

## 附件 3

# 《非道路移动机械用柴油机排气污染物排放限值及测量方法（中国第三阶段）》（征求意见稿）

## 编制说明

《非道路移动机械用柴油机排气污染物排放限值及测量方法（中国第三阶段）》标准编制组

二〇一三年五月

项目名称：非道路移动机械用柴油机排气污染物排放限值  
及测量方法（中国第三阶段）

项目统一编号：458

承担单位：济南汽车检测中心

编制组主要成员：刘顺利、范凤雷、胡开建等

标准所技术管理负责人：纪亮

标准处项目负责人：谷雪景

# 目 录

1	项目背景	1
1.1	任务来源	1
1.2	工作过程	1
2	行业概况 <sup>[1]</sup>	1
2.1	单缸柴油机	2
2.2	小缸径多缸柴油机	2
2.3	中等缸径多缸柴油机	3
2.4	配套情况	4
2.5	保有量情况	5
2.6	柴油消耗量情况	6
2.7	进口二手机械情况	6
3	标准修订的必要性分析	7
3.1	大气污染物减排需要	7
3.2	行业发展带来的主要环境问题	7
3.3	促进内燃机行业可持续发展	8
4	主要国家、地区及国际组织相关标准研究	9
4.1	ISO 标准	9
4.2	欧盟法规	10
4.3	美国法规	15
4.4	全球统一的非道路法规	21
5	国内相关标准	23
5.1	三轮汽车和低速货车用柴油机排放标准	23
5.2	GB/T8190 系列标准	24
5.3	中小功率柴油机排气污染物排放限值	25
6	主要修订内容	26
6.1	原标准基本情况	26
6.2	增加的术语与定义	27
6.3	加严了污染物的排放限值	27
6.4	增加了耐久性要求	28
6.5	基准燃油的改变	30
6.6	带含贵金属材料的后处理系统的要求	30
6.7	增加了非道路移动机械的要求	31
7	本标准与欧美相关标准的差异	31
7.1	控制范围的差异	31
7.2	实施时间的差异	32
7.3	测量方法的差异	32
7.4	与其现行标准限值的差异	32
8	实施本标准的环境效益及经济技术分析	33
8.1	实施本标准的环境（减排）和社会效益	33
8.2	燃油可行性分析	33
8.3	发动机技术可行性及成本分析	34
8.4	测试设备可行性分析	37

## 1 项目背景

### 1.1 任务来源

根据环境保护部（原国家环保总局）环办[2006]371号文，由济南汽车检测中心负责制订《非道路移动机械用柴油机排气污染物排放限值及测量方法（中国第三阶段）》标准，项目统一编号：458。

### 1.2 工作过程

2006年，环境保护部下发了《非道路移动机械用柴油机排气污染物排放限值及测量方法（中国第三阶段）》的制定任务后，济南汽车检测中心立即成立了标准编制组，开始前期调研工作。

从2007年开始，标准编制组人员对欧洲现行的2004/26/EC标准和美国的CFR PART 89及美国现行的第IV阶段的标准 CFR PART 1039进行了翻译、整理、研究。并积极与国内外企业进行技术交流，深入了解欧美制定相关标准的原则和依据，同时从国内企业选择了各功率段部分机型进行了摸底试验，充分了解国内企业相关机型的排放状况。

2008年底，标准编制组根据调研情况，确定了本标准的基本框架，并开始起草开题报告和标准草案。2009年12月24日，环保部科技标准司在北京市组织召开了《非道路移动机械用压燃式发动机排气污染物排放限值及测量方法（中国第三阶段）》标准开题论证会。会后，标准编制组根据开题论证会上专家提出的意见和建议，对GB19756《三轮汽车和低速货车用柴油机排气污染物排放限值及测量方法（中国I、II阶段）》等相关标准进行了仔细研究，并与正在制定的三轮汽车及低速货车第三阶段标准编制组进行了交流，针对两个标准试验方法和限值的不同，我们进行了大量的实验进行了验证，以确保本标准与其他标准间的协调和衔接。另外，标准编制组还对37kW以下发动机型主要生产企业进行了更详细的调研，并组织协调了一批机型进行了验证。

2011年1月，标准编制组与单缸机协会交流我国非道路柴油机第三阶段标准制修订的技术内容；2011年6月，与工程机械工业协会挖掘机械分会讨论标准征求意见稿初稿的技术内容，并根据探讨内容，进一步完善征求意见稿。

## 2 行业概况<sup>[1]</sup>

非道路移动机械用柴油机机应用领域广阔，是当前无法替代的移动机械领域

的配套动力，在我国国民经济中占有重要的地位。非道路用柴油机按型式可划分为单缸柴油机、小缸径多缸柴油机、中等缸径多缸柴油机和大缸径多缸柴油机，大缸径多缸柴油机主要应用于船舶和大型发电机组，不在本标准控制范围内，在此不作介绍。近几年来非道路用柴油机年产量保持在300万台以上。主要应用于农业机械、工程机械等领域。

## 2.1 单缸柴油机

我国单缸柴油机基本上以8.8kW为界，分为S系列和R系列，通常我们说的大功率单缸柴油机一般我们指的是S系列，小功率为R系列。S系列主要是指8.8kW以上单缸柴油机，缸径在95mm-135mm，均为卧式、水冷机型，目前该机型主要与手扶拖拉机、微耕机配套，另外还广泛应用于园林管理、水泵、场地作业、发电、灌溉、消防等。R系列主要是指8.8kW以下单缸机，卧式、立式、斜式均有，风冷、水冷机型并存，直喷和涡流室兼有，主要配套手扶拖拉机、微耕机等，发电、排灌等用途为次。

单缸柴油机在我国内燃机行业中按台数计算约占10%，是量大面广的产品，也是我国主要的机电出口产品之一。单缸柴油机主要配套农用排灌机具、手扶拖拉机等农用机械。目前我国单缸机主要生产企业稳定在50家左右，占到了国内单缸柴油机总产量的99%以上，主要有常柴、常发、时风、江动、常工等，近几年单缸机企业产销量情况见表1。

表1 我国单缸柴油机年产销量（2007-2011年） 单位：万台

年份	2007		2008		2009		2010		2011	
产销量情况	产量	销量	产量	销量	产量	销量	产量	销量	产量	销量
	865.4	864.7	668.3	662.4	777.5	775.6	865.1	862.2	849.9	832.2
销量增幅/%	10.99		-23.40		17.09		11.17		-3.48	

2011年，我国单缸柴油机总产量为849.9万台，其中，配套三轮汽车和低速货车用单缸机约为341.3万台，出口量为266.0万台，应用于非道路移动机械用单缸柴油机在230万台左右。

## 2.2 小缸径多缸柴油机

小缸径多缸柴油机是指功率不大于100kW，缸数不大于4缸的柴油机，应用领域是除配套轻型汽车和低速货车外，是大、中型拖拉机、中小型联合收割机、

中小型工程机械、船舶、排灌、发电、水泵、空压机等移动和固定机械的配套动力。小缸径多缸柴油机基本上是增压中冷、增压等先进技术和自然吸气等技术并存的局面。小缸径多缸柴油机全近几年产量情况见表2。

表2 我国小缸径多缸柴油机年产销量（2007-2011年） 单位：万台

年份	2007		2008		2009		2010		2011	
产销量情况	产量	销量	产量	产量	销量	产量	产量	销量	产量	销量
	214.9	213.3	199.8	205	303.3	297.8	334.9	334.6	326.9	329.9
销量增幅/%	16.18		-3.9		45.3		12.36		-1.4	

2011年，我国小缸径多缸柴油机总产量中，与非道路机械配套的比率约为27.2%，共89万台左右。

### 2.3 中等缸径多缸柴油机

中等缸径多缸柴油机指缸径在100-160mm之间的4缸或6缸柴油机。是重型汽车、工程机械的主要配套动力。生产企业主要是由大型企业（以车用柴油机的生产企业为主）。企业已经具有相对成熟的排放控制技术，由于车用柴油机批量大，使得如增压器、P型喷油泵、嘴配套件保持一个相对较低价格，且该系列机型技术集中程度高、利润大，车用柴油机国2排放控制技术水平对非道路柴油机进行“移植”，开发难度和经费压力小等综合因素，使得该系列柴油机普遍采用增压或增压中冷技术、以及喷油压力为90-100MPa的P型喷油泵等相应阶段先进技术，在柴油机加工、配套质量完好控制之下，排放控制水平和基础较高。目前国内约有15家企业生产非道路用柴油机，从2011年产量来看，广西玉柴、潍柴、一汽锡柴、潍柴动力（扬州）、东风朝柴、中国重汽这6家企业年产量均超过了10万台。详细产量见表3。

表3 2011年中等缸径柴油机年产超10万台企业情况 单位：万台

序号	企业名称	主要产品型号	总产量
1	广西玉柴	YC6105、YC6108、YC6112 、YC4108、YC4110、YC4112、YCD2108、YCD2115	67.7
2	潍柴动力	WD615系列、6160、226B	71.8
3	一汽锡柴	6110、6113、4113、4112、4110、4102	34.4
4	潍柴动力（扬	4108、4105、4102、485系列	14.2

	州)		
5	东风朝柴	4102Q、4102BZQ、4105、6102、6102BZQ、 6105、40系列112、QD32系列	18.1
6	中国重汽	WD615系列等	10.1
合计			216.3

## 2.4 配套情况

非道路用柴油机主要配套行业有农用机械、工程机械、发电机组等，单缸机主要用于小型拖拉机、农机具、发电机组等，小缸径多缸柴油机主要配套大中型拖拉机、中小型收割机、工程机械等。中等缸径多缸柴油机主要配套大型收割机和工程机械。配套工程机械、拖拉机，以及发电机组的非道路用柴油机共计约350万台左右。

工程机械方面，根据内燃机协会的统计，2011年我国配套内燃机的工程机械产品销量达到80万台，具体应用领域见表4。2009年下半年至2011年初，工程机械产量快速增长，而后出现了连续几个月的下滑，2011年工程机械行业营业收入比上年增长17%。根据工程机械行业经济运行态势，在外部环境没有明显变化的情况下，从2012年开始，行业将回归平稳发展的态势。

表4 2011年工程机械配套情况 单位：台

主要配套领域	数量
挖掘机	173712
装载机	246981
推土机	13094
平地机	5059
工程起重机	35457
叉车	313847
压路机	21617
摊铺机	3266
合计	813003

拖拉机方面，根据内燃机协会的统计，2011年我国共有174家拖拉机生产企业，共销售各类拖拉机27.8万台，其中大中型拖拉机销售40.2万台，同比增长18.20%，小型拖拉机销售237.6万台，同比增长5.19%。从我国拖拉机需求动力分析，近几年拖拉机产销量的持续增长得益于农机补贴和更新需求，预计“十二五”

期间，拖拉机市场仍将持续高位运行。

发电机组方面，根据内燃机协会统计，2011年功率小于560kW的发电机组产量约8.5万台，内销约6万台，占总产量的69.4%。详细统计见表5。2011年全国电力供应形势总体为平衡偏紧，内燃发电机组行业2011年完成工业总产值86.46亿元，同比增长21.2%，发展呈平稳增长态势。

表5 2011年发电机组行业产品销售情况 单位：台

功率范围/kW	内销	出口
功率<10	41852	18949
10≤功率<100	7330	3734
100≤功率<200	3745	1287
200≤功率<300	2589	760
300≤功率<400	1951	785
400≤功率<500	1537	448
合计	59004	25963

## 2.5 保有量情况

到目前为止，我国尚没有专门的非道路发动机保有量方面的统计数据。根据“十一五”国家科技支撑计划课题《环境污染物排放关键技术标准研制》的研究统计，2008年我国各类用途的非道路发动机的保有量约为4800多万台。其中，非道路移动机械用柴油机保有量最大，占总保有量的将近一半，详细保有量分布见图1。从图中可以看出，我国非道路发动机中，以非道路移动式发动机（包括移动机械用柴油机、小型点燃式发动机，船舶发动机，铁路机车内燃机）为主，占总保有量的70%以上，其中，以非道路移动机械用柴油机保有量最大，占总保有量的将近一半，船舶发动机和铁路机车内燃机保有量相对较少，但单机的功率很大，一般非道路柴油机最大功率不会超过560kW，而内河船用发动机最高功率可达上千kW，铁路内燃机的功率则在几千kW。小汽油机的保有量占总保有量的20%。自2008年以来，非道路发动机的增长仍以非道路移动机械为主，船舶发动机增长趋缓，铁路内燃机车的保有量变化不大。



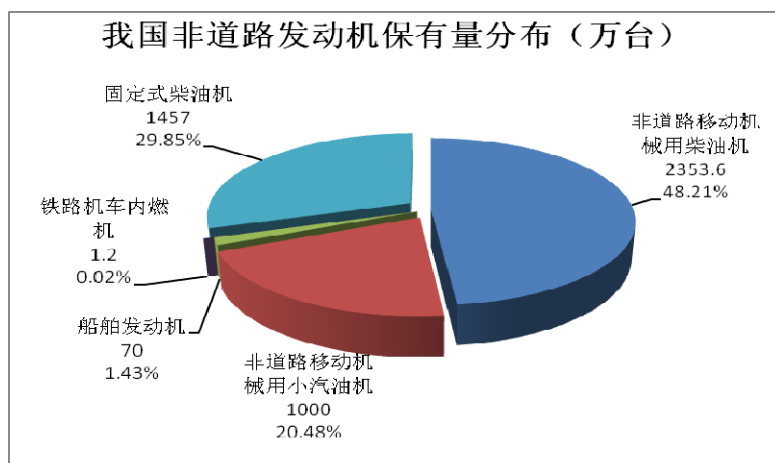


图1 我国非道路用发动机保有量分布<sup>[2]</sup>

## 2.6 柴油消耗量情况

2005年以来，我国的柴油年消耗量开始突破1亿吨，根据“十一五”国家科技支撑计划课题《环境污染物排放关键技术标准研制》的研究估算，其中约有60%左右用于非道路发动机。各类用途非道路发动机的柴油年消耗量图2所示，非道路移动机械（包括农业机械和工程机械）的柴油消耗量约占36%，是各类非道路发动机中柴油消耗量最大的。

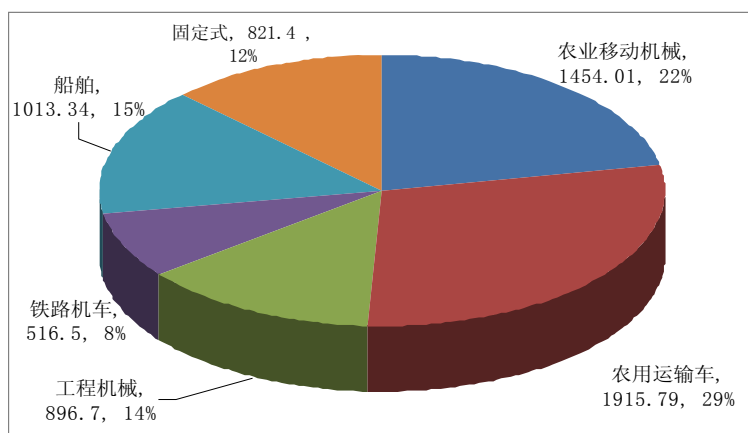


图2 各类非道用发动机的燃油消耗量及比例<sup>[2]</sup>

## 2.7 进口二手机械情况

近年来，随着我国经济的高速增长，国内部分工程机械（主要是挖掘机）的产销量不能满足日益增长的需求，造成了国外（主要是日本）大量的二手工程机械涌入我国。近几年来年进口旧挖掘机与国内新生产挖掘机的销售量对比见表6。

表6 进口二手挖掘机与国内新生产挖掘机销售量对比<sup>[3]</sup>

年 度	2005	2006	2007	2008	2009	2010
进口旧挖掘机销售量（台）	18014	18900	26500	27000	14800	32800

新挖掘机销售量（台）	33462	47518	68400	83000	95012	165804
旧机与新机销量比（%）	53.8%	40%	38.7%	32.5%	15.7%	19.8%
国产品牌新机销量（台）	7696	10930	16400	19920	24713	46928
旧机与国产新机销量比例（%）	234%	173%	162%	135%	60.0%	69.9%

2007年我国发布了JB/T10694-2007《进口二手挖掘机验收规范》，针对二手机械的发动机尾气排放方面规定：2009年10月1日前，应符合中国非道路移动机械用柴油机第一阶段排放标准要求；2009年10月1日后，应符合中国非道路移动机械用柴油机第二阶段排放标准要求。

### 3 标准修订的必要性分析

#### 3.1 大气污染物减排需要

中华人民共和国《国民经济和社会发展第十二个五年规划纲要》中第24章加大环境保护力度第一节强化污染物减排和治理中写到：“加大机动车尾气治理力度。深化颗粒物污染防治。加强恶臭污染物治理。建立健全区域大气污染联防联控机制，控制区域复合型大气污染。”

在《国家环境保护标准“十二五”规划》中，明确提出：进一步完善移动源大气污染物排放标准体系。首先，以氮氧化物、颗粒物和挥发性有机污染物排放控制为重点，提高机动车新车排放控制要求，建立健全非道路机械、船舶、铁路机车排放标准，研究建立有毒有害污染物和温室气体排放控制标准的可行性。其次，完善在用机动车、非道路机械排放标准和监督管理技术规范，研究建立重型柴油车、非道路移动机械车载测量排放标准，加强在用车和发动机符合性的监督管理。第三，加强国际机动车排放技术法规协调，积极跟踪和参与机动车、非道路移动机械、燃油等技术法规制订，推进机动车排放标准与国际接轨。

《重点区域大气污染防治“十二五”规划》中关于开展非道路移动源污染防治中提到：推进非道路移动机械和船舶的排放控制。**2013年，实施国家第Ⅲ阶段非道路移动机械排放标准和国家第Ⅰ阶段船用发动机排放标准。**

#### 3.2 行业发展带来的主要环境问题

进入21世纪以来，我国内燃机行业迎来了其高速发展期，从2001年到2009年，内燃机产量从1783.63万台增长为6700万台，短短9年时间，内燃机的产量增长了270%。2001-2009年我国内燃机行业产量变化状况见图3。

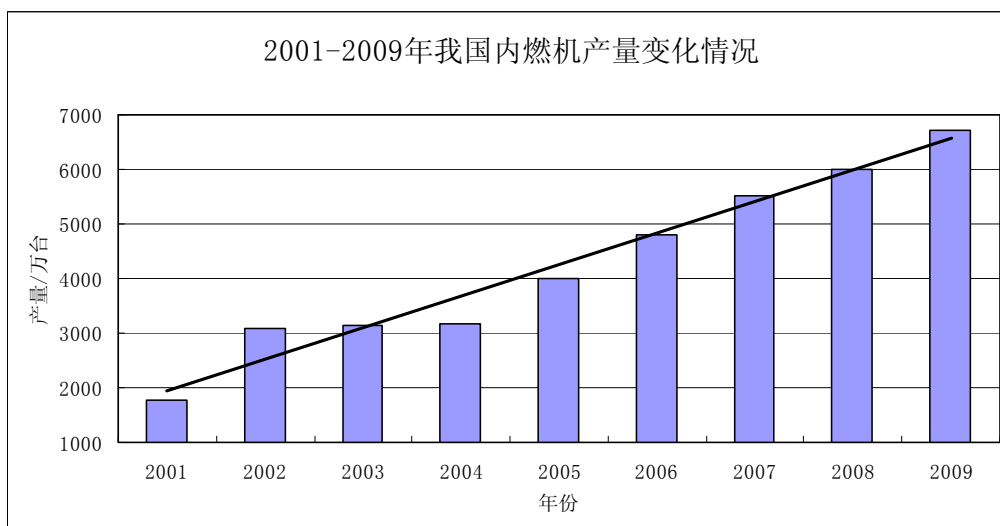


图3 2001-2009年我国内燃机行业产量变化情况

对内燃机行业来说，不管是柴油机还是汽油机，不管是道路车辆还是非道路车辆，他们带来的主要污染是基本相同的，主要就是空气污染和噪声污染。柴油机废气中含有 150~200 种不同的化合物，其中对人危害最大的有一氧化碳、碳氢化合物、氮氧化合物、及颗粒物。这些污染物，对人体的健康损害非常严重——刺激呼吸道，使呼吸系统的免疫力下降，导致暴露人群慢性气管炎、支气管炎及呼吸困难的发病率升高、肺功能下降等一系列症状。尾气中所含的强致癌物质——苯类物质，会引发肺癌、甲状腺癌等。柴油机各种排气污染物对人体的危害见表 7。

表 7 柴油机各种主要排气污染物对人体的危害

污染物	危害	症状	派生污染
CO	循环系统 神经系统	破坏血液输氧，造成类似煤气中毒症状 损害思维和感觉，头痛、慢化反射，降低身体灵巧度，减弱运动的能力等	
HC	神经系统 造血系统 呼吸系统 其他	神经衰弱 贫血 降低人体对呼吸道传染的抵抗力 致癌	光化学烟雾
NO <sub>x</sub>	循环系统 呼吸系统 感觉器官	破坏血液输氧 肺气肿、支气管炎、肺部疾病 各类眼疾	光化学烟雾 酸雨
颗粒物	呼吸系统 其他	支气管炎、肺部疾病 含多种致癌物质	灰霾等

### 3.3 促进内燃机行业可持续发展

2009年10月1日，我国对非道路移动机械用柴油机开始实施GB20891-2007标准第II阶段排放控制要求，新标准的实施，加快了企业资金投入和新技术的研发，

使得产品性能和排放状况得到了改善。同时我们发现该标准的要求相对车用机排放标准要求要宽松的多，加上对非道路柴油机的排放控制较晚，目前非道路用柴油机的排放水平仅相当于车用发动机第II阶段排放水平。为了满足国家日益严格控制环境污染的政策要求，并促进我国内燃机行业的可持续发展，有必要制定更加严格的标准。

## 4 主要国家、地区及国际组织相关标准研究

### 4.1 ISO 标准

国际标准化组织International Standard Organized (ISO)是由各国标准化团体组成的世界性的联合会。ISO标准一般涉及试验方法、术语、规格、性能要求等。我国于1978年加入ISO，在2008年10月的第31届国际化标准组织大会上，中国正式成为ISO的常任理事国。

ISO 8178《往复式内燃机排放测量》系列标准目前共有11部分（见表8），每一部分对往复式内燃机排放测量做了相应规定。欧洲和美国非道路用柴油机的试验方法均按照ISO 8178《往复式内燃机排放测量》制定。ISO 8178标准作为一项国际通用试验准则，为一系列标准，适用范围较宽，并且没有制订排放限值。例如对小型柴油机，规定了试验台测量方法（ISO8178-1《往复式内燃机排放测量第一部分：污染物测量方法》）；对那些不能在试验台测试的大型柴油机，制定了面向现场的测试方法（ISO8178-2《往复式内燃机排放测量第二部分：现场条件下污染物的测量》）。

表8 ISO8178系列标准

标准号	标准名称
ISO8178-1:2009	往复式内燃机排放测量 第 1 部分：气体和颗粒排放物的试验台测量
ISO8178-2:2008	往复式内燃机排放测量 第 2 部分：气体和颗粒排放物的现场测量
ISO8178-3:1996	往复式内燃机排放测量 第 3 部分：稳态条件下排气烟度的定义和测量方法
ISO8178-4:2009	往复式内燃机排放测量 第 4 部分：不同用途发动机的试验循环
ISO8178-5:2008	往复式内燃机排放测量 第 5 部分：测试燃油
ISO8178-6:2001	往复式内燃机排放测量 第 6 部分：测量结果和检测报告
ISO8178-7:1997	往复式内燃机排放测量 第 7 部分：发动机系族定义
ISO8178-8:1997	往复式内燃机排放测量 第 8 部分：发动机系组定义
ISO8178-9:2001	往复式内燃机排放测量 第 9 部分：在瞬态条件下工作的压燃式发动机排气烟度排放物的试验台测试循环和测试程序
ISO8178-10:2003	往复式内燃机排放测量 第 10 部分：在瞬态条件下工作的压

	燃式发动机排气烟度排放物的现场测试循环和测试程序
ISO8178-11:2006	往复式内燃机排放测量 第 11 部分：非道路移动机械用发动机瞬态工况下气体和颗粒排放物的试验台测量

在ISO8178-4《往复式内燃机排放测量第4部分：不同发动机的试验循环》中，定义了不同用途柴油机的试验循环，所有的试验循环都是在基础试验循环11工况（见图4）的基础上，对不同的点进行取舍，采用不同的加权而形成的。基准试验循环包括怠速点11，中间转速点6、7、8、9、10，额定转速点1、2、3、4、5。由1到5对应的负荷分别为100%、75%、50%、25%、10%，不同的工况点有着不同的加权系数。

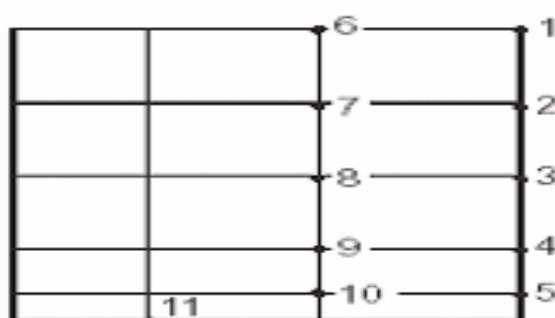


图4 ISO8178-4基准试验循环

非道路柴油机根据不同的发动机用途有三种不同的试验循环，分别为八工况、五工况和六工况。试验循环见图5。八工况应用于非恒定转速工作下的发动机，例如工程机械、农业机械、叉车等所用发动机；五工况应用于恒定转速工作下的发动机，例如发电机组、排灌水泵、除草机等所用发动机；六工况应用于在非恒定转速下工作，功率小于18kW的发动机除可用五工况外，可选用的一种试验工况。例如除草机、空气压缩机等所用发动机。

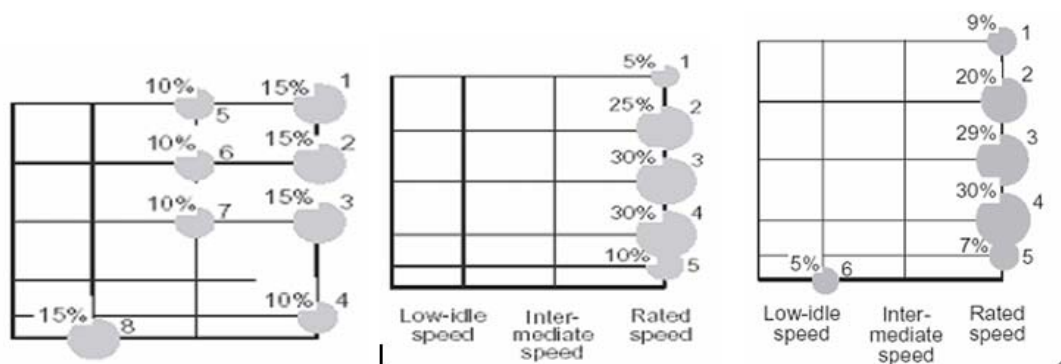


图5 非道路移动机械用柴油机试验循环

## 4.2 欧盟法规

### 4.2.1 发展历程

1998年2月27日，第一个欧洲非道路移动机械用柴油机排放法规以立法形式通过，即97/68/EC指令。该法规分为两个阶段：第I阶段于1998年实施；第II阶段于2001~2004年执行，法规的实施时间因柴油机功率输出大小不同而不同。排放法规涵盖的设备有：工业用钻机、压缩机、轮式装载机、推土机、非公路用卡车、挖掘机、叉车、道路养护设备、铲雪机、机场地面支持设备、塔吊和移动式起重机。该法规不包括轮船、机车、飞行器和发电机组用柴油机。

在2000年12月18日，欧洲委员会对Directive 97/68/EC提出了修正案，将功率小于19kW的非道路用汽油发动机纳入其中。以COM(2000)840文档出版的该提案，使欧洲与美国现行的小型发动机的排放标准在更大范围内取得一致。

在2002年12月27日对97/68/EC指令进行第三次修订为2004/26/EC指令。控制范围增加了内河船、机车、轮轨用柴油机，提出了非道路柴油机的IIIA、IIIB、IV阶段的要求。

### 4.2.2 适用范围

欧盟因为单缸机数量较少，且通过协会来进行管理，因此在非道路标准中没有进行管理，为了与美国排放法规相对性，从第三阶段开始，功率下限调整为19kW。

第I阶段，功率范围从37kW到560kW的非道路移动机械用柴油机。第II阶段功率范围从18kW到560kW的非道路移动机械用柴油机。第III阶段分为IIIA和IIIB两个阶段，IIIA阶段功率范围从19kW到560kW的非道路用柴油机；IIIB阶段功率范围从37kW到560kW的非道路移动机械用柴油机。第IV阶段功率范围从56kW到560kW的非道路移动机械用柴油机。

### 4.2.3 排放限值及实施日期

柴油机各阶段排放限值及实施时间，见表9。根据表9，对比欧盟法规第II和IIIA限值及实施时间我们可以发现，根据功率段的不同，从第II阶段过渡到IIIA阶段，用了3至6年的时间，这主要是因为不同功率段的发动机采用不同的排放控制技术所导致的。从排放限值来看，从第II阶段过渡到IIIA阶段，主要是加严了NO<sub>x</sub>和THC的控制要求，CO的限值没有改变，PM也仅仅是19kW到37kW之间的机型加严了12.5%。而NO<sub>x</sub>和THC根据功率段的不同，加严了21%到43%。可见

欧盟IIIA阶段主要就是加严对NO<sub>x</sub>和THC的控制。同样对比IIIA和IIIB，主要加严了PM排放限值，加严幅度在90%以上，因此IIIB阶段需要采用颗粒捕集器等后处理系统。IV阶段比IIIB又大幅加严NO<sub>x</sub>的控制要求，加严幅度在80%以上，说明IV阶段的时候SCR或EGR和颗粒捕集器都要使用。

表9 欧盟非道路柴油机污染物排放限值及实施时间

标准阶段	功率段划分 (kW)	排放限值 (g/kWh)					实施日期
		CO	THC	HC+NO <sub>x</sub>	NO <sub>x</sub>	PM	
欧 I	37≤P<75	6.5	1.3		9.2	0.85	1998.07.01
	75≤P<130	5.0	1.3		9.2	0.7	
	130≤P≤560	5.0	1.3		9.2	0.54	
欧 II	18≤P<37	5.5	1.5		8.0	0.8	2000.01.01
	37≤P<75	5.0	1.3		7.0	0.4	2003.01.01
	75≤P<130	5.0	1.0		6.0	0.3	2002.01.01
	130≤P≤560	3.5	1.0		6.0	0.2	2001.01.01
欧 IIIA	19≤P<37	5.5		7.5		0.6	2006.01.01
	37≤P<75	5.0		4.7		0.4	2006.01.01
	75≤P<130	5.0		4.0		0.3	2006.01.01
	130≤P≤560	3.5		4.0		0.2	2005.07.01
欧 IIIB	P:37≤P<56	5.0		4.7		0.025	2011.01.01
	N:56≤P<75	5.0	0.19		3.3	0.025	2011.01.01
	M:75≤P<130	5.0	0.19		3.3	0.025	2011.01.01
	L:130≤P≤560	3.5	0.19		2.0	0.025	2010.01.01
欧 IV	R:56≤P<130	5.0	0.19		0.4	0.025	2014.01.01
	Q:130≤P≤560	3.5	0.19		0.4	0.025	2013.01.01

#### 4.2.4 试验循环

标准在第I、II和IIIA阶段，使用ISO8178中的稳态试验循环（NRSC），根据发动机类型的不同，又规定了不同的试验循环，比如用在工程机械、农用机械上的非恒定转速的发动机，使用八工况循环，用在发电机组、水泵上的恒定转速发动机使用五工况循环。在IIIB和IV阶段除了稳态循环外，又增加了瞬态试验循环（NRTC），瞬态试验循环仅用于IIIB、IV阶段非恒定转速的发动机。

对于非恒定转速柴油机进行八工况循环，例如工程机械、农业机械用柴油机，见表10。

表10 非恒定转速柴油机试验循环

工况号	转速	负荷 (%)	加权系数
1	额定转速	100	0.15
2	额定转速	75	0.15
3	额定转速	50	0.15
4	额定转速	10	0.1
5	中间转速	100	0.1
6	中间转速	75	0.1
7	中间转速	50	0.1
8	怠速	-	0.15

第I、II和IIIA阶段，对于恒定转速柴油机进行五工况循环，例如发电机组、水泵等用柴油机，见表11。

表11 恒定转速柴油机试验循环

工况号	转速	负荷%	加权系数
1	额定转速	100	0.05
2	额定转速	75	0.25
3	额定转速	50	0.3
4	额定转速	25	0.3
5	额定转速	10	0.1

在IIIB和IV阶段，引入了NRTC（瞬态试验循环），类似于车用机的ETC试验循环，该试验循环只适用于非恒定转速的非道路移动机械用柴油机。只是时间有所缩短，整个试验循环为1238秒，试验循环见图6。

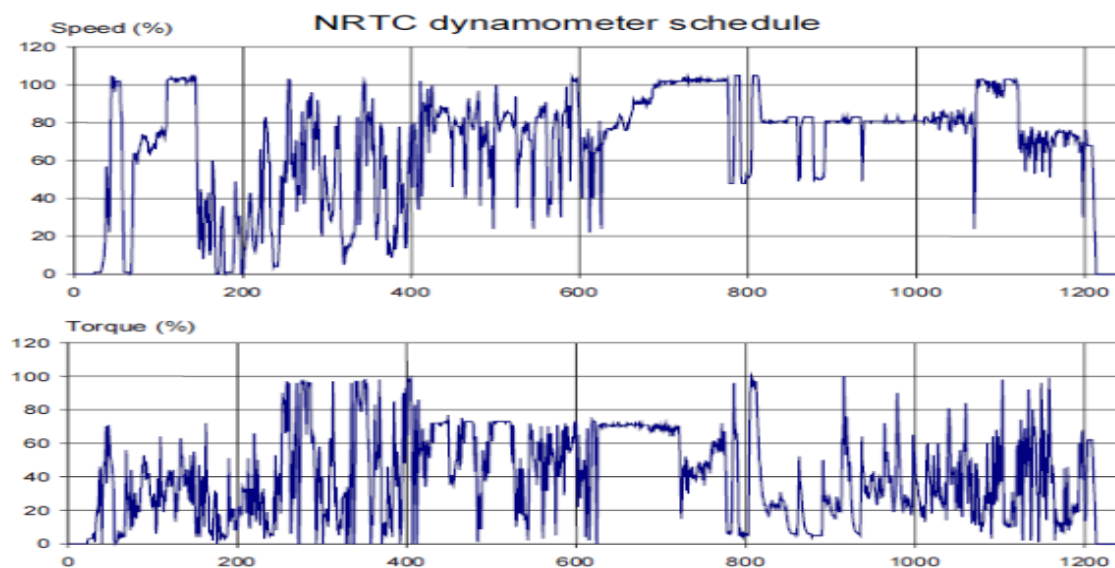


图6 NRTC试验循环



#### 4.2.5 耐久性要求

从III阶段开始，增加了有效寿命的概念，有效寿命指的是发动机在表10规定的时间内，各污染物排放结果要满足标准限值的要求。不同功率段的发动机，其有效寿命也是不一样的，各功率段发动机的有效寿命见表12。标准要求至少选择发动机有效寿命的1/4来进行耐久性试验，制造厂应以良好的工程方法为基础，采用能够代表在用发动机排放性能劣化的试验循环，运行耐久性试验。试验可以在认证机构的进行也可以在发动机制造厂进行，但要在型式认证机构的有效监督下。在通过耐久性试验确定发动机各污染物的劣化系数。在整个耐久性试验过程中至少测试3次排放，应在磨合期结束时、耐久性试验结束时、耐久性试验期间选择的几个间隔点进行排放测试。

表 12 有效寿命要求

柴油机类型	有效寿命（小时）
≤37kW（恒转速）	3000
≤37kW（非恒转速）	5000
>37kW	8000

劣化系数的计算方法，举例如表13。

表13 最小二乘法计算柴油机裂化系数

	试验时间 x	排放数值 y	备注
1	0	2.23	$\alpha = \frac{\sum_{i=1}^n x_i y_i - \sum_{i=1}^n x_i \sum_{i=1}^n y_i}{\sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2}$ $\hat{b} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i - \frac{\alpha}{n} \sum_{i=1}^n x_i$
2	1000	2.26	
3	2000	2.28	
a	0.000025		
b	2.232		
4	8000	2.432	y=ax+b
5	0	2.232	
劣化系数 DFs	加法计算	0.200	不带后处理
	乘法计算	1.090	带后处理

如表13所示，一台37kW以上的非道路移动机械用柴油机，它的有效寿命为8000小时，我们可以选择有效寿命的1/4，也就是2000小时来进行耐久性试验，发动机磨合完毕进行第一次排放测试，CO的结果为2.23，1000小时的时候CO的

结果为2.26，2000小时的时候结果为2.28。那么根据最小二乘法公式，我们可以计算出a, b的结果，如表13所示，这样根据公式 $y=ax+b$ ，任何时间点的排放结果都能够计算出来，8000小时的时候计算得到2.432，0小时的时候结果为2.232。在根据发动是否有后处理，可以算出劣化系数（DFs）。不带后处理使用加法计算： $DFs=2.432-2.232=0.200$ ，带后处理是用乘法计算 $DFs=2.432/2.232=1.090$ 。

#### 4.2.6 基准燃油参数

随着标准限值的提高，发动机需要采用更先进的排放控制技术，例如高压共轨、单体泵、EGR、DOC等，这样技术对燃油品质提出了更高的要求，例如硫含量过高，会生成大量的硫酸盐，会加速燃油系统的磨损，甚至造成喷油器的阻塞，影响燃油系统的正常工作，同时硫含量过高会严重影响排气候处理系统的正常工作，造成硫中毒等。因此从IIIA阶段开始，燃油硫含量降到了300ppm，从IIIB阶段开始，硫含量降到了10ppm，与车机第VI阶段燃油硫含量一致。各阶段燃油主要参数对比见表14。

表14 欧盟各阶段基准燃油参数

参数	十六烷值		硫含量 (ppm)	
	最小	最大	最小	最大
欧I、欧II	45	50	1000	2000
欧IIIA	52	54	/	300
欧IIIB、欧IV	/	54	/	10

### 4.3 美国法规

#### 4.3.1 标准发展历程

美国是世界上控制非道路用柴油机尾气排放最早的国家。美国国家环保局（EPA）从1990年开始着手研究和限制非道路用柴油机的尾气排放。1998年8月27日，EPA签署了40 CFR PART89法规，规定了非道路用柴油机第一、二、三阶段排放标准。

40 CFR PART 1039 是美国非道路移动机械用柴油机第四阶段的排放标准，该标准从2008年份功率段逐步开始实施，从2008年到2014年是本标准的过渡期，过渡期内有相应限值要求，2014年以后，正式实施第四阶段限值要求。

### 4.3.2 适用范围

非道路移动机械用柴油机，功率小于 37kW 船用柴油机。

### 4.3.3 排放限值及实施日期

Tier1到Tier3，各功率段排放限值及实施时间，见表15。

表15 排放限值实施时间

功率 (kW)	阶段	实施时间	排放限值 (g/kWh)				
			NO <sub>x</sub>	THC	NMHC+NO <sub>x</sub>	CO	PM
P<8	Tier1	2000	/	/	10.5	8.0	1.0
	Tier2	2005	/	/	7.5	8.0	0.80
8≤P<19	Tier1	2000	/	/	9.5	6.6	0.80
	Tier2	2005	/	/	7.5	6.6	0.80
19≤P<37	Tier1	1999	9.2	/	/	/	/
	Tier2	2004	/	/	7.5	5.5	0.40
37≤P<75	Tier1	1998	9.2	/	/	/	/
	Tier2	2004	/	/	7.5	5.0	0.4
	Tier3	2008	/	/	4.7	5.0	
75≤P<130	Tier1	1997	9.2	/	/	/	/
	Tier2	2003	/	/	6.6	5.0	0.30
	Tier3	2007			4.0	5.0	
130≤P<225	Tier1	1996	9.2	1.3	/	11.4	0.54
	Tier2	2003	/	/	6.6	3.5	0.20
	Tier3	2006	/	/	4.0	3.5	
225≤P<450	Tier1	1996	9.2	1.3	/	11.4	0.54
	Tier2	2001	/	/	6.4	3.5	0.20
	Tier3	2006	/	/	4.0	3.5	
450≤P≤560	Tier1	1996	9.2	1.3	/	11.4	0.54
	Tier2	2002	/	/	6.4	3.5	0.20
	Tier3	2006	/	/	4.0	3.5	
P>560	Tier1	2000	9.2	1.3	/	11.4	0.54
	Tier2	2006	/	/	6.4	3.5	0.20

Tier 4功率段划分与前3各阶段有些区别，各功率段更趋向于欧洲的划分，详细划分功率段见图7。

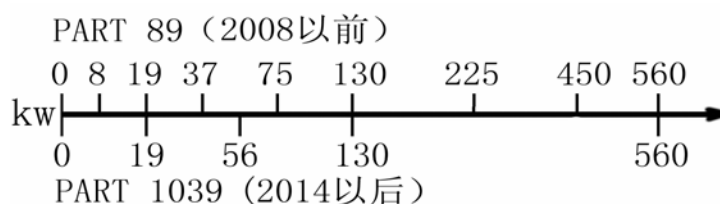


图7 PART89与PART1039功率段划分别

Tier 4从2008年开始实施，2008年到2014年为标准的过渡时期，2014年后正式实施Tier4，在过渡期相比Tier 3只是加严了NO<sub>x</sub>的排放限值，过渡期结束后又加严了颗粒物的限值要求，这样既给企业留出了足够的时间进行产品升级也避免了

直接到第四阶段造成的产品价格激增。

详细过渡时期各个功率段排放限值见表16。2014年及其之后的发动机排放限值见表17。

表16 Tier4 过渡时期排放限值

功率 (kW)	实施日期	排放限值 (g/kWh)				
		CO	NMHC	NMHC+NO <sub>x</sub>	NO <sub>x</sub>	PM
P<19	2008	6.6	/	7.5	/	0.40
19≤P<56	2013	5.0	/	4.7	/	0.03
56≤P<130	2012-2014	5.0	0.19	/	0.4	0.20
130≤P≤560	2011-2014	3.5	0.19	/	0.4	0.20
P>560	2011-2014	3.5	0.19	/	3.5	0.20

表17 2014年及其之后的发动机排放限值

功率 (kW)	范围	排放限值 (g/kWh)				
		CO	NMHC	NMHC+NO <sub>x</sub>	NO <sub>x</sub>	PM
P<19	全部	6.6	/	7.5	/	0.40
19≤P<56	全部	5.0	/	4.7	/	0.03
56≤P<130	全部	5.0	0.19	/	0.4	0.02
130≤P≤560	全部	3.5	0.19	/	0.4	0.02
P>560	发电机组	3.5	0.19	/	0.67	0.03
	非发电机组	3.5	0.19	/	3.5	0.04

#### 4.3.4 试验循环

Tier 1 到 Tier 3，非恒定转速柴油机测试循环采用八工况循环，如工程机械、农用机械用柴油机，恒定转速柴油机测试循环采用五工况循环，详细试验循环见表 18、表 19。Tier 4 加入瞬态试验循环，具体试验循环与欧盟一致，瞬态测试循环不适用于恒速发动机和 560kW 以上的发动机。不同功率段实施时间不同，各功率段瞬态试验实施时间见表 20。

表18 非恒速柴油机8工况测试循环

工况号	转速	负荷 (%)	加权系数
1	额定转速	100	0.15
2	额定转速	75	0.15
3	额定转速	50	0.15
4	额定转速	10	0.1
5	中间转速	100	0.1
6	中间转速	75	0.1
7	中间转速	50	0.1
8	怠速	-	0.15

表19 恒速柴油机5工况测试循环

工况号	转速	负荷%	加权系数
1	额定转速	100	0.05
2	额定转速	75	0.25
3	额定转速	50	0.3
4	额定转速	25	0.3
5	额定转速	10	0.1

表 20 瞬态试验循环实施时间

功率 P (kW)	实施时间 (年)
$P < 19$	2013
$19 \leq P < 56$	2013
$56 \leq P < 130$	2012
$130 \leq P < 560$	2011

#### 4.3.5 有效寿命、召回期和质保期

##### (1) 有效寿命 (useful life)

EPA的有效寿命与欧盟基本是一样的，只是因为控制范围的不同，增加了19kW以下发动机的有效寿命规定。同时有效寿命还有年限的规定，小时数和年限，以先到为准。耐久试验时间为柴油机有效寿命的20%~30%，一般选取25%。通过耐久性试验确定劣化系数。在整个试验过程中至少测试3次排放，即0小时，中间小时、耐久试验结束时，根据最小二乘法计算劣化系数，有效寿命的规定见表21。

表21 有效寿命的规定

功率 (kW)	工作特性	额定转速	有效寿命	
			时间 (小时)	年限 (年)
$P < 19$	恒速/非恒速	任何转速	3000	5
$19 \leq P < 37$	恒速	$\geq 3000$	3000	5
	恒速	$< 3000$	5000	7
	非恒速	任何转速		
$P \geq 37$	恒速/非恒速	任何转速	8000	10

##### (2) 召回期 (recall)

标准中规定，根据发动机的额定功率和额定转速确定需要召回检测的周期。然而，召回发动机的类型不需要考虑发动机实际使用的年限或工作时间。

1) 对于额定功率小于 19kW 的所有发动机和额定功率小于 37kW 并且额定

转速大于或等于 3000r/min 的恒速发动机，需要召回检测的周期是 2250 小时或 4 年，以先到者为准。

2) 对于额定功率大于或等于 19kW 并小于 37kW 的所有其它发动机，需要召回检测的周期是 3750 小时或 5 年，以先到者为准。

3) 对于额定功率大于或等于 37kW 的所有发动机，需要召回检测的周期是 6000 小时或 7 年，以先到者为准。

关于召回期的规定见表 22。

表 22 召回期的规定

功率 (kW)	工作特性	额定转速	召回期	
			时间 (小时)	年限 (年)
$P < 19$	恒速/非恒速	任何转速	2250	4
$19 \leq P < 37$	恒速	$\geq 3000$	2250	4
	恒速/非恒速	任何转速	3750	5
$P \geq 37$	恒速/非恒速	任何转速	6000	7

### (3) 质保期 (warranty)

根据美国《空气清洁法》和PART 89标准规定，生产企业对其产品应提供相应的担保期：对于额定功率小于19kW的所有发动机和额定功率小于37kW、额定转速超过3000转的恒速发动机是1500小时或2年，以先到者为准；对于其它发动机是3000小时或5年，以先到者为准。如果生产企业对一些部件有较长质保期（收费或免费），则对这些部件的排放相关保证也应延长该质保期。详细规定见表23。

表23 质保期规定

功率 (kW)	工作特性	额定转速	质保期	
			时间 (小时)	年限 (年)
$P < 19$	恒速/非恒速	任何转速	1500	2
$19 \leq P < 37$	恒速	$\geq 3000$	1500	2
	恒速/非恒速	任何转速	3000	5
$P \geq 37$	恒速/非恒速	任何转速		

## 4.3.6 管理制度<sup>[5]</sup>

### (1) 监督管理

美国《空气清洁法》section 206 授权给美国 EPA 对新生产发动机进行监督检查和测试的权利：检验生产企业批量生产产品，以及最终产品是否符合法规；每个发动机是否正确安装了正确零部件；生产企业的认证测试程序是否正确；使用寿命期内的发动机是否符合法规限值。因此，监督管理分为 EPA 检查和企业检查两个部分，以企业自检查为主，EPA 审核资料为辅（不排除 EPA 亲自检查），通过系列方法保证发动机排放在整个使用寿命期内达标，相关的管理制度在排放标准中都有明确、详细的论述，方便操作性，强调信息的可追溯性。

#### (a) 企业自检查

企业自检查包括四部分，分别是“确认试验”、“审核过程”、“上产线试验”和“在用发动机检测”。

**确认试验(Confirmatory Testing)**：要求发动机生产企业对新机型(prototype)，进行确认试验，试验结果和信息需报 EPA，并作为认证申请内容。

**审核过程**：EPA 可能要求在 EPA 试验室对该新机型进行重复试验。生产企业应将有关记录保留 8 年时间（包括试验条件）。

**生产线试验 (Production-line Testing, PLT)**：生产企业应对其下线的发动机进行排放试验，并将结果运用统计学方法进行生产一致性确认，希望通过早期的控制手段来检查和修正错误，将排放控制费用最小化。EPA 对进行 PLT 试验的抽样数量有规定，生产企业应将 PLT 结果报 EPA（每季度前 45 天内），并将相关记录保留 8 年。若 PLT 试验结果表明某一系族出现超标情况，则暂停该系族认证证书，EPA 将与生产企业一起检查和调整生产问题，生产企业必须采取补救措施。恢复认证证书是在 PLT 试验通过后，生产企业提交一份同初次检查时相同报告和申请恢复生产的报告。

**在用发动机检测**：生产企业应对实际使用了一年以上的发动机进行检测，以确认在有效使用寿命期内发动机是否符合排放标准的要求。相关检测信息需报 EPA。

#### (b) 选择性强制检查 (Selective Enforcement Auditing, SEA)

EPA 有权对所有发动机和机械生产企业进行选择性的强制检查，并通过检查来核查生产企业申报数据的可信性，检测程序是否符合法规要求等。具体过程可能为在 EPA 监督下在同一试验室重复确认试验。SEA 检查对象的选取来自生产企业报 EPA 的一定时期内产品计划，EPA 从中选择。有关 SEA 检查结果生产企业应保

留1年以上时间。

## (2) 具有弹性的管理政策

美国《空气清洁法》1990修正案后重要变化是管理政策的灵活性、实用性和有效性，逐步成为美国排放法规的特色之一。其基本出发点是从排放总量控制理念出发，不牺牲环境利益为前提，来平衡经济发展与环境保护。但过于灵活的管理政策使得管理程序和内容复杂化，同时需要更加严格谨密的监督机制来保证。

### (a) ABT制度

ABT（平均、存储、交易）制度在标准内容介绍中有过简单描述。其中平均指一个车型中不同系族之间可以交换信用值；存储指将产生并折扣后的信用值，可留待将来使用；交易指在不同生产企业间交易信用值。其具体操作方式如下：企业在进行认证期间，申明其发动机系族的排放限值，即FEL。在型年结束后，生产企业向EPA提交信用（Credit）报告，

$$\text{信用度 (Credit)} = \text{系族排放限值} \times \text{CF} \times \text{有效寿命} \times \text{产量} \times 10^{-6};$$

其中：CF为瞬态循环转换系数，即NRTC循环功/里程数。

EPA对生产企业上报的信用报告进行现场ABT审核。

随着ABT制度的实施，促进了清洁产品更早地进入市场，带来很好的环境收益，对标准期限通过信用制度进行灵活处理，促进标准实施进程；由于可灵活标准限值截止时间点，生产企业可以方便规划其生产计划，适度延长重要产品的生命期，新产品可通过交易信用来冲抵部分开发费用。

### (b) 小批量政策

对于小批量（Small Entity Flexibility）产品，标准中有明确规定，对其减免一些检查项目。系族认证也适用于小批量、延长对其的检查时间等。

## 4.3.7 基准燃油

在Tier1和Tier2阶段，EPA没有对非道路移动机械用柴油机用燃油中的硫含量做出具体规定，炼油工业中的硫含量最大为0.5%，实际使用过程中硫含量基本在0.3%。为了Tier3和Tier4阶段柴油机新技术的应用，EPA对燃油中的硫含量做出了规定，2007年6月开始，非道路用柴油机使用的柴油中硫含量不得超过500ppm，2010年6月开始，不同功率段非道路用柴油机陆续使用硫含量不得超过15ppm的柴油。

## 4.4 全球统一的非道路法规



#### 4.4.1 标准发展历程

全球统一的非道路法规是由联合国世界车辆法规协调论坛（UN/WP29）制定和发布。WP29 于 1998 年 6 月 25 日制订《关于对轮式车辆、可安装和/或用于轮式车辆的装备和部件制定全球性技术法规的协定》，该协定书简称为《1998 年协定书》，各缔约方以此协定书为法律框架，共同制修订全球统一的汽车技术法规。

中国于 2000 年签署该协定书，成为正式缔约方。我国作为《1998 年协定书》的正式缔约国，享有对全球统一汽车技术法规从立项到审查批准的全过程投票表决权，同时也有义务采用该技术法规，将其引入自身的汽车技术法规体系中。

全球统一的非道路移动机械（NRMM）排放法规，是第 11 号全球统一技术法规（Global technical regulation No. 11），于 2009 年 11 月 12 日颁布。该法规没有制定统一的排放限值要求，也没有统一的实施日期，只规定了排气污染物的测量方法，该方法直接与欧美第四阶段测量方法的要求相对应。

#### 4.4.2 适用范围

该法规适用于净功率不小于 19kW 且不大于 560kW 的农用车、拖拉机和非道路移动机械用柴油机。

#### 4.4.3 试验循环

该法规的试验循环除了欧盟的八工况、五工况和针对非恒定转速的柴油机瞬态试验循环外，对于稳态试验的发动机还可以选用快速过渡模式试验（见表 24、25）。

表 24 九工况快速过渡模式试验（非恒速发动机可选用）

状态	试验时间	转速	扭矩
	[s]		
1a 稳态	126	怠速（热）	0
1b 过渡	20	线性过渡	线性过渡
2a 稳态	159	中间转速	100
2b 过渡	20	中间转速	线性过渡
3a 稳态	160	中间转速	50
3b 过渡	20	中间转速	线性过渡
4a 稳态	162	中间转速	75
4b 过渡	20	线性过渡	线性过渡
5a 稳态	246	额定转速	100
5b 过渡	20	额定转速	线性过渡
6a 稳态	164	额定转速	10
6b 过渡	20	额定转速	线性过渡
7a 稳态	248	额定转速	75

7b 过渡	20	额定转速	线性过渡
8a 稳态	247	额定转速	50
8b 过渡	20	线性过渡	线性过渡
9 稳态	128	怠速（热）	0

表 25 五工况快速过渡模式试验（恒速发动机可选用）

状态	试验时间		转速	扭矩
	[s]			
1a 稳态	53		设定转速	100
1b 过渡	20		设定转速	线性过渡
2a 稳态	101		设定转速	10
2b 过渡	20		设定转速	线性过渡
3a 稳态	277		设定转速	75
3b 过渡	20		设定转速	线性过渡
4a 稳态	339		设定转速	25
4b 过渡	20		设定转速	线性过渡
5 稳态	350		设定转速	50

#### 4.4.4 基准燃油

因为不同国家的燃油技术参数存在不同，GTR No.11 标准中规定了三种可供选择的基准燃油，分别与欧盟、美国、日本的基准燃油相同，主要燃油参数见表 26。

表 26 GTR No.11 规定的基准燃油主要参数

	十六烷值		运动黏度 mm <sup>2</sup> /s		多环芳香烃 m/m		硫含量 mg/kg	
	最小	最大	最小	最大	最小	最大	最小	最大
欧盟	52	54	2.3	3.3	2.0	6.0		10
美国	40	50	2.0	3.2		35	7	15
日本	53	60	3.0	4.5		5.0		10

## 5 国内相关标准

### 5.1 三轮汽车和低速货车用柴油机排放标准

《三轮汽车和低速货车用柴油机排气污染物排放限值及测量方法》（GB19756-2005）适用于三轮汽车和低速货车装用的柴油机及其车辆。试验循环采用 13 工况循环，见表 27。型式核准与生产一致性检查采用不同的限值，见表 28、29。标准于 2006 年 1 月 1 日实施第 I 阶段，2007 年 1 月 1 日实施第 II 阶段。目前该标准第三阶段正在制定中。

中国是一个农业大国，很多的柴油机既可以用于三轮汽车和低速货车，又

使用于非道路机械，例如 1105、1115 等既可以用于三轮汽车也可以用于拖拉机，485、493 等机型既可以用于低速货车又可以应用于小型的工程机械，农业机械等。但是三轮汽车和低速货车的使用工况与非道路机械有很大的区别，反而更接近于车用柴油机，同时考虑到三轮汽车和低速货车又相对技术落后、技术升级难度大等特点，我们国家专门制定了 GB19756-2005 这个标准。

表 27 GB19756-2005 试验循环

工况号	柴油机试验转速	负荷百分比 L
1	怠速	—
2	中间转速	10
3	中间转速	25
4	中间转速	50
5	中间转速	75
6	中间转速	100
7	怠速	—
8	额定转速	100
9	额定转速	75
10	额定转速	50
11	额定转速	25
12	额定转速	10
13	怠速	—

表 28 型式核准试验排放限值 单位：g/（kWh）

实施阶段	一氧化碳 (CO)	碳氢化合物 (HC)	氮氧化物 (NO <sub>x</sub> )	颗粒物 (PM)
第 I 阶段	11.2	2.4	14.4	—
第 II 阶段	4.5	1.1	8.0	0.61

表 29 生产一致性检查试验排放限值 单位：g/（kWh）

实施阶段	一氧化碳 (CO)	碳氢化合物 (HC)	氮氧化物 (NO <sub>x</sub> )	颗粒物 (PM)
第 I 阶段	12.3	2.6	15.8	—
第 II 阶段	4.9	1.23	9.0	0.68

## 5.2 GB/T8190 系列标准

GB/T8190 等同采用 ISO8178 标准，ISO8178 标准作为一项国际通用试验准

则，为一系列标准，适用范围较宽，并且没有制订排放限值。

我国质量技术监督局于 1999 年发布的 GB/T8190.1-1999《往复式内燃机 排放测量 第 1 部分：气体和颗粒物的试验台测量》、GB/T8190.4-1999《往复式内燃机 排放测量 第 4 部分：不同发动机的试验循环》和 GB/T8190.2-1999《往复式内燃机 排放测量 第 2 部分：气体和颗粒排放物的现场测量》等标准中的技术要求，都适用于本标准。2003 年又陆续修订、发布了 GB/T8190 系列的其他标准，GB/T8190 系列标准等同采用了 ISO8178 系列标准。2010 年又对 GB/T8190 中 GB/T8190.1-1999 和 GB/T8190.4-1999 进行了修订，分别对应 GB/T8190.1-2010 和 GB/T8190.4-2010；同时制定了针对瞬态工况的 GB/T8190.9-2010 和 GB/T8190.10-2010，详细系列标准目录见表 30。

表 30 GB/T8190 系列标准目录

标准编号	标准名称	实施日期
GB/T8190.1-2010	往复式内燃机 排放测量 第 1 部分：气体和颗粒排放物的试验台测量	2011.03.01
GB/T8190.2-1999	往复式内燃机 排放测量 第 2 部分：气体和颗粒排放物的现场测量	2000.03.01
GB/T8190.3-2003	往复式内燃机 排放测量 第 3 部分：稳态工况排气烟度的定义和测量方法	2003.09.01
GB/T8190.4-2010	往复式内燃机 排放测量 第 4 部分：不同用途发动机的试验循环	2011.03.01
GB/T8190.5-2005	往复式内燃机排放测量第 5 部分：试验燃料	2006.01.01
GB/T8190.6-2006	往复式内燃机 排放测量 第 6 部分：测量结果和试验报告	2007.07.01
GB/T8190.7-2003	往复式内燃机 排放测量 第 7 部分：发动机系族的确定	2003.09.01
GB/T8190.8-2003	往复式内燃机 排放测量 第 8 部分：发动机系组的确定	2003.09.01
GB/T8190.9-2010	往复式内燃机 排放测量 第 9 部分：压燃式发动机瞬态工况排气烟度的试验台测量用试验循环和测试规程	2011.03.01
GB/T8190.10-2010	往复式内燃机 排放测量 第 10 部分：压燃式发动机瞬态工况排气烟度的现场测量用试验循环和测试规程	2011.03.01
GB/T8190.11-2009	往复式内燃机 排放测量 第 11 部分：非道路移动机械用发动机瞬态工况下气体和颗粒排放物的试验台测量	2009.11.01

### 5.3 中小功率柴油机排气污染物排放限值

1999年原机械工业部发布了机械行业标准JB8891-1999《中小功率柴油机排气污染物排放限值》。该标准是按 GB/T 8190.4-1999《往复式内燃机 排放测量 第4部分：不同用途发动机的试验循环》的有关规定，结合目前我国中小功率柴油机排放水平和控制技术，并参考了车用柴油机的欧I、欧II阶段排放规定而制定的。标准适用于缸径小于等于160mm的中小功率柴油机，车用发动机除外。该标准的颁布是我国第一部有关非道路柴油机的排放控制标准，为我国非道路柴油机的发展起到了引导的作用。

JB8891-1999没有根据功率段对发动机进行划分，所有机型排放限值都是一样的。2000年实施第1阶段排放限值，2002年实施第2阶段排放限值。第3阶段的实施时间一直没有确定，且其第3阶段的排放限值比GB20891-2007《非道路移动机械用柴油机排气污染物排放限值及测量方法》第II阶段的限值还要宽松。各阶段排放限值见表31。

表31 JB8891标准的排放限值

序号	实施日期	比排放 g/kWh			
		CO	HC	NO <sub>x</sub>	PM
1	2000年1月1日	12.3	2.6	15.8	/
2	2002年1月1日	8.4	2.1	10.8	/
3	待定	4.9	1.2	9.0	0.7

## 6 主要修订内容

### 6.1 原标准基本情况

#### 6.1.1 标准主要技术内容

《非道路移动机械用柴油机排气污染物排放限值及测量方法（中国I、II阶段）》（GB20891-2007）标准，修改采用了欧盟（EU）指令97/68/EC（截止到修订版2002/88/EC）《关于协调各成员国采取措施防治非道路移动机械用柴油机气态污染物和颗粒物排放的法律》的部分技术内容，于2007年10月1日正式开始实施。标准适用于非道路移动机械用功率小于560kW的柴油机；在公路上用于载人（货）的车辆装用的第二台发动机；额定净功率不超过37kW，用于船舶驱动的，可参考本标准执行。标准分两个阶段实施，实施时间从2007年10月1日实施第I阶段排放要求，2009年10月1日，实施第II阶段排放要求。试验方法根据柴油

机的不同用途使用ISO8178中不同的试验循环。恒速机使用五工况循环，非恒速机使用八工况循环，对于小于18kW的非恒速机可以选择使用六工况循环。

### 6.1.2 标准实施情况概述

《非道路移动机械用柴油机排气污染物排放限值及测量方法（中国I、II阶段）》标准发布和生效后，国家环境保护主管部门按照标准开始对非道路移动机械用柴油机进行环保型式核准，对于非道路移动机械的环保管理制度初步建立。据不完全统计，截至2011年6月30日，累计有国内企业93家（约占国内柴油机主要生产企业的94%），外企26家，进行了非道路移动机械用柴油机第II阶段的申报工作，其中，系族1073个，总机型8314个，源机1247个；按发动机技术配置来分，其中增压机型1283个，约占申报总数的15.4%，增压中冷机型3016个，约占总数的36.3%，自吸机型4013个，约占总数的48.3%。按照发动机缸数来分，多缸机7336个，占总数的88.8%，单缸机978个，占总数的11.2%。第一阶段的排放限值相对宽松，当时的大多数发动机能够达到标准要求；第二阶段的排放限值进一步加严，使发动机的排放控制技术有所提高。

## 6.2 增加的术语与定义

本标准的术语和定义参考了 GB 20891-2007《非道路移动机械用柴油机排气污染物排放限值及测量方法》，并根据标准需要对部分术语和定义进行了补充。

### 有效寿命 Useful life

由于本标准参考欧美标准增加了耐久性的技术要求，从而引进了有效寿命的概念，有效寿命即保证非道路移动机械用柴油机及其排放控制系统（如有）的正常运转并符合有关气态污染物和颗粒物排放限值，且已在型式核准时给予确认的使用时间。

## 6.3 加严了污染物的排放限值

本标准主要参考了欧盟指令 2004/26/EC 中的 IIIA 阶段的技术内容，19kW 以上机型污染物排放限值与欧盟阶段的限值要求相同。对于 19kW 以下机型，欧洲没有该功率段的排放标准可借鉴，本标准则参考了与美国排放法规 CFR 40 PART 89 Tier 2 阶段限值要求。本标准限值要求与我国第 II 阶段限值对比见表 32。

表 32 非道路第 II 和第 III 阶段限制比较

额定净功率 ( $P_{max}$ ) (kW)	CO (g/kWh)		THC (g/kWh)		NO <sub>x</sub> (g/kWh)		THC+NO <sub>x</sub> (g/kWh)		PM (g/kWh)	
	II	III	II	III	II	III	II	III	II	III
$130 \leq P_{max} \leq 560$	3.5	3.5	1.0	/	6.0	/	/	4.0	0.2	0.2
$75 \leq P_{max} < 130$	5.0	5.0	1.0	/	6.0	/	/	4.0	0.3	0.3
$37 \leq P_{max} < 75$	5.0	5.0	1.3	/	7.0	/	/	4.7	0.4	0.4
$19 \leq P_{max} < 37$	5.5	5.5	1.5	/	8.0	/	/	7.5	0.8	0.6
$8 \leq P_{max} < 19$	6.6	6.6	/	/	-	/	9.5	7.5	0.8	0.8
$P_{max} < 8$	8.0	8.0	/	/	/	/	10.5	7.5	1.0	0.8

从上表中我们可以看出：各功率段污染物的主要变化在 THC+NO<sub>x</sub>，THC+NO<sub>x</sub> 降低幅度约 30%-40%，CO 没有任何变化，PM 只有  $19 \leq P_{max} < 37$  和  $P_{max} < 8$  功率段有所降低，降低幅度分别为 25%和 20%。

我国 19kW 以下机型数量巨大，且排放水平低，污染物分担率占到了非道路用移动机械的 90%以上，需要重点控制。考虑到我国实际情况，针对 19kW 以下机型，由于欧洲没有该功率段的排放标准可借鉴，第一阶段修改采用了行业标准 JB8891-1999 限值要求，第二阶段参考美国第一阶段（CFR 40 PART 89 中 Tier 1）的限值要求（见表 33）而制订。本标准制订过程中，对于 19kW 以下柴油机，继续参考美国排放法规对限值进行加严，即与美国第二阶段（CFR 40 PART 89 Tier 2）限值要求相同，美国第三阶段没有对该功率段发动机限值进行加严。

表 33 中、美第 1、2 阶段限值及实施时间比较（功率 19kW 以下发动机）

阶段	美国								中国							
	Tier 1				Tier 2				第 I 阶段				第 II 阶段			
污染物	NO <sub>x</sub>	THC	CO	PM	NO <sub>x</sub>	THC	CO	PM	NO <sub>x</sub>	THC	CO	PM	NO <sub>x</sub>	THC	CO	PM
P<8	<b>10.5</b>		<b>8.0</b>	<b>1.0</b>	7.5	8.0	0.8		18.4	12.3	/		<b>10.5</b>		<b>8.0</b>	<b>1.0</b>
8≤P<19	<b>9.5</b>		<b>6.6</b>	<b>0.8</b>	7.5	6.6	0.8		12.9	8.4	/		<b>9.5</b>		<b>6.6</b>	<b>0.8</b>
实施 时间	2000				2005				2007.10.1				2009.10.1			

#### 6.4 增加了耐久性要求

耐久性要求，是发动机排放标准发展的必然趋势，目前重型柴油车、轻型柴油车都有耐久性的要求。通过耐久性要求，更好的保证车辆在更长的使用时间内，发动机的排放状况一直满足相关标准要求，有效避免了由于排放控制部件严重劣

化造成排放过高的现象，真正的保护了环境，并能提高企业对自己产品的质量要求，有利于行业的健康发展。因此，本标准增加了耐久性的要求。

对于功率大于19kW的发动机，本标准规定的耐久性要求参照欧盟排放指令2004/26/EC的耐久性要求提出；对于小于19kW以下的发动机的耐久性要求，参照美国排放法规CFR 40 PART 89的内容提出。详细要求见表34。

表34 耐久性时间要求

柴油机功率段 (kW)	转速	有效寿命 (h)	允许最短试验时间 (h)
$P_{\max} \geq 37$	任何转速	8000	2000
$19 \leq P_{\max} < 37$	非恒速	5000	1250
	恒速 < 3000		
	恒速 $\geq 3000$	3000	750
$P_{\max} < 19$	任何转速		

每台发动机在设计时，对其使用寿命也作了严格的设计，同时还有其第一次大修的时间的设定。编制组咨询了国内外大量发动机生产企业，企业认为发动机经过大修后，发动机的各项性能都可能会发生比较大的变化，各污染物的排放也可能会发生较大变化。目前，欧盟和美国的耐久性有效寿命的时间要求一致。

发动机排放耐久性和发动机的使用寿命没有直接的关系，一般来讲，随着发动机使用时间的加长，各个零部件会磨损或发生故障，排放性能会有一定程度的恶化。因此，发动机较好的使用寿命是其能够正常工作的基础。为了了解目前国内发动机的使用寿命情况，以分析发动机排放耐久性的达标可行性，编制组对国内发动机企业进行了调研，调研情况见表35。通过调研数据，发现国内大多数发动机的第一次大修时间均大于或等于规定的有效寿命时间。个别机型第一次大修时间短于我们规定的有效寿命，经与企业技术人员交流，通过改变发动机活塞、缸套、缸体的材质等，能够提高发动机的强度，延长使用寿命。

表35 国内部分发动机企业产品使用寿命调研表

功率段划分	生产企业	机型	额定功率 (kW) / 转速 (rpm)	主要用途	第一次大修时间 (h)
$19 \leq P \leq 37$ (非恒定转速非单缸机)	浙江新柴	A490BPG	36.8/2650	叉车	6000
		C490BT	30.9/2400	拖拉机	6000
	锡柴	4DW91	35/2300	收割机、挖掘机	8000



功率段划分	生产企业	机型	额定功率 (kW) /转速 (rpm)	主要用途	第一次大修时间 (h)
P>37kW	广西玉柴	YC6M	162/2200	50装载机、钻机	15000
	广西玉柴	YC6B	92/2200	30装载机、压路机、收割机	15000
	锡柴	CA6110	119/2200	收割机、挖掘机	8000
	上柴	D9-220	160/2200	装载机	8000
	上柴	D6114ZG6B	132/2000	压路机	8000
P≤37kW (恒定转速及单缸机)	慈溪三环	165F	2.67/2600	插秧机	2000-3000
	华源莱动	1115	14.7/2200	拖拉机	4000
	无锡开普	KDP15HE	4/3600	水泵	2000-3000
	潍柴华丰	K4102D	33-40/1500-1800	发电机组	3000

## 6.5 基准燃油的改变

非道路移动机械用柴油机第三阶段，排放技术水平基本等同于车用柴油机第三阶段，它们采用了很多相同的技术，例如高压共轨、电控 EGR 等，这些技术要求质量更好品质的燃油，例如燃油中杂质、硫含量等都需要大幅降低。

在我国，非道路柴油机使用的燃油，一般执行的是 GB 252《普通柴油》的标准，GB252-2011《普通柴油》标准规定了柴油十六烷值不小于 45，2013 年 7 月 1 日前燃油硫含量低于 2000ppm，2013 年 7 月 1 日后硫含量低于 350ppm。从欧美相应阶段排放标准来看，对燃油也提出了更高的要求，考虑到柴油机排放水平的进一步提高，参考欧美标准，结合 GB252-2011 标准的相关技术内容确定基准燃油的主要技术参数，见表 36。

表 36 基准燃油主要技术参数

参数	单位	限值		试验方法
		最小	最大	
十六烷值		46	50	GB/T 386
20℃下密度	kg/m <sup>3</sup>	825	840	GB/T 1884 和 GB/T 1885
多环芳香烃	%m/m	3	6	SH/T 0606
硫含量	mg/kg	—	350	GB/T 380

## 6.6 带含贵金属材料的后处理系统的要求

根据欧盟、美国实施同类技术水平排放标准的经验，满足本标准排放控制要求，技术上仍以机内净化为主，基本不需要加装排放后处理装置。但根据我国汽

车发动机排放标准的实施经验，也可能会有使用排放后处理装置的情况。为了确保企业在批量生产中选用与型式核准时相同的排放后处理装置，本标准参照我国最新的轻型汽车排放标准的规定，增加了对含贵金属材料的后处理系统进行检测的要求。

针对带有后处理系统的柴油机，在型式核准时应按照HJ 509-2009的规定检测其载体体积及各贵金属含量，测量结果与制造厂申报值的差异均应不超过±10%。且对后处理系统提出了生产一致性检查的要求，要求从装配线上或批量产品中随机抽取三套催化转化器，按照HJ 509的规定，对抽取的催化转化器检测其载体体积及各贵金属含量。

生产一致性的判定准则：

——若被测的三套催化转化器的载体体积及各贵金属含量的测量结果均不低于申报值的0.85倍，且其平均值不低于申报值的0.9倍，则判定催化转化器的生产一致性检查合格；

——若被测的三套催化转化器中有任一套的载体体积或某一贵金属含量的测量结果低于申报值的0.85倍，或其平均值低于申报值的0.9倍，则判定催化转化器的生产一致性检查不合格。

## 6.7 增加了非道路移动机械的要求

本标准在正文第10条中规定，自2016年1月1日起所有制造、进口和销售的非道路移动机械不得装用不符合本标准要求的柴油机。该条款的主要目的是考虑到柴油机停止销售后，非道路移动机械还需要一定的时间来生产、销售，因此，给予非道路移动机械企业一定的时间来消化这部分机械是科学合理的。另外，我国存在大量进口二手机械，如不加以控制，那这些机械对我国大气环境也将造成严重的污染，所以，标准规定了对于进口机械的要求，进口的含义，既包括进口的新机械，也包括二手机械。

## 7 本标准与欧美相关标准的差异

本标准修改采用欧盟97/68/EC修订版2004/26/EC指令IIIA阶段的技术要求和限值要求，但同时也与欧美相关标准存在一定差异。

### 7.1 控制范围的差异

本标准沿用了原标准的控制范围，与欧盟指令有所不同。2004/26/EC指令控制范围为19kW-560kW的非道路移动机械用发动机，同时还有轮轨、机车用柴油

机和船用柴油机。美国CFR PART 89控制范围为各个功率段非道路移动机械用柴油机，包括37kW以下的船机。本标准控制范围为0-560kW的非道路移动机械用柴油机。

## 7.2 实施时间的差异

本标准修改采用欧盟97/68/EC修订版2004/26/EC指令，其中19kW以上机型与2004/26/EC中IIIA阶段的限值要求相同，19kW以下机型与EPA CFR PART89 Tier2阶段的限值要求相同。考虑到GB252-2011《普通柴油》于2013年7月1日开始全面实施，全国将供应350ppm的柴油，并结合生产企业的技术准备时间，本标准实施时间拟定为2014年10月1日。另外，根据《重点区域大气污染防治“十二五”规划》（环发[2012]130号），重点区域将先于全国实施本标准，即自2013年12月31日起，在重点区域销售的非道路移动机械应装用符合本标准要求的柴油机。本标准与欧美同排放水平标准详细实施时间见表37。

表37 本标准与欧美同排放水平标准的实施时间对比

功率段	欧盟	美国	中国	
P<8	/	2005	2014.10.1	
8≤P<19	/	2005		
19≤P<37	2006.01.01	2004		
37≤P<75		2008		
75≤P<130		2007		
130≤P<225	2005.07.01	2006		
225≤P<450		2006		
450≤P<560		2006		
P≥560	/	2006		/

## 7.3 测量方法的差异

本标准试验方法沿用GB20891-2007标准中提供的三种试验循环，与欧盟相比较，增加了19kW以下非恒定转速柴油机可采用的六工况试验循环。三种试验循环与美国CFR PART 89的要求相同。

## 7.4 与其现行标准限值的差异

欧盟从2010年1月1日起，分功率段开始实施非道路法规2004/26/EC IIIB阶段的要求；美国从2008年开始实施非道路法规 40CFR PART 1039，标准规定至2014年为其Tier 3和Tier 4过渡时期；2014年后，开始实施Tier 4限值要求。本标准与欧洲标准比较见表38，从表中可以看出，欧洲目前实施的IIIB阶段，主要加严了颗粒物的要求，颗粒物限值较本标准严格90%。

表38 欧洲现行标准与本标准限值的比较 单位：g/kWh

国家或地区	功率段划分	CO	HC+NOX	PM
欧盟	37≤P<56	5.0	4.7	0.025
中国		5.0	4.7	0.4
欧盟	56≤P<75	5.0	0.19+3.3	0.025
中国		5.0	4.7	0.4
欧盟	75≤P<130	5.0	0.19+3.3	0.025
中国		5.0	4.0	0.3
欧盟	130≤P≤560	3.5	0.19+2.0	0.025
中国		3.5	4.0	0.2

本标准对发动机功率段的划分与欧盟标准一致，与美国现行标准功率段的划分略有差异，美国现行标准中各功率段发动机的限值如表39所示。其中，从56kW到560kW功率段的发动机NO<sub>x</sub>的排放限值为0.4g/kWh，较本标准NO<sub>x</sub>限值要求严格90%。

表39 Tier4 过渡时期排放限值 单位：g/kWh

功率 (kW)	实施日期	CO	NMHC	NMHC+NO <sub>x</sub>	NO <sub>x</sub>	PM
P<19	2008	6.6	/	7.5	/	0.40
19≤P<56	2013	5.0	/	4.7	/	0.030
56≤P<130	2012-2014	5.0	0.19	/	0.4	0.20
130≤P≤560	2011-2014	3.5	0.19	/	0.4	0.20
P>560	2011-2014	3.5	0.19	/	0.4	0.20

## 8 实施本标准的环境效益及经济技术分析

### 8.1 实施本标准的环境（减排）和社会效益

本标准生效实施后，非道路移动机械用柴油机的排气污染物排放水平进一步降低，单机各污染物减排量约在 20%-30%之间，预计每年非道路移动机械 NO<sub>x</sub> 将减排 20 万吨左右，颗粒物减排 3 万吨左右。

标准的实施会使得非道路移动机械用柴油机技术水平进一步提高，逐步向车用柴油机靠拢，进一步缩小我国非道路移动机械用柴油机排放控制体系与欧美的差距。同时，标准的实施，会引导企业调整产业结构，对产品进行升级换代，使得产品结构更加合理，推动整个柴油机行业技术进步。同时产品的升级换代，会带来良好的投资环境，吸引更多的企业进行投资，增加就业岗位，拉动经济增长。

### 8.2 燃油可行性分析

非道路移动机械用柴油机 III 阶段，排放技术水平基本等同于车用柴油机第 III 阶段，它们采用了很多相同的技术，例如高压共轨、电控 EGR 等，这些技术要求质量更好品质的燃油。燃油的有效供应是有效实施本标准的先决条件。

目前我国已经建立了比较完善的燃油标准体系，与柴油相关的国家标准见表40。根据 GB252-2011《普通柴油》标准规定，在2013年7月1日全国开始全面供应硫含量低于350ppm的柴油，届时已经具备了满足标准要求的市售燃油条件，本标准实施具有燃油可行性。

表 40 我国柴油标准

燃料名称	标准号	备注
普通柴油	GB252-2011	十六烷值 $\geq 45$ 、硫含量 $\leq 0.2\%$ (2013年6月30日前) 十六烷值 $\geq 45$ 、硫含量 $\leq 0.035\%$ (2013年7月1日开始)
车用柴油	GB 19147-2009	修改采用EN 590-1999, 2010年1月1日实施, 过渡期到2011年6月30日; 硫含量 $\leq 0.035\%$

### 8.3 发动机技术可行性及成本分析

从市场调研和部分试验的情况看，要达到本标准制订的Ⅲ阶段排放限值，发动机生产企业还有大量的工作要做，很多机型基本上要淘汰。在济南汽车检测中心试验室台架上，我们选择了一批能够满足本标准要求的机型和具备满足本标准潜力的机型进行了大量的摸底试验，下面分别介绍一下各功率段达标发动机的主要技术及成本。

#### 8.3.1 对于最大净功率 $130 \leq P_{\max} \leq 560 \text{kW}$ 的发动机

对于  $130 \leq P_{\max} \leq 560 \text{kW}$  的发动机，要满足本标准的排放限值要求，需要采用共轨、单体泵等车用机Ⅲ阶段的技术，传统的增压或增压中冷技术，已经不能满足本标准的要求。这类机型主要由车用发动机的企业提供，企业已经具有相对成熟的排放控制技术，技术不存在问题，对达到本标准的要求没有技术难度。虽然柴油机成本增加2000-5000元/台，约占总成本的10%-15%左右，但该部分机型利润大，能够在产品销售、产量增加等过程中慢慢消化吸收。

该功率段共测试了6台不同配置的发动机，从测试的结果看，基于本标准的排放限值，1#、2#机型都采用了机械泵、增压中冷技术， $\text{NO}_x + \text{THC}$ 超标，3#、4#、5#、6#机型全部为高压共轨、增压中冷机型，能够满足本标准的要求。数据统计见图8。

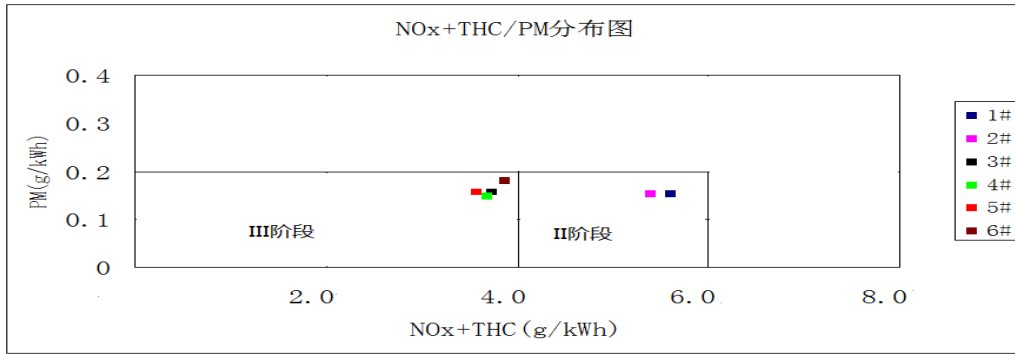


图8  $130 \leq P_{\max} \leq 560 \text{kW}$  发动机污染物测试数据

### 8.3.2 对于最大净功率 $37 \leq P_{\max} < 130 \text{kW}$ 的发动机

对于  $75 \leq P_{\max} < 130 \text{kW}$  和  $37 \leq P_{\max} < 75 \text{kW}$  功率段的发动机，主要为大、中型农机、叉车、挖掘机等配套，大部分机型采用自吸，个别机型采用增压或增压中冷，部分出口机型采用涡流室、增压或增压中冷。由于该功率段国内的主要农机企业努力开拓国外市场，为了满足国外排放标准的要求，发动机企业在排放控制上已经做了很多投入。

- (1) 对自然吸气机型进行改进，采用增压或增压中冷技术。增压器成本增加约1000元/台。
- (2) 部分增压机型排放情况接近标准限值要求的，可以通过调整提前角来达到要求，所带来的问题是油耗大约增加10%左右。
- (3) 对部分增压机型排放情况离限值差距较大的，可以通过采用中冷技术来解决，由于非道路工程机械发动机工作状况的特殊性，在工作的时候没有迎面风，所以一般情况下采用水-空中冷器，但水-空中冷器对改变  $\text{NO}_x$  的排放程度很有限，在有些情况下，非但不能降低排放，反而会稍微增加  $\text{NO}_x$  的排放量，这时采用强制风冷情况会好一些，但会消耗一部分发动机功率。水-空中冷器成本约增加1000~2000元/台。
- (4) 采用EGR技术，EGR机内净化措施成本约为600~800元/台。

$75 \leq P_{\max} < 130 \text{kW}$  功率段共测试了5台不同配置的发动机，从测试的结果看，基于本标准的排放限值，4#机型采用机械泵、增压技术，5#机型采用机械泵、增压中冷技术，其  $\text{NO}_x + \text{THC}$  超标。1#、2#机型采用增压中冷技术，3#机型为增压中冷、高压共轨技术。测试数据统计见图9。

$37 \leq P_{\max} < 75 \text{kW}$  功率段共测试了5台不同配置的发动机，从测试的结果看，基于本标准的排放限值，2#、3#机型为自吸、机械泵， $\text{NO}_x + \text{THC}$  超标，1#机型

采用机械泵、增压中冷技术，4#机型采用机械泵、增压技术，5#机型为自吸、涡流室。测试数据统计见图10。

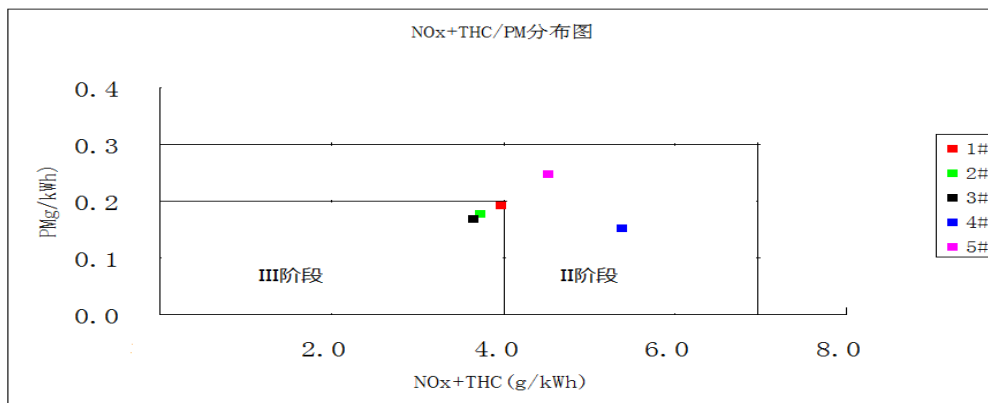


图9 75 ≤ P<sub>max</sub> < 130 kW 发动机污染物测试数据

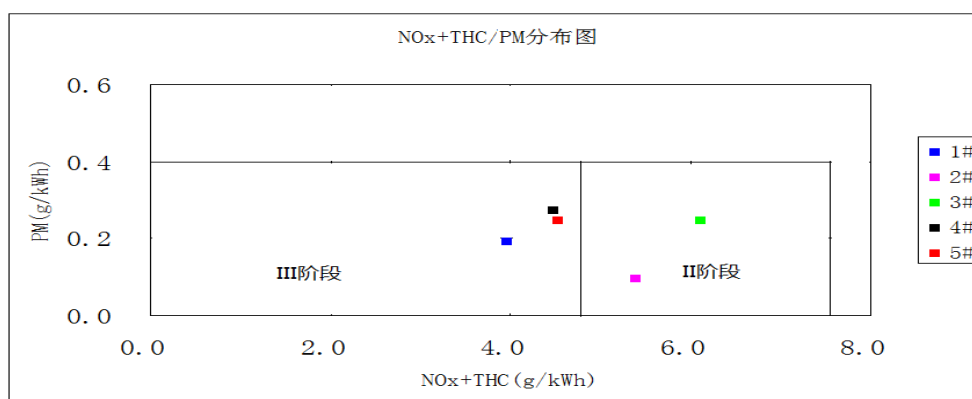


图10 37 ≤ P<sub>max</sub> ≤ 75 kW 发动机污染物测试数据

### 8.3.3 对于最大净功率 19 ≤ P<sub>max</sub> < 37 kW 的发动机

对于19 ≤ P<sub>max</sub> < 37 kW的发动机，主要为小型工程机械、小型农业机械和小型拖拉机等配套，GB20891-2007标准在制定的过程中，充分考虑了小功率柴油机的现状，采用了欧美第II阶段的排放限值，经过近几年的发展，我们已经具有了大量满足欧美第II阶段限制要求的机型。但该部分机型因为包含部分单缸机，由于技术应用的问题，满足标准要求难度很大，建议企业该功率段提升为小缸径多缸柴油机。

该功率段共测试了7台不同配置的多缸发动机，从普测的结果看，基于本标准的排放限值，1#、5#、6#、7#为机械泵、直喷机型，其中1#、5#NO<sub>x</sub>+THC超标。其余机型都是机械泵、自吸、涡流室。测试数据统计见图11。

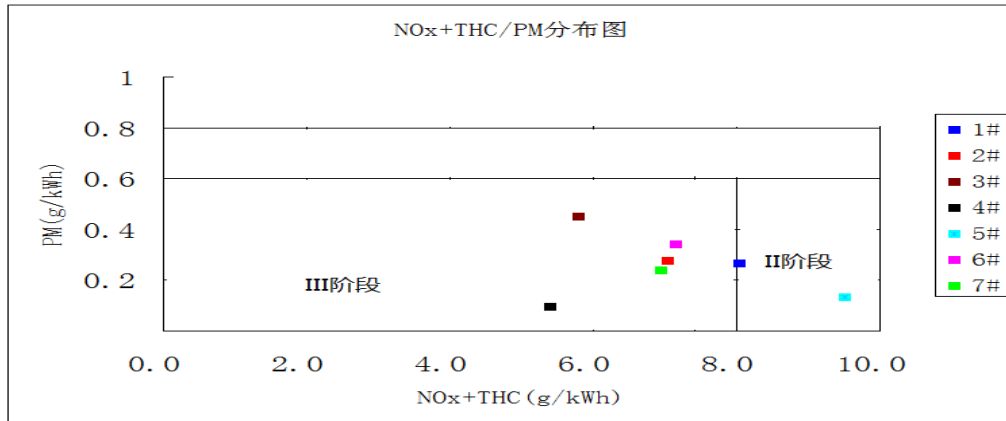


图 11 19≤P<sub>max</sub>≤37kW 发动机污染物测试数据

### 8.3.4 对于最大净功率 P<sub>max</sub><19kW 的发动机

对于8≤P<sub>max</sub><19kW 和0<P<sub>max</sub><8kW的发动机，该功率段发动机主要是为拖拉机、场院机械、水泵、空压机和农副产品加工机械配套的单缸发动机。功率段有部分出口机型，采用卧式、涡流室，高喷油压力、DOC等改进措施，排放情况较好，能够满足本标准的要求，但成本增加约20%-30%。

综上所述，我们认为针对各功率段机型，排放控制技术是可行的，成本的增加在可以接受的范围内。见表39。

表39 各功率段机型达标技术及成本增加

机型	采用技术	占整机成本比例
130≤P <sub>max</sub> ≤560kW	共轨，增压中冷、EGR等	10%-15%
75≤P <sub>max</sub> <130kW	增压中冷、EGR等	10%左右
19≤P <sub>max</sub> <37kW	提高油泵、油嘴喷油压力、涡流室、增压中冷等	10%-15%
P <sub>max</sub> <19kW	重新设计新机型、提高油泵、油嘴喷油压力、涡流室等	20%-30%

## 8.4 测试设备可行性分析

由于车用和非道路第 I、II 阶段排放标准已经实施多年，环保部定点委托的各个排放检测机构，如济南汽车检测中心、国家汽车质量监督检验中心（长春）、国家机动车质量监督检验中心（重庆）、国家机动车产品质量监督检验中心（上海）、中国汽车技术研究中心、国家汽车质量监督检验中心（襄樊）等都有完善的排放测量设备，如 560kW 以下的测功机，测量颗粒物的部分流系统和测量气体排放的系统等。



近年来企业不断意识到产品研发的重要性，纷纷加大了对研发设备的投入，很多企业都有自己的排放检测设备。

---

## 参考资料

【1】 邵仁恩等。中国内燃机工业协会下属有关分会（或行业）情况交流。中国内燃机工业年鉴 2007、2008、2009、2010。

【2】 中国环境科学院。环境污染物排放关键技术标准研制课题总研究报告。2011 年 1 月 11 日。

【3】 李宏宝。工程机械协会挖掘机分会统计数据。2011 年 3 月 6 日。

【4】 袁盈。第四届空气质量管理国际研究会资料。2008 年 11 月 7 日。

【5】 王世龙。《环境污染物排放关键技术标准研制》课题总研究报告。2011 年 1 月 11 日。

【6】 倪红。美国发动机环保法规认证管理概述，国内外机动车环保法规研讨会会议资料，2007 年 12 月 22 日。