

《车用压燃式、气体燃料点燃式发动机  
与汽车排气污染物排放限值及测量方法  
(中国第六阶段)》(征求意见稿)

## 编制说明

《车用压燃式、气体燃料点燃式发动机与汽车排气污染物排放限  
值及测量方法(中国第六阶段)》编制组

二〇一六年十月

# 目 录

<b>1</b>	<b>项目背景.....</b>	<b>1</b>
1.1	任务来源 .....	1
1.2	工作过程 .....	1
<b>2</b>	<b>行业概况.....</b>	<b>3</b>
2.1	重型汽车的定义及分类 .....	3
2.2	重型车在我国的发展概况.....	4
2.3	重型车在国外的的发展概况.....	7
2.4	行业污染控制技术水平现状.....	8
<b>3</b>	<b>标准制订的必要性分析.....</b>	<b>10</b>
3.1	国家及环保主管部门的相关要求.....	10
3.2	重型汽车污染物排放状况和环境影响.....	11
3.3	污染物排放控制及监管的新需求.....	14
<b>4</b>	<b>现行标准及实施情况.....</b>	<b>14</b>
4.1	现行标准概述 .....	15
4.2	现行标准实施情况 .....	16
<b>5</b>	<b>主要国家、地区及国际组织相关标准研究.....</b>	<b>20</b>
5.1	欧洲 .....	20
5.2	美国 .....	29
5.3	日本 .....	33
5.4	全球统一重型车排放技术法规.....	37
5.5	其他 .....	39
5.6	小结 .....	39
<b>6</b>	<b>标准主要技术内容.....</b>	<b>40</b>
6.1	标准适用范围 .....	41
6.2	标准结构框架 .....	41
6.3	标准循环的排放限值 .....	41
6.4	发动机台架标准测量循环.....	42
6.5	非标准循环排放控制要求.....	45
6.6	整车排放检验方法 .....	46
6.7	排放耐久性要求 .....	49
6.8	车载诊断系统（OBD）及 NOx 控制系统要求 .....	51
6.9	双燃料发动机和汽车技术要求.....	54
6.10	适合我国的标准实施管理要求.....	55
6.11	排放质保期 .....	59
6.12	基准燃油 .....	59
<b>7</b>	<b>实施本标准的环境效益及经济技术分析.....</b>	<b>60</b>
7.1	实施本标准的减排效益 .....	60

7.2	实施本标准的技术经济分析.....	60
7.3	测试条件可行性分析 .....	64
<b>8</b>	<b>参考文献.....</b>	<b>66</b>

# 《车用压燃式、气体燃料点燃式发动机与汽车排气污染物排放限值及测量方法（中国第六阶段）》编制说明

## 1 项目背景

### 1.1 任务来源

环境保护部《关于开展 2015 年度国家环境保护标准项目实施工作的通知》（环办函〔2015〕329 号）中，下达了《重型汽车污染物排放限值及测量方法（中国第六阶段）》制修订任务，项目统一编号：2015-1。

本标准承担单位为：中国环境科学研究院；参加单位为：济南汽车检测中心、北京理工大学、中国汽车技术研究中心和厦门环境保护机动车污染控制技术中心。

### 1.2 工作过程

本项目任务书下达后，项目承担单位中国环境科学研究院成立了标准编制组，开始开展标准研究和制定工作。

#### （1）基础调查研究

相关资料的查阅和收集工作，收集了目前已发布的机动车排放标准；  
研究国外法规标准情况，对欧美等重型车法规进行了翻译和整理；  
对国内相关法律法规进行学习研究；  
调研相关标准实施情况；  
调研重型汽车行业状况；  
对行业污染排放情况及治理技术水平进行了调研，完成控制技术报告初稿。

#### （2）组织召开技术交流和研讨会

在国六标准任务下达前，已针对重型车议题召开多次讨论和交流会：从 2013 年至 2014 年底，与斯堪尼亚销售（中国）有限公司、戴姆勒股份公司、康明斯中国投资有限公司、日本汽车工业协会及欧洲汽车工业协会等的专家，就欧美重型发动机排放法规及其排放控制技术进行交流，并就整车车载法、车载诊断系统等专题进行交流和讨论。通过交流，对国际上先进的重型车排放法规有了深入的理解和认识。

2015 年标准任务下达后，标准编制组与国内外的相关单位继续深入交流，召开多次讨论和交流会，比如：与国家汽车质量监督检验中心（襄阳）讨论双燃料相关内容；与北京环保局讨论重型车排放标准制定的相关问题；在欧洲汽车工业协会协助下，邀请欧洲专家，召开 OBD、PEMS 方面的专题讨论会；与康明斯公司就国外法规及其实施经验、排放控制技术等方面进行多次技术交流；与康宁、巴斯夫、庄信万丰等排放控制关键零部件生产企业交流欧六法规，就排放控制技术要点和难点等问题进行讨论。

与此同时，标准编制组内部组织召开月度例会，定期讨论研究进展和部署下一步研究工作，商议确定各项标准内容。

在标准研究期间，还与中国汽车工业协会及其下属 C8 商用车联席会，以及玉柴、潍柴、福田、东风等国内主要发动机和整车生产企业进行技术交流和研讨。

### **（3）开展试验验证**

本标准研究期间，开展了一系列验证试验，包括：

- 发动机台架 WHTC、WHSC 和 WNTC 试验；
- OBD 和 NO<sub>x</sub> 控制试验；
- 基准燃油试验；
- 整车车载法排放测试规程验证试验；
- 重型整车转鼓试验（排放、OBD 和远程监控）；
- 高海拔地区车载法排放试验。

标准工作组参加单位中的部分发动机和整车企业，提供了本标准验证试验用的所有发动机和整车。

### **（4）开题论证**

2016 年 3 月，完成标准开题论证会，就标准的总体技术路线和主要内容进行论证。

### **（5）成立标准工作组**

为了使企业能够及时了解标准制订进展，并切实参与到标准的制订工作中来，我们在原有标准编制组基础上，进一步扩大范围，组建了标准工作组。根据标准主要研究内容，分为 7 个工作组开展研究：发动机组、OBD 和 NO<sub>x</sub> 控制组、

整车测试组、耐久性和排放质保期组、双燃料发动机组、标准实施管理制度组、排放控制技术 & 环境经济效益分析组。各个工作组的组长单位分别为本标准的承担单位和协作单位担任；工作组吸纳发动机、整车、排放控制零部件、检测机构、研究机构等单位参与工作。2016年3月至5月，逐步落实和组建标准工作组，5月中旬召开了“工作组方案落实和标准技术内容研讨会”。目前为止，各个工作组分头开展工作，部分发动机企业和整车企业积极提供发动机和整车开展试验验证。在此期间，召开了发动机、整车、OBD等工作组会议，会上工作组参加单位就相关技术内容进行研讨，为标准内容的确定提出建议。

#### (6) 完成标准征求意见稿

2016年8月，经过反复修改和完善，完成标准征求意见稿和编制说明。

## 2 行业概况

### 2.1 重型汽车的定义及分类

本标准主要适用于重型汽车，即总质量大于3.5吨的车辆。但是，在汽车行业中，并没有明确的重型汽车的分类。中国汽车工业协会对行业产销量进行统计时，主要按照载货汽车、载客汽车和基本型乘用车（轿车）的分类进行，轿车一般不属于重型汽车的类别，对于载货汽车和载客汽车，还可继续分类，具体情况描述如下：

#### (1) 载货汽车。

按照总质量及车长可以分为四类：1、重型货车（总质量 $>12t$ ）；2、中型货车（ $4.5t < \text{总质量} \leq 12t$ ，或车长 $\geq 6m$ ）；3、轻型货车（ $1.8t < \text{总质量} \leq 4.5t$ ，且车长 $< 6m$ ）；4、微型货车（总质量 $\leq 1.8t$ ，且车长 $< 3.5m$ ）。因此，重型和中型货车均应属于本标准重型汽车范畴，轻型货车部分属于重型汽车，微型货车则全不属于重型汽车。

#### (2) 载客汽车

按照载客人数和车长可分为四类：1、大型客车（车长 $\geq 6m$ 且核定载客人数 $\geq 20$ 人）；2、中型客车（车长 $< 6m$ ，且 $10 \text{人} \leq \text{核定载客人数} \leq 19 \text{人}$ ）；3、轻型客车（核定载客人数 $\leq 9 \text{人}$ ）；4、微型客车（车长 $\leq 3.5m$ ）。因此大型和中型客车应属于本标准重型汽车的范畴，轻型客车应属于M1类车辆，轻型客车和微型客车不属于重型汽车范畴。

根据以上分类情况，本标准所指重型汽车，对应行业分类，应包括重型、中型载货汽车和部分大于 3.5 吨的轻型货车，以及大型、中型载客汽车。因为轻型载货汽车往往作为一个整体进行统计，无法区分其中有多少比例数据是总质量在 3.5 吨以上的重型汽车，因此，后面的统计中暂不包括轻型货车。

## 2.2 重型车在我国的发展概况

中国汽车工业从 1953 年开始起步创业，历经 60 年从无到有，从小到大，直至近十几年更是高速发展，2009 年我国汽车产销量首次跃升至世界第一，到 2012 年已连续 4 年居世界第一位，目前中国汽车保有量排在美国之后位居世界第二。

在各种燃料类型的车辆中，柴油车具有燃料效率高、动力性强等优势，因此在载货汽车以及大型客车等商用车中占有很大的比例。图 1 反映了 2000 年以来我国历年生产的商用汽车中柴油车的比例，从图中看出，2000 年以来，我国新生产商用车中柴油车比例始终保持在 65%以上，2002 年后达到 80%左右，随后基本保持在这一比例。

### 2.2.1 重型汽车产量情况

#### 2.2.1.1 载货汽车（重型、中型）

近年来，在载货车生产、运营的管理方面，相关政策主要集中在促进兼并重组、加强安全管理以及推动产品升级等方面，连续出台了涉及企业准入管理、产品准入管理、企业淘汰机制、运营安全管理、排放管理、淘汰升级等方面的政策，对于规范生产、安全运营、产品升级起到了积极的作用。市场需求方面，房地产市场由热转冷、物流业持续快速发展、基础设施建设稳步推进、农业现代化积极开展，均对载货车市场的需求起到了较大的影响。

2009 年出台的汽车下乡、以旧换新补贴、四万亿投资等方面政策以及房地产市场的快速发展，从多个方面刺激了载货车市场的发展。在随后的几年，一系列刺激消费和拉动宏观经济政策退出，固定资产投资增速下降，使载货车销量逐年下降，2013 年有所好转，2014 年有小幅下降，近年来的年产量在 110 万辆左右。2000 年以来的重、中型货车产量情况如图 1 和图 2 所示。

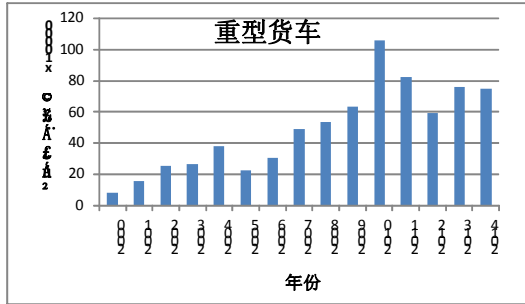


图 1 2000~2014 年中国重型货车产量

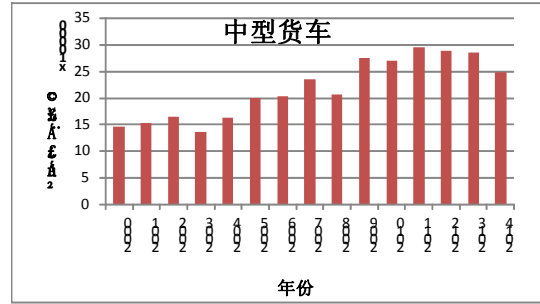


图 2 2000~2014 年中国中型货车产量

### 2.2.1.2 载客汽车（大型、中型）

近几年，客车市场在国家多方政策的推动下，取得了持续、快速的发展。总的来看，相关政策主要集中于两大方面，一是相关领域政策，二是产业管理和运营管理相关政策，主要致力于推动公共交通建设、加强准入及运营管理、促进产品升级。国家大力发展公共交通的政策，是近年来客车市场保持稳定发展的重要因素，也是未来客车市场发展的重要推动力。

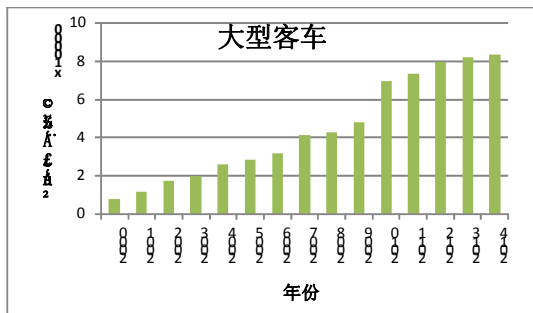


图 3 2000~2014 年中国大型客车产量

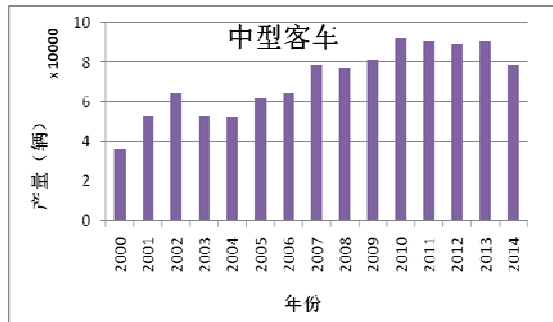


图 4 2000~2014 年中国中型客车产量

从 2000 年至今，大型客车呈稳步小幅增长的发展态势，2014 年产量约 8 万辆；中型客车在 2010 年之前，是稳步小幅增长，2011 年之后年产量趋于平稳，略有下降，2014 年产量约 8 万辆。2000 年以来的大、中型客车产量情况如图 3 和图 4 所示。

### 2.2.2 重型汽车的保有量

#### 2.2.2.1 重型汽车保有量及历年变化情况

2005 年国内重型汽车保有量为 619 万辆，2011 年达到 1002 万辆。2012 年和 2013 年，受宏观经济增速趋缓等因素影响，我国重型汽车保有量下降到 947 万辆，2015 年进一步下降，保有量为 911 万辆。



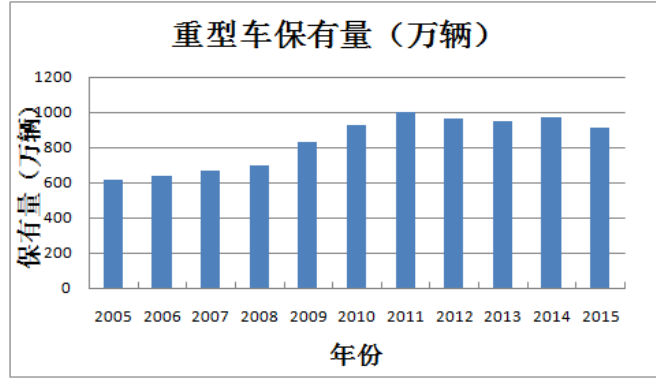


图 5 重型车历年保有量 (2005-2015)

### 2.2.2.2 重型汽车保有量构成情况

按上面所说，保有量统计中，重型汽车涵盖大型客车、重型货车、中型客车和中型货车四类。2015 年，重型汽车保有量共计 911 万辆，其中，重型货车占到了一半以上，占比为 59%，另外三类占比均在 20%以下，见图 6。

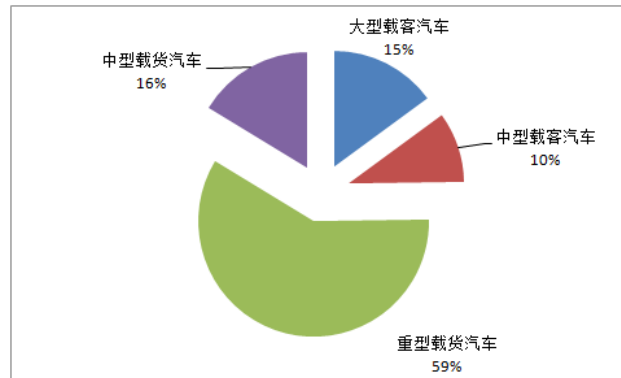
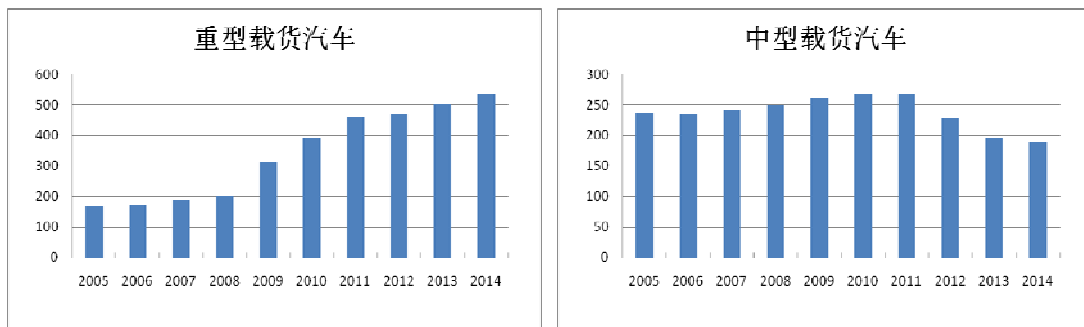


图 6 2015 年重型汽车保有量构成

2008 年以来，重型货车和大型客车保有量一直处于高速增长的状态，2014 年重型货车和大型客车保有量分别达到了 534 万辆和 140 万辆。中型客、货车在 2011 年后，保有量逐年下降，到 2014 年中型客、货车保有量分别为 112 万辆和 188 万辆。图 7 为我国近年来重型车保有量变化情况。



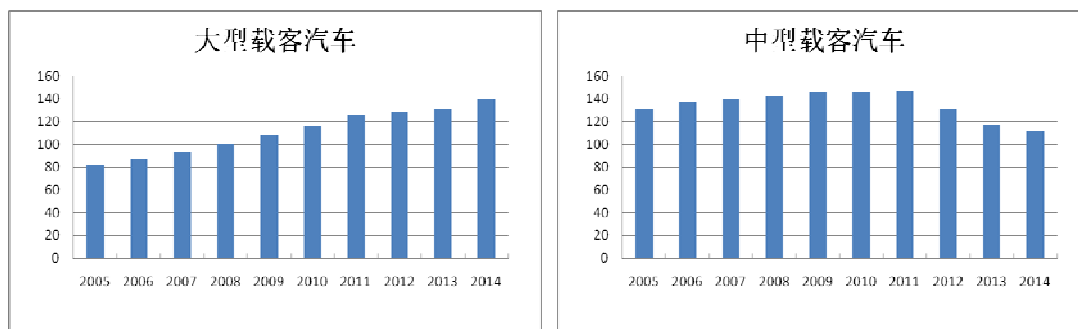


图 7 重型汽车分类型历年保有量

### 2.3 重型车在国外的的发展概况

从中国汽车工业协会获得的数据，2014年，全球商用车共销售2326万辆，相比2013年略有增长，增长率为2.11%。图8显示了2014年世界各地商用车（含轻型和重型商用车）的销售情况。从地区分布情况来看，2014年全球商用车销售较为集中的国家和地区主要为北美自贸区、亚洲/大洋洲/中东地区，以及欧洲等<sup>[1]</sup>。

北美自贸区依然为主要的商用车销售地区，2014年销售商用车到1072万辆，占全球总销售量的46%；亚洲/大洋洲/中东地区合计销量也占到了35%，其中最主要的销量是在中国，达到379万辆，占该地区将近一半，日本、印度、澳大利亚、泰国等国家也有较高的销量，见图9；欧洲地区总销量占全球的10%，其中法国、英国、德国、俄罗斯、土耳其等是最主要销售地区，见图10；另外，全球商用车销量中，非洲占比最小，仅为2%。

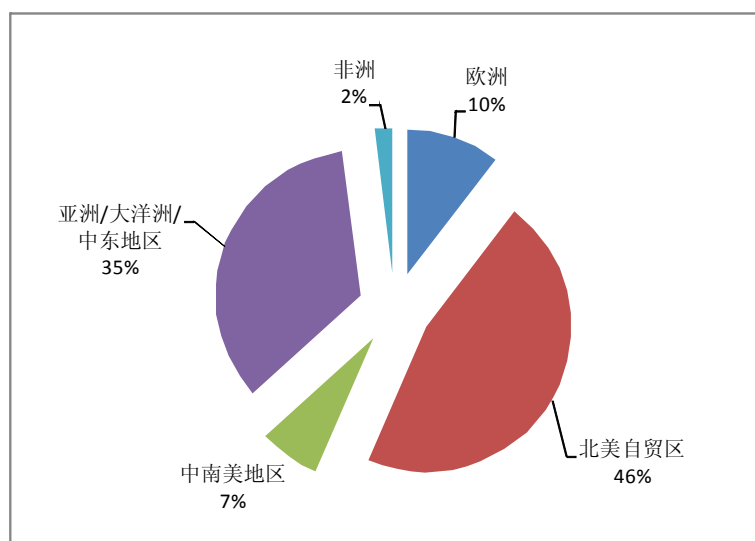


图 8 2014 年全球商用车销量分布情况

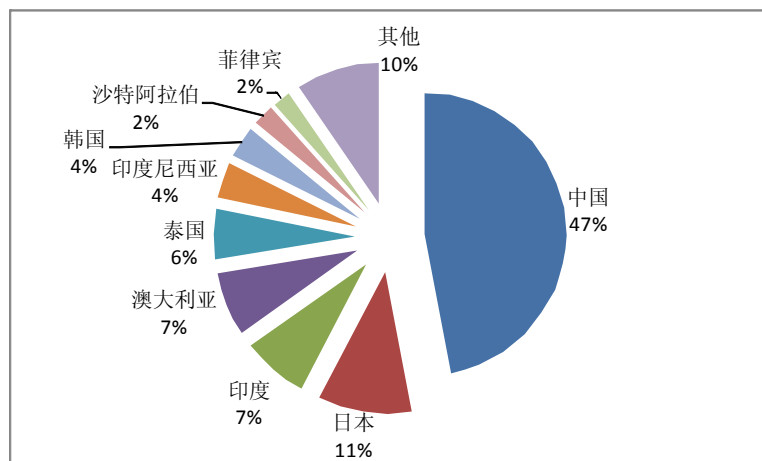


图 9 2014 年亚洲/大洋洲/中东地区主要国家商用车销售情况

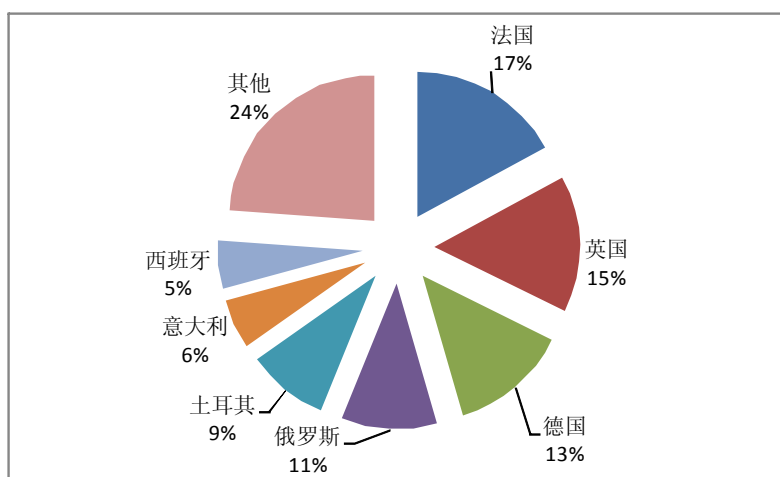


图 10 2014 年欧洲主要国家商用车销售情况

## 2.4 行业污染控制技术现状

柴油机的主要排放物有 CO, HC (少量), NO<sub>x</sub> 及颗粒物 (PM), 其中 NO<sub>x</sub> 和 PM 是最为主要的污染物。在国际上, 为实现欧 IV 及同等水平的排放标准, 主要有两条技术路线<sup>[2]</sup>:

——一是通过优化燃烧, 再使用选择性催化还原 (SCR) 来降低因燃烧产生的 NO<sub>x</sub> 排放 (被称为欧洲路线);

——二是废气再循环 (EGR) + 颗粒捕捉器 (DPF), 先通过 EGR 降低排放中 NO<sub>x</sub> 含量, 再使用 DPF 捕集因使用 EGR 产生的略有增加的 PM, 达到同时降低 NO<sub>x</sub> 和 PM 的效果 (被称为美国路线)。

在我国, SCR 是最主要的技术路线。目前所有已经获得核准的第四阶段机

型中，采用了选择性催化还原（SCR）后处理技术的机型占比为 80%。SCR 技术的基本原理是通过尿素喷射系统（俗称尿素泵）将 32.5%浓度的尿素水溶液雾化后喷入排气管中与发动机尾气混合，尿素水溶液经过热解和水解反应生成氨气（ $\text{NH}_3$ ），在催化剂的作用下氨气将柴油机尾气中有害的氮氧化合物（ $\text{NO}_x$ ）转化为无害的氮气（ $\text{N}_2$ ）和水。SCR 技术具有燃油效率高优势，也是国内大部分厂商所采用的技术路线。

相比于 SCR 技术路线，EGR+DPF/DOC 技术路线的优势在于初始成本低，对封装要求低。劣势在于升国四或国五时，需要对国III主机进行技术改进，标定更为复杂，增加了开发成本以及标定难度；对超低硫含量的燃油及高品质润滑油的依赖；燃油经济性差。因此，已核准的国四机型中，很少采用这种技术路线。

在 EGR+DPF/DOC 技术路线基础上，有些厂家开发出一种 EGR+POC(颗粒氧化催化器，又称部分流式过滤器)的技术路线。顾名思义，POC 是一种可以捕捉并消减 PM 的装置。之所以称为部分流式，是与 DPF 的壁流式相对比，前者对 PM 消减率相对较低，而 DPF 较高。POC 技术成本更加低廉，EGR+DOC+POC 后处理系统方案，价格大约可以做到 SCR 价格的 1/3~2/3<sup>[3]</sup>，POC 相比 DPF 也要便宜很多，升级成本诱惑力较大，因此，国内机型也有一部分选择 POC 的技术路线。目前已核准的国四机型中，采用 POC 技术路线的机型占比为 16%。但是，POC 是不具备主动再生功能的，由于排气中的供氧量一定，所能反应掉的颗粒也是有上限的，如果 POC 设计减排效率过高，那么收集到的颗粒物不能及时被氧化掉，剩余的颗粒物就会越积越多，当运行到一定工况时，排气压力足够大就会将剩余颗粒吹出排气管，从而起不到真正改善排放的作用。因此，型式核准主管部门对申报的 POC 机型也一直持较为谨慎的态度。

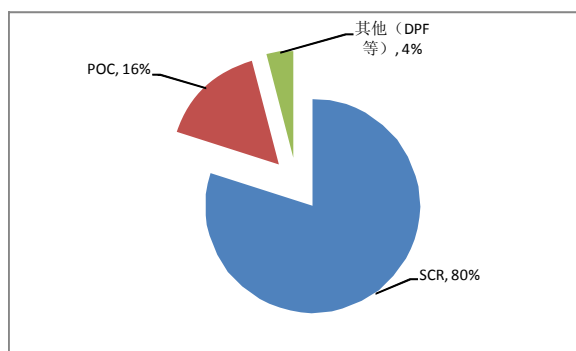


图 11 第四阶段机型各类排放控制技术占比

到第五阶段，目前国际上的排放技术路线较为明确，机内主要是通过高压共轨、多次喷射、EGR、增压中冷等技术来实现，机外净化主要是SCR和DPF两种方式，单体泵等技术将逐渐面临淘汰。从环境保护部型式核准情况来看，目前国五重型柴油机高压共轨所使用比率已经达到99.05%，已经成为主流技术路线，单体泵的使用率将继续降低。在后处理技术路线上，SCR技术是行业内主要选择，在国五重型柴油机机型中占据98.58%的份额，受限于技术、成本、油品和法规因素，DPF的使用率仍较低。

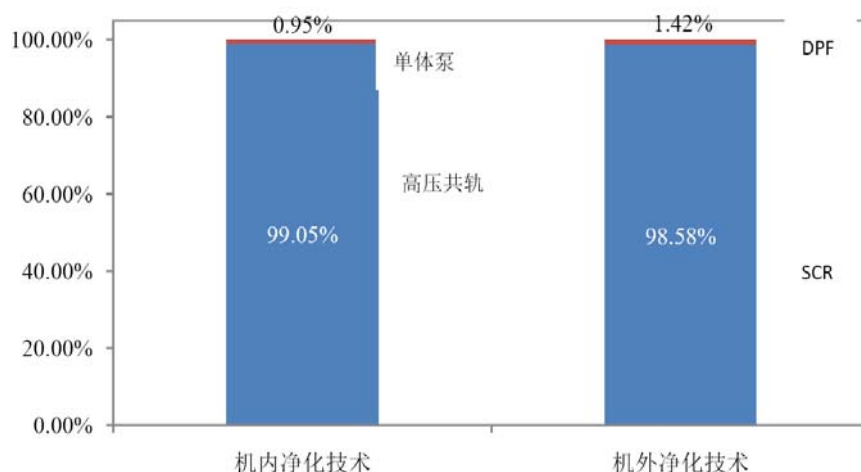


图 12 第五阶段机型排放控制技术

综上所述，对于我国，目前SCR技术仍是主流。但是，对于轻型柴油车来说，排放控制技术路线的情况有所不同。

虽然SCR技术有诸多优点，但是因为需要加装尿素箱，所以对系统布置空间要求较高，且最终产品成本也较高。因此，对于轻型卡车来说，由于空间和成本的限制，一般很少选择SCR技术路线。从机动车环保网查询的信息显示，国四阶段，轻型柴油车大部分选择EGR+DOC的技术路线，到第五阶段，共26个核准机型中，全部采用了EGR+DOC+DPF技术路线。

### 3 标准制订的必要性分析

#### 3.1 国家及环保主管部门的相关要求

(1) 《中华人民共和国大气污染防治法》(中华人民共和国主席令 第 31 号)

第五十一条机动车船、非道路移动机械不得超过标准排放大气污染物。

禁止生产、进口或者销售大气污染物排放超过标准的机动车船、非道路移动

机械。

### **(2)《国民经济和社会发展第十二个五年规划纲要》的第二十四章第一节强化污染物减排和治理中指出要加大机动车尾气治理力度**

重型柴油车是最重要的移动污染源，随着空气质量需求的增加，重型柴油车有必要继续加严排放控制，且随着技术的发展，重型柴油车仍有继续减排的空间，因此，有必要对标准进行修订，继续提高污染控制要求。

### **(3)《国家环境保护“十二五”规划》强调继续加强机动车环保定期检验和环保标志管理，实施更严格的国家机动车排放标准。**

该规划要求实施更为严格的国家机动车排放标准，目前最新的重型柴油车标准为第五阶段，且即将于 2018 年全国范围实施，有必要提前制定并出台更加严格的排放标准。

### **(4) 其他**

《“十二五”节能减排综合性工作方案》（国发〔2011〕26 号）：第一次将 NO<sub>x</sub> 纳入污染物排放总量控制体系。《环境空气质量标准（GB3095-2012）》：首次引入了 PM<sub>2.5</sub> 浓度限值作为空气质量的评价指标。机动车排放是城市大气中 NO<sub>x</sub> 和 PM<sub>2.5</sub> 的主要来源之一。而在机动车排放的 NO<sub>x</sub> 和 PM<sub>2.5</sub> 中，重型柴油车的贡献日益突出。

在国务院办公厅转发《关于推进大气污染联防联控工作改善区域空气质量指导意见的通知》（国办发〔2010〕33 号）中，将“**加强机动车污染防治**”列为工作重点，内容包括提高机动车排放水平、完善机动车环境管理制度、加快车用燃油清洁化进程和大力发展公共交通。

《大气污染防治行动计划》（国发〔2013〕37 号）中，第一条“加大综合治理力度，减少多污染物排放”中明确要求“**强化移动源污染防治**”，内容包括提升燃油品质、加快淘汰黄标车和老旧车辆、加强机动车环保管理、加快推进低速汽车升级换代、大力推广新能源汽车。

## **3.2 重型汽车污染物排放状况和环境影响**

目前，我国大气污染的形势非常严峻，随着机动车保有量的快速增长，我国大中城市的空气污染逐渐转变为煤烟和机动车排放为主的复合型污染，PM<sub>2.5</sub> 成为很多城市最为突出的大气污染问题。控制机动车污染排放，是我国各地完成减排目标，改善空气质量的重要手段。为了减少机动车的污染物排放总量，需从削

减单车污染物排放量入手，因此需要制定更加严格的排放标准。

### 3.2.1 重型车污染物排放情况分析

重型汽车是所有机动车中NO<sub>x</sub>和颗粒物排放的主要来源，环保部数据显示，在机动车排放的NO<sub>x</sub>和颗粒物中，分别有78%以上和82%以上来自于重型汽车<sup>[4]</sup>，见图13。

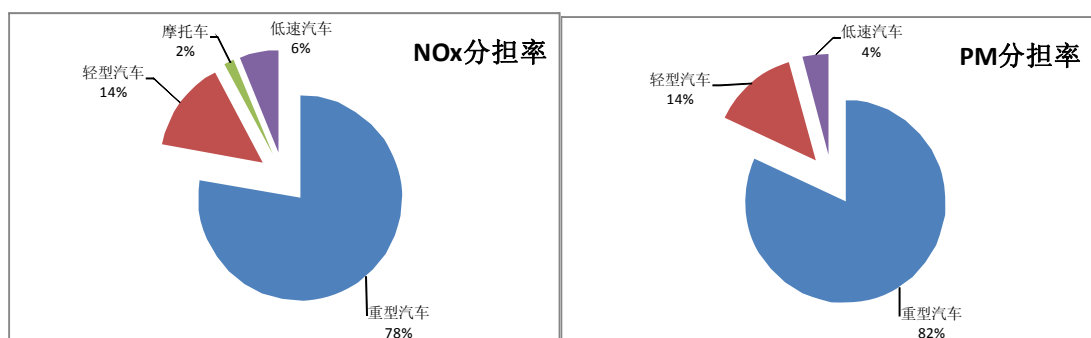


图 13 全国机动车分车型污染物排放分担率（2014 年）

对大城市而言，有研究表明上海市重型车保有量只占机动车总量的5.5%，但其NO<sub>x</sub>和颗粒物排放贡献率分别达到65%和56%。同样广州市2009年重型车对NO<sub>x</sub>和PM<sub>10</sub>排放的贡献率分别达到50%和70%<sup>[5],[6]</sup>。

从燃油种类角度来看，柴油车是最主要的NO<sub>x</sub>和PM排放源。2014年，柴油车保有量仅占汽车总量的14.1%，尽管柴油车的保有量远小于汽油车，但其单车排放很高，NO<sub>x</sub>排放分担率高达69.2%，颗粒物排放则占汽车排放总量的99%以上，见图14。减少重型柴油车的排放已成为机动车减排的重中之重。

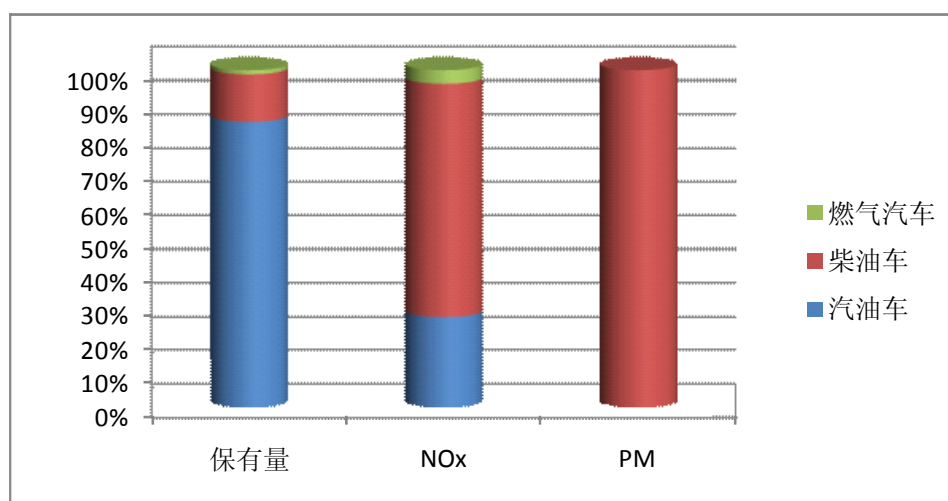


图 14 不同燃料类型的汽车保有量和排放量对比

另外,《中国机动车污染防治年报》和相关学者的研究成果表明,2009年到2013年我国在用重型车的CO和HC排放量逐渐下降,NO<sub>x</sub>和PM排放量基本持平,NO<sub>x</sub>略有上升,PM略有下降,排放变化情况如图15所示,继续加严重型车污染物排放控制非常必要。

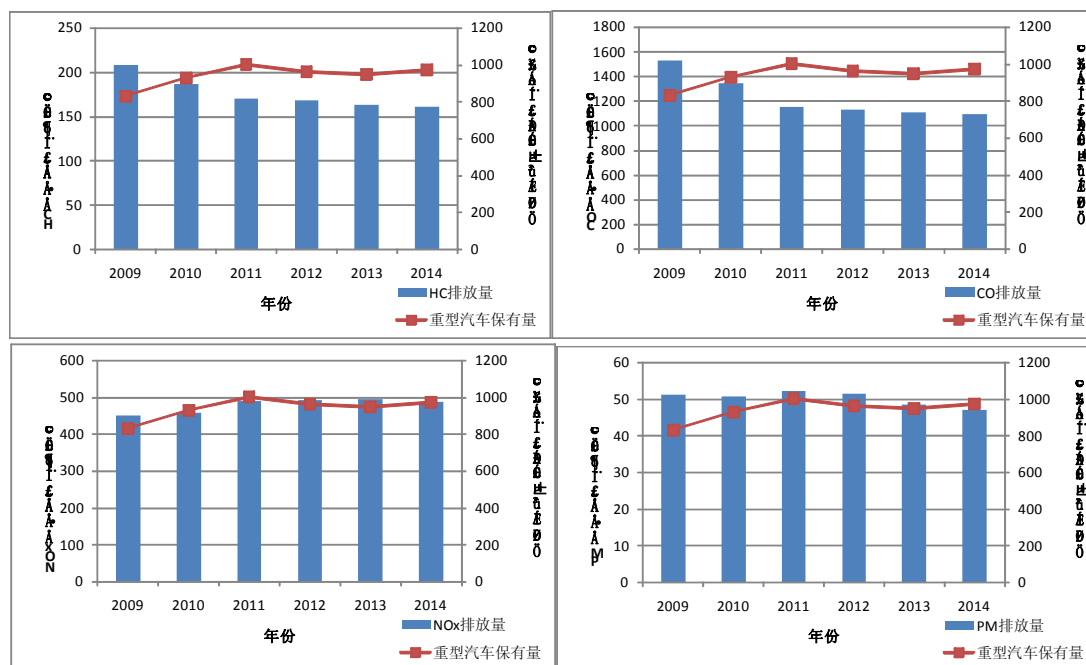


图 15 2009 年到 2013 年我国在用重型车污染物排放量

### 3.2.2 重型车排放污染物对环境和人体健康的影响

相比汽油车,柴油车的动力大,燃油经济性好,比较耐用,是客货运输中的首选车型。但随着对汽油车排放控制效果的显现,我国柴油车排放污染问题日益突出,其尾气黑烟常常给道路边的行人造成困扰,对城市和区域的大气灰霾、光化学烟雾等污染都有着重要影响,这些污染危害人体的呼吸系统,也会引发心血管疾病,是公众长期关注的对象。

有研究表明在机动车中,柴油车单车排放的颗粒物是汽油车排放的几十倍,同时我国柴油车排放控制水平落后,对城市大气颗粒物分担率高,在机动车排放污染中,约 80%以上 PM<sub>2.5</sub> 来自重型柴油车。重型车排放的 PM<sub>2.5</sub>, 富含大量的有毒、有害物质且在大气中的停留时间长、输送距离远,因而对人体健康和大气环境质量影响更大。重型车排放的 NO<sub>x</sub> 以 NO、NO<sub>2</sub> 为主,与空气中的水结合最终会转化成硝酸和硝酸盐,硝酸是酸雨的成因之一;它与其他污染物在一定条件下能产生光化学烟雾污染。近年来,北京等地曾经发生了明显的光化学烟雾现象;珠三角等地由于具备发生光化学烟雾的地理、气象条件,也有发生光化学烟雾的



风险。

### 3.3 污染物排放控制及监管的新需求

(1) **继续加大污染物排放控制。**目前，我国大气污染的形势非常严峻，随着机动车保有量的快速增长，机动车成为很多城市的主要污染物来源。为了减少机动车的污染物排放总量，需从削减单车污染物排放量入手，因此需要制定更加严格的排放标准。

(2) **车载诊断系统（OBD）方面。**国四、五阶段的车载诊断系统（OBD）技术要求相对宽松，没有监测频率要求，没有尿素溶液质量及消耗的监测等，不能满足今后监督管理的需要。随着 OBD 技术的发展和日益成熟，原标准的规定可进一步细化，使其在监控发动机实际排放时，更好的发挥作用。

(3) **高原排放方面。**我国高原十分广阔，对于柴油机来说，随着海拔升高，大气压力下降，发动机燃烧过程的氧气供应会减少，这将直接导致内燃机的燃烧恶化，其动力性、经济性和排放性能明显下降。国四、国五标准中，重型发动机试验时的海拔不超过 1 000 米（或相当于大气压 90kPa），因此，通过核准的车辆若实际中在高原地区使用时，排放将得不到保证。

(4) **生产一致性检查判定方法。**原标准生产一致性检查时，在进行完三台发动机的检查后，为了判定该机型的生产一致性是否达标，需要增加抽样发动机进行测试，最多时需要进行 32 台发动机测试，才能最终判定该机型达标与否。我国现阶段的监管能力有限，这就使得上述方法执行起来非常困难。实际上，在主管部门进行的一致性抽查中，也采用了一种简化的方法来进行判定。因此，提供一种简化的生产一致性判定方法是十分必要的。

(5) **新生产整车的排放监督检查。**原标准规定的排放要求，只是针对发动机进行的台架试验，而发动机装配到整车上后，其排放是否能够很好的达标，没有相应的测量方法可以进行检验，因此，在新车出厂时，都没有有效的手段进行整车的污染物排放检查。若整车出厂时的排放就不能满足要求，那将对环境造成非常严重的影响，标准的实施效果也大打折扣。同时，整车出厂时排放不达标的责任，将在后续进行的在用车排放年检中，全部由用户来承担，而厂家不承担任何责任，这是非常不合理的，且对重型车污染物减排非常不利。

## 4 现行标准及实施情况

#### 4.1 现行标准概述

我国重型柴油车现行排放标准是 GB 17691，该标准自 2001 年发布，2005 年修订，涵盖了五个阶段的排放控制要求，目前已经执行到第四阶段，具体时间如下：

表 1 重型压燃式发动机标准

标准	型式核准	新发动机实施日期
国 I	2000.9.1	2001.9.1(COP)
国 II	2003.9.1	2004.9.1(COP)
国 III	2007.7.1	2008.1.1
国 IV	2010.1.1	2013.7.1
国 V	2012.1.1	2016.4.1

自 2001 年我国开始实施第一阶段排放标准以来，重型柴油车的 NO<sub>x</sub> 和 PM 排放，已经有了大幅的削减，到目前实施的第四阶段，相比第一阶段 NO<sub>x</sub> 和 PM 分别已经分别削减了 61%和 94%，实施第五阶段后，NO<sub>x</sub> 排放还将进一步削减。具体见图 16。

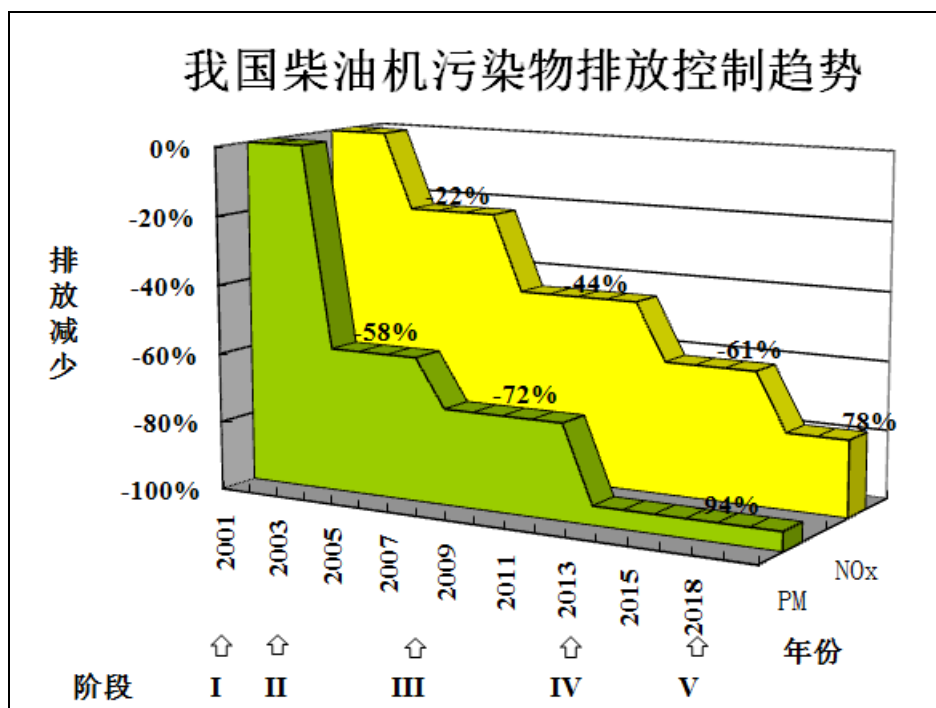


图 16 重型车污染物排放削减历程

2008 年，为完善 GB17691-2005 第四、五阶段机动车排放标准内容，环保部组织制定并发布了 GB17691 的修改方案以及 OBD、耐久性和在用符合性三项配

套标准。OBD标准要求第IV阶段达到欧洲OBD1阶段要求,第V阶段达到OBD2及NO<sub>x</sub>排放控制措施的要求;耐久性标准提出了10万km(5年)—50万km(7年)的有效寿命要求;在用符合性标准则规定了在用符合性检查程序和方法等内容。

2014年,为解决城市车辆实际运行时排放超标的问题,环保部组织制订了HJ689城市车辆用柴油机的排放标准,该标准采用了全球统一的重型车测试循环(WHTC),确保车辆在设计时就考虑低温、低速和低负荷排放的问题。

另外,为了解决第四阶段在用符合性实施困难的问题,环保部还在组织制定重型汽车车载法排放测量方法,该标准目前已完成征求意见工作。

因此,我国现行的重型柴油车(含燃气汽车)污染物排放标准实际上包含了一共6项标准,如下:

表2 重型车现行标准

序号	标准号	标准名称
1	GB 17691-2005	《车用压燃式、气体燃料点燃式发动机与汽车排气污染物排放限值及测量方法(中国III、IV、V阶段)》
2	HJ437-2008	《车用压燃式、气体燃料点燃式发动机与汽车车载诊断(OBD)系统技术要求》
3	HJ438-2008	《车用压燃式、气体燃料点燃式发动机与汽车排放控制装置耐久性技术要求》
4	HJ439-2008	《车用压燃式、气体燃料点燃式发动机与汽车在用符合性技术要求》
5	HJ689-2008	《城市车辆用柴油发动机排气污染物排放限值及测量方法(WHTC工况法)》
6	HJxxx	《重型车用发动机与汽车车载测量方法及排放限值》(正在制定中)

## 4.2 现行标准实施情况

### 4.2.1 各阶段标准实施时间

原标准中规定了型式核准实施日期和生产、销售、注册登记的实施日期。型式核准实施日期如下:

第III阶段	第IV阶段	第V阶段
2007年1月1日	2010年1月1日	2012年1月1日

在标准规定的相应阶段的实施日期开始,不满足该阶段的发动机和汽车,将不得予以型式核准。在该日期之后一年期,凡不满足相应阶段要求的新车不得销

售、注册登记，不满足相应阶段要求的新发动机不得销售和投入使用。

重型发动机（车辆）的型式核准基本按标准规定的时间实施，目前已经开始第五阶段机型的申报工作，已有多家企业的机型获得型式核准证书。

对于销售和注册登记的实施时间，实际中，受多种因素影响，标准的实际实施时间有所调整。

1、三阶段库存车销售期延长 6 个月。

2008 年 1 月 1 日，是停止销售国二车辆的期限，为解决国二库存车的压力，当时的环保总局发布环函〔2007〕519 号《关于柴油汽车实施国三排放标准意见的复函》，允许库存车销售至 2008 年 6 月 30 日，但要经过汽车企业的申请并经核准后方可<sup>[7]</sup>。

2、由于燃油不能到位，四、五阶段标准推迟实施。

到第四阶段，由于当时满足第四阶段要求的车用柴油（硫含量 50ppm）无法全国供应，考虑到高硫燃油对国四车辆采用的 SCR 等后处理系统产生影响，环保部对第四阶段标准的实施时间进行了调整<sup>[8,9]</sup>，最终国四柴油车生产、销售、注册登记的实施日期，比标准要求推迟了两年半的时间，见表 3。

表 3 重型汽车第四阶段标准实际实施时间

类别	实施日期
标准规定实施日期	2011 年 1 月 1 日
气体燃料车辆	按期执行
北京、上海的公交、环卫和邮政车	2012 年 1 月 1 日
其他柴油车	2013 年 7 月 1 日

第五阶段，要求使用更低硫含量的车用柴油（10ppm），环保部和工信部于 2016 年 1 月 15 日联合发布公告，将根据油品升级进程，分区域实施机动车国五标准，见表 4。

表 4 重型汽车第五阶段实施时间

实施时间	适用范围	实施区域
2016 年 4 月 1 日	轻型柴油客车、重型柴油车（仅公交、环卫、邮政用途）	东部 11 省市（北京市、天津市、河北省、辽宁省、上海市、江苏省、浙江省、福建省、山东省、广东省和海南省）

实施时间	适用范围	实施区域
2017年1月1日	重型柴油车（客车和公交、环卫、邮政用途）	全国
2017年7月1日	所有重型柴油车	全国

#### 4.2.2 各地区标准实施情况

虽然全国推迟实施，但部分城市已经发布公告明确本地区的实施时间，要求国三车辆不能在该地区继续销售和登记注册。各城市公布的实施时间，大部分与环保部要求的时间一致，也有些城市的实施时间有所提前，或有所推迟，具体见表5：

表5 各地区第四阶段实施时间

序号	省份（直辖市）	城市	实施时间	
1	北京	北京 <sup>[10]</sup>	2013年7月1日	
2	上海	上海 <sup>[11]</sup>	2013年7月1日	
3	广东	广州 <sup>[12]</sup>	2013年7月1日	
4		深圳	2013年7月1日	
5		湛江 <sup>[13]</sup>	2013年4月1日	
6		清远 <sup>[14]</sup>		2013年5月1日（转入登记）
7				2013年8月1日（新车注册）
8		四川	成都 <sup>[15]</sup>	2013年7月1日
9			广元	2013年10月1日
10	眉山		2013年7月1日	
11	雅安 <sup>[16]</sup>		2013年5月1日	
12	江苏	南京 <sup>[17]</sup>	2013年4月1日	
13		宿迁 <sup>[18]</sup>	2013年7月1日	
14		无锡 <sup>[19]</sup>	2013年7月1日	
15		淮安 <sup>[20]</sup>	2013年7月1日	
16	安徽	蚌埠 <sup>[21]</sup>	2013年7月1日	
17	陕西	西安	2013年7月1日	
18	海南	海口、三亚 <sup>[22]</sup>	与国家同步	
19	新疆	乌鲁木齐	2012年1月1日	
20	福建	泉州	2013年7月1日	
21	浙江	浙江省 <sup>[23]</sup>	2013年7月1日	
22		宁波 <sup>[24]</sup>	2013年7月1日	
23		温州	2013年7月1日	
24		杭州	2013年7月1日	
25	甘肃	庆阳 <sup>[25]</sup>	2013年7月1日	
26		平凉 <sup>[26]</sup>	2013年12月1日	
27	湖北	武汉、宜昌 <sup>[27]</sup>	2013年7月1日	

序号	省份（直辖市）	城市	实施时间
28		襄阳	2013年9月10日
29	河南	河南省 <sup>[28]</sup>	2013年2月4日
30	山西	晋城 <sup>[29]</sup>	2013年7月1日
31	湖南	湘潭	2013年7月1日
32	黑龙江	哈尔滨	2013年7月1日

北京、上海、天津和广东为进一步加大机动车污染防治力度，持续改善环境空气质量，提前实施了国五排放标准，见表6。

表6 提前实施第五阶段标准的地区

地区		实施日期	实施范围
北京		2013年2月1日	公交、环卫
		2015年6月1日	所有重型柴油车（发动机）
上海		2014年4月30日	公交、环卫、邮政
天津		2015年6月1日	公交、环卫和邮政
广东	珠三角地区	2015年12月31日	公交、环卫、邮政
	其他城市	2016年6月30日	公交、环卫、邮政

**北京。**自2013年2月1日起，北京市对新增公交、环卫用途的重型柴油车实施第五阶段排放标准<sup>[30]</sup>。自2015年6月1日起，所有重型柴油车（发动机）开始实施第五阶段排放标准<sup>[31]</sup>。

**上海。**2014年4月30日起，本市使用的公交、环卫、邮政行业重型柴油车，实施第五阶段国家机动车大气污染物排放标准<sup>[32]</sup>。

**天津。**自2015年6月1日起，新增公交、环卫和邮政用途的重型柴油车实施第五阶段排放标准<sup>[33]</sup>。

**广东省。**2015年2月13日发布通告，自2015年7月1日起，对在珠三角地区销售、注册和转入的公交、环卫、邮政行业重型压燃式发动机汽车实施第五阶段排放标准<sup>[34]</sup>。3月27日再次发布通知，珠三角地区实施第五阶段排放标准原则上不得晚于2015年12月31日，广东省其他各城市不得晚于2016年6月30日实施第五阶段排放标准<sup>[35]</sup>。之后，佛山市<sup>[36]</sup>、江门市<sup>[37]</sup>、惠州市<sup>[38]</sup>和广州

市<sup>[39]</sup>相继发布通告，明确 2015 年 12 月 31 日开始实施第五阶段排放标准。

## 5 主要国家、地区及国际组织相关标准研究

重型汽车排气污染物的排放控制，国外起步比较早。美国早在 20 世纪 60 年代末期就开始制订机动车排放技术法规，并且发展很快；日本从 80 年代末期开始推出重型汽车排放标准；欧洲 1988 年推出重型汽车污染物排放控制法规，并且进步很快，目前已经和最先进的美国水平相当；另外，目前“世界车辆法规协调论坛”（WP29）正在制定各项移动源的“全球统一的汽车技术法规”，目前已经发布了三项重型汽车方面的全球统一技术法规。

### 5.1 欧洲

#### 5.1.1 概述

重型汽车排放的法规最初是通过指令 Directive 88/77/EEC 《关于协调各成员国有关采取措施以防止车用柴油发动机排放污染物的理事会指令》引入的，随后逐次进行了修订。我国重型柴油车第一~五阶段排放标准，正是修改采用的欧 I~V 阶段法规。2009 年 6 月 18 日，欧盟发布了欧 VI 排放法规，法规号为 595/2009/EC。该法规发布后，欧盟相继通过了多项修订法规，对欧 VI 法规的测量方法及其他具体技术要求进行补充完善。

#### 5.1.2 实施时间

欧 VI 法规分为 VI-A、VI-B 和 VI-C 三个子阶段实施，主要差别是 OBD 限值和 NO<sub>x</sub> 监测控制限值是逐步加严的，如表 7 所示。

表 7 欧 VI 法规实施时间

阶段	实施	日期	数值
欧 VI-A	新型式核准	2012 年 12 月 31 日	NO <sub>x</sub> OTL: 1500mg/kWh DPF 监测: Δp60% NO <sub>x</sub> 劝导监测: 900mg/kWh
	车辆销售和注册登记	2013 年 12 月 31 日	同上
欧 VI-B	新型式核准	2014 年 9 月 1 日	NO <sub>x</sub> OTL: 1500mg/kWh PM OTL: 25mg/kWh NO <sub>x</sub> 劝导监测: 900mg/kWh
	车辆销售和注册登记	2015 年 9 月 1 日	同上
欧 VI-C	新型式核准	2015 年 12 月 31 日	NO <sub>x</sub> OTL: 1200mg/kWh PM OTL: 25mg/kWh NO <sub>x</sub> 劝导监测: 460mg/kWh
	车辆销售和注册登记	2016 年 12 月 31 日	同上

### 5.1.3 适用范围

欧 VI 法规适用于基准质量在 2610 千克以上的 M1 类、M2 类、N1 类和 N2 类机动车辆，以及 M3 类和 N3 类机动车辆。

同时，如果制造商提出要求，欧 VI 法规规定的整车型式认证，可扩展到其基准质量不超过 2610 千克的非完整车辆。如果制造商提出要求，欧 VI 法规及实施细则下规定的车辆型式认证，还可以可扩展到其基准质量大于 2380 千克的不同变体的车型。

### 5.1.4 排放限值及测量工况

#### 5.1.4.1 测试工况

欧 VI 排放法规采用了全球统一的重型车测试循环，包括瞬态循环（World Harmonised Transient Cycle, WHTC）和稳态循环（World Harmonised Steady-state Cycle, WHSC），不再是欧洲以前所使用的排放循环（ETC 和 ESC）。

全球统一的重型车试验循环是联合国世界车辆法规协调论坛（WP29）第 4 号全球性技术法规《全球统一的重型车测试规程（WHDC）》中的试验循环。WHTC 的制定充分考虑了世界各地的道路情况，各种车辆的行驶特征，其中城市工况占 49.6%，郊区工况占 26%，高速工况占 24.3%。在 WHTC 循环中，平均的发动机转速是额定转速的 36%，平均的发动机功率是额定功率的 17%，怠速时间占整个循环时间的 17%，见图 17。

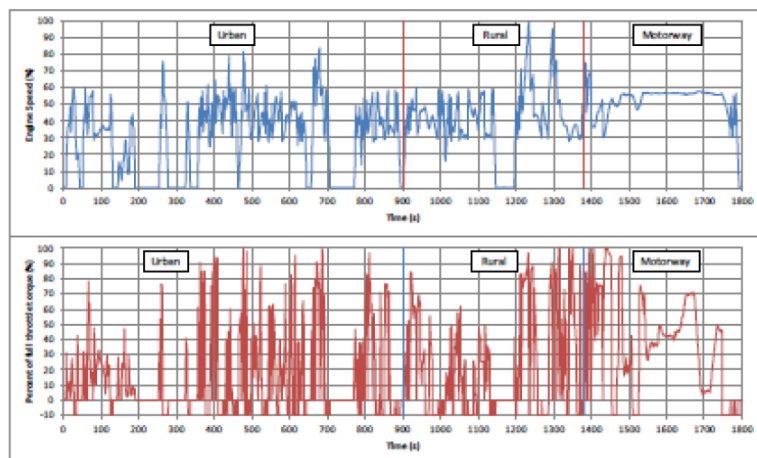


图 17 WHTC 试验循环



WHSC 包括 13 个工况点，需要连续记录每个工况的排放，见表 8。

表 8 WHSC 试验循环

工况号	转速规范值 (%)	扭矩规范值 (%)	时间 (s)
0	-	-	-
1	0	0	210
2	55	100	50
3	55	25	250
4	55	70	75
5	55	100	50
6	25	25	200
7	45	70	75
8	45	35	150
9	55	50	125
10	75	100	50
11	35	50	200
12	35	25	250
13	0	0	210
合计			1895

#### 5.1.4.2 排放限值

采用了新的排放测试循环，同时，欧 VI 的排放限值相比欧 V 也进行了加严，此外还增加了氨气 (NH<sub>3</sub>) 和颗粒物数量 (PN) 的要求，见表 9。

表 9 欧 VI 和欧 V 排放限值对比

	NO <sub>x</sub> g/kWh	CO g/kWh	HC g/kWh	NMHC g/kWh	CH <sub>4</sub> g/kWh	PM g/kWh	NH <sub>3</sub> ppm	PN #/kWh
ESC (欧 V)	2	1.5	0.46	/	/	0.02	/	/
WHSC (欧 VI)	0.4	1.5	0.13	/	/	0.01	10	/
ETC (欧 V)	2	4	0.55	/	1.1	0.03	/	8.0E+11
WHTC (欧 VI)	0.46	4	0.16	0.16	0.5	0.01	10	6.0E+11

欧 VI 法规中，NO<sub>x</sub> 加严了 77%，PM 加严了 67% (图 18)。

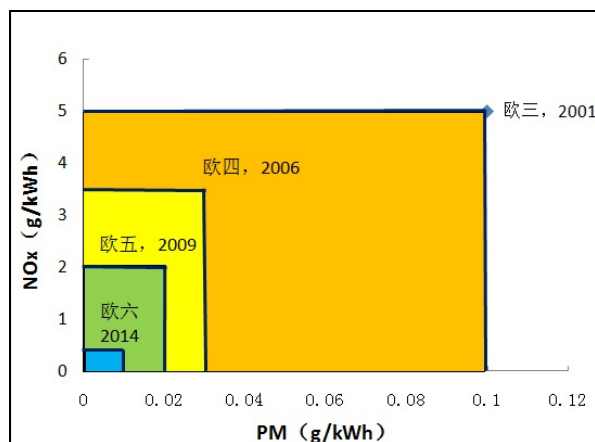


图 18 欧 III-欧 VI 法规限值加严过程

同时，欧 VI 还包括冷启动测试要求，再考虑到 WHTC 工况具有更低负荷的特点，这就意味着几乎所有先进的排放后处理装置都要装备上，才可以满足该法规的要求，尤其是颗粒物数量 (PN)，必须要采用 DPF 的控制技术才能满足限值要求。

### 5.1.5 循环外排放要求

欧 VI 法规更关注发动机和车辆在型式核准工况外的运行状态下的排放情况，因此，新增加了循环外排放的测试要求 (OCE)，具体包括两点要求：一次在发动机台架上，采用非工况循环 (WNTE) 进行排放测试；二是在型式核准时，要将源机安装在车辆上，采用车载排放测试方法，在实际道路上进行排放测试。

#### 5.1.5.1 WNTE 排放要求

WNTE 排放测试主要引用了第 10 号全球统一的机动车技术法规 (OCE)。WNTE 测试要求在 WNTE 控制区内进行任意选择固定数量的工况点 (在 9 个区任选 3 个区，每个区任选 5 个工况点)，对选定的工况点组成的稳态循环进行排放测试，见图 19。

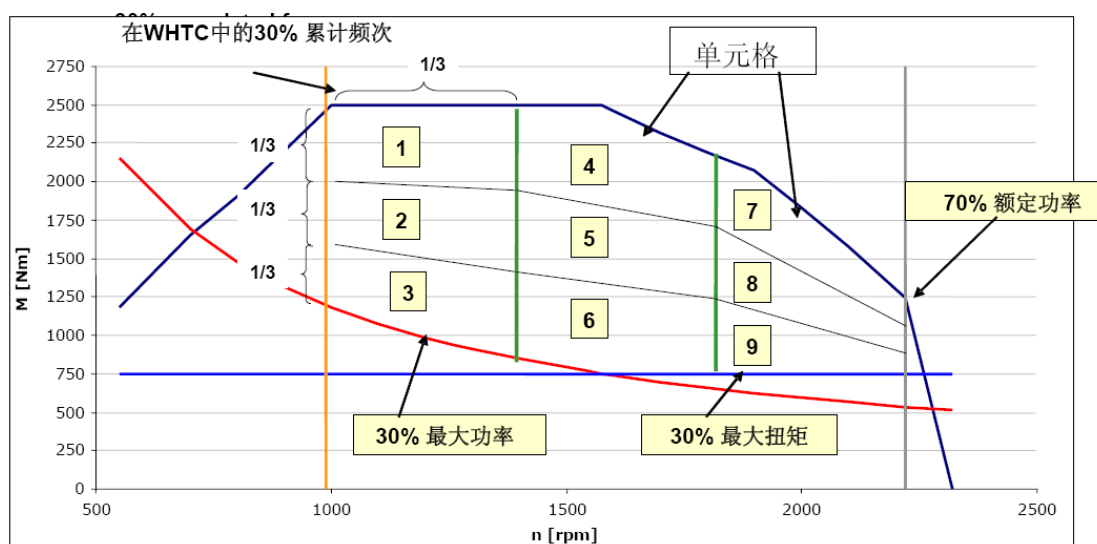


图 19 WNTE 示意图

WNTE 相当于一种稳态循环，其限值通过 WHSC 的限值换算而来，具体来说，即在 WHSC 限值的基础上，加上“WNTE 构成”，见表 10：

表 10 WNTe 限值

	WHSC 限值	WNTe 构成	WNTe 限值
NOx	400 mg/kWh	200 mg/kWh (WHSC*0.25+100)	600 mg/kWh
HC	130 mg/kWh	90 mg/kWh (WHSC*0.15+70)	220 mg/kWh
CO	1500 mg/kWh	500 mg/kWh (WHSC*0.2+200)	2000 mg/kWh
PM	10 mg/kWh	6 mg/kWh (WHSC*0.25+3)	16 mg/kWh

对于排气污染物，每个网格（5 个点测试结果的平均值）都应满足限值要求；对于颗粒物（PM），每个循环（15 个点测试结果的平均值）应满足要求。

### 5.1.5.2 整车 PEMS 演示试验

为验证发动机确实满足循环外排放要求，型式核准时，要求将源机安装在车辆上，采用 PEMS 方法对整车进行实际道路的排放测试。排放限值与在用符合性限值一致。

与欧 V 的控制区概念相比，WNTe 和 PEMS 演示试验将保证发动机，不仅在规定的瞬态和稳态试验循环时排放达标，更大的意义在于能够保证发动机在循环工况外的工况点，排放都能满足要求。

### 5.1.6 车载诊断系统（OBD）要求

欧 VI 法规的 OBD 要求基本上沿用通过 ECE R 49 实施的 WWH-OBD，性能要求基本等同 ECE R 49，特别要求（OTL、DPF 监测、IUPR 值），见 582/2011/EC 的附件十。

欧 VI 法规对于 OBD 和 NOx 监控的要求是逐步引入的，见表 11。包括最初的 A 阶段，过渡的 B 阶段，和最终的 C 阶段。C 阶段以前，NOx 控制水平仅为 0.9g/kWhr，尿素喷射偏差为 50%，且 OBD 的 IUPR 没有开始强制要求。C 阶段新车是 2015 年 12 月 31 日开始实施，NOx 监控水平加严到了 0.46g/kWhr，这表明采用理论计算的方法已不能满足要求，将只能采用 NOx 传感器，同时，OBD 的 IUPR 也开始强制要求。

表 11 OBD 和 NOx 监控要求

控制水平	阶段	实施时间		NOx 控制	NOx OTL Mg/kWh	PM OTL Mg/kWh	OBD IUPR
		型式核准	生产销售				
初始	A	2012.12.31	2013.12.31	0.9g/kWh	1500	性能监控	无限值
IUPR	N/A	2015.7.1 前完成调查		尿素消耗：50%			无限值 仅演示

过渡	B	2014.9.1	2015.9.1			25	无限值
最终	C	2015.12.31	2016.12.31	0.46g/kWh 尿素消耗：20%	1200	25	最小 0.1

IUPR 要求主要通过在用监测事件潜在数量与在用监测事件实际数量之间的比值，评价 OBD 系统的在用性能，IUPR 最低为 10%。

WWH-OBD 监测要求主要包括部件监测、性能阈值监测和排放阈值监测三部分。部件监测包括电路故障、合理性故障（输入部件或信号）和功能性故障（输出部件或信号）；性能阈值监测包括和排放阈值无关的监控参数，例如：DPF 的压差监控；排放阈值监控包括通过排气管的排放传感器以及同实际排放相关联的模式对排放进行直接测量，或通过计算机输入/输出信息同实际排放的关联性对排放增加进行指示等。

该规定将驱动车辆监控排放关键零部件是否有故障或正常运行，最终目的是为监控排放控制系统正车辆整个使用寿命期内都能满足排放法规。一旦出现排放关键部件相关的故障，系统将会点亮故障指示灯 MIL，并且记录故障代码。根据排放超过 OBD 阈值及排放限值的严重程度，失效分为 A、B、C 三级，失效类型不同，点亮指示灯的方式也有所不同，见图 20。

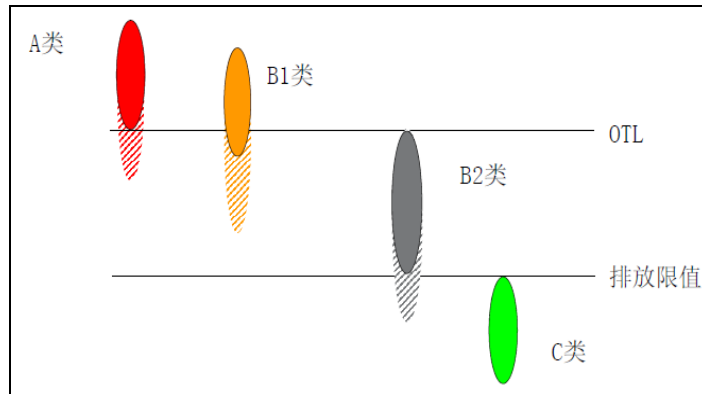


图 20 OBD 监控失效分类<sup>①</sup>

如图，A 级失效和超过 200 小时而没有进行维修的 B1 级失效，MIL 常量；B2 失效和小于 200 小时而没有进行维修的 B1 级失效，MIL 在钥匙通电的 60s 内点亮；C 级失效，在发动机启动前，MIL 按设定点亮。

<sup>①</sup> 图来源：Juergen Stein，戴姆勒公司

OBD 故障代码和出现故障时的信息必须保存一定时间，并且可以使用通用诊断仪进行访问。OBD 故障的实施是由各成员国来具体规定，但是可以包括路边检查或者成为年检的一部分，对于点亮的 MIL 灯或者长时间的故障，成员国可以对驾驶员进行罚款，或者令其无法通过年检等，以迫使驾驶员在遇到点亮的 MIL 时，及时进行维修。

OBD 系统自身的动作也将会被监控，以确保其运转正确。就整个车队平均来说，所有的 OBD 监控必须至少每 10 个运行循环就要运行一次。运行循环是指从发动机点火开始到熄火为止的过程。对于在用监控频率 IUPR，必须由发动机制造商定期的报告给认证机构。

### 5.1.7 NOx 控制系统的监控

OBD 和 NOx 监控经常被联系起来，但是他们完全不同，OBD 是种服务工具，将技术问题告之操作者，而 NOx 监控是防止操作者作弊的工具。NOx 监控应该基于反作弊要求，督促用户添加尿素或正确操作，而不仅是基于总体阈值。

欧 VI 法规要求，发动机要能够识别人为因素造成的 NOx 控制系统相关的问题。比如尿素液位低于设定值，尿素流量低于目标值 50%以上，或者添加了质量不合格的尿素等，见图 21。



图 21 NOx 控制监控<sup>①</sup>

车辆将会包括一个驾驶员提醒系统，该可视的警告系统会在识别出因人为因

<sup>①</sup> 图来源：康明斯（中国）投资有限公司

素造成的相关故障时告知驾驶员。一旦 NOx 控制方面的问题被识别出来，驾驶员提醒系统就会在一定时间内激活，见图 22。

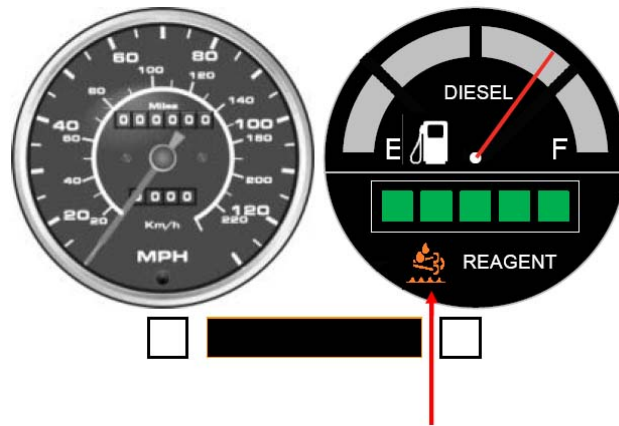


图 22 驾驶员提醒系统

如果该问题在随后的一段时间内仍然没有得到解决，驾驶员诱导系统就会触发，一开始采用初级劝导，随后采用强化劝导，最终甚至会导致车辆无法驾驶。驾驶员诱导系统分两级限扭，取决于该故障多长时间内没有被修复。

第一级的降扭会导致在整个转速范围内扭矩降低 25%，见图 23。在一定的时时间以后，当车辆停止运行，司机休息时，就会引入更严重的限制：车辆将只能以最高 20 km/h 的速度行驶。各种监测项目出现篡改后，启动劝导系统条件如表 12。

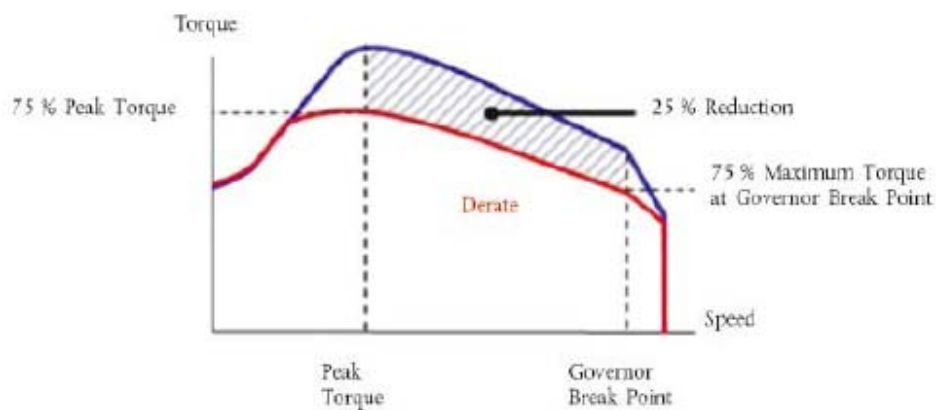


图 23 驾驶员诱导系统第一级降扭<sup>①</sup>

<sup>①</sup>图来源：康明斯（中国）投资有限公司

表 12 劝导系统启动条件

监测项目	初级劝导	严重劝导
反应剂存量	存量≤2.5%	完全用尽
反应剂质量	发现后发动机运行 10 小时	发现后发动机运行 20 小时
反应剂消耗少：给料中断	发现后发动机运行 10 小时	发现后发动机运行 20 小时
EGR 阀堵塞	发现后发动机运行 36 小时	发现后发动机运行 100 小时
监测系统故障	发现后发动机运行 36 小时	发现后发动机运行 100 小时
反应剂冻结（非加热系统）	-	温度≤-7℃条件下，70 分钟后仍无反应剂供料

NO<sub>x</sub> 控制系统应具有冻结保护功能：允许储罐和给料系统为热态或非热态，发生冻结后，若环境温度≤-7℃，反应剂仍可使用 70 分钟，当环境温度≤-7℃，若发动机启动后 70 分钟无反应剂可用，非热态系统必须启用强化劝导。

### 5.1.8 耐久性要求

欧 VI 法规的耐久性要求也有所加严，最高达到了 7 年或 70 万公里的使用寿命要求，见表 13。

表 13 耐久性里程

分类	有效寿命 <sup>(1)</sup>	
	行驶里程	使用时间
用于 M <sub>1</sub> 、N <sub>1</sub> 和 M <sub>2</sub> 车辆的发动机	160,000km	5 年
用于最大设计总质量不超过 16 吨的 N2、N3 类车辆以及最大设计重质量不超过 7.5 吨的 I 级、II 级和 A 级 M3 类车辆	300,000 km	6 年
用于最大设计总质量超过 16 吨的 N3 类车辆和最大设计总质量超过 7.5 吨的 III 级和 B 级 M <sub>3</sub> 类车辆	700,000km	7 年
(1) 有效寿命中的行驶里程和实际使用时间两者以先到为准。		

型式核准时，需进行耐久性试验，确定劣化系数，欧 VI 法规同时还给出了指定劣化系数，指定劣化系数只能用于乘法，据了解，大多数厂家都偏向于采用指定劣化系数，而不去进行耐久性试验。指定劣化系数见下表：

表 14 指定劣化系数

试验循环	CO	THC <sup>(1)</sup>	NMHC <sup>(2)</sup>	CH <sub>4</sub> <sup>(2)</sup>	NO <sub>x</sub>	NH <sub>3</sub>	PM	PN
WHTC	1.3	1.3	1.4	1.4	1.15	1.0	1.05	1.0
WHSC	1.3	1.3	1.4	1.4	1.15	1.0	1.05	1.0
(1)适用于压燃式发动机;(2)适用于点燃式发动机								

### 5.1.9 在用符合性（PEMs 测量要求）

欧 V 及之前阶段的符合性要求，需要将发动机从整车上拆下来进行台架试验，操作性较差，欧 VI 对这一要求进行了修订，采用整车车载测试方法（PEMS），在实际道路上个排放测试，以更好的控制车辆正常运行中的排放。

在用符合性要求在整个车辆的使用寿命期内，都需要在所选定的代表车辆上完成常规的实际道路排放测试，PEMS 测试的排放限值是 WHTC 限值的 1.5 倍（见表 15）。

表 15 符合性系数

	WHTC 限值	符合性系数	符合性限值
NOx	460mg/kWh	1.5	690 mg/kWh
HC	160 mg/kWh	1.5	240 mg/kWh
CO	4000 mg/kWh	1.5	6000 mg/kWh
PM	10 mg/kWh	-	-

## 5.2 美国

### 5.2.1 概述

美国从 1970 年开始规定重型汽车污染物排放限值要求，排放法规中，将最大总质量超过 8500 磅（3856 kg）的汽车作为重型汽车。对于重型汽车的污染物排放测量，是在发动机台架上进行。

### 5.2.2 排放限值

美国对重型柴油车的污染物排放控制从上世纪 70 年代初开始，最初的污染物项目是烟度。从 1974 年开始，增加了气态污染物的排放限值要求。1984 年以前，采用的是十三工况稳态测量方法，1984 年以后，开始采用瞬态测试循环，并一直沿用至今。其污染物排放限值经过多次修订，具体见表 16。

表 16 美国重型发动机排放限值

年份	排放限值（g/hp.h）				
	NOx	HC+NOx	HC	PM	CO
1974	--	16	--	--	40
1979	--	10	1.5	--	25
1985	10.7	--	1.3	--	15.5
1988	10.7	--	1.3	0.6	15.5
1990	6	--	1.3	0.6	15.5
1991	5	--	1.3	0.25	15.5



年份	排放限值 (g/hp.h)				
	NO <sub>x</sub>	HC+NO <sub>x</sub>	HC	PM	CO
1994	5	--	1.3	0.1	15.5
1998	4	--	1.3	0.1	15.5
2004	--	2.5	--	0.1	15.5
2007	0.2 (50%达标)	2.5 (50%达标)	0.14	0.01	15.5
2010	0.2	--	0.14	0.01	15.5

### 5.2.3 测量工况

#### (1) 瞬态测试循环

目前，美国使用的瞬态测试循环工况见图 24，该瞬态工况中高速大负荷的比例较大，体现了美国高速公路运输占主导地位。测试中污染物取样，采用全流式的稀释取样系统。在测量中要运行两遍，一遍冷起动循环，一遍热起动循环，加权系数为 1:7（冷起动：热起动），两遍试验的测试结果加权后再经过劣化系数（或劣化修正值）的校正，应满足排放限值要求。

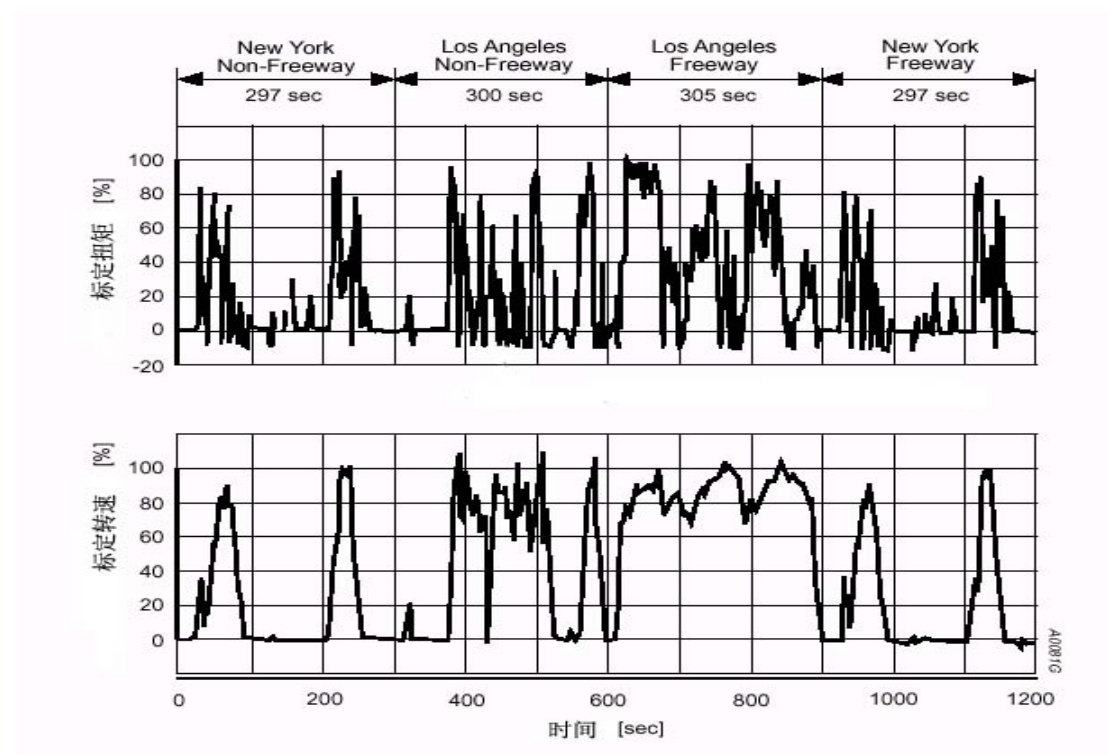


图 24 美国重型柴油机瞬态测试循环工况

#### (2) 稳态测试工况

在瞬态测试的基础上，从 2007 年开始新增了附加的稳态工况测量要求，如图 25 所示。该工况与欧盟第五阶段的 ESC 工况是一致的。

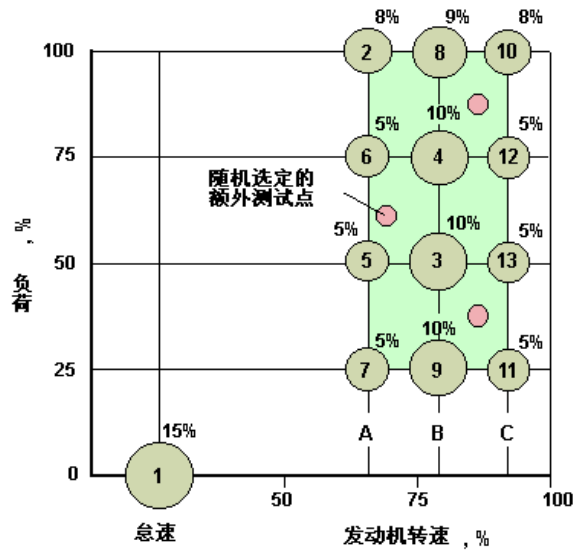


图 25 美国重型柴油机稳态测试循环工况

#### 5.2.4 排放控制耐久性要求

法规规定，在发动机整个有效寿命期内污染物排放控制装置能够有效工作，污染物排放始终达到限值要求。并通过进行耐久性试验或其他方式，证明有效寿命内的发动机排放满足限值要求。

对于不同重量的车辆，有效寿命内的行驶里程要求不同，车重越大里程要求越长，如表 17 所示。

表 17 美国重型车有效寿命要求

汽车分类	行驶里程 (km)	使用时间 (年)
LHDD (3.8t < 车重 < 8.7t)	160,900	10 年
MHDDE (8.7t ≤ 车重 ≤ 14.7t)	298,000	10 年
HHDD (车重 > 14.7t)	700,000	10 年

#### 5.2.5 车载诊断系统要求

美国重型车的车载诊断系统 (OBD) 要求，从 2007 年开始逐步实施，实施时间如表 18 所示。

表 18 美国重型车 OBD 要求实施时间

年份	发动机类别	实施内容
2008	总质量≤14000 磅 (6.35t) 的重型车用发动机	OBD 所有要求
2010–2012	总质量 > 14000 磅 (6.35t) 的重型车用发动机	销量最大的发动机系族 其他发动机系族暂不实施
2013–15		销量最大的发动机系族 销量最大的 OBD-发动机系族 更严格的 OBD 限值要求
2016 及以后	全部重型发动机	OBD 所有要求

重型柴油车 OBD 的监测内容包括：排放限值监测、功能性监测、功能或合理性监测和电路通断监测。

排放限值监测，是所有监测项目中最复杂的部分，即对某个系统进行监测，以识别所有可以导致排放超过 OBD 限值的故障，通常是针对关键的排放控制部件进行的早期故障检测。利用已知的失效零部件，进行发动机台架排放试验，验证 OBD 的功能。试验工况即发动机型式核准所用的瞬态工况。排放限值监测的项目及要求如表 19 所示。

表 19 重型柴油车 OBD 限值监测项目及要求

监测项目	年型	NMHC	CO	NO <sub>x</sub>	PM
NO <sub>x</sub> 后处理系统（包括 SCR 和 NO <sub>x</sub> 捕集系统）	2010–2012	—	—	+0.6	—
	2013+	—	—	+0.3	—
颗粒物捕集系统（DPF）	2010–2012	2.5x	—	—	0.05/+0.04
	2013+	2.0x	—	—	0.05/+0.04
空-燃比传感器上游	2010–2012	2.5x	2.5x	+0.3	0.03/+0.02
	2013+	2.0x	2.0x	+0.3	0.03/+0.02
空-燃比传感器下游	2010–2012	2.5x	—	+0.3	0.05/+0.04
	2013+	2.0x	—	+0.3	0.05/+0.04
NO <sub>x</sub> 传感器	2010–2012	—	—	+0.6	0.05/+0.04
	2013+	—	—	+0.3	0.05/+0.04
其他有排放限值的监测项目（燃油喷射系统、发动机失火、EGR 系统、增压系统、可变气阀正时系统）	2010–2012	2.5x	2.5x	+0.3	0.03/+0.02
	2013+	2.0x	2.0x	+0.3	0.03/+0.02

另外，法规中对 OBD 的监测频率（IUPR）也进行了规定，即最低的检测频率为 0.1。每一个监测频率应储存在发动机控制模块中，并可以使用诊断仪查询。

在整个发动机寿命期内，这些频率都将连续刷新并保持。

### 5.2.6 车载测量方法（PEMs）和排放限值

美国 EPA 于 2007 年率先引入了重型车污染物车载测量方法（PEMs），用于测量发动机装到车上后，在实际道路运行中的污染物排放量，测量结果需满足 NTE 排放限值要求。该项要求适用于 2007 年型及其以后的发动机型，NTE 限值是 2007 年限值的 1.5 倍，见表 20。对气态污染物（重点是 NO<sub>x</sub>）排放的车载测试从 2007 年正式开始；由于重型车尾气颗粒物排放车载测量的难度大、技术要求高，对颗粒物的测试要求直到 2011 年才最终确定。

表 20 美国重型车车载测量的 NTE 限值

污染物项目	限值 (mg/kW)，美国 2007 法规	
NO <sub>x</sub>	402	1.5*FTP 限值
NMHC	282	1.5*FTP 限值
CO	25982	1.25*FTP 限值
PM	20	1.5*FTP 限值

该项规定，是为了确保重型发动机在实际使用的各种工况下污染物排放满足标准要求。该车载测量方法不是在特定的工况下进行试验，而是在 NTE 控制区（如图 26 所示）内的任何工况、不同环境条件下进行试验。

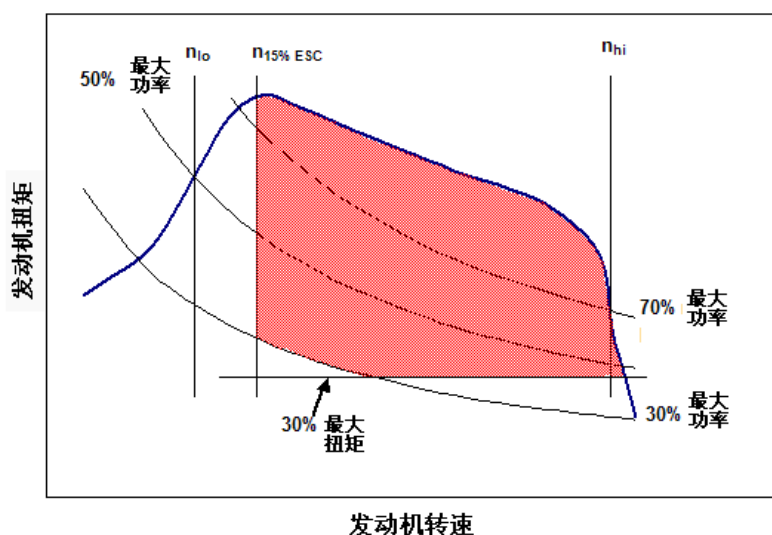


图 26 NTE 控制区

### 5.3 日本

### 5.3.1 概述

日本从 1974 年开始提出重型柴油车污染物排放控制要求，涵盖三种污染物：一氧化碳（CO）、碳氢化合物（HC）和氮氧化物（NO<sub>x</sub>），控制指标为浓度限值，单位 ppm。一直到 1994 年，开始增加了颗粒物（PM）的排放控制要求，并且控制的指标改为比功率排放量，单位为 g/kWh。

### 5.3.2 排放限值及实施日期

日本在 20 世纪 80 年代推出重型柴油发动机排放标准。日本的排放标准在整个 90 年代限值比较宽松，是可以轻松通过的。MOE 在 2003 年定稿的 2005 年开始实施的轻型和重型车辆排放标准，限值明显加严。2005 年重型排放标准（NO<sub>x</sub>= 2 g/kWh，PM= 0.027 g/kWh）是世界上最严格的柴油车排放法规。事实上 2009 年，执行的限值更加严格（NO<sub>x</sub>= 0.7 g/kWh，PM= 0.01 g/kWh），这已经达到美国 2010 年和欧五阶段限值的要求。

具体限值见下表，表中提到的是新车型实施日期。现生产机型原则上允许延迟不超过一年。新生产的重型商用柴油车排放标准见表 21（发动机排放测试在测功机上进行）。

表 21 重型商用柴油车排放法规  
(GVW > 3500 kg (> 2500 kg , 2005 年前))

	1974	1977	1979	1983	1988	1994	1997	2003	2004	2005	2009	2016
CO	790	790	790	790	790	7.40	7.40	2.22	2.22	2.22	2.22	2.22
HC	510	510	510	510	510	2.90	2.90	0.87	0.87	0.17	0.17	0.17
NO <sub>x</sub>	770	650	540	470	400	6.00	4.50	3.38	3.38	2.0	0.7	0.4
PM						0.70	0.25	0.18	0.18	0.027	0.010	0.01
Test Mode	6M					13M		JE05		WHTC		
(Unit)	(ppm)					(g/kWh)						

### 5.3.3 试验工况

#### (1) 6 工况

6 工况试验循环是日本重型发动机试验在 1993 年以前使用的试验循环，1994 年开始被新的 13 工况循环所代替。发动机通过在 6 个不同转速和扭矩工况下运行，每个工况持续运行 3 分钟，并进行测量取平均值，最终结果用 ppm 表示。

对测试工况和加权系数来说，有两种定义，一种是对柴油机而言，另一种是对汽油机和 LPG 发动机而言，柴油机循环见表 22：

表 22 日本柴油机 6 工况循环

工况号	转速规范值 (%)	扭矩规范值(%)	加权系数
1	怠速	-	0.355
2	40	100	0.071
3	40	25	0.059
4	60	100	0.107
5	60	25	0.122
6	80	75	0.286

## (2) 13 工况循环

1994 年开始，日本重型发动机采用 13 工况循环，代替老的 6 工况循环，测试循环包括 13 个稳态工况，排放结果用 g/kWh 表示。测试强调在低速行驶工况，工况控制在低的发动机负荷和低的排气温度下。对柴油机和汽油机/LPG 发动机来说，在某些测试工况有一些不同，而且加权系数也不同。柴油机试验循环见表 23，汽油机循环见表 24。

表 23 柴油机 13 工况循环

工况号	转速规范值 (%)	扭矩规范值(%)	加权系数
1	怠速	-	0.410/2
2	40	20	0.037
3	40	40	0.027
4	idle	-	0.410/2
5	60	20	0.029
6	60	40	0.064
7	80	40	0.041
8	80	60	0.032
9	60	60	0.077
10	60	80	0.055
11	60	95	0.049
12	80	80	0.037
13	60	5	0.142

表 24 汽油机/LPG 13 工况循环

工况号	转速规范值 (%)	扭矩规范值(%)	加权系数
1	怠速	-	0.314/2
2	40	40	0.036

工况号	转速规范值 (%)	扭矩规范值(%)	加权系数
3	40	60	0.039
4	怠速	-	0.314/2
5	60	20	0.088
6	60	40	0.117
7	80	40	0.058
8	80	60	0.028
9	60	60	0.066
10	60	80	0.034
11	60	95	0.028
12	40	20	0.096
13	40*	20*	0.096

\* - 减速到怠速

### (3) JE05 工况循环

日本 2004 年的排放标准采用新的 JE05（也称为 ED12）的排放测试循环，此排放测试循环适用于汽车总重大于 3500kg 重型车辆。JE05 试验循环是基于东京的实际路况，适合重型柴油机和重型汽油机试验循环。试验循环大约 1800s，平均时速为 26.94km/h，最大时速为 88km/h，循环设定见图 27。

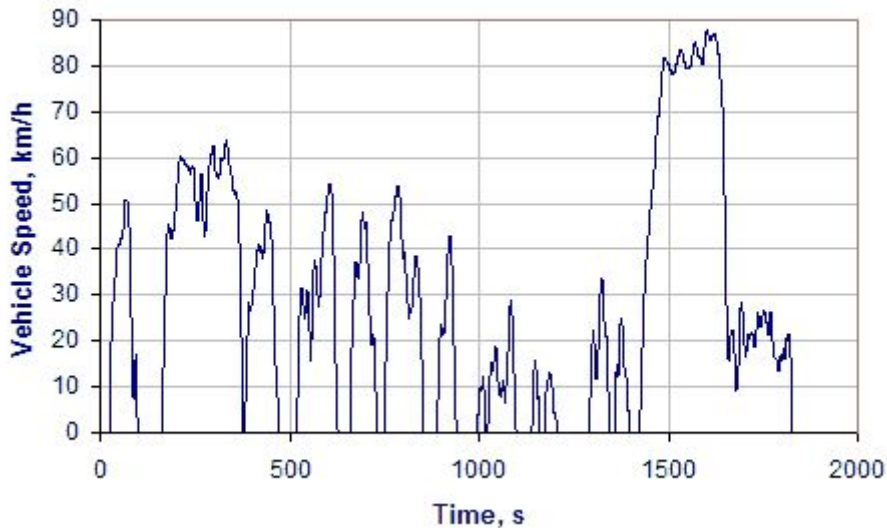


图 27 JE05 试验循环 (GVW>3500kg)

#### 5.3.4 下一阶段要求

##### (1) 新的测试工况

WP29 在 2006 年开发了世界统一的重型车测试循环 (WHTC)，该循环是根据日本、欧洲和美国的实际道路行驶数据开发而来，日本对该工况进行了评估。

和日本现行法规中采用的 JE05 工况对比，WHTC 工况涵盖了更多的高速高负荷工况，但是高速中等负荷工况部分比 JE05 工况覆盖要少。但总体看来，WHTC 与 JE05 工况相差并不是非常多，而且日本认为，如果在 WHTC 工况下削减污染物排放，那么在 JE05 工况下，排放也能得到削减。

因此，日本计划在 2016 年开始，引入全球统一的重型车试验循环 (WHTC)，同欧洲一样，包括冷启动和热启动两个工况，两种工况的加权系数也将与 WHTC 一致，即冷启动占 14%，热启动占 86%。

### (2) 循环外排放

鉴于发动机及后处理技术及电子控制单元功能的提升，发动机在 WHTC 循环以外的工况点的排放将会比 WHTC 工况点的排放高很多，所以，日本计划今后将引入全球统一的循环外排放测试要求，及第 10 号全球统一机动车技术法规，全球统一的循环外排放法规 (WWH-OCE)。

### (3) OBD

随着行驶里程的增加，车辆可能不能有效的保证对污染物的削减，因此，为确保排放相关部件的功能，日本将在下一阶段排放法规全部实施后的三年内，引入全球统一的重型车 OBD 法规要求。

## 5.4 全球统一重型车排放技术法规

### 5.4.1 概述

WP29 的全称为联合国世界车辆法规协调论坛。主要开展世界范围内汽车技术法规协调和统一的相关工作。

1998 年 6 月 25 日，WP29 在日内瓦签订《全球性汽车技术法规协定书》(该协定书全称为《关于对轮式车辆、安装和/或用于轮式车辆的装备和部件制修订全球性技术法规协定书》，简称为《1998 年协定书》)，它规定了世界各国在此法律框架下共同制修订全球统一的汽车技术法规的程序和规则。WP29 开始按照《1998 年协定书》中规定的程序规则制定和实施“全球统一的汽车技术法规”(简称为 GTR 法规)。

目前，WP29 已投票通过了多项全球统一的汽车排放技术法规，其中三项



是重型汽车排放方面的法规，如下：

GTR No.4	WHDC	重型车排放测试循环
GTR No.5	WWH-OBD	重型车 OBD
GTR No.10	OCE	重型车非工况循环

这三项法规对世界各国的重型汽车污染排放控制法规有着非常重要的作用，最新的欧六法规中已经将全球法规引入，日本也将引入其中的相关内容。

#### 5.4.2 全球统一的重型车测试循环（WHDC）

WHDC 法规已经在第 52 次 GRPE 会议上（2006 年 6 月 6 日~6 月 9 日召开）审议并通过，并在 WP29 第 140 次会议上通过了审议和表决。该 GTR 的全称为“就污染物排放方面对压燃式发动机和燃气（NG）或液化石油气（LPG）的点燃式发动机的试验规程”，适用范围为设计车速超过 25 km/h，总质量超过 3.5t 的 1-2 类和 2 类车辆所装用的压燃式发动机、燃气（NG）和液化石油气（LPG）的点燃式发动机，测量的污染物包括气体污染物和微粒污染物。

通过对全球重型商用车辆的实际使用情况的调查和数据收集，WHDC 制定出两个具有代表性的试验循环：瞬态试验循环（简称 WHTC）和稳态试验循环（简称 WHSC），具体技术内容见 5.1.4.1 条。

这两种试验循环覆盖了欧洲联盟、美国和日本的典型车辆行驶情况，尽可能接近地反映了世界范围内重型发动机的道路实际运行情况，综合考虑了目前和未来重型发动机的排放性能的发展。

#### 5.4.3 非标准循环排放测试（OCE）

非标准循环排放测试法规是在法规标准测试循环之外，附加的对发动机在特定工况区域内排放进行检测的试验程序。通常排放法规都采用固定的测试循环来运行车辆或发动机，检查其排放是否满足限值要求。虽然这些循环工况具有较好的代表性，但终究无法覆盖车辆或发动机日常运行的所有工况。并且随着越来越先进电控技术在发动机上的应用，使得制造商可以通过专门的标定调校令其发动机在目标测试循环下排放达标，但在其它日常运行的工况下排放却比较恶劣。并且出于某些目的（如为了提供燃油经济性），在向客户销售发动机前，取消或更改了排放认证时所做的标定调校。这导致发动机在实际使用时，排放远高于认证试验的水平。这种情况称之为排放失效策略，OCE 法规就是为了防止此类失效

策略而提出的。

OCE 法规适用于通过 WHDC 法规型式核准的发动机，其意义就是在一个比法规特定循环宽得多的环境或运行条件下，对发动机的排放进行控制。OCE 法规有两个主要的构成要素：一是阻止排放失效策略的使用；二是用来限制无循环排放的 WNTE 试验方法。

WNTE 试验方法是参考美国 EPA 重型在用车符合性检查的 NTE 法规制订的。OCE 规定了在实验室进行 WNTE 试验的程序。WNTE 具体技术内容见 5.1.6.1 条。

#### 5.4.4 全球统一的 OBD 法规（WWH-OBD）

WWH-OBD 法规草案采用了模块化的内容结构，目前分为模块 A 和模块 B 两部分，模块 A 规定了车载诊断系统（OBD）检测、记录和/或传送特定车辆和发动机系统故障的一般要求，同时规定了 OBD 系统为便利对特定车辆和发动机系统进行诊断和维修的基本要素，以及可能实施的路试测量；模块 B 则规定了重型柴油车/发动机排放相关 OBD 系统的要求。

WWH-OBD 目前没有规定具体排放 OBD 极限值（即：OBD threshold limits，简称为 OTL 值），因为全球协调或统一的 OTL 值和全球协调或统一的排放限值是密切相关的，此外还必须以统一排放试验循环和 OTL 值计算程序为基础，因此 WWH-OBD 全球法规的制定和实施与 WHDC 全球法规的制定和实施是密不可分的，WP29 今后将再逐步考虑建立全球统一的 OTL 值。另外，WWH-OBD 由于采用模块化的结构，因此以后还可以扩展到其他与排放无关的 OBD 功能。

### 5.5 其他

除欧盟、美国和日本这三大标准体系外，世界上其他国家和地区，多以欧盟法规体系作为参照标准，并执行相应的限值，见表 25。

表 25 中，有一些国家不仅执行欧盟标准体系，如中南美洲的厄瓜多尔、智利和墨西哥也可以执行美国体系，另外，南非甚至可以同时执行欧盟、美国或日本的标准体系。

### 5.6 小结

不论是欧盟还是美国法规，虽然测试循环不同，排放限值和耐久性等各项技术要求也有所差异，但大部分技术内容较为类似，他们均包含了发动机台架工况

法的排放测试（且都要求冷启动的排放测试）、都规定了 OBD、耐久性、非标准循环测试、整车 PEMS 测试要求等最重要的是，满足欧 VI 或美国 2010 法规要求，都需要采用当前最先进的排放控制技术，即 SCR+EGR+DPF。因此，总体来说，世界上这两大最先进的重型车排放法规，在控制污染物排放的严格程度上基本一致。

表 25 世界上执行欧盟法规体系的国家和地区

地区	国家	2008	2009	2010	2011	2012
欧盟		欧 IV	欧 V	欧 V	欧 V	
欧洲（欧盟以外）	俄罗斯	欧 III	欧 III	欧 IV	欧 IV	
	土耳其	欧 IV	欧 V			
	乌克兰	欧 III	欧 III	欧 III	欧 III	
东南亚	中国	欧 III	欧 III	欧 IV	欧 IV	欧 V
	越南	欧 II	欧 III	欧 IV	欧 IV	
	马来西亚	欧 II	欧 II	欧 II	欧 II	欧 II
	菲律宾	欧 II	欧 II	欧 II	欧 II	欧 II
	巴基斯坦	欧 II	欧 II	欧 II	欧 II	欧 II
	印尼	欧 I	欧 I	欧 I	欧 I	
	印度	欧 III	欧 III	欧 III	欧 IV	欧 IV
中东	泰国	欧 II	欧 II	欧 II		
	伊朗	欧 III	欧 III	欧 III	欧 III	欧 IV
非洲	沙特	欧 III	欧 III	欧 III		
	南非	欧 II	欧 II	欧 IV	欧 IV	欧 IV
	突尼斯	欧 II	欧 II			
	埃及	欧 I	欧 I	欧 I	欧 I	欧 I
	阿尔及利亚	欧 II	欧 II			
	摩洛哥	欧 II	欧 II	欧 II		
中南美	安哥拉	欧 II	欧 II	欧 II		
	巴西	欧 III	欧 IV	欧 IV	欧 IV	欧 IV
	秘鲁	欧 III	欧 III	欧 III	欧 III	欧 III
	哥伦比亚	欧 II	欧 II	欧 II	欧 II	欧 II
	智利	欧 III	欧 III	欧 III	欧 III	欧 III
	阿根廷	欧 III	欧 IV	欧 IV	欧 IV	欧 IV
	委内瑞拉	欧 I	欧 I	欧 I	欧 I	欧 I
	墨西哥	欧 III	欧 III	欧 III	欧 III	欧 III
厄瓜多尔	欧 II	欧 II	欧 II	欧 II	欧 II	

## 6 标准主要技术内容

标准制订主要参考欧盟第六阶段排放标准，以及美国 2010 年重型车排放法规的技术内容，基于国际上最先进的排放控制技术，结合我国标准实施经验和环境管理需求，提出适合我国的排放限值和测量方法，及各种监督管理技术要求和

方法。

主要技术内容包括发动机台架工况法试验、发动机台架非标准循环排放试验、整车实际道路车载法试验、车载诊断系统(OBD)和氮氧化物控制提示系统测试、排放控制耐久性等要求。为了加强对整车排放的监管,排放与油耗联合管控,国六标准还增加了整车实验室试验排放和 OBD 的检测内容,作为整车道路车载法的替代方法;为了增强生产企业环保责任,提出排放质保期要求,等等。

## 6.1 标准适用范围

本标准适用于基准质量的大于 2610kg 的 M1、M2、N1、N2 类及所有 M3 和 N3 类汽车装用的压燃式发动机及其车辆,以及上述类别汽车装用的气体燃料点燃式发动机及其车辆。

标准规定了型式检验、新生产车排放监督检查和在用车符合性检查要求。

第五阶段时,轻型车和重型车以最大总质量 3.5t 来划分。本标准参考欧六的最新划分方法,采用基准质量 2610kg 来划分,并与当前轻型车国六标准的适用范围相协调。若装备压燃式(含气体燃料点燃式)发动机的基准质量不超过 2840kg 的 M1、M2、N1 和 N2 类车辆已经按照轻型车排放标准进行型式检验扩展,则其发动机可不按本标准进行型式检验。应制造商要求,按本标准进行的整车型式检验可以扩展至基准质量超过 2380kg 的变形、改装车辆。

重型车国六标准实施后,将替代 GB17691-2005 及其修改方案、HJ437、HJ438、HJ439 和 HJ689 标准。

## 6.2 标准结构框架

标准文本含前言、正文和附录三个部分。正文部分主要规定了标准的限值及实施管理的总体要求,包括 11 章:适用范围、规范性引用文件、术语和定义、污染控制要求、发动机(车辆)标牌、技术要求和试验、在车辆上的安装、系族和源机、新生产车的达标要求及检查、在用车辆(发动机)符合性和标准实施。附录部分主要是对各种测量方法、测量设备、试验用燃料,以及型式检验材料和型式检验报告格式等进行规定,包括 17 个附录。

## 6.3 标准循环的排放限值

与国五标准相比,国六的 NO<sub>x</sub> 限值加严 77%,PM 限值加严 67%(见图 28),且新增颗粒物个数(PN)限值,并规定了 NH<sub>3</sub> 的排放限值,防止过多的 NH<sub>3</sub> 排放到大气中,具体限值如表 26 所示。

表 26 发动机台架排放限值

试验	CO (mg/kWh)	THC (mg/kWh)	NMHC (mg/kWh)	CH <sub>4</sub> (mg/kWh)	NO <sub>x</sub> (mg/kWh)	NH <sub>3</sub> (ppm)	PM (mg/kWh)	PN (#/kWh)
WHSC (CI <sup>(1)</sup> )	1500	130	—	—	400	10	10	8.0×10 <sup>11</sup>
WHTC (CI <sup>(1)</sup> )	4,000	160	—	—	460	10	10	6.0×10 <sup>11</sup>
WHTC (PI <sup>(2)</sup> )	4,000	—	160	500	460	10	10	6.0×10 <sup>11</sup>

<sup>(1)</sup>CI=压燃式发动机; <sup>(2)</sup>PI=点燃式发动机

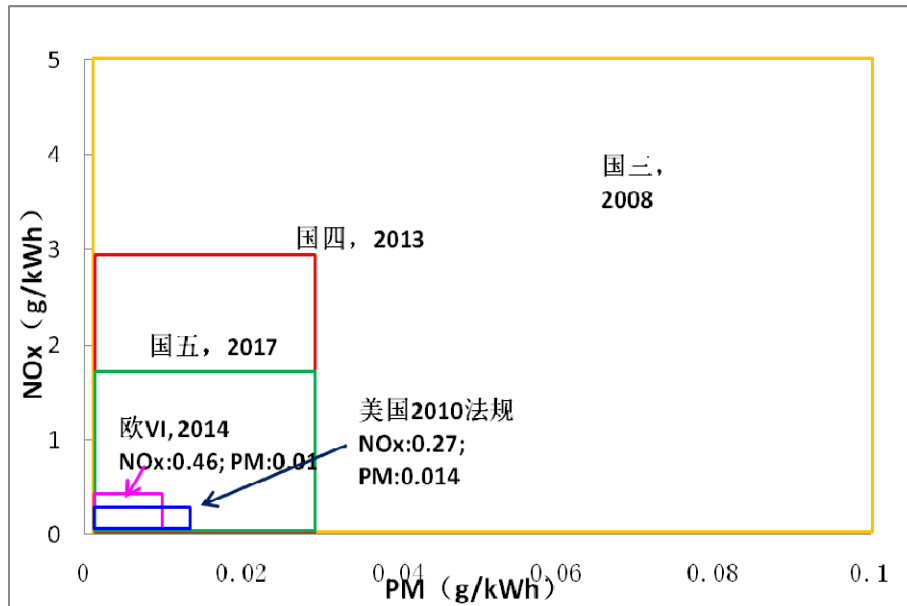


图 28 重型发动机限值比较

国六限值的提出，是基于目前最先进的排放控制技术所能达到的减排效果，同时鉴于我国排放标准的延续性，参照欧六法规限值提出。同时，颗粒物个数（PN）限值的提出，将使对颗粒物减排具有稳定、高效作用的壁流式柴油颗粒捕集器（DPF）技术得以应用。

#### 6.4 发动机台架标准测量循环

发动机台架排放测试与我国现行标准以及国际上通用的做法一致，以发动机台架排放测量为最基本要求，对污染物排放进行测试。这是因为，发动机是汽车排放控制系统开发的基本元素，燃烧的改善，排放控制系统的匹配都是根据发动机动力单元来进行，因此发动机及其排放控制系统是排放控制的主体。发动机台架测量与整车底盘测量相比，能够覆盖发动机各种负荷和转速状态；并且发动机测量设备较整车测量设备成本低很多；另外，由于发动机机型数量远小于整车车型数量，试验数量会比整车少很多，这样能够大大减少企业的开发成本和认证成本。因此，将发动机台架试验作为发动机定型时的基本试验要求是世界各国排放

法规通常采用的做法。

### 6.4.1 瞬态循环

本标准的瞬态工况采用全球统一重型发动机瞬态循环（WHTC），如图 29 所示。且引入冷启动的排放控制要求，发动机排放值由冷启动和热启动测量值加权计算而来，冷启动排放占 14%权重，热启动排放占 86%权重。

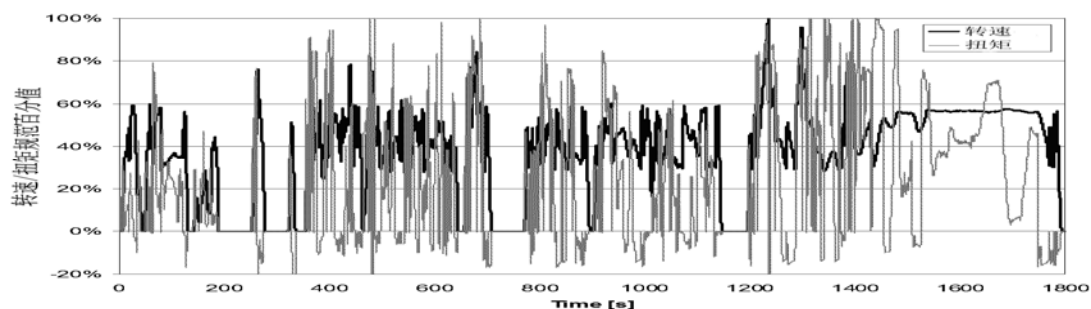
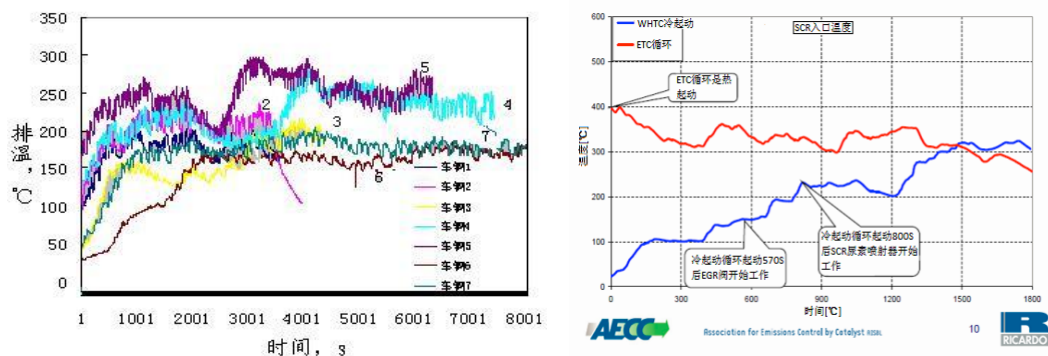


图 29 WHTC 试验循环

国六与国五瞬态循环的主要差异：

#### (1) 增加低速低负荷要求

WHTC 与国五标准的 ETC 工况相比：WHTC 工况怠速比例高，发动机平均负荷低；ETC 工况怠速比例低，发动机平均负荷高。由于 ETC 工况负荷较高，在实施国四标准时已发现该工况存在一定缺陷，尤其是对于城市中运行的车辆，其实际运行时通常是低速、低负荷的状态，排气温度偏低导致氮氧化物还原系统不能有效工作，致使 NO<sub>x</sub> 排放远高于排放限值要求。为解决该问题，环保部在原有国四、国五标准基础上，补充了一项新的标准 HJ689，该标准采用的就是负荷更低、更能代表城市车辆运行特点的 WHTC 工况。



(a) 公交车实际运行排温

(b) WHTC 工况台架试验排温

图 30 公交车与 WHTC 工况排温对比

国六标准参考欧六法规，采用 WHTC 循环，一方面是采纳了全球统一的汽车排放技术法规的内容，同时也保持了我国排放标准体系的延续性；从技术本身来讲，WHTC 增加了低速低负荷的占比，整体平均排气温度低，能够更加有效的考核排放控制装置在低速低负荷工况下是否起作用。

## (2) 增加冷启动排放测试要求

目前的国四和国五标准中，仅测量热启动工况下的污染物排放，因此车辆实际使用中冷启动时排放控制装置基本不发挥作用，造成刚启动时各种污染物排放非常高。为了有效控制各种状态下的污染物排放，国六标准中引入了冷启动的排放控制要求，发动机排放值由冷启动和热启动测量值加权计算而来，冷启动排放占 14%权重，热启动排放占 86%权重。

### 6.4.2 稳态循环

国六标准的稳态循环，采用全球统一的重型发动机稳态循环(WHSC)。WHSC 和国五标准的 ESC 均是 13 工况，但他们的工况点和相应的权重均不同，WHSC 的工况点负荷更低，而 ESC 工况点相对负荷更高，见图 31。WHSC 更有利于测试低速、低负荷时的排放状况。

由于高速高负荷的情况下排气温度较高，排放后处理装置的转化效率通常比较高；在低速低负荷下排温较低，排放后处理装置的转化效率较低甚至不起作用。因此，较为注重低速低负荷排放的 WHTC 和 WHSC 测量工况更为合理。

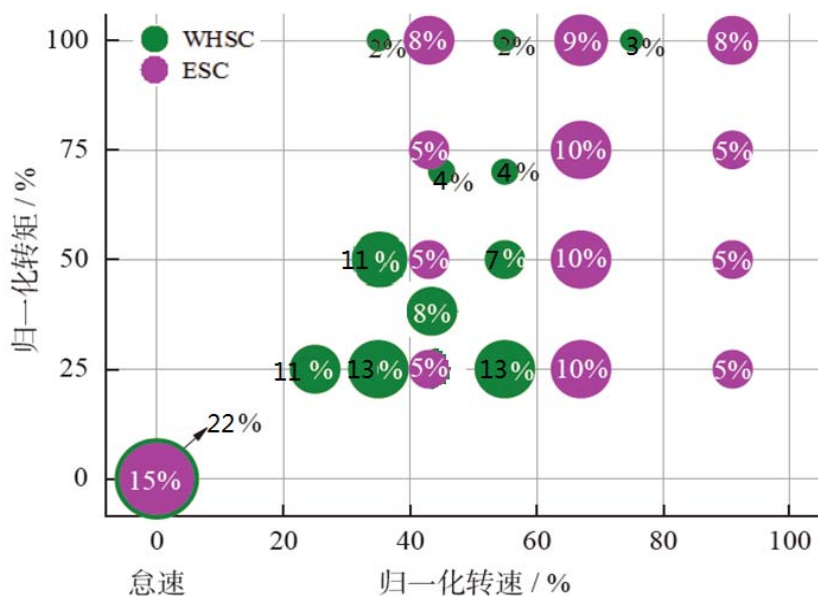


图 31 WHSC 和 ESC 对比



## 6.5 非标准循环排放控制要求

国五标准以前，标准仅考核发动机在标准循环工况下的排放量，对于标准工况以外的排放状况是不考核的。因此，出现了发动机仅在认证工况下达标，在认证工况以外则排放控制装置不起作用，导致汽车上路之后污染物排放超标的现象。为了防止污染物排放控制装置仅在认证工况下起作用，而实际运行时不起作用，国六标准参考欧六法规增加了非标准循环排放控制要求。非循环要求包括发动机台架试验（WNTe）和整车实际道路车载排放试验（PEMS）两个方面。

### 6.5.1 发动机非标准循环排放试验（WNTe）

发动机非标准循环排放试验（WNTe），即在 WNTe 控制区内（见图 32 和 33），随机选择 3 个区域，在每个区域随机选择 5 个校核点，对于气态污染物，每个校核区域的 5 个点的算数平均值应满足标准要求；对于颗粒物，15 个校核点的算数平均值应满足标准要求，限值如表 27 所示。

表 27 发动机非标准循环（WNTe）排放限值 单位：(mg/kWh)

试验	CO	THC	NO <sub>x</sub>	PM
WNTe	2000	220	600	16

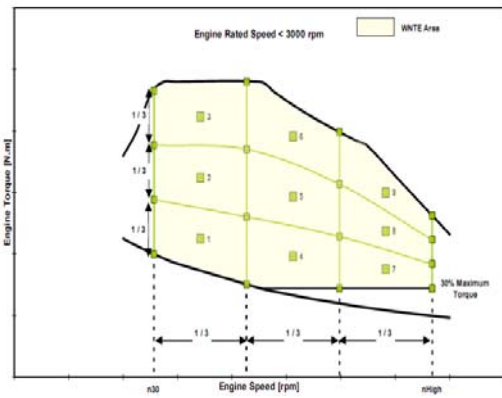


图 32 WNTe 控制区 (<3000rpm)

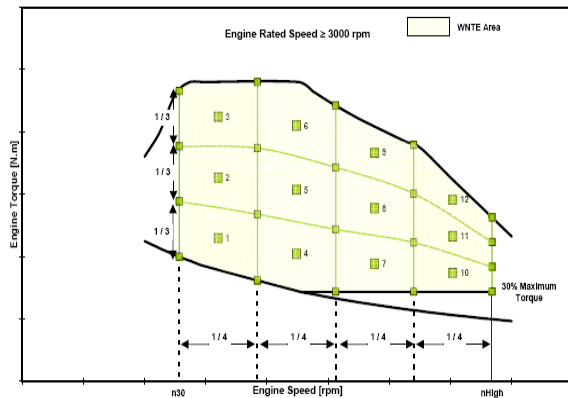


图 33 WNTe 控制区 (≥3000rpm)

另外，与国五标准相比，国六的控制区范围更大，比国五控制区分别向低速和高速扩大；中、高速区与美国法规相同，但比美国法规的低速区范围扩大，对控制低转速时的排放更为有效。



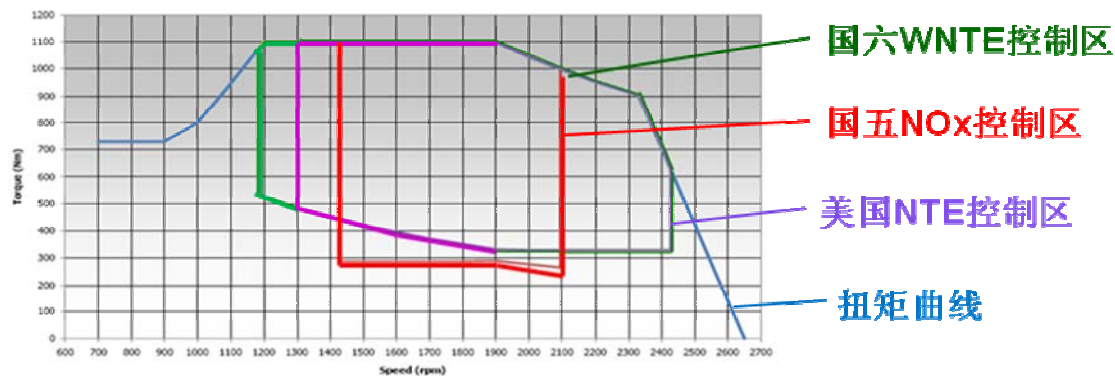


图 34 排放控制区对比示意图

非循环排放试验的环境条件与标准循环下的不同，而是给出了更大的范围，以代表车辆实际使用中可能遇到的环境条件，其中：大气压不低于 73kPa（对应的海拔高度是 2400m）；试验的温度范围是-7~38℃。非循环试验可在上述范围内的任意环境条件下进行，其排放结果应满足限值要求。

### 6.5.2 整车实际道路车载排放试验（PEMS）

整车实际道路车载排放试验（PEMS），是为了考核整车实际上路时排放是否达标。型式检验时，应按照规定标准的 PEMS 演示试验程序，在整车上进行实际道路车载排放试验，要求有效窗口中，90%以上要满足 PEMS 排放限值要求，限值见表 28，气态污染物是发动机 WHTC 排放限值的 1.5 倍，粒子数量是发动机 WHTC 排放限值的 2.0 倍。PEMS 试验相关内容介绍见 6.6.1。

表 28 整车实际道路试验（PEMS）排放限值

发动机类型	CO (mg/kWh)	THC (mg/kWh)	NO <sub>x</sub> (mg/kWh)	PN (#/kWh)
压燃式	6000	240（可选做）	690	1.2×10 <sup>12</sup>
点燃式	6000	240/750(NG <sup>(1)</sup> )	690	1.2×10 <sup>12</sup> （可选做）
双燃料	6000	1.5×WHTC 限值	690	1.2×10 <sup>12</sup>

<sup>(1)</sup>NG=燃料为天然气

### 6.6 整车排放检验方法

长期以来，重型车一直存在发动机排放测量达标，但实际装车后排放状况无法考核的问题。国五标准之前是要求把发动机从车上拆下来做试验，该规定不具有操作性。国六标准中则提出了整车排放测试和限值要求，直接明确了整车企业责任，为整车监督检查提供方法。

本标准中，整车排放测试方法包括：整车道路车载法试验（PEMS）和整车实验室试验法。整车道路车载法试验（PEMS），用于型式检验、新生产车检查和在用符合性检查环节；整车实验室试验法，用于新生产车检查和在用符合性检查环节，作为 PEMS 的一种替代方法。两种方法，均是随机选取车辆在实际使用中会有任意工况进行测试，应满足排放限值要求。

### 6.6.1 整车道路车载法（PEMS）试验

#### （1）污染物项目

本方法是利用便携式排放测试系统（PEMS），进行整车实际道路行驶时的污染物排放测试，包括气态污染物（NO<sub>x</sub>、CO）和颗粒物粒数（PN），同时测量 CO<sub>2</sub> 排放量。欧美法规的 PEMS 试验也规定了 HC 的测量和限值要求，但考虑到重型柴油车的 THC 排放通常很低，而法规推荐测量 THC 的氢火焰离子法（FID）需要使用存在安全隐患的压缩氢气，且测量设备成本和操作要求都较高，经综合考虑后国六标准的 PEMS 测试中，对柴油车的 THC 排放测试不做强制要求。

对于 PM 排放测试，考虑到其监管效果不及 PN，且在线测试方法尚未成熟，因此 PEMS 标准中不做强制要求；其推荐测试方法参考国 IV/V 阶段标准，综合使用滤膜采样和在线监测设备进行 PM 排放的测量。

#### （2）数据分析方法

整车道路车载法试验的数据分析方法，参考欧六法规采用功基窗口法，其测试结果是结合台架试验的做功计算出排放的滑动窗口平均值。车辆可在 10%~100% 载荷条件下进行试验，但所选载荷应保证发动机的循环平均功率在发动机额定功率的 10% 以上。功基窗口法设定的窗口平均功率限值是最大功率的 20%（城市公交车是 15%~20%），使得绝大多数测试车辆的有效数据比例达到 50% 以上，且数据具有连续性。

#### （3）试验路线要求

车辆试验路线应包括：市区路、市郊路和高速路，按总行驶时间百分比来分配，如表 29 所示，允许实际构成比例有 ±5% 的偏差。

表 29 各类车辆的试验路线构成

车辆类型	市区道路 (车速≤50km/h)	市郊道路 (车速≤75km/h)	高速路 (车速>75km/h)
M1、M2、M3、N1、N2	45%	25%	30%

车辆类型	市区道路 (车速≤50km/h)	市郊道路 (车速≤75km/h)	高速路 (车速>75km/h)
(城市车辆除外)			
公交、环卫、邮政等	70%	30%	—
N3	20%	25%	55%

#### (4) 与欧六的主要区别

国六标准中的整车 PEMS 测量方法，在欧六法规基础上，结合我国情况和已开展的试验研究，对欧盟的方法进行了部分修改，比如海拔高度要求、部分车辆类型的试验路线以及测量的污染物项目等方面，如表 30 所示。

表 30 国六和欧六 PEMS 测量方法的主要差别

项目	欧六	国六
试验条件	海拔高度上限：1700m 大气压下限：82.5kPa	海拔最度上限：2400m 大气压下限：73kPa
城市车辆试验路线 (市区、市郊、高速)	部分 M2 类和 M3 类： 70%、30%、0%	公交、环卫、邮政等城市车辆： 70%、30%、0%
测试项目	NO <sub>x</sub> 、CO、THC (柴油车)、NMHC 和 CH <sub>4</sub> (气体燃料车) 和 CO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub> 、CO、THC (对柴油车为可选项)、 PN (对气体燃料车为可选项)、PM (可选项) 和 CO <sub>2</sub>

### 6.6.2 整车转鼓法试验

#### (1) 测量循环

整车实验室试验，是借鉴我国整车油耗的整车转鼓测量方法。为了避免整车仅在标准测量工况下排放达标，在其他工况下排放不达标行为，本标准规定车辆在其他任意满足要求的循环下测量，污染物排放也要满足限值要求。循环应满足下列原则：1) 发动机的循环功应不小于其 WHTC 循环功；2) 工况的总时间不应超过 3600s；3) 工况的构成应符合 PEMS 道路工况组成的要求；4) 所选工况应能保证车辆正常复现该工况。

若按照 C-WTVC 循环进行测试，为了使其与 PEMS 的道路类型构成一致，排放结果需按表 31 要求根据不同类别车型进行加权平均，加权后的道路比例将与 PEMS 的道路类型构成比例相同。

表 31 加权比例

车型分类	市区比例	市郊比例	高速比例
N1、N2、M1、M2、M3类（城市车辆除外）	19%	42%	39%
城市车辆类	30%	70%	0%
N3类	0%	26%	74%

### (2) 污染物项目及限值

整车转鼓法进行排放测量时，其取样和分析可以采用与发动机台架排放试验相同的排气稀释系统、取样和分析系统，要求测量的污染物项目与 PEMS 法相同，包括：CO、THC、NO<sub>x</sub> 和 PN。排放限值也与 PEMS 法相同，气态污染物排放限值是发动机台架（WHTC）限值的 1.5 倍，粒子数量限值是发动机台架（WHTC）限值的 2 倍，如表 32 所示。

表 32 整车转鼓法排放测试限值

试验	CO (mg/kW.h)	THC (mg/kW.h)	NO <sub>x</sub> (mg/kW.h)	PN (#/kW.h)
压燃式	6000	240	690	$1.2 \times 10^{12}$
点燃式	6000	240/750(NG <sup>(1)</sup> )	690	$1.2 \times 10^{12}$
双燃料	6000	1.5 × WHTC 限值	690	$1.2 \times 10^{12}$
<sup>(1)</sup> NG=燃料为天然气				

### (3) 整车转鼓法的适用环节

整车实验室转鼓法，仅作为主管部门对整车进行排放监督检查的一种可选方法。在对新生产车达标抽查或在用车符合性抽查时，主管部门可以采用道路车载法，也可以采用实验室转鼓法。无论采用哪种测量方法，如果整车排放不满足排放标准要求，均可做不通过判定。

## 6.7 排放耐久性要求

### 6.7.1 排放耐久性里程要求

本标准对排放控制耐久性提出新的要求：国五阶段，根据车型不同耐久性里程分别为 10 万/20 万/50 万公里；国六阶段，相应车型的排放耐久性里程要求分别增加到 20 万/30 万/70 万公里，基本涵盖车辆的整个使用寿命，如表 33 所示。

表 33 排放耐久性要求及车辆实际使用寿命

汽车分类	国六		车辆实际使用寿命	
	行驶里程 (km)	使用时间 (年)	行驶里程 (km)	使用时间 (年)
用于 M <sub>1</sub> 、N <sub>1</sub> 和 M <sub>2</sub> 车辆	200,000	5 年	160,000~270,000	5~8 年
用于最大设计总质量不超过 16 吨的 N <sub>2</sub> 、N <sub>3</sub> 类车辆；M <sub>3</sub> 类中的 I 级、II 级和 A 级车辆；以及最大设计总质量不超过 7.5 吨的 M <sub>3</sub> 类中的 B 级车辆	300,000	6 年	240,000~400,000	5~10 年
用于最大设计总质量超过 16 吨的 N <sub>3</sub> 类车辆；M <sub>3</sub> 类中的 III 级车辆；以及最大设计总质量超过 7.5 吨的 M <sub>3</sub> 类中的 B 级车辆	700,000	7 年	500,000~800,000	5~8 年

### 6.7.2 排放耐久性考核方法

#### (1) 进行实际耐久性试验

型式检验时可以按照标准规定的耐久性试验程序进行试验，企业也可以根据工程经验，采用替代的耐久性试验方法进行耐久试验。通过试验获得劣化系数或劣化修正值，并用于对发动机台架试验排放测量结果进行修正。

#### (2) 指定劣化系数法

关于耐久性的考核方面，欧洲基本采用固定劣化系数，不专门进行排放耐久性试验；我国在国五阶段之前，都是通过进行耐久性试验确定劣化系数。耐久性试验的耗时和成本都很高，但对于控制实际生产和使用车辆的排放效果并不明显，若仍按照原来的思路进行耐久性试验，则在国六标准耐久性里程进一步延长的情况下问题将会更加突出。

为了减轻企业的负担，且国六标准已强化了对新生产车、在用符合性等后续环节的监督检查，以确保实际使用中的达标排放和耐久性，因此，发动机制造商也可以选择指定的劣化系数，作为替代用耐久性劣化系数，如表 34 所示。该劣化系数与欧六法规的规定一致，是欧美国家在大量试验基础上获得的。

表 34 标准指定的劣化系数

试验循环	CO	THC <sup>(1)</sup>	NMHC <sup>(2)</sup>	CH <sub>4</sub> <sup>(2)</sup>	NO <sub>x</sub>	NH <sub>3</sub>	PM	PN
WHSC	1.3	1.3	1.4	1.4	1.15	1.0	1.05	1.0

WHTC	1.3	1.3	1.4	1.4	1.15	1.0	1.05	1.0
注：（1）用于压燃式发动机；（2）用于点燃式发动机								

## 6.8 车载诊断系统（OBD）及 NO<sub>x</sub> 控制系统要求

### 6.8.1 OBD 要求

车载诊断系统（OBD），其目的是监控排放关键零部件是否正常运行或出现故障，保证车辆在整个使用寿命期内满足排放法规要求。主要是对发动机及汽车生产企业提出的要求，确保采用的排放控制装置正常工作。

随着国内外相关技术的进步，本标准对 OBD 提出更加严格的要求，在参考欧六法规（6C 阶段）的 OBD 要求基础上，参考美国法规增加了永久故障代码要求，并比欧六法规增加了超 OBD 限值限速限扭的规定。

#### （1）OBD 限值

本标准主要参考欧六法规提出了 OBD 要求，OBD 限值（OTL）如表 x 所示。其中，NO<sub>x</sub>、PM 和 CO 的 OBD 限值分别是发动机台架 WHTC 限值的 2.6 倍、2.5 倍和 1.9 倍。本标准还规定了 OBD 实际诊断频率要求，所有监测项的最低实际监测频率为 0.1。

表 35 OBD 限值

发动机类型	限值（g/kWh）					
	NO <sub>x</sub>		CO		PM	
	国六	国五	国六	国五	国六	国五
压燃式	1.2	3.5 <sup>(1)</sup> /7.0 <sup>(2)</sup>	—	—	0.025	0.1
点燃式 <sup>(3)</sup>	1.2	3.5 <sup>(1)</sup> /7.0 <sup>(2)</sup>	7.5	—	—	—
注：（1）仅适用于NO <sub>x</sub> 控制限值，当ETC实验排放值超过该限值时故障指示器激活； （2）OBD及NO <sub>x</sub> 控制限值，当ETC实验排放值超过该限值时扭矩限制器激活； （3）对于气体燃料点燃式发动机，国五阶段若无EGR或降NO <sub>x</sub> 后处理系统，则不执行NO <sub>x</sub> 控制要求。						

#### （2）故障分类

本标准按照故障的严重性，即与 OBD 限值相比，将故障分为 A，B1，B2，C 四类等级。其中：A 是超过 OBD 限值，B1 是有超过 OBD 限值的可能性，B2 是影响排放，但没有超过 OBD 限值的可能性，C 是影响排放，但不超过限值。

各类故障不同，故障显示灯的显示策略也不同，以提示司机故障的严重程度。以往国四、五标准 OBD 故障没有采用差异化显示方式，只要诊断出故障 MI 就会常亮。

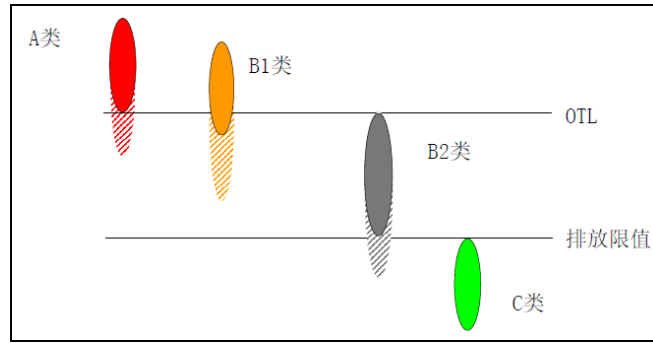


图 35 故障分类示意图

### (3) 永久故障码

永久故障代码是不能通过外部诊断工具（诊断仪）清除的故障代码。该项规定是参考美国法规提出的。在目前的欧六法规当中，OBD 系统中所有的故障代码和相关信息都可以被诊断仪人为清除，这样不利于机动车的排放监管。本标准规定的永久故障代码，是指一些较为严重的故障，比如超过 OBD 限值或可能超过限值但长时间未得到修复的故障，作为“永久故障码”存储。当 OBD 系统确认该故障不存在时，OBD 系统则自动清除该故障代码。

永久故障代码对于在用机动车的排放监管具有重要作用，通过检查若发现车辆存在永久故障代码，督促车主及时地维修排放方面的故障，确保车辆在实际使用中排放达标；而不是在故障未修复前，人为的擦除故障代码，以通过检查。

### (4) 超 OBD 限值的限扭限速要求

欧六法规中，仅对 NO<sub>x</sub> 控制提出了限扭限速要求，但对超出 OBD 限值没有相应的要求。其结果可能导致即使 OBD 已报警，但不经过任何维修车辆仍可继续正常行驶。为了督促车车对排放相关的故障及时进行维修，本标准参考国五标准，提出了排放超 OBD 限值时的限扭限速要求。

本标准规定的 OBD 系统的限扭限速措施，只针对排放后处理装置（DPF、SCR 催化器、三元催化器、NO<sub>x</sub> 捕集器等）的效率进行监测，当后处理装置效率降低导致排放超 OBD 限值，则采取限扭限速措施。主要有如下考虑：

- 1) 放后处理装置的净化性能对重型车 PM、NO<sub>x</sub> 等排放有重要影响；
- 2) 排放后处理装置存在篡改（拆除、使用伪劣后处理器等）可能；
- 3) 国六标准中 OBD 已针对颗粒物和 NO<sub>x</sub> 提出限值监测要求；
- 4) OBD 系统监测排放超 OBD 限值的 A 类故障后，已采用相应的计数机制；
- 5) NO<sub>x</sub> 控制要求已具备驾驶诱导系统，OBD 可采用同样控制措施。

### (5) 曲轴箱通风系统监测

本标准增加了曲轴箱通风系统的 OBD 监测要求，主要针对气体燃料点燃式发动机提出。该要求在欧六法规中没有规定，是参考美国法规提出的。

### (6) OBD 远程监控

为了方便对运行在道路上的车辆排放状况进行实时监测，标准中增加 OBD 远程终端要求，规定 OBD 系统具备发送监测信息的功能。主管部门可以通过远程终端读取车辆 OBD 的实时信息，判断车辆的实际排放状况、各项排放控制措施及 OBD 是否有效发挥作用，以及排放相关故障是否及时维修等。

在新生产车检查和在用符合检查时，可以对 OBD 远程排放管理车载终端功能进行检验，即所有 OBD 系统和 NO<sub>x</sub> 控制系统检验在采用通用诊断仪进行测试的同时，采用远程排放管理平台来检测。验证通过远程排放管理车载终端读取的 ECU 数据是否与实际一致，且远程发动机 NO<sub>x</sub> 数据应与排放数据的 NO<sub>x</sub> 数据进行一致性验证，相关系数应在 0.9 以上。

## 6.8.2 NO<sub>x</sub> 控制系统要求

NO<sub>x</sub> 控制系统要求，在国四、国五标准中已有相关规定，其目的是约束用户（司机），督促司机及时添加合格的尿素，确保 SCR 正常工作以削减 NO<sub>x</sub> 排放。当检测到反应剂液位低、反应剂质量异常、反应剂消耗量低、或存在故障时，如果不及时纠正会激活驾驶性能限制系统。

车辆应包括一个驾驶员报警系统，一旦由于人为因素造成的 NO<sub>x</sub> 控制方面相关故障被识别出来，驾驶员报警系统就会在一定时间内激活，该可视的报警系统会告知驾驶员。

如果该问题在随后的一段时间内仍然没有得到解决，驾驶性能限制系统就会触发。驾驶性能限制系统分两级，取决于该故障多长时间内没有被修复。初级限制，会导致在整个转速范围内扭矩降低 25%；严重限制，车辆将只能以最高 20 km/h 的速度行驶。启动各级驾驶性能限制系统条件如表 36 所示：

表 36 驾驶性能限制系统启动条件

监测项目	初级限制	严重限制
反应剂剩余量	剩余量≤2.5%	完全用尽
反应剂质量	发现后发动机运行 10 小时	发现后发动机运行 20 小时
反应剂消耗少：给料中断	发现后发动机运行 10 小时	发现后发动机运行 20 小时



EGR 阀堵塞	发现后发动机运行 36 小时	发现后发动机运行 100 小时
监测系统故障	发现后发动机运行 36 小时	发现后发动机运行 100 小时
反应剂冻结（非加热系统）	—	温度 $\leq$ -7℃条件下，70 分钟后仍无反应剂供料

## 6.9 双燃料发动机和汽车技术要求

双燃料发动机是指，可以同时使用柴油和一种气体燃料（天然气或液化石油气）的发动机系统。在国五标准之前，我国没有对此类发动机的排放测试进行单独规定。近年来，国内已有企业研发双燃料发动机，本标准参考欧六法规增加此类发动机的要求。

对于这类发动机，由于所用燃料比较复杂，其排放测量和纯柴油、纯气体燃料发动机的测量方法不同，有很多特殊要求。因此，标准专门设置了附录 N，规定其排放测量方法，并对其排放限值有相应的修正。

### 6.9.1 双燃料发动机分类及其试验模式

与柴油机和单一气体燃料机不同的是，双燃料发动机既要进行双燃料模式的测试，也要进行柴油机模式（如有）的测试，各种模式下的试验结果均要满足排放限值要求，如表 37 所示。另外，对于 OBD 也有一些附加要求，以满足各种模式下的排放监测要求。

表 37 双燃料发动机分类及试验模式

发动机分类	1A	1B	2A	2B	3B
	气体提供能量 90%以上	气体提供能量 90%以上	气体提供能量 10-90%	气体提供能量 10-90%	气体提供能量 10%以下
无柴油模式	有柴油模式	无柴油模式	有柴油模式	有柴油模式	有柴油模式
试验模式	双燃料模式	双燃料模式 柴油模式	双燃料模式	双燃料模式 柴油模式	双燃料模式 柴油模式

### 6.9.2 2 型双燃料发动机限值的特殊规定

双燃料发动机由于其燃烧特性有别于单一燃料发动机，当燃气替代率在 10-90%之间（即 2A 和 2B 型），且发动机工作在双燃料模式下时，排气污染物试验当中 THC 的限值需要经过计算得出，不同气体能量比的限值不同，如图 36 所示。

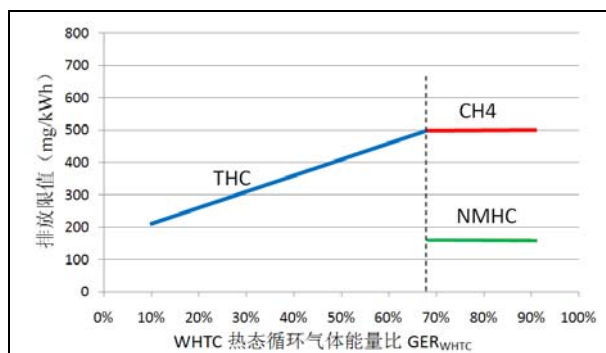


图 36 2 型 NG 双燃料发动机双燃料模式下 WHTC 试验的 THC 限值

## 6.10 适合我国的标准实施管理要求

### 6.10.1 标准实施管理流程

本标准适用于重型发动机及其车辆的型式检验、新生产车排放监督检查和在用车符合性检查。在上述实施的不同环节，不同的主体有不同的责任分工，如表 38 所示。

表 38 标准实施管理环节和实施主体

环节	实施主体	内容
型式检验和信息公开	发动机企业	检验：发动机
	整车企业 (加装未型式检验发动机)	检验：发动机+整车 信息公开：发动机污染控制技术信息+检验结果+整车信息 向主管部门和社会公开
	整车企业 (加装已型式检验发动机)	检验：整车（无需再进行发动机型式检验） 信息公开：发动机污染控制技术信息+检验结果+整车信息 向主管部门和社会公开
生产一致性检查	发动机企业	相关资料、排放、OBD 和 NO <sub>x</sub> 控制系统、电控单元信息等
新生产车排放达标检查	整车企业	相关资料、排放、OBD 和 NO <sub>x</sub> 控制系统、远程排放管理车载终端
在用车辆(发动机)符合性检查	自查：发动机企业 监督检查：发动机企业、整车企业	相关资料、排放、OBD 和 NO <sub>x</sub> 控制系统、远程排放管理车载终端

### 6.10.2 型式检验和信息公开

为贯彻落实新版大气法《大气污染防治法》（2015 年版），本标准中不再规定发动机及整车的型式核准内容，而是要求汽车生产企业或其代理，对发动机、

整车的环保信息进行公开，包括排放检验信息和污染控制技术信息等；并对信息公开的真实性、准确性、及时性、完整性负责。

#### (1) 型式检验

发动机或整车企业，应按照本标准各项技术要求，对发动机或整车进行型式检验。对于发动机，除进行各项发动机台架排放试验、OBD 和 NO<sub>x</sub> 控制系统试验外，还应将发动机安装到相应种类的整车上进行整车 PEMS 试验。对于整车，分为两种情况：对装有已经型式检验发动机的车型，无需再进行发动机型式检验；对装有未经型式检验和信息公开发动机的车型，应对该发动机进行型式检验吗，检验项目和方法与单独的发动机型式检验的相同；且整车需要进行 PEMS 试验。

#### (2) 信息公开

信息公开的主体是汽车生产企业或其代理。信息公开的内容包括：型式检验信息、排放控制策略相关信息、在用车辆（发动机）排放性能信息等方面。其中，型式检验信息主要是标准附录 A 和附录 B 规定的内容；排放控制策略相关信息，是任何影响排放的技术要点、发动机排放控制策略、发动机系统直接或间接控制与排放有关变量的方法，以及 NO<sub>x</sub> 报警系统和诱导系统相关的内容；在用车辆（发动机）排放性能信息，主要涉及是 OBD 和在用符合性方面的内容。企业应在提交的材料中注明：哪些信息涉及企业机密，仅向主管部门公开，不向公众公开。

### 6.10.3 发动机生产一致性要求

对于发动机的生产一致性检查，除对发动机进行 WHTC 和 WHSC 循环试验外，还将新增非标准循环排放测试（WNTE），以及对 OBD 系统和电子控制单元（ECU）信息等检查。

另外，一致性抽样和判定原则也有修改。根据国内实施标准的经验，原有标准对于抽样数量和合格与否的判定方法过于复杂，不宜操作。因此，目前主管部门通常采用的做法是随机抽取四台，检验三台，判定一致性合格与否。基于当前的一致性抽查实施经验，本标准将一致性的抽样和判定原则修改为：

(1) 污染物排放方面：随机抽查三台样机，若三台发动机的各种污染物排放结果均不超过限值的 1.1 倍，且其平均值不超过限值，则判定生产一致性检查合格。若三台发动机中有任一发动机的某种污染物排放结果超过限值的 1.1 倍，

或其平均值超过限值，则判定生产一致性检查不合格。该规定与我国轻型车国六标准相一致。

(2) OBD 和 ECU 信息检查：随机抽取的三台发动机，若三台发动机中有一台不满足标准要求，则判定生产一致性检查不合格，否则为合格。

#### 6.10.4 新生产车排放达标检查

在国五之前，包括目前的欧六，对新生产发动机有生产一致性的检查要求，而对新生产的整车，却没有提出污染物排放检查的要求，其排放是否出厂时就是合格的，也就无从知晓。为了进一步监管制造企业生产的整车产品是否符合标准要求，本标准提出了新生产整车的排放达标监督检查规定。

##### (1) 企业自查

整车制造商应对每个车型制定下线检查计划，包括检查项目、检查方法、抽样方法和抽样比例等。其中，车辆污染物排放自查，应按照标准规定的整车 PEMS 试验方法进行测试。车辆检查试验的记录文档应至少保存 10 年。下线检查计划和检查结果均应进行信息公开。

##### (2) 新生产车达标监督抽查

###### 1) 污染物排放检查

主管部门对于新生产车的污染物排放检查，采用整车 PEMS 的测量方法，也可以采用整车实验室转鼓测试方法。从批量生产的车辆中随机抽取 1 至 3 辆车，若有 1 辆车不满足整车排放限值要求，则判定检查不合格。

###### 2) OBD 和 NO<sub>x</sub> 控制系统检查

对于新生产车抽查，也可以进行 OBD 和 NO<sub>x</sub> 控制系统检查，从批量生产的车辆中随机抽取 1 至 3 辆车，若有 1 辆车不满足标准附录 F 和附录 G 的要求，则判定检查不合格。

另外，主管部门也可以按照标准要求对整车远程排放管理车载终端检查，远程信息应与车辆上的实际故障信息一致。

#### 6.10.5 在用车辆（发动机）符合性

##### (1) 测量方法

在车辆的整个有效寿命期内实际道路运行中，排放控制装置应始终正常工作，污染物排放满足型式核准时的要求。国六标准中将采用整车 PEMS 方法对在

用车进行排放测量，使在用符合性监管能够切实可行。生产企业的在用符合性自查应采用 PEMS 方法在实际道路上进行测试。主管部门进行在用符合性检查是，可以采用 PEMS 方法在实际道路上进行测试，也可以采用实验室整车转鼓测量方法进行测试。

### (2) 高海拔排放控制要求

国六标准还通过在用符合性来规定高海拔排放控制要求，利用整车道路车载法进行测量，在海拔 2400m 及以下高度，污染物排放都要满足本标准的 PEMS 限值要求。我国高海拔地域十分广阔，海拔高度在 1000 米以上的地区占国土面积的 65%以上，海拔高度在 2000 米以上地区占国土面积的 33%以上。对于柴油机来说，大气压力是影响其综合性能指标的重要因素，随着大气压力的下降，每循环进入气缸的空气量明显下降，即燃烧过程中氧气供应不足，这将直接导致内燃机的燃烧恶化，其动力性、经济性和排放性能明显下降。我国现行重型柴油机排放法规中，对于重型发动机的排放认证实验条件规定为海拔不超过 1000 米（或相当于大气压 90kPa），因此从排放法规认证的角度，并没有考虑海拔高度对发动机排放的影响。欧六规定的海拔高度上限是 1700m，本标准研究中根据我国的海拔分布及机动车保有量分布情况，将海拔高度上限定为 2400m，该海拔高度涵盖了我国大多数人口密度和机动车保有量较大的城市，与轻型车国六标准中海拔上限规定一致。

### (3) 与欧六法规的主要差别

本标准的在用符合性要求，主要参考欧六法规提出，并根据我国以往标准的实施经验，以及通过本开展的实车 PEMS 试验研究，提出了适合我国的技术要求。与欧六的主要差异如表 39 所示。

表 39 国六与欧六的在用符合性要求主要差异

项目	欧六	国六
车辆里程要求	行驶里程≥25000km	行驶里程≥10000km
减少抽测车辆数量的条件	发动机停产 5 年或发动机年产量少于 500 台（需征得主管部门同意）	发动机停产 5 年或发动机年产量少于 300 台（需征得主管部门同意）
试验条件	海拔高度上限：1700m 大气压下限：82.5kPa	海拔最度上限：2400m 大气压下限：73kPa
污染物种类	柴油车：NO <sub>x</sub> 、CO、THC 和 CO <sub>2</sub> 气体燃料车：NO <sub>x</sub> 、CO、NMHC、	柴油车：NO <sub>x</sub> 、CO、PN 和 CO <sub>2</sub> ，PM 和 THC 为可选项

	CH <sub>4</sub> 和 CO <sub>2</sub>	气体燃料车: NO <sub>x</sub> 、CO、THC 和 CO <sub>2</sub> , PN 为可选项
排放限值表示方式	用符合性系数 (CF) 表示: 气态污染物, CF=1.5 PN 的 CF 待定	用比排放量限值表示: 气态污染物, WHTC 限值×1.5 PN, WHTC 限值×2.0

### 6.11 排放质保期

长期以来, 车辆的质保期保证部件只包括主要的总成, 如发动机、变速器、底盘等等, 从来不包括排放相关的零部件, 因此, 车辆一经售出, 排放出现问题, 就要用户自己买单。为了改变这种局面, 增强车辆生产企业的责任和环保意识, 保证排放零部件的正常功能, 本标准规定了排放质保期的要求。排放相关零部件如果在质保期内出现故障或损坏, 导致排放控制系统失效, 或车辆排放超过本标准限值要求, 制造商应当承担相关维修费用。

本标准参照美国法规, 根据车辆类型, 规定了排放质保期最短要满足表 40 的要求。其中, 里程或使用时间, 以先到为准。

表 40 排放质保期

汽车分类	行驶里程 (km)	使用时间 (年)
M <sub>1</sub> , M <sub>2</sub> , N <sub>1</sub>	80,000	5 年
M <sub>3</sub> , N <sub>2</sub> , N <sub>3</sub>	160,000	5 年

排放质保期涉及的零部件, 是影响排放的部件, 由企业自己提出。

### 6.12 基准燃油

我国的车用柴油到了第五阶段, 对排放后处理影响最大的硫含量指标已降为 10ppm, 与欧五和欧六达到了同样的水平, 接近无硫水平。对于车用柴油车来说, 目前的柴油指标主要是多环芳烃含量较高, 且没有总污染物指标, 是国六阶段燃油方面应重点改进的指标。

国六排放标准以我国的市售燃料标准为基础, 提出我国的试验用基准柴油指标, 并通过发动机台架试验进行验证。与国五相比, 基准柴油的主要指标变化如表 41 所示:

表 41 国六和国五基准柴油指标比较

项目	国五 基准柴油	国六 基准柴油
十六烷值 <sup>(2)</sup>	51~54	52~54

20℃下密度 kg/m <sup>3</sup>	825~840	828~834
馏程		
—50%点 ℃	不高于 300	245~300
—95%点 ℃	不高于 355	315~335
—终馏点 ℃	不高于 365	325~350
20℃下粘度 mm <sup>2</sup> /s	3~8	2~7.5
多环芳香烃（质量分数）%	2~6	不大于 4
硫含量 mg/kg	不大于 10	不大于 10
脂肪酸甲酯（FAME）	不得检出	0.5
总污染物含量（质量分数）%	—	不大于 24

## 7 实施本标准的环境效益及经济技术分析

### 7.1 实施本标准的减排效益

#### 7.1.1 单车减排效果

本标准实施后，重型车单车污染物排放将比国五阶段大幅削减，其中：NO<sub>x</sub> 削减 77%，颗粒物削减 67%，碳氢化合物削减 71%，详见表 42。

表 42 国六比国五标准工况限值加严幅度

污染物项目	NO <sub>x</sub>	PM	NMHC	CH <sub>4</sub>
限值加严幅度（%）	77	67	71	55

#### 7.1.2 污染物减排量估算

从 2011 年至今，我国每年重、中型货车和大、中型客车的产量在 110~120 万辆左右，另外加上 3.5t 以上的轻型货车（3.5t~4.5t）的产量，属于本标准适用范围的重型车每年产量在 150 万辆左右，年均产销量变化不大，因此，本标准以重型车年产量为 150 万辆来计算新增车辆的污染物减排效果。

利用车载法对国五车辆的排放因子进行测量，不同种类车辆的 NO<sub>x</sub> 排放因子在 3~7(g/km)之间，PM 排放因子在 0.07~0.1(g/km)之间。根据估算，实施国六标准之后，每年新增的重型车将比实施国五每年少排放 37 万吨 NO<sub>x</sub> 和 5900 吨 PM；每年新增的国六重型车在其有效寿命期内（20 万~70 万公里），将比实施国五标准合计少排放 240 万吨 NO<sub>x</sub> 和 4 万吨 PM。

### 7.2 实施本标准的经济技术分析

## 7.2.1 技术可行性分析

### 7.2.1.1 采用的排放控制技术

本标准的技术内容主要参考欧六法规制订，排放控制水平与欧六和美国 2010 年重型发动机法规相当。欧六和美国 2010 年法规均已实施几年，目前国际上相应的排放控制技术已非常成熟。对于柴油机和气体燃料机来说，均需要进一步优化机内燃烧，并加装后处理装置，才能满足排放控制要求。

#### (1) 优化机内燃烧

从国五升级到国六标准，首先应对发动机燃烧进行充分优化以进一步降低原机排放。

1) **提升燃油喷射压力。**目前企业纷纷着手匹配 2000bar 以上的高压共轨系统，一些企业的超高压燃油喷射系统喷射压力可达 2500~3000bar。

2) **调整喷油规律。**适时推迟主喷正时，采用高低压废气再循环系统（EGR）、采用废气旁通阀等，可以降低 NO<sub>x</sub> 原排。

3) **多次喷射，精确控制燃烧。**

4) **降低发动机转速，减少 PM 原排。**

5) **匹配更小的涡轮增压器。**保证低速进气量，控制 CO/HC。

6) **优化进排气。**采用电控可变几何涡轮增压器（VGT）、电控双增压进排气系统、废气门增压器等，可以进一步优化进排气，保证发动机更优质燃烧。

7) **优化燃烧室设计等等。**

上述机内燃烧控制技术是目前被采用的主要技术，但不同企业、不同机型选用的技术组合不同。

#### (2) 加装后处理装置

在机内充分优化控制的基础上，机外通过加装选择性催化还原系统（SCR）、柴油氧化催化器（DOC）和柴油颗粒捕集器（DPF）等的全组合或部分组合降低 NO<sub>x</sub> 排放和颗粒物排放。

随着排放水平的严格要求，对发动机及后处理技术要求越来越高，大幅降低 NO<sub>x</sub> 及颗粒物排放，表 43 示出了现在主流的控制技术。

表 43 控制技术综述

方案	低-EGR 高-SCR	低-EGR SCR	无-EGR 高SCR
----	-------------	-----------	------------



供油系统	共轨系统 $\geq 1800\text{bar}$ 增加200~500bar 有利于降低SOOT 和改善油耗	共轨系统 $\geq 1800\text{bar}$	共轨系统 $\geq 2400\text{bar}$
排气后处理技术	NOx的转化效率-90% PM的转化效率-20%带DOC 在外特性15%EGR 率	NOx的转化效率-80%PM 的转化效率-60%带DOC 带DOC和DPF 在外特性20%~25%EGR率	NOx的转化效率-90% PM 的转化效率-90% 带DOC 采用DPF
进气系统	VGT	VGT 和2 级增压	VGT 进气节流阀 排气控制
发动机	改善冷却系统 PFP 200bar	提高冷却系统 PFP 200bar	提高冷却系统 PFP 200bar

### (3) 主要技术路线

综合来看，国六排放控制技术主要分为两条技术路线。

路线一：电控 EGR、超高压共轨、可变截面增压器（或双增压）、DOC、DPF、SCR 及 ASC（氨捕集器）；

路线二：超高压共轨、进气节流阀、ECU 控制废气阀、DOC、DPF、SCR 及 ASC（氨捕集器）

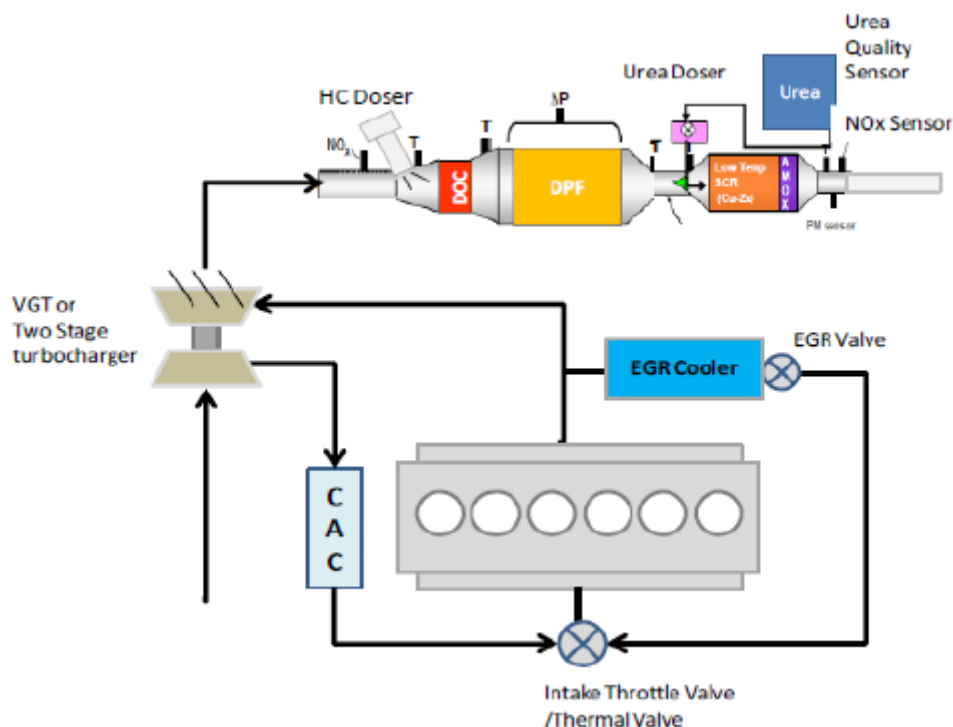


图 37 欧 VI 阶段标准发动机典型技术示意图

### (4) 主要技术难点

1) 对于发动机本体, 需要更高的共轨压力 (2400bar), 最高爆发压力小于 230bar, 更新型式的喷油器 8 个喷油孔等技术。

2) 对于 EGR 发动机国六技术路线的特点和难点是, 全脉谱的高 EGR 率导致全负荷氧气不足, 为维持之前的功率, 需要高增压来弥补, 这就提高了缸内最高爆发压力, 对于之前的无 EGR 系统的国 V 发动机需要对发动机进行进一步的设计开发。

3) 对于六阶段无 EGR 系统的发动机而言, 需要更多的标定工作将原机的 NO<sub>x</sub> 排放水平进行精细控制及高效的 SCR 系统。

4) 对于颗粒捕集器 (DPF), 其再生问题是该技术的关键和难点, 其中包括被动再生 (或连续再生) 和主动再生 (周期再生)。

主动再生是通过发动机措施使 DOC 前排温达到 300℃ 以上, 缸内或排气管后喷的燃油在 DOC 中发生氧化反应, 将进入 DPF 的排气温度提高到 600℃ 以上, 带动 PM 在 DPF 中被氧化。但其最大问题是要准确估计碳载量。如果碳载荷太大, 会造成 DPF 烧融; 而如果碳载荷太小, 又会造成 DPF 再生不彻底, 有效长度缩短。因此, DPF 再生控制对产品一致性要求很高, 标定的工作量很大。

目前 DPF 的连续再生技术 (被动再生) 已经非常成熟, 已经非常普遍的应用。其原理就是将一氧化氮在 DOC 中氧化为二氧化氮, 二氧化氮比氧气活跃, 在 300℃ 时就能氧化 PM。

5) 热管理控制技术。由于国六标准加大了对低速、低负荷工作区域的排放控制要求, 一般排气温度比较低, 需要特殊的热管理控制, 才能提高后处理系统的温度, 以使其在各种行驶工况下都高效工作, 减少污染物排放量。因此, 热管理控制技术成为国六车辆达标排放很关键的技术, 是 SCR 和 DPF 充分发挥作用的基础。

#### 7.2.1.2 成本增加分析

目前, 国内外的 SCR 技术、DPF 技术、DOC 技术、EGR 技术等已经十分成熟, 并已在国内很多发动机机型和车型上投入应用。一些发动机企业和整车企业, 已开发出满足欧六或美国 2010 年法规的发动机型或车型。因此, 在应对同等技术水平的国六标准上, 这些企业已具备良好的技术储备。当然, 在应用上述先进排放控制技术的同时, 会带来一定的成本增加。初步估算, 在实施标准初期,

从国五标准升级到国六标准，发动机的成本增加在 2~3 万元左右；随着各项控制技术的产业化逐步扩大，成本会进一步降低。

### 7.3 测试条件可行性分析

#### (1) 发动机台架测量

与国五阶段标准相比，国六标准更改了测试循环，包括稳态循环（WHSC）、瞬态循环（WHTC，冷态和热态）及非标准循环（WNTE）。需要按照新标准要求对测量系统的软件进行更新。硬件方面：1）由于增加了粒子数量（PN）要求，需要增加颗粒物计数设备；2）由于排放限值大幅降低，要求气体分析仪能够在更低测量量程内测量更加准确；3）对环境以及进气温度进行更加精确的控制，确保试验的重复性，等等。

目前，国内一些主要的机动车污染物检测机构、发动机及整车生产企业等，已基本具备国六标准要求的发动机台架的软硬件条件，并在国六标准研究过程中，为开展各项试验验证工作提供技术支持。当然，本标准实施后，仍有一些企业或检测机构等，需要对测试设备进行升级。

#### (2) 整车 PEMS 测量

目前，市场上用于常规气态污染物和颗粒物（PM）测试的 PEMS 设备已相当成熟，而用于粒子数量（PN）测试的设备也已经在欧洲市场销售，且欧美对其完成了初步的评估，未来 1-2 年内，随着应用范围的扩大，产品销量也会有显著的增长。关于国六的高海拔测量方面，多数设备生产厂认为在现有设备基础上，按照新的海拔要求进行标定后，能够满足标准的测量要求。因此，PEMS 测试设备可以满足国六标准的需求，用于重型车实际道路排放监管。

满足本标准要求的 PEMS 测试设备在国内很多检测机构或研究单位，以及发动机生产企业和整车生产企业等已有应用。当然，本标准实施后，一些企业或检测机构等，需要新增该测试设备，通常购置一套 PEMS 测试设备所需费用，约 250-300 万元（包括颗粒物分析单元）。

#### (3) 整车转鼓测量

重型底盘测功机设备和排放测试设备是非常成熟的设备。我国在 2011 年开始实施 GB/T27840-2011 重型商用车辆燃料消耗量测量方法，在我国主要整车生产企业和检测机构都有重型底盘测功机设备。目前，已有 7 家检测机构已经为重型底盘测功机配备了全流稀释排放检测系统，可进行整车排放测试。因此，整车

转鼓测量方面，作为一种可选的整车排放监管的测量方法，也基本具备条件。

## 8 参考文献

- [1]中国汽车工业协会. <http://www.caam.org.cn/zongheshuju/20150710/1005164773.html>
- [2]郭学静欧 IV 车用柴油机排放标准。天纳克同泰（大连）排气系统有限公司
- [3]管伟孙付胜王肇胤。商用车柴油机 DOC+POC 后处理技术介绍。内燃机与配件 2012 年第 11 期
- [4]中华人民共和国环境保护部. 2014 年中国机动车污染防治年报. 北京, 2014.
- [5] Wang H, Chen C, Huang C, et al. On-road vehicle emission inventory and its uncertainty analysis for Shanghai, China. *Science of The Total Environment*, 2008, 398(1-3): 60~67.
- [6] Zhang S, Wu Y, Liu H, et al. Historical evaluation of vehicle emission control in Guangzhou based on a multi-year emission inventory. *Atmospheric Environment*, 2013, 76: 32-42.
- [7]国家环境保护总局局函。环函（2007）519 号《关于柴油汽车实施国三排放标准意见的复函》。2007.12.28
- [8] 环保部。环办函[2010]1390 号《关于国家机动车排放标准第四阶段限值实施日期的复函》。2010.12.21
- [9] 环保部。公告 2011 年 第 92 号《关于实施国家第四阶段车用压燃式发动机与汽车污染物排放标准的公告》。2011.12.29
- [10]《北京市环境保护局关于实施重型汽油车和柴油车第四阶段排放的通知》（京环发（2013）103 号），发文时间：2013 年 6 月 17 日
- [11]上海市环保局、市公安局关于柴油车和重型汽油车实施国家第四阶段机动车排放标准的通知（沪环保防（2013）177 号），2013 年 5 月 3 日，上海市环境保护局、上海市公安局
- [12]广州市环境保护局等六部门关于柴油车和重型汽油车执行国家第四阶段机动车大气污染物排放标准的通告（穗环〔2013〕号），2013 年 5 月 17 日，广州市环境保护局
- [13]关于加强对新购和外地转入机动车辆排气污染防治管理的通告（湛公字（2013）3 号），2013 年 3 月 7 日，湛江市公安局
- [14]关于执行第四阶段国家机动车大气污染排放标准的公告，2013 年 4 月 15 日，清远市人民政府
- [15]成都市环境保护局、市公安局交通管理局关于实施国家机动车排气污染物阶段性排放

标准的通告，2013年2月18日，成都市环境保护局、成都市公安局、交通管理局

[16]雅安环保局、公安局通告

[17]南京市环境保护局、南京市公安局交通管理局关于轻型柴油车、重型汽油车实施国家第四阶段机动车排放标准的通告，2013年2月25日，南京市环境保护局 南京市公安局交通管理局

[18]关于执行国家第四阶段机动车排放标准的公告，2013年5月2日，宿迁市政府

[19]关于柴油车、重型汽油车实施国家第四阶段机动车排放标准的通告，2013年6月3日，无锡市公安局

[20]淮安市关于执行第四阶段国家机动车排放标准的通告，淮环发[2013]136号，2013年6月3日，淮安市公安局、淮安市环保局

[21]关于执行国家第四阶段车用压燃式发动机和汽车污染物排放标准的公告，2013年5月27日，蚌埠市机动车污染防治工作领导小组办公室

[22]关于加强机动车污染防治的通知，琼府办【2013】59号，2013年4月26日，海南省人民政府办公厅

[23]浙江省关于进一步加强机动车排气污染防治工作的意见，浙环发【2013】22号，2013年4月2日，浙江省环境保护厅、浙江省公安厅

[24]宁波执行机动车污染物排放新标准，2013年6月8日，宁波环保局

[25]关于实施国家第四阶段机动车污染物排放标准及限制部分外阜旧机动车转入的通告，2013年5月3日，庆阳市政府

[26]关于执行国家第四阶段机动车污染物排放标准的通告，平政发【2013】48号，2013年4月11日，平凉市政府

[27]关于本市新车及由外地转入机动车登记实施排放标准的通告，武环规(2013)1号，2013年6月13日，武汉市环保局、武汉市公安交通管理局

[28]关于加强外地转入机动车污染防治管理工作的通知（豫环文2013第26号），2013年2月4日，河南省环境保护厅、河南省公安厅

[29]关于机动车污染防治有关事宜的函，晋市环函[2013]183号，2013年6月7日，晋城市环保局

[30] 北京市环境保护局，北京市质量技术监督局，北京市公安局公安交通管理局。京环发〔2013〕8号《关于北京市实施第五阶段机动车排放标准的公告》。2013年1月21日

[31] 北京市环境保护局，北京市质量技术监督局，北京市公安局公安交通管理局。《关于实施重型柴油车第五阶段排放标准的公告》。2015年5月25日

[32]上海市人民政府。上海市人民政府关于本市实施第五阶段国家机动车排放标准的通告。沪府发〔2014〕25号。2014-03-27

[33] 天津市人民政府。津政发〔2015〕12号《天津市人民政府关于实施第五阶段国家机动车大气污染物排放标准的通告》。2015年5月29日

[34]广东省环境保护厅办公室。粤环〔2015〕16号《广东省环境保护厅关于广东省提前执行第五阶段国家机动车大气污染物排放标准的通告》。2015年2月13日

[35] 广东省环境保护厅。粤环〔2015〕28号《广东省环境保护厅关于做好第五阶段国家机动车大气污染物排放标准实施工作的通知》。2015年3月27日。

[36]佛山市环境保护局。佛环〔2015〕72号《佛山市环境保护局关于印发佛山市实施第五阶段国家机动车大气污染物排放标准的时间的通知》。2015年4月15日

[37]江门市环境保护局。关于实施第五阶段国家机动车大气污染物排放标准的通告。2015年6月4日

[38]惠州市环境保护局，惠州市公安局。关于实施国家第五阶段机动车大气污染物排放标准的通告。2015年6月15日

[39] 广州市环保局，广州市公安局，广州市交通委员会。穗环[2015]152号《关于执行第五阶段国家机动车大气污染物排放标准的通知》。2015.8.27