

ANSYS®

# ADVANTAGE

Excellence in Engineering Simulation

2017年 | 第2期



## 聚焦 数字探索



ANSYS官方微信

**13 收集蒸汽**  
改善蒸汽性能

**22 点亮前灯设计**  
优化汽车前灯

**34 车辆电气化**  
面向电动车设计的  
多物理场技术

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)

## 数字探索： 势在必行的蓬勃新技术

在产品研发最早期阶段利用仿真技术，业界领先企业能够快速探索成千上万种设计选项，从而实现突破性创新并赢得巨大竞争优势。



作者：**Mark Hindsbo**，  
ANSYS设计与平台业务  
副总裁兼总经理

工程仿真对于产品研发过程具有重要的积极影响，这一点是有目共睹的。仿真使工程师能够以数字化方式测试和验证设计，从而能够推动创新、并大幅减少研发成本与时间。

在过去40年，凭借众多客户成功案例，仿真技术已经成为产品设计确认过程的重要组成部分。我们的经验与独立研究表明，80%以上的产品总成本取决于产品研发过程最早期阶段所做的决策。随着设计日渐成熟，选项会受到越来越多的限制，产品研发团队的创新能力也会受到限制，而且设计变更的成本会显著提高。

在设计之初采用仿真技术，产品研发团队能够以低成本快速探索成千上万种设计变量，同时深入了解所做选择的影响。通过提出假设问题，团队可以抛弃某些思路并且集中精力研究最有希望的一种思路。此外，他们还可以探索之前由于成本和复杂性等原因并未考虑的一些选项。

### 时机已到的理念

对企业的长期成功而言，数字探索目前具有前所未有的重要性。在越来越智能的互联设备以及高级材料与制造技术（如3D打印及大规模定制）的驱动下，产品设计空间正在不断扩大。与此同时，可持续性和成本问题也给确定和消除过度设计施加了压力，此外仍需满足客户预期。我们正面临着前所未有的创新机遇，但代价是需要管理复杂性以数量级增加的产品设计过程。

数字探索是唯一的有效方法，可帮助产品研发团队应对创新需求以及当前市场需求所带来的高度复杂性。仿真曾经是得到很少应用、高度专业化的稀缺资源。目前，曾经限制其应用的各种障碍正在快速消除，同时仿真技术也变得越来越普遍。如此一来，工程师能够前所未有地深入研究产品性能并针对相互关联的设计需求开展权衡分析。

由于数字探索能够分析众多设计选项，并且正在为更多工程师所用，因此，该技术支持企业实现锐意创新的产品设计，并在当今瞬息万变、竞争激烈的全球市场中取得成功。

### 投资未来

为了让更多产品研发人员从数字探索中受益，作为一个关键战略规划，ANSYS会持续投资解决方案的易用性、特性与功能，从而让更多的用

户都能轻松利用仿真技术。

ANSYS专门针对产品和设计工程师定制相关解决方案，以便产品研发团队的每个成员都能利用仿真技术。仿真不再是专家的独宠，分析人员和非分析人员现在也可以采用针对个人仿真需求和技能扩展的工具进行协作。而这一切均基于相同的、经过验证的、业界领先企业数十载一直依赖的基础仿真技术。

此外，ANSYS软件还在提高台式机、高性能计算(HPC)和云环境方面的速度，旨在将复杂仿真所需时间从数周缩短到数小时。在降阶建模、定制仿真应用等方面的投资，使专家们可以创建为更多工程用户所用的模型，并且在牺牲准确度的同时快速获得结果。

产品复杂性、竞争威胁、更快推出更好产品的需求等等，这些挑战不会消逝。ANSYS将会继续研发您所需的各种领先功能，支持数字探索过程，帮助您牢牢抓住这些机遇和解决内在复杂性。仿真不再是大型企业中的专家的秘密武器，它会进入到各种规模的企业，成为所有工程师的强大工具。随着您面临的挑战不断增加，ANSYS解决方案的功能与优势也会与您一同发展，无论未来如何变革，我们致力于帮助贵企业一直保持领先地位。▲

# 目录

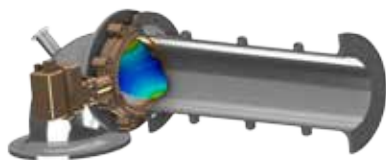
## 聚焦数字探索

### 4

最佳实践

#### 最佳实践助力 打造最佳产品

在确定产品成本之前，  
数字探索是研究成千上万种  
设计选项的最佳方法。



### 10

数字探索

#### 开启精良设计之闸

利用ANSYS AIM, Metso工程师  
能在几小时内以数字化的  
方式探索新设计的性能。

### 13

能源

#### 收集蒸汽

KeelWit的工程师管理各种  
权衡因素，并减少两个  
热回收蒸汽发生器  
锅炉系列的压降。



### 16

涡轮机械

#### 飞速旋转

在概念设计阶段利用转子  
动力学仿真预测振动问题，  
从而在构建原型之前纠正错误。

### 18

汽车

#### 引领电动汽车 充电新风尚

通过采用ANSYS SCADE Suite,  
NEVS研发的电池管理系统在生产力  
方面实现了30%的提升。

### 22

汽车

#### 点亮前灯设计

通过优化LED汽车前灯的  
散热器设计，工程师成功  
缩短了物理测试所需的时间。

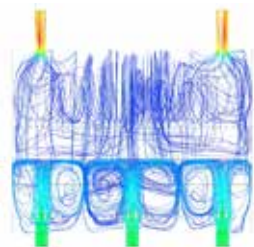


### 26

半导体

#### 跳跃升级至7nm技术： 风险还是回报？

利用前期仿真可以  
解决全新工艺节点中的  
众多设计挑战和风险。



### 31

消费类产品

#### ANSYS SpaceClaim 烹饪美味佳肴

初创公司在短短五分钟即可  
创建新的烟熏炉迭代设计。

### 34

汽车

#### 车辆电气化

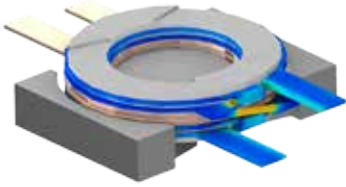
ANSYS多物理场仿真使用  
综合平台改善电动车及  
车辆子系统的运行。

## 关于封面

数字探索（即前期仿真）可帮助  
产品研发团队充分发挥每位成员  
的潜力，从而实现更具创新性的  
产品，缩短上市时间并降低研发  
成本。







**39**

解决方案

**ANSYS AIM  
助力数字探索**

ANSYS AIM提供的指导帮助企业制定明智的设计决策。

Simulation@Work

**43**

数字孪生体

**实现数字孪生体**

数字孪生体不仅可改善输出，降低成本，加速创新，而且最终还能实现一款价值远远超过产品的解决方案：这正是行业所需的结果。

**46**

**航空航天与国防  
安全刹车**

空军工程团队采用ANSYS Mechanical找到了问题根源，并通过设计一种简单解决方案就解决了这个价值数百万美元的难题。



**49**

能源

**振动发电**

初创公司不断挑战极限，研发全新的传感器供电方法：将环境能量高效转化成用来给无线设备供电的电能。

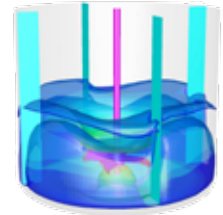
部门

**53**

云计算

**云技术催生中小型  
企业仿真**

软件栈帮助中小型企业，在云计算资源上扩展仿真工具的应用。



**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)



Realize Your Product Promise®

**ANSYS虚拟风洞技术解决方案**

ANSYS通过在仿真平台上构建虚拟风洞，不仅可对汽车外流场、发动机舱内热管理、气动噪声进行虚拟风洞试验，还能够通过流-固耦合分析方法，对汽车车窗振动噪声、发动机热疲劳及新能源汽车机电控制系统等复杂物理现象进行详细分析，在确保足够仿真精度的前提下，实现快速优化设计。虚拟风洞技术可显著节约试验成本、缩短设计周期，大大降低了设计风险。

**使用CFD的优势**

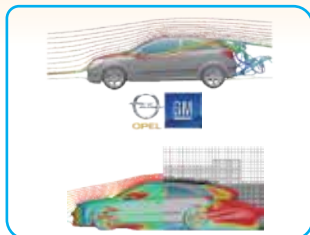
- 1. 成本与速度的完美平衡
- 2. 深入的洞察信息
  - 整个流场清晰可见
  - 有助于制定更出色的设计决策



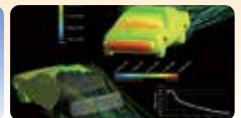
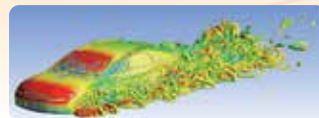
低成本、高速度



高成本、低速度



**后处理：更充分地了解信息**



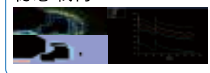
**UTM案例研究**

冷流预测

散热器出口相反方向的流场



浸水案例研究：  
稳态载荷





# 最佳实践助力 打造最佳产品

作者：**Todd McDevitt**，  
ANSYS产品市场营销  
总监

80%的产品研发成本取决于设计早期所做的决策。在确定产品成本之前，数字探索或前期仿真是研究成千上万种设计选项的最佳方法。利用ANSYS广泛应用的仿真平台，产品研发团队的每个成员都能够参与数字探索过程，因此能够获得更具创新性的产品，加快产品上市进程和降低研发成本。

半个世纪以来，通过在安全无忧的虚拟环境中确认设计方案，工程仿真一直帮助全球企业巨头以更低成本加快研发创意无限的产品。40多年来，ANSYS提供了全球最优秀的工程软件，目前为超过45000家客户机构的产品研发团队提供大力支持，帮助他们获得成功。

通过与这些客户的沟通，我们发现了一个事实：产品团队越早采用仿真技术，效果越好。虽然大家通常认为，仿真是在准备进行设计概念验证时对物理测试的补充手段，但是仿真还可以在上游的产品创意阶段带来更高价值。由于产品研发团队在最早期阶段借助仿真技术快速研究众多设计选项，企业能够降低最终产品成本，实现一举制胜的创新，以及节约数周、甚至数月的产品发布时间。

大约20年前，通过ANSYS DesignSpace这款树立了易用性、自动化和生产标杆的产品，ANSYS率先推出了前期仿真技术。在此成功基础之上，公司又携手各个行业的工程团队设计并研发出各种高级功能，使后者能够利用仿真技术提早制定更明智的工程决策。

ANSYS目前能够提供业界最广泛、最可靠的数字探索功能——从久经验证的旗舰解决方案到业界领先的新产品与新功能，以及专为支持数字探索而设计的高级功能。

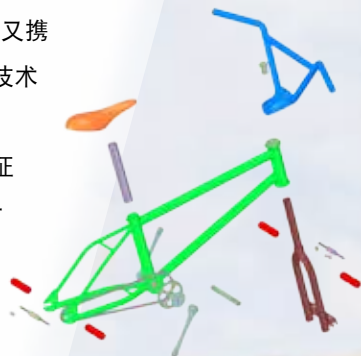
### ANSYS仿真平台：早期决策的基石

通过深入了解产品研发团队的工作方式，ANSYS确定了专门支持数字探索概念的仿真解决方案，并且已经将其集成到相关ANSYS平台中。

“如果无法让设计团队的每个成员都利用仿真技术，那么企业就不能够获得数字探索的全部价值。”

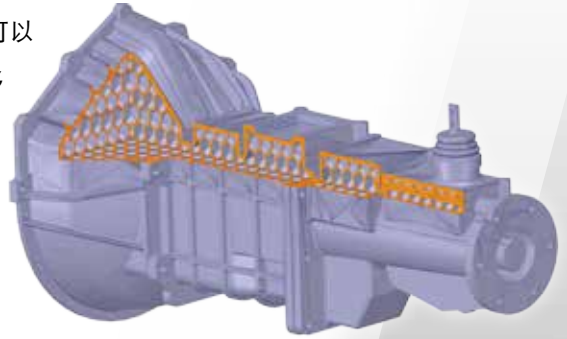
在明确设计方案以及采用仿真确认产品性能之前，工程师会提出许多设计问题，进行修改，然后迭代，直到获得最佳设计方案或者耗尽时间（一般是后者）。开始时系统架构师采用0-D模型和系统仿真技术，来探索不同产品架构并确定各种子系统的高层次需求。他们需要确定所需的扭矩、散热需求以及需要支持的载荷。为了提前找到这些问题的答案，工程师需要使用系统仿真，并且集成不同模型和物理领域以仿真整体产品性能。这个过程中最重要的是获得一款多功能系统仿真工具，如：ANSYS Simplorer，其可以支持各种建模语言，而且能够协同仿真机械、电气和嵌入式软件系统。

在明确各个子系统的需求之后，设计人员一般采用3D建模方法进行设计试验。他们可以确定产品和子系统的外观感受，明确尺寸，以及设计一种方便传达子系统实际功能的形式。在设计这些前期创意时，工程师需要一种3D建模工具，方便跟上思维的速度来仿真创意。ANSYS SpaceClaim是一款基于直接建模技术和一系列直观工具的多用途3D建模应用，使CAD专家和业余用户都能够产品在创意阶段快速创建和修改设计方案。此外，ANSYS SpaceClaim还提供易于使用的鲁棒性工具，支持对仿真所用的几何模型进行特征清除和简化。





在确定产品架构和基础形式之后，设计人员和工程师可以采用仿真技术研究设计性能和执行假设分析，以便针对众多工程学科（如：机械、热学与电气）的功能需求改善设计。ANSYS平台的参数化与持续架构对于此阶段的设计非常有用。在建立仿真之后，工程师可以轻松修改几何模型、材料、载荷或众多其它设计参数，然后单击鼠标即可重新生成仿真结果。



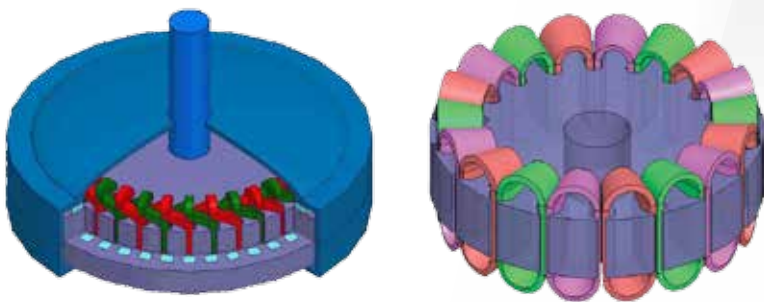
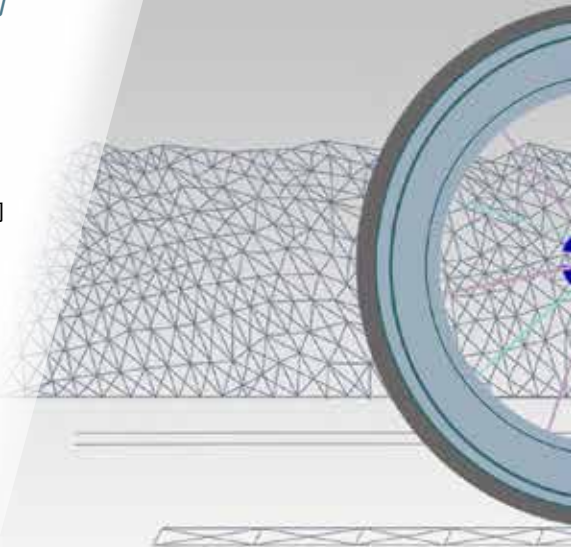
除了手动假设研究之外，设计人员还可以受益于自动化参数优化功能。通过试验设计(DOE)方法，设计人员可以利用ANSYS平台的众多专业功能，系统性地探索整个设计空间并且更快找到最佳设计方案。

▲ ANSYS SpaceClaim使设计人员能够在确定设计方案之前，轻松修改设计概念和用数字化方式探索设计选项。

- ANSYS DesignXplorer可以提供持续的、自动化参数优化功能。
- ANSYS optiSLang让产品研发人员不但能够找到最佳设计方案，而且能够在考虑生产、材料或使用条件变化的情况下确定鲁棒性设计。

“ 各行业中各种类型的企业都能够借助前期仿真的优势，显著节约成本与时间，同时为突破性产品创新提供支持。 ”

大多数公司在CAD或PLM系统中实现标准化，以方便用文档记录他们的设计决策。通常CAD系统对数字探索来说过于复杂和繁重，不过，为了建立设计文档，用于数字探索的工程平台必须能够与此类企业系统实现互操作。基于此原因，ANSYS平台可以提供与所有主要CAD系统的双向关联性，所以模型的参数变更可以自动在本地CAD格式中修改相关几何模型。设计专家可以快速研究变更并且轻松更新CAD系统的设计记录。



▲ ANSYS RMXprt可以在电机早期研发阶段为设计人员提供帮助。





工程团队通常从多年来设计同一系列的产品中积累了丰富经验，并且研发出独特的仿真工作流程和结果计算方法。工程团队定制仿真套件、创建自动执行操作步骤的专门应用以及集成产品专用的第三方工具或数据的能力，是在数字探索中屡获成功的关键。ANSYS ACT是基于标准Python与XML语言的、易于学习、但功能强大、的定制化平台接口。工程师可以从头开始创建定制应用或者采用ACT App Builder以交互

“产品团队越早采用仿真技术，  
效果越好。”

方式创建应用。此外，ANSYS合作伙伴生态系统还研发了丰富的仿真应用，均通过应用商店提供。客户可以选用一系列基于ANSYS ACT的免费或低成本应用。

为了整合在数字探索中常用的所有功能和方便分析专家之外的用户有效使用前期仿真，ANSYS研发了ANSYS AIM。如欲了解更多详情，敬请参阅本文后续文章以及本期《ANSYS Advantage》杂志。

### 值得各个领域信赖的前期设计决策结果

数字探索的优势并不局限于个别行业或工程应用。无论是设计采矿业用的大型预制结构还是新一代半导体技术，提前采用仿真都能够获得更明智的工程决策，减少重复设计和提高产品质量。ANSYS提供各种经过行业验证、面向高级结构、流体、电磁和半导体仿真的解决方案，在这些产品中包含了便于设计人员在工作流程之初即可使用的独特功能与应用。由于是基于高端分析产品所使用的相同基础技术，这些解决方案可以帮助不同工程专业的工程师在设计过程中提前做出更好的决策。

例如，ANSYS Mechanical目前包含一种拓扑优化功能，其可以自动确定在何处增减材料，以满足性能、成本或重量的要求。与传统参数优化相比，设计人员采用拓扑优化功能可以显著提高自由度，从而创建更接近最佳设计方案的部件或装配体。由于最终设计一般更具创造性且更为复杂，因此非常适合采用增材制造。通过结合拓扑优化和增材制造策略，企业可以大幅降低材料成本，同时实现质量更高的创新产品。

对半导体设计而言，ANSYS套件目前包含ANSYS RedHawk-SC，其基于最新的SeaScape弹性计算架构，可支持实现电子设计自动化。ANSYS RedHawk-SC旨在处理商业计算硬件中超大规模



加速产品研发  
[ansys.com/revwing](https://www.ansys.com/revwing)

“ANSYS提供业界最广泛、  
最可靠的数字探索功能。”

的数据集和计算，因此可帮助半导体设计人员在最终确认和验收之前快速评估多种电迁移与压降情景。

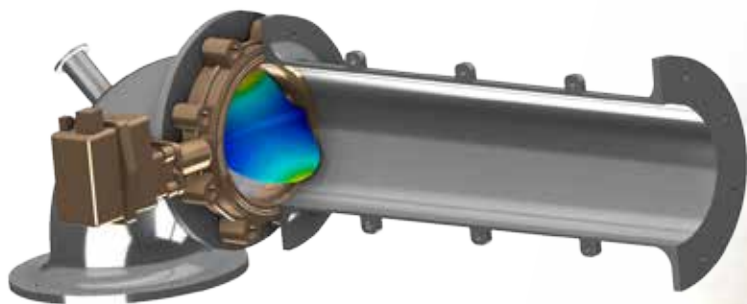
在电磁场仿真与电机设计领域，ANSYS RMXprt是ANSYS Maxwell所包含的一款基于模板的设计工具。在电机的概念构思阶段，RMXprt能够在数秒之间计算整体电机性能，支持初始尺寸决策并分析众多假设情景。

在嵌入式软件领域，软件工程师可以依靠SCADE Test Rapid Prototyper发挥设计探索的强大功能，该应用可与人机接口研发的行业标准SCADE Display无缝合作。产品研发人员可以在设计前期采用SCADE Test Rapid Prototyper创建大量测试案例。利用自动图像对比和回归测试的强大功能，显示器研发人员能够通过在设计过程中提前准确预测现实结果而节约大量时间与资金。

### ANSYS AIM：发挥数字探索的强大功能

ANSYS取得的最振奋人心的突破之一是推出ANSYS AIM——一种让设计团队每个成员都能够掌握的、易于使用的最新仿真解决方案。

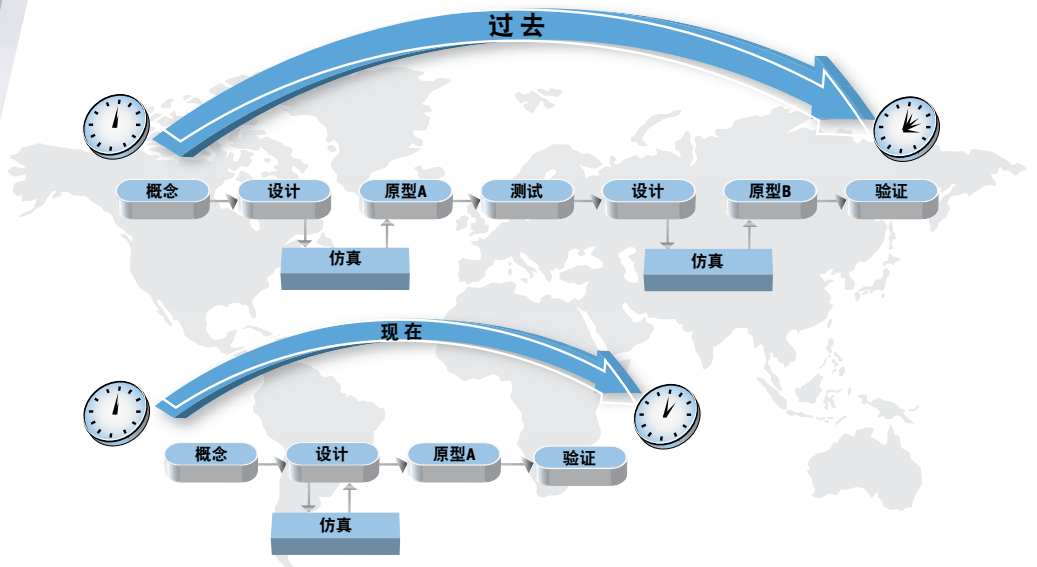
随着数字探索价值的显现，越来越多的企业要求非专家用户在产品概念化前期采用仿真技术。不像某些CAD供应商提供的附加仿真模块是基于分析行业常用技术之外的不同技术，ANSYS AIM可以提供通用的工程仿真技术，其基于经过验证的、与分析专家所用相同的核心求解器技术，并且还包含了便于设计人员学习的特性。如果无法让设计团队的每个成员都利用仿真技术，那么企业就不能够获得数字探索的全部价值。如欲了解有关ANSYS AIM的更多详情，敬请参阅第39页。



▲ ANSYS AIM中仿真的蝶阀，前者是面向设计团队所有成员的易用型仿真解决方案。



ANSYS应用商店  
[ansys.com/appstore](https://www.ansys.com/appstore)



▲ Cornaglia集团通过在设计前期采用仿真技术，不仅推动了创新并且创造了10倍的投资回报。

### 立即探索优势

凭借一系列专为支持数字探索而设计的解决方案和功能，ANSYS已经几乎消除了企业在利用此产品研发最佳实践时面临的所有障碍。各个行业各种类型的企业都可以利用前期仿真显著节约成本与时间，同时为突破性产品创新提供支持。

Cornaglia集团是一家致力于研发先进汽车部件（包括排气系统与油箱）的意大利制造商，其在2012年开始实施数字探索概念。该集团的研发总监Massimo Marcarini表示：“Cornaglia在2012年之前每年只能申请三项创新专利。自从实施仿真驱动的设计之后，我们仅在2014年就提交了10项专利申请。财务收益也一直很巨大；事实上我估计Cornaglia在仿真技术方面已经获得了10倍的投资回报。”

面对这些回报潜力，各种规模的企业都有望从实施数字探索概念中获得商业机遇。ANSYS将会投资研发各种能够支持数字探索的最新解决方案与创新功能，以便企业客户能够继续获益。我们的目标是帮助您在产品创新和财务回报两个方面取得显著成效，从而使您的企业在现在和未来都能稳居行业领先地位。▲



**ANSYS AIM: 立即试用!**  
[ansys.com/tryAIM](https://www.ansys.com/tryAIM)



# 开启精良 设计之阀

Metso Flow Control的工程师需要几周时间来构建和测试新阀门。若利用一款专为设计工程师研发的软件，Metso工程师能在几小时内以数字化的方式探索新设计的性能。工程师在更短的时间内评估更多的设计方案，不仅可显著提高阀门性能，还能尽快将新阀门推向市场。

作者：**Tommi Bergström**，  
Metso Flow Control公司的高级研发工程师，  
芬兰万塔市

**对**于包含流体流动的所有操作而言，阀门是最重要的一个部件。阀门的设计相当复杂，因为阀门往往需要在恶劣的工作条件下长时间可靠运行，并且满足严格的规范要求。阀门设计中最重要的一方面是：当阀门内件（阀门上与流体接触的移动部件）处于打开或关闭状态时，其能在行程的每个点上提供目标流速。阀门容量系数( $C_v$ )是指温度为60F的水每分钟以1磅/平方英寸(psi)的压降流过阀门所

产生的加仑流量。Metso以前在为任何一款推荐的阀门设计确定 $C_v$ 值时，都需要构建原型，并进行通水测试。然而，每次设计迭代需花费大约四周时间完成原型和测试工作，并且，在大多数情况下都需要多次迭代才能实现目标规范。

最近，Metso的工程师与ANSYS优秀渠道合作伙伴EDRMedeso公司通力合作，利用ANSYS AIM解决方案在几小时内准确可靠地仿真推荐设计方案的性能，无需CFD专



▲ Metso线性球阀



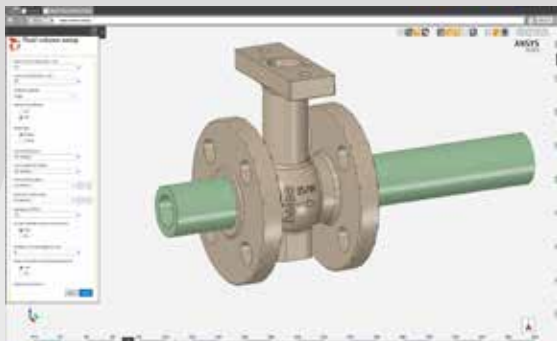
“由于工程师能够评估比以前多得多的设计方案，因此阀门性能得到了改善。”

家的参与。设计工程师从CAD中导入阀门设计，利用AIM的其中一种向导式工作流程在几分钟内即可完成仿真设置。运行仿真后，AIM可得出评估阀门性能所需的数据。这包括压降和流速等定量数据，以及流线、等值线图和矢量场等可视信息，有助于工程师了解阀门中的流动行为。由于工程师能够评估比以前多得多的设计方案，因此阀门性能得到了改善，同时客户能够更早使用新款阀门。

### 种类繁多的工业阀门

Metso是一家世界领先的工业公司，服务于矿业、粒料、资源回收、石油、天然气、纸浆、造纸和加工工业等领域。Metso Flow Control公司的主要产品系列包括控制阀、开关阀和紧急关闭(ESD)阀。这些阀门产品都已经在水试验循环中进行了测试，具体方法是测量阀门转动到整个行程过程中的流动情况。新阀门的研发过程通常需要进行多次设计迭代，以满足流动性能要求。

大约在十年前，Metso开始使用计算流体力学(CFD)来仿真阀门性能。经验丰富的CFD工程师能执行所需的全部仿真，从针对流动和压降的设计仿真到用来减少噪声和空化的复杂分析，无所不包。尽管



▲ 导入包含阀门几何模型的CAD文件

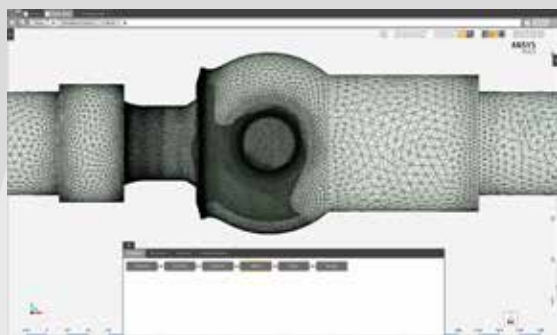
使用仿真比构建测试法快得多，但是由于设计人员必须将设计概念传达给仿真专家，然后等待他们仿真和评估设计，这就拖慢了设计流程。

### 面向设计工程师的解决方案

Metso通过实施ANSYS

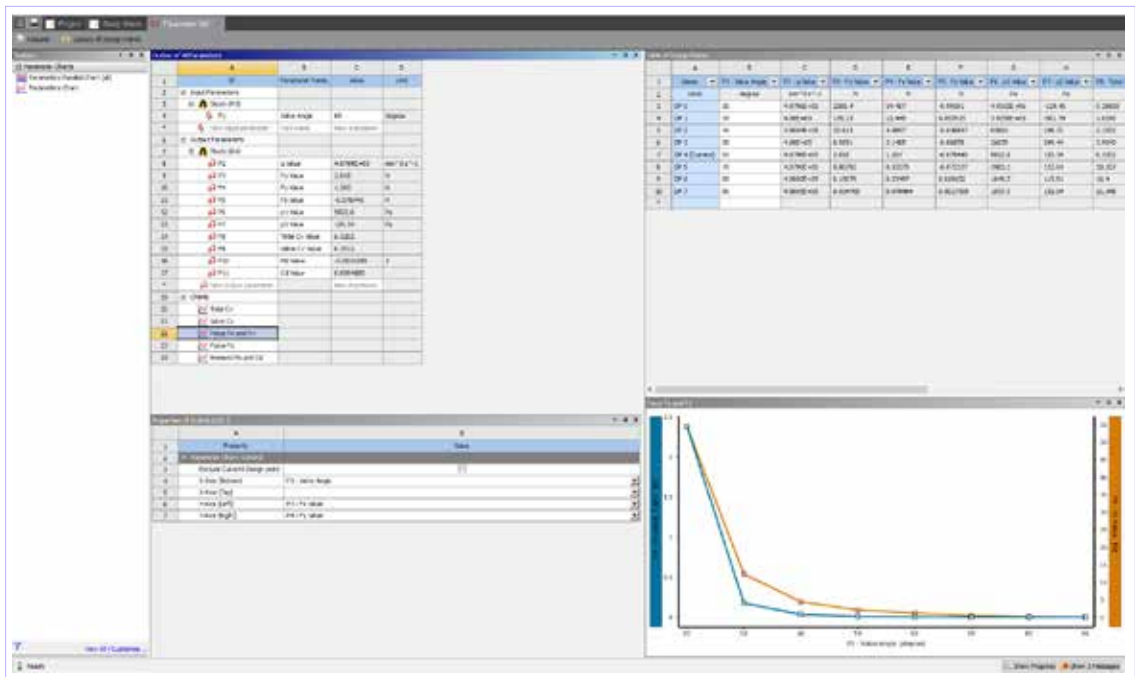
AIM解决了这个难题，使设计工程师能够快速仿真线性阀和旋转阀，而且无需CFD专家的协助。之所以选择AIM，是因为它的界面专为设计工程师使用而设计。AIM利用经过验证的ANSYS技术执行多种多物理场任务，包括流体、结构、电磁、振动、热、耐用性和设计优化等。

为协助设计人员执行所需的具体参数仿真并实行工作流程自动化，Metso Flow Control的工程师使用ANSYS ACT脚本编写工具研发了一款能自动执行CFD流程的应用程序，包括前处理、求解和后处理。只需1.5小时的培训就能掌握脚本编写工具的使用方法。设计工程师首先将完整或对称的阀门几何模型导入



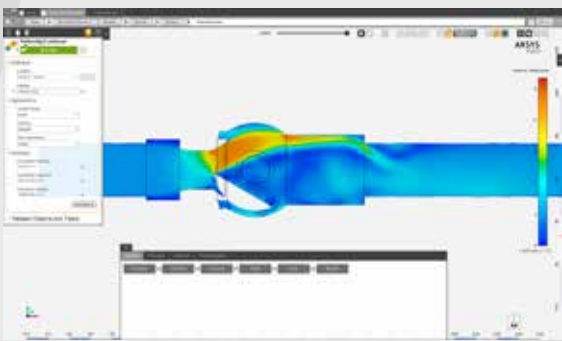
▲ AIM解决方案可自动设置流动分析，包括网格划分。

ANSYS AIM。利用命名选择来确定入口、出口、内件和对称的位置。应用程序能引导用户为推荐的设计输入正确的值，包括管道标称直径、内件直径、特征说明、阀门类型、初始内件行程和最大内件行程等。应用程序可为整个行



▲ ANSYS AIM解决方案可生成不同阀门角度的参数结果。

“ Metso的CFD专家基本上已从日常的阀门设计工作中解放出来，因此可集中精力解决更具挑战性的问题。”



▲ 流动仿真结果可方便呈现给用户。

程范围的内件位置确定 $C_v$ 值。得到的表格中包含每个内件位置的 $C_v$ 值以及 $C_v$ 与内件位置的函数关系图。然后，设计人员可以快速确定每种设计的可行性。

### 制作更出色的阀门

Metso Flow Control的每位工程师目前都在使用这

款ANSYS AIM解决方案。Metso团队现在可以进行多个设计迭代，从而在短短几天内优化阀门设计。该公司仍会为每款新阀门制作一个原型，以验证CFD结果。然而在过去，设计工程师受限于时间和成本，通常只能研发两到三个设计迭代，但是他们现在能评估更多的设计迭代，以便在更短时间内找出最佳的解决方案。ANSYS AIM使研发团队能够改善他们的产品，例如减少压降，或更准确匹配所需的流量曲线。此外，该公司几乎将每个项目的原型数量减少到一个，从而大幅加速产品上市进程。最后，CFD专家基本上已从日常的阀门设计工作中解放出来，因此可集中精力解决更具挑战性的问题，例如防止空化和减少噪声。▲



ANSYS AIM: 立即试用!  
[ansys.com/tryAIM](https://www.ansys.com/tryAIM)

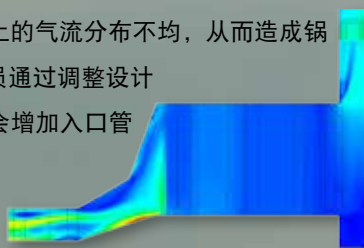
# 收集蒸汽

很多产品设计都因为一些相互冲突的设计目标而变得复杂。例如在设计热回收蒸汽发生器时，不仅需要最大限度降低入口的压降，同时还要求在锅炉入口处保持均匀的流速。KeelWit的工程师研发了一种优化算法，可通过ANSYS ACT加以应用，便于他们管理各种权衡因素，并将两个锅炉系列的压降减少多达25%。这样能显著改善性能。

作者：Isaac Prada-Nogueira，  
KeelWit Technology SL  
合作伙伴总监，  
西班牙马德里

## 热

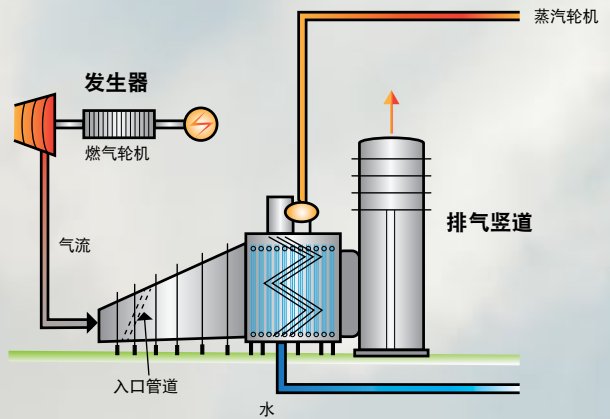
回收蒸汽发生器(HRSG)通过回收废气中的热量来改善燃气轮机的效率。这些废气通过管道送入HRSG锅炉，并在锅炉中的泵水管道周围流动。废气中的热量将水变成可用来发电的蒸汽。HRSG的入口管道将燃气轮机出口管道的气流连接到锅炉，这需要显著增大气流的横截面积。横截面积的增加会形成气流分离和湍流，从而导致流速不均匀。这种不均匀性会导致管道位置上的气流分布不均，从而造成锅炉中的能量损耗或性能降低。入口管道设计人员通过调整设计能够实现均匀的气流分布，但是这些更改通常会增加入口管道的压降，造成能量损耗。



▲ 典型HRSG中面位置的等速线侧视图

入口管道设计人员面临的挑战在于如何平衡这些相互冲突的设计目标，即实现足够均匀的速度分布，同时将压降最小化。此外，工程师还必须使入口管道尽可能短，以减少制造和组装成本。工程师过去一直使用计算流体动力学(CFD)软件，通过手动探索有限的设计空间来改善入口管道设计。KeelWit已经研发了一种多目标结构化混合直接搜索(MOST-HDS)形状优化算法，可用于探索更广泛的设计空间，从而能够研发此前从未设想过的入口管道设计或者大幅改善当前设计。这样能显著改善性能。工程师将MOST-HDS算法研发作为一种ANSYS ACT应用程序。它能与ANSYS Fluent CFD通信以仿真设计点，并与ANSYS DesignXplorer连接以创建相关矩阵，以便确定每种设计参数对压降和速度一致性的影响。

利用ANSYS ACT，工程团队可以创建定制化的仿真应用程序，以便获取和使用专门知识、专业化过程和最佳实践。工程师可利用ACT封装APDL脚本，创建定制菜单和按钮，以整合公司的工程知识，嵌入第三方应用程序，和生成用于管理仿真数据的相关工具。KeelWit之所以使用ACT，是因为它让工作流程变得更简单、更快速而且更方便



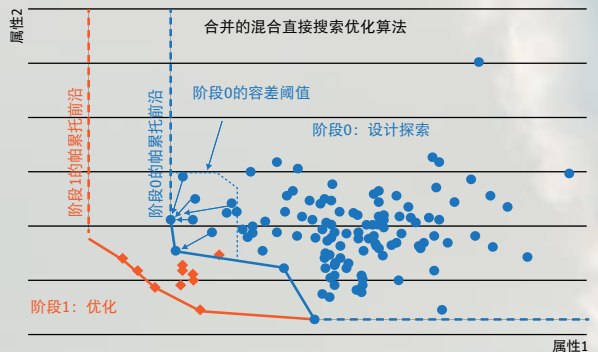
▲ 常见热回收蒸汽发生器的框图

**“KeelWit利用ANSYS ACT管理各种权衡因素，  
将两个锅炉系列的压降减少多达25%，  
从而改善设备性能。”**

复制。ACT提供了简单直接的鲁棒性平台，能够研发用于连接仿真的优化算法。MOST-HDS ACT是KeelWit的专有应用，但是KeelWit正在考虑将它发布到ANSYS应用商店。

### 优化过程

AMEC Foster Wheeler是一家基础设施、制造和加工工业的全球供应商，拥有40,000名员工。该公司与KeelWit签订了合约，希望KeelWit能够为其最新系列的HRSG设备改善入口管道设计。KeelWit的工程师将上一代锅炉的入口管道几何模型导入ANSYS DesignModeler，并设置了顶部壁面的两个角度、侧壁的两个角度、底部壁面的两个角度以及入口总长度等参数。工程师没有考虑具有弯曲壁面或中间角度的设计，因为其制造和组装成本太高。首先，工程师使用ANSYS DesignXplorer创建了具有120个设计点的试验设计，并对每个设计执行CFD分析，以提供设计空间的初始近似值。



▲ 初始设计探索（蓝色）和优化第一阶段（橙色）生成的帕累托前沿



KeelWit的工程师随后将MOST-HDS优化算法创建为ACT应用程序。MOST-HDS算法读取DesignXplorer的结果并生成帕累托前沿图，这个二维图展示了每个设计点的压降和速度均匀性；图中的轴线经过配置，原点位置恰好是压降为零并且具备完美速度均匀性的理想设计。帕累托法能确定面向原点的性能值的外壳。帕累托前沿的值表示不在前沿上的单元绝对不是最佳选择；前沿上总有一个单元至少是比较适合每个目标。计算每个仿真迭代的速度均匀性，即流体离开入口管道再进入锅炉时，按面积加权的平均速度与按质量流加权的

## “最佳设计点将制造和 组装成本减少高达95,000欧元。”

平均速度之间的差异。KeelWit工程师发现这是解决小的不规则网格的最稳妥方案之一，因为如果使用最小和最大速度值计算速度不均匀性，小的不规则网格会产生误导性的结果。

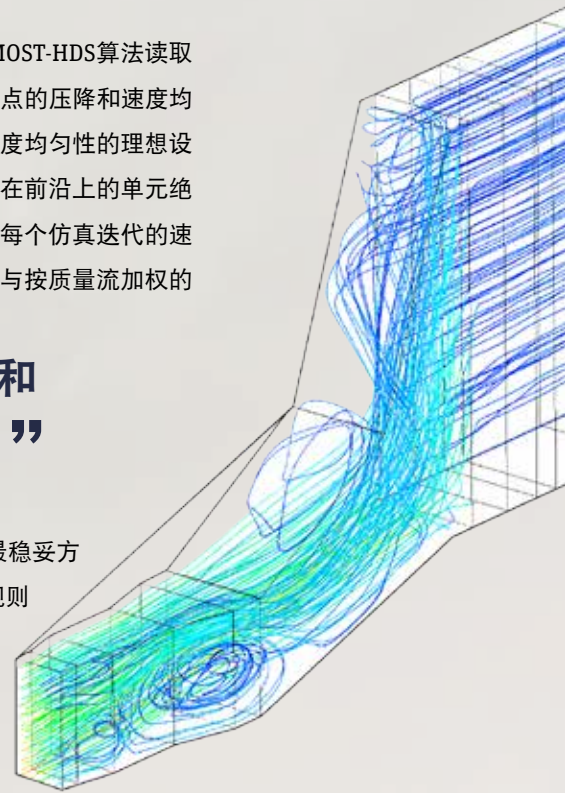
### 生成新的设计点

接下来，优化算法选择成对设计点作为新一代设计点的父点。每个父点中的设计参数与其他父点的设计参数交叉，产生“子点”，从而将遗传搜索、梯度搜索和群搜索的单元合并到混合算法中。然后，通过ACT自动仿真子设计。这些设计中有些比他们的父点有所改善，将帕累托前沿向原点或最佳设计推进。这个过程反复进行，直到帕累托前沿停止向前推进。在此应用中，MOST-HDS算法产生多个非常规的设计点，这些点并不直观，但能提供非常高的性能。

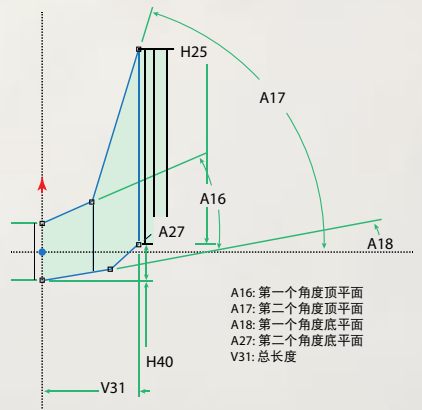
### 显著的性能改善

优化过程得到的结果是每个HRSG系列的帕累托前沿。帕累托前沿要优于单个最优化设计点，因为它允许工程师根据系列中每款HRSG的要求在压降与速度不均匀性之间进行权衡。帕累托前沿中的不同设计能够将压降最多改善40%，速度均匀性最多改善15%。然而，由于这些改善值是在帕累托前沿的不同点上实现的，因此每项改善都需要牺牲其他性能值。工程师最终为每个系列的HRSG实现了压降减少20%至25%、速度均匀性与原有设计相同的最佳权衡设计点。此外，工程师为每个设计点计算了入口管道的总长度及其侧表面，以作为制造和组装成本的替代值。工程师为每个设计系列实现了侧表面最多减少38%、总长度最多减少16%的最佳权衡设计点，而且丝毫不影响设备性能。最佳设计点将制造和组装成本减少高达95,000欧元。

自从发电厂开始使用HRSG以来，HRSG的入口管道形状只是在相对狭窄的设计空间内变化。KeelWit的工程师利用ANSYS ACT应用程序中的创新优化算法对两个系列的AMEC Foster Wheeler HRSG进行了大幅改进。最终，他们显著改善了压降并降低了制造成本。▲



▲ HRSG入口管道中速度大小流线的详细等轴侧视图



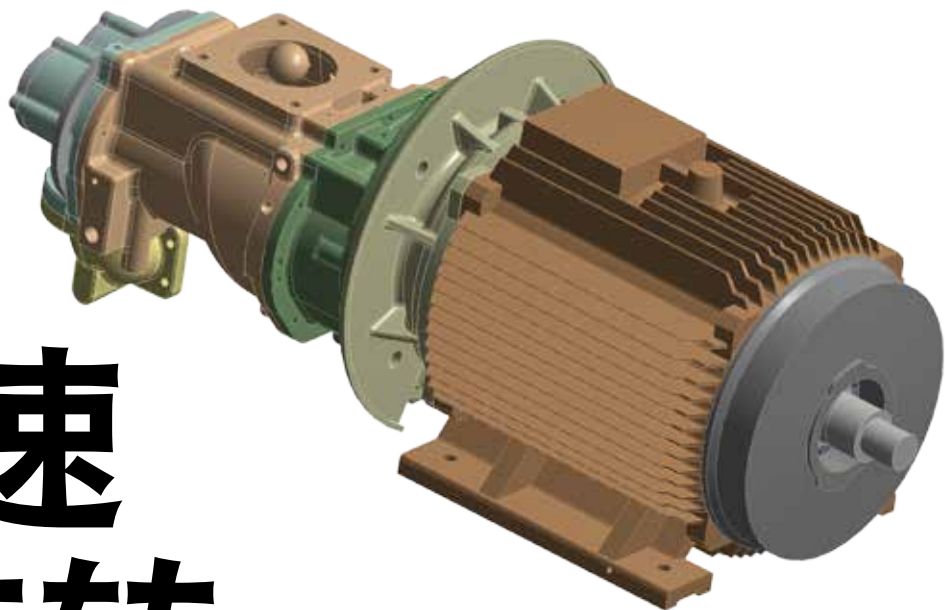
A16: 第一个角度顶平面  
A17: 第二个角度顶平面  
A18: 第一个角度底平面  
A27: 第二个角度底平面  
V31: 总长度

▲ 仅使用部分变量对入口管道设计点进行参数化



ANSYS应用商店  
[ansys.com/appstore](https://www.ansys.com/appstore)

# 飞速 旋转



振动会降低回转式空气压缩机的可靠性。Ingersoll Rand工程师在概念设计阶段利用转子动力学仿真来预测振动问题，从而在构建原型之前纠正错误。Ingersoll Rand降低了原型构建成本，并通过更快的产品上市进程赢得了额外的收入。

# 控

制潜在振动效果对于设计回转式空气压缩机至关重要。传统流程需要构建和测试原型，然后重新设计以减少振动，这会耗费大量人力、预算和时间。新产品的上市进程每延误一个月就会造成显著的收入损失。在内部工程资源已达极限的情况下，Ingersoll Rand聘请ANSYS客户卓越(ACE)咨询师，以验证压缩机设计中旋转组件和静止组件的3-D转子动力学分析。工程师之前单纯靠辛苦的试错法解决振动问题。在不了解之前设计的详细问题情况下，咨询团队使用仿真来预测由于转子和壳装配体的连接而造成的壳体振动。咨询团队为Ingersoll Rand工

作者：Yi Liu，  
Ingersoll Rand工程经理，  
北卡罗来纳州夏洛特

程师提供培训，帮助他们仿真六个额外的设计迭代，同时比以往更快地研发出问题解决方案。通过在研发流程中提前使用转子动力学仿真，Ingersoll Rand发现并解决数字原型中的振动问题，由此节省了数十万美元的产品研发成本。



▲ Ingersoll Rand回转式空气压缩机

## 产品研发挑战

Ingersoll Rand回转式空气压缩机被用于众多行业中的任务关键型应用。为确保产品的可靠性，公司对旋转和静止装配体的振动做出了严格限制。振动问题的最主要来源是在压缩机的某个工作频率下产生谐振的组件。因为典型的旋转压缩机有数百个组件，即便通过物理测试发现了振动问题，通常也很难确定是哪个组件导致问题出现。有一个方法是锤击组件并测量其谐振频率。但相互连接的组件往往会影响谐振频率。此外，许多组件与其它组件的连接方式也会造成无法在运行配置时进行测量。例如，组件可能连接在机壳内部深处，即使进行锤击测试也难以触及。锤击测试是一种用于确定结构的自然频率、模态阻尼或振型的物理测试。旋转部分常常带来其他考虑因素，例如速度相关的动态轴承系数和旋转质量的陀螺效应。

Ingersoll Rand工程师尝试使用一维转子动力学模型，其基于质量弹簧阻尼器1-D单元，但发现它只能预测旋转组件的振动，不能预测静止组件的振动。工程师认为3-D仿真能够解决振动问题，但是如果试图通过这种新方法获得所需的洞察力，可能会影响设计日程。Ingersoll Rand聘请ACE咨询师验证3-D转子动力学分析，以查找振动问题和确定解决方案。ANSYS转子动力学软件能在单个分析中将旋转装配体涉及的所有物理场考虑在内，因此它能以最少的假设求解问题，并提供此前从未考虑过的答案。ANSYS软件充分利用鲁棒性3-D分析方法，将旋转单元耦合到支撑结构的完整3-D表达中，从而为整体结构响应提供更详细的结果。

## ANSYS团队应用转子动力学分析

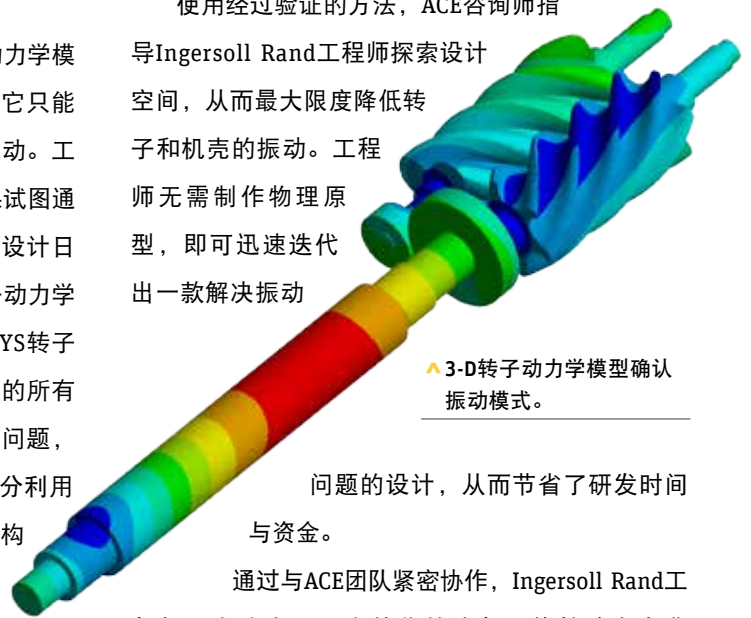
在具有已知振动问题的设计中，ACE团队将典型的转子动力学特性（如陀螺效应和轴承支架弹性）集成到旋转和静止组件的ANSYS Mechanical有限元模型。该团队为旋转部件、静止部件以及连接旋转部件与静止部件的轴承建模。对于旋转部件，ANSYS咨询师选择了支持陀螺效应的单元，同时使用常规的3-D固体单元、壳单元和梁单元为静止部件建模。

如同其他分析一样，他们定义了材料属性并指定了旋转速度。工程师考虑了旋转部件的陀螺效应以及旋转阻尼效应。咨询师通过开展模态分析，检查设计的稳定性，并从Campbell图中获取临界速度。ACE团队的工程师利用谐波分析计算压缩机对同步或异步激励的响应，并建议使用瞬态分析来确定压缩机启停时的情况。

## 将仿真知识传授给Ingersoll Rand

仿真结果预测设计会出现振动问题，而且其预测的振动幅度和振动频率与之前使用物理测试取得的结果极为吻合。转子动力学仿真提供的信息远远多于物理测试，其中包括确定压缩机可能起振的临界速度以及组件的谐振频率。

使用经过验证的方法，ACE咨询师指导Ingersoll Rand工程师探索设计空间，从而最大限度降低转子和机壳的振动。工程师无需制作物理原型，即可迅速迭代出一款解决振动



▲ 3-D转子动力学模型确认振动模式。

问题的设计，从而节省了研发时间与资金。

通过与ACE团队紧密协作，Ingersoll Rand工程师现在确定了一个简化的流程，能够独立专业地利用仿真技术设计压缩机的另外六种变体方案。Ingersoll Rand工程师现在会定期使用转子动力学仿真来研发新的压缩机设计，从而将制作物理原型、开展测试的需求降低50%到70%。基于ANSYS仿真的设计可显著减少新产品交付延期情况，实现明显的收入增长。▲



ANSYS咨询服务  
[ansys.com/consulting](https://www.ansys.com/consulting)



# 引领 电动汽车 充电新风尚

电池管理系统在当今的电动汽车中起着非常关键的作用：它能够监控电池状态，管理电池运行以优化车辆性能和电池使用寿命，同时还能确保乘客的安全。瑞典国家电动车公司(NEVS)的研究人员正在为其新一代电动车研发电池

管理系统。通过采用ANSYS SCADE Suite取代行业传统的模型化设计工具集，他们在生产力方面实现了30%的提升。

作者：**Christian Fleischer**，  
瑞典国家电动车公司先进  
电池技术软件架构经理，  
瑞典特罗尔海坦

“SCADE模型让研究人员能在设计流程中  
尽快检测出规范中的**错误**，  
无需等到集成测试阶段。”



# 电

池是电动车中最昂贵的组件。它能够决定车辆的行驶里程，后者是电动车的一项关键性能规范参数。通过监控电池状况和控制电池运行，电池管理系统(BMS)在优化电池性能方面发挥着关键作用。作为为车辆运行提供电力的大脑，BMS负责保存电荷以延长电池使用寿命，同时检测和响应不安全的工作条件。在已收购知名汽车品牌Saab的NEVS公司，10位研究人员组成的团队为公司的新一代电动车研发先进的BMS。

NEVS研究人员没有使用汽车行业最流行的模型化研发工具集，因为其包含的代码生成器与监管嵌入式软件研发流程的安全标准不兼容。该工具集生成的代码需要大量的手动确认、验证、和背靠背试验。作为替代，NEVS研究人员选择ANSYS SCADE端到端的模型化研发解决方案，其中包含了通过ISO 26262认证的代码生成器，无需高成本的代码审查和低层次测试工作，即可验证代码功能是否符合模型的要求。该团队预计，与常规工具集相比能够实现30%的生产力提升。在竞争激烈、市场投放速度至关重要的电动车行业，前期仿真非常关键。

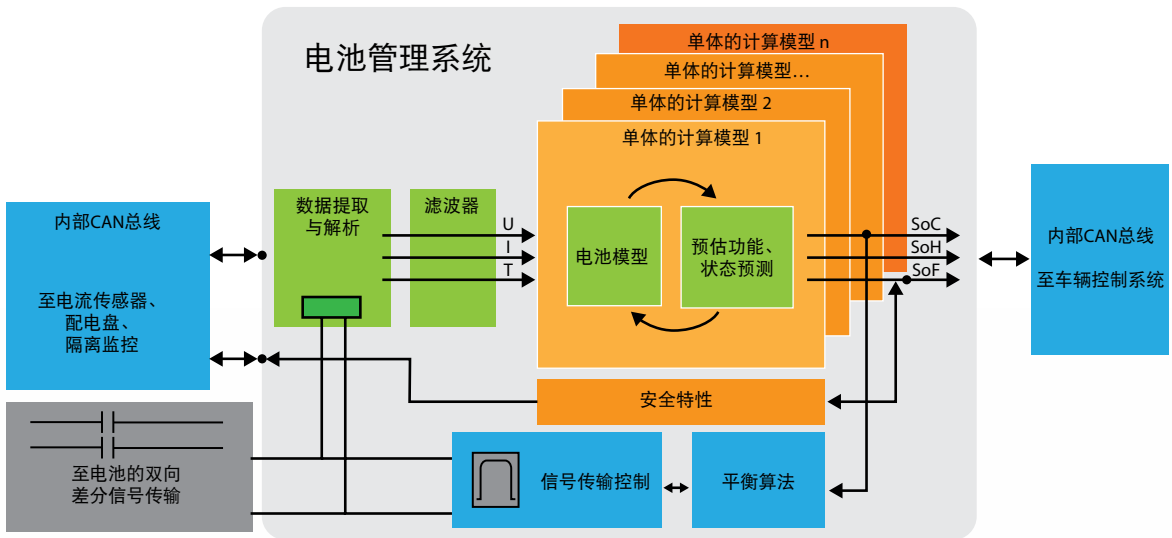
## 了解电池状态

电动车的电池是一种高度非线性的系统，会持续不断地改变状态。了解电池每个单体的变化对优化电动车的性能极为重要。电池中包含多种类型的传感器，用于监控自身的运行。同时BMS与这些传感器连接，以测量电压、电流、温度和其他参数。但是无法为了全面了解电池状况而装入足够多的传感器，因此BMS使用复杂的算法



▲ BMS主控制器嵌入式硬件（红色）位于BMS从控制器（绿色）的上方，后者位于电池演示器的上方。从控制器测量单体电池电压和温度，执行单体电池平衡策略。高压电池断接开关（背后的黑盒子）负责电池与负载间的通断。





▲ 电池管理系统功能概览。信息由Fraunhofer IISB提供。

来估算电池的充电状态(SOC) [等同于电池组的油量表]、健康状态(SOH) [电池状况与理想状况的对比]、使用寿命状况(SOL) [电池的剩余使用寿命]和其他重要参数。

根据对电池状况的估算结果，BMS可控制和保护电池，以防止出现过充、过放、过流、短路、过热、接地故障和其他潜在问题，从而让电池尽可能长时间地保持良好状态，以履行其功能设计要求。此外，BMS还随时通知应用控制器应该如何最合理地使用电池为车辆供电。

### 选择模型化工具集

在准备BMS研发流程时，NEVS研究人员评估了业界领先的模型化工具集。通过在研发流程中用图形模型取代软件架构和单元设计，模型化工具集可显著改善BMS等安全关键型汽车系统的质量和上市进程。工程师无需物理硬件就能仿真模型行为，立即查看结果。这可让工程师在设计流程中尽早获得关键的洞察力，并且迅速改善模型的性能。然后，该模型可用于自动生成嵌入式代码，无需进行手动编码，同时让工程师能够直接测试模型而不必测试代码。这样可以避免与应用有关的所有代码验证工作。

**“该团队预计，与常规工具集相比能够实现30%的生产力提升。”**

NEVS工程师意识到，当他们改进BMS时，可能需要多次在研发过程中自动生成嵌入式代码。使用传统研发工具集时，每个迭代都需要背靠背试验和功能测试阶段，来确认生成的代码是否正确实现了各项要求，是否与设计流程中所用的模型的行为相匹配。这个测试流程的某些部分能够实现自动化，但是其他部分，例如证明软件要求的可跟踪性，就必须手动完成。



研发符合ISO 26262规范的汽车安全相关应用  
[ansys.com/compliant](https://www.ansys.com/compliant)

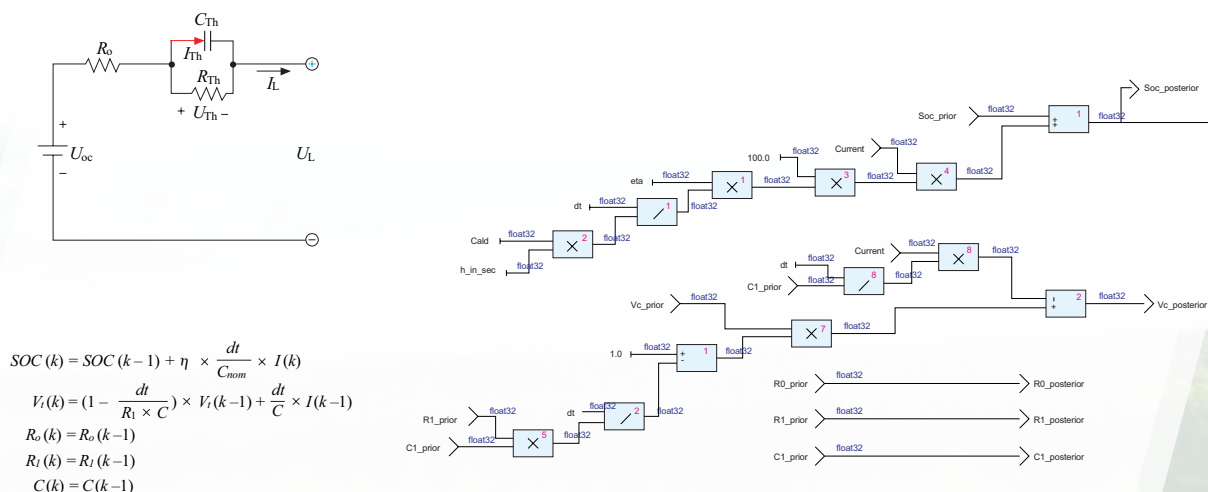


# “NEVS研究人员大幅缩短了 研发BMS所需的时间。”

## BMS研发过程

通过使用ANSYS SCADE Suite完整端到端模型化研发工具集研发BMS，NEVS研究人员无需进行手动测试工作。研究人员使用SCADE Architect工具，通过SysML方框图描述了系统和软件架构。他们在白板上编写算法，以解决BMS的功能要求。然后他们为算法和其他与架构相关的软件组件建模，并使用复杂的状态机和数据流为逻辑和控制规则建模。接下来他们仿真模型，从而在设计流程早期检测出功能故障。在设计流程早期阶段，通过在面向SCADE模型的SCADE测试环境里创建、运行和验证功能测试案例，研究人员能尽快检测出规范中的错误，无需等到集成测试阶段。

在研究人员认为模型已经就绪后，他们使用SCADE Suite KCG代码生成器为目标环境生成C源代码。该代码生成器经过认证，能够研发符合ISO 26262标准ASIL D级认证的应用，这是汽车应用中的最高安全等级认证。他们在



## ANSYS SCADE Suite中研发的电池管理模型图

连接到演示器电池的目标硬件上运行所生成的代码，以评估其性能。NEVS研究人员还研发出仿真的驱动周期，用于在演示器上评估嵌入式软件是否能够准确预测电池状态。研究人员调整算法，以更好地捕获电池单体的物理和化学行为。例如他们将算法预测的电压与电池单体上的实测电压做对比。

相比于使用常规行业工具链的汽车原始设备制造商，NEVS通过实现ANSYS SCADE工具链获得了明显的优势。为了最大限度提高NEVS新一代汽车的性能，研究人员需要开展大量模型生成的代码测试迭代。每次迭代时，SCADE KCG代码生成器都能节省大量手动工作（验证生成的代码是否与模型匹配、开展代码审查和准备文档等）所需的时间。因此，NEVS研究人员大幅缩短了研发BMS所需的时间。⚠️



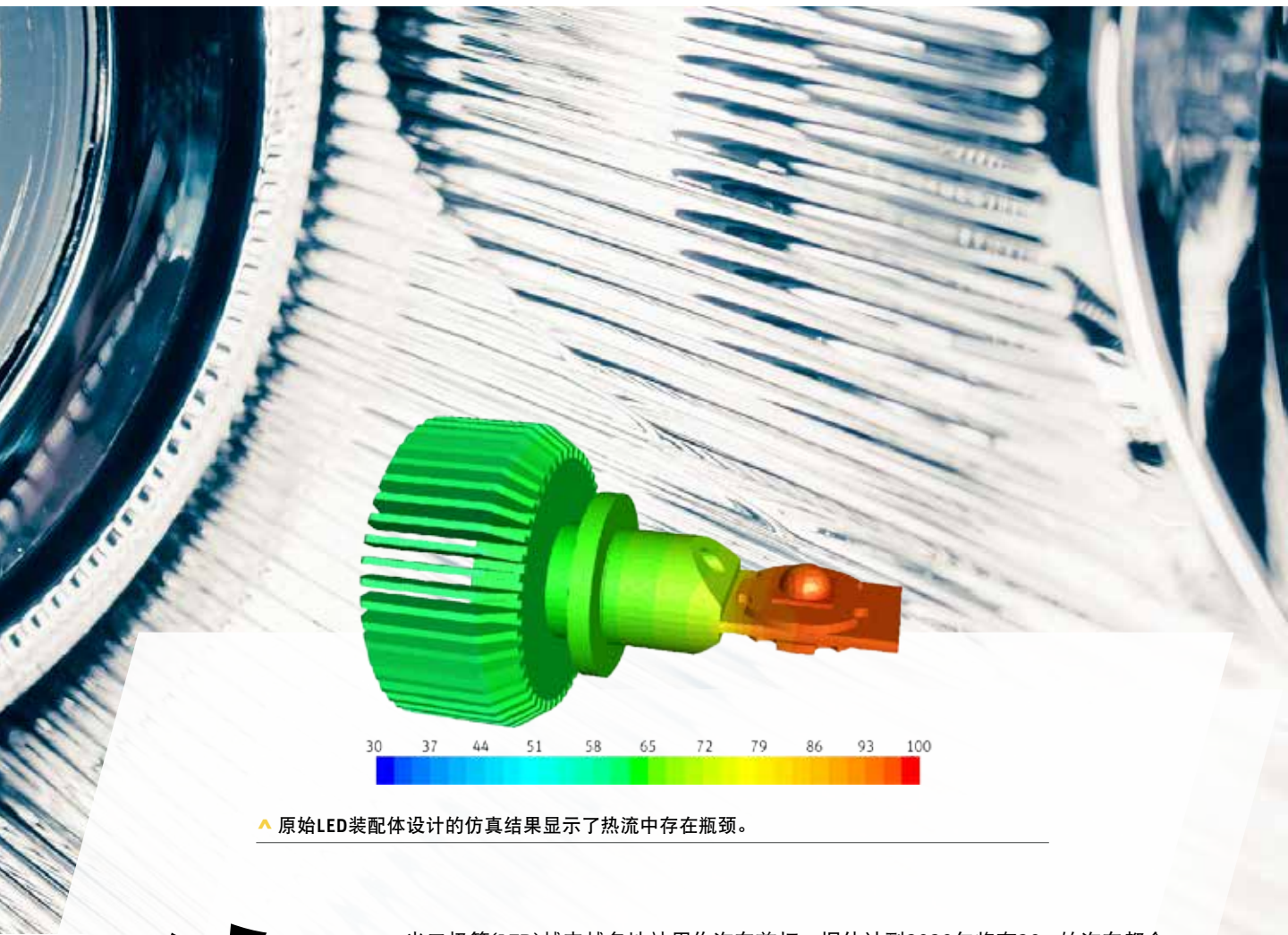
# 点亮 前灯 设计

通过使用仿真优化LED汽车前灯的散热器设计，Momentive Performance Materials（迈图新材料集团）成功缩短了物理测试所需的时间。通过仿真获得的前灯设计，不仅亮度增加两倍，同时将工作温度保持不变。

作者：**Manjunath Subbanna**，  
高级技术工程师；**Eelco Galestien**，  
项目工程师；**Creighton Tomek**，  
陶瓷技术专家；**Wei Fan**，  
陶瓷NPI经理；美国斯特朗威尔迈图  
新材料集团



用作测试案例的售后市场LED前灯 >



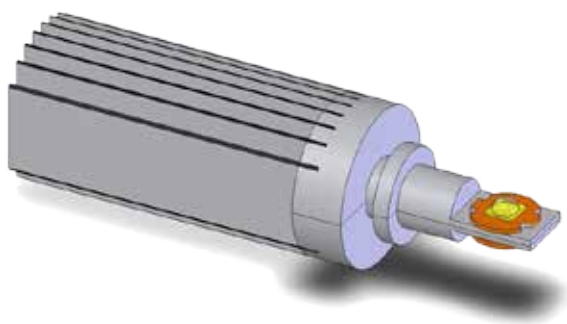
▲ 原始LED装配体设计的仿真结果显示了热流中存在瓶颈。

# 发

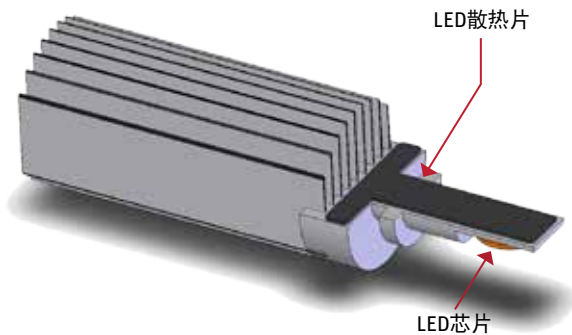
光二极管(LED)越来越多地被用作汽车前灯, 据估计到2020年将有20%的汽车都会安装LED前灯。LED的低能耗有助于改善能效, 同时其小尺寸方便工程师更加自由地开展时尚创新设计。阻碍LED普及应用的最大障碍是热管理。一般来说, 70%的能量被转化成热量。LED比替代性照明技术具有更强的热敏感性, 因为和其他半导体类似, 它们的结温必须保持在较低水平才能正常工作。大部分LED前灯使用铝或铜散热器, 通过强制风冷或液冷来耗散热量。

Momentive Performance Materials (Momentive)已经研发出热解石墨(TPG), 这种新材料的热导率是铜的四倍, 重量是铜的四分之一。TPG的高热导率源自分层结构的高定向石墨晶体。为了向汽车应用推销这种新材料, Momentive着手研发能够改善现有LED前灯性能的最新散热器设计。优化设计需要使用大量原型, 而制作和测试一个原型就需要几个星期的工作, 但是通过使用ANSYS Fluent计算流体动力学(CFD)软件, Momentive工程师仅在15分钟内即可准确预测替代性热管理设计的性能。在一般的应用中, 工程师通过仿真证明了TPG能够利用相同的基本热管理设计使LED的亮度加倍。作为备选方案, 工程师通过去除用于强制风冷的风扇, 不仅能降低热管理成本和能耗, 提高前灯的可靠性, 还能保持亮度不变。工程师制作了最终设计的原型, 并将LED装配体测得的性能与仿真性能预测结果对比, 两者非常吻合。





▲ 修改LED装配体设计以利用TPG散热器翅片



▲ 使用TPG散热器核心和翅片改善LED装配体设计

### 仿真原始设计

售后市场LED前灯的二极管结温必须保持在120摄氏度以下。原始设计使用散热片、散热器基座和翅片、以及电扇进行散热。Momentive工程师使用ANSYS CFD为装配体的所有组件建模，并将每个组件的热导率添加到模型中。工程师把两个LED的30瓦总输入功率的70%作为热输入，并将其设定为LED芯片内的体积热源。该模型使用每分钟3立方英尺的强制气

于石墨层间的范德华力较弱，因此TPG是一种柔软的材料，它通常必须被包含在某种结构元件中。在这种情况下，工程师发现薄的锡镀层能保护TPG材料免受湿气和磨损的影响，同时还能直接将TPG材料回流焊接到铝制基座。TPG材料的高热导率能让热量更均匀分布在整個翅片结构上，从而更高效地利用翅片的表面积。仿真结果得到的热阻为4.7 C/W，比基线设计的热阻低20%。

“把散热器翅片和基座更换为TPG材料，  
可将LED的输入功率提高两倍，  
LED的亮度加倍。”

流进行仿真。仿真预测的总热阻为5.9C/W。此外，该设备还在LED芯片、LED散热片、散热器基座、散热器翅片和灯外壳处安装了热电偶。当温度达到均衡后，工程师在每个位置采集了不同输入功率下的温度值。仿真预测的温度特性与实验数据吻合，确认了仿真的准确性。

### 改善翅片设计

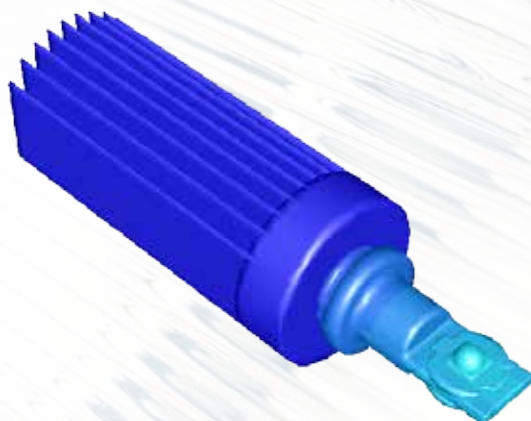
根据对基线模型的研究，工程师发现散热器翅片和散热器基座是热流的瓶颈。下一步是修改散热器翅片和散热器基座设计以改善热传导，并通过CFD建模验证它们的性能。Momentive工程师将模型中的散热器翅片材料修改为TPG核心加锡镀层的层压材料。由

### 改善核心设计

接下来，Momentive工程师仔细查看设计，改善了散热器基座狭窄颈部处的热流。第一步是把T形TPG片用铜焊接到有T形凹陷的铝外壳上，以替换这个位置。用金属处理的TPG材料和铝外壳组件之间的高温铜焊点能提供理想的热接口和高粘接强度，可确保在连接LED芯片和TPG翅片时能够承受下游焊接温度。仿真显示TPG散热器基座可减少沿散热器基座和散热器翅片间狭窄颈部的温度梯度，并增加向空气耗散热量的有效面积。与3.0 C/W的额定热阻相比，使用TPG散热器核心的LED仿真结果显示热阻进一步下降29%。与基础设计相比，热阻总体下降49%。



“Momentive工程师正在广泛使用仿真技术，  
以展示TPG热管理解决方案的  
众多优势和减少产品研发周期。”



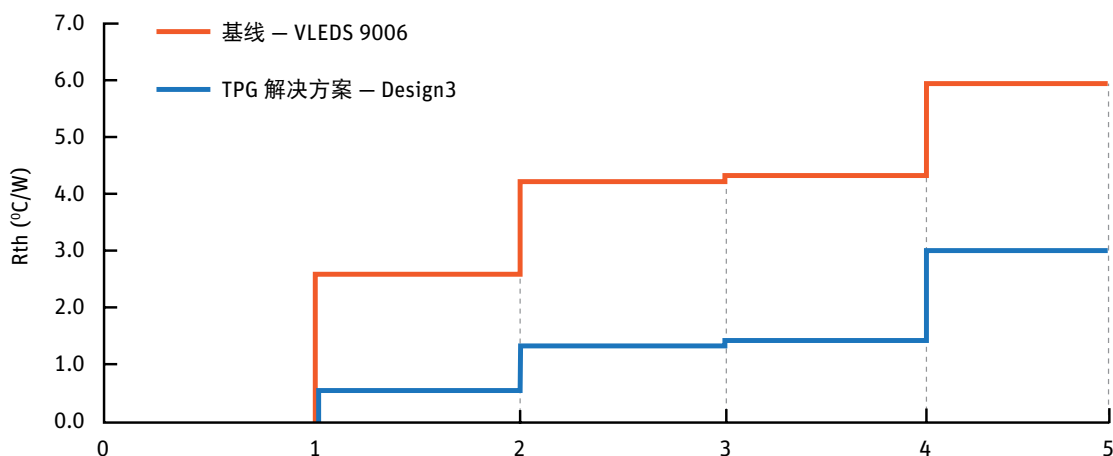
仿真得出的结论是，就这个具体应用而言，将散热器翅片和基座更换为TPG材料时，与基线设计相比可将LED的输入功率提高两倍，LED的亮度加倍，同时保持LED的结温不变。根据上述设计制作

▲ 使用TPG散热器核心和翅片的LED前灯仿真有助于将热阻降低49%。

的LED前灯原型的测量结果，随后验证了仿真结果的准确性。进一步的探索显示，该前灯无需电扇即可在现有的30瓦功率水平下运行，从而有效降低前灯的成本、重量和能耗，并且通过消除

潜在故障点提高了可靠性。接下来，Momentive工程师将广泛使用仿真技术，向汽车、航空航天、电信和国防行业的客户展示TPG热管理解决方案的众多优势。在设计流程中尽早使用仿

真对所有大功率电子产品的能效与性能而言都十分重要。此外，仿真还能把改进后的设计优势展现给潜在客户。▲



▲ 使用TPG散热器核心和翅片的LED仿真结果显示，同等温度下的热阻降低49%、功率增大104%（与物理测量结果吻合）。

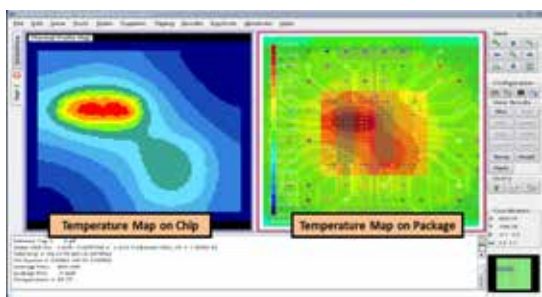


针对能源效率的热优化  
[ansys.com/bright](https://www.ansys.com/bright)

# 跳跃升级至7nm技术： 风险还是回报？

作者：Arvind Vel,  
ANSYS应用工程总监

要想从半导体工艺节点的发展中受益并非易事。伴随每一代全新工艺节点而来的是众多设计挑战和风险。7nm节点是所有领先晶圆厂目前能提供的最先进工艺。该工艺节点从根本上对基于容限的设计的基本假设提出了挑战。与此同时，它还能提高设计人员能够获得的功耗和性能极限。在不久的将来7nm节点会成为行业驱动力，因此设计人员正利用前期仿真技术从根本上重新思考他们的设计实现策略。



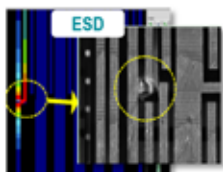
▲ 利用ANSYS RedHawk-CTA进行准确的芯片-封装热分析

功耗和性能一直是高级片上系统(SoC)半导体设计中两个相互矛盾的考虑因素。7nm工艺节点的优势是能够以更低的电源电压(低于500mV)运行,而且不会降低性能,主要原因在于每个晶体管的驱动电流变大了。此外,这些节点的漏电特性远低于平面CMOS晶体管。7nm工艺节点的这些关键特性使其非常适合帮助集成器件制造商(IDM)和无代工半导体公司开展高级SoC设计。

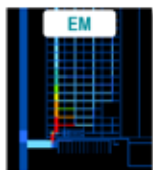
“在不久的将来7nm节点会成为行业驱动力，因此设计人员正利用前期仿真技术从根本上重新思考他们的设计实现策略。”



**更低的噪声容限**  
• 降低压降抗扰度  
• 验证所有工作模式



**更低的栅极击穿电压**  
• 缩减ESD设计窗口  
• 强制进行基于仿真的检查



**更高的电流阈值、更低的EM阈值**  
• 复杂的EM规则  
• 需要进行功耗和信号EM分析  
• 需要进行多种模式的EM验收

#### ▲ 7nm工艺的关键可靠性问题

根据历史经验，迁移到更小的工艺节点都会减少单位面积内每个晶体管的成本。而在7nm工艺节点，几何微缩趋势已达到平衡，而且光刻掩膜的复杂性不断增加，使得每单位晶体管的成本显著高于前面几代

的成本。无代工厂半导体公司需要利润更高或产量更大的产品来抵消7nm设计的成本。此外，芯片的性能必须显著增加产品本身的价值。在这种情况下，7nm芯片的失败成本非常高，无代工厂公司在采用这种新工艺节点时一定会权衡风险与回报之间的平衡。

#### 挑战与风险

电源噪声收敛仍然是7nm设计的最大挑战之一。为了利用动态电源上电源电压的二次方尺寸缩小，设计团队推动极限发展，使工作电压降至470mV。与此同时，在过去几代工艺节点上阈值电压(V<sub>T</sub>)一直保持不变。更低的电源电压与几乎不变的阈



值电压相结合，导致7nm节点的工作噪声容限快速减小。在这种情况下，传统的基于容限的压降验收方案很快失效。

为降低电源噪声，需要在7nm节点采用全新的设计理念。选择正确的逻辑库、具有金属叠层的电源网格架构、时钟方案以及合适的IC封装，对于设计的抗干扰性有着深刻影响。为捕捉噪声引起的故障需要实现恰当的仿真覆盖范围，这个过程实际具有更加隐蔽的挑战。首先是设置鲁棒性的电源网格以满足所有容限要求，这是一个很容易犯的错误。这会对下游的时序和路由收敛造成影响，从而影响晶片尺

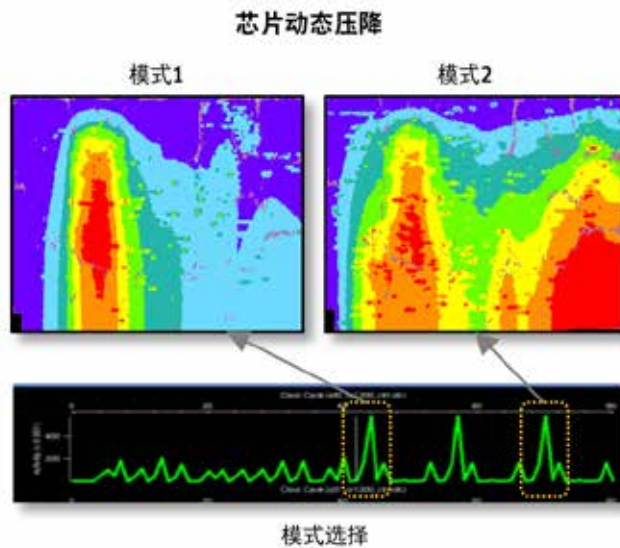
“ 在不久的将来7nm节点会成为行业驱动力，因此设计人员正利用前期仿真技术从根本上重新思考他们的设计实现策略。”

寸。必须使用仿真支持的电源网格架构，以针对局部和全局开关故障覆盖所有工作模式。为了提高验收置信度，需要对数百种逻辑一致的情境进行特性分析，并对其中具有最佳覆盖条件的情境进行仿真。覆盖条件包含开关行为、峰值电流、有效电阻、时序余量或很多其他参数。鉴于当今SoC设计的复杂性，这个任务并非易事。ANSYS RedHawk-SC等平台可利用基于矢量或非矢量的方法来捕获设计薄弱点，从而对数百种情境进行特性分析。

电迁移(EM)和热分析的可靠性仿真是7nm设计验收的另一个难题。FinFET器件架构从根本上限制了每个晶体管中翅片结构到硅衬底的热传导路径。与此同时，由于7nm工艺具有更高的金属密度，基极层与金属布线之间的垂直热耦合也会增加。这些热特性导致器件和金属局部自发热，加快器件寿命衰减并影响器件性能。

随着升级到每一代新的工艺节点，设计人员解决EM违规时所花费的时间不断增加，7nm也不例外。主要原因在于采用了最差情况温度的基于容限的EM验收方法。若采取过度设计，即利用更宽的金属和更多通孔来解决EM违规问题，会造成路由由空间不足。通过利用ANSYS RedHawk-CTA进行热感知统计EM验收，设计人员就能节省宝贵的芯片面积，并减少在修复EM违规问题上所花费的时间。这能大幅降低延期风险。

器件老化和可变性是7nm工艺节点的另一个重要方面。设计人员需要了解负偏压温度不稳定性(NBTI)和热载流子注入(HCI)对器件老化和性能的影响，这是所有FinFET节点的一个重要检查事项。研究表明，信号概率与老化引起的性能劣化之间存在很强的关联。为获取该行为特性，设计人员需要在SoC级的多种工作负荷下建



▲ 利用ANSYS RedHawk-SC实现的多模式、多周期矢量覆盖范围

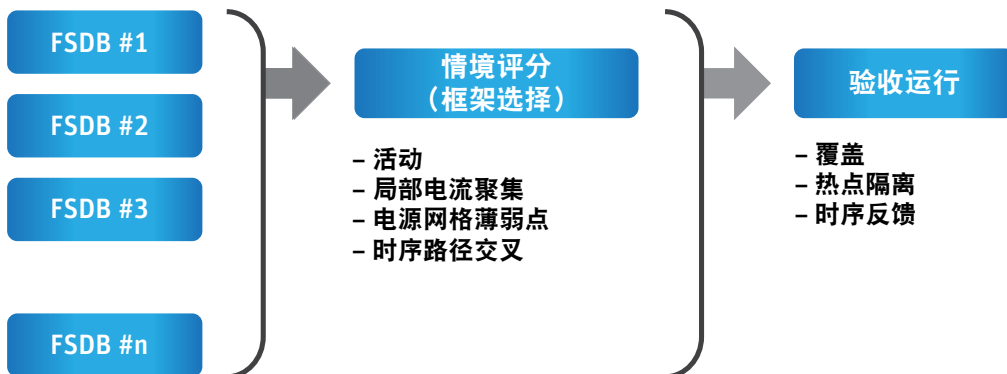
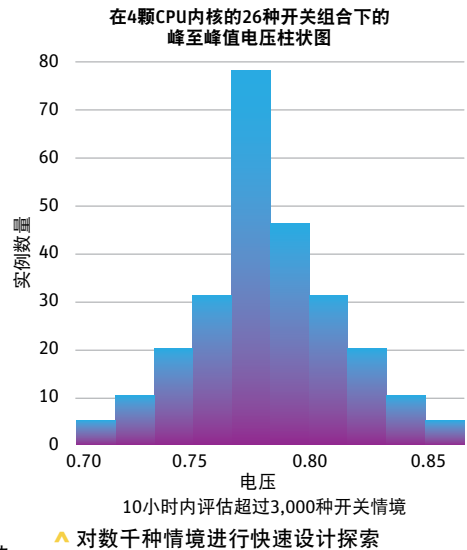


▲ 用于芯片-封装-系统收敛的ANSYS SeaScape平台

立NBTI感知库以及信号概率的详细模型。ANSYS Path FX和ANSYS Variance FX能够执行可变性感知以及老化感知的时序仿真，以提高7nm节点的验收置信度。

#### 建模可用精度

由于7nm工艺具有更低的噪声容限，因此在建立基础IP和逻辑库的模型时不能降低精度。设计人员应该在较宽电压范围内确定标准单元的特性，以了解超低电压对电流消耗的影响。多位触发器(MBFF)应具有准确的位电流，并支持电流宿的空间分配。更大的模拟IP和存储器应具有准确的晶体管级细节，以实现正确的电流分配。此外，在进行7nm验收时，还必须准确建立片上供电网络的通道模型以及封装和电路板模型。片上提取工具应当支持多颜色感知的双重和三重曝光规则，并且经过代工厂认证。此外，封装



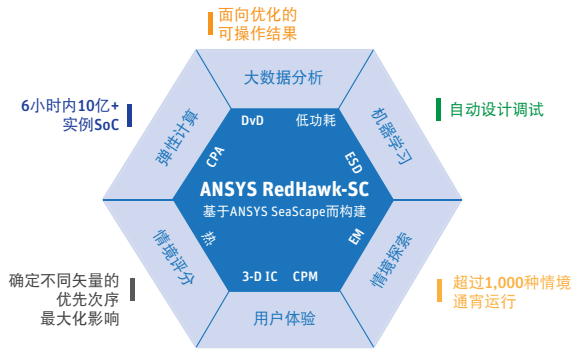
▲ 基于多种参数的临界矢量选择

“7nm工艺节点的一大优势是能够以更低的电压运行，而且不会降低性能。”

建模应支持凸点级分辨率的全波精度，以捕获空间可变性。ANSYS RedHawk和ANSYS RedHawk-CTA这样的平台提供经过代工厂认证的提取规则，以及封装建模所需的精度。

### 打破壁垒

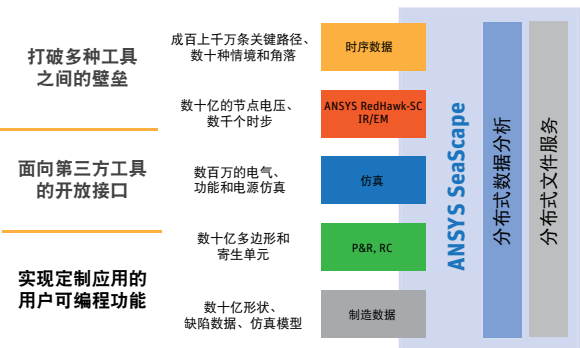
时序、功能、电源噪声和可靠性收敛都是芯片确认过程中的不同阶段，通常采用独立的验收方案。在旧技术节点上，为这些确认步骤调整容限和采用超裕量设计的效果不错，不会造成很大影响。然而，对于16nm和7nm节点，在单个确认步骤上花费的时间显著增加，影响到实际的项目进度和成本。例如，在7nm节点上电源噪声与时序收敛的相关性显著提高。同样，自发热对EM或器件老化与时序收敛的相关性也有所提高。如果设计团队不采用新的方法，验证壁垒很快会带来进度和成本风险。ANSYS SeaScape等平台可提供快速的仿真覆盖并消除壁垒之间的分析差距，是有效避免7nm节点过度设计的必要工具。



▲ ANSYS RedHawk-SC平台

### 分析技术来救援

从大量仿真数据中创建可付诸行动的信息的能力对于7nm设计收敛至关重要。传统工具无法利用来自不同工具的指标来实现变更。例如，为了避免穿过高动态压降区域的低时序松弛路径，传统工具需要知道所有时序路径以及所有压降情境。同样，为了找到具有峰值电流和高电阻路径的实例，传统工具需要知道有效电阻图以及实例负荷与当前模型的对比情况。在修复7nm问题时，具备上述分析能力的针对性设计修复方案比突击式方案要高效得多。设计团队可利用专用分析平台彻底改善设计收敛方法，例如采用可扩展型大数据架构、针对多物理场优化而构建的ANSYS SeaScape平台。



▲ 使用ANSYS SeaScape平台打破壁垒

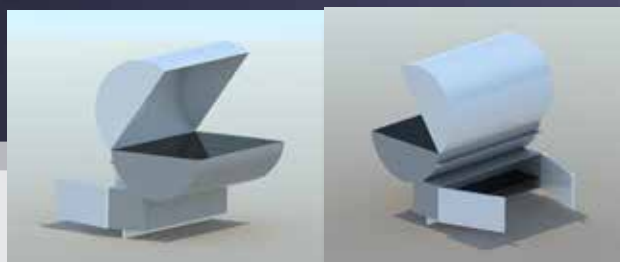
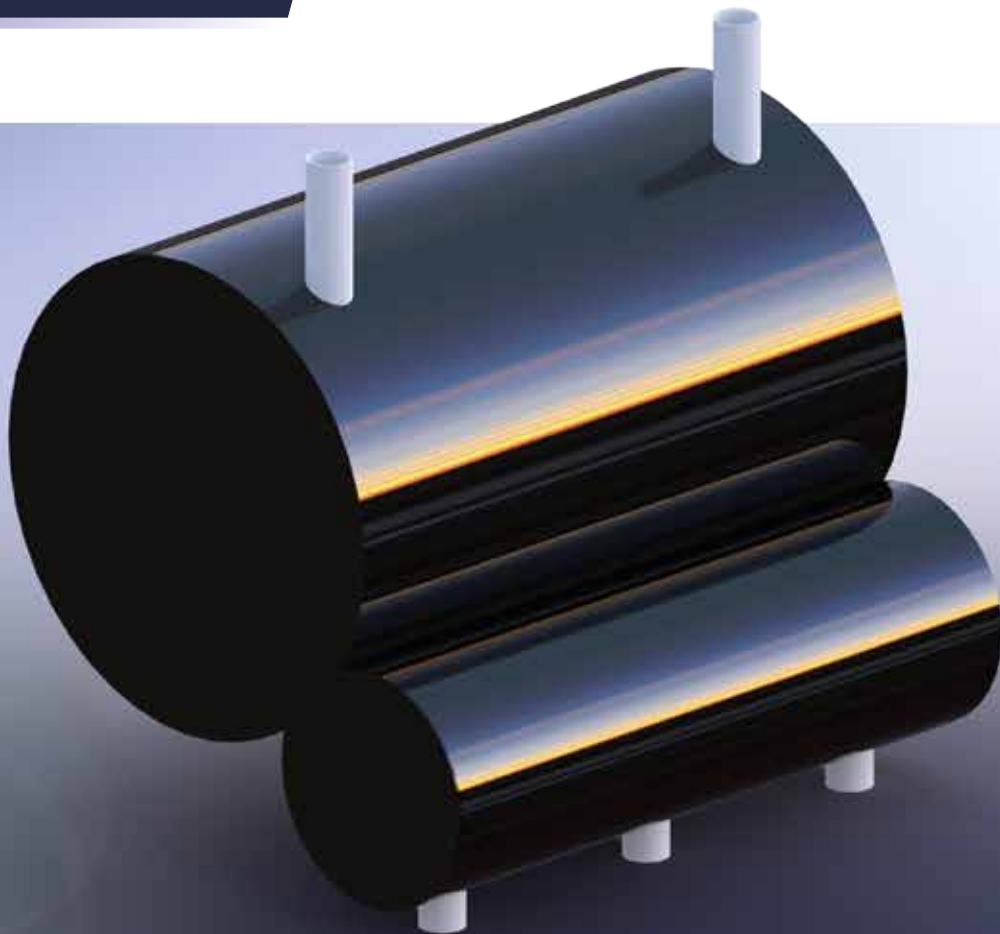
### 总结

迁移到7nm工艺节点的过程中存在了各种风险与回报，从而给IC设计团队提出了艰巨的挑战。设计人员必须彻底改变实现和验证方法，通过创新的分析方法解决多物理场问题。打破电源噪声、时序、热和可靠性问题之间的壁垒，是唯一一种不会造成过度设计的可行方法。设计团队必须重新思考和建立设计过程，以完成势在必行的工艺迁移。▲



ANSYS SeaScape — 大数据方法  
助力实现复杂芯片设计  
[ansys.com/seascape-big-data](https://ansys.com/seascape-big-data)





## ANSYS SpaceClaim 烹饪美味佳肴

作者：**Travis Jacobs**, Jacobs Analytics总裁，美国丹佛

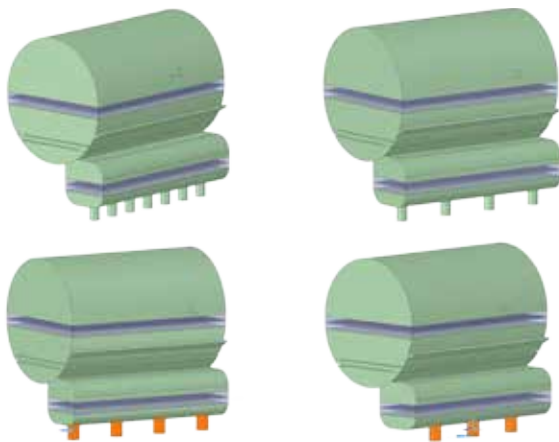
Jacobs Analytics开始设计烧烤烟熏炉时，使用传统的固体建模法需要两个星期才能创建一个用于计算流体动力学(CFD)仿真的设计迭代。但自从改用ANSYS SpaceClaim后，该公司在短短五分钟即可编辑修改设计以创建新的迭代。在创建和仿真大约500个设计方案后，设计工程公司最终确定了一款性能远高于现有烟熏炉的版本。

“ Jacobs Analytics能够利用ANSYS SpaceClaim和仿真在设计过程初期生成新的设计迭代，所需时间仅为过去的一小部分，从而大大简化了设计过程。”

在理想条件下，大多数烧烤烟熏炉都能烹饪出美味的烤肉。但当风力比较大时，烟气会被吸出，造成炉内温度急剧变化，要么太高，要么太低。结果是肉食被过分加热或加热不足。Jacobs Analytics是一家设计工程初创公司，其总裁兼工程师Travis Jacobs负责掌控全局。

作为一名烤肉爱好者，Jacobs突发灵感，他想要使用CFD设计一款能够在各种天气条件下烹饪完美肉食的烟熏炉。当项目开始时，他使用广受欢迎的参数化固体建模软件来定义每个设计迭代的几何模型。这个工作相当耗时，因为他需要解决模型中的特性相关性，在转换分析用的中间文件格式时修复人为缺陷，并创建每个设计迭代的流体体积。

他受到启发，可以使用ANSYS SpaceClaim修改ANSYS CFD的流体体积，因此加入了ANSYS初创公司计划。作为一家小公司，Jacobs Analytics没有足够的资金制作很多物理原型；通过SpaceClaim进行数字探索可创建许多全新的设计迭代，以便在原型阶段之前就提早确定最佳设计方案。相比于使用传统的固体建模器，利用SpaceClaim修改流体或固体几何模型的速度要快得多，因为它可对任何特性进行编辑，无需应对参数化固体模型中复杂的相关性网络。通过CFD结果指导数字探索过程，Jacobs迭代出了最佳设计方案，其无论在何种天气条件下都能保持较高的烟气量和均匀的内部温度。



▲ Jacobs Analytics通过数字方式探索众多设计方案，然后确定最佳配置。图中只显示了一部分设计的入口数量和形状。

### 现有烟熏炉的局限性

典型的烧烤烟熏炉由一个4英尺长、直径为2英尺的圆筒构成，底部有一个可拆卸的盘子用来装入木头或木炭。烧烤架在炉中垂直分布，用来在熏烤过程中挂住肉食。空气从底部通风口进入，从烟熏炉顶部附近的出口排出。这样的设计在无风的天气下效果不错，但在强风天气里，有过多空气从入口

进入，在烟熏炉内形成旋流，带走烟气并导致剧烈的温度变化。有些敬业的厨师会在烟熏炉外面做一个罩子，但这种方法成本高，而且占用不少空间。

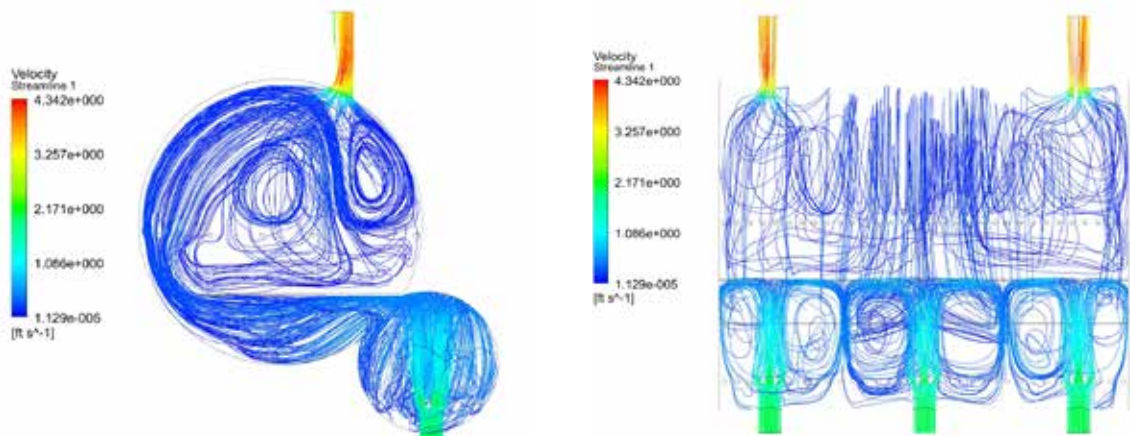
Jacobs想在入口和出口处增加流量限制器，从而在任何天气情况下都能保持内部流态。此外，该公司还计划在烟熏盒内增加隔热的双层壁面，以保持内部温度。为了在合理的时间内研发出如此复杂的设计，工程师需要利用仿真技术来探索多种不同设计迭代。

### 改善设计过程

过去，Jacobs将设计创建为固体模型，并用中间文件格式导出几何模型以开展CFD仿真。编辑固体几何模型的过程有些缓慢，因为有些几何模型最初不是作为参数变量进行配置的，只能通过更改父几何模型来间接修改。在从CAD到中间文件格式的转换过程中，由于精度局限性经常导致产生很多小碎片，因此工程师必须在CFD前处理器中手动合并或移除它们。这个过程耗时约两周，而且每个设计迭代都要重复该过程。



ANSYS SpaceClaim: 立即试用  
[ansys.com/tryspaceclaim](https://ansys.com/tryspaceclaim)

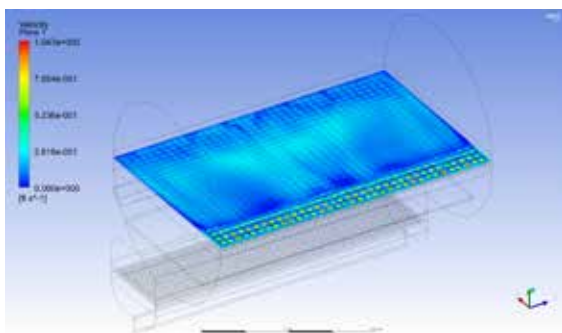


▲ 底部三个入口、顶部两个出口的烟熏炉设计迭代的CFD流体流线侧视图（左）和前视图（右）

通过在ANSYS SpaceClaim中（而不是在参数化建模器中）编辑设计几何模型，Jacobs缩短了创建新设计迭代所需的时间。SpaceClaim可利用直接建模技术来创建和修改设计中的任何单元。特性识别取代了约束网络，它可以非常智能地确定用户想编辑哪个实体。例如，工程师可选择管子的末端，将管件拉长或缩短。SpaceClaim还能生成本地格式的几何模型，以用

### 仿真引导设计改善

在创建每个设计迭代后，Jacobs利用ANSYS Meshing在烟熏炉模型周围创建一个具有膨胀层的四面体网格，该网格包含了大概3000万个节点。由于在更大设计空间内仿真烟熏炉，因此工程师可以在周围创建空气流，从而仿真风对烟熏炉的影响。Jacobs在管道的一个面创建一个流速入口，在对立面创建一个压力出口，这样他就能评估风速变化对炉内流型的影响。他通过改变烟熏炉相对风的方向来模拟不同风向的影响。



▲ 最终的烟熏炉设计方案水平横截面上的速度分布图。最终设计在底部有一个细长的入口，在背后有一个向上30度的细长出口。

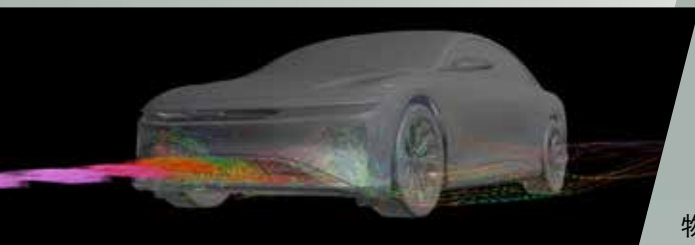
当精心优化了分析工作流程后，Jacobs Analytics专注于优化烟熏炉的几何模型，希望在任何环境风速、风向或温度条件下，都能在烟熏炉内实现恒定的垂直流速、每个水平横截面上的均匀流速以及均匀的温度。Jacobs试验了不同类型的流量限制器，并在多种风力条件下进行了尝试。他只需15分钟即可仿真入口和流量限制器，而运行完整模型需要六个小时，因此缩短了评估流量限制器所需的时间。然后，他利用完整模型仿真最佳流量限制器设计。通过ANSYS初创公司计划，Jacobs Analytics能够利用ANSYS SpaceClaim和仿真在设计过程初期生成新的设计迭代，所需时间仅为过去的一小部分，从而大大简化了设计过程。这样创建出的设计，无论环境天气条件如何，都能提供最佳的烹饪性能。该公司目前正在测试新设计，并准备将其推向市场。▲

于仿真，从而避免转换错误。这帮助Jacobs将创建新设计迭代所需的时间缩短至两天。

经过十几次迭代后，工程师决定直接在SpaceClaim中编辑流体几何模型，这样无需在第一次设计迭代后处理固体几何模型，从而进一步改善设计过程。这个流程改变再次将创建新设计迭代所需的时间缩短到大约五分钟。



# 车辆 电气化



▲ ANSYS Fluent可用于优化车辆空气动力学

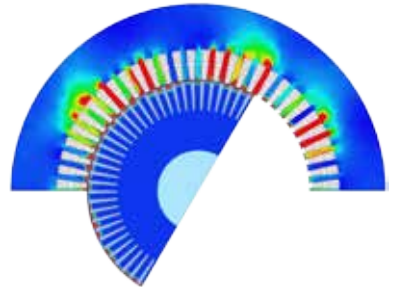
Lucid的新款豪华电动车(EV)旨在与高端电动车市场中的领先者展开竞争。Lucid工程师广泛使用ANSYS多物理场仿真软件，在考虑多种性能因素的情况下制作数字原型，从而改善大部分车辆子系统的运行。使用综合工程仿真平台至关重要，其有利于促进设计团队

在不同工程专业学科间开展协作，从而在汽车和工程团队两方面实现显著的绩效提升。

作者：Alberto Bassanese，  
Lucid Motors多物理场与优化经理，  
美国门洛帕克

# 在

两三年内从头开始研发出一款新型高端电动车，Lucid Motors面临着巨大的技术挑战、复杂的监管环境以及早一百年进入市场的竞争对手。但是作为一个新进者，Lucid拥有一些关键优势，其能够不受传统方法的约束，充分利用



▲ ANSYS Maxwell磁心损耗被映射到ANSYS Fluent中，以改善电机设计。

一流的实践方法。该公司开创了一种独特的方法，让参与到电动车设计的每个专业学科团队，包括电磁、热、结构、空气动力学等，都在一间房间里工作，从而在设计流程一开始就鼓励协作。通过为大部分工程团队成员提供通用仿真平台，Lucid能够促进团队

协作，加快工程流程：在ANSYS Workbench环境中集成的ANSYS多物理场仿真软件，可实现车辆各个子系统的同步优化。这种方法让Lucid能够应对客户需求，解决工程问题，优化子系统与组件，满足监管要求，并将世界一流的汽车投放市场，而所用时间仅为传统工程方法的几分之一，因为传统工程方法中工程师使用不同的仿真工具在互不相干的不同专业学科里工作。

“ANSYS多物理场仿真帮助Lucid应对客户需求，解决工程问题，优化子系统与组件，满足监管要求，并将世界一流的汽车投放市场。”

## 减少阻力

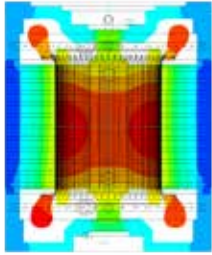
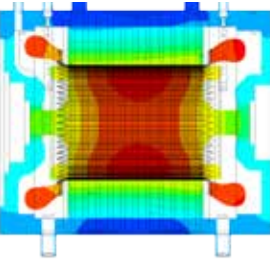
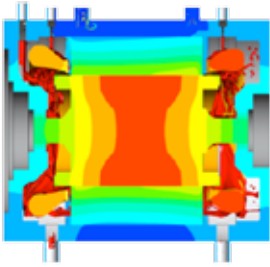
Lucid空气动力学工程师使用包含ANSYS伴随求解器的ANSYS Fluent（ANSYS仿真平台中重要的计算流体动力学(CFD)软件），研发车体和新的进气口和管道系统，以最大限度降低阻力系数。工程师充分利用ANSYS DesignXplorer（作为ANSYS综合平台组成部分的高级参数化分析工具），以帮助CFD软件仿真多种类型的车辆形状，从而确定空气动力学性能。这些仿真能够通过响应面、敏感性图、帕累托图和权衡图详细说明多种形状参数对阻力的具体影响。根据这些信息，汽车造型设计人员和空气动力学设计人员就能找到既满足造型方案和其他约束条件，又具有最小阻力的车辆外形。



▲ ANSYS Fluent流体油冷多相体积瞬态仿真

## 优化发动机

Lucid团队使用ANSYS Maxwell（ANSYS平台内嵌的电磁场仿真软件）设计和分析电机、致动器、传感器、变压器和其他电磁与机电设备。Maxwell能确定电机中的电磁损耗，同时通过ANSYS Workbench（ANSYS仿真平台的主机环境和数据交换主干网）



▲ ANSYS Fluent共轭热传递仿真等温图

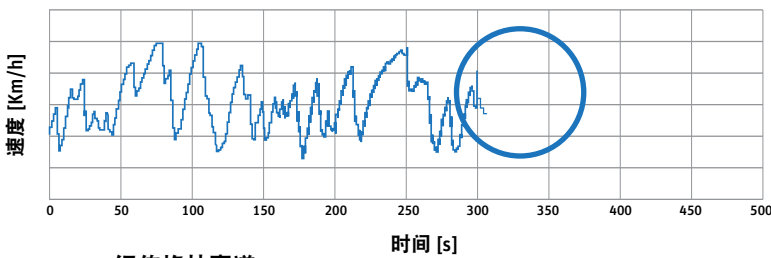
把这些损耗集成到ANSYS Fluent仿真中，用于确定整个电机上的温度。电机采用两个单独的冷却系统。第一个是电机壳上的水套。第二个系统将传动油注入最热的区域，即端绕组和转子。工程师使用两个耦合模型，一个油模型和一个水模型，来仿真这两个冷却系统。工程师使用流体体积模型开展多相瞬态仿真，在油模型中求解被油冷却的区域。该模型求解出被油浸润的表面的热传递系数和局部油温。工程师使用ANSYS Fluent中的水模型为水冷却系统建模，并且使用稳态共轭热传递预测电机固体组件的温度。

然后将水模型预测得到的温度与油模型结合使用，并再次运行仿真。得到的热传递值被映射给水模型。这一迭代过程持续进行，直到两个模型收敛为相同的温度。在模型完成收敛后，ANSYS Workbench使工程师能够方便地将固体对象的温度集成到ANSYS Mechanical结构模型，以计算热应力并开展疲劳度分析，从而确保电机能够实现预期的使用寿命。使用仿真后，Lucid工程师将电机的功率密度和能效提高了12%。温度预测值与物理测量的匹配度在3%的误差范围内。

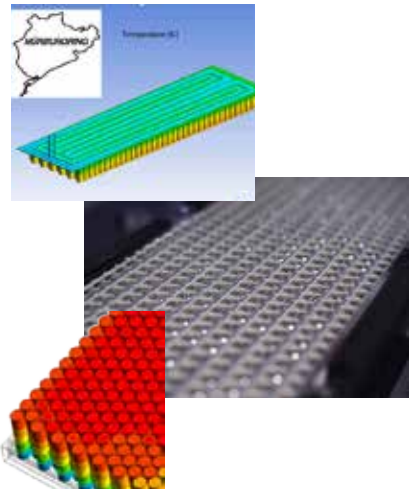
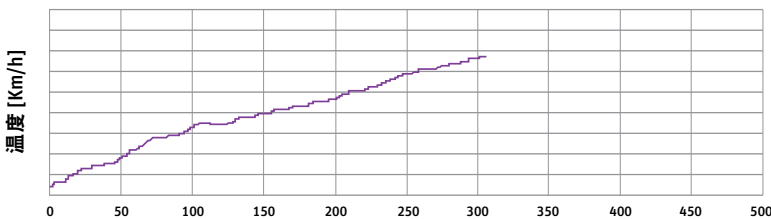
电机设计的另一个重要方面是创建转子磁通图，该图被嵌入到控制算法中，能够最大限度减少转子在不同工作条件下的损耗。工程师使用ANSYS Maxwell和ANSYS Electric Machine设计工具套件计算电机的扭矩速度曲线、效率图和其他性能曲线。他们修改了频率、滑动条件和输入电流等参数，以计算转子磁通图，并将其作为查找表嵌入到控制算法中。磁通被转换为车辆运行过程中的脉宽调制（PWM）电压。相比于常规方法是通过在功率计上的实验生成转子磁通图，这一方法可将功率计的校准时间缩短80%。

### 冷却逆变器

逆变器将低压直流逆变为高压交流，从而为车辆供电；这样会产生大量的热量，需要散热才能避免超出逆变器的结温，保护其免受损坏。工程师为逆变器创建了完全



纽伯格林赛道



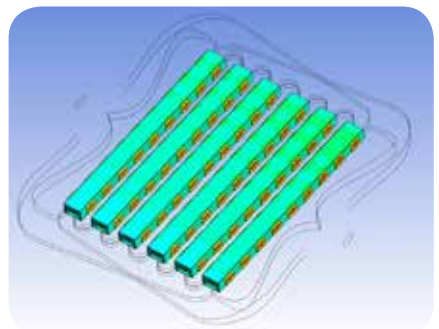
▲ 工程师使用ANSYS Fluent和ANSYS SImplorer为纽伯格林赛道大奖赛行驶一圈的电池瞬态热性能建模。





“ 仿真让Lucid工程师能够  
将电机的功率密度和能效提高12%。 ”

参数化的模型，并使用modeFRONTIER（可连接到灵活的ANSYS平台的第三方优化软件）优化关键设计参数，例如翅片拓扑、在逆变器壳体内输送水的通道的横截面。然后他们使用ANSYS伴随求解器，通过网格变形功能来优化与上下游管道连接的歧管的形状。这一优化过程不仅使峰值温度降低18摄氏度，而且还让不同功率晶体管之间的温度差保持在4摄氏度以内。与此同时，冷却系统内的压降减少了三分之一，逆变器外壳的体积和重量降低了15%。



▲ ANSYS CFD显示不同IGBT之间的逆变器温度呈均匀分布。

### 延长电池使用寿命

此外，Lucid工程师还使用ANSYS Mechanical（ANSYS仿真平台中的结构力学求解器）为电池组创建电气和热模型，同时用ANSYS Fluent（耦合在ANSYS Workbench内部）仿真电池充放电过程中的电极失效。通过在不同驾驶循环中了解可能出现电极失效的潜在状况，工程师显著延长了电池的使用寿命。仿真结果被浓缩为降阶模型，可用于仿真各种驾驶循环（例如在纽伯格林赛道上行驶一圈）中的电池性能。

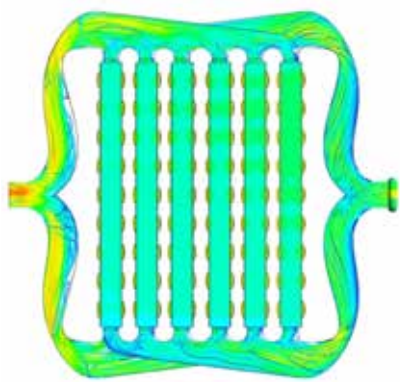


ANSYS技术为Lucid Motors助添蓬勃动力  
[ansys.com/lucid](https://www.ansys.com/lucid)



▲ 利用造型电池组实现更宽敞的内部结构。

“ Lucid在设计周期中广泛开展仿真，  
加上他们对前期仿真的专注，  
为该公司奠定了成功基础。”



▲ 使用ANSYS CFD仿真逆变器冷却系统

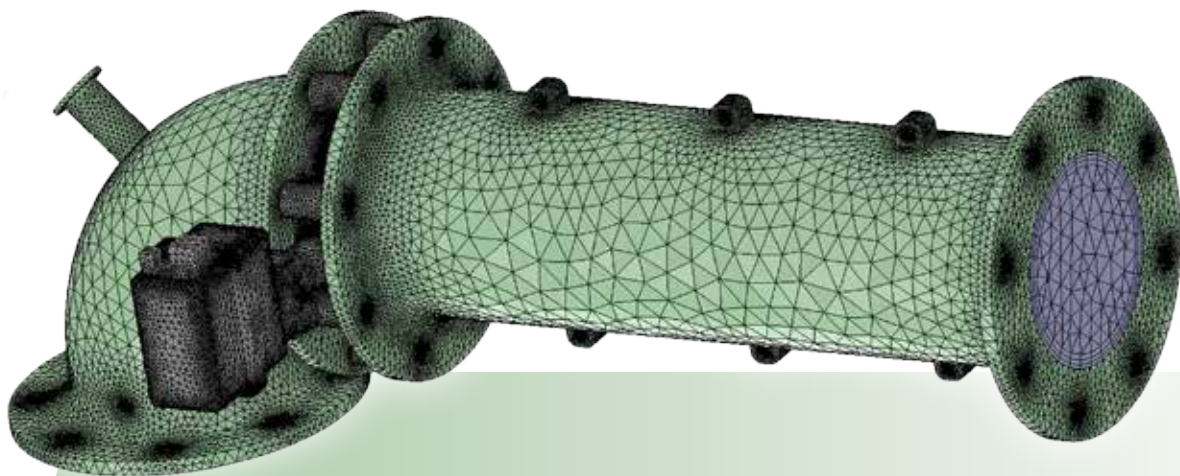
仿真让工程师能够改善车辆的关键属性。例如传统方法是将电池堆叠放置在汽车下方的扁平面板里。这样可以提高扭转刚度，降低重心，但是会影响放脚空间。Lucid工程师使用仿真缩小了前逆变器-电机和暖通空调(HVAC)装置的尺寸，从而释放出空间，以增加该区域的电池组高度。这样就能对电池组设计造型，将其降低至乘客舱下方，从而为乘客舱内部腾出更多放脚空间，提高乘客的舒适度。

Lucid在整个设计周期中借助ANSYS通用仿真平台广泛开展仿真，加上他们专注于前期仿真，使这家公司有能力与知名电动车竞争对手一较高下。来自不同专业学科的工程师在ANSYS仿真平台中利用ANSYS工具开展数字探索，并充分考虑设计的复杂多物理场性质。我们可从该公司获得的其中一项成果中窥见一斑，新款Lucid Air的外部仅比梅赛德斯E级车略大，但这款新车的内部空间可媲美更大型的梅赛德斯S级车。Lucid正在接受Lucid Air的预定，这款车预计于2019年在亚利桑那州一家投资7亿美元新建的工厂中投产，新工厂让Lucid能够用竞争对手几分之一的时间交付一流的新汽车。▲



利用ANSYS电机设计工具套件  
进行高级电机设计  
[ansys.com/electric-machines](https://www.ansys.com/electric-machines)

# ANSYS AIM 助力数字探索



作者：**Steve Scampoli**，  
ANSYS公司  
首席产品经理

锐意创新的公司不断在寻求新的方法，以改善产品设计并降低产品研发成本。由于大部分研发成本都

取决于设计过程早期所做的决策，因此很多公司利

用数字探索（通常被称为前期仿真）来降低成本。通过用数字方式探索

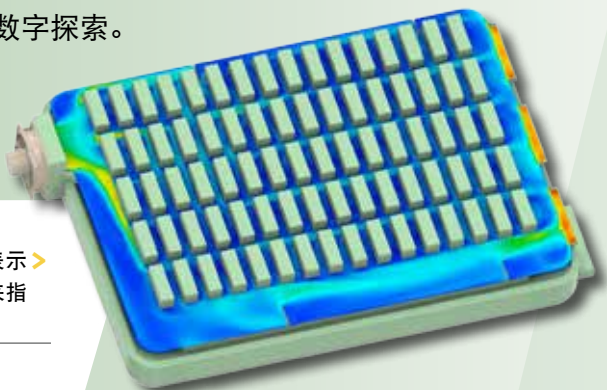
设计概念并在设计过程早期测试关键的设计选择，前期仿真能够为制定

明智决策提供所需指导，减少对物理原型的需求，并避免不切实际的设计

概念。ANSYS AIM在统一仿真工具中结合了无与伦比的易用性、精确

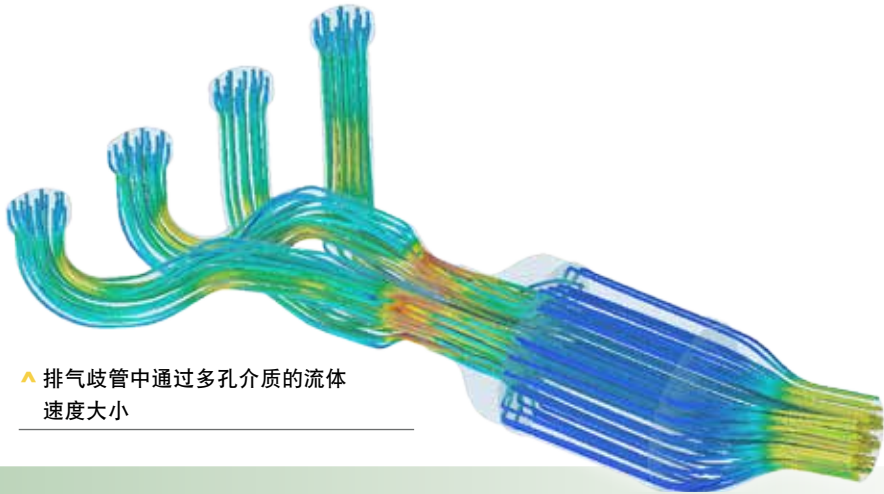
仿真结果和设计优化，能方便地执行数字探索。

汽车保险丝盒的速度大小，其中由表示 >  
风扇性能曲线的依赖于解的表达式来指  
定入口边界条件





“**ANSYS AIM**在统一仿真工具中结合了无与伦比的易用性、精确仿真结果和设计**优化**，能方便地执行数字**探索**。”



▲ 排气歧管中通过多孔介质的流体速度大小

### 用于产品设计的前期仿真

ANSYS AIM集成了久经验证的ANSYS技术。几何建模（基于ANSYS SpaceClaim功能）使用户能够快速创建新的概念模型或编辑现有设计。通过采用ANSYS的世界领先求解器技术，AIM可为设计工程师提供值得信赖的结果，无论仿真中包含了流体、热、结构和/或电磁等效应。根据产品情况，工程师经常有必要考虑设计的流动和热性能、结构完整性和/或电磁性能。得益于AIM的统一用户界面，所有类型的仿真都是一致的工作流程和用户体验，这使得AIM容易学习和

记住，这样设计工程师就能快速满足任何仿真挑战。

ANSYS正在继续扩展ANSYS AIM的功能，以覆盖更广泛的产品设计应用。后续还会推出更多用来评估产品设计物理性能的新功能，以及协作和定制方面的增强功能。

### 评估流体性能

一系列新特性使设计工程师能够快速评估流体和热性能。重要增强功能包括依赖于解的表达式和多孔介质。利用依赖于解的表达式，用户可在设计上方便定义现实边界条件。在很多应用中，流体边界条件

取决于仿真结果。例如在电子和HVAC应用中，风扇提供强制对流冷却，设计人员要定期评估风扇的送风能力和冷却效果。利用依赖于解的表达式，设计工程师可定义压力入口边界条件与出口质量流的关系，以表示制造商的风扇性能曲线。精确的风扇建模使设计团队能够确定送出的气流量以及冷却效果。依赖于解的表达式还有很多其他用途，只要流体边界条件取决于解变量即可。

此外，设计工程师现在可利用ANSYS AIM更好地了解流体通过多孔介质时的流动行为。利用多孔介质模型，用户可以指定模型多孔区域的流阻，以分析动量损失特性。很多工业应用，例如过滤



利用ANSYS AIM在统一的GUI中实现多物理场分析  
[ansys.com/AiM-gui](https://www.ansys.com/AiM-gui)



▲ 汽车轮缘连续螺栓预张力仿真得出的等效应力  
图片由SVS FEM提供。

器流体、填充层或多孔板，都需要包含多孔介质中的流动，以准确分析设计的流体性能。

AIM中这些新的流体特性可以准确评估关键设计参数，例如流体速度和压降，从而有助于快速评估设计变更并确定最佳设计。

### 评估结构完整性

除了流体增强功能，ANSYS AIM中的新特性还包括螺栓连接和非线性接触功能，使设计工程师能够快速评估产品设计的结构完整性。螺栓连接在结构和机械设计中很常见，可用于钢铁建筑、汽车和工业设备。为了准确预测螺栓连接和连接组件的结构完整性，工程师需要精确仿真螺栓拧紧顺序、产生的接触压力和部件之间的摩擦应力。AIM的螺栓预张力功能允许指定螺栓预载荷，以便仿真螺栓夹紧

力。工程师可将缩短的螺栓握固长度（即螺母支承面与螺栓头之间的区域）保持不变，以确定螺栓连接对附加结构载荷的响应。预张力螺栓、非线性接触以及众多其他新特性使用户能够在设计过程早期快速评估结构性能，减少构建高成本物理原型的需求。

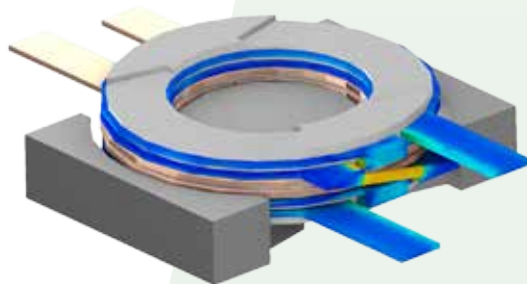
### 评估电磁性能

ANSYS近期为ANSYS AIM推出了一系列用于评估电磁性能的最新增强功能。能量转化行业对能效有很高要求。企业需要设计出使用更少钢铁、铜和永磁体的电磁器件，以降低制造成本。设计工程师必须考虑增加功率密度，并了解电磁感应的热损耗，同时进行权衡。AIM中的新功能包括：仿真磁频率响应和单向磁-热耦合。凭借这些功能，用户可以确定感应的涡电流/位移电流以及功率转换组件（例如变压器、转换器、绝缘栅双极晶体管(IGBT)和母线）相关的感应热量。自动自适应磁学求解能确保精度并支持用户专注于设计，因为无需通过手动迭代来改善网格密度。AIM的向导式工作流程和自动自适应解决方案使那些不是电磁仿真专

家的用户也能轻松快速评估设计的磁学和热性能。

### 实现工程协作

创新公司需要将前期仿真作为产品研发过程的一部分。必须在产品研发早期阶段整合仿真指南，此时的设计变更成本较低，并且还能让仿真专家专注于执行需要高级物理知识的产品验证分析。在这些公司，设计工程师经常需要将模型发送给仿真分析师，以进行最后的产品验证仿真或者只是确认前期结果。AIM包含的增强功能有利于工程协作，其能够通过ANSYS Workbench项目原理图连接功能将

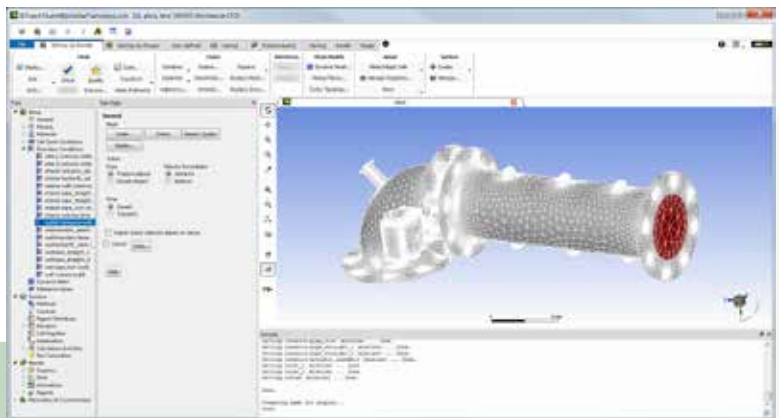
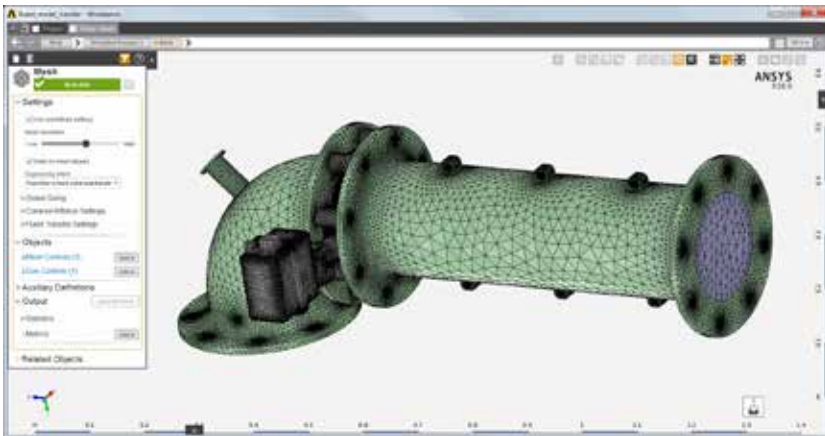


▲ 平面变压器的磁学频率响应仿真得到的电流密度，包括与温度相关的材料属性

仿真模型数据从AIM传输到ANSYS Mechanical或ANSYS Fluent。AIM与ANSYS旗舰求解器产品之间的可靠数据传输功能，允许设计人员快



ANSYS AIM: 立即试用  
[ansys.com/tryAIM](https://www.ansys.com/tryAIM)



速准确地将模型数据传输给分析人员，从而加强工程协作并简化产品研发过程。

▲ 在ANSYS AIM中设置的蝶阀模型的网格和选择集，以及传输到ANSYS Fluent后的情况

### 定制仿真工作流程

在很多公司，仿真方法小组制定了标准仿真过程，再将其部署到其他设计团队中。AIM的定制化功能使方法小组能够根据组织机构的特定仿真过程和工程最佳实践来研发定制应用。自初始版本以来，AIM还包含了很多定制化增强功能，包括多步式定制应用和上下文应用，可用来进一步实现仿真过程自动化。定制化增强功能使方法小组能够为设计工程

师提供专业仿真指导，帮他们在设计过程初期充分发挥仿真技术的优势。

### 前期仿真成为惯例

ANSYS AIM的新特性和增强功能使仿真能够广泛用于各个行业领域，例如阀门和流动控制装置的流体、热和结构性能；结构件的风和流体载荷；热交换器、发动机组件和电子设备中的温度和

应力；变压器、转换器、IGBT和母线的电磁和热性能。这些实例只是一小部分，还有很多应用领域可通过前期仿真来确定产品设计在实际环境中的性能表现。ANSYS AIM的卓越易用性结合行业领先的求解器技术，使设计工程师能够在众多行业领域频繁利用前期仿真的优势——让数字探索成为产品研发过程中的例行步骤。▲



预测下一次工程仿真革命  
[ansys.com/revolution](https://ansys.com/revolution)



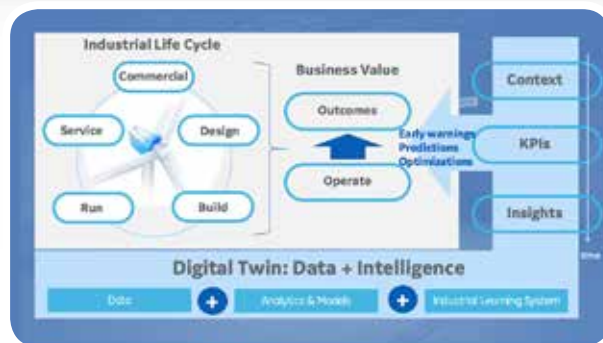
# 实现 数字孪生体

随着企业竞相利用快速演变的最新技术，工业物联网时代已然来临。数字孪生体是这个行业中的最新概念，其可将工业资产设备的数字和运行数据与软件平台、仿真和分析技术相结合，从而有助于了解现在和未来的运行情况。这不仅可改善输出，降低成本，加速创新，而且最终还能实现一款价值远远超过产品的解决方案：这正是行业所需的结果。

作者：**Marc-Thomas Schmidt**，GE数字部门  
Predix首席架构师，  
美国圣拉蒙市

物联网(IoT)已经不再局限于只涉及交互和协作的消费类领域。通用电气(GE)等行业巨擘将这种连接性延伸到了运行的机器上。由此而来的工业物联网(IIoT)使商业组织机

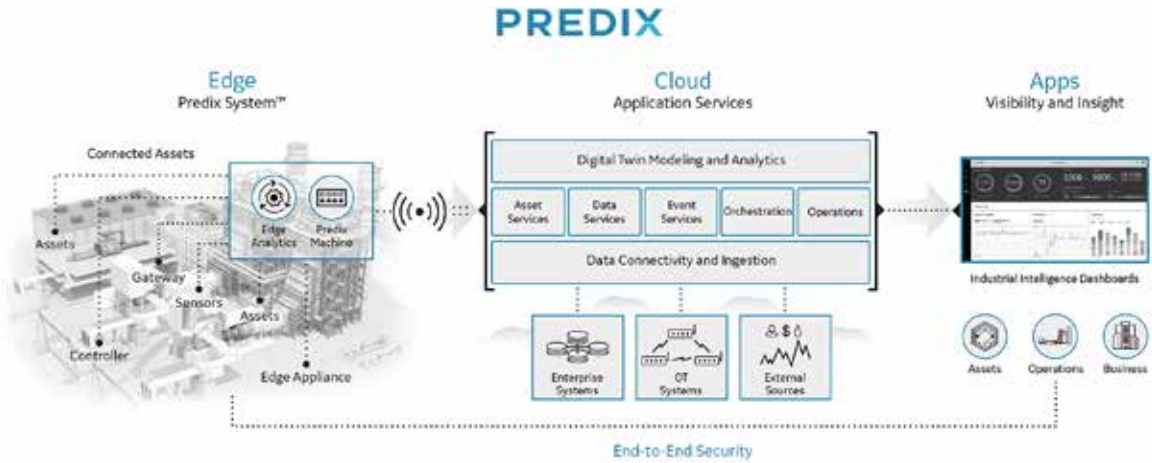
构能够研究复杂的大型机器（如风力涡轮机和燃气轮机、喷气式发动机、机车），以改善性能，减少停机时间，并加速新产品研发。但是事实并不止于此。如今，凭借传感器成本模型、互联网连接以及仿真和分析技术，高度复杂的资本密集型机械与运行设备的几乎每个部件都能实现互联。



## 数据和工业互联网

事实上，IIoT最适合用来确定或指导行动操作：例如，命令风力涡轮机倾斜转子，以达到最佳的迎风效果。首先，从资产设备中收集的传感器数据会被添加到所有其他可用的数字信息中。控制面板将该信息与设备的实时和预期性能数据相结

▲ 数字孪生体工业生命周期



▲ Predix工业物联网架构

合，以生成描述性的分析内容，数字孪生体可从这些内容中预测潜在故障并安排维护计划。最后一步是优化工作，这需要考虑单个资产设备的所有配置以及资产的系统，从而得出多种解决方案。这样做的目的是围绕特定资产设备优化极为复杂的生态系统。各种用于描述工业资产设备的结构、环境和行为的丰富模型被称为数字孪生体。

性能提高的代价是：IIoT需要管理海量数据，通过大数据分析和深度学习来提取信息并获得可付诸行动的洞察力。出于安全考虑，同时也是为了控制数据量，有些数据需要在“使用端”本地存储和处理。其他数据功能则在云端进行。这种使用端到云端的混合方案有助于管理数据量，允许针对不同目标采取最佳计算方法，同时保持运行安全性和保护公司的宝贵知识产权(IP)。

“GE Digital在数字孪生体用例中使用ANSYS仿真，这样两大企业可立即从合作中受益。”

### 数字孪生体入门指南

数字孪生体首先要有一个描述资产设备的基本模型。例如，风力涡轮机模型中包含：具有材料和组件细节的PLM系统信息、3D几何模型、可根据物理算法预测行为的仿真模型、或者利用机器学习技术进行分析所得到的建议操作。此外，该模型还包含维护服务日志、缺陷和解决方案详情，能够捕获资产的整个生命周期。

最初，数字孪生体代表一类资产，本例中是x类型的风力涡轮机。这个通用的数字孪生体必须针对特定农场的具体风力涡轮机进行定制。考虑这台机器已经运行了五年，需要承受这个特定位置的天气状况，而且与其他50台涡轮机一起运行。因此，必须对整个风电场进行建模。每台涡轮机大体相似，但不同之处在于所处位置和条件（风向、维护记录、尾流效应）。最后，数字孪生体的丰富数字表示功能还包含涡轮机过去和现在基于时刻的各种条件。在这个实例中，这台风力涡轮机的未来已在数字孪生体中进行了编码。

数字孪生体可提供关于资产现在的准确运行状况。找出未得到充分利用的设备能带来巨大商业价值，因此分析数字孪生体信息可实现最佳使用率。例如，GE Power利用数字孪生体将风电场的输出提高5%，而且没有进行较大的改变。该团队根据不断变化的



风力条件来优化涡轮机，并在现场协调不同数字孪生体的相互作用。有个现象似乎违背常理：在特定情境下，关闭部分涡轮机比所有涡轮机都运行具有更高的输出。通过深入预测潜在问题，操作人员可制定维护计划，尽可能减少服务中断。当资产系统的信息完成编码后，团队就可获取这些知识信息并将其转化为实现目标的行动。

一开始就构建数字孪生体模型非常关键，这有助于创建一系列丰富的应用程序，从而生成与资产设备相关的结果——但这并非像一些人想的那样，只是研发一个方便设备操作人员制定决策的控制面板。功能齐全的数字孪生体更容易在后期研发和部署应用程序。模型中的物理、分析和仿真信息为机器学习铺平了道路；许多数字孪生体连接在一起能够产生切实可行的海量工业信息。

### 支持工业互联网的平台

最新的IIoT挑战在于如何让这些复杂的技术更易于使用，这样最终用户（制造人员和工程师，但不是程序员）能够解决业务问题。

为此，GE研发了Predix®平台，其可连接工业设备，分析数据，并提供实时洞察力。Predix囊括了多种微服务，有助于构建、部署和管理工业互联网应用。客户纷纷向GE Digital咨询业务问题，例如提高风电场的输出，或者将燃气轮机优化作为可变功率的基础设施。在几周之内，这些企业组装了一套用来解决问题的初始解决方案。

同时GE还利用Predix平台从内部优化自己的生产过程，并为客户构建更高效的解决方案。

### 仿真和数字孪生体

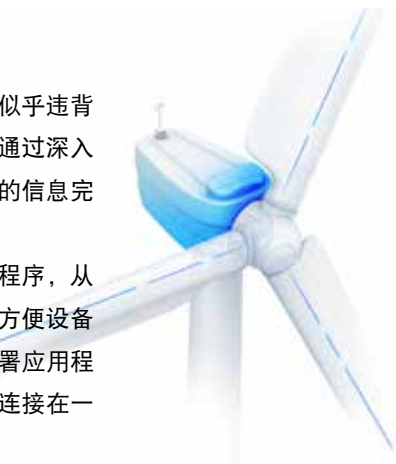
几十年来，GE收集了关于许多资产设备（例如喷气式发动机）的数据。这些数据与统计模型相结合，能够预测可能发生的问题及发生时间——但无法确定发生的原因和方式。加入物理仿真是获取这类附加信息的最后一步。GE的Predix可在工业环境中将数据与仿真叠加，并将其作为通用数据模型操作。仿真可在现场运行或在云端大规模运行——将模型推向使用端，然后再将它们产生的信息带回云端。为实现全面集成，需要连接客户的PLM系统，链接CAD数据以及企业系统中记录的其他有价值的信息。以通用模型为中心并囊括很多信息源的数字孪生体能够不断丰富知识。

GE Digital在数字孪生体用例中使用ANSYS仿真，这样两大企业可立即从合作中受益。ANSYS软件的最大价值是能够将仿真的不同方面结合在一起，有助于设计人员彻底思考他们的设计。由于仿真模型展示了资产设备如何工作，因此数字孪生体能够精确显示操作中何时有错误。数字孪生体从设计工作室获取仿真结果并馈送到现实中，以提供关于一个或很多资产设备的即时反馈。该技术不久将支持在现场优化单个资产设备；而且还有望在资产设备的整个生命周期内进行部署。

### 展望未来

数字孪生体几乎能应用到每个行业：运输、能源、制造、航空等。各企业通过将数据、仿真、平台、云功能和机器学习结合在一起，已经节省了数百万美元的成本。未来，随着数字孪生体概念变得更加普及，可想而知企业能获得的优势将巨大无比。▲

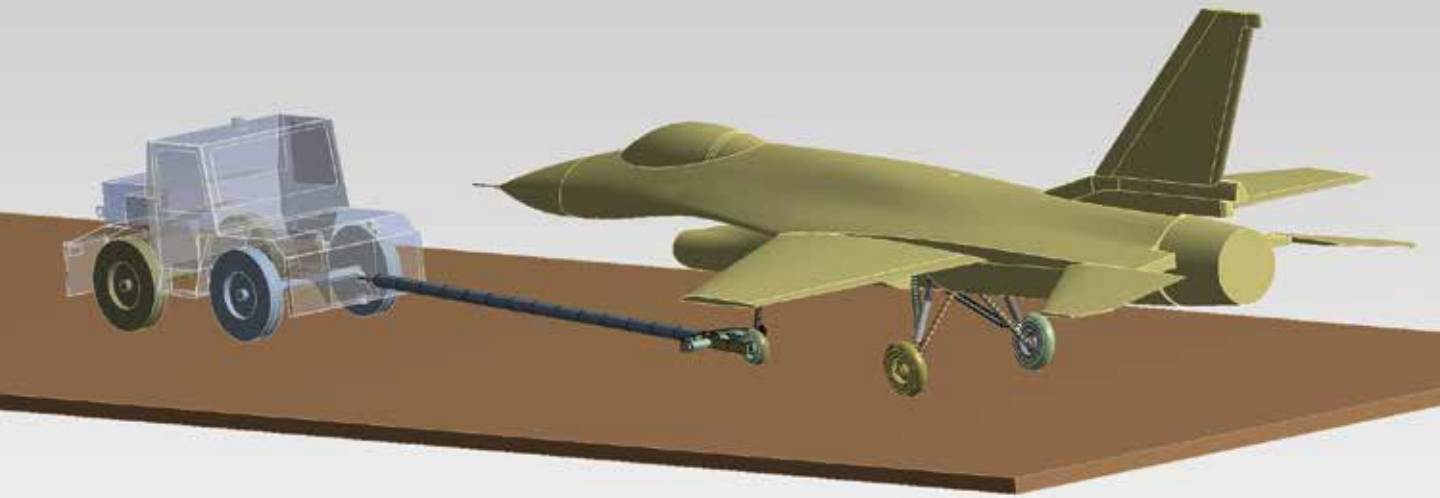
“数字孪生体几乎适用于每个行业。”



ANSYS和GE携手开展  
数字孪生体工作

[ansys.com/ge-digital-twins](https://ansys.com/ge-digital-twins)





# 安全 刹车

在美国空军基地中，当牵引车运输喷气式飞机时突然停止就有可能使飞机受损。空军工程团队采用ANSYS Mechanical找到了问题根源，并通过设计一种简单解决方案就解决了这个价值数百万美元的难题。

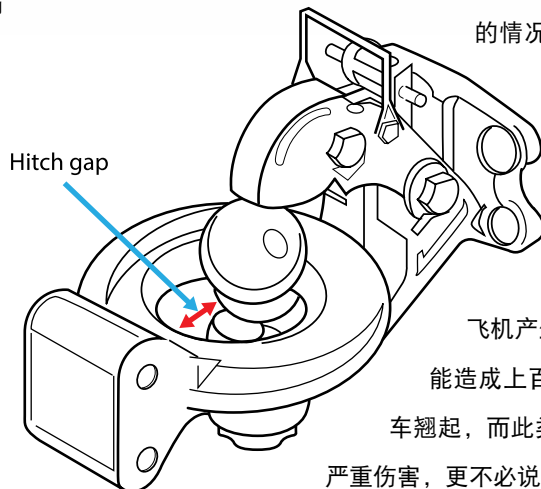
作者：**Andrew Clark**与  
**Jared Butterfield**，  
美国空军希尔基地  
首席结构分析工程师

由于支付能力是美国国防部所面临的关键限制之一，而且面向可持续发展计划的工程（旨在优化资产设备的可用性和控制成本）的重要性日益增加，因此工程仿真的作用也在与日俱增。美国空军(USAF)所面临

的情况同样如此。在喷气式战斗机起飞执行任务之前，需要由牵引车将其从维修棚拖曳到飞机库或者从飞机库拖曳到飞机滑行等等。如果牵引车突然停止，超过设计限值的牵引杆连接器所形成的冲击负载会导致USAF的轻型喷气式

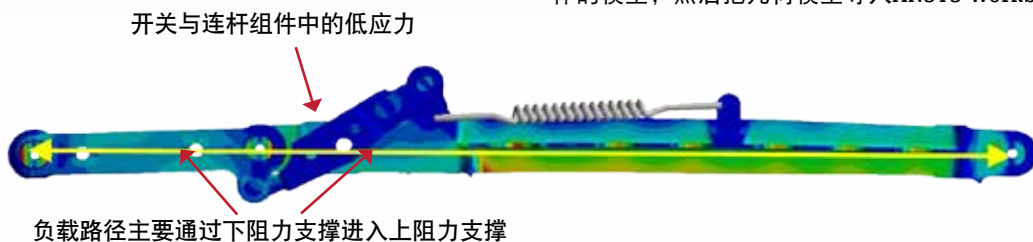
飞机产生机械损伤。据估计，此类单点失效有可能造成上百万美元的损失。飞机有时候会造成牵引

车翘起，而此类事故有可能导致牵引车司机死亡或造成严重伤害，更不必说导致飞机受损和停飞了。工程师对此感到



# “为了仿真上述因素的各种组合， 工程师进行了15项单独的瞬态 动力学分析”

迷惑不解，因为阻力支撑装配体（在此类事故中最初失效的起落组件）的设计应当能够承受已知的牵引杆负载。在查找问题根源时无法对飞机进行物理测试，因为测试会置飞机于险境。美国空军的工程团队通过仿真一系列制动事故来确定阻力支撑装配体有可能失效的状况，以便在将来进行规避，从而最终解决了这个难题。



▲最初是上阻力支撑弯曲，导致支撑柱不稳定。

## 仿真有助于确定根本原因

美国空军的工程团队首先采用ANSYS Mechanical对阻力支撑装配体进行有限元分析(FEA)，以确定其强度是否足以承受设计规范中的牵引极限负载。工程师建立了阻力支撑装配体的模型并进行了静态结构分析，结果表明该装配体的强度甚至高于设计规范。工程师随后把实际的阻力支撑装配体放入测试夹具并根据FEA仿真施加负载。测试结果与结构仿真一致，证明了该装配体实际上超过了设计规范的要求。仿真与测试进一步明确了失效过程中事件发生的顺序。首先是上阻力支撑弯曲，导致支撑柱不稳定。然后是主负载路径变成更弱的次级负载路径，其包含了更小型的

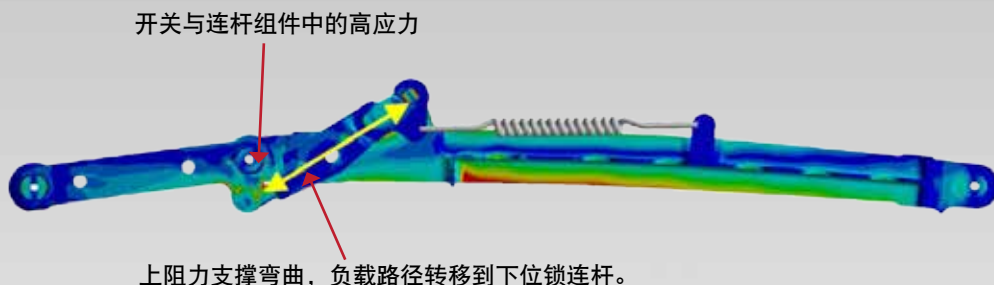
下位锁连杆组件。次级路径的负载超出下位锁连接接头的承受能力，从而造成阻力支撑装配体出现灾难性故障。

工程师随后采用ANSYS Workbench的ANSYS Mechanical刚体动力学附加模块进行了多体仿真，以量化牵引车驱动装置触发制动器时对阻力支撑装配体施加的负载大小。他们采用CAD软件建立了牵引装配体的模型，然后把几何模型导入ANSYS Workbench，

并且采用线、壳与固体单元创建了有限元模型。为了考虑刚度与惯性效应，工程师在模型中整合了相关材料特性，如：弹性模量、泊松比、集总质量、密度等。工程师针对机鼻和主起落架支柱定义了弹簧刚度和阻尼特性。这些特性作为位置及速度的函数，被用作施加在支柱上的用户自定义连接点。牵引杆通过平移接头连接到牵引车，并采用约束方程仿真了连结装置间隙（即牵引车挂钩和牵引杆环之间的距离）的不同尺寸。牵引杆连接到起落架的阻力支撑装配体，以拖动飞机；连结装置间隙是该连接中的游隙或空隙。



多体动力学：  
刚体和柔性方法  
[ansys.com/multibody](https://www.ansys.com/multibody)



▲ 阻力支撑弯曲后，主负载路径转移到下位锁连杆。

工程师根据轮胎制造商提供的信息在模型中包含了喷气式战斗机和牵引车的轮胎刚度。工程师将物理测试中获得的时程速度数据作为仿真输入，以提高负载响应的精度。速度和制动摩擦力采用了线性理想条件。

### 参数化研究

工程师认识到，在不同工况、不同速度、不同制动力情况下，不同的牵引车会产生可变的冲击负载。这些变量的一部分或全部都有可能对阻力支撑装配体的负荷产生重要影响。为了解决上述不确定性，工程师对他们怀疑有可能在一系列事故中起重要作用的变量进行了参数化处理，相关变量包括牵引车重量、速度、加速时间、停止时间和连结装置间隙。在合同规定的测试期间定义了上述因素，为了对这些因素的各种组合进行仿真，工程师开展了15项独立瞬态动力学分析。工程师将15次仿真的结果与测试数据进行了对比，以验证相关模型。

工程师得出的结论是，制动模型的形状取决于牵引车操作人员。这进而会影响到负载响应并且在不同

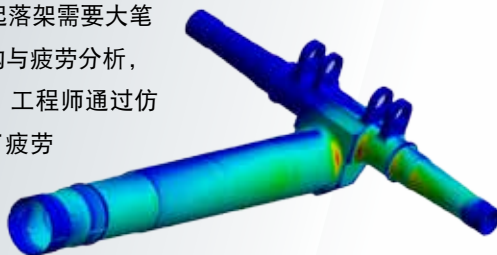
事件中产生显著变化。尽管如此，他们仍然确定：冲击事件产生的最大压缩力与连结装置间隙息息相关。连结装置间隙越大，则压缩力越大。仿真表明，连结装置间隙超过半英寸时，牵引杆和牵引车之间的碰撞会产生超出阻力支撑装配体极限负载的压缩负载。进一步的仿真迭代表明，缩小连结装置间隙可以显著降低各种分析与测试条件下的负载。此外，工程师还确定，牵引车的重量也会产生重要影响：牵引车越重，则对阻力支撑装配体产生的负载越大。

已经明确的是，控制上述间隙是把牵引负载保持在允许限制之下的简单有效解决方案。空军推荐实施限制连结装置间隙的新规程，同时限令在拖曳小型喷气式飞机时只允许采用低于指定重量的牵引车。这些新规程可以提高安全性，同时能够防止拖曳过程中损坏此类昂贵飞机的前起落架。

本文中的应用提供了一个典型例证，详细介绍了美国空军如何采用工程仿真确定性能问题的根源，以便快速、高效解决问题，从而能够节约资金和改进运营准备工作。▲

### 前起落架活塞仿真节约360万美元的成本

在另一个案例中，更换一款波音707改装机的前起落架需要大笔资金。美国空军工程师采用ANSYS Mechanical进行结构与疲劳分析，从而确定了可以延长部件使用寿命的螺纹修复新方法。工程师通过仿真确认了静态强度安全余量，通过数字疲劳分析验证了疲劳寿命。据估计，仅在实施新方法后的第一年，由于无需重新采购而节约了230万美元，同时维修费用也降低了130万美元。





# 振动发电

在工业物联网兴起的时代，尖端仿真技术可帮助这家初创公司不断挑战极限，研发全新的传感器供电方法。ReVibe致力于研发新技术，将环境能量高效转化成用来给无线设备供电的电能。

作者：**Erik Godtman Kling**，  
首席运营官；**Marcus Holm**，  
首席产品设计师；  
瑞典哥德堡  
ReVibe Energy公司



IBM、思科、爱立信和Gartner以及很多其他行业领先企业都预测，随着互连设备的数量保持指数式增长，物联网(IoT)将会继续快速扩张。对于这些互连设备而言，最大的问题是如何为它们供电。

ReVibe Energy是一家希望彻底改变IoT供电方式的高科技初创公司。该公司正在研发一种技术，有望将工业环境中普遍存在的环境振动高效转化成用来驱动无线设备的电能。ReVibe利用ANSYS软件执行前期仿真，以创建客户需要的定制产品。

随着人们对工业物联网(IIoT，也称为工业4.0)的兴趣日益浓厚，客户也越来越意识到无线传感器网络(WSN)的众多优势有助于改善过程监控。这些传感器能在广泛的行业内实现全新的业务模式。

◀ ReVibe能量采集器从环境振动中发电。



### 变革中的行业

在IIoT中，过程监控越来越多，人们对于更廉价、更小型、更高效的传感器及相关通信协议的需求也日益增加。今天，WSN中有数十个传感器，将很快扩展到成千上万个。

电源供应是IIoT面临的最紧迫挑战之一。数百万（预计不久将达到数十亿）的互连设备需要电源才能保持运行。目前，WSN通过硬连线或电池来供电，使得传感器网络的安装和维护成本非常高。电池电源可提供完全的自主性，但是电池使用寿命仍然是一大障碍。设计人员需要不断在使用寿命与传感器功能之间权衡，但往往倾向于寿命更长、但不太智能的传感器。

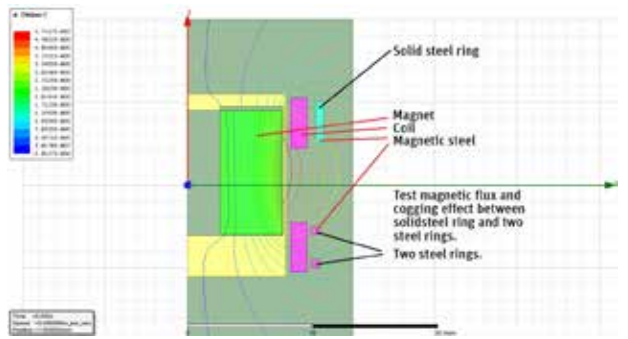
为了满足这些要求，公司需要采用非常规的电源，这样能量收集才会成为越来越可行的一个选择。传统行业中许多重视研发的大规模全球化公司都还没有意识到，通过在过程中添加智能传感器，能够帮助他们在众多方面实现IIoT和数字孪生体的潜能。这正是ReVibe Energy的切入点。该公司正在开辟新市场，凭借惊人的速度和出色的灵活性，它能够与积累了80多年丰富经验、但没能紧跟市场变化而快速创新的著名品牌一决高下。

### 众口难调

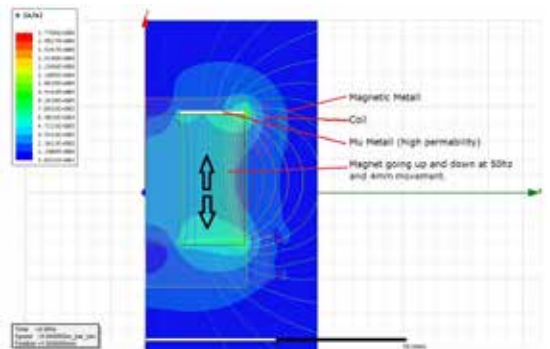
直到最近，振动能量采集器的应用还比较有限，因为它们无法产生足够的能量来为大多数无线设备供电。现在，随着通信协议越来越高效，很多电子组件的功耗要求变低，这些设备又有了新的机会。

振动能量采集器面临几个技术挑战。通常这些设备专门针对使用环境而进行调节。周围振动的频率和振幅的变化会对这些设备产生不利影响，因为它们只有在特定谐振频率下才能产生最大的能量。即使能够良好适应所处环境，这些能量采集器产生的能量也足够驱动无线应用。

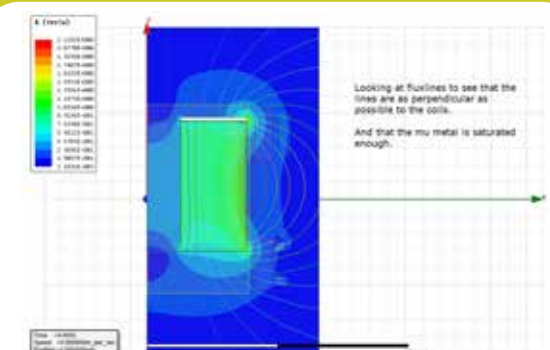
在最近的一个典型客户案例中，ReVibe Energy提出了针对轨道应用的能量采集解决方案。能量采集设备为铁轨上安装用于监测远程和离网开关的传感器供电。对于这类案例，通常是客户首先提供关于振动环境的信息以及无线应用的规范。然后，ReVibe Energy需要快速评估设计参数以及未知的产品功率输出。这需要进行非常短的迭代和测试循环。



将金属部件放在线圈的另一侧（接头）会影响磁场。这个实例中显示了两个小圆环和一个较大圆环。



磁体和线圈的ANSYS Maxwell仿真



ANSYS Maxwell使工程师能确保磁通线与线圈平行，而且高导磁合金充分饱和，从而生成最佳能量。

## 利用仿真进行产品定制

ReVibe Energy获得专利的振动能量采集技术基于电磁感应原理，将其机械弹簧系统连接到以谐振频率振荡的磁体。

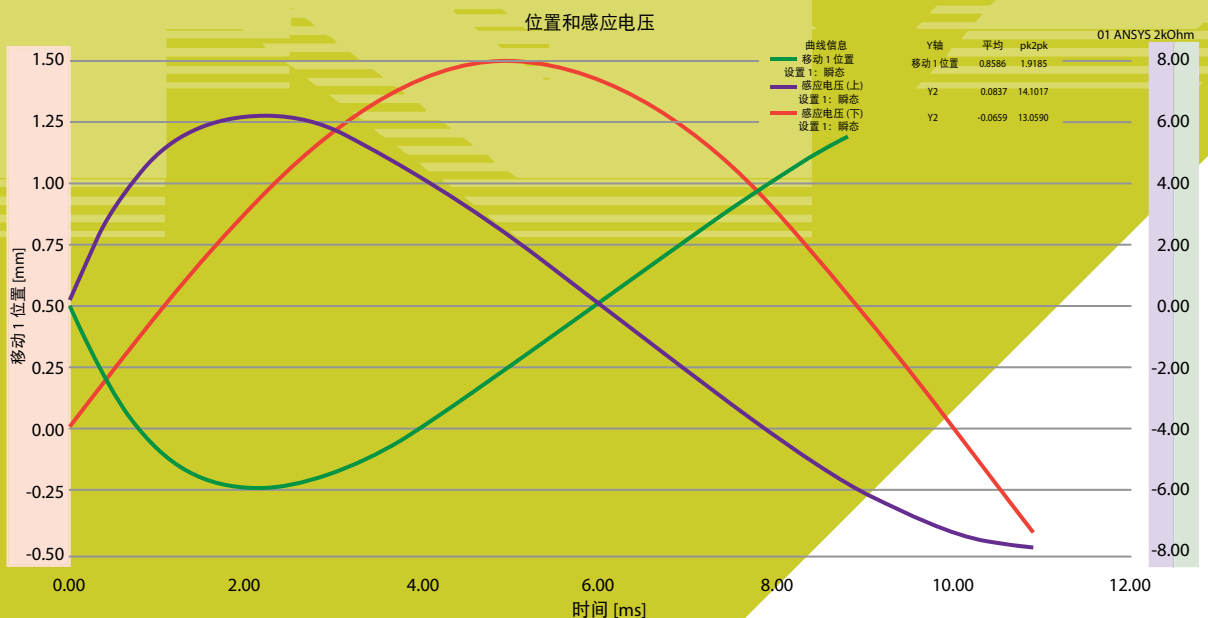
ReVibe于2015年加入ANSYS初创公司计划，使公司的工程师能够使用丰富的ANSYS仿真功能，从而快速为客户提供关于预期解决方案的信息并且缩短研发时间。在特定的振动频率和振幅条件下，他们利用ANSYS Mechanical确定磁体阵列相对于周围线圈的位移。ANSYS Mechanical还可为系统的所有不同共振模式指定确切频率。

在与电池的竞争中产品使用寿命这个因素至关重要，因此工程师利用ANSYS Mechanical对复杂的弹簧系统进行结构分析。为确保最大耐用性，仿真模型可以确定断裂和疲劳点。根据ANSYS Mechanical获得的位移信息，工程师对内部线圈的几何模型进行优化。

工程师利用ANSYS Maxwell手动优化关于磁体、线圈和高导磁合金用量（具有高磁导率的镍铁合金，可防止设备受外部磁场干扰）的多个设备参数。磁体变量包括尺寸、位移距离和速度。工程师对线圈的匝数和线径进行了优化，以确保整流电子产品提供合适的电压。此外，工程师还利用ANSYS Maxwell研究磁通量，以正确设计磁体阵列的尺寸，并确定相对于振荡质量的磁化水平。工程师在修改模型之前快速仿真每个参数变化，仿真通常需要10分钟或更短的时间。

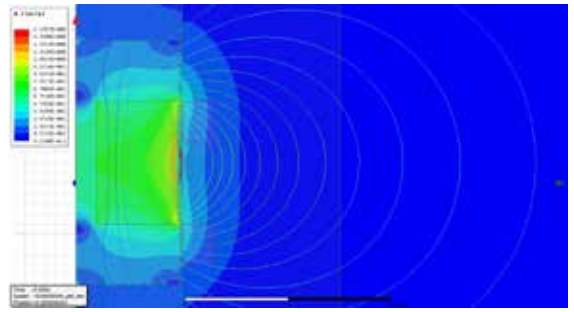
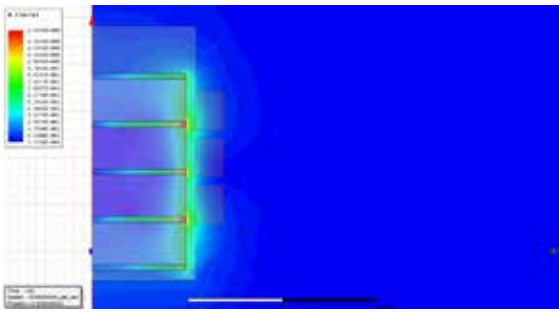


“ ReVibe Energy 正在研发一种技术，有望将所有工业环境中都存在的环境振动高效转化成用来驱动无线设备的电能。”



▲ ReVibe利用ANSYS Maxwell测量电压输出，并确定线圈放置位置。





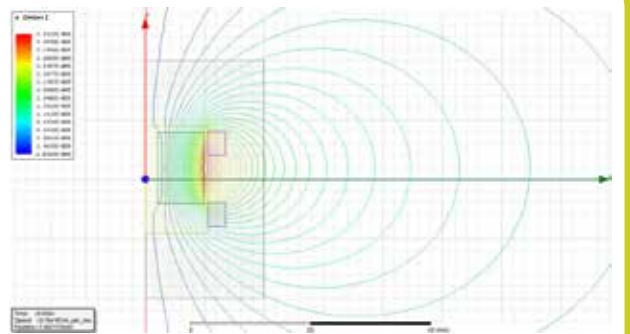
▲ 利用ANSYS Maxwell确定的磁通密度

### 数字原型

ReVibe Energy利用ANSYS仿真构建数字原型，从而能够方便地针对具体应用研发最新的能量采集器。借助客户提供的振动数据，工程师利用ANSYS Mechanical和Maxwell执行仿真；然后为具体采集器确定设计参数和预期的功率输出。通过利用仿真结果、与战略供应商合作、以及采用增材制造技术，ReVibe Energy实现了极短的产品设计迭代循环。通常只需要1到3周即可制作出功能和外观都与最终产品无异的产品原型。在相关环境中测试和评估一个或多个设备之后，客户就会获得足够多的信息来决定是否进入下一步的制造阶段。将仿真技术融入产品研发周期之前，该公司需要16个星期才能研发出原型。

在铁轨客户的案例中，ReVibe Energy很快就根据火车经过铁路道岔时的振动特性，设计并制造了一款振动能量采集器。如果没有ANSYS解决方案，将需要额外进行多次迭代并花费更多的时间和金钱。鉴于客户和应用领域如此多样化，数字原型使ReVibe Energy能够快速适应客户的特定要求，这对于公司的商业模式至关重要。

通过ANSYS初创公司计划获得ANSYS仿真软件已经为ReVibe Energy的价值体现做出了重要贡献，不过ReVibe想进一步加深这种关系。他们正研发一种包含完全耦合的多物理场仿真模型的黑盒子。黑盒子将包含ANSYS的CAD建模以及集成整个系统的实时仿真。研发这款完整解决方案极具挑战性，但目的是能够实现：在ANSYS CAD模型中设计产品，在ANSYS软件中进行测试和仿真，最终利用多材料3D打印机打印功能齐全的最终产品。▲



▲ 利用ANSYS Maxwell仿真磁场，ReVibe就能确定最佳的线圈位置。



低频电磁

[ansys.com/low-frequency](https://ansys.com/low-frequency)



# 云技术催生 中小型企业仿真

中小型企业亟需在设计过程中经济高效地利用仿真技术，以保持竞争力。

这就需要软件栈帮助这些企业在云计算资源上方便扩展高保真建模工具的应用。

作者：**Wolfgang Gentzsch**，  
UberCloud公司总裁；  
**Burak Yenier**，  
UberCloud公司首席执行官，  
美国洛斯阿尔托斯

生产质量更高的产品、加速产品上市进程、在设计早期减少产品缺陷，这些都是制造业的明确需求，通过在产品生命周期早期阶段加入高性能计算(HPC)仿真即可满足上述需求。仅在美国就有30多万家中小型制造企业(SME)，而大部分企业的日常CAE设计研发工作都依赖台式机工作站。据美国竞争力委员会[1,2]指出，其中一半以上的中小型企业需要更强大的计算功能。

希望扩展仿真功能的企业越来越深入研究基于云的仿真平台，认为其是极有前途的方案，有望替代台式机或其他内部硬件解决方案。对于中小型企业而言，云技术可为日常设计与偶然的大型模型或更广泛的设计探索这两方面需求提供仿真支持，而且无需大规模采购硬件基础设施。内部工作站或



服务器硬件可能不适合未来的仿真需求，并且它们在没有得到充分利用时的维护与支持费用不菲。基于云的硬件资源的优势是能够按需增减企业的仿真使用情况。对于产品设计人员而言，按需使用更多的计算功能意味着可以用更少时间分析更多产品设计方案和完成更多参数化研究，从而能够提高产品质量和加快产品上市进程。

### HPC云实验

UberCloud在线社区和市场计划旨在采用众包方法了解并清除云计算障碍。UberCloud HPC实验于2012年启动，赞助商包括ANSYS、Intel、Hewlett-Packard Enterprise与Microsoft Azure。其旨在促进工程师、HPC专家、独立软件供应商(ISV)和云服务供应商之间的协作，从而大规模解决基于云的仿真难题，以及推动中小型企业广泛采用数字制造。HPC实验一问世即吸引了200多个工程团队，每个团队都包含一个行业最终用户、一家仿真软件供应商和一家云技术供应商。对于中小型企业而言，云计算是前期仿真的关键动力，其能够加速产品上市进程，降低成本和促进产品创新。

为此，UberCloud研发了HPC软件容器，其中包含了相应的仿真工具和实用程序，以便工程师在云硬件上完成分析。相关容器可以把分区、安全、备份、数据可视化等任务简化为一种类似浏览器的体验，与工程师的工作站相仿。ANSYS软件已预装到该容器，并且进行了配置和测试，从而确保无论是在专用的内部硬件还是在远程数据中心运行时都能够实现相似的性能。

在最终用户的应用程序上工作时，每个团队都可以定义相关需求，在云中采用HPC实现应用，运行并监控仿真任务，远程查看结果以及把仿真数据传输给最终用户。然后每个团队都可以汇总结果、经验以及案例研究结论，包括对不同网格密度和不同CPU内核数量的研究。在重点介绍的采用ANSYS [3]仿真软件的18项案例研究中，有一个案例是在一家能源厂中对医用吸入器和两相流体进行分析。这些实例证明了中小型企业目前正在云环境中广泛应用CAE工作，而这些企业可以从英特尔宣传的“普及高性能计算”中大获裨益。▲



ANSYS云托管合作伙伴  
[ansys.com/cloud-partners](https://www.ansys.com/cloud-partners)

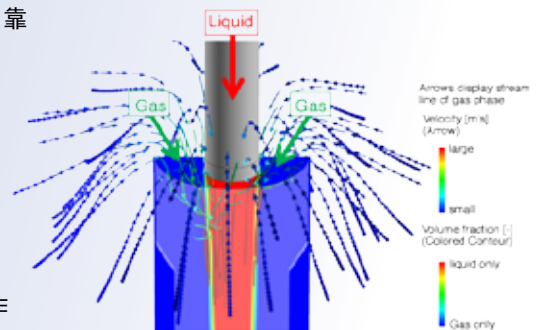
### 能源厂气体截留

Chiyoda公司是一家领先的日本工程公司，其依靠

ANSYS Fluent解决全球能源行业客户的各种工程难题。

Chiyoda曾经面临的一个挑战是在短时间内完成超大规模仿真，以满足客户需求。由于IT基础设施不堪重负，该公司需要一种灵活的方法为其持续提供额外的计算功能。

例如，工程师需要通过ANSYS Fluent对采用两相气液流体的能源厂的气体截留进行仿真。Chiyoda携手富士通及UberCloud协作平台，旨在最大限度地提高ANSYS HPC Pack授权和利用附加的计算功能。目前，借助基于富士通云计算技术的32个并行内核，处理速度比在Chiyoda自身IT环境中运行仿真时快了两倍。



▲ 用于气体截留应用的流体路径以及液体和气体的体积分数

图像由Chiyoda提供

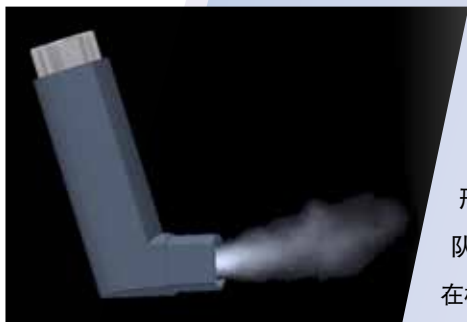


面向工程仿真的云计算最佳实践  
[ansys.com/cloud-best-practices](https://www.ansys.com/cloud-best-practices)



## 吸入器喷雾建模

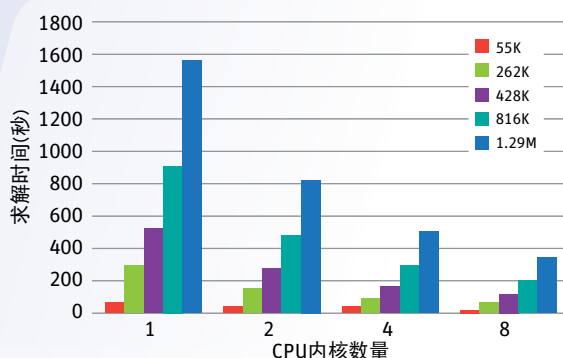
增压定量雾化吸入器(PMDI)广泛用于肺部的雾化给药，最常用于治疗哮喘或其他慢性呼吸道疾病。在医疗设备行业中，仿真越来越多地被用于预测喷雾颗粒在呼吸道、PMDI以及附加设备中的流动与沉积情况。此类仿真需要关于喷雾从PMDI喷嘴喷出的详细信息，以确保下游结果的有效性。



独立咨询师Praveen Bath负责的UberCloud Team 184项目的目标是：确定PMDI喷出的流体颗粒的特性。在PMDI中喷雾一般成圆锥形。在集成了Microsoft Azure云平台[4]的UberCloud HPC容器中，该团队结合使用ANSYS Workbench与ANSYS CFX，从而评估喷嘴喷出的喷雾在标准大气压下穿过圆柱形空气域的预测情况。通过创建五个精度递增的体积网格，工程师首先开展网格加密研究，然后在多个CPU内核上测试

求解器的HPC基准性能。

虽然需要经过学习才能使用整个云平台及其各项功能，UberCloud HPC容器通过大幅缩短网格生成、求解器处理和结果后处理（用于远程查看）的时间，明显简化了使用Workbench和CFX创建模型的过程。总体而言，工程师需要大约10小时创建模型，并且使用等同于500颗CPU内核小时进行求解。在HPC的帮助下，最精细的网格（120万个单元）在8个CPU内核上求解用时不到五分钟。UberCloud容器的自动更新电子邮件模块能够持续监控各项仿真工作，无需工程师登录服务器检查状态。对于具有复杂物理场的应用而言，这种容器功能可帮助团队方便调用云服务器资源，从而更加顺利地执行项目。



▲ 在不同CPU内核配置上运行的不同网格密度的求解时间对比

## ANSYS云合作伙伴解决方案

ANSYS参与了UberCloud HPC实验，因此我们的客户能够在仿真工作负荷中尝试使用合作伙伴云解决方案的端到端流程。这可帮助我们研发云计算最佳实践，以及构建云-合作伙伴生态系统，从而为客户提供最能满足需求的云计算解决方案。UberCloud现在是我们的云托管合作伙伴之一。

– Wim Slagter,  
HPC与云联盟总监



### 参考资料:

- [1] Reveal: Council on Competitiveness and USC-ISI Broad Study of Desktop Technical Computing End Users and HPC. [compete.org/reports/all/420-reveal](http://compete.org/reports/all/420-reveal)
- [2] Reflect: Council on Competitiveness and USC-ISI In-Depth Study of Technical Computing End Users and HPC. [compete.org/reports/all/421-reflect](http://compete.org/reports/all/421-reflect)

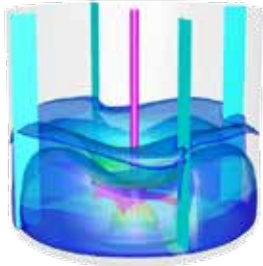
- [3] UberCloud and ANSYS. [theubercloud.com/ANSYS](http://theubercloud.com/ANSYS)
- [4] ANSYS 17.2 Fluids and Structures: UberCloud. [azuremarketplace.microsoft.com/en-us/marketplace/apps/ubercloud.ansys-17-2-fluids-structures](http://azuremarketplace.microsoft.com/en-us/marketplace/apps/ubercloud.ansys-17-2-fluids-structures)

# 仿真新闻

## ANSYS：化学仿真先驱

《首席信息官评论》，2017年5月

仿真是化学和工艺产业的重要工具。ANSYS不断为这些产业提供所需的最新建模功能。原材料成本、产能过剩和严格的监管要求已成为产业的一大挑战，ANSYS首席执行官Ajei Gopal介绍了仿真技术在这种产业环境中的价值所在。



.....

## ANSYS工程仿真技术助力普拉特·惠特尼公司实现标准化

MCADcafé，2017年5月

新协议将加强普拉特·惠特尼全球团队之间的合作，帮助该公司更高效地解决最复杂的工程挑战。这也有助于该公司降低物理测试成本，并加速产品研发工作。

.....

## 在云端开展HPC工程协作

The Next Platform，2017年2月

通过ANSYS企业云服务，企业现在能够将部分工作负载迁移到云端。通过与AWS和Cycle Computing合作，企业能够利用云端确保计算功能的可用性，保持安全性以及高效管理工作负载。

.....

## 计算机人体建模？

Biovox，2017年3月

打造虚拟人体对于未来的医疗产业和医疗设备公司非常重要，它有助于在设计流程早期阶段以较低成本系统化地测试新产品。这种影响不仅限于医疗产业，还能延伸到汽车等其他产业，这些产业都需要确定人体与产品的交互方式。

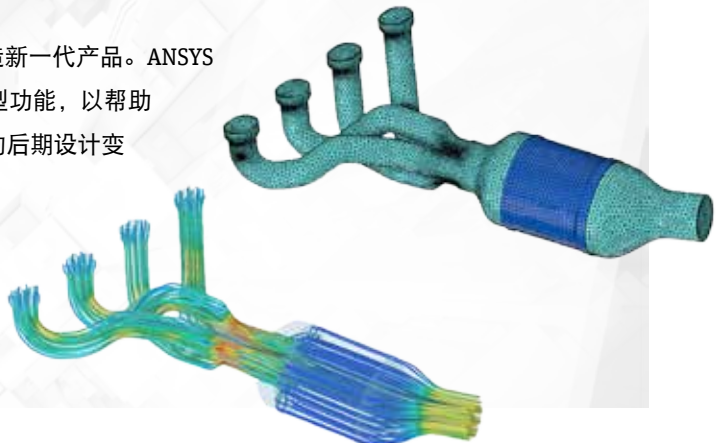


## ANSYS 18.1最新功能助力实现更快速的仿真

《数字工程》，2017年5月

工程师能通过ANSYS 18.1版更加方便快速地打造新一代产品。ANSYS不断发展ANSYS 18中发布的数字探索和数字原型功能，以帮助企业更早地开展仿真工作，限制产生成本高昂的后期设计变更，并且更快速方便地向市场推出创新型产品。

 本版亮点  
[ansys.com/18](http://ansys.com/18)



## ANSYS技术助您大获成功： ANSYS实现航空业里程碑

彭博资讯，2017年4月

制造商必须满足性能目标，符合业界监管规定，确保关键设备满足安全性标准的要求。各企业正采用ANSYS经过认证的嵌入式软件解决方案，为100多款航空应用设计、仿真、生成和测试嵌入式代码，以通过DO-178B和DO-178C的认证。



## APOLLO ENGINEERING将游乐场 CAD带入云端

Engineering.com，2017年3月

在开展游乐场娱乐设施的工程设计时，安全性和可靠性至关重要。Apollo Engineering Design Group采用应力和缺陷结构分析技术，以确定过山车的接头相互作用、间隙和容差。



## 冷却整体封装

《半导体工程》，2017年5月

随着系统级封装设备变得日益复杂，制造商需要在更小的空间纳入更多晶体管，因此新的散热问题不断出现。随着晶体管数量不可避免地增多，设备会产生更多热量，但散热能力取决于封装的表面积。

.....

## 金属增材制造延续传奇故事

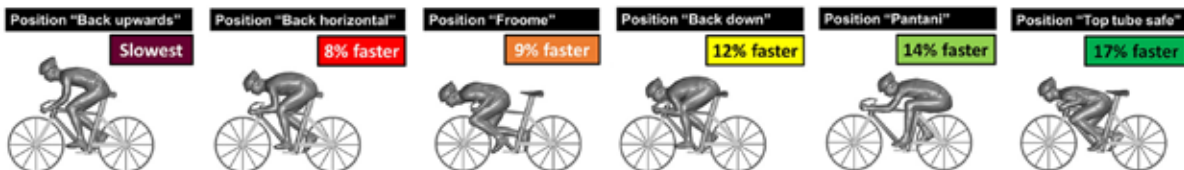
Engineering.com，2017年4月

ANSYS精英渠道合作伙伴Phoenix Analysis and Design Technologies帮助一架二战期间老式远程护航战斗机的主人打造出改良型替换部件。采用Concept Laser公司推出的3-D扫描渲染、工程仿真和增材制造（3D打印）技术，该团队设计、制造并确认了该护航战斗机的替代排气管（甚至还减少了组件数量）。

## 一招战胜FROOME的“SUPER TUCK”

Velonews，2017年5月

埃因霍温理工大学、鲁汶大学、列日大学和ANSYS的研究人员利用风洞测试和CFD来分析自行车运动员的下坡骑行姿势，从而确定了最有效的骑行方法。





ANSYS中国

售前咨询热线: 400 819 8999

售前咨询邮箱: info-china@ansys.com



# 无所不在的 工程仿真



工程仿真技术不断变革，始终满足日新月异的产品研发要求。在ANSYS产品技术的助力下，仿真扩展应用到整个产品研发过程中，从早期探索、数字原型到产品运营，无所不包。

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