



EIL方法在重型车国六开发和监管中的应用

Applications of Engine-in-the-loop (EIL) in Development and Supervision of heavy duty vehicles

中汽研汽车检验中心 (天津) 有限公司
CATARC Automotive Test Center (Tianjin) Co., Ltd.,

汪晓伟, 李腾腾, 凌健

Wang Xiaowei, Li Tengting, Ling Jian
wangxiaowei@catarc.ac.cn, 13803060205

目录

Contents

1

✦ 研究背景
Background

2

✦ 方法介绍
Methodology

3

✦ 试验结果及分析
Results and
Analysis

4

✦ 结论
Conclusions



中汽中心 | 检测认证

中汽研汽车检验中心(天津)有限公司



1

研究背景
Background

1.1 重型车排放油耗法规相应要求

Corresponding requirements emission and fuel consumption regulations

- **2018年6月22日, 生态环境部发布《重型柴油车污染物排放限值及测量方法(中国第六阶段)》**
- **On June 22, 2018, China VI heavy-duty vehicle emission regulation issued**
- **2019年8月19日, 四阶段油耗限值标准工作启动**
- **On August 19, 2020, the four-stage fuel consumption standard started**

发动机台架试验 Engine test

检验项目	发动机系族					
	最大源机		子机		最小源机	
	配置1	配置2	配置1	配置2	配置1	配置2
净功率	●	—	○	—	○	—
烟度	●	●	●	●	●	●
WHTC	●	●	—	—	○	○
WHSC	●	●	—	—	○	○
WNTE	●	●	—	—	○	○
再生验证	●	—	—	—	—	—
原排WHTC	●	●	—	—	○	○
原排WHSC	●	●	—	—	○	○
OBd及NOx控制	● OBd系族源机					



**发动机
Engine**



**整车
Vehicle**

PEMs试验 PEMs test

技术要求	6a阶段	6b阶段
PEMS方法的PN要求	无	有
远程排放管理车载终端数据发送要求	无	有
高海拔排放要求	1700m	2400m
PEMS测试载荷范围	50%-100%	10%-100%

排放和油耗联合管控 Emission and fuel consumption tests

进行整车油耗的测量时, 同时进行污染物排放测量, 并将试验结果进行信息公开。

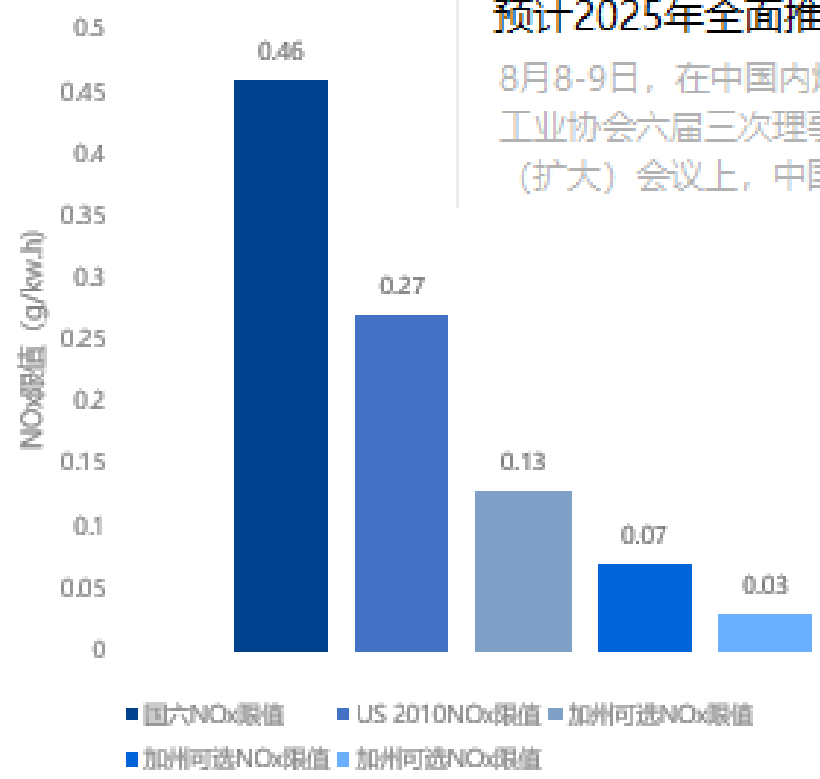
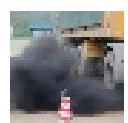
排放型式认证分成两部分: 发动机+整车。监管对象主要针对整车企业
Emission type test is divided into two parts: engine and vehicle. The target of supervision is mainly for vehicle companies

1.1 重型车排放油耗法规相应要求

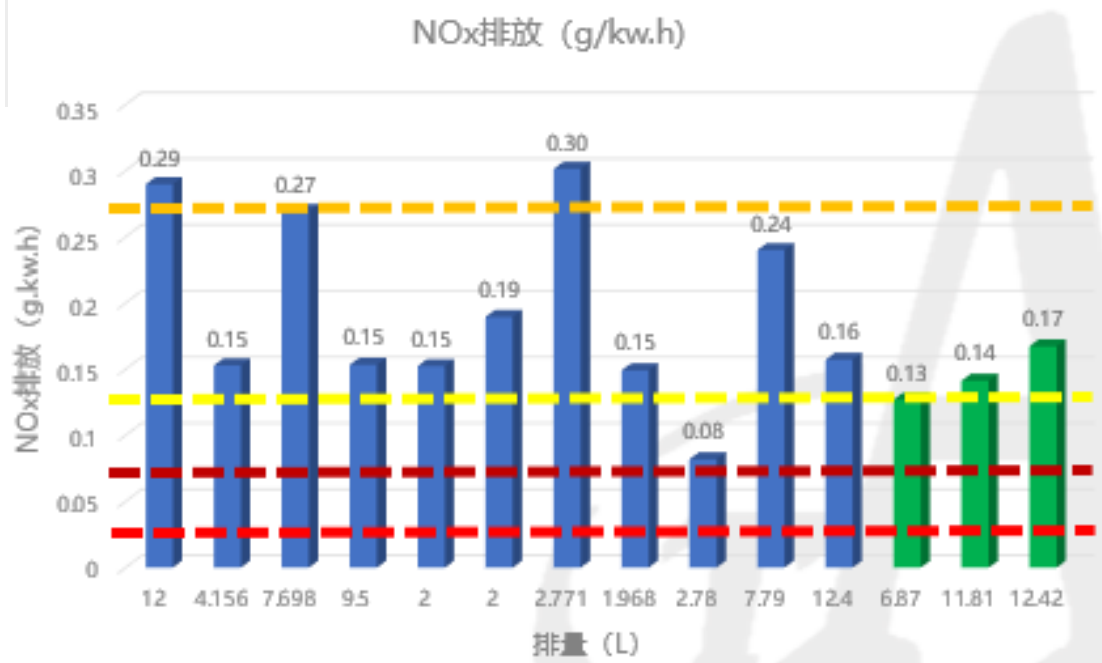
Corresponding requirements emission and fuel consumption regulations

- 下一阶段的重型车排放限值很有可能继续降低，企业达标的压力持续加大
- heavy-duty vehicle emission limits of next phase is likely to decrease, challenge escalation

国七排放已正式提上日程，专家预计2025年全面推行！
8月8-9日，在中国内燃机工业协会六届三次理事会(扩大)会议上，中国...



最先进的NOx排放法规限值



国六柴油机和燃气机的NOx排放

1.2 监管力度升级，执法处罚越来越严厉 Supervision upgraded, and penalties severe

第一百零九条 违反本法规定，生产**超过污染物排放标准的机动车**、非道路移动机械的，由省级以上人民政府环境保护主管部门责令改正，没收违法所得，**并处货值金额一倍以上三倍以下的罚款**，没收销毁无法达到污染物排放标准的机动车、非道路移动机械；拒不改正的，责令停产整治，并由国务院机动车生产主管部门责令停止生产该车型。

违反本法规定，机动车、非道路移动机械生产企业对发动机、污染控制装置**弄虚作假、以次充好，冒充排放检验合格产品出厂销售的**，由省级以上人民政府环境保护主管部门责令停产整治，没收违法所得，**并处货值金额一倍以上三倍以下的罚款**，没收销毁无法达到污染物排放标准的机动车、非道路移动机械，并由国务院机动车生产主管部门责令停止生产该车型。

环保部长陈吉宁：要严查商用车的排放污染和弄虚作假等问题

2017-02-21 23:36

商用车



人民网 >> 人民网环保频道

方力：治理重型柴油车污染要加大处罚力度



七大攻坚战:打赢蓝天保卫战、**打好柴油货车污染治理**、城市黑臭水体治理、渤海综合治理、长江保护修复、水源地保护、农业农村污染治理。

The government attaches great importance to the pollution of diesel trucks

习近平出席全国生态环境保护大会并发表重要讲话

2018-05-19 18:25 来源: 新华社

【字体: 大 中 小】 打印 分享

习近平在全国生态环境保护大会上强调
坚决打好污染防治攻坚战
推动生态文明建设迈上新台阶
李克强韩正讲话 汪洋王沪宁赵乐际出席

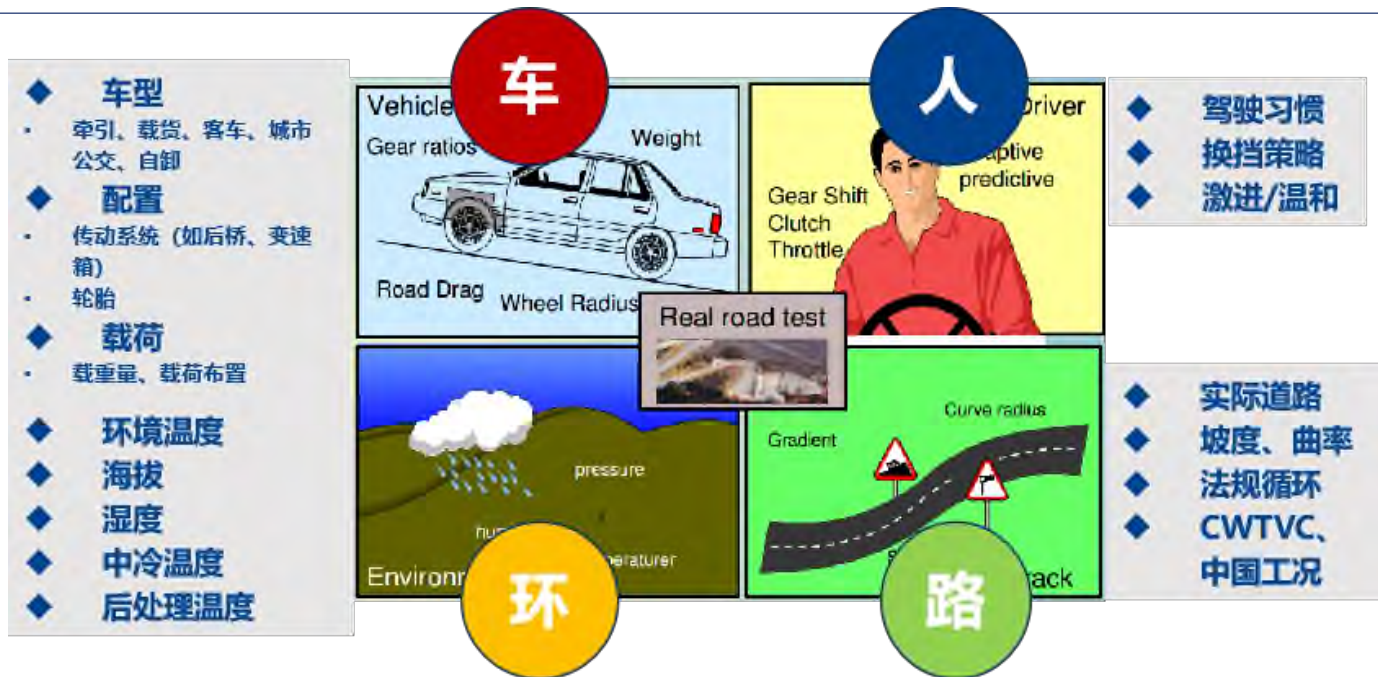
01 发动机企业面临的挑战 Challenges of Engine enterprises

- 发动机通过国六认证（基本要求）
Engine must meet National VI certification
- 发动机通过型式认证后是否满足整车的测试要求？
How to meet the vehicle requirements
- 发动机企业多是采用发动机台架进行开发，如何在开发标定过程中结合整车的要求开展工作？
How to develop engine combined the vehicle's requirements
- 如何减少对原型车的依赖？
How to decrease the rely on prototype vehicle
- 发动机企业匹配多个整车企业的多个车型，如何能保证所有车型的测试均满足要求？如何提前识别风险
How to ensure all vehicle with the same engine meet the requirements and identify the risks

02 整车企业面临的挑战 Challenges of Vehicle enterprises

- 传统模式的发动机采购，如何保证整车达标？
How to select the engine in order to meet the vehicle's requirements
- 如何保证所有车型满足国六整车排放、油耗、OBD的要求？
How to ensure all vehicle meet all requirements
- 如何合理地设计整车PEMS验证方案，对于质量部门，如何制订合理的抽查方案，从而尽可能地规避后期在用符合性的风险
How to make the verification plan and check plan to find the potential risks
- 如何在开发过程中充分发挥整车企业的优势？
How to use resources and advantages of vehicle enterprises
- 如何开展定制化的服务
How to carry out customized services

1.4 困难-在用符合性 Difficulties-In-use compliance



- 01 驾驶员驾驶习惯 (X)**
 - 样车行驶过程中的驾驶激烈与否对最终排放结果有较大影响，模拟车型车RPA考评，同时参照法规中的推荐加速度值做出相应评价
- 02 环境温度 (√)**
 - 从边界条件入手，低温边界-7℃，常温和高温环境下验证样车的实际道路符合性
- 03 海拔高度 (√)**
 - 国六a海拔边界条件1700米，国六b海拔边界条件2400米，选择从低海拔和两个边界条件入手验证排放
- 04 载荷 (√)**
 - 国六a要求50%~100%，国六b要求10%~100%，实验过程中尽量做到载荷全覆盖，按照低负载、半载和满载进行验证
- 05 测试路线 (X)**
 - 保持平均海拔一致的情况下，选择不同路线进行验证，包括海拔平缓路线和海拔急增急减路线等

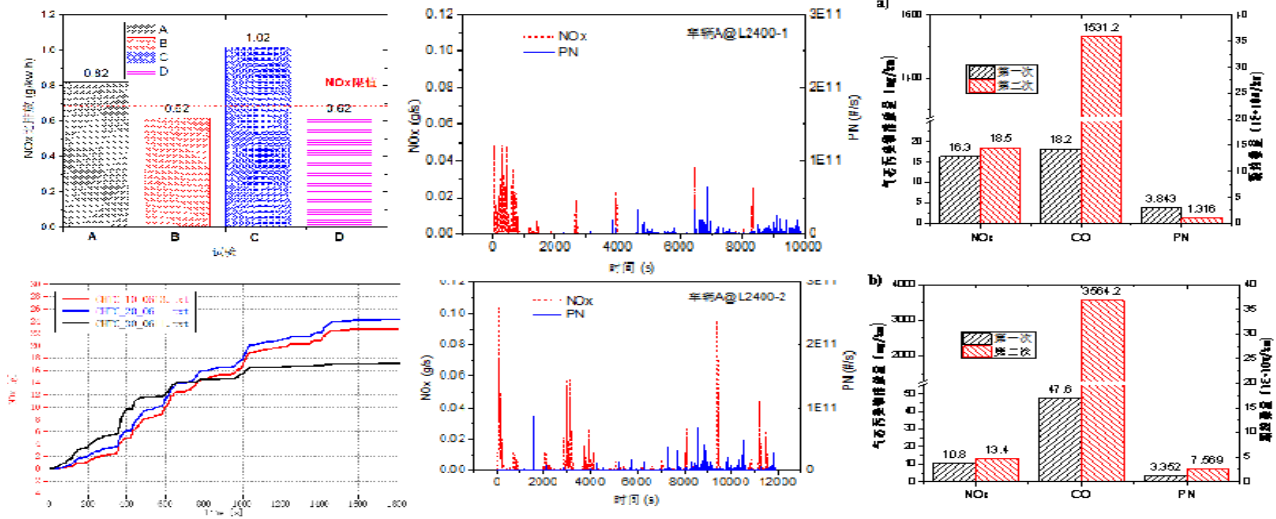


表1 -7℃环境下的测试

海拔 \ 载荷	10%	50%	100%
0 m	A ₁	D ₁	G ₁
1700 m	B ₁	E ₁	H ₁
2400 m	C ₁	F ₁	I ₁

表2 20℃环境下的测试

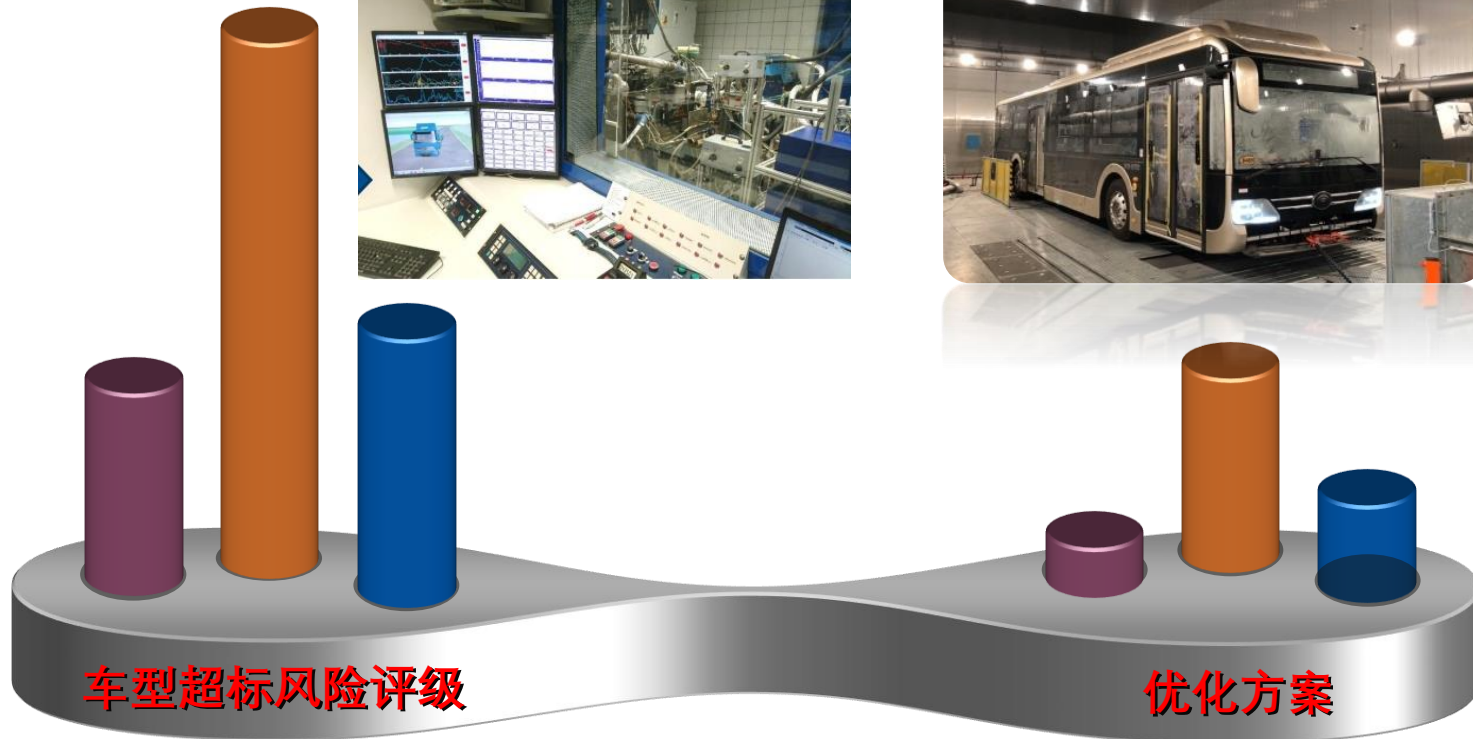
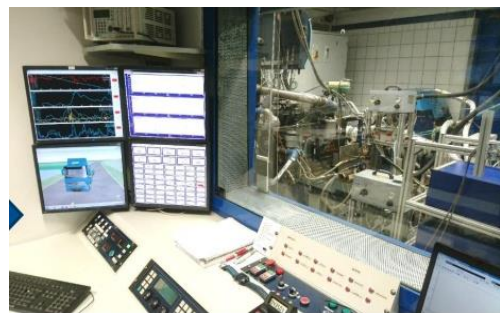
海拔 \ 载荷	10%	50%	100%
0 m	A ₂	D ₂	G ₂
1700 m	B ₂	E ₂	H ₂
2400 m	C ₂	F ₂	I ₂

表3 38℃环境下的测试

海拔 \ 载荷	10%	50%	100%
0 m	A ₃	D ₃	G ₃
1700 m	B ₃	E ₃	H ₃
2400 m	C ₃	F ₃	I ₃



发动机在环 (EIL) + 实车测试验证 + 优化 Engine-in-the-loop(EIL)+real vehicle verification + optimization



车型超标风险评级

优化方案



中汽中心 | 检测认证

中汽研汽车检验中心(天津)有限公司

2

方法介绍
Methodology

2.1

结合虚拟和实际结合的链状开发方法

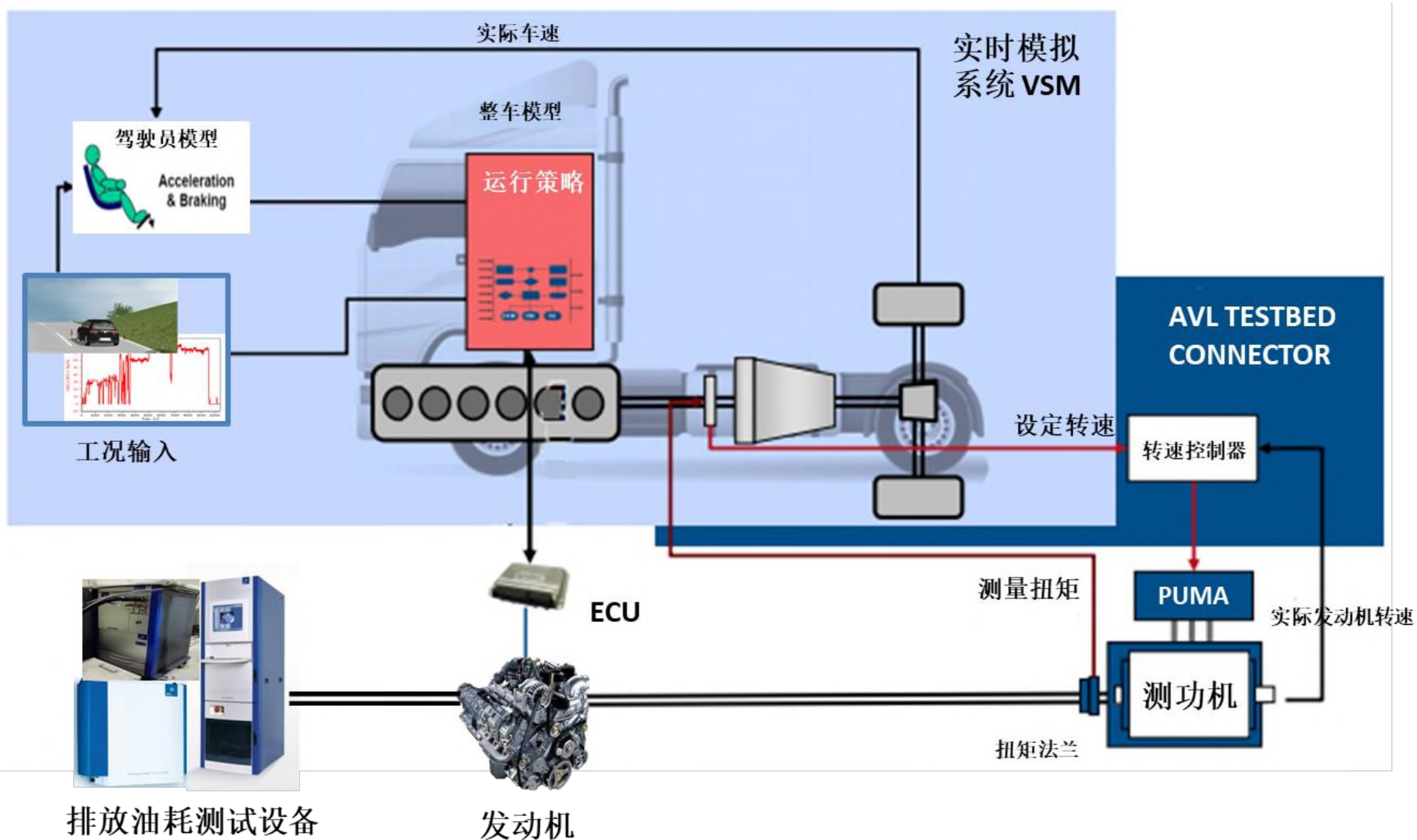
Chain development method combining virtual and actual

结合虚拟和实际的方法，根据虚拟部件的组成，在各个开发阶段均有应用。（蓝色方框为实际，灰色方框为虚拟）



2.2

EIL 平台 Engine-in-the-loop Platform



在发动机台架上实现对整车性能的评价
Evaluate vehicle performance on engine test bed

2.3

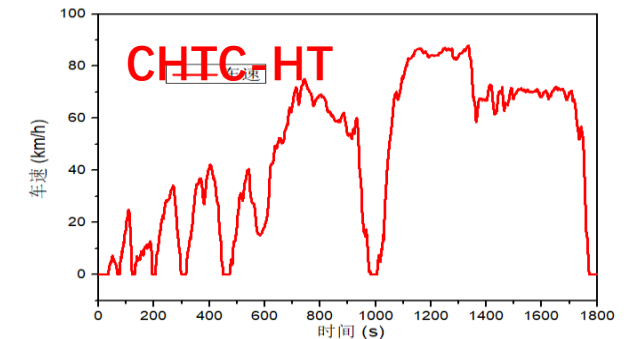
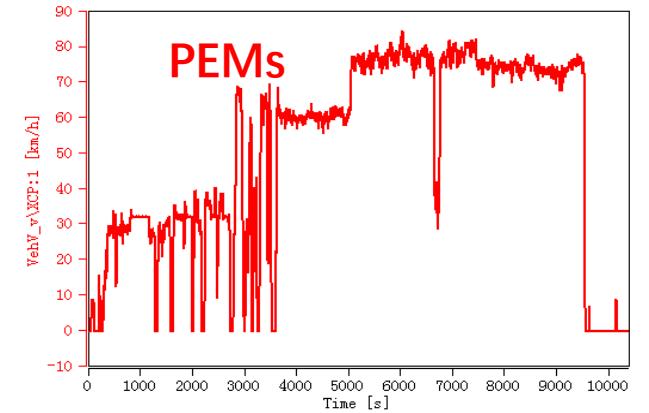
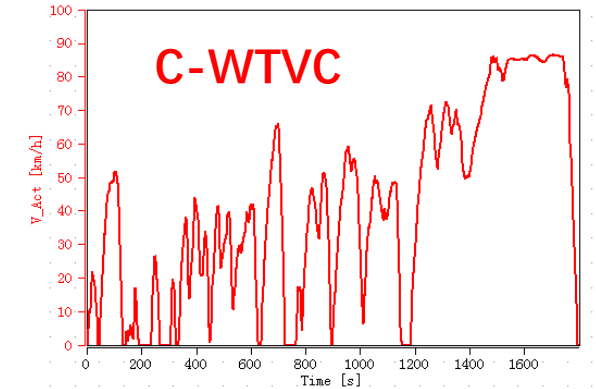
试验设置 Experimental setup

Parameter	Value
Vehicle type	N3
Vehicle curb weight	6800 kg
Maximum total mass	42000 kg
Maximum design speed	110 km/h
Transmission system	9-speed manual
Tire specifications	12R22.5
engine capacity	7.7 L
Bore×Stroke	110 mm×135 mm
Rated power/speed	243 kw/2200 rpm
Idle speed	600 rpm
Emission Control Technology Route	EGR+DOC+DPF+SCR+ASC
Emission Standards	China VI

Main parameters of tested vehicle and engine

Equipment name	Equipment Type and Manufacturer
AC Dynamometer	AVL INDY P44
Test bed control system	AVL PUMA Open V1.5.3
Intake air temperature conditioning	AVL Air Conditioning System 1600
Gaseous emission measurement	AVL Emission Bench AMA i60
Particle number (PN) measurement	AVL 489
Fuel consumption measurement	AVL 753C/735S
Vehicle model system	AVL VSM™
Real time system	AVL Testbed CONNECT™ (RT)

Test equipment



Test Cycles



中汽中心 | 检测认证

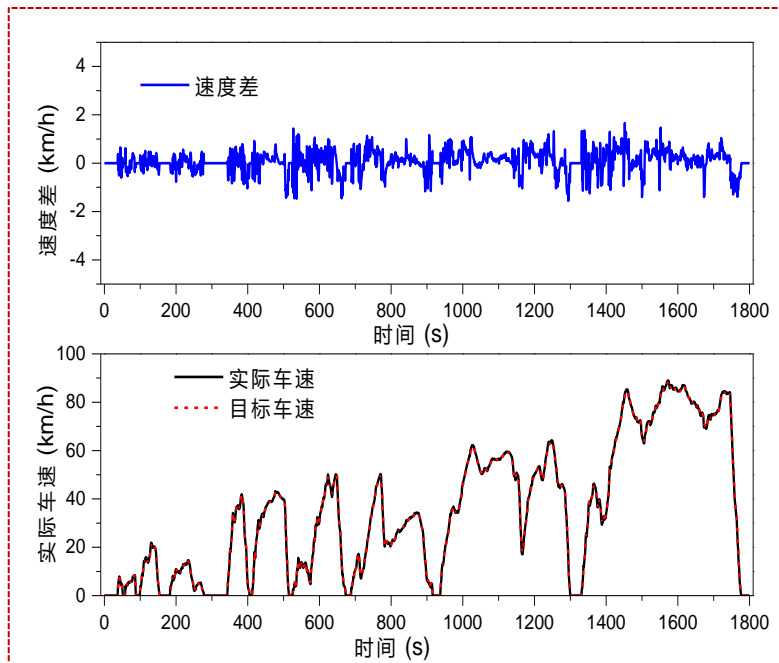
中汽研汽车检验中心(天津)有限公司

3

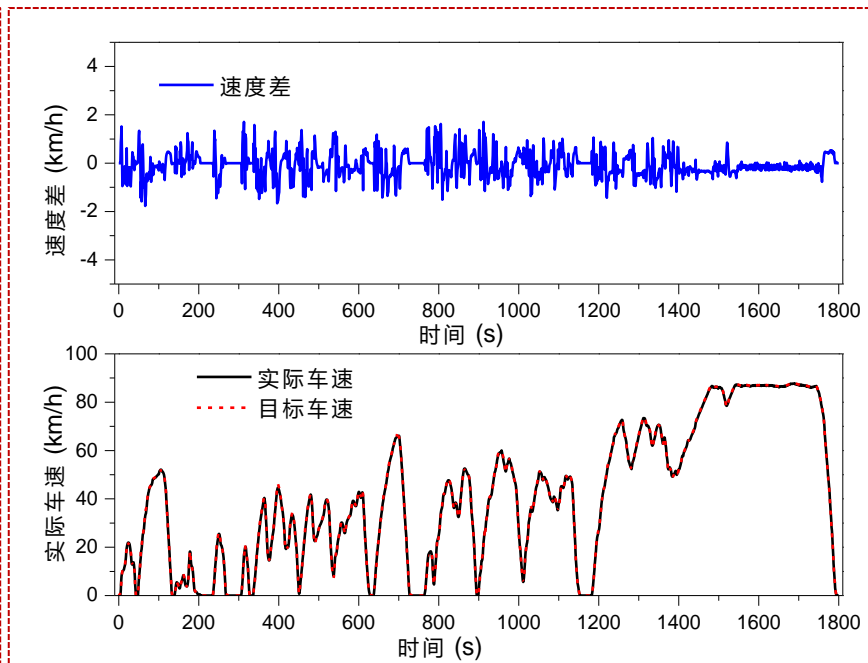
试验结果及分析 Results and Analysis

3.1 EIL方法的精度-车速跟随性

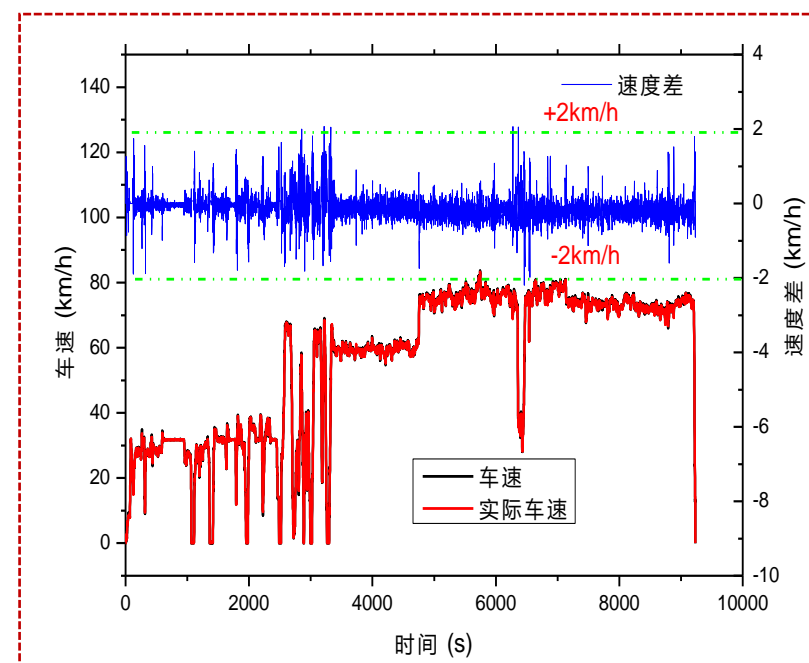
Accuracy of EIL Method-Speed Followability



CHTC-HT



C-WTVC



PEMS

发动机在环的方法能够在台架上较好复现出整车的行驶工况。实际车速基本上能跟随目标车速。

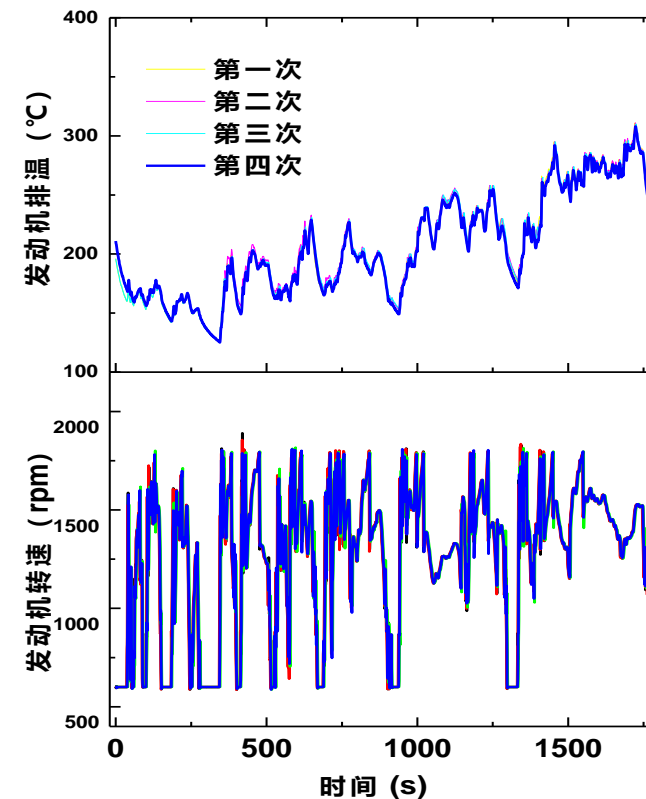
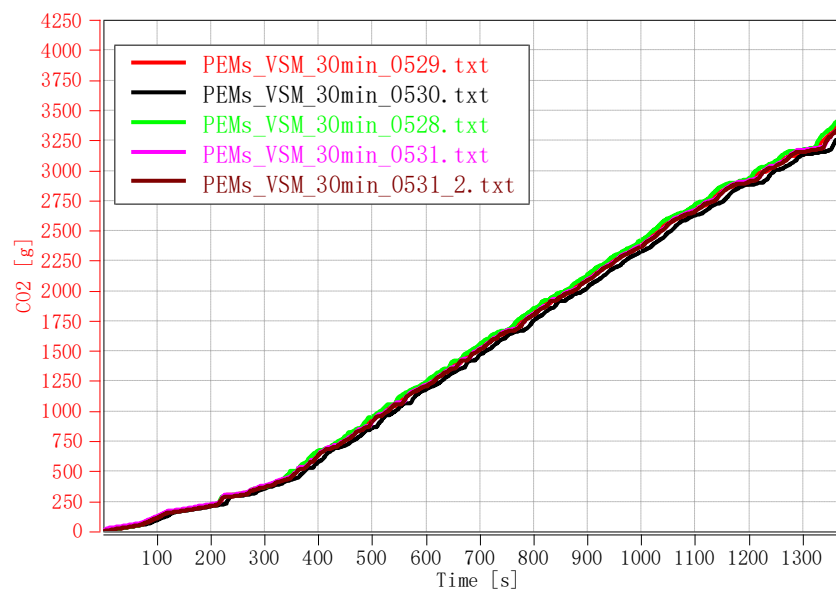
The engine-in-the-loop method can better reproduce the driving conditions of the vehicle on the engine test bench. The actual vehicle speed can basically follow the target vehicle speed

3.2 EIL方法的精度-数据一致性 Accuracy of EIL Method-Data consistency

次数/参数	油耗 (L/百公里)	PN 累计排放 (1×10^{12} #)	NOx 累计排放 (g)	里程 (km)
第一次	21.33	1.1	22.755	17.344
第二次	21.16	0.98	24.772	17.345
第三次	21.36	1.04	24.273	17.348
第四次	20.95	1.08	26.797	17.348
标准差	0.19	0.0529	0.25	0.002
平均值	21.2	1.05	24.65	17.35
误差 (%)	0.89	5.04	1.02	0.01

中国工况油耗排放一致性

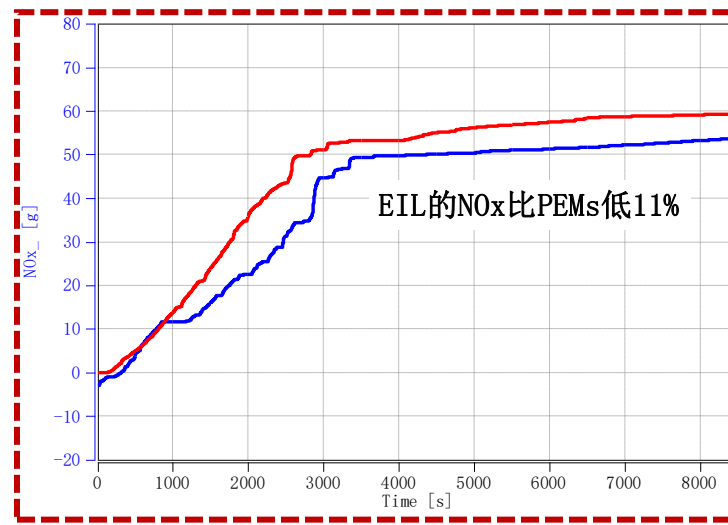
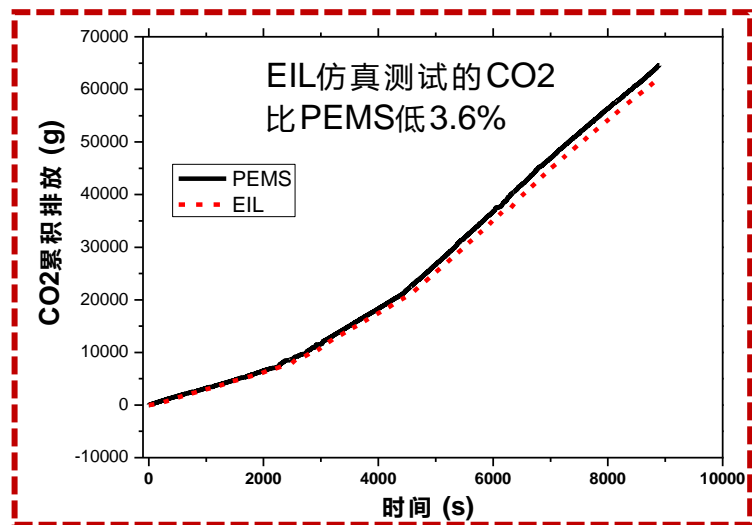
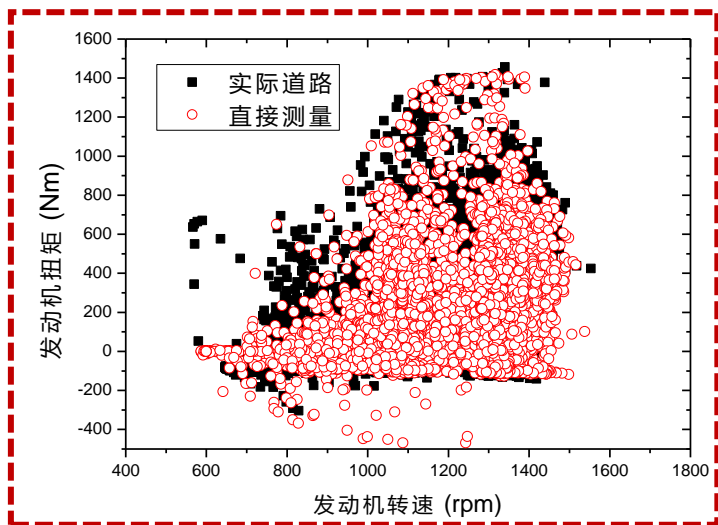
Data consistency of emission under CHTC



发动机在环的方法获得的数据一致性好，重复性高

The data obtained by the engine-in-the-loop method has good consistency and high repeatability

3.3 EIL方法的精度-实际比对 Accuracy of EIL Method-Difference with the actual PEMS test



发动机在环与PEMS实际排放相比：

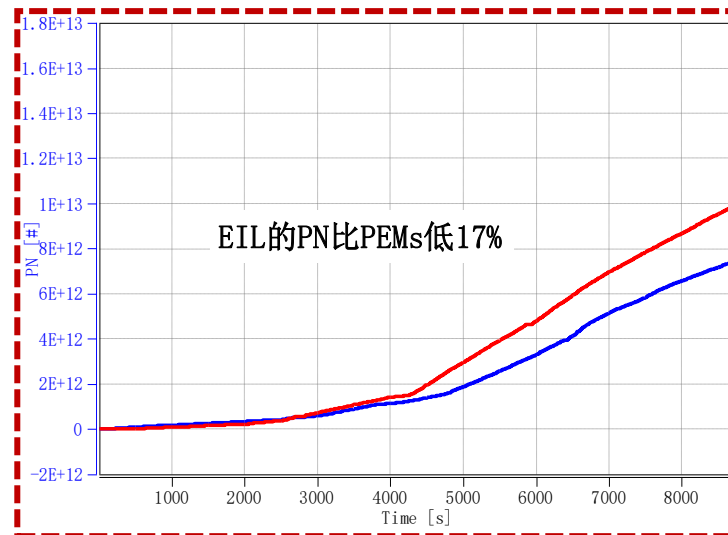
Difference with the actual PEMS test：

CO2低4.5%，NOx低11%，PN低17%

4.5%，11%，17% lower than actual PEMS for CO2, NOx and PN respectively.

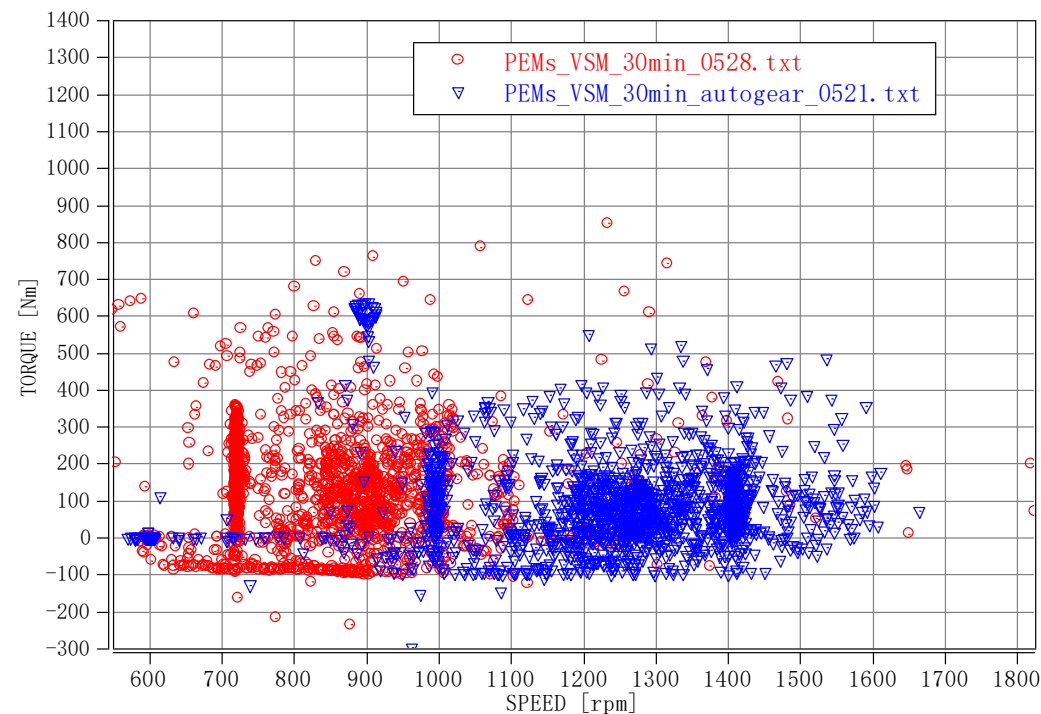
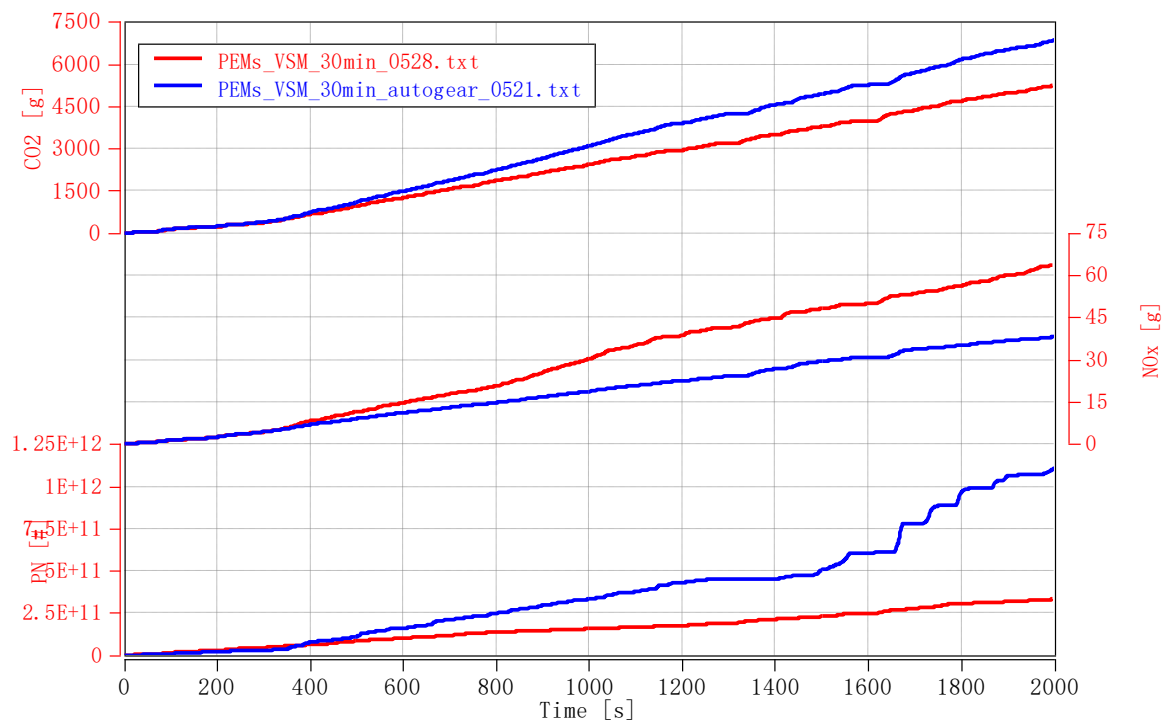
原因分析(Reason analysis)

1. PEMS设备和台架测试设备的差异(equipment difference)
2. 后处理排温可以做到跟实际PEMS基本一致(exhaust temperature difference)
3. 中冷温度的控制还需要一定的优化 (intercooler temperature difference)



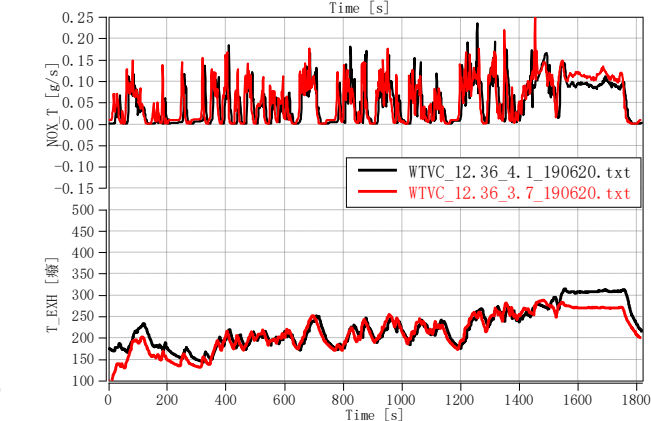
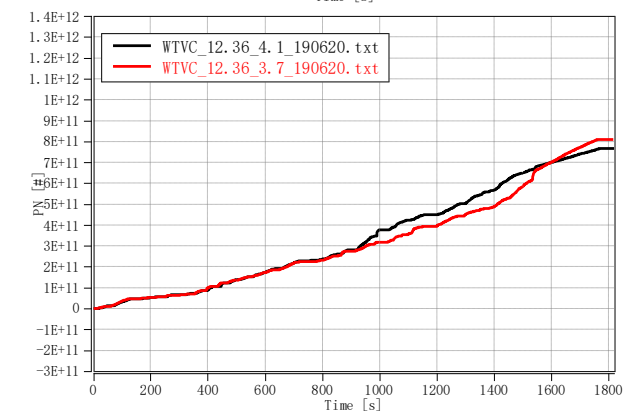
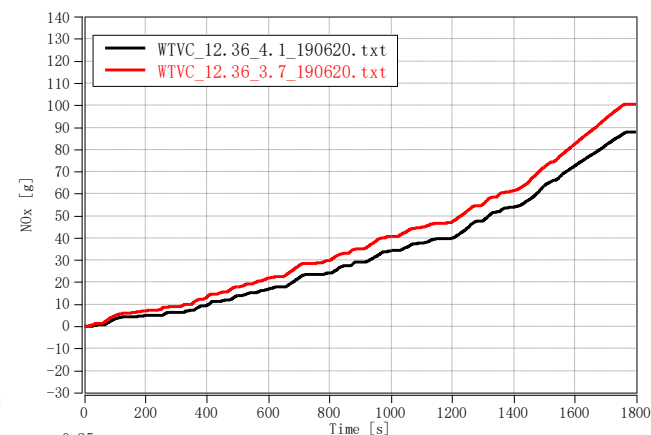
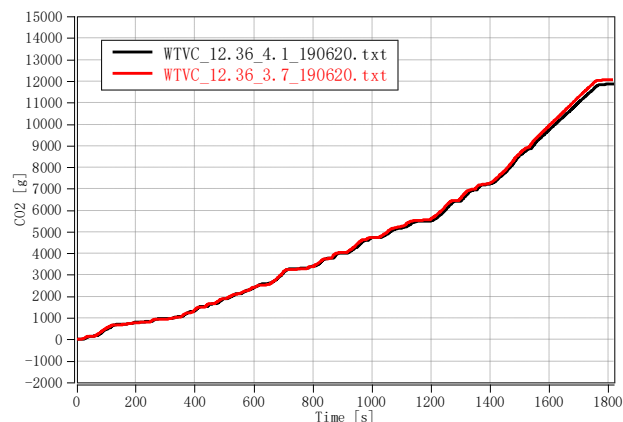
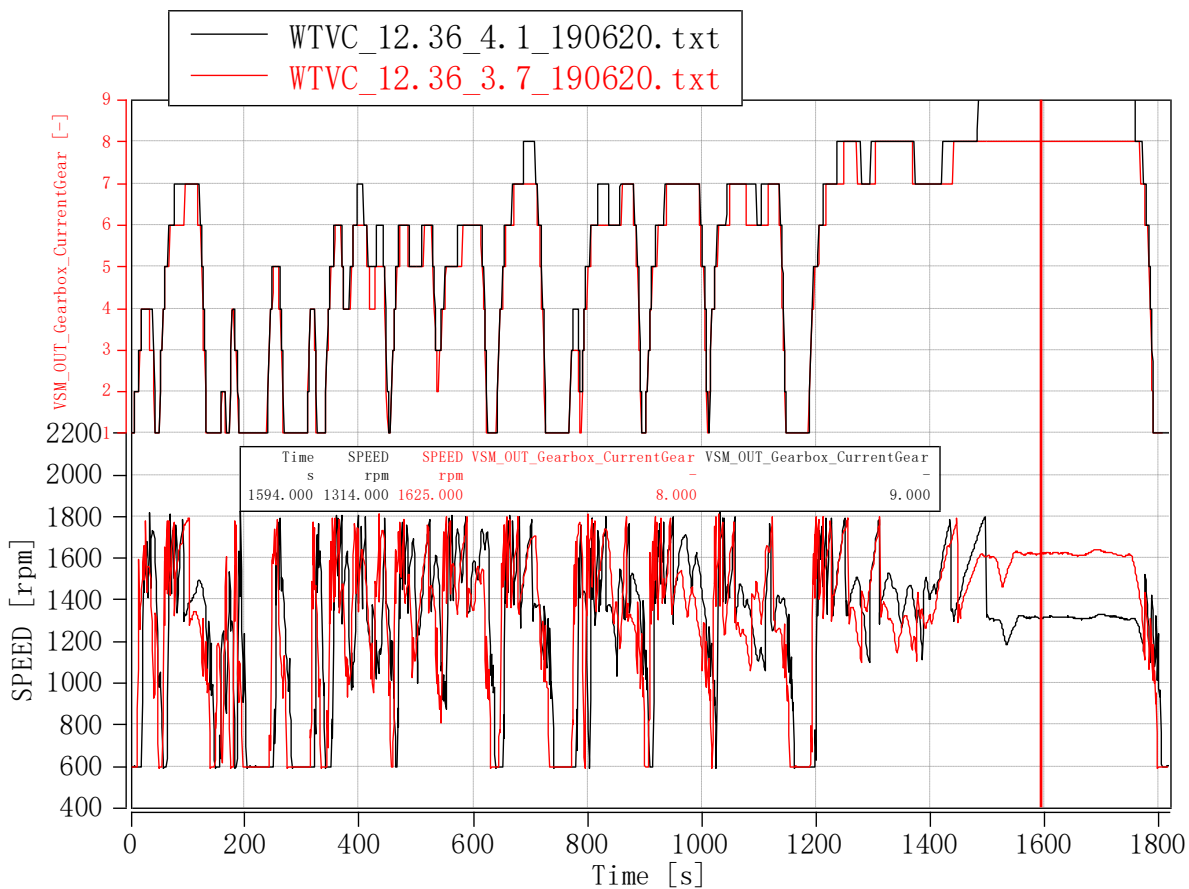
3.4 换挡策略的影响

Effect of gear strategy on emissions



- 重型车为手动档，换挡对发动机工况的影响较大，因此，驾驶习惯会对排放和油耗造成巨大影响。
Different gear strategy has great impact on emissions

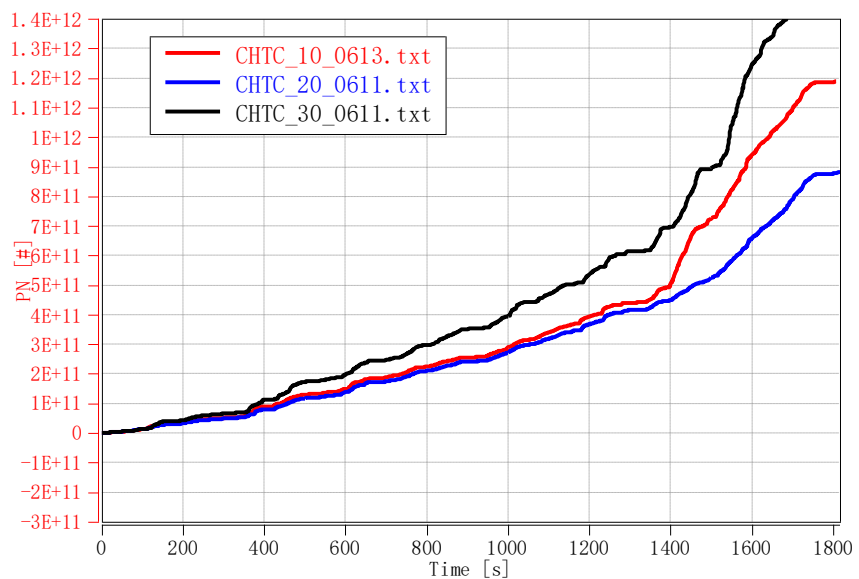
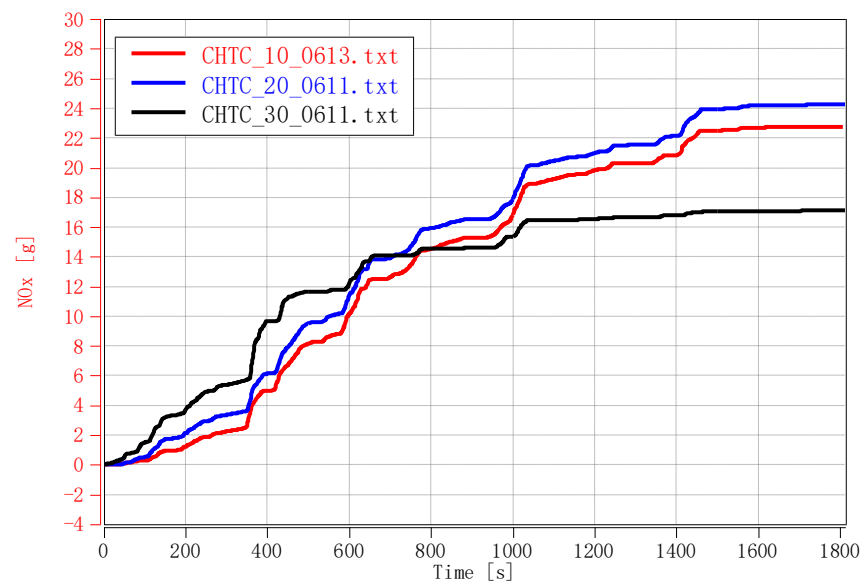
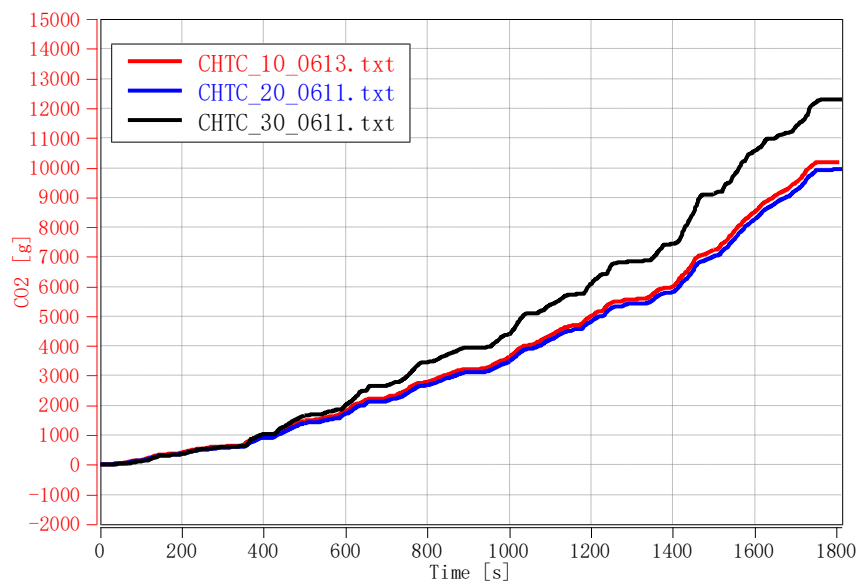
3.5 车型配置的影响 Effect of vehicle configuration on emissions



• 不同的后桥速比会导致发动机工作区域发生变化，从而影响油耗和排放。

Different drive ratio has great impact on emissions

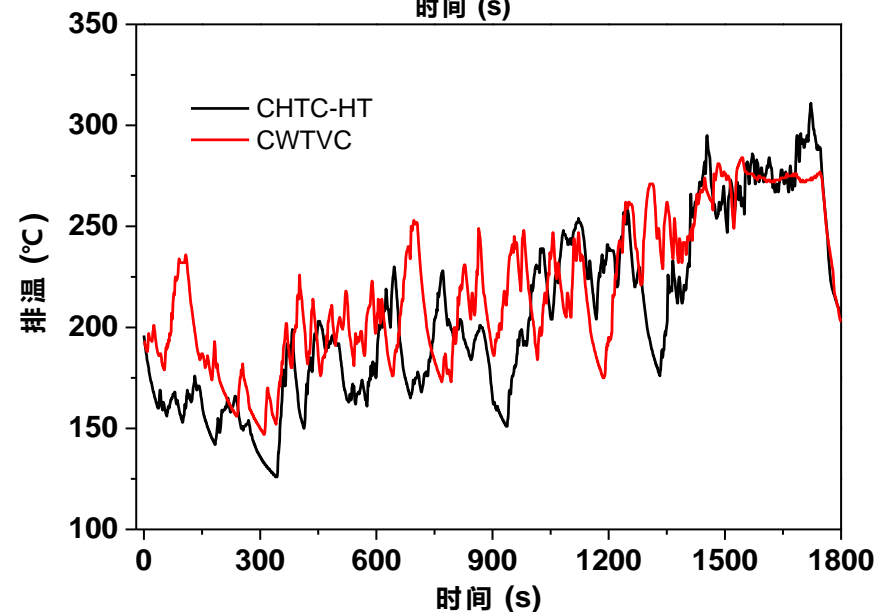
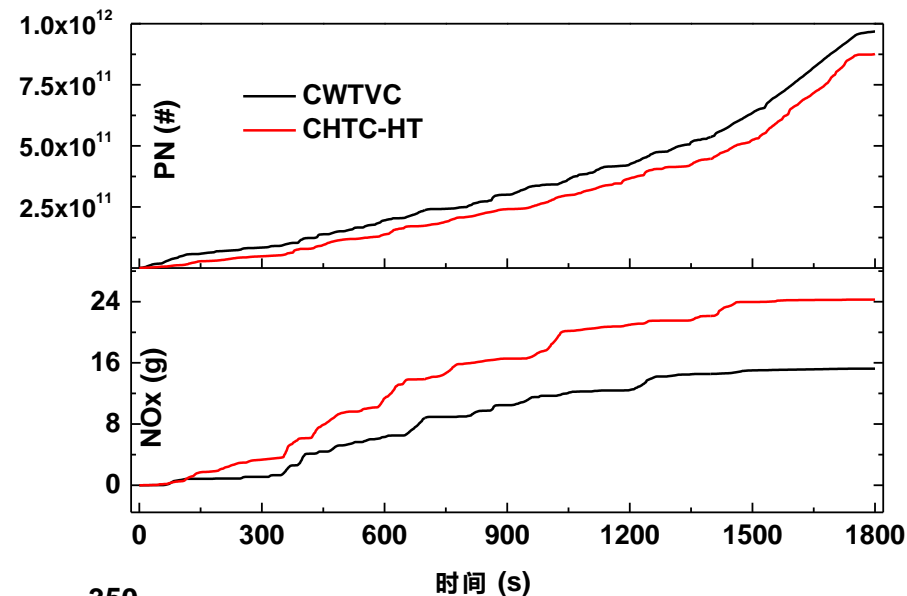
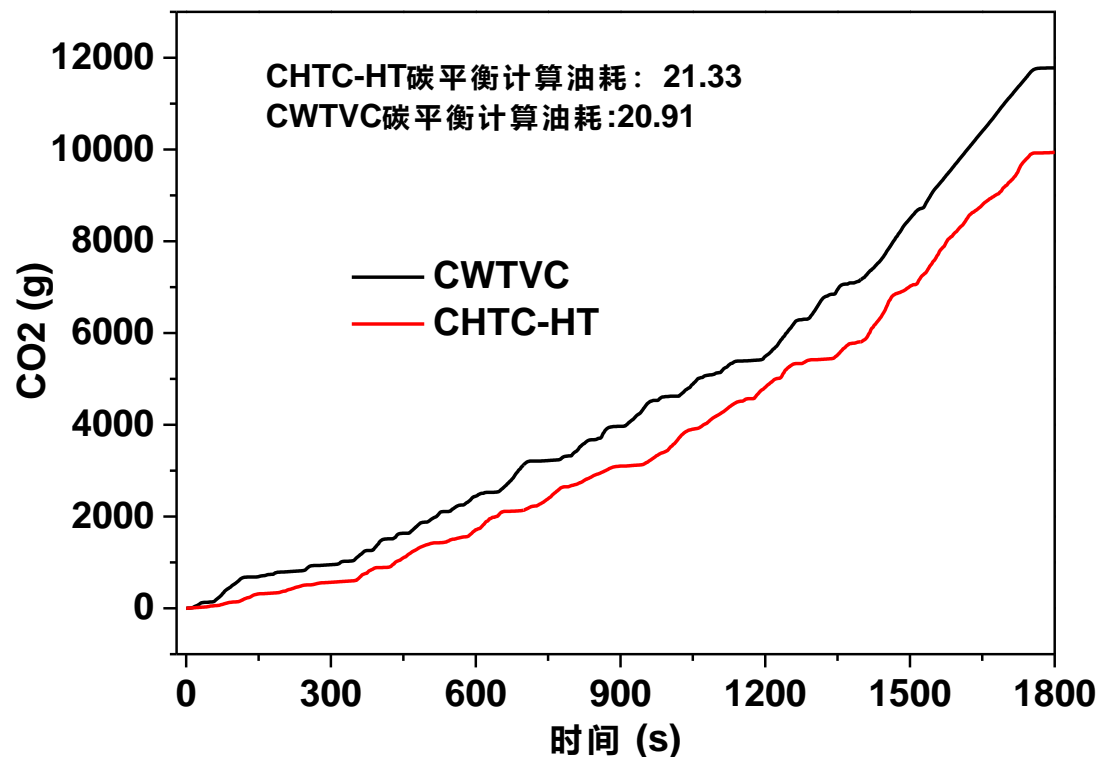
3.6 载荷的影响 Effect of gear strategy on emissions



- 不同的加载会对排放产生影响。因为PEMs的加载范围为10%~100%，因此，必须考虑不同加载下排放的符合性。

Different load has great impact on emissions

3.7 工况的影响 Effect of gear strategy on emissions



- 尽管CO₂的累计排放要低，但由于CHTC-HT的行驶里程要低于C-WTVC，其碳平衡计算的油耗还是要高。

Fuel consumption of CHTC-HT is a little higher than CWTVC

- CHTC-HT的NO_x排放要远高于C-WTVC，主要是由于其排温较低。

NO_x emission of CHTC-HT is much higher than CWTVC due to a lower exhaust temperature

4

结论
Conclusions

- 从车速跟随性、数据重复性以及跟实际排放对比的差异性证明了发动机在环方法可以在发动机台架上对整车的排放油耗进行评价；

Engine-in-the-loop methodology can be well applied on the evaluation of emission and fuel consumption of vehicles

- 针对于重型车一机多配的特性，发动机在环的方法可以评估排放最恶劣车型，从而最大限度降低对原型车的依赖；

Engine-in-the-loop methodology can evaluate the emission worst case vehicle, then reduce the rely on prototype.

- 可以在满足排放要求的基础上，最大限度地去对整车油耗进行优化；

On the basis of meeting the emission requirements, optimize the fuel consumption of the vehicle

- 可以对换挡策略进行优化，后期应用在驾驶辅助上；

The shift strategy can be optimized, and later applied to driving assistance

- 可以针对中国工况开展相应的工作

Can carry out corresponding evaluation for CHTC



中汽中心 | 检测认证

中汽研汽车检验中心(天津)有限公司

感谢您的聆听