



AI 驱动工业变革

全球100个AI应用案例

EVERYTHING SOLVABLE



目录

- 3. / 背景
- 4. / 引言
- 5. / 如何使用本书
- 6. / AI 驱动的产品生命周期：从概念设计阶段到生命周期的全面管理
- 7. / Altair：您的首选 AI 驱动仿真工程的合作伙伴
- 8. / 汽车案例
- 40. / 重工案例
- 52. / 航天航空和国防案例
- 65. / 电子、能源案例
- 81. / 材料和制造案例
- 110. / 健康与生命科学案例



背景

仿真、数据分析与人工智能的深度融合，正在深刻变革工程师的工作方式，推动数字信息向高价值战略资产的转化。作为工程领域的创新先锋，Altair 通过提供端到端的数字化转型解决方案，持续引领全球工业制造业向智能化未来迈进。

凭借对仿真技术、数据分析与人工智能能力的深度整合，Altair 有效突破了传统组织架构的局限，为企业打造出兼具前瞻性与落地性的创新解决方案。这一转型不仅使工程师能够制定驱动业务增长和提升运营效率的战略决策，更帮助企业构建起以数据为核心的新型竞争力。在数字化转型的进程中，Altair 始终以可靠的合作伙伴身份，赋能企业实现数据资源向战略资产的升级，打通从数据洞察到商业价值转化的关键路径，助力企业在数字化时代实现卓越运营与持续创新。

若您对我们的 AI 软件感兴趣，欢迎扫码申请免费试用或技术交流，Altair 工作人员将在两个工作日内与您联系。



引言

在人工智能（AI）的快速集成推动下，工程领域正在经历范式转变。从设计和开发到测试和维护，人工智能正在带来前所未有的效率和能力。

这本电子书研究了 100 个引人注目的 AI 驱动工程用例，展示了这项技术如何改变我们对周围世界的工程方法。对于 AI 驱动工程的新手，我们推荐配套电子指南《AI for Engineering: Your Roadmap to Getting Started》，它提供了在您的企业中采用 AI 的实用建议和基础方法。

本电子书精心收录了 AI 驱动型工程的 100 个典型应用案例，此次更新特别新增 50 个创新实践，并明确标注“NEW”标识以便读者快速识别。



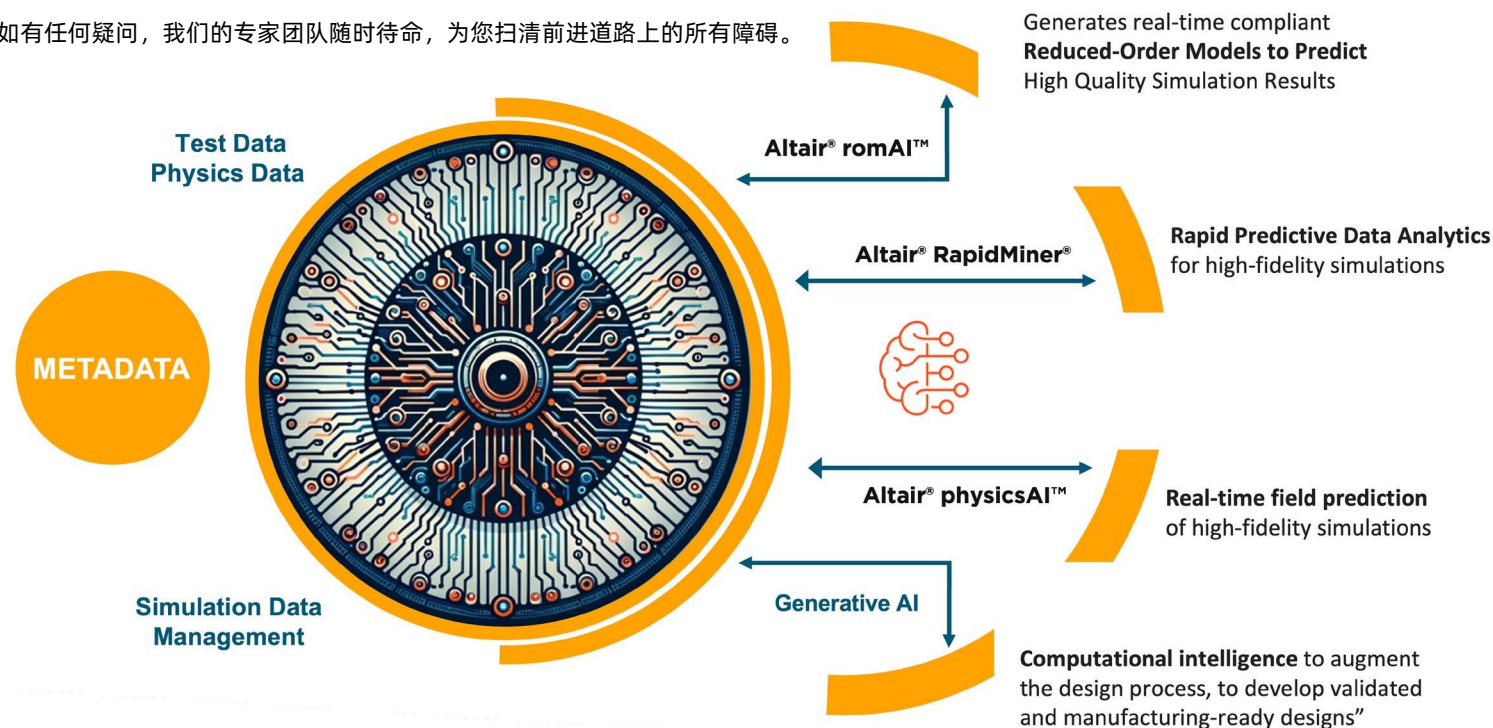
如何使用本书

这本电子书远不止是问题与解决方案的简单汇编，而是为您开启下一次技术飞跃的跳板。通过深入剖析100个真实用户案例，每个案例都生动展现了人工智能的变革性力量。您将探索如何运用 AI 突破技术瓶颈，并学习如何将这些成功经验转化为自身的竞争优势。

我们期待这些案例能为您带来深刻启发！将这些实践视为可复制的蓝图，激发您直面独特挑战的勇气，助力您的工程项目迈向新的高度。

Altair 创新的基于点数的许可授权模式，为您提供了超越这100个标杆案例的可能性。这一灵活机制确保您能够访问所有必要的 AI 工具，无需为单个许可证而困扰——您将拥有征服当下及未来 AI 驱动工程挑战所需的一切资源。

我们坚信，一切挑战皆有解决方案。如有任何疑问，我们的专家团队随时待命，为您扫清前进道路上的所有障碍。



AI 驱动的产品生命周期： 从概念设计阶段到生命周期结束管理

将人工智能融入到工程中，把传统的产品开发转变为一个简化的动态过程

- **概念阶段和设计：** 在产品开发的早期阶段，利用人工智能使团队能够分析和解释现有数据以形成初步概念。例如，汽车公司可能会使用 AI 为车身选择最佳材料，以平衡重量、耐用性和成本，例如基于预测的性能和环境影响选择不同等级的钢、铝或复合材料。
- **详细设计和原型制作：** 随着设计向原型制作迈进，配备快速物理场预测的 AI 工具可以分析设计选择的潜在结果，从而预测各种条件下的性能。一家航空航天公司可以使用人工智能来模拟新机翼设计的气流，预测微小的变化如何影响升力和阻力，从而在构建其他物理原型之前优化设计。
- **测试和优化：** 在测试阶段，人工智能有助于更深入地理解测试结果，确定某些设计可能无法达到预期的原因。例如，消费电子制造商可能会使用 AI 来分析新智能手机型号在某些情况下会过热的原因，从而使工程师能够快速调整设计和冷却解决方案。
- **制造和维护：** 在最后阶段，人工智能协助改进制造流程和预测维护需求。机械制造商可以利用人工智能来预测数控机床何时可能发生故障或需要维护，安排预防性方案，以最大限度地减少停机时间并保持生产质量。
- **生命周期结束管理：** 随着产品接近其使用寿命，人工智能继续发挥着至关重要的作用。它帮助预测产品退役的最佳时机，并促进材料的有效回收或再利用。例如，在电子行业，人工智能可以帮助公司确定拆除用过的手机并有效回收金和铜等贵重材料的最佳流程。

人工智能在各个阶段的无缝集成不仅加快了开发周期，而且提高了产品的质量和可持续性。通过采用人工智能驱动的工程技术，企业可以改变他们设计、开发、维护和按规淘汰产品的方式，确保他们为应对未来的挑战 and 市场需求做好准备。



Altair：您的首选 AI 驱动型工程合作伙伴

Altair 作为先进的 AI 驱动工程解决方案的灯塔，无缝集成一流的仿真、人工智能（AI）、高性能计算（HPC）和数据分析，提供市场领先的用户体验，建立在开放和可编程的架构上，提供前所未有的灵活性和控制力，使用户能够突破创新的边界。Altair 作为战略合作伙伴，利用在计算科学领域的深厚专业知识，独特地配备了解决最棘手的工程挑战和推动突破性创新的能力。

我们的平台支持全方位的 AI 集成，在工程工作流程中增强、嵌入和启用 AI。通过直观的低代码/无代码分析和 AI 工作流程实现了技术全民化，使所有工程师都能使用高级功能。我们围绕四个基本支柱构建人工智能驱动的工程工具：描述性、预测性、因果关系和规范性分析。每根支柱都旨在为工程师提供应对现代挑战和抓住新机遇所需的智能。这种整体方案优化了每个项目阶段，促进创新并推动所有工程走向卓越。

通过为企业实现AI应用提供必要的数据科学平台，Altair 加速了数字化转型之旅，确保每个解决方案都具有创新性和可操作性。

- **描述性分析：** 利用 Altair 的 AI 驱动工具，根据历史数据模拟当前状况，超越了传统的数据处理。了解不同场景下的产品行为，从而高效做出数据驱动的决策。
- **预测性分析：** 使用我们先进的预测工具预测未来的挑战和机遇。通过对产品在各种条件下的潜在行为进行建模，这些工具可以帮助您预测未来的应力和变形，从而确保您的设计既创新又稳健。
- **因果分析：** 通过因果分析更深入地了解“为什么”。Altair 的 AI 算法可分析行为和性能的变化，揭示应力增加和组件故障的根本原因。这种洞察力有助于做出更明智的决策并增强设计优化。
- **规范性分析：** 不仅通过预测结果，还通过对最佳行动方案提供建议来塑造未来。我们的规范性工具提出了提高绩效或降低风险的具体步骤，将潜在问题转化为创新机会。

通过这本电子书，我们邀请您探索 AI 为工程带来的无限可能性，所有这些都将通过 Altair 的市场领先技术和专业知识展示。



汽车用例

► 如何解决支架设计的复杂性？

通过自动分类和物理预测简化设计流程，节省时间并提高效率

挑战

- **多样化拓扑**：数据集包含各种各样的拓扑，增加了设计过程的复杂性

解决方案

- **自动分类**：使用 Altair® HyperMesh® 自动对数据进行分类和分组
- **快速物理预测**：根据历史仿真数据训练 Altair® physicsAI™

价值

- 预测新的、未见过的 CAD/CAE 模型预测结果，加快设计迭代并降低开发成本
- 通过跨类别共享知识消除孤岛，推动持续改进和创新

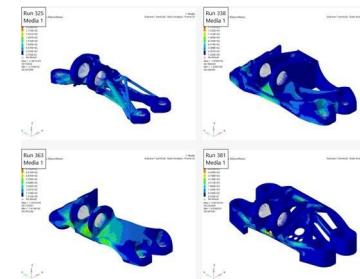
数据集由：麻省理工学院 DSL, <http://digitalstructures.mit.edu/> 生成

历史数据

训练数据

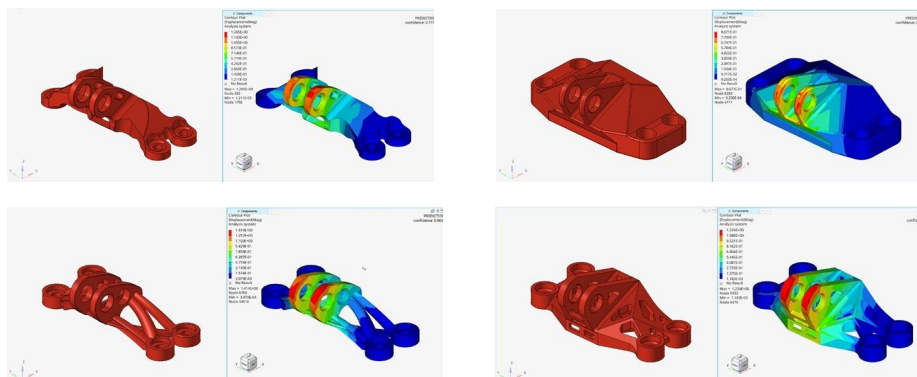


测试数据



实时探索

CAD 数据



► 如何利用 AI 驱动的物理特性克服外部空气动力学挑战

释放速度和准确性 – 利用历史数据和 AI 训练的模型，将具有超过200万个单元的大模型求解时间从12+小时缩短到几分钟

挑战

- 具有超过200万个单元的大模型，导致求解时间超过12个小时
- 训练数据有限，只有12个模型可用于分析

解决方案

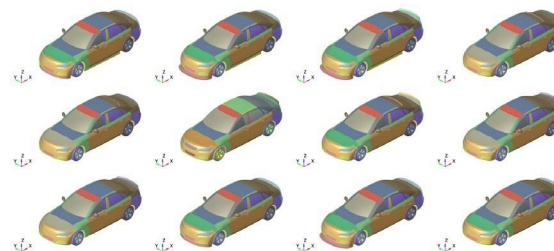
- 在历史仿真数据上训练 Altair® physicsAI™，以开发预测模型。从而准确洞察新的、未见过的 CAD/CAE 模型

价值

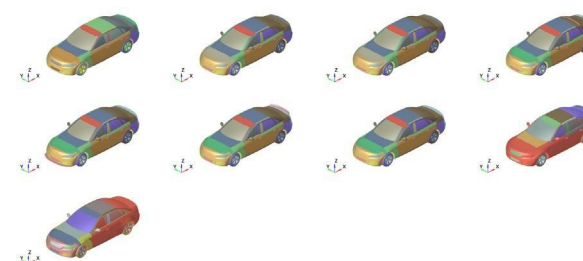
- **预测建模：**对新的、未见过的 CAD/CAE 模型进行准确预测，从而改善决策
- **性能洞察：**获得精确的空气动力学性能评估，提高设计效率
- **时间效率：**将求解器时间从几小时大幅缩短到几分钟，加快了开发周期和上市速度

历史数据

训练数据

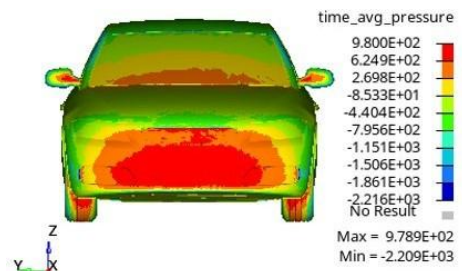


测试数据

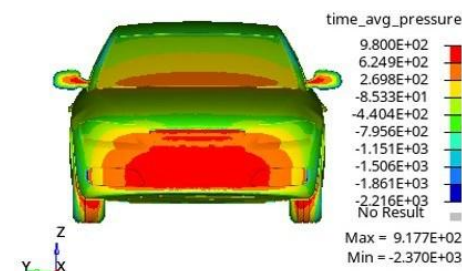


实时探索

ML 运行时间 3 分钟



CFD 运行时间 750 分钟



► AI 驱动的引擎盖冲击分析

AI 驱动的仿真缩短了分析时间，并为新的设计提供准确的预测

挑战

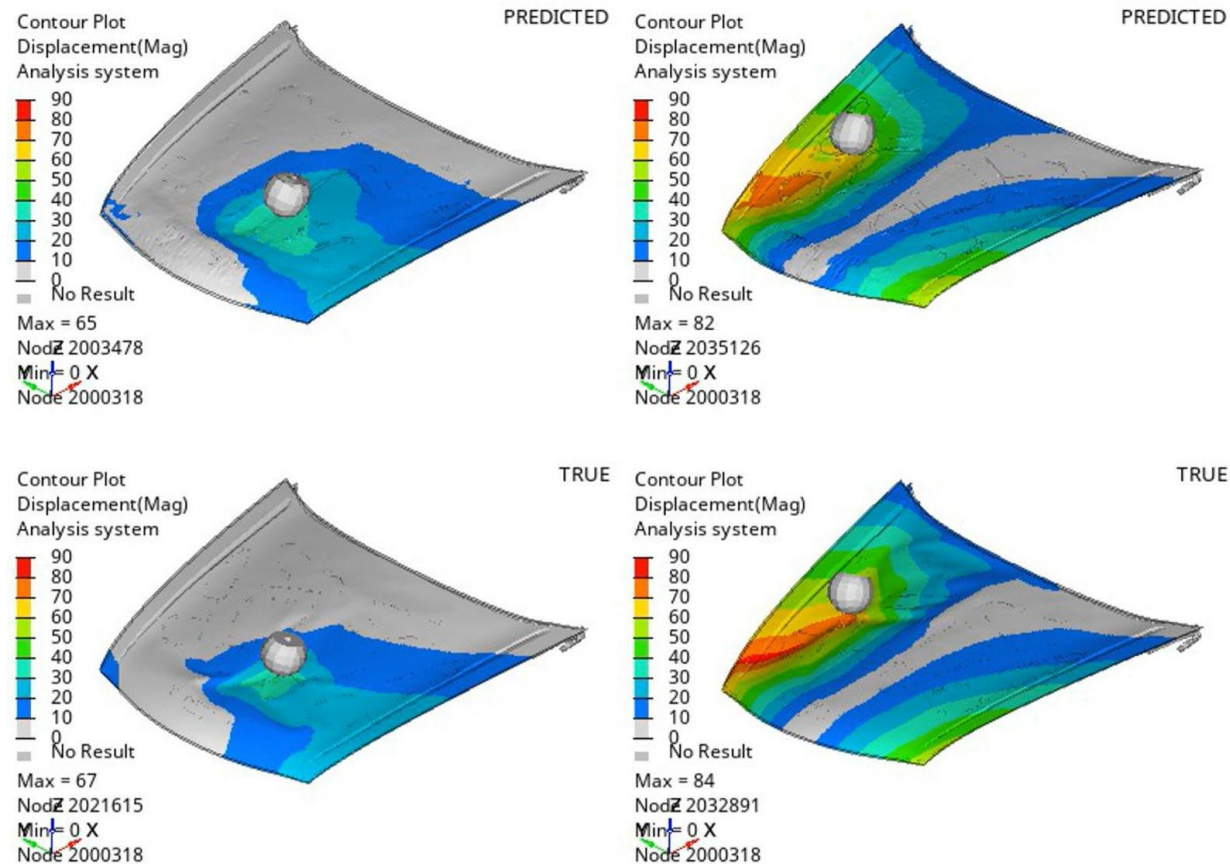
- 需要分析多个潜在的冲击点
- 需要进行瞬态、大变形仿真，增加了复杂性

解决方案

- Altair® physicsAI™ 基于大量仿真数据进行训练，以提供准确的物理预测

价值

- 准确预测新型 CAD/CAE 模型结果，提高决策信心，降低代价高昂的错误风险
- 在几秒钟内提供预测，而不是几分钟，大大提高了分析效率并加快了新设计的上市时间



► 如何利用机器学习 ML 提前检测 NVH 性能问题

机器学习和无代码工具可加速 NVH 性能评估，从而更快、更明智地做出决策

挑战

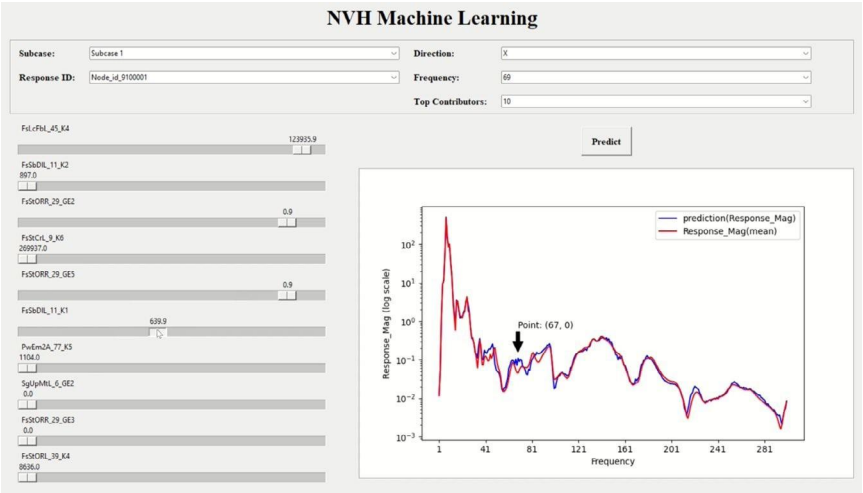
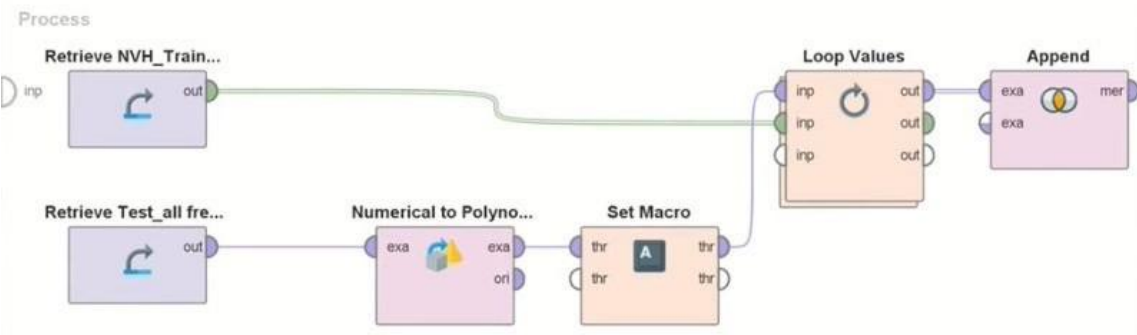
- 及早解决 NVH 问题对于品牌形象至关重要，尤其是在车队电气化的情况下
- 需要更快的 NVH 性能分析，以评估设计变量并确保结构可靠性

解决方案

- 使用数据和机器学习创建用于了解设计变量对 NVH 性能影响的应用程序
- 利用无代码机器学习模型和接口分析 NVH 指标，比传统方法快 100 倍

价值

- 及早发现 NVH 问题，增强品牌声誉并提高产品质量
- 更快的 NVH 分析可以加快决策速度并缩短开发周期
- 用户友好的无代码工具可提高工作流程效率并延长产品生命周期



► 前照灯（AIS 008）水平测试

预测建模和数据驱动策略改变了车辆测试流程，加快了合规性检查

挑战

- DR4 阶段的前照灯检查（AIS 008）涉及耗时的车辆自重物理装载

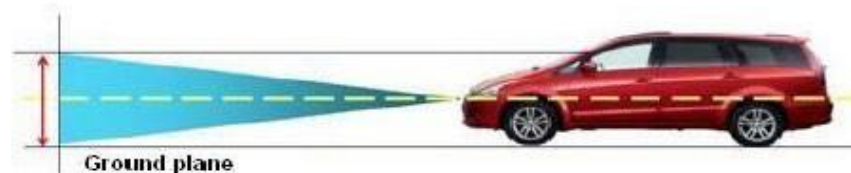
解决方案

- **ML 预测模型：** 使用历史数据训练 ML 回归模型以确定最佳模型
- **敏感度模拟器：** 部署基于 ML 的灵敏度模拟器，以实现更高效的分析
- **仪表板集成：** 将最终模型集成到用户友好的仪表板中，以测试新车辆参数的输出

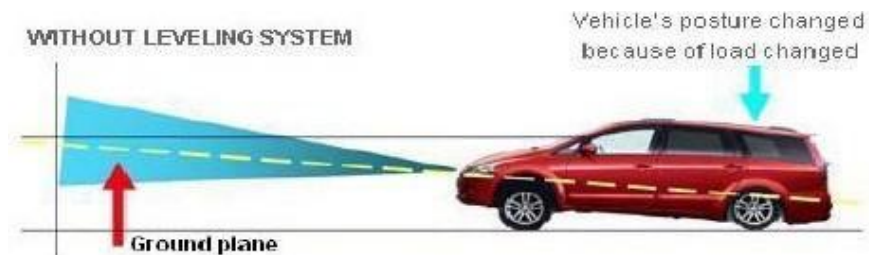
价值

- **更快的合规性：** 简化前照灯合规性流程，显著缩短了时间
- **改进决策：** 提供精确的数据预测改进决策，以进行快速调整
- **用户友好的访问：** 通过易于使用的仪表板简化参数测试和调整

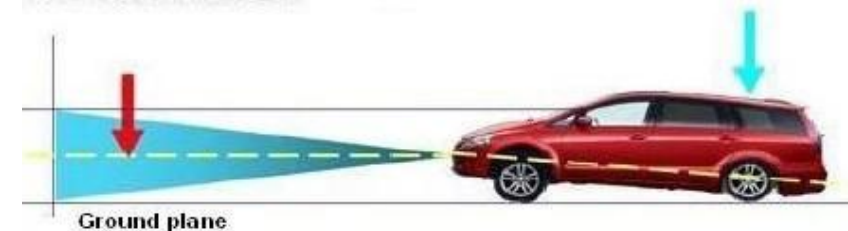
STANDARD HEIGHT OF HEADLAMP BEAM



WITHOUT LEVELING SYSTEM



WITH LEVELING SYSTEM



► 数据驱动的数字孪生，用于优化 HVAC 系统性能

车辆遥测和现场数据用于 HVAC 系统使用分析和故障分类，从而提高性能可靠性

挑战

- 了解不同条件下的 HVAC 使用模式和客户行为
- 优化控制设置以适应各种操作场景
- 通过有效的归因分析诊断和解决系统故障

解决方案

- 使用来自运营车辆或系统（测试或服务）的数据创建数字孪生，以表征物理 HVAC 系统
- 使用预测分析来预测 HVAC 系统状况并优化性能
- 应用归因分析，通过数据驱动的洞察识别和解决系统故障

价值

- 在整个开发过程中做出明智的决策，从而改善结果
- 提高 HVAC 系统效率和性能，推动运营改进
- 通过持续反馈实现迭代开发，确保产品长期处于领先地位



► 预测电池的健康状况和剩余使用寿命

现场数据和实时模型可以确保准确预测各种条件下的电池寿命和性能

挑战

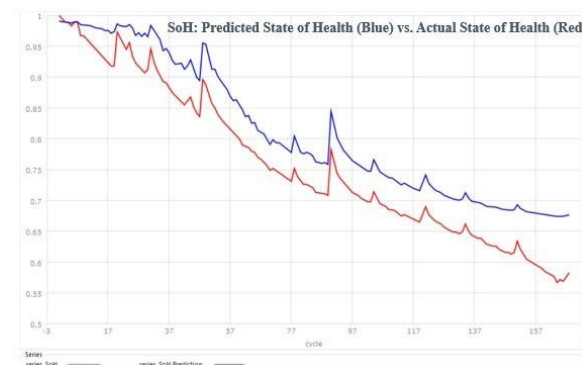
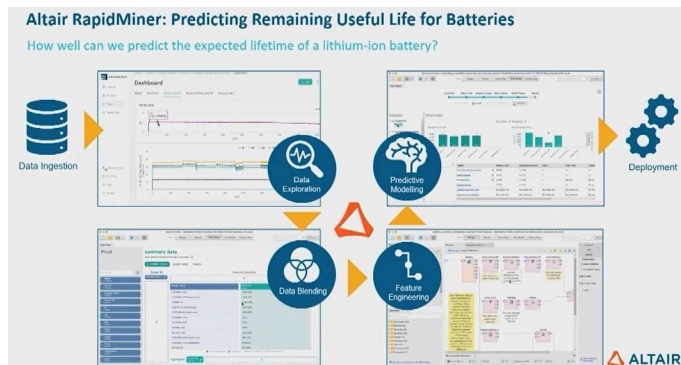
- **数据利用率：** 使用相关数据预测电池剩余使用寿命（RUL）和 健康状态（SoH）
- **环境影响：** 考虑影响电池性能的环境和负载条件
- **测量电池寿命：** 实时准确测量电池容量对于 RUL 评估至关重要

解决方案

- **SoH 预测：** 创建模型以使用数据预测电池 RUL
- **实时适配：** 部署实时自适应模型，以适应不断变化的环境和操作条件

价值

- **电池优化：** 优化电池性能，可延长使用寿命和效率
- **车队和资产管理：** 通过提高正常运行时间，并主动管理保修，增强车队和资产管理



► AI 改善热舒适性仿真流程

通过基于 CFD 的 ROM 与系统仿真实时耦合，以实现准确的机舱温度预测

挑战

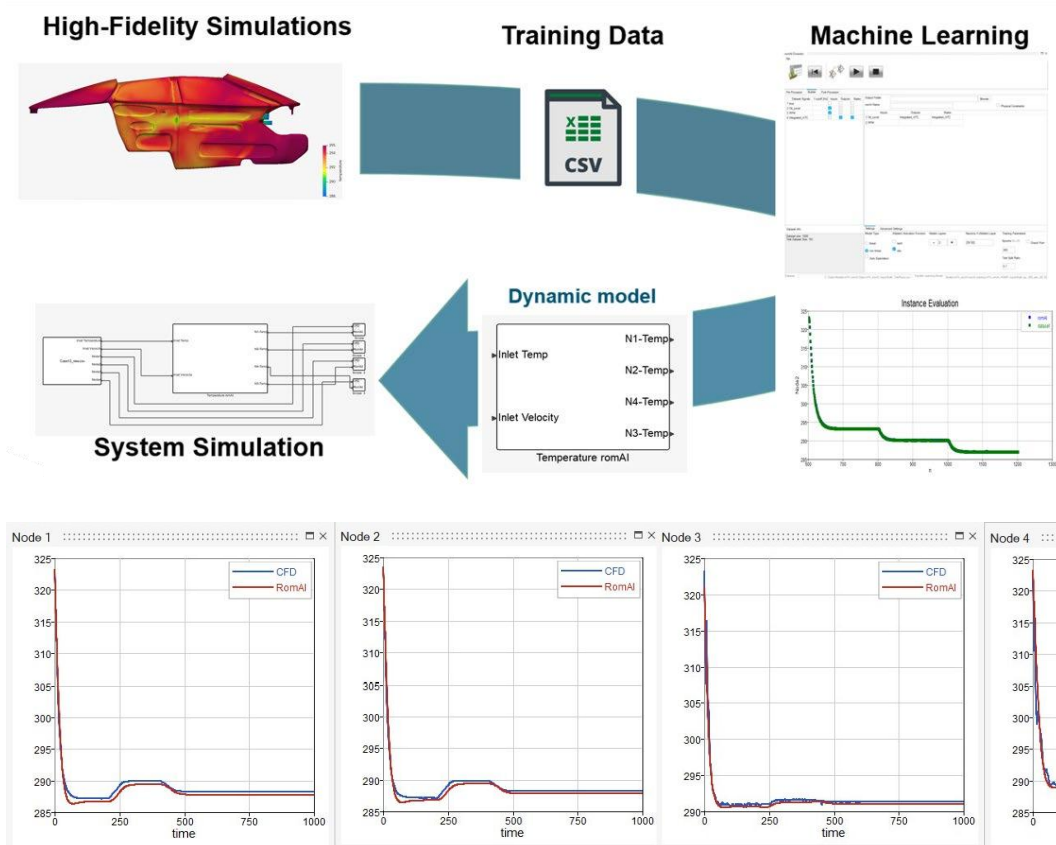
- 难以在 CFD 和系统级仿真之间实现实时耦合
- 系统仿真模型在仅依赖方程式时缺乏准确性
- CFD 仿真需要较长的计算时间，从而减慢了 romAI 数据收集的速度

解决方案

- 进行全面的 CFD 仿真以收集详细数据
- 使用动态和静态 ROM 构建 Altair® romAI™ 模型，以提高仿真保真度
- 在 Altair® Twin Activate™ 中部署 romAI 模型以进行系统仿真

价值

- 在 CFD 和系统仿真之间实现实时耦合，提供即时反馈
- 提高系统仿真的精度，从而做出更明智的设计决策
- 显著缩短 CFD 运行时间，加快整体开发过程



► Rattle (敲击异响) 性能优化

使用机器学习优化设计参数以减少汽车抖动

挑战

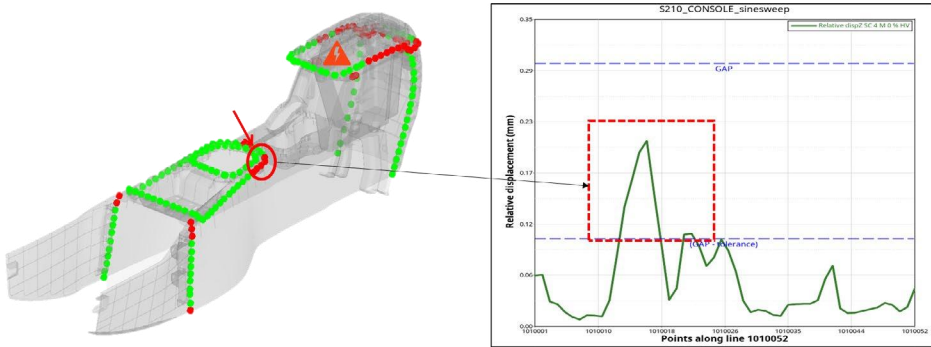
- **噪音问题:** 异响噪音对客户满意度产生负面影响，增加保修索赔并降低品牌忠诚度
- **复杂设计变量:** 众多相互关联的设计变量会影响 Rattle 性能
- **优化难度:** 难以使用传统优化方法有效地最小化或者消除噪音

解决方案

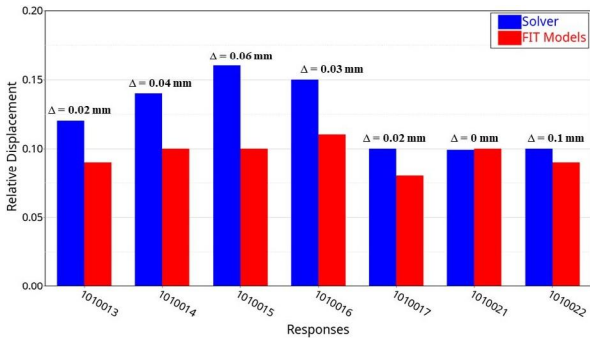
- **参数识别:** 执行实验设计(DOE)以识别最具影响力的参数
- **机器学习建模:** 使用机器学习模型准确捕捉异响现象
- **设计优化:** 使用机器学习模型优化设计参数以找到最优解决方案

价值

- **快速评估:** 与传统方法相比，在更大的设计空间中快速评估性能
- **高精度:** 使用 ML 驱动模型实现求解器级精度，确保结果可信，而无需花费大量计算成本
- **加速优化:** 在几秒内完成多目标优化，加快设计周期并减少物理测试需求



| Label | Fit Type | Train Data Set 450 Runs | | Cross Validation | | Test Data Set 50 Runs | |
|------------------------|----------|----------------------------|----------------|---------------------|----------------|--------------------------|----------------|
| | | I | R ² | X | R ² | | R ² |
| Response point 1010013 | RBF | | 1.0000000 | | 0.9975378 | | 0.9980220 |
| Response point 1010014 | LSR | | 0.9987685 | | 0.9981937 | | 0.9785362 |
| Response point 1010015 | MLSM | | 0.9998621 | | 0.9982932 | | 0.9987690 |
| Response point 1010016 | RBF | | 1.0000000 | | 0.9983203 | | 0.9991771 |
| Response point 1010017 | RBF | | 1.0000000 | | 0.9984200 | | 0.9991467 |
| Response point 1010021 | LSR | | 0.9998034 | | 0.9996656 | | 0.9952576 |
| Response point 1010022 | RBF | | 1.0000000 | | 0.9991528 | | 0.9992151 |



► 两轮车的实时电池监控

数字孪生和虚拟传感器可预测电池健康状况和性能指标，无需物理传感器即可提供实时洞见

挑战

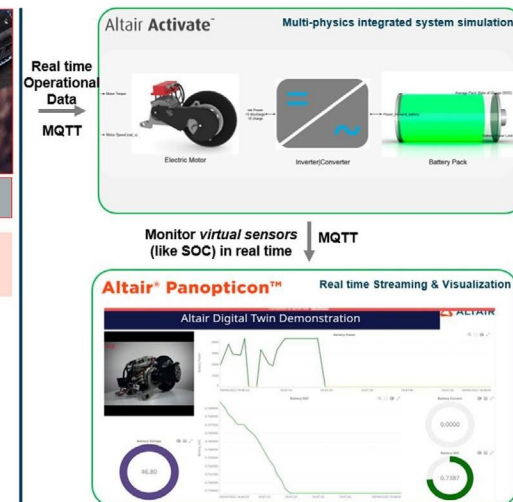
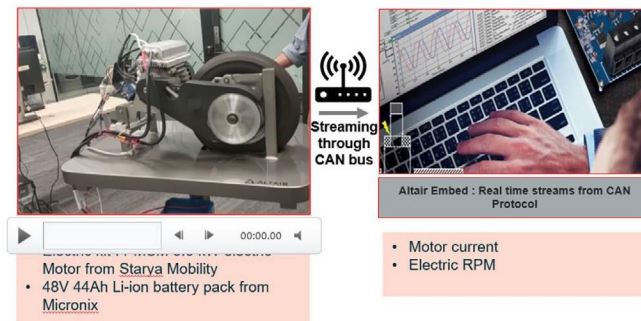
- **无传感器监控：** 开发数字孪生系统，即便在没有物理传感器的情况下也能实时监控供应商采购的电池

解决方案

- **数字孪生：** 使用实时传感器数据创建基于物理的电池组数字孪生
- **数据采集：** 使用来自物理资产的物联网传感器实时收集电机电流和转速
- **预测建模：** 将基于1D物理的数字孪生模型连接起来，预测如荷电状态（SOC）、健康状态（SOH）、电压和电流等关键性能指标（KPI）
- **在线监控：** 实时流式传输和可视化所有电池关键性能指标（KPI）

价值

- **实时监控：** 无需物理传感器即可持续监控关键电池 KPI
- **主动维护：** 利用性能洞察进行及时维护和优化
- **节省成本：** 减少对物理传感器的需求，降低成本并简化电池管理



► 用于设计优化的 HIC 值预测

AI 驱动预测可提供快速洞察，减少设计迭代并优化资源利用率

挑战

- **高计算需求：** 仿真是高度计算密集型的，需要大量资源实现可重复和迭代的过程
- **监管要求：** 即使是很小的变化也需要进行仿真验证，以满足监管要求
- **耗时的过程：** 迭代验证时间很长，会使整个开发过程延迟

解决方案

- **AI 和数据分析：** 通过 AI 和数据分析，使用来自各种车辆变体的历史仿真数据训练模型
- **自动化数据提取：** 自动提取仿真输入和结果文件中的自变量和因变量
- **启用 ML 的验证：** 使设计人员和 CAE 工程师能够利用经过训练的 ML 模型进行快速验证及反馈

价值

- **更快的验证：** 通过早期基于 AI 的验证和概念评估，缩短设计验证时间
- **资源效率：** 减少对昂贵资源（软件、硬件和专家）的使用，降低了成本，简化了验证过程



► 线性执行器时间常数的热力学分析

基于 CFD 的 ROM 可以更快、更准确地了解各种弹簧配置的执行器性能

挑战

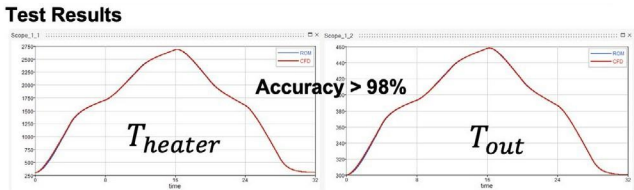
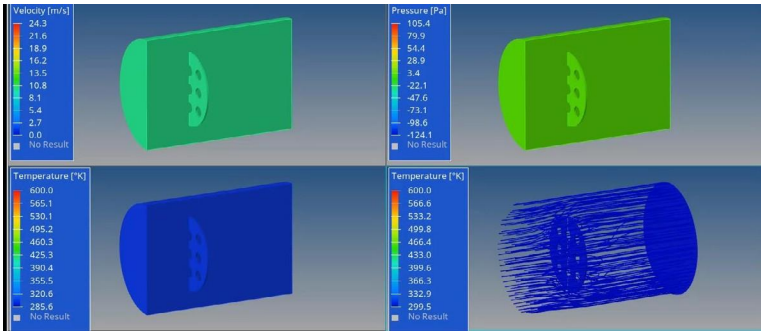
- 耗时分析：在使用不同弹簧时，需要快速研究线性执行器的时间常数
- 动态仿真复杂性：准确模拟不同弹簧配置下的热流体动力学很复杂
- 集成挑战：难以有效地将动态模型高效集成到系统级仿真中

解决方案

- 数据生成：使用 Altair® AcuSolve® 生成训练和测试数据
- 模型创建：使用 Altair® romAI™ 构建动态 ROM（降阶模型）以提高仿真速度
- 系统集成：使用 Altair® Activate® 将 ROM 与控制器集成到系统级仿真中

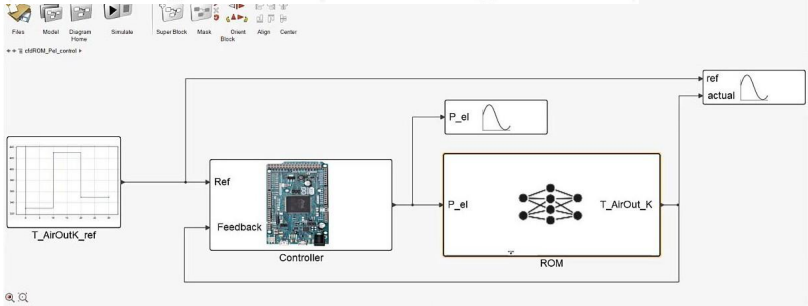
价值

- 效率：运行时间从 6800 秒减少到 1 秒，实现极高效率
- 高精度：与高保真模拟相比，保持出色的精度（>98%）
- 减少仿真需求：只需一次瞬态 CFD 仿真即可生成训练数据



| SPEC | CFD FULL MODEL | DYNAMICAL ROM |
|-------------------|----------------|---------------|
| Physical time [s] | 32 | 32 |
| Core | 28 | 1 |
| CPU Time [s] | ~6800 | 1* |

* Neural Nets Training time: ~300 [s]



► 实时优化电池组 SoC 和电压

实时电源硬件在环（HIL）提供对充电状态（SoC）和电压的精确洞察，从而提高效率和系统可靠性

挑战

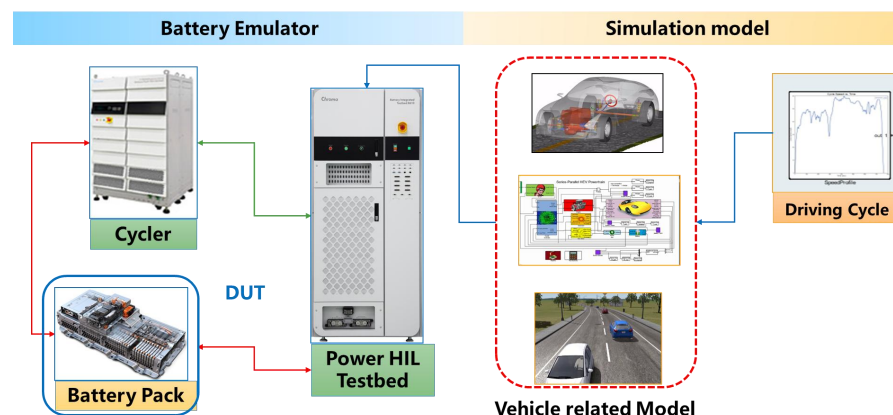
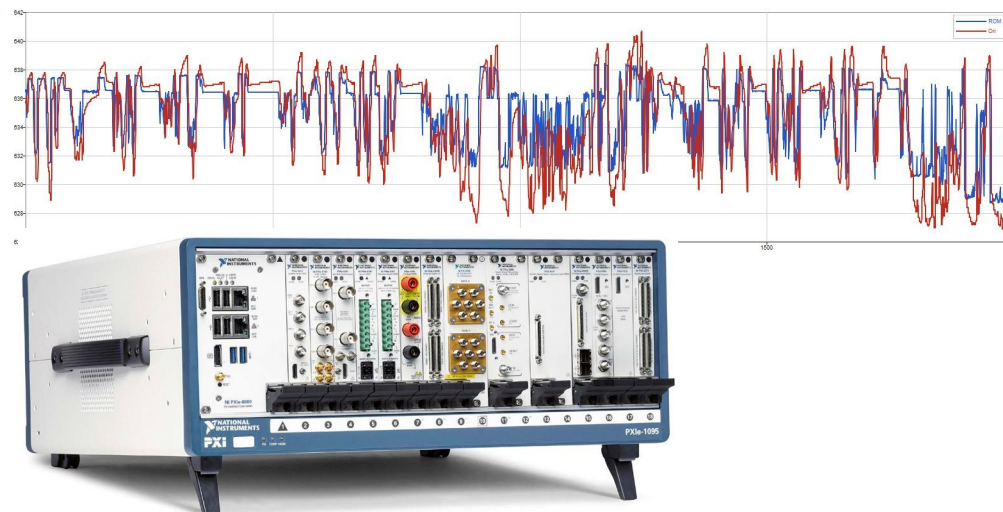
- 实现 1ms 时间步长的实时仿真
- 集成车辆、动力总成和电机仿真
- 根据实际现场测试数据验证准确性

解决方案

- 使用 Altair® romAI™ 开发电池模型，实现准确的实时仿真
- 生成的 Linux FMU 用于 NI PXI 系统上的实时应用
- 将 BEV 模板与 Altair® FluxMotor® LUT 模型集成，以实现全面的车辆仿真

价值

- 在预测电池性能方面实现了 98% 的准确率，提高了可靠性
- 支持实时应用程序，使其适用于任何与车辆相关的客户
- 为 BMS 控制器测试提供完整的解决方案，确保完整的系统验证



▶ AI辅助快速定位车辆保修索赔的根本原因

归因分析可自动处理多年积累的大型数据集，预测潜在问题并进行扩展，以处理不断增长的数据量，提高产品质量并最大限度减少索赔

挑战

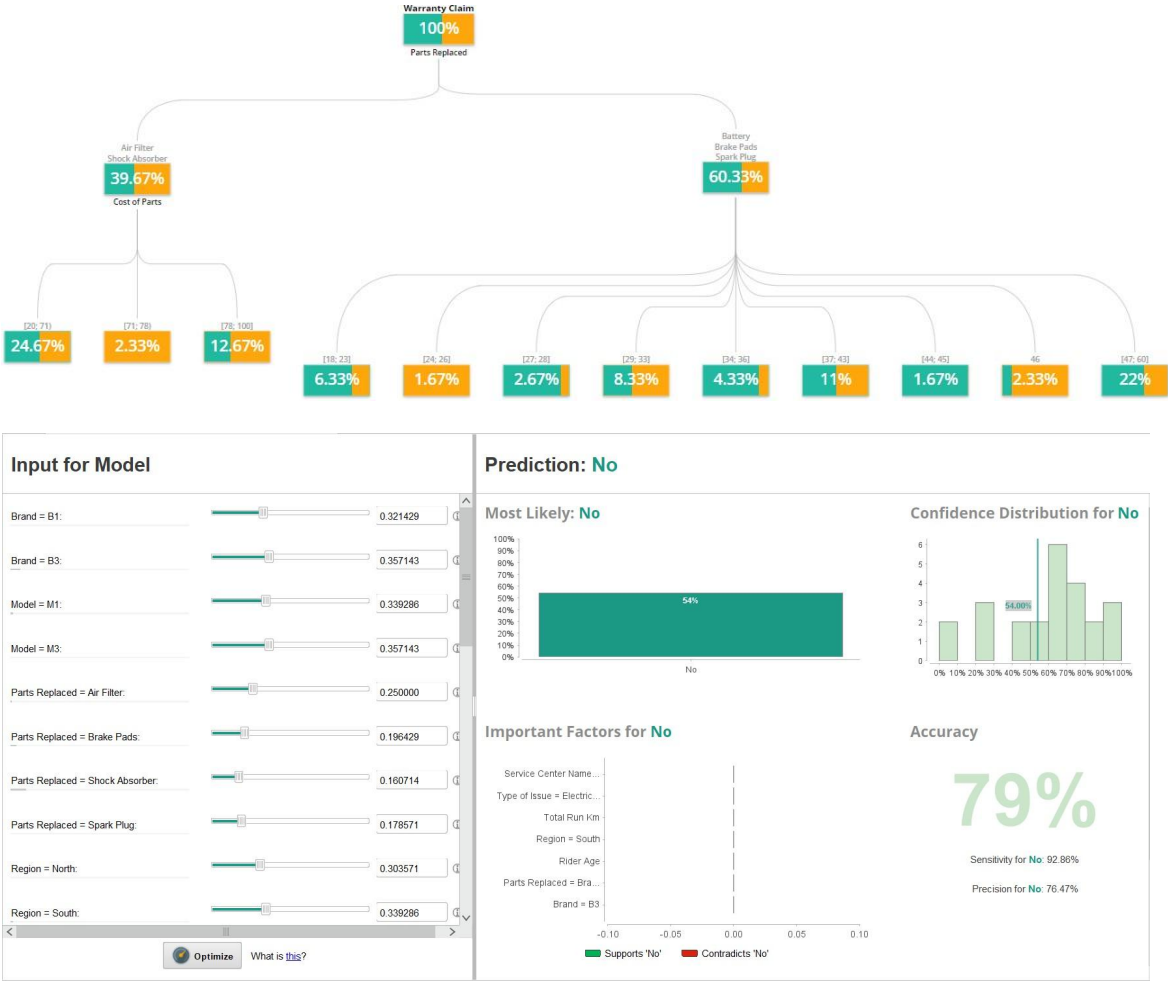
- 手动分析多年累积的大型数据集受到数据复杂性和数量的限制，减慢了处理速度并延迟了关键洞察
- 不断增加的保修数据量使手动流程不堪重负，从而推高了运营成本并限制了可扩展性
- 手动分析会带来风险，从数据输入错误到遗漏模式，从而危及可靠性并增加代价高昂的中断风险

解决方案

- 自动处理保修数据集，减少手动工作并加速决策
- 根据历史数据预测潜在的保修问题，从而采取预防措施
- 扩展管理不断增长的保修数据量，满足不断增长的业务需求

价值

- 加快响应时间、提高产品质量和个性化客户体验
- 通过预测零件更换需求优化库存，减少过剩库存及相关成本
- 主动分析减少了保修索赔，释放了用于创收的资源，并提高了盈利能力



▶ 优化排气消声器设计以降低 SPL

AI 建模在仿真和形状变形的支持下，可预测 SPL 并优化消音器设计以提高性能

挑战

- 不清楚如何将先进的 AI 技术集成到现有的产品开发流程中以获得更好的结果
- 难以通过传统的排气消声器设计方法实现有效的 SPL 降低

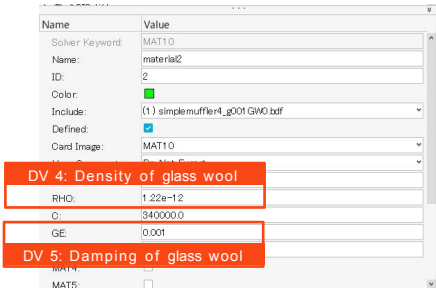
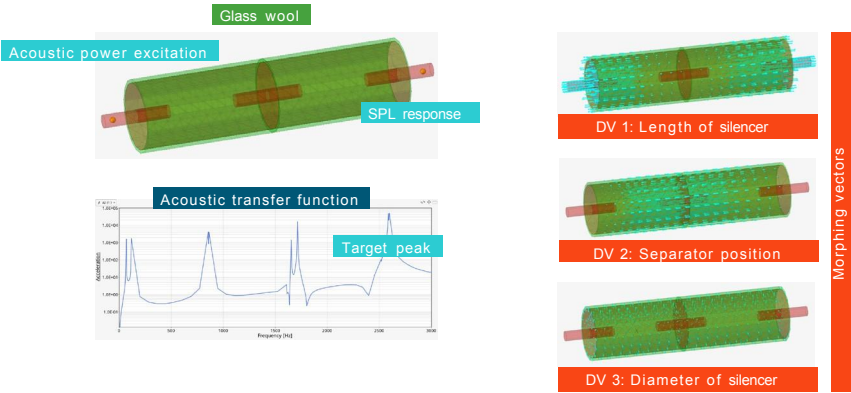
解决方案

- 使用 Altair® OptiStruct® 求解 SPL 计算
- 应用网格变形技术改变消音器的形状
- 使用 Altair® HyperStudy® 创建训练数据集
- 使用 Altair® RapidMiner® 开发一个 AI 模型，并使用优化功能确定了最佳消音器尺寸

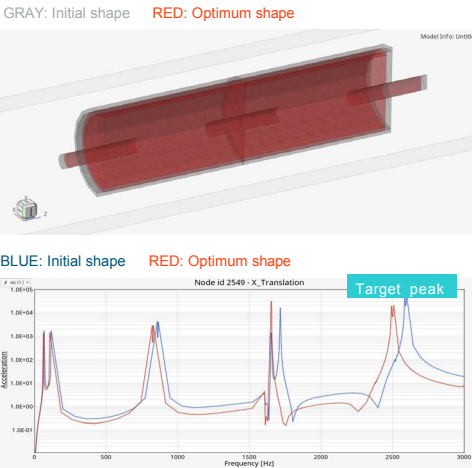
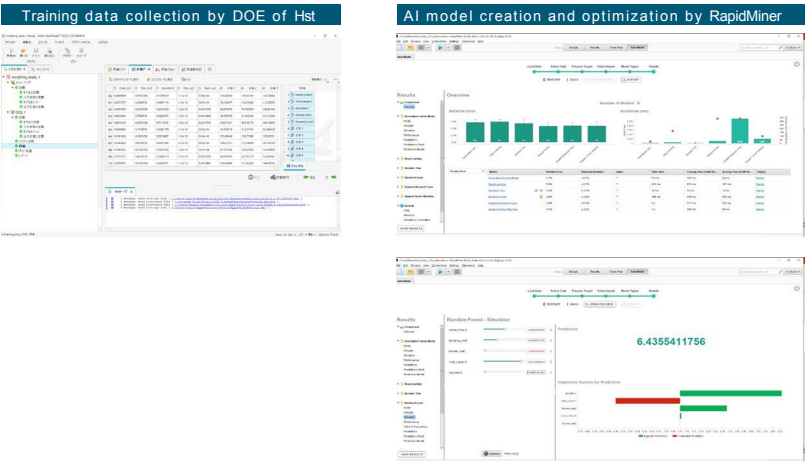
价值

- 利用 RapidMiner 的优化功能获得改进的消音器尺寸，从而提高性能和效率
- 确定了 AI 在产品开发中的其他应用，从而提高了其在整个组织中的影响力和实用性

分析和优化条件



RapidMiner 的 AI/ML 模型创建和优化



► 加速 3D-CFD 仿真以优化 HVAC 流量分布

AI 和 1D 建模可加速 3D-CFD 仿真，提供更快、更准确的 HVAC 性能优化，并提高整体系统效率

挑战

- 通过使用人工智能将计算密集型的 3D-CFD 模拟简化为高效的 1D 模型，解决需要详细 3D 分布的整车功能缺陷问题

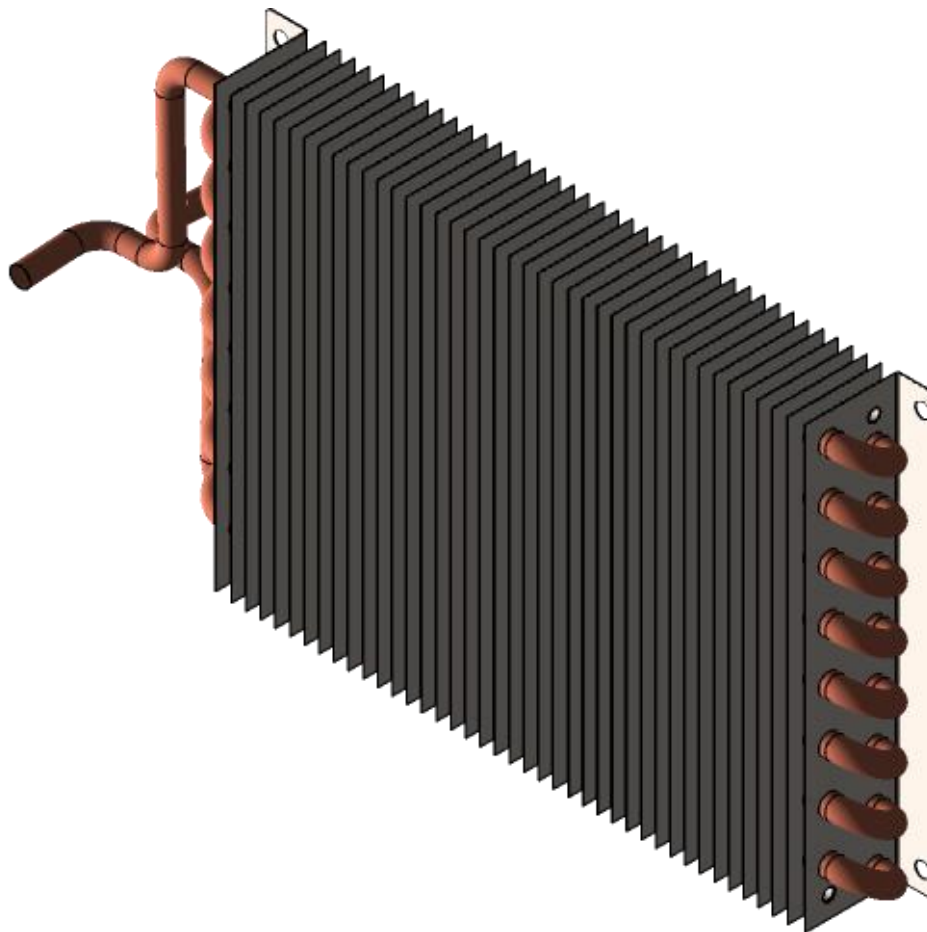
解决方案

- 在 OML 中使用奇异值分解降低输出速度分布的 DOF
- 使用 Altair® romAI™ 基于输入流量和运行模式预测奇异值。
- 使用 Altair® Twin Activate™ 中的矩阵乘积模块恢复输出速度分布
- 从 Twin Activate 导出包含 ROM 的 FMU，以便集成到 1D HVAC 仿真中

价值

- 实现高精度和快速的 1D HVAC 仿真，缩短了仿真时间并加快了设计流程，从而显著节省成本并加快上市时间

参考资料：Kenta Kobayashi*1, “通过 romAI 加速 HVAC 内部流动分布的 3D-CFD 仿真”，2023 年日本 Altair 技术大会，第 2 天，B 厅 16：30-16：55



► 预测 EV 变速箱的热行为和齿轮传热

通过转速和油位的输入，借助AI 驱动的 ROM 和基于粒子的仿真，可预测齿轮 HTC 和传热结果，减少计算时间并为 4000+ 变速箱场景提供准确预测

挑战

- 评估机油对齿轮的冷却效果，并预测变速箱的整体热行为，以确保最佳性能
- 应对包含4000多种场景的变速箱参数空间的复杂性，这些场景涵盖了转速（RPMs）、油液填充水平、倾斜角度以及操作温度等多个维度
- 减少每个 Altair® nanoFluidX® 模拟的计算时间（使用 2 个 GPU 每次运行 8 小时）

解决方案

- 使用来自部分因子的 DoE 仿真数据对系统进行表征，以开发预测全局 HTC 的动态 ROM
- 使用 nanoFluidX 根据部分因子的 DoE 指定的 RPM 和油位进行基于粒子的流体动力学模拟
- 使用 Altair® romAI™ 开发了非线性 ROM，以在操作过程中重现动态 HTC 行为，并集成到 GT-Suite 中以供重复使用

价值

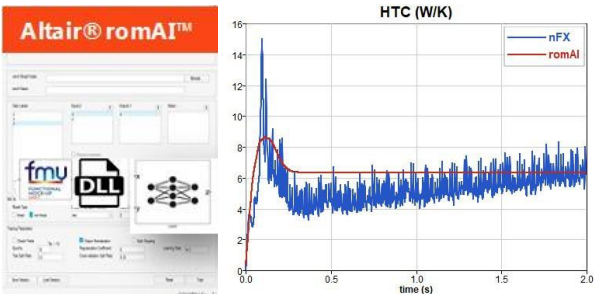
- 速度提高了 130,000 倍，显著缩短了获得决策的时间
- 确保对动态系统行为进行高度准确的预测，从而提高决策和运营效率
- 不使用全因子法，即可最大限度地减少仿真要求，降低计算成本

nanoFluidX
高保真模拟

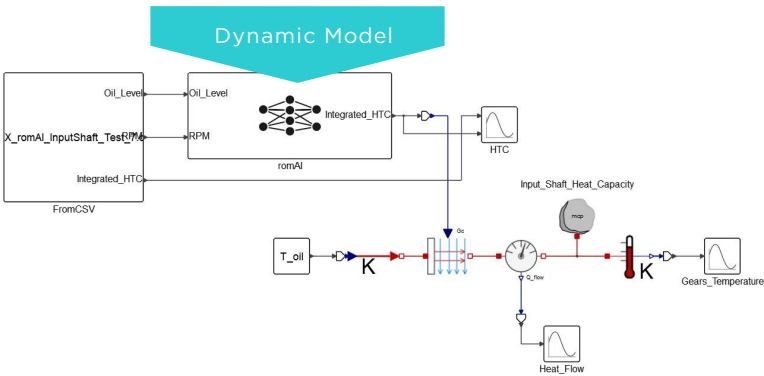


Training Data

romAI 机器学习



1D 系统仿真



快速评估新的发盖衬板设计概念

历史数据和 AI 驱动的物理预测缩短了评估应力和位移的时间，从而能够更快地评估新的发盖衬板设计

挑战

- 工程师必须快速评估多个设计概念，但传统的 FEA 方法需要很长时间才能进行全面的建模和仿真，从而减慢了决策和产品开发时间

解决方案

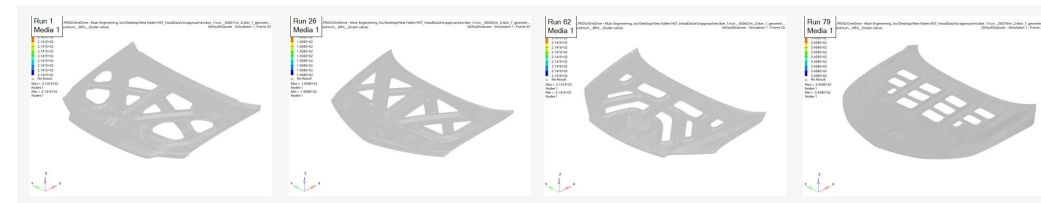
- 利用来自10,000+发盖衬板的历史数据，几何图形以表面网格（STL 文件）表征，结构力学性能指标通过 FEA 获取，并输出 csv 格式
- 使用 STL 和 CSV 数据通过 Altair® physicsAI™ 应用高级物理预测进行快速评估
- 使用迁移学习技术训练，并将训练模型用于预测新的发盖衬板设计

价值

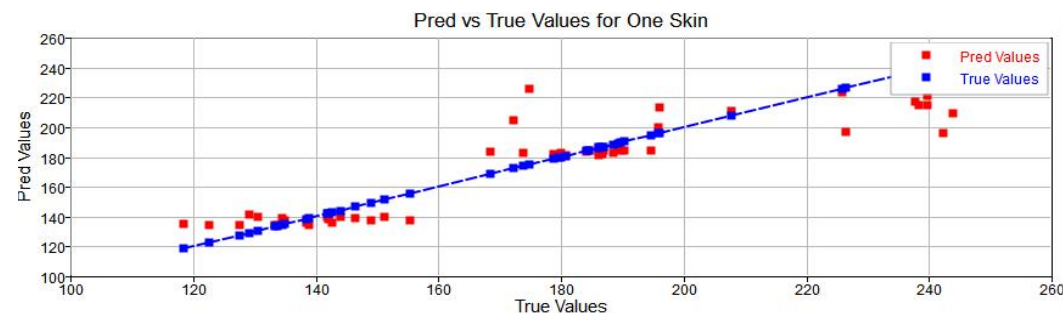
- 提供最大应力和位移的快速预测，加快设计比较过程
- 提高了 Altair® HyperMesh® 的访问、使用和后处理便利性，通过简化的工作流程提高了效率

数据集生成者: OSU DDML, <https://mae.osu.edu/ddml>

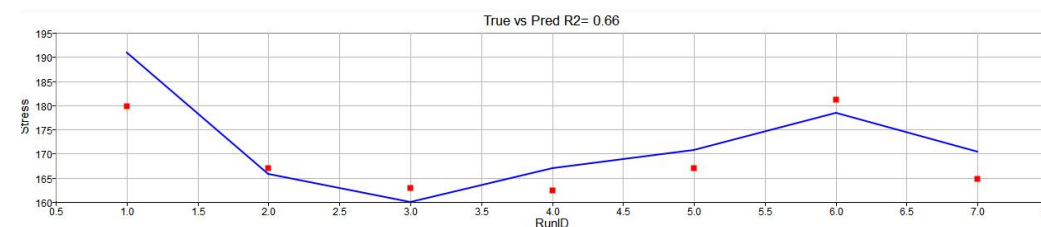
示例数据



physicsAI
vs 规划求解结果



新项目的迁移学习



► 优化安全气囊验证流程，实现更快、更经济高效的设计和测试

利用 AI 驱动的仿真优化安全气囊设计，降低计算成本，并以高精度加速验证流程

挑战

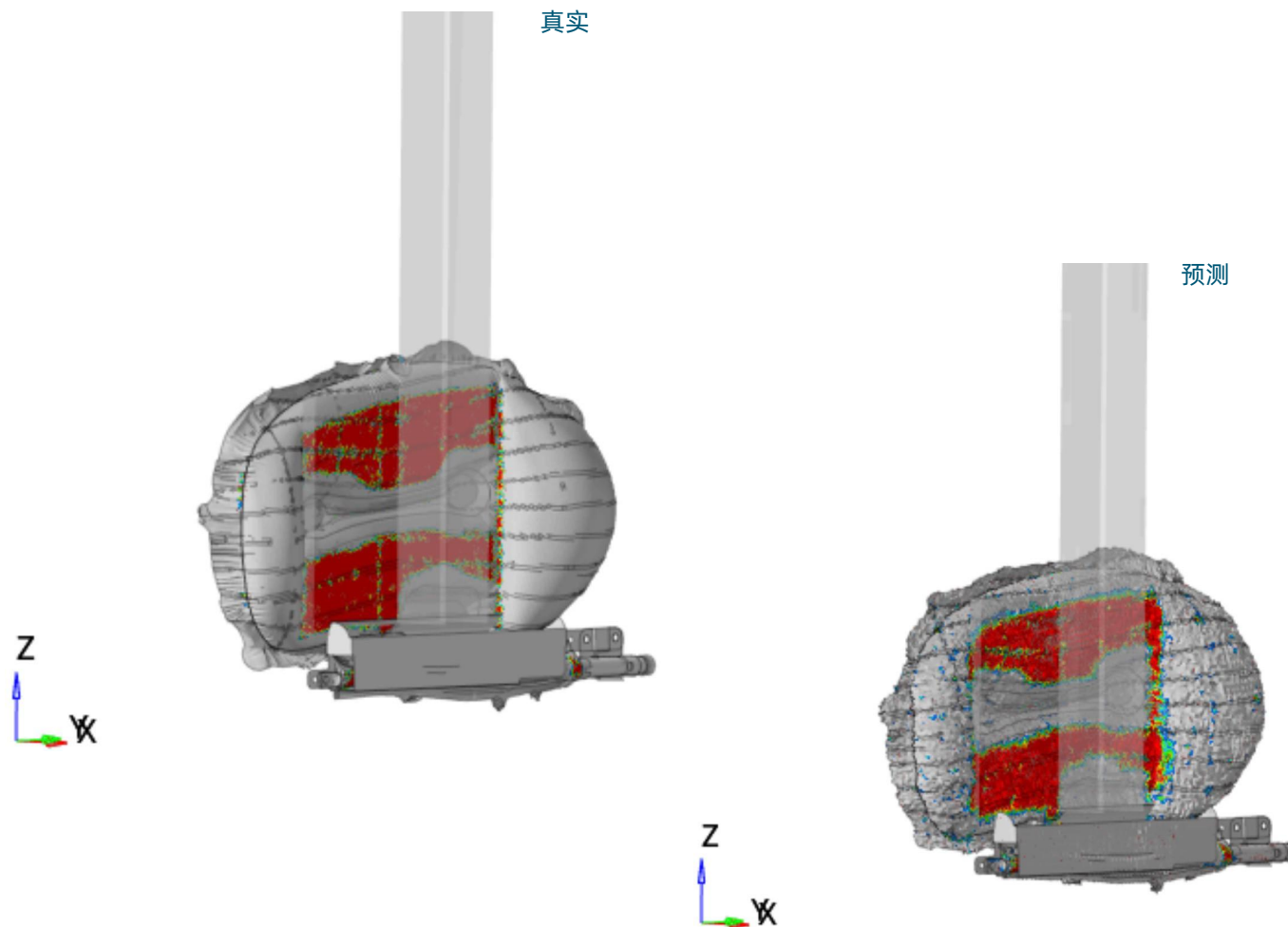
- 安全气囊的验证对于确保在碰撞事件发生时安全气囊功能正常至关重要
- 设计和验证 HAB 行为的传统方法非常耗时且计算成本高昂
- 跨场景分析大量数据会使设计验证和产品开发流程延迟

解决方案

- Altair® physicsAI™ 通过分析数据集和预测测试场景中的行为来优化安全气囊设计
- 预测安全气囊与摆锤测试场景的接触/相互作用，重点关注在DOE中作为变量的撞击器板的宽度和光度
- 使用56次运行（47次训练，9次验证）训练一个物理AI模型，提供准确的预测并减少计算时间

价值

- 用 ML 模型取代了 2 小时、64 个 CPU 的仿真，可在 30 秒内提供结果，从而降低成本和时间，同时在真实结果和预测结果之间实现强相关性，从而实现高精度预测和精确的设计决策
- 扩展以预测加速度、几何形状、质量流入和泄漏，优化设计流程和效率



更快地探索摩托车车把设计，以改善人体工程学

利用 AI 驱动的历史数据物理预测可显著缩短开发时间，从而加快设计探索速度，提高骑手的舒适度和性能

挑战

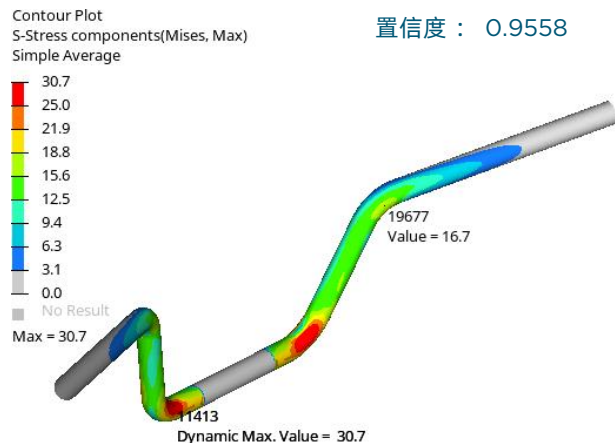
- 车把对摩托车的人体工程学至关重要，会影响骑手的体力、转弯和整体舒适度
- 构建和仿真车把设计的传统方法非常耗时，限制了设计探索的可能性

解决方案

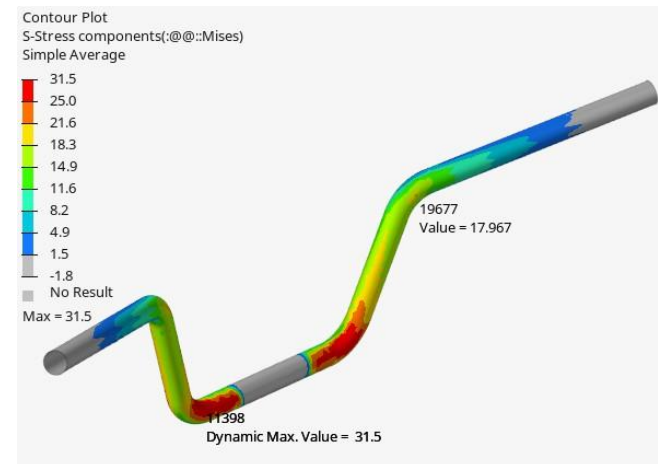
- 利用 Altair® physicsAI™ 加速物理预测，利用仿真数据进行更快、更高效的设计评估

价值

- 显著缩短产品开发时间，实现更快的迭代和创新
- 最大限度地利用技能资源，使工程师能够专注于改进设计，而不是进行冗长的仿真
- 加速设计探索，更快地了解多个车把设计，从而提高性能和人体工程学



physicsAI: 10 秒



求解器：1 小时



► 快速探索防撞箱的设计，提高安全性

AI 驱动的物理预测和合成数据生成大大缩短了仿真时间，从而实现了更快的设计迭代并提高了性能

挑战

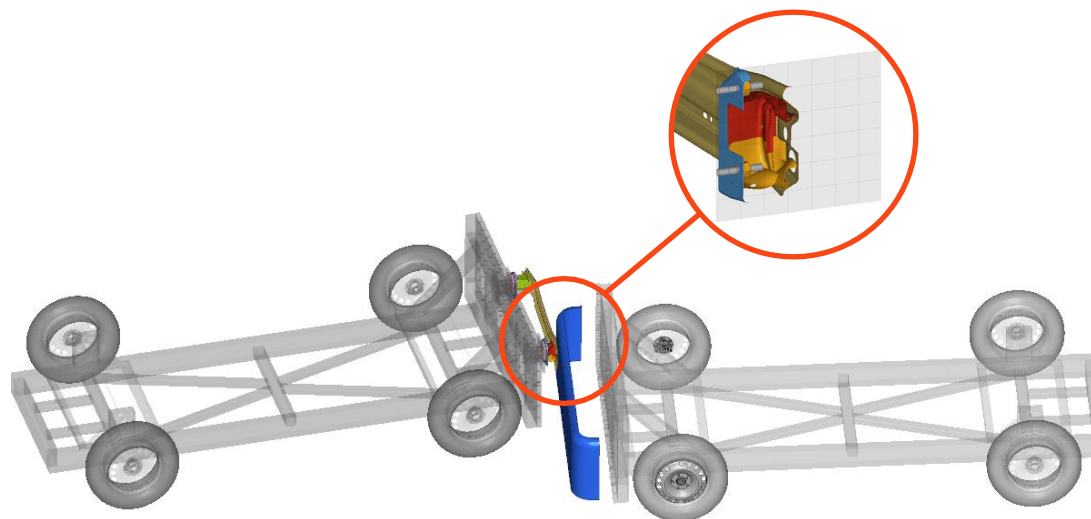
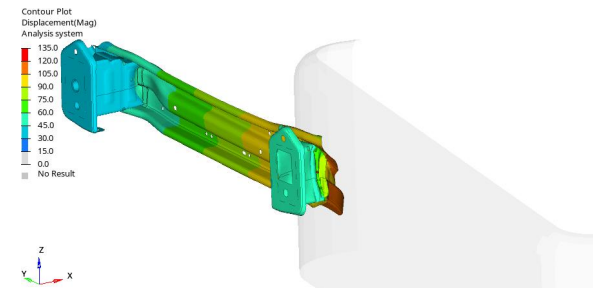
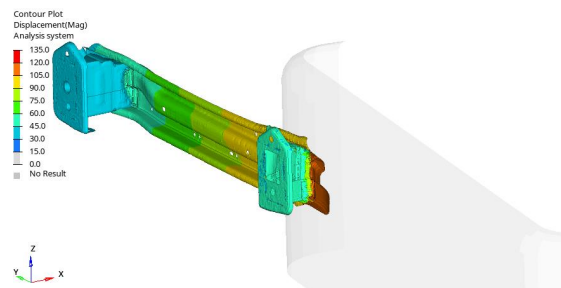
- 碰撞箱仿真需要长达 14 小时，使快速设计探索和迭代不切实际
- 延长的仿真时间限制了创新和性能优化的机会

解决方案

- 使用 Altair® HyperStudy® 生成合成数据，以有效支持设计变更
- 使用 Altair® physicsAI™ 训练 AI 模型，利用仿真数据实现更快的物理预测并大幅缩短仿真时间

价值

- 将仿真时间从 14 小时缩短到仅 10 秒，可以更快地评估高度非线性瞬态行为
- 通过 Altair® HyperWorks® 平台的灵活性和互操作性，简化访问、使用和后处理
- 支持快速设计探索，推动更具创新性和高效性的防撞箱设计



► 加速碰撞分析与优化

加速碰撞分析与优化在原型车驶上道路或撞击墙体之前，预测汽车五星碰撞评级

挑战

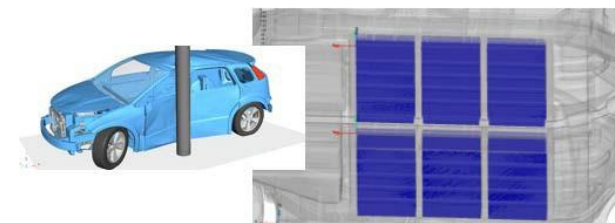
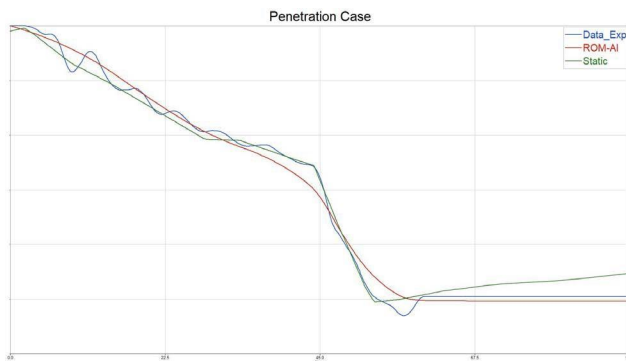
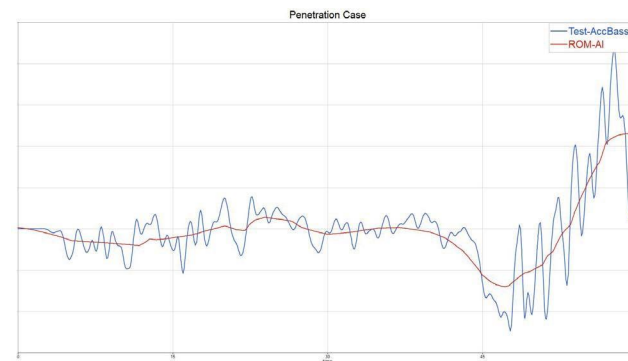
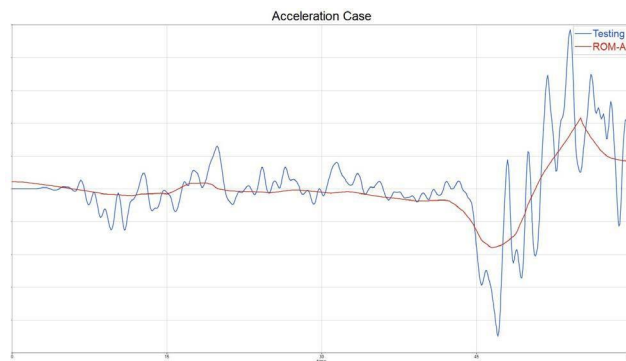
- 在确保耐撞性和乘员安全的前提下，优化多处钣金的厚度
- 侧碰涉及车辆结构、内饰部件与乘员之间的复杂相互作用。由于材料的非线性行为和复杂的接触动力学特性，精确模拟这些场景极具挑战性

解决方案

- 使用 Altair® Radioss® 运行部分因子试验设计 (DoE)，模拟碰撞事件
- 借助 Altair® romAI™ 训练动态非线性降阶模型 (ROM)，预测不同设计方案的碰撞响应

价值

- 将运行时间从数十小时缩短至数秒
- 实现快速的设计优化和耐撞性评估
- 对于动态碰撞行为，相比静态降阶模型，获得了更精确的结果



► 基于 AI 的降阶模型（ROMs）在碰撞优化中的应用

借助 Altair® romAI™ 缩短计算时间，一夜之间即可运行数百次碰撞场景

挑战

- 碰撞模拟具有高度非线性且计算成本高昂的特点，这给设计优化带来了困难

解决方案

- 使用 Altair® romAI™ 训练降阶模型（ROM），以学习并复现复杂的碰撞行为

价值

- 将模拟运行时间从数小时缩短至数分钟
- 一夜之间生成数百种碰撞结果
- 实现精确的大规模碰撞设计优化，精度达 95% 以上



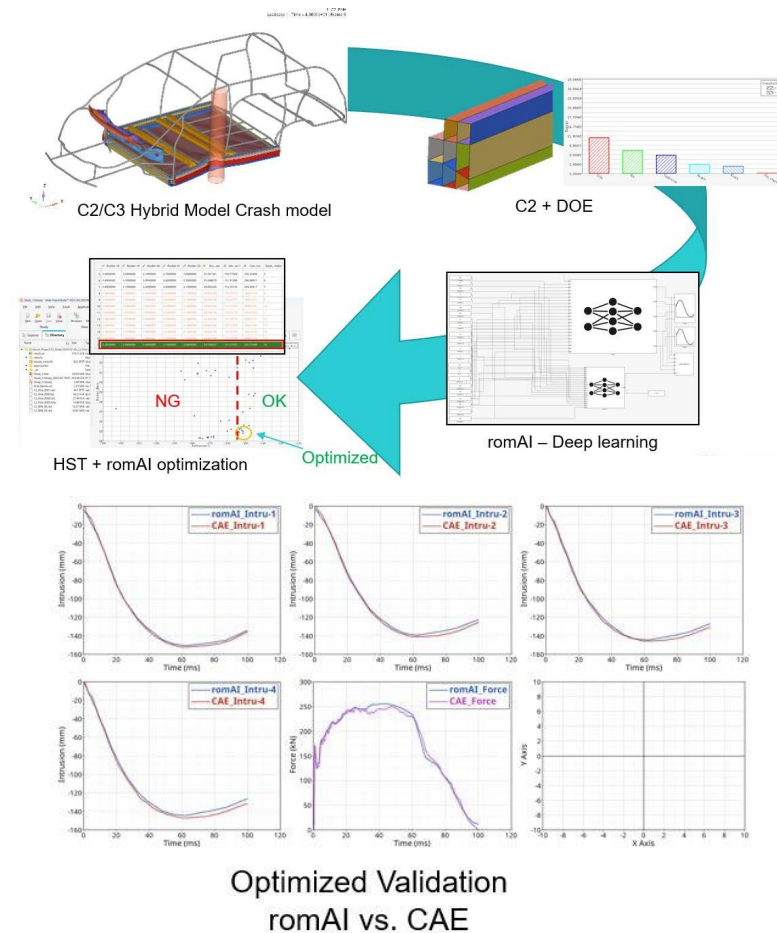
40+

节省时间



95%+

精确度



▶ 车辆座舱 HVAC 快速设计优化

用 AI 降阶模型（ROMs）替代三维计算流体动力学（3D CFD），在数秒内测试控制策略

挑战

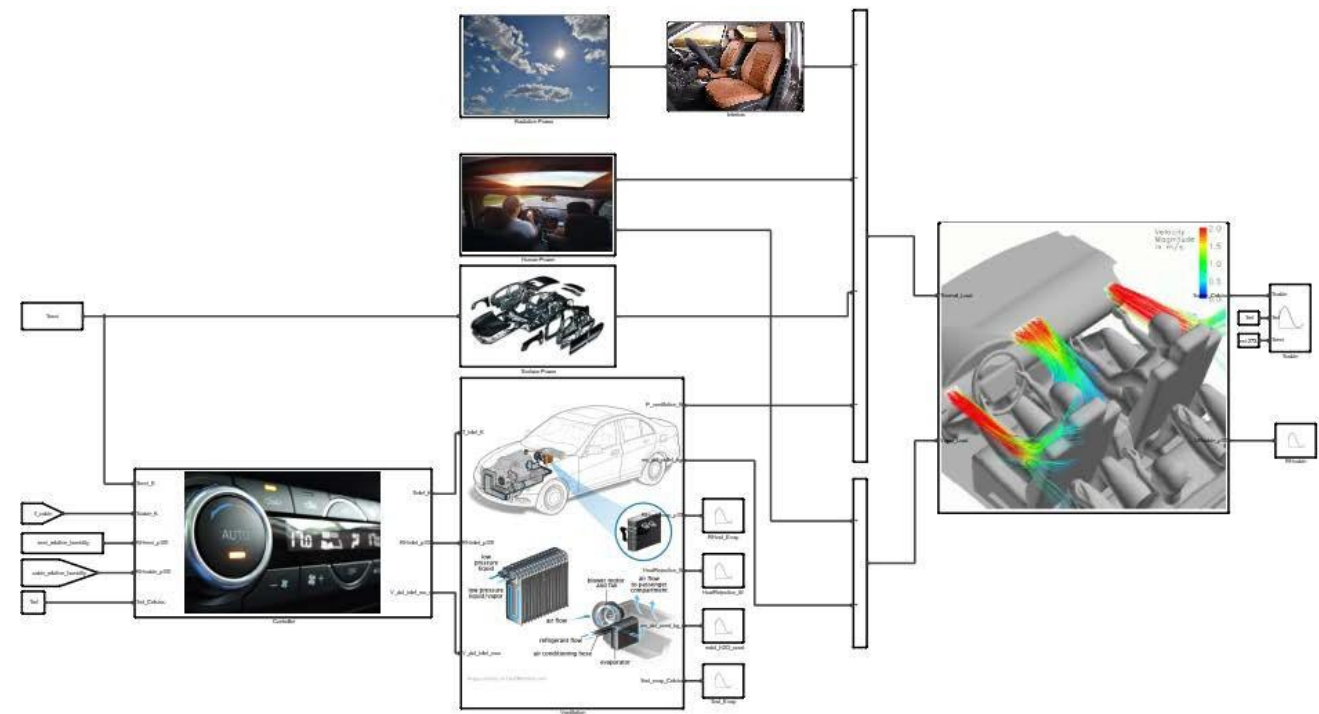
- 优化车辆座舱内的气流和热舒适性
- 在测试多种 HVAC 控制策略的同时缩短模拟时间

解决方案

- 利用一维和三维数据对 HVAC 系统建模，以呈现整车气流状态
- 借助 Altair® romAI™ 创建座舱热环境的动态降阶模型（ROM）
- 在 HVAC 回路中用降阶模型替代三维计算流体动力学，实现更快的模拟与迭代

价值

- 将 HVAC 模拟运行时间从数十小时缩短至数秒
- 保持高精度，与计算流体动力学结果的温差小于 1.2°C
- 在高温差场景（如 4.4°C）中，表现优于高斯回归法



► 利用最少传感器数据构建支架数字孪生

借助人工智能和两个应变片，预测关键位置的应力与载荷

挑战

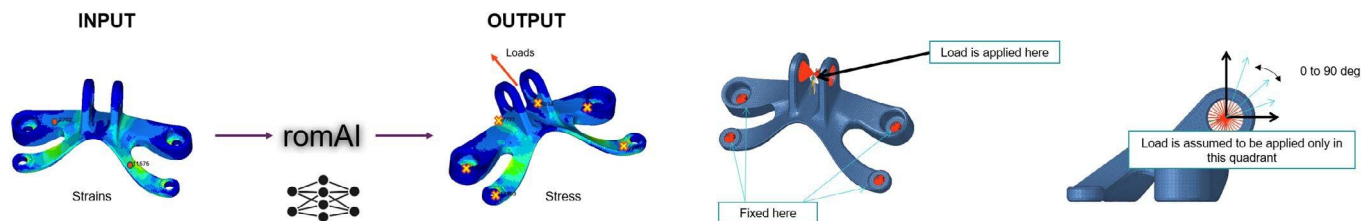
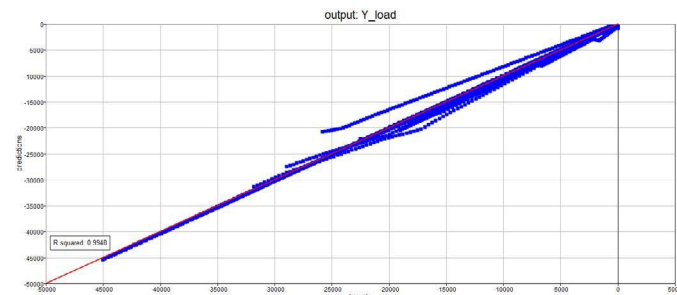
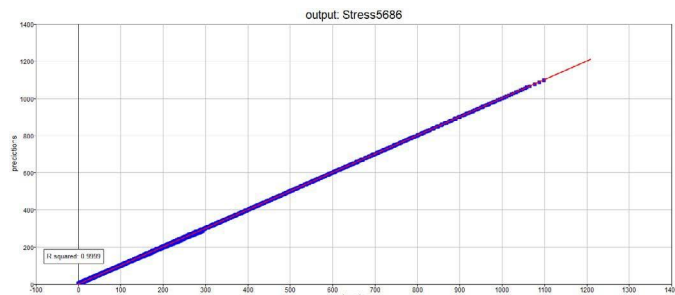
- 仅通过两次应变测量，精准评估支架的应力和载荷
- 在保持预测精度的同时，最大限度减少物理传感器的数量

解决方案

- 在 Altair® OptiStruct® 中构建有限元分析（FEA）模型，模拟已知载荷下的应力 / 应变情况
- 基于有限元分析数据，在 Altair® romAI™ 中创建降阶模型（ROM）
- 利用 Altair® Twin Activate® 应用该降阶模型，通过有限的应变输入估算全场应力

价值

- 仅使用两个实测应变值，就实现了 95% 以上的精度
- 仅凭一个有限元分析模型，即可实现实时性能监测
- 在减少传感器数量的同时，维持高质量的数字孪生预测效果



► 聚类模拟热点以优化训练数据

通过特征提取和聚类处理大规模仿真数据集，提升 AI 模型质量

挑战

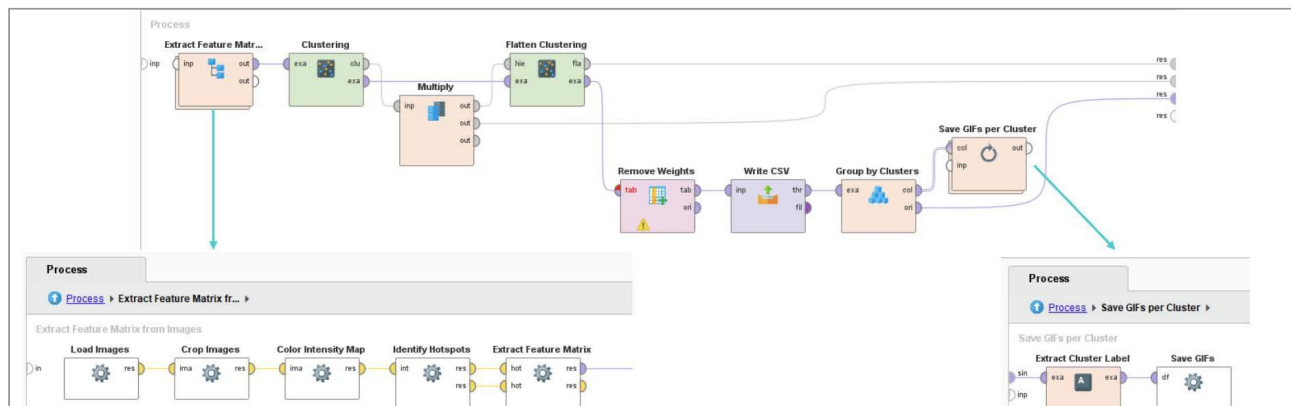
- 仿真数据集规模庞大，难以高效管理
- 高维度特性导致模式识别困难，且冗余信息难以精简
- 数据整理不当可能使 AI 模型产生偏差，降低预测性能

解决方案

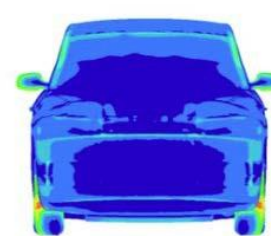
- 聚焦于仿真结果中的性能差异（而非几何差异）进行针对性数据整理
- 使用 Altair® RapidMiner® 从仿真数据中提取热点特征（如数量、位置、强度等）
- 将结果转换为二维图像表示，在保留关键特性的同时降低维度
- 在 RapidMiner 中应用聚类算法，对相似仿真结果进行分组，实现结构化、可扩展的数据集构建

价值

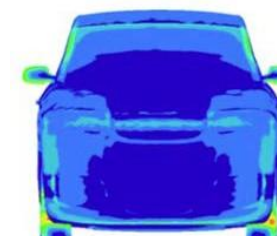
- 通过提供更清晰、结构更优的训练数据（供 Altair® physicsAI™等下游工具使用），加速 AI 技术落地
- 通过自动化仿真数据的预处理与整理，减少工程时间与精力投入
- 借助结构化数据集支持更快、更可靠的决策制定，为规模化 AI 项目提供支撑



聚类 1:
挡风玻璃设计较平缓，无热点或仅有 1 个热点



聚类 2:
挡风玻璃略微抬高，存在 2 个热点



聚类 3:
挡风玻璃高度抬高，存在 4 个以上热点



聚类 4:
挡风玻璃中度抬高，存在 3-4 个热点

► 电池热失控预测

利用实验数据和物理约束深度学习，在数分钟内构建电池起火风险模型

挑战

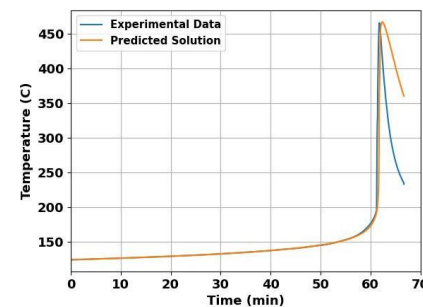
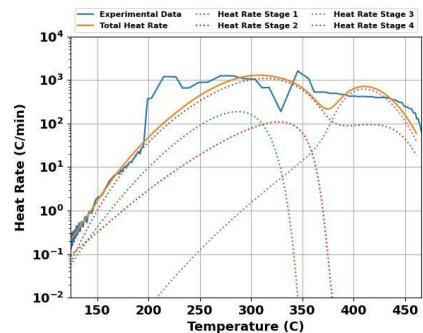
- 单个电池单元过热引发的热失控可能导致电池爆炸起火，对电动汽车的安全性及声誉构成严重威胁
- 电动汽车制造商面临巨大的商业压力，需要在研发早期精准模拟热失控并验证电池安全性
- 传统方法依赖经验曲线拟合和反复试验，不仅速度慢、成本高，其精度也无法满足现代设计需求

解决方案

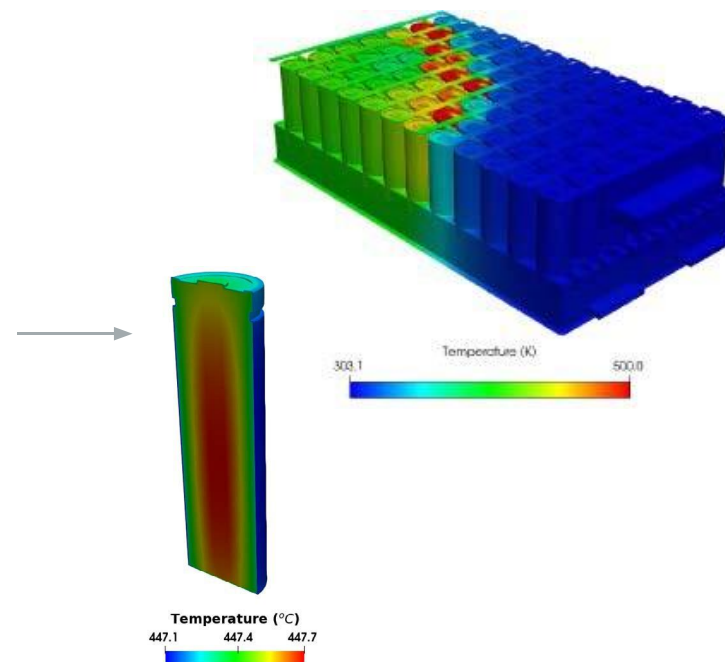
- 基于实验量热数据训练物理约束神经微分方程（Neural ODE）模型，以学习热失控行为
- 模型架构设计遵循控制方程，实现具有物理意义的高精度预测
- 采用深度学习和反向传播算法检测温度骤升，该模型还可集成至 Altair® AcuSolve® 中用于系统级模拟

价值

- 在各种电池滥用场景下均能精准预测热失控
- 通过自动化训练，将建模时间从数小时缩短至数分钟
- 实现更快、更安全且更具成本效益的设计迭代



从数据中学习的物理约束 AI 模型



热失控仿真

► 焊接质量检测

由 Altair® AI Edge™ 驱动并集成物联网监控的自动化视觉检测

挑战

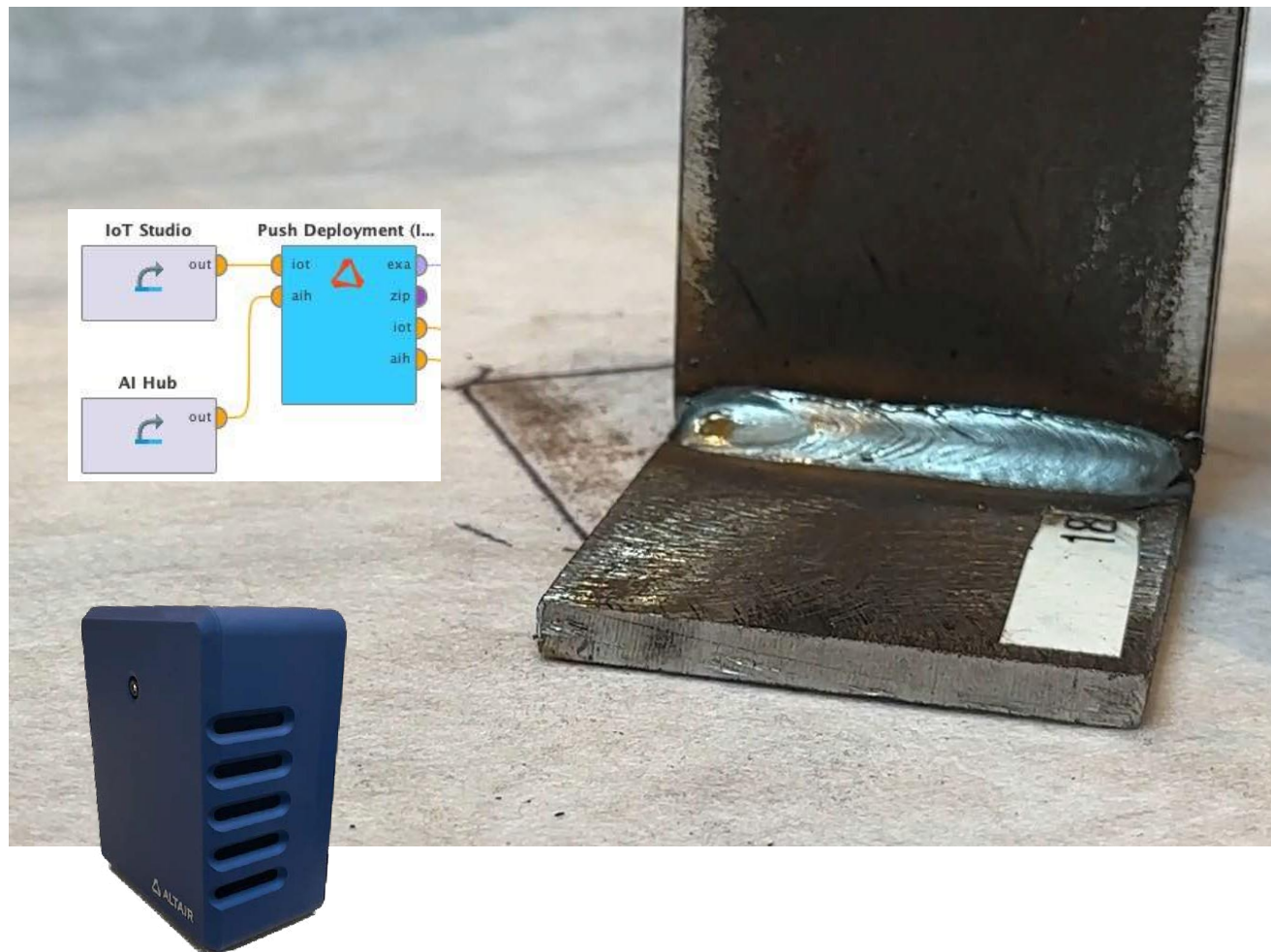
- 人工焊接检测耗时且难以规模化开展
- 非结构化图像数据为自动化缺陷检测带来挑战
- 识别和诊断焊接缺陷需要复杂的根因分析

解决方案

- 部署 AI Edge 设备，打造端到端的全流程视觉焊接检测系统
- 与 Altair 的人工智能和物联网解决方案集成，从生产线捕获、评分并传输图像
- 通过拖放式 AI 模型部署，实现边缘端实时缺陷分类
- 通过云原生物联网界面，对 AI Edge 设备进行集中监控

价值

- 通过实时自动化焊接质量检测，减少检测时间和人工投入
- 借助边缘设备的集中化质量数据，提升产品一致性和可追溯性
- 通过加速缺陷检测和根因分析，缩短生产周期



► 面向 NVH 领域的梯形底盘设计快速结构仿真

基于 AI 驱动的模式分析，在底盘开发中快速预测固有频率和振型

挑战

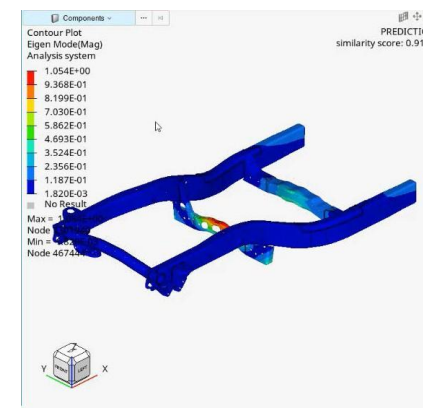
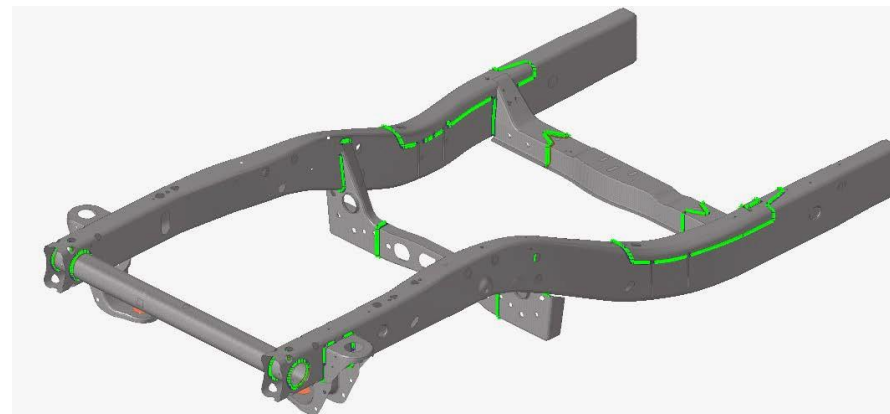
- 传统用于模式分析的 CAE 仿真耗时较长，拖慢了早期设计决策进程
- 工程师需要快速、准确地预测固有频率和振型，以便快速迭代设计

解决方案

- 使用 Altair® HyperStudy® 生成合成数据集，在可制造范围内改变底盘厚度和形状
- 基于整理后的仿真结果训练 Altair® physicsAI™ 模型，快速预测新设计的振动特性

价值

- 可针对新的设计变更实时预测结构性能
- 降低计算成本，支持产品开发过程中更快地制定决策
- 通过提供关于振动性能的可执行见解，优化早期设计阶段



▶ 通过大众化的仿真智能实现协同产品开发

借助 Altair One® 作为统一门户，为各利益相关方提供数据驱动的工程解决方案

挑战

- 在产品开发生命周期中，多方利益相关方共同参与，但工具和工作流程仍处于孤岛状态
- 由于缺乏跨职能协作的统一平台，协作受到限制
- 在云端和本地环境中扩展及部署解决方案的过程复杂且不一致

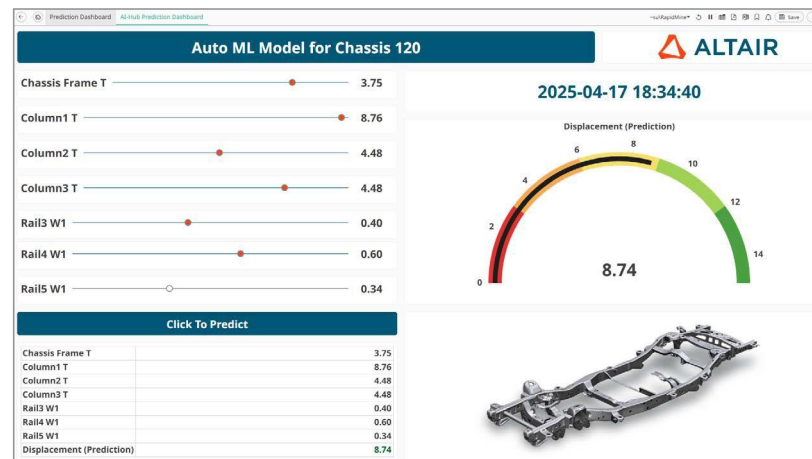
解决方案

- Altair One 作为统一的访问门户，支持对 Altair 工具进行混合集成，为产品生命周期中的不同角色量身定制
- Altair® HyperWorks® 用于元数据提取和精确的物理预测，并通过 Altair® physicsAI® 增强以提供智能洞察
- Altair® RapidMiner® 支持探索性数据分析（EDA）和高级预测建模，助力在开发周期早期做出数据驱动的决策
- 集成于 Altair One 中的 Altair® Panopticon™ 提供丰富的交互式仪表板界面，用于可视化仿真结果、全局关键绩效指标（KPIs）并整合实时用户输入

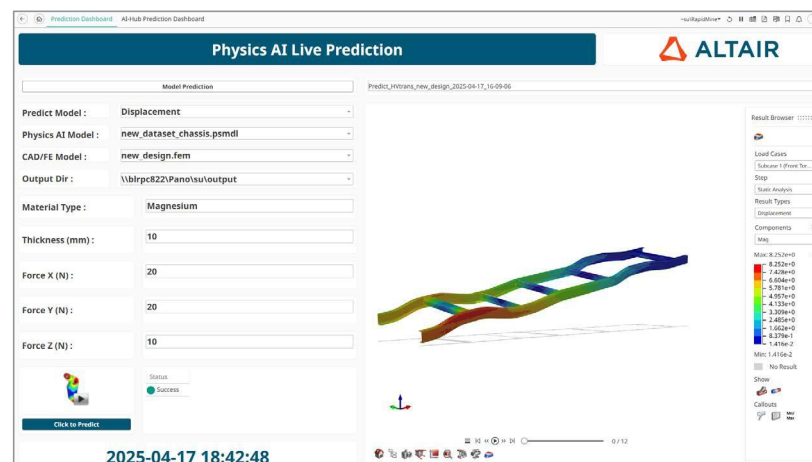
价值

- 实现仿真与测试数据的无缝管理
- 利用高性能计算（HPC）能力处理密集型计算
- 协同预测物理行为并评估全局关键绩效指标
- 通过集中式平台确保各方能够获取一致洞察

用 RapidMiner 进行预测



用 physicsAI 进行预测



► 使用 AI 为领先的 OEM 供应链进行库存管理

通过零件级安全库存智能系统降低成本、减少排放并避免库存中断

挑战

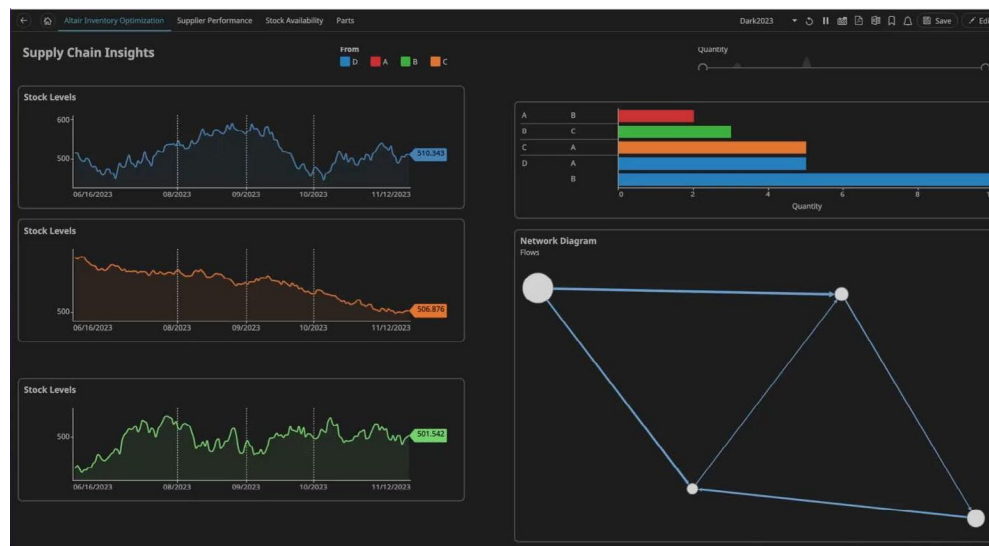
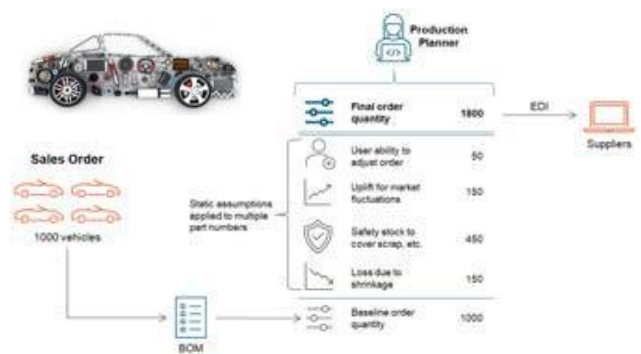
- 库存安全、库存水平以往通过人工设定，依据固定规则和计划员经验，而非实际需求或供应商的波动性
- 采购涉及 9500 多种零部件，交货周期从数小时到 13 周不等，供应商涵盖本地、区域及全球范围
- 导致库存过剩、紧急发货、订单遗漏以及库存审核不一致等问题，进而造成成本超支和物流碳排放偏高

解决方案

- 使用 Altair® RapidMiner® 构建 AI 模型，分析需求模式、交货周期和运输条件，预测零部件的订购需求
- 动态优化安全库存参数和每周订购计划 —— 用智能建议取代静态规则

价值

- 有望通过消除过剩安全库存和人工安全缓冲，节省 15% 的成本
- 减少订单遗漏、紧急加急和生产延误，提升服务水平
- 通过减少应急物流决策带来的空运排放，助力实现可持续发展目标



重工案例

► 优化挖掘机铲斗设计以提高填充效率

AI 驱动的协同仿真可加速设计迭代，使铲斗填充能力提高了20%，并且能够在不到一分钟内比较多种设计变体

挑战

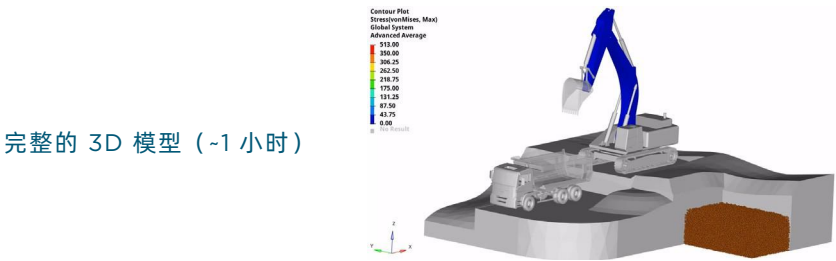
- 在挖掘机的挖掘循环中优化填充颗粒的铲斗形状对于性能至关重要
- 传统方法非常耗时，每次迭代都需要多次更改形状和新的仿真

解决方案

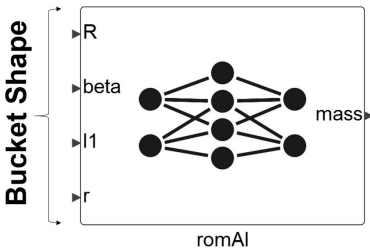
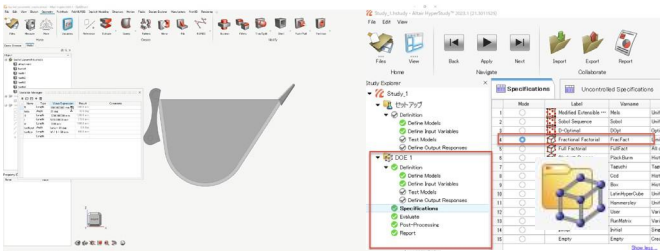
- 利用 Altair® MotionSolve® 和 Altair® EDEM™ 之间的协同仿真，模拟了完整的挖掘多体模型，包括与颗粒材料/粒子相互作用的柔性部件。
- 使用 Altair® Inspire™ 草图和参数化功能创建参数化铲斗形状，以实现灵活的设计迭代
- 在每次运行 DoE 时自动更新存储铲斗的参数化几何体，并通过 Altair® HyperStudy® 将其输入到 MotionSolve-EDEM 协同仿真中
- 使用 Altair® romAI™ 的 DoE 结果训练降阶模型（ROM），为 Altair® Twin Activate™ 中的快速优化做好准备

价值

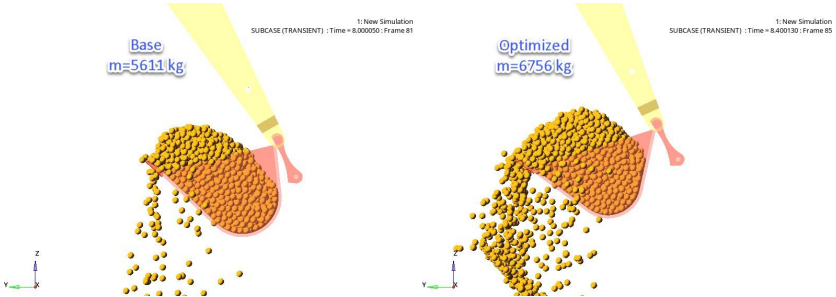
- 与原始设计相比，铲斗填充质量提高了 20%
- 实现了全面优化，在不到 1 分钟的时间内进行了数十种设计变体的比较



完整的 3D 模型（~1 小时）



精确的 ROM（~1 s）



快速优化（~1 分钟）> + 20% 填充增益

► 在实时硬件仿真中提高拖拉机的性能和准确性

将高保真的DEM 仿真转化为高效且准确的基于深度学习的降阶模型（ROM），并部署于实时硬件应用

挑战

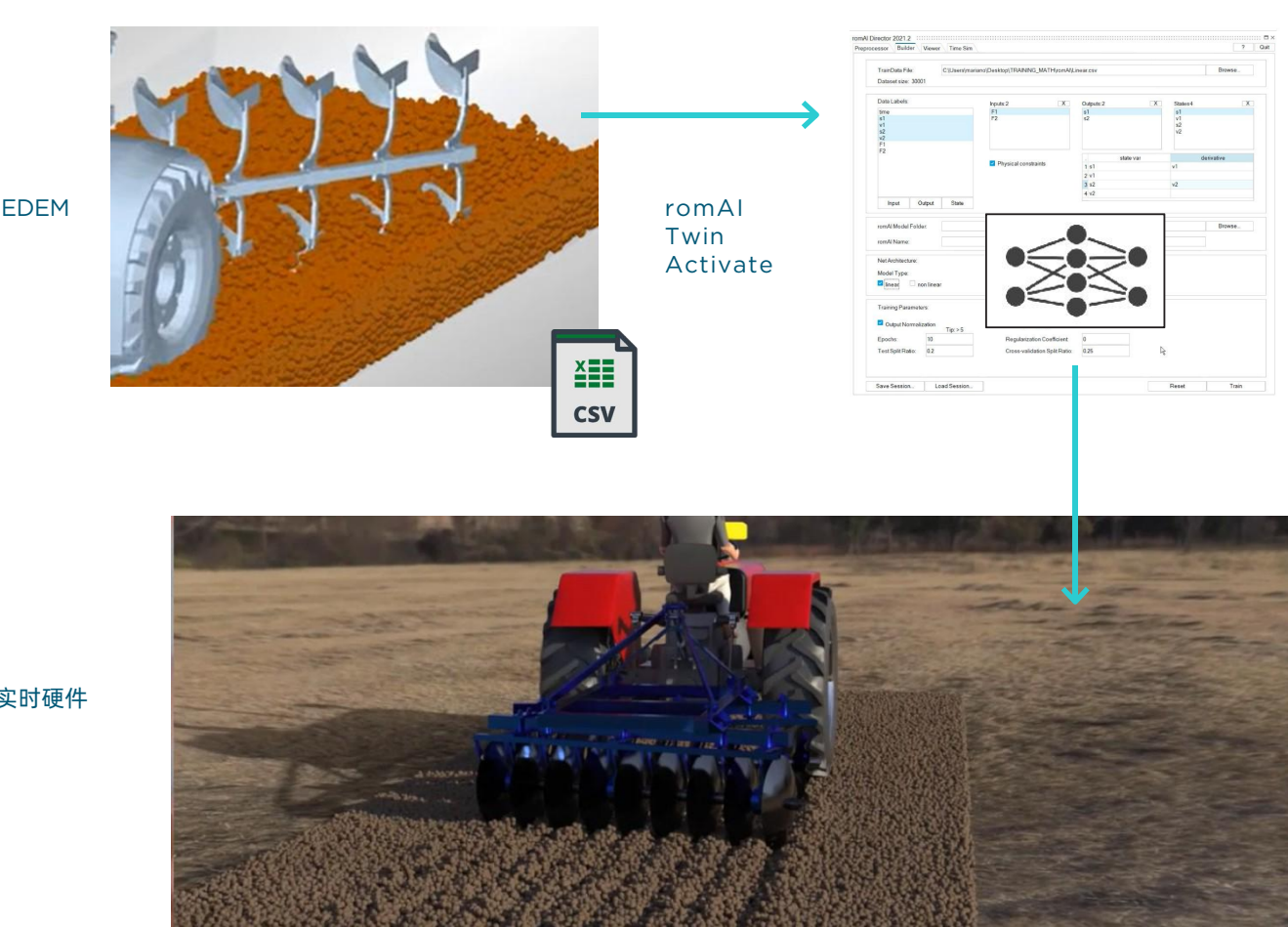
- 对实时犁土相互作用力进行建模并将其集成到完整的拖拉机仿真中，需要准确的动态数据和无缝集成
- 传统方法难以为现实的性能预测提供实时反馈

解决方案

- 在 Altair® EDEM™ 中运行高保真 DEM 仿真，以开发实时合规 ROM，利用 Altair® romAI™ 和 Altair® Twin Activate™，用于准确预估各种条件下的犁地力
- 将 ROM 与实时硬件集成，包括驱动器在环系统，以提高仿真精度

价值

- 模拟更逼真的犁地体验，提高准确性，以便更好地做出决策和性能评估
- 提供了更好的消耗估算，促进了更高效的拖拉机操作



► 重型装备中关键部件的实时健康监测

利用 AI/ML 驱动的数字孪生和虚拟传感器监控健康状况（SoH），实现实时异常检测、故障预防并提高维护效率

挑战

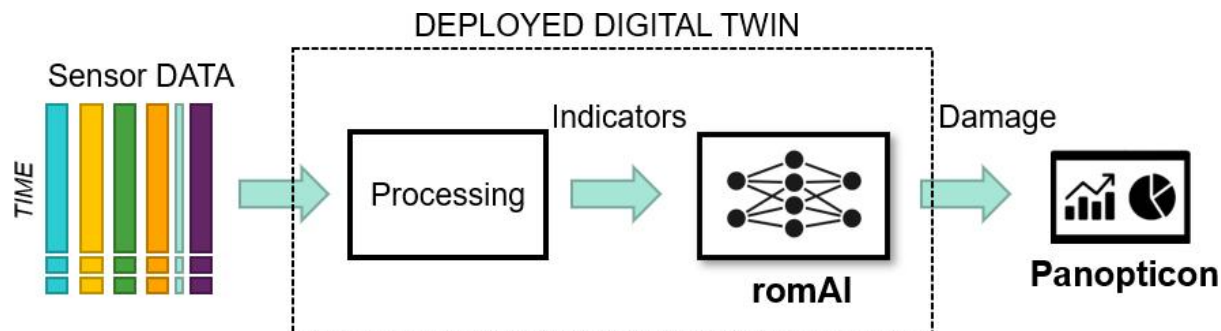
- 健康状况（SoH）的预估很难做到准确
- 使用传感器数据（如加速度和压力）实时分析关键部件对于避免故障和减少停机时间至关重要

解决方案

- 开发实时合规的虚拟传感器，使用 Altair® romAI™ 和 Altair® Twin Activate™ 准确预测 SoH。这些虚拟传感器可以部署在边缘设备或云平台上，以进行持续监控

价值

- 更深入地了解各种操作条件下的系统损坏行为
- 改进异常检测和故障预测，支持采取主动措施防止故障
- 实现更有效的预测性维护计划，减少停机时间并提高整体运营效率



► 更高效的钢板弹簧悬架整车动力学分析

AI 生成的 ROM 将仿真时间缩短了 31 倍，通过全面的板簧数据集成加快了车辆动力学分析速度，同时保持了准确性

挑战

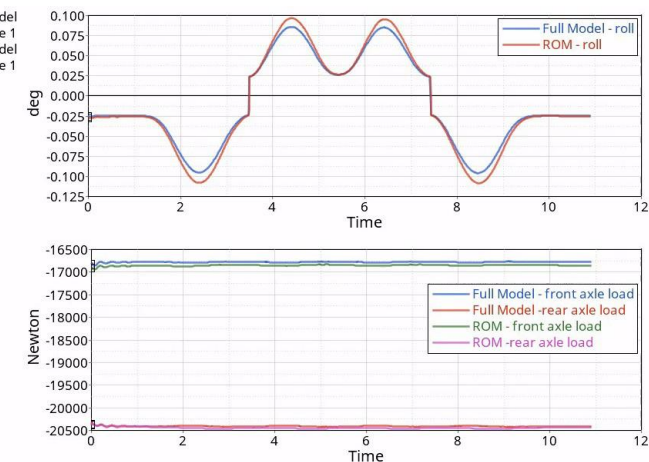
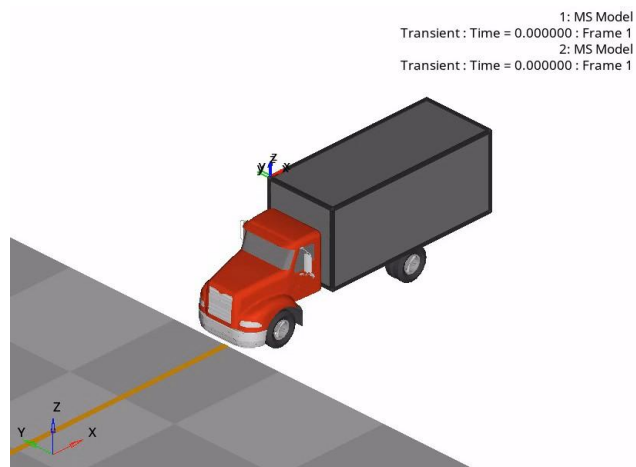
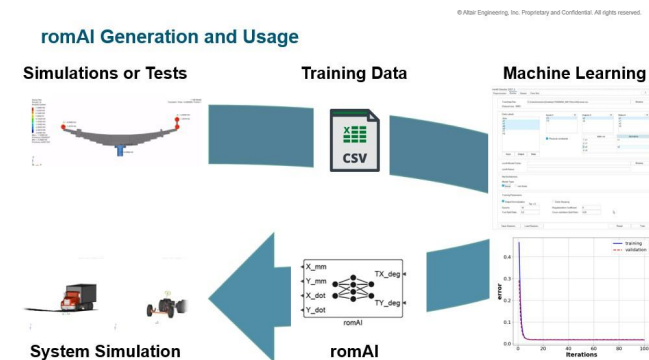
- 传统的整车动力学系统级仿真非常耗时，阻碍了快速评估和优化性能的能力

解决方案

- 使用 Altair® MotionView® 中的叶片弹簧构建器为叶片弹簧悬挂系统生成训练和测试数据
- 利用 Altair® romAI™ 为叶片弹簧悬挂创建一个降阶模型 (ROM)
- 在 Altair® MotionSolve® 中仿真整车动力学，通过整合 ROM 进行更快的分析

价值

- 将运行时间缩短了 31 倍（从 992 秒缩短到不到 32 秒），显著加快了车辆动力学分析速度并加快了设计迭代速度
- 确保了解决方案的高精度，通过视觉比较展示了可靠的结果，并支持更快的决策制定



►降低动物饲料系统的转子功耗

高保真 DEM 求解器和 AI 生成的 ROM 将仿真时间从 8 小时缩短到 3 秒，准确率超过 98%

挑战

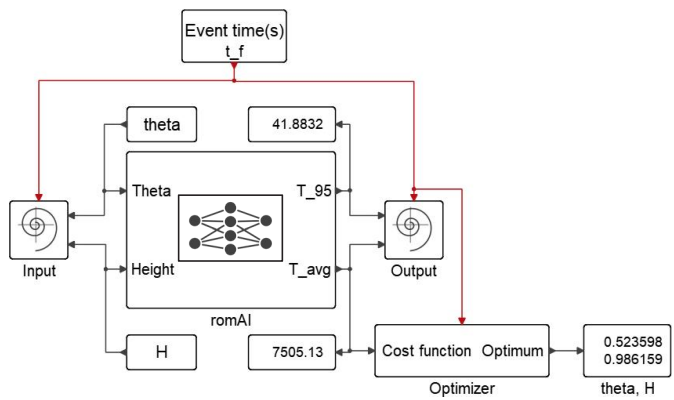
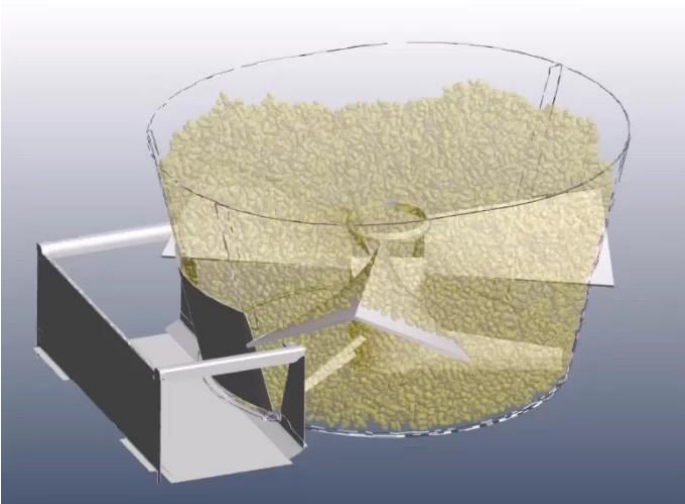
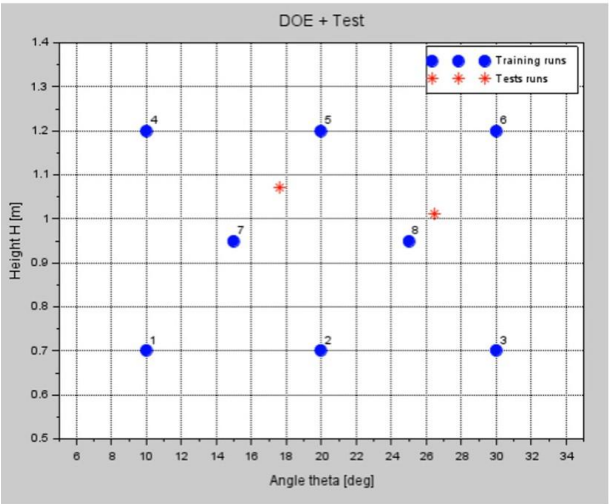
- 降低用于喂料系统的搅拌机的转子功耗

解决方案

- 使用 Altair® EDEM™ 高保真离散元法（DEM）求解器优化一个复杂的非线性系统，通过 Altair® romAI™ 技术在保持准确性的同时大幅减少了仿真时间

价值

- 将仿真运行时间从 8 小时缩短到 3 秒，从而实现快速设计优化
- 与高保真仿真相比，准确率超过 98%，确保 ROM 识别的所有配置都能获得可靠的结果



| | C_M [Nm] | T_{95} [s] |
|-----------------|------------|--------------|
| ROM | 7505.1 | 42.2 |
| FOM | 7690.8 | 41.7 |
| Erreur relative | -2% | 1% |

► 加速轮式装载机优化的系统级仿真

AI 生成的 ROM 将仿真时间缩短了 34 倍，能够更快地分析车辆动力学、控制系统和颗粒材料交互，准确率超过 98%

挑战

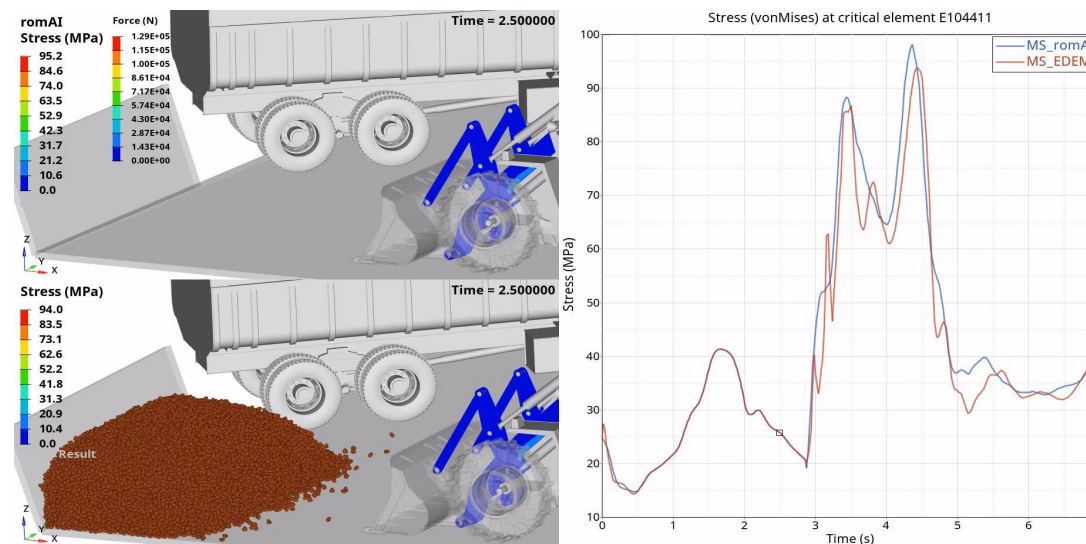
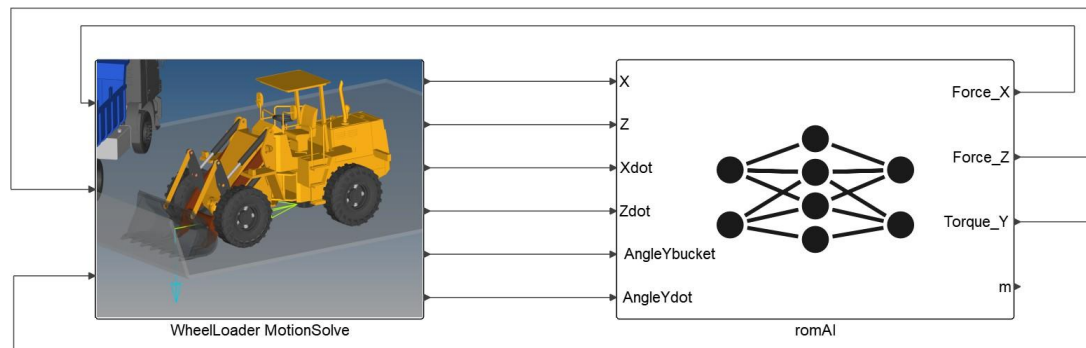
- 加速轮式装载机中车辆动力学、控制系统和材料交互的系统级系统仿真，以便进行进一步的优化分析
- 解决模拟颗粒材料动力学的计算成本问题

解决方案

- 开发一个高保真度的协同仿真模型，使用 Altair® MotionSolve® 进行车辆动力学仿真，Altair® Twin Activate™ 用于控制和驱动，以及 Altair® EDEM™ 处理颗粒材料动力学、颗粒间的相互作用力以及装载机铲斗动力学
- 使用 Altair® romAI™ 创建 ROM，以减少仿真时间，同时保持准确性

价值

- 使用动态降阶模型（ROM）准确估计铲斗和颗粒材料之间的反作用力
- 将仿真运行时间缩短了 34 倍，从 680 秒缩短到仅 20 秒
- 与高保真仿真相比，准确率保持在 98% 以上



▶ 通过精准的均匀性预测实现更快速的肥料设计

基于仿真和测试数据训练的深度学习优化了撒布机几何形状

挑战

- 均匀施肥对于实现最佳生长、提高产量以及减少污染至关重要
- 分配不均会导致作物受损、浪费和环境问题
- 传统方法速度较慢，且需要 CAE 专业知识测试每次设计迭代

解决方案

- 基于历史数据、测试数据和离散元仿真数据训练一个深度学习模型，实现仅根据几何形状预测分布均匀性
- 使用 Altair® physicsAI™ 和 Altair® HyperStudy® 优化撒布机设计，无需每次迭代都进行仿真

价值

- 6秒内预测出 CV，准确率>90%——比 CAE 快520倍
- 无需重复进行仿真，从而加快设计周期，无需 CAE 专业知识

6秒

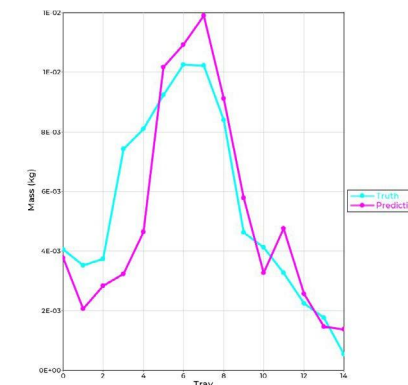
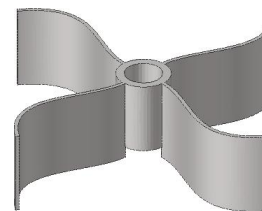
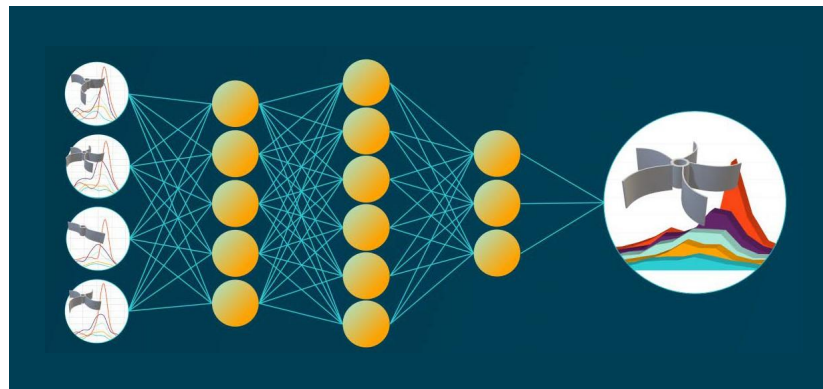
计算变异系数 (CV)

520倍

比CAE更快

>90%

准确性



► 以秒为单位评估线性执行器的时间常数动态特性

使用动态 ROM 进行精确的时间常数分析，速度比全仿真快3600倍

挑战

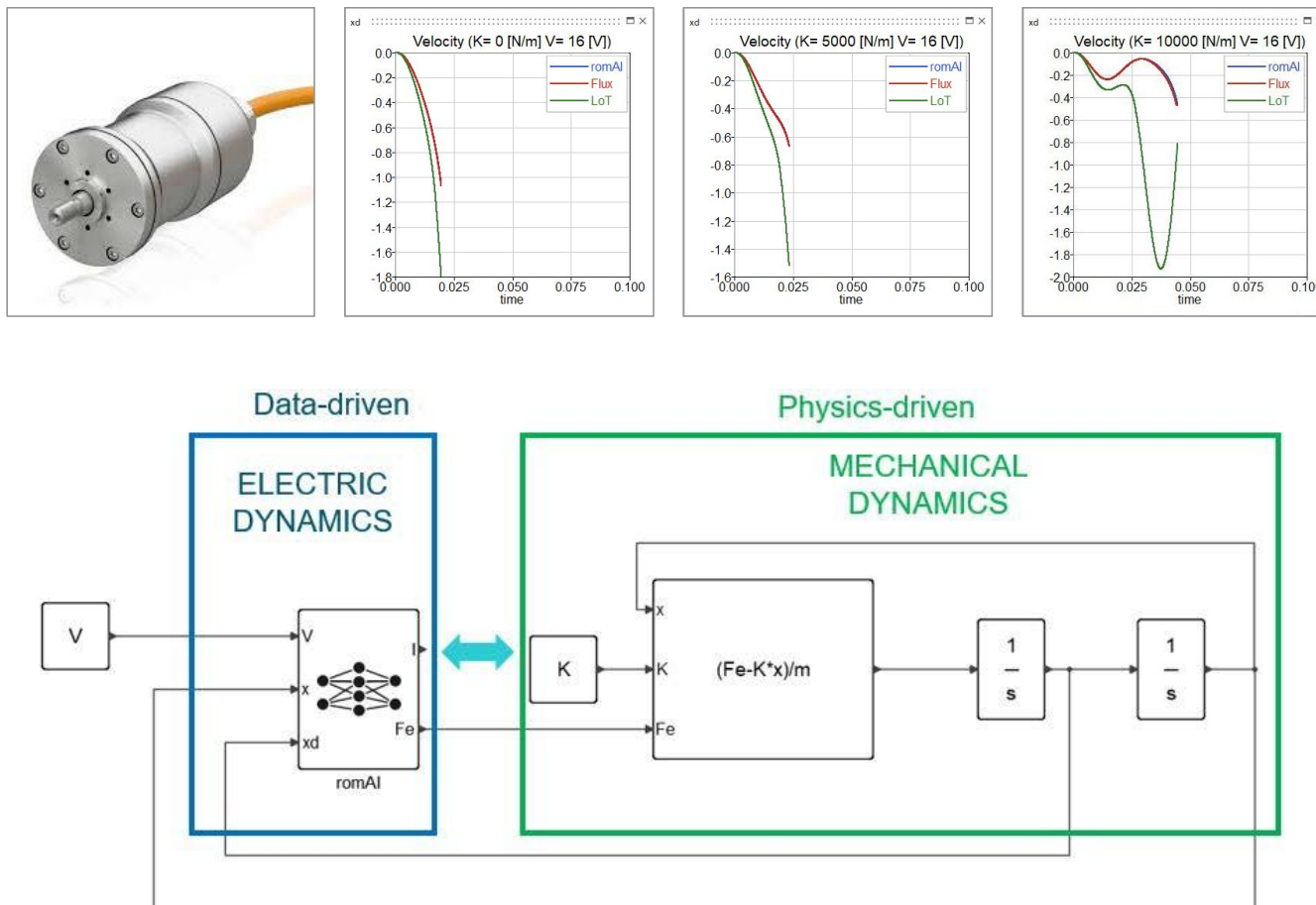
- 时间常数分析速度较慢，每次仿真需要长达一小时
- 传统方法不易捕捉非线性电磁效应，从而限制了精度
- 更换执行器弹簧需要重新进行成本高昂的全面仿真，会减缓创新进程

解决方案

- 使用 Altair® Flux® 生成电磁行为训练和测试数据
- 使用 Altair® romAI™ 创建电磁动力学的动态降阶模型
- 在 Altair® Twin Activate® 中将 ROM 与机械动力学相结合，以进行完整的系统评估

价值

- 运行时间从1小时缩短到1秒，从而能够快速评估设计变更
- 与高保真仿真相比，准确率达到98%以上
- 通过学习高保真训练数据中涡流的影响，获得的系统响应比查找表更精确



► 电磁阀时间常数加速仿真

构建一个流体动力学简化模型（ROM），以高精度将仿真时间从18小时缩短至1秒

挑战

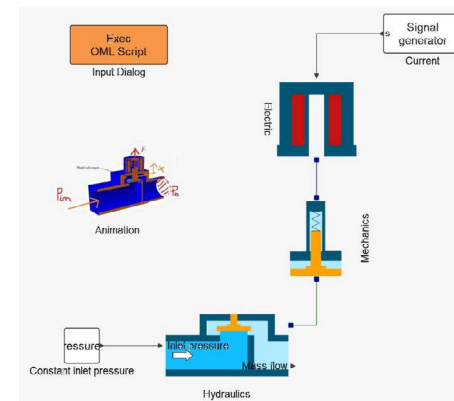
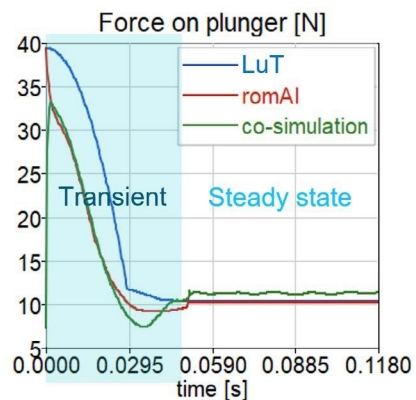
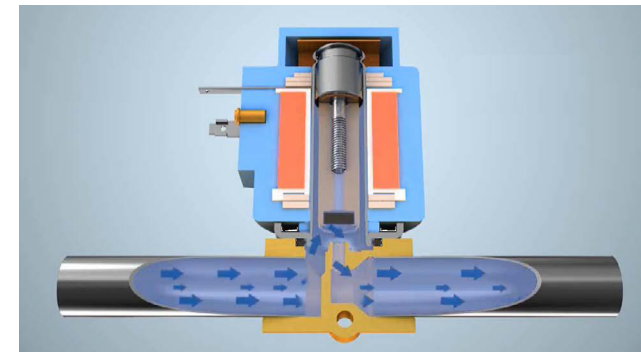
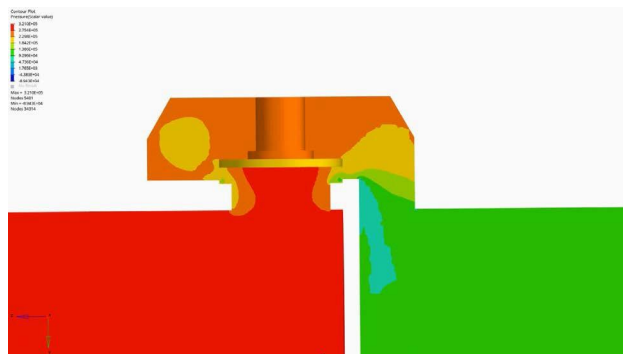
- 多物理场仿真（流体、机械、电气）对于快速时间常数评估而言速度过慢
- 现有方法在速度和准确性之间难以取得平衡，尤其是在瞬态阶段

解决方案

- 使用 Altair® romAI™ 生成流体动力学的动态 ROM
- 将降阶模型（ROM）与机械和电气动力学相结合，以进行全系统评估

价值

- 仿真时间从18小时缩短至1秒
- 与高保真仿真相比，准确率达到98%以上
- 与查找表方法相比，能更准确地模拟瞬态阶段



► 模型去特征化以加快仿真前处理

基于带标签 CAD 几何训练决策树模型自动执行特征移除

挑战

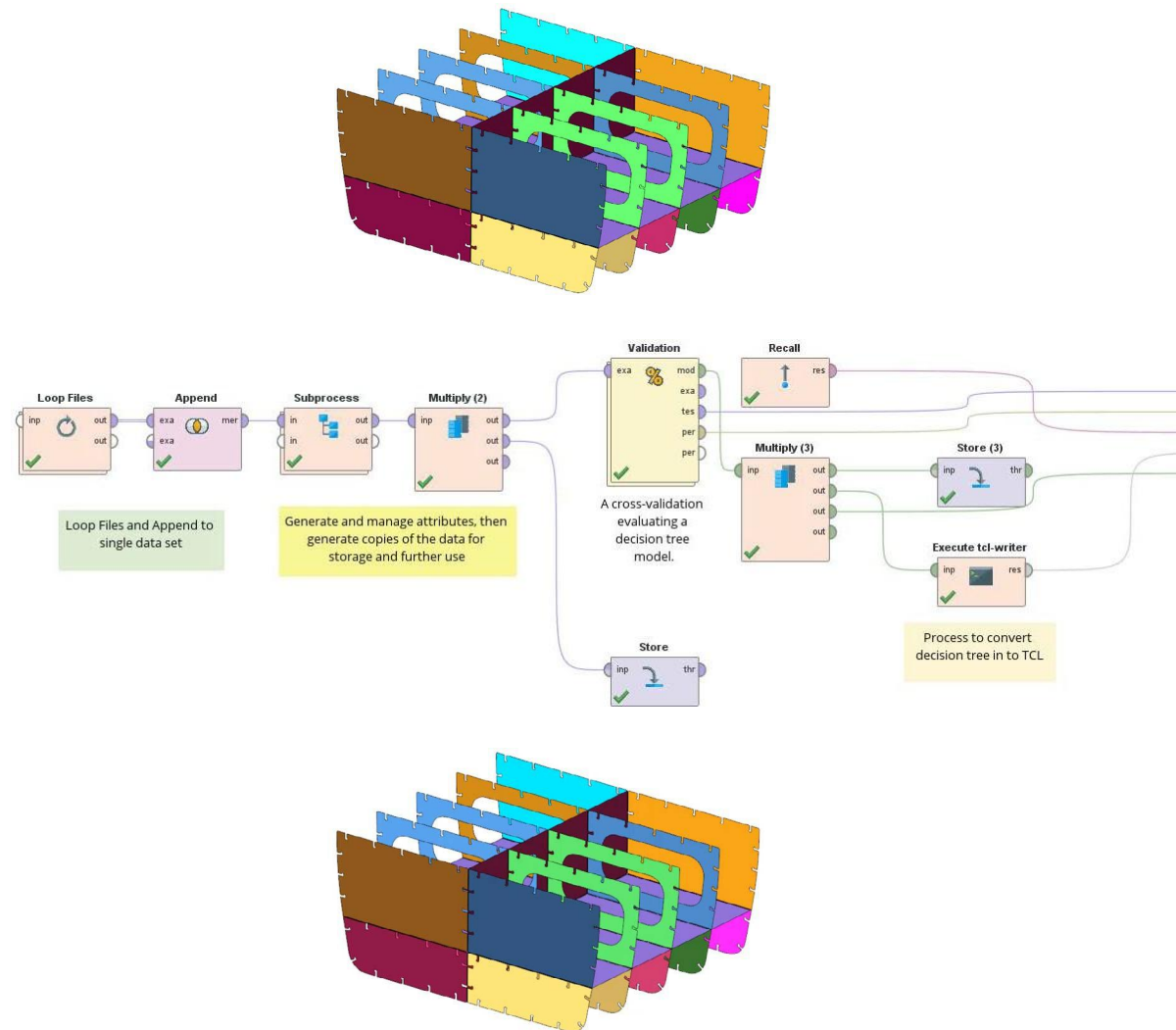
- 大型 CAD 模型包含不一致或非标准特征，会打乱仿真工作流程
- 没有可靠的方法来自动识别和移除不需要的几何体
- 手动脚本编写方法耗时、结果不一致，且需要专家输入

解决方案

- 为现有的模型中的线添加特征元数据标签，以指导移除决策
- 从 Altair® HyperMesh® 中导出相关线条数据，以捕捉几何属性和上下文属性
- 使用 Altair® RapidMiner® 构建一个决策树模型，该模型能自动对线条进行分类以去除特征

价值

- 大幅缩短模型清理时间，加快仿真前处理和设计周期
- 通过可再培训的工作流程，支持跨产品线的复用和适配
- 使用标准脚本（TCL/Python）轻松集成到现有流程中



► 隐式建模换热器的优化

基于 physicsAI 的建模，用于效率预测

挑战

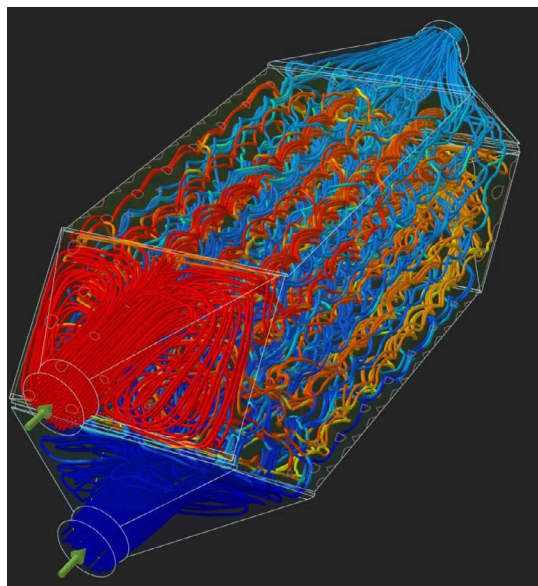
- 对于使用隐式几何的 CAD 设计，CFD 分析（网格划分）很困难
- 优化换热器的效率是一项复杂且耗时的工作
- 理解设计变量之间的关系对于性能提升至关重要

解决方案

- Altair® Inspire™ 用于在单一环境中对隐式几何体进行建模、设置计算流体动力学（CFD）参数，并运行基于人工智能（AI）的分析
- 根据现场数据对 CAD 几何体进行参数化，并相应地定义边界条件
- 探索各种组合，以分析几何形状、场和边界条件之间的关系
- 整合基于人工智能的机器学习模型，以计算新开发的计算机辅助设计（CAD）模型的效率

价值

- 通过将 Altair 工具整合到统一的仿真工作流程中，优化了产品开发流程
- 通过有针对性的设计优化流程，将换热器的效率提高了至少12%
- 通过利用 Altair® physicsAI™ 进行快速性能评估，优化周期可缩短约24倍
- 通过对影响系统性能的关键变量进行敏感性分析，改进设计决策



航空航天和国防案例

► 优化飞机蒙皮-长桁设计

AI/ML 驱动的仿真提高了结构强度并简化了早期设计阶段

挑战

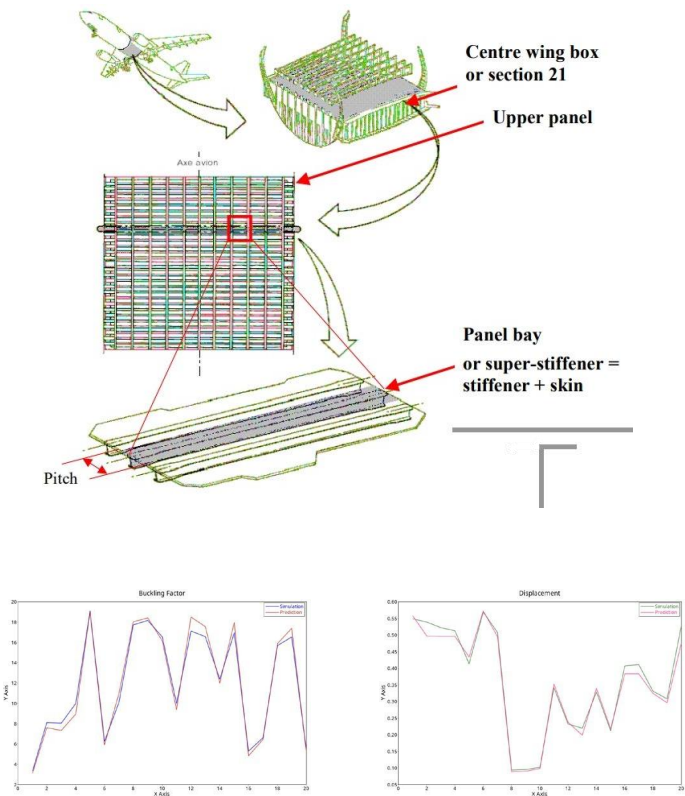
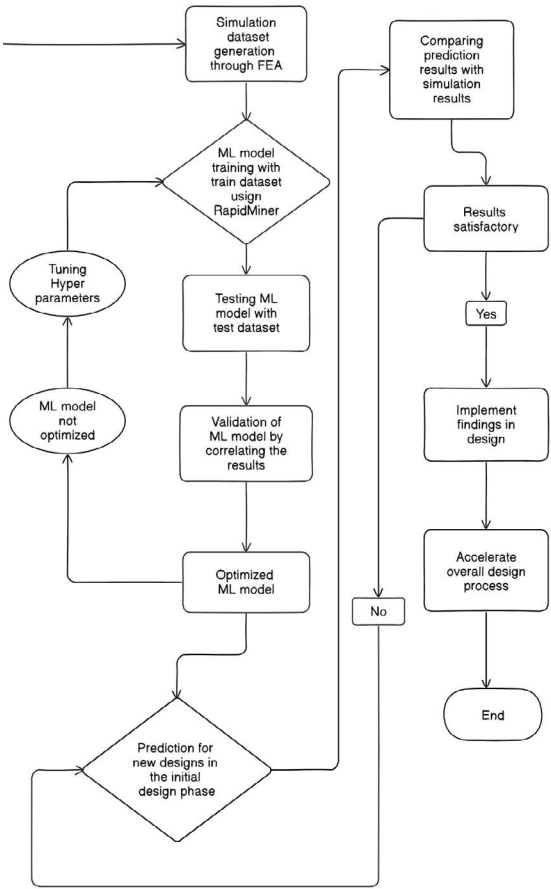
- 设计飞机蒙皮需要高级知识和复杂的计算，以确保结构完整性
- 过度弯曲会带来屈曲的风险，从而导致出现潜在故障
- 频繁的检查对于及早发现问题并保持安全标准是必要的

解决方案

- 先进的 CAE 工具允许进行全面的结构分析，实现更快、更准确的设计
- AI/ML 优化可预测并提高设计效率，以节省时间和成本
- 预测性维护通过使用基于历史数据的数据驱动型维护确保安全

价值

- 更快地识别最佳蒙皮设计，缩短开发时间，加快上市时间
- 利用 AI/ML 创建更强大、更高效的飞机蒙皮，推动数据支持的决策，实现卓越性能优化
- 自动执行任务并及早发现问题，最大限度减少停机时间并显著降低运营成本



► 航空电子系统的多学科优化

AI 驱动的 ROM 和优化可提高设计效率及系统可靠性，将 MTBF 提高600%

挑战

- **复杂交互：** 对不同学科及其交互进行建模
- **优化约束：** 优化具有众多约束的多学科问题难以实现
- **高计算负载：** 计算密集型仿真会在设计过程中造成瓶颈

解决方案

- **高效创建 ROM：** 使用 Altair® romAI™ 创建高效（高达 10 倍）且准确（>99%）的降阶模型（ROMs）
- **工作流集成：** 将 ROM 无缝集成到当前工作流中，实现更顺畅的操作
- **约束优化：** 使用 Altair® HyperStudy® 进行多学科约束优化

价值

- **可靠性提升：** 平均故障间隔时间（MTBF）提高 600%
- **能效提升：** 环境控制系统能效提高 6%



作者：Dtom - 自己的作品，CC BY-SA 3.0

► 适航认证的快速强度验证

应用 AI/ML 驱动的ROM加快验证速度，增强设计信心

挑战

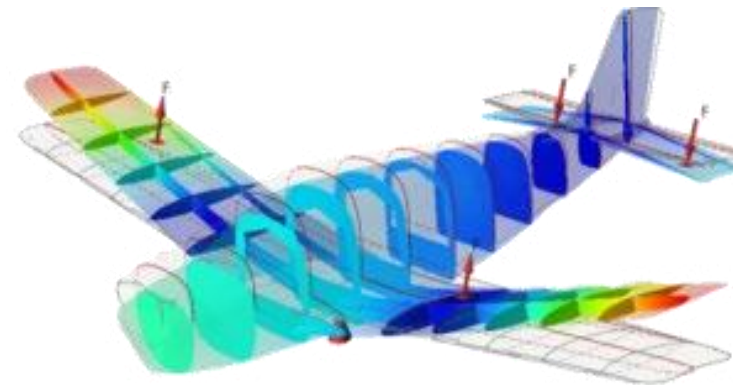
- **验证速度：** 需要快速验证各种阵风剖面 and 海拔高度的适航规格，满足严格的要求

解决方案

- **高效的 ROM 创建：** 利用 Altair® romAI™ 从单一高保真瞬态仿真中开发精确的动态降阶模型（ROM）

价值

- **高精度：** 实现超过99%的验证精度，确保决策可靠性
- **更快的验证：** 将验证过程提效 10 倍，缩短上市时间
- **增强洞察力：** 通过高级建模更好地理解物理行为，提高设计信心



► 不同翼型设计的空气动力学评估

利用 CFD 和 ROM 进行高效、准确的翼型分析

挑战

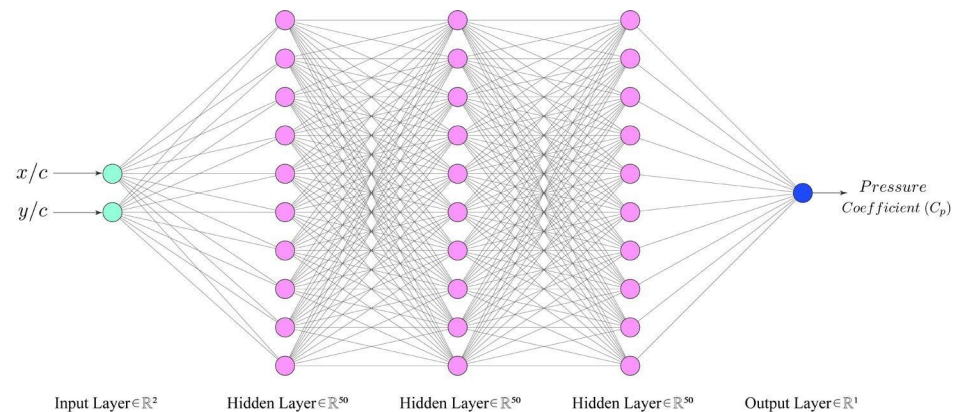
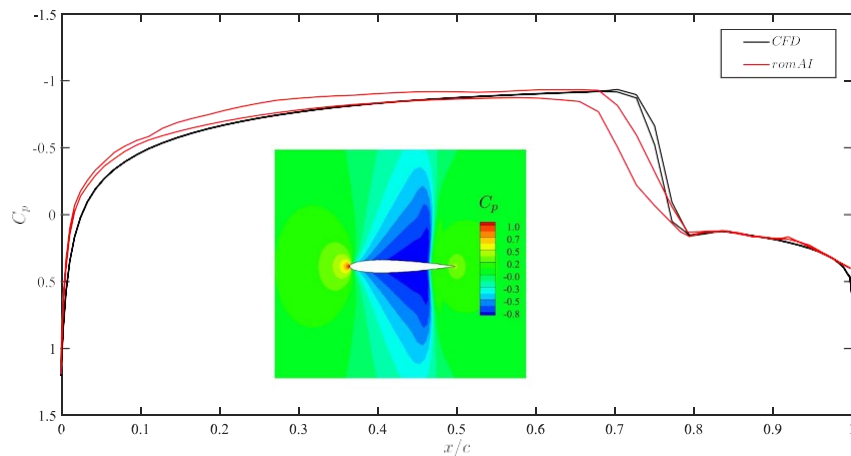
- **耗时且成本高昂的仿真：** 针对多个翼型设计的传统 CFD 仿真非常耗时，并且需要大量的计算资源
- **系数变化分析：** 跨音速和无粘性流动中不同翼型设计的系数变化评估困难
- **复杂数据管理：** 管理和比较来自各种翼型设计的大型数据集的挑战

解决方案

- **CFD 数据收集：** 执行 CFD 模拟以收集训练和测试数据
- **ROM 创建：** 创建 ROM 以根据其设计估计翼型的压力系数
- **集成分析：** 使用 ROM 快速准确地比较翼型设计的系数变化

价值

- **时间效率：** 仿真时间从 140 秒大幅缩短到小于 3 秒，加快设计迭代和决策速度
- **改善的工作流程：** 简化了数据管理和分析流程，用于处理多个翼型设计
- **良好的泛化能力：** 出色的泛化能力，可用于对高度非线性的空气动力学现象进行建模



► 进行实时 RCS 分析，实现更快、更准确的测量

仿真数据和 AI 驱动模型缩短了执行 RCS 分析的时间，能够更快、更准确地进行巡航导弹仿真评估

挑战

- 实时执行 RCS 测量既昂贵又耗时
- 校准误差会导致测量不准确
- 开发用于 RCS 分析的 AI/ML 模型需要花费大量精力创建广泛数据集。为了简化这一过程，使用 Altair® Feko® 以不同的入射角度对巡航导弹模型进行了仿真

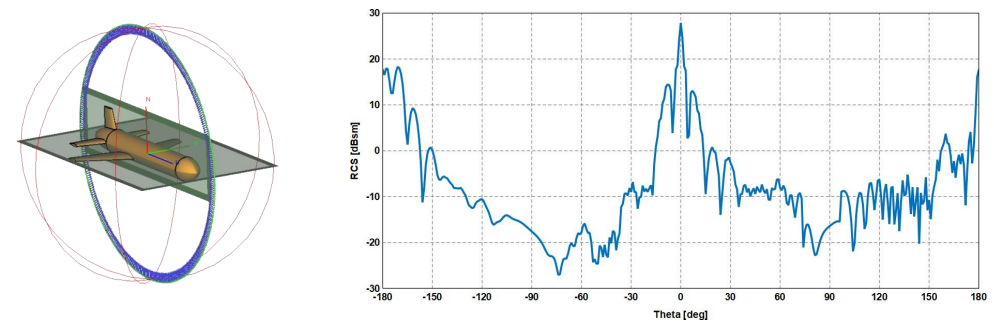
解决方案

- 使用 AI/ML 模型实现流程自动化，利用最少的测量数据确定训练的最大步长，并使用仿真数据进行测试
- 通过使用 RL-GO 渐近求解方法进行数据提取，节省资源和时间，与 RCS 之间的求解器达成强一致性。这种方法是比全波求解器更节省资源和时间消耗的选择
- 使用所提出的模型，以最小的步长准确预测 RCS

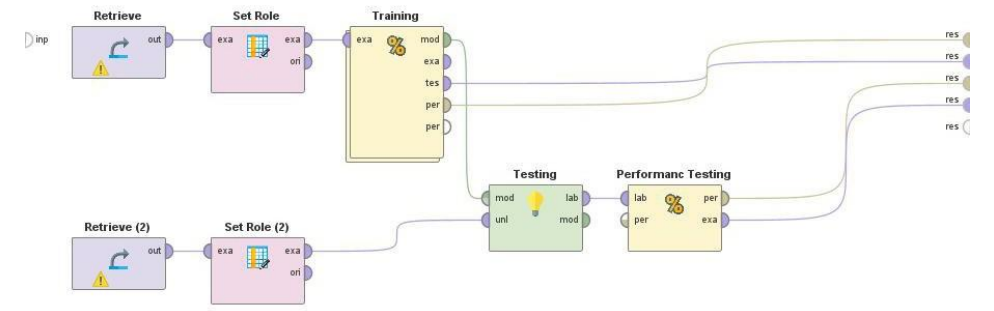
价值

- 获得比实际测量场景更快、更精确的结果，节省时间和成本
- 消除了测量场景中的校准误差，提高了可靠性

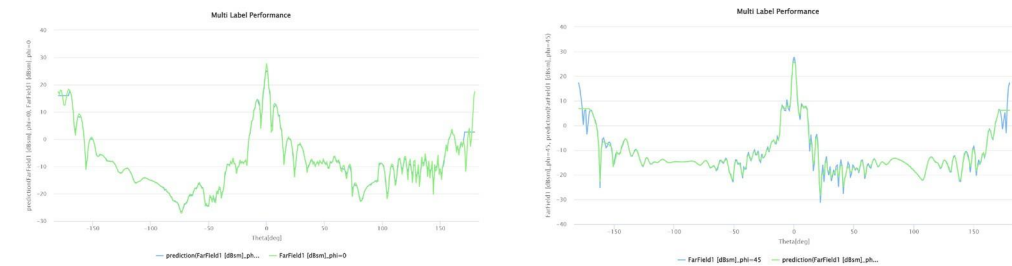
巡航导弹模型和 RCS 结果 - Feko



ML 工作流程 - RapidMiner



GBT ML 模型的仿真结果 - RapidMiner



► 优化跨频段的天线性能

机器学习模型通过减少仿真时间、确保性能优化和加快上市时间来优化 5G 天线设计

挑战

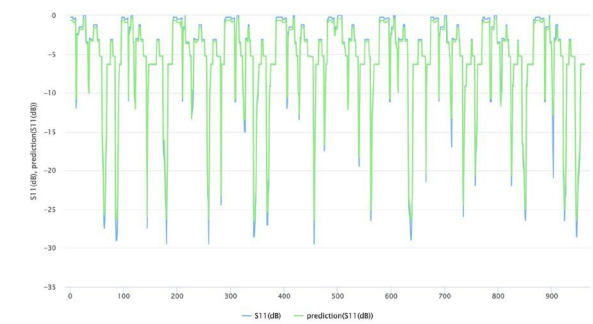
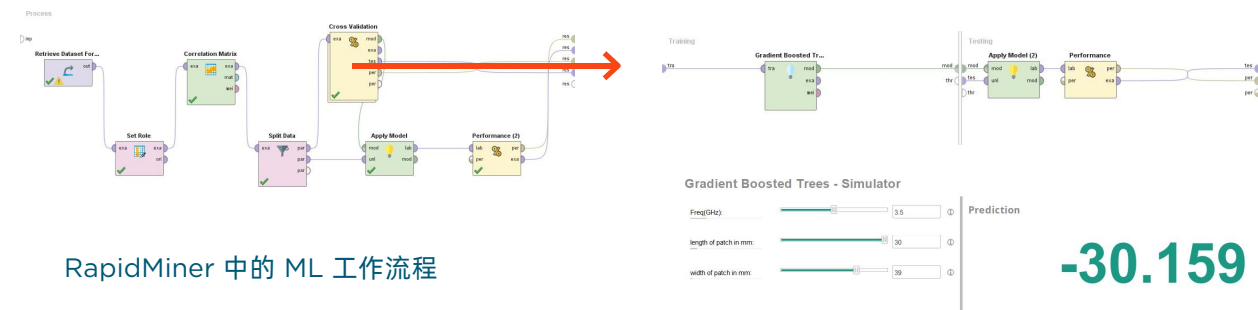
- 5G 天线在 6GHz 以下和毫米波频段工作，需要通过典型的天线设计结构仿真优化诸如S参数、增益和带宽等参数，同时保持小型尺寸
- 构建用于 ML 优化的数据集具有挑战性，捕获各种设计变量和条件实现准确的天线性能非常复杂

解决方案

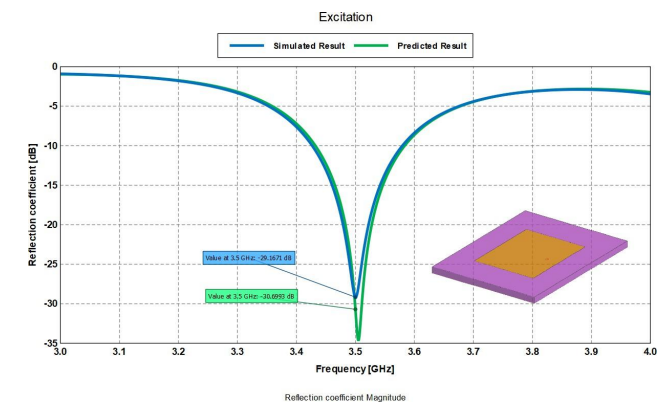
- 开发一个 ML 模型优化特定频段的 5G 天线性能，重点关注 S 参数、增益和带宽
- 构建 5G 天线及其性能特征的强大数据集，使模型能够推荐最佳天线，以便在目标频率范围内实现最佳性能
- 使用 Altair® RapidMiner® 自动运行模型生成初始结果，然后将其提炼为经过训练的 ML 模型，并针对目标频段优化超参数

价值

- 确保 5G 天线的准确选择和性能优化
- 在目标频段内实现峰值 5G 天线性能，减少仿真时间和成本，从而缩短开发周期



在 RapidMiner 中使用 GBT 算法优化结果



模拟和预测反射系数（dB）的比较

► 虚拟传感器估算关键载荷和应变数据

基于物理测试数据和人工智能模型构建，以减少传感器数量并实时提高覆盖范围

挑战

- 获取关键性能数据需要许多物理传感器，这些传感器不仅成本高昂、具有侵入性，而且难以有效部署

解决方案

- 使用 Altair® AI Studio™ 优化物理传感器的数量和位置
- 使用物理测量数据训练 Altair® romAI™ 作为实时虚拟传感器
- 在操作过程中提供了关键的载荷和应变估算

价值

- 减少物理传感器数量，同时不失洞察力
- 为关键性能数据启用实时虚拟感知
- 降低了仪器成本，并提高了对系统的理解



► 估算涡轮机不同位置的温度

利用基于仿真数据训练的 ROMs（降阶模型）创建虚拟传感器，以估算涡轮机内部的温度分布

挑战

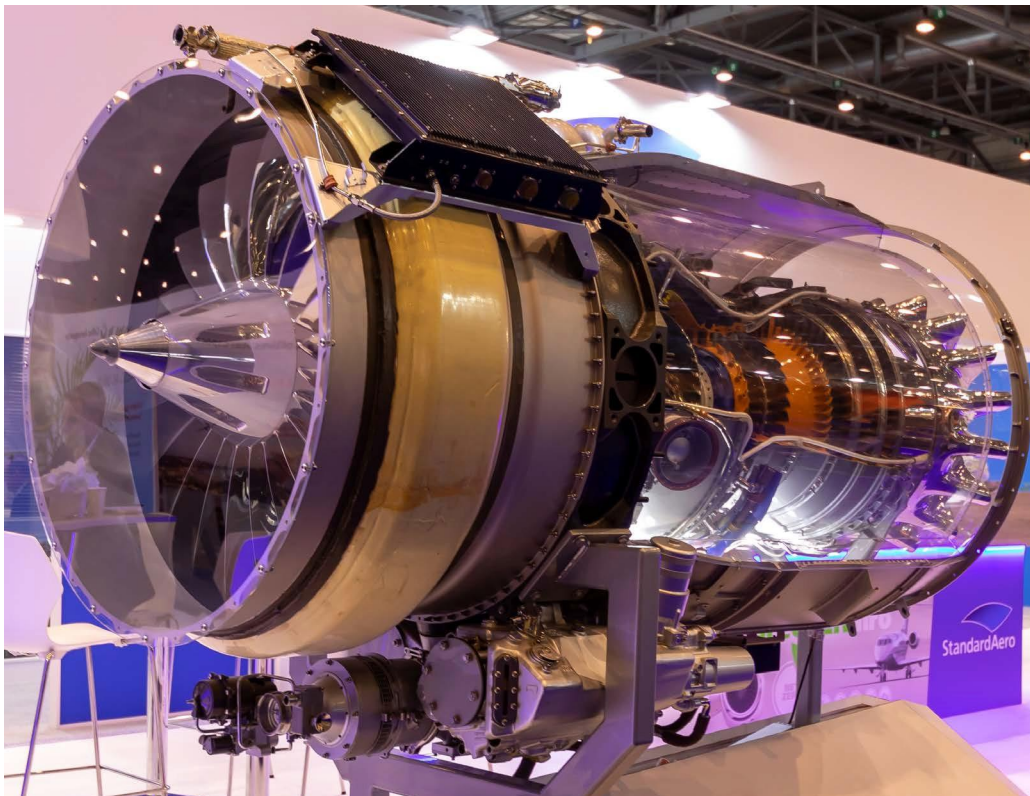
- 由于传感器接入受限且条件恶劣，测量涡轮机内部的温度分布十分困难
- 对所有操作场景进行物理测试既不切实际，成本又高
- 缺乏内部数据会限制评估性能、规划维护或检测异常的能力

解决方案

- 基于仿真数据训练 Altair® romAI™ 模型，以估算涡轮机内部关键位置的温度
- 将这些模型作为虚拟传感器，替换物理测试或对物理测试进行实时补充

价值

- 对涡轮机运行过程中的行为有了更深入的了解
- 能够更早地检测到异常和潜在故障
- 通过预测性、数据驱动的洞察，改进维护计划



来源: https://en.wikipedia.org/wiki/Honeywell_HTF7000

► 加速评估飞机机翼设计

用高速 AI 驱动预测替代翼型设计变化时的重复结构分析

挑战

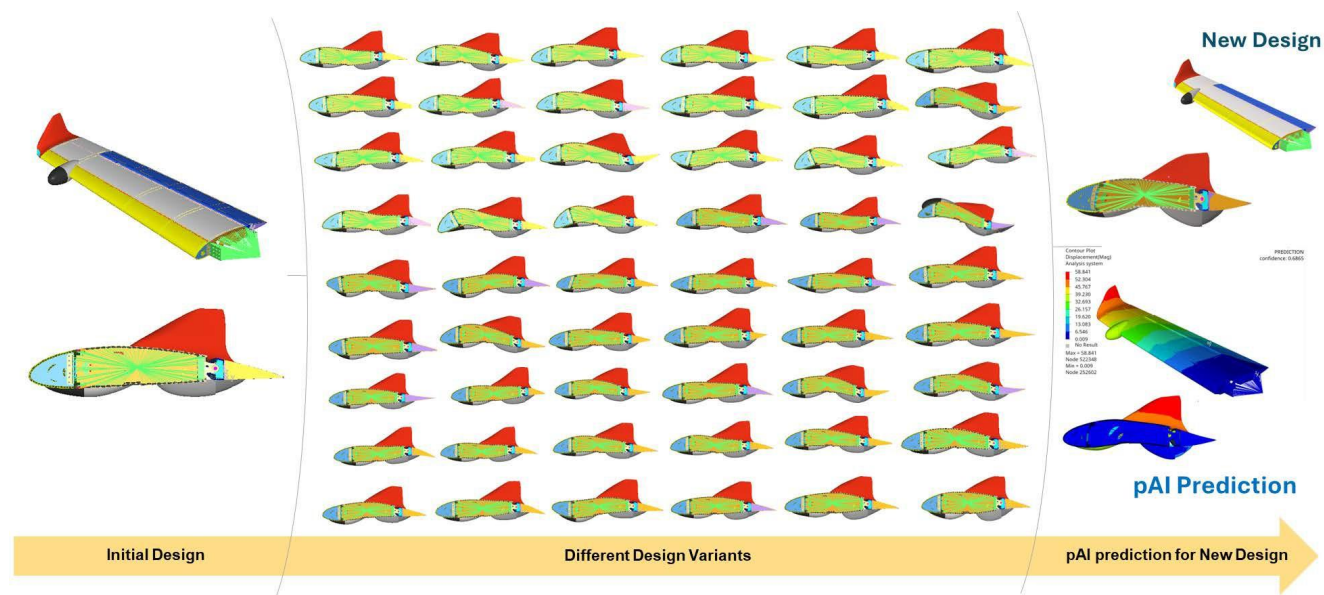
- 评估不同翼型结构的性能既耗时又重复
- 手动设置使得在设计迭代中保持一致性变得困难

解决方案

- 利用结构仿真结果训练 Altair® physicsAI™ 模型，以预测机翼性能
- 捕捉一系列翼型几何形状的设计-性能关系
- 将训练好的模型应用于新设计的自动化评估，无需手动设置

价值

- 评估时间缩短了50倍——从传统运行时间缩短至仅15秒
- 与全结构仿真相比，准确率保持在98%
- 实现了新机翼设计的快速迭代，加快了开发周期，缩短了决策时间



► 更智能的飞机机翼装配：从零部件自动化分类开始

基于 AI 驱动的翼肋、翼梁及其他零部件分类，减少人工分拣并加快机翼装配速度

挑战

- 飞机机翼组件的建模工作复杂且耗时，尤其在处理大量 CAD 数据时
- 准确的建模依赖于在流程早期识别出子部件类型（翼肋、翼梁、桁条等）
- 从 CAD 中手动分离零件是一项重复性工作，容易出错，且会降低整体生产效率

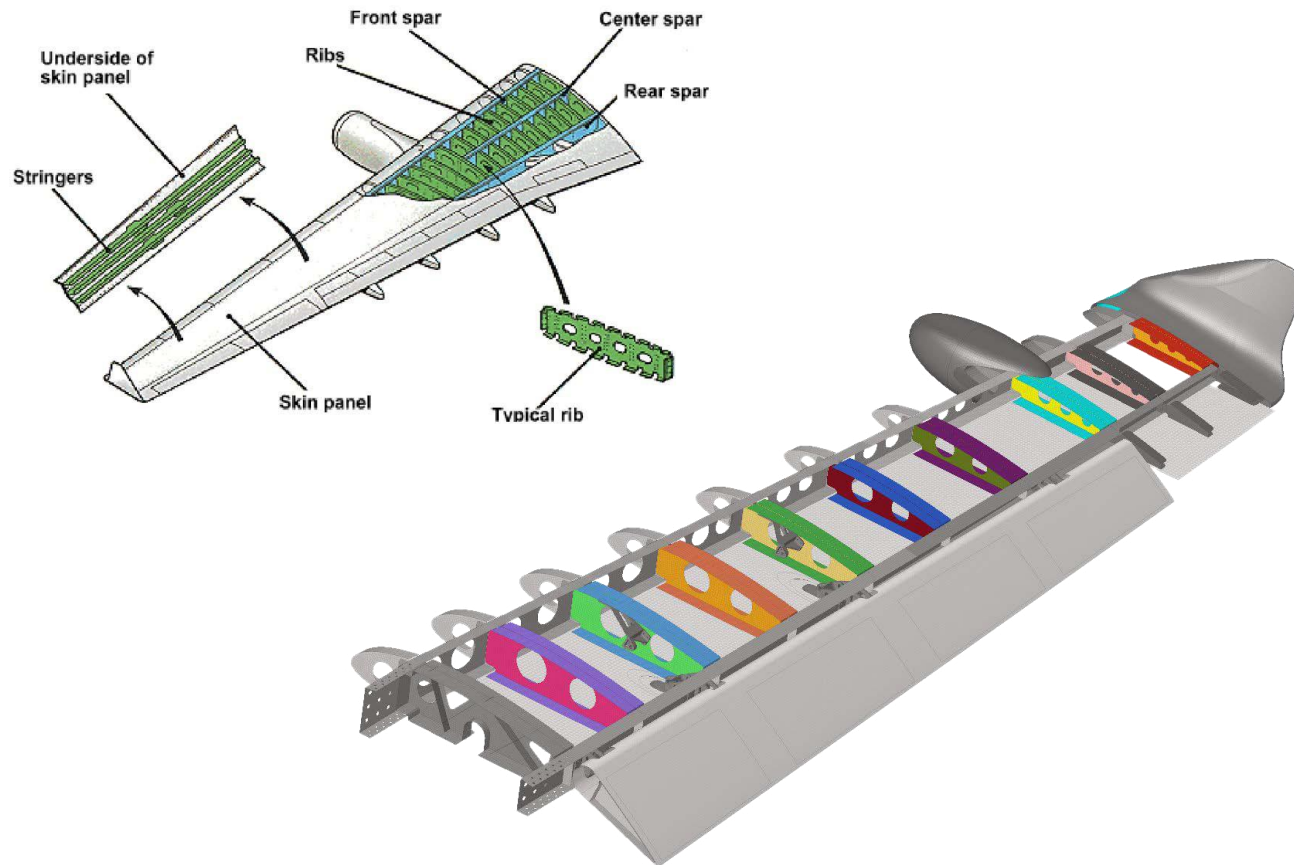
解决方案

- 从10款现有飞机模型中收集计算机辅助设计（CAD）数据，以训练 Altair® shapeAI™ 分类器识别标准机翼部件
- 将训练好的模型应用于新的飞机设计中，以自动识别部件
- 将分类器集成到自动化建模工作流程中，以加快早期机翼装配设置的速度

价值

- 将分类时间从3小时缩短至2分钟以内，使工程师得以专注于更高价值的工作
- 提高建模效率，减少早期机翼装配设计中的瓶颈
- 在各项目中实现零件分类的一致性，从而提高标准化水平和团队生产力

Structural Components of a Wing Box



▶ 飞机发动机短舱快速抗凹分析

借助 AI 增强建模技术构建轻量化数字孪生，用于抗凹相关的应力预测与结构诊断

挑战

- 唇口蒙皮凹痕会降低气动效率，并增加疲劳风险
- 传统有限元分析（FEA）每个案例需要约4小时，限制了检查期间的响应速度
- 手动网格划分和设置使得模型维护，修改，迭代的周转时间不稳定且耗时较长

解决方案

- 借助 Altair® physicsAI™ 构建了一个 AI 模型，通过 40 多个真实抗凹案例的 CAD 与 FEM 数据进行训练
- 采用物理信息深度学习技术，无需网格划分或手动设置即可预测抗凹应力场

价值

- 将抗凹分析时间从约4小时缩短至20秒，加快了模型维护，修改，迭代的决策制定
- 通过将仿真时间减少 95%、预测准确率达 85%，在保证结果可信度的同时提升效率
- 将评估流程扩展应用于 40 多个真实案例，为数字孪生和 3D 扫描项目提供支持

85%

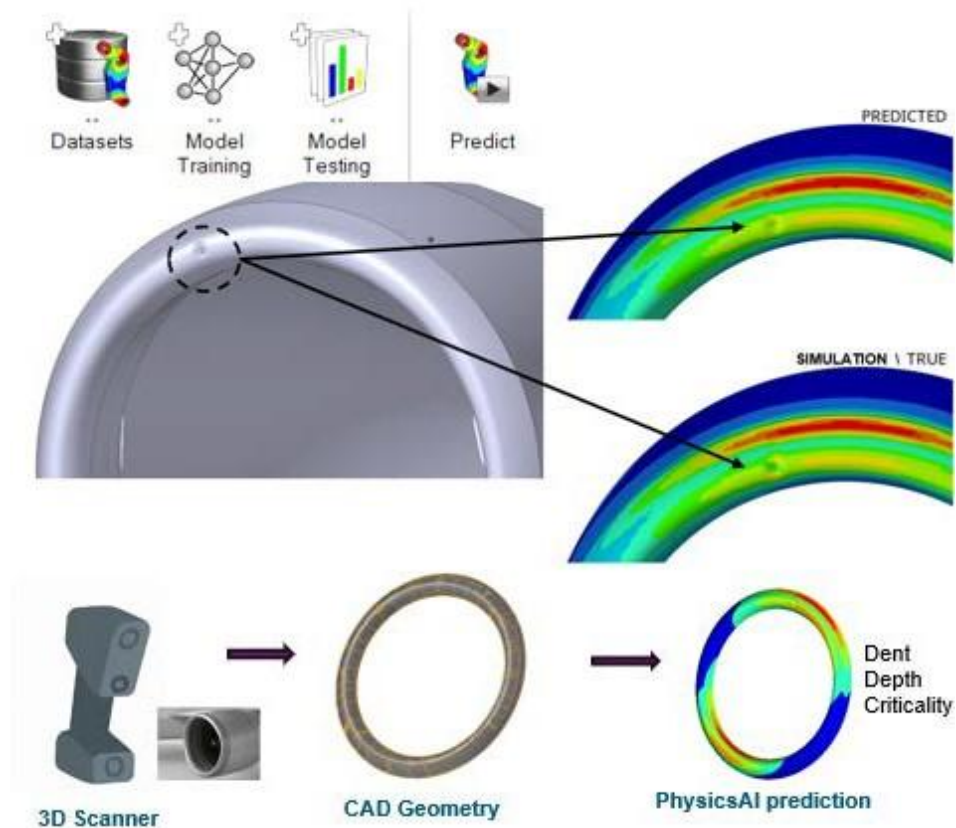
预测精度

95%

减少仿真时间

40

抗凹案例



► 加快不同飞机设计变体中的 RCS 评估

利用基于仿真和历史数据训练的几何深度学习模型，加速雷达截面分析

挑战

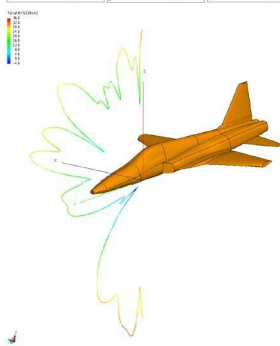
- 雷达散射截面（RCS）仿真耗时较长，需要评估众多角度和频率以确定可探测性
- 后期设计变更需要进行成本高昂的重新仿真，从而延误项目进度

解决方案

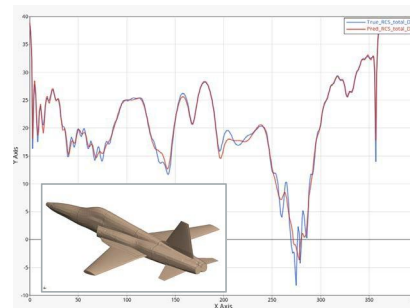
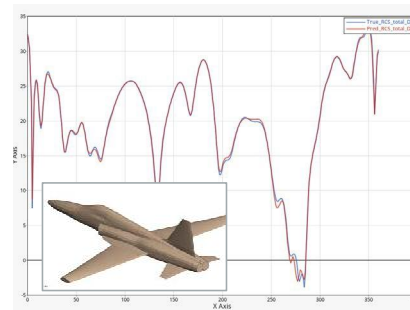
- 利用前代系列的历史数据和早期仿真数据构建预测模型
- 使用几何深度学习，使用 Altair® physicsAI™ 对 Altair® Feko® 仿真结果进行训练，以学习形状与雷达散射截面（RCS）之间的关系
- 将数据分为训练集和测试集，以验证训练模型的准确性
- 部署经过验证的预测模型，以加快新飞机设计的评估速度

价值

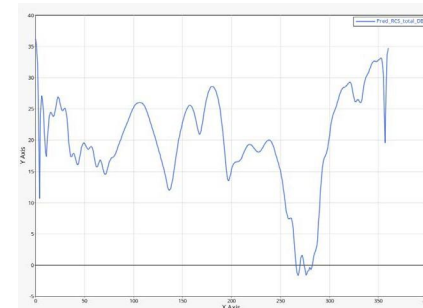
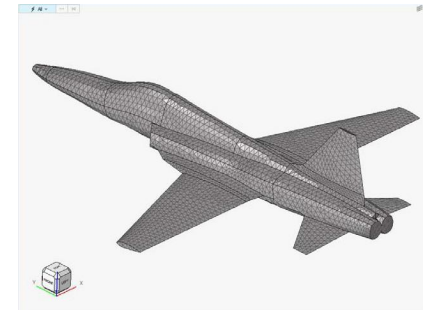
- 借助即时雷达散射截面（RCS）预测加快设计周期，为后期变更提供支持
- 通过减少对计算密集型 CAE 的依赖，降低仿真成本
- 通过早期 RCS 验证缩短项目时间线并减少瓶颈



仿真数据



模型验证



模型部署

电子/能源 案例

▶ 估算运行过程中布料剩余的水分含量

应用于测试数据的 AI/ML 模型提高了实时水分估算的准确性和效率

挑战

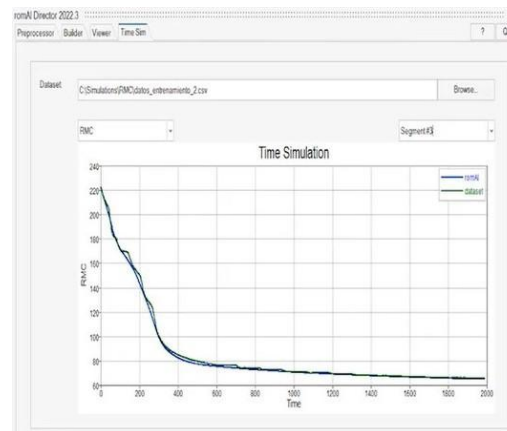
- **RPM 优化：** 优化旋转循环中的滚筒转速，以提高水和能源效率

解决方案

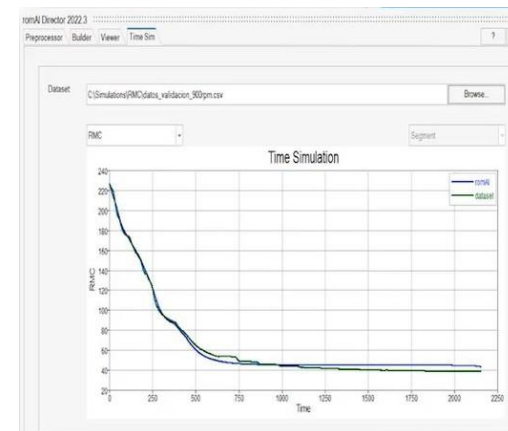
- **动态建模：** 部署 Altair® romAI™，以最少的测试创建动态模型，从而能够对衣物中的水分随时间发生的变化保持有效的规范性分析

价值

- **提高准确性：** 即使在训练数据范围之外，也能实现高精度模型，确保性能一致性和可靠性，减少代价高昂的错误
- **运行效率：** 代码生成允许将动态模型直接嵌入洗衣机中，从而提高运行效率和资源管理



训练数据的模型结果



超出训练范围的测试数据所得到的模型结果

► 估算洗衣机资源效率的亚麻布重量

应用 AI/ML 创建虚拟传感器优化水和能源消耗

挑战

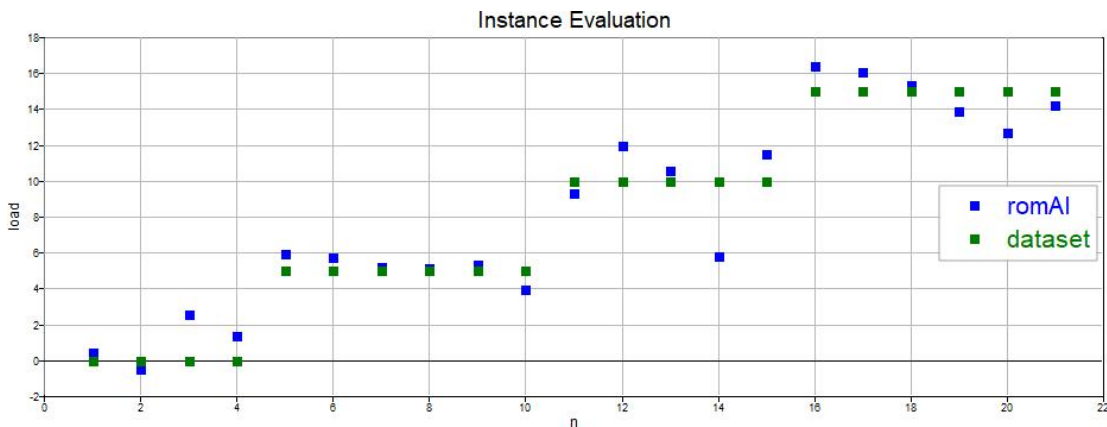
- **资源优化：** 减少洗衣机的水和能源消耗

解决方案

- **虚拟传感器创建：** 创建一个虚拟传感器，以使用基于传感器数据的 AI/ML 模型估计亚麻布的干重

价值

- **节能节水：** 实现显著的节能节水
- **硬件部署：** 可以在硬件中部署解决方案，使虚拟传感器能够直接集成到洗衣机中



► 用于变压器健康的智能电网能源管理系

AI 分层多智能系统可实现预测性健康管理，提高电网可靠性和变压器使用寿命

挑战

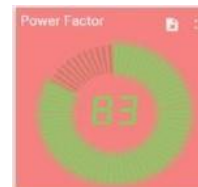
- **电网能源管理复杂性：** 分布式能源和储能系统的集成使电网管理复杂化，在各个阶段都带来了挑战
- **变压器故障：** 需要对变压器故障进行自动化识别和分类，包括套管、保油和铁芯问题

解决方案

- **人工智能驱动的诊断系统：** 部署一个基于人工智能的系统，使用智能传感器分析变压器的健康状况，整合诊断算法、健康指数和寿命损失估计

价值

- **提高电网可靠性：** 通过预测和故障诊断，增强稳定性并减少停机时间
- **优化维护：** 通过简化维护策略，降低成本并延长设备使用寿命



► 热泵控制器的优化

AI 驱动的建模和虚拟测试与数据处理和控制器优化相结合，将热泵效率提高了8%以上

挑战

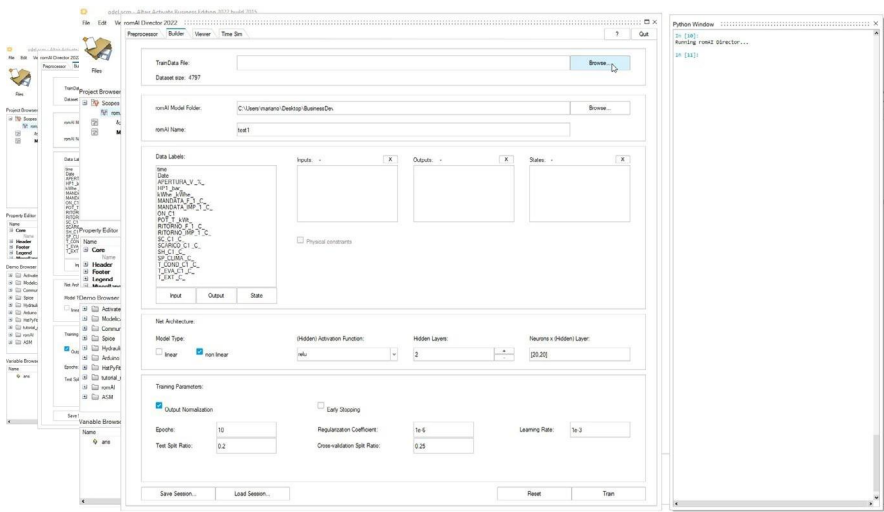
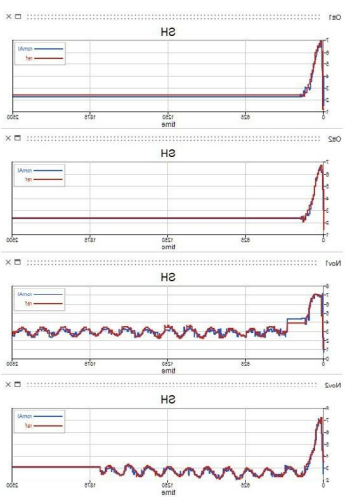
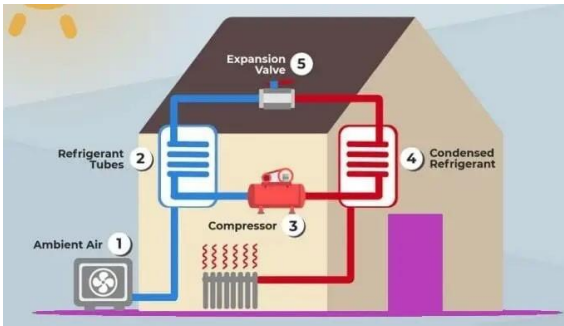
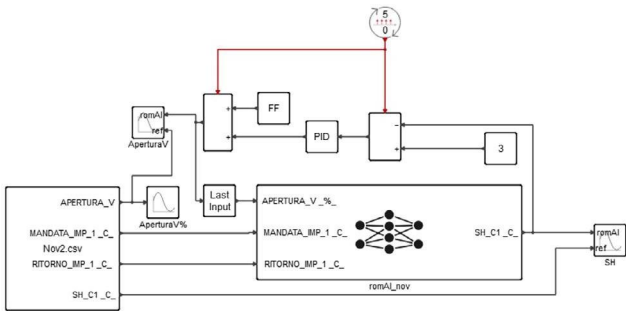
- **控制器优化：** 在不同类型的建筑中使用热泵电控阀门不同，实现控制器优化较难

解决方案

- **模型识别：** 使用 Altair® romAI™ 识别热泵的准确模型，实现不同控制策略的虚拟测试
- **数据处理：** 使用 Altair® Monarch® 自动处理和调整从物联网平台提取的用于训练/测试的现场数据
- **控制器设计：** 使用 Altair® Activate® 托管已识别的 ROM 模型并设计优化的控制器

价值

- **提高效率：** 热泵效率提高 8% 以上，显著节省了能源



Altair® ElectroFlo™ 的温度评估

CFD 仿真和物理预测可针对风扇配置提供准确的温度预测，从而提高设计精度并缩短电子控制台的开发时间和成本

挑战

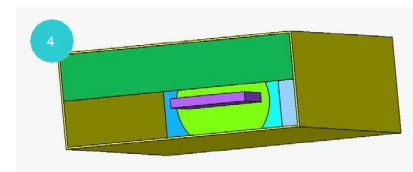
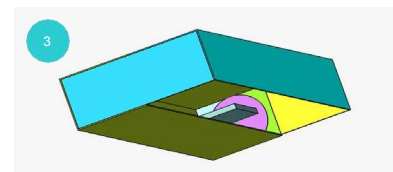
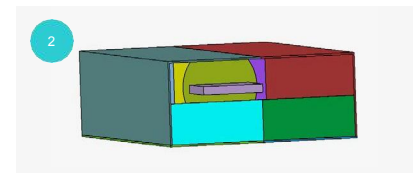
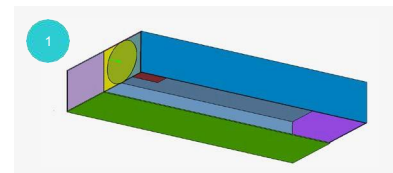
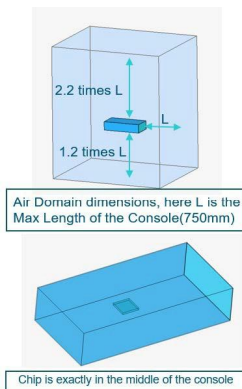
- 通过预测并控制电子控制台中不同风扇开口及热源位置的温度分布，优化热管理效能

解决方案

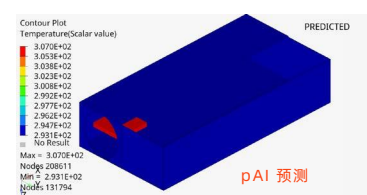
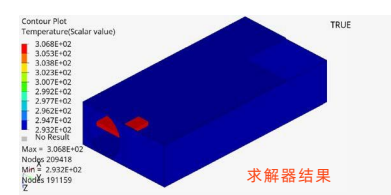
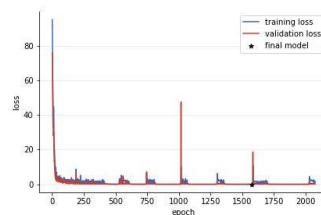
- 通过改变控制台正面和底面的风扇位置和开口执行 CFD 迭代，计算芯片和控制台上的最高和最低温度，以构建全面的数据集
- 使用 CFD 数据训练 Altair® physicsAI™ 模型，以预测新设计配置中的温度

价值

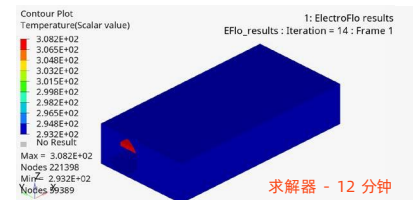
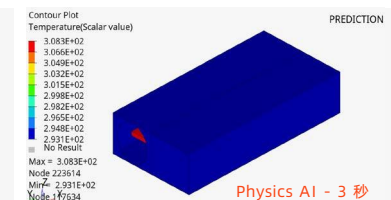
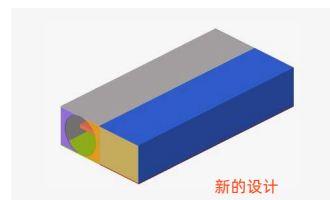
- 为新设计配置提供快速准确的预测（准确率 98%），从而减少高昂的迭代、上市时间和计算成本
- 支持早期设计探索，帮助在开发早期做出明智的决策，并将 AI 无缝集成到工作流程中，最大限度地减少中断和运营成本



测试



预测



智能建筑的负载预测

预测模型可简化能源使用，防止停电，并改进跨建筑区域和运营条件的基础设施规划

挑战

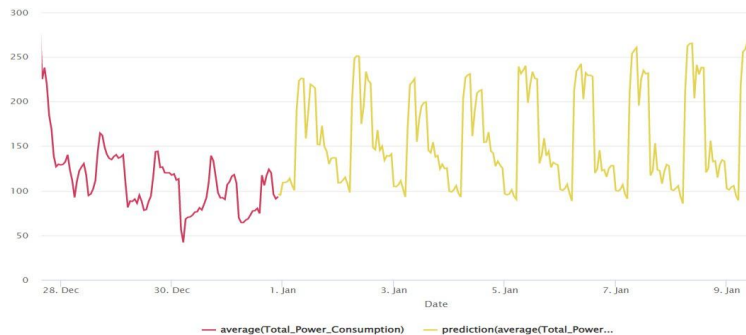
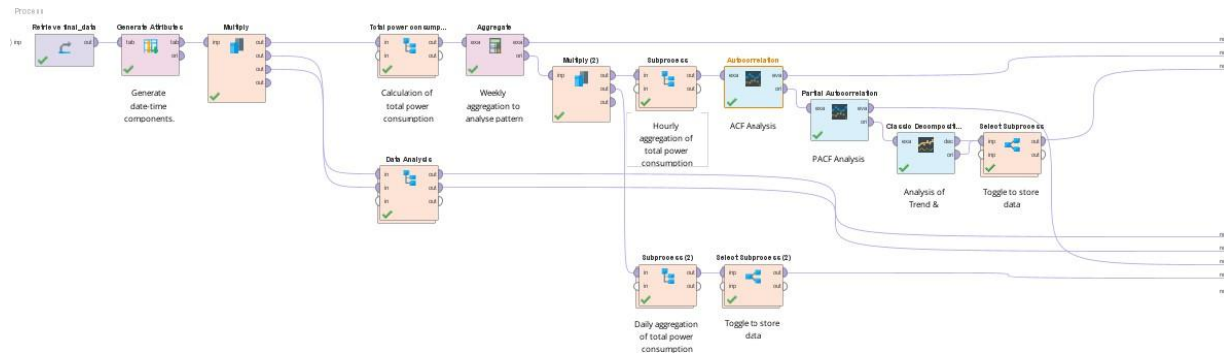
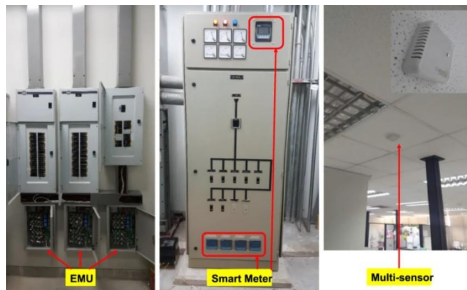
- 在智能建筑中解决能源需求波动问题，并管理不同建筑区域和负载类型在不同天气和运行条件下的复杂消耗场景
- 商业建筑电力消耗和室内环境测量的数据集通常很大，管理难度高

解决方案

- 为不同条件下多个设备的用电量开发预测模型，支持区域、楼层和建筑物负载预测、室内热建模、仿真验证、需求响应算法开发和异常检测等应用

价值

- 通过防止过载，将代价高昂的停电风险降至最低
- 优化能源使用，从而降低运营成本并提高效率
- 实现更智能的电力基础设施规划，确保不同建筑区域的可扩展性和持续性



► 预测无传感器 PMSM 控制的转子速度和角

AI 驱动的 ROM 和系统级仿真提高了无传感器控制精度，增强了电机性能预测和效率

挑战

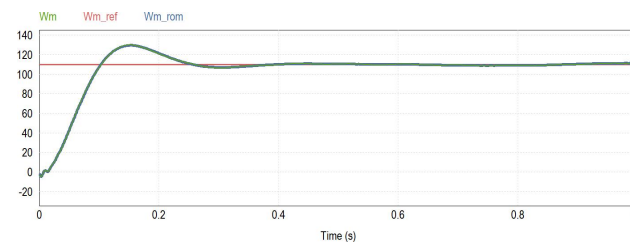
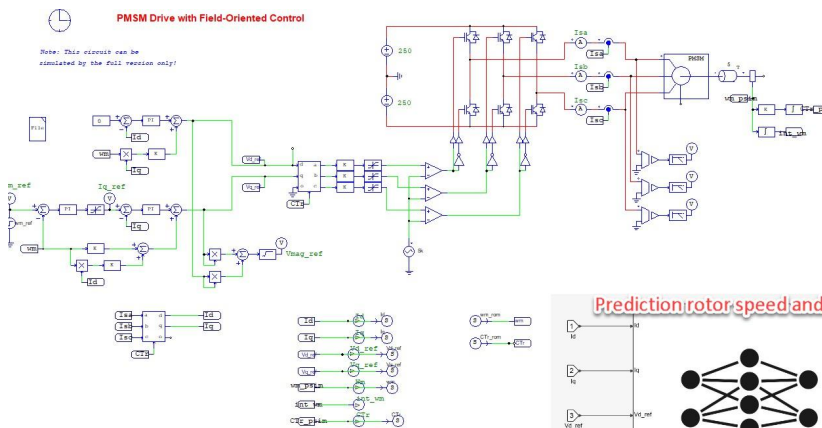
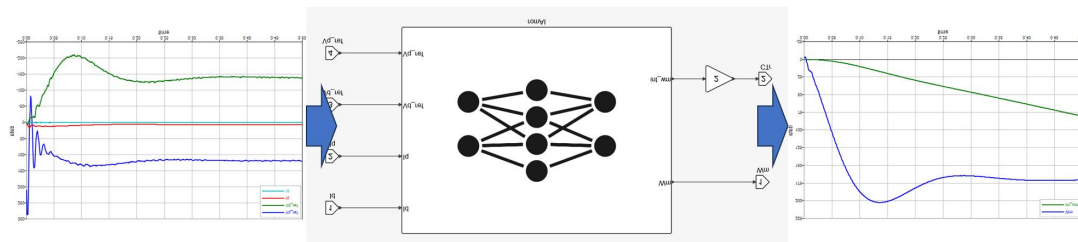
- 根据永磁同步电机（PMSM）的 DQ 电机电流和 DQ 参考电压预测角速度和转子角度

解决方案

- 将 Altair® PSIM™ 用于永磁同步电机（PMSM）的控制和电力电子相关操作
- 使用 Altair® Twin Activate™ 对电力电子装置与降阶模型（ROM）之间的系统进行集成与仿真
- 使用 Altair® romAI™ 创建降阶电机模型
- 使用 Altair® HyperStudy® 为 PSIM 模型运行 DoE
- 使用 Altair® Compose® 为 romAI 预处理结果数据

价值

- 通过最大限度地减少预测转子速度和实际转子速度之间的差异，确保精确的电机控制，从而提高系统可靠性
- 通过集成 ROM 提高运营效率，减少对复杂物理模型和仿真的需求



► 加速电机多物理场设计

通过使用人工智能训练的模型预测多物理场性能，加速几何优化

挑战

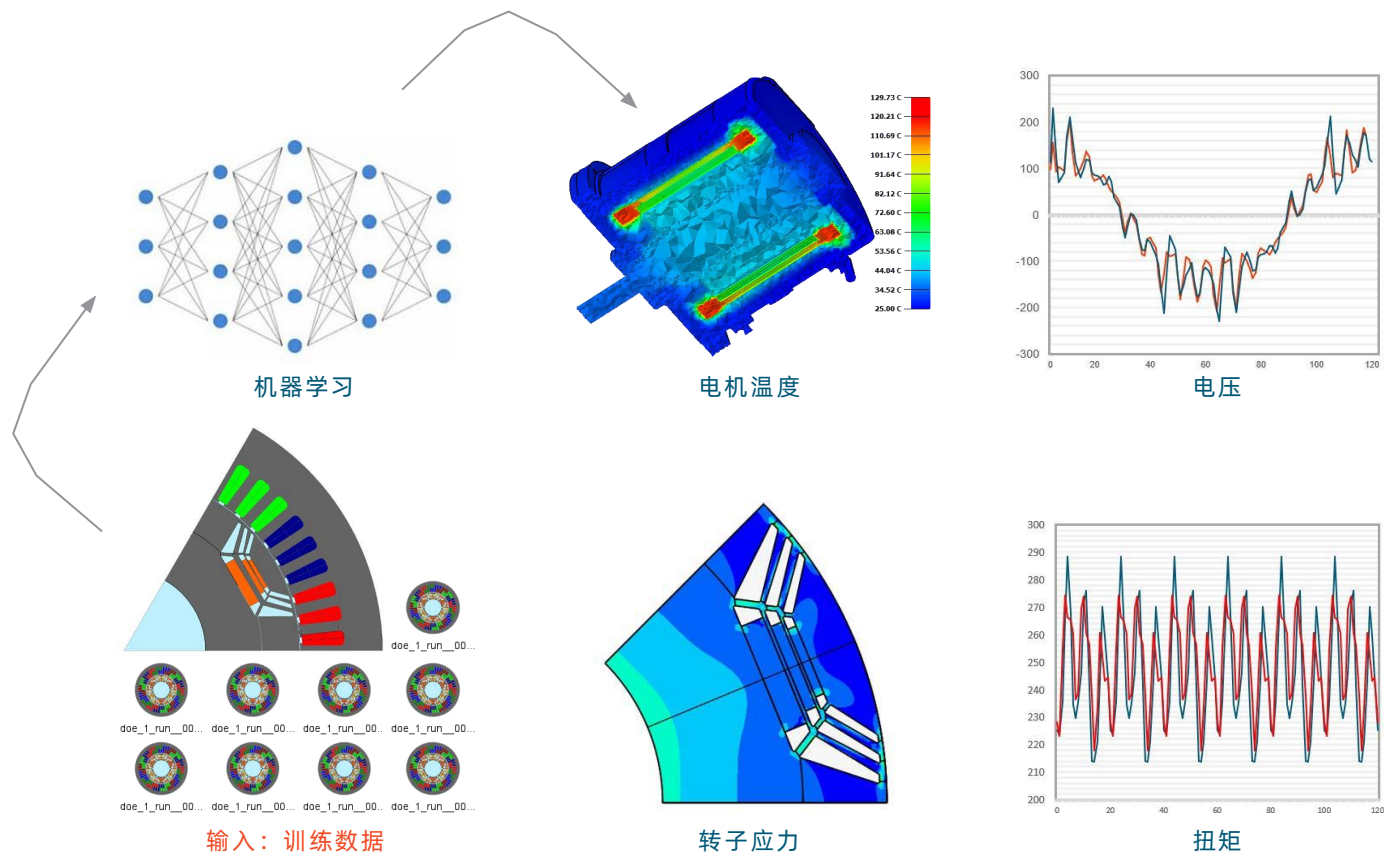
- 优化电动机几何结构需要分析其在多个物理领域的性能
- 每个仿真领域（如热仿真、电磁仿真、结构仿真）都使用不同的工具和数据
- 对每个设计进行多次有限元分析（FEA）既耗时又成本高昂

解决方案

- 基于仿真结果（如温度、扭矩、电压、应力）训练机器学习模型
- 无需重新运行有限元分析（FEA），即可预测新几何形状的多物理场性能
- 将人工智能模型整合到优化循环中，以更快地识别出性能更高的设计

价值

- 即时预测新几何形状下的电机行为
- 将仿真切割时间缩短15倍，以实现快速设计探索
- 在相同的时间框架内，通过探索更多方案，交付了更优秀的设计



► 更快、更准确的感应电机建模

利用降阶模型（ROMs）生成适用于广泛运行条件的可靠效率图

挑战

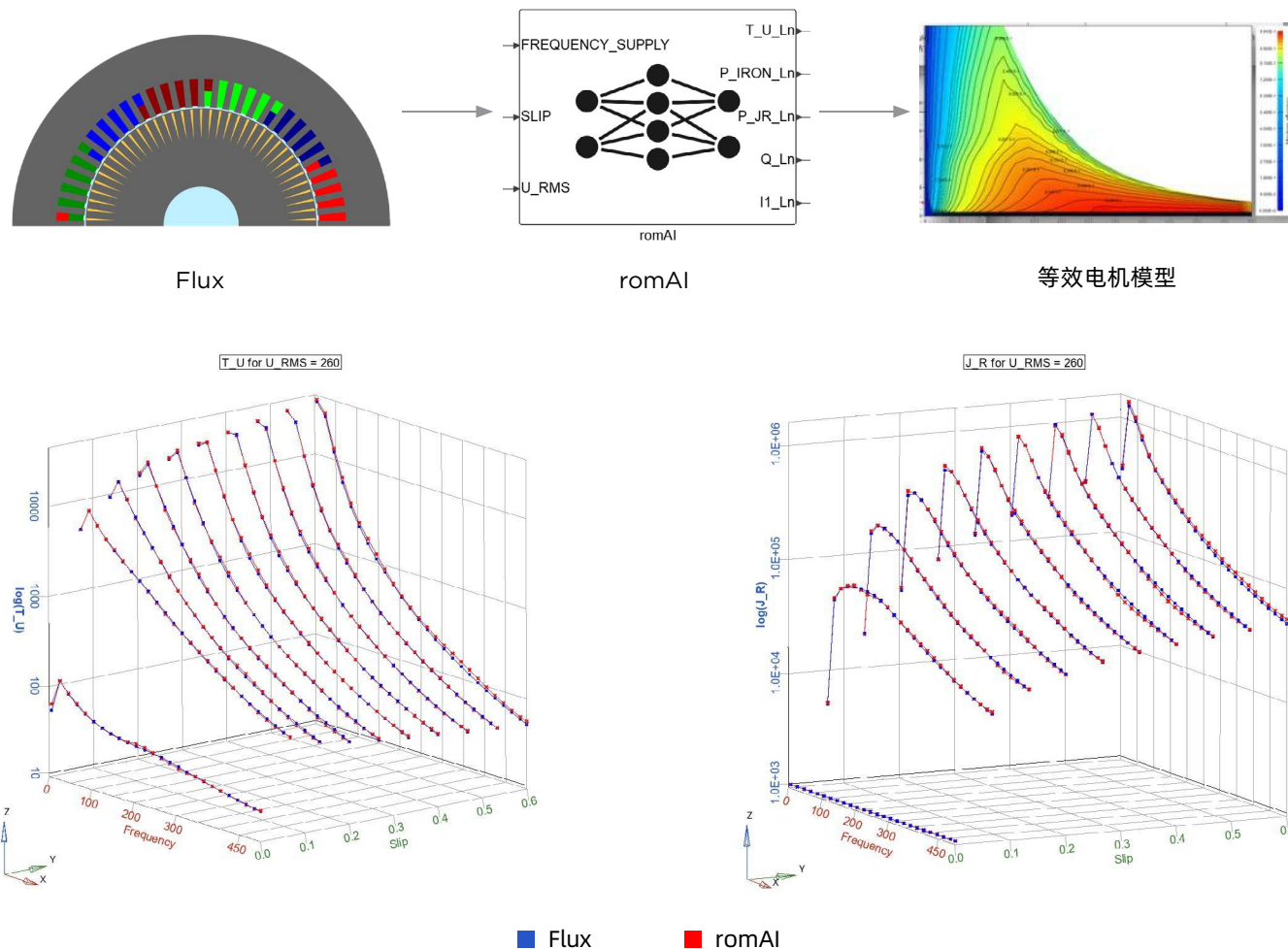
- 长时间的仿真会拖慢感应电机设计的工作流程
- 精确的效率计算需要大量运行工况数据，增加了计算需求

解决方案

- 使用 Altair® Flux® 进行电磁有限元分析（FEA）仿真，以生成适用于多种运行工况的训练数据
- 在 Altair® romAI™ 中使用这些数据训练一个 ROM，以捕捉非线性电机行为
- 使用 ROM 快速计算功率平衡并生成详细的效率图

价值

- 仅用 2 秒就完成了超过 7,000 个运行工况的仿真，而全有限元分析（FEA）原本需要 10 小时
- 与详细仿真相比，平均偏差低于 5%，实现了高精度
- 通过可靠的性能预测，实现了快速的设计迭代



▶ 加快功率转换器仿真速度

基于仿真数据构建人工智能（AI）驱动的降阶模型（ROMs），实现超实时性能

挑战

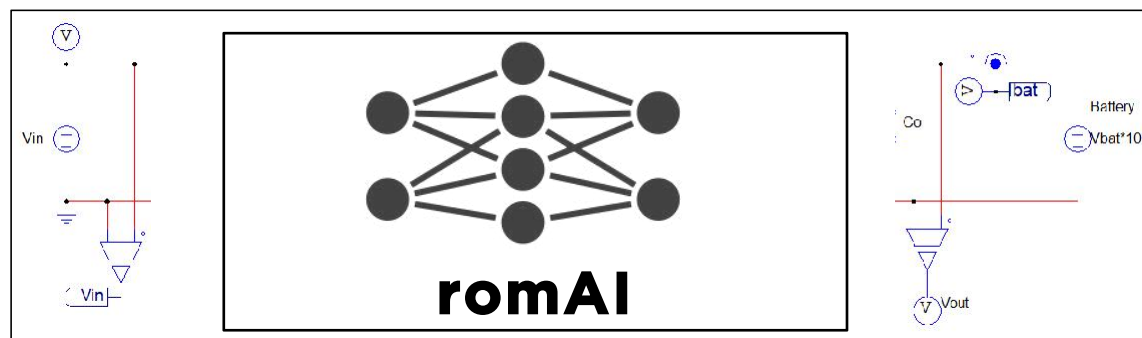
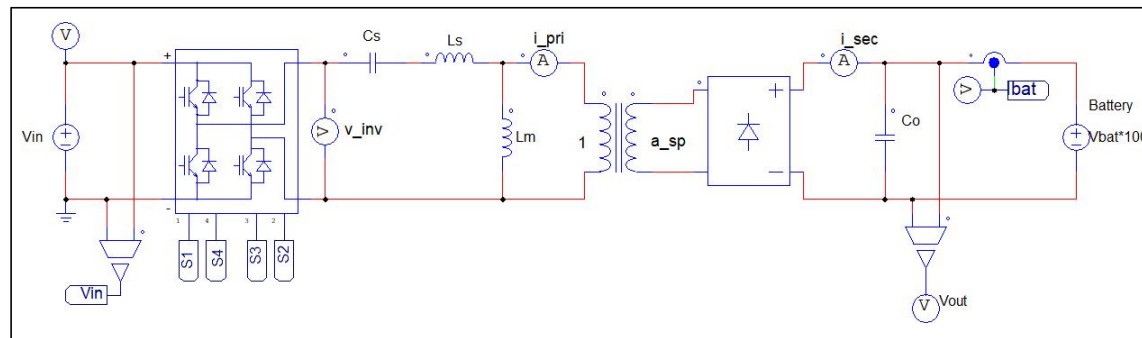
- 功率转换器的详细 PSIM 仿真计算成本高且速度慢
- 仿真通常需要模拟多种转换器拓扑结构，从而增加了运行时的复杂性

解决方案

- 使用 Altair® PSIM™ 生成的数据，通过 Altair® romAI™ 训练基于人工智能的降阶模型（ROMs）
- romAI 以高精度复制转换器行为，实现实时并行仿真

价值

- 利用轻量级替代模型实现超实时结果
- 同时模拟多种转换器配置，以评估负载共享情况
- 只需少量计算，即可准确预测 I/O 电流动态和热行为



▶ 加快并网变流器系统的稳定性分析

更快地预测瞬态行为和热损失，为可再生能源并网提供支持

挑战

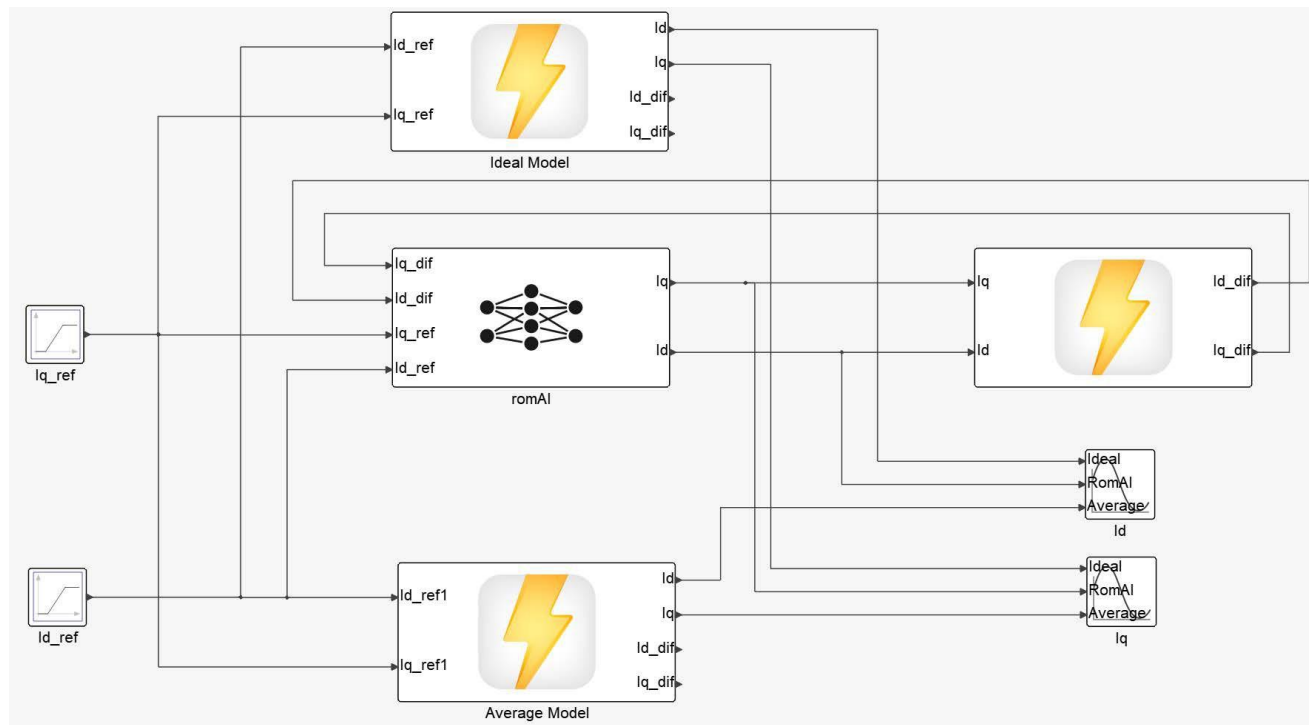
- 可再生能源的日益普及使得电网中增加了更多的转换器，即使在居民区也是如此
- 变流器交互作用会引入瞬态不稳定性和热损耗风险
- 对于大型多转换器系统而言，传统仿真方法速度过慢

解决方案

- 使用 Altair® PSIM™ 对变流器性能进行仿真，以捕捉瞬态效应和热效应
- 训练 Altair® romAI™ 模型以复现（变流器的）响应，并预测新场景下的性能
- 无需完全重新仿真，即可实现快速、可重复的稳定性检查

价值

- 在数秒内即可生成瞬态和热损耗预测结果
- 将分析扩展至包含多台互联变流器的系统
- 在保持结果准确性的同时缩短仿真时间



► 加速电机设计迭代

生成式人工智能将性能参数转化为经过验证的电机概念设计，耗时从数周缩短至数小时

挑战

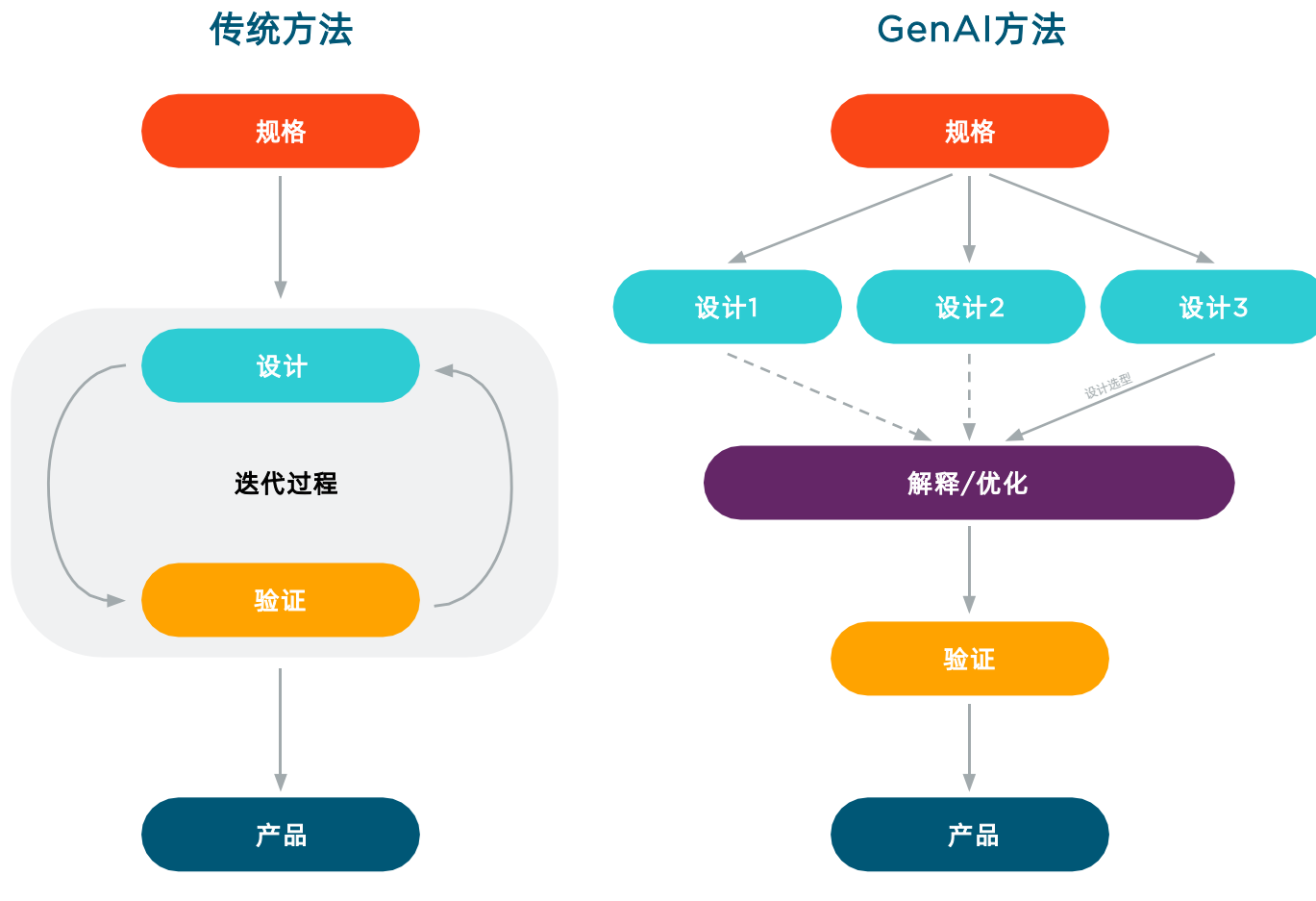
- 竞争激烈的电动马达市场要求更快的开发周期，但基于固定规格的传统优化方法往往无法实现马达的最佳性能
- 频繁的设计迭代会增加计算成本和工程时间，从而减缓创新速度和产品上市时间

解决方案

- 借助生成式 AI，根据目标性能参数直接生成同步电机预设计方案
- 将该方案集成至 Altair® AI Studio™ 和 Altair® AI Cloud™，实现设计探索、验证与部署流程的自动化和标准化

价值

- 设计周期，减少工程工作量，加快产品开发节奏
- 降低计算资源消耗，加速产品上市，提高投资回报率（ROI）
- 扩大设计探索空间，推动更高性能、更具创新性的电机方案落地



▶ 星球大战™ AT-ST™ 步行机的碰撞与冲击测试

通过学习物理行为，将复杂碰撞仿真的速度提升166倍，降低成本并缩短时间

挑战

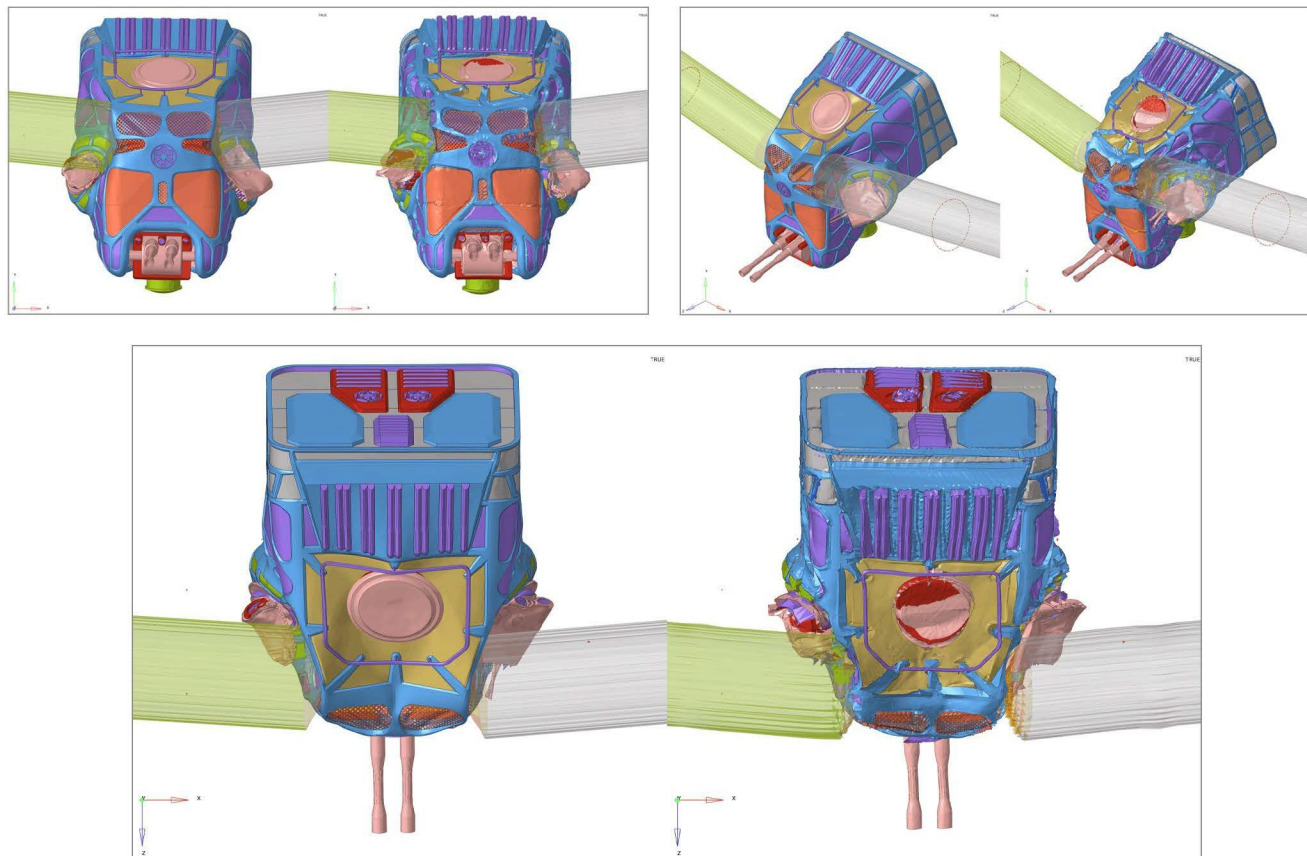
- 碰撞、冲击和跌落等瞬态事件具有高度的非线性和局部性
- 传统仿真需要大量的计算时间和成本
- 使用完整的有限元（FE）分析探索设计备选方案颇为困难

解决方案

- 使用初始的 DOE 仿真训练一个 Altair® physicsAI™ 模型
- 对显式动态行为进行建模，以实现更快速的预测
- 以《星球大战》中的 AT-ST 步行机的复杂几何形状为例

价值

- 预测时间从72分钟缩短至26秒（快了166倍）
- 在保持高保真精度的同时，通过最小的额外计算量实现了快速的设计迭代，从而降低了仿真成本



► 优化风扇声学性能

利用基于计算流体动力学（CFD）和测试数据训练的几何深度学习模型，快速预测风扇的声学行为

挑战

- 传统的基于计算流体动力学（CFD）的风扇声学分析需要复杂且耗时的仿真设置
- 声压级测试需要专门的设备和环境
- 高昂的计算成本限制了实际可评估的设计迭代次数

解决方案

- 结合已有的计算流体动力学（CFD）仿真结果和测试数据，训练一个声学性能模型
- 使用准备好的数据集，在几分钟内生成 Altair® physicsAI™ 模型
- 利用训练好的模型在几秒钟内估算声压级（SPL）并评估多种风扇设计，从而能够快速比较不同几何形状下的声学性能

价值

- 声学评估时间缩短了360倍以上，加快了噪声敏感部件的设计周期
- 无需额外仿真或测试，即可通过数据驱动的方式选择最优的风扇配置
- 达到了98%的预测准确率，为早期决策提供了有力支持，并降低了对实体原型的依赖

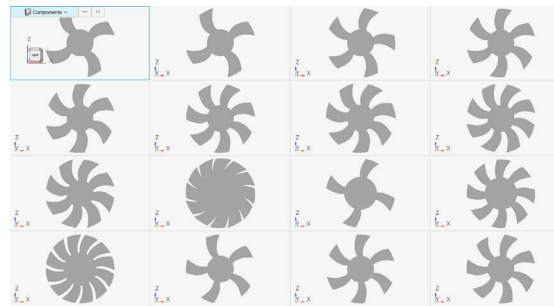
360倍

更快

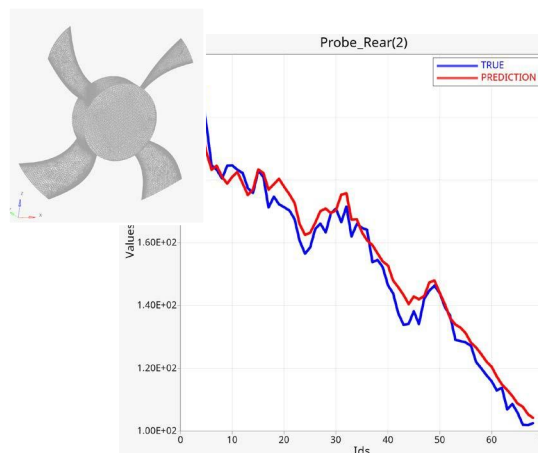
98%

准确率

训练数据



测试数据



▶ 加速 PLC 代码开发

基于多智能体大模型架构，从自然语言自动生成并验证 PLC 结构化代码，实现高效开发与验证

挑战

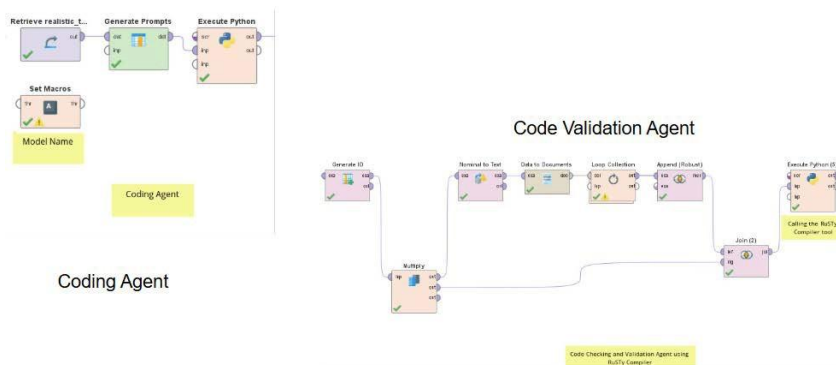
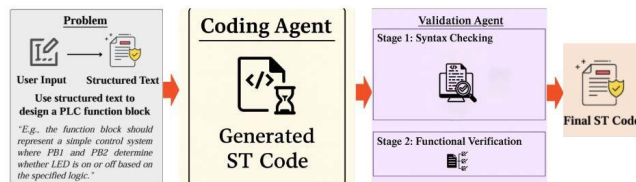
- 手工编写 PLC 结构化语言（Structured Text, ST）效率低、易出错，难以大规模应用
- 缺乏标准化工具将自然语言指令可靠地转化为可执行 PLC 逻辑代码，编码正确性验证困难，增加调试和维护成本

解决方案

- 借助 GPT-4、Qwen2.5-Coder、LLaMA、Codestral 等大语言模型，将自然语言指令转化为 ST 代码
- 构建“编码代理 + 验证代理”的多智能体架构，实现从生成到校验的端到端自动化
- 使用 RuSTy 编译器对生成代码进行语法和功能验证，确保输出质量

价值

- 实现 PLC 代码的准确自动生成，大幅加快开发速度
- 降低对资深程序员的依赖，支持更多岗位参与协作与迭代，提高代码可靠性，缩短调试周期，提升整体工程效率



| ExampleSet (Execute Python (5)) | | | | | | |
|--|----|-----------------|-----------------------------|---|--|----------------|
| Open in Turbo Prep Auto Model Interactive Analysis | | | | | | |
| Row No. | id | function_name | arguments | question | st_code | compile_status |
| 1 | 1 | extract_st_code | ["st_code": "PROGRAM Sta... | Write Structured Text code to start a m... | ["name": "extract_st_code", "arguments": ["st_cod... | True |
| 2 | 2 | extract_st_code | ["st_code": "PROGRAM Bi... | Write Structured Text code to make an ... | ["name": "extract_st_code", "arguments": ["st_cod... | False |
| 3 | 3 | extract_st_code | ["st_code": "PROGRAM W... | Write Structured Text code to control a ... | ["name": "extract_st_code", "arguments": ["st_cod... | True |
| 4 | 4 | extract_st_code | ["st_code": "PROGRAM Co... | Write Structured Text code to control a ... | ["name": "extract_st_code", "arguments": ["st_cod... | True |
| 5 | 5 | extract_st_code | ["st_code": "PROGRAM Ala... | Write Structured Text code to turn ON ... | ["name": "extract_st_code", "arguments": ["st_cod... | True |

材料和制造 案例

► 热轧钢卷缺陷检测

AI 驱动的对象检测通过实时识别表面缺陷提高钢材质量

挑战

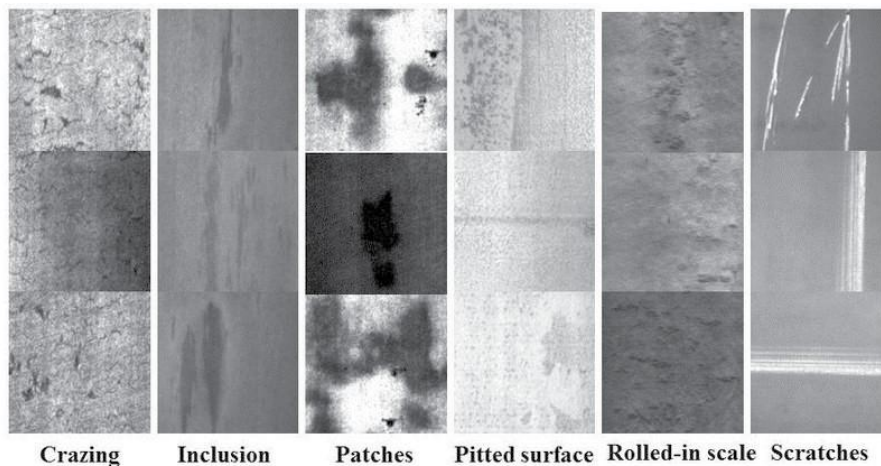
- **质量控制：** 确保钢材质量一致是一项挑战，影响着产品成本和加工精度
- **加工影响：** 质量差的钢材会影响后续加工精度
- **零件拒收：** 零件被拒收会造成重大经济损失

解决方案

- **缺陷检测：** 使用计算机视觉对钢卷中的缺陷进行检测和分类
- **实时分析：** 将训练好的模型集成到仪表板中，进行实时推理分析

价值

- **提高质量管理：** 钢材质量控制得到改善，降低成本，提高加工精度
- **减少损失：** 最大限度地减少了零件废品和相关经济损失
- **高效监控：** 通过用户友好的仪表板，实时缺陷检测和分析更高效



► 用于钣金成型的可操作数字孪生

使用 Altair® romAI™ 增强过程控制，并将浪费减少了15%以上

挑战

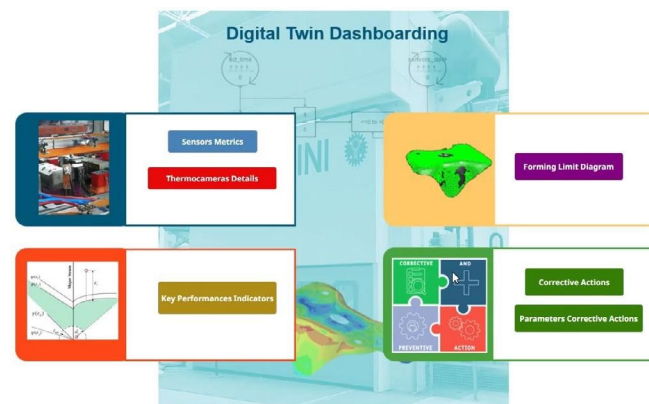
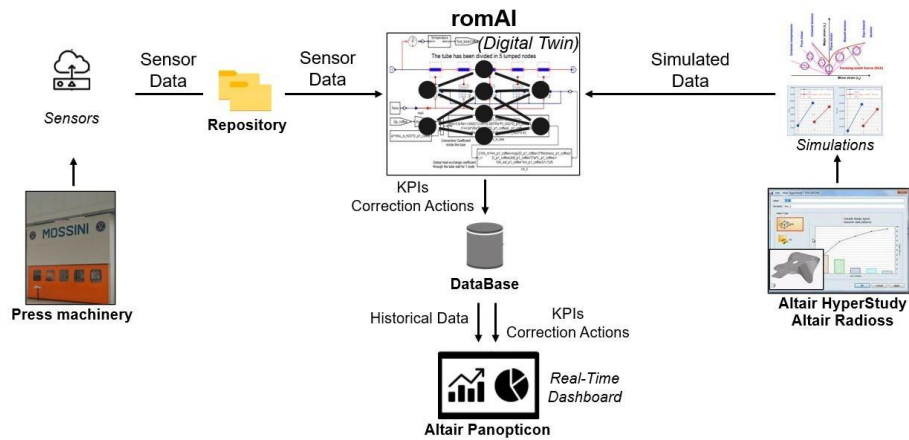
- 条件背离：识别钣金成型过程中与标准条件背离的原因

解决方案

- 数字孪生：使用 Altair® romAI™ 构建可操作的数字孪生，用于监控和改进
- 数据集成：使用仿真数据训练 ROM，以分析传感器数据并确定背离原因
- 实时仪表板：使用仪表板进行实时监控和信息传递

价值

- 改进控制：改进的过程控制使质量一致并减少停机时间，直接影响了运营效率
- 减少浪费：废物产生量减少15%以上，显著节省了成本，提高了整体盈利能力



► 加速钣金成型的假设分析

增强的 ROM 技术可提高效率并缩短运行时间，更快做出决策

挑战

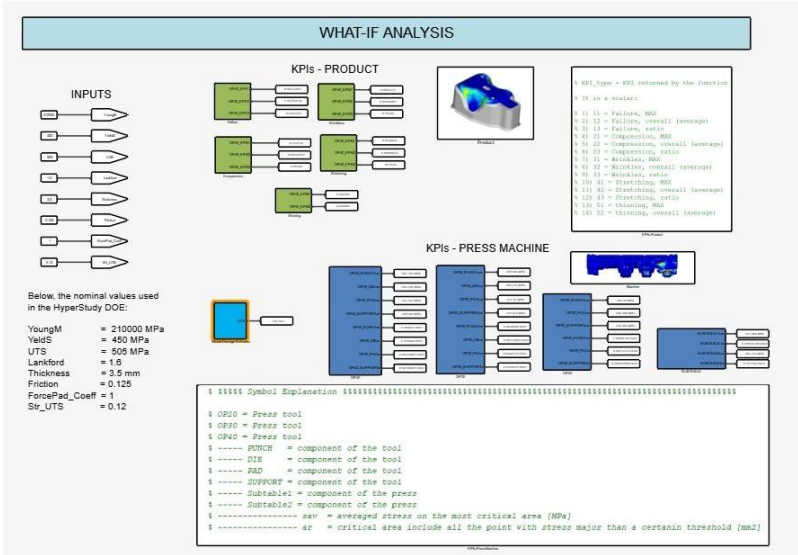
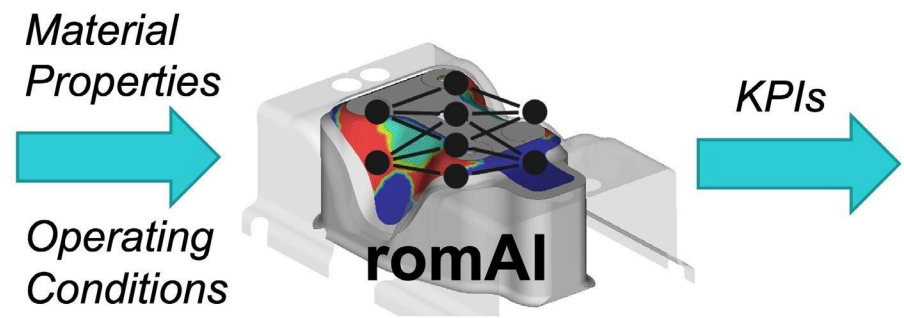
- 理解关键绩效指标 (KPIs)：快速理解材料属性和操作条件（垫力、模具摩擦）变化对关键绩效指标的影响

解决方案

- 高保真建模：使用 Altair® Radioss® 对成型过程进行高保真建模
- 自动化数据生成：利用 Altair® HyperStudy® 和 Altair® Compose® 根据应用于 Radioss 仿真的分数设计实验 (MELS) 自动生成训练和测试数据，然后使用 Compose 自动计算 KPIs
- 降阶模型 (ROM) 生成：使用 Altair® romAI™ 生成用于 KPI 估计的降阶模型
- ROM 托管：使用 Altair® Activate® 托管 ROM，可计算产品和冲压机的 KPI，以简化假设分析

价值

- 减少运行时间：将运行时间从 4 小时减少到 1 秒，从而实现快速简便的假设分析



► 通过实时 AI 监控解决注塑成型中的工艺挑战

AI/ML 诊断和优化可减少缺陷并提高流程效率

挑战

- 制造零件中频繁出现的缺陷会影响整体质量
- 较长的生产周期和过多的废料正在导致该生产过程效率低下
- 大量的参数使诊断和过程优化变得困难

解决方案

- 通过传感器和 AI 进行实时监控，可在过程中进行持续调整
- 优化机器学习算法设置主动防止缺陷
- 自动调整允许基于 AI 驱动的洞察进行动态系统响应

价值

- 显著减少缺陷，提高产品质量
- 通过缩短周期时间和减少浪费提高运营效率
- 减少停机时间和运营费用，从而节省大量成本



► 利用 AI 技术制造更好的大铸件，增强性能

AI/ML 驱动的反应面方法（RSM）简化了碰撞优化并集成了轻量化策略

挑战

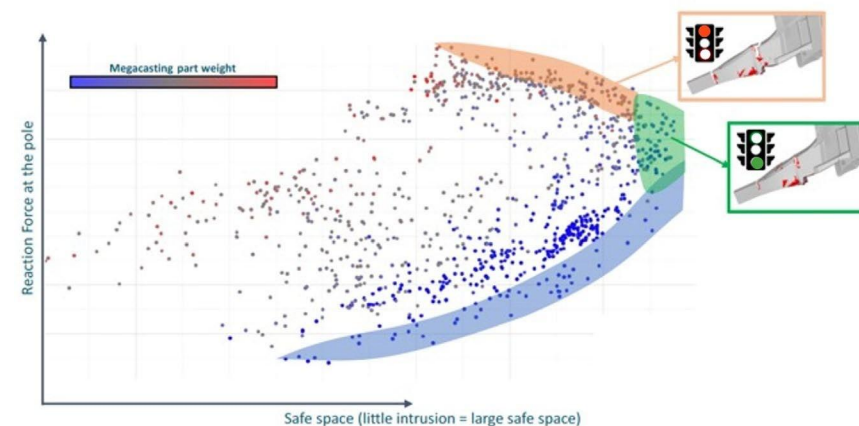
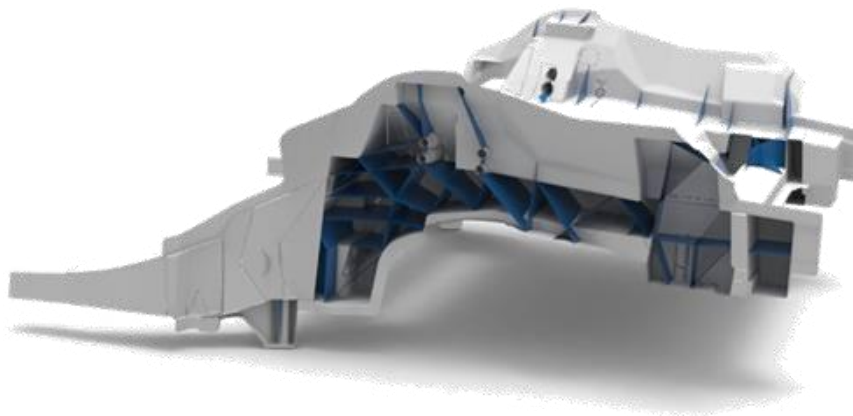
- **复杂设计：** 大铸件制造中的设计和分析复杂性
- **数据过载：** 需要处理大量的仿真数据才能确定最佳解决方案
- **可持续发展目标：** 需要开发具有卓越多学科性能（碰撞、NVH 等）的轻量化产品

解决方案

- **多学科设计探索：** 采用多学科设计探索评估各种概念的设计需求和可制造性
- **AI/ML 聚类：** 利用 AI/ML 集群识别性能最佳的设计并优化选择
- **结构优化：** 利用轻量化策略，最大限度地提高能量吸收并减少变形，以避免破裂

价值

- **设计自由度：** 通过扩展的设计灵活性和材料特性，增强产品的轻量化潜力
- **运营效率：** 减少与零件质量相关的损失，提高资源利用率
- **加快产品上市时间：** 加快产品开发速度，推动产品更快进入市场



► 预测实时轴承失效等级

预测模型和实时传感器数据处理可减少停机时间，及早发现轴承故障并优化库存管理

挑战

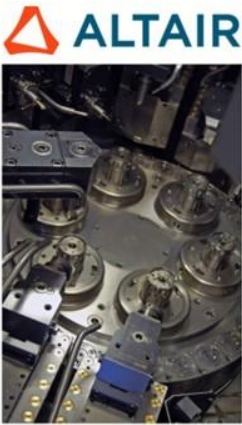
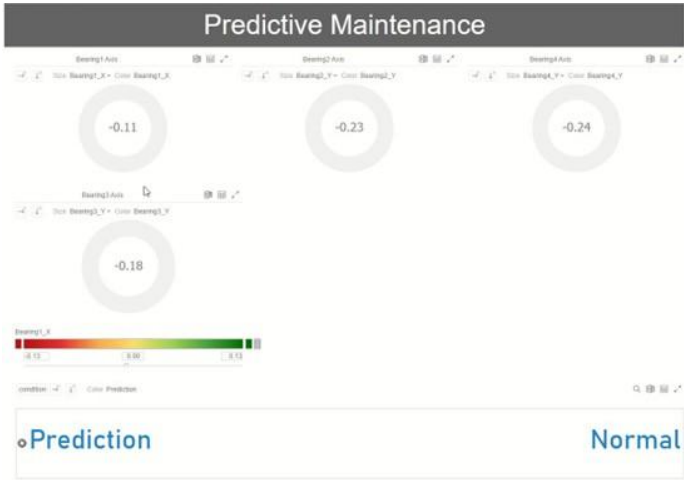
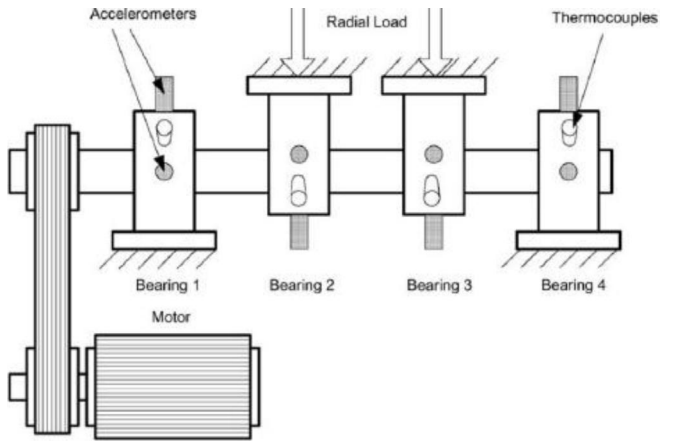
- 由于各种轴承故障（包括内圈、外圈、滚子问题和完全破损）而导致的停机和生产损失
- 实时传感器数据需要高效处理以避免延迟

解决方案

- 使用来自轴承的历史加速度计传感器数据构建预测模型，实现实时状态监控和故障预测
- 通过 MQTT 协议将 Altair® Panopticon™ 连接到边缘设备，以实现加速度计数据的实时流式传输和可视化
- 从原始加速度计数据中提取统计、域和视觉特征，以训练用于故障预测和分类的 ML 模型，主动解决潜在的故障

价值

- 通过防止轴承意外故障并及早识别故障类型和异常情况以进行主动维护，最大限度地减少生产损失和停机时间
- 通过更有效地预测故障和规划备件使用，优化库存并降低维护成本



► 在制药生产中实现粒径一致性

实时数据监控和机器学习模型可优化产品质量、减少浪费并增强决策能力

挑战

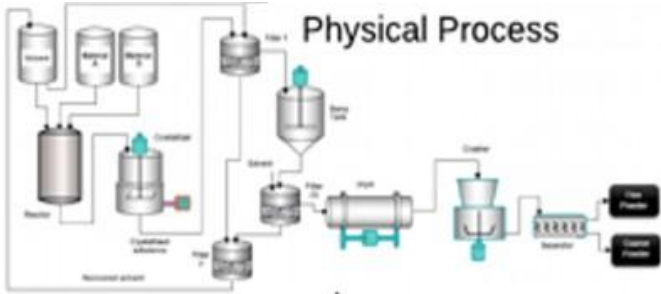
- 满足 90% 的细/粗粒度要求，减少企业废弃区，通过额外的破碎和分离最大限度地减少丢弃/再处理粗粉的需要

解决方案

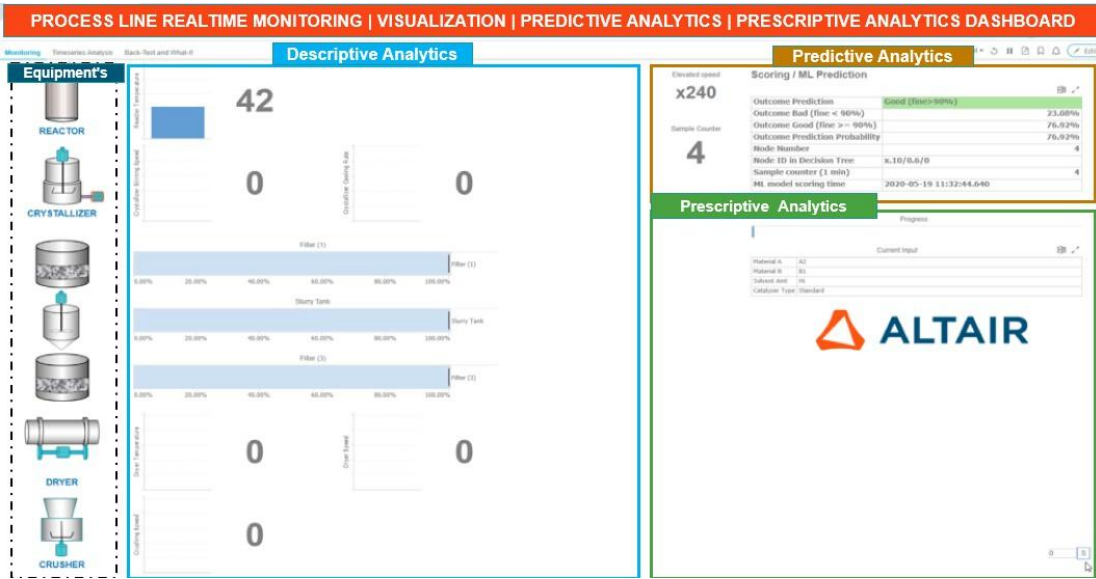
- 将 Altair® Panopticon™ 连接到 OPC 服务器，流式传输实时传感器数据以进行过程监控
- 使用来自 2000 个批次的数据构建一个 ML 模型预测输出质量，将其部署在实时仪表板上进行过程监控，并制定工程师对不良批次的纠正措施

价值

- 启用实时异常检测和监控，以预防问题并减少停机时间
- 及早预测产品质量，允许主动调整以提高效率并最大限度减少浪费
- 为操作员提供回溯测试和“假设”分析，以实现更好的决策和质量控制



- Observed variables per batch:**
- Material grade:** Material A (A1, A2), Material B
 - Amount of Solvent used :** High, Low
 - Reactor:** Temperature history, reaction time
 - Crystallizer:** stirring speed, cooling rate, total time
 - Catalyzer Type:** Standard, Enriched
 - Dryer:** speed, temperature history, total time
 - Crusher:** speed, time
 - Output:** % fine powder and % course powder



► 聚氨酯发泡设计优化的物理预测

AI 驱动预测模型减少了对 HPC 的需求，加速了复杂的设计迭代，并为发泡仿真提供了经济高效的解决方案

挑战

- 工程师需要多次设计迭代，时间和精力增加
- 每个设计都需要单独且耗时的仿真运行
- 复杂的设计导致需要更长的计算时间
- HPC 不支持发泡模拟，限制了速度和效率

解决方案

- 使用过去设计迭代的历史仿真数据训练 Altair® physicsAI™
- 使用 physicsAI 预测设计结果，然后在 Altair® Inspire™ PolyFoam 中运行一个最终仿真以验证新设计
- 验证 physicsAI 与传统发泡仿真的预测准确性

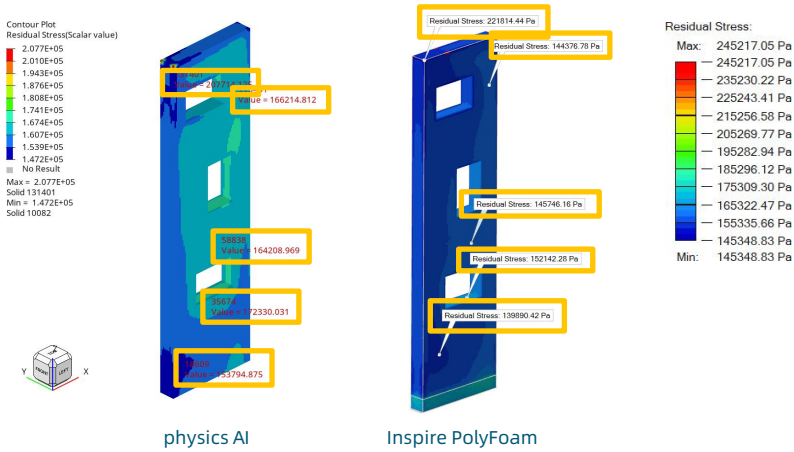
价值

- 无需昂贵的 HPC 资源，可降低运营成本
- 加速设计迭代，从而加快产品开发和上市时间
- 支持在几秒到几分钟内对设计更改进行预测分析，提高效率并释放宝贵的工程资源

通过 PAI 进行预测后，在 Inspire PolyFoam 中对新设计再运行一次仿真

确认了 PAI 相对于传统发泡仿真的预测准确性

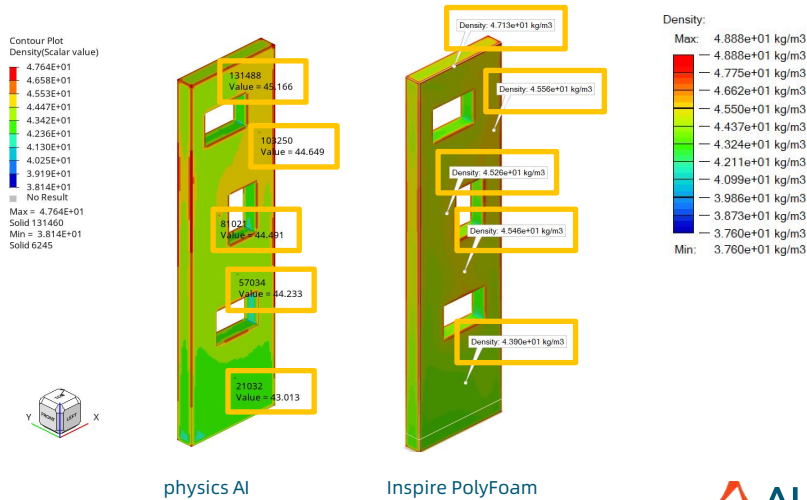
-0.02 MPa 精度差异



通过 PAI 进行预测后，在 Inspire PolyFoam 中对新设计再运行一次仿真。

确认了 PAI 相对于传统发泡仿真的预测准确性

-2 Kg/m3 精度差异



► 提高开发最佳橡胶材料混合物的效率

基于历史数据训练的 ML 模型提高了效率，降低了成本，并加速了高性能材料的发现

挑战

- 开发新的橡胶混合物成本高昂且耗时，需要对多种组合进行广泛测试

解决方案

- 将做过的实验和制成品的历史数据用于训练 ML 模型，可预测新材料混合物的关键特性

价值

- 虚拟测试简化了开发流程，减少了不可行的混合物开发方案浪费的时间和成本
- 加速发现最佳材料组合
- 降低生产成本，加快高性能材料进入市场，确保竞争优势



► 自动检测可扩展材料异常值

AI 驱动的预处理可识别异常情况，确保数据更清晰，从而实现可靠的材料建模

挑战

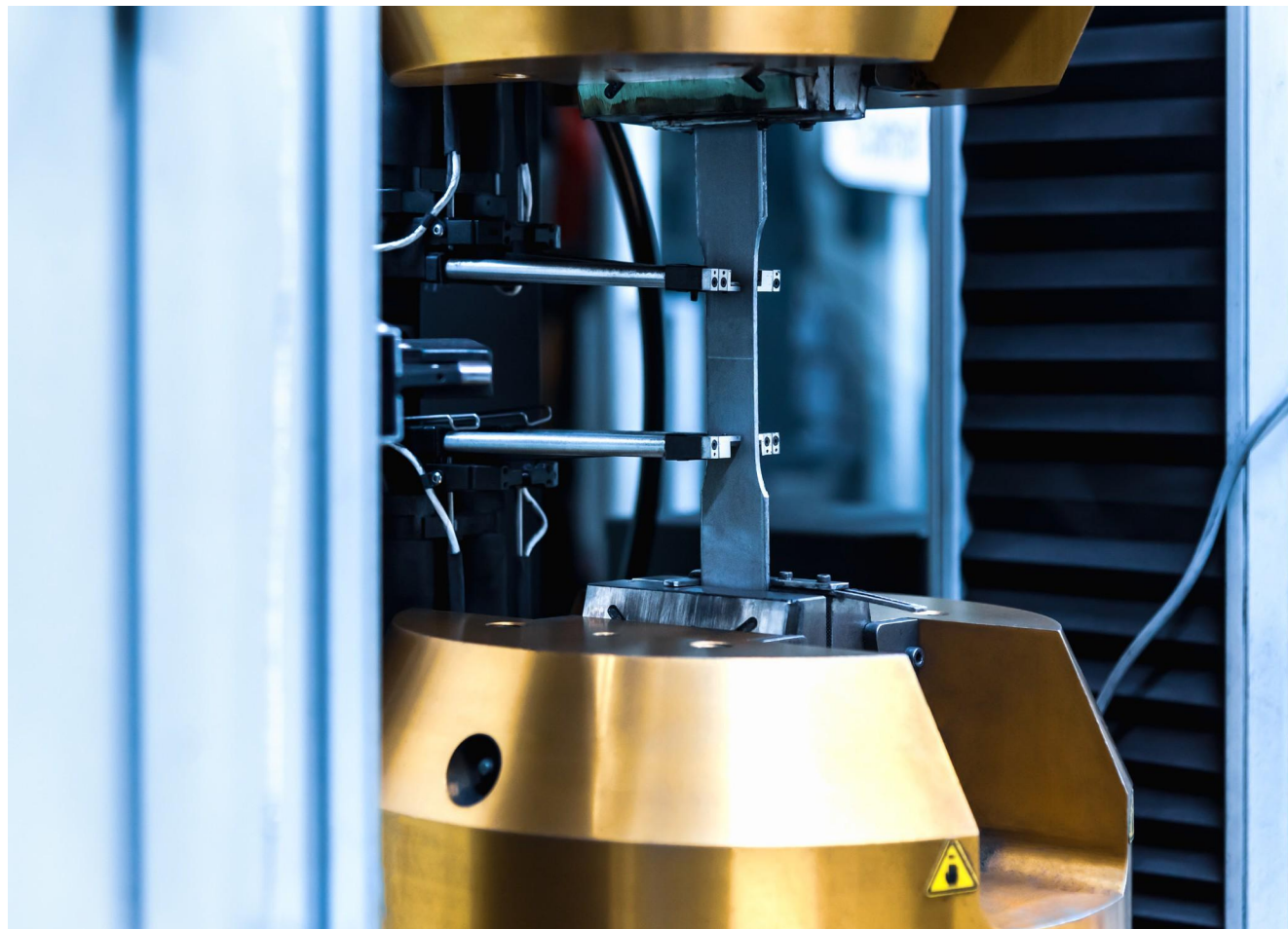
- 原材料数据通常具有噪点和可变性，因此很难检测出真实的模式。有效的预处理对于过滤掉噪声和准确识别材料异常值至关重要

解决方案

- 数据整合和转换是自动化的，应用无监督机器学习技术（如 K-means 聚类分析）检测材料数据中的异常值

价值

- 提高测试数据质量和材料模型准确性，确保更可靠的结果
- 支持通过机器学习创建预测模型，从而更快、更明智地做出决策
- 减少对物理测试的依赖，缩短交付周期并降低成本，从而加快上市时间



► 钣金设计的即时成形性预测

使用人工智能训练的模型，几秒钟内即可预测钣金仿真结果，无需进行完整仿真过程

挑战

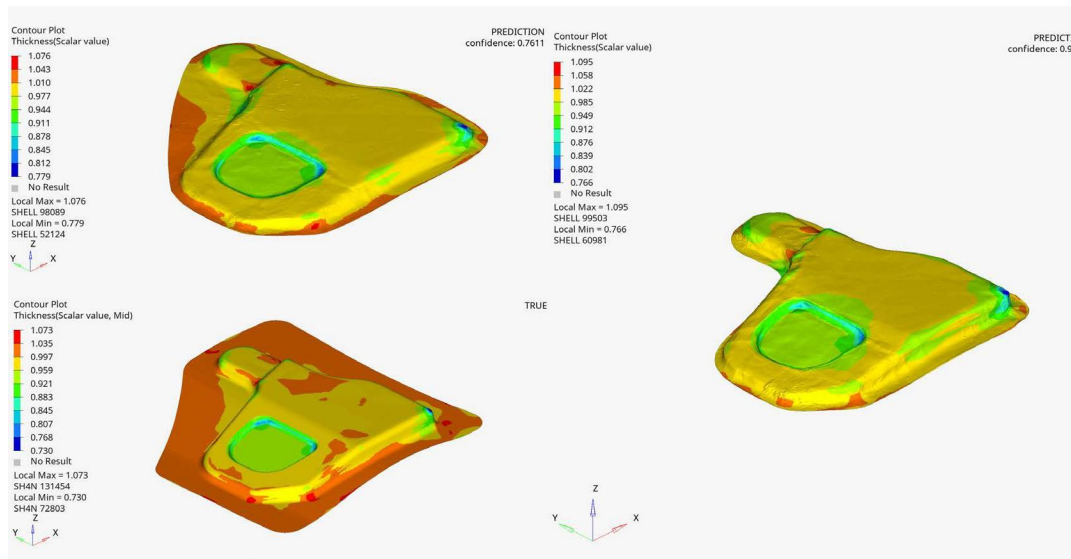
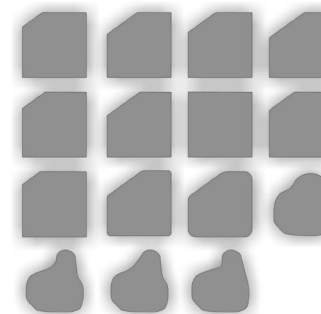
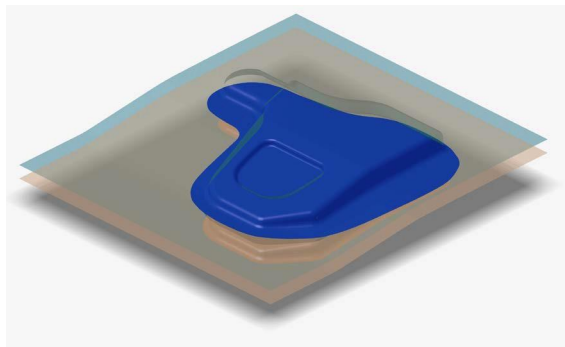
- 钣金成形涉及复杂变量：模具几何形状、压边力和拉延筋阻力，尤其还包括坯料尺寸与形状
- 在模具设计完成后，坯料几何形状是影响零件成形性的关键因素，这主要取决于坯料与模具之间的接触表面积
- 坯料与模具之间的相互作用不佳会导致流动问题，从而产生过度减薄或起皱缺陷

解决方案

- 使用历史仿真数据，对不同形状和大小的坯料进行AI模型训练
- 快速预测新坯料设计的成形结果，包括位移、厚度或塑性应变
- 在投入全面仿真前，支持早期坯料形状优化，最大限度减少材料流动相关缺陷

价值

- 迭代时间从数小时缩短至数秒，用基于人工智能的预测取代了前处理和全仿真
- 在流程早期识别出成形性风险，从而以高预测精度快速进行设计探索
- 在加速决策的同时释放仿真资源



► 基于人工智能驱动的环氧树脂建模，实现更明智的制造决策

利用真实工艺数据，通过快速、准确的环氧树脂点胶预测，加快设计决策的制定

挑战

- 环氧树脂的点胶与扩散分析直接影响显示设备的质量和可制造性
- 复杂的计算流体动力学（CFD）仿真速度较慢，尤其是对于小型、复杂的设计，延误了早期工艺验证
- 快速分析对于跟上紧凑的开发周期至关重要

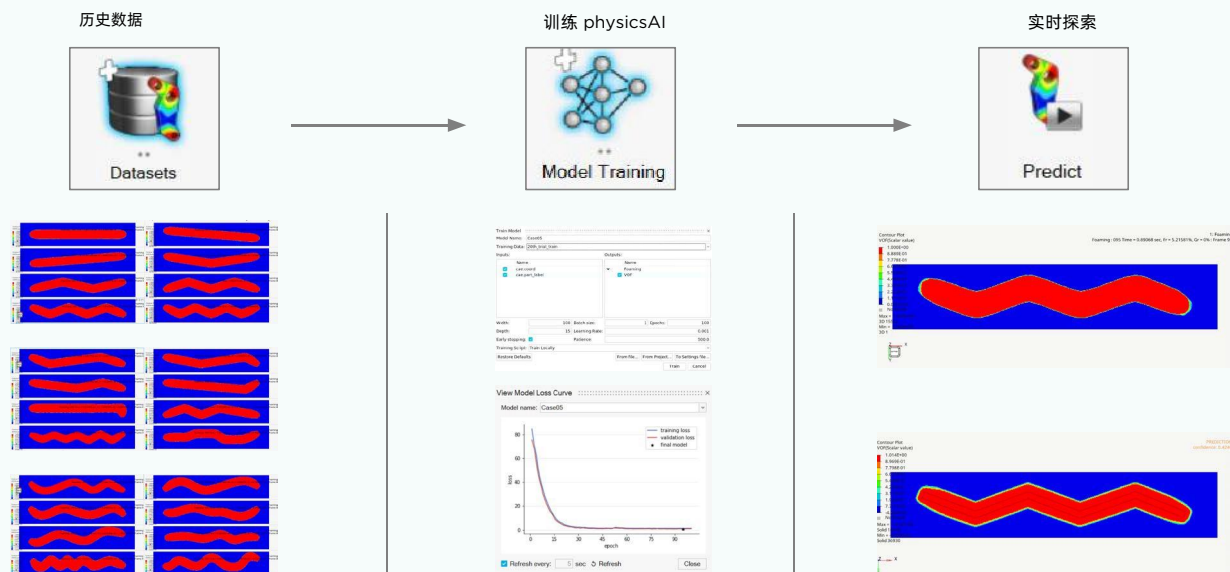
解决方案

- 使用 Altair® Inspire™ PolyFoam 模拟环氧树脂在多条分配路径上的扩散行为
- 利用这些结果训练一个 Altair® physicsAI™ 模型，预测环氧树脂在生产条件下的流动和扩散情况
- 无需重新运行有限元（FEM）仿真，即可实现新点胶策略的实时探索

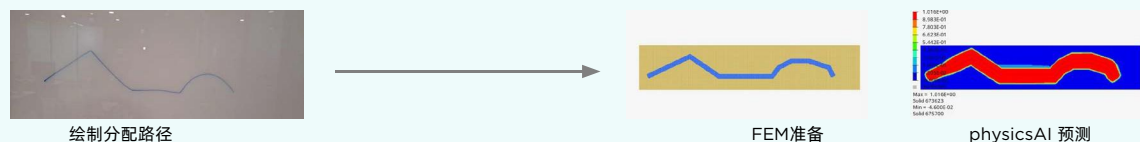
价值

- 环氧树脂图案验证的周转时间从数小时缩短至数秒
- 通过即时预测新的分配路径，加快早期决策过程
- 通过使用经过生产校准的仿真数据保持准确性

通过physicsAI 进行点胶预测



physicsAI: 实时预测



※ 各种点胶模式均可实现实时预测

▶ 新型聚合物，测试更少，效果更佳

结合机器学习和优化技术，以缩短开发时间、降低成本，并发现性能更优的材料

挑战

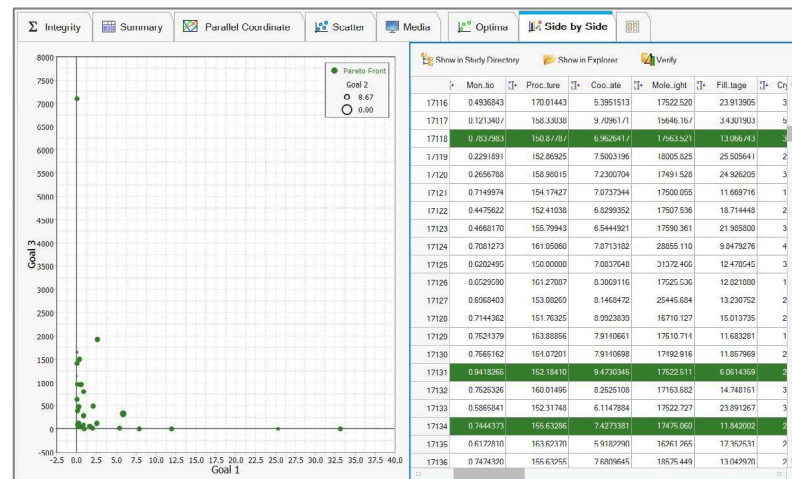
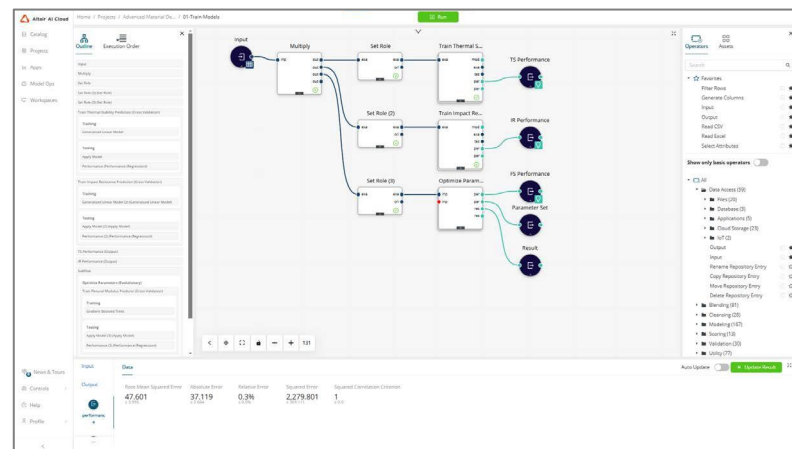
- 迭代式的材料设计和测试周期既缓慢又耗时
- 进行大量设计评估需要耗费大量资源
- 目前尚不清楚一种材料何时达到真正最优，或者性能目标是否能够被超越

解决方案

- 使用 Altair® RapidMiner® 通过可视化工作流程，基于历史物料数据构建预测模型
- 集成 Altair® HyperStudy® 以运行多目标优化，并快速确定新的候选材料以满足要求
- 分析了竞争性能之间的权衡关系，并筛选出与已知材料特性相似的候选方案

价值

- 通过减少冗余测试，降低了材料开发成本
- 通过自动化优化缩短开发周期
- 提供性能更高、更具创新性的材料
- 在不增加工作量的前提下，提升了可持续性指标



► 加速电池压实微观结构仿真

自动化仿真输入并使用降阶模型（ROM）预测，可减少电解质微观结构建模所需的时间、成本和人工操作

挑战

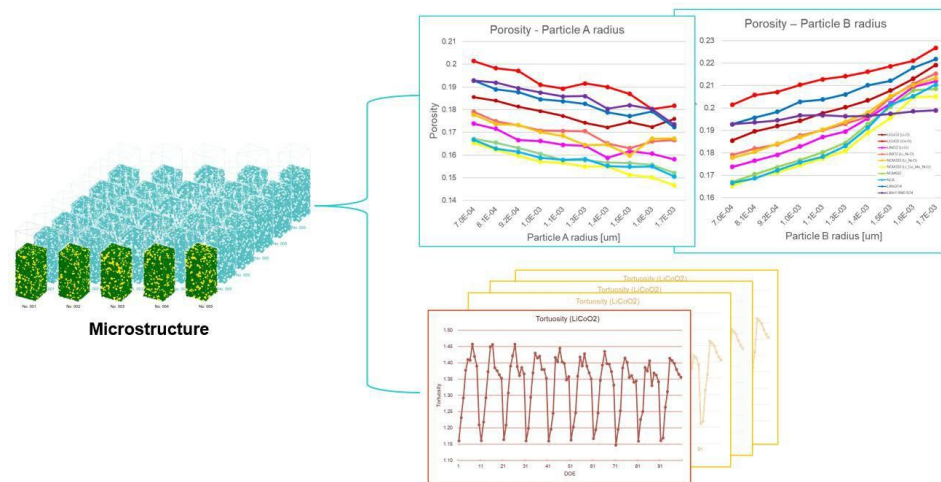
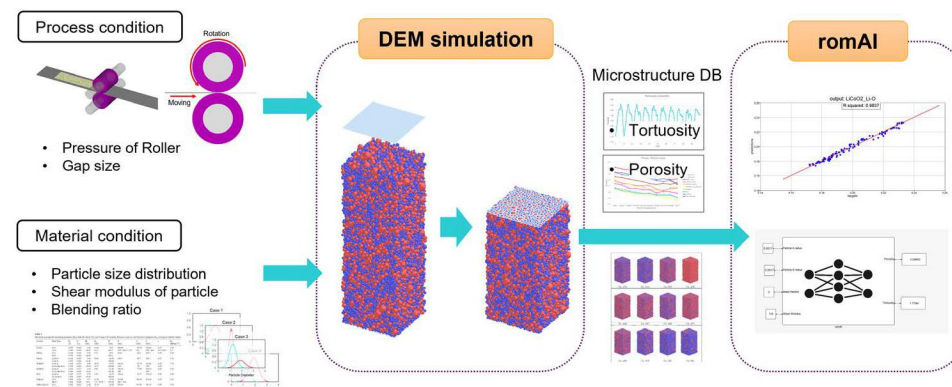
- 构建电池电解质微观结构数据库的过程较为缓慢，因为仿真时间会随着变量案例数量的增加而倍增
- 手动调整输入变量并运行仿真既复杂又容易出错
- 数据集的规模使得在仿真执行过程中难以对其进行修改，也难以高效检测异常值

解决方案

- 实现仿真流程自动化，可自主输入变量数值并无需人工干预即可运行全流程
- 利用基于 ROM 的预测方法，从测量数据中估算孔隙率和迂曲度等关键输出参数，从而减少了所需的完整仿真次数

价值

- 降低仿真成本和周期时间，提高整体流程效率
- 通过消除手动输入步骤来减少人为错误
- 通过数据驱动预测，实现了更可扩展且更可靠的结果分析



► 优化铸铁合金设计

基于人工智能的金属铸造技术能够预测最佳添加剂用量，从而在降低成本的同时，利用可靠数据满足高产品质量标准

挑战

- 减少添加剂的使用可能会影响产品质量
- 试错测试耗时、成本高且效率低下
- 工程师在制定决策时，无法快速获取经过验证的性能数据

解决方案

- 基于历史生产混合数据训练机器学习模型，精准预测满足质量标准所需的最低添加剂含量
- 通过虚拟实验筛选最优组合进行物理验证
- 整合数据资源，实时获取最新研究成果与已验证性能数据

价值

- 聚焦最具潜力的候选方案，显著降低测试成本
- 在保证质量前提下减少添加剂消耗
- 基于可信的高质量应用数据，实现更快速的数据驱动决策



► 钢铁生产智能质检数据系统

机器学习能够及早预测质量问题，从而在复杂且数据量庞大的生产环境中减少浪费、降低能耗和成本

挑战

- 钢铁生产具有高度多样性，产品规格跨度极大—从10米长的钢坯到2公里长的钢卷均可制造
- 在多年的生产过程中，数百个传感器以1-10 Hz 的频率生成海量数据
- 管理和从这些数据中提取可操作的见解是行业发展的瓶颈
- 如果质量问题未能及早发现，高能耗和长交货期会增加成本和风险

解决方案

- 应用机器学习技术，以近乎实时的方式处理和分析生产数据
- 在制造过程的早期阶段预测产品质量，以便采取纠正措施
- 将预测性见解融入现有的生产工作流程，助力做出更明智的决策

价值

- 避免了不必要地处理有缺陷的材料，从而节省了能源和成本
- 通过更早地发现质量问题，提高了吞吐量和一致性
- 提升数据利用率，从现有传感器基础设施中挖掘长期价值



► 利用机器学习预测焊接接头强度

机器学习与深度学习模型利用材料和测试数据加速强度评估，从而减少物理测试，实现更快、更安全的车辆设计

挑战

- 准确的接头强度评估对于碰撞安全和结构性能至关重要
- 物理测试成本高昂、耗时且资源密集
- 传统流程会提高生产成本并延长开发周期

解决方案

- 收集关于化学成分、产品规格、材料等级和测试条件的 ASCII 数据
- 应用先进的深度学习模型，基于这些输入数据预测接头强度
- 提供一个标准化且准确的预测工作流程，既可供专家使用，也可供非专家使用

价值

- 改进的接头强度预测提高了碰撞安全性和车辆性能
- 减少对物理测试的依赖，节省时间和成本
- 加速设计周期，促进跨团队协作与创新



► 提高轻量化车门把手的HPDC（高压压铸）效率

利用经过人工智能训练的模型进行铸造缺陷预测和工艺调整，从而缩短设计时间并减少材料浪费

挑战

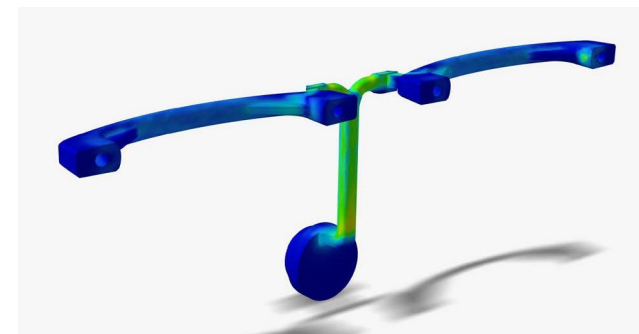
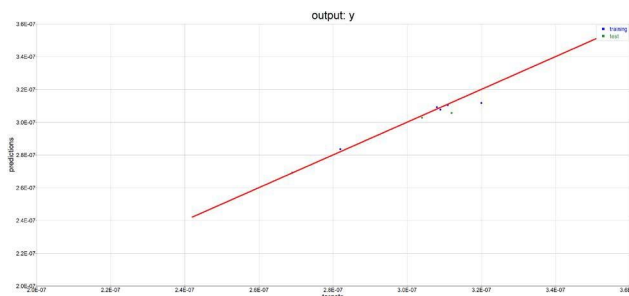
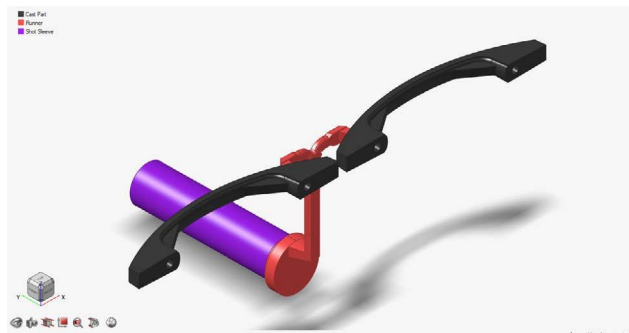
- 传统的铸造分析过程缓慢且资源消耗大，尤其是在迭代相似零件设计时
- 缺乏流程优化往往会导致生产成本增加，生产时间延长

解决方案

- 基于专为 LCV 门把手设计的历史铸造仿真数据，对 Altair® physicsAI™ 模型进行训练，以评估其在不同浇口和流道配置下的性能
- 使用 Altair® romAI™ 分析输入输出关系，并确定最佳工艺设置（如浇口位置、流速），以实现所需的铸件质量
- 应用基于人工智能的预测来设计浇注系统，以改善填充平衡，最大限度地降低湍流和卷气风险，从而减少重复仿真或物理试验的需求

价值

- 能够及早发现和预防铸造缺陷，从而降低生产成本，减少时间和材料浪费
- 采用“一次成功”的方法优化流程效率，最大限度地减少返工，并加快产品开发周期
- 通过准确的人工智能预测，减少对成本高昂的仿真和物理原型制作的依赖，从而释放工程资源并缩短产品上市时间



► 用于机械臂仿真的实时数字孪生

基于人工智能的虚拟传感器和实时渲染技术，为机器人系统打造了一个可扩展、基于物理的数字孪生模型

挑战

- 机械臂的实时数字孪生技术，包括刚体动力学和柔性体动力学，尚未在工业应用中广泛实施
- 在现有设备上加装物理传感器成本高昂，且往往不切实际
- 制造商通常没有足够的时间和预算在生产线上进行广泛的测试和校准

解决方案

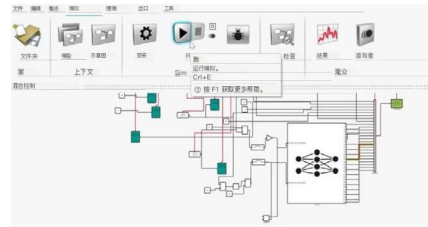
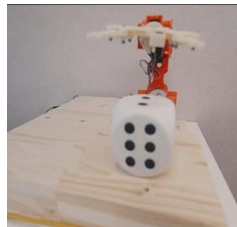
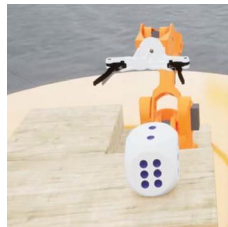
- 使用 Altair® Inspire™ 和 Altair® Radioss® 模拟机械臂的刚体和柔性体动力学，以生成训练数据
- 使用 Altair® romAI™ 构建了一个降阶模型（ROM），该模型能够实时复制计算机辅助工程（CAE）结果
- 在 Altair® Twin Activate® 中部署 ROM，并将其连接至高端渲染引擎，以实现实时可视化虚拟传感器反馈与系统行为

价值

- 无需对物理传感器进行改造，即可实现实时设计验证和诊断
- 通过最大限度地减少停机时间、测试和校准周期来降低运营成本
- 适用于所有工业应用，以加速数字化转型并提高投资回报率

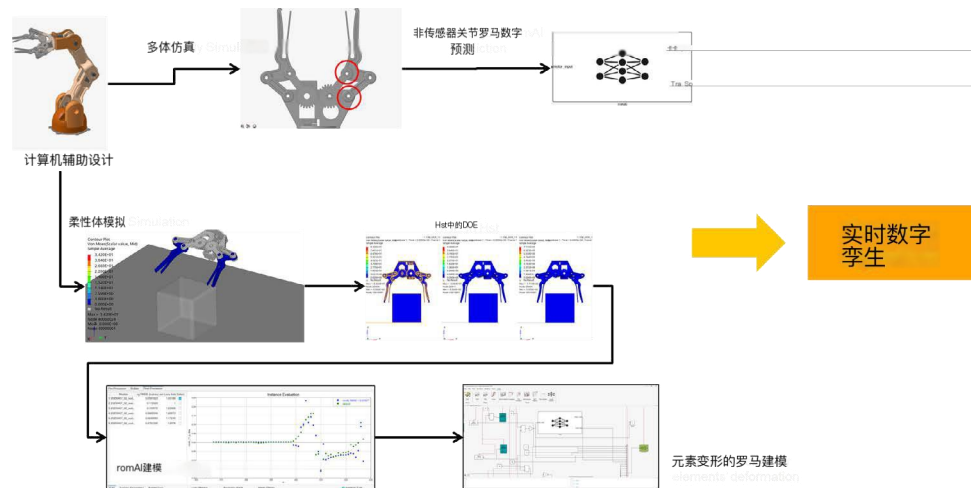
实时

数字孪生



5+

Altair 产品集成



可扩展性

► 面向制造与运维支持的生成式人工智能聊天机器人

基于大语言模型（LLM）的辅助工具，可结合场景提供实时响应，解决生产问题

挑战

- 由于信息分散在孤立的文件和系统中，车间质量问题和运维问题的解决往往被延迟
- 复杂且敏感的数据环境，需要兼顾安全且可扩展的访问权限
- 需要对动态操作查询做出快速、自适应的响应

解决方案

- 开发一个由大语言模型（LLMs）驱动的聊天机器人，以协助处理与制造相关的查询
- 实现了技术内容的自然语言查询
- 支持处理多种数据类型，以获得更丰富的上下文信息和更高的准确性

价值

- 通过智能查询加速问题解决
- 对分散知识源进行集中访问
- 降低支持和运营成本
- 为车间工人提供实时决策支持



▶ 基于知识图谱的智能制造洞察

溯源、根因分析和场景分析——实现跨多源制造数据的快速、即时的洞察

挑战

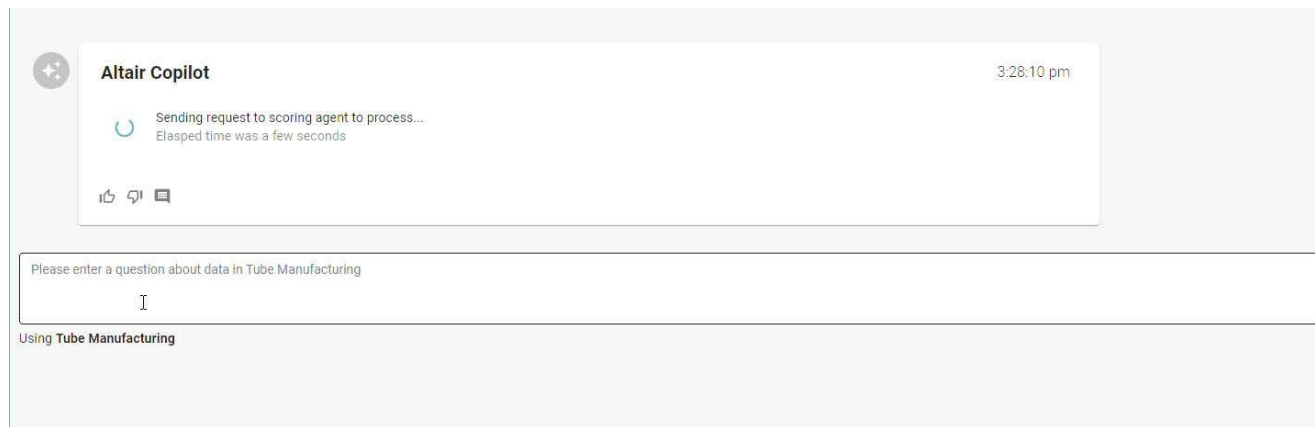
- 系统间数据差异巨大，导致难以追踪问题或发现根本原因
- 缺乏统一观点会阻碍快速、明智的决策
- 人工调查速度慢，且对于复杂查询而言不具备可扩展性

解决方案

- 创建一个统一的语义数据层，以连接跨制造系统的数据
- 利用自然语言和商业智能（BI）工具，可轻松查询关系，并通过端点、辅助工具和仪表板提供访问，以实现广泛的可用性

价值

- 加快根因分析调查和决策过程
- 支持预测性维护，减少计划外停机时间
- 提升整体运营效率和成本控制能力



► 优化装配规划

利用自然语言处理（NLP）和机器学习技术，对工作计划进行标准化，并对装配流程进行基准测试

挑战

- 产品设计和装配规划阶段成本高昂
- 缺乏有效的方法加快规划速度并降低规划成本
- 使用标准化流程语言的装配计划不到5%，限制了重用和自动化

解决方案

- 利用自然语言处理（NLP）技术，将非结构化的汇编指令转换为结构化数据
- 在 Altair® RapidMiner® 中训练一个模型，用于预测新型卡车发动机和部件的装配方案
- 使用该模型估算装配时间

价值

- 确定了最优的装配工艺组合，以提高效率
- 通过优化工作计划和提高效率，实现了更快、成本更低的制造和装配流程
- 加快上市时间



▶ 冲压质量的自动化 CAE 图像评估

基于机器学习的图像分类，以取代主观评估并优化制造参数

挑战

- 手动评估冲压 CAE 结果具有主观性，且不同个体之间存在差异
- 审查过程既耗时又费力
- 不一致的判断可能导致质量风险以及效率低下

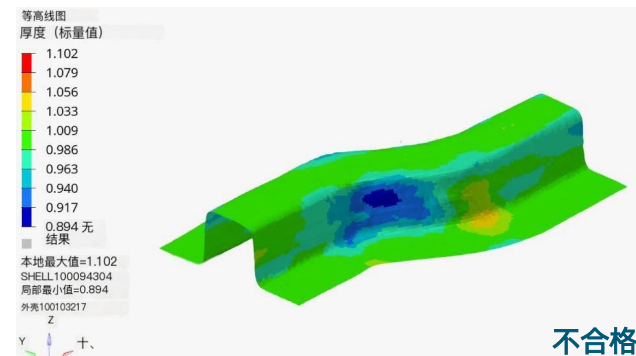
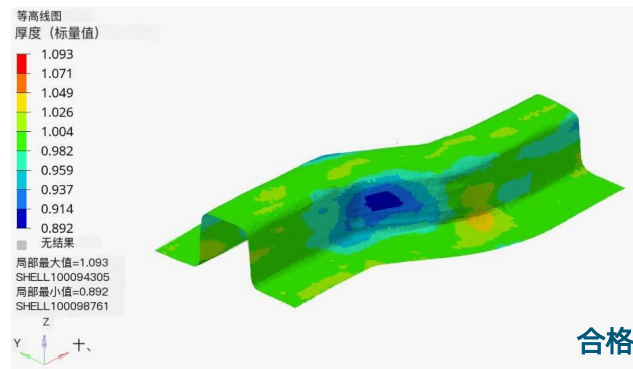
解决方案

- 应用基于 CAE 云图训练的机器学习模型实现结果智能分拣（OK/NG）
- 用自动化、一致性的决策取代了人工评估
- 使用 Altair® AI Studio™ 构建并部署分类流程

价值

- 在 CAE 图像的 OK/NG 分类中，准确率达到了90%以上
- 实现了冲压参数的自动化优化，以提高产量
- 减少对人工审阅者的依赖，加快验证速度，并提高一致性

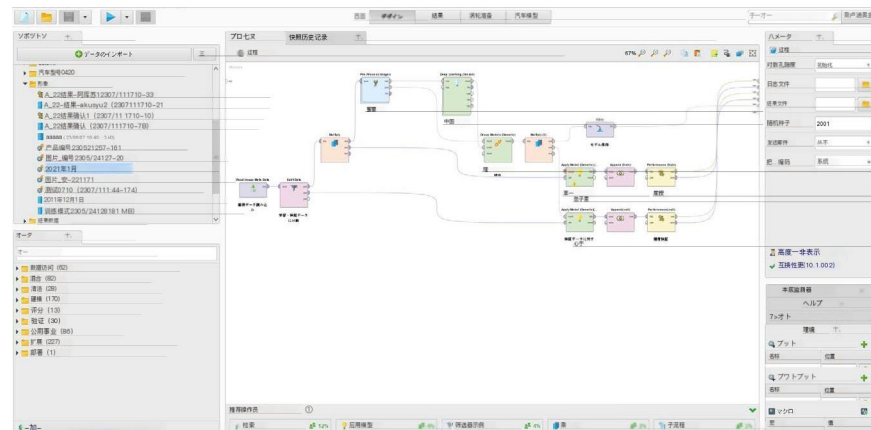
制造 CAE 结果（图像数据）



AI Studio 流程

输入：
CAE 轮廓图像数据

输出：
合格或不合格



► 离散元法（DEM）仿真中的高效材料模型校准

基于人工智能的降阶建模可加快参数调优速度，并使仿真结果与实验数据更贴合

挑战

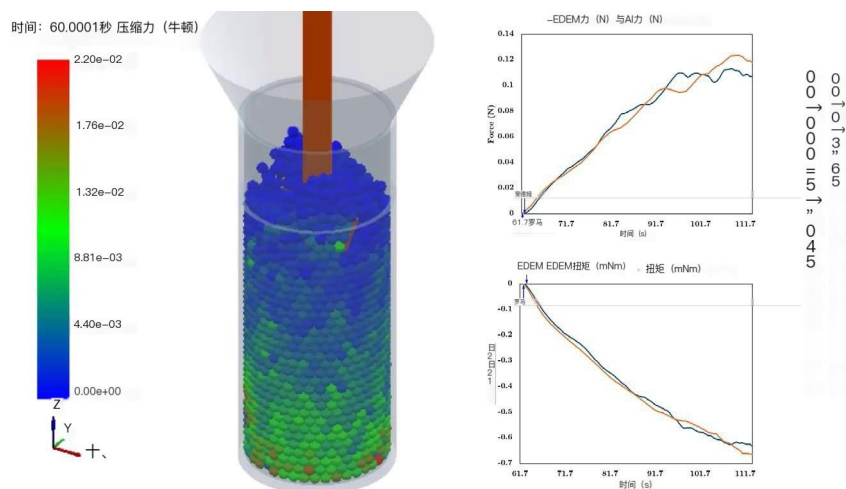
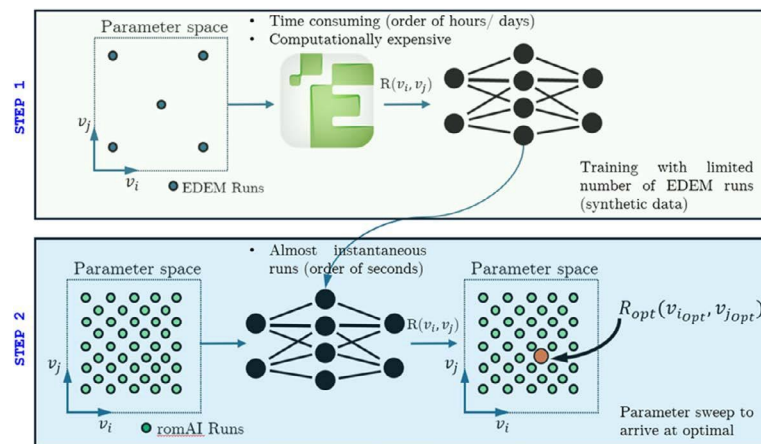
- 材料模型校准流程包含两个核心阶段：先进行物理标定试验，再通过离散元仿真复现实验结果
- 实验结果的复现需要对材料相互作用参数进行迭代调优，而该过程计算成本高昂且耗时较长
- 其目标是找到能精准复现实验结果的参数，但整个流程在效率和可扩展性方面存在不足

解决方案

- 使用 Altair® EDEM™ 通过运行有限数量的离散元（DEM）仿真生成合成训练数据
- 在 Altair® romAI™ 中训练一个降阶模型（ROM），以复制不同材料相互作用参数下的离散元（DEM）响应
- 利用 ROM 模型快速筛选参数组合，并确定最能复现实验行为的组合

价值

- 实现了材料特性高精度校准，同时显著缩短了计算时间
- 通过人工智能增强的工作流程，实现高效且加速的高保真物理仿真



► 流变学优化提升高浓度颗粒悬浮液制造效能

通过结合离散元法（DEM）仿真与机器学习驱动的参数调优，以数据驱动的虚拟优化替代试错法

挑战

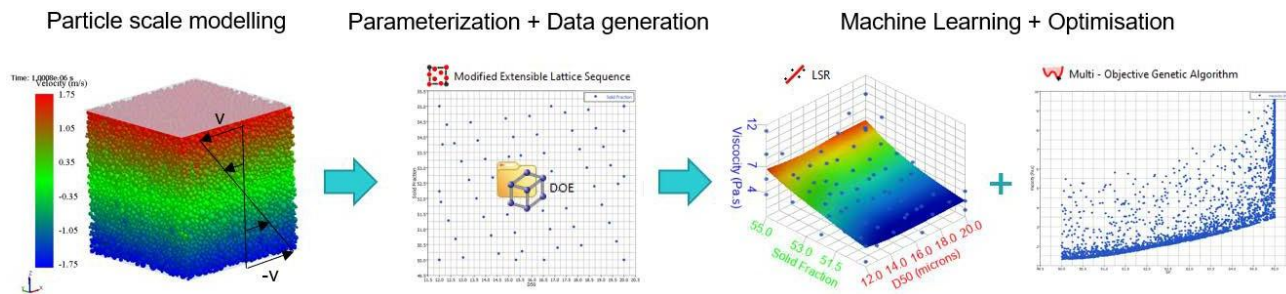
- 在颗粒尺度上优化高浓度悬浮液流变性对于制药和电池行业的工艺可靠性至关重要
- 试错法耗时耗力，成本高昂，且不适用于现代研发

解决方案

- 使用 Altair® EDEM™ 仿真颗粒尺度行为，以建模高浓度悬浮液特性
- 在 Altair® HyperStudy® 中，通过改进的可扩展格序列实验设计（DOE）方法定义输入并生成合成数据
- 基于合成数据训练替代模型（如线性回归模型），以近似流变性特征
- 在 HyperStudy 中进行多目标优化，以找到使性能和可靠性最大化的参数

价值

- 通过数据驱动的虚拟优化，更快地收敛至最优流变参数
- 减少对成本高昂且耗时的物理试错测试的依赖
- 降低研发成本，同时提高不同配方之间的工艺可靠性和一致性
- 通过使用替代模型实现材料行为的早期准确预测，从而加快产品上市时间



► 预测合金的工艺条件

利用机器学习回归模型预测碳含量与回火温度，实现材料设计智能化

挑战

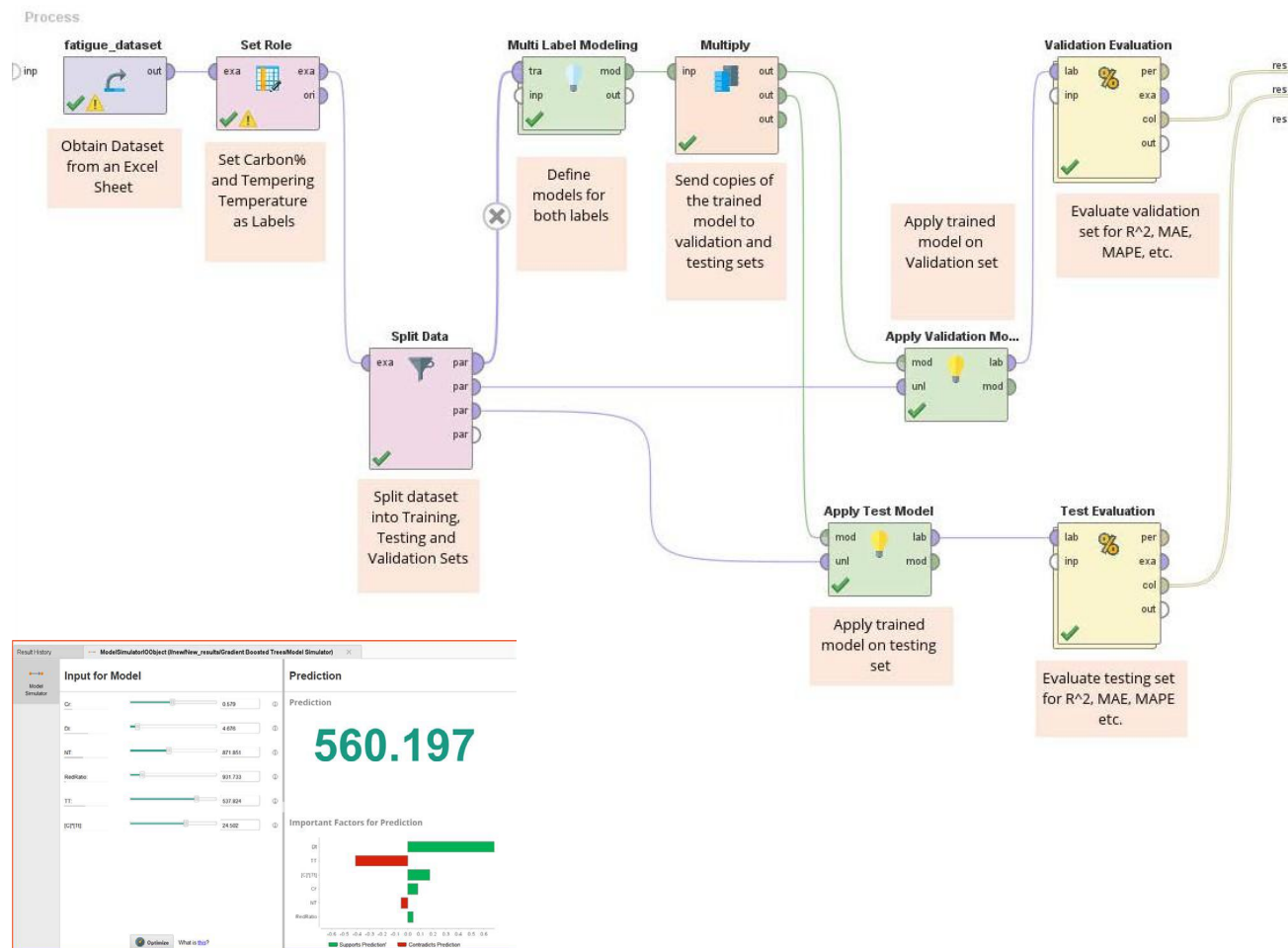
- 为满足目标强度与疲劳性能，需精准确定合金成分与热处理参数
- 传统开发流程依赖大量物理试验与反复验证，周期长、成本高

解决方案

- 借助 Altair® RapidMiner® 平台，对历史材料测试数据进行清洗与建模
- 构建机器学习回归模型，采用70%-30%训练验证分割评估模型表现
- 建立碳含量、回火温度等输入变量与性能指标之间的预测关联

价值

- 减少物理试验次数与材料浪费，节省研发成本和工程资源
- 利用预测模型加快材料开发，提升新产品设计效率
- 帮助材料工程师与制造商在生产前确定最佳合金方案，提升制程效率与产品质量



► 汽车涂装车间的能源优化

通过 AI 驱动的烘箱建模与情景模拟，降低天然气消耗，实现降本减碳目标

挑战

- 在占整车厂能耗约40%的涂装车间，实现能效提升与能耗降低的双重优化
- 整合多温区传感器数据与工艺变量实现协同优化
- 在严格的生产约束条件下突破优化灵活性局限

解决方案

- 基于生产传感器数据构建烘箱“数字孪生”模型，精准预测运行状态
- 模拟多区域烘箱工况，识别能效与工艺的优化潜力
- 融合 AI 场景推演功能，探索不同“假设条件”下的节能方案

价值

- 通过参数优化，实现天然气消耗降低 8-10%
- 明确烘箱启停时机、夜间待机模式与温度设定的优化策略
- 在不影响生产连续性的前提下，实现节能减碳与成本控制



► 基于视觉 AI 加速零件成本预测

利用人工智能根据零部件图像和历史数据生成早期成本预测

挑战

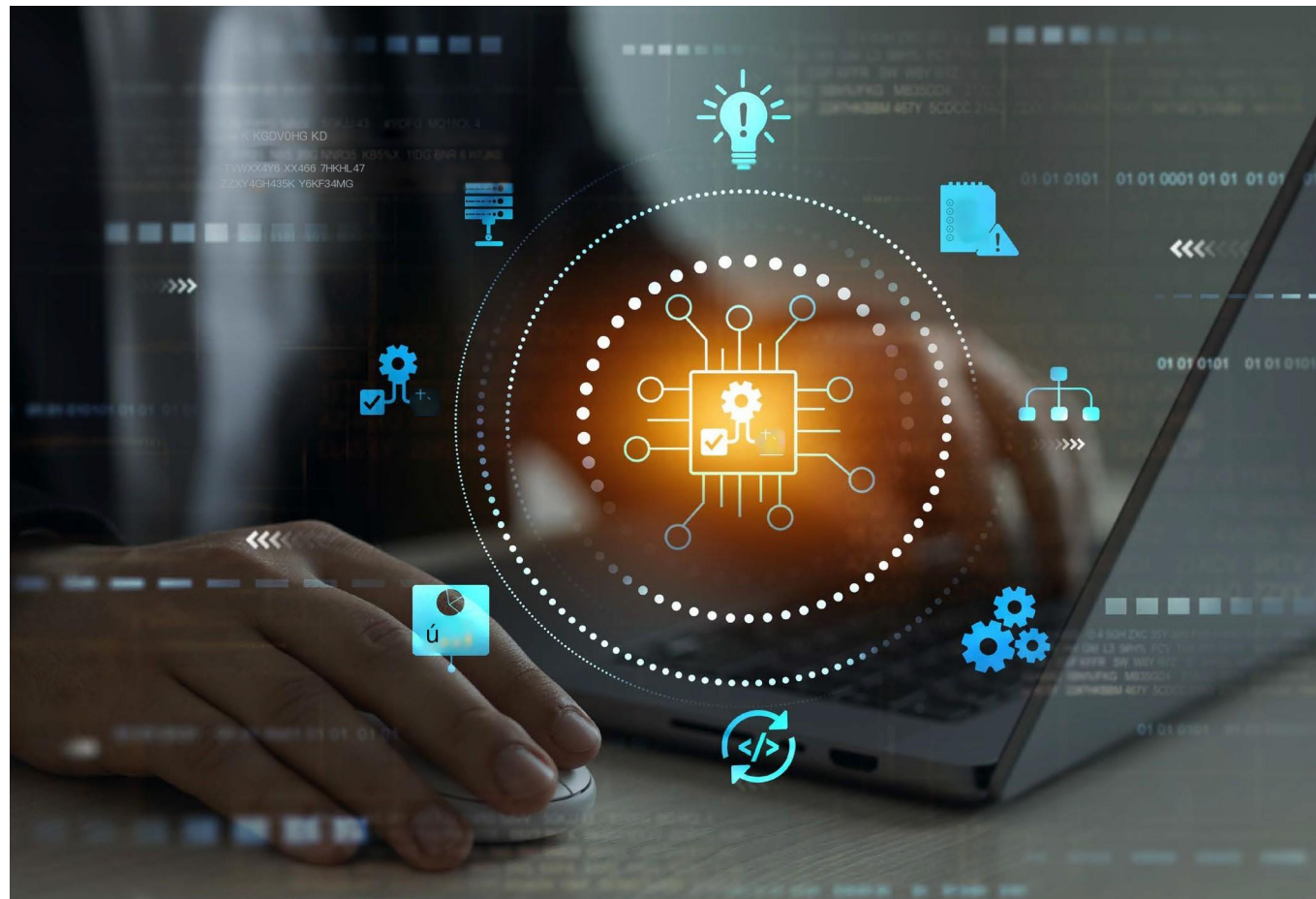
- 零件早期成本估算依赖人工经验，速度慢、差异大
- 缺乏标准流程，难以在多个项目间复制推广
- 设计阶段缺乏成本参考，影响预算和采购节奏，难以大规模响应多个零件的快速估价需求

解决方案

- 构建“零件图像 + 历史成本”数据集，统一输入格式
- 利用图像识别模型提取关键结构特征（CNN），建立分类 + 成本预测模型，快速判断成本范围
- 对新零件图像进行归类，参考历史成本并调整市场因素

价值

- 设计初期即可获得稳定的成本预估，加快项目响应
- 提高预算准确性，辅助采购与供应商沟通
- 降低对专家依赖，释放工程和成本团队精力
- 实现成本估算流程标准化、数据化、智能化



健康与生命科学案例

全球领先制药企业实现无试错混合工艺规模化升级

数字孪生和基于 ROM 的方法实现了虚拟验证，消除了成本高昂的物理试验，并节省了数百万美元

挑战

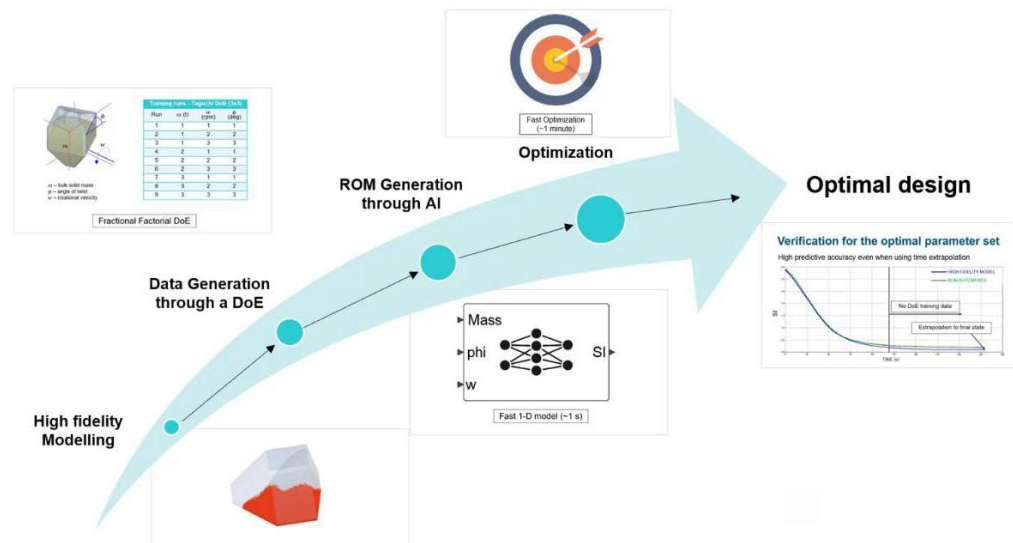
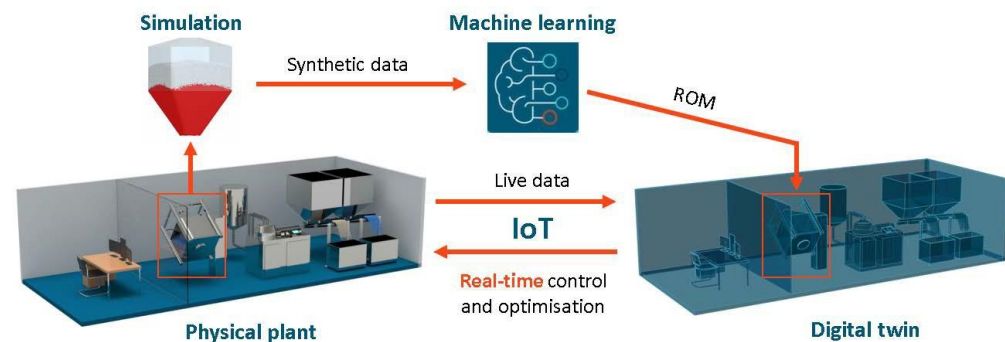
- 75%的药品是口服固体制剂（OSD），这类药品受到严格监管，且难以扩大生产规模
- 在不同工艺和设备间实现单元操作的规模化并无通用规则可循
- 设备、工艺设计和生产规模的显著差异限制了可重复性
- 试错法成本高昂，存在失败风险，且结果不稳定

解决方案

- 对之前在高填充率下发生故障的混合单元应用数字孪生和基于 ROM 的仿真技术
- 通过多填充量虚拟实验验证性能并确定最优工况参数
- 用预测建模取代物理试验，以评估生产规模的混合均匀性

价值

- 通过避免昂贵的物理试错方法，节省了数百万美元
- 成功恢复了一条年产值达数千万的产品线
- 实现了跨产品线的可扩展采用，潜力高达数十亿美元



口服固体制剂生产的端到端数字孪生

结合仿真技术、人工智能/机器学习、高性能计算和物联网，为制药生产提供端到端的数字孪生解决方案

挑战

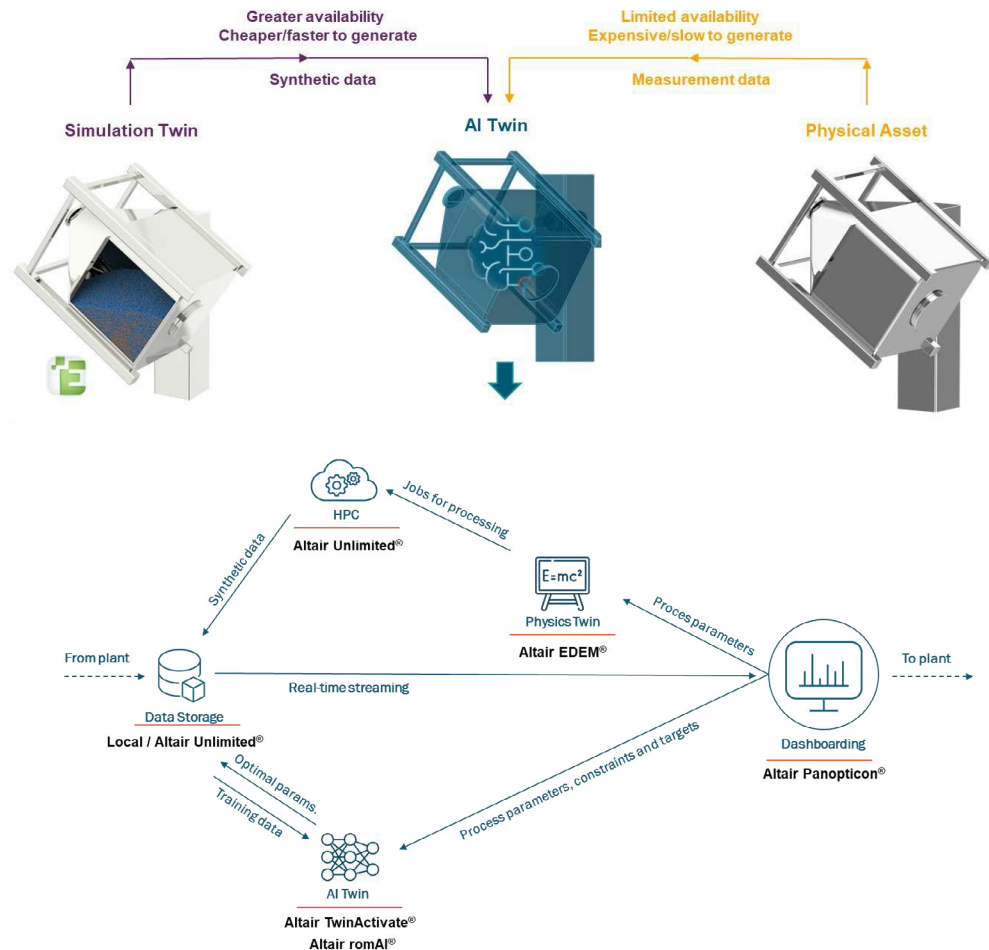
- 数字孪生对于优化制药生产至关重要，尤其是对于口服固体制剂（OSD）工艺
- 开发和部署数字孪生需要集成基于物理规律的仿真建模、机器学习算法、高性能计算（HPC）、实时监控仪表板和物联网（IoT）

解决方案

- 使用 Altair® EDEM™ 仿真颗粒行为，生成高保真度的基于物理的数据，从而为制造过程的数字孪生奠定基础
- 使用 Altair® romAI™ 和 Altair® Twin Activate® 训练并部署一个 AI 孪生模型，该模型从仿真数据和真实世界数据中学习，以实现预测性洞察和参数优化
- 利用 Altair® Unlimited™ 实现可扩展计算，利用 Altair® Panopticon™ 实现实时可视化，并在 Altair One® 中采用本地存储，以实现无缝的数据流和反馈，从而将数字孪生模型集成到生产中

价值

- 制药环境中数字孪生的部署速度显著加快，应用范围更广
- 通过预测性洞察减少设备停机时间和维护成本
- 加速产品优化和上市时间



► 优化片剂制造中的包衣参数

采用离散元仿真（DEM）、降阶建模与人工智能优化技术，提升片剂包衣均匀性并降低生产损耗

挑战

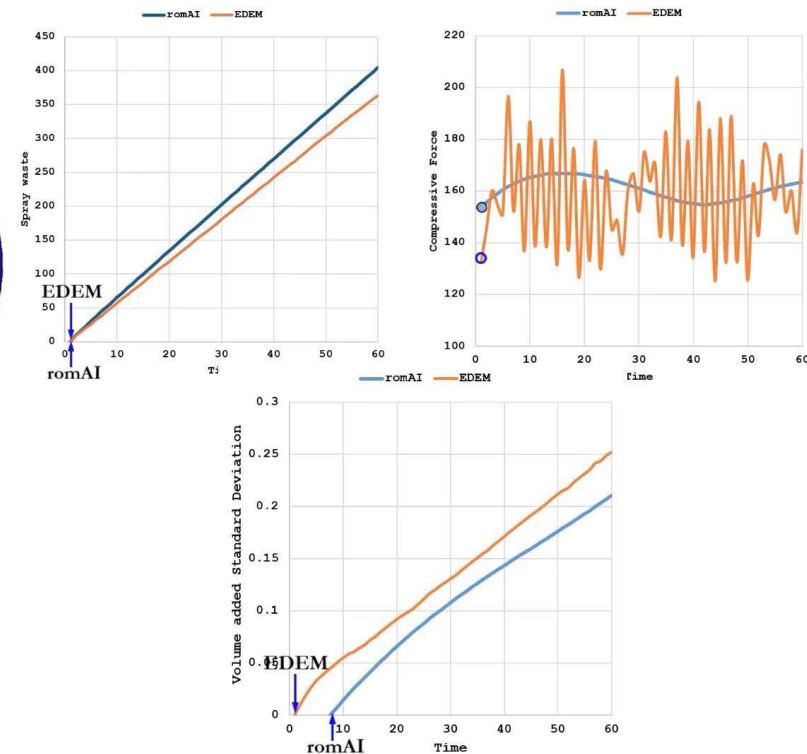
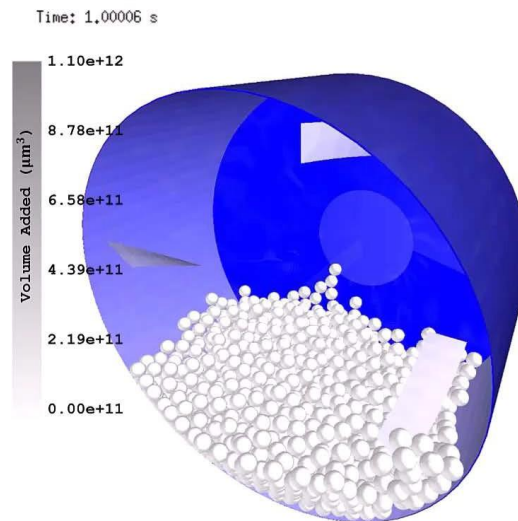
- 片剂包衣是口服固体制剂生产中的关键步骤，需要高精度以确保产品质量
- 涂层不均匀会导致因外观或性能不一致而整批被拒收
- 在包衣过程中，片剂会受到压缩力，这可能会导致破损或外观缺陷
- 喷涂参数不理想会导致材料使用过量和生产效率低下

解决方案

- 对片剂包衣机进行离散元（DEM）仿真，以研究片剂在操作条件下的行为
- 构建 DEM 仿真的降阶模型（ROM），以实现更快的迭代和分析
- 将 ROM 作为数字孪生体，运行基于人工智能的喷涂参数优化，以提高涂层均匀性、减少浪费并降低药片的机械应力

价值

- 在几分钟内运行数百次虚拟仿真，而不是花费数周时间进行传统的计算分析
- 通过减少药片破损并确保各批次包衣的一致性，从而减少浪费并提高产量



THE SCIENCE OF POSSIBILITY

Altair 助您释放AI的强大潜能，轻松应对企业复杂挑战，实现工作效率的千倍跃升，开启智能化转型的全新范式。

关注 Altair 公众号了解更多相关信息



Altair 微信公众号