

经理人指南
借助多物理场仿真
加速产品研发进程

COMSOL® 软件

集多物理场建模、App设计和部署于一体的仿真分析平台

COMSOL Multiphysics®

借助仿真分析应对设计挑战

时效性在产品设计的过程中至关重要。精确、功能全面的仿真分析工具可帮助您在商业竞争中抢占先机。

COMSOL Multiphysics® 软件是一款功能强大的集成化仿真分析平台，可帮助研发团队加快产品开发进程并降低风险。

无论您致力于哪个领域的研究，都可以通过友好的用户操作界面和流畅的工作流程，使用基于单物理场或多物理场的模型对设计进行探索。

软件支持对电气、力学、流体、热学、声学 and 化学反应等多种物理化学效应的模拟，以及各物理场之间的自由耦合（详见第 16 页产品库）。

在制作产品原型前，分析产品在不同工作条件下的性能表现，不仅可以验证及优化产品设计，还能大幅缩短产品开发过程中的迭代次数，从而降低研发成本。

强大的求解器技术可以帮助您快速获取精确的仿真结果。无论是标准计算机硬件，还是高性能集群与云服务器，都可以用作运行软件的平台（详见第 17 页许可证选项）

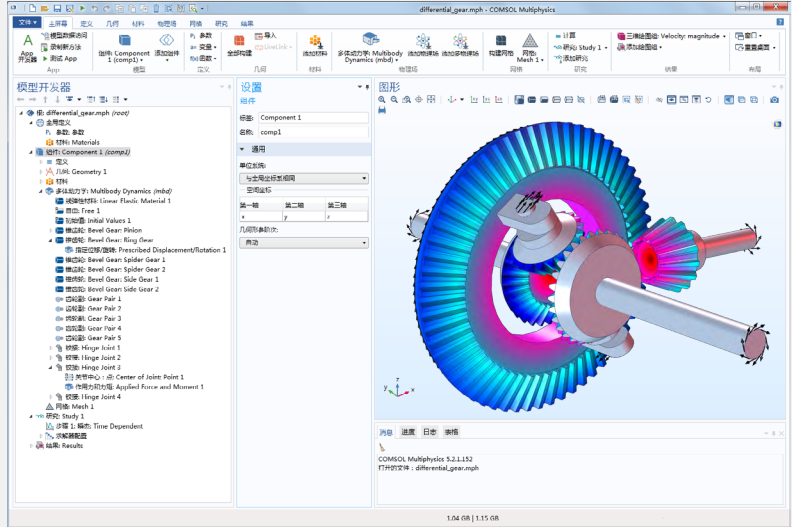
软件内置的后处理工具可对计算结果进行可视化分析；软件内置的接口工具可将 COMSOL 仿真与常用的工程计算、CAD 和数据分析软件集成使用。软件中的这些工具进一步加强了各部门之间的合作和沟通，同时提高了产品的开发效率。

COMSOL Server™

将仿真 App 部署于整个组织

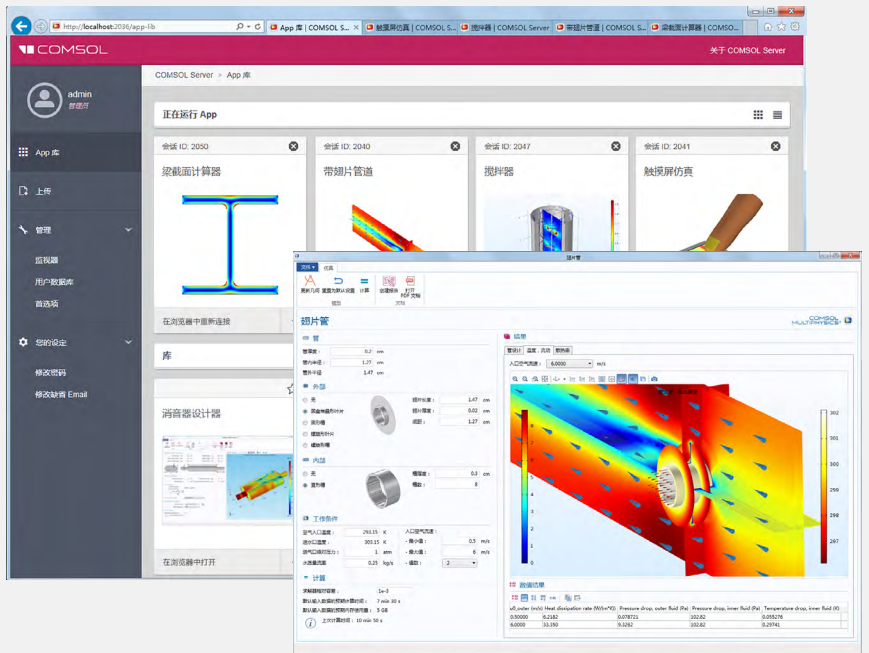
借助 COMSOL Multiphysics® 中自带的“App 开发者”，可将仿真模型封装为界面友好、简单易用的仿真 App。通过在组织内对 App 进行部署和管理，并分发给同事和客户使用，进一步扩展了由仿真分析带来的优势。

用户可以在 COMSOL Multiphysics 中直接运行仿真 App，也可以通过网络浏览器或者免费的 COMSOL Client 连接到安装了 COMSOL Server™ 的硬件设备，访问和运行 App。



基于物理系统的数值仿真分析环境 COMSOL Desktop®

使用“模型开发器”创建多物理场模型，计算后通过后处理工具对结果进行可视化。（上图为 COMSOL® 软件中差动轮系结构的数值仿真）

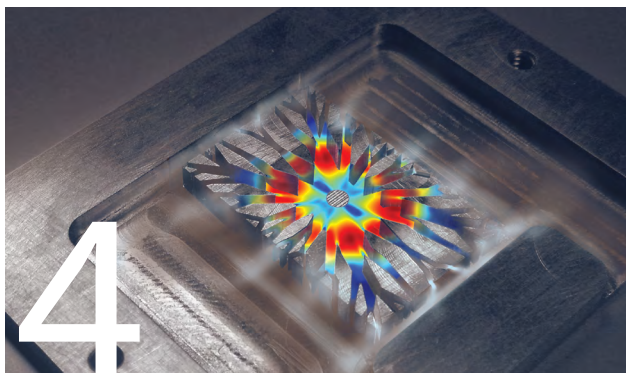


通过仿真 App 和 COMSOL Server™，进一步扩大仿真分析带来的优势！

根据同事、合作伙伴或者客户的不同需求，自由定制开发 App 用户界面。（上图所示的 COMSOL App 可计算带翅片管道在不同几何形状下的热性能）

借助多物理场仿真加速产品研发进程

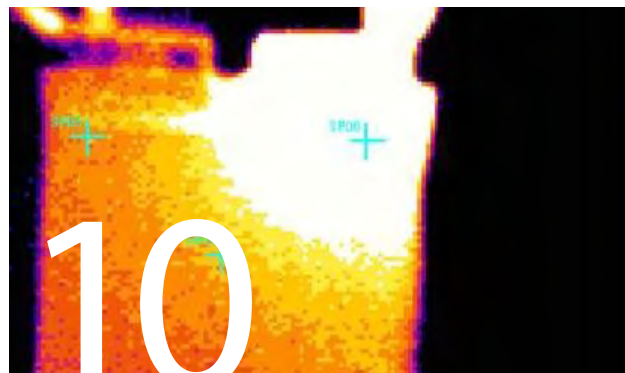
为设计、生产以及其他部门创建高精度的模型和仿真 App



丰田

汽车

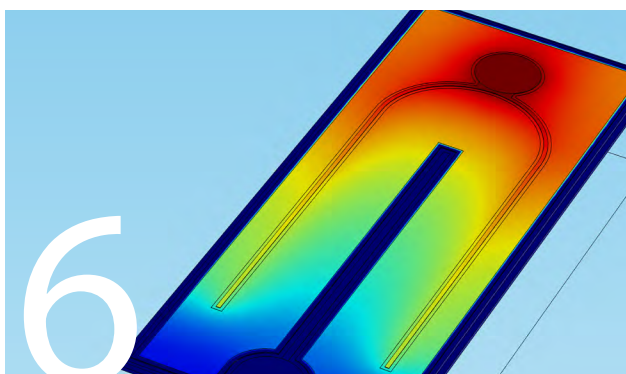
借助仿真分析优化混合动力汽车的热管理方案。



菲亚特

混合动力车

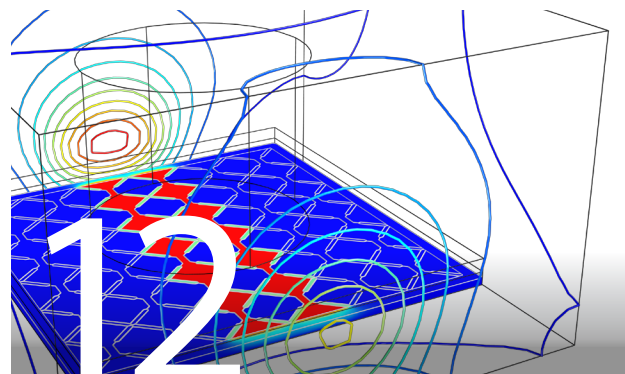
借助仿真研究电池组在充放电时的温度分布，改善电池组设计，大幅减少产品开发的时间和成本。



夏普

显示与照明

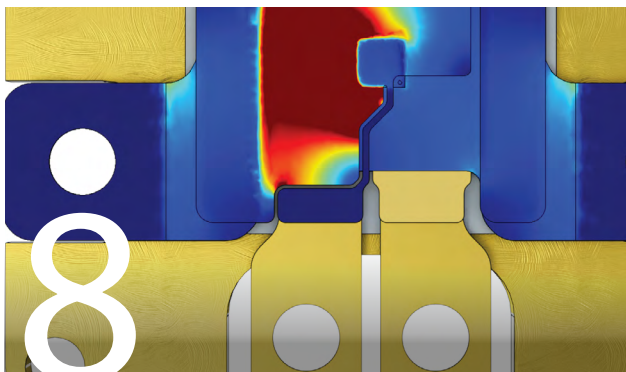
利用多物理场仿真优化 LED 设计，减少产品设计的迭代次数。



赛普拉斯

触摸屏

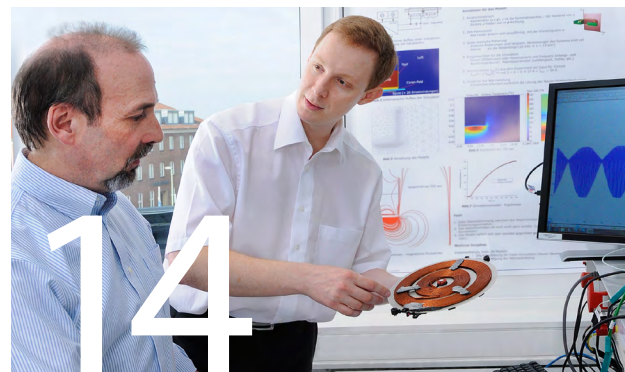
借助仿真 App 加强产品开发流程中各团队之间的有效沟通，简化触摸屏的设计流程。



Wolfspeed

电力电子

利用仿真 App 设计可在极端工况下工作的半导体器件。



美诺

厨房电器

借助多物理场仿真攻克电磁炉设计中的技术难题。

如果您有任何疑问或建议，欢迎通过 info.cn@comsol.com 联系我们。

丰田公司借助仿真优化拓扑设计改进混合动力汽车的冷却系统

→ 改造电子冷却系统

丰田公司的混合动力汽车中安装有精密的电气系统，其中包括多款半导体功率器件，比如二极管，以及用于功率转换和管理的绝缘栅双极型晶体管 (IGBT)。这些设备被安装在铝制散热片或散热板上，并将水和乙二醇混合液泵入由其形成的冷却通道中，以便进行热调节。

当技术路线图要求这些动力元件在保证消耗功率不变的同时将尺寸缩小一半，这会造成热通量的上升。由于发动机舱空间有限，无法安装更高功率的大型泵，因此通过安装大型泵来增加散热板间冷却剂输入量的方案并不可行。

在丰田位于美国密歇根州安娜堡的北美研发中心 (TRI-NA)，研究人员正在努力对散热板进行重新设计。Ercan (Eric) Dede 博士是 TRI-NA 电子研究部门的负责人，他解释说：“我们的目标是在散热板中结合射流冲击和基于优化后分支型冷却流道的径流，最终能在

尽量减少压降的情况下均匀地带走大部分的热。”对于 Debe 博士和他的同事们而言，最大的挑战便是设计出分支型冷却流道，他们可能需要制作大量的原型机来测试多种可能拓扑结构的热力学性能。

→ 斩获创新殊荣的高效工作流程

为了省去解析设计法和原型机试错法所需花费的时间和成本，在设计和测试这种有望用于未来混合动力车的新型散热板的原型机时，Dede 博士和他的同事们借助了数值仿真和多物理场拓扑优化。他们在工作流程中引入 COMSOL Multiphysics® 软件进行仿真，因而能够高效地设计出用于改造散热板中分支型冷却流道的拓扑结构。

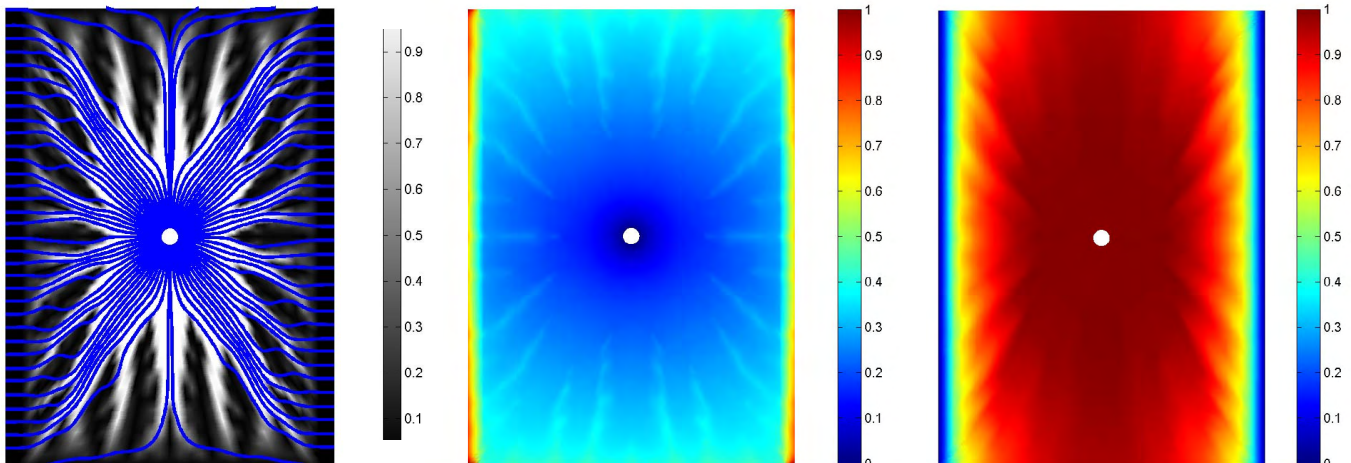
新型散热板的研发是 TRI-NA 希望加速其在能源和环境、安全性，以及移动性等基础设施领域的前沿研究工作进度而展开的。该研究也为团队赢得了

“R&D 100 大奖”的殊荣。

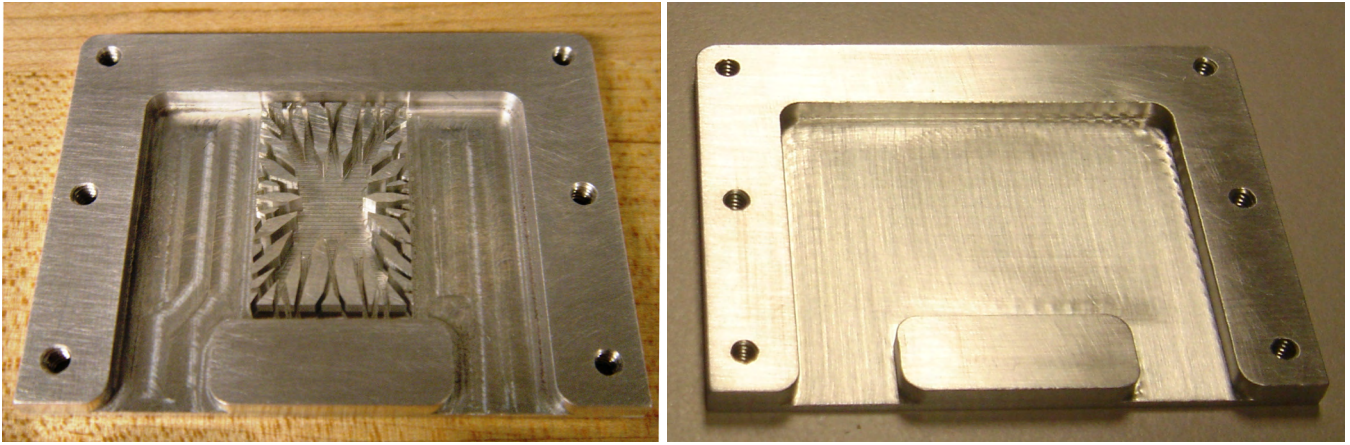
→ 混合动力车的冷却解决方案

“各应用领域研究人员都认为射流冲击是一个很不错的表面冷却实现方法。”Dede 博士说，“虽然射流冲击在距射流口较近区域的冷却效果不错，但在远离孔板处的效果就要差一些。”因此，他们的解决方案包含一个安装在散热板中心的单相射流冲击组件，以及分层式的分支型冷却流道，用于为周边区域提供冷却。“我们必须缩短这些冷却流道，这样才能将压降控制在最低限度。”Dede 博士解释说。

利用 COMSOL Multiphysics 的 CFD 模块和传热模块进行仿真，这对于优化分支型冷却流道的拓扑结构、进而在整个散热板内实现高效均匀的传热至关重要。此外，通过 LiveLink™ for MATLAB® 接口，Dede 博士可以直接在 MATLAB® 软件中运行仿真以优化设



蓝色流线图代表了最佳的冷却流道拓扑(左图)；归一化等温线(中图)；归一化等压线(右图)。



左图为带有分层式微流道拓扑的铝制散热板原型;右图为不带拓扑结构的铝制散热板原型。

计, 例如查看冷却流道拓扑将如何影响稳态自然对流传热和流体流动。

得到最初始的冷却流道拓扑之后,

各处, 从而实现了均匀的温度和压力分布, 这也是该分支型结构计划实现的功能之一。之后, 研究人员就在这一分形拓

设计工具的主动链接, 因此我们可以轻松地把 SOLIDWORKS® 中的结构设计导回 COMSOL®, 以验证压降和传热问题。” Dede 博士说,“这才是仿真的真正未来, 将你的 CAD 工具与仿真工具连接在一起, 然后借助快速精确的设计迭代来简化开发流程。” 基于 SOLIDWORKS® 软件的设计结果, 研究人员采用标准微加工技术和铝材制作出了原型机。改造后的功率电子散热板的传热性能提升了 70%, 尺寸却仅为现在的 1/4。❖

“……这才是仿真的真正未来, 将你的 CAD 工具与仿真工具连接在一起, 然后借助快速精确的设计迭代来简化开发流程。”

研究人员可以将用于分隔不同冷却流道的鳍片的高度也加进去, 然后对其进行独立的参数化尺寸研究。仿真结果显示, 流道可以有效地将冷却剂分散到散热板

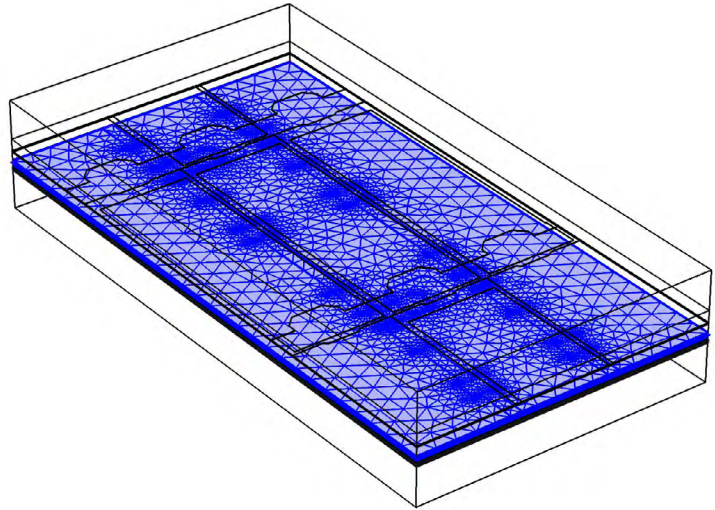
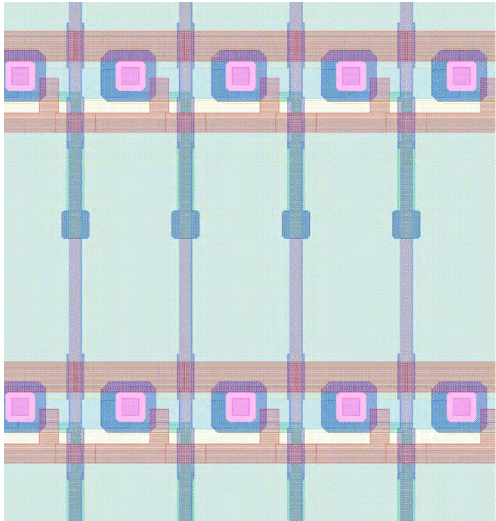
扑的指导下利用 SOLIDWORKS® 软件设计物理散热板的原型机。

“LiveLink™ for SOLIDWORKS® 接口有一些非常棒的功能, 支持与 CAD



丰田北美研发中心拓扑优化小组成员 (从左到右): Ercan Dede 博士, 负责人; Jaewook Lee 博士, 韩国航空大学助理教授 (前 TRI-NA 研究员); Tsuyoshi Nomura 博士, 丰田中央研发实验室高级研究员 (前 TRI-NA 研究员)。

夏普公司的经济型多用途研发工具： 多物理场仿真软件



左：从 ECAD 软件将夏普显示器的 LCD 像素几何导入 COMSOL Multiphysics® 软件；右：针对 LCD 像素点的高纵深比结构生成的网格。

→ 理解产品开发的新技术

当今的电子产品非常复杂，在这个高度集成的系统中，涉及处理器、光源和电源、模拟和无源器件、显示器，以及微机电系统 (MEMS) 等技术。产品立项时，开发人员首先就应基于产品涉及到的多种科学与工程原理，理解系统组件内和组件间的相互作用，从而最终实现产品的功能、质量、成本和上市目标。

对于这种多学科产品设计理念，没有其他地方比夏普在日本大阪的研发实验室做得更彻底。夏普欧洲实验室 (SLE) 是夏普公司的下属机构，正积极研发应用于照明、显示器、医疗器械和能源系统中的技术。

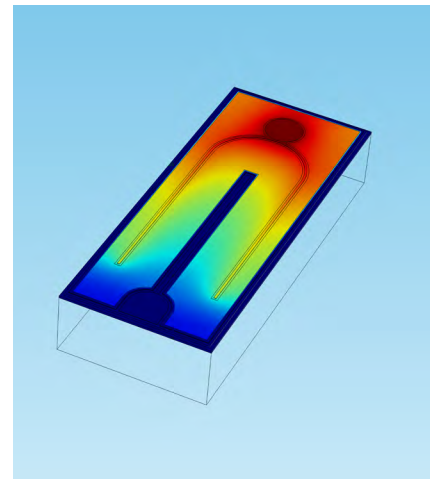
“我们的大部分工作都有一个共同特征，那就是它们的多学科本质，我们研发团队的人员来自不同领域的专业人士也反映了这一点，比如材料学家、化学家、

物理学家、光学设计、电子工程师和软件开发人员等。” SLE 健康与医疗设备小组的研发经理 Chris Brown 如是说道。

在类似 LED 照明系统的产品线中，研究人员正面临着优化电极设计以避免出现热聚集区域的挑战，因为它会严重影响系统的整体效率。为改进 LCD 显示器的图像质量，降低能耗，研究人员需要多种工具来提取及分析单个像素点的电气特征。同时，在医疗和能源领域的其他一些研发活动中，也需要理解流体流动、传热和电气性能之间的相互作用，以便设计出更精确、更高效的系统。

→ 改进设备性能与质量，缩短上市时间

每一个应用都会给 SLE 的工程师们带来独特的挑战。多物理场仿真是解决这些难题的强大工具，它能帮助不同



COMSOL® 软件仿真结果中显示的 LED 表面电势。

工程领域产品开发人员提升设备性能、改进产品设计流程，同时降低成本。

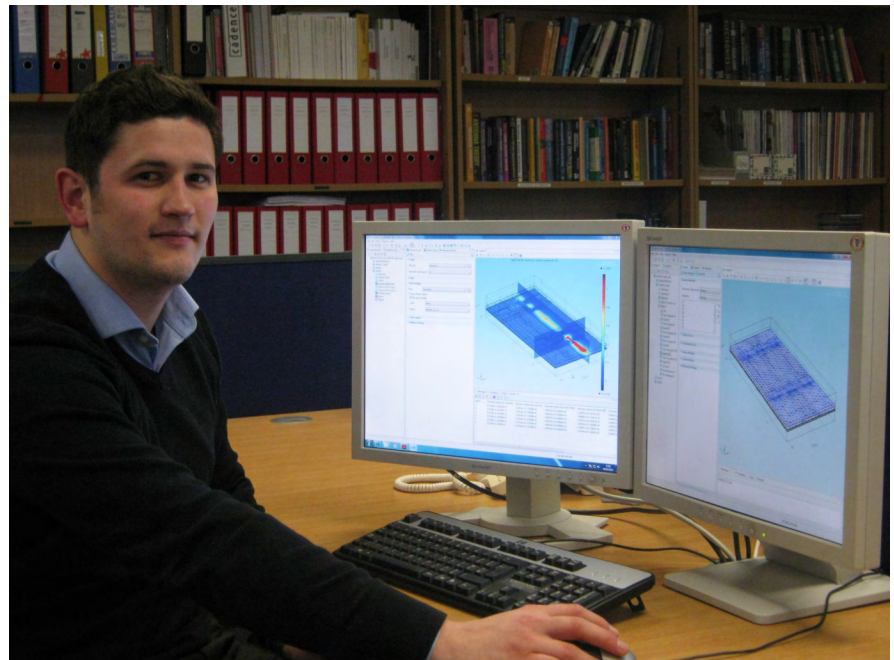
基于对 LED 系统的研究，团队发现他们耦合了电气和热行为的模型仿真结果与实验结果精确匹配。Brown 解释说，有了多物理场仿真，他们“能够优

化 LED 设计, 提升产品性能并缩短上市时间。”

用多物理场仿真来评估产品的设计和性能有多种优势, 而在不同的情况下带来的优势又各不相同。当涉及 LCD 产品设计时, “COMSOL® 软件在网格剖分方面的通用性和可控性使我们第一次成功分析了高纵深比结构。” Brown 说, “软件的模拟能力为我们的实验创造了一个更精确的起点……减少了设计所需的迭代次数, 进而帮助我们节省原型机研发所需的时间和成本。”

→ 多物理场仿真成为产品设计的解决方案

SLE 对所有工具的采购、配置和使用都有着严格的标准, 在使用 COMSOL 软件进行研发探索中也遵循着同样的标准。“过去五年间, COMSOL 软件已经在 SLE 内部得到了广泛使用, 从最初只有 LED 部门使用 COMSOL, 到后来通过内部推荐, 其他研发部门也开始使用



研究员 Matthew Biginton 正通过 COMSOL 模拟 LCD 像素点的电容。

的 LCD 显示屏。作为 SLE 电子电路设计工作流程中的一部分, 他们使用 AC/DC 模块来提取每个像素点的电气特征以及整个 LCD 薄膜中电气布线的寄生电阻和电容。

个研究工具和产品开发工具, COMSOL Multiphysics 将继续在研发生产中发挥其重要作用。” ❖

“软件的模拟能力为我们的实验创造了一个更精确的起点……减少了所需的设计迭代次数, 进而省去了原型机研发的时间和成本。”

COMSOL。” Brown 说道。每个团队都购买了 COMSOL 基本模块的许可证文件以及各自专业领域的相关附加模块。

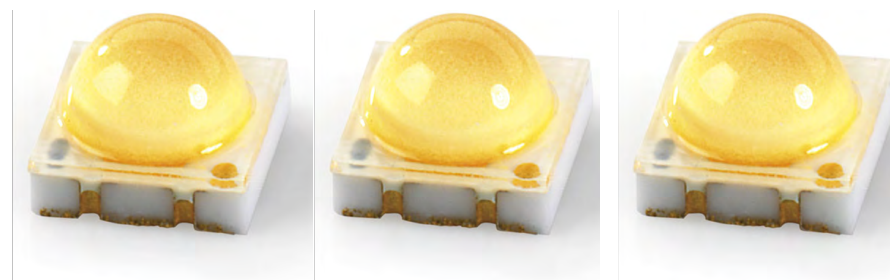
多物理场仿真最初用于实现 LED 的散热最大化, 实现设备中温度的均匀分布, 并提升设备效率。对于这一应用, Brown 解释说他们“使用 COMSOL Multiphysics® 软件的 LiveLink™ for SOLIDWORKS® 模块来简化设计的格式转换, 将格式转换出错的风险降到了最低。”

SLE 同时还为夏普的显示器业务提供技术支持, 比如用于智能手机和电视中

在多物理场仿真的帮助下, SLE 成功地在公司各类项目中实现了不同工程领域的产品研发。Brown 希望 SLE 能继续坚持这种多学科研发方法, “作为一



Chris Brown 是健康与医疗设备小组的研发经理。



夏普的 LED 模块 (www.sharpleds.com)。

高性能功率器件模组与多物理场仿真

→ 电力电子中热管理的再思考

电力电子行业为数十亿的用户提供从新潮汽车、智能手机、平板电脑，到其他各种无线设备等产品。热管理会极大地影响这些设备的性能，比如，如果温度高于指定工作条件，就可能出现过热，或造成电阻上升、切换频率降低以及阈值漂移等问题。所有这些效应都会导致设备效率及可控性的降低，最终造成设备故障。在当今电子产品更趋向于小型化、轻型化的潮流下，热管理问题也变得更具挑战性。

因此，对于可以控制传热和电流的功率器件模组需求在不断上升，从而使电子设备能够在较高的频率和温度下稳定运行。Wolfspeed, A Cree 公司的工程师们已经开始开发一种新的功率器件模组，希望它的稳定性和灵活性能优于当前市场上的其他产品。他们面临的最大挑战是要最小化热阻和会造成电压尖峰的寄生电感。为改进热管理及延长产品寿命而开发的这种新型功率器件模组包括裸芯片(器件)、触点、互联、环绕外壳，以及基底组件。

→ 通过仿真节省时间和资金

对 Wolfspeed 公司的资深工程师 Brice McPherson 而言，COMSOL Multiphysics® 仿真是一个非常有用的工具，它可以极大地帮助节省设计阶段的时间和费用。他的新设计基于两种宽带半导体：氮化镓(GaN)和碳化硅(SiC)，它们可以在较高的频率和温度下稳定工作。在他们尝试找出几何和材料属性的

最佳组合，有效优化重量、切换频率及密度的过程中，仿真是必不可少的组成部分。

“Wolfspeed 专注于大功率密度产品，需要在设计完善前进行许多精密测试。因此能在正式投入资金和时间制造原型机和产品之前对设计进行模拟，将非常有价值。”他评论道。

McPherson 能使用 COMSOL® 软件模拟焦耳热，分析导体产生的热量，以及研究对类似基底和底座厚度等几何方面的更改将带来的影响。他还建立了参数化扫描，研究热阻随基底导热系数和器件尺寸的变化。“通过参数化模拟，你可以精确找出对系统影响最大的参数，并在性能、复杂度和成本之间找到一个

最好的折中方案。”他补充道。

→ 仿真结果促成了半导体解决方案

McPherson 成功优化了功率器件模组的热和电性能。他的 COMSOL 模拟结果显示，两款新设计的电感和热阻均低于常见的 TO-254 型商用晶体管。他应用了不同的温度和电压边界条件，分析由此产生的电感、热阻和电流密度，然后据此调整设计以优化载电流容量和面积。利用多物理场仿真最终设计的 Wolfspeed 功率器件模组，不仅极大改进了热管理，还支持在更为严苛的环境下工作，例如超过 225 °C 的高温环境。

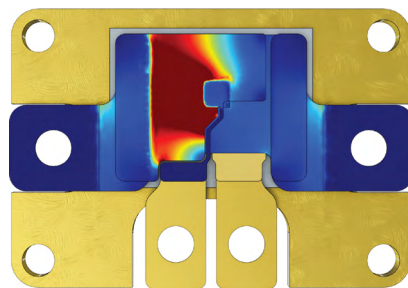
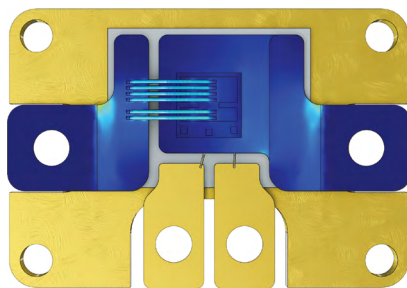
→ 与整个团队分享仿真

COMSOL 还是一个 App 应用程序



新型 Wolfspeed 功率器件模组。整个器件略大于 25 美分硬币。

“能在正式投入资金和时间制造原型机和产品之前对其进行模拟，这非常有价值。”



仿真结果显示了 SiC (左) 和 GaN (右) 功率模块中的电流密度。SiC 电源中的电流密度较低(适用于大电流)，且电流主要集中在焊线中。GaN 电源的平均电流密度较高，但可以提供更大的导电区域(较小电感的理想选择)。

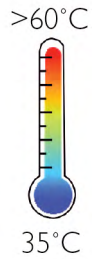
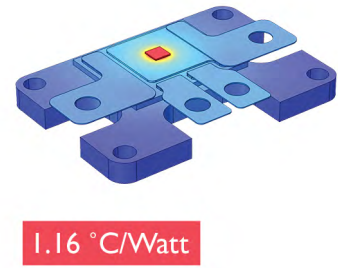
设计环境。McPherson 利用 COMSOL 的 App 开发器将他的仿真模型转换为应用程序 App, 因此能更轻松地与同事分享仿真与结果, 包括那些没有工程背景的同事。他的最新 App 研究了焊线的载流流量和熔断电流, 焊线是用于连接半导体器件与类似新型 SiC 和 GaN 模块的小电线。“我们要时刻牢记希望通过这些焊线传输多大的电流……这在很大程度上取决于焊线和回路的几何结构。” McPherson 解释道, “现在, 我们可以使用一个简洁的 App 来获取数据, 无加速其他一些设计过程。“我们写了许多计划书, 通常需要一位工程师花费一整天的时间进行首回合分析…… App 开发器在这方面也非常重要。”

使用 COMSOL Server™ 许可

TO-254



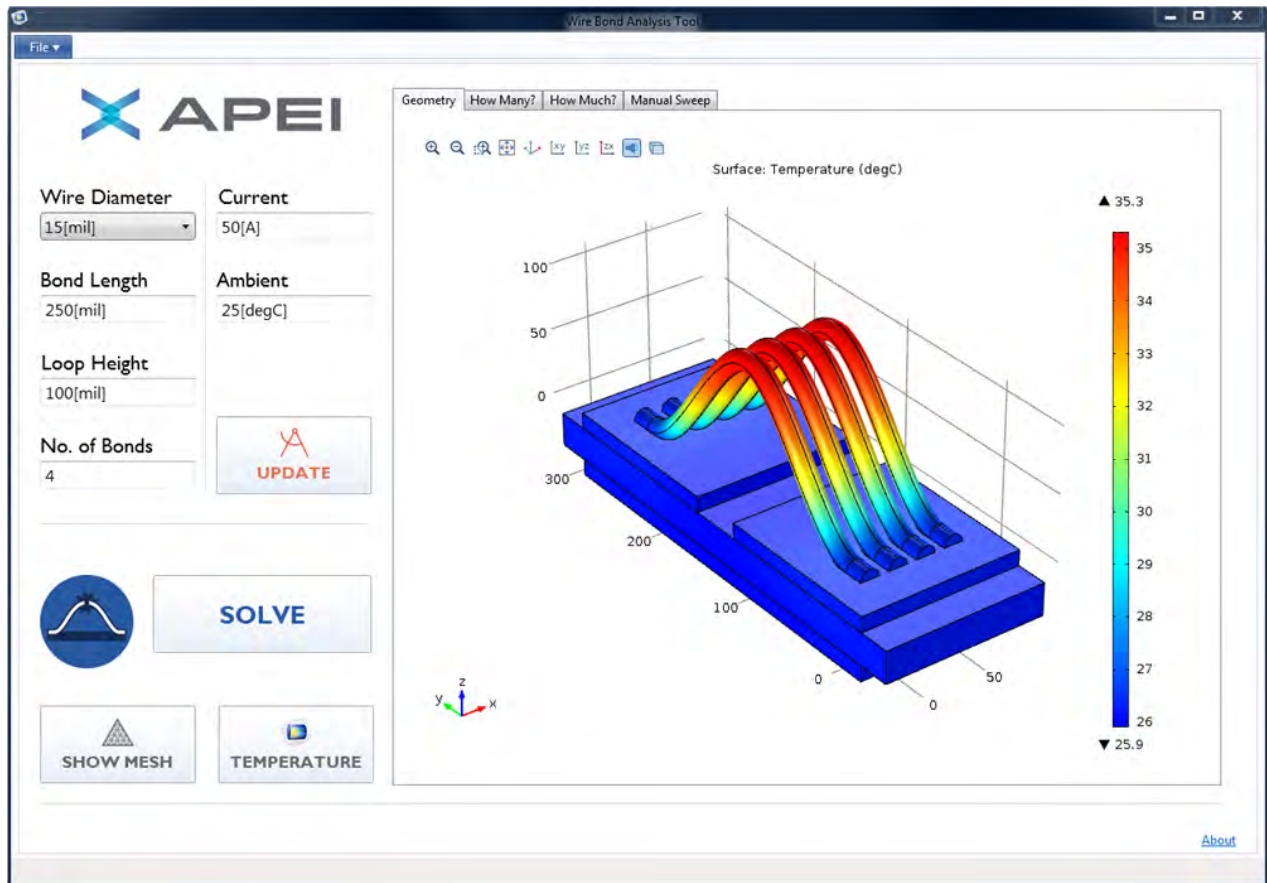
GaN HEMT



TO-254 与 McPherson 电源组的热阻结果对比。SiC (左), GaN (右)。

证, 可通过任意主流的网络浏览器运行 McPherson 的 App。用户可以轻松地使用 McPherson 的 App 确定最大允许电流, 查看焊线数量对峰值温度的影响, 以及确定在指定电流输入、温度和

几何设定下所需的给定直径的焊线数量。借助多物理场仿真及由模型转换成 App, McPherson 轻松地实现了对 Wolfspeed 电力电子电源中热管理的重新设计。❖



App 显示了焊线中的温度变化。终端用户可以更改焊线长度、回路高度, 电流电平以及焊线数量。

菲亚特改进锂离子电池组的热管理

→ 为效率及安全最大化而设计

考虑到汽车漫长的开发周期，汽车制造商需要提前很久就开始为新车型的推出做准备。随着排放标准的不断提高和油价的日益上涨，纯电动及混合动力车对消费者的吸引力越来越大，它们的市场份额将进一步扩大。

在意大利奥尔巴萨诺市的菲亚特研发中心，研究人员正使用锂电池、铅酸电池和超级电容器来开发电动和混合动力车。菲亚特目前已推出几款由电力驱动的轻型卡车，还在美国市场推出了纯电动版的菲亚特 500。

要尽量轻和巧，同时还需使其温度保持在合理的范围内。因为这些电池相互间以串联的方式连接，如果一个电池因受热出现故障，就会给整个电池组带来不良影响。

因此必须保证电池组内所有电池间的温差不超过 5 °C。此外，如果电池组的整体温度过低，则会限制从电池组中所能提取到的电量。如果整体温度过高，则可能出现热失控风险，直接导致电解质泄露、冒烟，在最严重的情况下，甚至会起火。

不仅找到了电池中的热量聚集区域，还能够分析它内部的温度分布。由于通过向聚合物电池中插入热电偶的方式来获得可靠数据是十分困难的，所以 COMSOL 提供的这些数据对于研究人员来说就显得尤为珍贵。

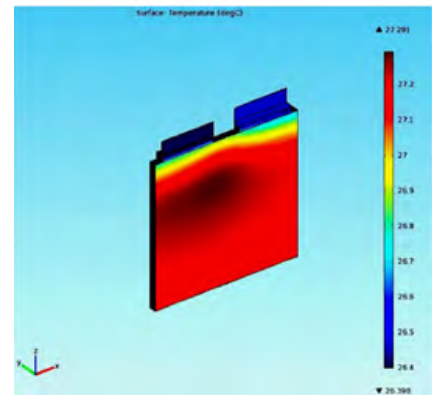
此外，研究人员还模拟了他们的设计，发现仅需安装一个较低功率的风扇就可以达到有效降温的目的，从而节省了成本。“在模型的帮助下，我们将设计时

“在过去，我们大约需要 1000 个小时来开发一套电池组，现在预计可以将开发时间压缩到 300 个小时。”

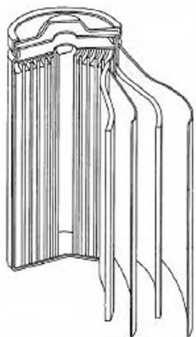
菲亚特研发中心本身并不负责制造单个聚合物锂离子电池，他们需要将近 100 组的电池制成电池组以提供电动车所需的 350 V 电压。电池组的设计需

→ 仿真提供了至关重要的解决方案并降低了成本

菲亚特的研究人员通过使用 COMSOL Multiphysics® 开发的模型，



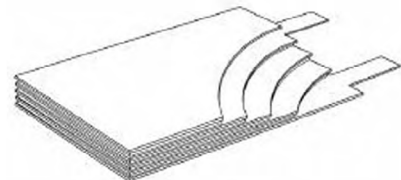
锂离子电池组中一个聚合物电池的表面温度 - 温度分布的均匀性是一个重要参数。



圆柱形



棱柱形



软包组

三类锂离子电池。菲亚特使用 100 组左右的聚合物电池来为他们的汽车提供动力。

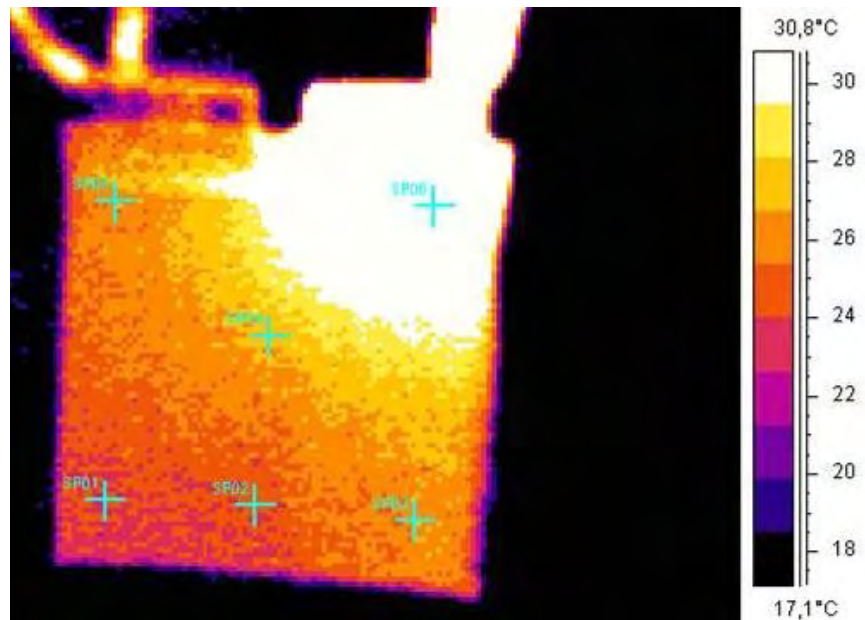
间缩短了 70%。在过去，我们大约需要 1000 个小时来开发一套电池组，现在预计可以将开发时间压缩到 300 个小时。”菲亚特研究员 Michele Gosso 如是说。

→ 混合动力车中的电池组设计

在锂离子电池中，热由焦耳热和化学反应产生，可以通过与电流密度相关的表达式计算。在他们的设计中，Gosso 和他的同事们决定采用对流冷却方法，并使用多物理场仿真来研究在电池表面的温度分布。

在模型中，每个聚合物电池的表面被分为九个区域，对应于实际测量时置于电池上的热电偶。他们计算了不同充放电速率下的温度分布情况，以确认模型符合由热电偶和红外热像仪观测到的实际测量结果。研究发现，测量结果与仿真结果之间的差异小于 1 °C。

根据模型分析结果，研究人员能够减小电池间物理通道的尺寸。这样就可以使用较小的电池框，既减小了电池组面

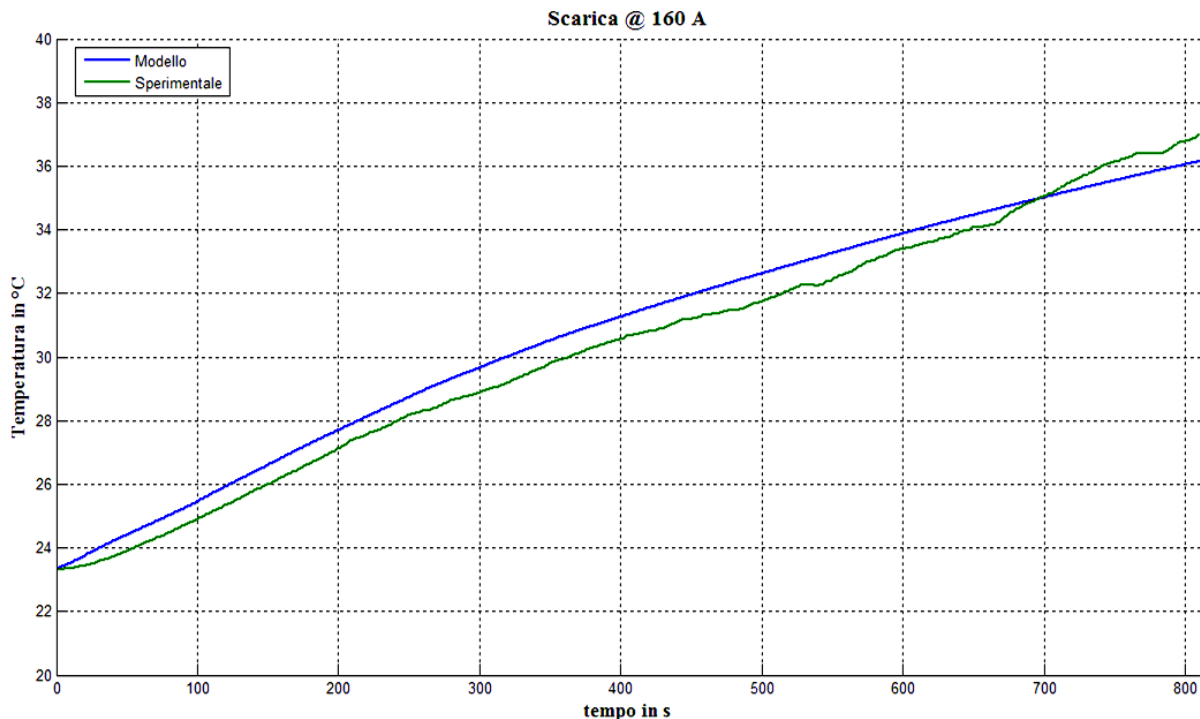


利用红外相机和热电偶测量一个聚合物电池表面的温度。

积，也减轻了重量。这使工程师们可以更加方便地在不同型号的汽车中插入电池组，这一点对于改造目前市场上电动汽车的动力系统非常重要。

研究中心计划未来研究锂离子电池

在另一种极限条件下的工作情况，特别关注电池在冰点以下的性能，此时电池充电将变得非常困难。不过，研发人员或许能利用电池中的焦耳热和创新的设计来解决这一难题。❖



模拟结果与实验结果的比较 (实验结果由安装在锂电池表面的一个热电偶测得)。结果显示，二者之间的最大温差不超过 1 °C。

改进定制化触摸屏的生产工艺

→ 开发高效的触摸屏设计工艺

在现今的各项技术中,对触摸屏的使用正变得越来越普遍。赛普拉斯半导体公司(Cypress Semiconductor)是电容触摸技术的领先供应商,赛普拉斯半导体专注于各领域触摸屏的设计与制造,产品涉及智能手机、MP3 播放器、笔记本电脑、汽车、工业应用、家用电器等。因为触摸屏广泛的应用范围及所被使用的环境,赛普拉斯的许多产品设计都必须针对具体产品进行个案开发。

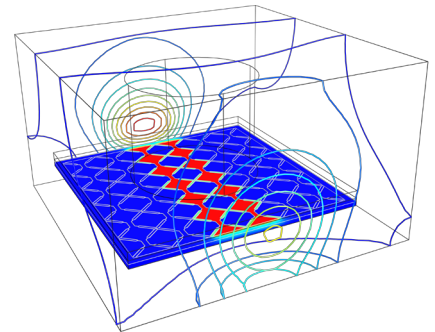
电容式触摸屏包括透明镜片、基底、粘合剂,以及水平和垂直对齐的铟锡氧化物(ITO)电极等多层结构。这些元素的组合称作触摸屏面板(TSP)或层叠。

每个触摸屏的层叠和电极图案设计都需根据将要面对的产品类型和预期

环境定制。这就需要研究各种环境条件以及消费者与触摸屏的互动方式。Peter Vavaroutsos 是赛普拉斯模拟小组的成员之一,负责设计多个消费产品中的 TSP。“在这些设计中,我必须考虑许多因素,举个例子,水平安装式 GPS 与手持式智能手机中的交互方式就不同,后者可以通过各种方式与用户交互。”

除了消费产品中的触摸屏,赛普拉斯的汽车团队还开发了可用于汽车中控台、后排座椅或车顶娱乐系统等触摸屏。“在汽车团队,我们的设计更加以客户为导向,因此通常需要针对具体的产品或客户需求进行个案设计。”来自赛普拉斯汽车团队的研发工程师 Nathan Thomas 介绍道。

正是因为要开发如此多的定制设计,



示例设计箱使用 COMSOL Multiphysics® 的 AC/DC 模块来模拟触摸屏传感器中的电场线。

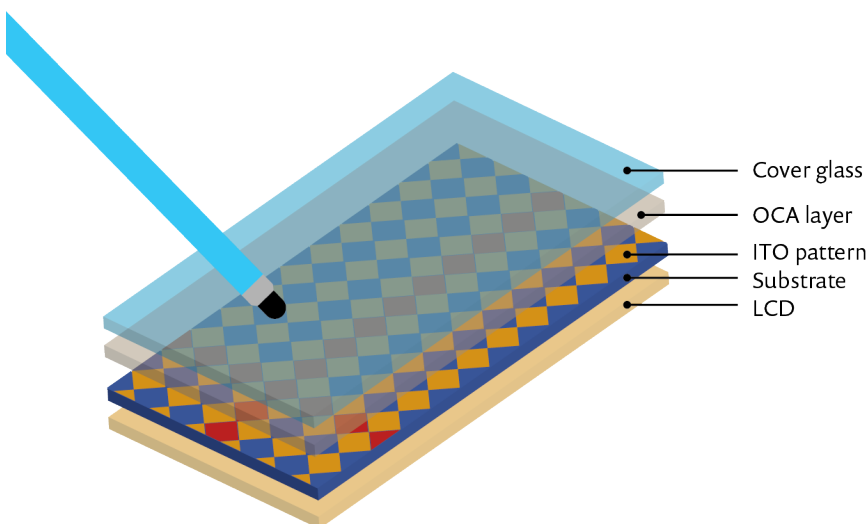
多物理场仿真和仿真 App 也就成了赛普拉斯保证产品研发效率的主要工具。

→ 帮助企业内各个部门参与产品设计

在多物理场模拟的帮助下,设计人员无需进行过多的物理原型机开发就能够优化各类设备的设计。赛普拉斯研发团队的工程师们使用 COMSOL Multiphysics® 软件开发了多个静电仿真模型来研究不同器件几何的性能,他们称之为“设计箱”。

最近,赛普拉斯的研发工程师们通过 COMSOL Multiphysics 的 App 开发器为他们的模型开发仿真 App。不论是在智能手机设计、汽车应用或是其他工业过程中,仿真 App 都使他们的支持工程师、销售团队和其他同事能够对产品的设计进行独立测试,而无需借助研发工程师的专业技能。

仿真 App 在定制化的产品设计中发挥着特别重要的作用。“我们正在使



典型的触摸屏传感器层叠会包括一层 LCD 层,之上是基底,再之上是一层水平及垂直对齐的菱形 ITO 电极图案,最后一层光学透明型粘合剂层,负责将玻璃罩粘在屏幕上。

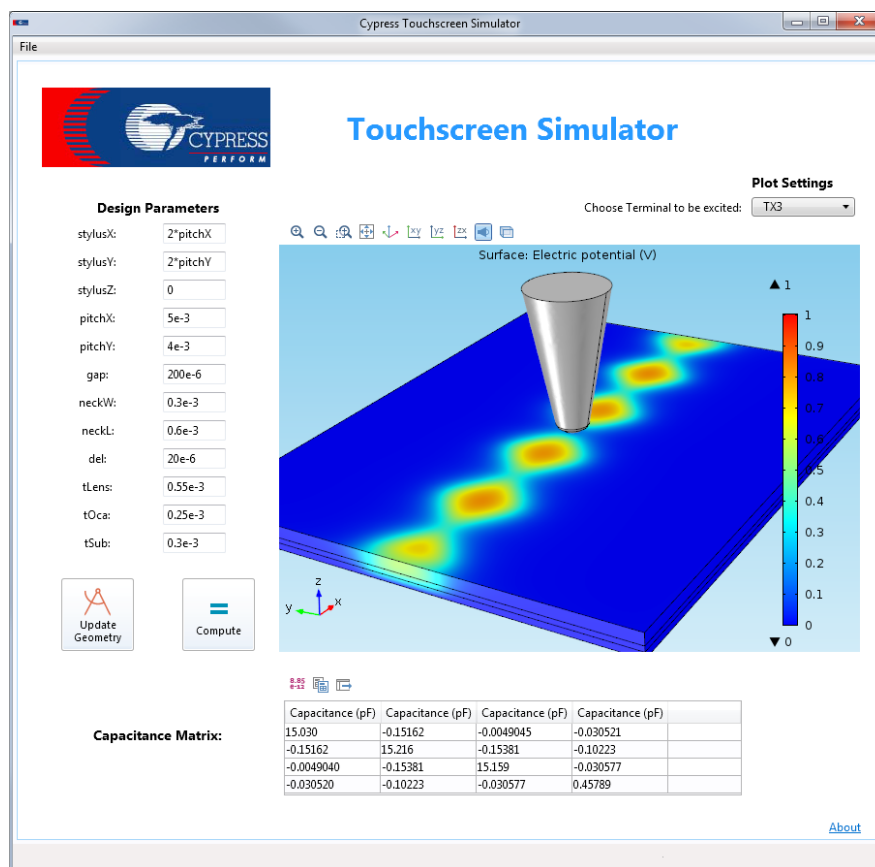
用 App 开发来为模型开发简易的用户界面, 这使我们能更有效地与客户支持团队交流,” Vavaroutsos 介绍说, “在使用仿真 App 之前, 每当客户要求的设计不在设计箱内时, 我们就需要针对这些细微的参数调整重新运行仿真。很多时候, 虽然销售工程师几乎没有 COMSOL® 使用经验, 他们还是希望自己能够运行仿真模型。这种情况下, 我们不仅要帮助他们检查仿真, 还会被他们占去软件的一个使用许可证。”

借助 App, 销售工程师、现场工程师及其他人员能够快速基于客户的具体要求对模型进行重算。这使他们能及时为客户提供支持, 即便问题已经超出了设计箱所涉及的范围。

我们发现, 让支持团队能够访问多物理场仿真结果对我们的帮助很大。” Vavaroutsos 说道, “我们可以控制 App 用户能够修改的参数, 借以保证 App 能提供精确的结果; 同时, 支持工程师还能在没有研发工程师参与的情况下独立尝试数千种不同的设计选项, 而且不会占去我们的 COMSOL Multiphysics 许可证席位。”

→ 简单易用的器件设计解决方案

每个设计空间及对应的多物理场模



在赛普拉斯, 他们利用基于 COMSOL® 模型开发的仿真 App 来支持触摸式电容传感器的设计。App 用户可以更改从手指位置到传感器中不同层的厚度等设计参数, 还可以使用下拉列表来选择传感器所对应的不同激发方式的解决方案。

型都会因预期用途而有所差别。不同设计的电极层数、层的摆放顺序或每一层的厚度或图案等都可能会有差异。其中每一项还会包含不同的参数范围, 以便

的一项关键信息。然后设计者可以借助 COMSOL Server™ 许可证来分享这个仿真 App, 而 COMSOL Server™ 可以支持通过网络浏览器或 Windows® 平

“我预见到, 在汽车团队, 它很快就会成为现场工程师使用最多的重要工具。”

能对特定系统进行精确分析, 从而帮助工程师预测和优化器件的电气性能。

赛普拉斯针对这样的仿真开发了一个仿真应用 App, 支持用户修改各种几何参数, 比如各层材料的厚度或虚拟手指接触屏幕的位置。App 随即会计算电场分布和电容矩阵, 并给出一份详细的研究报告, 这也是电容传感器设计中

台的原生客户端进行访问。

“我们为现场工程师开发了可直接用于任务处理的仿真 App, 而无需研发人员再次为他们专门创建仿真模型。” Thomas 总结道, “虽然仿真 App 对我们来讲还是一项相对较新的技术, 但我预见它很快会成为汽车小组现场工程师使用最多的重要工具。” ❖

多物理场仿真帮助 Miele 优化电磁炉设计

→开发一套高效的设计流程

相对传统炉具,电磁炉拥有更快的加热速度和更高的能源使用效率。所用电能中超过90%会被直接用来加热食物。电磁炉通过向铜线圈中导入交流电来产生磁场,从而能直接加热锅体而非炉具。这会直接将电流引向金属锅本身,产生焦耳热。

然而直到近期,电磁炉的设计难度依然很高。设计人员需要通过试错法来

“……它们帮我们大幅缩短了开发时间,也把为确定设计终稿所需进行的实验次数降低了80%。”

估算理想参数频率,例如线圈尺寸和功率输出等。他们还需要克服更多古怪的难题,比如消除电流通过金属时发出的尖锐噪音,或解决锅体由于磁力场影响而在灶面来回移动等副作用。

在 Mieletec FH Bielefeld 研发中心,即 Miele Cie. KG 和比勒费尔德应用科技大学的联合实验室,研究人员通过计算机仿真缩短了从电磁炉概念的提出到最终量产之间的距离。在 COMSOL Multiphysics® 软件的帮助下,他们为世界顶级的家用电器和商用电器制造商德国美诺(Miele)开发出了一款具有突破性的新型灶具。

减少原型机的构建次数,缩短开发时间

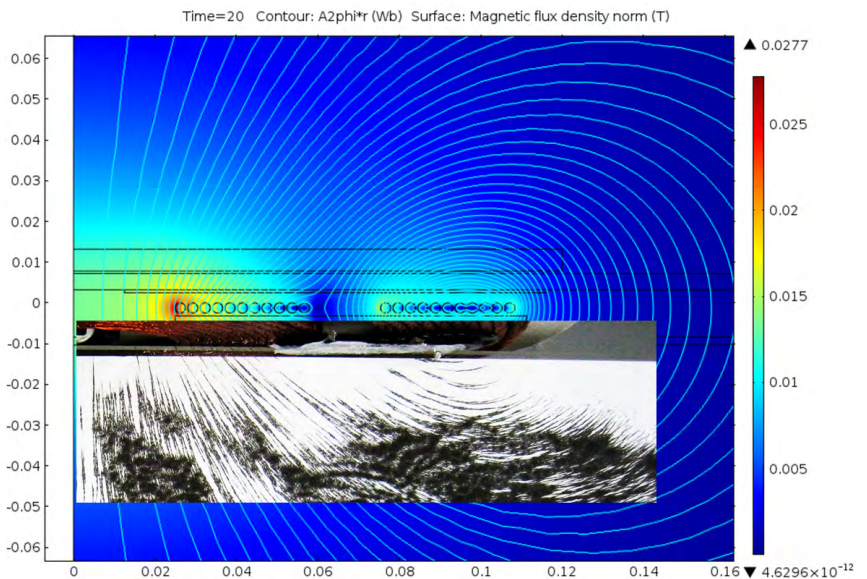
在 Mieletec,工程师们依靠仿真和多物理场方法来改进、确认并优化他们的电磁炉设计方案。他们利用 COMSOL® 软件进行的仿真准确地表述了原型机的表现,这不仅大大缩短了研发时间,也把为确定设计终稿所需进行的实验次数降低了80%。他们能模拟整个系统,藉此提升电磁炉的能量效率,并优化设计,因此当制造第一批原型机时,他们已经清楚地知道样机的性能究竟会怎么样。过去需要几天才能完成的测试,现在只需通过几小时的仿真即可实现。

→仿真优化高质量电磁炉设计

模拟感应加热过程,需要在解决传热问题的同时解决电磁问题,再优化和



炉面一直是凉的,锅旁的冰块几乎没有融化,但锅内的水已经沸腾。

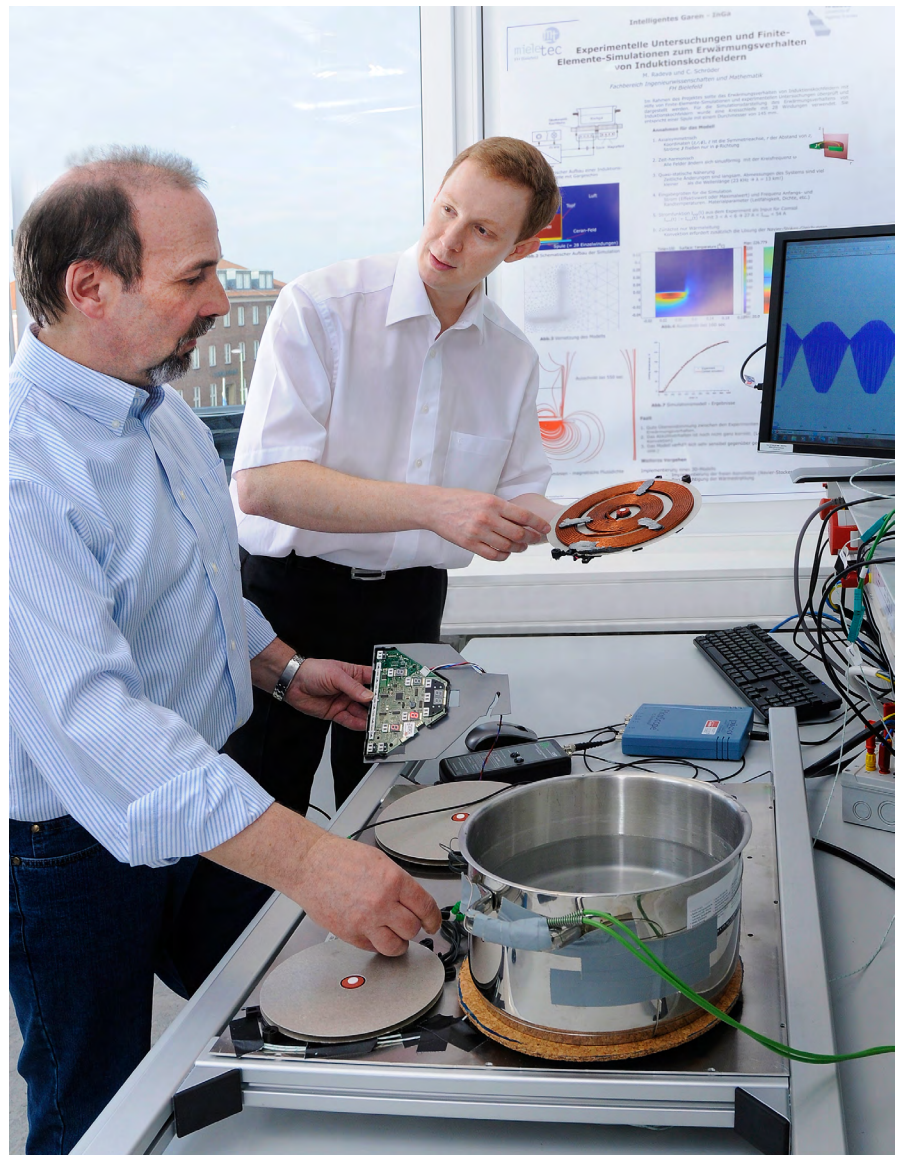


COMSOL Multiphysics® 仿真结果(磁通密度模)和实验得到的磁场线之间的对比,可用于在制造原型机前测试其他线圈设计。

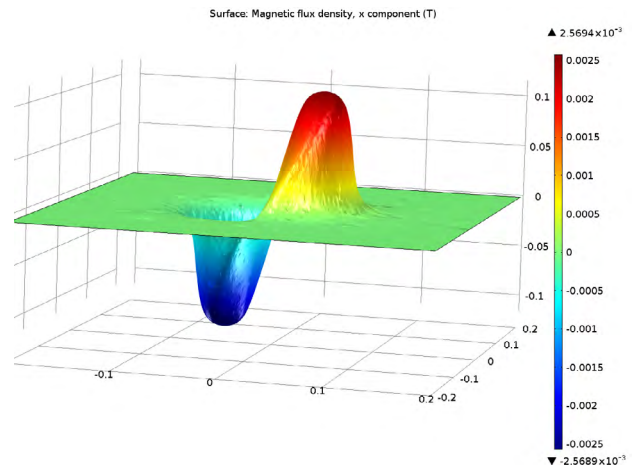
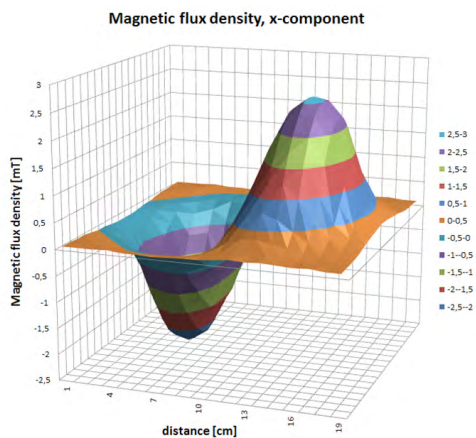
确定最佳的工作条件。Mieletec 的研究员们利用 COMSOL 优化了线圈设置, 通过结合电流频率和线圈的几何结构使电磁炉发出的噪音频率高于人耳所能捕捉的范围, 从而消除了由涡流带来的尖锐噪音。

为防止锅体在灶具表面移动, 他们利用仿真模拟了不同锅体材料属性对热和电磁效应的响应。电磁炉专用锅由顺磁性金属制成, 其中的涡流会与由线圈产生的磁场发生相互作用后产生新的磁场, 锅体因磁场力的作用而在电磁炉上移动。研究人员根据仿真结果优化了线圈设计, 在保持电磁炉本身高效特性的同时, 保证锅体能在灶面保持不动, 提供烹饪所需热量的同时, 不会产生人耳所能捕捉到的噪音。

结果如何呢? 通过多物理场仿真来辅助和加速设计, 研究员们最终开发出了一款高质量的电磁炉, 效率、加热速度和可靠性都得到了提升。❖



科研人员 Werner Klose (左) 和 Mikhail Tolstykh (右) 正在进行样品测试, 灶面被移除, 方便观察到灶台内部的工作。



特定线圈设计方案下磁通密度中x分量的实验结果(左)和仿真结果(右)。

更多资源



线上和线下活动

参加 COMSOL 举办的各类活动, 深入了解 COMSOL Multiphysics® 软件及其功能。

- 网络研讨会——观看实时或已存档的网络研讨会, 了解其他仿真专业人员是如何应用 COMSOL Multiphysics 的。点击 cn.comsol.com/webinars 查看完整的活动列表。
- Workshop——随堂学习、实时练习如何创建多物理场模型。联系我们安排演示课程, 并免费下载试用软件。
- COMSOL 主题日——参加您所在区域附近的 COMSOL 主题日活动。为期一天的培训活动包括实践操作课程, 以及来自资深 COMSOL 用户、产品经理和应用工程师的特约演讲。
- COMSOL 用户年会——参加一年一度的 COMSOL 用户年会。为期 2—3 天的年会活动内容包括近 30 场小型课程, 海报和口头报告环节, 主题演讲, 展览和社交活动。
- 培训课程——参加为期两天的 COMSOL Multiphysics 高级培训课程或针对特定领域的课程, 学习模拟技巧, 提高工作效率。

技术支持

COMSOL 的技术支持工程师们十分乐意为您解答疑惑, 提供建议。在线用户论坛为您提供了一个实用的交流平台, 已有许多用户在此分享了各个应用领域的建模经验。



出版物 & 产品手册

了解 COMSOL 中强大的仿真工具, 了解各产业领域的仿真专业人士如何使用 COMSOL® 软件解决设计难题。

- COMSOL News, 多物理场仿真杂志
- COMSOL Multiphysics 简介, App 开发器简介
- 产品手册
- 白皮书

视频

观看介绍详细建模步骤的教程、用户展示和专题视频, 学习如何使用 COMSOL 模拟您自己的系统。

博客

浏览 COMSOL 博客文章, 为您的仿真工作寻求指导, 获取灵感:

- 建模教程与指导
- 常用仿真技巧
- 用户研究案例

产品

- › COMSOL Multiphysics®
- › COMSOL Server™

电磁

- › AC/DC 模块
- › RF 模块
- › 波动光学模块
- › 射线光学模块
- › 等离子体模块
- › 半导体模块
- › MEMS 模块

结构 & 声学

- › 结构力学模块
- › 非线性结构材料模块
- › 岩土力学模块
- › 疲劳模块
- › 多体动力学模块
- › 转子动力学模块
- › 声学模块

流体 & 传热

- › CFD 模块
- › 搅拌器模块
- › 地下水流模块
- › 管道流模块
- › 微流体模块
- › 分子流模块
- › 传热模块

化工

- › 化学反应工程模块
- › 电池与燃料电池模块
- › 电镀模块
- › 腐蚀模块
- › 电化学模块

多功能

- › 优化模块
- › 材料库
- › 粒子追踪模块

接口

- › LiveLink™ for MATLAB®
- › LiveLink™ for Excel®
- › CAD 导入模块
- › 设计模块
- › ECAD 导入模块
- › LiveLink™ for SOLIDWORKS®
- › LiveLink™ for Inventor®
- › LiveLink™ for AutoCAD®
- › LiveLink™ for Revit®
- › LiveLink™ for PTC® Creo® Parametric™
- › LiveLink™ for PTC® Pro/ENGINEER®
- › LiveLink™ for Solid Edge®
- › CATIA® V5 文件导入

产品 FAQ

COMSOL Multiphysics® 是一款什么样的软件产品?

- 可对物理系统进行建模，并能基于模型开发仿真 App 的集成化软件环境。
- 尤其擅长处理多物理场耦合问题。
- 附加模块将软件的仿真能力扩展到了电气、力学、声学、流体流动、热学与化工等领域。
- 软件自带的接口工具可将 COMSOL® 仿真与市面上主流的工程计算以及 CAD 工具集成使用。

COMSOL Multiphysics® 具有哪些优势?

- 功能强大的多物理场耦合功能涵盖了各类物理效应的影响，实现了对真实环境的高精度模拟。
- 统一的用户界面适用于所有附加模块，降低了使用软件的学习成本。
- 使用 App 开发器将模型封装为易用的仿真 App 应用程序，进一步提高团队成员的工作效率。

定制化的仿真 App 能带来哪些优势?

- App 用户无需掌握建模技能，也可以受益于多物理场仿真分析。
- COMSOL Server 对仿真 App 的集中管理和部署功能，使用户可以十分便捷地访问及运行 App，从而促进各团队之间的合作。

什么是 COMSOL Server™?

- COMSOL Server™ 是专门用于运行和管理仿真 App 的软件产品，支持运行由 COMSOL Multiphysics® 创建的仿真 App。
- 与 COMSOL Multiphysics 相似，不同的是……
 - » 提供网页界面，用户可在网页浏览器中运行 App。
 - » 提供可用于创建和管理用户账户的管理员工具。
- 不提供模型开发器、App 开发器和物理场开发器等开发工具。

COMSOL Server™ 具有哪些优势?

- 在全球范围均可通过网络浏览器（或者 COMSOL Client）访问和运行仿真 App，同时支持仿真 App 库的共享和管理。
- 具有管理员工具，可管理用户帐户、访问和使用权限。
- 更具优势的价格（更为经济的运行 COMSOL App 应用程序的方式）。
- 安装设备不限——无论是组织内部的服务器和集群，还是离线的笔记本电脑和台式计算机，均可用于安装。
- 用户设备中的网页浏览器或 COMSOL Client 不执行任何计算——所有的计算在一台或多台服务器计算机中完成。

许可证选项

下表中列出了所有许可证类型。

许可证类型	多计算机	多用户	客户端/服务器	集群计算	网络访问	全球访问
指定单用户许可证 (NSL)	✓*					
单机许可证 (CPU)		✓				
网络浮动许可证 (FNL)	✓	✓**	✓	✓	✓	
COMSOL Server 许可证 (CSL)	✓	✓**	✓	✓	✓	✓

* 软件最多可安装在 4 台计算机上，在任意给定时刻，该指定单用户最多可同时在这些计算机中的两台上运行软件。

** 按照并发用户数付费。

