品。



免费的ANSYS模型基准

《数字工程》，2017年10月

为明确结构力学或流体动力学模型在HPC系统（而不是工作站）上的性能，ANSYS与HPC合作伙伴通力合作。通过该合作计划，您可对您的模型进行基准测试，从而确定需要何种硬件解决方案才能获得软硬件投资的最佳回报。

ANSYS助力法拉利赢得耐力赛桂冠

Today's Motor Vehicles, 2017年12月

法拉利采用ANSYS计算流体动力学(CFD)解决方案实现出色的空气动力学性能，以保持业界最佳的轮胎耐久性，从而连续第5次、总共24次夺得WEC制造商冠军。

“ANSYS帮助我们的团队在每一圈之间快速测试多种不同配置，并提供准确的信息，从而帮助我们的团队实时提高速度和可靠性。”

— Ferdinando Cannizzo,
法拉利GT组别竞赛技术协调人



ANSYS中国

售前咨询热线：400 819 8999

售前咨询邮箱：info-china@ansys.com

ANSYS

19.1

无处不在的工程仿真

ANSYS 19.1可提供更高的速度、准确性和性能，
有助于应对产品复杂性和加速创新。

如欲了解更多详情，敬请访问：ansys.com/19.1