

SPECTRUM

来自FEV的科技亮点与研发前沿

第46期 发行于2011年3月



功能安全性

目录

功能安全性	1
欧六标准对乘用车柴油机的要求	4
电动汽车的噪音控制	5
商用车发动机的新挑战	6
变速箱标定TOP专家：“TraCE”	7
FEV耐久性测试中心的扩建	8
FEV在变速箱开发中的新成果	8

当今汽车工业中，电子电气零部件的优点被一再证明。一方面，它们是控制成本、降低排放和减少燃油消耗的关键平衡要素；另一方面，它们对提升驾驶乐趣、改善整车动力与安全性能也起着决定性作用。在当代为数众多的技术革新中，很多技术都是与汽车电子电气相关的；工程师们通过增加越来越多的电控单元，来应对越来越复杂、越来越多样化的功能性要求。

所谓功能安全性，是指系统不存在由于电子电气等故障引起的损害而导致的无法接受的风险。因为这一性能的重要性，功能安全性迅速成为了现代汽车开发中的关键因素。我们的工程师们必须认识到，功能安全性是汽车一项很重要的特性，而不仅仅出现在应用领域。功能安全性的要求可以出现在任何一个通过电子电气零部件实现功能的系统中，并独立于应用领域。功能安全性的范围比汽车中与安全相关的功能更为广泛；它不仅包含了诸如ABS防抱死系统、ESP防侧滑系统和安

引言



亲爱的读者，

随着世界经济的持续增长，发动机与汽车制造商们面临的挑战也不断变化。这些挑战，不仅要求对传统的动力总成进行持续的改进，而且要求开发出如混合动力与电池动力等诸多新型技术。遵循市场要求，FEV也不断致力于新型电动汽车技术的研发，但同时，我们应该认识到今日之传统动力系统的性能仍然具有巨大的提升空间。

2011年4月12日至14日，一年一度的SAE年会将在美国底特律举行。届时，业内的汽车制造厂商、发动机生产厂商、零部件供应商以及技术开发公司等等都将展出自己最新的技术研发成果。作为年会的主要赞助商之一，FEV也将会在展会上主持“FEV动力创新论坛”，发布最新开发成果与论文。

SAE年会上，我们还将在FEV展台展示最新的发动机技术，例如：超小型化的新型发动机、并联式混合动力系统（带新型行星齿轮系）、紊流辅助燃烧ATAC轻型压缩天然气发动机（可达到类似柴油发动机油耗水平）以及FEV高效燃烧系统HECS轻型柴油发动机（具有低CO₂排放、200 bar的峰值燃烧压力、可变气门升程与可变涡流机构）。此外，在客户允许的前提下我们还将展出与某些客户合作开发的发动机产品。

毫无疑问，下一个十年在发动机和汽车技术发展史上将会具有重大意义。我们在此诚挚的邀请您光临2011年SAE会议，邀请您一睹传统动力与电动动力的炫丽未来。

此致

敬礼！

Gary Rogers
副总裁
美国公司总裁

FEV发动机技术有限公司

全气囊等系统，它还覆盖到例如灯光、节气门控制和自适应减震功能等系统。

ISO 26262

随着功能安全性相关问题的逐渐增多，汽车行业也提高了对于功能开发的安全性标准的要求。ISO26262标准是在IEC61508的基础上产生的，并且遵循了功能安全性的规范和多个专业领域的基础规范。至今，ISO26262已专门应用于汽车领域；而来源于工艺与自动化专业的IEC61508，已不再适用于汽车工业了。

自从2007年早期，FEV已经开始对ISO26262标准的经验积累。FEV的工作涵盖到标准制定的相对简单的初期，以及所有的后期修改阶段。

在分析偶发电子电气零部件故障导致的损害的过程中，下列事项被作为功能安全性检测的部分科目：

- 说明书
- 应用与错误认知
- 操作过程中的失效
- 合理的可预知的操作错误
- 合理的可预知的错用或滥用

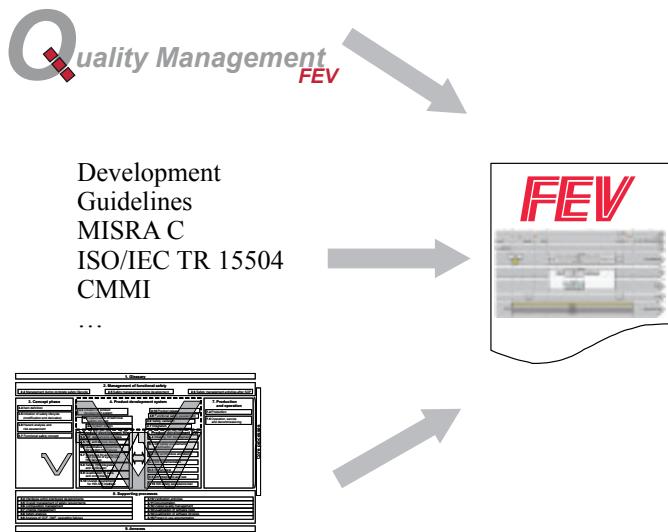


图1：FEV 安全生命周期

FEV开发了一个覆盖整个项目开发周期的安全生命周期。这一安全生命周期是基于FEV内部质量管理规则、CMMI开发指导规则和ISO26262标准中的安全周期要求，如图1所示。



风险评估方法

出于可靠性考虑，ISO26262遵循了与IEC61508相同的风险评估方法。在概念阶段，每一个功能风险的评估都要考虑到故障发生的概率与风险的严重程度。每一个损害的风险可以由三个决定性的参数表征：出现频率、可控程度与严重程度，如图2所示。

		F = Exposure x Controllability					
		1	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵
Severity		S0-无伤害	QM	QM	QM	QM	QM
S1-轻度和中度伤害	ASIL B	ASILA	QM	QM	QM	QM	QM
S2-严重的伤害，存在生还可能性	ASIL C	ASILB	ASILA	QM	QM	QM	QM
S3-对生命存在威胁的伤害，可能致命	ASIL D	ASILC	ASIL B	ASILA	QM	QM	QM

图2：汽车安全整合等级 ASIL

这一ASIL描述了4种可能的安全整合等级，并明确了必要的安全需求质量，来使残余风险降低到可以接受的安全标准以下。这里D是最高、A是最低的安全级别。ISO26262中所有的普通章节都有ASIL的依据。贯彻ASIL的目的在于指引方法来尽量避免系统性的失效和减少由随机的硬件失效而导致的风险，从而使这种风险降低到可以接受的水平。

作为一套主观的方法论，风险评估中需要具有一定专业知识的专家参与，以保证最终结果既不过度、又为充分，并保证针对某一供应商的不同车型具有一定程度的标准型。FEV的专家团队，是我们的客户在进行风险评估分析、确定功能安全性相关措施中的良好伙伴。

支持流程

为充分避免系统性失效，需要引入并确定支持流程。支持流程的目的是为了避免技术要求错误、执行过程错误以及认知错误。这在汽车工业中是极其重要的，因为在主机厂和供应商之间存在的工作划分是极为错综复杂的。

FEV依据ISO26262确定的支持流程，是以我们的CMMI开发模型和我们获得的CMMI二级认证的开发经验为基础的。

FEV的功能安全性开发系统

得益于较早的采用ISO26262标准，FEV已开发出一套管理系统，来保障必需的安全生命周期事项在整个项目周期中的顺利执行。负责安全的项目经理会意识到，在项目实施的不同阶段，有哪些安全性相关的事项与文件必须完成或生成，以确保功能性安全。

FEV已经取得了针对不同汽车系统的不同领域内的功能安全性的风险评估经验。FEV可以规划并定义安全概念，撰写在相应应用领域内的技术规范，比如针对变速箱自动化系统的，针对电动汽车电池管理系统的，以及针对电动汽车和混合动力汽车扭矩管理系统的。

FEV质量管理部门也具有丰富的在开发过程中应用FMEA进行失效分析的经验。FMEA方法广泛的应用在汽车安全领域，以确定专业的技术规范和为设计更改、验证的提供依据。

FEV还能作为独立的第三方来进行功能安全性的评估与审计。FEV曾经参考ISO26262为整车厂和供应商开发了一套问卷，来指导功能安全性的评估。针对功能安全性的管理问题和技术问题，都可以通过这套问卷得出评估结果，并最终反映在分析报告中。

ogrzewalla@fev.com



欧六以上乘用车柴油机的燃油经济性问题

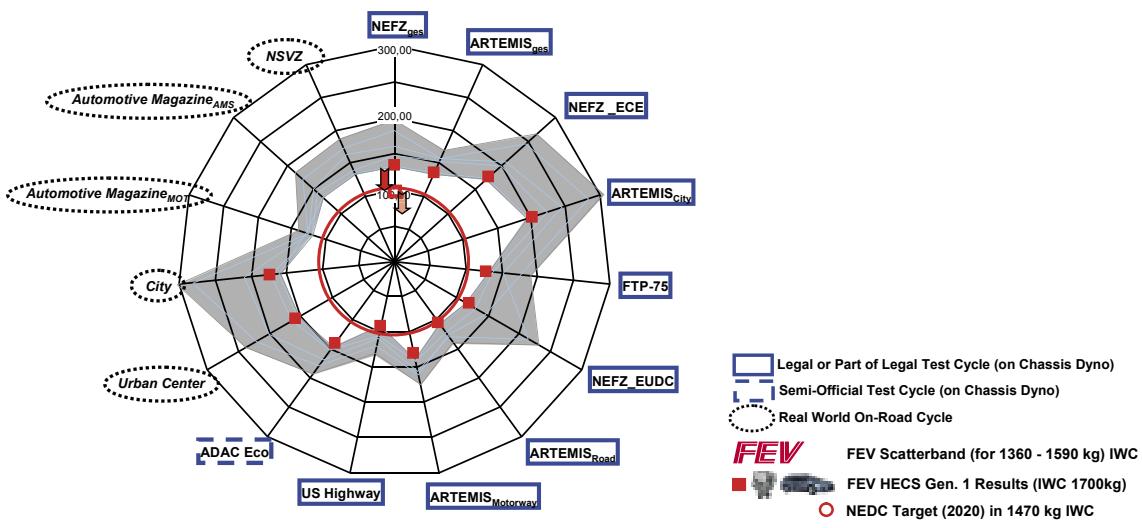


图1：降低柴油机燃油消耗的网络分析图

现代乘用车使用的柴油发动机，为汽车推进系统提供了最高的效率与最低的二氧化碳排放，同时也为达到日趋严格的法律要求提供了良好的应用基础。

能成功的同时满足极具挑战性的二氧化碳排放目标与日益严格的排放限制的关键，在于对可控高效的运行工况点的控制与管理。对于燃烧过程，要实现这一策略，可以通过工况点调整（小型化与低转速）与电辅助驱动。

对基础发动机的燃油消耗与排放性能的优化，需要在改进发动机机械性能与热力学性能的同时，通过综合的热管理系统来降低热机时的能量损失。另外，对排气后处理系统的优化布置是切实改善燃油消耗性能所必需的。

而在辅助的混合动力驱动中，考虑到发动机排放特性，针对控制策略的初步优化是不可避免的。这里的开发过程需要应用很多现代化的开发工具，并且要求对目前发动机开发概念与后处理技术拥有雄厚的知识与经验基础（见图2）。

针对满足欧六以及未来更为严格的排放法规，包括满足未来极为严格的二氧化碳排放法规，FEV一直以来不遗余力的投入大量研究，并不断总结出一套行之有效的方法与措施。

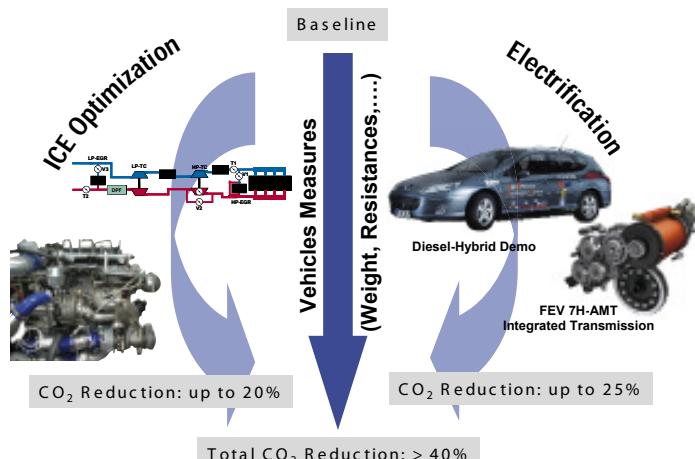


图2：实现二氧化碳目标而采用的策略

FEV已经研究过这种集成柴油发动机的混合动力概念，研究其对现在以及未来可能的工况循环的各项性能潜力。FEV的HECS（高效燃烧系统）柴油机概念已经达到非常有竞争力的排放水平，在1700千克的整车重量的轿车上只产生95g/km的二氧化碳排放。这么低的二氧化碳排放水平一般是代表1360至1590千克级别的轿车水平。这意味着，通过适当的技术升级，这种概念具有达到2020年二氧化碳排放限制的潜力。

koerfer@fev.com

电动汽车的噪声性能

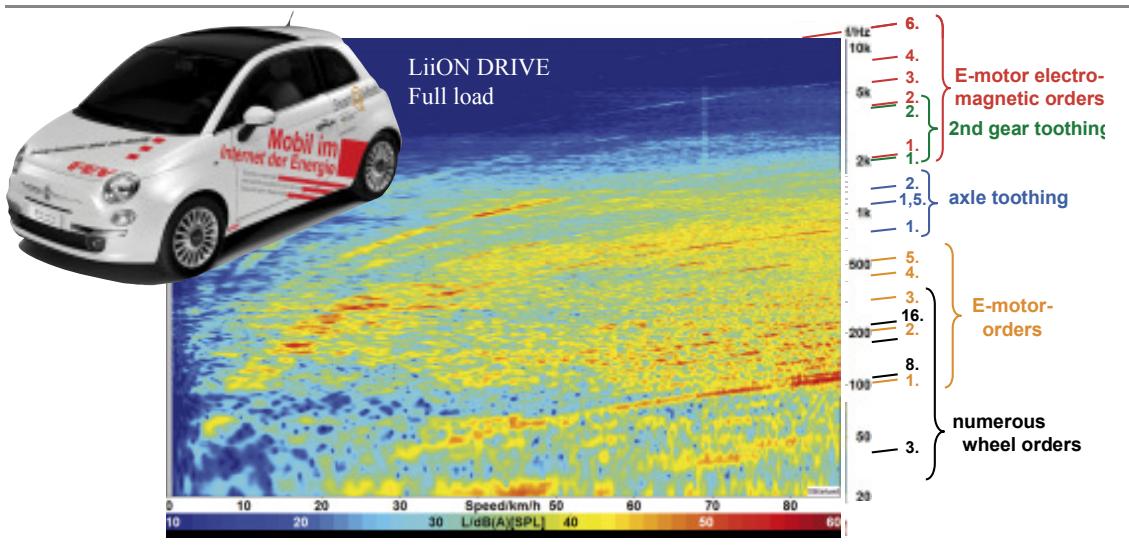


图1：“LiiON电驱动”在全负荷时的车内噪声性能

针对汽车动力系统的电气化，将改变未来汽车的噪声性能。电动汽车要比传动的发动机动力汽车噪声低很多，但电气零部件经常产生的高频噪声，会让驾乘者感到很不舒服。此外，由于没有了发动机对噪声的屏蔽效果，辅件噪声、车轮噪声和风阻噪声将会愈加明显。

FEV在自主开发的Fiat 500 “LiiON电驱动”混合动力车上进行了针对噪声性能的诸多研究，并具体分析了噪声的各种来源（见图1）。与Fiat 500基本车型相比，在驾驶者感到同样的动态性能的条件下，该车的全负荷车内噪声下降了12dB。

在噪声实验室内进行的主观噪声评估结果显示，有效的降低电动机与变速箱产生的高频噪声，将会获得更为舒适的车内噪声性能。针对赛车市场，我们还可以通过加装主动系统等技术，引入与道路负荷相对应的低频电机噪声，以提高驾驶者的主观动态感觉。

电动汽车的可续里程可以通过加装增程器来提高，其动力系统由一台发动机与一台电动机组合而成。这类混合动力汽车的噪声必须与纯电动汽车在同一水平。这就需要一方面选择合适的发动机（比如Wankel转子发动机）作为增程器，另一方面，可以在发动机悬置与阻隔噪声措施上寻找方法。增程器的控制策略也会影响到整车的噪声振动性能。

一般在车速低于30km/h时，应尽可能避免增程器发动机的工作，以免产生明显的噪声。在车速高于30km/h时，通过控制发动机转速可以实现车轮噪声与风阻噪声对发动机噪声的有效屏蔽，同时获得较好的驾乘动态性能。

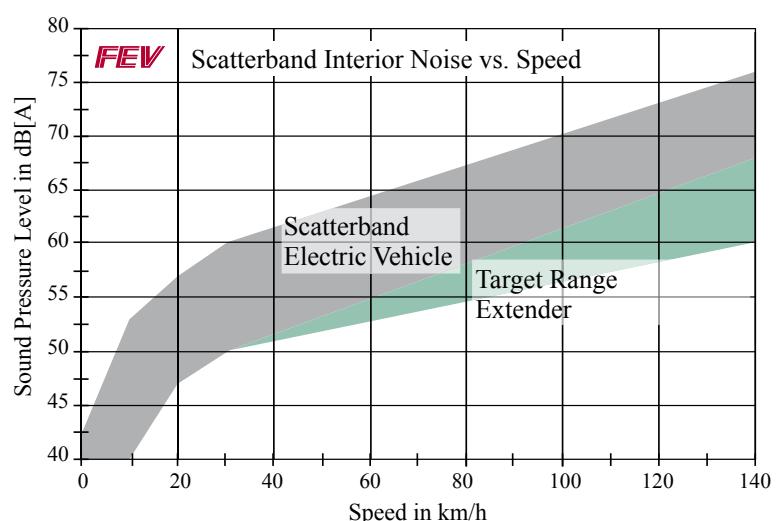


图2：增程式电动车的车内噪声开发目标

FEV通过诸多电动汽车开发项目逐步积累的噪声开发经验，将会为与客户合作开发的项目提供有力的技术保障。

商用车发动机面临的新挑战



未来商用车发动机的设计概念将出现相互矛盾的开发目标。这些目标要求有，最低的油耗与排放，最高的可靠性与耐久性，以及出色的操控性与舒适性，同时产品的价格也需要有较高的市场竞争力。

不同市场中对低排放水平与高可靠度的渴求，只有通过优良的发动机设计才能达到目标。这就需要在尽可能早的概念的阶段就达到相对高的设计升功率，并选择适当的废气后处理系统。

FEV通过其在分布全球的服务网络，以及对独特市场需求的认知，为商用发动机的开发提供领先的专业知识。服务范围包括，从概念到CAE开发，以及发动机台架试验和整车集成与标定。

尾气排放与后处理

当前，欧盟和美国EPA颁布的排放标准已经对动力总成的开发构成重大挑战。然而，即将到来的废气排放标准将会进一步要求降低排放水平；这意味着，在提高对燃烧效率的要求的同时增加了排气后处理系统的负担。

现代后处理系统必须采用闭环控制与详细诊断，以保证在车辆寿命内的排放维持在一定的水平上。高效排放控制系统的应用，标志着重型柴油发动机进入了一个新的篇章。发动机在实现尽可能高的效率的同时，传统重型柴油机具有的优良的耐久性与可靠性也得以保持。

商用卡车的发展，主要驱动力来源于燃油经济性、排放水平、车辆可靠性与成本。初步的降低排放的措施主要是通过缸内的方法，如：发动机四气门技术、涡轮增压与中冷技术，提高喷油压力与改进燃烧室形状，调节气流运动以及精确的电控EGR系统。所有这些部件和复杂的系统的可靠性，或者说功能性，要求覆盖整个发动机的生命周期，而这往往又与成本优化相互矛盾。

针对这些要求，FEV能够利用独特的方法与技术，最大限度地降低发动机开发和客户使用中的风险。例如优良的噪音性能，也将是目前以及未来商用车的开发要求。这方面，FEV拥有雄厚的与商用车噪音振动相关的技术知识与开发经验——包括CAE技术、测试台架和道路车辆测试技术。

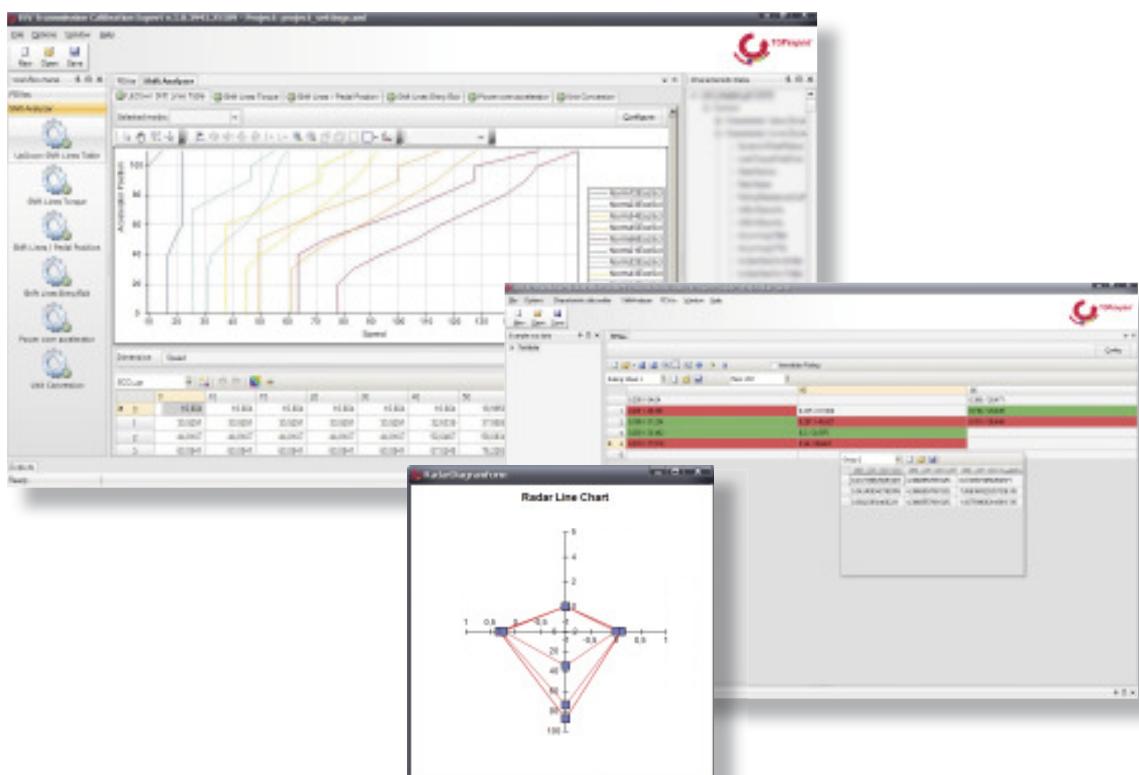
独特的测试技术与NVH开发方法

独特的测试技术可以应用于几乎所有的发动机零部件。如果需要排除故障，可以在客户现场进行，由FEV经验丰富的工程师进行根原分析并采取措施。随后，在发动机点火条件下针对发动机零部件进行相应的测试。从而得出评估结果，并提出所需的设计变更或其他必需采取的措施。

除了法规要求的车辆外部噪声性能，车内NVH性能与舒适性也越来越重要。这需要在开发中考虑到整个车辆系统，以实现均衡的声音和振动表现。



TOP专家 TraCE: 变速箱标定专家



TraCE专家软件中换档标定模块的应用示例

标定软件“TOP专家”，是FEV公司提供的业内公认的高效的标定应用软件。基于诸多工程师超过七年的大量标定项目所积累下来的应用经验，软件又被作了进一步的升级。升级后的软件拥有开放的平台，可以更为便捷的支持标定任务，实现与模拟模块、工作流以及Matlab代码的集成与应用。

柔性而开放的平台技术，加上深厚的标定经验，升级后的软件能更为快捷的运行。新软件除了提供针对柴油机、汽油机和混合动力的标定应用外，还增加了针对变速箱标定的模块TraCE（变速箱标定专家）。

TraCE的基本功能包含对换档策略的柔性控制，以及扩展的在线分析功能。此外，换档质量评估模块提供了对变速箱标定的客观评定方法。这种基于新算法构架的“TOP专家”也被具体项目证明是有效的。一般在项目开始后的六个月内，就可通过软件构建模型并实现应用。

TraCE软件中包含两个不同的模块。第一个模块是针对换档的模块化工具，用于分析加速性能、轮端自由转矩和换档点滞后等重要参数。因此，TraCE采用了可以被快速标定和应用的整车和动力总成模块。从另一个角度讲，所有这些针对驾驶条件进行的分析，被在线应用到标定工程师的工作中，从而提高了标定效率。

TraCE软件的第二个模块是用来评估换档质量。基于在线测量或者离线数据的换档质量可以通过客观参数表征，并以此作为评估标准。这些参数可以根据客户需求加以应用，也可以自动生产换档质量评估表格，并与目标值相对比。可接受和不可接受的换档将会被用不同的颜色标记下来，并被进一步分析。与一般的换档标定相比，这种方法可以更好的明确标定工程师的标定目标，从而大大推进整个项目进程。

schlosser@fev.com
kirschstein@fev.com

FEV耐久测试中心的扩建

在德国莱比锡的小镇Brehna测试中心，FEV已运行31组发动机及动力总成耐久测试台架两年以上。在此期间，数百个不同类型的测试项目已经完成，其中被测试的一些动力总成已经投入生产。

连续运行模式是高效的测试方法，可以快速的了解开发效果，有效的缩短项目周期。在此期间，测试技术、测试的组织管理以及相应的监控过程，在不断的完善改进中，以满足很多甚至相互矛盾的测试要求。

在全球范围内存在的不同的法律法规要求、针对具体国家的燃油质量要求、新的节油技术要求、降低测试成本要求以及因此出现的不同形式的动力总成，对测试系统提出了很高的要求。比如，针对启动/停止系统，就需要一套全新的、现代的测试系统与测试方法。

FEV将目前获得的经验的基础上，再次扩建这一耐久性测试中心，增加四个发动机试验台架，并计划在2011年的第四季度进行这四个测试台架的调试。

trampert@fev.com



FEV 耐久性测试中心，Brehna，德国

联系方式：

FEV Motorentechnik GmbH
Neuenhofstraße 181
52078 Aachen 德国
电话: +49 241 5689-0
传真: +49 241 5689-119
电邮: marketing@fev.com

FEV, Inc.
4554 Glenmeade Lane
Auburn Hills, MI, 美国
电话: +1 248 373-6000
传真: +1 248 373-8084
电邮: marketing@fev-et.com

FEV China Co., Ltd.
No. 35 Xinda Street Qixianling
High Tech Zone · 116023 大连 中国
电话: +86 411 8482-1688
传真: +86 411 8482-1600
电邮: fev-china@fev.com

FEV India Pvt. Ltd.
Technical Center India
A-21, Talegaon MIDC
Tal Maval District · Pune-410 507 · 印度
电话: +91 2114 666-000
电邮: fev-india@fev.com

FEV在CTI研讨会上展示变速箱研发的新成果



FEV 在CTI 研讨会上的展出，2010年，柏林 德国

业界内的专家在2010年11月29日到12月2日举办的第九届主题为“自动变速器的革新”的国际CTI研讨会上，探讨了关于传动系统和行驶系统的开发问题。针对传统驱动和电气化驱动的技术革新是报告和展示中讨论的主题。与会者对FEV的展台产生了浓厚的兴趣。

FEV展示了两款混合动力汽车变速箱的开发概念，两款都来自与其自身研发。其中的手自一体变速器7H-AMT具有较高效率、较低成本的特点，并允许在齿轮切换中没有扭矩的冲击。另一款HICEPS混合动力的动力总成，也提供了类似的性能特点，系统采用一套新型互联的行星齿轮与一台集成的电动机。

在其他展商的展台上，所展出的一些产品也展示了FEV在变速箱开发上能力。比如在宝马Mini轿车上装载的自动变速箱，就凸显了FEV在传统自动变速箱标定项目中的丰富经验。在这个项目中，FEV成功标定了超过20种不同的车型。

hamm@fev.com