



SIEMENS

Ingenuity for life

Siemens Digital Industries Software

您在学校里学不到的 压降知识

机械分析

入门介绍

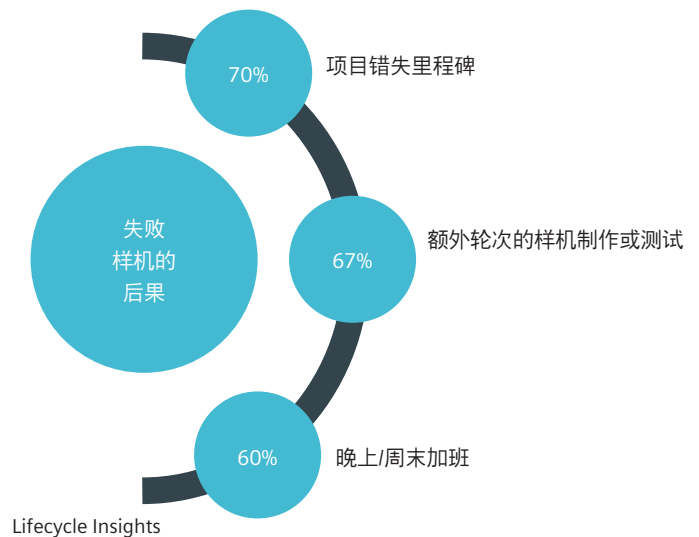
在许多产品的设计过程中，压力及其损耗都是最重要的考虑事项。毕竟，压降会转化为能量损耗，势必需要更多的能量来补偿。因此，显而易见的是，优化设计可以实现最佳压力状态，从而节省能源。

此外，我们在学校学习的时候，老师都告诉过我们，有很多类型的压力——静态、动态、全压和势压。除此之外，实际流体行为如何？是否不可压缩？是否存在摩擦？流体密度如何？

尽管要查明这些问题可以查找各种不同公式，但在设计复杂产品并且需要计算压降的情况下，要应用这些公式并非轻而易举之事。这正是计算流体力学 (CFD) 发挥作用的时候。计算流体力学对于设计工程师而言，堪称最重要的设计工具之一，因为它可以帮助理解设计中的各种趋势，区分那些具有使用潜力的模型以及那些较差的模型。

通过早期仿真实现最佳投资回报率：设计流程中的前端装载分析

遗憾的是，计算流体力学在本科教学中并不深入。即使教学内容有所涵盖，也只是一些简单问题应用。此外，直到最近，针对计算流体力学提供的商用软件通常都是面向专家的，因而限制了它的广泛应用。除了过于昂贵的价格以外，这些工具的使用往往非常艰深、繁琐或耗时。因此，针对压降等应用的工程分析在传统上一直由独立于主流设计和开发部门之外的分析部门专家进行。要测试或验证他们的设计，机械工程师将不得不依赖于创建物理样机并在流工作台或试验台上对其进行测试。



然而，仅在样机制作阶段测试设计是要付出高昂代价的。根据 Lifecycle Insights 的一篇报告 [1]，在此阶段，失败的设计会导致错失项目里程碑，需要进行额外轮次的测试，并且不得不加班加点。

减少变更成本并为降低成本创造更多空间，可带来最为显著的投资回报（图 1）[2]。马丁·艾格纳 (Martin Eigner) 教授提出“前端装载”这一涵盖性术语，指代在设计流程早期使用包括计算流体力学在内的一整套软件仿真工具的做法 [2]。

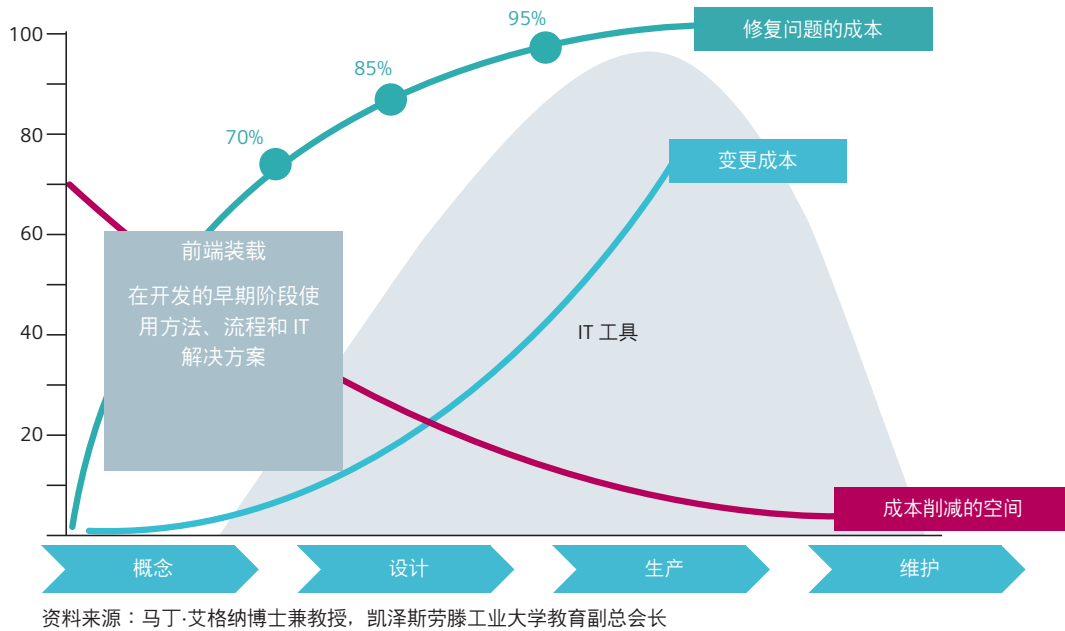


图 1：仿真前端装载有助于降低成本

不同行业分析师和 CAE 供应商进行的多项调查表明，最成功的公司会在开发的早期阶段评估其设计的性能，并积极推动分析专家与设计工程师之间的协同和知识分享。

前端装载计算流体力学如何改变设计流程

大约 20 年前，应力分析被引入早期设计阶段，并且很快成为开发流程中不可或缺的一步。现在，所有主要 MCAD 软件工具都会提供设计级别的应力仿真。然而，在设计的早期阶段前端装载应力仿真并进行分析，并不意味着制造商不会在验证阶段进行仿真。仿真不过是一种用于甄别趋势和尽早排除不满意设计创意的方法。

不同于验证阶段，速度在设计阶段至关重要。工程师需要仿真，不仅要尽早仿真，往往还要跟上设计变更的速度。通过快速迭代，工程师可以摒弃没什么吸引力的想法并做出进一步的创新。一旦对一个设计完成了研究并确定其可行，就可以继续开展验证阶段。

这种做法已推广到其他领域，包括计算流体力学分析。我们现在拥有对设计人员非常友好的 CFD 工具，它们可与 CAD 工具融为一体，极为方便。利用这些工具组合可以创建原型数字化双胞胎（产品的一种虚拟表示）。

前端装载 CAD 嵌入式 CFD 的优势包括：

- 降低产品开发成本
- 缩短上市时间
- 打造更多创新且卓越的产品
- 打破设计流程中的重大工作瓶颈
- 减少由于日益严苛的法规所带来的合规性运营风险

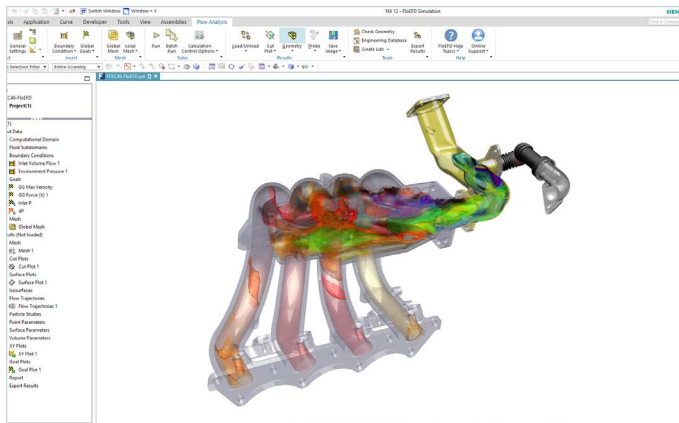
为何前端装载需要在 CAD 程序内进行仿真

传统的 CFD 软件往往具有自己的专用接口，这些接口不会嵌入到 CAD 中；充其量，它们也只是提供数据转换器以将模型从 CAD 转移到 CFD 软件而已。因此，每次模型需要分析时，必须准备好数据并从 CAD 中导出，再导入到 CFD 工具中进行“修复”以供使用。

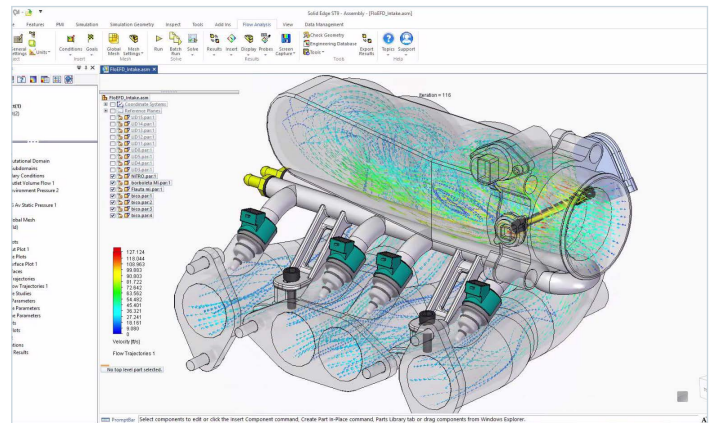
另外，工具涉及各种专业技术，需要经过高级培训和教育方会使用，因此通常会指派专职分析师来执行此任务。例如，大多数传统 CFD 工具支持多种网格类型。用户必须知道哪一种最适合特定应用、物理场和流体类型。此外，工程师将不得不处理网格，直到获得对模型和应用来说最佳的网格。总之，使用传统 CFD 工具可能非常耗时，并且比设计阶段所期望的要慢。由于这种专业性，设计压力方面的分析工作传统上会与设计和开发分开进行，其中设计与压力相关的方面会影响关键产品运行。

相比之下，设计用户友好的 CFD 解决方案：

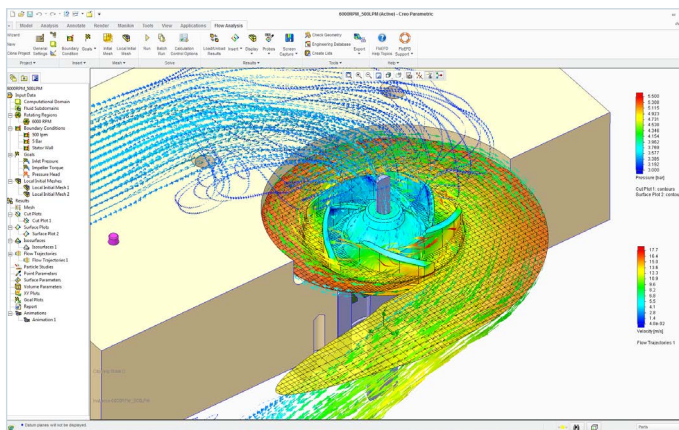
- 必须完全嵌入 CAD 中：这些工具可以在 CAD 程序内部轻松访问，并能使用相同的本地几何形状进行分析。不再需要导出数据以备分析之用。另外，软件简单易用，也无需学习全新的界面。CFD 分析成为 CAD 软件包提供的另一个功能
- 智能自动化：CAD 嵌入式 CFD 程序需要内置智能自动化，以实现更简单、更快速及更准确的分析。例如在考虑流体问题时，有时设计人员希望了解密闭空间（流体所在的内部区域）中发生的事情。使用传统 CFD 时，必须创建额外的几何图形来表示该空腔。CAD 嵌入式 CFD 解决方案非常智能，足以辨识该内部区域为流体域，因此不会浪费时间去创建几何形状以适应软件。另外，在开始分析之前，必须对模型进行网格划分。使用传统 CFD 时，工程师必须熟稔哪种网格划分方法最能描绘具体流动现象。CAD 嵌入式 CFD 则使用了全自动网格生成器，可自动为相关问题生成最佳网格。
- 速度和精度兼具：真正能在 CAD 内部使用并在设计流程中前端装载的 CFD 解决方案，可大大缩短总体仿真时间——有些企业报告可压缩 75% 的时间并将生产率提高 40 倍



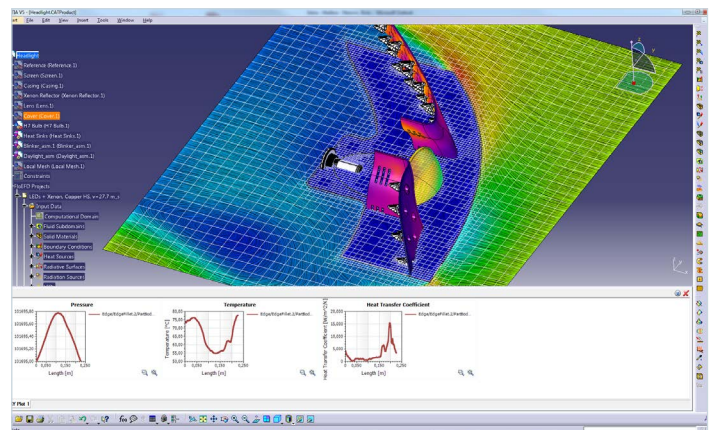
Simcenter FLOEFD for NX



Simcenter FLOEFD for Solid Edge



Simcenter FLOEFD for PTC Creo



Simcenter FLOEFD for CATIA V5

图 2. 嵌入于流行 MCAD 程序中的 Simcenter FLOEFD。

业界领先的前端装载 CFD 解决方案

Simcenter FLOEFD™ 软件可嵌入 MCAD 工具集中，如 CATIA® V5、Creo™ Elements/Pro™、NX™ 和 Solid Edge®。利用 Simcenter FLOEFD，设计人员可以集中精力详细分析产品流体中的压力分布及其在实体中的载荷。可以运行假设分析方案来分析复杂的物理关系，譬如压降与流速之间的关系。

Simcenter FLOEFD 在一个封装中结合了压降分析的所有阶段——从 3D 建模到问题设置、运行、结果可视化、验证和报告。典型的压降分析应用包括通过阀门、歧管、换热器、过滤系统、电子外壳和导管的流；事实上，它包括了所有以降低流运动所需的能量或实现最大化容量为目的的系统。

利用 Simcenter FLOEFD，设计人员可以专注于详细分析气体流或液体流可能高于或低于技术规范所允许压力的原因。设计人员只需了解 MCAD 系统和所设计产品的物理特性即可。安装 Simcenter FLOEFD 之后，将会在为您熟悉的 CAD 封装菜单系统中创建运行完整的 CFD 流分析所需的全部菜单和命令。MCAD 系统与 Simcenter FLOEFD 之间的这一紧密交互使得它的使用极其简便。事实上，大多数设计人员只需不到八小时的培训即可上手使用 Simcenter FLOEFD。

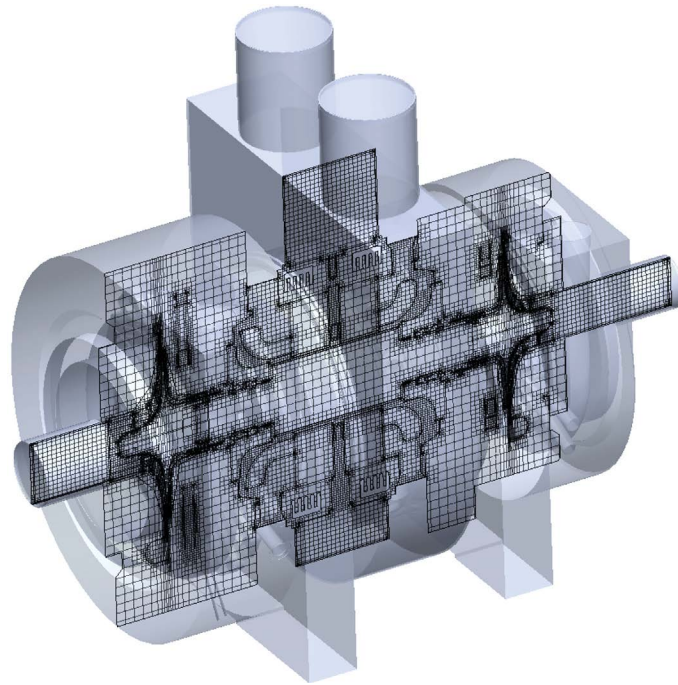


图 3：SmartCells 可在使用粗糙网格快速分析时不牺牲精确度。

目前，流体流应用中最常见的工程任务莫过于将系统在流体从 A 点流至 B 点的过程中所产生的压力损失降至最小。最基本的工程挑战包括在指定压降下获得最大的流量，或者在指定的流量下实现最小的压降。如果流是由泵或风扇驱动的，则设计人员可通过掌握压降来优化风扇或泵的尺寸。

任何流分析的第一步都是清晰地描述机械系统的几何形状。Simcenter FLOEFD 允许设计人员利用现有的 MCAD 模型进行分析，而无需导出或导入其他数据，从而节省大量的时间和精力。嵌入式 Simcenter FLOEFD 工具集可使用新创建的或现有的三维 CAD 几何形状和实体模型信息，在真实条件下对设计进行仿真。Simcenter FLOEFD 基于实体模型内空的内部空间来识别相应的流体区域，设计人员可在此区域设置边界条件。

Simcenter FLOEFD 还可分析广泛的流体。其中包括各种气体（从亚音速状态到跨音速、超音速和高超音速流）、液体和非牛顿流体（例如塑性流），以及用于食品加工应用的流。甚至包括蒸汽流。此外还提供两相空化模型、可燃混合物仿真和自由曲面仿真。

建立模型后，需要对其进行网格划分。在此之前，生成网格是区分 CFD 专家与机械工程师的重要技能之一。利用 Simcenter FLOEFD，基础网格在几分钟内就能自动创建完毕，而不需要花数小时时间繁琐乏味地划分区域和单元。Simcenter FLOEFD 在几分钟内就能自动创建网格。CAD 程序中嵌入的 CFD 会创建一个单元尺寸更小（在必要时）、分析分辨率更高的自适应网格，以确保在模型的复杂区域中获得更精确的仿真结果（图 3）。有关称为 SmartCells 的此项网格划分技术详细信息，请参阅 SmartCells – 实现快速精确的 CFD - www.mentor.com/products/mechanical/resources/overview/smartcells-enabling-fast-accurate-cfd

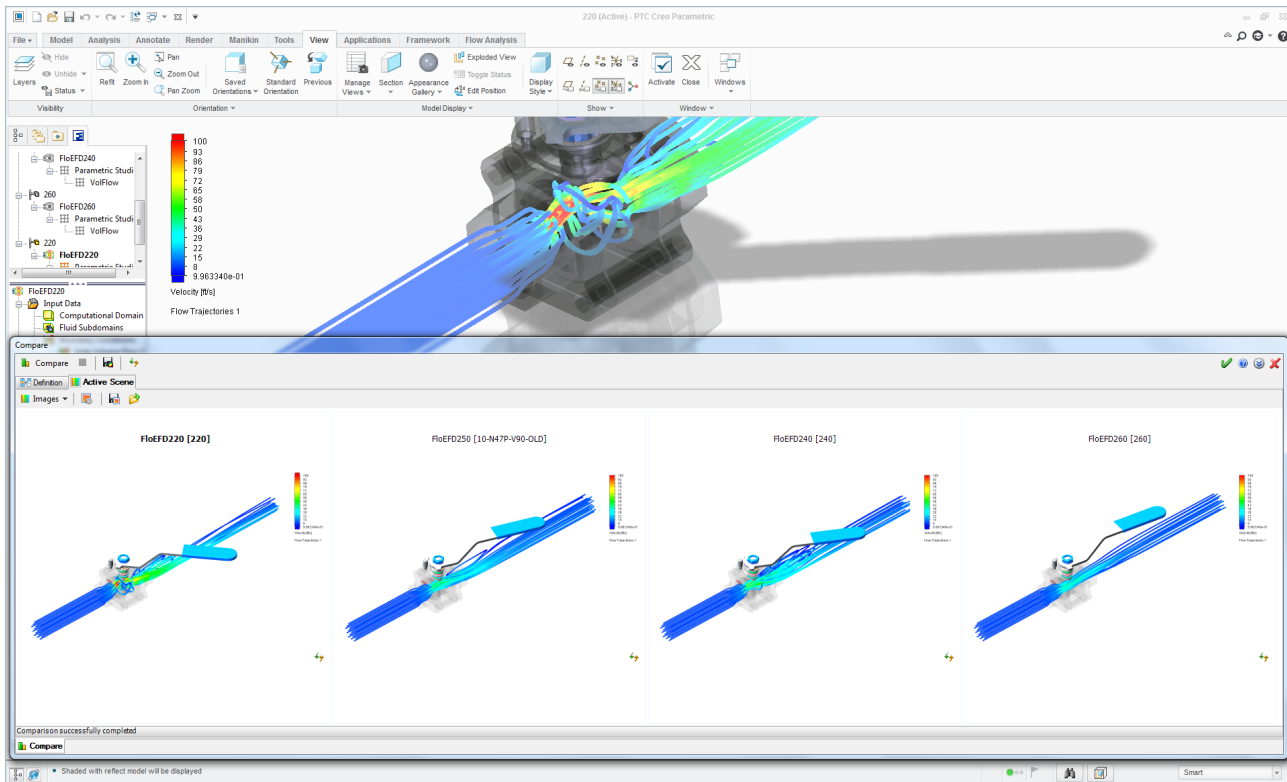


图 4：利用 Simcenter FLOEFD 中的比较配置和参数化研究功能，工程师可以了解几何形状或边界条件变化对结果的影响。

化解高级压降挑战

Simcenter FLOEFD 提供了丰富的可视化功能来显示设计流程的压降情况，从而给工程师提供宝贵的见解来引导其做出设计决策。利用这些可视化功能，用户可以在本机 CAD 环境中更仔细地探究设计，并以可视化方式显示流。

例如，在分析压降时，往往存在多个比例远小于设备主体的流通道。例如，阀门设计中可能包含一个多孔插件，流必须通过其中的小孔。使用传统的 CFD 工具来捕捉这一相对复杂的几何形状并在后续设计迭代中对其重新划分网格，这将是一件极为繁琐的任务，并且需要深入的网格划分知识。相形之下，利用 Simcenter FLOEFD 中的自动网格生成器，设计人员可轻松地输入孔尺寸，指导网格生成器创建正确尺寸的流通道。随即将自动生成可提供精确答案的高质量网格，以便设计人员高效地评估对总体系统性能带来的影响。

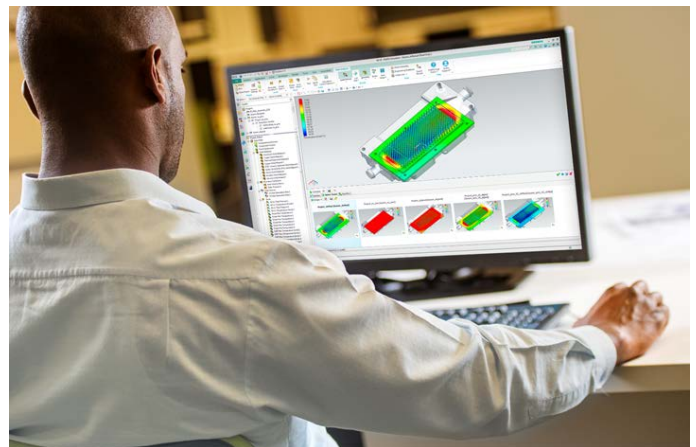


图 5：Simcenter FLOEFD 参数化研究和设计比较功能可帮助工程师快速优化设计。

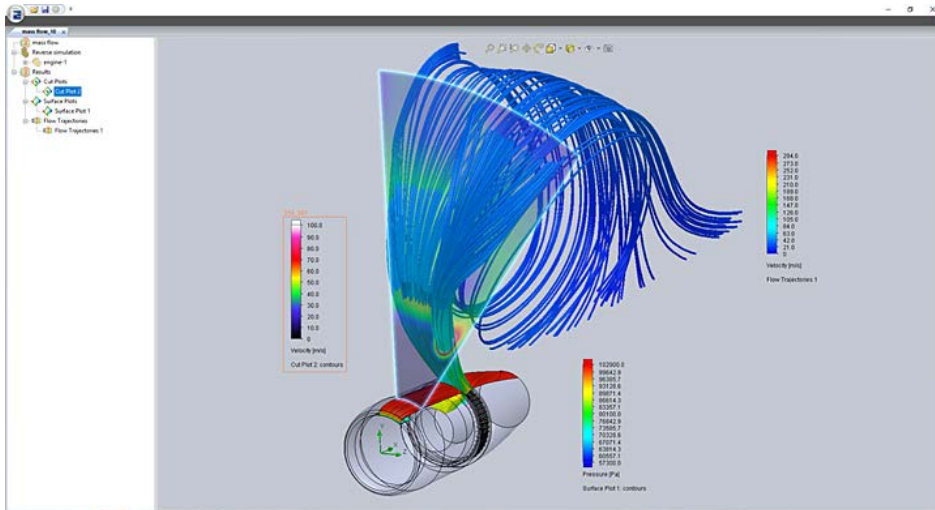


图 6：Simcenter FLOEFD 查看器是一种免费的独立查看器，可以在交互式三维环境中与客户分享选定的结果图（并非二维图像）。

Simcenter FLOEFD 中用于查看流场的二维方法使用的是切面图，它描述了贯穿模型的某个平面上的流。结果切面图可以显示任意结果参数，并且可以表示为轮廓图、等值线或矢量。它也可以通过任意组合来创建，例如速度幅度和速度矢量。除切面图外，它还能轻松显示任意特定面的三维表面图，以及自动显示整个流域的三维表面图。

Simcenter FLOEFD 还提供了一种强大的方法来查看压降分析中的另一项相关参数：总压力。在真实的粘性流中，流体流过设计轮廓的过程中会引起总压力损失。因此，总压力梯度区域会指示存在无法恢复的粘性能量损耗的位置。

解决上述任何压力流问题都意味着一个迭代过程。在得到初始分析结果之后，大多数设计人员都希望修改模型，以探索不同的情形，看看能否对流进行优化。利用 Simcenter FLOEFD 可以轻而易举地进行此类“假设分析”。设计人员可以在创建详细设计或物理样机之前，探索备选设计方案、检测设计缺陷，以及优化产品性能。

这使得设计师能够快速、轻松地确定哪些设计可能可行，哪些设计不太可能奏效。

要查看备选方案，设计人员只需在 Simcenter FLOEFD 中创建实体模型的多个克隆，这些克隆模型会自动保留包括目标和材料属性在内的所有项目定义。在工程师修改实体模型时，可以立即对其进行分析。

该软件还能在参数优化方面提供帮助——例如，使用各种设计参数来自动运行实验设计，以确定最优厚度之类参数。通过这些方法，Simcenter FLOEFD 加快了迭代设计流程，使工程师能够快速、轻松地将分析中获取的知识应用到改进的设计中。

Simcenter FLOEFD 提供了用于验证设计的强大验证功能。在发布新版 Simcenter FLOEFD 之前，Mentor 工程师会使用一个包含 300 个测试的套件对新版本进行验证。基于这些严格的验证测试，Simcenter FLOEFD 提供 20 个可以立即使用的教学范例和 32 个验证示例以及相关文档。例如，设计人员可使用这些示例，借助双边或单边扩展及平行壁面来验证二维通道中的流。或者，他们可以确认 CFD 的典型压降基准：三维方孔道 90 度弯曲或锥形阀中的流。

此外，利用其比较配置和参数研究功能，用户可以了解几何形状或边界条件变化对结果的影响。用户可以通过数值、图表和视觉图像 / 动画评估结果，衡量设计范围，进而比较各种各样的项目排列组合。通过这些办法，Simcenter FLOEFD 加快了迭代设计流程，使仿真中获得的信息能够快速、轻松地整合进来以改进产品。

共享结果和研究成果也很简单。Simcenter FLOEFD 与 Microsoft® Word® 和 Excel® 完全集成，工程师可以从任何项目创建报告文档，并以图形方式收集重要数据。此外，它还能自动创建用于概括分析输出结果的 Excel 电子表格。这样，任何分析的最后一步，即创建报告，将毫不费力。

利用 Simcenter FLOEFD，设计人员可轻松地锁定所需区域并集中精力加以改进，从而优化设计的整体流，并使用免费的 Simcenter FLOEFD 查看器与客户和经理分享工作成果。此免费独立式查看器可供用户在交互式三维环境中与非 Simcenter FLOEFD 用户分享选定的结果图（并非二维图像），或者甚至是动画文件。

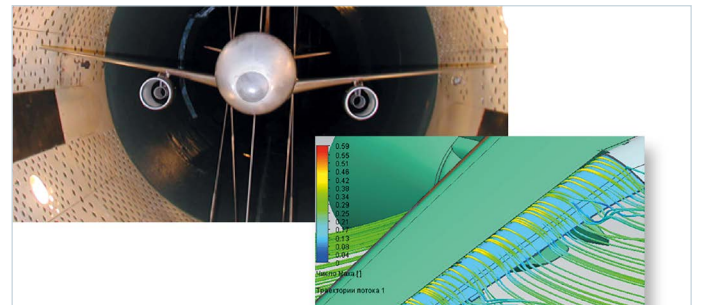
Simcenter FLOEFD 是设计师想在所选 CAD 平台解决压力相关问题的理想解决方案。

真实世界设计师解决真实设计难题

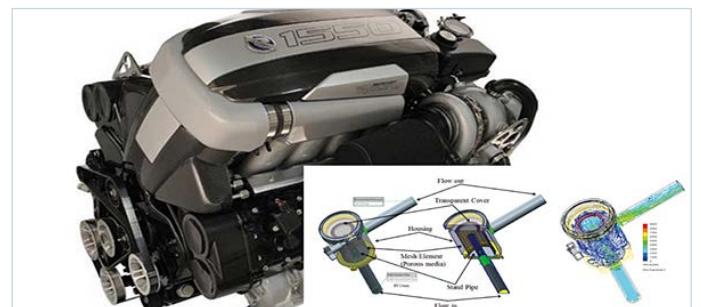
了解工程师如何使用 Simcenter FLOEFD 解决真实世界工程难题，满足紧迫的截止期限，获得更高质量的结果，以及最大限度降低成本：



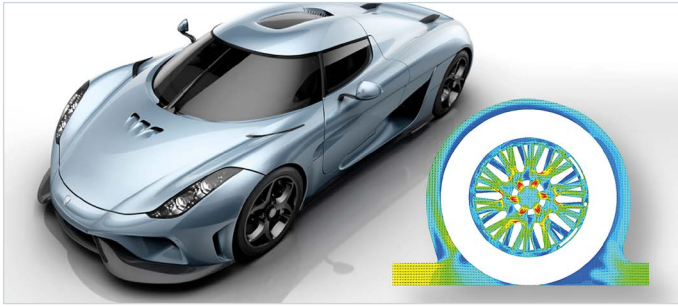
三菱材料公司使用 Simcenter FLOEFD 设计刀具的液冷喷嘴



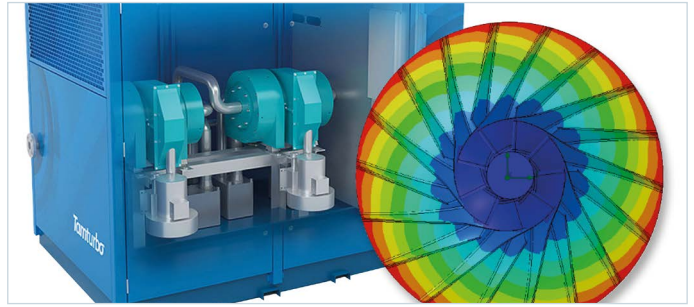
现场表演！Simcenter FLOEFD 为伊尔库特机翼高升力装置提供准确而迅速的飞行载荷数据



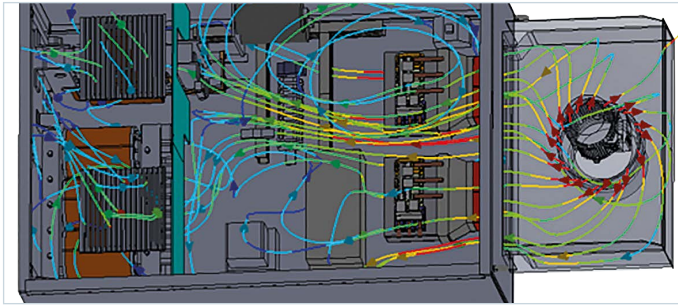
Mercury Racing® 使用 Simcenter FLOEFD 设计最新中冷器过滤器



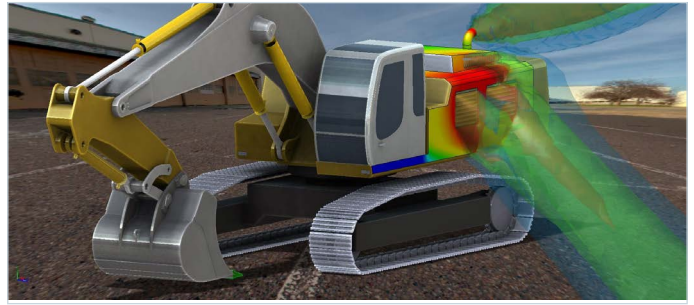
使用 CAD 嵌入式 CFD 进行赛车制动器散热仿真



Tamturbo 无油空气涡轮压缩机的空气动力学仿真



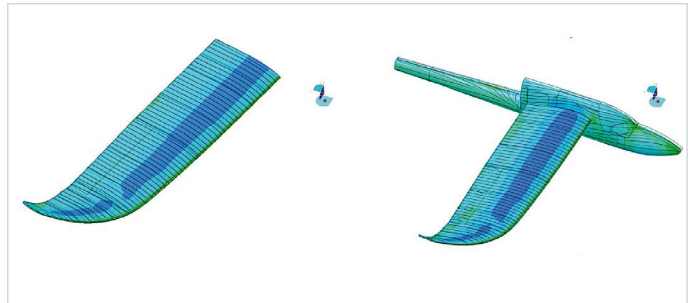
机房层面的电源冷却元件



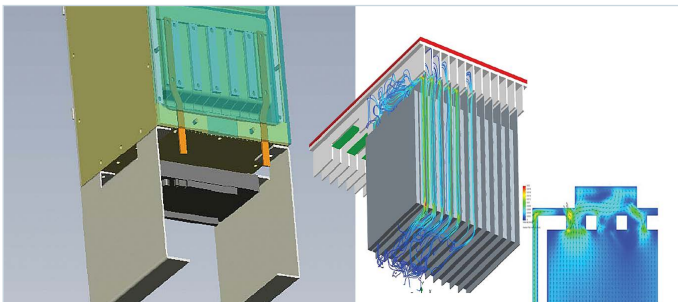
Liebherr-Werk Nenzing GmbH 使用 Simcenter FLOEFD 设计港口起重机



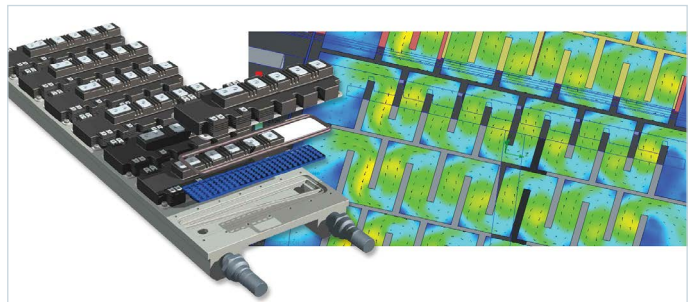
优化 NASCAR 赛车



立即试飞 - 使用 CFD 工具开发实时飞行模型



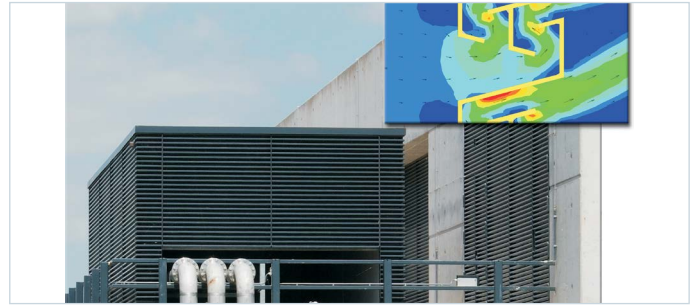
驱动 Flander 加快电动动力系统创新



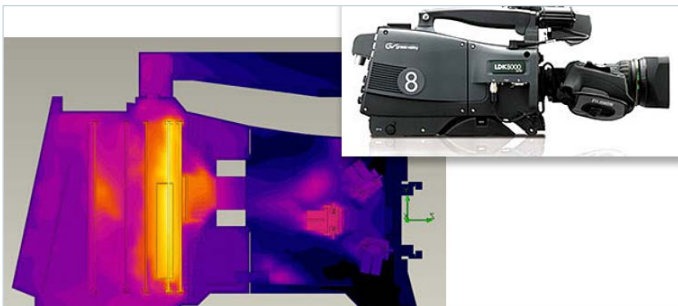
Simcenter FLOEFD 高效冷却绝缘栅双极晶体管功率模块



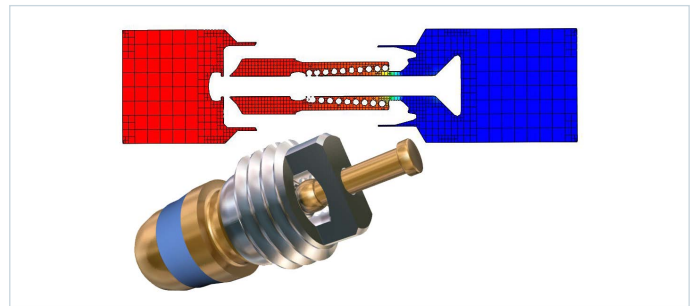
直升机旋翼仿真工程技术



Jazo Zevenaar 在设计防护罩时节省了三个星期的时间



草谷公司将 Simcenter FLOEFD 推崇为产品开发过程不可或缺的组成部分



Ventrex 在设计汽车阀门时节省了四个月的时间

参考信息

1. 2013. Driving Design Decisions with Simulation. Lifecycle Insights.
2. 2010. Eigner, M. Future PLM – Trends aus Forschung und Praxis: University of Kaiserslautern Blog

Siemens Digital Industries Software

总部

Granite Park One
5800 Granite Parkway
Suite 600
Plano, TX 75024
USA
+1 972 987 3000

美洲

Granite Park One
5800 Granite Parkway
Suite 600
Plano, TX 75024
USA
+1 314 264 8499

欧洲

Stephenson House
Sir William Siemens Square
Frimley, Camberley
Surrey, GU16 8QD
+44 (0) 1276 413200

亚太地区

Suites 4301-4302, 43/F
AIA Kowloon Tower,
Landmark East
100 How Ming Street
Kwun Tong, Kowloon
Hong Kong
+852 2230 3333

关于 Siemens Digital Industries Software

Siemens Digital Industries Software 不断推动数字化企业转型，让工程、制造业和电子设计遇见未来。我们的解决方案助力各种规模的企业打造数字化双胞胎，带来新的洞察、新的改进机遇和新的自动化水平，让技术创新如虎添翼。如需了解有关 Siemens Digital Industries Software 产品和服务的详细信息，请访问 [siemens.com/software](https://www.siemens.com/software) 或关注我们的[领英](#)、[推特](#)、[脸书](#)和[照片墙](#)帐号。Siemens Digital Industries Software – 数智今日，同塑未来

[siemens.com/software](https://www.siemens.com/software)

© 2018 Siemens.可在[此处](#)查看相关西门子商标列表。其他商标属于其各自持有方。

75930-81180-C8-ZH 11/19 LOC