



SIEMENS DIGITAL INDUSTRIES SOFTWARE

加快材料探索与开发的步伐

运用仿真驱动型设计，提高工程师材料开发的智能水平

Executive summary

探索具有新颖特性的先进材料是各行各业诸多企业实现创新的核心要义，能源和化工行业也不例外。随着全球加快向清洁能源的过渡，设计工程师和研究人员的压力与日俱增，想方设法开发创新材料，提出可持续能源解决方案。从二氧化碳吸收剂到用于分离的轻质塑料薄膜，再到油井外加剂，无不说明所用材料的功能是提高能源和工艺效率的关键。不过，从最初发现新材料到正式投入生产，整个过程可能费用高昂且充满诸多挑战。但是，在全球推动节能减碳的背景下，新材料研发变得越来越重要，企业必须认真思考新的解决方案。本白皮书探讨了企业如何运用仿真设计这种有效方式，加快探索和开发新材料的进程，来解决其所面临的复杂工程设计挑战。

Author: Ravi Aglave

Contents

序言

趋势与挑战

设计面向未来的材料

达成目标 - 各种尺度的仿真

成功案例

结语

集成 Xcelerator Share

References

I 序言

重要的技术进步几乎总离不开新材料的发现或创造。材料科学取得的开创性进展能够推动实现新一代技术进步。然而，在大多数工程项目中，材料已被“指定”，在设计之初就已明确规定，而设计流程中也很少更改。通过仿真流程设计、分析和优化“数字材料”的近期发展趋势，彻底改变了这种范式，为能源和化工行业的技术发展开启了无限可能。仿真驱动型设计方法彻底改变了新材料的发现、开发和工艺生产，有助于企业提高竞争力。

在本白皮书中，我们梳理了仿真驱动型设计的一些核心概念，探究了企业应如何把握这种机会实现更快速、更高效的创新产品开发。但是，企业也必须化解诸多挑战，弥合研发 (R&D) 团队与工程设计团队在时间和长度尺度方面存在的技术差距。本白皮书旨在介绍推动行业发展的当前趋势和工艺工程师面临的挑战（包括技术差距和限制因素），提供弥合差距的建议，运用数字孪生技术创建端到端 workflow。

I 趋势与挑战

全球大趋势将改变能源和化工行业的发展规则。一方面，市场波动、数字化发展以及对低碳排放的高度重视，致使企业面临各种新挑战；另一方面，这也为能源企业带来了新的发展机遇。要在新时代的竞争中取胜，企业必须重新审视多年来塑造行业的传统系统和策略，并面向未来进行战略调整。

聚焦可持续发展

直面现实。实现可持续发展乃大势所趋，除此之外别无选择。

向低碳发展过渡离不开企业各部门的沟通协调，包括尽可能发挥工程创新的潜力。例如，使用可减少制造工序数量的新材料和新技术，有助于企业提高能源效率。许多企业和政府已经承诺积极应对气候变化，并着手制定雄心勃勃的目标，以实现净零排放目标。¹ 在探索改进流程工艺和系统的可行方案过程中，实践证明数字化是一个重要的推动因素。

2050 年

是政府和企业减少碳排放量直至实现净零排放目标的时间节点。²

若要取得成功，能源和加工制造业的各家公司都必须迎难而上，采用契合自身需求的发展方式。工程师需要再接再厉，为材料设计和建造做出更多贡献，以实现可持续发展的未来。必须改进操作流程和做法，妥善收集并安全处置有害排放物，或者从源头上杜绝这些排放物。需要将能够提高洗涤性能的新设备设计推向市场。换句话说，我们需要加速推动创新并取得更优异的成果。

加快数字化转型

2022 年，数字化转型支出预计将达 1.8 万亿美元。³

各行各业的数字化转型都在加速发展，能源和化工行业也是如此，这种发展趋势将深刻改变企业应对材料开发和工程设计的方式。工业 4.0 也称第四次工业革命，凭借嵌入式软件和计算技术，将为制造业带来重大改变。

预计截至 2030 年，物联网连接设备的市场价值将达 500 亿。⁴

随着物联网、人工智能、机器学习、机器人技术和云计算的快速发展，人类已进入信息物理系统和智能机器的新时代。根据 statista.com 的一份报告（*工业 4.0 2021*），网络物理系统不仅将机器相互连接，而且还将它们与生产工厂、车队甚至人类联网，因此从根本上改变了制造流程。⁵若要充分利用这些多重机会，能源和化工企业必须加快实施数字化转型计划。为应对不断增加的工作量，需要采用新方法设计工程工具和系统。

从容应对市场波动

能源行业在过去十年经历了多轮起起伏伏，包括能源价格上涨、监管条例变更以及因疫情导致的能源供应中断。天然气、煤炭和电力价格上涨已创下历史新高。国际能源署表示，市场波动将会持续存在。⁶

若要实现蓬勃发展，领军企业必须能够快速响应这些市场变化，积极规划用于替代传统系统的数字化转型路径，探索新的工作方式并交付切实具体的业务成果。但是，挑战依然存在，例如数据复杂度。

> 市场波动可能成为新常态。工程师需要运用强大的工具，整合跨学科数据并充分利用这些数据。

当今的工程学科以数据密集型系统为中心，这些系统负责收集、存储和分析庞大而复杂的数据集。采用嵌入式软件和其他先进技术，例如 3D 打印和增材制造，可进一步增加数据量并提高数据复杂度。

虽然市场波动可能不会消失，但通过认识到当前使用的系统和应用的内在复杂性，并采取积极主动的方法管理数据，企业可以整装待发，从容应对各种意外情况。为此，企业需要提前规划和积极投资现代工具和技术，不仅降低风险并提高速度和敏捷性，还以更快的速度、更低的成本将产品推向市场。

I 设计面向未来的材料

设想一下：贵公司想要开发一种新的化学产品，但自身不具备开发新品所需的技能或技术。贵公司希望与第三方产品开发公司合作，但成本估算却远远超出预期。这种情况似乎显而易见，但材料探索与开发可能是一项较为复杂的任务，包括涉及研究和开发正确材料结构和特性（一直细化到分子层面）的各项活动。从提出概念到投入生产，各项研究和设计活动可能会持续数年。

每个材料开发项目都独具特色，需要掌握多样化的技能和专业知识。

虽然工程师与材料科学家通过“良性竞争”互相激励、彼此启发，协同推动创新，但工程设计与材料科学在很大程度上是两门独立的学科。而且随着大部分工程设计转向采用计算机辅助工程 (CAE) 仿真方法，双方的合作始终受限。因此，新材料的设计和开发均在实验室展开，而不是使用计算机，这导致材料开发变成了一项耗时、复杂且成本高昂的任务。

不过，也有一些好消息。越来越多的企业开始转向开发数字化解决方案，加快材料探索与创新的进程。数字化解决方案可帮助工程师将材料特性视为设计变量，而不是制约因素。这种方法可以预测影响产品性能的材料特性和生命周期成本，同时缩短上市时间。

最终，通过采用极现代化的材料设计的产品，不仅能让企业做好应对种种商业挑战的准备，减少碳足迹，还可帮助企业获得竞争优势。

双尺度的故事

大多数工程设计难题深受两个差异较大的因素困扰：时间尺度与长度尺度。正如图 1 高亮显示的一样，使用正确的工具将这些尺度互连并弥合差距，这是所有解决方案的核心要求。

在图 1 中，第一条轴显示的是各种不同尺度，包括分子、粒子，一直到设备或单元以及工厂。第二条轴显示的是第 1、2、3 或 4 个维度（第四个维度是时间）。第三条轴表示的是加工场所采用的生命周期方法。

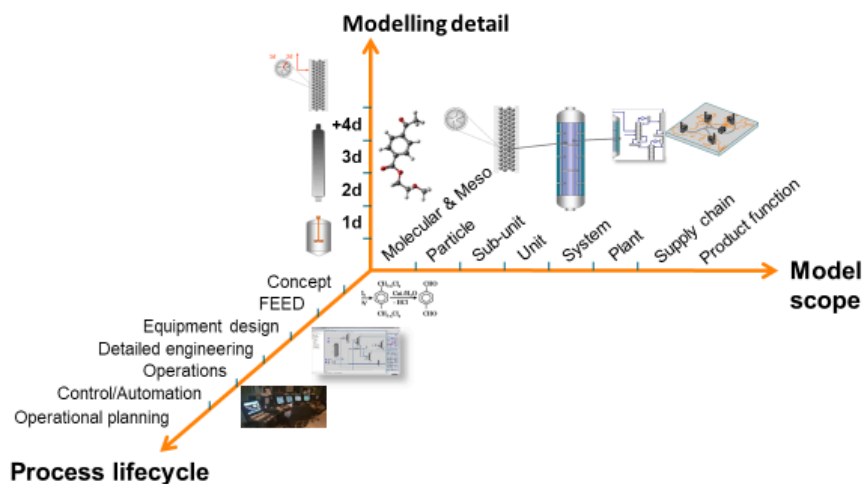


图 1：化工和材料行业中面临的时间尺度与长度尺度挑战的三个维度。

若要创建一个解决方案用于无缝集成整个化工产品开发价值链的不同尺度，则应设法解决两个主要差距：

1. 制定流程

发现一种新材料之后，工程师的任务是制定一个流程，确定后续开发步骤。他们可能会考虑以下问题：

- 需要多少个步骤？
- 使用哪一种溶剂？
- 各种材料混合后会有什么表现？例如乳剂、相态、胶束以及其他中尺度结构？

2. 采用一种建模技术

确定开发步骤之后，工程师需要选择一个基于物理的流程模型，该模型可与设备设计、体相流体和热力学行为模型联结。

做好量产准备

在完成测试台或实验室尺度的单元操作设计之后，量产和技术流程会转移到全面生产尺度模型。通过使用仿真工具和建模，这种差距得以弥合，因此，下图 2 中未予显示。

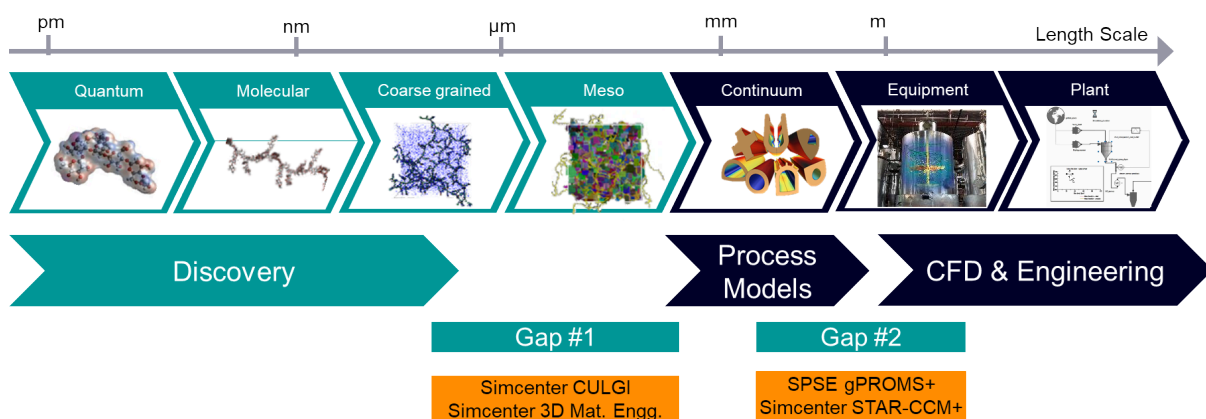


图 2：在材料制造生命周期的集成解决方案中，通过长度尺度确定的差距

显然，材料探索与开发方式存在极大的不确定性。仿真与建模专业知识，是成功整合时间尺度与长度尺度的关键所在。

达成目标 - 各种尺度的仿真

Aberdeen Group 的一项研究显示，这些年来设计师使用仿真软件的比例有所增加，2014 年在设计阶段使用仿真软件的设计师比例是 75%，两年后的 2016 年，这一比例增长至 87%。⁷

若要在当今快节奏的环境中实现材料创新和开发，企业需要改进设计和生产方法，利用先进的仿真和制造技术，创建优化的设备和系统设计。企业需要采用全面的数字孪生技术和方法，在从开始设计到生产的产品整个生命周期内提高设计模型的性能和效率。

Best-in-class organizations have made the leap to simulation-driven design:

- Built 27% fewer prototypes.
- Increased length of development time by 29%.
- Met time-to-market targets 75% of the time.
- Improved engineering change orders, after release to manufacturing, by 21%.
- Met product quality targets 77% of the time
- Met product cost targets 71% of the time.

Source: Aberdeen Research Report 2017

坚实的基础

Siemens Digital Industries Software 可为材料探索与开发过程提供一个坚实的基础。我们认为，材料创新始于分子层面，让用户深入了解系统的纳米机制，并充分理解这些材料的宏观表现。

我们通过集成式 CAE 平台创建了强大的产品组合，可实现以性能为导向的先进材料优化。产品组合包括源自多家收购公司的解决方案和品牌，例如 Simcenter™ STAR-CCM+™ 软件、gPROMS 平台、COMOS 软件、Simcenter 3D Materials Engineering（以前称为 MultiMech）、Simcenter Culgi 以及 Simcenter Flomaster 软件。

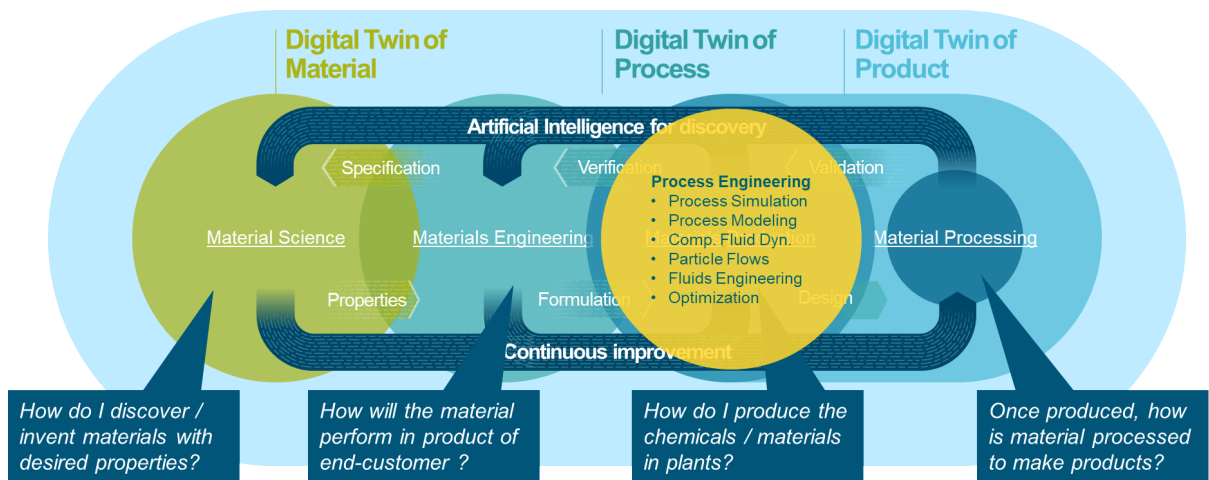


图 3：西门子可以帮助企业在材料行业价值链中创建数字孪生性能流程，用于改进材料创新、工艺流程和产品性能。

西门子解决方案包括基于数字孪生概念的端到端工作流，共有四个主要步骤：材料探索、材料性能分析、工艺设计和工程，以及材料加工。

如图 3 所示，解决方案提供了一种数字方法，可用于材料创新、工程设计、生产和工艺的各个流程。如下所示，四个圆圈描绘了常见的工程设计难题：

- 我应如何发现或发明新材料？
- 这种材料在产品中的性能如何？
- 我将如何在加工厂设计和制造这种材料？
- 材料生产出来后，还需要完成哪些工艺步骤（例如，挤压和铸模）才能用于生产最终产品？

要回答这些问题，必须弥合已识别的差距。我们建议采取三项措施：

1. 搭建新材料探索与设计之间的桥梁

化学家开发一种新材料之后，会与化学工程师紧密合作以实现材料的商业化。设计工艺步骤和加工设备，必须先掌握材料在加工阶段以及最终产品阶段的行为表现。因此，工程师务必要全面了解创新材料的单分子行为，以及在多种情况下，不同品种或不同相态的几个分子共同作用的行为。

因此，工程师会使用粗粒度分子模型估算流变特性和热力学性质，以及这些分子聚合时的相行为。这些特性在流程模型和计算流体力学 (CFD) 或流体动力学模型中必不可少。在两个模型之间建立连接，可以加速完成从研发到工程设计的整个工作流，比反复试验法更快。见图 4。

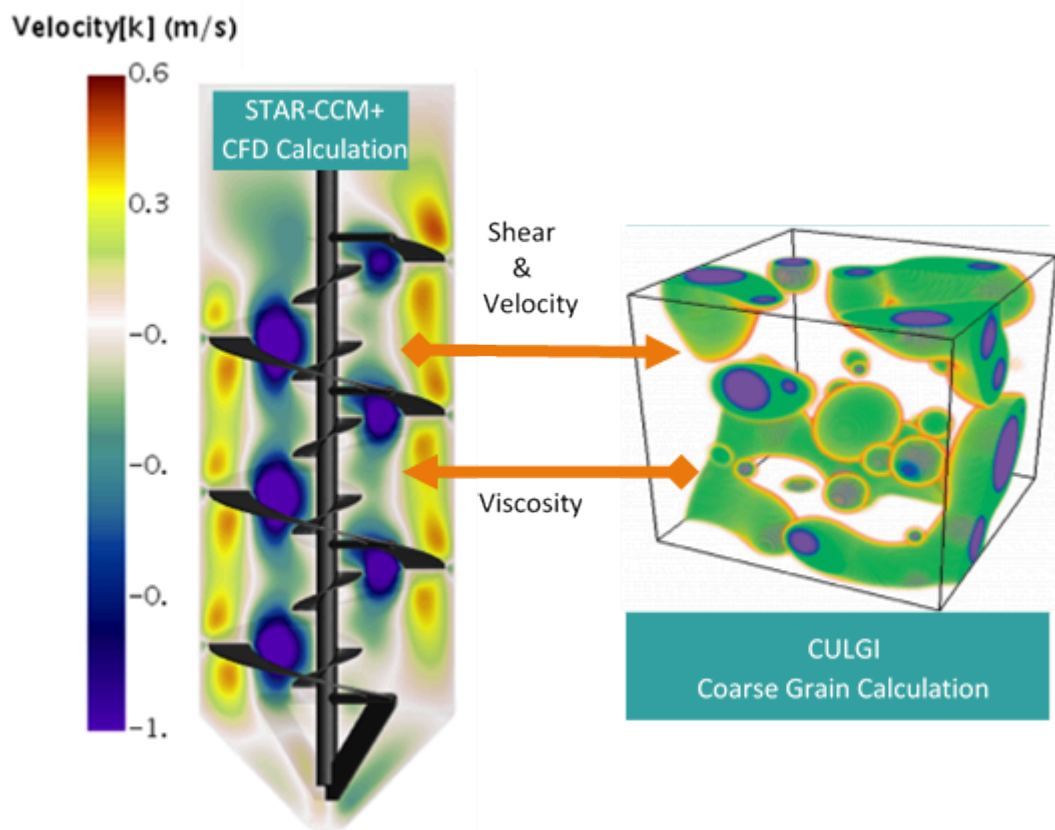


图 4：概念图，展示粗粒度分子建模与 CFD 仿真之间的相互关联，可交换分子特性和局部操作条件。

有关更多信息，请观看以下点播式网络研讨会：

1. [从概念到生产的材料开发过程](#)
2. [适用于热力学与流变特性估算的计算解决方案](#)

2. 搭建中尺度工艺模型与设备设计之间的桥梁

工艺建模有助于工程师更深入地了解单元操作中隐含的化学、物理和生物工艺。工程师通常会通过关于流速和其他特性的精简化假设来进行建模，例如搅拌釜中的理想混合比例或管状装置中的活塞流，他们的侧重点是准确描述详细的物理特性。最后，CFD 仿真可实现对流速、紊流和设备中其他相关参数的详细分析。

由于大多数工艺取决于局部条件，因此，将流程模型集成到 CFD 中具有明显的优点。然而，在实际应用中，由于以下原因，这种方法的适用性比较有限：

- 计算时间较长
- 时间尺度或长度尺度存在差异
- 操作过程中项目时间较短

西门子旗下的 Simcenter STAR-CCM+ 是一个强大的多物理场仿真平台，旨在协助企业将工程仿真与设计探索相结合，自信地预测材料性能。运用 STAR-CCM+ 平台的协同仿真功能和 gPROMS 工艺建模工具，前者解决流动特性，后者评估精细尺度，如此一来，工程师可独家快速了解材料性能。

两种代码之间自动执行耦合，具体包括域分解、所有相关变量的计算和转移。这种方法可以应用于许多单元操作，例如管状反应器、发酵罐、喷雾干燥机以及结晶器。

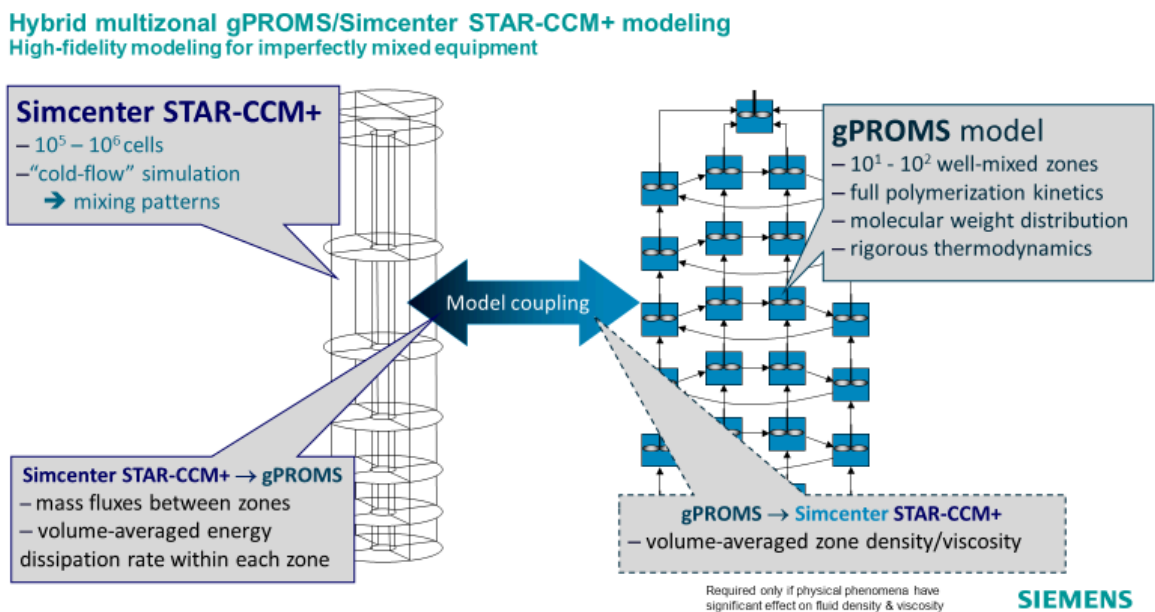


图 5：概念图，展示工艺模型与 CFD 仿真之间的相互关联，可交换流量和局部条件

3. 工程阶段扩大规模

如果使用来自单一真实信息来源的一致且可追溯的数据，企业便能更早地做出明智决定。

Simcenter Flomaster 工具与西门子 COMOS 软件采用工艺和仪表流程图 (P&ID) 信息的“普罗透斯式”标准来交换数据。即使没有几何数据（例如长度、直径、管道等级等），这种格式也可以在 Simcenter Flomaster 工具中将原理图自动生成基于 COMOS 软件中 P&ID 草图的模型。借助模型可以及早评估液压系统设计的系统性能、设备规格、资本支出 (CAPEX)、运营费用 (OPEX)，并尽早着手进行采购，减少迭代次数。

由于自动化数据交换在项目周期内可轻松同步各种信息，“设计状态”的系统可快速切换到“竣工状态”，如图 6 所示。进一步集成可执行模型 (xDT：可执行数字孪生) 与物联网或边缘数据，将系统模型部署在云基础设施中，同步这些数据信息即可定期模拟“运营状态”的系统。这样一来，操作员便能随时随地访问所有重要的状态变量，即使是在功能有限的仪表上也能查看。这种方法建立在连续性基础之上，运用技术推动个人为其他群体及所在企业创造价值。

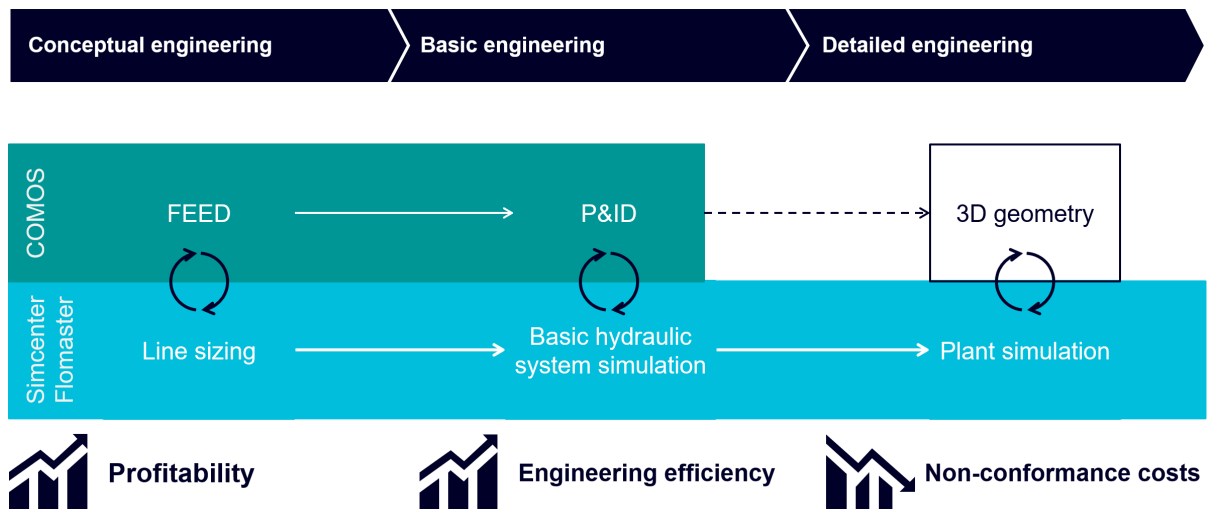


图 6：概念图，展示工厂设计和布局的基础工程与详细工程之间的集成。

有关更多信息，请观看以下点播式网络研讨会：

- [1. 流体工程和应力分析可确保实现能源和加工制造业工厂的安全](#)
- [2. Simcenter Flomaster 助力将工程作业量从几个月缩短为几分钟](#)

I 成功案例

一家化工企业研制了一款汽车仪表盘新材料

客户简介

这个客户是一家跨国化工产品制造商。

业务挑战

对于这家化工企业而言，开发耐用的多功能汽车零部件（例如，仪表盘）的关键在于选用适当的材料。例如，用于制造仪表盘和保险杠的塑料需要坚固耐用且具备适当的刚度，并且应能平衡车辆可能遭受的重压和碰撞。换句话说，这种塑料应该兼具玻璃的刚度与橡胶的弹性。

虽然使用经验方程可以预测材料刚度（因为这个步骤主要依赖于公式），但是很难评估材料的冲击特性（因为这个步骤取决于公式和工艺条件），而这两个因素会影响混合物的最终形态。要想取得成功，工程师需要展开多轮实验，才能找到共混聚合物中各种材料的正确比例。此外，如果不进行广泛的测试，将无法了解这些混合物的潜在形态，例如原子力显微镜，进而导致配方设计复杂化。

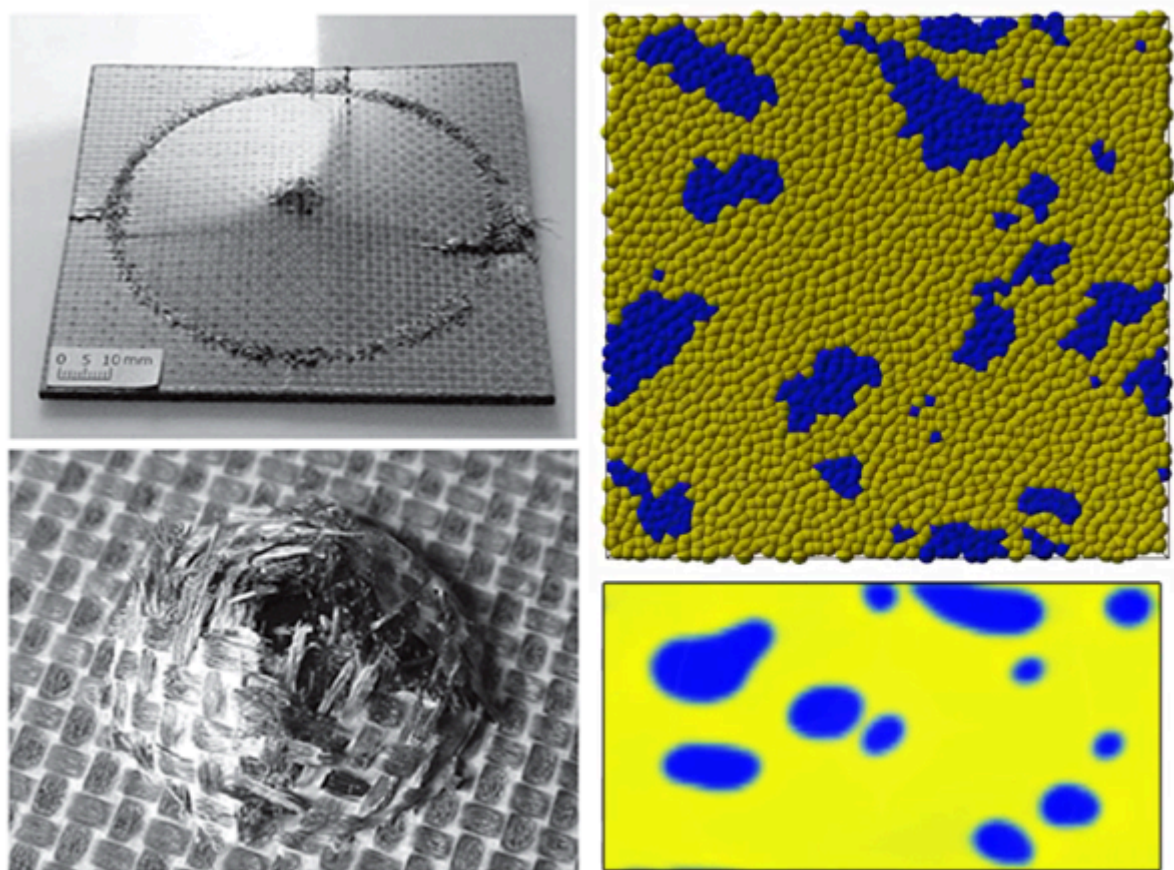


图 7：实验结果图（左）与使用 Siemens Simcenter Culgi 软件的粗粒度分子模型得到的仿真图（右）。右图描绘了一种汽车仪表板新材料在设计过程中完成冲击测试后的分子尺度分辨率。

解决方案与优点：

这家化工企业部署了 Siemens Simcenter Culgi 软件，这款软件旨在提供分子尺度和中尺度仿真环境，用于分析材料性能和发现新材料。该公司工程师运用仿真软件，设计了具备所需特性的新材料，并在时间和长度尺度上预测共混聚合物的冲击特性。功能多样的解决方案有助于工程师进行共混聚合物建模，并预测其在多种工艺条件下（包括压力、温度、成分或剪切速率）的形态。工程师还可以预筛选新成分、成分组合，甚至可以展开逆向工程来研究共混聚合物的冲击特性。

通过对聚合物形态进行显式建模，工程师能够洞悉混合物的微观结构，了解影响混合物宏观特性的内在机制，进一步提升性能。采用这种方法，可以预筛选有效混合物，从而显著减少实验需求。

了解更多信息

[智能材料设计](#)

Solvay 创新研制航空航天新材料

客户简介

Solvay 的总部位于比利时，是一家材料、化工产品和行业解决方案的全球领军企业，其客户遍及制造业、消费品、医疗保健、汽车、航空航天和农业等行业。Solvay 创立于 1863 年，业务遍及全球 61 个国家/地区，公司历来非常重视创新，分布在全球各地的 20 个研究和创新中心为企业创新提供了重要支撑。

业务挑战：

随着结构设计变得越来越复杂且要求苛刻，新型复合材料的开发一直难以跟上。开发一种新型航空航天材料可能需要五年的时间，耗费的成本可能高达 5000 万美元。时间和成本的限制，导致新材料开发停滞不前。Solvay 需要以更快的速度和更低的成本研制出航空航天新材料。公司迫切需要一个平台，能够处理各种输入数据，例如纤维体积含量、纤维方向、界面效应、树脂韧性以及材料变异性。

解决方案与优点：

Solvay 决定投资购买现在归西门子所有的 Multimech 软件，这是一个强大的多尺度材料建模和仿真平台。这款软件不仅让 Solvay 团队能够测试他们在材料开发过程中更改的输入值所产生的影响，而且通过综合考虑多种相互抵触的损伤机制，包括纤维断裂、树脂开裂和纤维/树脂脱粘，帮助他们准确预测复合材料的失效。

此外，Simcenter Multimech 平台让 Solvay 团队能够了解材料可能失效的场景以及失效原因。借助这个解决方案，Solvay 团队可满怀信心地发送新材料创意进行物理测试，因为他们知道设计将会顺利通过测试。据 Solvay 估算，公司采用 Multimech 建模和仿真平台，可将开发和验证新材料的时间和成本均降低 40%。

“我们的复合材料全球业务部已经仔细审核所有建模解决方案，到目前为止，MultiMechanics 提供的解决方案是较适合的，结果非常理想。”

- Solvay 首席技术官尼古拉斯·库德雷-莫鲁 (Nicolas Cudre-Mauroux)

阅读更多信息

- [1. Simcenter 3D 材料工程概述](#)
- [2. 虚拟材料和产品设计](#)

Solvay 提高了反应器性能

客户简介

Solvay 的总部位于比利时，是一家材料、化学品和行业解决方案的全球领军企业，其客户遍及制造业、消费品、医疗保健、汽车、航空航天和农业等行业。Solvay 创立于 1863 年，业务遍及全球 61 个国家/地区，公司历来非常重视创新，分布在全球各地的 20 个研究和创新中心为企业创新提供了重要支撑。

业务挑战

由于物理、化学和热处理工艺之间的动态变化和相互关联，Solvay 工程师在化学反应器的工艺开发、量产以及故障排除方面面临诸多挑战。反应器设计会影响许多关键绩效指标，例如操作温度、成本、效益，所有这些指标都可能对盈亏底线产生重大影响。对于 Solvay CFD 工程师来说，在设计之初准确把握设计方向至关重要，这可以避免代价高昂的故障排除和启动成本。在新的行业激励措施（例如质量源于设计 (QbD) 范式）以及激烈的市场竞争背景下，更深入地了解设计流程以确保工艺效率和产品质量显得更为重要。

解决方案与优点

通过使用 Siemens Simcenter STAR-CCM+ 软件进行 CFD 仿真，Solvay 能够将极其复杂的情况转化为竞争优势。凭借灵活且可定制的仿真选项，公司的工程和设计团队能够观察和分析出现的热学、化学和物理现象，测试和分析多个加热盘管设计方案，从而优化反应器的热学性能和排空效率。

“我现在对仿真的信赖程度，与以前对物理实验的信赖程度是一致的。现在，开展常规试验的每个人几乎都会要求我运行仿真软件。”

- Solvay 高级 CFD 工程师尼古拉斯·佩雷 (Nicolas Perret)

通过将流体动力学预测与机械阻力计算相结合，Solvay 团队还能验证反应器生产能力增量。借助 Simcenter STAR-CCM+ 软件的多相态建模功能，Solvay 工程师能够获得重要洞见，更快速地做出改进设计的决策。通过采用优化后的反应器设计，Solvay 不仅提高了反应器吞吐量和生产能力，而且提高了运营效率。⁸

观看此点播式网络研讨会，了解更多信息

[使用热力性能仿真，提高化学反应器的效率](#)

结语

整体推进材料开发

提高工厂智能化水平和处理速度，降低运营成本。

为了保持竞争优势和顺应行业发展趋势，能源和化工企业必须持续评估业务流程。采用完全数字化的材料开发过程，借助统一的数字线程串联企业内部多元的数据，为数字孪生提供动力，适时将正确的信息传送到各类设备。2017 年 Aberdeen Group 研究报告指出，那些在设计周期及早部署仿真流程的优秀设计师，在满足产品成本、产品发布、收入和质量目标方面可轻松超越所有其他设计师。⁷

预计截至 2024 年全球仿真设计与分析市场规模将达 103 亿美元。⁹

材料探索与开发是一件复杂的事情，因为在产品生命周期内整合研究解决方案和工程解决方案，很大程度上会受到长度和时间尺度的影响。整合的本质（例如耦合、协同仿真、数据交换或工作流自动化）取决于预期的效率提升幅度。采取整体方法解决复杂情况，可缩短工程设计和量产时间。这种方法还需要积极探索设计和理想操作条件的各种可能性。只有运用这种整体方法，企业才有望发挥数字孪生在性能工程方面的优点，让工程团队能够努力探索可持续发展的未来。

有关更多信息，

请访问 [siemens.com/simcenter](https://www.siemens.com/simcenter)

立即开始 [免费试用 Simcenter 3D](#)

I 集成 Xcelerator Share

西门子 Simcenter 平台可连接 Xcelerator Share 这一适用于专项协同的工程导向型云解决方案。借助 Xcelerator Share，各种规模的团队都可以通过合适的访问控制与关键利益相关方（包括设计师、经理、测试工程师、供应商和客户）安全展开合作。这相当于提供了一个基于项目的可扩展工作空间，显著提高了产品开发的灵活性。项目成员可以随时使用任意设备查看和标记设计、共享仿真模板以及查看仿真结果。

References

1. World Resources Institute, "Net Zero Targets: Which Countries Have Them and How They Stack Up", June 2021, <https://www.wri.org/events/2021/6/net-zero-targets-which-countries-have-them-and-how-they-stack>
2. International Energy Agency Report, "Net Zero by 2050", May 2021
<https://www.iea.org/reports/net-zero-by-2050>
3. Statista Report, "Spending on digital transformation technologies and services worldwide from 2017 to 2025", November 2021, <https://www.statista.com/statistics/870924/worldwide-digital-transformation-market-size/>
4. Statista Report, "Number of IoT connected devices worldwide in 2018, 2025 and 2030", May 2019, <https://www.statista.com/statistics/802690/worldwide-connected-devices-by-access-technology/>
5. Statista Report "Industry 4.0 2021", <https://www.statista.com/study/66974/in-depth-industry-40/>
6. Stevens, Pippa, CNBC Report, "Volatile energy markets are here to stay, global watchdog warns", October 2021,
<https://www.cnbc.com/2021/10/13/oil-iea-warns-of-volatile-energy-markets-ahead.html>
7. Cline Greg, Aberdeen Group, "The Benefits of Simulation-driven Design", May 2017,
<https://resources.sw.siemens.com/en-US/white-paper-benefits-of-simulation-driven-design>
8. Aglave & Perret, Improving efficiency of chemical reactors using thermal performance simulation, online at <https://www.plm.automation.siemens.com/global/en/webinar/cfd-simulation/70903>
9. Statista Report, "Revenues from the simulation and analysis market worldwide from 2015 to 2024, by segment", Dec 2020, <https://www.statista.com/statistics/1192368/worldwide-simulation-and-analysis-marketrevenues>

Siemens Digital Industries Software

办事处

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

For additional numbers, [click here](#).

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孪生，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

About the author

Ravi Aglave

拉维·阿格拉夫 (Ravi Aglave) 博士是 Siemens Digital Industries Software 加工制造业、仿真与测试部总监。拉维在涉及各行各业材料与工艺的仿真软件和多尺度建模方面拥有丰富的经验。他先后获得了印度普纳大学化学工程学士学位、印度孟买大学化学工程硕士学位，以及德国海德堡大学自然科学博士学位。