



SIEMENS

Ingenuity for life

Siemens Digital Industries Software

通过前端装载 CFD 提高工程生产率的 七项重要提示

高层摘要

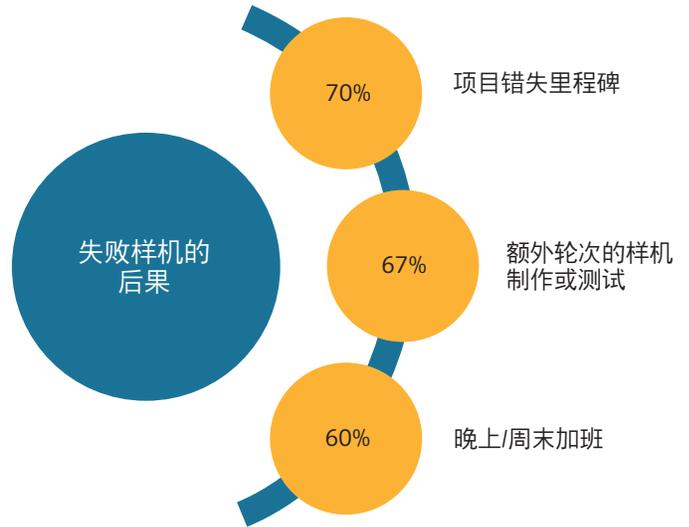
制造业的全球竞争格局正在挤压所有人——从一级汽车公司到电子产品制造商。它极大地压缩了产品上市所需的时间，并且几乎没有任何预警。这种高压竞争环境要求厂商们不断提高生产率，如此一来，他们要么能在不影响质量的情况下更快速、更精简地完成任务；要么就是拱手认输，把市场交给更雄心勃勃且愿意不惜一切代价获胜的竞争者。

入门介绍

如何提高生产率呢？您是否一遍又一遍地重复同样的事情，却期望得到不同的结果？或者您是否检查了流程中的每一个步骤，以确保有一个最佳流程，能让您的团队更巧妙、更高效地工作和生产？

多个行业分析师和 CAE 供应商进行的调查表明，市场上最成功的公司会在设计流程的早期阶段评估其设计的性能，并推动分析专家与设计工程师之间的协同和知识分享。

有趣的是，经过验证发现，仅在样机制作阶段测试设计将要付出高昂的代价。根据 *Lifecycle Insights*¹ 的一篇报告，失败的样机会导致很多问题，比如错失项目里程碑、需要进行额外轮次的测试、以及不得不加班加点等等。



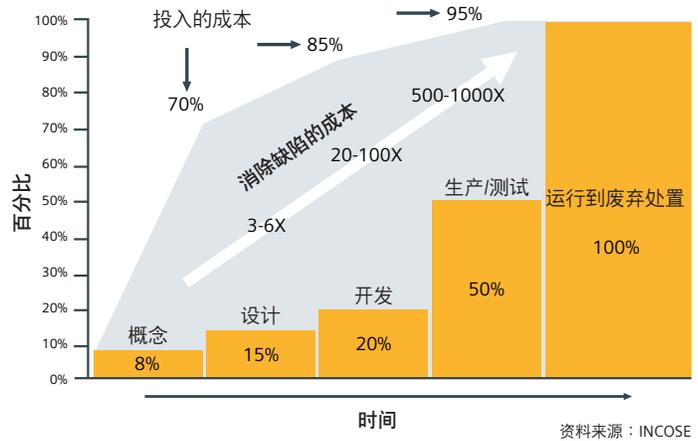
资料来源：Lifecycle Insights¹

尽早仿真、经常仿真

在设计流程中尽早进行仿真有很多益处，这在大量文献中都有所记录。从概念到生产这一流程中，每前进一步，每项工程变更的成本就会随之增加。据美国国防部称（依据国防采办大学的报告），在国防部项目总生命周期成本中，有 20% 属于应计实际成本，而 80% 则是由测试阶段决定²。换言之，产品成本几乎完全取决于对设计尚知之甚少的早期概念阶段所做的决策。此外，修复缺陷的成本也随着流程的推进而上升。

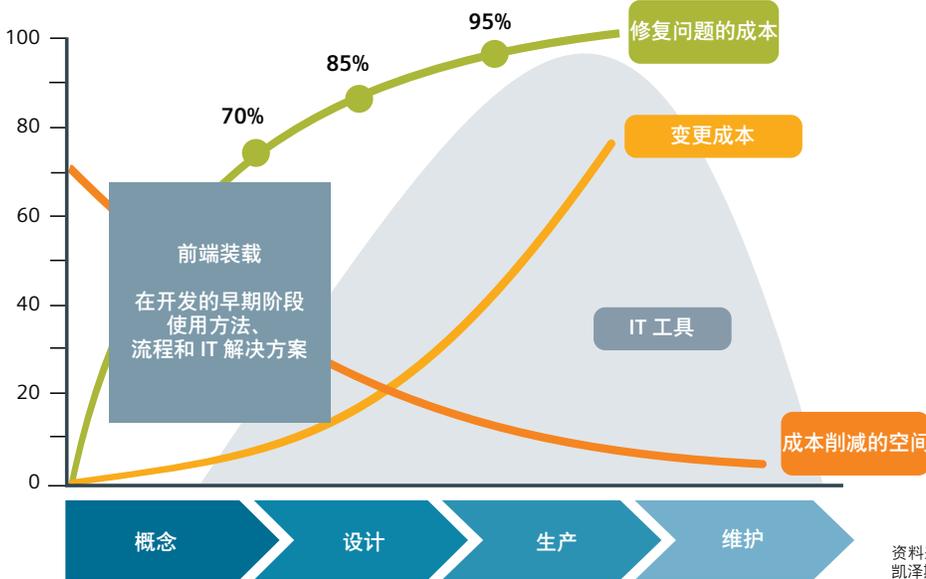
尽管这些数据来自国防部门，但商业实体可能面临类似的生命周期成本。对于机电设计，尽早仿真且经常仿真很重要。在正确的时间需要使用正确的工具，以便可以获取信息，及早进行评估。这种做法称为“前端装载”。

累积百分比生命周期成本与时间的关系



资料来源：INCOSE

国防采办大学报告的已投入生命周期成本。箭头显示：在生命周期中，错误消除得越早，修复成本越低。



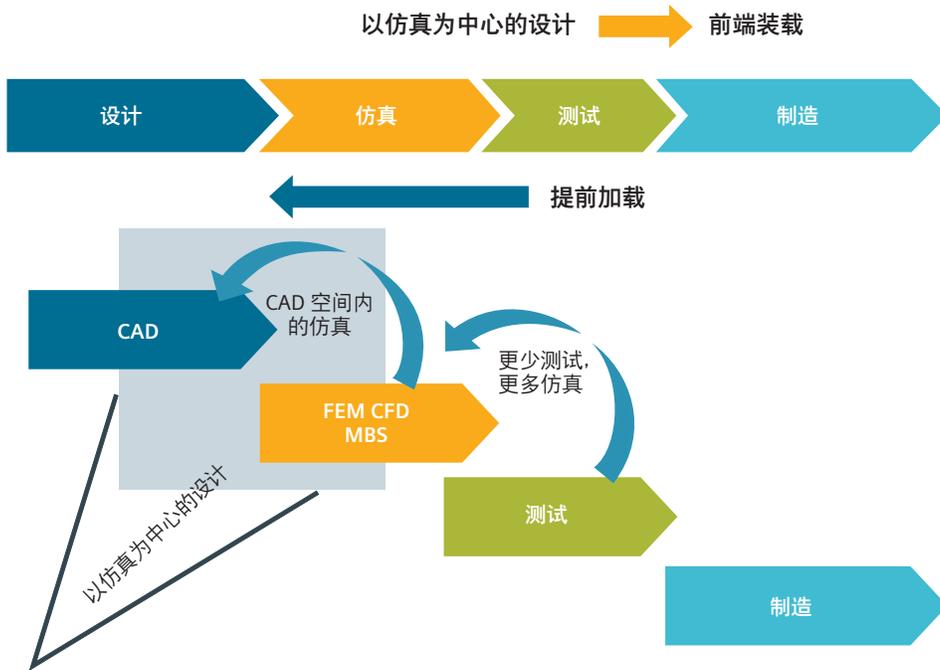
资料来源：马丁·艾格纳博士兼教授，凯泽斯劳滕工业大学教育副总会长

前端装载的经济价值 (Eigner, 2010 年)

有许多前端装载仿真工具可供设计工程师使用。大约 20 年前，第一波仿真工具浪潮——应力分析被引入早期设计阶段，并且很快成为流程中不可缺少的一步。现在，所有主要 MCAD 供应商都会在其产品组合中提供设计级别的应力仿真。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排除不满意设计创意的方法。但不同于验证阶段，在设计阶段，速度至关重要。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提出更多创意。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。

现在这种做法已经扩散到新的领域，包括计算流体动力学 (CFD) 分析，而这一任务长期以来都是在验证阶段中由专家执行的。前端装载为以设计为中心的 CFD 提供了最佳环境。这与过去所谓的“前势” CFD 相似，不同的是我们现在讨论的是将 CFD 嵌入 CAD 中，这给产品的整个制造流

提示 1
 鼓励尽早进行绩效评估，并在设计流程中推动分析专家与设计工程师之间的协作和知识共享，从而立即提高企业组织的效率和生产率。

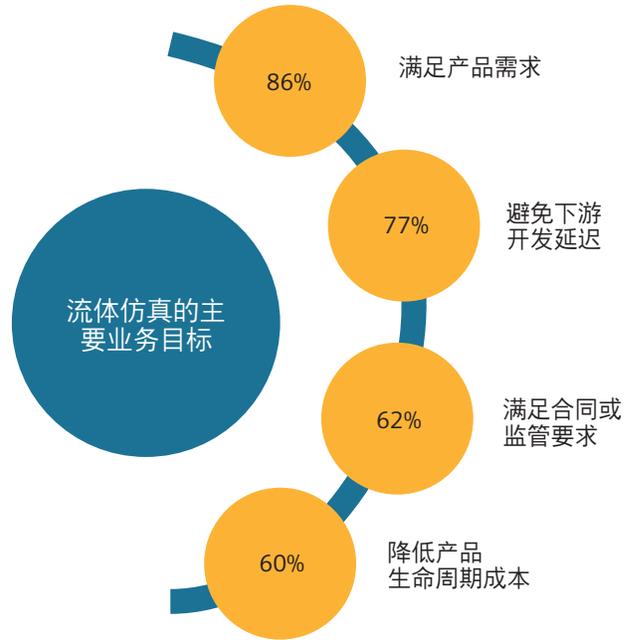


以 CAE 为中心的设计 - CAE 前端装载 (Sabeur, 2015 年)

程都能带来好处。Lifecycle Insights¹ 等提供的市场研究数据凸显了流体仿真作为设计工具的重要目标：

- 满足产品需求（例如重量更轻、速度更快、特性更复杂等）
- 避免下游开发延迟和成本（例如减少测试和样机制作、减少变更通知单等）
- 满足客户合同义务或监管要求
- 降低产品生命周期成本
- 降低生产成本

总之，设计工程师可以帮助减少样机数量并优化成本（通过使用更好的材料和质量），提高效率，以及提升公司的利润率。



资料来源：Lifecycle Insights¹

提示 2
通过减少样机数量和优化成本（通过使用更好的材料和质量），提高效率和公司利润率。

成功实施才是关键所在

前端装载 CFD 的好处非常明显，但如何才能最佳地予以实施呢？

实施任何变更都需要检查设计和产品开发的四大要素：

- 所设计的产品
- 设计所用的流程
- 设计人员
- 成品的最终用户

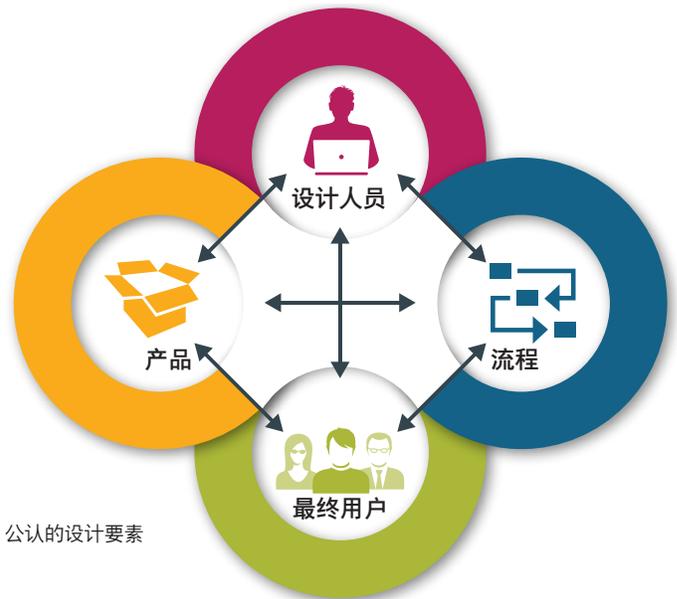
每一项考虑都可能给复杂性和改进带来影响。但是，可以调整流程和设计人员以立即提高生产率。产品会自动得到改进，这是一个直接结果。（“最终用户”这一要素不在本文的讨论范围。）

流程

正如前端装载概念所指，很多领先的制造商已经抛弃原有的串行设计系统（即各职能团队相继有序地工作），而采用多学科产品设计流程，因此就需要成功集成多种创作系统和流程。例如，汽车中的电子元器件数量急剧增加。电子产品现在占其成本的 35% 至 40%。梅赛德斯 - 奔驰 S 级拥有 100 多个 ECU，这与空客 A380（不包括机上娱乐系统）包含的 ECU 数量几乎相当⁴。因此，设计人员需要使用跨机械和电气 / 电子领域的多种工具，以确保及时交付符合客户规范要求的产品。

这种复杂的环境需要高度相互依赖性才能有效运作。尽管如此复杂，但已成功实施前端装载 CFD 的企业无需重新设计或变更其工程流程便可从中受益。许多工程团队经理原本认为使用现有工具会更方便，但他们很快意识到，这是在强迫其团队使用错误的工具。成功的关键因素是选择正确的解决方案，即能提供适合特定应用的功能组合，并且可以嵌入现有工程流程而不会引起中断。

但是，并非任何 CFD 工具都可以前端装载。验证阶段使用的 CFD 软件不适合在设计流程中进行前端装载。为了明白这一点，可以比较传统 CFD 流程（CFD 代码从独立的 CAD 系统接收几何形状）与嵌入 CAD 中的 CFD 流程。



公认的设计要素

提示 3

成功实施是获得前端装载 CFD 优势的关键。

所有 CFD 仿真都要求使用 CAD 模型、准备几何形状（包括 CAD 清理和修复）、进行网格划分、求解、后处理和生成报告。但是, 每种类型的软件会以不同方式处理此流程。传统流程需要在 CAD 软件包内外执行多个步骤, 并重复返回 CAD 工具, 因此存在向 CFD 仿真中引入几何形状逼近的固有风险。设计本质上是一个迭代过程, 所以对每一项几何形状变更都需要重复此流程。相比之下, CAD 嵌入式 CFD 包含在 CAD 软件中, 因此任何及所有的几何形状变更都发生在 CAD 环境内部。

许多传统 CFD 软件程序包括多个接口: 一个用于前处理, 一个用于求解, 还有一个用于后处理。传统 CFD 软件程序往往也有自己的专用接口, 这些接口不与 CAD 集成。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。

提示 4

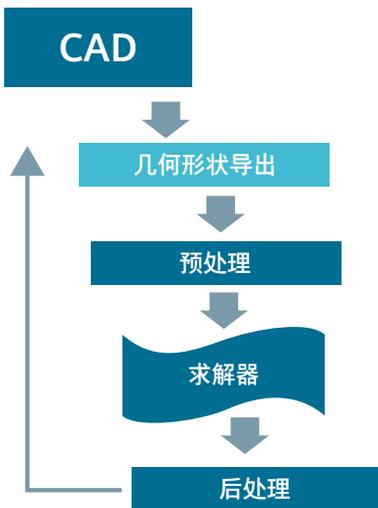
选择适合现有流程的解决方案不会造成任何中断。

“CAD 嵌入式 CFD 使我们能够在更改设计后, 几乎即时地确定仿真结果。我们因此得以将新型 CO₂ 阀门的流量提高 15%, 同时减少了大约 50 个样机, 并且将上市时间缩短四个月。”

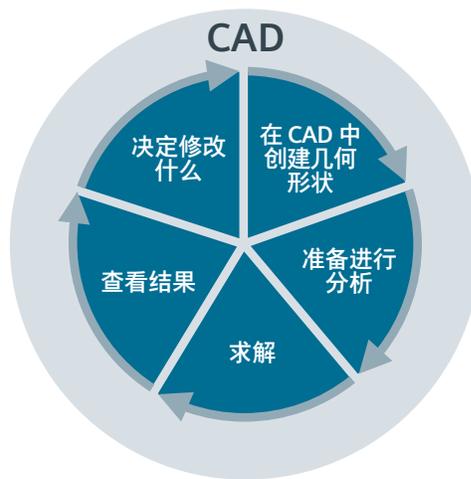
VENTREX



传统 CFD : 顺序流程



CAD 内的 CFD 前端装载



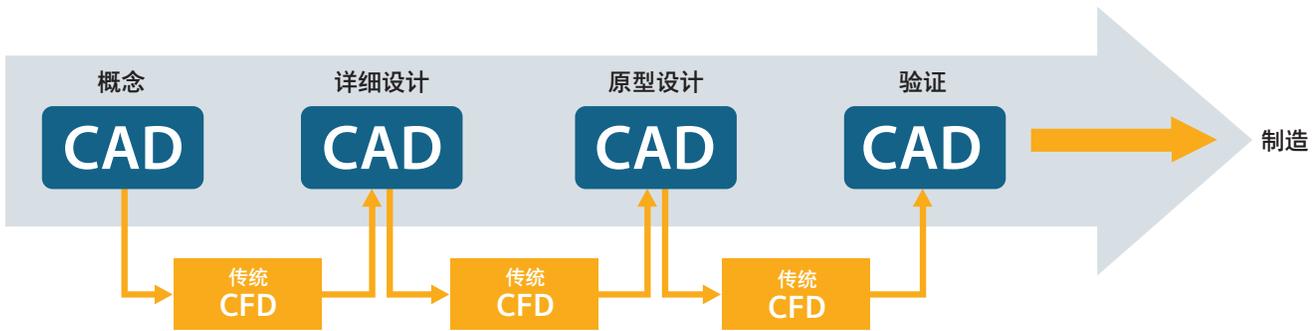
CAE 仿真流程 (Sabeur, 2015 年)

传统 CFD 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 工具支持很多类型的网格划分算法。工程师必须知道哪一种最适合特定应用。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，并且比设计阶段所要求的要慢。

“利用 *Simcenter FLOEFD*，我们可以轻松创建几种不同的仿真案例，以便设计工程师做出最佳判断.....借助 *Simcenter FLOEFD*，我们最终将能预测 *IGBT/ShowerPower* 系统的表面温度，然后再迭代到最终样机，并予以构建和测试。”

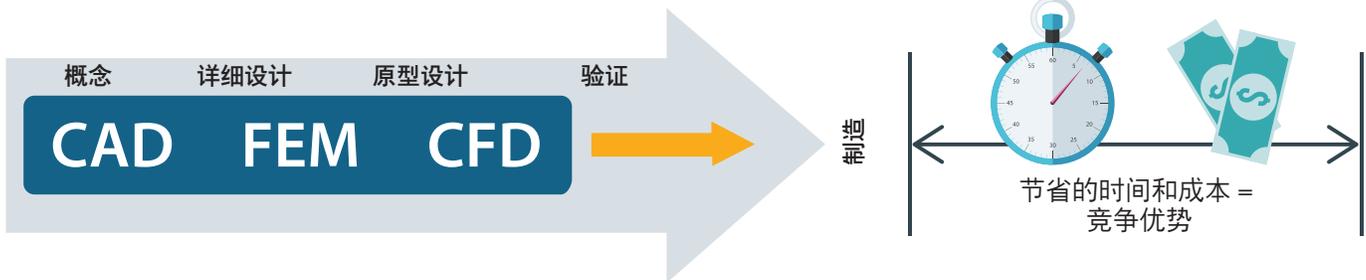
Danfoss Drives

传统 CFD

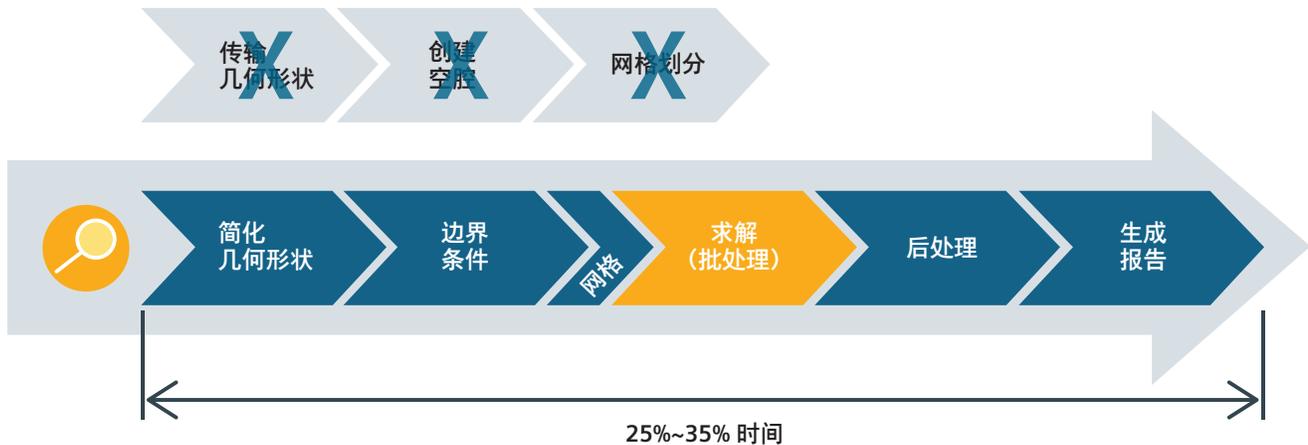


但是，以设计为中心的 CFD 解决方案内置有智能自动化。CFD 只是 CAD 系统内支持的一个功能，如同应力分析等有限元方法 (FEM)，可帮助前端装载 CFD。

设计级别的前端装载 CAE



前端装载 CFD



前端装载 CFD 解决方案可节省大量时间

另外，前端装载 CFD 解决方案可大大缩短分析时间——有些组织报告可压缩 75% 的时间。这是如何做到的呢？前端装载 CFD 解决方案提供了经验证的关键技术，可大大减少模型准备和前处理工作，例如：

- 软件完全嵌入 CAD 中，使用相同的本地几何形状进行分析。不再需要导出数据并对其进行修复以备分析之用。此外，软件简单易用，无需学习新的界面，也不需要每次使用软件时都先熟悉下界面。CFD 分析只是 CAD 软件包提供的另一个功能。
- 在流体流动和热传递分析中，我们希望了解密闭空间（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。前端装载 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。这一步完全没有必要。

“Siemens Digital Industries Software 的 Simcenter FLOEFD 能够帮助我们全面了解和优化汽车前灯。即使面对极为复杂的几何形状和测试条件，我们也能轻松完成分析工作。蒙特卡罗辐射和 LED 模块等新增功能对于加快开发高度复杂产品尤其有用。”

Automotive Lighting

- 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算法最能描绘所研究的流动现象。前端装载 CFD 解决方案具有全自动网格生成器，它会自动为相关问题生成最佳网格。软件具有 SmartCells™ 等内置智能，因此即便使用粗网格也不会影响精度。如需了解有关该技术的更多信息，请阅读“SmartCells – 实现快速精确的 CFD”。

美国航空研究学会已经验证了，相比传统方法，前端加载能够节省一定的时间。

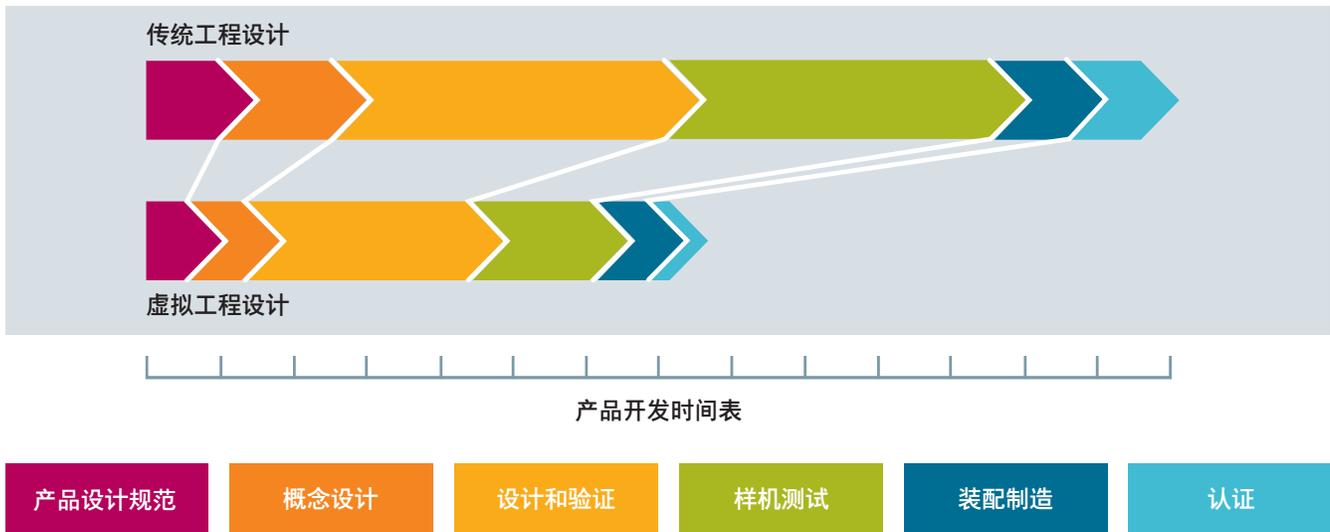
总之，通过使用正确的工具来前端装载 CFD，您可以显著缩短仿真时间，实现更快速、更具竞争力的工程设计流程。

提示 5

选择正确的工具来前端装载 CFD 可显著缩短仿真时间，实现更具竞争力的设计流程。

“我们在一天之内就能向客户展示完成后的设计，包括其外观和工作原理，也就是说，每种型号可节省三周时间和数千欧元。”

JAZO



Simcenter FLOEFD 和前端装载 CFD 可缩短开发时间（美国航空研究学会）。

设计人员

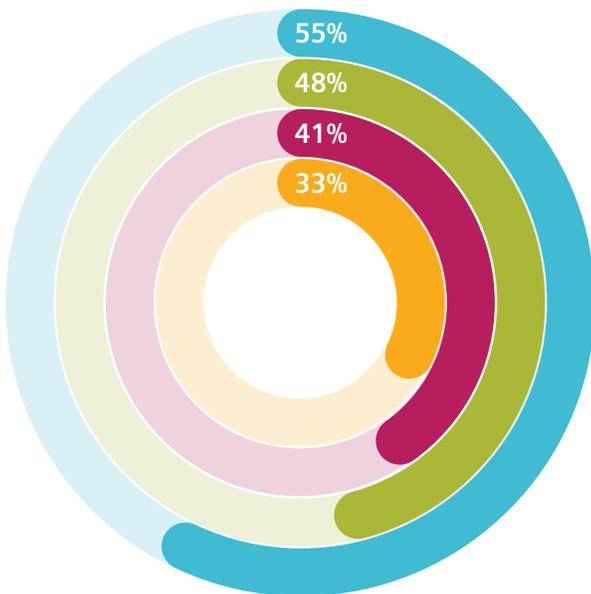
机械工程师是当今有代表性的设计人员。在接受教育的过程中，大多数机械工程师已经接触过某种形式的 CFD 原理。但最重要的是，从事任何产品设计的工程师对其所设计产品的背景都了如指掌。例如，一名从事汽车照明设计的工程师之所以能获得这份工作，是因为他具备电子设备设计背景，熟悉汽车照明的基本属性和特性。他了解电子设备会产生热量，过热会影响性能。他明白，将电子设备挤入外壳中会产生热问题。他懂得，有许多电子元器件可以用来减少热量，包括散热器。甚至使用不同的材料也会产生不同的运行环境，进而改变热量的影响。

总之，设计工程师不仅仅是能够评估问题，检查多个设计变型以确定哪些创意最有效，进行测试并生成可靠的设计。事实上，行业研究¹证实，设计工程师实际上进行了大量的流体仿真：



“*Simcenter FLOEFD* 计算流体动力学软件让没有流体分析背景的设计工程师也能执行热仿真。结果是，我们一次就设计成功了，只需制作一个样机，并且避免了开发过程后期通常会有的昂贵设计变更。”

Azonix



- 由仿真分析师专家组成的集中式团队
- 分配到各开发项目的设计工程师
- 指派给开发项目的仿真分析师小团队
- 从第三方企业聘请的仿真分析师（外包）

资料来源：Lifecycle Insights¹

提示 6

使用正确的工具，设计工程师将游刃有余，不只是能够评估问题、检查设计变型和测试趋势。

以下是设计小组成功实施 Simcenter FLOEFD™ (Siemens Digital Industries Software 的前端装载 CFD 解决方案) 的一些例子：

“在选择分析软件工具时，我们最看重的一点是，所有团队成员无论能力水平如何，都能使用这一工具……没有太多分析经验的人员也能轻松使用该工具……重要的是，该工具能与 *Pro/ENGINEER* 相集成。我们不希望为了进行分析而另外创建模型，而且通过嵌入到 *CAD*，我们可以反复验证各种分析模型。我们还必须能够轻松地在流程之间切换（从设计到分析）。”

Seiko Epson

“我们小组有八名设计人员，其中三名在使用 *Simcenter FLOEFD*。您可以每三个月使用一次，并且您不会忘记如何使用它！*Simcenter FLOEFD* 的特别之处在于，此软件让您能更贴近现实。”

Orbotech

“我们喜欢 *Simcenter FLOEFD*，因为它计算速度快，支持稳态分析。我们没有 *CFD* 专家，因此由我们的设计人员负责仿真分析。*Simcenter FLOEFD* 是 *CFD* 的最佳选择，因为它能在我们首选的 *CAD* 软件包 *PTC Creo* 内部提供简化的自动网格划分设置。我们发现剪切单元 *CFD* 功能非常有价值。”

Mitsubishi Materials Corporation

换句话说，所有设计工程师都需要在正确的设计阶段使用正确的工具，以确保提升整个工程流程的生产率。

为什么 Simcenter FLOEFD 是正确的解决方案？

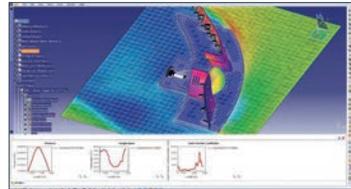
Simcenter FLOEFD 技术最初于 1991 年推向市场，现已被成千上万的工程师用于在设计流程中前端装载 CFD。

备受赞誉的 Simcenter FLOEFD 不会干扰或要求修改工作流程。Simcenter FLOEFD 能够轻松嵌入现有流程而不会引起中断。其灵活性更高，当投入项目的研发成本较低且相当灵活时，它能在较短时间内测试很多设计创意。它可以帮助设计团队更高效、更快速地摒弃不理想的创意，让分析师团队专注于解决更复杂的分析问题并更快完成验证。

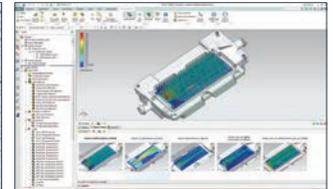
切实提高生产率

使用 Simcenter FLOEFD 进行分析的速度非常快。速度须受智能自动化、使用 CAD 环境及易用性的影响。Simcenter FLOEFD 可完全嵌入最受欢迎的 CAD 程序中。尽管每个 CAD 程序的界面各不相同，但体验却是完全一样。设计人员报告说，接受不到 8 小时的培训就能使用该软件，而传统 CFD 程序需要经过长达 12 个月的培训才能高效使用。

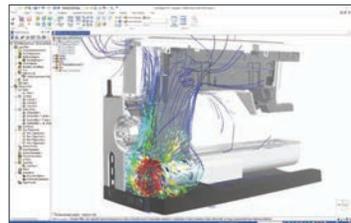
由于工程师会在原始 CAD 环境中操作 Simcenter FLOEFD 并使用本地几何形状，因此无需将数据从 CAD 转移到 Simcenter FLOEFD 中。模型立即可用于分析，从而节省时间和精力。向导、简单的工程语言和丰富的库进一步改善了使用体验，让设计人员能够快速轻松地建立模型。通过自动网格生成器，设计人员只需加以极少的干预便可完成模型的网格划分。另外，软件会自动识别流体区域。



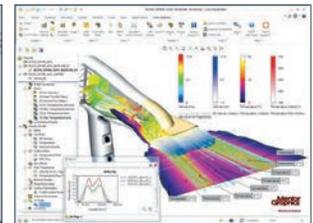
Simcenter FLOEFD for CATIA® V5 软件



Simcenter FLOEFD for Siemens NX™ 软件



Simcenter FLOEFD for Siemens Solid Edge® 软件



Simcenter FLOEFD for PTC Creo® 软件

Simcenter FLOEFD 还能轻松分析设计的多个变型。设计人员只需在 CAD 中修改模型，Simcenter FLOEFD 就会自动将以前设置的分析信息（包括边界条件和材料属性）附加到新的变型上。重新进行网格划分后，可以再次分析模型。

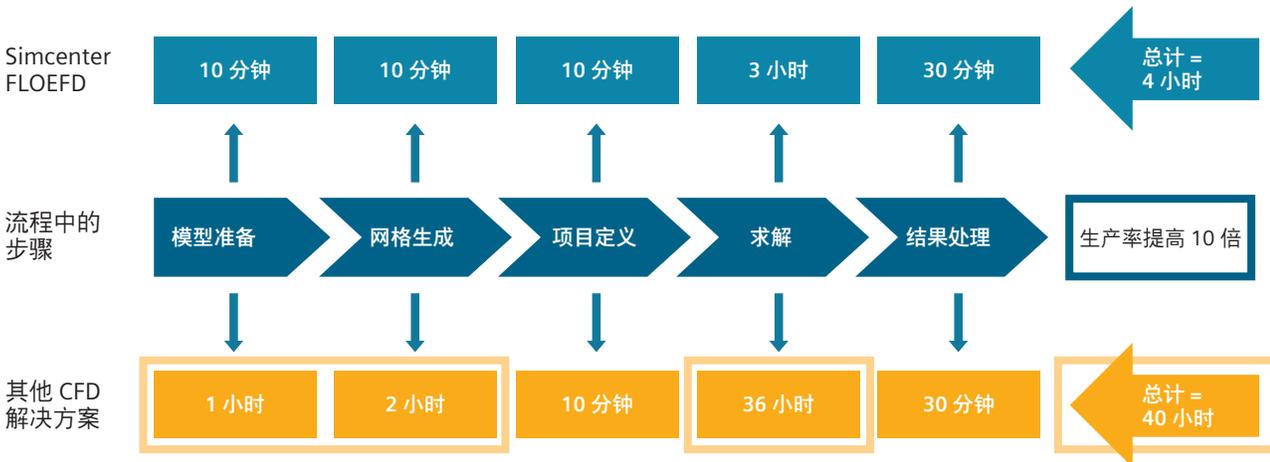
只有速度，才能让工程师及时进行分析，进而跟上瞬息万变的设计世界。而 Simcenter FLOEFD 可大幅节省时间。



Simcenter FLOEFD 赢得了许多奖项，并且入围了 NMI 两个类别的决赛。

在最近的一项基准测试中，一家航空航天公司的设计工程师利用 Simcenter FLOEFD 仿真复杂形状通道中的压力损失，与传统 CFD 软件包相比，其生产率提升了 10 倍。由

于其项目的保密性，我们无法在此分享详细细节，不过我们可以提供他们的结果总结：



传统 CFD 工具在前处理阶段，尤其是模型准备阶段，需要更多时间投入，其中包括将模型从 CAD 软件包中转出，然后予以修复的时间。网格生成也需要耗费多得多的时间。在求解阶段，对于给定的网格大小，传统 CFD 工具求解问题所需的时间要长得多。有人会说，简单粗暴地使用尽可能多的处理器，也能缩短问题的求解时间。但是，如果进行同类比较（使用相同的硬件），Simcenter FLOEFD 求解相同问题所需的时间会更少。考虑整个流程，在获得同样精度的情况下，Simcenter FLOEFD 只需要 4 小时，而其他工具则要 40 小时才能完成相同的任务。不用说，设计团队现在使用的正是 Simcenter FLOEFD。

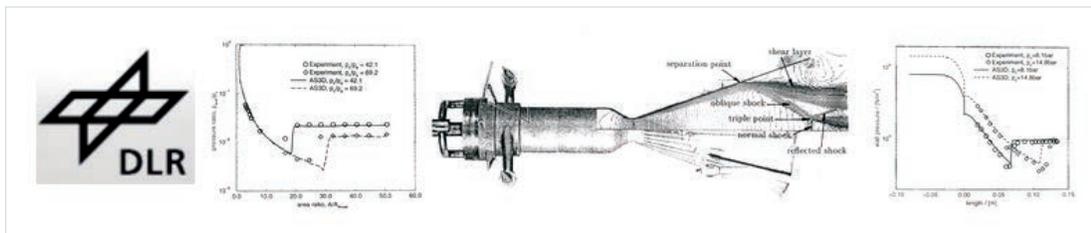
经过验证的精度

速度快当然好，但最好是能做到又快又精确。

Simcenter FLOEFD 技术源于俄罗斯航空航天工业，自 1991 年以来一直在使用。其首次验证是与德国航空航天中心 (DLR) 合作完成的，重点分析了火箭喷管中的分离机制，并将仿真结果与实验进行了对比，结果证明该技术可靠稳健。

“整个设计、仿真和物理测试过程只花了传统设计过程一半的时间。”

Marenco AG



火箭喷管中的分离机制：首次验证是与德国航空航天中心 (DLR) 合作完成的。

自那时起，Simcenter FLOEFD 技术受到了领先航空航天和汽车组织的大量详细审查。最近，日本汽车工程师学会 (JSAE) 公布了 7 种主要商用 CFD 仿真软件程序的盲基准测试结果，展示了每种工具相对于经验证的风洞测试结果的精度。Simcenter FLOEFD 在这个中立的基准测试中再次证明了其精确性。

既精确又快速——Simcenter FLOEFD 是前端装载 CFD 的唯一理想解决方案。

作为设计阶段不可或缺的一部分，CFD 仿真不再是奢侈品，而是必需品。拥抱这一变化的公司会兴旺发达。因循守旧的公司将继续浪费宝贵的资源。贵公司能否承受因循守旧而带来的后果？立即联系我们吧！获取免费无偿的深入分析，看看我们能如何助您提高团队生产率并迅速获得利润。

提示 7

请立即联系 *Siemens*，获取免费无偿的深入分析，看看我们能如何助您提高团队生产率。

“我从 *Simcenter FLOEFD* 获得的最大好处是它是嵌入式的，我可以在 *CAD* 系统中工作并使用参数化 *CAD* 模型。如此一来，变更任何几何形状都更为容易，因而可以非常轻松地运行多个变型*Simcenter FLOEFD* 总是能获得较高的精度*Simcenter FLOEFD* 可帮助我处理涉及非常复杂几何形状的合同，例如定子线圈端匝支撑系统，而这是我之前无法做到的。”

E-Cooling GmbH

“使用传统 *CFD* 方法进行航空动态仿真，可能需要几周才能获得结果，但现在我可以在几小时内得到工程反馈。从一个设计到另一个设计，新项目都采用迭代方法 而利用 *Simcenter FLOEFD*，我能快速分析诸多创意以进行初步评估，然后再在程序中做进一步的详细分析。这种方式对于满足严苛的时间安排表非常有效。”

Bromley Technologies Ltd.

参考信息

- 1.2013, "Driving Design Decisions with Simulation," *Lifecycle Insights*.
<http://go.mentor.com/55ngt>
- 2.2006, *Systems Engineering Handbook*.
- 3.2009, Charette, Robert N., "This car runs on code," *IEEE Spectrum*
- 4.2006, "SmartCells – Enabling Fast & Accurate CFD," Mentor Graphics 2016.
<http://go.mentor.com/55ngt>

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

Unit 901-902, 9/F
Tower B, Manulife Financial Centre
223-231 Wai Yip 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)

© Siemens 2019. 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。

76928-81170-C6-ZH 12/19 LOC