



CST工作室套装®

电磁和多物理场仿真软件



joins



关于浦信

浦信是领先的工业信息化解决方案供应商，致力于向电子通信、新材料、新能源汽车和通用航空等领域的客户提供基于达索系统的系列产品。公司拥有强大的产品交付能力，可以全面进行结构、流体、高低频电磁场等多物理场的工程仿真咨询，相关技术服务团队均为研究生以上学历。

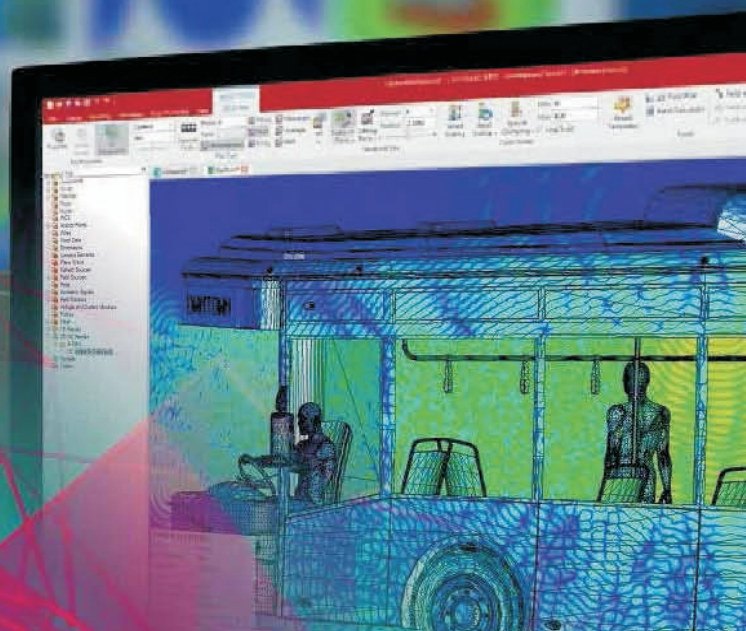
企业文化

与客户：关注客户成长、用心服务

与员工：自律、自强、自由

与社会：保持积极乐观与奉献精神

探索 CST工作室套餐 2018





为什么进行仿真？

一次性设计成功是产品研发的理想境界。通过对虚拟样机进行电磁仿真能帮助您缩短设计迭代周期。仿真能够从开发的最初阶段让系统和组件在其所处的环境中进行分析与优化。这样能够加快设计流程，降低开发成本，加快市场投放速度。

为什么选择CST工作室套装？

CST工作室套装®是用于设计、仿真和优化电磁系统的完备工具，被世界各地优异的技术和工程公司所广泛采用。CST®产品的三大支柱是精度、速度和易用性。

精度

经成功验证的求解器技术构成CST工作室套装内各个模块的基础，多年的研发厚积薄发，铸就准确高效的计算仿真方法。此外，CST也在持续不断地研发和优化建模与网格剖分技术，让仿真更加贴近实际。

如欲了解更多详情，敬请参见第4页。

速度

速度与精度两者相辅相成。无论问题是电大尺寸还是电小尺寸、宽带还是窄带，CST工作室套装中的完备求解器均能够对各类简单及复杂的问题进行高效地仿真。高性能计算(HPC)与优化能进一步扩展了求解器的各项功能。

如欲了解更多详情，敬请参见第9页。

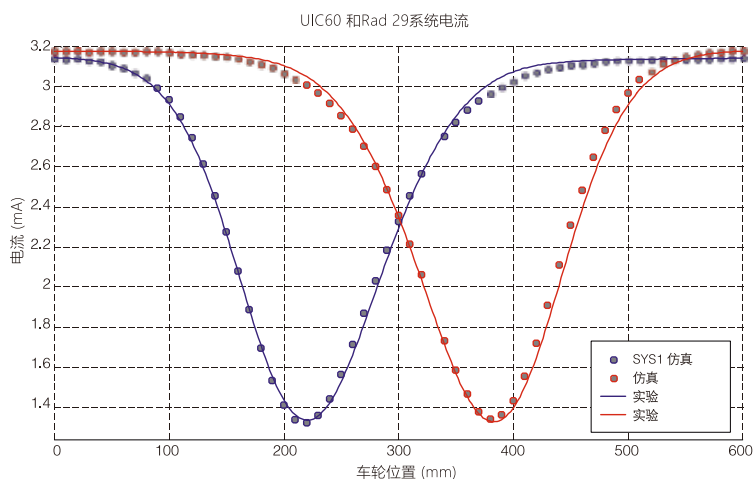
易用性

CST投入了大量的研发时间用以改善用户软件使用体验。这些包括工作流导向功能区界面，用于多种设计流的导入和导出工具，以及系统装配和建模(SAM)功能。SAM能将复杂系统或工作流细分为较简单的部分并进行自动化仿真。

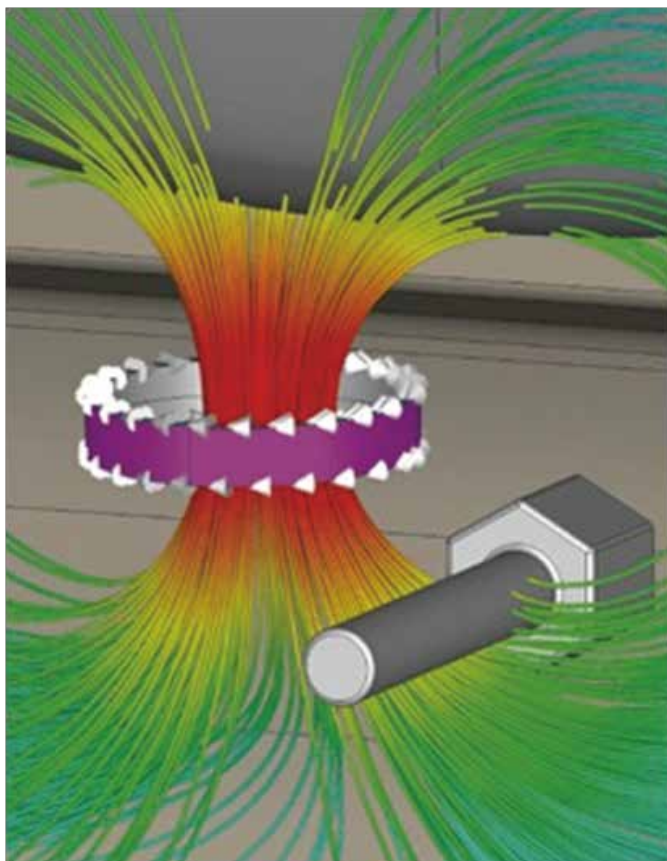
如欲了解更多详情，敬请参见第13页。

以上述三个概念为核心，CST工作室套装在众多领域已得到工程师、设计师和研究人员的广泛使用，包括微波、RF与光学、EDA与电子、电磁兼容性(EMC)、粒子动力学、静场和低频等领域。如欲进一步了解CST工作室套装在部分应用中的仿真使用，敬请参见第22页。

精度



精度仿真： 在Frauscher RSR180车轮传感器的响应曲线中仿真与测试展现出完美的吻合关系

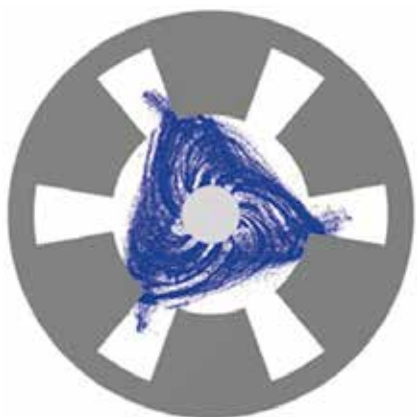


传感器线圈：列车车轮传感器中线圈的磁场线，体现出车轮的耦合

“CST 工作室套装让我们具备了快速准确地对我们的传感器建模的能力，包括实验中都无法实现的各种与周边环境的复杂交互。这一更丰富的认知对于设计我们未来几代传感器而言价值不可估量。另外，CST员工的友善和能力出众也值得称赞，他们对于我们模型的研发成功做出了尽管是间接的但是同等的贡献。”

作者：加文.兰开斯特(Gavin Lancaster)
博士，福豪盛传感器技术有限公司研发
传感器部门开发人员

Complete 完备的技术

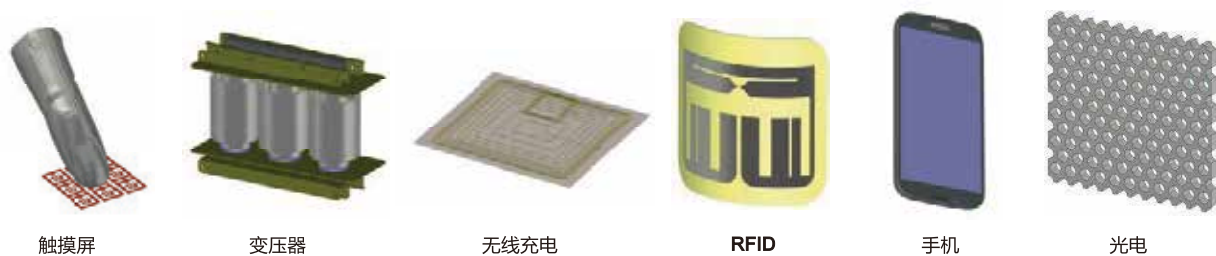


完备的技术：仿真磁控管需要考虑高频效应、静态效应、热效应、力学效应和粒子效应。

为确保CST仿真技术保持持续领先地位，其求解器处于不断研发的进程中，CST将数十年研发成就持续不断地融汇于准确高效的计算方法中。极高的精度让在众多应用领域使用CST工作室套装的客户能够构建出模拟真实器件行为的“虚拟样机”，节省设计周期中的时间与成本。

提供的求解器类型包括用于高频和低频问题的通用时域(Time Domain)和频域(Frequency Domain)求解器，以及全波积分方程(Integral Equation)求解器、本征模(Eigenmode)和高频渐进(Asymptotic)求解器、自洽互作用(PIC)求解器、静场(Statics)和多物理场(Multiphysics)求解器以及众多专用求解器。这些求解器为解决多种应用提供准确通用的方法。

对于很多应用，可以对同一模型上使用多种仿真方法。CST完备的技术方法允许用户在同一界面下通过对比不同求解器的结果来验证仿真结果的准确性。通过这种相互检验，能增强对于仿真结果准确性的信心。



触摸屏

变压器

无线充电

RFID

手机

光电

Static

Hz

kHz

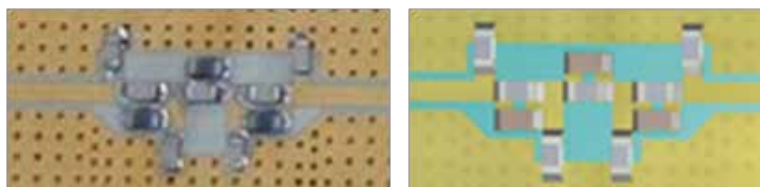
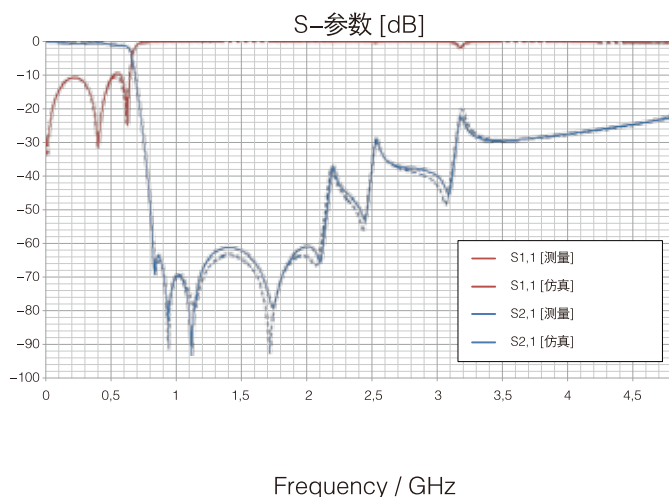
MHz

GHz

THz

电磁频谱：CST工作室套装为整个电磁频谱内的各种问题提供求解方案

强大的建模工具



真实仿真：真实材料模型和电路元件让这一SMD滤波器能以极高精度进行仿真

精确的仿真要求精确的模型。这意味着模型必须能够准确反映现实对象并且能捕获可能影响其电磁性能的所有状态。CST 工作室套装可提供强大的建模环境和CAD导入工具，帮助用户为系统构建实用的、有代表性的模型。

在很多应用领域，例如磁学和光学，典型的电磁效应纯粹是由器件中使用的非线性材料产生的。CST 工作室套装包含大量材料模型，能用于对各种各样的现象进行仿真，包括等离子体和光电效应、铁磁性、二次电子发射和生物热效应。

真正的瞬态电磁/电路协同仿真，能将二极管和晶体管等非线性组件整合至3D模型中。时域仿真的宽带特性意味着能自动将多种谐波考虑在内。

测试数据 也能导入到CST工作室套装中，例如样本材料的属性、天线的近场或是半导体器件的S参数。这些都能集成到模型内，使其能更接近真实的物理模型。

CST工作室套装内的材料类型包括：

- 介质
- 有耗金属
- 各向异性材料
- 时变材料
- 温变材料
- 梯度材料
- 色散材料
 - 德鲁德模型
 - 德拜模型
 - 洛伦兹模型
 - 旋电和旋磁
- 非线性材料
 - 二阶和三阶非线性
 - 克尔模型
 - 拉曼模型
 - 非线性磁性材料
- 涂覆材料
- 雷达吸波材料
- 叠层薄面板材料
- 表面阻抗材料
- 二次电子发射表面
 - 福曼模型
 - 沃恩模型
- 非线性热和生物热传导材料
- 石墨烯
- 铁氧体

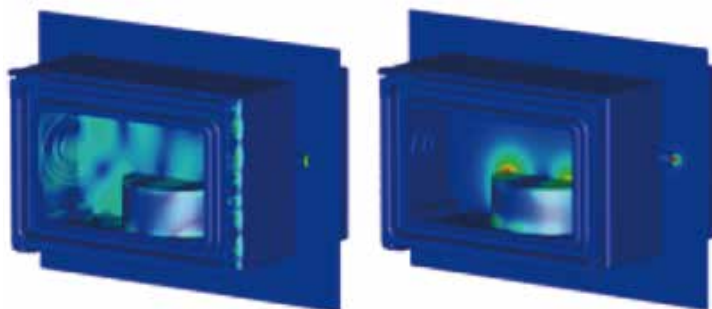
多物理场

电磁学与其他物理场有着紧密的联系，包括力学和热力学。因此，从电机和发电机到电磁炉和微波炉，多物理场分析成为众多不同组件设计的必需。在许多情况下，电效应和磁效应难以与热效应和机械效应分开，例如，大功率滤波器在使用时会发热，这样会导致滤波器产生热形变从而影响滤波性能。

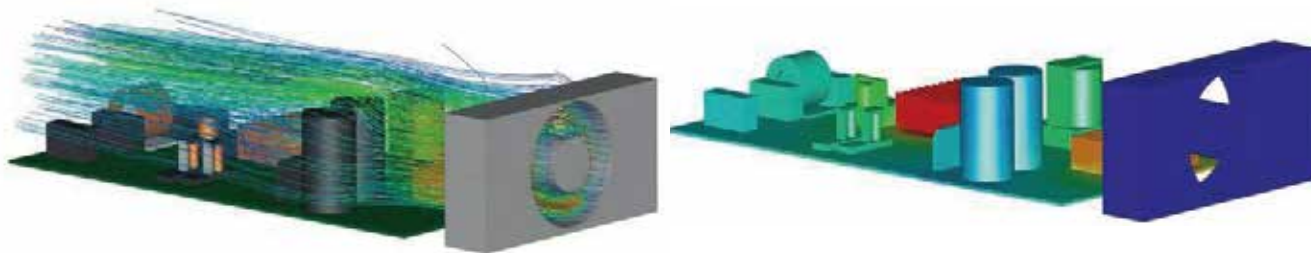
为计算这些错综复杂的热效应和力效应，CST工作室套装提供稳态热求解器、瞬态热求解器、共轭热传递(HT)求解器和结构应力求解器。这些多物理场求解器与电磁求解器紧密配合，并且使用系统装配和建模(SAM)架构（见第21页）即能自动设置仿真。通过SAM，计算出的温度分布和形变能传递回电磁仿真，供开展敏感度分析，也能进行收敛性分析，用于计算包含电磁-热反馈回路的器件的稳态解。

为支持多物理场仿真，CST工作室套装支持一系列非线性和温变材料。对MRI和RF透热疗法等生物学应用，身体组织的独特热属性，如随身体温度变化的血流的冷却效应，可能会给体内温度造成严重影响。包括生物热传导方程在内的热求解器能对安装到人体内的装置开展真实仿真。此外，共轭热传递(HT)求解器还具备计算流体动力学功能，能仿真流经器件的空气流，以便为电子器件的散热进行建模。

与SIMULIA® 的链接，进一步增强和拓宽了CST的多物理场应用。如欲了解更多信息，敬请参见第16页。



微波炉：微波炉的多物理场仿真（炉门网格未显示）——左侧：频率为2.45GHz的电场；右侧：30秒后的温度分布。



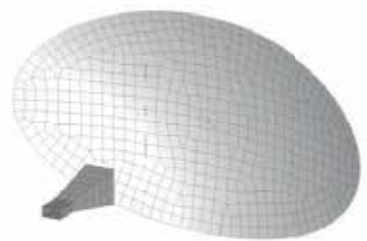
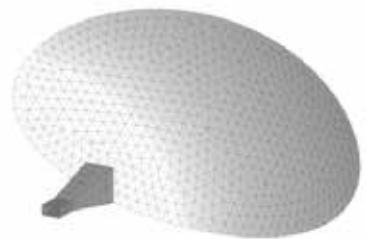
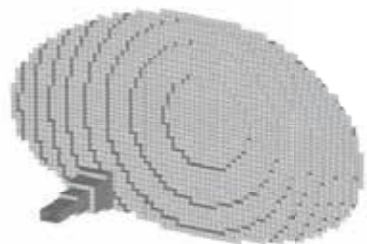
电子冷却：流经PCB的气流，以及稳态温度分布。

高鲁棒性，高精度网格

在仿真中，结构和场被离散化到网格上。每增加一个网格都会增大仿真的计算资源需求，这意味着如果能用尽量少的网格单元准确描述模型则会带来优势。CST工作室套装可提供六面体和四面体网格以及三角形和四边形混合表面网格，为不同状况提供不同的适用方法。

为在不影响性能的情况下改善六面体网格的准确性，CST工作室套装在其时域求解器中使用了理想边界拟合(PBA)[®]技术。PBA保持了常规阶梯网格的速度优势，同时又能在不使用极高密度网格的情况下就能准确地对曲面结构进行网格剖分，使得仿真速度和精度达到了统一。

曲面元使得四面体网格和表面网格不管在高频还是低频仿真中都极具优势。此外，CST频域求解器的网格加密算法是真正几何结构自适应。真正几何结构自适应永远对原始的未经任何近似的模型结构进行网格加密平滑，能极大的提高仿真精度。



网格划分方法：用于简单反射面天线的各种网格划分策略：阶梯六面体、曲面四面体、曲面表面元以及CST的专有技术PBA。

速度



Wi-Fi 覆盖仿真:

使用时域求解器仿真的工作在2.45GHz的Wi-Fi天线在公交车内电场分布。

求解器技术 选择CST 工作室套装中提供的求解器类型。

高频

- 时域求解器 – 一般用途
- 频域求解器 – 一般用途
- 积分方程求解器 – 电大结构、雷达散射截面(RCS)
- 高频渐进求解器 – 装载性能、RCS
- 本征模求解器 – 谐振腔体
- 多层平面求解器 – 平面结构
- 2D滤波器模块 – RF滤波器分析与综合
- 三维滤波器模块 – 交叉耦合滤波器分析与综合
- 混合任务 – 使用多求解器进行混合仿真

低频

- 静电与静磁求解器 – 快速静态仿真
- 稳恒电流求解器 – 直流应用
- 低频时域求解器 – 非线性材料, 瞬态效应
- 低频频域求解器 – 涡流、位移电流
- 系统仿真 – 多域和状态空间仿真

EDA

- PEEC求解器 – 局部等效电路提取
- 传输线求解器 – 信号完整性
- FEFD求解器 – 电源完整性
- CST 规则检查(BOARDCHECK) – PCB上的电磁兼容(EMC)与信号完整性(SI)

粒子动力学

- 粒子跟踪求解器 – 低能粒子、电子枪
- 自洽互作用(PIC)求解器 – 高能粒子、RF器件
- 尾场求解器 – 加速器组件

多物理场

- 热求解器 – 电磁加热、生物热传导、电子冷却
- 结构应力求解器 – 热膨胀、热变形

EMC

- 传输线矩阵(TLM)求解器 – 一般用途、EMC
- CST电缆工作室 – 线束仿真
- 射频干扰模块 – RF干扰分析
- 规则检查 – PCB上的电磁兼容和信号完整性

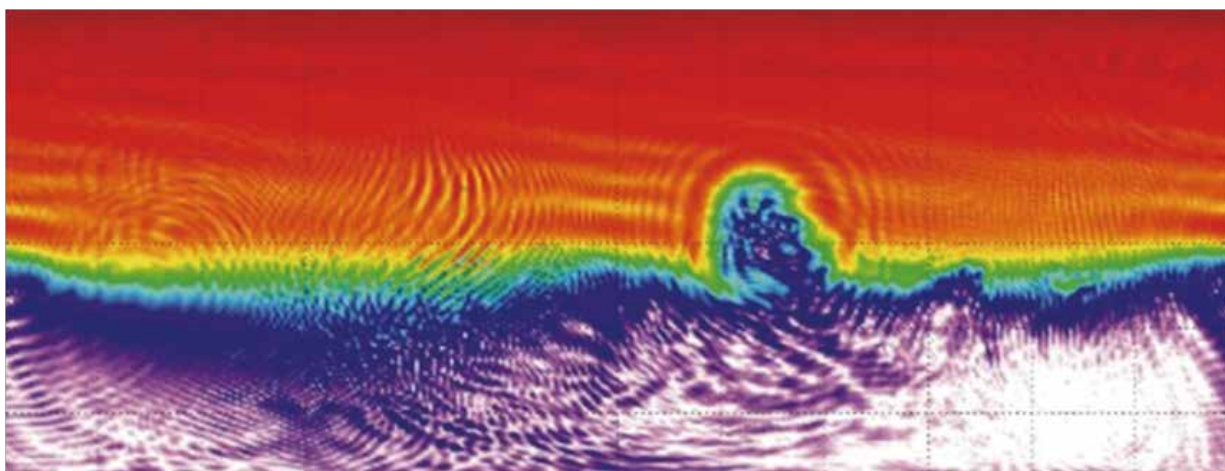
选择最适用的求解器

在CST工作室套装帮助下并通过使用高性能计算技术，我们能够验证RF通信要求，为宇宙飞船上的各个单元和仪器确立合理的EMC要求。”

Christian Imhof 博士，空中客车国防与航天公司卫星产品部



飞船天线布置：BepiColombo水星行星轨道飞行器仿真模型，低增益天线用场源（红色）表示



天线性能：使用MLFMM积分方程求解器仿真的一个低增益天线的辐射方向图，能清晰的显示出来自高增益天线的遮挡。

优异仿真性能是速度与精度的结合，能让用户迅速获得有用的结果。一个能在某种类型的模型上高效率工作的求解器可能对于另一个类型的模型就变成了糟糕的选择。为此CST工作室套装提供多种不同类型的求解器。通过完备的求解技术，CST为所有电磁问题提供适用的解决方案，覆盖的频率范围从DC到光学频段，模型尺寸规模从纳米级到超电大。

例如积分方程求解器和高频渐进求解器极为适用于天线装载和雷达散射截面(RCS)等问题，此时的结构的长度相当于数百或数千波长。而对于那些电小的、谐振结构，使用本征模求解器或频域快速谐振求解器能以更高的效率进行仿真，这些求解器被专门设计用于诸如滤波器和加速器腔体等谐振结构的仿真分析。

许多系统包含多个组件，每个组件都有不同的最适用的求解器。在这种情况下，系统装配与建模(SAM)功能能用于将系统细分为多个更小的模型，随后每个模型都能使用合适的求解器进行仿真，每个阶段计算求得的场都能自动地传输给下一阶段（见第21页）。

高性能计算和云计算

“GPU计算能帮助我们开展一些之前无法实现的复杂仿真。”

作者：Matt Fuller, Selex ES

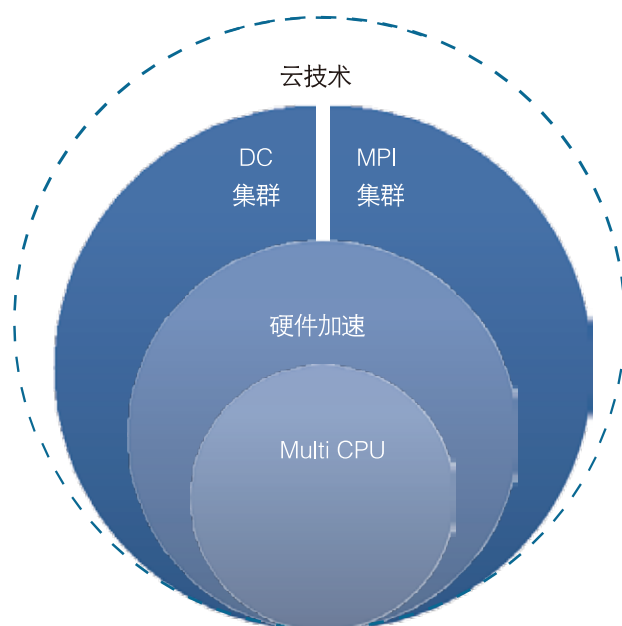
CST提供大量基于硬件的仿真加速选项，例如多线程并行、硬件加速、MPI集群计算和分布式计算。这些加速选项可用于提高仿真速度，仿真更大型、更复杂的模型，或是将任务在网络或集群的多个节点上进行分配。这些高性能计算(HPC)方法几乎可用于所有类型的应用和硬件配置，从独立单台工作站到企业级集群均可使用。

为最大化投资效益同时简化为给定仿真模型选择最高效加速解决方案的工作，CST使用加速口令许可方案。这样能够便捷的选取和组合使用丰富多样的高性能计算选项，便于混合使用和匹配加速方法。

对于有要求的小企业，CST工作室套装还能在云端运行。通过云计算，模型能通过互联网安全地传输给HPC计算提供商，使用他们的硬件开展计算。这意味着偶尔需要运行高要求仿真的用户无需安装和维护专用硬件的成本就能使用HPC。

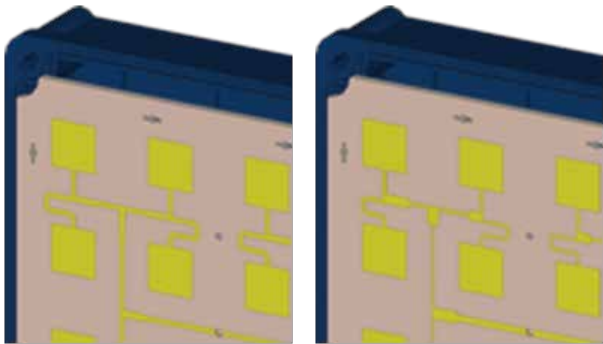
因为高性能硬件需要大量投资，我们的硬件专家能随时为考虑购买或升级HPC系统的用户提供建议，并帮助审查硬件配置。CST与硬件厂商测试中心合作提供基准测试服务，帮助确保CST工作室套装能在客户选定的硬件配置上高性能运行。

HPC 选项：CST工作室套装中提供的部分的HPC组合。所有这些HPC组合都能通过本地硬件或通过云计算进行访问。不同的求解器支持不同的HPC方法。



自动优化

Ante线优化：一个微带天线阵列被优化用于改善WLAN频段内的传输性能，优化前（左）和优化后（右）。



即便是在最简单的器件中，影响器件性能的变量的数量也可能大得惊人。优化功能可自动运行调试这些变量的过程，最终实现找到一组满足设计要求的值。所有CST工作室套装模块中内嵌的优化器均可用于任何参数优化，包括模型的几何结构、材料的属性和激励的波形。

CST工作室套装包含局部和全局优化器。局部优化器搜索贴近初始值的参数空间——能够快速细调一个接近最优的模型。而全局优化器会搜索整个参数空间，对于复杂结构和初始值距离理想值偏离较大的模型，这种优化器的效率较高。

信赖域(Trust Region Framework)优化器能充分发挥敏感度信息的作用。这样便于快速分析小幅改动给模型造成的影响，从而显著地加快优化速度。此外，敏感度还能用于开展良品率分析，只需要仿真一次就能快速计算加工容差对器件性能的影响。对PCB而言，帕累托前沿（Pareto front）优化能用于优化去耦电容器的布置，在保持性能的同时简化物料清单。

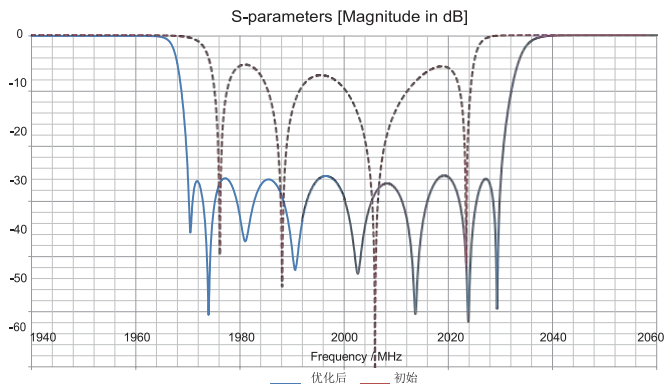
CST工作室套装中的优化器

局部

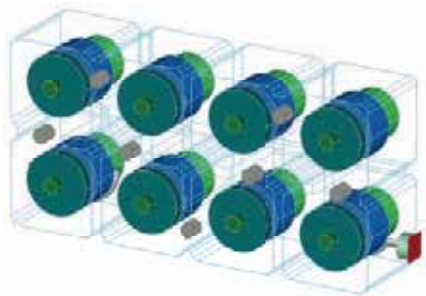
- 信赖域法
- Nelder-Mead单纯形法
- 插值准牛顿法
- 经典鲍威尔法

全局

- 遗传算法
- 粒子群算法
- 协方差矩阵自适应进化策略法(CMA-ES)

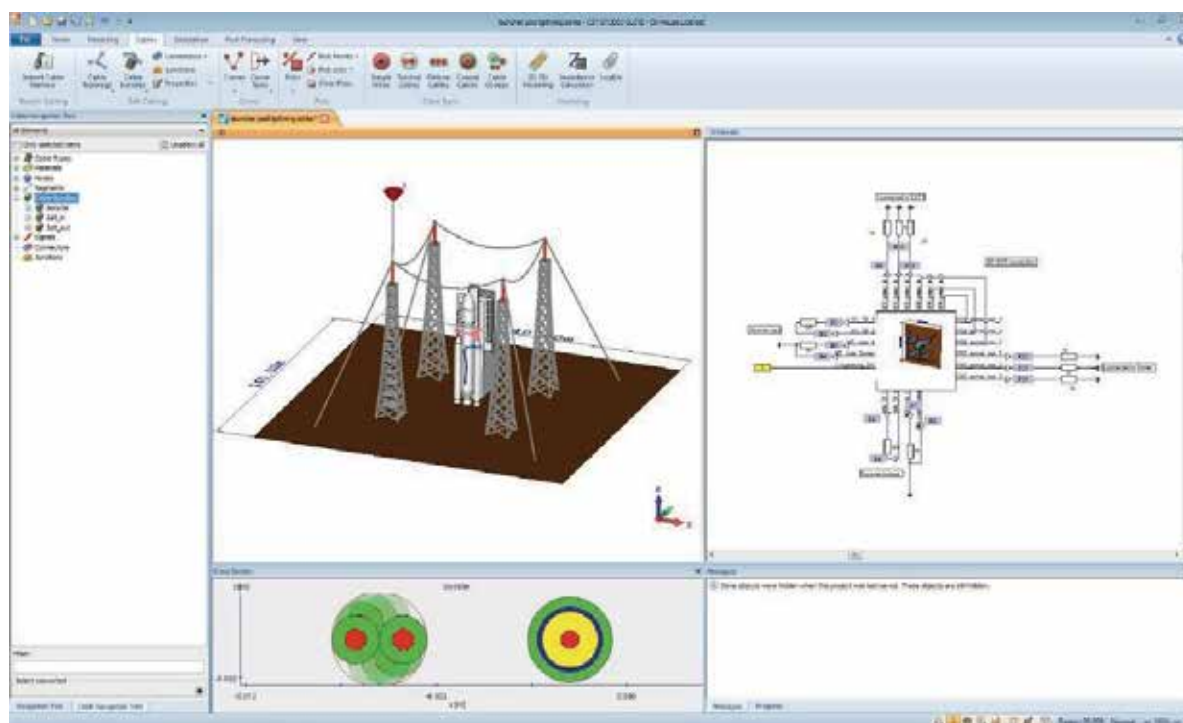


滤波器细调：使用信赖域法优化的滤波器，给出优化前后的S参数。



易用性

用户界面友好



GUI: 用户界面帮助简化模型的设置与仿真，例如这个雷击仿真。

由于CST工作室套装提供了如此众多的功能，因此在需要的时候能找到恰当的工具至关重要。为帮助用户顺利完成仿真流程，CST工作室套装提供按用户需求设置仿真环境的功能，包括建模、仿真和后处理整个 workflow，并为流程每一步自动显示合适的选项。

图形用户界面使用选项卡功能区为设计流程的每一步呈现最相关的工具，而且它能根据应用自动完成配置。用户界面通用于CST工作室套装内的所有模块，为仿真 workflow 的各个步骤提供统一的环境。

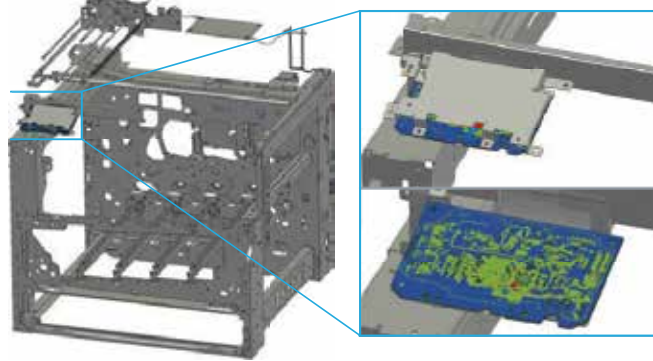
CST工作室套装中的工程向导让用户能够为仿真轻松地设置和配置工作空间，针对问题自动选择合适的单位、边界条件和求解器设置。设计的重复性意味着工程师常常发现他们反复运行同一类仿真，针对这一问题，可以使用向导存储和加载用户对某一问题的最佳解决方法的经验定制的配置，从而实现更加个性化的 workflow。

CAD和EDA导入

多种类型的导入/导出转接口，使得CST能与CAD工具轻松地交换几何数据，导入的结构可修改、可参数化，进一步地可用于优化和设计研究。SOLIDWORKS®和PTC Creo™ (Pro/E)提供的模型能以完全参数化的格式导入，进一步提高了工作流的集成度。

导入和导出结构信息的能力是将仿真嵌入设计工作流的基础。从EDA工具导入特别容易产生小间隙和小边缘结构，导致不必要地增大仿真模型的复杂度。为解决这些间隙和边缘结构问题，CST工作室套装内置了强大的结构清理程序和自动修复功能。这些功能与高可靠的网格划分器结合使用，使得CST对于即便品质非常差的CAD数据也能开展高效的仿真。

CST提供了CST芯片界面来满足对集成电路设计的特殊要求。这个模块通过导入二维的芯片布局文件和集成电路芯片生产工艺文件来生成真实的三维芯片模型。



支持的格式包括

CAD

- ACIS SAT
- STEP
- STL
- OBJ
- NASTRAN (solid and mesh)
- IGES
- PTC Creo™ (Pro/E)
- Autodesk Inventor®
- CATIA® v4 – v6
- SOLIDWORKS and Solid Edge
- Parasolid
- Siemens NX™
- 三维生物体数据(Biological voxel data)

EDA

- ODB++
- IPC-2581
- Zuken CR5000/CR8000
- GDSII
- SPICE
- Touchstone
- 单层和多层Gerber
- Mentor Graphics® Expedition™
- Mentor Graphics Board Station®
- Mentor Graphics HyperLynx®
- Cadence® Allegro® PCB Designer
- Cadence Allegro Package Designer
- Cadence SiP Digital Layout
- Agilent ADS®
- AWR Microwave Office®
- Synopsys® HSpice, Saber
- Sonnet®
- Harness Description List
- Cadence Virtuoso®
- Si2 OpenAccess

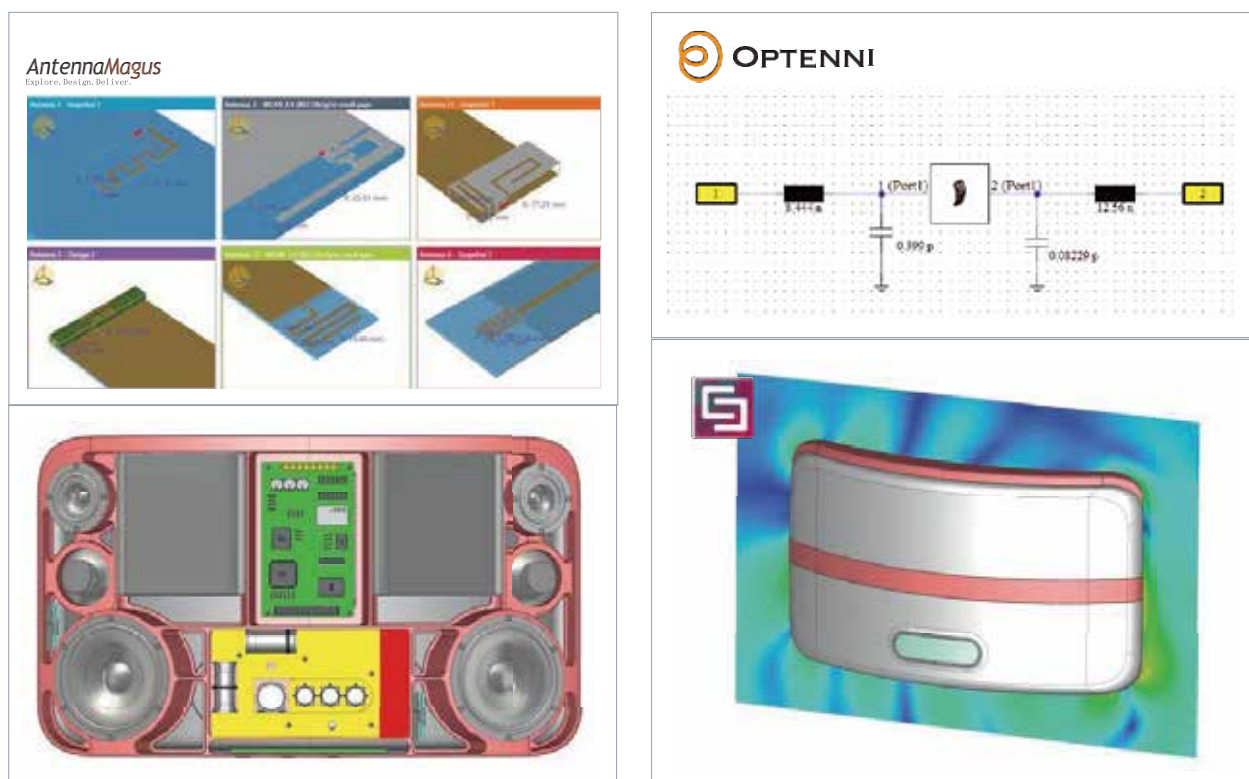
导入数据: 金属框架和电路板都导入CST工作室套装进行EMC分析。通过仿真，富士施乐的工程师能在构建雏形前就预估了电磁兼容问题。

工作流集成

CST始终专注于三维电磁仿真软件的研发，同时提供与其它业界领先厂商工具的直接的、简单易用的接口，进一步整合了所有可用的专业技术知识，持续为用户提供领先的设计工具和方法途径。

面向各种EDA工具和RF电路/系统仿真器的专业接口让不同环境下的功能得到统一并被充分运用。强大的基于VBA、兼容OLE的宏语言能实现与MATLAB®或MS Excel®等程序的直接通信。此外，CST工作室套装还能通过联合仿真提取芯片-封装-PCB内各通道的HSPICE模型，然后传递给Synopsis® HSPICE®开展仿真与分析。

CST工作室套装是更广阔生态系统的一个重要组成部分，为许多其他仿真和设计工具提供了链接接口。众多工作流都得到专业软件工具的有效补充，例如用于天线分析的Antenna Magus®、用于匹配电路优化的Optenni Lab™、用于RF击穿分析的SPARK3D、用于波导组件综合的FEST3D和用于宏建模的IdEM。这些产品能将接口内嵌到CST工作室套装界面内，并通过CST渠道进行销售与支持。



集成工作流：在设计这个智能设备项目时（左下），Antenna Magus®被用来设计天线（左上），Optenni Lab™被用来综合匹配电路（右上），CST工作室套装被用来计算天线被安装在不同位置时候的性能表现。

结构和电磁联合仿真

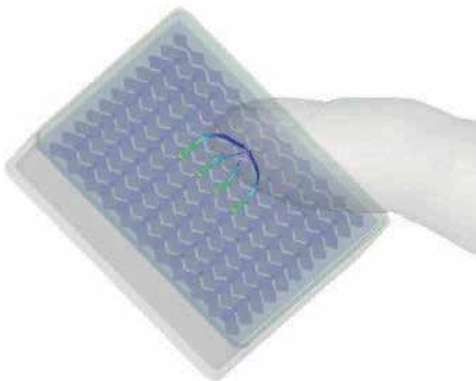
自2016年10月起CST已成为达索系统SIMULIA家族的一份子。SIMULIA提供的仿真工具支持众多设计与制造领域。该智能手表项目体现了仿真在现代电子产品开发中众多不同应用中的一部分，同时体现了如何将CST工作室套装与其他仿真工具结合，既能大幅度加快设计流程，又能有效降低测试需求。

本实例中的智能手表由一个含触摸屏的核心模块和表带中的数个附加模块组成，模块间通过柔性连接器连接。设计中存在多个结构效应和电磁效应相互作用的部分，包括指压屏幕造成的变形以及连接头的鲁棒性和信号完整性。

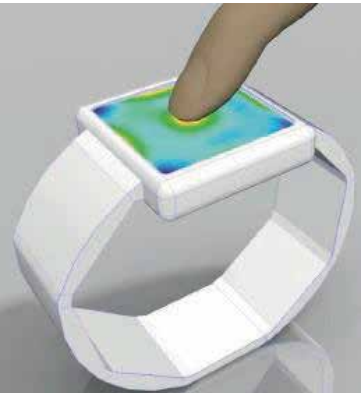


联合设计：CST-SIMULIA智能手表。

触摸屏



电容器矩阵：CST静电求解器。



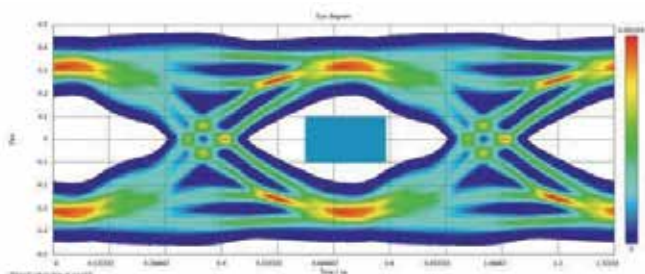
屏幕应力：Abaqus/Standard.

电磁兼容性

Rx \ Tx	Tx		
	WiFi Tx	LVDS Tx	GSM Tx
GSM Rx			
WiFi Rx			
GPS Rx			

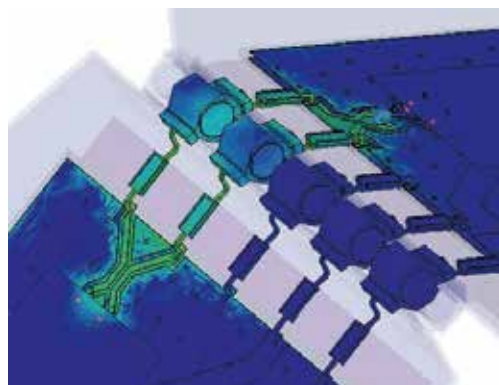
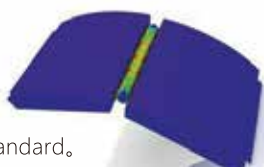
射频干扰：CST射频干扰模块

连接器



眼图：CST设计工作室。

鲁棒性：Abaqus/Standard。

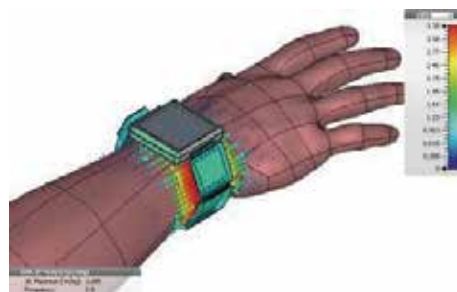


信号完整性：CST时域求解器。

天线

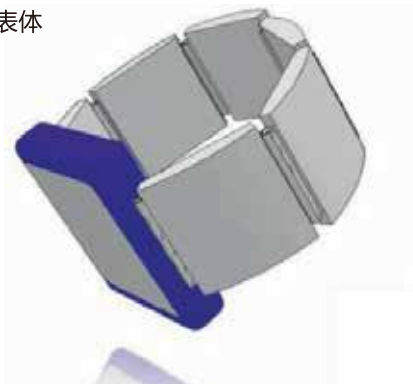


天线设计：Antenna Magus。

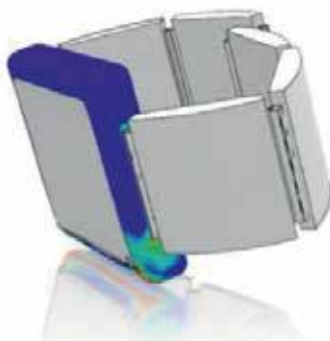


比吸收率(SAR)：CST时域求解器。

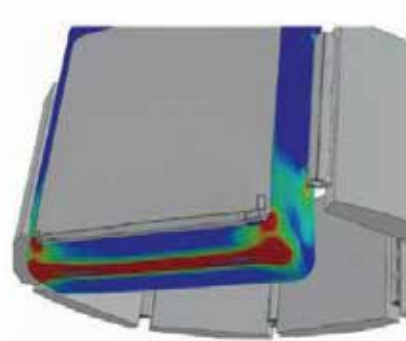
表体



跌落



冲击



形变

跌落仿真：Abaqus/Explicit

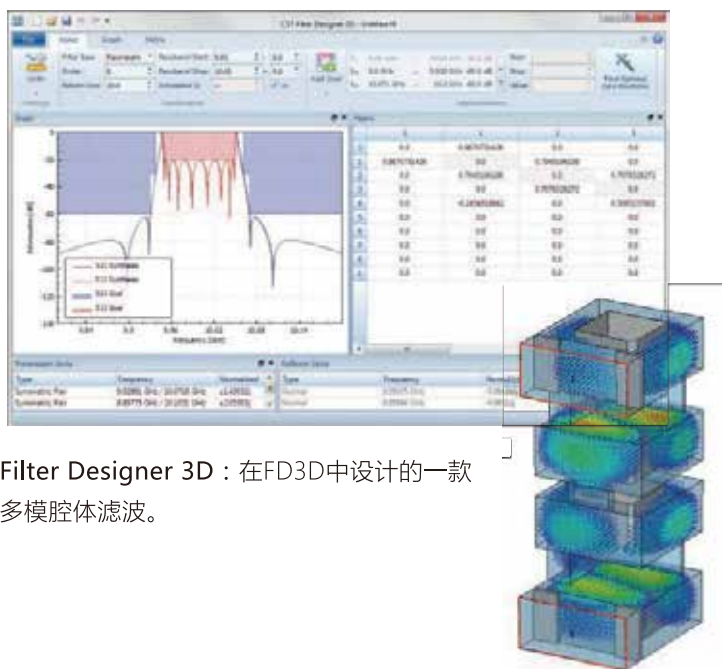
滤波器

滤波器设计与优化是CST工作室套装的一大应用，软件包含一整套工具用于滤波器设计流程中的每一个步骤，包括初始综合、精细调试、热分析和故障分析。

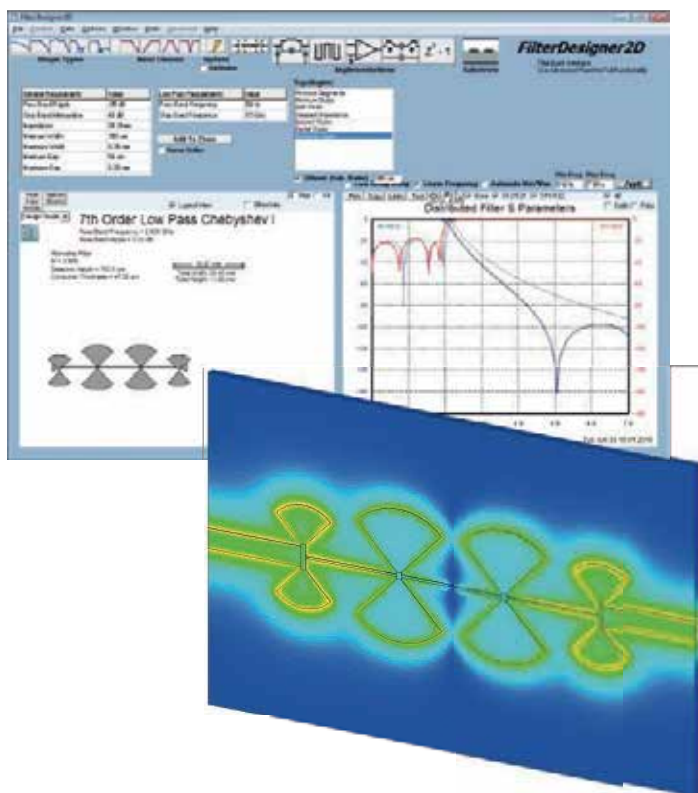
滤波器设计的起点是设计规格要求。这些设计要求一般不仅包括通带和阻带频率，还包括传输和反射零点、通带波动和品质因数，以及预算、空间和热需求。设计师面临的第一个挑战是选择一种既能满足约束条件又能满足各项要求的滤波器拓扑。为帮助工程师找到合适的滤波器类型并综合成一个初始设计，CST工作室套装提供了用于腔体滤波器、交叉耦合滤波器和双工滤波器的三维滤波器模块(FD3D)，和用于平面滤波器的平面滤波器模块(FD2D)。这些模块能用于为滤波器创建电路级模型和3D模型，以便开展进一步仿真。FD3D中的耦合矩阵提取为精细调试3D滤波器结构提供了一个高效途径。

由于材料属性、耦合和连接器影响等效应，真实滤波器的性能与理想的数学模型略有不同。使用CST工作室套装仿真不仅能仿真这些效应，还能通过优化降低它们的影响。强大的优化器（见第12页）和高速频域求解器能高效地调试设计中的大量参数。动网格优化可大幅度减轻调试极敏感滤波器时发生的“网格噪声”，从而更快速、更准确地调试滤波器。

滤波器在使用过程中，电磁损耗会导致它发热膨胀。多物理场仿真（见第7页）将电磁仿真与热和力学仿真相结合，能在制造原型之前分析滤波器的热失谐。此外，通过链接CST自洽互作用(PIC)求解器和SPARK3D，可对二级电子倍增效应和射频击穿进行仿真（电晕）。



Filter Designer 3D：在FD3D中设计的一款多模腔体滤波。



Filter Designer 2D：FD2D中设计的平面低通滤波器。

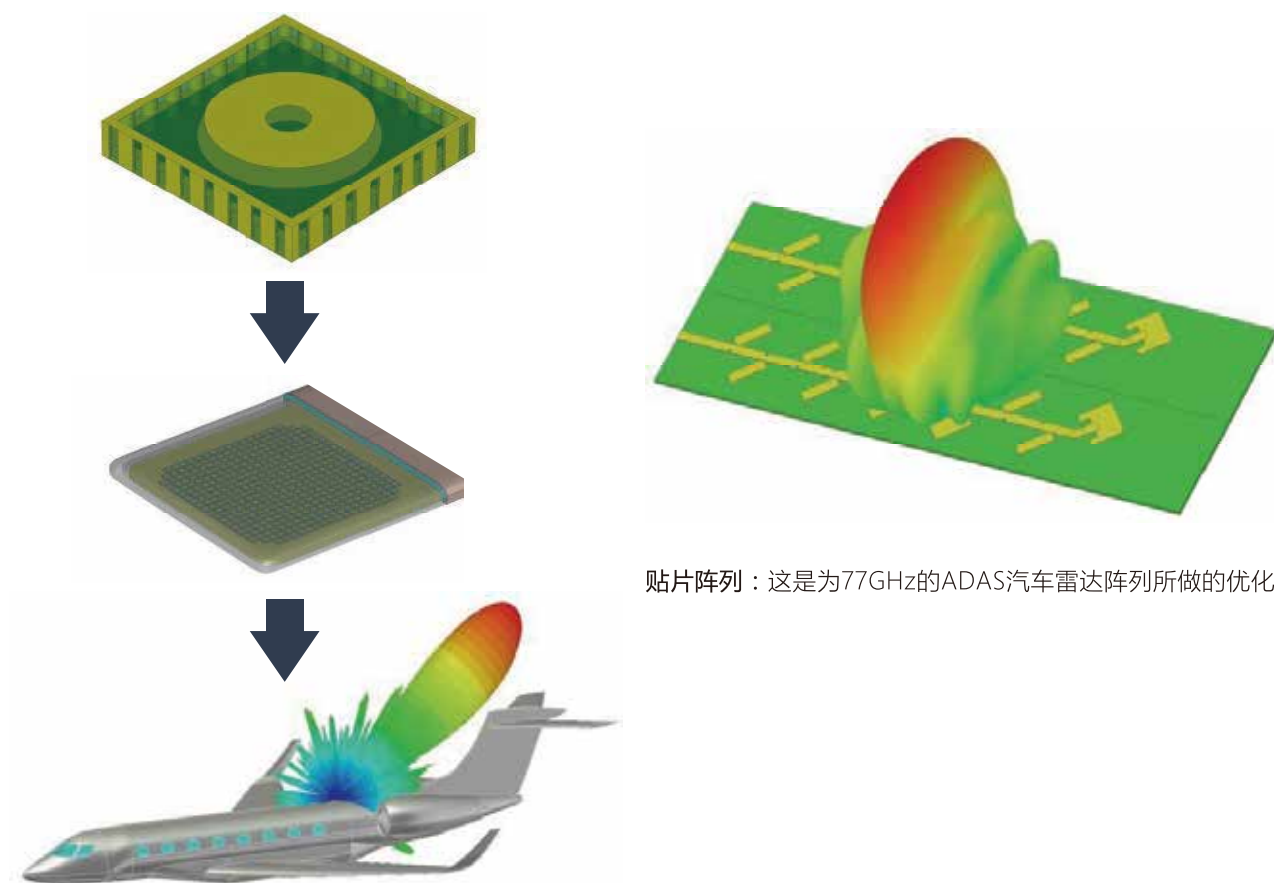
阵列仿真

通过将多个单元结合起来形成阵列，工程师能获得比单个天线性能优异得多的天线阵列。在正确的激励下，阵列能用于形成和控制波束，从而让阵列具备扫描环境或跟踪移动接收器的能力。从单天线设计到包含馈线和天线罩在内的完整天线阵系统，CST工作室套装能用于研发各类小型和大型天线阵列。

MIMO（多输入、多输出）是一种在移动通信中广泛使用的技术，能充分利用多径传播的优势，改善复杂环境中的接收性能，其构成了智能认知天线的基础。

CST工作室套装为MIMO天线提供计算性能指标的专用功能工具包，例如计算多路复用效率和包络相关系数。

对大型阵列，相控阵设计向导能显著简化阵列设计流程。首先仿真单个天线的性能以计算和优化方向图和阻抗，然后自动创建完整天线阵列模型，通过对天线阵的仿真将边缘效应和各单元之间的互耦考虑在内。通过与Antenna Magus中阵列综合工具的链接可以帮助用户为他们的阵列找到合适的布局与激励。

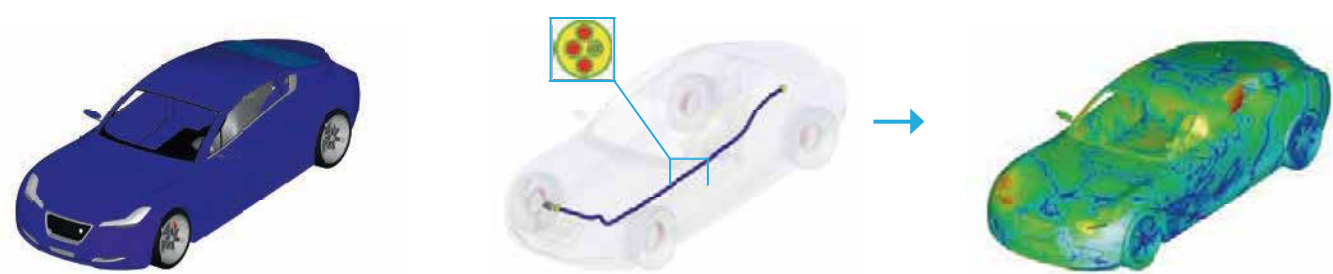


通信阵列仿真：设计相控阵的阶段，从天线单元（上）开始，经过阵列布局和天线罩设计（中），到最终装载后性能评估（下）

求解器耦合和混合仿真

每种仿真方法都有其自身的优势，每种优势都特别适用于特定类型的问题。但是众多现实系统并不严格地属于某一种类型，而是跨越了不同工程领域。为仿真这些系统，CST工作室套装内的仿真能以多种方式进行耦合，从具有真正的时域场路联合仿真功能的电路级仿真，到诸如电缆求解器等混合求解器，直至3D仿真内的场源耦合，不一而足。这就是说仿真可以混合进行，从而能在一个问题里结合多种求解器类型的优势完成仿真。

例1：汽车上的静电放电

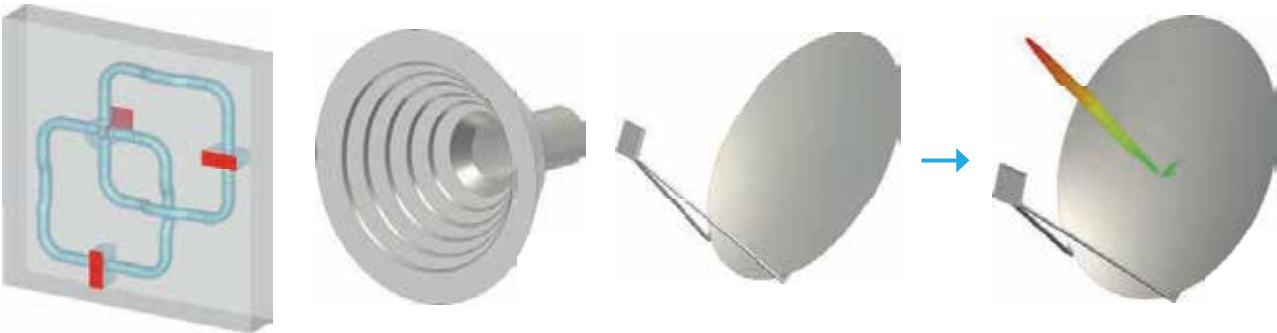


汽车底盘：在相关频率上属于电大问题，有精细的细节和大量的未占据空间。理想适用于传输线矩阵(TLM)求解器。

线束：复杂结构，尽管非常细窄，但是很长。理想适用于CST电缆工作室。

双向混合电缆仿真：能在模型中的一个位置将场耦合到电缆并传导到另一个位置，从而明确耦合路径。

例2：反射面天线性能



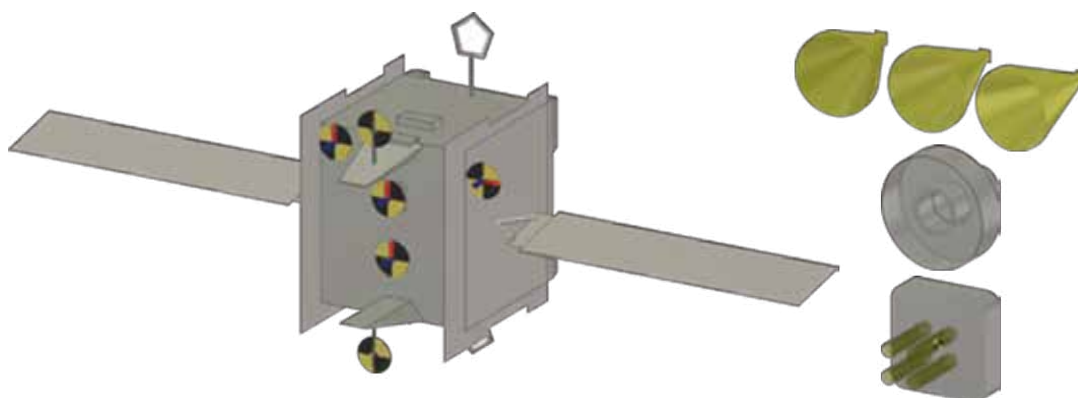
正交模转换器：窄带，理想适用于频域求解器。

喇叭天线：宽带，理想适用于时域求解器。

反射面：电大问题，理想适用于积分方程求解器。

可使用电路级耦合和3D近场源耦合级联每个组件的仿真，从而计算完整装配体的性能。

系统装配与建模(SAM)

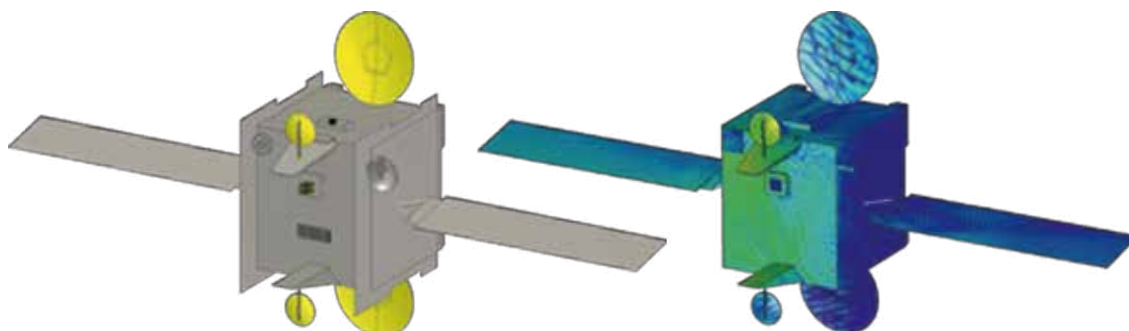


系统装配：一个裸卫星基座，标注有天线布置定位点和天线类型选择。

系统装配与建模(SAM)能简化CST工作室套装内的仿真项目管理。一个设备可能由一个以上的组件构成，每个组件可能都有不同的最佳求解方法，或是需要多个级联在一起的仿真和处理阶段才能得到用户所需的数据。SAM为开展完整系统的仿真和优化提供了一个架构，先逐个对组件使用混合和多物理场方法，然后对装配完成后的设备进行系统仿真和优化。

在SAM中系统以原理图方式加以描述。在最简单的情况下，用单个模块表达一个参数化3D模型。用户通过设置仿真任务来定义待执行的计算，这样就可以级联仿真任务并将一个仿真任务生成的数据传递到下一仿真。例如，一个滤波器的电磁分析可以后接一个热仿真，然后是机械形变仿真，最后这一几何结构形变可在另一电磁仿真中用于研究失谐效应。所有仿真和级联都能在SAM内轻松地进行定义，以实现真正的多物理场 workflow。

通过增加原理图中的模型数量，用户能够创建一个完整3D系统，并使用SAM定义各组件间的装配组合及位置关系。仿真任务可定义为包含单个组件或任意多个组件组合，用户能够指定对每个组件应使用哪些求解器和哪些高性能计算选项。将不同复杂程度的仿真结合在一起有助于降低准确仿真一个完整复杂模型所需的计算工作量。如果需要，SAM还能让用户使用场源级联仿真任务，或是在全3D环境中创建和仿真整个系统。



系统建模：使用SAM，组件能够组合成单个模型，或是使用场源耦合加以级联，用于混合仿真。

天线设计是CST工作室套装最主要的应用之一，CST可提供众多天线设计仿真工作流以满足多种应用领域的需要。天线既能单独设计和优化，也能在单元层面和完整阵列层面作为阵列的组成部分进行设计和优化，或是对安装在设备里或是楼宇、飞机、船舶和卫星等更大型结构上的天线进行整体设计和优化。

通过与CST产品Antenna Magus的链接，可以让用户轻松地根据需求查找和设计合适的天线，快速创建模型并开展进一步的仿真。

CST完备的技术为工程师提供了丰富强大的工具箱，用于研究天线安装在车辆、飞机和桅杆上后的性能以及天线嵌入电子装置后的性能。它可以与生物电磁仿真（见第24页）结合使用，便于用户对贴近人体的设备计算天线性能和比吸收率(SAR)。



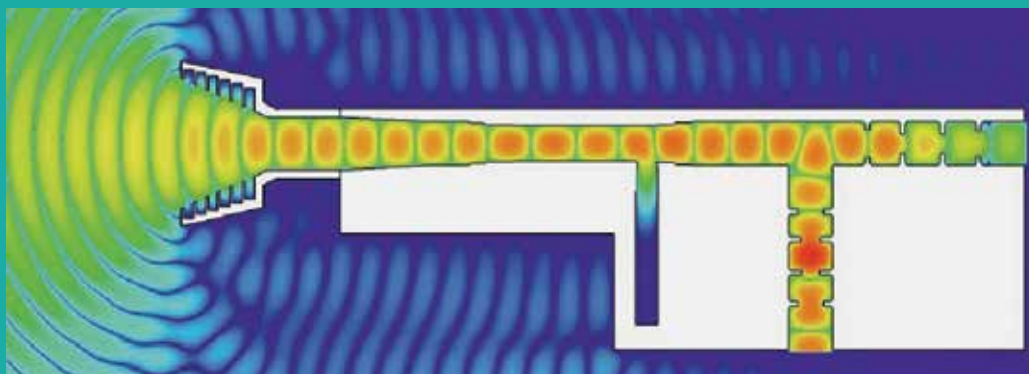
装载性能：轿车上的V2V天线被公交车遮挡后的辐射方向图。

高频电磁场仿真是CST最核心的功能之一。CST工作室套装为各种类型的微波和射频应用提供了合适的仿真工具，能够实现全波仿真、混合仿真、多物理场仿真和场路联合仿真。

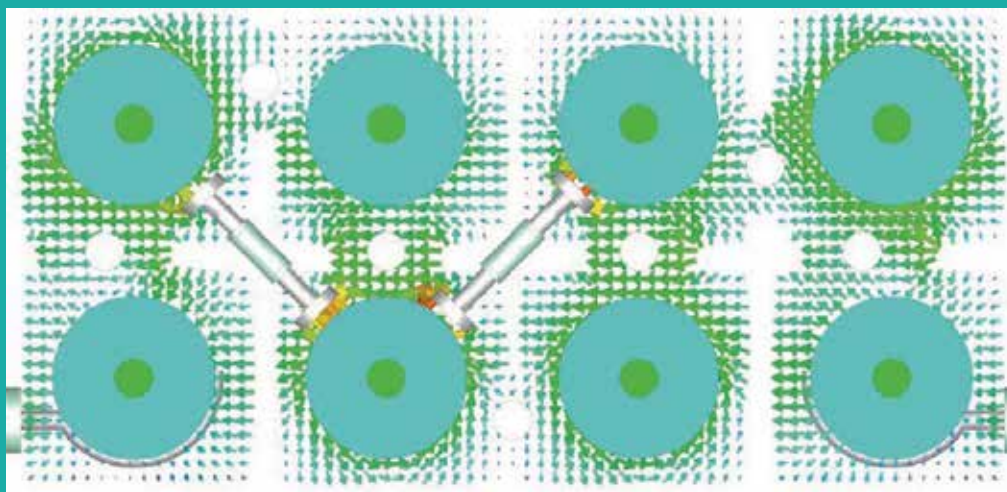
平面和波导射频组件既能单独进行优化，也能作为更大系统的一部分进行优化。SAM（见第21页）极其适用于微波和射频系统的设计，能同时装配和仿真多个组件。

这样能够加快系统设计速度并能在设计最初阶段就将装载性能考虑在内，同时能计及各单元间的耦合。

滤波器设计与综合是CST工作室套装的一项主要应用，通过链接多种专用CST工具，显著拓宽和提升了滤波器的设计功能。CST的滤波器设计工具能快速准确地综合和调试滤波器，即便是高灵敏度或使用复杂拓扑的滤波器也不例外（见第18页）。



卫星馈电系统：双工器、正交模转换器、波导过渡和馈源喇叭，使用SAM进行装配。



腔体滤波器：一种有传输零点的交叉耦合介质谐振器滤波器，在CST工作室套装内设计和调试。

生物电磁 (Bio-EM)



MRI : 7 T MRI的可调阵列和人体模型，从左至右依次显示B1+场分布、点SAR、10分钟后温度和热剂量(CEM43°C)。

图片由德国癌症研究中心(DKFZ)提供。

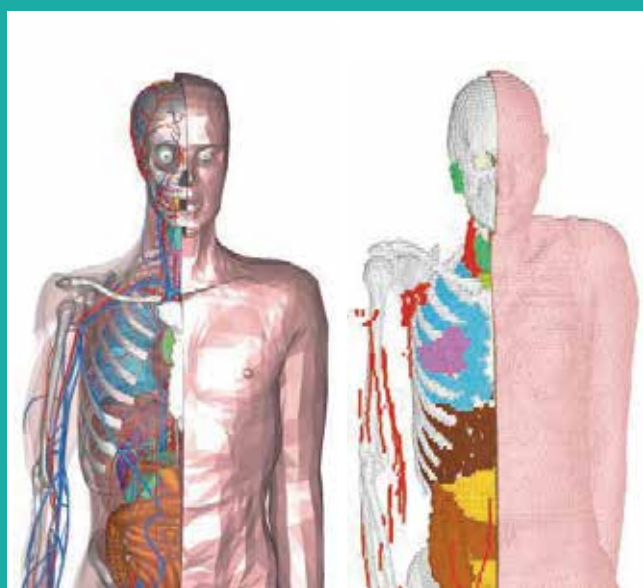
电磁场与人体的相互作用不仅与手机等现代通信设备有关，也与物联网和用于监测、成像和治疗的先进医疗设备等新技术有关。因为人体体内测量一般难以进行，电磁仿真是分析人体内复杂场分布的唯一途径，能用于确保设备功能实现并且认知和避免人体器官组织内功率损耗所产生的危害。

为了准确仿真人体内的电磁传播需要准确地建模复杂的解剖学结构和人体组织材料属性，而这两者一般会随年龄、频率和温度的变化而改变。CST同时提供基于体元的人体模型和基于CAD的人体模型，并能模拟不同年龄、个头和性别，同时提供了一个包含大量人体器官组织的材料库，另外还针对体元模型提供了一个工具用于调整人体形态。

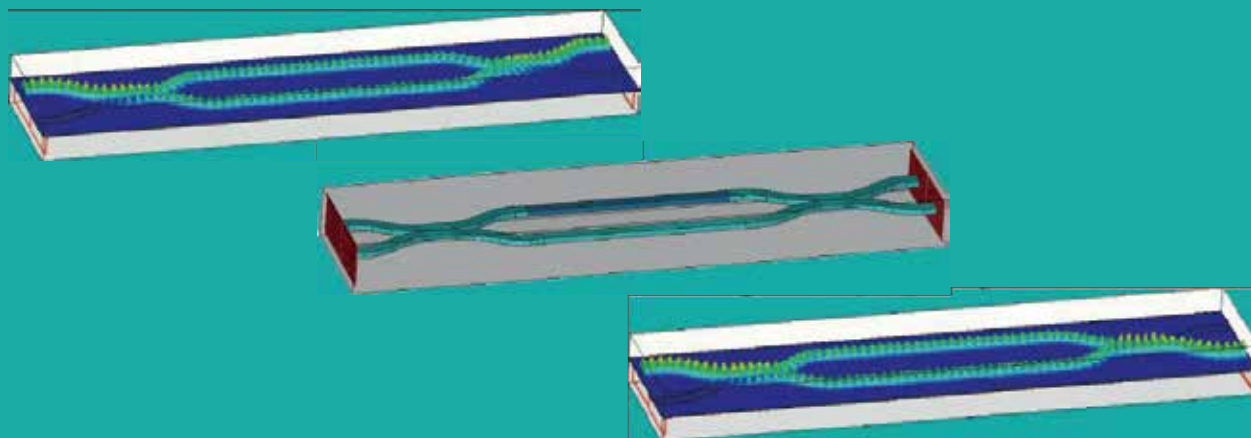
所有在人体近距范围内工作的电磁设备都需要政府机构认证，主要是基于统计场评估值（例如按照国际非电离辐射防护委员会(ICNIRP)标准）或比吸收率(SAR)，比吸收率是用于衡量人体吸收的能量大小的指标。CST工作室套装能直接计算各种类型的SAR，包括点SAR、1克和10克平均SAR以及整体SAR。

使得工程师能够在产品设计早期阶段就能对SAR值进行评估。

在设计人体体内或近距离使用的设备时，发热是另一项重要的考量。在部分医疗设备中，例如在癌症治疗设备中，发热是需要的效果，但在其他的应用中则是有害的。CST工作室套装提供带生物热传导求解器的多物理场模块，能计算温度分布和热剂量（CEM 43°C）以及对活体组织产生的影响，例如代谢热、血扩散和人体热调节。如欲了解更多信息，敬请参阅多物理场(Multiphysics)（第7页）。



人体模型：CST为电磁仿真提供基于CAD（左）和基于体元（右）的人体模型。



非线性行为：通过为一部分波导的局部施加外部场，改变其中一段直波导内的折射率从而能切换输出。
产生的相位变化会给输出通道上游或下游造成破坏性的干扰。

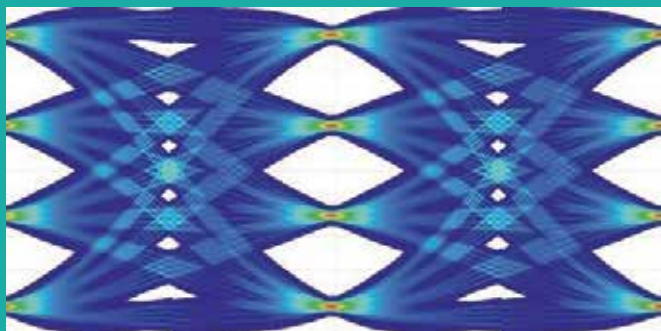
在众多领域中，光学、光电和等离子体器件已经成为关键组件，例如在通信、遥感或医疗应用中，并且它们会在将来扮演越来越重要的角色。对于此类器件的仿真有助于优化它们的效率，降低设计与研发成本。

光学器件中常常利用非线性效应，因此CST提供了一系列非线性材料模型（参阅第6页）。由于涉及的波长极短，因此光学组件往往要求仿真电气规模极大的结构。典型例子如光栅耦合器或波导弯头。高性能计算（请参阅第11页）为这些器件的全波仿真提供了一个有效途径。

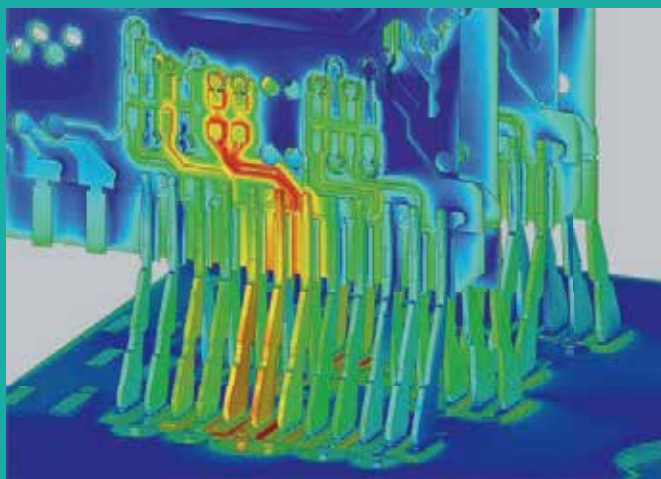
“在我们的团队里，我们经常使用CST工作室套装对我们光学超材料和等离子体进行研究。由于其用户友好性、仿真精度高、能灵活地为复杂问题建模，我们都非常喜爱使用。”

A. Alù，德州大学奥斯汀分校副教授





信号完整性：在CST工作室套装内生成的多级眼图。



通道建模：DDR4 RAM内存通道上的电场。

现代电路板和封装由于数据率高、结构紧凑、布局复杂，使其保持信号完整性(SI)、电源完整性(PI)和电磁兼容性(EMC)的难度较大。CST工作室套装包含了一系列工具，能够帮助工程师对PCB的布局进行设计、分析和优化。

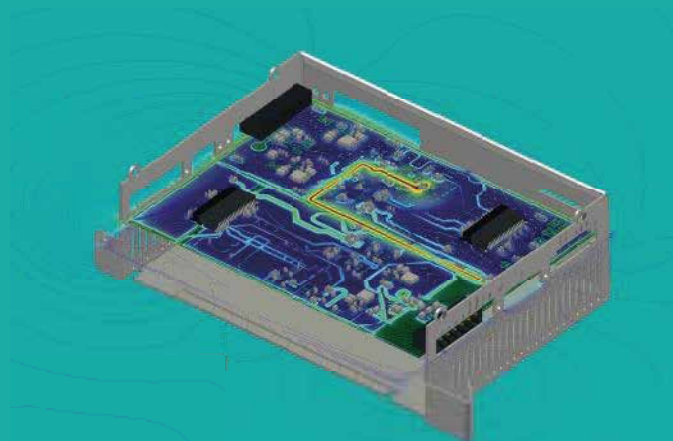
CST工作室套装内的专用PCB仿真工具能用于迅速仿真PCB的行为，包括压降、供电网络(PDN)阻抗和信号网络的传输特性。使用帕累托前沿优化能自动优化去藕电容，平衡价格与性能。此外，CST工作室套装还为PCB布局提供规则检查工具(CSTBOADCHECK)。该工具能自动检测可能导致SI/PI或EMC问题的结构。

使用为复杂印刷结构优化的专用网格剖分算法，PCB版图能直接转换为用于全波仿真的3D模型，或转换为用于电路仿真的等效电路模型。IC设计可通过芯片交互界面导入，该接口模拟真实的制造工艺，能生成精确的仿真模型。

仿真能重复使用同一虚拟原型进行许多标准的实验室测量，例如S参数、眼图和时域反射(TDR)，从而帮助降低成本和缩短设计周期。

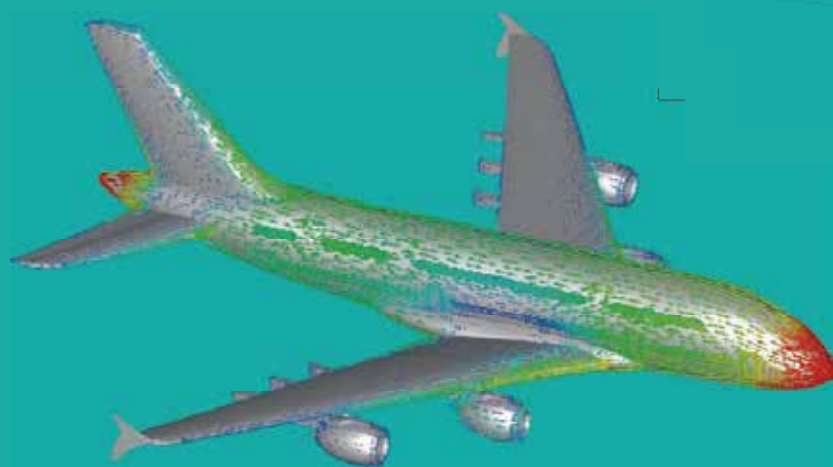
“采用CST微波工作室仿真EMC和EMI性能为我们在客户那里提供了竞争优势，增强了他们对我们产品的信赖。”

Ralf Kakerow, 大陆汽车有限公司



辐射：来自PCB的辐射发射

EMC/EMI和E3问题可能会从复杂结构中貌似微不足道的地方产生，例如一条线缆、一个通风孔或一道缝隙。传输线矩阵(TLM)求解器非常适用于这类情况，它支持能高效建模复杂结构的精简模型。



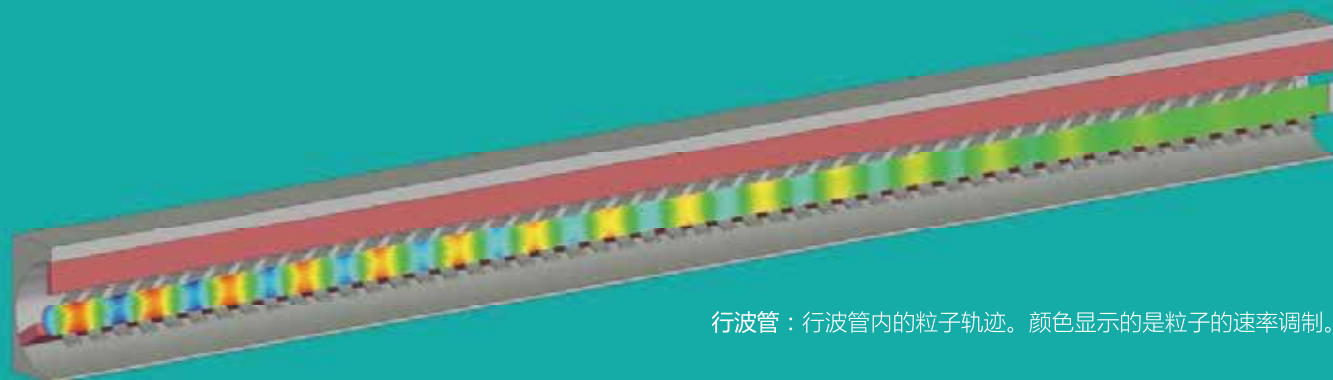
E3：飞机在雷击过程中产生的从机头至机尾的表面电流。

电磁兼容性(EMC)和电磁干扰(EMI)是同一个问题的两个方面。从电磁兼容合规的角度，待测设备不得产生干扰其他设备的传导发射或辐射发射。从抗电磁干扰的角度，设备必须能承受预期的干扰，无论干扰是来自临近设备还是来自环境中的电磁效应（E3），例如雷击或电磁脉冲(EMP)。

在电子设备仿真中，CST设计工作室的电路仿真能够对全波求解器进行有效补充和辅助，它包含在所有的CST工作室套装许可证中。真正的瞬态场路联合仿真能够在设备的3D仿真中使用SPICE和IBIS等组件模型。此外，使用规则检查工具CST规则检查还能核验PCB布局，发现潜在的电磁兼容性问题。

共存是一个重要的问题，对处于同一平台上的多个RF系统如此，对运行在高时钟速度下、谐波散布在RF频率范围内的多个数据总线也是如此。射频干扰会导致这些系统的性能恶化，是不可接受的。CST 干扰分析任务(Interference Task)能分析系统间耦合和传输，整体概览可能的射频干扰。该干扰分析工具完全集成在CST工作室套装内，便于在不同场景下运行分析，并在检测到可能的干扰后，测试缓解问题措施。

电缆能被结构某个部分中的辐射场耦合，然后传导到另一个部位，并再次辐射它们，导致进一步的电磁干扰问题。时域求解器可使用“混合瞬态电缆仿真”予以辅助。这样就可以将解析电缆和线束模型集成到3D模型中的3D model。



行波管：行波管内的粒子轨迹。颜色显示的是粒子的速率调制。

CST自起源就一直被用于粒子加速器设施。CST工作室套装为设计带电粒子装置提供数种工具，如磁控管和电子管等微波器件和用于粒子加速器的超相对论组件。

对静场中的粒子，粒子跟踪求解器能迅速计算出它们穿越装置的轨迹，适用于电子枪和离子枪设计。粒子的空间电荷通过迭代方法可在仿真过程中包含进来。自洽互作用(PIC)求解器是一种自洽求解器，能在单次仿真过程中直接将粒子产生的场考虑在内。因此，它适用于磁控管、速调管和行波管设计,此时粒子与场之间的非线性相互作用

显著。PIC求解器也能用于电子倍增效应分析。GPU加速功能用于进一步提高PIC求解器的性能。

为了帮助组件设计，尾场求解器(Wakefield Solver)可用来计算穿越加速器的粒子束周边的场。这些粒子会产生严重的尾场，尾场会与加速器内的结构，如准直仪和束流探测器相互作用，从而干扰波束。对有极高Q因数的组件，比如加速器腔体，本征模求解器能快速计算腔体的谐振模式，然后将计算结果用作PIC仿真的依据。



速调管中的粒子轨迹：PIC求解器仿真的1.24米速调管。产生RF信号的粒子束清晰可见。

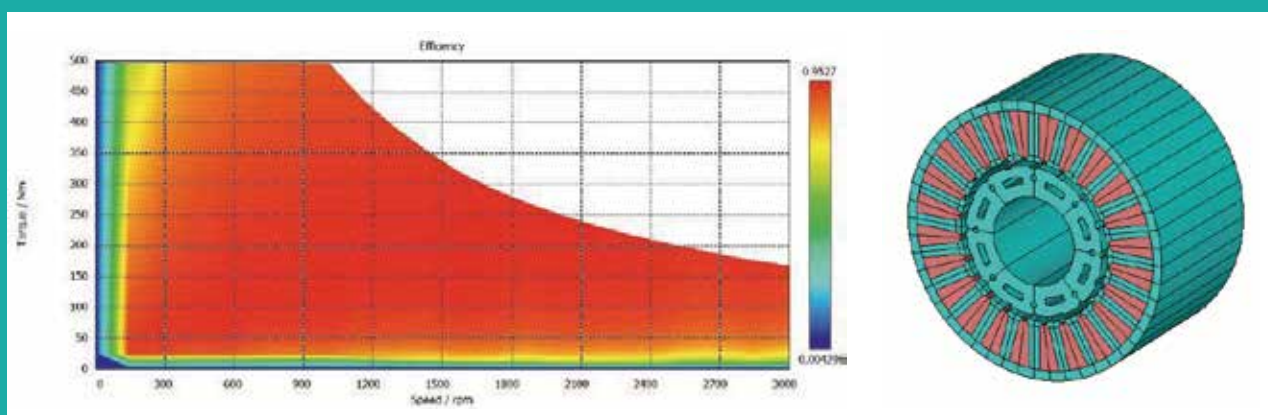
“CST电磁工作室现在是西门子（能源）公司各种电力变压器组件开发流程不可或缺的组成部分。这是由于该解决方案能提供直观的用户界面和多样化的可用求解器”

Ronny Fritsche, 西门子股份公司能源部门(Siemens AG Sector Energy) T TR PN

低频仿真的目的和要求与高频仿真极为不同。CST工作室套装为低频、静场和准静场仿真提供了专用模块。

电力输送网络中使用的高电压和大电流意味着变压器、开关设备和绝缘子等装置需经稳健设计，以保持可靠性和安全性。CST工作室套装内的低频求解器能计算流经这些装置的场和电流，并包含涡流效应。计算结果能被用于多物理场仿真中计算电流的热效应和结构可能发生的热膨胀。

低频仿真也可以用于设计磁装置，能轻松地定义线圈和磁铁，同时支持铁氧体等非线性材料。CST工作室套装不仅能计算设备内的场，还能计算作用于各种组件上的力和力矩。这些特性能用于设计电机、发电机、制动器和传感器。



电机仿真：使用自带向导能自动计算电机效率图。



CST工作室套装

组成 CST工作室套装的各模块紧密集成，方便用户全面运用求解器技术并能进行电路和多物理场联合仿真。



CST微波工作室：用于高频设备快速准确仿真的行业领先工具。应用领域包括微波与射频、光学应用、EDA/电子和电磁兼容/电磁干扰。



CST电磁工作室：用于设计和分析静场与低频电磁应用，例如电机、传感器、制动器、变压器和屏蔽罩。



CST粒子工作室：专注于自由移动带电粒子仿真的专用工具。应用包括电子枪、行波管、磁控管和尾场。



CST电缆工作室：用于电缆和线束的信号完整性以及电磁兼容/电磁干扰分析。



CST PCB工作室：用于印刷电路板上信号和电源完整性仿真以及电磁兼容/电磁干扰仿真。



CST规则检查：一个规则检查程序，能够读入常见电路版图格式，根据电磁兼容和信号完整性成套规则队PCB设计进行检查。



CST多物理场工作室：用于热仿真和机械应力分析的多物理场模块。



CST设计工作室：用于便利3D电磁/电路联合仿真、系统仿真和综合的通用工具，具有SAM功能。

CST- 计算机仿真技术

关于 CST

CST是三维电磁场(EM)仿真工具的市场领导者，通过一个包含销售、技术支持和分销商的全球网络提供电磁仿真工具。CST开发出CST工作室套装，一款适用于所有频段电磁场仿真的高性能软件。它将领先的技术、友好的用户界面和富有经验的专业技术支持人员结合在一起，持续不断地取得成功。CST解决方案被各行各业的佼佼者所采用，包括航空航天、汽车、国防、电子、医疗卫生和电信等。CST目前隶属达索系统旗下品牌SIMULIA。

如欲了解关于CST的更多信息，请访问网站

www.cst.com

关于SIMULIA

达索系统旗下SIMULIA品牌能让用户充分发挥基于物理仿真和高性能计算的作用，推动产品、自然和生活的持续创新。在达索系统3DEXPERIENCE平台支持下，SIMULIA真实仿真和优化应用能在耗费高昂的成本与大量的时间制作物理原型之前，加快任务关键设计与工程决策的速度。

www.3ds.com/simulia

关于 DASSAULT SYSTÈMES

作为一家为全球客户提供3DEXPERIENCE®解决方案的领导者，达索系统为企业和客户提供虚拟空间以模拟可持续创新。其全球领先的解决方案改变了产品在设计、生产和技术支持上的方式。达索系统的协作解决方案更是推动了社会创新，扩大了通过虚拟世界来改善真实世界的可能性。达索系统为140多个国家超过21万个不同行业、不同规模的客户带来价值。

如欲了解更多信息，敬请访问：

www.3ds.com

商标

CST, CST工作室套装、CST微波工作室 (CST MWS)、CST电磁工作室、CST粒子工作室、CST电缆工作室、CST PCB工作室、CST物理场工作室、物理场、CST微波工作室、CST设计工作室、CST电磁兼容工作室、CST规则检查、完美边界近似(PBA)、Antenna Magus、CST徽标、3DEXPERIENCE、Compass图标、3DS徽标、CATIA、SOLIDWORKS、ENOVIA、DELMIA、SIMULIA、GEOVIA、EXALEAD、3D VIA、BIOVIA、NETVIBES、IFWE和3DEXCITE均为达索系统，一家法国“欧洲股份有限公司”（凡尔赛企业登记号：B 322 306 440）或其在美国和/或其他国家或地区的子公司的商标或注册商标。所有其它商标均为其各自所有者所有。使用任何达索系统或其子公司商标均需获得其书面许可。达索系统解决方案与服务名称可能是达索系统或其子公司的商标或服务标识。

CST – 计算机仿真技术AG，德国达姆施塔特Bad Nauheimer Str. 19, 64289





地址：广州市科学城绿地中央广场A1栋1709
电话：020-3206 9003
传真：020-3206-9003
邮箱：pousensys@pousensys.com
网站：www.pousensys.com



欢迎关注浦信微信公众号