

机动车NOx控制技术和产业发展

中国环保产业协会机动车污染防治委员会
中国汽车技术研究中心



国家机动车污染物排放标准实施情况															
	1998年	1999年	2000年	2001年	2002年	2003年	2004年	2005年	2006年	2007年	2008年	2009年	2010年	2011年	2012年
轻型汽车			国1			国2			国3		国4				
重型汽油车					国1	国2				国3		国4			
重型柴油车			国1			国2			国3		国4		国5		
北京市机动车污染物排放标准实施情况															
	1998年	1999年	2000年	2001年	2002年	2003年	2004年	2005年	2006年	2007年	2008年	2009年	2010年	2011年	2012年
轻型汽车		国1			国2			国3		国4					
重型汽油车			国1			国2			国3		国4				
重型柴油车			国1			国2			国3		部分国4	国4		国5	
											部分国4指先行在公交、邮政、环卫系统实施国4。				

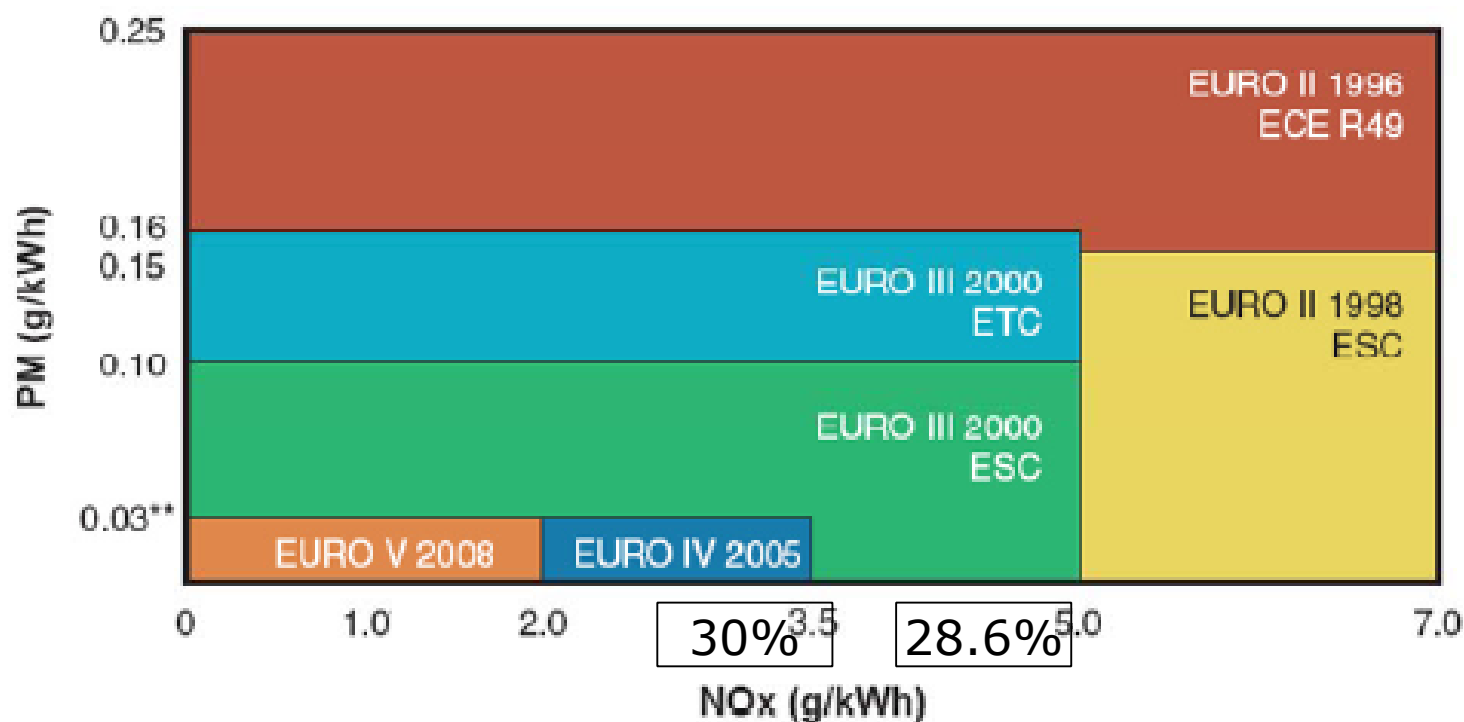


轻型汽油车排放法规限值

阶段	第一类轻型汽车 g/km							
	CO		HC		NOX		HC+NOX	
国1	2.72	—					0.97	—
国2	2.2	19.1%					0.5	48.5%
国3	2.3	15.4%	0.2	—	0.15	—	0.35	63.9%
国4	1	63.2%	0.1	50.0%	0.08	46.7%	0.18	81.4%
Euro5 6	1		0.1 (NMHC 0.068)		0.06			



重型柴油车排放法规限值





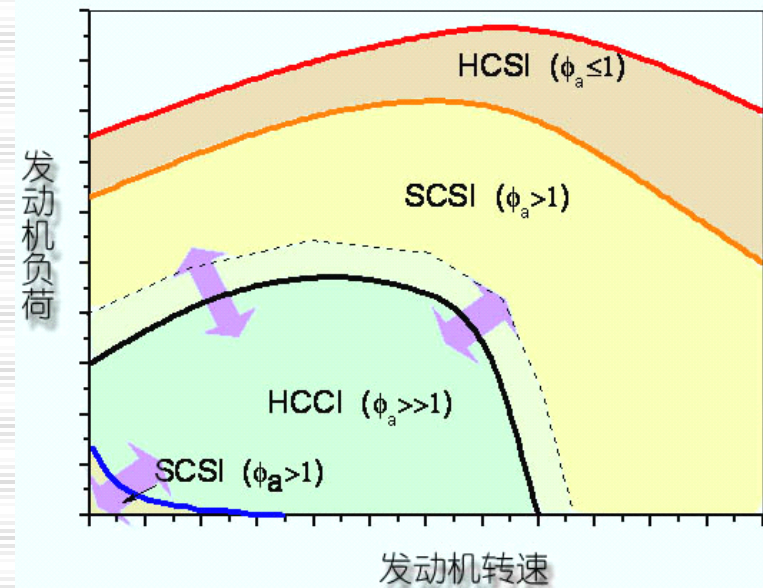
汽油车排放控制技术

- 发动机改进
 - 燃烧室改进
 - 电控喷射
 - 点火系统改进
 - EGR
 - 稀薄燃烧
 - 排气后处理系统
 - 三效催化器
 - NO_x催化器
-

汽油车排放控制技术

□ 缸内净化技术:

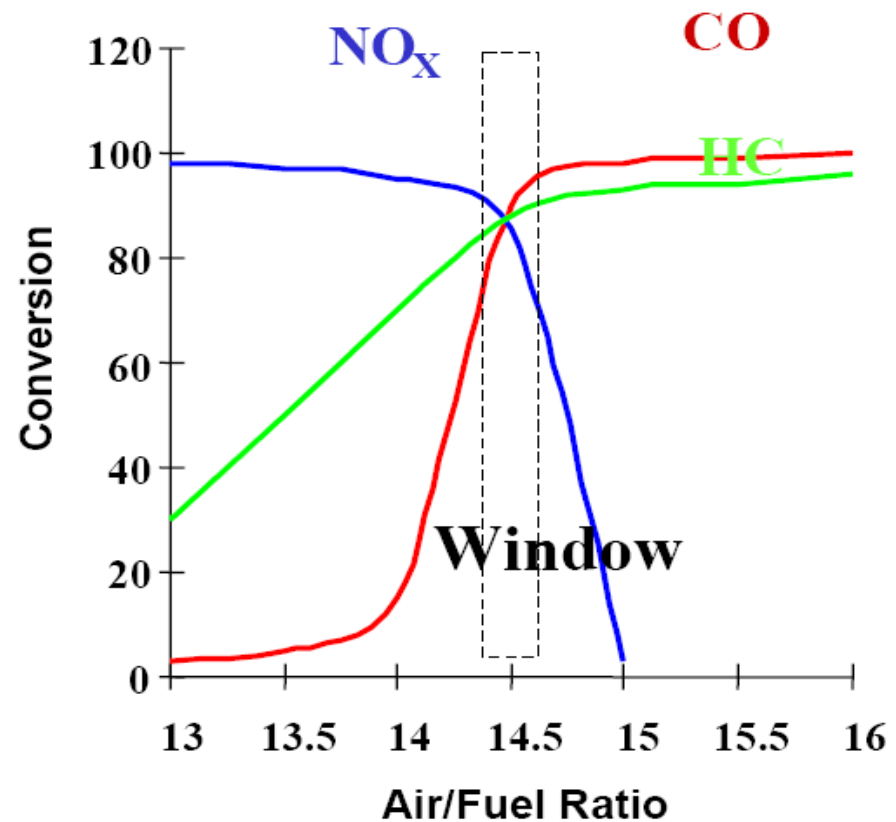
- VVT, 燃烧室形状、进气管参数优化
- 多点喷射(MPI)、缸内直喷(GDI)
- 喷射时间精确控制
- EGR
- HCCI 降低NO_x 90%-99%
- 燃烧模式切换, 产业化



汽油车排放控制技术

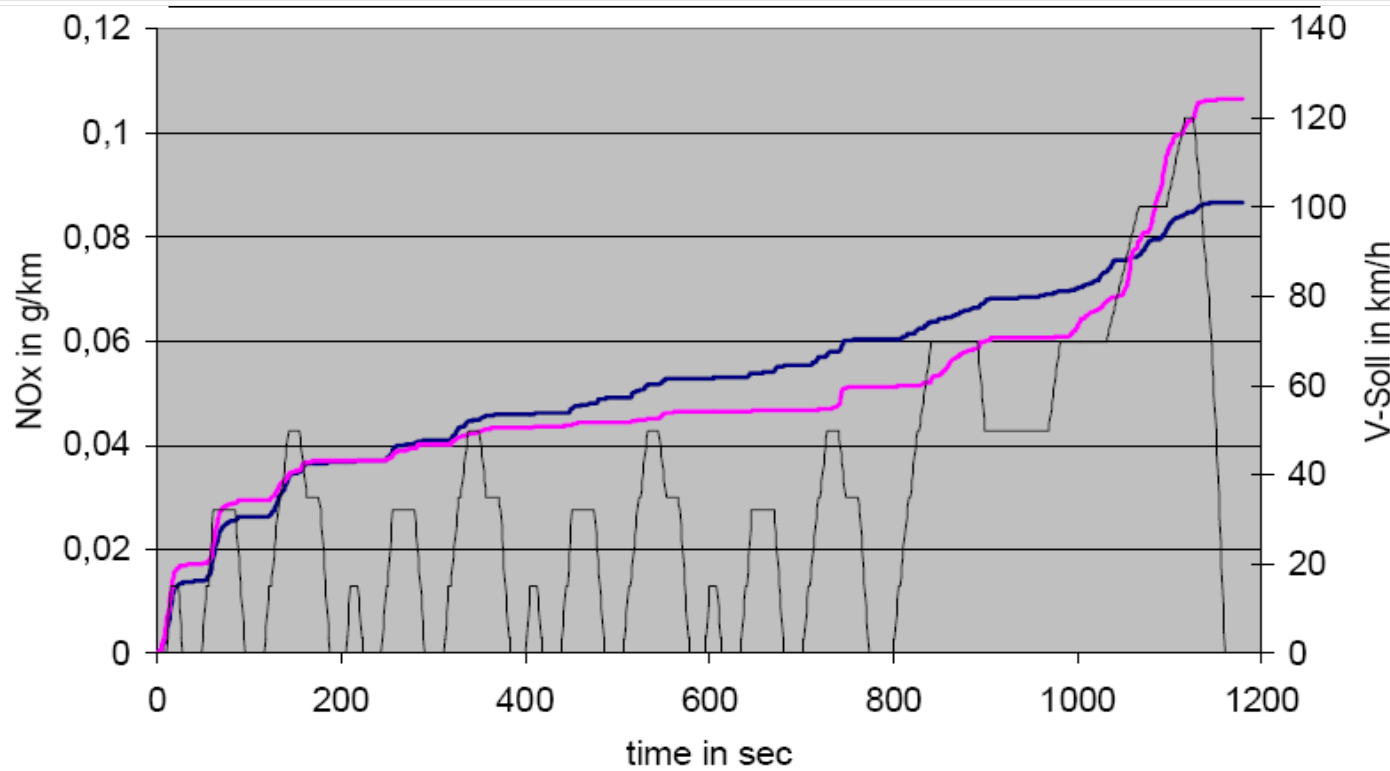
□ 排气后处理系统

- 优化催化性能
 - 降低起燃温度
 - 改善空燃比特性
 - 热稳定性
- 紧凑耦合催化剂布置
- 优化控制策略
 - 改善冷启动
 - 减少空燃比瞬变
- 优化载体
 - 高孔目、薄壁



汽油车排放控制技术

- 优化催化剂配方后对NO_x排放的改善





柴油机排放控制技术

□ 先进柴油机技术+后处理

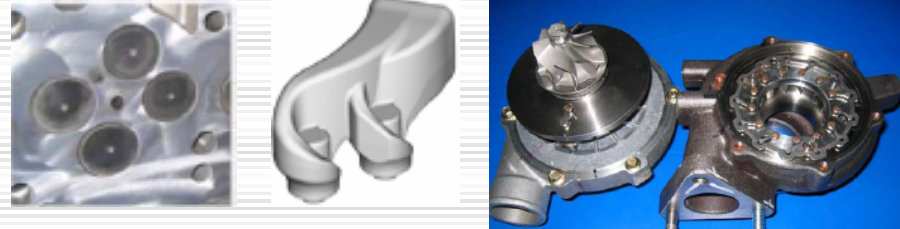
- 降低缸内排放物的生成
 - 优化燃烧
 - EGR技术
 - 新型燃烧方式

 - 采用排放后处理系统
-

优化燃烧过程

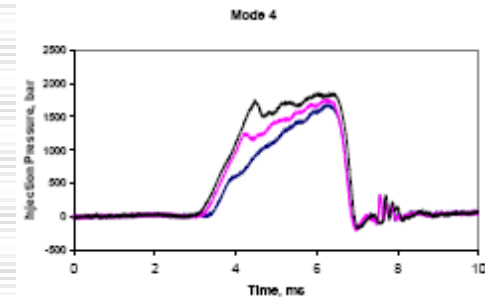
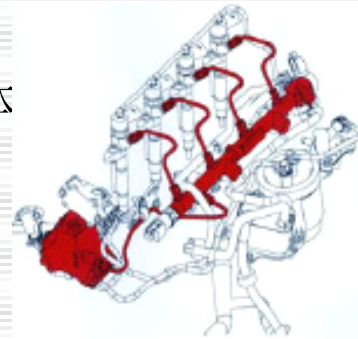
•进气系统

- 四气门
- 螺旋式气道
- 可变截面涡轮增压



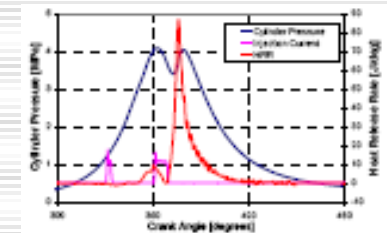
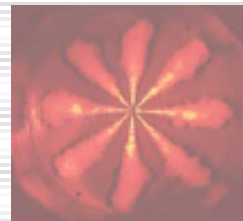
•喷油系统

- 1800-2500bar喷射压力(单体)
- 1400-1800bar(共轨)
- 多段喷射能力



•改善燃烧

- 优化燃烧室形状
- 更高的喷射压力，更小的喷孔
- 改善喷雾与燃烧室作用



EGR中冷技术

- 有效的降低NO_x排放

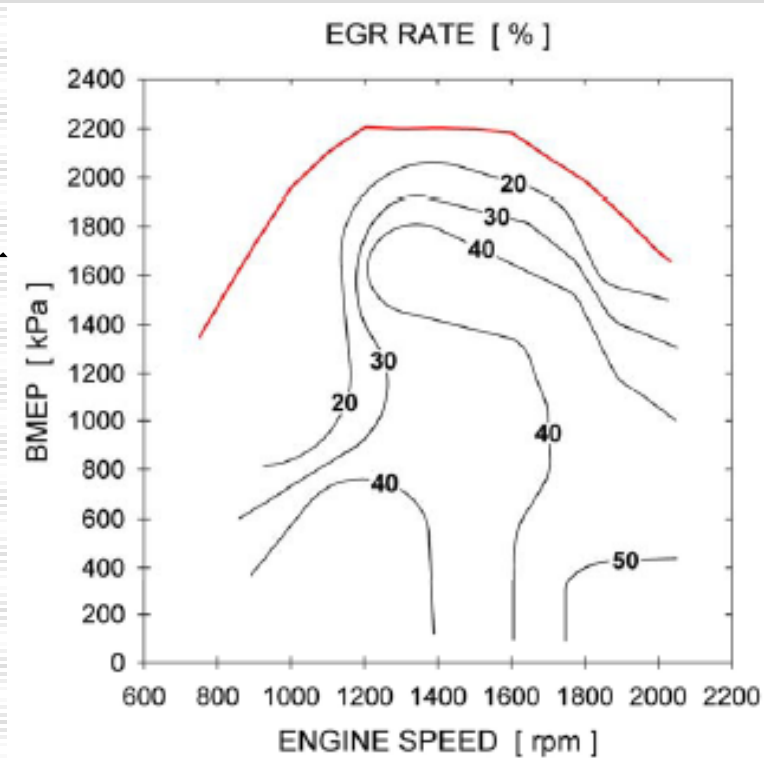
- 降低燃烧温度
- 降低氧含量
- 中冷

- Clean diesel项目的成果之一

- 第一阶段(91-95)
- 第二阶段(95-99)
- US07路线的主要技术
- US2010的关键技术

- 主要应用方式

- 高压EGR, 中冷
- 低压EGR, 中冷



NO_x 1g/kW.h SwRI



EGR中冷技术

- EGR比例的匹配

 - 不同工况
 - 中冷温度

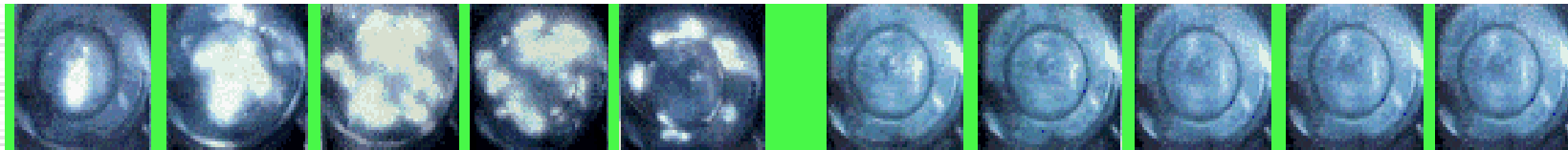
- EGR阀关键部件

 - 电控EGR阀
 - 控制精度要求较高
 - 耐高温、耐腐蚀
 - 耐久性

- EGR的OBD功能

 - 监测EGR失效
 - 泄露

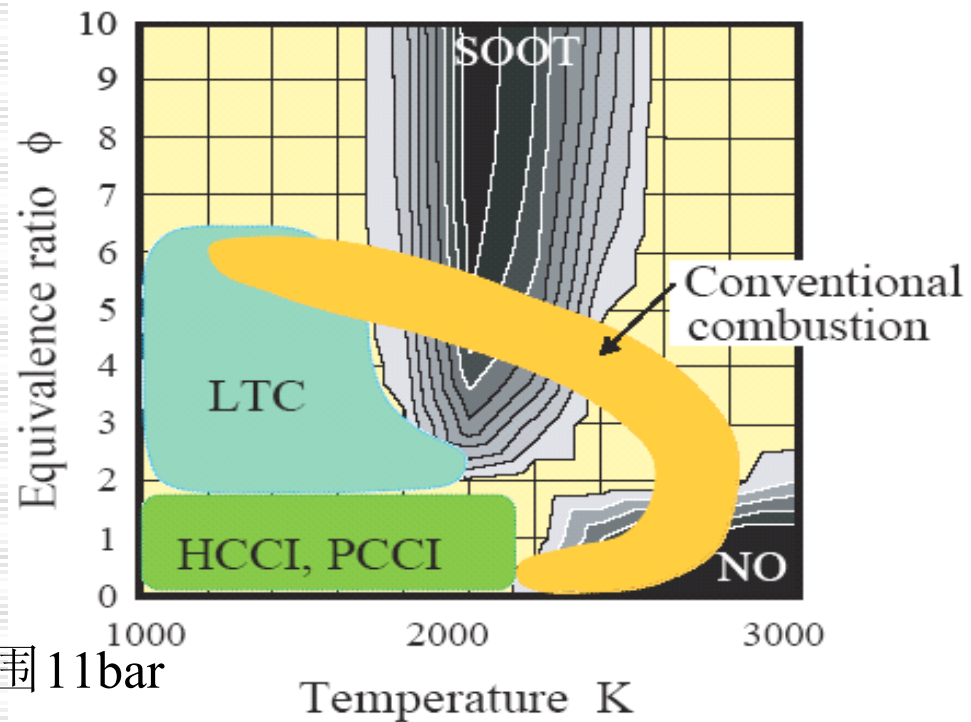
新型燃烧模式



- 新型燃烧方式
降低NO_x和soot

- HCCI
- PCCI
- LTC

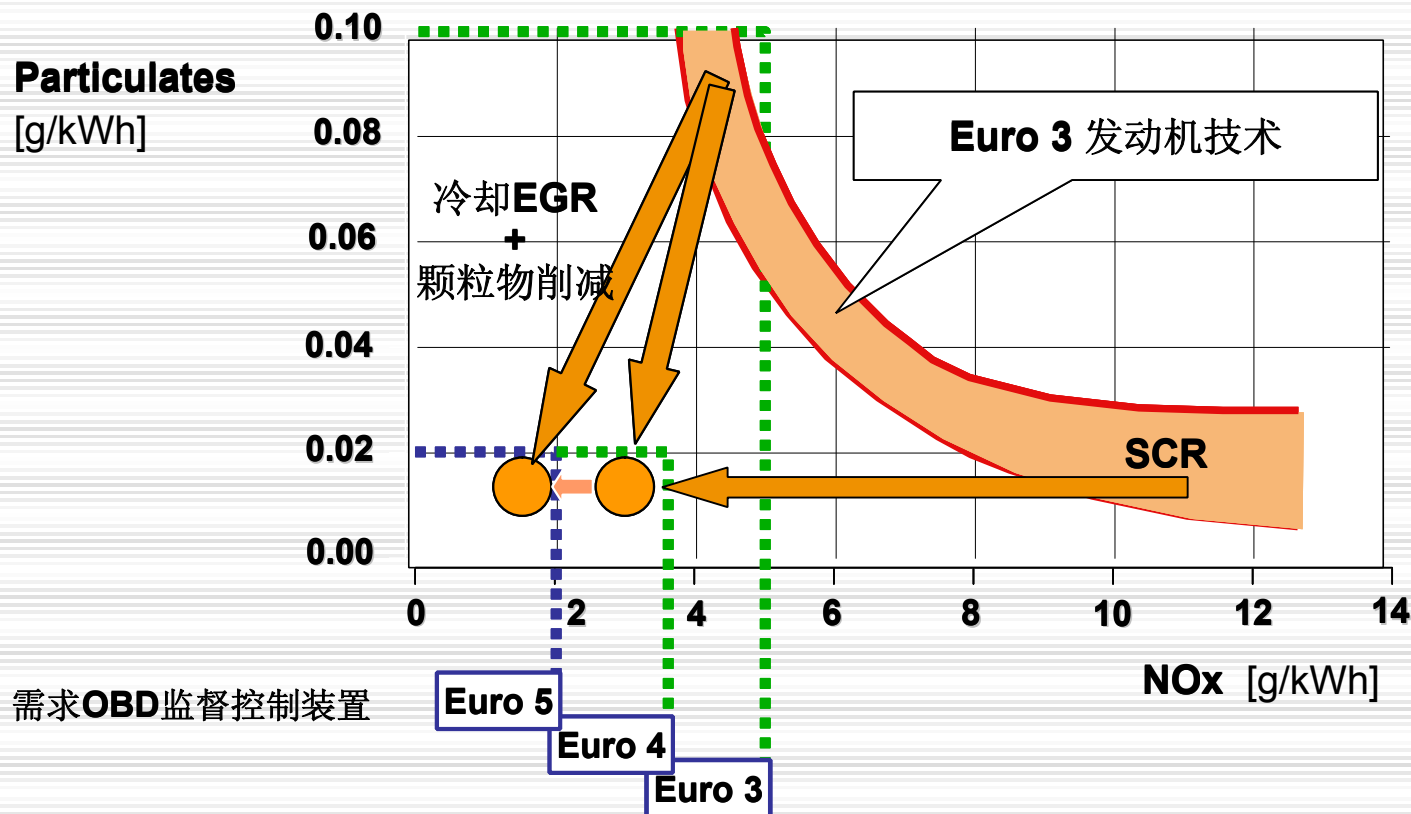
- Clean Diesel项目
第三阶段
第四阶段 最大运行范围11bar





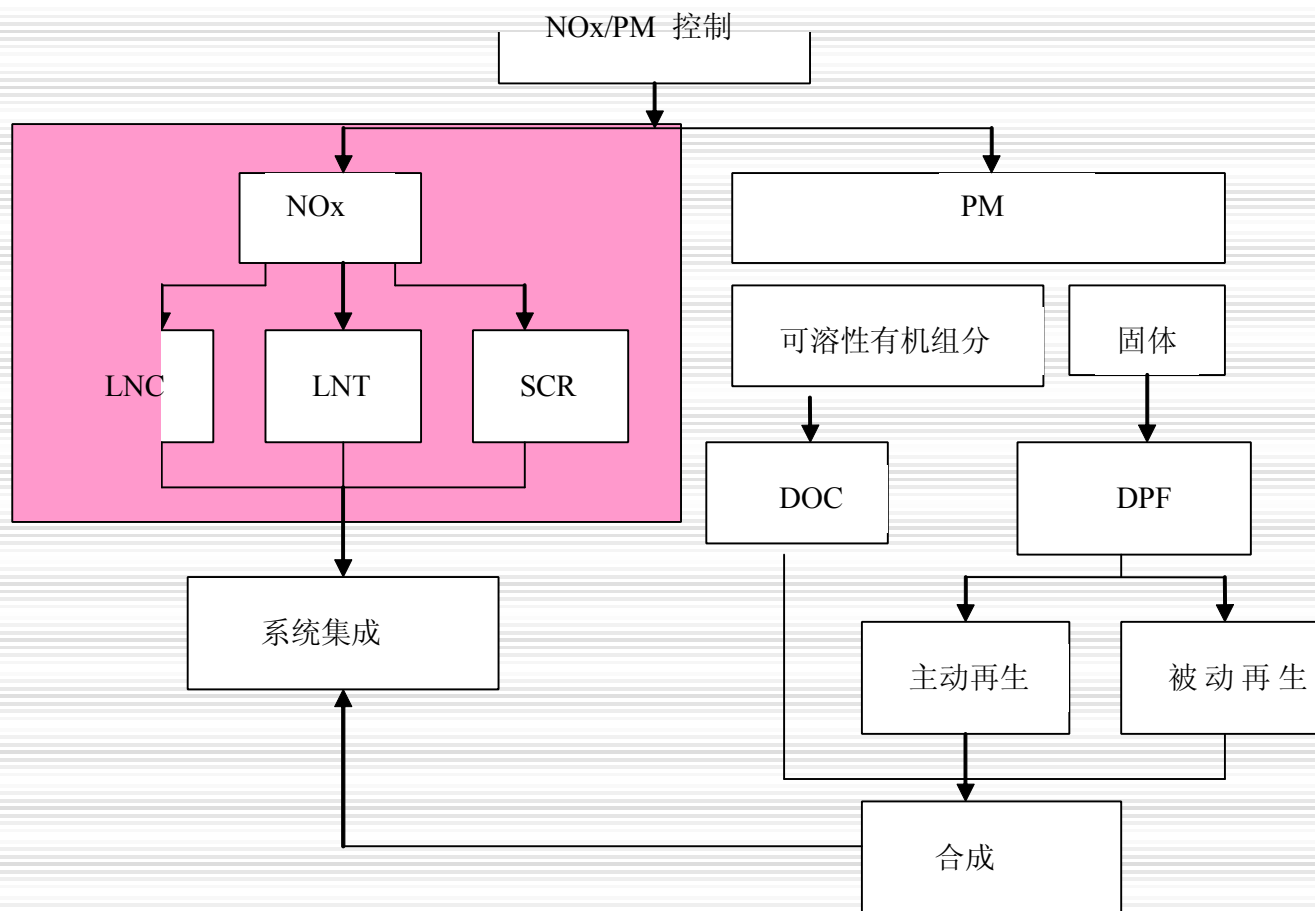
柴油机排放控制技术

开发目标





柴油机排气后处理技术

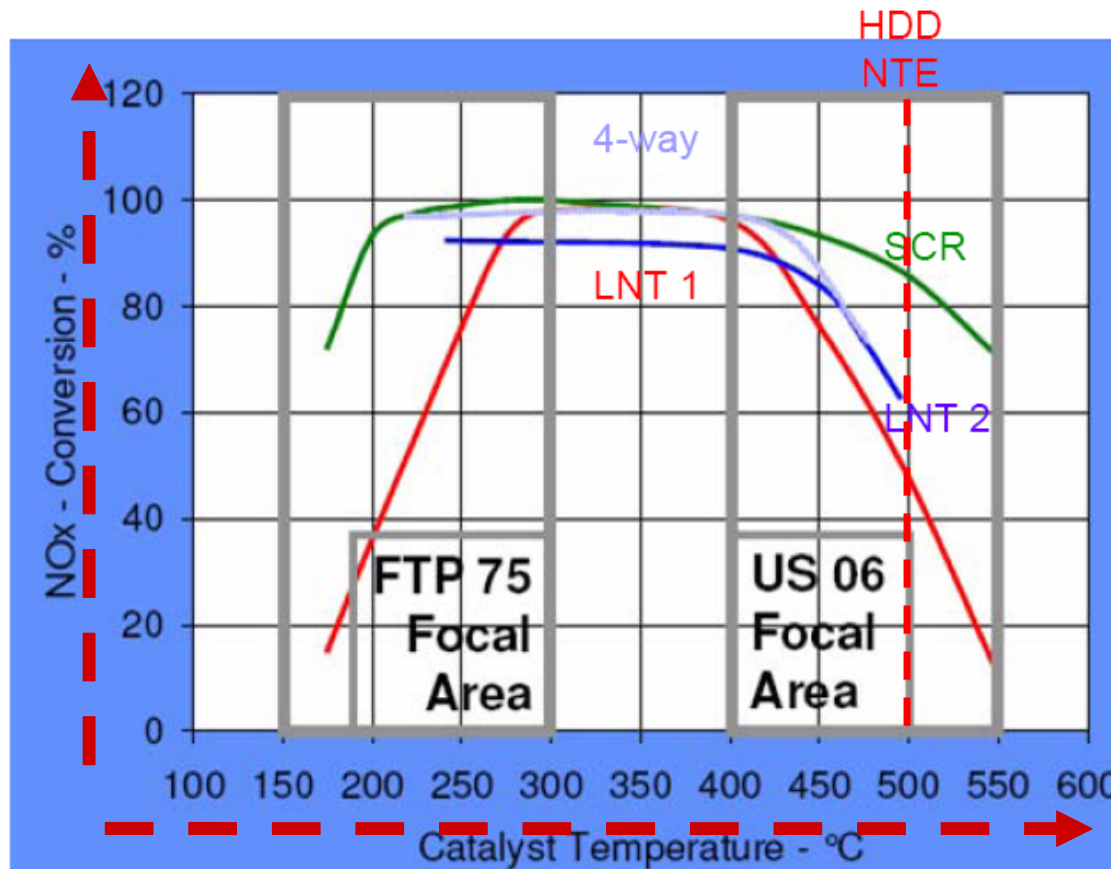




发展概况

- 在NO_x后处理领域，SCR应用广泛。
 - 稀燃NO_x吸附技术（LNT, Lean NO_x Traps）正快速发展，在轻型车领域的发展值得期待。
 - 稀燃NO_x催化技术（LNC, Lean NO_x）被认为具有发展前途。
-

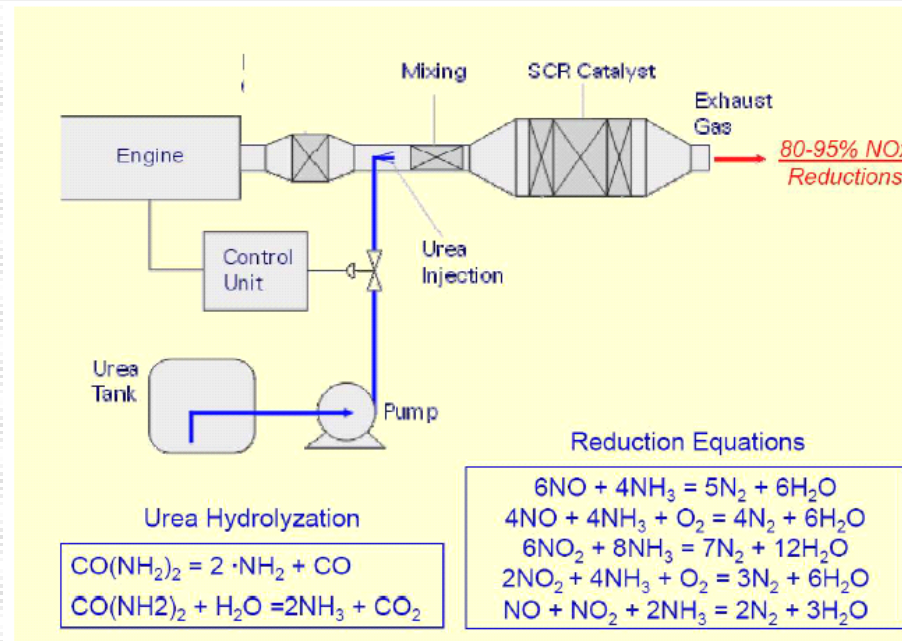
柴油机排气后处理技术



□ 将不同NO_x排放控制技术进行比较。由图可知，SCR技术有最好的低温和高温NO_x转化性能。

SCR技术

- 特点
 - 转化效率高 90%以上
 - 耐久性
- 与发动机系统集成
 - 排温 (250-550)
 - NO_x排放模型/传感器
 - 精确的喷射控制策略
 - 计量泵
 - 尿素喷射控制单元
 - OBD功能
- 缺点
 - 增加尿素添加系统
 - NH₃排放控制



带SCR的国4排放典型控制系统

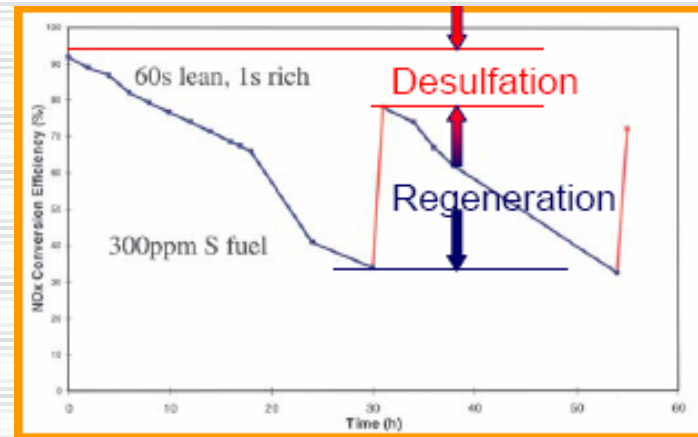
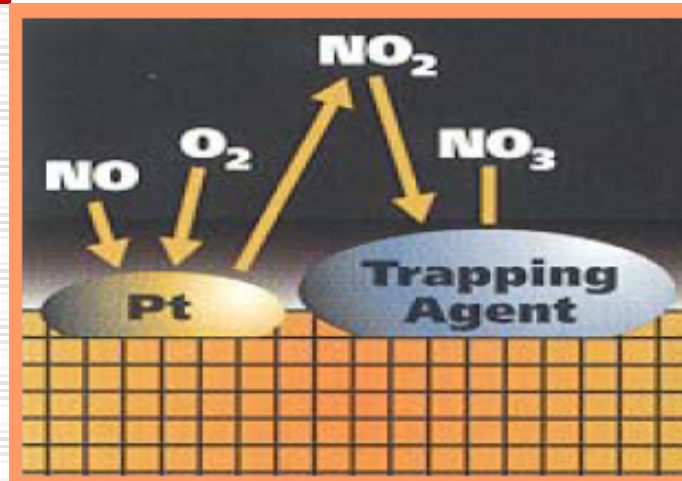


SCR技术发展概况

- 目前已存在许多种有效的低温控制措施。
 - 沸石的出现提供了一种新的催化剂的选择。
由于较大范围的温度有效性以及自身体积的小巧，沸石催化剂得到行业青睐。
 - 固体尿素的出现可能会引起尿素基础设施建设的讨论。
 - 能够取代可靠的NO_x传感器的尿素OBD系统正在不断发展。
 - 达到US2010 SwRI:重型柴油机 EGR+DPF+SCR
-

LNT(NO_x捕集器)

- 特点
 - 转化效率高 90%以上
 - 利用排气还原
- 与发动机系统集成
 - 排温 (250-450)
 - 发动机燃油喷射系统配合
- 缺点
 - 高温区性能
 - S高度敏感
 - 再生
 - 燃油消耗





LNT技术发展概况

- 燃油中含有的硫对LNT的效率影响很大。
 - 对LNT再生时策略的控制是NO_x转换效率高低的重要因素，使用适应性模型实施合适的再生。
 - LNT应解决高温时的有效性和贵金属消耗的成本问题，其在轻型车领域的应用值得期待。
 - 达到US2010, SwRI: 轻型柴油车 LNT+DPF
-



重型柴油车国4技术路线

对比项目	SCR 技术	EGR 技术
燃油经济性	降低 6%	增加 2%
燃油喷射压力	相对较低	相对较高
燃油喷射时间	提前	滞后
机油含碳	没有问题	有问题
对硫敏感度	不敏感，可接受 500ppm	敏感，不能高于 50ppm
对封装要求	高	低
原国 III 发动机结构	保持不便	改变
是否需要 EGR 系统	不需要	需要
是否需要尿素系统	需要	不需要
是否需要低硫油(50ppm)	不需要	需要

注：其中绿色部分为明显的技术优势，黄色部分为相对的技术劣势。

CVEC项目报告



重型柴油车国4技术路线

□ 国内带SCR的重型车辆应用

- 北京现在大约有4500辆SCR公交柴油车。
- 由公交公司负责AdBlue供给。
- 其他个别城市也在试验这种技术车辆。

□ 国内带EGR+DPF的重型车辆应用

- 国内也开始在实际试验这种技术的车辆，也属于3.5吨以上。
-



小结

□ 汽油车NO_x排放控制

- 喷油、混合、燃烧的优化
- 新型燃烧方式
- 催化剂的改进

□ 柴油车NO_x排放控制

- 缸内燃烧优化、新型燃烧方式HCCI, PCCI, LTC
 - EGR中冷
 - SCR, LNT
 - 关键匹配、控制、集成和零部件存在挑战
-