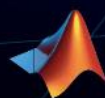


白皮书

使用虚拟车辆组建工具 构建自定义车辆模型



MathWorks®

仿真广泛用于车辆开发以尽早发现问题并减少原型测试。然而，车辆建模是个复杂且耗时的过程。所有子系统不仅需要具有合适的模型保真度，而且它们之间的连接还很繁琐。为了最大化仿真的使用和采用，模型应易于导航，并且应该易于修改。像这样的关键挑战限制了建模和仿真在车辆开发中的使用。

虚拟车辆组建工具克服了其中的很多挑战。该工具通过后台自动化来连接所有子组件，使用户在几分钟内就能创建一个车辆模型。之后，用户可以在 **Simulink®** 中查看该模型，还可以更改或代换子模型以实现更具体的仿真目标。本白皮书介绍了虚拟车辆组建工具及一个用例。该用例演示了如何创建、仿真和分析各种动力总成系统架构模型。

为什么采用虚拟车辆组建工具？

车辆模型的内容和复杂性取决于其最终用途。例如，如要对电动汽车的续航里程或燃油经济性进行仿真，需要连接发动机、电机、电池、变速器和其他子系统的模型；如要分析行驶和操纵稳定性，必须具备转向、悬架系统、制动、轮胎和其他子系统的模型。而对于带有驾驶员模型的完整闭环仿真，则还需要包括产品级控制模型和算法以复制车辆行为。

创建这样的大型模型非常耗时，通常还会导致仿真速度变慢。如果需要更改子系统模型的保真度，可能需要大幅修改模型。即使对模型进行非重大修改，仍需要验证、测试和调试。因此，维护模型需要额外的开销，并且需要主动管理来防止独立模型版本数量激增。因此，如果没有大量维护成本支撑，这种模型很难被大规模采用。

虚拟车辆组建工具克服了上述诸多挑战。借助该工具，用户在几分钟内就可以为感兴趣的架构快速构建车辆级模型。用户可以在 **Simulink** 中打开和查看模型，必要时还可以对其进行修改。使用默认设置，该生成的模型可以仿真各种循环工况（如 **FTP**、高速公路与 **WLTC**）和测试场景（如全油门起动加速 (**WOT**)、双移线和定圆周转向测试）。用户可以通过 **UI** 来修改默认参数，以匹配目标车辆。他们可以在现有控制功能的基础上开发新控制算法，或通过模型在环 (**MIL**)、软件在环 (**SIL**) 甚至硬件在环 (**HIL**) 实现将全新控制器纳入 **Simulink** 中。他们还可以灵活地修改被控对象模型，例如使用 **Simscape™** 增加保真度，或将第三方专业软件中的自定义被控对象模型导入 **Simulink**。这种模型能够评估子系统之间的交互、整体系统性能和行为以及权衡取舍，同时减少实车测试工作量。

什么是虚拟车辆组建工具？

虚拟车辆组建工具是与 Powertrain Blockset™ 和 Vehicle Dynamics Blockset™ 一同提供的一款基于 MATLAB® 的 App（图 1）。它支持用户通过自动连接子系统被控对象和控制模型来构建车辆模型。通过该 App 的 UI 中的下拉菜单（图 2），用户可以选择所需的动力总成系统架构，包括传统架构、电动汽车架构和各种混合动力架构。根据仿真目的的不同，您还可以选择是否包括横向车辆动力学。完成参数化后，用户就可以点击“虚拟车辆”图标（图 2）来构建模型。创建的模型会在 Simulink 中打开，如图 3 所示。要开始仿真，用户可以点击“运行”按钮。仿真运行完成后，可以使用该 App 中的“仿真数据检查器”按钮查看结果。

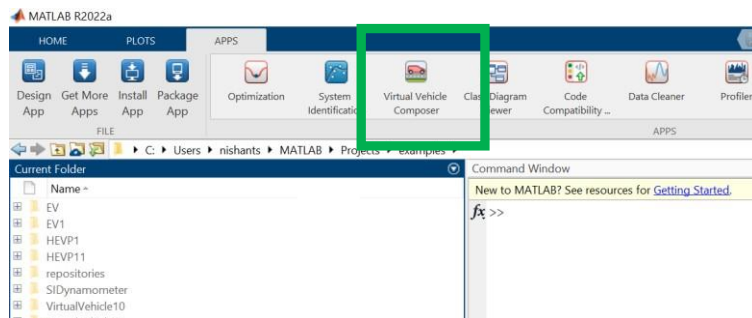


图 1：从 MATLAB 工具条访问虚拟车辆组建工具。

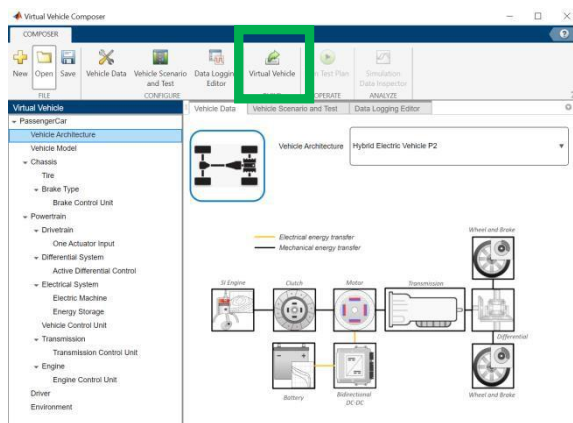


图 2：虚拟车辆组建工具用户界面。

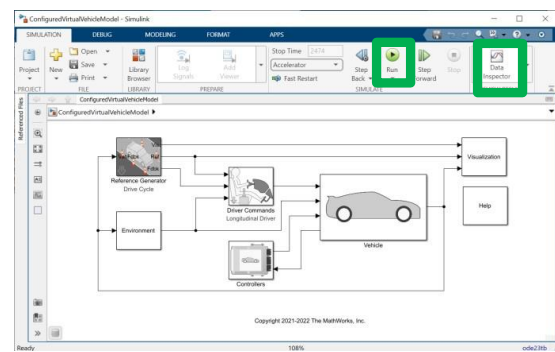


图 3：使用虚拟车辆组建工具创建的 P2 混合动力模型。

用例：评估多种动力总成系统架构

通过上一节中所示的方法，虚拟车辆组建工具已创建了多个车辆模型。图 4 显示每个 HEV 模型的电机位置。此外，还创建了传统模型和电动汽车模型。然后使用 **WLTC Class 3** 工况对这些模型进行仿真，并对结果进行比较，以演示这些架构的发动机和电机运行的差异。在混合动力应用中，位于 **Controllers** 模块（图 3）中的整车控制策略采用最优化方法以最小等效能耗为优化目标，决定是使用发动机还是电机，或者同时使用两者。

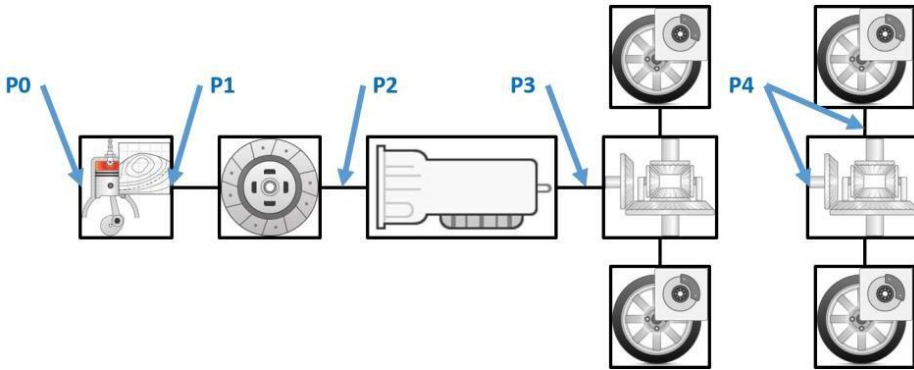


图 4：HEV 中电机定位的替代方案。

作为参考，图 5 显示用于仿真的所有电机扭矩曲线，包括电动汽车的电机扭矩曲线。在此示例中，假设 P1、P2、P3 和 P4 电机相同且具有比 P0 更高的扭矩/功率。发动机假定为 1.5L 涡轮增压，在这些模型之间保持不变。假定对传统和混合动力仿真使用相同的 8 速自动分级齿轮变速器。

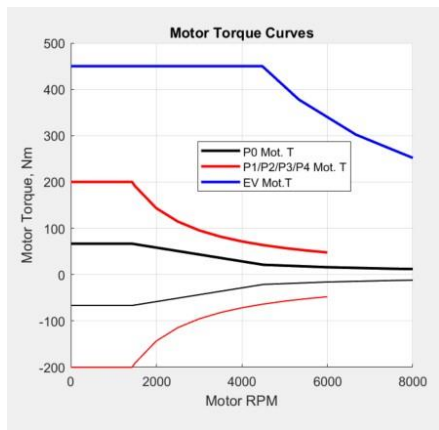


图 5：仿真中使用的电机扭矩曲线。

图 6 显示了 P0 混合动力导致的发动机运行偏移的结果。优化器让发动机在低效低速区（突出显示的黄色区域）停止运行，从而改善了燃油经济性。

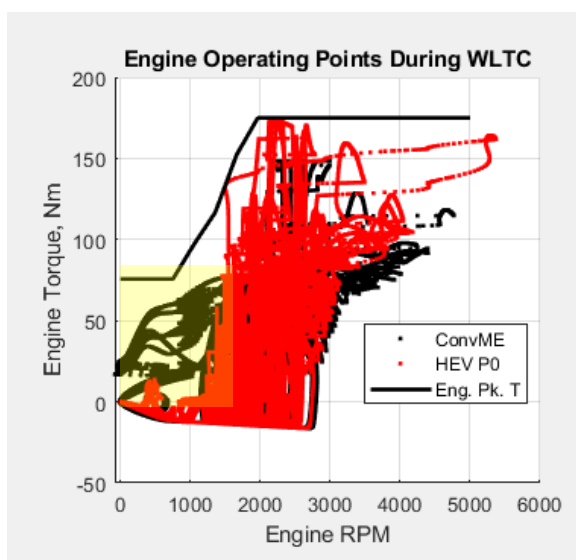


图 6：发动机运行区间随着混合动力系统变化而不同。

在 P0 和 P1 之间，由于升挡更早，采用扭矩更高的 P1 电机可以进一步消除发动机的低效工作区间（图 7 中突出显示的黄色区域），发动机的较高速运行减少。

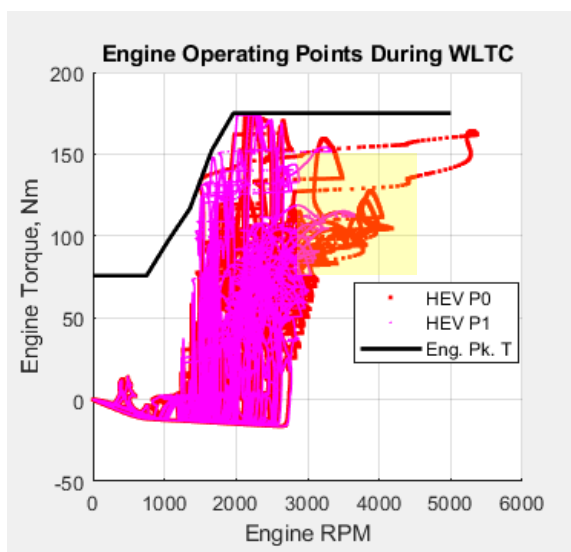


图 7：P0 和 P1 之间的发动机运行工况变化。

与预期相符，P1 和 P2 的发动机运行没有明显区别（图 8）。然而，P2 可以通过在减速时断开发动机连接来提供更高的能量回收能力，从而将更多能量转到给电池充电，而不是因发动机倒拖阻力而白白损失。

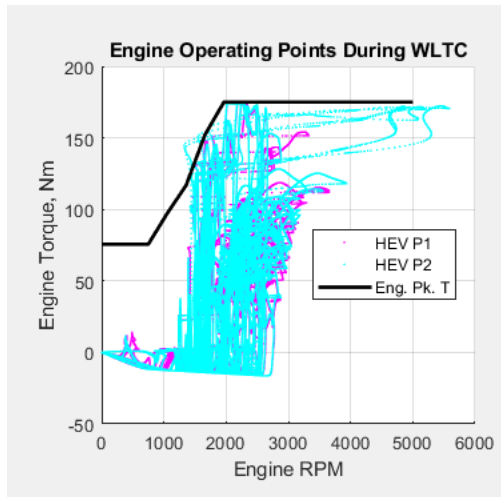


图 8: P1 和 P2 之间的发动机运行工况变化。

电机工作点见图 9。与其他混合动力车辆不同，由于发动机的 FEAD（前端附件驱动）滑轮比，P0 电机可以以更高的速度运行。由于下游变速器的速比扩大效应，P1 和 P2 不需要在 WLTC 工况时提供峰值低速电机扭矩，P3/P4 则不是这种情况。而电动汽车在 WLTC 运行期间仍有多余的电机扭矩可用。

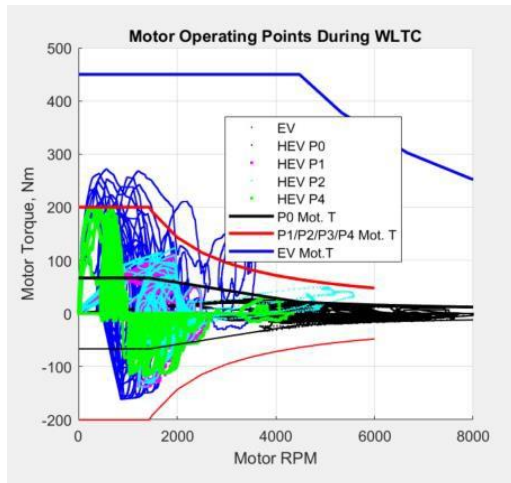


图 9: WLTC 工况中的电机工作点。

将这种类型的分析与现实世界的驾驶性场景相结合，可以研究各种电机扭矩，从而为具体应用选择合适的电机。同样，在研究中，不仅要考虑动力总成系统架构及其对燃油经济性、续航里程和其他因素的影响之间的权衡，还要结合考虑虚拟评估的诸多其他可能性。

结论

借助虚拟车辆组建工具，用户能够自动化组合子系统模型的过程来创建复杂的车辆模型，并根据需要灵活地进行更改。结果就是用户可以将更多时间用于分析结果和进行评估。

了解更多

[虚拟车辆组建工具文档](#)

[为大规模仿真研究构建虚拟车辆 - 视频](#)