

提高车辆燃油经济性 在开发周期中的 可追溯性

© Siemens



以往，燃油经济性主要是由传动团队负责，具体来说，是由内燃机团队负责。随着汽车混合动力技术的进一步发展，同时，鉴于汽车热平衡的重要性，燃油经济性已逐渐成为车辆的重要属性之一。同时，车辆各模块所能发挥的效果也会受到其他模块的极大影响，因此，在车辆的整合过程中，厂商无法再将燃油经济性作为单独模块考量，而应考虑其对车辆产生的整体影响。本文所提出的创新型整车测试方法能与可扩展建模方法相结合，可准确追踪车辆从早期概念阶段到后期细化阶段的燃油经济性。



Peter Mas
is Model Based Systems
Engineering Director at Siemens
Industry Software SAS
in Lyon (France).



Ga  tan Bouzard
is Model Based Systems Engineer
at Siemens Industry Software SAS
in Lyon (France).

1.利用整车台架进行测试的必要性

现在，我们可以借助车辆底盘测功机，测试实际燃油经济性是否达到管理标准。将汽车置于2轮或4轮测功机上，并指示汽车中的驾驶员按照规范中的加速曲线周期进行操作 [1]。手动档车辆也需按照规范进行换档。汽车制造商会不断改进设计，以求在试验中实现最佳燃油经济性，同时兼顾汽车必要的舒适性。过去，发动机台架测试最先被用于测试车辆燃油经济性，但其采用的电气和热边界条件往往与车辆实际的电气和热边界条件不同。因此，发动机台架测得的燃油经济性数据与汽车台架得出的结论往往严重不符。为此，数家汽车制造商引入了传动系统台架，利用该测试台架对车辆进行了部分建模，并对车辆的其他部分进行实时仿真，从而与硬件部分进行正确交互。如此一来，汽车制造商便可在制造样车前，将电气部件的整体效果纳入考量。这些硬件在环(hardware-in-the-loop)测试台架有效提高了燃油经济性的可追溯性，同时，在开发周期中进行仿真建模可让厂商选择燃油经济性更佳的设计，从而缩短开发时间。

目前，各汽车制造商间的燃油经济性比拼已日趋白热化，若要进一步提高燃油经济性，则需不断提高当前建模的精度。目前的主要差异是由不同模块之间的交互所引起，尤其是内燃机、电气系统及其热边界条件之间的交互。[2]

鉴于此，各厂商更应采用整车测量方法，以便了解不同模块在其实际环境中的损耗情况。针对这类情况，Siemens 开发了一种创新型测试方法，重点解决以下问题：

- 采用机器人、去除轮胎阻力，提高燃油经济性测量结果的一致性
- 通过整车测量确定各模块和部件在实际应用中的损耗

1.1 驾驶机器人的重要性

燃油经济性测量结果产生波动的主要原因在于人为介入(human-in-the-loop)。车辆规范测试通常会邀请专业车手参与。车手必须遵循某些条件下的车辆速度曲线，为达到这一效果，往往会采用若干具有代表性的车辆驱动方式（如使用踏板和变速杆），因此，在相同驾驶环境下，不同驾驶员之间测得的燃油经济性可能存在巨大偏差，同一驾驶员的2次测试结果也会存在些许差异。

采用驾驶机器人操控汽车传动装置则可解决结果波动的问题。得益于驾驶机器人的介入，精确的控制使得实际速度的误差仅为 $\pm 0.2\text{km/h}$ ，同时，结果一致性几乎达到了99.5%（如图2）。

1.2 车辆部件特征化的重要性

它能够自动、重复执行燃油经济性测量工作，以便利用此台架来深入了解不同模块间的交互，从而获得各模块的损耗情况。



FIGURE 1 Standardised cycle measurements for regulation versus robotised cycle measurements for detailed analysis (  Siemens)

1.利用整车台架进行测试的必要性

现在，我们可以借助车辆底盘测功机，测试实际燃油经济性是否达到管理标准。将汽车置于2轮或4轮测功机上，并指示汽车中的驾驶员按照规范中的加速曲线周期进行操作 [1]。手动档车辆也需按照规范进行换挡。汽车制造商会不断改进设计，以求在试验中实现最佳燃油经济性，同时兼顾汽车必要的舒适性。过去，发动机台架测试最先被用于测试车辆燃油经济性，但其采用的电气和热边界条件往往与车辆实际的电气和热边界条件不同。因此，发动机台架测得的燃油经济性数据与汽车台架得出的结论往往严重不符。为此，数家汽车制造商引入了传动系统台架，利用该测试台架对车辆进行了部分建模，并对车辆的其他部分进行实时仿真，从而与硬件部分进行正确交互。如此一来，汽车制造商便可在制造样车前，将电气部件的整体效果纳入考量。这些硬件在环(hardware-in-the-loop)测试台架有效提高了燃油经济性的可追溯性，同时，在开发周期中进行仿真建模可让厂商选择燃油经济性更佳的设计，从而缩短开发时间。

目前，各汽车制造商间的燃油经济性比拼已日趋白热化，若要进一步提高燃油经济性，则需不断提高当前建模的精度。目前的主要差异是由不同模块之间的交互所引起，尤其是内燃机、电气系统及其热边界条件之间的交互。[2]

鉴于此，各厂商更应采用整车测量方法，以便了解不同模块在其实际环境中的损耗情况。针对这类情况，Siemens 开发了一种创新型测试方法，重点解决以下问题：

- 采用机器人、去除轮胎阻力，提高燃油经济性测量结果的一致性
- 通过整车测量确定各模块和部件在实际应用中的损耗

1.1 驾驶机器人的重要性

燃油经济性测量结果产生波动的主要原因在于人为介入(human-in-the-loop)。车辆规范测试通常会邀请专业车手参与。车手必须遵循某些条件下的车辆速度曲线，为达到这一效果，往往会采用若干具有代表性的车辆驱动方式（如使用踏板和变速杆），因此，在相同驾驶环境下，不同驾驶员之间测得的燃油经济性可能存在巨大偏差，同一驾驶员的2次测试结果也会存在些许差异。



Peter Mas
is Model Based Systems
Engineering Director at Siemens
Industry Software SAS
in Lyon (France).



Gaëtan Bouzard
is Model Based Systems Engineer
at Siemens Industry Software SAS
in Lyon (France).

采用驾驶机器人操控汽车传动装置则可解决结果波动的问题。得益于驾驶机器人的介入，精确的控制使得实际速度的误差仅为 $\pm 0.2\text{km/h}$ ，同时，结果一致性几乎达到了99.5%（如图2）。

1.2 车辆部件特征化的重要性

它能够自动、重复执行燃油经济性测量工作，以便利用此台架来深入了解不同模块间的交互，从而获得各模块的损耗情况。



FIGURE 1 Standardised cycle measurements for regulation versus robotised cycle measurements for detailed analysis (© Siemens)

因此，需要进行外部冷却，以便能够稳定温度，并针对不同热边界条件来进行损耗特征化（如图 4）。

2. 测试在整个开发过程中支持可扩展建模方法

现在，通过采用相应的方法来精确测量不同部件对提升汽车燃油经济性总体性能所起的作用，将此功能融入汽车开发流程明显是非常重要的。如今系统仿真作为基于模型的工程工艺日益得到普遍接受。Siemens PLM Software 开发并采用了 LMS Imagine.Lab Amesim™，该工具能够创建复杂机电系统的模型（包含模块模型），范围从采用测试数据的高功能性建模，到采用物理方程式的高细节性建模。此外，系统仿真工具供应商通常还会提供相应功能来实时导出此类模型（受支持协同工程的环境的支持）。

本文的其余部分阐述了针对汽车开发流程中的如下 2 个重要阶段，将精确原地测量与可扩展仿真模型相结合：

- 早期概念阶段
- 模块设计阶段

2.1 早期概念阶段中的汽车能量管理

在早期概念阶段，汽车制造商通常需要决定在其新一代汽车系列中实施哪些技术，才能够在燃油经济性方面符合未来规范，同时仍能以极具竞争力的成本开发出兼具舒适性的产品。因而，通过分解不同模块所起的作用对上一代汽车或市场中的竞争性汽车执行整车测量是极为重要的，这样才能了解新一代汽车开发的方向。通常，早期概念阶段的这些测试会与每个模块的高度功能性模型相结合，以便了解新的混合动力架构、新传动系统架构（无级变速箱）、

发动机缩减尺寸、附件电气化（电动泵、电动压缩机）等方面的主要概念。将测试数据用于自己现有汽车和竞标车的整车测试台架上，有助于利用可深入了解新一代模块或待创建控制策略的测试数据创建功能模型，以便能够满足新一代燃油经济性标准。图 5 展示了一个案例分析，在该案例分析中，制造商与 Siemens 密切协作，以确定哪种技术可在开发成本和燃油经济性性能提升作用之间实现理想的折中。制造商采用测试和建模解决方案，能够在早期概念阶段做出明智的选择。

2.2 模块级能量管理

由于内燃机可通过优化获得更高燃油经济性性能的潜力越来越小，因此其他几个汽车模块当前的目标也是在损耗方面实现改良。如今仍有改善空间的一个重要模块是变速箱。[4]



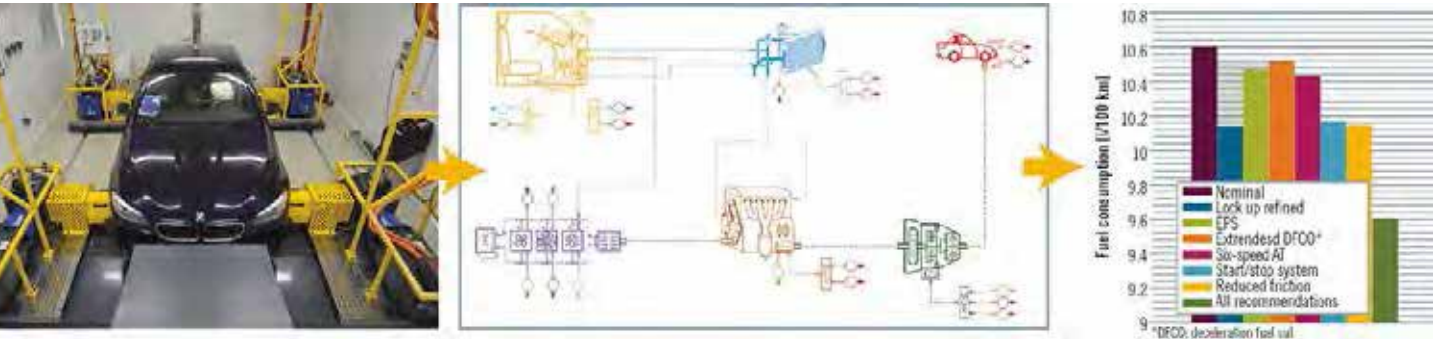


FIGURE 4 Benchmarking fuel economy in early concept stage to set subsystem targets (© Siemens)

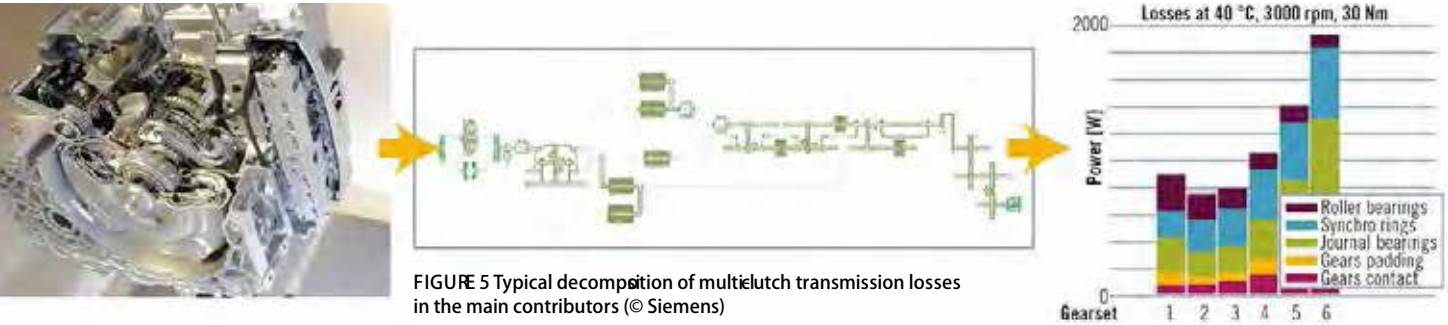


FIGURE 5 Typical decomposition of multi-clutch transmission losses in the main contributors (© Siemens)

双离合变速箱可避免液力变矩器在滑动模式下的典型损耗，但是需要保持大约 15 bar 压力，这就意味着会出现其他类型的损耗。无级变速箱的实施，意味着液压系统中需要更高的压力水平，在某些条件在大约为 40 巴，才能维持带轮与皮带之间有足够的夹持力。

如今，典型的多离合变速箱平均效率为 94%。要提高其效率，就一定要了解变速箱内不同子部件之间的所有交互、此类模块的混合动力技术所产生的影响（将电机连接至 DCT 甚至输入轴），或与更出色热管理（专用控制策略，可更快加热并更快减少摩擦）相关的性能改善。图 6 展示了一家供应商如何与 Siemens 协作，将变速箱的损耗分解为每个齿轮组所起到的相应作用。

这一信息可用于构建模型，从而预测机械部件更改对驾驶循环过程中变速箱损耗所产生的影响。

摘要

本文阐述了一种创新型方法，可支持汽车制造商进一步提升其汽车系列的燃油经济性性能。该方法将在汽车台架的专门测试与系统仿真建模方法相结合，可在整个开发周期中追踪汽车的燃油经济性性能。经验证，此方法通过将汽车中的损耗分解为极高级别的细节，因而在车辆级别以及模块级别上均十分有效，有助于洞察整车级以及部件级的改善潜力。预计此方法会日益广泛应用到主要汽车制造商的开发中，使其在未来保持竞争力。

REFERENCES

- [1] Lecointre B.; Londos, S.: Full Vehicle Energy Management at Changan Automotive Group. LMS Vehicle Performance Engineering Conference 2012
- [2] Broglia, L: Balancing vehicle energy performance with drivability and thermal comfort: benefits of a multi-domain system simulation approach in the case of an electric hybrid vehicle 25th World Battery Hybrid and Fuel Cell Electric Vehicle Symposium, 2010
- [3] Meillier, R.: Multi-Physics System Simulation for Vehicle Energy Management Optimization. Mobile Air Conditioning, Vehicle Thermal Systems and Auxiliaries Conference, 2009
- [4] Tsuchida, S.: Multi-attribute Optimization: Fuel Consumption, Emission and Drivability. SAE Report 2012

致谢

本文作者在此对法国调查公司 Greenmot 表示诚挚的谢意，该公司提供了卓越的建设性合作，并在测试工作台和实验室中针对功能和性能测试提供了相关设备。