



SIEMENS

Ingenuity for life

Siemens Digital Industries Software

发挥泵和压缩机的 最大效用

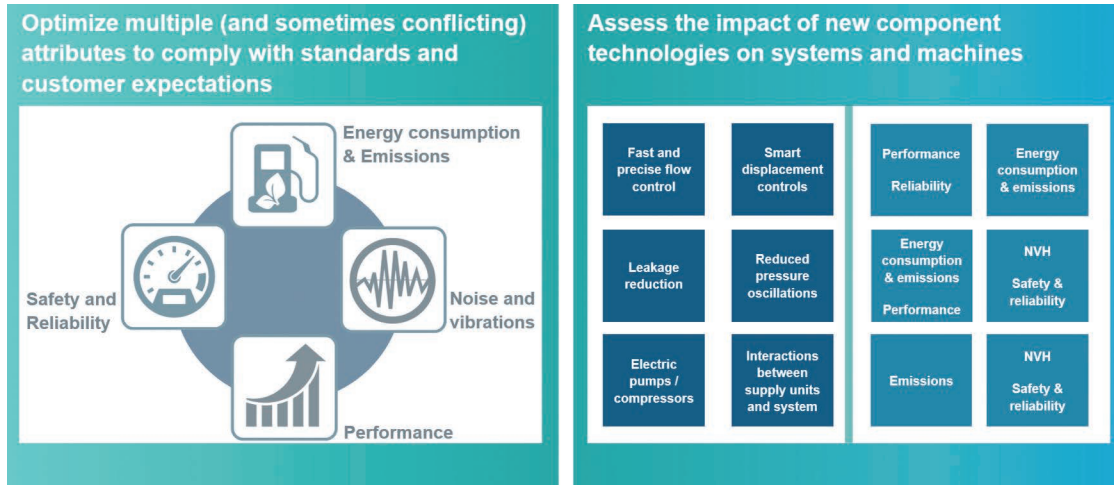
利用 Simcenter Amesim 有效满足
法规要求和市场需求

高层摘要

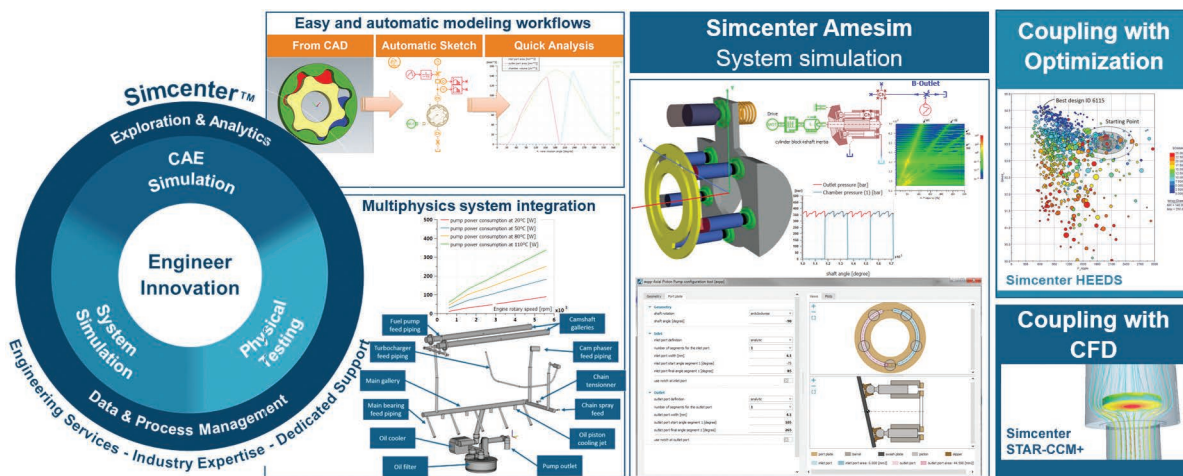
现如今旋转机械供应商需要满足各种各样的标准，诸如噪声、振动与声振粗糙度 (NVH)、排放与安全性，以及降低能耗和保持性能等方面的法规要求越来越多。在这样充满挑战性的背景下，系统仿真解决方案能够支持客户在开发过程中尽早对不同的设计选择展开正确评估。

因此，新技术的设计和评估可通过采用可靠的虚拟模型得以实现。这些虚拟模型能够全面探索设计空间，从而达到法规要求并满足客户的期望。需要利用技术解决方案来满足泵和压缩机的多种属性，甚至是相互冲突的属性，从而使压力降低并减少扭矩振荡，实现快速而精准的流量控制。此外，还必须了解泵 / 压缩机与组件和系统下游之间的交互。

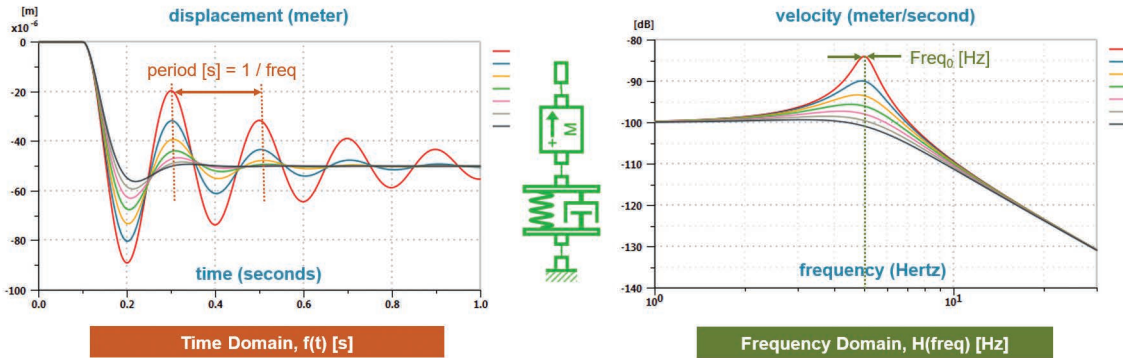
摘要



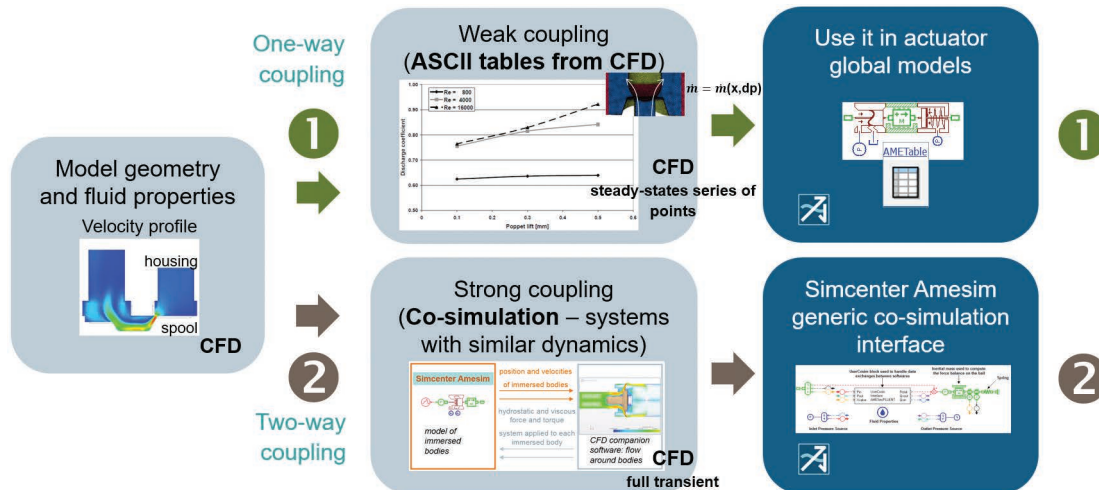
为了支持射流组件供应商在开发周期缩短和控制成本的情况下开发出高质量的产品，作为 Siemens Digital Industries Software 所开发的全面、集成式软件和服务产品组合 Xcelerator™ 的一部分，Simcenter™ Amesim™ 软件可在集成环境中提供各种多物理场库以表示机械、电气、液压和热等不同的物理域。



Simcenter Amesim 中的频域工具与时域仿真互补，可帮助识别自由响应和强迫响应，例如特征值和固有模态、根轨迹以及波德图 / 奈氏图 / 尼科尔斯图等，从而研究输入变量（如泵波纹激励）与观测器（如电路内部的压力水平）之间的传递函数的幅值和相位。



Simcenter Amesim 完全适用于解决产品开发的所有仿真需求，包括从功能模型到基于几何体的详细模型、从准静态物理场到全动态物理场。此外，Simcenter Amesim 的开放性可帮助实现系统仿真模型与 3D 计算流体动力学 (CFD) 工具的耦合，以进行局部范围的流体流动分析。其中某些应用模块包括复杂管道或沟槽中的压力损失评估、特定限制条件下的流量系数，或在特定流道和回流中作用于提升阀 / 滑阀上的液动力。

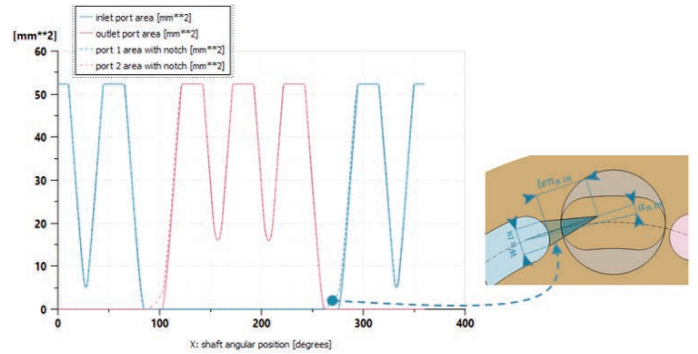


液压建模

对于液压应用模块, 根据可用的输入数据和动力学, Simcenter Amesim 提供了三个库以满足仿真需求:

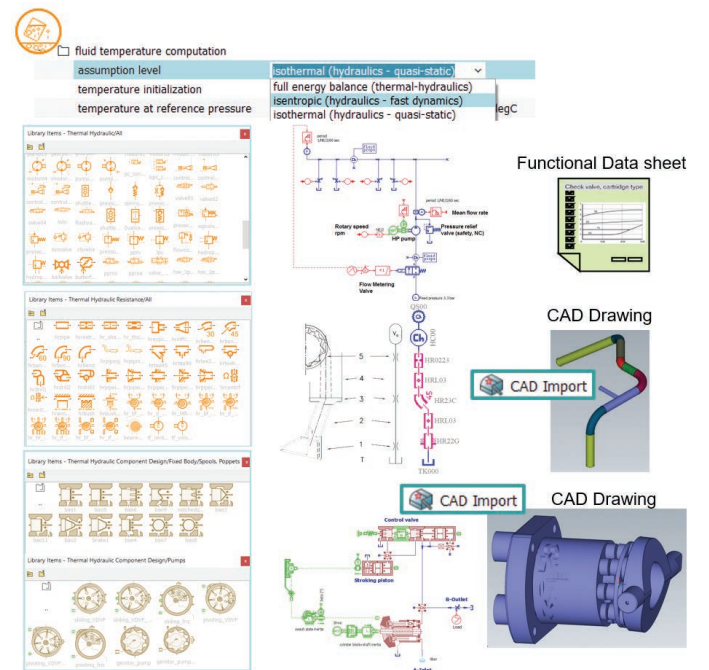
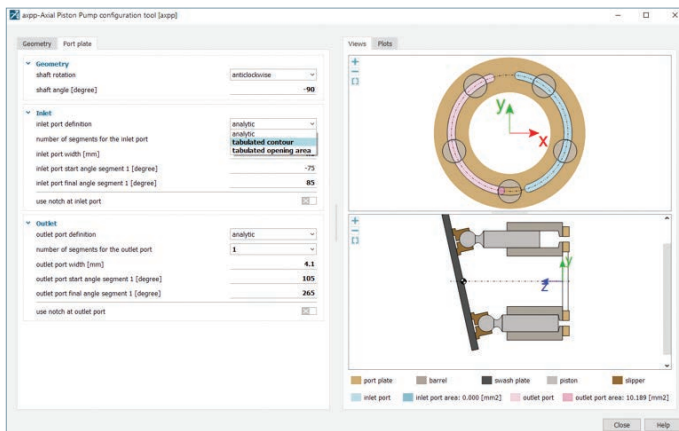
- 针对泵、阀门、蓄压器等系统级总体 / 主要特性所搭建的功能物理模型可由数据表上可用的一般特性来描述;
- 液压阻力将考虑由于拐角、T 形管和管道中其他几何形状突变而导致的局部压力损失。位于泵低压入口处的液压管道可能需要使用这个库, 因为泵入口处的高流量可导致相对压力为负, 使吸入口处发生严重的曝气和气蚀;
- 对于复杂的管道几何形状, 工程师可利用仿真平台内的计算机辅助设计 (CAD) 导入功能轻松完成 Simcenter Amesim 模型的搭建和参数化;
- 最后, 组件设计库包含了很多基于几何体的模型, 能够完全表示液压滑阀和提升阀中的流动路径、泄漏量和泵。此库适用于组件设计和液压系统优化。

对于正排量泵, 在 CAD 图纸尚未生成的预设计阶段, 可使用全集成模型来衡量不同的几何形状选择, 并在预处理应用程序的支持下帮助实现模型参数化。



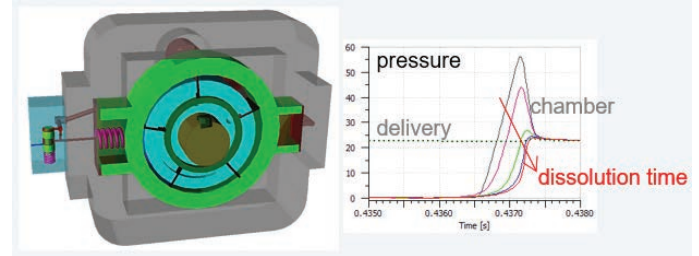
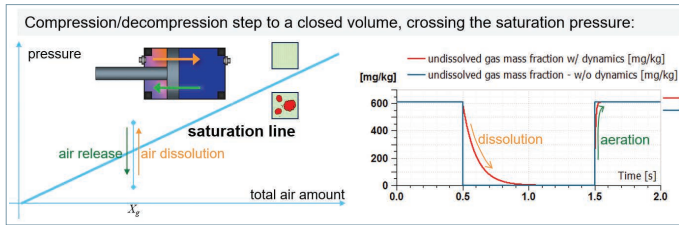
在泵图纸生成后, CAD 导入功能便可立即通过直接检索泵的几何形状帮助用户自动生成草图并实现泵模型的参数化。

计算高级流体特性时必须始终遵循热力学质量和能量守恒定律, 从而使您能够预测出可能会出现的气蚀和曝气现象, 例如在角速度更大时的泵入口处。



借助适用于液压泵全面动力学分析的最为复杂的曝气模型，可根据质量分数守恒定律分别计算出空气总量和未溶解的空气量这两个自变量。通过考虑根据用户定义的时间常数所确定的一阶延迟，或更加复杂的定律，未溶解气体质量分数的变化会考虑曝气和溶解动力学。¹

这篇论文²说明了空气溶解动力学对控制带有压力调节设置的可变排量润滑油泵有何影响。这些动力学会严重影响瞬时的空气分离量，而这又反过来决定了有效油气混合物的体积模量值和压力变化率。



气动建模

根据可用的输入数据和所表示的动力学，Simcenter Amesim 提供了各种库以满足不同的气动仿真需求。

- 对于单一气体的应用模块，气动库可对理想、半理想和实际的气体特性进行处理；
- 混合气解决方案适用于若干种气体体积分数随时间变化的混合气；
- 对于两相流动，可提供特定的库来分析蒸发器或冷凝器中的流体相位变化现象。

The image displays the Simcenter Amesim software interface. It features three main library sections: '1 Single-gas', '2 Gas-mixture', and '3 Two-phase flow'. A detailed schematic diagram of an air compressor system is shown, including components like 'Air compressor system', 'Cooling water', 'Air tank', 'Rear cooler', 'Air dryer', and 'To manufacturing site'. A 3D model of the compressor is also visible at the bottom right.

应用实例

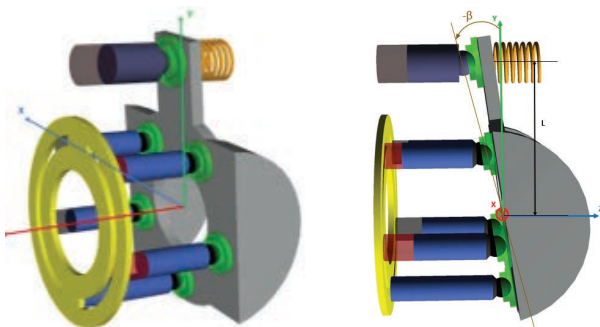
各个不同的行业部门可能使用不同的泵和压缩机技术，本节将从中选出轴向活塞泵和往复式压缩机作为解析重点。

轴向活塞泵

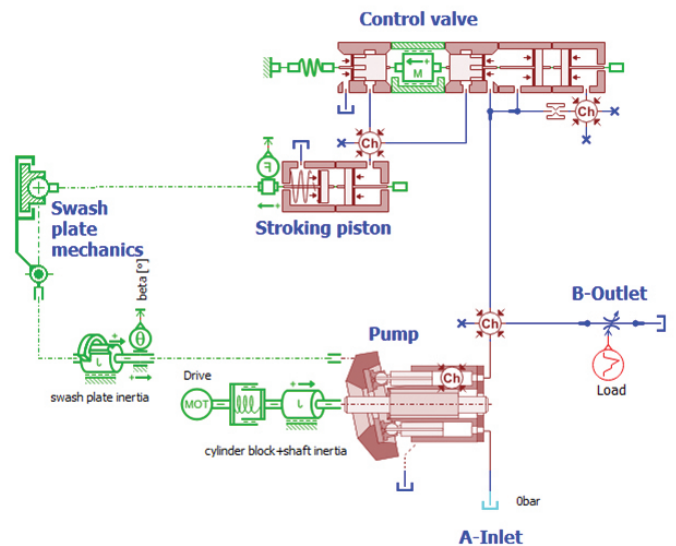
轴向活塞泵广泛应用于移动和工业领域，以及喷气机的电力液压系统。即便在液压压力达到最高的情况下，该技术也能达到较高的容积效率；此外，轴向活塞泵本身还可采用固定式或可变式设计。

下图为斜盘式设计的可变排量轴向活塞泵。

只要泵的输出压力达到与控制阀开启压力相当的最大值，斜盘驱动的行程活塞便开始接受加压，做单向运动（从左到右），使斜盘角度 β 变小，从而降低泵的排量和流量。



泵模型会自动生成并完成参数化，将 CAD 文件直接导入至 Simcenter Amesim 中。此外，模型中还会加入控制阀、行程活塞和斜盘机制以实现斜盘控制，从而在输出压力值达到与弹簧预紧力相当的水平时降低泵的排量。

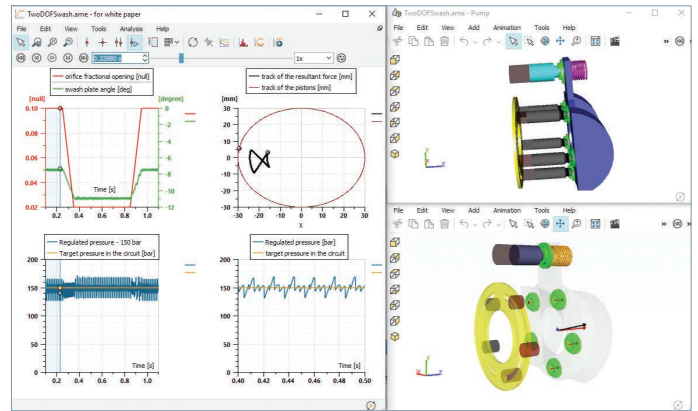


泵模型中集成了许多影响因素，诸如：

- 泵活塞的运动学；
- 配流盘开口区域（可能含有凹槽）；
- 当发生曝气和气蚀现象时，内部泄漏量、粘性摩擦力和流体压缩性急剧加大，尤其在轴转速达到最大时。

以上仿真模型可帮助用户优化泵的设计，从而降低流量和扭矩脉动、改善 NVH 特性并提升效率，同时保证在整个工作范围内对排量的稳定控制。

现有很多论述使用 Simcenter Amesim 进行轴向活塞泵设计和优化的论文可供参考。^{3, 4, 5, 6, 7}

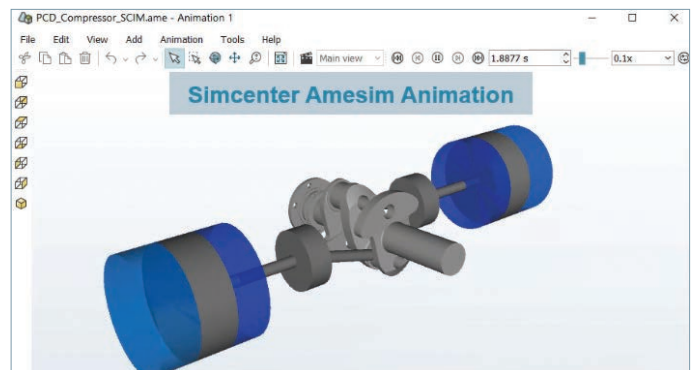
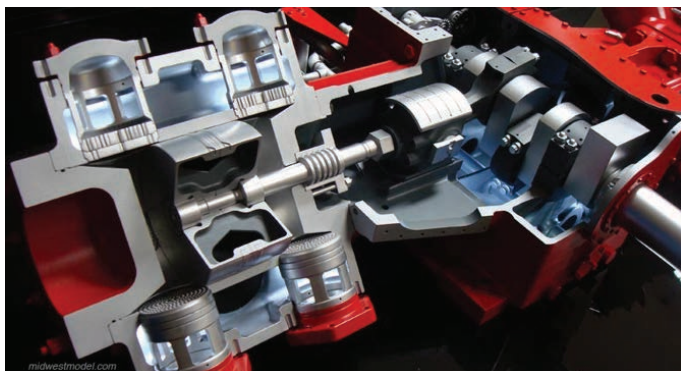


往复式压缩机

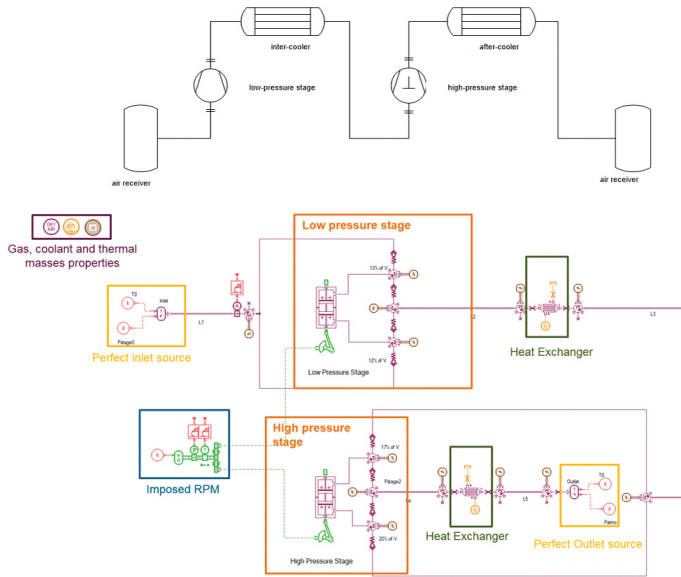
往复式压缩机是一种正排量机器，采用行程活塞来实现高压条件下的气体压缩和输送。这种活塞由曲轴机制驱动。

几乎每个工厂都使用压缩机来生成压缩空气，用于不同的加工工具、储气和传输系统，以及油气行业。其设计可分为单作用式或双作用式。双作用式设计的特点是在吸气和排气时活塞的两侧均能进行压缩。

若压缩比较高，则可通过多台压缩机串联工作的方式实现多级压缩。压缩期间温度迅速上升，因此换热器的尺寸需要按比例确定以避免过热。

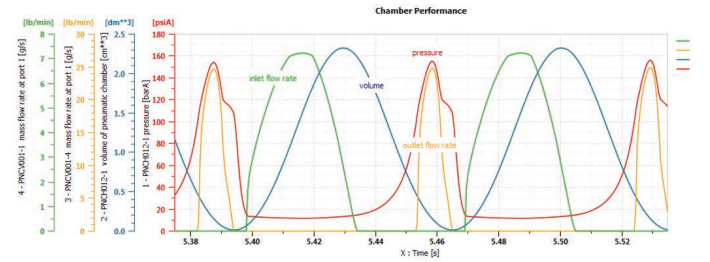


当前的 Simcenter Amesim 应用模块展示的是一个双极的双作用压缩机，采用两台换热器（中冷器和后冷却器）进行降温。

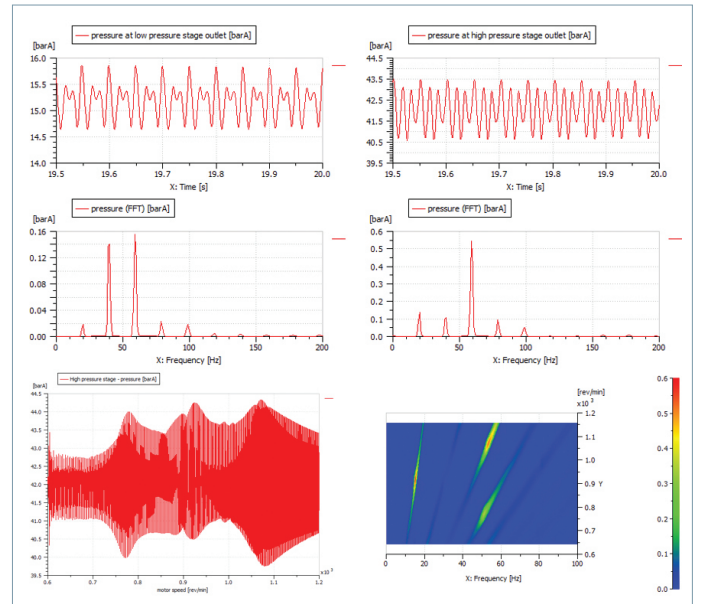


以上所示的仿真模型可帮助用户通过预测扭矩需求、了解气体管道的动力学、降低泵气损失（摩擦、泄漏）和改善压缩机传动系统的动力学（模态振型、频率响应）来提升压缩机性能。

Simcenter Amesim 能够帮助用户从容积变化、入口和出口流量，以及内部压力方面评估每个活塞腔的性能。



在压缩机每一级的出口处，用户均可验证温度水平、压力脉动，以及气动管道对这些振荡的阻尼或增幅有何影响。

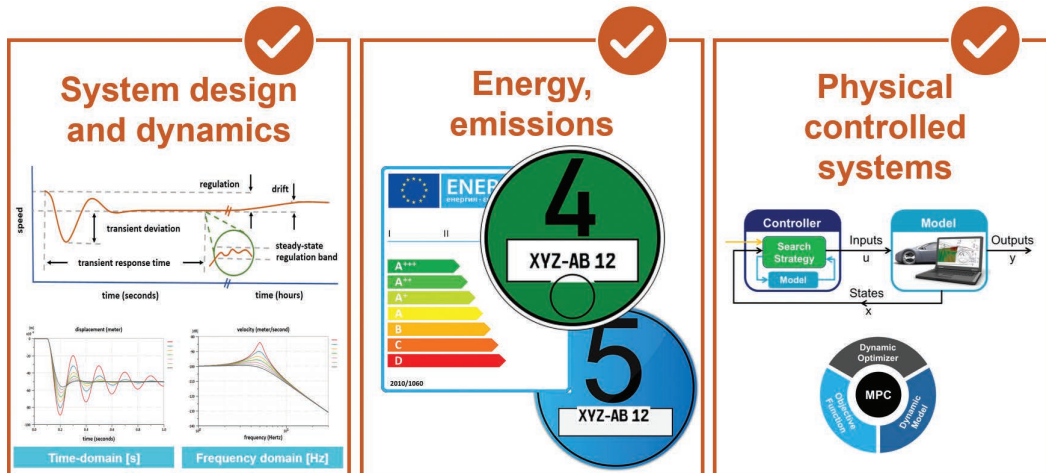


结论

Simcenter Amesim 为实现高性能的流体组件以及智能机电系统提供建模支持，同时还能控制开发时间和成本。

系统仿真能够帮助工程师确定合适的尺寸以及优化供液单元、阀门、换热器、执行器和其他连接组件的动态性能。此外，系统仿真还能够帮您验证不同工况和工作循环下的热特性，

并从产品设计周期的开始便集成各种智能控制策略，从而帮助在早期阶段实现对现有设计或新设计的修改。



参考文献

1. J. Zhou, A. Vacca, B. Manhartgruber. "A novel approach for the prediction of dynamic features of air release and absorption in hydraulic oils," *Journal of Fluids Engineering*, ASME, September 2013, Vol. 135.
2. M. Rundo et al. "Modelling of a variable displacement lubricating pump with air dissolution dynamics," *SAE Int. J. Engines* 2018, ISSN 1946-3936.
3. S. Stoll et al. "Simulation of hydraulic drive system using library elements," Bosch Rexroth, Elchingen, Mobile Conference 2006.
4. N. Timo et al. "Active systems for noise reduction and efficiency improvement of axial piston pumps," Bosch Rexroth, Fluid Power Motion and Control Conference 2008.
5. P. Achten et al. "A four-quadrant hydraulic transformer for hybrid vehicles," Innas BV, 11th Scandinavian International Conference on Fluid Power 2009.
6. M. Borghi et al. "Displacement control in variable displacement axial piston swashplate type pumps," 12th Scandinavian International Conference on Fluid Power 2011.
7. M. Rigosi et al. "Optimization of a low noise hydraulic piston pump," Newsletter Enginsoft Year 11 n°4, https://www.enginsoft.com/assets/pdf/specialissue/newsletter_modeFRONTIER.pdf

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。Xcelerator 是 Siemens Digital Industries Software 推出的软件和服务全面集成式产品组合，可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)

© 2020 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。

82757-83423-C3-ZH 2/21 LOC