

ANSYS®

Excellence in Engineering Simulation

# ADVANTAGE

2017年 | 第3期

聚焦**电子与电磁场仿真**



ANSYS官方微信

- 10 确保电磁合规性
- 24 交叉信号
- 50 ANSYS Discovery Live

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](mailto:info-china@ansys.com)  
官方网站：[www.ansys.com.cn](http://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](mailto:info-china@ansys.com)

## 铺平电子设备未来之路

电子设备在我们的日常生活和商业世界中日益普及，设计的复杂性也随之大幅提高，如果不采用高级电子仿真技术研发出可靠产品，我们就无法创造繁荣昌盛的生活。



作者：**Lawrence Williams**，ANSYS电子产品管理总监

电子设备无处不在！毋庸置疑，智能手机和计算机是我们生活中最常见的例子，而且，汽车、银行业、飞机、零售以及众多其他应用中也不乏电子产品的影子。物联网(IoT)方兴未艾，现在的家用电器甚至也实现了电子控制与联网功能。在享受电子产品所带来的便利与高效的同时，我们也越来越依赖嵌入式电子系统。如果这些系统出现故障，不但会带来不便，而且会导致业务问题，在某些情况下甚至造成个人安全问题。因此，生产稳健可靠的系统的重要性日益突出。高级电子仿真可以实现设计探索，其不但面向普通的运行功能，而且还能针对产品整个生命周期的可靠运行能力。

现代电气仿真技术可以提供面向电子与机电设备的数字原型与设计探索。工程师利用仿真技术能够实现成本更低、更可靠的高性能产品，在经过全面彻底的检查后，这些产品在生产或部署过程中不会出现电气、热或结构方面的意外情况。最高级的仿真技术把实际物理场建模与电路及系统结合在一起，这些电路及系统可用于高速、高密度印刷电路板及装配体、天线及无线系统、能量转换以及机电设备。数字原型可用于确定设计要求的虚拟合规性，而且能够为工程师带来真知灼见，帮助工程师设计满足当今需求的产品，同时创造出面向未来的自动化程度更高、移动性更强和更具创造性的发明。

### 我们的无线世界

5G连接功能有望为每个人带来速度更快、更稳健可靠的移动计算体

验。这些应用具有极其艰巨的设计挑战，但是其能够从仿真技术中受益。

在享受毫米波技术的成果之前，首先需要扩展Sub-6 GHz系统，使其能够利用频带聚合通过现有基础设施获得5G速度。其需要多个射频同时运行，这样会造成串扰和热问题，不过可以借助仿真技术提前解决。随着毫米波技术的出现，工程师将能够利用仿真解决温度敏感性、效率以及电路密度等挑战。

5G和IoT产品的连接性将会需要大量天线与无线系统。电磁仿真使工程师能够选择、设计和集成面向IoT系统与环境的天线。IoT供应商将需要集成度更高的可编程子系统，以便简化系统集成商的采用过程，而其中关键是让解决方案变得更易于采用。具备自动化设计流程的仿真技术可以加快仿真技术在企业中的普及。

### 实现业务变革和打破壁垒

高级仿真技术是大部分开拓型企业的核心驱动力。行业领先者采用多物理场仿真技术弥补工程学科之间的差距，同时能够从真正的系统角度设计产品。电子设备必须能够在电气、热和机械等领域中运行。电子系统温度升高时，它们会罢工。它们有时需要在恶劣环境中运行。多物理场仿真方法可以帮助企业解决高频、高速电子与机电系统中的上述挑战。采用多物理场系统工程方法，可以让平庸设计和真正的鲁棒性设计高下立判。

### 运筹未来

未来的电子产品创新所需要的平台，必须使工程师能够仿真和设计完整的电气与电子产品，同时还包含所有必需的物理场与系统效应。这可能包括小到复杂集成电路的简单细节，大到诸如汽车这样的完整产品。行业领先的企业依赖仿真技术，而其中大部分企业与ANSYS合作实现了流程自动化，以便更多工程师能够发挥实际物理场的优势。利用统一的平台，电气工程师能够真实展现电气、热与结构性能，同时与机械工程师共享模型，以便进行更严格的测试。

本期《ANSYS Advantage》将介绍电磁场仿真的一些重要发展，以帮助您实现设计创新。▲

# 目录

## 聚焦电子与电磁场仿真

### 4

#### 最佳实践

### 利用电子产品 推动创新

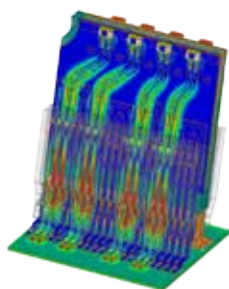
领先电子企业利用工程仿真降低能耗、避免干扰其它设备并缩短研发时间。

### 10

#### EMI/EMC

### 确保电磁合规性

通过结合全波频域与电路仿真，STMicroelectronics能够在构建物理原型之前确定电磁干扰/电磁合规性以及电磁共存问题。



### 14

#### 高速电子产品

### 高速互连解决方案 的深度通道分析

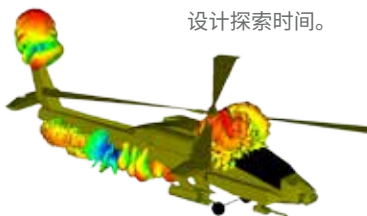
工程师利用仿真技术设计和优化旨在覆盖整个信号通道的新一代高性能互连解决方案。

### 18

#### 安全与国防

### 增强的隐藏武器 检测技术

为了研发机场使用的新一代毫米波全身扫描仪，研究人员利用仿真能够缩短设计探索时间。



### 21

#### RF和无线

### 确保复杂无线环境中 的天线性能

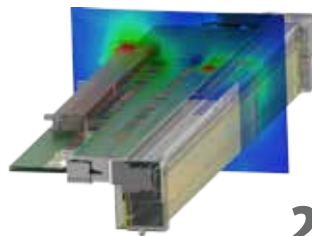
通过在研发早期阶段确定有可能发生干扰的位置，企业能够减少后期修复问题的成本和风险。

### 24

#### 信号完整性

### 交叉信号

工程师缩短高速印刷电路的信号完整性分析时间。



### 27

#### 信号完整性

### 完全贯通

当发现意外串扰来自存储器电路板的BGA通孔时，工程师利用仿真解决了此问题。

### 30

#### 优化天线设计

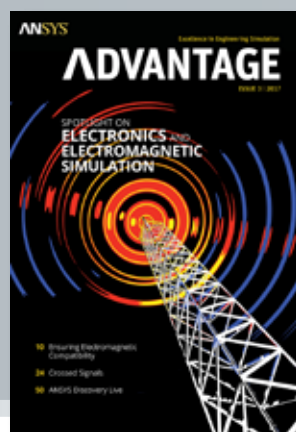
### 优化天线设计

利用工程仿真、大规模计算和3D打印技术，Optisys大幅降低了天线尺寸和重量，同时缩短了研发时间。

## 关于封面

本期《ANSYS Advantage》将介绍电子与电磁场仿真领域的一些重要发展，以帮助您实现设计创新。

图片提供：RUSSELL KIGHTLEY/SCIENCE PHOTO LIBRARY



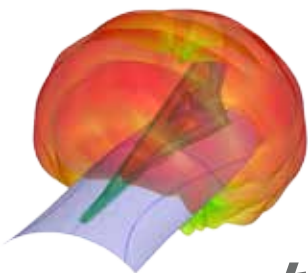


# 34

## RF和无线

### 内部机载天线

工程师研发安装天线的新方法，以节省燃料。



Simulation@Work

# 38

## 汽车

### 破解喷油难题

Delphi工程师设计一款喷油嘴，旨在通过正确的喷射模式喷出液滴，以优化发动机的性能。

# 42

## 航空航天与国防

### 减轻航天器燃料晃动

空客工程师必须减少燃料晃动，以最低的成本和重量代价实现姿态控制。

# 46

## 电气化

### 设计电动电机

为混合动力汽车和电动汽车设计最佳定制发动机时，需要将电子和机械组件作为一个完整系统进行设计和测试。

部门

# 50

## 解决方案

### ANSYS Discovery Live: 实时仿真的革命

随着ANSYS Discovery Live的问世，仿真不再需要耗费数小时或者数天时间，而是即时完成。

# 54

## 解决方案

### 意义重大的仿真结果

利用ANSYS EnSight, Astec把来自不同仿真工具和不同设计方案的结果综合在一起，使这些数据获得了重要价值。

# 57

## 最佳实践

### 改善通孔设计

信号完整性工程师利用仿真验证频域和时域性能是否满足设计要求。

# 60

## 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

## ANSYS Discovery Live



### 面向设计师的实时快速仿真工具

无须关注几何模型修复以及网格划分；全新的基于GPU并行的求解器，即点即得分析结果

### 简单、易学、易用的操作环境

沉浸式的交互环境可以快速更改模型、计算输入、查看分析结果；形象直观的定量、定性结果呈现方式

### 轻量化的设计优化工具

缩短仿真、设计迭代周期，快速改进设计

### 主要功能

#### 外流场

- 流线、颗粒流、线积分卷可视化流线
- 实时监控空气动力及力矩的变化
- 气动外形快速更改、计算结果同步更新

#### 内流场

- 观察压降以及流量特性随设计方案的响应
- 快速评估扩散效应

#### 传热

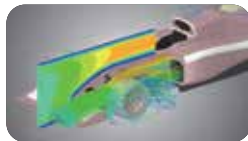
- 涵盖导热及对流换热过程

#### 结构

- 快速理解结构的缺陷及优化方向
- 根据应力分布、实时比对设计方案
- 模型快速修改、计算结果同步更新

#### 模态

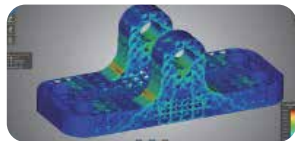
- 实时计算结构固有频率



自由的建模及几何修改



快速定义边界条件



复杂几何，结果瞬间可得，仿真和结果显示时间小于1秒

当我第一次见到Discovery Live, 我就被它强大的功能深深吸引了。我认为DL改变了仿真工作的游戏规则，它极大地帮助我们实现了设计建模及仿真的协同化。它更能帮助我们的设计人员及产品专家理解与改进方案，释放他们的潜力。

— Bob Tickle  
结构动力学分析总监, R&T公司

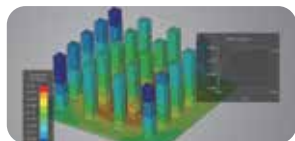
### 配置信息

- 基于Kepler, Maxwell, 或Pascal架构的英伟达显卡；
- 强烈推荐Quadro及Maxwell2000以上架构；
- 至少4GB显存, 推荐使用8GB以上显存

### 产品试用

- 试用客户端下载：  
<https://discoveryforum.ansys.com/t/631h18/downloads>
- 在线试用：  
<https://discoveryforum.ansys.com/t/8018dn>

更多信息请查看：[ansys.com/discovery](https://www.ansys.com/discovery)



高度灵活的图形界面

全球很多设计师, 科学家, 工程师都依靠Ansys来准确预测他们的产品性能。Ansys Discovery Live无懈带给仿真群体以福音。DL完美地结合了英伟达显卡以及统一计算架构的并行运算能力, 从而实现了实时设计实时仿真。我们将与Ansys一起, 突破一个又一个新产品设计研发中的难关。

— Bob Pette  
专业可视化副总裁

# 利用 电子产品 推动创新

电子产品如今遍布我们所处的世界。从电机、高速电子设备、天线到无线通信，相关需求在不断增长。不过，由于要满足降低能耗、避免干扰其它设备以及缩短研发时间等要求，设计一款能够在现实中可靠运行的创新产品变得愈加困难。领先企业利用工程仿真快速向市场推出能够满足甚至超越期望的创新产品。

作者：Mark Ravenstahl，ANSYS电子产品业务部战略合作伙伴与业务发展技术总监

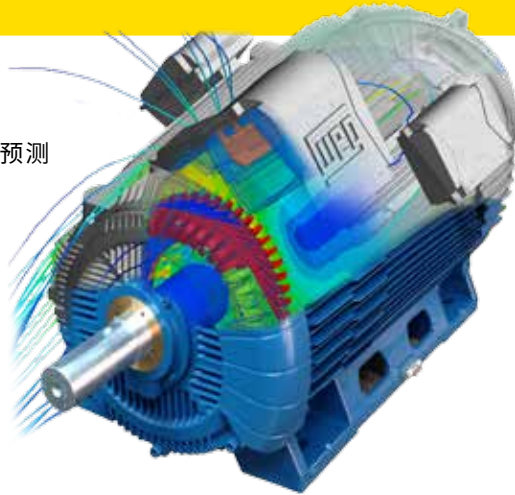
# 高

性能电子产品能够推动各个行业实现一些最杰出的创新。高级辅助驾驶系统(ADAS)、物联网(IoT)、5G通信、混合动力推进系统等开拓



性发明需要采用高级电磁场仿真技术，因此领先企业能够借此设计与优化产品，并且实现产品的快速上市。在把射频(RF)及无线通信组件集成到紧凑封装时，工程师需要评估系统密度的影响，以满足更小的尺寸需求并提高电源效率。汽车、飞机和船舶的电气化需要借助新的设计思维方式，使电机与电子设备等工业组件突破其传统限制。

工程师利用精确仿真可预测其设计方案的详细性能并实现创新产品。ANSYS提供具有强大创新功能的一流产品，其中包括集成平台和、业界最佳的单物理场和综合多物理场，以推动计算机仿真的发展。我们面



向电机、高速电子与RF/无线通信的最新电磁软件创新能够继续帮助工程师按时实现功能和可靠性目标。

WEG电机展示了虚拟设计如何实现实际创新。借助ANSYS仿真技术，WEG可提供最佳能源效率、超低噪声和超过10万小时的轴承使用寿命。

## ANSYS创新：

### 综合多物理场工作流程

为了提高电机效率，ANSYS Maxwell软件能够针对机械执行严格的性能计算，包括线性平移与旋转运动造成的运动感应效应、高级磁滞分析、永磁体的去磁以及其他关键电磁机械参数。通过ANSYS Workbench平台，Maxwell可与ANSYS Mechanical、ANSYS Fluent或ANSYS Icepak联合使用，并且共享相同的CAD源，以执行应力、热、CFD及声学分析。在详细分析所有影响电机效率的因素时，需要使用这些多物理场功

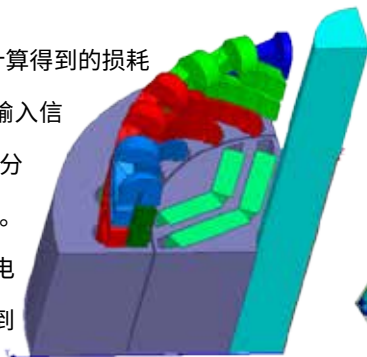
## 电机设计

在ABB的一项研究中指出，电机耗电量占全球工业耗电量的三分之二，其相当于全球总耗电量的28% [1]。这代表着巨大的能量，因为全球每年耗电量接近24000太瓦·时[2]。电机效率提高1%可以节约的能量相当于8100万辆油罐卡车（每辆装载9000加仑的燃料）的汽油。这些18轮卡车如果车尾相接足够绕半个地球。显然这种能源节约很值得探究。ANSYS仿真软件可以帮助电机设计人员优化设计并提高能效。

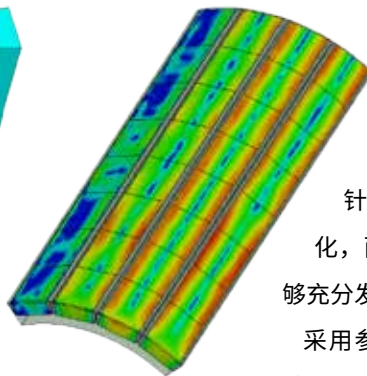




能。例如，Maxwell计算得到的损耗可以用作CFD软件的输入信息，从而计算温度分布并评估冷却策略。Maxwell计算得到的电磁力和扭矩可以输入到ANSYS Mechanical，用于分析变形以及进一步评估潜在振动。



最终效果



分组磁体

电机3D效果对最终产品的性能有巨大影响。

ANSYS平台独有的深度多物理场分析，有助于实现能够大幅降低功耗的机械设计。

型。ANSYS软件提供多种突破性数值求解器和HPC方法，其已经针对单台多核机器进行优化，而且具备可扩展性，能够充分发挥集群的全部功能。

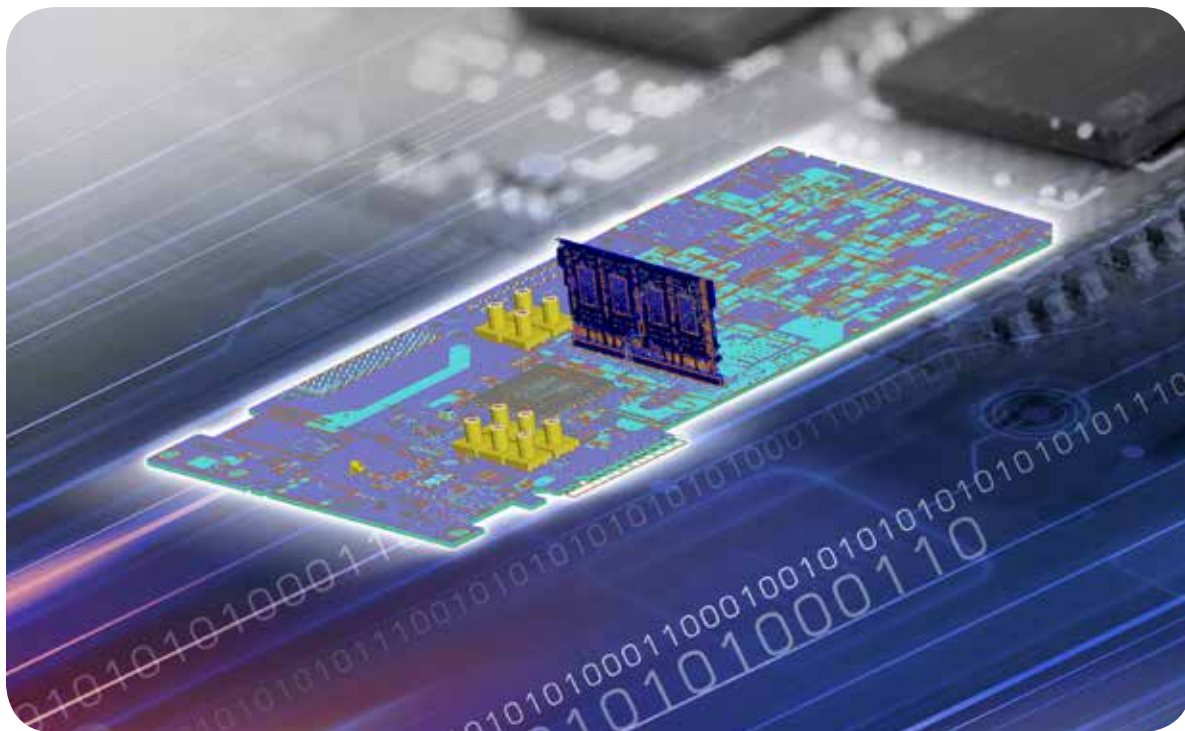
采用参数化分析的设计探索在扩展到集群时可以得到显著加速。电机尺寸、驱动电流、速度、扭矩载荷和所有其他仿真参数都可以在众多设计点进行评估，而且可以同时多个内核上进行求解。ANSYS Maxwell中的全新时域分

“汽车、飞机和船舶的电气化需要借助新的设计思维方式，使电机与电子设备等工业组件突破其传统限制。”

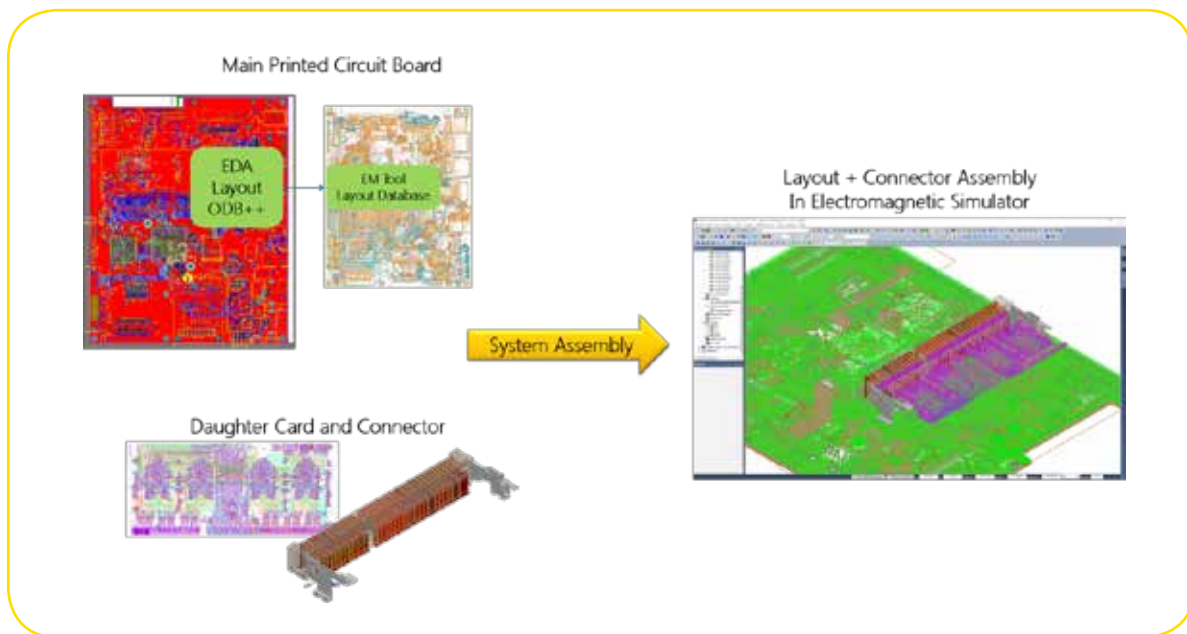
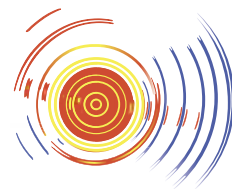
### ANSYS创新：高性能计算

工程仿真领域最重大的发展之一是高性能计算(HPC)。企业现在利用数十、数百甚至数千个计算机节点，以更快速度和更高保真度来仿真更多更大的模

解法(TDM)可以充分发挥现代计算集群的优势。TDM提供的计算能力和速度，可用于执行面向电机、平面磁性组件和变压器的完整瞬态电磁场仿真。这样工







笔记本电脑集成系统装配体的三维布局，将其主印刷电路板布局与边缘连接器及子卡连接在一起。

工程师就能够同时求解（而非顺序求解）所有时步，并且将时步分布到多个核、联网计算机和计算集群上。TDM可以在设计阶段实现完整的3D仿真，从而支持在数小时内探索和研究的常用细节，如：绕组最终效果或分组磁体。最终可以显著提高仿真容量与速度，使工程设计团队能够在研发早期阶段探索更多选项，从而降低功耗和满足其他规范要求。

## 高速电子设备

自IC设计受到平版印刷制造工艺的约束之后，自动化电子设计一直在向前发展。当综合考虑布局和设计时，由于信号上升时间短、传输线路效应和串扰等因素，电子信号传输速度会提高，同时信号完整性会给电气工程师带来挑战。这就需要电磁建模。针对当今的高封装密度、快速信号传输和高频率，必须联合部署面向布局和电磁学的工具，以获得最佳性能与可靠性。电路和系统分析现在是更广泛的EM装配体解决方案的组成部分，而非驱动因素。瞬态电路分析可以直接从布局运行，因此电气工程师可以利用IC封装、

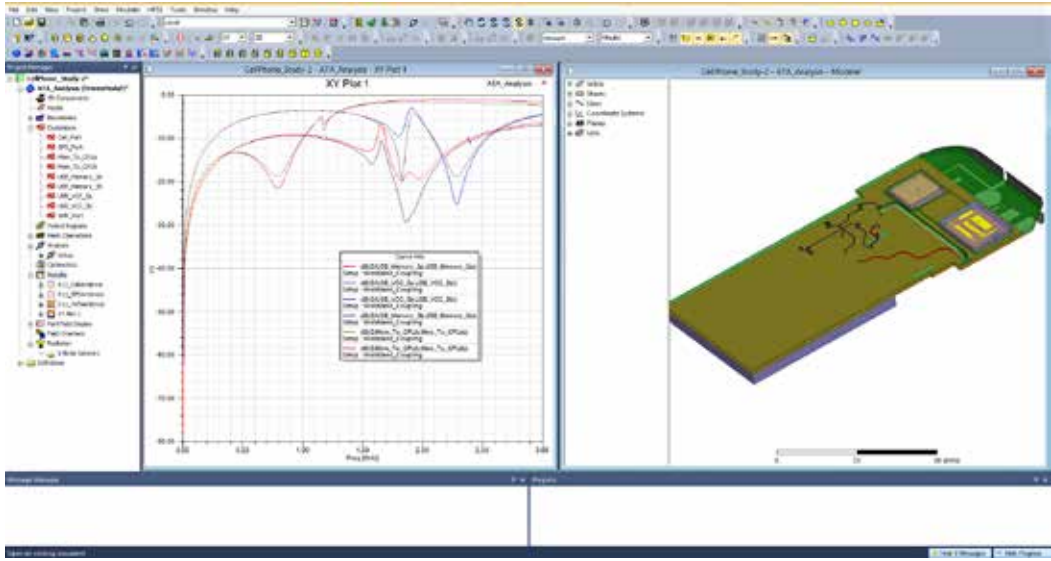
印刷电路板、连接器和电缆以虚拟方式组装数字电子系统，然后利用适当的技术执行系统分析。

## ANSYS创新：装配体建模、3D组件和自动化

电气工程师一直采用基于原理图的设计，以此来连接面向印刷电路板、IC封装和组件的模型。这种方法非常适合相对简单的设计，但是对于规模更大、复杂度更高的设计来说，这个过程就会变得冗长乏味而且容易出错。工程师仅仅漏掉单个节点的一个点对点连接，就会导致仿真结果出错。

布局驱动的装配体是一种优异的方法，因为它无需通过组装单独组件的实际3D模型来创建原理图。基于布局的环境在将组件布局到电路板时可立即建立所有电气连接，因此非常适合创建高级3D电磁仿真的模型。这样可以简化几何模型设置，使工程师能够从布局启动完整的电气电路仿真。

 **ANSYS HFSS: ANSYS Electronics Desktop**  
中的布局驱动的装配体  
[ansys.com/electronics-desktop](https://www.ansys.com/electronics-desktop)



ANSYS HFSS中的智能手机仿真。左侧显示了天线与组件的跨频谱耦合，右侧显示了3D几何模型。HFSS可在较宽的频率范围内预测已安装天线的性能以及天线与信号在PCB上的耦合。

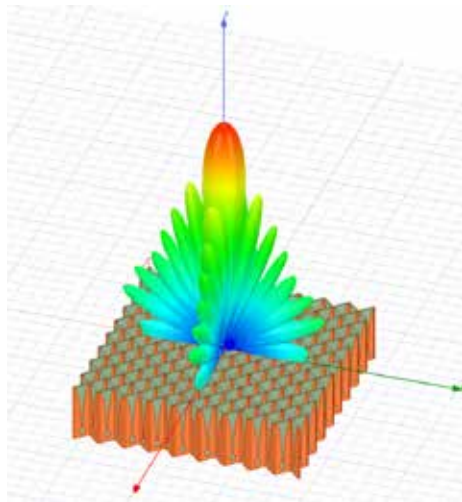
### RF和无线

天线是确保无线设备具有优异性能的关键所在，而且对实现IoT、自动驾驶等创新至关重要。在现代无线世界中，设备需要多个天线支持各种无线业务以及多输入多输出(MIMO)处理功能，而且在办公室、住宅、汽车等大型复杂电磁环境中必须能够在其他电子设备附近可靠运行。最新ANSYS产品创新可帮助行业领导者设计可靠的天线，无论其尺寸或最终应用如何。

#### ANSYS创新：天线综合与已安装天线的性能

ANSYS HFSS高频电磁场软件可优化天线设计的综合、设置与分析。它使每位工程师、甚至那些不具备天线专业知识的工程师都能够创建和优化天线设计与集成。ANSYS HFSS SBR+是一种面向HFSS的、功能强大的射线跟踪法(SBR)电磁场

求解器选项，可针对电大尺寸平台上已安装的天线执行性能分析。在HFSS中单独创建的天线设计能够以数字化方式布置到电大尺寸平台，而且可以作为矩阵通过HFSS SBR+进行快速求解。这种强大的组合能够分析已安装的性能并优化天线布局。

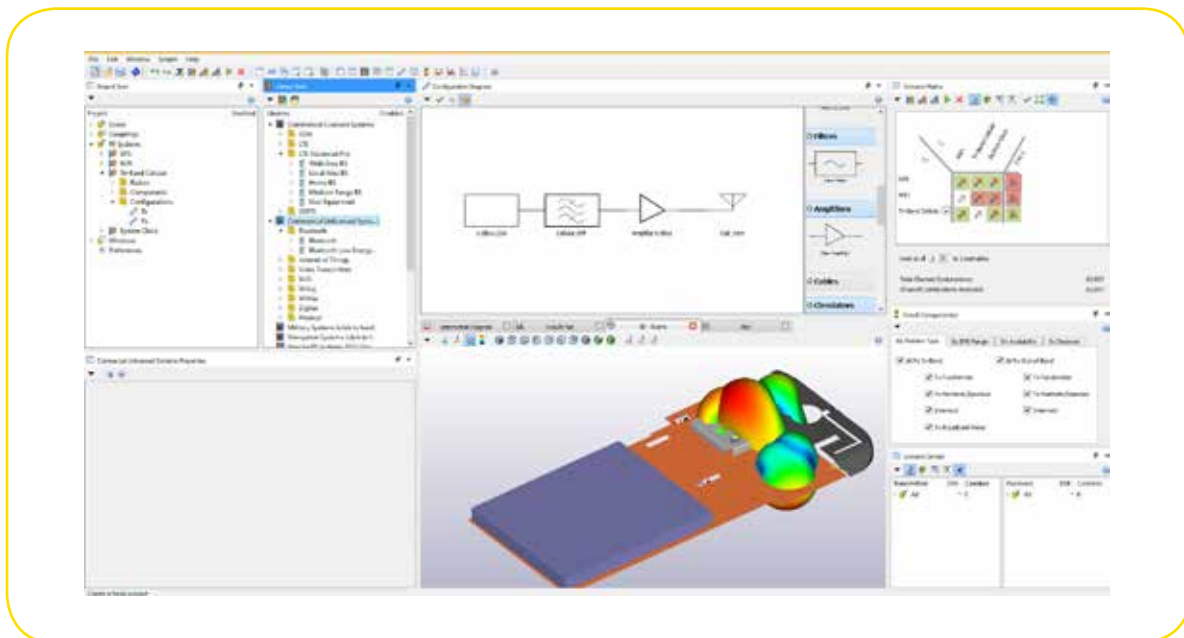
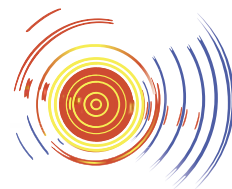


#### ANSYS创新：RF共址预测

随着无线设备数量增加但是其运行频谱保持不变，这些通信系统更有可能相互干扰并劣化相邻系统的性能。ANSYS RF Option现已包含ANSYS EMIT。这是一款行业领先的软件，可用于预测多个无线电发射器和接收器的RF共址与EMI干扰问题。

HFSS提供的平台与天线耦合信息可通过强大的链路自动传输到EMIT。设计人员利

 Maxwell时域分解法可加速瞬态电磁场仿真  
[ansys.com/time-decomposition](https://ansys.com/time-decomposition)



ANSYS EMIT是一款用于在复杂RF环境中评估系统性能的独特RF干扰工具。此处所示的EMIT桌面包含HFSS模型、无线电电路以及位于右上角的独特情景矩阵。情景矩阵中的红色方框表示必须解决的严重RFI问题，而绿色方框则表示没有问题。

用EMIT中的无线电电路元件库与行为模型能够快速配置RF系统，以模拟它们在现实工况下的性能。这包含来自其他无线电设备的干扰以及来自手机电路的无意辐射。软件可以提供用于诊断互调产物等复杂问题的相关工具。相互作用图表可以显示所有干扰的准确路

虽然仿真过去只是专家的独享领域而且主要用于验证工作，但是高级自动化功能可以让产品研发团队在研发过程中提前实施更多仿真，从而快速评估设计变更。

“ANSYS RF Option现已包含ANSYS EMIT。这是一款行业领先的软件，可用来预测多个无线电发射器和接收器的RF共址与EMI干扰问题。”

径，有助于确定问题的原因。在确定问题后，可以对缓解措施进行仿真，以评估其效果，最终帮助工程师实现情景矩阵所示的无干扰设计。

### 展望未来

未来的电子产品创新将会非常广泛，而且会应用到众多行业。为实现上述创新，工程师亟需一款能够包含全部所需的物理场和系统效应、并且支持仿真和设计完整电气与电子产品的平台。在这款平台中，复杂集成电路、甚至汽车等完整产品的详细细节也都囊括其中。

ANSYS电磁学产品不但能够仿真电机、电路板或天线的电磁行为，而且能够以数字化方式把它们放入工作环境，因此即使存在其他阵列的干扰情况下，用户也能确定产品的实际性能。ANSYS致力于提供能够推动创新的产品。⚠

### 参考资料

- [1] ABB, High-efficiency motors: “Haze Killers,” August 2017. [abb.com](http://abb.com)
- [2] Enerdata, Global Energy Statistical Yearbook 2017, August 2017. [yearbook.enerdata.net](http://yearbook.enerdata.net)



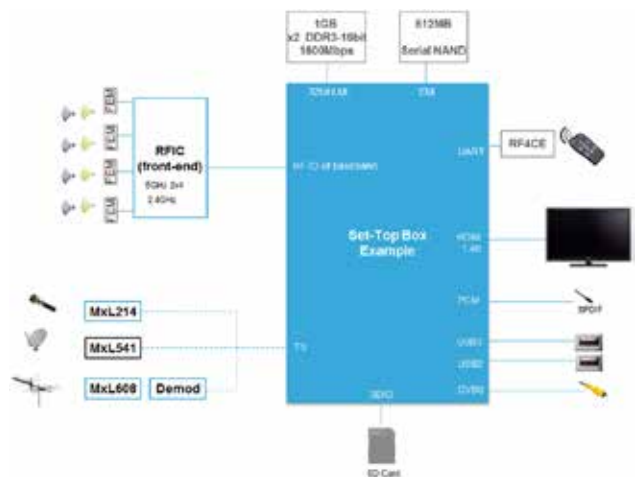
# 确保 电磁 合规性

作者：STMicroelectronics公司模拟  
设计人员Xavier Lecoq与实习生

Damien Rousseau,  
法国格勒诺布尔市

STMicroelectronics研发了一个工作流程，其能充分结合全波频域与电路仿真，进而在构建物理原型之前确定电磁干扰/电磁合规性以及电磁共存问题。经过验证，新方法能够在设计早期阶段发现并解决问题，从而避免研发时间延误4个月或者20%的不良后果。

随着无线（WiFi、蓝牙、ZigBee等）和有线通信信道的迅猛增加、数据速率以及封装密度的日益提高，在满足电磁干扰(EMI)/电磁合规性(EMC)标准（避免共存接口之间相互干扰）时，工程师面临着愈发困难的挑战。过去是在设计过程中，通过采用电磁仿真器提取单独功能的S参数模型，以解决这些问题，这样做的难度很高。这种方法的精确度有限，原因是S参数模型的激励通常采用通用信号，因此全波仿真预测的电磁辐射可能与实际电路存在巨大偏差。



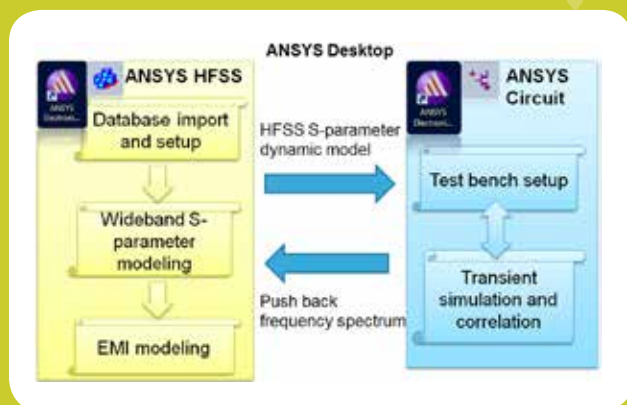
用于验证新仿真方法的机顶盒



# “改进后的EM仿真技术和大规模HPC充分结合,使工程师能够以全波精确度仿真整个PCB。”

STMicroelectronics是一家面向自动驾驶车辆和物联网提供创新半导体解决方案的全球半导体公司,其工程师通过采用基于ANSYS HFSS 3D有限元模型(FEM)电磁(EM)求解器的工作流程建立相关结构模型并计算频域中的EM场,从而解决了这个难题。利用ANSYS Electronics Desktop环境可以把生成的S参数模型嵌入电路模型。HFSS电路分析器可提供针对HFSS模型的现实激励,以便准确预测实际电路的电磁辐射。采用这种方法生成的仿真结果与实验测量结果吻合良好,因此工程师能够信心十足地通过该方法确定EMI与共存问题,并评估潜在的解决方法。

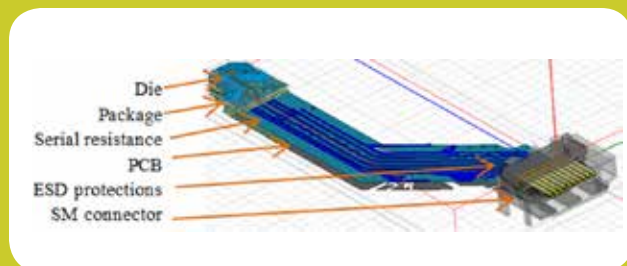
ANSYS工具能够快速实现鲁棒性的EMI/EMC合规性产品。



用于生成全波模型现实激励的仿真工作流程

## 确保EMI/EMC合规性

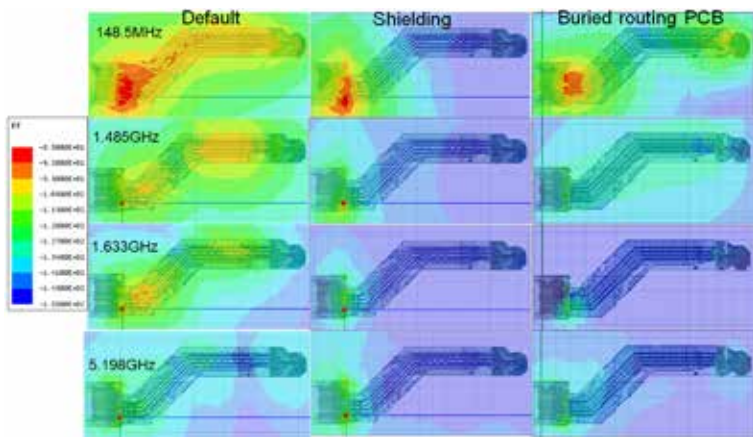
现代电子产品设计的最困难之处在于,确保当今先进电子产品(如:手机、机顶盒、可穿戴设备等)中的众多数字接口和谐共存。难点是确保完整系统中的每个独立接口可以实现与该接口单独运行时相同的性能。现有仿真方法可解决单独的相互作用,如:确定双数据速率同步动态随机存取存储器(DDR SDRAM)是否可以与USB3.1连接。但是目前的先进产品中通常包含许多不同的功能特性,因此几乎不可能提前知道哪个功能特性有可能产生不利的相互作用。这些问题往往是在测试中才发现,这就需要重新设计,因此当通过试错法解决问题时就会延误产品发布。



通信信道的全波模型



高性能数字、混合信号  
和RF无线产品的EMI/EMC与共存仿真  
[ansys.com/EMI-EMC](https://ansys.com/EMI-EMC)



采用默认设计、屏蔽和掩埋布线的平均磁场

### 全波模型的真实激励

目前，改进后的EM仿真方法与大规模高性能计算(HPC)充分结合，能够实现完整PCB的全波精确度仿真。STMicroelectronics工程师研发的方法更进一步，其能够采用基于现实激励模式的全波模型实施瞬态仿真。电路仿真结果可以反向输入到全波模型，以重现现实环境中的电磁场。此方法已经在现有机顶盒数字高

速传输信道上得到验证，而且可用于在仿真领域评估潜在的EMI/EMC解决方法。

HFSS S参数模型被转换成类似SPICE的模型，并且链接到HFSS电路环境。根据相关结构、端口类型、宽带S参数建模扫频、网格设置以及收敛标准来定义适当的机顶盒类型与尺寸，使HFSS模型保持在可控的规模。由采用伪随机位序列(PRBS)的、IBIS格式的驱动程序设置端口激励，以重现实际用例。瞬态仿真生成的眼图和磁场

## “ANSYS工具能够快速实现鲁棒性的EMI/EMC合规性产品。”

与时域中的物理测量结果良好匹配。下一步是让激励回归HFSS，以便重新计算EM场，因此工程师能够关注在本例中比电场更重要的磁场。

### 评估潜在的解决方法

STMicroelectronics工程师研究使用多种功能与物理布局方法，以解决EMI/EMC风险。工程师将单元接口(UI)的转换速率从5%提高到8%，能够在时钟频谱上实现平均降低3dB的效果，从而进一步降低辐射电磁场。此外，工程师还实施了扩频时钟(SSC)方法，其能够在五次谐波上使EMI降低10dB，在第五谐波上降低15dB。他

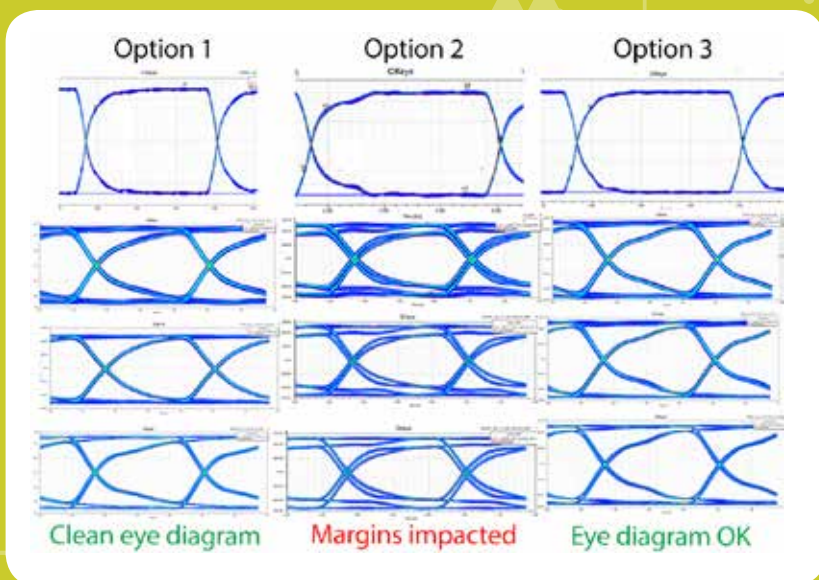


ANSYS HFSS: ANSYS Electronics Desktop  
中的布局驱动的装配体  
[ansys.com/layout-driven](https://www.ansys.com/layout-driven)

# “新的低成本、EMC合规性产品能够凭借更低的研发风险和更短的设计周期投入市场并创造收入。”

们还在各种谐波上评估了在不同的谐波位置放置共模滤波器的效果。结果表明，针对此设计方案而言，当靠近信号源（本例中即片上系统(SoC)）放置滤波器时，采用STMicroelectronics ECMF04-4HSWM10的共模滤波方案更有效率。时钟的偶数谐波中EMI辐射降低多达25dB。此外，工程师还评估了孔径为10mm×0.6mm的1mm铜屏蔽的影响，发现平均磁场增益从15dB提高到20dB，而2.4GHz~2.5GHz的屏蔽谐振频率除外，其增益只有6dB左右。另一方面，掩埋PCB布线把磁场增益从5dB提高到15dB，除了布线谐振频率，其辐射增益只有0.66dB左右。

高速数字通信技术的日益融合提高了满足EMI/EMC标准以及EM共存的难度。为确保合规性，许多新产品需要在原型构建阶段进行重新设计，这样会增加工程与原型成本，延误新产品上市并造成相应的收入损失。STMicroelectronics研发的新方法能够采用现实激励执行全波EM仿真。高精度度结果能够准确确定EMI/EMC与共存问题，以及在原型构建之前评估众多解决措施的相对效果。新的低成本、EMC合规性产品能够凭借更低的研发风险和更短的设计周期投入市场并创造收入。▲



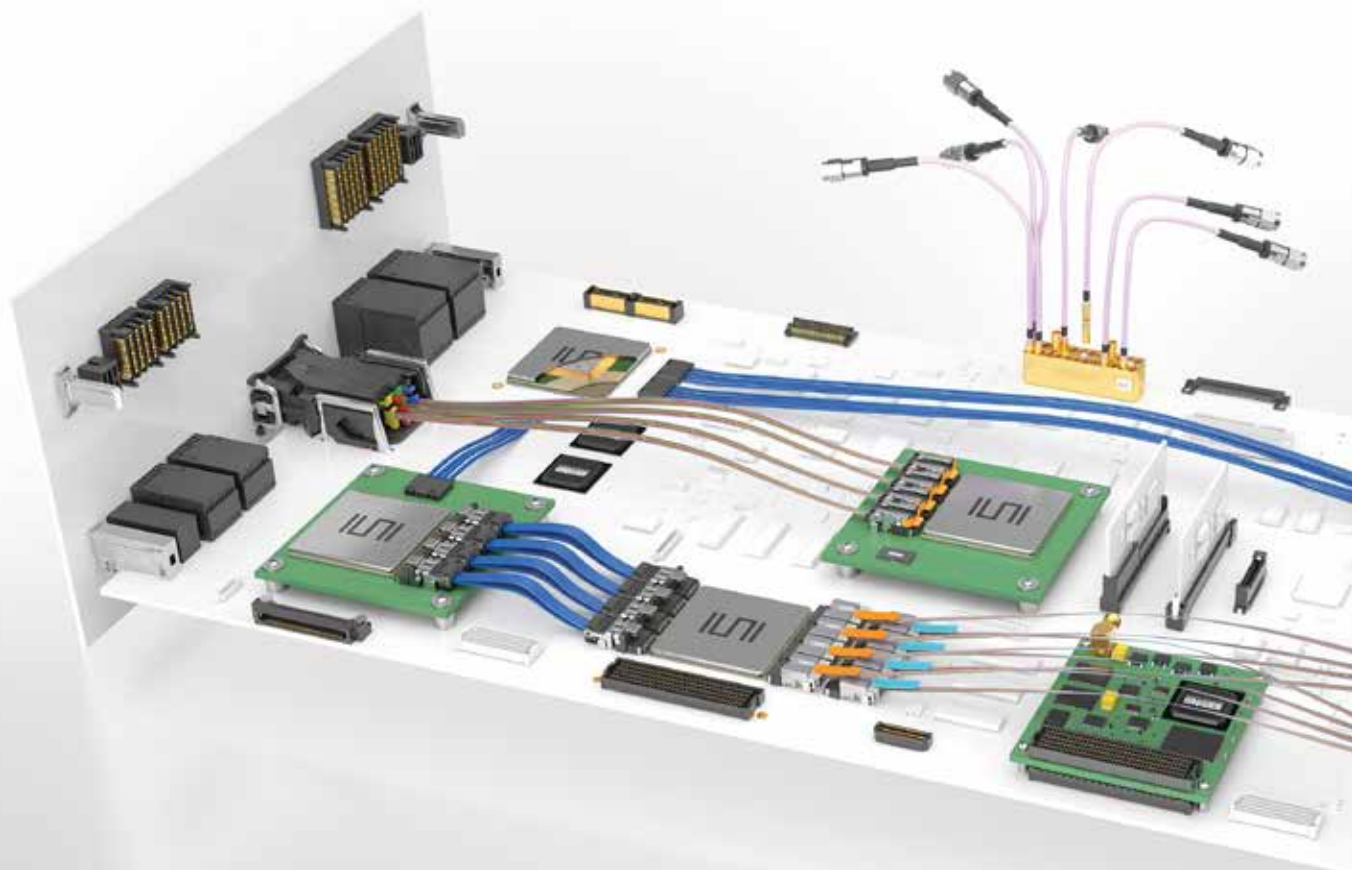
在三个不同位置采用共模滤波的时钟眼图

## 参考文献

ECMF components by  
STMicroelectronics  
[www.st.com/ecmf](http://www.st.com/ecmf)



揭秘信号完整性仿真  
[ansys.com/signal-integrity](http://ansys.com/signal-integrity)



# 高速互连解决方案的 深度通道分析

数据中心服务器、存储器和网络设备通过铜和光纤组件通信，  
而连接这些组件的连接器的传输速度日益提高。

Samtec利用ANSYS的综合仿真软件，设计和优化旨在覆盖  
整个信号通道的新一代高性能互连解决方案。

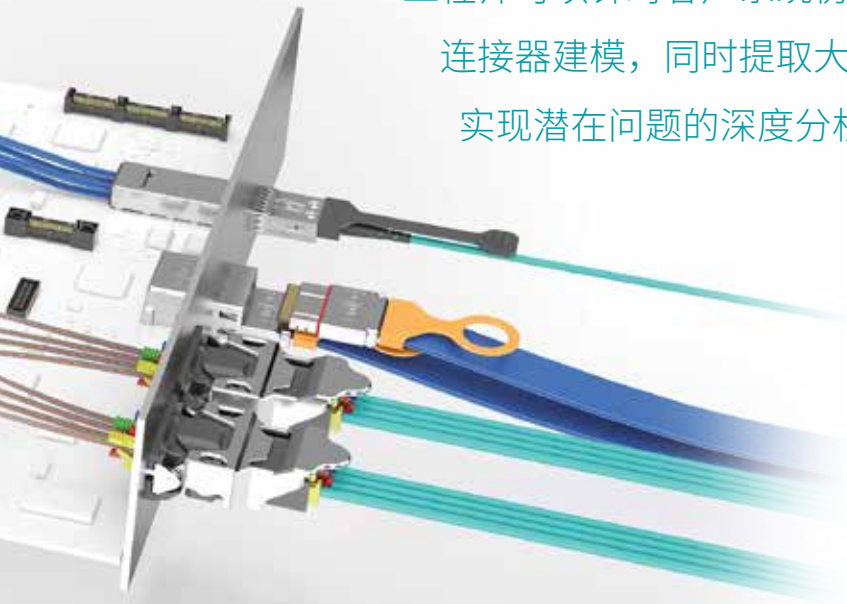
---

作者：**Scott McMorrow**，Signal Integrity Group首席技术官；

**Matt Burns**，美国新奥尔巴尼市  
Samtec公司产品市场营销经理



“利用ANSYS HFSS中的高度灵活、业界最佳的3D全波求解器，Samtec能够进行子组件和系统建模。工程师可以针对客户系统仿真执行大型连接器建模，同时提取大段封装以实现潜在问题的深度分析。”



**数据至上！** 用户需要随时随地实时访问个人与专业数据。二十一世纪的消费者与工作者打破传统的束缚，对移动数据的需求与日俱增。2016年年底，全球移动数据流量已经达到每月7.2EB（1EB等于10亿GB）。该数字到2021年将超过每月49EB[1]。

用户通过移动与固定网络（通过WiFi以及被称为毫微微蜂窝的低功率蜂窝基站）轻松访问移动数据的需求，给数据中心和骨干网提出了越来越高的要求。服务器、存储器、通信与网络设备等数据中心设备不断升级，以支持更高的数据速率。

数据中心设备的OEM厂商必须紧跟行业需求。目前一代的解决方案一般支持10~15Gbps的数据速率。新一代解决方案将支持28Gbps/56Gbps及以上的数据

速率。在整个系统中实现高速信号路由会带来众多设计难题。过去通常是在组件级进行设计决策，而28Gbps系统工程需要对IC到IC穿孔封装、PCB以及互连解决方案等整个通道进行深度分析。专为IC到电路板等全通道系统提供支持的电子互连行业服务领先者

Samtec，如何实现涵盖整个高速通道的深度分析？

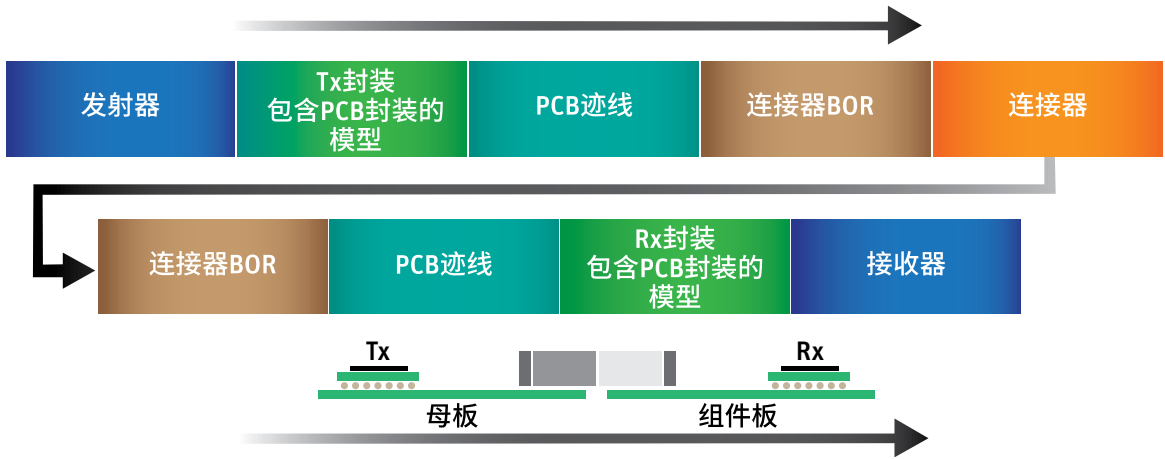
### 设计高速信号通道

新一代多Gbps设计需要对信号通道路径进行整体分析。研发人员不能只关注一个组件，而是必须分析并优化所有组件在整

个通道中的相互作用。

通道中的每个组件都包含一些设计变量，其会影响通道中其他组件的性能。必须考虑插入损耗、回波损耗、串扰、阻抗等连接器变量。PCB设计决策包括





典型的简单标准28Gbps高速通道的相关组件

布局、布线、材料/层压材料选择、迹线长度与阻抗匹配，它们都能够提高或降低高速串行通道的性能。连接器PCB迹线的突破区域(BOR)经常会被忽视，但是它可能会破坏设计。

设计和优化高速通道需要两个基本步骤。工程师必须为通道中的每个具体组件建立模型。合并这些组件模型即可创建通道模型，从而建立完整的系统。然后在28Gbps以上的数据速率条件下对系统模型进行仿真、建模、分析与测试。

### 复杂3D组件建模

通道组件是复杂的3D机械结构系统，尤其是连接器和电缆组件，它们通常需要通过行业标准MCAD工具进行机械建模。Samtec的工程师把机械模型导入ANSYS HFSS软件工具，以便利用高频电磁场分析和优化3D结构。

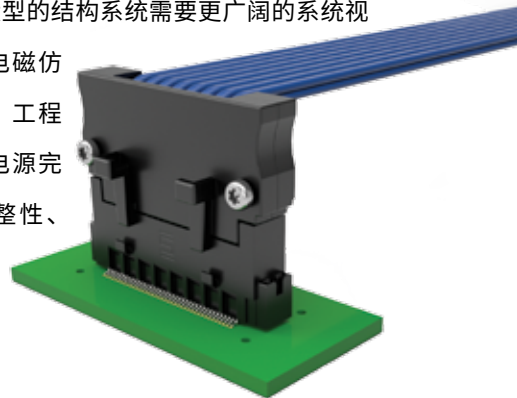
利用HFSS中的高度灵活、业界最佳的3D全波求解器，Samtec还能够进行子组件建模。PCB迹线、电缆、RF发射、PCB之间的复杂过渡、封装和多芯片模块(MCM)的3D结构建模能够扩展通道优化功能。

ANSYS HFSS的高精度也能够改善通道优化。求解器精度能够达到远远低于制造容差的误差水平，从而

支持构建虚拟原型。HFSS的精确度结合高性能计算(HPC)的速度与能力，可帮助Samtec提供可预测的结果，其与70GHz频率下的测量结果良好匹配。根据系统输入信息，Samtec能够调整通道变量，如：连接器BOR、通孔布局、迹线类型、制造可变性等其他因素，以促进对整个通道的准确分析与仿真。此外，HFSS 3D Layout中面向混合平面/3D设计的HFSS求解器技术进一步发展，使Samtec工程师能够快速建立组件与PCB之间复杂相互作用的原型，从而把求解时间从数周缩短到数天、甚至是数小时。

### 优化IC封装与PCB

在优化信号通道时，需要优化通道中的大型集成电路(IC)封装与PCB。这些组件也会带来独特的设计挑战。优化更大型的结构系统需要更广阔的系统视图；除了高频电磁仿真与分析之外，工程师还必须考虑电源完整性、信号完整性、串扰以及IC封装与PCB的EMI分析。

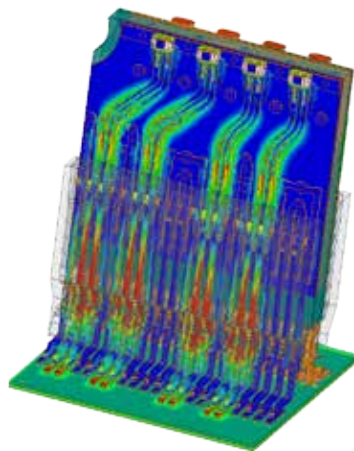


Samtec MEC5-DV连接器与电缆组件的MCAD 3D渲染

 **HFSS 3D组件**  
[ansys.com/HFSS-3D](https://www.ansys.com/HFSS-3D)

“公司继续采用ANSYS软件缩短产品设计周期，  
同时扩展其功能，旨在为技术行业性能  
领先者提供新一代产品。”

Samtec采用ANSYS SIwave软件模拟和分析大型平面PCB与IC封装高速通道以及完整供电网络(PDN)。利用SIwave，Samtec能够以虚拟方式针对内部连接器测试板和客户专用应用设计电流路径，消除电流拥挤效应，以及最大限度减少IR压降。此外，Samtec还可以模拟连接器突破区域、封装与PCB中的谐振、反射、迹线间耦合、同步开



ANSYS HFSS模拟的Samtec MEC5-DV连接器与电缆组件内部电场

关噪声、电源/接地反弹、DC电压/电流分布以及近场和远场辐射图。利用Samtec定义的“深度建模技术”，SIwave可以利用成百上千个端口的S参数在数小时内建立完整的总线与封装模型，从而使Samtec的设计人员和客户能够一目了然地发现关键信号完整性/电源完整性问题。利用在高性能计算(HPC)环境中运行的SIwave，能够轻松解决五年前无法攻克的问题。

### 全通道电路仿真

利用ANSYS HFSS和SIwave建立通道模型并且描述了电磁特征之后，剩下的步骤就是全通道电路仿真。Samtec采用ANSYS Nexxim时域电路仿真引擎执行高速互连的全通道仿真。

行业标准的IBIS-AMI驱动器和接收器可用作通道信号路径的信号发射器和接收器。在结合IBIS-AMI使用时，Nexxim电路仿真器可当之无愧地作为面向高速通信通道设计的行业领先解决方案。ANSYS Nexxim电路求解器可以把IBIS-AMI模型与通道性能模型结合在一起，从而提供SerDes电路与时序分析。这种方法可以满足Samtec设计团队的虚拟时域要求。

### ANSYS高性能计算选项

针对跨多个组件的完整高速通道信号路径进行仿真、分析与优化时，需要花费大量时间。Samtec利用ANSYS工具的HPC功能提高问题规模和复杂性，同时最大限度地缩短求解时间。工程师可以提高产品性能和缩短整体设计周期。

Samtec研发了适用的IT基础设施，以全面发挥ANSYS工具套件

HPC功能。利用ANSYS工具的HPC功能对于实现规模更大、速度更快、保真度更高的仿真至关重要。与许多公司一样，Samtec在全球许多地点配备了工程与信号完整性资源、以及多核服务器与多重可扩展计算集群，从而全面发挥ANSYS工具的HPC功能。

针对ANSYS HFSS与SIwave应用，Samtec利用高度并行化集群运行HFSS，使全波求解时间加快10到100倍。工程师可以针对客户系统仿真执行大型连接器建模，同时提取数千个端口的大段封装，以实现潜在问题的深度分析。

### 结论

Samtec面向28Gbps（及以上）通道的SI功能与ANSYS工具充分结合，能够为数据中心设备OEM厂商提供用于深度通道分析的理想平台。Samtec目前正在研发112Gbps连接器、封装与互连设计，其采用ANSYS软件缩短产品设计周期，同时扩展其功能，旨在为技术行业性能领先者提供新一代产品。▲

### 参考文献

[1] Cisco Visual Networking Index:  
Global Mobile Data Traffic Forecast Update,  
2016–2021 White Paper

# 增强的 隐藏武器 检测技术



为了研发机场使用的新一代毫米波全身扫描仪，美国西北太平洋国家实验室的研究人员利用电磁系统的仿真模型，比采用试验法能够实现更短的设计探索时间。他们能方便地研究改善技术所需的各种因素，提供更高分辨率的图像以更好地检测隐藏的武器。

作者：**Mark Jones**，高级研发工程师；**David Sheen**，技术团队负责人；**Thomas Hall**，主管工程师；美国里奇兰市美国西北太平洋国家实验室

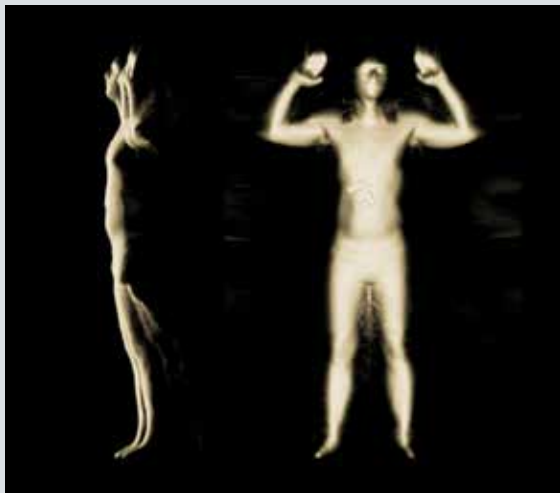
**如**果您在过去5至10年内乘坐过飞机，一定熟悉毫米波(mm-wave)成像安检门，其可扫描乘客是否藏匿武器。即使是不经常乘坐飞机的人，也不会对以下情景感到陌生：当您走进一个圆柱形检查亭，会被要求将手臂举过头顶，等待天线阵桅杆扫描检查亭的周围，以检查是否有隐藏的武器。

美国西北太平洋国家实验室(PNNL)的研究人员在十多年前研发出这种技术，并已获得商用许可。现在，PNNL正致力于优化新一代毫米波成像系统的图像质量和分辨率，以实现更强的威胁检测功能。工程师利用ANSYS软件仿真天线性能，利用ANSYS高性能计算和逼真的3D图像来探索设计空间。

## 改善扫描性能

有源毫米波扫描仪形成人体图像的原理是：通过传输无害电磁波，穿透衣服并从人体反射，将信号发送回收发器；收发器随后将信号发送至计算机，由于扫描仪的天线阵列旋转，这些信号来自不同位置，因此计算机将这些信号重构后创建3D全息图像。

PNNL正在研究三种方法，以增强毫米波成像技术对于隐藏武器的检测功能：第一种使用带宽为两个八度的宽频带宽，以实现高深度分辨率；第二种使用宽



使用30GHz带宽和60度波束宽度时显示了出色的深度分辨率和人体照射结果。



“ANSYS HFSS SBR+提供针对3D毫米波成像挑战的仿真结果，支持快速研发和改进天线设计。”

天线波束宽度，以提高横向分辨率并改善对成像目标镜面反射的捕捉功能，进而提高图像的视觉质量；第三种通过圆极化减少多通道信号传播造成的伪影。

为了解以上设计参数如何影响毫米波成像系统的性能，PNNL工程师使用ANSYS HFSS SBR+模拟虚拟扫描仪，以仿真各种带宽、波束宽度和极化对扫描仪捕捉图像的影响。所获得的数据集帮助工程师针对新一代增强型系统进行设计要求权衡，并且无需制作和测试完整原型或执行耗时的测量工作。

在使用先进的仿真工具之前，研发人员无法针对这些成像系统进行高级数字设计研究。研发团队只能依赖简单的点散射体仿真或使用直线扫描仪收集的测量数据。尽管研发人员能够从仿真的点散射体情境中获取信息，但无法获得能够准确表示被扫描者的图像，因此无法确定照射质量、清晰度和其他目标。

### 安全扫描仪仿真

以前，研究人员使用直线实验室扫描仪和涂有反射涂料的人体模型创建物理试验。收发器对人体模型进行光栅扫描，并将测量信息传输到软件套件，然后软件套件利用一种算法以数学方式聚焦图像。

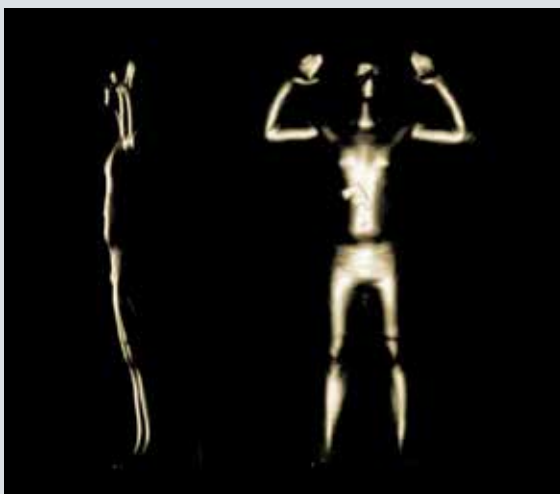
为避免使用这类物理系统，研究人员转而采用ANSYS HFSS SBR+仿真天线，定义方向图，并仿真待扫描的目标。仿真经过配置，可根据应用所需的逼真而复杂的几何模型导入并确定结果。ANSYS HFSS SBR+提供针对3D毫米波成像挑战的仿真结果，支持快速研发和改进天线设计。研究人员利用高性能计算探索并验证设计，从而大幅缩短了整体系统的研发时间。

研究人员首先在仿真模型定义的孔径上对一对共

在互连世界中利用HFSS SBR  
求解大规模问题  
[ansys.com/large-scale](https://www.ansys.com/large-scale)



使用5GHz带宽和60度波束宽度时显示了降低深度分辨率对图像质量的影响。



使用30GHz带宽和20度波束宽度时显示了降低人体照射对图像质量的影响。

“该技术能够以更高精度检测隐藏的武器，  
提高安全性，同时减少误报。”

址发射和接收天线进行光栅扫描。在每个位置，他们执行频率扫描并评估接收天线上的复值信号。在大约10,000个单独仿真过程中，一次典型扫描在每个天线位置使用大约500个离散频率点样本。一个完整的仿真数据集经过处



机场毫米波扫描仪。图片由TSA提供。

理后，可生成一张完全聚焦的3D图像。

尽管测量过程是半自动的，但仿真的优势在于能够研究无法轻易复制或难以执行物理测量试验的情境。这消除了只能针对给定应用执行设计研究的限制。

为加速大量仿真数据的吞吐量，研究人员使用ANSYS高性能计算功能同时运行10个仿真。ANSYS HFSS SBR+与高性能计算相结合，能够在一天之内生成逼真的仿真图像数据集。

### 更出色的图像质量

在使用ANSYS HFSS SBR+创建并求解仿真模型之后，可通过专有数学算法来处理数据。研究人员能够研究多种仿真情境，以检查波束宽度、带宽和极化对图像质量的影响。

为了确定带宽对图像质量的影响，研究人员在两种情境中使用相同的天线波束宽度来仿真5GHz和30GHz的带宽。得到的数据可用来研究当使用更大带宽时更出色的深度分辨率对图像质量的影响。

使用超宽带宽（高达30GHz）可实现高达5mm的

深度分辨率。这种更宽的带宽操作可能支持基于高分辨率范围改进检测技术。设计高带宽的系统不仅十分困难而且成本高昂，而仿真允许研究人员评估带宽性能，并根据所需的图像质量选择最低带宽。

此外，ANSYS软件还帮助研究人员探索天线波束宽度的影响。为了确定天线波束宽度如何影响成像，他们仿真了10至40 GHz范围内的不同波束宽度。他们发现分别采用60度的半功率波束宽度和20度的半功率波束宽度时，前者构建的图像能够实现更出色的人体照射结果。此外，宽天线波束宽度支持在更低的中心频率下运行，减少衣服造成的散射和衰减。

对于第三种参数，研究人员研究了极化对仿真成像的影响。极化分集可用于消除人体上均匀反弹“角落陷阱”中的伪影，或凸显人体特性。使用交叉圆极化天线对创建的图像比使用垂直极化天线创建的图像更明亮，伪影更少。

凭借此信息，研究人员就可以高效设计出新一代毫米波扫描系统，从而生成能够被自动威胁检测算法使用的更出色的图像。该技术广泛部署于机场和其他领域，能够以更高精度检测隐藏的武器，提高安全性，同时减少误报。▲



高性能计算如何加速仿真吞吐量  
[ansys.com/throughput](https://ansys.com/throughput)



现代自动化仓库需要依赖很多无线链路，以确保正常运营所需的通信和数据传输。天线方向图显示了部分无线设备在仓库中的位置。系统必须能够同时操作天线，而且相互之间不会产生干扰。

## 确保 复杂无线环境 中的天线性能

在日益互联的世界中，无线系统的数量激增，其发生干扰和性能劣化的可能性也随之增加。这会造成不同程度的后果——小到给个人娱乐带来不便，大到给飞机或国防设备带来灾难性的后果。通过利用专业仿真软件在研发早期阶段确定有可能发生干扰的位置，企业能够避免干扰问题，减少后期修复问题的成本和降低风险。

作者：Fred German, ANSYS高级研发经理

广泛普及的无线系统可提供持续的移动通信、导航和数据服务，并延伸至多个行业和应用，包括个人电子设备、家庭自动化、电信、汽车、航空航天与国防等。随着第五代无线系统(5G)、物联网(IoT)、配备高级辅助驾驶系统(ADAS)的自动驾驶汽车等最新无线技术的兴起，以及现有无线技术的普及应用和性能飞速发展，相关行业迎来了巨大的商业机遇。与此同时，在复杂环境中设计和部署如此众多的无线系统也需要面临越来越大的挑战。要想赢得竞争，企业需要快速

设计、评估和部署能够在预期工作环境中实现优异性能的无线系统。在这些系统运行时，附近会存在其他可能导致干扰和性能劣化的无线系统。此外，还必须考虑环境中存在的意外射频干扰(RFI)源，以实现鲁棒性的系统设计。

### 仿真无线系统

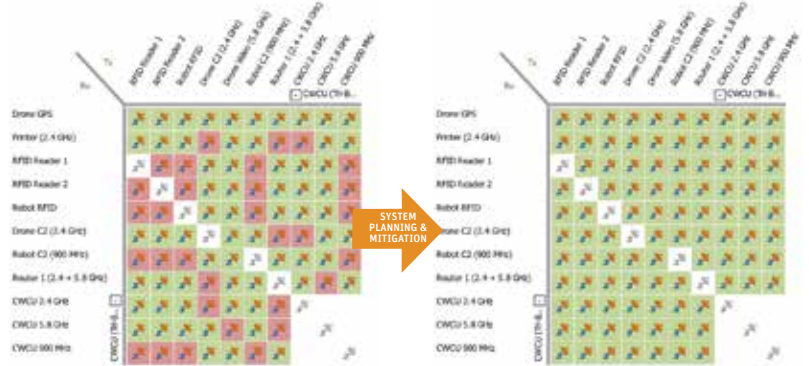
必须在无线系统设计的早期概念阶段进行仿真驱动的产品研发，以预测复杂环境中的无线系统性能。设计必须包括：在环境中不属于待设计系统组成部分的其他无线设备和RF信号源的影响。如果没有针对目标环境进行设计，有可能出现以下情况：系统在实验室测试中表现出色，但经过部署后出现性能劣化，从而为了减轻干扰产生高昂成本，并且很可能使业务战略以失败告终。

复杂环境中的无线系统仿真涉及多个计算域和求解方法。它需要一个不仅仅是面向分析专家，同时还面向设计工程师的工作流程。为确保设计生产力和效率，需要在提供多保真度模型库的无缝设计工作流程中协同使用这些方法，这样就能在获得完整和详细的设备信息之后开始仿真。仿真结果应当有利于实现性能要求和部件选择。

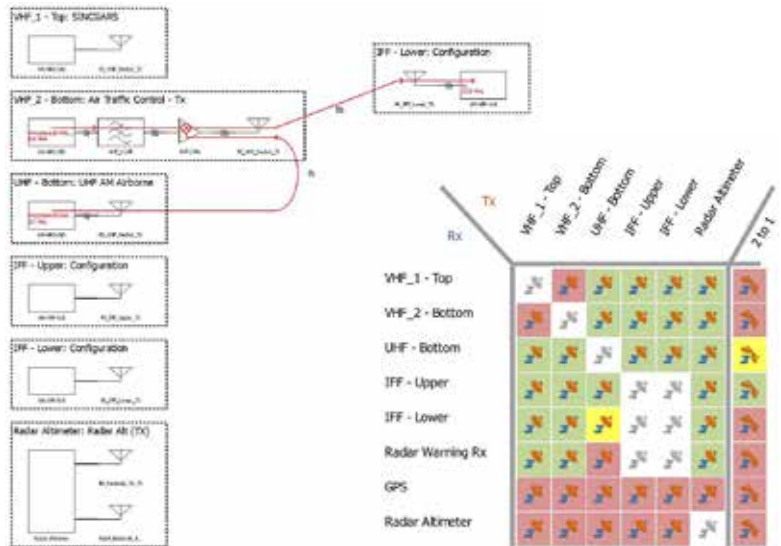
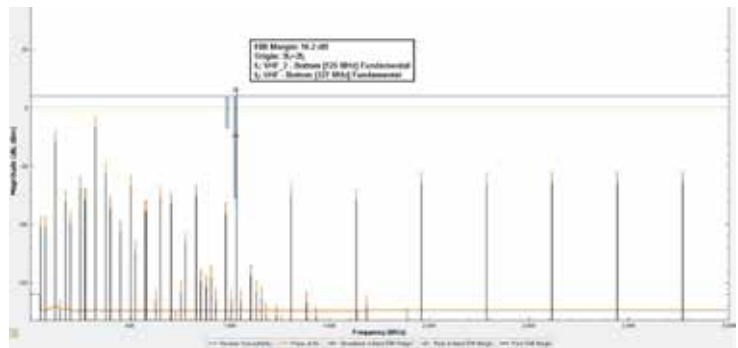
### 仿真复杂环境

ANSYS提供面向所有学科领域的世界级仿真解决方案，包括利用面向天线设计和布局的ANSYS HFSS可进行电磁分析，利用ANSYS RF Option的电路与系统仿真器可预测无线传感器在连接到天线时的性能。ANSYS RF Option现包含ANSYS EMIT，其集成了电磁和电路/系统领域的所有技术，能够在复杂环境中全面仿真所有无线系统的性能。ANSYS EMIT提供基于行业标准的模型库，可面向多种类型的无线系统。其独特的多保真度建模方案提供极其有用的仿真，能够在只获得不完整的设计与性能参数的情况下推进早期的设计决策。

例如，现代自动化仓库能够接收订单并通过送货无人机进行派送。仓库依靠大量无线电设备以无线方式连接订单和送货过程的各个不同部分。仓库中的无线系统包括用于库存管理的射频识别(RFID)标签和读取器、工作在不同空闲频段



在情景矩阵仿真结果视图中，用颜色编码显示了潜在性能问题的系统级概要。红色方块表示受影响系统之间的干扰问题，并需要进一步关注以缓解问题。在实施合适的频率规划、干扰缓解和运行程序之后，全部是绿色的情景矩阵显示了所有系统在仓库环境中正常运行。



通过自动化诊断、信号跟踪和添加标签的频谱显示，可以快速确定无线系统性能问题的根源，以便设计和评估缓解措施。



利用ANSYS EMIT预测射频干扰  
[ansys.com/emit](https://ansys.com/emit)



的用于向机器人和无人机发送和接收命令的无线链路、用于提供位置信息的GPS以及设备之间的Wi-Fi和Bluetooth®连接。此外，其他的RF信号源（例如仓库中工人之间通信使用的手提式无线电设备）会影响用于确保仓库运行的无线链路的性能。在如此复杂的无线环境中，很有可能发生干扰并劣化系统性能。在仓库无线系统的早期设计阶段使用仿真，能够在部署系统之前发现并防止成本高昂的停机时间。

分析人员可利用ANSYS HFSS和ANSYS RF Option模拟所有天线和无线设备在仓库环境中运行时的性能，而这一切工作都可在完成结构设计之前进行。在情景矩阵中汇总了顶层结果，矩阵中的每个方块代表无线系统之间的相互作用。颜色编码方案用红色方块识别性能问题。绿色部分代表已实现性能要求。从仿真获得的详细结果有助于进行合理的频率规划，定义运行参数，以及制定必要的解决措施，从而确保所有同时工作的无线系统能够正常运行，就像在全绿色的情景矩阵中指出的那样。

### 避免干扰

在复杂环境中进行系统集成的另一个典型挑战是：确保飞机（例如直升机）上的所有无线电发射器和接收器正常运行。所有



将多个RF系统集成到飞机平台（例如直升机）是系统集成人员面临的常见挑战，他们需要确保所有系统在拥挤的环境中正常运行而且不会相互干扰。辐射图显示了飞机上九个天线的位置。

天线必须同时运行，而且不会劣化其他天线的性能。典型飞机环境中有一千万种（或更多）导致性能劣化的干扰方式，这种复杂性问题必须加以解决。情景矩阵提供的高级概括图可用来快速识别系统相互作用中的问题，但却无法提供相关信息以确定问题的根源或干扰信号的路径。ANSYS EMIT中的自动诊断和结果可视化功能为设计人员提供了快速确定问题和设计缓解措施所需的工具。

例如，直升机上的一个无线电受到其他同时运行的共址发射器造成的干扰时，诊断工具会显示信号跟踪并在宽频带频谱图上显示干扰标记。设计人员可以立即确定问题根源：由于两个发射器系统耦合，功率放大器的非线性造成高阶互调产物，从而导致了干扰。如果没有自动诊断技术，预测和诊断这类相互作用将会非常困难。若依靠测试与测量方法，识别这些问题的成本会非常高，更糟的是需要测试整个环境和所有运行中的RF设备。据一

家大型航空航天承包商的系统集成项目经理估计，最近他们在一款新型无人机平台的概念设计早期阶段发现并解决了飞机中的RFI问题（类似于本文讨论的问题），因此节省了超过1,000,000美元的成本。

### 集成型工作流程

这些实例展示了利用仿真的必要性，其可用于驱动复杂环境中的无线系统设计。随着无线设备数量的激增，有一点变得更加至关重要：即评估共址设备对于待研发系统的性能影响，从而在安装地点获得令人满意的预期性能。

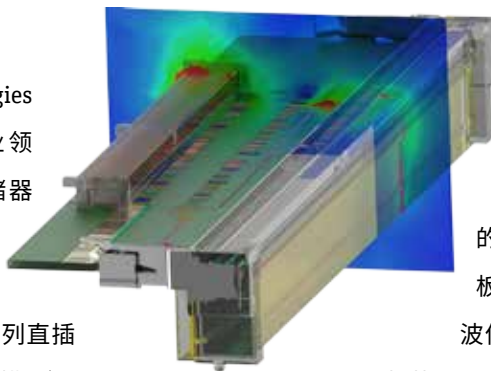
为高效、准确仿真复杂环境中的无线系统性能，需要采用面向系统设计人员的紧密集成型工作流程。它必须采用涉及多个域的最佳求解器技术，并提供自动诊断功能，从而支持在无线系统的整个设计和集成过程中快速评估设计决策。▲

# 交叉 信号

Smart Modular Technologies的工程师利用ANSYS Electronics Desktop平台将高速印刷电路的信号完整性分析时间从几天缩短到几小时。通过使用统一的电磁、热和结构仿真，工程师研发出一款可靠的适配器。

作者：**Fabio Bauman**，Smart Modular Technologies研发专家，巴西Atibaia

**S**mart Modular Technologies (SmartM)是一家行业领先的动态随机存取存储器(DRAM)、闪存和混合存储器技术制造商。该公司需要研发一款SO-DIMM-to-UDIMM (小型双列直插内存模块至非注册双列直插内存模块) 适配器，使测试平台能够用于两种类型的模块。经过安装后，第一个版本的适配器不工作，工程



横截面上的电场分布

师怀疑是信号完整性问题。在过去，为诊断具体问题，首先工程师需要在能够处理复杂布局的2.5-D EM仿真器中仿真整个电路板，然后将S-参数结果传输到3-D全波仿真器，以提供关键集成电路(IC)封装和印刷电路板(PCB)所需的高分辨率。

最后，研发团队会使用联合仿真中获得的S-参数数据，利用电路仿真器运行线性网络分析。这



# “SmartM工程师通过部署ANSYS Electronics Desktop中推出的布局驱动的装配体工作流程，缩短了适配器的仿真时间。”



SmartM SO-DIMM



SmartM UDIMM

种方法非常耗时；工程团队必须运行两三种不同的软件套件，同时操作多个数据导出/导入步骤。而且每次设计迭代都需要重复此过程。

SmartM工程师与ANSYS渠道合作伙伴ESSS合作，部署了ANSYS 18版ANSYS Electronics Desktop中推出的布局驱动的装配体工作流程，从而将适配器的仿真时间缩短至几小时。该方法结合采用多个求解器，包括针对复杂PCB的ANSYS SIwave、针对连接器和关键布局网络的ANSYS HFSS以及统一平台中的电路仿真器，这样软件能够自动提取完整通道的S-参数。仿真显示，三条信号迹线上存在串扰和阻抗不匹配，其会影响眼图开口、抖动和误码率问题。SmartM工程师利用这些仿真结果确定问题来源，并修改电路板设计以缓解这些问题。此外，他们还利用ANSYS Icepak和ANSYS Mechanical验证电路板的热完整性和抗热-机械应力的能力。

## 严峻的信号完整性问题

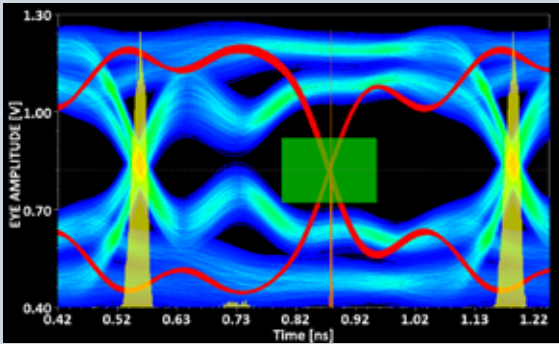
在高数据速率和低电压裕度条件下，信号完整性已成为印刷电路板设计人员面临的一个紧迫问题。在

这种情况下，电路板通过了自动存储器检测器的测试，这就会让工程师强烈怀疑信号完整性（而非存储器）才是问题的根源。SIwave仿真显示多条信号和始终迹线上存在串扰和阻抗不匹配。接下来，工程师检查每条字节通道，都显示为闭合眼图。

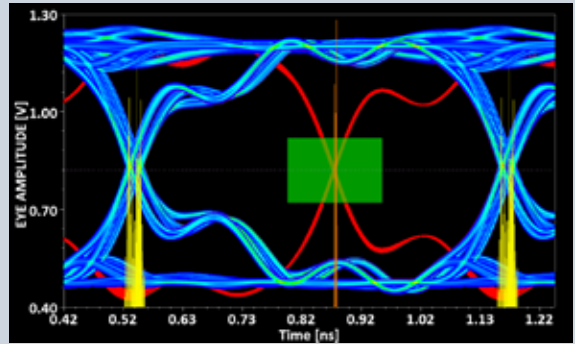
在最初的设计中，信号和时钟层接近PCB核心，在它们的上面和下面有几个分离的电源层和接地层。SmartM工程师改变了这种堆叠结构，以避免迹线穿过电源-接地间断处发生阻抗变化等问题。他们将接地层直接放在信号层的上面和下面，以改善返回路径。将电源分配到顶层和底层，并且把慢速网络和电源网络移动到底层，在内部信号层上只保留关键存储器数据网络和时钟信号。此外，工程师还进行了层厚度实验，以优化信号层的阻抗。有些迹线被重新布线，以避免相同层上的迹线之间出现串扰。

工程师再次运行阻抗和串扰仿真，以检查新设计的效果。眼图中的裕量明显大于初始设计，说明已经





初始设计的眼图



最终设计实现了张开度更大的眼图，符合DDR4规范。

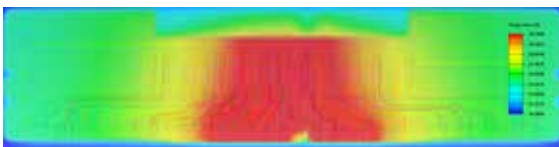
解决了信号完整性问题。DDR4 JEDEC JESD79-4标准虚拟合规性测试确认新设计超出了DDR4裕量。

### 热完整性

接下来，工程师继续分析新设计的热完整性。他们使用SIwave计算PCB中的DC电流、压降和功耗，并利用相关结果计算焦耳热。由于电路板尺寸缩小而功耗保持不变甚至不断增加，因此焦耳热正日渐成为PCB中热载荷的重要来源。自动双向工作流程帮助团队将电路板迹线图和电流密度预测结果导出至ANSYS Icepak。Icepak计算电路板中每个点的温度，并自动将信息传回Electronics Desktop。SIwave根据温度场、重新计算的电路板迹线图和电流密度来更新DC解决方案的电气属性。自动迭代过程一直进行到温度收敛为止，显示了最差情况下温升仅为12摄氏度。

### 结构耐用性

工程师还考虑了PCB到SO-DIMM连接器之间的机械连接耐用性。他们使用ANSYS SpaceClaim创建了一个结构模型，以读取ECAD几何模型，并将其转换为

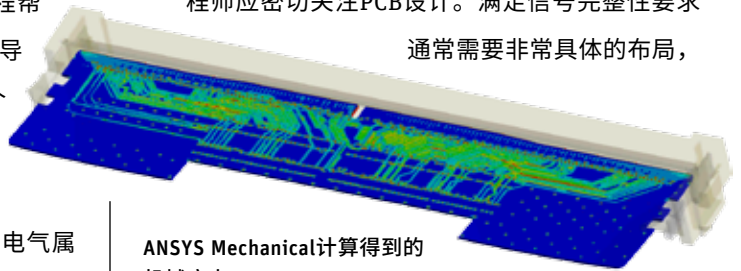


ANSYS Icepak计算得到的PCB温度

固体几何层。他们使用ANSYS Mechanical将固体层离散化为单元网格。为表示ECAD几何模型的详细信

息，工程师根据每个单元适用的金属和电介质比例为每个单元分配相应的材料属性。最终生成的有限元模型能够精确预测电路板任意位置上由于热或机械载荷造成的应力、应变和变形，所需时间仅为求解详细电路板几何模型时的几分之一。ANSYS Mechanical计算得到的应力图显示，连接器能在预期寿命内可靠工作。

鉴于现代化电子系统的高性能和可靠性要求，工程师应密切关注PCB设计。满足信号完整性要求通常需要非常具体的布局，

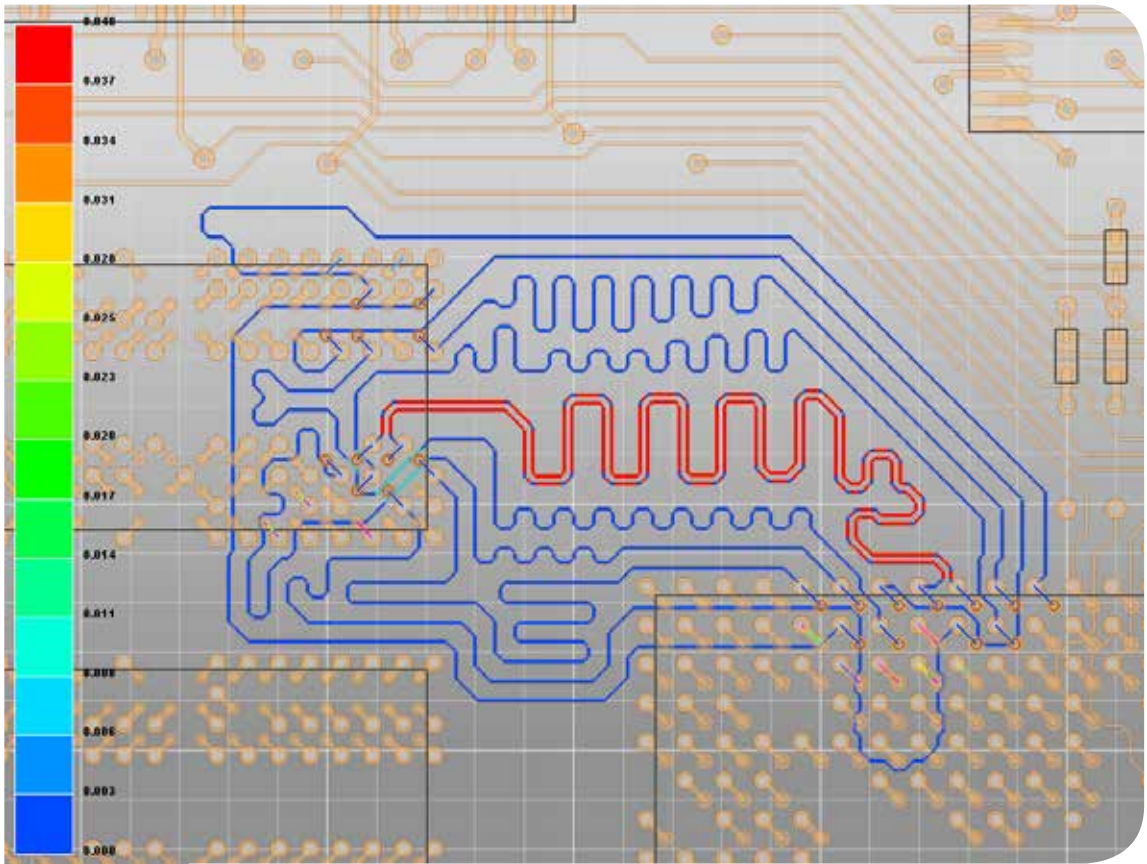


ANSYS Mechanical计算得到的机械应力

而通过试错法难以实现。PCB的电磁、热和结构仿真有助于快速满足当今的高速接口标准要求。一系列多物理场工具的无缝集成使工程师首次能够在产品研发早期的各个设计阶段仿真整个PCB的信号完整性、热完整性和机械完整性。在这个项目中，SmartM能够在适配器进入市场前非常快速地针对工程需求研发出量身定制的内部解决方案，而且成本比从供应商处购买适配器还要低60%。同时，SmartM将构建物理原型所需的时间和成本降低了50%。▲

Smart Modular Technologies得到了ANSYS精英渠道伙伴ESSS的大力支持。





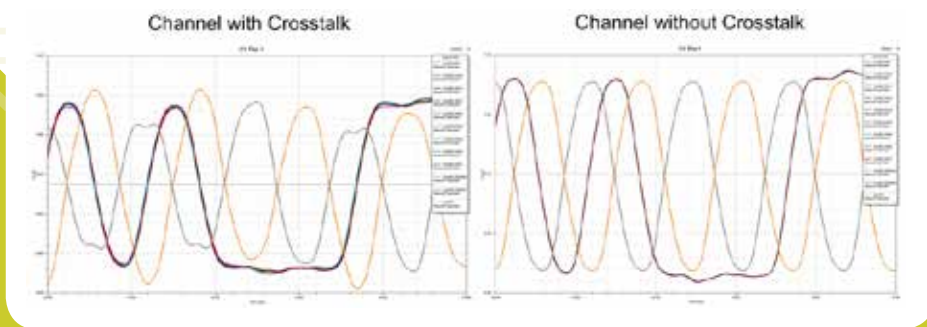
# 完全 贯通

信号完整性已成为高速电子产品设计中的一个重要问题。由于信号串扰一直是电气工程师所面临的常见挑战，作者：Stephen P.

作者：**Stephen P. Zinck**, Interconnect Engineering公司总裁，美国北柏威克(North Berwick)

Zinck, Interconnect Engineering公司总裁，美国北柏威克(North Berwick)电子产品在生活中的普及应用愈发凸显了糟糕设计实践的负面影响。ANSYS Electronics Desktop包含ANSYS HFSS与ANSYS Siwave的增强功能，是工程师用于

解决电子系统可靠性问题（如：信号完整性、电源完整性与EMI/EMC）的重要工具。Interconnect Engineering公司采用这些仿真工具分析了一个涉及DDR3-800板的客户案例。他们发现意外串扰来自BGA通孔，然后将该层布线移到更靠近PCB初级侧，从而解决了此问题。



ANSYS SIwave仿真的波形结果出乎意料地显示了，DQS信号存在由于可疑串扰导致的严重信号完整性问题。

在信号完整性(SI)分析工作成为主流之前，就已经存在串扰分析工作了。典型的早期设计是一款用于IBM PS/2的微通道10Mbps以太网卡。概念验证原型实际上是基于可编程阵列逻辑(PAL)的设计，以物理方式绕接到现成的开发板上。在此板上，数千个微小的绿色、蓝色、黄色和红色线接头与绕接引脚拥挤在一起，从而带来潜在的串扰危险。不过，这种设计方案之所以可行，是因为时序裕量相当大，而且边缘速率非常低。因此，当电子设计与验证工程师找到可行方案后，就抛弃了这种费劲的构建测试工作流程。

### 当今的高速串扰挑战

随着高速电子产品的出现，串扰成为非常现实的问题，绕线板设计方案很快成为明日黄花。但传统形式的串扰仍然给当今的高密度设计带来问题。采用双带状线印刷电路板(PCB)会导致串扰问题，尤其是因为球栅阵列(BGA)的突破(breakout)迹线足够长，从而导致当今具有快速边缘速率的硅片产生串扰饱和。每位设计人员都知道需要避免的最明显的串扰情况，如：同一层的线到线间距。串扰会出现在连接器系统和器件封装中，不过也会潜在在可能让某些设计人员大吃一惊的区域。

### 客户分析案例：DDR3-800

Interconnect Engineering公司接受客户委托进行DDR3-800板的分析工作，其从速度或技术角度而言

不存在难题。初始SIwave提取产生了有效、因果以及无源S参数结果，工程师将其导入到了之前创建的Designer SI DDR3环境并在其中进行仿真。但是这些仿真也产生了意料之外的结果。波形结果表明，DQS信号（表示数据是否有效的限定信号）存在由于可疑串扰导致的严重信号完整性问题。此串扰还造成DQS信号的边沿偏移，从而导致相对于字节通道组其它部分的飞行时间发生变化。当在无激励字节通道组相邻成员的情况下对通道进行仿真时，信号完整性和飞行时间偏移都是正常的。为了解这些有害效应，需要进行更深入的检查。

### 查找串扰源

ANSYS SIwave包含用于查找串扰源的、功能强大的新引擎。只需要很少的设置时间，SIwave就能提供大量分析和结果，以待进一步检查。Interconnect Engineering公司采用SIwave软件发现了一些问题，针对此设计的近端串扰结果显示异常行为。

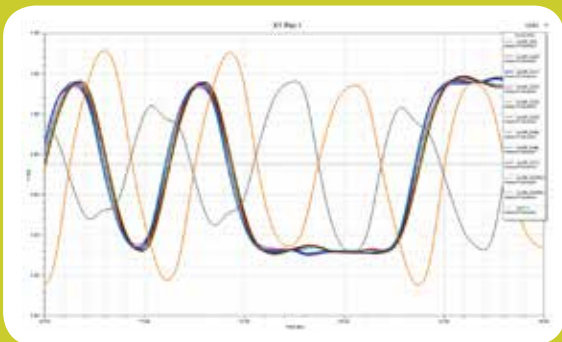
用红色突出显示的DQS信号存在串扰效应；但是，奇怪的是它们并未出现在目的地，这表明应该违反了线到线间距规则。负责DDR3接口布局的公司已经采取慎重预防措施，确保边缘到边缘串扰间距约束远远大于预期，因此这并非串扰原因。

工程师然后采用ANSYS HFSS，希望通过其3D场求解功能解决串扰难题。相关数据库被导入HFSS，因果与无源S参数被提取和导入到Designer SI电路仿真器，

以进行验证。结果表明采用任何一个工具（SIwave或HFSS）都出现相同现象。

ANSYS Electronics Desktop确定，客户在开展设计的布线和约束时遵守了非常严格的串扰规则，但是仿真表明事实上信号之间存在严重串扰。存在问题的信号在同一层上并没有采用平均间隔的布线。串扰源并非来自线路本身，而是来自BGA封装区的相邻通孔。由于该器件是商用处理器，因此这些BGA引脚无法进行更改。

因此，情况似乎是设计人员不知道或者无法做出



Designer SI电路仿真器结果表明，采用ANSYS SIwave或ANSYS HFSS都出现了相同的串扰现象。

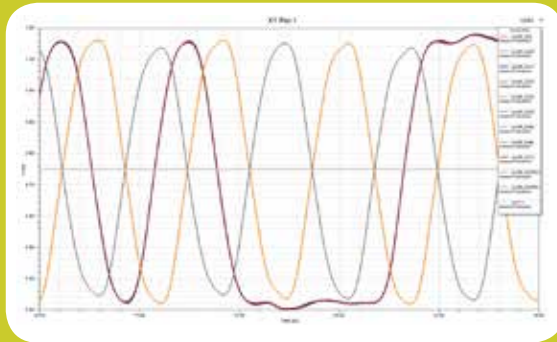
改变以避免串扰效应，在相关设计内部包含了串扰。

### 降低串扰

客户采用的PCB堆叠存在许多层，因此相当厚。他们用于接口布线的层刚好靠近堆叠的次级侧。Interconnect Engineering公司假设，如果存在BGA封装通孔串扰问题，降低通孔平行度应该会有助于解决问题。工程师再次使用ANSYS Electronics Desktop，把布线层更改到更靠近板初级侧的相关层，然后看这样是否能够解决问题。

### 工具箱中的新规则

结果很明显：采用更靠近初级侧的分层可以降低所有系统的串扰，尤其是对于高速系统（DDR4、28Gbps、100Gbps等）而言。工程师不能再以2D方式思考或者仿真设计了；他们必须采取3D视角。BGA封装通孔并非像我们所想的那么无害。因此可以在设计人员的工具箱中添加一条新规则：在希望降低关键接口的串扰时，采用更靠近初级侧的布线层。串扰源并不明显，但只有采用ANSYS的一流仿真工具才能发现问题。



采用更靠近初级侧的层可降低串扰

采用ANSYS Electronics Desktop的完整功能使Interconnect Engineering公司能够针对客户的串扰问题进行分析、诊断和实施解决方案，这样避免了至少一次代价高昂的重新设计。没有ANSYS解决方案，他们可能永远找不到串扰的真正原因。仅仅为了能够交付带宽性能低于标准的产品，工程师可能不得不降低存储器接口速度。项目进度、成本和性能都会受到影响。ANSYS Electronics Desktop使Interconnect Engineering公司能够在预算范围内按时交付性能最佳的产品。▲

# 优化 天线设计

作者：**Michael Hollenbeck**，  
美国犹他州Optisys公司  
首席技术官

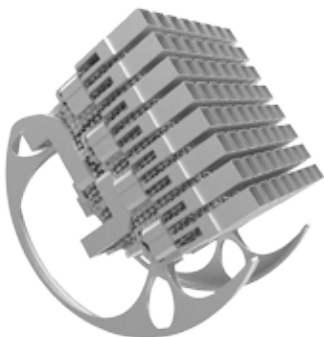


利用工程仿真、大规模计算和3D打印技术，Optisys大幅降低了天线尺寸和重量，同时缩短了研发时间。利用在Rescale大计算平台上运行的ANSYS电磁与结构仿真工具，这家初创公司的工程师可以充分发挥3D打印带来的设计自由度，以充分满足集成阵列天线的射频(RF)性能要求。

**高**频天线过去一直是通过制造和装配上百种单独的组件和硬件而成，以提供所需的RF性能与结构完整性。RF能量是通过接口、接缝阵列模型和不连续点完成从组件到组件的传播，因此必须增加RF路径长度，以补偿这些障碍。每个组件都需要安装多个表面和硬件，这会增加更多不必要的重量与空间。另外，部件材料厚度必须能够满足制造设计约束，而且自始至终都需要额外的空间用于装配间隙。

现在金属3D打印的发展能够以毫米波长所需的尺寸制造天线与RF组件。整个天线能够作为单个组件一次性打印出来。消除接口、接缝和不连续点有助于显著缩短RF路径长度，而消除安装表面和硬件可进一步降低尺寸与重量。减少材料壁厚可实现进一步降低。由于不需要装配间

隙。



阵列模型



“利用具备Rescale大计算平台的工程仿真技术，  
Optisys公司能够显著提高效率，  
而且把设计周期从数月缩短到数周。”

隙，工程师能够把所有功能紧密封装到整个3D空间，从而进一步减少尺寸。Optisys工程师采用ANSYS仿真软件大幅降低最新X波段64元SATCOM集成阵列天线(XSITA)的尺寸、重量，并缩短研发时间。为实现上述成果，需要进行大量计算密集型仿真工作，Optisys则是在面向高性能计算(HPC)的Rescale云平台上执行相关仿真，以最大限度减少本地IT占用空间。

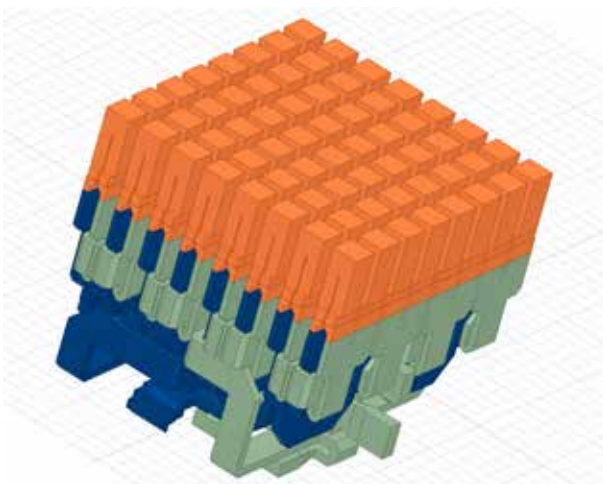
### 天线设计变革

3D打印能够实现远超过传统制造天线的集成度与性能水平，其已经带动了高频天线设计的变革。为发挥3D打印和其他新制造工艺的全部优势，工程师需要重新设计天线。传统的RF设计方法是一项漫长而又费力的任务，其中涉及手动计算初始设计、构建原型、测试原型以及手动调整。这些步骤会一直重复，直到设计满足所有规范要求，这可能需要一年或更长的时间。

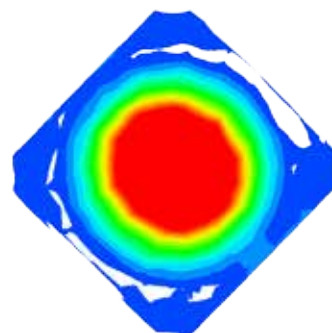
为了评估更多的备选设计方案以及在构建原型之前通过迭代获得精心优化的设计，Optisys选择采用仿真技术。通过加入ANSYS初创公司计划，该公司能够利用ANSYS HFSS电磁仿真软件和ANSYS Mechanical有限元分析软件来评估设计的RF与结构性能。工程师在本地创建仿真模型，然后把它们上传到Rescale云平台。通过云端平台，工程师能够在本地运行ANSYS软件并利用强大的HPC资源，同时无需维持相关计算基础设施。Rescale遵守《国际武器贸易条例》(ITAR)，因此Optisys甚至能够使用该平台设计面向国防和国土安全应用的天线。

### RF设计优化

Optisys工程师将初始概念设计进行参数化，并采用HFSS计算天线各截面的S参数。根据S参数结果，工程师采用ANSYS Optimetrics电磁优化器

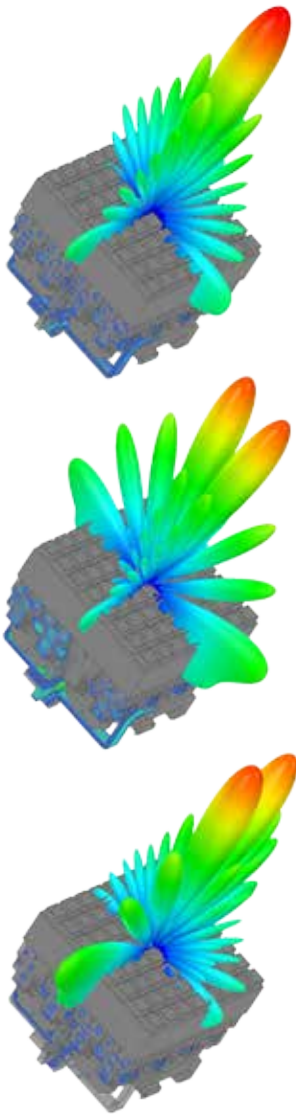


辐射单元的ANSYS HFSS模型



天线喇叭的内部电场





在ANSYS HFSS中针对不同仰角与旋转度对天线阵列的辐射图进行仿真。

能够一次评估多个设计变量，主要是考虑发射以及反射的RF输入量优化器按照指向最佳设计（可最大限度减少插入损耗和反射能量）的梯度逐步调整设计空间。工程师经常针对优化器创建的设计生成波导空腔的电场与表面电流图，以查看相关性能并确定最需要改进的区域。

XSITA辐射单元由64个方形波导元件组成，其用支撑结构形成扼流圈。根据经典的2端口隔板设计（可把单模输入转换成圆极化输出）生成左旋圆极化(LHCP)和右旋圆极化(RHCP)。LHCP和RHCP网络可确保把完整辐射单元阵列的每个象限分成4单元×4单元子集。偏振器输出连接到16至1共同馈电网络，其把各个象限压低至合成器网络，而合成器网络将馈送到单脉冲比较器。RHCP和LHCP输出具有单独的单脉冲比较器，可用于追踪两种极化，从而生成8个总输出端口。各个极化的单脉冲比较器被紧凑布置在共同馈电网络底部，以尽可能减少额外的体积。

由于集成度水平高而且多个区域的波导间距接近0.020英寸，因此在波导路径布线时必须保持模型的全部组件可见，但是只用仿真几何模型的一部分，以提高优化仿真速度。HFSS能够在仿真中包含或排除几何模型，无需从建模器窗口进行删除。这样，Optisys工程师能够独立设计RHCP和LHCP网络，同时在布线时使其相互缠绕，从而最大限度减少3D体积与波导长度。

### 支撑结构的设计

工程师采用ANSYS Mechanical分析栅格支撑结构，以确保其具有足够的机械强度，从而不仅支持减少RF组件厚度，还能最小化天线重量。此外，工程师还设计了打印仰角轴，该轴包含摇臂与齿轮并且连接到外部电机。



### 面向初创公司的云计算功能

初创公司越来越多地采用基于云端的仿真平台，因为这是构建新产品数字原型的唯一可行的低成本途径。初创公司偶尔会需要更高的计算容量，但是往往缺乏相关IT员工和/或预算，以进行采购、设置和维护适当的硬件基础设施。ANSYS积极配合Rescale等云托管合作伙伴，以提供对ANSYS仿真与HPC资源的无缝交钥匙访问。利用这种方法，无论是初创公司还是大型企业的ANSYS客户，都能通过精于HPC、远程托管和数据安全业务的ANSYS合作伙伴获得HPC云解决方案。

— Wim Slagter, ANSYS HPC与云联盟总监

“Optisys工程师采用ANSYS仿真软件大幅降低最新阵列天线的尺寸、重量，并缩短研发时间。”

XSITA阵列的设计展示了，工程师利用ANSYS HFSS优化复杂RF设计时借助3D打印可以达到的集成水平；以及Rescale云端HPC平台几乎无限的扩展功能。Optisys等初创公司的成功依赖于：比资金雄厚的大公司更快地向市场推出创新解决方案。利用具备Rescale大计算平台的工程仿真



3D打印机创建的天线

技术同时执行多个项目，Optisys公司能够显著提高效率，而且把设计周期从数月缩短到数周。在3D打印领域的现有天线平均重50磅并且含有100多个组件，然而，Optisys XSITA只有8磅，同

时只由单个组件构成。这些功能使Optisys这家初创公司能够进军3D打印这个新领域，其正在迅猛扩张并且实现前所未有的功能。⚠

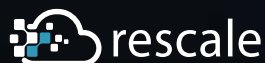


用于创建天线的3D打印机



## 您的设计位于尖端水平。您的HPC呢？

### 精心优化的、可扩展、交钥匙云端仿真解决方案



Rescale的大计算平台由全球最大的HPC数据中心网络提供支持。欢迎立即从丰富的内核类型选择中扩展您的ANSYS仿真，以便快速、高效地按需运行多物理场模型。



欢迎访问：[www.rescale.com/ansys18](http://www.rescale.com/ansys18)



现代飞机的天线被安装在机身外部。



# 内部机载 天线

在现代喷气式客机表面伸出的大量天线会产生阻力，进而增加燃油消耗。巴西国家电信研究所(Inatel)和巴西航空工业公司(Embraer)的工程师致力于研发能够节省燃料的、安装天线的新方法。借助ANSYS仿真技术，工程师无需花费构建原型的时间和成本就能预测推荐的安装设计的性能。

---

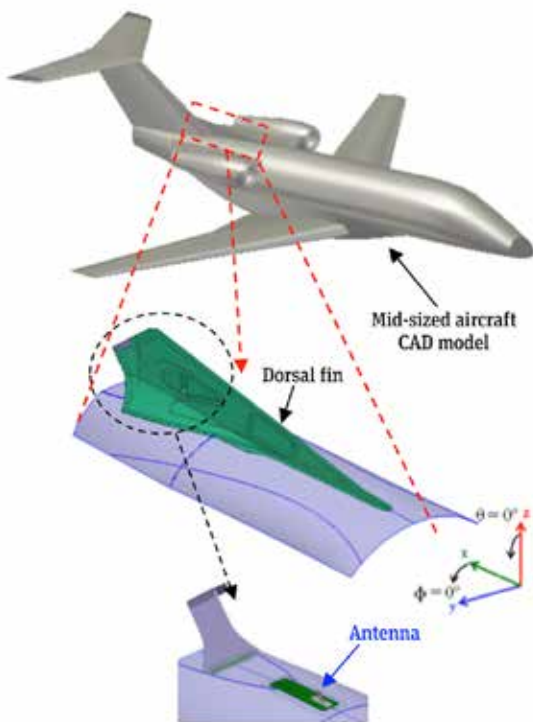
作者：**Arismar Cerqueira Sodré Junior**，巴西Santa Rita do Sapuca  
巴西国家电信研究所(Inatel)副教授；  
**Sidney Osse Nunes**，巴西S o José dos Campos巴西  
航空工业公司产品研发工程师



“把这些天线布置在飞机外部的传统位置会增大阻力，进而增加燃油消耗，这就与目前飞机需要不断提高能效的目标背道而驰。”

为支持新的安全、导航和雷达系统以及为乘客提供Wi-Fi和电视直播等服务，商用飞机上的天线数量正在稳步增加。但是，把这些天线布置在飞机外部的传统位置会增大阻力，进而增加燃油消耗，这就与目前飞机需要不断提高能效的目标背道而驰。为应对这一挑战，巴西航空工业公司正在为飞机天线研发新的安装设计。尽管如此，天线必须在每一个方向上发出相同

的辐射量，因此必须评估多种设计方案。如果必须为每一个推荐的天线设计和安装位置构建和测试物理原型，这样做不仅极为耗时而且成本高昂。巴西国家电信研究所(Inatel)和巴西航空工业公司正在使用ANSYS HFSS电磁场仿真软件来评估天线安装替代设计的性能。HFSS仿真结果与物理测试结果良好匹配，因此大幅节省了评估设计替代方案所需的时间。最终为未来的巴西航空工业公司飞机实现显著的燃油效率。



轻型喷气式飞机与飞机背鳍的ANSYS HFSS数值模型

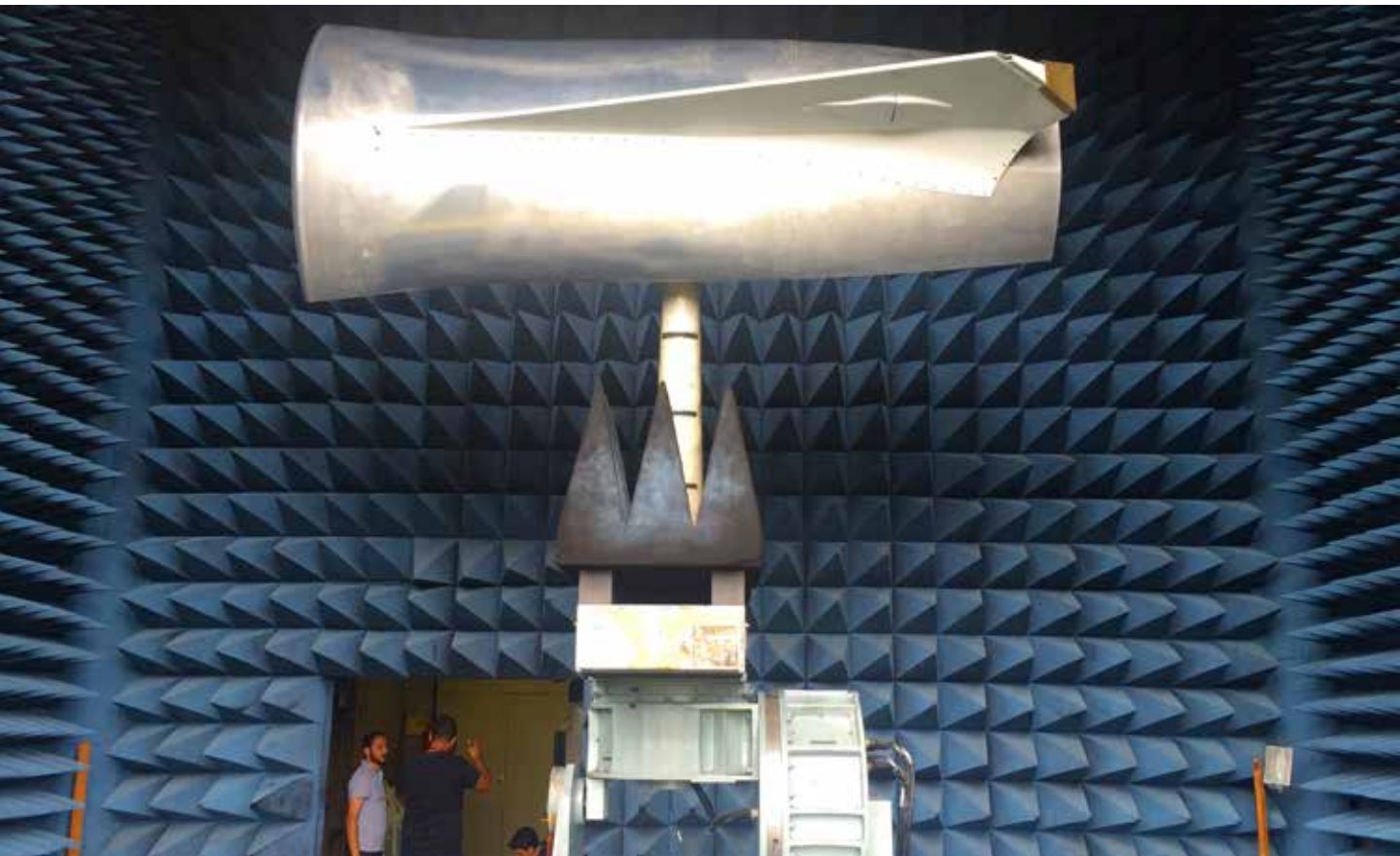
使用实际天线安装开展验证

最新一代商业客机拥有多达100根天线，其可用于航空交通管制(ATC)、空中交通防撞(TCA)、盲目着陆系统(ILS)、测距设备(DME)等其他应用。在过去飞机外部结构主要使用铝材制作而成，由于铝会严重阻碍电磁辐射，因此天线必须从机身表面伸出。现在许多飞机使用纤维增强复合材料，不仅给天线布局带来新的电磁挑战，而且难以在飞机机身上设计天线。通过避免使用支

撑天线用的外伸结构件，这种方法不仅能减少阻力，还有望大幅减轻重量。

为仿真这款推荐的安装设计，巴西国家电信研究所和巴西航空工业公司的工程师首先需要确定用于覆盖天线的复合材料的电磁属性。他们构建了一个覆盖

设计面向宇航和机载应用的天线和电磁系统  
[ansys.com/airborne-antenna](https://ansys.com/airborne-antenna)



在消声室中测试的飞机背鳍的原型

现有天线的复合材料背鳍的物理原型。他们在消声室中激励天线并测量了生成的辐射图。消声室能够消除电磁波反射和来自外部的电磁波，从而能准确测量天线辐射。

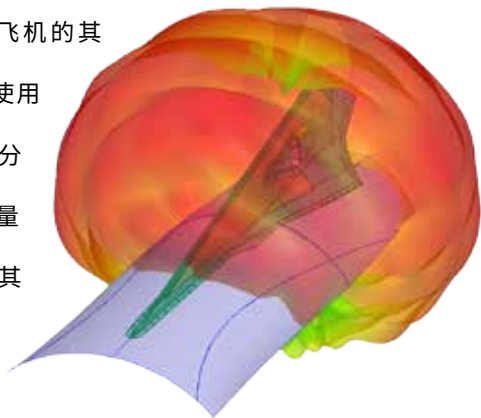
工程师测量了天线的介电常数、损耗正切和辐射图，然后他们使用这些测量值在HFSS中定义复合材料的属性。他们从计算机辅助设计(CAD)模型中导入构件和天线的几何模型。HFSS网格划分算法可生成自适应加密网格，其根据局部电磁场行为的需求迭代增加网格单元。下一步是定义边界条件，以指定求解域表面和对象界面上的场行为。接着定义能量进出模型时经过的端口。正弦波信号可用于激励天线。

### 混合求解器技术可节省时间

巴西国家电信研究所和巴西航空工业公司的工程师使用ANSYS HFSS混合方法，将背鳍的有限元模型与机身以及天线的积分方程模型相结合。为背鳍选择有限元模型的原因是：该结构的介电属性相当关键，而有限元方法能够准确地对其进行

定义。飞机的其

余部分则使用HFSS的积分方程或矩量法，因为其计算效率



ANSYS HFSS仿真结果显示了机身内部设计的天线所产生的辐射幅度场。



# “工程师发现**天线**相对于**复合材料的位置**以及**复合材料结构件的厚度**对**天线性能**的影响最大。”

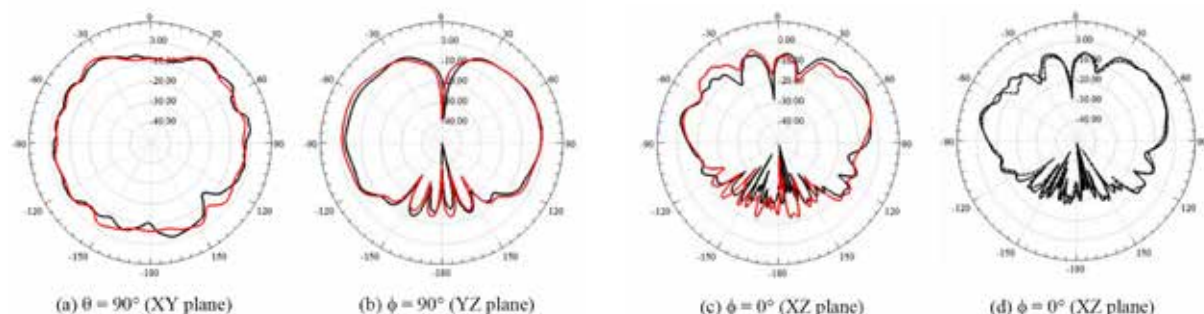
高。模型的外部边界则应用了完全匹配层(PML)边界条件，以减少计算域中的空气。PML是假设的各向异性复合材料，能完全吸收影响它们的电磁场。它们被布局在模型边界上，用于模拟无反射辐射。

ANSYS HFSS计算结构件内部的完整电磁场模式，并且并行计算用于3-D场求解的所有模态和端口。仿真结果与物理测试良好匹配，验证了测量得到的材料属性和HFSS仿真模型。工程师发现不同的纤维增强复合材料的性能与频率有关。例如，在100KHz下使用大量碳纤维增强材料能够不劣化辐射图，但在10GHz

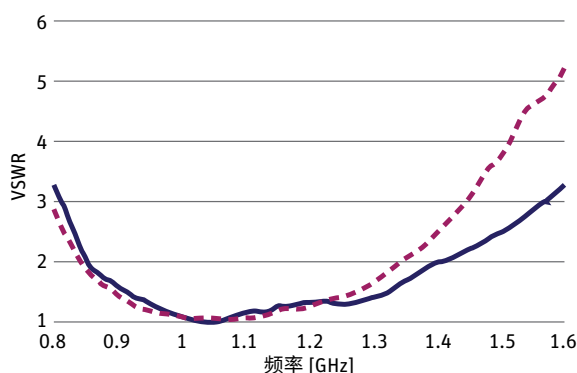
下即使微量的碳纤维也会产生严峻的设计难题。

## 通过迭代获得精心优化的设计

工程师随后评估了不同的天线安装设计，旨在获得全向辐射图。通过改变不同设计参数的尺寸，他们发现天线相对于复合材料结构件的位置（x和y方向）以及复合材料结构件的厚度对天线性能的影响最大。工程师使用HFSS中的参数化设计功能，在批处理模式中评估这些值的范围及其他设计参数。接下来，工程师为完整飞机结构建模，以确定其如何影响天线性能



仿真的（红色虚线）辐射图和测量得到的（黑色）辐射图显示出良好匹配。



最终天线设计的测量值显示，在1到1.2GHz的频率之间最终天线设计与常规天线的性能极为接近

以及如何进行设计改进来维持全向性能。

在仿真的指导下，工程师研发出的天线安装设计能够提供极为贴近理想全向模式的辐射图，几乎达到了无罩天线的性能。在优化天线设计之后，巴西国家电信研究所和巴西航空工业公司的工程师为优化后的设计构建了原型。新原型的物理测量与仿真结果良好匹配。这些新的天线安装设计有望大幅降低新一代飞机的燃油消耗。▲

巴西国家电信研究所和巴西航空工业公司得到了ANSYS优秀渠道合作伙伴ESSS的大力支持。



# 破解 喷油难题

作者：Junmei Shi，仿真团队负责人；  
Pablo Lopez Aguado，在读博士生，  
卢森堡Bascharage德尔福汽车系统公司

为改善内燃机排放和燃油经济性能，人们需要更好地了解喷油嘴分解液体燃料、并将雾化液滴喷入气缸的过程。德尔福工程师使用ANSYS计算流体动力学(CFD)软件设计喷油嘴的几何结构，旨在通过正确的喷射模式喷出液滴，以优化发动机的性能。

**清** 洁内燃机技术的进步要求控制和优化油-气混合、点火以及燃烧过程。工程师必须把每台发动机的具体喷射要求转化为详细的喷嘴设计。喷嘴研发面临的最大难题是确定初级破碎过程的基本物理原理以及喷嘴几何结构对该过程的影响。在理解破碎过程方面，物理试验存在诸多局限，因为没有途径能够有效地测量微小喷嘴内部的湍流和涡流结构。德尔福汽车系统的工程师使用ANSYS Fluent CFD大涡流仿真(LES)功能来描述喷嘴流体力学和破碎过程的特征。仿真预测的喷嘴流和测量喷射模式与试验结构良好匹配，让工程师初步认识到流体力学对于优化喷油嘴设计十分有用。



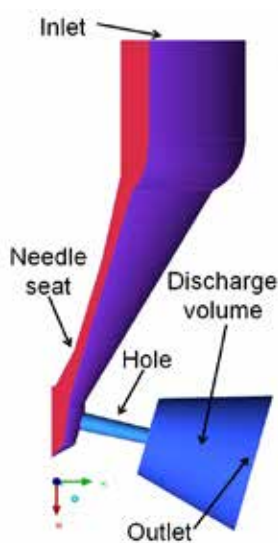
# “德尔福汽车系统的工程师使用 *ANSYS Fluent CFD*来描述喷嘴流动力学和 破碎过程的特征。”

## 传统的喷油嘴设计方法

喷油嘴将液体燃料分解为喷雾液滴的性能以及发动机气缸内部燃料-空气的混合性能，对于燃油经济性和排放有重大影响。在喷雾形成过程中会同时发生初级和次级破碎现象。初级破碎指液体射流发生变形并形成大系带的现象。接着在次级破碎过程中，系带会进一步破碎成液滴。初级破碎过程涉

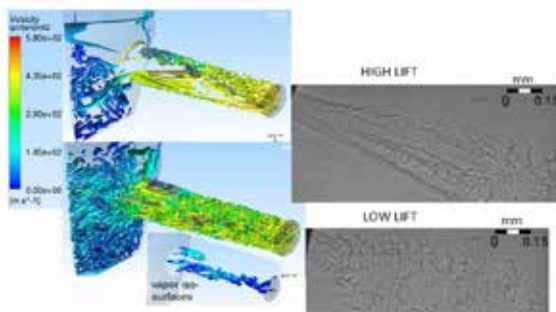


喷嘴流路径



及高度复杂的多相、多尺度流体动力学现象，包括湍流和空化以及它们在喷嘴中的相互作用，加上喷嘴外部的空气动力学相互作用。燃料喷射工程领域的相关人员在这一问题上已经努力了50余年，但由于缺乏有效的试验和数值诊断工具而难以前行。包括相位衬度X射线成像(PCX)和X射线照相术在内的光学测量方法已被研发用于描述喷嘴内部空化的特征，但目前仍缺乏测量喷嘴内部场湍流的有效途径。

此外，研究人员已经使用仿真来了解破碎过程。研究人员成功将水平集界面跟踪技术与CFD结合使用，以求解液滴形成过



程中的液体-气体界面。在高低针阀升程条件下，圆孔喷嘴的喷雾仿真情况与测量情况良好匹配，为研究人员进行内部喷嘴流仿真树立了信心。

程中的液体-气体界面。但这一方法需要直接数值仿真(DNS)，即用数值求解Navier-Stokes方程，不使用湍流模型来处理空化流。由于目前尚未实现其所需的计算机功能，DNS仍然不太可行。流体体积(VOF)法可用于替代水平集技术，它能跟踪每个单元的体积分数而非界面本身。流体体积法对喷嘴内部流动分析有效，但在用于

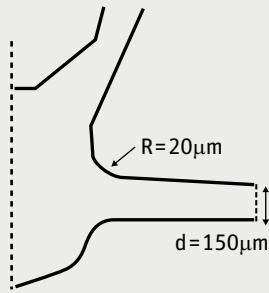
预测射流破碎和液滴形成时精度较差。

因为测量和仿真方法具有局限性，喷油器设计仍然在很大程度上依赖几何结构的参数化优化，以及构建-测试法。这个过程效率低下，而且会因为许多几何参数间的相互作用和测量系统的不准确性而受到影响。

## LES支持喷嘴内部流动的CFD仿真

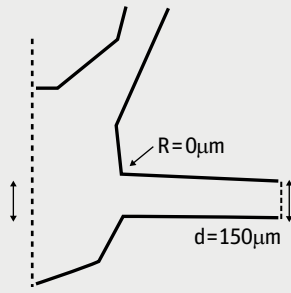
德尔福正在与韦恩州立大学以及阿贡国家实验室合作，希望能够在破碎过程中详细描述靠近喷嘴喷雾的液体-气体界面结构的特征。同时德尔福也在使用ANSYS Fluent LES湍流

圆形



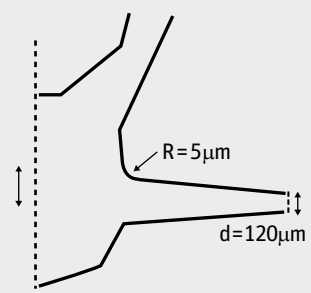
- 近喷嘴喷雾显示, 大规模规则表面结构与较小规模不规则结构间存在过渡波动。
- 较弱的涡旋脱落与空化。
- 始终存在张弦结构, 一直到喷射孔出口。

锐利边缘

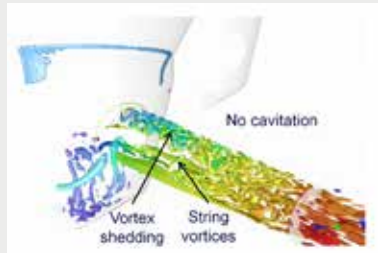
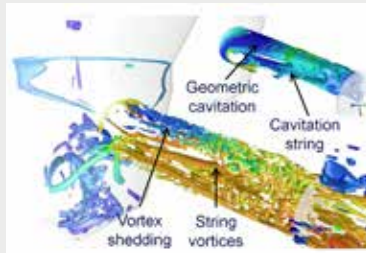
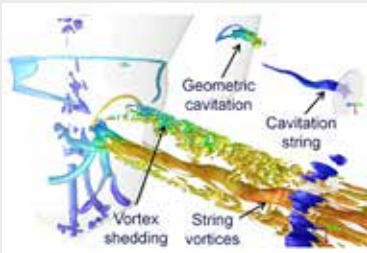


- 射流在靠近喷孔出口的地方开始破碎, 同时在使用精细结构的情况下喷射模式更加稳定。
- 在喷口入口上端存在伴随涡旋脱落的小规模涡流, 涡旋对组成的张弦结构以相反方向旋转, 伴随张弦空化。
- 脱落涡旋以及空化的密度大到足以分解喷孔内的张弦结构。

高性能雾化



- 拥有小规模不规则表面结构的温和稳定喷射模式。
- 脱落涡旋与张弦涡流相互作用, 但未观察到空化。
- 脱落涡旋产生脉动动量, 在离开喷口出口后促使射流变形并导致液体-气体界面结构波动。
- 脱落涡旋还产生脉动表面涡流, 这种涡流受液体和周边气体间的液体-气体界面相互作用强化, 促使液滴形成。



喷嘴内部流与LES仿真结果比较, 能帮助工程师理解不同喷嘴几何结构如何产生大相径庭的结果。

建模方案、流体体积法以及耦合的流体体积—水平集技术, 在初级破碎过程中同时求解喷嘴中的多尺度涡流动力学以及靠近喷嘴喷雾的液体-气体界面。在LES中, 对大涡流直接求解, 对小涡流采用建模方法。与DNS相比, 只求大涡流有助于在LES中使用较稀疏的网格和较大的时步。德尔福使用这种方法仿真圆形和锐利边缘孔式喷嘴以及其高性能(HP)雾化孔式喷嘴, 后者使用极高的孔锥度来增大喷嘴的流体力学效率和喷雾动量比。

对喷嘴内部流开展LES仿真, 能帮助工程师理解不同喷嘴几何结构如何产生大相径庭的结果, 正如图中所示。

### 将喷嘴设计迁移到仿真

在每一种情况下, 工程师发现预测的喷射模式和测量得到的喷射模式良好匹配, 这为喷嘴内部流型的准确性提供了高水平的置信度。研究发现, 在流体进入喷嘴孔的过程中会触发涡旋脱落, 从而进一步在初级喷雾破碎过程中造成流体表面变形和系带形成。这一重要发现也解释了每种喷嘴设计参数(座套、孔入口圆度、锥度、针阀形状和针阀升程)对喷雾形成的影响情况, 并为工程师提供了对于高压燃料喷射初级破碎原理的新理解。

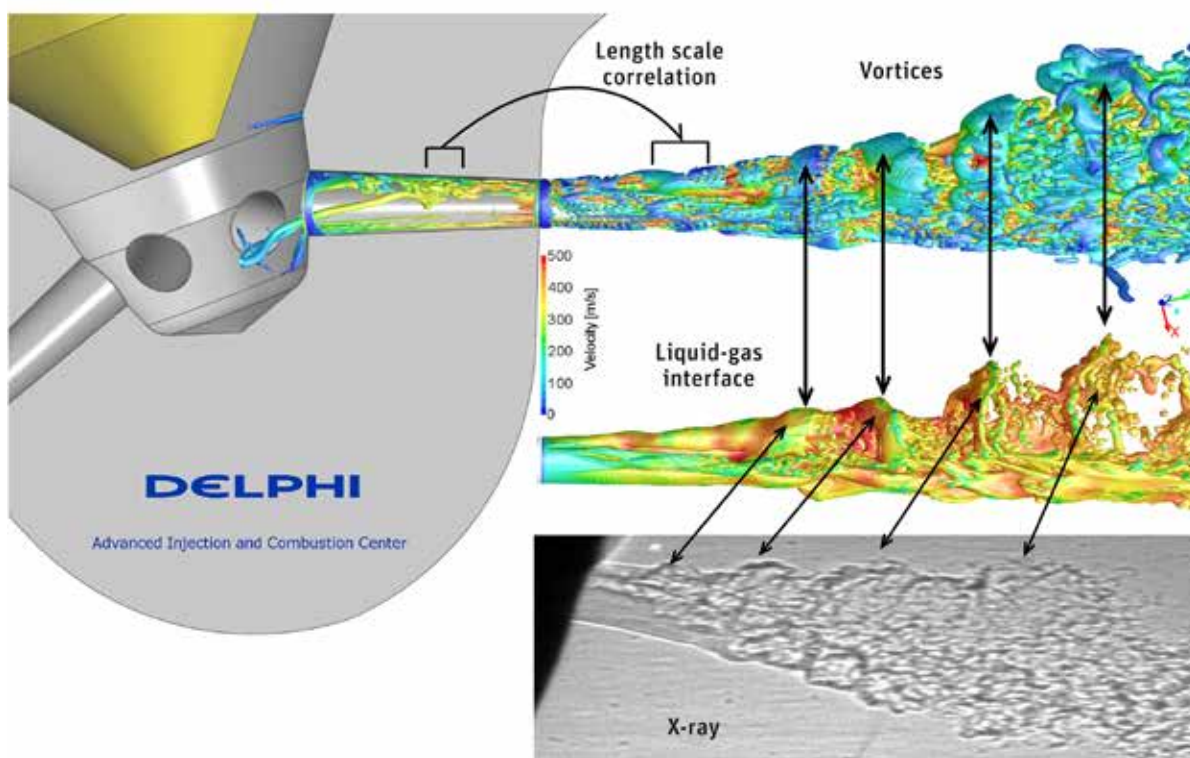
燃料喷射研究团队50多年来一直在潜心钻研, 以期了解喷嘴内部流及其对喷雾仿真的影响。使用



# “德尔福汽车系统的工程师使用 **ANSYS CFD**来描述喷嘴流动力学和 破碎过程的特征。”

LES开展的CFD仿真有助于工程师更好地理解初级破碎过程的基本物理原理以及喷嘴几何结构对喷雾结构的影响。德尔福工程师正在把仿真融入到最新发动机型号的喷油嘴设计过程中。仿真让工程师能够更好地理解喷嘴内部几何参数复杂的相互作用，实现从参数化

优化过程到基于知识的优化过程的过渡。需要进行测试的样本数减少，同时研发喷嘴所需的时间也有望缩短，最终得到一款具有更出色燃油经济性和更低排放的高性能发动机。▲



HP喷嘴喷雾的仿真与测量结果十分吻合。

## 参考资料

Shi, J.; Aguado Lopez, P.; Dober, G.; Guerrassi, N.; Bauer, B.; Lai, M.-C. Using LES and X-ray Imaging to Understand the Influence of Injection Hole Geometry on Diesel Spray Formation, Valencia: THIESEL 2016 Conference on Thermo- and Fluid Dynamic Processes in Direct Injection Engines, 2016.

Shi, J.; Aguado Lopez, P.; Guerrassi, N.; Dober, G. Understanding High-pressure Injection Primary Breakup by Using Large Eddy Simulation and X-ray Spray Imaging, *MTZ Worldwide*, 2017, Issue 5, pp. 50–57, doi 10.1007/s38313-017-0039-4.





# 减轻航天器 燃料晃动

航天器燃料箱中的燃料晃动有可能会改变质心。这将影响航天器精心计算的机动操作（其能够精确指挥到特定地面位置的传感器）。在航天器研发

作者：Rémi Roumigué，  
法国图卢兹空客国防和  
宇航部门流体工程师

早期阶段，空客工程师使用流固耦合仿真来评估一款提议的弹性膜能否最大限度减少燃料晃动对质心的影响。

**航**天器的典型任务包括监测天气与环境，例如植被、大气气体、海洋条件和冰原的变化，以及开展地形测绘。空客国防和宇航部门是这一领域的公认领先者，其提供的完整解决方案能够用于：提高安全性、提升农业绩效、最大限度提高油气和采矿作业、改善自然资源管理、通过监测森林砍伐和碳排放来保护环境。

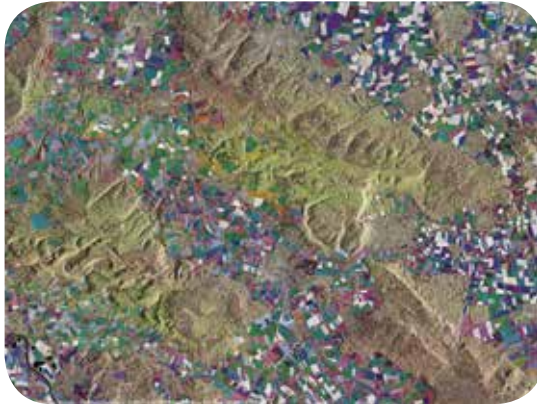
姿态控制尤其重要，因为航天器往往要负责观测地面上的特定固定点。为观测不同位置或将天线指向地面站以传输采集到的数据，航天器的



在偏离燃料箱下方的位置绘制弹性膜

“航天器设计人员必须确定是否需要补救措施来满足姿态控制规范,并找到一种能够以最低成本和重量代价满足规范的方法。”

姿态会经常发生变化。姿态控制系统(ACS)通常依靠控制力矩陀螺仪和反作用轮,以及太阳能电池板提供的电力进行较小的姿态机动。在进行大型机动时,则使用需要推进剂的推进器。控制力



空客航天器捕捉的典型图像

矩陀螺仪和反作用轮使用的算法需要准确知晓航天器的质心。但当航天器开始移动时,液体燃料会在燃料箱内部晃动,改变质心并对燃料箱的壁面产生作用力,以抵消控制力矩陀螺仪和反作用轮的作用。

航天器经常使用补救措施来减轻晃动,从而使航天器能够在允许的姿态窗口内部受控。一种方法是使用物理障碍,例如挡板或隔舱来控制晃动。另一种方法是使用弹性膜将燃料箱隔离成两个隔舱,一个装满燃料,另一个充满压缩空气,从而抑制晃动。

航天器设计人员必须确定是否需要补救措施来满足姿态控制规范,如果需要的话,还应找到一种能够以最低成本和重量代价满足规范的方法。物理试验几乎不可能测量失重状态下的晃动,而且成本极为高昂。空客工程师决定在设计周期早期阶段使用仿真来评估弹性膜的性能,因为尽早进行设计修改比后期修改的成本更低一些。

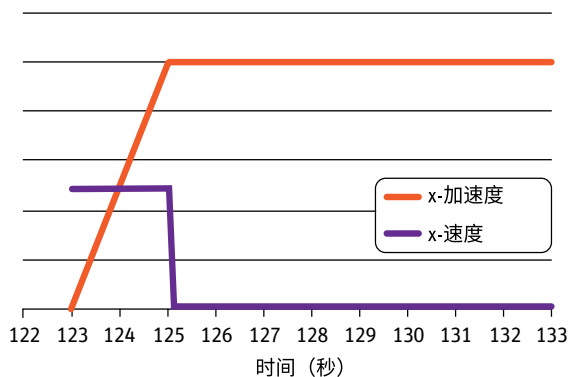
因为燃料箱中液体燃料与薄膜的复杂相互作用,在弹性膜的影响下进行晃动建模相当复杂。空客工程

师之前从未对这些相互作用进行建模,而且搜索文献后也未能找到可用作指导的任何出版资料。因此工程师决定利用ANSYS Workbench环境中集成的ANSYS多物理场工具,以开展流固耦合(FSI)仿真,并分析这款推荐的

薄膜的行为。

### 航天器设计研究

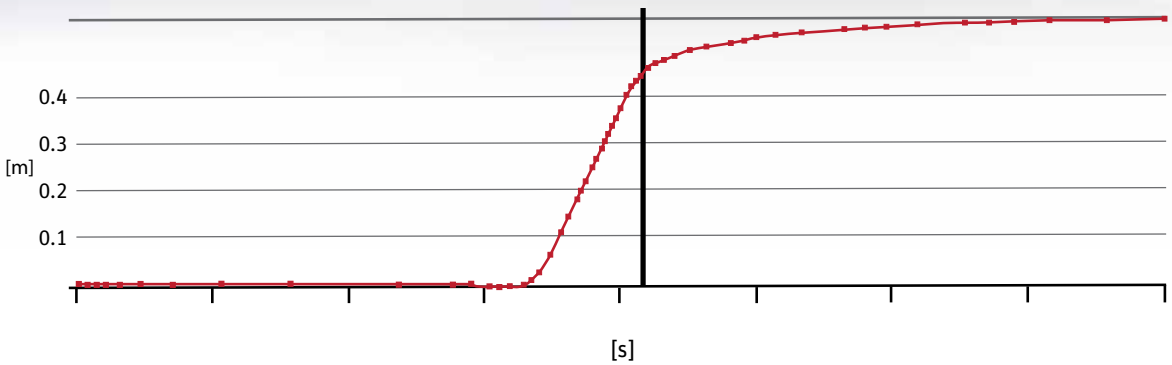
空客工程师需要开展设计研究,以计算弹性膜对正在研发中的航天器的影响。工程师被要求估算,当航天器进行几种定义机动时质心的变化以及燃料对燃料箱壁面施加的作用力。这需要同时求解液体燃料对薄膜的作用以及薄膜对液体的影响。开展FSI仿真的



FSI仿真过程中使用的典型平移情况



“在有可能产生显著影响的设计阶段，空客工程师利用FSI和其他多物理场仿真制定更加明智的设计决策。”

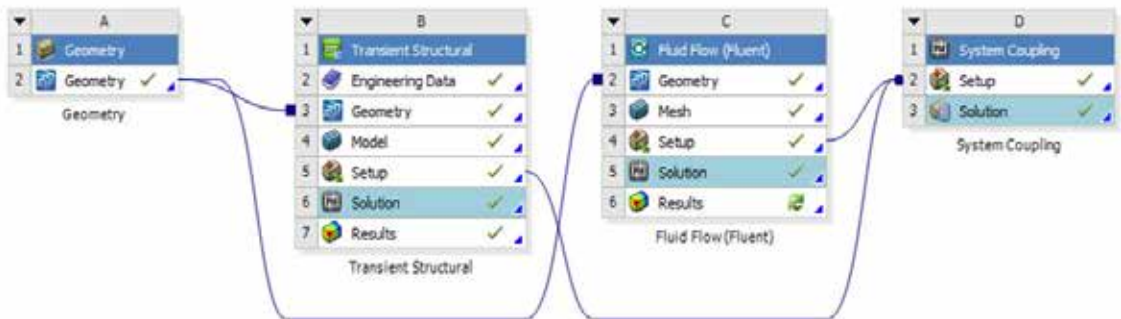


机械变形过程中弹性膜的中点位移

最大障碍是：仿真流体的计算流体动力学(CFD)软件和仿真弹性膜的有限元分析(FEA)软件通常由不同供应商提供，它们不能协同工作。用户必须找到一种集成上述工具的方法。这可能涉及编写和验证脚本，以及每次仿真时手动在CFD和FEA软件套件之间传递数据。在仿真过程中进行手动干预非常耗时，造成仿真工作流程变得复杂，而且还可能降低整体仿真的精度。

ANSYS软件能够提供FSI仿真所需的完整物理场，其包括在ANSYS Workbench环境中集成的CFD和FEA求

解器，从而解决了上述难题。通过简单的拖放操作，一个软件套件的输出能作为输入信息耦合到下一个软件套件中，因此无需进行手动数据传递。在本案例中，空客工程师将弹性膜建模为偏离燃料箱下方的固体，同时在燃料箱下方壁面上创建了一个流体出口。借助ANSYS Fluent和ANSYS Mechanical之间独特的集成功能，工程师能够使用燃料箱壁面的固体部分约束流体域模型和各表面，从而定义ANSYS Mechanical固体单元。此外，燃料箱壁面也包含在ANSYS Mechanical模型中，用于施加与弹性膜的接

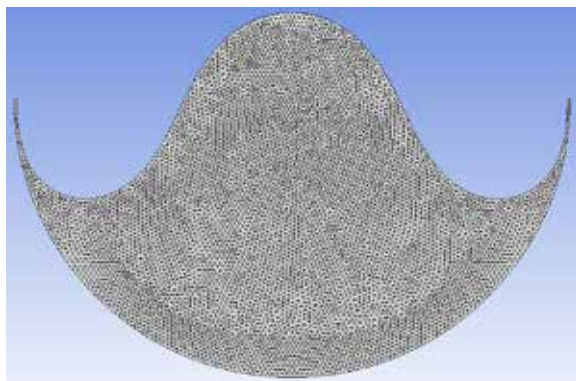


空客工程师通过将一个软件的输出拖放到另一个软件的输入信息中，从而把流体软件和结构软件无缝链接。

“ANSYS软件能够提供FSI仿真所需的完整物理场，  
其包括在ANSYS Workbench环境中  
集成的CFD和FEA求解器。”

触。为减少计算量，整个模型只有一个单元厚，因此它实际上是一个2-D仿真。

燃料箱的填充本来可使用FSI仿真，但空客工程师采用了一种更简单、计算量更少的方法，即通过施加机械压力而非流体压力，以致弹性膜向燃料箱上方产生变形。然后将变形后的形状应用到流体模型。添加质量流出口后，燃料箱就可以排空到所需的充装系数，同时使弹性膜中的流体压力与应力保持平衡。工



燃料箱排空到局部水平后弹性膜的稳定位置

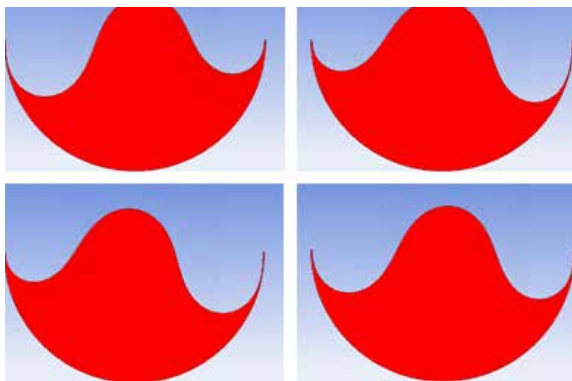
程师使用流速配置来逐步排空燃料箱以避免产生压力波动。

### 开展流固耦合仿真

在确定弹性膜的形状及相关应力场后，工程师就对燃料箱施加了指定的平移配置。每个配置由一个加速度时程构成，其代表一个典型的航天器机动。在瞬态FSI仿真中的每一个时步，ANSYS Fluent会计算流体反作用力。这些力值由ANSYS Workbench无缝传递给ANSYS Mechanical求解器，以加载弹性膜。ANSYS

Mechanical然后计算弹性膜的挠曲。更新后的弹性膜形状被传递回ANSYS Fluent，由ANSYS Fluent用于为下一个仿真时步确立流域。仿真结果包括每个时步中的燃料箱质心以及流体作用在燃料箱壁面上的力和扭矩。

空客工程师在设计流程早期阶段使用FSI仿真，为受到典型航天器机动影响的弹性膜行为建模。此外，他们还使用仿真来评估其他的晃动补救方法，例如挡



FSI结果

板或隔间。最终目的是确定哪一种解决方案更适合燃料箱设计。

在ANSYS软件的帮助下，空客工程师研发出一项新的功能：他们现在能够对包括弹性膜的燃料箱装置进行仿真。在有可能对最终产品的性能、成本和研制周期产生显著影响的设计阶段，空客工程师利用FSI和其他多物理场仿真制定更加明智的设计决策。⚠



# 设计电动机



作者：**Marc Brück**，  
德国希尔德斯海姆  
EM-motive GmbH资深  
仿真技术专家

为混合动力汽车和电动汽车设计最佳定制发动机时，需要将多个电子和机械组件作为一个完整系统进行设计和测试。确定和选择权衡因素并非易事，不过EM-motive GmbH研发了一种整合ANSYS仿真和ANSYS optiSLang优化软件的多域工作流程，从而解决了这个难题。





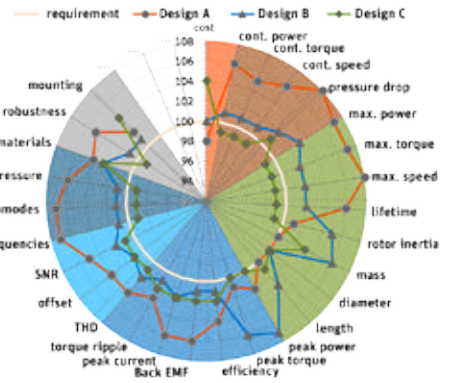
2011年，汽车制造商戴姆勒与世界领先的汽车零部件供应商博世成立了一家合资公司，双方之间的合作产生了显著的协同效应。合资公司EM-motive GmbH将戴姆勒在燃料电池和蓄电池方面的专业知识与博世的电机研发生产经验相结合，以设计和生产用于电动汽车和混合动力汽车的牵引电机。电机采取模块化设计，因此适合多种车型并且满足许多不同车辆的规范要求。从2012年到现在，该公司已经为遍布欧洲的多家客户生产了超过300,000台电动电机。

即使拥有这样强强联合的专业知识，制造模块化发动机仍然颇具复杂性和挑战性。除了主要的工程约束（成本、电机的安装空间、冷却和逆变器相关属性），客户对每款发动机的要求涵盖了一系列广泛的物理域：

- > **热力学：**冷却剂流速与温度、环境温度以及绕组和磁体温度
- > **结构力学：**安装空间、扭矩、功率、速度、对其他部件的容差以及轴承受力
- > **电气工程：**电压、电流、逆变器相关属性
- > **效率与声学：**空气噪声和结构噪声

更具挑战的是，需要同时考虑所有待优化的参数。此外，还必须考虑其他因素：噪声、振动和粗糙度(NVH)；安全性；以及发动机的成本。

EM-motive的工程师意识到在这种交互式环境中，单独为每个组件设计严格规范、然后再进行装配的“传统”组件研发系统已不再适用。该公司研发了一种自始至终集成仿真技术的设计工作流程，以考虑组件之间的动力学相互作用以及所有必要的参数，从而确定最佳解决方案并确保设计鲁棒性。



雷达图展示了三种设计概念及其在满足客户要求方面的情况

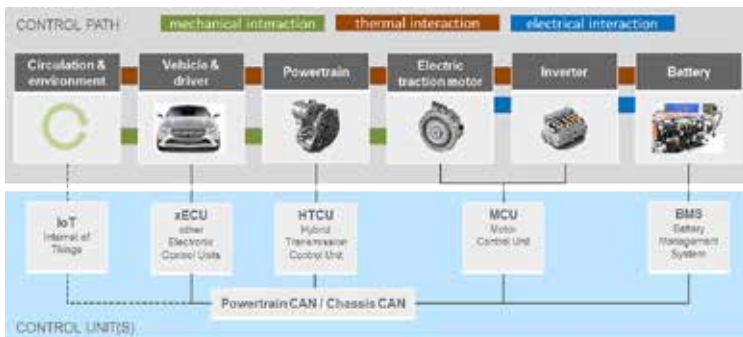
参数化工作流程可支持敏感度分析、优化设计和设计鲁棒性评估，其包含了ANSYS仿真软件和其他软件工具，并在ANSYS optiSLang中进行构建和托管。这些工作流程帮助EM-motive在充满挑战的时间和成本要求下研发电机产品，并解决定制化设计挑战，例如在发动机设计的后期阶段客户要求发生变化。

应力。但是，这会增加转子中的磁漏，导致扭矩和功率降低。解决此问题的一种方法是增加绕组中的电流（但前提是电池和电子系统能够提供更高的电流）。该方案会加大损耗，降低效率，这对客户来说是无法接受的。因此有必要重新设计整个发动机，以满足所有要求。

举例而言，客户要求特定发动机的最大速度需要提高1,000转/分

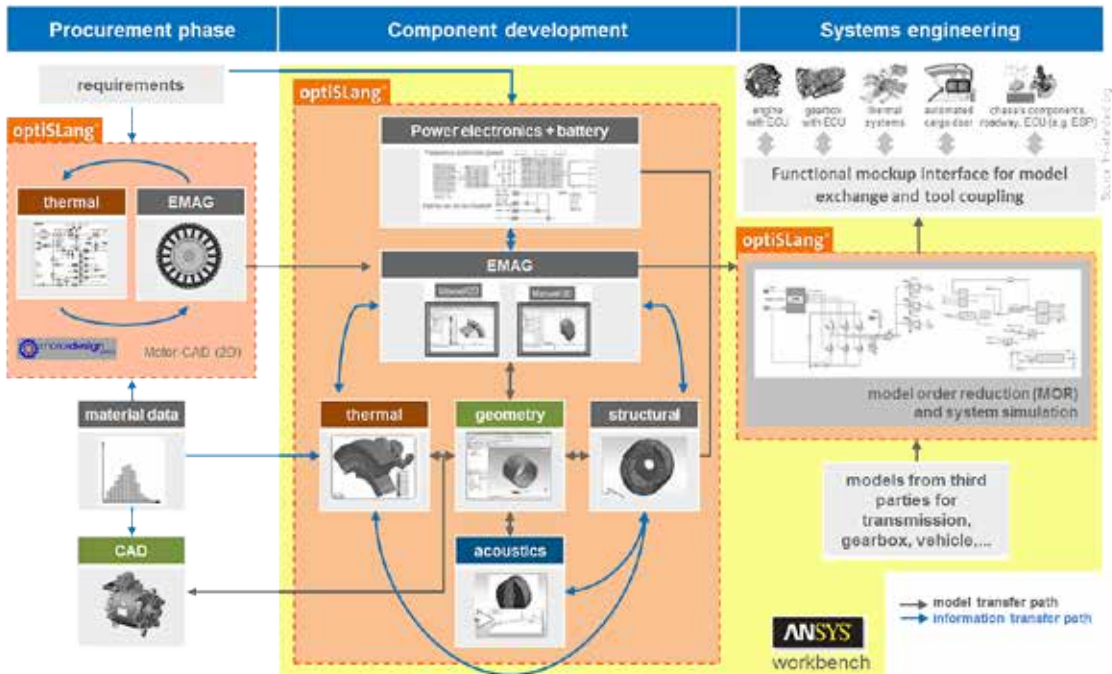
幸运的是，EM-motive仿真工作流程能够进行灵活调整，以分析具体发动机的要求，仿真组件之间的所有

(rpm)。然而，加速后的离心力会导致转子设计失败。工程师会增加转子叠片套（磁体被冲压到叠片套中）的连接厚度，以承受更大的离心力造成的



电机的设计流程必须包含所有这些内部和外部组件。

动力学相互作用，并让客户充分理解每个设计决策的权衡因素。该工作流程提供了可靠的知识基础，能够在相互冲突的目标之间进行最佳权衡。



随着设计不断进行优化，工作流程的三个阶段可重复迭代。

### 数字探索工作流程

在采购阶段，利用与CAD连接的ANSYS optiSLang工作流程以及专业的电磁-热分析软件，设计工程师就能自由探索所有可能的设计变量及容差，从而充分满足客户的要求。他们可以快速提供答案，这样客户就能够知道现有的电机是否满足要求，以及是否需要研发新的电机。

在添加附加要求后进行的一系列迭代过程中，工程

Mechanical结构力学仿真的初始数据。利用在ANSYS Workbench中集成的各种ANSYS工具，工程师可创建涉及电磁、机械、热力学和声学等领域的完全耦合仿真。

利用这些参数化工作流程，工程师能够在相关设计空间内执行所有重要的物理域敏感度研究并确定相关容差。工程师可添加深入的优化循环，但考虑到多种学科目标和约束之间相互冲突的特性，以及需要在系统仿真级快速检查电机行为，因此必须提取降阶模型(ROM)。

“该公司研发了一种自始至终集成仿真技术的设计工作流程，以考虑组件之间的动力学相互作用。”

师利用ANSYS仿真软件在所有相关的物理域中设计和优化新型电机。与ANSYS Simplorer系统仿真器的共享接口能帮助他们分析电力电子对电机的影响。由于ANSYS DesignModeler与CAD系统之间存在双向接口，工程师可创建辅助几何模型（例如外壳）的参数化模型，并将它们集成到系统设计中。ANSYS工具允许设计人员将一种仿真的结果用作另一种仿真的边界条件。随后，他们将ANSYS Maxwell电磁仿真得到的力值用作ANSYS

利用ANSYS Maxwell中的集成等效电路提取(ECE)工具套件或ANSYS optiSLang的数据化ROM生成功能，研发团队能够提取整个系统仿真的降阶模型。

### 系统建模

这些降阶模型可在ANSYS Simplorer中进行耦合，以创建完整的系统仿真。然后再一次在optiSLang中建立参数化工作流程，并且选择性地集成其他的第三方模

型，例如传动模型或完整的汽车模型。此时，工程师可执行系统优化循环，通过改变参数（例如控制器参数）来分析组件之间的相互作用。

最后，为了使模型能够与外部机构设计的发动机组件实现互换，设计人员使用行业标准的功能模型接口(FMI)来创建每个组件的模型，其被称为功能模型单元(FMU)。这些FMU采用第三方软件创建，并且能方便地进行互换，同时保持IP保密性：它们只包含标准化输入和输出，因此只有制造商才能获得产品的具体技术信息。FMU的另一个优势在于其可被导入目前所有的系统仿真软件中，并且能够在客户或研发合作伙伴的整体仿真中将电机的特性作为单个组件进行描述。

## 了解设计选项

最后一个挑战是呈现优化后的设计，使客户能清楚地了解不同设计选择及其权衡因素。EM-motive研发了一个雷达图，其可将所有性能指标转换成无量纲

的变量，并将要求作为标准值。它包含了所有物理域及其要求，并在背景中用带颜色的饼状图进行加亮显示，以清晰呈现不同的域。位于100%参考圆之外的所有点都满足设计要求。物理域之间的相互作用也能方便地在图表中进行描述。如果设计需要改进以提高声学性能，则图中会显示对效率最不利的影响。该图表有助于全面理解每个新设计的优势和弱势，以及如何满足（或不满足）独特的要求。

就像当今很多复杂的工艺过程一样，发动机设计也需要采用协作式的系统化方案才能成功。EM-motive的系统化发动机设计方法集成了ANSYS参数化仿真环境和创新的呈现方法，能确保汽车制造商客户在充满挑战性的时间和成本约束下研发出新一代混合动力汽车和电动汽车。▲

本文改编自CADFEM Journal编辑团队的采访内容。



**dynardo®**  
dynamic software & engineering

**CAE-软件&咨询**

# ANSYS® optiSLang®

通用工具，利用基于CAE的设计点实现变量分析：

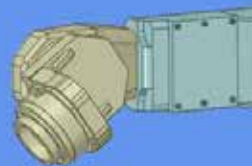
- 敏感度分析
- 针对物理测试的虚拟模型校准
- 设计与数据探索
- 产品性能优化
- 产品鲁棒性和可靠性的量化
- 鲁棒性设计优化与六西格玛设计

如欲了解更多详情，敬请访问：[www.dynardo.de/electronics](http://www.dynardo.de/electronics)

Dynardo GmbH | Steubenstraße 25 | 9423 Weimar | Germany | Phone +49 (0) 3643 9008-30 | [contact@dynardo.de](mailto:contact@dynardo.de) | [www.dynardo.de](http://www.dynardo.de)



# ANSYS DISCOVERY LIVE: 实时仿真的革命



随着革命性的全新ANSYS Discovery Live解决方案问世，仿真不再需要耗费数小时或者数天时间，而是即时完成。工程师在导入几何模型之后只需数秒即可看到仿真结果，而且无需高性能计算系统。这是因为所有计算都是由图形卡(GPU)处理，其可以并行运行数千个处理器。无需暂停仿真，工程师就能够修改设计和物理场，然后立即查看结果。这种交互性和即时反馈使工程师能够在设计过程的数字探索阶段提早研究更多变量，这一点对于在竞争激烈的市场中研发成功产品至关重要。



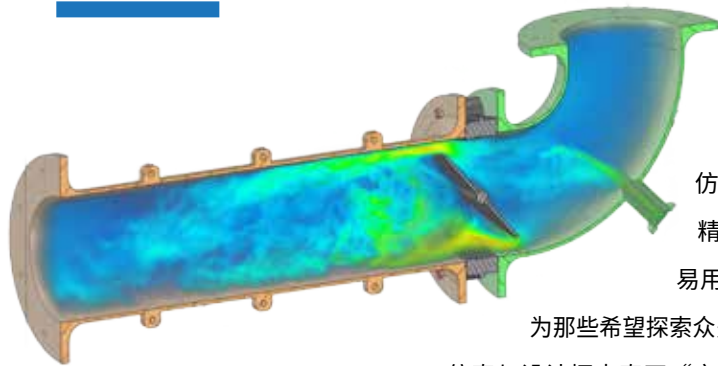
作者; Justin  
Hendrickson,  
ANSYS产品管理总监

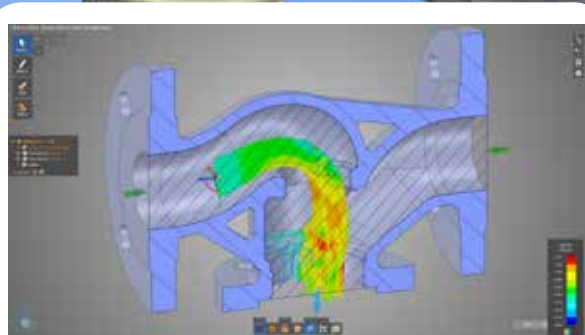
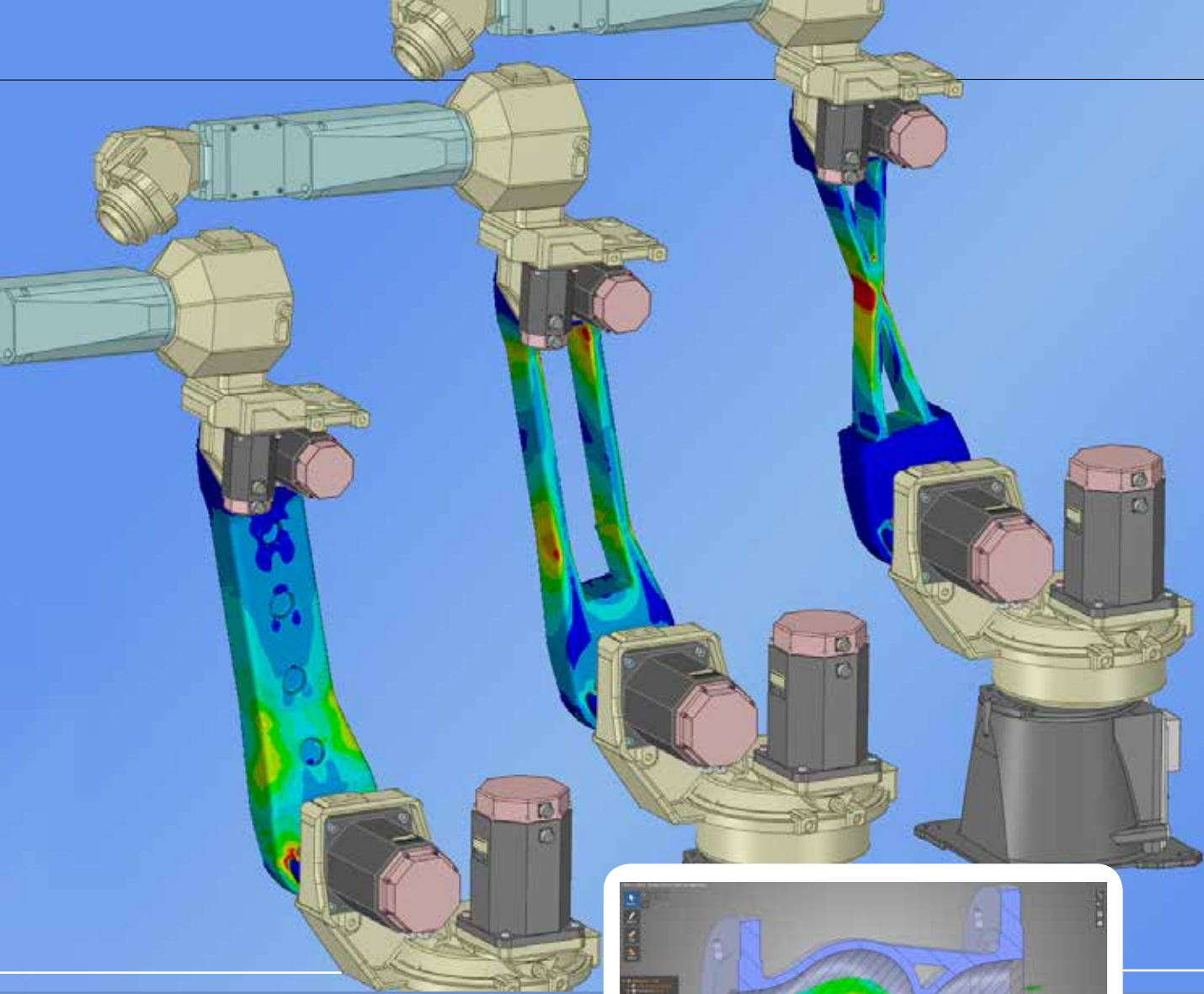
工程师首次能够采用交互式物理场实时探索各种设计选项。名为ANSYS Discovery Live的革命性仿真解决方案可以在流体、热、结构与模态应用中实现前期设计探索和虚拟试验。由于几乎能够消除设置、求解和后处理时间，因此该解决方案可以把仿真速度和简便性提升到前所未有的高度。

ANSYS Discovery Live主要面向那些并非全职仿真分析人员的工程师。它使这些工程师能够集中精力处理产品设计与物理场，而仿真则自动运行。易用性、速度和交互性等主要特性使Discovery Live成为那些希望探索众多设计选项可行性的非专业仿真用户手中的利器。

仿真与设计探索真正“实时”进行：无需暂停或重启过程，工程师只要修改相关条件就能够立即改变仿真。实时设计试验具有相同的效果。工程师能够实时切换物理场，修改几何模型和改变结果显示方式。

无论流速、材料类型、入口压力等边界条件是否变化，工程洞察力与趋势都可即时显现。





### GPU帮助实现实时仿真

Discovery Live之所以能够成为现实，部分原因归功于图形处理器(GPU)计算能力的大幅提高，其目前已经超过了

中央处理器(CPU)的计算能力。最新GPU接近超级计算的容量与速度，因此仿真时间能够从数小时缩短到数秒。GPU的计算能力比CPU的要高出一个数量级。目前一个500美元的

用户可以选择结果的显示方式，这样可以优化管道中气流的表示形式。

*“我彻底被Discovery的速度和易用性震撼到了。  
完成分析所需的时间只有数分钟而非数小时。  
您可以在15分钟之内完成首次分析。”*

— **Travis Jacobs**, Jacobs Analytics公司创始人兼负责人

GPU卡可以并行运行数千个处理器；同等的CPU卡只能运行8个处理器。虽然单个CPU的速度比GPU快一点，但是ANSYS决定充分利用计算能力势不可挡的发展优势——可即时实现数千倍加速，从而把仿真时间从数分钟、数小时或者数天缩短到数秒钟。

### 编写大规模并行求解器软件

针对CPU编写的软件无法自动在GPU上运行。ANSYS工程师重新创建一个新的求解器，以便支持GPU架构在本地运行。他们首先从作为ANSYS产品线支柱

的、经过验证而且值得信赖的数值方法入手，然后针对GPU的大规模

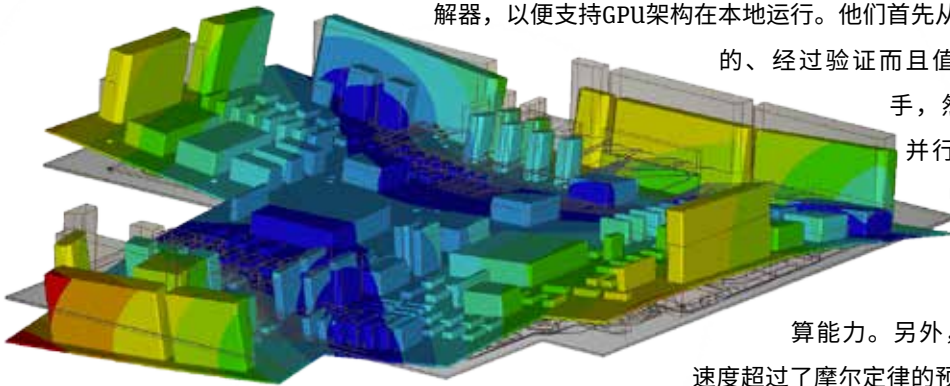
并行架构进行调整。工程师创造了新的专有算法

与方法，其能够发挥GPU所提供的强大计

算能力。另外，由于GPU目前的发展速度超过了摩尔定律的预测规律（而CPU发展速

度较慢），基于GPU打造Discovery Live可确保未来许多年的速度与

计算发展。另一个关键之处是将ANSYS SpaceClaim用作Discovery Live的平台。由于Discovery Live包含SpaceClaim中所有的几何模型创建与修改工具，因此针对任何3D模型，工程师不但可以执行仿真，而且可以在仿真过程中进行修改。修改完成后相关结果立即更新，不涉及网格重新划分。为了使仿真成为3D设计的重要驱动力，关键点一是设计人员能够在仿真过程中进行编辑以改善设计。



包含1300个部件的模态仿真只需30秒求解时间。

“这是目前为止我见到的速度最快、最简便、最直观的CFD工具。

奇妙的是，它可以从参数模型开始、跳过网格并实时稳定。

实时修改组件功能可显著缩短迭代间隔，我甚至无法估量时间。”

— Waylan Elmenhurst, 4D RD&D公司创始人兼负责人

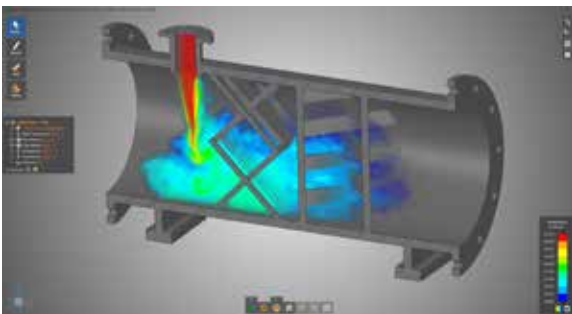
### 模型复杂性不再重要

利用Discovery Live，工程师可以在数秒内完成整个发动机组以及冷却通道和数万个表面的快速结构仿真。用户只需选择材料；施加载荷，例如施加到发生燃烧和产生巨大力值的活塞缸体表面；然后在数秒钟内就能够看到整个引擎3D空间的应力。它们甚至只需一次点击就能够以动画方式显示仿真变形结果。

为何一个具有数万个表面的复杂发动机组能够如此迅速地完成求解？答案在于形状复杂性不再是求解过程的重要因素。Discovery Live仿真主要取决于所求解的几何模型的体积，而非复杂性。

### 几乎不损失精度即可获得灵活度

Discovery Live允许用户针对给定仿真选择更高速度或更高保真度。实际上，这样可以设置需要求解的最



即时体积热仿真可以显示流体的混合。





“我从没想过不去攻读高级工程学位也能进行CFD建模。  
我只不过摆弄几个小时就在Discovery Live中完成了结构仿真。  
直观的UI使我能够轻松利用它优化我的求解过程。”

— Olivia Lim, Airloom Energy公司材料/结构工程师

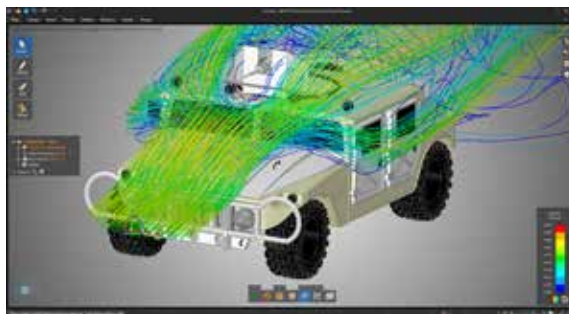
小特性的尺寸，而且使用户能够在仿真速度和保真度之间做出取舍。

Discovery Live的交互性与速度可以为工程师带来前所未有的灵活性，使其能够在研发早期自由探索设计选项。这种灵活性支持快速研究更多可能性，从而潜在地催生新的或者突破性思路，然后再进行调整和深入研发工作。Discovery Live可以提供定向求解，这意味着改变特定参数或几何特征能够让设计按预期方向发展。在Discovery Live中发现了有前景的设计方案之后，工程师可以把它无缝导入ANSYS Mechanical、ANSYS CFD或ANSYS AIM软件，以便针对高精度和更高保真度结果执行仿真。



### 眼见为实

凭借Discovery Live，ANSYS为仿真打开了一个全新的领域，使所有工程师都能够从中受益，并且无论其专业技术水平如何。能够近乎实时获得仿真结果使未来工程仿真的应用方式取得了质的飞跃。在产品研发前期利用前所未有的实时结果可以节约后期成本，因为那时进行设计变更的代价非常高昂。更棒的是，用户利用此工具的交互性能够探索更多设计选项。广泛的前期试验研究可以创造出在传统流程中可能会错失的创新设计方案，从而带来突破性产品。这就是它为何被称为ANSYS Discovery Live：所有工程师第一次拥有实时试验的强大力量，可以帮助他们探索和发现更多奇思妙想。⚠



Discovery Live能够在数秒内轻松切换物理场——从车辆周围气流到其机械应力。

### DISCOVERY LIVE的四大关键优势

- 1) 速度：仿真速度快得接近实时。GPU的计算能力加上ANSYS的高效架构使这种速度成为现实。
- 2) 易于使用：消除了网格划分操作，而且软件可以制定所有仿真设置决策，因此用户能够集中精力处理物理场而不用关注求解器。
- 3) 新方法：新的仿真方法能够实现对CAD几何模型缺陷或者STL文件等小面数据的仿真。这些方法意味着模型复杂性不会减慢求解过程。
- 4) 交互性：交互功能使工程师能够实时修改物理场、几何模型和结果显示，从而在设计创意出现时能够立即进行探索。

# 意义重大的 仿真结果

制造沥青装置的性能取决于多种不同工艺的相互作用。Astec已经显著提高了其准确仿真这些不同工艺的能力，从而产生了大量分散的数据，而工程师很难了解这些数据对现有设计问题的影响。通过把来自不同仿真工具和不同设计方案的结果综合在一起，Astec使这些数据获得了重要价值。采用ANSYS EnSight可以把动画、图形与注释合并到单个合成图像中。这样就能够为决策者提供改善产品性能所需要的全部信息。

作者：**Andrew Hobbs**，美国查塔努加市Astec公司首席CFD/DEM工程师



**A**stec Industries公司一直努力提高用于生产沥青的集料干燥器的效率，以降低能耗和节约能源成本，从而为这个不断增长的行业中的客户提供更好的服务。直接观察正在运行的干燥器滚筒非常困难，因此仿真提供了试验新设计方案的最佳机会。Astec可提供整套连续与分批混合沥青设备，包括旋转滚筒集料干燥器，其每小时能够干燥数百吨湿集料岩石，以确保岩石不会与液态沥青凝固到一起。在滚筒内部，被称为刮板的成型料斗使集料保持运动状态，而刮板会产生下落的湿料烟幕，其由来自燃烧器的燃烧产物加热。该公司仿真此类复杂产品与工艺的能力得到大幅提高，

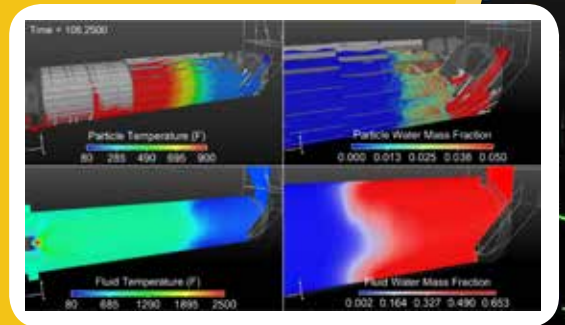
原因如下：公司不仅具有一系列精度不断提高的物理模型、而且还能合并不同物理类型的仿真以更好地了解实际情况、同时还具有能够自动执行设计空间研究的设计探索工具以及高性能计算(HPC)功能。

在成功仿真复杂产品之后，仿真工程师往往需要面对的挑战是筛选和整理相关结果，以便为制定决策的工程师和管理人员提供最相关、最有意义的信息。为解决上述挑战，Astec采用ANSYS EnSight后处理软件整合来自不同软件包、不同物理场、不同设计方案和不同工况的多种结果，以显示相互作用情况并阐明相应设计问题。仿真用户利用EnSight能够把相关结果合并到单个图像中，以方便了解如何改进产品。

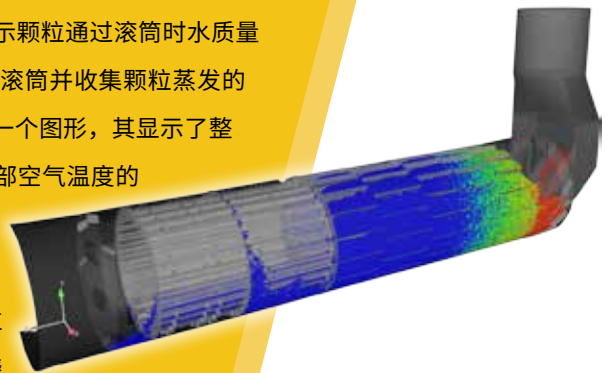
### 显示集料干燥器的仿真结果

Astec的集料干燥器的性能取决于燃烧器（负责加热进入干燥器的空气）的运行、空气流经干燥器的流型、空气在干燥器不同位置的温度与水分含量以及颗粒在干燥器内部由刮板驱动的运动情况。Astec采用ANSYS Fluent软件来仿真燃烧器以及空气通过干燥器的流动，同时采用EDEM离散元建模(DEM)软件查看干燥器内部的颗粒流动。该公司在过去十年发展了集成颗粒与流体耦合仿真的能力，以便通过动量、质量和热量在颗粒与液相之间的双向传递大幅提高精度。两种仿真都会产生大量关于颗粒与气体行为的信息。如果以原始状态查看，庞大的数据量经常很难解释需要哪些工作才能提高干燥器性能。

因此，Astec工程师采用EnSight把两个软件包的结果合并为图形，其可以显示流体流动与颗粒流动如何相互作用，从而有助于确定各种设计方案的性能。仿真工程师合并了两种信息，以产生更大的影响。工程师将一个显示颗粒通过滚筒时水质量分数减少的图形，叠加到另一个显示空气以相反方向通过滚筒并收集颗粒蒸发的水蒸气时相对湿度会增加的图形上。工程师另外还创建了一个图形，其显示了整个滚筒中颗粒的温度，该图形叠加到另一张显示干燥器内部空气温度的图像上。这些图形可帮助设计工程师了解如何合并颗粒与流体流动物理场，以确定干燥器性能，并指导设计工程师实现能够提高性能和降低能耗的改进操作，如：引导颗粒进入气体温度更高、更干燥的区域，以确保充分利用燃烧器的全部能量。



ANSYS EnSight合并集料干燥器的仿真结果，包括颗粒温度（左上）、颗粒水质量分数（右上）、气体温度（左下）和气体质量分数（右下）。



### 显示燃烧器仿真结果

在空气进入干燥器之前负责加热空气的燃烧器也对能效有巨大影响。Astec仿真工程师采用ANSYS Fluent CFD软件评估设计方案的性能。在一个案例中，他们采用Fluent对比了椎体尺寸分别是5英寸和

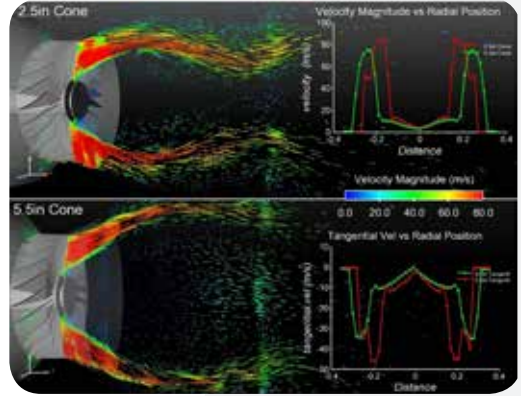


“ANSYS EnSight软件使工程师能够把最相关的仿真结果整合成图像，从而尽可能多地为设计决策者提供宝贵信息。”

2.5英寸的燃烧器中的流体。Astec工程师通过把两个图形嵌入到流动分析结果中，从而总结出性能差异。第一个图形对比了两种设计方案沿纵轴的速度大小（轴向、径向和切向分量的组合）；第二个图形显示了两个方案沿纵轴的最大切向速度。有策略地放置最相关的结果和注释内容有助于工程师制定快速、成功的设计决策。

集料干燥器对沥青装置的运营至关重要，其效率的提升可以直接降低干燥器整个工作生命周期的运营成本和排放。仿真有助于工程师更深入、更准确地了解干燥器，同时也可以避免物理测试相关的费用和研制周期。

ANSYS EnSight后处理软件使仿真工程师能够把最相关的仿真结果整合成图像，从而尽可能多地为设计决策者提供宝贵信息。最终能够获得更出色的设计决策，进而实现更高的产品性能。▲



ANSYS EnSight可将速度与径向位置图嵌入到流动分析结果中。

### ANSYS EnSight介绍

ANSYS EnSight后处理器可帮助工程师在CFD、FEA碰撞、电磁学、DEM、刚体以及其他仿真数据方面做出更明智的决策。

这款独特的后处理软件能够：

- 提供带有逼真输出的超高质量图像与动画分辨率；
- 一次可读取多达32个模型，让您能够对比来自不同数据源或求解器的结果；

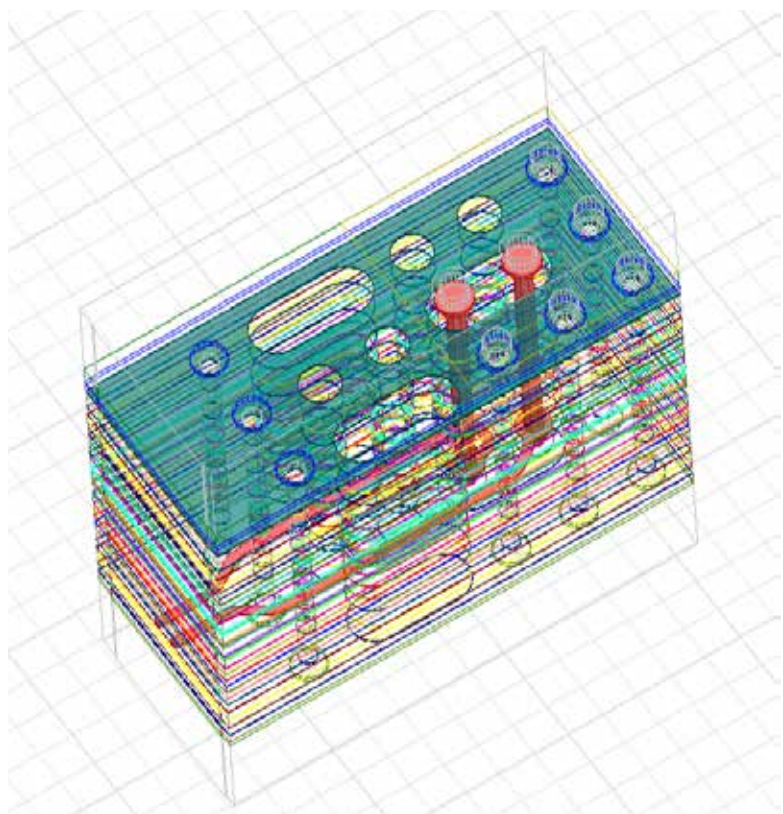
它使您能够：

- 对比不同求解器或者同一求解器多次操作的结果；
- 执行流固耦合与优化后处理；
- 输入影像、照片与测试数据，以便通过仿真进行评估；
- 在白天采用批处理与交互式操作进行探索，而EnSight在晚上执行批量后处理；
- 显示多个视口，以便同时提供大规模概况和详细视图，或者同时研究多个模型；视图可以进行链接，以便通过众多视角轻松对比；
- 针对具有10亿以上单元的问题获得高效分析与可视化功能；

作为一种可选功能，EnSight可利用庞大的数据集加速大型复杂瞬态仿真的可视化与动画显示过程；



利用ANSYS EnSight分析、  
查看和交流仿真数据  
[ansys.com/intro-ensight](http://ansys.com/intro-ensight)



# 改善通孔设计

作者：**Rick Rabinovich**,

美国卡拉巴萨斯Ixia公司信号完整性硬件架构师

虽然仿真显示产品设计能完美运行，但是产品在现场由于信号完整性问题而出现故障的情况并不少见，究其原因，制造出来的产品与设计定义之间存在差异。为避免此类问题，信号完整性工程师需要理解实际交付的是什么产品，并利用仿真验证频域和时域性能是否满足设计要求。仿真可用来解答设计的通孔和制造的通孔在劣化印刷电路板(PCB)的时域和频域性能方面的区别。

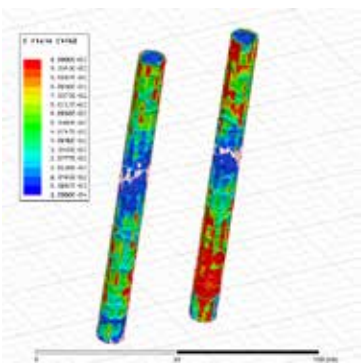
为了把复杂性降到可控水平，电子产品几乎总是基于一系列简化的假设方案进行初始设计，例如其几何模型符合CAD系统中定义的完美形状。制造过程当然无法构建这样的完美形状，至少无法以客户接受的价格来实现，同时产品仍需要满足性能要求。电子学理论没有太大帮助，因为它只能解决CAD系统中定义的完美世界。物理试验可解决该问题，但必须付出非常高的成本，而且需要一定的研制周期才能根据不断变化的规范制造出产品。另一方面，仿真是一种实用的解决方案，既能模拟完美世界，又能模拟不可计数的更逼真的情景，以确定设计性能是否满足预期。

例如，PCB通孔可用于连接信号层之间的迹线，其在计算机辅助设计(CAD)系统中几乎总被定义为实心圆柱体。当仿真PCB时，仿真模型通常符合设计定义。然而在现实世界中，PCB制造商制作通孔时通常在PCB上钻孔，再用铜给钻孔进行电镀，使铜厚度达到1至2密尔。孔的中心可能是空的，或者包含填充膏、铜屑或这些物质的混合物。这就带来了一个显著的信号完整性问题——设计定义与制造工艺之间的矛盾是否对产品性能有负面影响？

工程师通常并不担心通孔是实心圆柱体还是中空筒形，原因在于

以下假设：无论导体的几何结构如何，集肤效应都会导致高频电流在导体外表面流动。工程师可利用集肤深度方程式对导体表面到导体中心的电流密度减少情况进行量化。这个方程式显示，频率为500MHz时，99%的电流在距外表面不到0.6密耳处流动。这远低于大部分电路板制造工艺规定的最少1密耳的镀铜层厚度。这是否意味着具有中空筒形通孔的PCB与具有实心圆柱通孔的PCB的性能相同？

事实上，PCB制造商经常使用

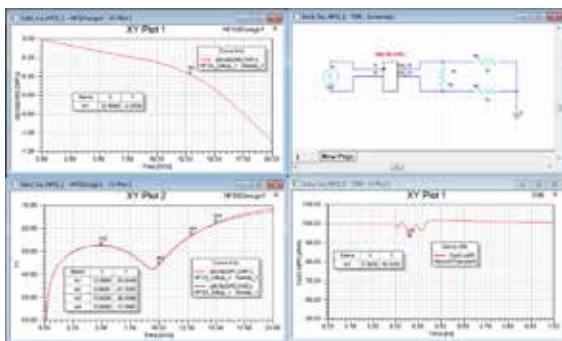


大部分差分电场沿通孔外表面的分布，内场强度很低。

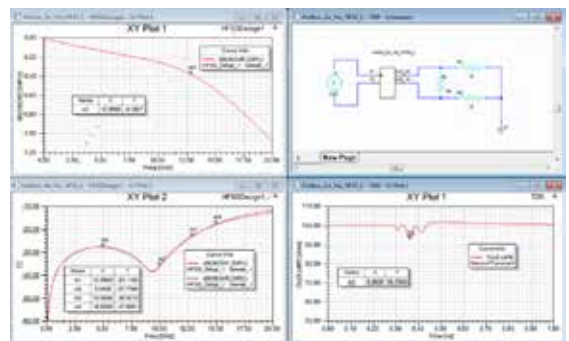
直径比规定成品通孔尺寸要大1至3密耳的钻头制作通孔，这就使问题变得更加复杂化。随后，制造商在孔内壁镀上1至2密耳的导电材料，使内部保持中空或者用非

导电材料进行填充。由于电镀工艺的缺陷，有些导电材料镀层残渣可能还留在孔中。例如，规定为10密耳的通孔，将会得到外直径为11至13密耳，内直径为10密耳的空筒。

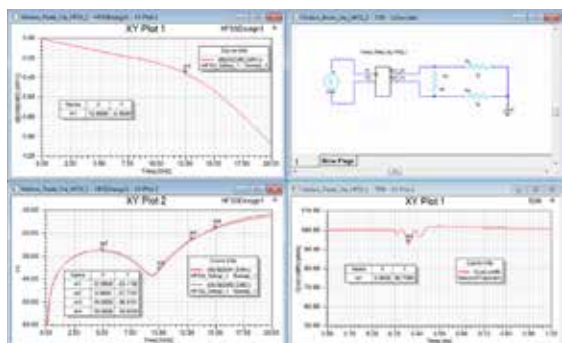
合理的假设是，直径更大的空筒外壁与相邻电源层边缘的距离减小，因此会增加筒与相邻电源层之间的寄生电容。信号退化量与通孔结构和周围区域的特性有关，例如电源层的数量和距离，因此无法用通用的数字进行量化或者通过经验法则进行定义。阻抗衰减会导致回波损耗增大，从而减小通道带宽，



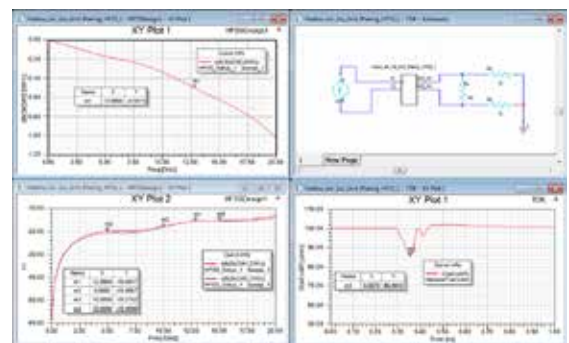
仿真1 实心通孔的频域和时域性能



仿真2 空气填充通孔的频域和时域性能



仿真3 膏填充通孔的频域和时域性能



仿真4 加大直径通孔的频域和时域性能



# “无论通孔是中空的还是填充铜或填充膏状物，只要外壁直径保持不变，频域时域性能就保持不变。”

增加上升时间并导致眼图闭合。

Ixia的工程师利用ANSYS HFSS

仿真具有四种不同通孔结构的PCB：

- 仿真1：10密耳外直径的实心圆柱体，符合典型的设计规范
- 仿真2：10密耳外直径、8密耳内直径的筒，内部充满空气
- 仿真3：10密耳外直径、8密耳内直径的筒，填有膏状物
- 仿真4：12密耳外直径、10密耳内直径筒，内部充满空气。当采用仿真1中指定的设计时，这代表了典型的制造通孔。

四个仿真都在12.89GHz下进行分析，这是25Gb/s以太网差分信号的奈奎斯特频率。这些实例使用多层PCB结构，第26层为差分带状线对，夹在第25和第27层两个接地层之间。由集总端口构成的差分端口P1位于焊盘与PCB顶层接地层之间。焊盘处在通孔(via-in-pad)顶部。第二个差分端口P2是一个位于第26层差分带状线与相邻接地层之间的波端口。

	12.89 GHz下的插入损耗	12.89 GHz下的回波损耗	最低点的差分阻抗
仿真1	-0.3835 dB	-23.0445 dB	92.535 ohms
仿真2	-0.3827 dB	-23.1192 dB	92.708 ohms
仿真3	-0.3630 dB	-23.1192 dB	92.708 ohms
仿真4	-0.5073 dB	-15.6847 dB	85.492 ohms

仿真1、2和3在插入损耗、回波损耗和差分阻抗方面结果相似，符合集肤效应理论的预期。仿真4具有较高的插入损耗、较低的回波损耗和差分阻抗。

表格中显示的仿真结果表明，仿真1、2和3在插入损耗、回波损耗和差分阻抗方面的结果相似，符合集肤效应理论的预期。仿真1、2和3还显示出，在其最低点92.535至92.708的范围内存在相似的差分阻抗。另一方面，仿真4具有较高的插入损耗、较低的回波损耗和差分阻抗，原因是筒壁与电源层边缘之间的间距减少造成寄生电容增大。考虑到仿真4最能体现实际制造实践，这些结果尤其值得注意。

总之，无论通孔是中空的还

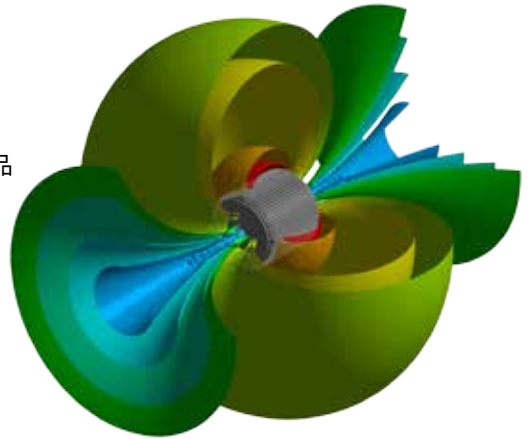
是填充铜或填充膏状物，只要外壁直径保持不变，频域和时域性能就保持不变。这是因为存在集肤效应，99%的电流会流经筒的外表面。然而，信号完整性工程师需要了解，通常情况下制造出的通孔直径比指定直径要大1至3密尔，这可能会导致显著的性能劣化。信号完整性工程师需要咨询PCB制造商，以了解其制造过程。随后，工程师可以在制作电路板之前，利用仿真从信号完整性角度研究制造出的设计产品的性能。▲

# 仿真新闻

## ANSYS 18.2进一步提高仿真速度和准确度

Market Insider, 2017年8月

最新版提高了准确度、速度和易用性，能促进更多工程师在产品生命周期各个阶段使用仿真技术，从而更加经济高效地设计尖端产品。亮点包括：高级可视化和改进天线设计建模；提高速度以加强电子设计的鲁棒性；新的声学 and 拓扑优化技术；更快速、更详细和更准确的CFD模型；集成系统和故障分析；面向设计工程师的拓扑优化和瞬态CFD。



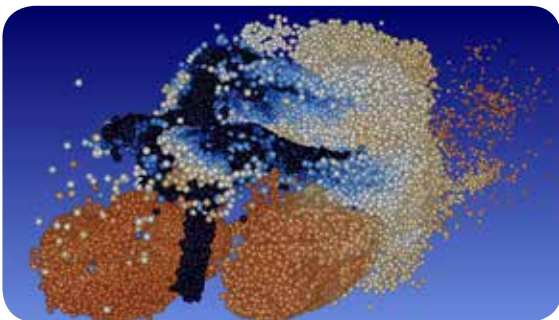
## ANSYS收购COMPUTATIONAL ENGINEERING INTERNATIONAL公司

《数字工程》，2017年7月

ANSYS已经收购了Computational Engineering International, Inc. (CEI)，该公司研发的一系列产品旨在帮助工程师和科学家分析、查看和沟通仿真数据。

“将CEI的业界领先可视化工具纳入ANSYS产品组合，可帮助我们的客户制定更出色的工程和商业决策，从而在未来打造出更多令人惊叹的产品。”

— Mark Hindsbo, ANSYS副总裁兼总经理



## ANSYS和SYNOPSIS携手推动产品整合

EET India, 2017年6月

两家公司通过合作将帮助客户加速新一代高性能计算、移动和汽车产品的发展。此次合作将实现ANSYS

电源完整性和可靠性验收技术与Synopsys内部设计物理实现解决方案的紧密集成。

.....

## 制造商如何推进汽车创新

Auto Tech Review, 2017年7月

汽车系统已经变得比过去更加复杂，

而且必须满足燃料效率和排放等领域的政府监管要求。此外，制造商还要应对市场对新技术和创新的要求，包括推出电动汽车、混合动力汽车和自动驾驶汽车。在此环境下，工程仿真是一项不可或缺的技术。



.....

## ANSYS自发热、电源完整性和电迁移解决方案在三星最新FINFET技术中的应用

CNC Times, 2017年5月

10nm芯片技术的自发热认证以及最新7LPP/8LPP技术的电迁移(EM)和压降(IR)支持能帮助客户降低设计风险，同时为高性能计算、移动和汽车应用提供鲁棒性和可靠性。

## 驶向未来的88亿英里

ANSYS.com, 2017年7月

自动驾驶的汽车或许会成为交通运输的未来，不过要真正实现基础科技还需要88亿英里的道路测试。完成这么长的道路测试需要超过2.6万年的时间，因此只有采用仿真技术才能在合理的时间内推动自动驾驶汽车安全上路。



.....

## ANSYS和KRONO-SAFE合作加速航空电子软件研发

Avionics, 2017年6月

为打造更安全的飞机，最新的航空航天计算机不仅需要优化机组维护和成本，同时还要能够处理传统的安全关键型操控应用，并提供现代化的维护监控功能。KRONO-SAFE的集成型实时操作系统平台ASTERIOS®结合ANSYS的嵌入式软件ANSYS SCADE Suite，能为航空航天客户提供实时集成型流程，其非常适合满足在单核或多核平台上运行的安全关键型航空电子多速率应用的需求。

## 高性能计算在推进创新方面的战略价值

Open Access Government, 2017年8月

ANSYS的Wim Slagter介绍了持续投资高性能计算(HPC)领域的重要性。利用HPC，工程师和研究人员能探索非常详细的仿真模型，为产品行为提供极具价值的信息。

“HPC无疑是当今科研和行业创新的关键推动力。”

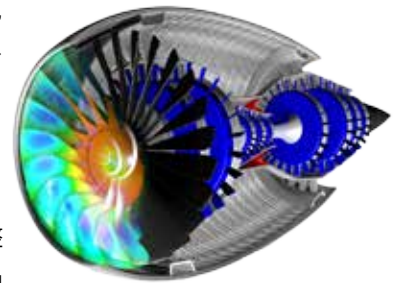
— Wim Slagter, ANSYS高性能计算和云端联盟总监

.....

## ANSYS为THINGWORX的物联网和数字孪生体提供仿真技术

Engineering.com, 2017年5月

在ANSYS平台和PTC的ThingWorx®工业物联网(IoT)平台之间建立联系，有助于客户将原始数据转变为可执行的新型情报。二者之间的互联将智能数字仿真模型和存在于现实世界的产品充分整合。这将为企业带来全新的机遇，能帮助企业优化运营和维护，并将其整合到产品研发进程中，从而创造价值。



.....

## ANSYS、沙特阿美和阿卜杜拉国王科技大学携手打破超级计算纪录

Trade Arabia, 2017年7月

ANSYS、沙特阿美和阿卜杜拉国王科技大学(KAUST)将ANSYS Fluent扩展到近20万个处理器内核，一举创下新的超级计算里程碑。高计算速度可帮助企业制定更快速、更低成本的关键决策，并提高油气生产设施的整体效率。



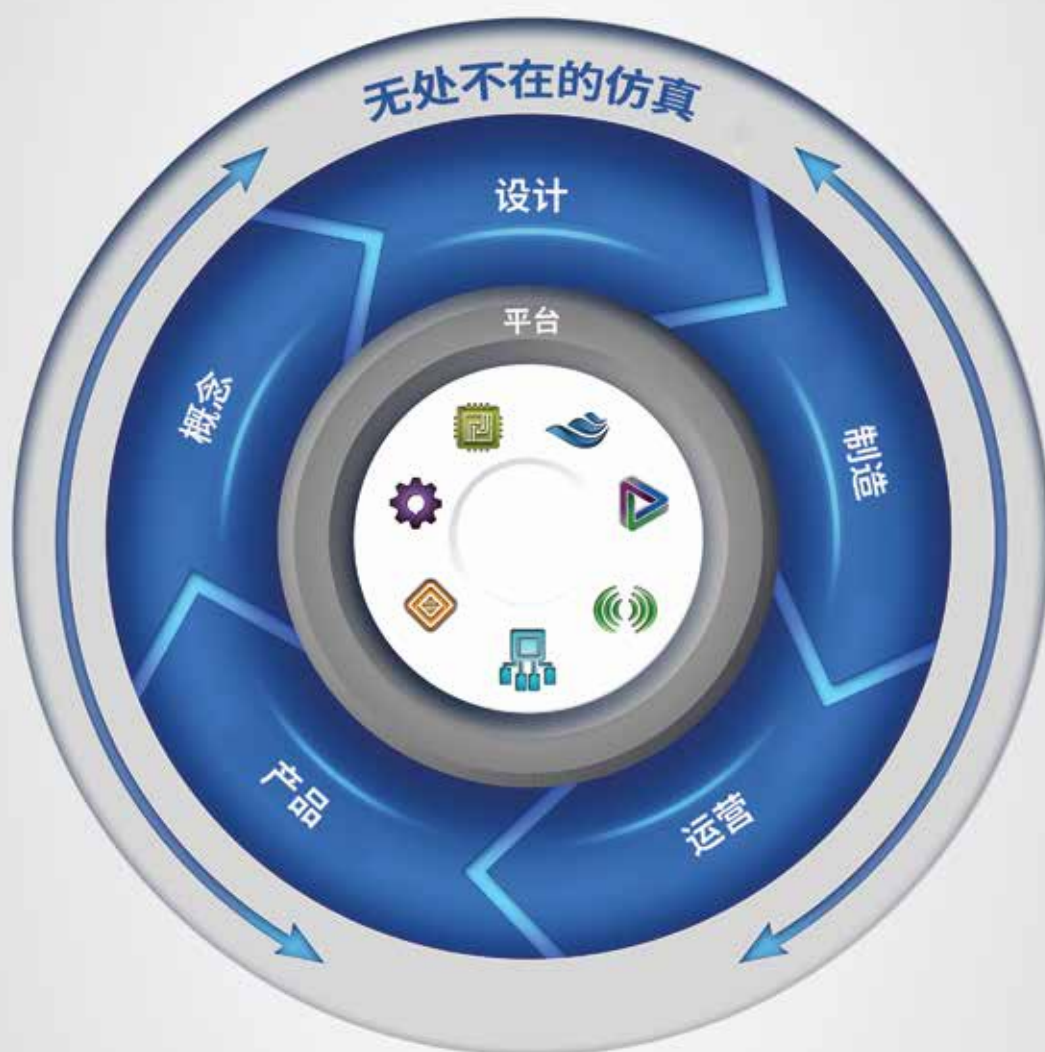


ANSYS中国

售前咨询热线: 400 819 8999

售前咨询邮箱: info-china@ansys.com

## 仿真 迭代 创新



**ANSYS**

产品研发过程正在发生重大变革。工程仿真也随之演变发展。ANSYS助力无处不在的工程仿真扩展到整个产品研发过程，从概念、设计、制造到运营无所不包。

如欲了解更多详情，敬请访问：  
[ansys.com/pervasive](http://ansys.com/pervasive)