

附件 3

《非道路柴油机械烟度排放标准 (征求意见稿)》编制说明

标准编制组

2017 年 9 月

目 录

1 项目背景.....	21
1.1 任务来源.....	21
1.2 工作过程.....	21
2 行业概况.....	22
2.1 我国非道路移动机械生产现状.....	22
2.2 我国非道路柴油机行业现状.....	25
2.3 燃油消耗量情况.....	32
2.4 进口二手机械情况.....	34
3 标准制（修）订的必要性分析.....	34
3.1 国家及环保主管部门的相关要求.....	34
3.2 行业发展带来的主要环境问题.....	35
3.3 现行环保标准实施状况及存在的主要问题.....	36
4 主要国家、地区及国际组织相关标准研究.....	36
4.1 美国 EPA 法规.....	36
4.2 欧盟标准.....	39
4.3 日本标准.....	41
5 国内相关标准研究.....	41
5.1 与非道路柴油机械有关的国家排放标准.....	41
5.2 与非道路柴油机械有关的地方排放标准.....	43
6 标准制（修）订的基本原则和技术路线.....	46
6.1 本次制（修）订标准的基本思路和方法.....	46
6.2 标准制（修）订的主要技术依据.....	46
7 标准主要技术内容.....	46
7.1 标准适用范围.....	46
7.2 标准结构框架.....	47
7.3 主要技术内容及其制定依据.....	47
7.4 标准限值的制定和初步验证.....	48
7.5 本标准与所参考借鉴的国家、地区或国际组织标准的差别.....	53
8 实施本标准的环境效益、经济成本和技术可行性分析.....	53
8.1 环境效益分析.....	53
8.2 检测设备经济性分析.....	55
8.3 用户的经济性分析.....	55
9 参考资料.....	55

1 项目背景

1.1 任务来源

本项目来源为环境保护部标准编制计划“非道路移动机械烟度排放标准”，项目统一编号：262。

本项目的承担单位为北京理工大学、济南汽车检测中心。

1.2 工作过程

标准编制组先后走访了有关行业协会、非道路柴油机和整机生产企业，特别是企业售后服务部门，了解了非道路柴油机的配套和使用情况、行业的技术和发展状况、排放标准的实施情况；查阅了欧盟、美国、日本等关于非道路柴油机械排放法规标准，特别是烟度排放标准；在北京、深圳、山西等地分别选取了部分工程机械和农业机械进行烟度普测验证试验。

2017年4月12日，环境保护部大气环境管理司组织专家，听取了标准起草单位所作的标准开题论证报告和标准初稿内容介绍，经质询、讨论，形成以下论证意见：

(1) 标准起草单位提供的材料齐全、技术内容完整。

(2) 标准起草单位调研了非道路柴油机械行业状况、污染物排放状况和相关标准实施情况，深入研究了国内外相关法规标准，并开展了相关的试验研究。开展的调查和研究工作深入、全面，符合标准制修订的开题要求。

(3) 编制标准的技术路线合理，具备可行性。

专家组通过该标准的开题论证，提出具体修改意见和建议如下：

(1) 标准名称修改为《非道路柴油机械烟度排放标准》；

(2) 单独对单缸柴油机械进一步研究；

(3) 研究非道路柴油机械出厂检测的可行性。

标准起草单位依据专家组提出的具体修改意见和建议，深入研究了非道路柴油机械烟度排放状况，并进一步对单缸柴油机械的应用现状和烟度排放状况进行了调研，制定了非道路柴油机械烟度排放标准，包括排放限值和测量方法。

2017年7月25日，环境保护部大气环境管理司组织专家，召开了征求意见稿技术审查会，听取标准主编单位所作的标准文本和编制说明内容介绍，经质询、

讨论,专家组通过该标准征求意见稿的技术审查。提出具体修改意见和建议如下:

- (1) 增加关于非道路柴油机械林格曼烟度法的附录;
- (2) 删除自由加速法;
- (3) 进一步明确达标判定规则。

标准起草单位依据专家组提出的具体修改意见和建议,对标准文本进行了修改和完善,形成了非道路柴油机械烟度排放标准征求意见稿及编制说明。

2 行业概况

2.1 我国非道路移动机械生产现状

我国非道路移动机械种类繁多,主要包括工程机械、农业机械、工业机械、林业机械、矿山机械、船舶、内燃机车等,本标准的应用范围不包括船舶和内燃机车。

虽然本标准包括的非道路移动机械范围十分广泛,但重点管理范围是工程机械和农业机械,因此本节重点对使用量比较大的工程机械和农业机械的生产现状和保有量现状进行论述。

2.1.1 工程机械现状

2016年,国内基建项目不断规划实施,与之密切相关的工程机械设备需求逐步攀升,工程机械行业众多产品的产销量再次开启上涨之势。据中国工程机械工业协会统计数据,2016年工程机械行业9类主要产品全年累计销售54.46万台,同比增长10.2%。除装载机、随车起重机销量同比下滑外,其余7类主要工程机械产品均实现增长。其中,平地机、挖掘机、压路机、工业车辆、推土机等5类主要产品呈现两位数以上增长,平地机、挖掘机销量增幅达到20%左右。截至2016年底,中国工程机械主要产品保有量约为673~705万台,其中液压挖掘机151.5~165.0万台,73.5 kW以上推土机7.3~7.9万台,装载机171.4~189.4万台,平地机3.9~4.1万台,摊铺机2.0~2.1万台,压路机11.8~12.8万台,轮式起重机21.7~23.5万台,塔式起重机42.5~46.0万台,叉车208.5~225.8万台,混凝土搅拌运输车32.1~34.8万台,混凝土泵车6.1~6.6万台,混凝土搅拌站5.7~6.2万台。而在2000年以前,全国主要种类工程机械的年销售量仅为4.8万台左右,保有量约为58万台。2000年到2016年工程机械主要产品的估计保有量见图2.1。

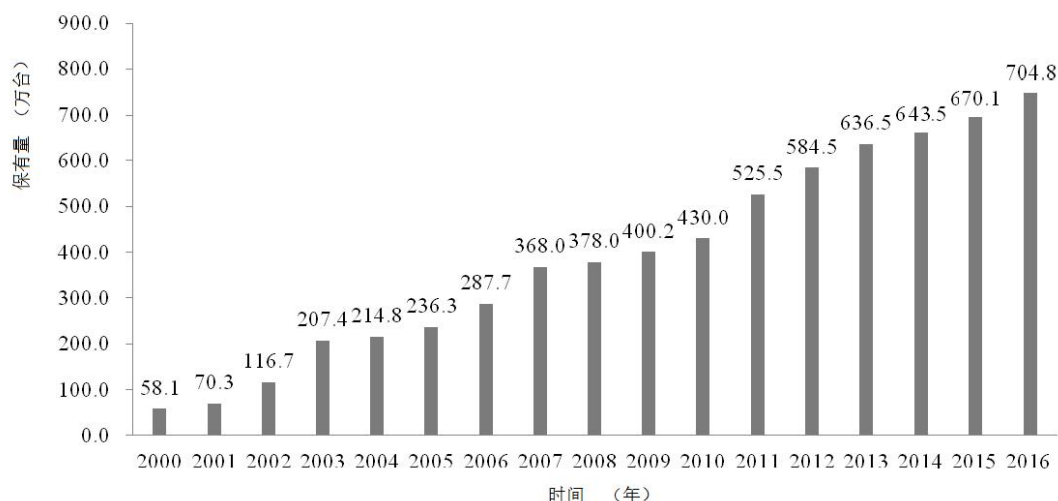


图 2.1 历年来工程机械保有量 (万台)

从 2000 年至 2011 年，工程机械的销售量逐年增长，2012 年销售量为 63.4 万台，低于 2011 年，仅为 2011 年全国主要种类工程机械销售量的 78.2 %。其中挖掘机、装载机、推土机、压路机和摊铺机的销量明显下降，下降幅度分别为 32.6 %、29.9 %、22.5 %、38.0 %和 35.6 %。2013 年至 2015 年全国主要种类工程机械销售量增长趋缓，全国主要种类工程机械保有量仍呈持续增加势头。2016 年国家基建项目不断加大投入，工程机械行业产销量再次开启上涨之势。

工程机械设备的淘汰周期一般在 8~10 年，从 2007-2011 年行业高峰期至今，大量工程机械设备面临报废和更新换代的需求。截至目前，工程机械保有量为 700 多万台，而老旧设备占比超过 1/3，约有 240 万台左右面临淘汰。工程机械成为影响空气质量的重要污染源之一。

2.1.2 农业机械现状

农业机械主要指在农作物种植和畜牧业生产过程中，以及农、畜产品初加工和处理过程中使用的各种机械。农业机械主要包括农用动力机械、土壤耕作机械、农田建设机械、农田排灌机械、植物保护机械、作物收获机械、种植和施肥机械、畜牧业机械、农产品加工机械和农业运输机械等。我国是传统农业大国，国家财政对农业投入逐年增加，我国农业机械保有量和总功率快速增长。我国农业机械保有量巨大，但其排放控制水平落后，导致农业机械成为影响空气质量的重要污染源。

依据中国农业机械工业协会统计数据，我国农业机械总动力由 2003 年的

60386 万千瓦增加至 2015 年的 110000 万千瓦，年复合增长率平均约 5%（见表 2.1）。

表 2.1 2003~2015 年中国农业机械总动力及增速统计

年度	农业机械总动力（万千瓦）	占比
2003 年	60386.54	——
2004 年	64027.91	6.0%
2005 年	68397.85	6.8%
2006 年	72522.12	6.0%
2007 年	76589.56	5.6%
2008 年	82190.41	7.3%
2009 年	87496.1	6.5%
2010 年	92780.48	6.0%
2011 年	97734.66	5.3%
2012 年	102559	4.9%
2013 年	103906.8	1.3%
2014 年	107600.0	3.55%
2015 年	109734.0	2.20%

2015 年，我国农机化仍保持良好发展态势，农机工业利润率逆势增长，实现了“十二五”圆满收官。主要农作物机械化水平达到 63%，超过“十二五”规划目标 3 个百分点。全国农机装备结构显著优化，农机总动力接近 11 亿千瓦，大中型拖拉机、联合收获机、插秧机保有量分别是“十一五”末的 1.53 倍、1.75 倍和 2.1 倍，小型拖拉机占比持续下降，粮食生产环节高性能机具占比持续提高。

2016 年，我国国内主要农机产品产量有升有降，拖拉机和收获机等继续下降，农副产品加工机械等有较大增长。据国家统计局统计，全年生产大型拖拉机 62979 台，下降 18.92%；生产中型拖拉机 566914 台，下降 6.59%；生产小型拖拉机 1355299 台，下降 2.85%；玉米收获机生产 95033 台，下降 24.17%；饲料收获机械产量增长 5.02%；零部件产量增长 6.26%；农副食品加工机械产量增长 11.98%。2016 年，新产品对稳定增长发挥了积极的作用。粮食烘干机生产 1.4 万台，增长超过 30%；压捆机产值增长 11.60%；青贮饲料收获机等增长也比较快。

据中国农业机械工业协会统计，行业骨干企业拖拉机产量折合标准台下降

9.0%。其中小四轮拖拉机产量下降 15.58%；手扶拖拉机产量下降 16.55%；大中型拖拉机产量下降 7.25%。拖拉机产量下降的同时，马力段进一步上升，增长最快的依然是大马力拖拉机，2016 年 150 马力大型拖拉机增速最快，为农业生产方式转变提供强有力的支持。

据中国农业机械工业协会统计，行业骨干企业自走轮式谷物收获机生产 4.6 万台，比上年减少了 11.12%。2016 年，骨干企业生产玉米联合收获机 4.1 万台，下降了 43.54%，销售玉米联合收获机 5.9 万台，同比下降了 13.78%。水田机械产量有比较明显的增长。2016 年，骨干企业生产履带式水稻收获机 10.56 万台，增长 29.58%。

根据《中国农业机械工业年鉴》统计分类，将农业机械分为拖拉机、农用运输车、联合收割机、农业排灌机、耕整机、渔业机械、农产品初加工机械、农田基本建设机械，以及其他机械等 9 大类，每种类型分为不同的小类别，共计 38 小类。

根据统计数据，拖拉机、联合收割机是农业机械保有量中功率分布最大的两类农用机械，根据《中国农业机械年鉴》统计，我国 38 类农业机械柴油机功率分布见图 2.2，单台平均功率超过 30 kW 的分别是大中型拖拉机、联合收割机。

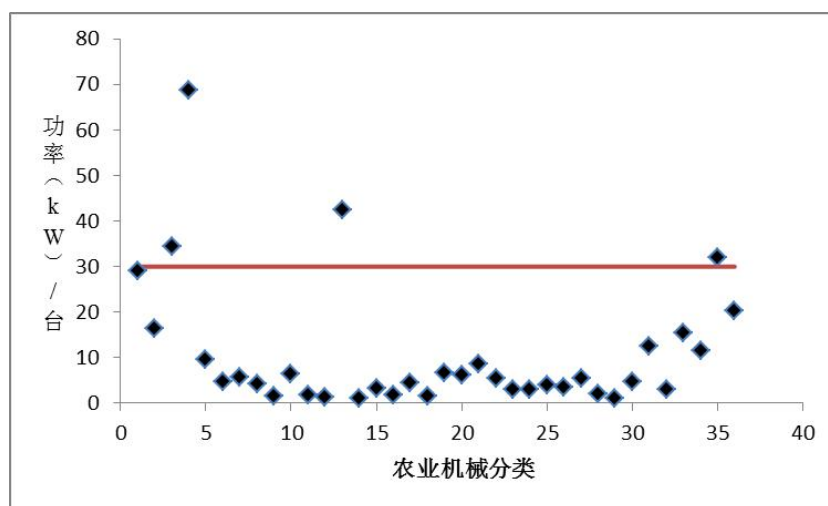


图 2.2 我国农业机械用柴油机功率分布

2.2 我国非道路柴油机行业现状

根据中国内燃机工业协会《中国内燃机工业销售月报》重点企业数据显示，2015 年 1~12 月，我国柴油机行业整体销量超过 258 万台，同比下降 17%。除

少数企业和少数机型外，4缸柴油机销量均有所下降。

我国是世界上单缸柴油机的生产和使用大国，单缸柴油机作为我国内燃机行业的一大特色，年产销量 600 万台左右，占世界各国总和约 75%，其中出口境外约 200 万台，在国内配套的社会累计保有量约达 4200 万台。在相当长的时期内，单缸柴油机是小型移动机械、小型固定机组、小型运输机械、小型船舶配套的首选动力。

多缸小型柴油机同样是中国特色之一，多缸小型柴油机涵盖了≤4缸的柴油机，其配套领域是汽车（轻微型商用车、轿车和交叉型用车（微客）等乘用车、低速汽车）、拖拉机（大、中型）、工程机械（中、小型）、联合收割机、排灌等工程农机，以及与中小功率的工业、船舶、发电动力单元配套，是道路与非道路、移动与相对固定机械的动力源，是相当长时期内这些动力装置的首选动力。盘点 2014 年和 2015 年多缸小柴油机行业，产销不降反升，且份额增幅明显。

2016 年，内燃机销售在数量方面全年累计完成销量 5426.46 万台，同比下降 4.10%；功率方面，累计完成功率 243820.03 万千瓦，同比增长 14.19%；分燃料类型来看，累计完成柴油机销售 495.34 万台，同比下降 21.80%。2016 年，全年累计完成汽油机销售 4930.88 万台，同比下降 1.86%。

从非道路柴油机行业配套市场现状来看，截至 2016 年底，工程用内燃机累计销量良好，工程机械用内燃机累计销售 47.17 万台，同比增长 11.73%；农用机械用内燃机销售 346.54 万台，同比下降 34.34%；船用内燃机销售 2.45 万台，同比下降 43.45%；发电机组用内燃机销售 167.77 万台，同比下降 7.25%；园林机械用内燃机累计销售 335.66 万台，同比下降 4.21%。非道路移动机械用柴油机应用领域广阔，是当前不可替代的移动机械领域配套动力，在国民经济中占有重要的地位。

近几年来非道路用柴油机年产量保持在 400 万台以上，主要应用于农业机械、工程机械等领域，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，在此不作过多介绍。

2.2.1 单缸柴油机

我国单缸柴油机以 8.8 kW 为界，分为 S 系列和 R 系列，通常我们说的大功

率单缸柴油机一般指 S 系列，小功率为 R 系列。S 系列主要是指功率在 8.8 kW 以上的单缸柴油机，缸径在 95 mm~135 mm，主要为卧式、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机械、水泵、场地作业、发电、灌溉、消防等。R 系列主要指 8.8 kW 以下的单缸机，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。

我国单缸机主要生产企业稳定在 50 家左右，占单缸柴油机总产量的 99% 以上。近几年单缸机企业产销量情况见表 2.2。我国单缸机市场在 2010 年达到顶峰，2011 年开始出现下滑，从高峰期的 860 多万台到 2015 年的 400 多万台。

表 2.2 我国单缸柴油机年产销量（2009-2015 年）（单位：万台）

年份	2009		2010		2011		2012		2013		2014		2015	
	产 量	销 量	产 量	销 量	产 量	销 量	产 量	销 量	产 量	销 量	产 量	销 量	产 量	销 量
产销量情况	778	776	865	862	850	832	700	697	617	613	550	550	480	480
销量增幅 /%	17.09		11.17		-3.48		-16.25		-12.05		-10.28		-12	

单缸柴油机主要配套非道路用的小型动力机械，也是低等级道路、短途运输机械的首选动力。在节能减排法规的要求下，产品必然要经历转型升级，电控单体泵、EGR 等技术已经开始在单缸机上应用。

我国单缸柴油机无论保有量还是年产量在世界上均独占鳌头，单缸机之所以在我国能发展如此之快，成为农村各种配套机械首选动力，就是因为单缸机配套的农业机械的水平、质量相对适宜，价格低廉，适合我国目前农民购买力相对较低的国情，而且我国南方丘陵山区面积广袤，需要大量的单缸机配套的小型农机具。

单缸柴油机缸径范围一般在 60~125 mm，功率范围 1.47~22kW，转速范围 2000~3600 r/min，水冷和风冷，卧式和立式各种型号。由图 2.2 所示的我国农业机械用柴油机功率分布可看出，大部分主流机型的功率在 19kW 以下。

美国是控制排放最严的国家，最早提出控制非道路用柴油机排放。我国单缸柴油机产量最大，按功率计算占总产量近 40%。因此，从保护环境角度出发，对全功率段提出排放限值要求是非常必要的。但由于我国起步较晚，以 2009 年 10 月执行第 II 阶段限值为例，与美国 2000 年开始执行的第 I 阶段限值是相同的，

两者相差 10 年。

2.2.2 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，还是大、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、增压中冷等技术和自然吸气等技术并存的局面，小缸径多缸柴油机近几年销量情况见表 2.3。

表 2.3 我国小缸径多缸柴油机年销量（2008-2015 年）（单位：万台）

年份	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
销量情况	205	297.8	334.6	329.9	318.6	331.4	279.6	290
销量增幅/%	-3.9	45.3	12.36	-1.4	-3.4	4.0	-15.6	3.6

依据 2015 年内燃机产销量统计，2015 年我国小缸径多缸柴油机总产量为 290 万台，其中，75%以上配套于车用（含低速汽车），其余配套于工程农机等领域。

从国外排放法规看，由于小功率柴油机多为单缸或两缸柴油机，小功率柴油机受结构、成本及用途等因素限制，降低排放的一些先进技术（如增压、EGR、电控等）难以应用。特别是单缸柴油机对较低要求的排放限值能通过机内净化解决，而较高要求的排放限值也只能以机内净化为主，通过排气后处理（如氧化型催化器）解决。因此，针对小功率柴油机的排放法规限值要求相对较松，如美国非道路法规目前已经经历 Tier1、Tier2、Tier3、Tier4A 和 Tier4B 几个阶段，而 19kW 以下的柴油机排放法规限值相对较大；欧盟第 III 阶段有 A，B，C 不同限值，对 37kW 以下的柴油机排放限值也仅为一个限值，且限值较大。这说明，针对小功率柴油机应单独考虑排放限值要求。

2.2.3 中等缸径多缸柴油机

中等缸径多缸柴油机指缸径在 100~160 mm 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。生产企业以大型企业为主（以车用柴油机生产企业为主），这类企业已经具有相对成熟的排放控制技术。由于车用柴油机产量大，大批量生产使增压器、P 型喷油泵、喷嘴等配套零部件保持在一个相对较低的价格，该系列机型技术集中程度高、利润大，车用柴油机“国二”、“国三”排放控制技术水平对非道路柴油机进行“移植”就可以稳定达到非道路二阶段、三

阶段的排放水平，再加上开发难度和费用压力小等综合因素，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 90~100 MPa 的 P 型喷油泵等相应排放阶段的先进技术，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。2014 年，有 7 家企业的年产量均超过 5 万台，详见表 2.4。

表 2.4 2014 年中等缸径柴油机年产超 5 万台企业情况（单位：万台）

序号	企业名称	总产量
1	企业1	67.1
2	企业2	57.0
3	企业3	34.7
4	企业4	16.8
5	企业5	6.5
6	企业6	7.4
7	企业7	5.1
合计		194.6

2.2.4 非道路柴油机配套情况

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。

根据中国工程机械工业协会统计，自 2011 年至 2015 年我国工程机械产销量持续下降。2011~2015 年国内工程机械主要产品销量参见表 2.5。

表2.5 2011~2015年 我国工程机械销量统计

产品类别	单位	2011 年	2012 年	2013 年	2014 年	2015 年
挖掘机	销量（台）	193891	130624	126296	103227	56350
	同比（%）	8.1	-32.6	-3.3	-18.2	-37.7
装载机	销量（台）	258901	181522	188405	156272	73581
	同比（%）	13.4	-29.9	3.8	-17	-51.1
平地机	销量（台）	5259	4347	4017	3662	2620
	同比（%）	16.1	-17.3	-7.6	-8.8	-28.5
100 马力以上推土机	销量（台）	13115	10169	9561	7742	3682
	同比（%）	-5.7	-22.5	-6	-19	-51.0

压路机	销量(台)	22217	13782	15726	14270	10388
	同比(%)	-15.5	-38	14.1	-9.3	-27.2
摊铺机	销量(台)	3386	2179	2066	1737	1804
	同比(%)	12.1	-35.6	-5.2	-15.9	3.86
轮式起重机	销量(台)	35455	23073	17889	14096	9327
	同比(%)	0.9	-34.9	-22.5	-21.2	-33.8
塔式起重机	销量(台)	53000	49804	63684	50657	30000
	同比(%)	22.1	-0.6	27.9	-20.5	-40.8
叉车	销量(台)	313847	291333	328764	359622	327626
	同比(%)	35.1	-7.2	12.8	9.4	-8.90
混凝土泵	销量(台)	10762	11246	6992	5040	3600
	同比(%)	54.6	4.5	-37.8	-27.9	-28.6
混凝土搅拌站	销量(台)	6897	7075	7740	5170	3700
	同比(%)	15.4	2.6	9.4	-33.2	-28.4
混凝土搅拌车	销量(台)	46370	44646	45799	44329	32000
	同比(%)	31	-3.7	2.6	-3.2	-27.8
混凝土泵车	销量(台)	12030	10866	7966	5700	4000
	同比(%)	51.1	-9.7	-26.7	-28.4	-29.8

2011-2015年国内市场工程机械主要产品预测实际需求量见表2.6。从表2.5、2.6可以看出，自2011年至2015年我国工程机械产销量与有关预测需求量有所差异，除个别产品外持续处于下降趋势。

表 2.6 2011-2015 年国内市场工程机械主要产品实际需求量（单位：台）

年份	2011	2012	2013	2014	2015
挖掘机	217201	129690	126478	10804	53082
100 马力（1 马力=746W）以上 推土机	9305	5808	5187	3991	1825
装载机	221052	137087	143274	116158	43493
摊铺机	3155	1498	1647	1304	1580
叉车	240773	202378	225597	236696	303316
压路机	10198	10601	10804	9682	9230
轮式起重机	31900	17695	12006	8858	5940
塔式起重机	50771	47464	60755	46744	16729
混凝土搅拌车	43391	39929	41082	38657	25519
混凝土拖泵	8513	8753	5459	3606	1590
混凝土泵车	0	0	7515	5135	3324

2016年，工程机械主要产品实际需求量增长，工程机械行业9类主要产品产销量同比增长10.2%。除装载机、随车起重机销量同比下滑外，其余7类主要

工程机械产品均实现增长。其中，平地机、挖掘机、压路机、工业车辆、推土机等 5 类主要产品呈现两位数以上增长，平地机、挖掘机销量增幅达到 20%左右。

在全球农机产值持续下滑，今年产值有可能下降超过 10%的背景下，中国成为少数能保持增长且趋势向好的国家。目前，全国农业机械总动力达 10.76 亿千瓦，农机化水平达到 61%以上。据内燃机协会统计，我国约有近 170 家拖拉机生产企业，排行前 10 名的拖拉机品牌总销量占全国拖拉机市场销量的 68%。

目前，我国国内拖拉机保有量巨大，市场于多年前即已接近饱和。一项研究结论显示，全国各区域每公顷耕地上至少都有 1 千瓦的拖拉机动力，拖拉机的利用率十分低下，没有一个区域每千瓦动力完成耕地面积达到 0.5 公顷。从机耕率分析，2013 年我国机耕率已达到 76%，2014 年机耕率已直逼 78%，这个数据意味着在我国可机耕的范围内，已经基本实现耕作机械化。由此，我们可以得出这样的结论：市场需求主要来自于由结构性调整带来的更新。随着土地流转以及购机补贴政策的引导，终端客户构成发生明显的变化，以合作社、农机大户、种植大户为代表的大客户比重明显上升。由此决定了客户需求快速升级，小拖发展至中拖，水田作业马力升级至 70~90 马力，中原区域客户向 120 马力、四驱机型发展。这些变化进一步诠释了我国未来拖拉机市场需求的新变化。产品需求结构进一步升级，100 马力及以上大拖将实现两位数增长。小型拖拉机市场在 2014 年即出现了较大幅度的下滑（小拖销售同比下降 12.24%），因此受整体环境的影响，2015 年变化不大，达到 175 万台。2015 年，100 马力以上大型拖拉机市场产销量达到 6 万台左右。2016 年 2~12 月，中国大型拖拉机累计产量 62979 台，产量数据表如下表 2.7 所示：

表 2.7 2016 年 1~12 月全国大型拖拉机产量统计表

月份	大型拖拉机产量 当期值（台）	大型拖拉机产量 累计值（台）	大型拖拉机产量 同比增长（%）	大型拖拉机产量 累计增长（%）
2016 年 12 月	3246	62979	-21.8	-18.9
2016 年 11 月	2602	59733	-9.9	-18.8
2016 年 10 月	2980	57131	-33.7	-19.1
2016 年 9 月	7236	54151	-12.3	-18.1
2016 年 8 月	7416	46915	-26.1	-19
2016 年 7 月	5969	39499	-35.8	-17.5
2016 年 6 月	3977	33505	-40.6	-15.1

2016年5月	4433	29528	-45.1	-9
2016年4月	7478	25095	-15	2.1
2016年3月	7916	17396	-3.8	8.4
2016年2月	-	9476	-	21.5

我国华北地区农用机械总动力达到 17699.7 万千瓦。其中农用大中型拖拉机保有量为 91.33 万台，小型拖拉机保有量为 226.62 万台。我国华北地区农机保有量分省市统计数据见表 2.8。

表 2.8 我国华北地区农机保有量分省市统计

地区	农用机械总动力（万千瓦）	农用大中型拖拉机		小型拖拉机		农用排灌柴油机
		数量	配套农具	数量	配套农具	数量
		（台）	（部）	（台）	（部）	（台）
北京	241.1	7400	13500	7300	7200	2000
天津	568.1	15000	21900	23100	37700	38300
河北	10553.8	213700	409700	1462700	1954600	1052800
山西	3056.1	97800	200500	333800	462400	26700
内蒙古	3280.6	579400	939200	439300	895400	205700

2014 年功率小于 560 kW 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 2.5。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 2014 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。随着国家加大基础设施建设投入，内燃发电机组行业需求也呈增长态势。表 2.9 所示为 2014 年我国发电机组行业产品销售情况。

表 2.9 2014 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

2.3 燃油消耗量情况

随着全球工业化的发展以及城市化进程的加快，能源短缺已经成为世界各国都面临的问题，我国是能源消耗大国之一。近年来，随着我国移动机械保有量的节节攀升，对汽、柴油的需求量也越来越大。图 2.3 是历年来我国汽、柴油消费量。从图中可以看出，从 2000 年开始，我国汽油、柴油的消费量逐年上升，其年均增长率分别达到了 7.4 %和 8.0 %。以 2012 年为例，全国汽油消耗量约为 8140 万吨，柴油的消耗量接近 17000 万吨，两者总和达到 25000 万吨。自 2013 年开始，全国汽油消耗量每年以年均增长率超 10%的速度增长，至 2015 年全国汽油消耗量达到 11543.15 万吨，而柴油的消耗量接近不变，为 17364.56 万吨。至 2016 年，与 2015 年相比，原油产量 19771 万吨，同比下降 7.3%；原油加工量 52372 万吨，同比增长 9.4%，成品油产量 32372 万吨，同比增长 7.8%；成品油消费量 28948 万吨，同比增长 5.0%，其中汽油同比增长 12.3%，达到 13962.96 万吨；而柴油同比下降 1.2%，为 17156.19 万吨。

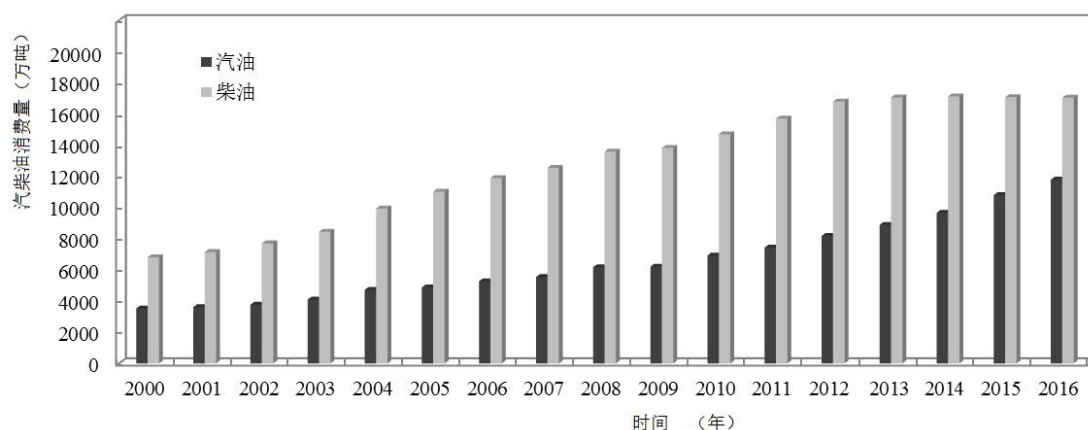


图 2.3 历年来全国汽、柴油消费量

内燃机的燃烧过程中会产生大量的污染物，由机动车造成的大气污染已经成为影响国民生活水平的重要因素。《中国机动车污染防治年报（2016）》统计数据表显示，2015 年，全国机动车 NO_x 和 PM 排放量分别为 584.9 万吨和 56 万吨，其中接近 60%的 NO_x 和 90%以上的 PM 是由柴油机械排放的。移动机械按类型可分为道路机动车和非道路机械，其中道路机动车包括汽油车和柴油车，而大部分非道路机械为柴油机械。因此，道路柴油车和非道路柴油机械是重要的移动污染源。随着各国对道路柴油机动车的深入研究，先进的燃烧策略以及排气后处理技术得到了广泛的应用，使其排放污染得到了有效的控制。与之相反，非道路机械由于其工作条件恶劣、负载大、工况变化剧烈，对发动机的可靠性和经济性等

都有较高要求，再加上空间分布广泛，尾气控制措施实施难度较大。因此，非道路柴油机械的排放问题日显突出。

2.4 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 2.10。

表2.10 进口二手挖掘机与国内新生产挖掘机销售量对比

年度	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
进口旧挖掘机销售量(台)	18014	18900	26500	27000	14800	32800	31784	14005	13494	11051
新挖掘机销售量(台)	33462	47518	68400	83000	95012	165804	176136	115661	112404	90507
旧机与新机销量比(%)	53.8%	40%	38.7%	32.5%	15.7%	19.8%	18.0%	12.1%	12.0%	12.2%
国产品牌新机销量(台)	7696	10930	16400	19920	24713	46928	68883	55635	49212	38842
旧机与国产新机销量比例(%)	234%	173%	162%	135%	60.0%	69.9%	46.1%	25.2%	27.4%	28.5%

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，2015 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 标准制（修）订的必要性分析

3.1 国家及环保主管部门的相关要求

2015 年修订，2016 年 1 月 1 日实施的《中华人民共和国大气污染防治法》有如下相关规定：

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。

第五十六条 环境保护主管部门应当会同交通运输、住房城乡建设、农业行政、水行政等有关部门对非道路移动机械的大气污染物排放状况进行监督检查，

排放不合格的，不得使用。

第六十一条 城市人民政府可以根据大气环境质量状况，划定并公布禁止使用高排放非道路移动机械的区域。

3.2 行业发展带来的主要环境问题

随着国民经济的飞速发展，基础建设投入力度加大，我国非道路移动机械的生产量和保有量高速增长，非道路移动机械造成的污染日益引起重视。

进入新世纪以来，随着全国交通、城建、能源、水利、农业等各方面建设的蓬勃发展，大量工程机械、农业机械投入使用，非道路柴油机械的保有量急剧增加。2000年以来，以柴油机为动力装置的全国非道路移动机械产销量一直保持在几十万台以上。由于没有强制排放标准的制约，非道路柴油机排放控制水平一直远落后于车用柴油机的水平，排放水平大多停留在90年代初期，大部分非道路柴油机使用自然吸气柴油机，增压和增压中冷技术推广较慢，油泵喷射压力较低，喷油器的技术水平落后，排放严重落后于车用柴油机，给环境保护造成了极大的压力。

和车用柴油机相比，非道路移动机械用柴油机因作业条件较差（无迎风面、冷却条件差）、工作环境大多恶劣（受冲击和振动、扬尘大、负荷重），所使用的功率范围比车用柴油机更加宽广，而且所使用的燃油和机油质量难以保证，所以其尾气排放对环境的污染更加严重。随着中国环境保护和大气治理工作的不断深入，在严格控制汽车尾气污染的同时，非道路用机动设备如工程机械和施工机械的尾气排放也越来越引起人们的重视。

工程机械是主要的非道路移动机械，其主要应用对象为工程建设项目，包括土方作业和路面机械、桩工机械及起重机械等，在房屋建设、道桥、矿山以及水利建设方面担当机械作业的主体。种类繁多，工作条件恶劣是其主要特点。根据中国工程机械协会编制的工程机械产品型谱，每个大类中又分成若干组，18大类分为122个组，每组又根据产品的名称分品种，18大类又定为567种。

截至2016年底，我国工程机械的社会保有量已达到700万台，工程机械设备的淘汰周期一般在8~10年，从2007~2009年行业高峰期至今，大量工程机械设备面临报废和更新换代的需求。截至目前，700多万台工程机械中老旧设备占比超过1/3，约有240万台左右面临淘汰。工程机械已成为影响空气质量的重

要污染源之一。工程机械每年耗油量惊人，以装载机为例，中等功率的 5 吨装载机每天工作要用一箱柴油，约 100 升，一年要消耗 30 多吨燃油，即便因种种原因只使用一半时间，也有十几吨油消耗，5 吨装载机作为主力机型占整个作业装载机的 65% 左右，以此类推，700 万台各类工程机械每年用于燃料的费用，甚至高于我国当年工程机械的总产值，其污染排放的恶劣程度可想而知。由于非道路机械动力以柴油机提供为主，且一些非道路移动机械柴油机在工作中冒烟严重，对附近居民、以及工地作业者的危害严重，因此需要重点对其烟度排放进行控制。

3.3 现行环保标准实施状况及存在的主要问题

目前我国对非道路柴油机械的排放控制，主要以新生产柴油机排放控制为主，还没有关于在用非道路柴油机械排放控制的相关法规，无法进行在用非道路柴油机械的排放监管。

我国机动车排放控制标准采用欧盟法规体系，已经颁布的机动车排放标准基本采用欧盟标准，实施日期比欧盟晚 6~8 年左右。我国先后颁布实施了“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（中国 I、II 阶段）”和“GB20891-2014 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（中国三、四阶段）”，目前正在实施 III 阶段限值。该标准规定了非道路柴油机的气体污染物和颗粒物排放限值，但是没有规定烟度排放限值，也没有关于在用非道路柴油机械的烟度测量方法和限值。

4 主要国家、地区及国际组织相关标准研究

目前国际上对非道路柴油机械的排放控制，主要以新生产柴油机排放控制为主，采用型式核准和生产一致性检查的方法对新生产非道路柴油机进行排放控制。国际上还没有关于在用非道路移动机械排放控制的相关法规。因此本文主要介绍世界各国的新生产非道路移动机械用柴油机排放标准。

与道路机动车排放法规相同，目前全球非道路机械排放法规共有美国、欧洲和日本三大体系。虽然三个体系的要求和试验方法不同，但对于排放污染物（CO、HC、NO_x 和 PM）的控制是一样的。随着社会的进步，这三大体系在非道路机械的排放控制上，已经有了统一的趋势，并且开始修改标准以相互包容。

4.1 美国 EPA 法规

根据美国《清洁空气法》的规定，美国 EPA 负责机动车及非道路发动机的污染控制管理工作，并负责制定和实施相关排放法规标准。

1994 年，美国 EPA 发布了非道路移动机械用柴油机第一阶段标准（Tier 1），该标准适用于额定功率超过 37 kW 非道路移动机械（如工程机械、农业机械等），不适用于铁道机车、船舶和地下矿用设备，该标准从 1996 年至 2000 年分步实施。1998 年 EPA 又发布了非道路移动机械用柴油机第二、第三阶段排放标准（Tier 2、Tier 3），进一步加严了 NO_x、HC、CO 和颗粒物标准，Tier 2 标准从 2001 年至 2006 年分步实施，Tier 3 标准从 2006 至 2008 年分步实施，2003 年 EPA 发布了非道路移动机械柴油机用第四阶段排放标准（Tier 4）。

根据美国《清洁空气法》，EPA 联合州和地方政府颁发一系列商业及工业许可证，进入美国市场的非道路柴油机属于美国 EPA 认证的产品，认证是以年份为基础、按照相关的排放法规要求，需每年进行认证。

在美国非道路柴油机排放法规中，还规定了非道路柴油机的烟度排放限值，采用 ISO8178-9 烟度试验程序，非道路发动机（单缸发动机、船用发动机和恒速发动机除外）所排出的烟度不得超过以下标准：

加速工况下，20%不透光度；拖工况下，15%不透光度。

美国非道路移动机械用柴油机第 4 阶段排放控制要求，在“新生产及在用的非道路压燃式发动机排放控制”（40CFR PART 1039）法规中提出，从 2008 年至 2015 年分功率阶段性引入实施，第 4 阶段（Tier 4）最终的控制目标是与欧盟第 4 阶段标准协调一致，在现有排放水平的基础上，将 NO_x 和 PM 再降低 90%，烟度实验引入 ISO8178-9 负荷循环，若 PM 排放量小于 0.07 g/kW·h，免于烟度实验。在第 Tier 4 中采用 ISO8178-9 循环，要求在发动机整个使用寿命内，不透光烟度不得超过 22%。

表4.1 美国EPA Tier1-3 非道路柴油机排放限值（g/kW·h）

功率（kW）	Tier	实施时间	CO	HC	NMHC+NO _x	NO _x	PM
P<8	Tire1	2000	8.0	-	10.5	-	1.0
	Tire2	2005	8.0	-	7.5	-	0.8
8≤P<19	Tire1	2000	6.6	-	9.5	-	0.8
	Tire2	2005	6.6	-	7.5	-	0.8
19≤P<37	Tire1	1999	5.5	-	9.5	-	0.8
	Tire2	2004	5.5	-	7.5	-	0.6

37≤P<75	Tire1	1998	-	-	-	9.2	-
	Tire2	2004	5.0	-	7.5	-	0.4
	Tire3	2008	5.0	-	4.7	-	0.4
75≤P<130	Tire1	1997	-	-	-	9.2	-
	Tire2	2003	5.0	-	6.6	-	0.3
	Tire3	2007	5.0	-	4.0	-	0.3
130≤P<225	Tire1	1996	11.4	1.3	-	9.2	0.5
	Tire2	2003	3.5	-	6.6	-	0.2
	Tire3	2006	3.5	-	4.0	-	0.2
225≤P<450	Tire1	1996	11.4	1.3	-	9.2	0.5
	Tire2	2001	3.5	-	6.4	-	0.2
	Tire3	2006	3.5	-	4.0	-	0.2
450≤P<560	Tire1	1996	11.4	1.3	-	9.2	0.5
	Tire2	2002	3.5	-	6.4	-	0.2
	Tire3	2006	3.5	-	4.0	-	0.2
P≥560	Tire1	2000	11.4	1.3	-	9.2	0.5
	Tire2	2006	3.5	-	6.4	-	0.2

2008年起，EPA开始执行非道路Tier 4阶段排放法规，排放限值见表4.2。Tier 4阶段排放法规降低了非道路机械90%的NO_x以及95%的PM排放。同时该法规对非道路机械用柴油的硫含量做出规定，自2010年6月起，相比于之前使用的柴油，硫含量降低超过99%，仅为15ppm。这种超低硫含量柴油的应用，使得排放后处理装置不会受到硫的影响，性能以及寿命都得到很大的提高，应用的范围更广，所以Tier 4阶段法规大幅度降低了PM限值。但对于功率小于19 kW的发动机，由于其生产成本和设计结构的限制，PM限值的降低幅度不大。

表4.2美国EPA Tier 4非道路柴油机排放限值 (g/kW·h)

功率 (kW)	实施时间	CO	HC	NMHC+NO _x	NO _x	PM
P<8	2008	8.0	-	7.5	-	0.4
8≤P<19	2008	6.6	-	7.5	-	0.4
19≤P<37	2008	5.5	-	7.5	-	0.3
	2013	5.5	-	4.7	-	0.03
37≤P<56	2008	5.0	-	4.7	-	0.3
	2013	5.0	-	4.7	-	0.03
56≤P<130	2012-2014	5.0	0.19	-	0.4	0.02
130≤P<560	2011-2014	3.5	0.19	-	0.4	0.02

4.2 欧盟标准

第一部欧盟非道路移动机械的排放法规颁布于 1997 年 12 月。该法规把非道路柴油机排放法规分成 2 个阶段，第 1 阶段在 1999 年实施，第 2 阶段根据功率从 2001 年到 2004 年相继实施。2002 年 12 月，欧盟议会通过决议，增加功率在 19 kW 以下的小型发动机排放标准，同时该修订规定从 2 阶段开始，将恒定转速发动机列入标准控制范围，该法规在很大程度上与美国关于小功率发动机的排放标准保持一致，见表 4.3。排放测试按照 ISO8178 中 C1 循环 8 工况（恒定发动机按 D2 循环 5 工况）进行，单位为 g/kW·h。欧洲第 1、2 阶段测试中柴油硫含量约为 1000~2000 ppm。

表4.3 欧盟非道路机械第1-2阶段排放限值 (g/kW·h)

类别	功率 (kW)	实施时间	CO	HC	NOx	PM	
第 1 阶段	A	130≤P<560	1999.01	5.0	1.3	9.2	0.54
	B	75≤P<130	1999.01	5.0	1.3	9.2	0.7
	C	37≤P<75	1999.04	6.5	1.3	9.2	0.85
第 2 阶段	E	130≤P<560	2002.01	3.5	1.0	6.0	0.2
	F	75≤P<130	2003.01	5.0	1.0	6.0	0.3
	G	37≤P<75	2004.01	5.0	1.3	7.0	0.4
	D	18≤P<37	2001.01	5.5	1.5	8.0	0.8

2004 年 4 月 21 日，欧洲议会通过欧洲 3、4 阶段排放标准，针对农用机械和林业机械的标准于 2005 年 2 月 21 日进行修订。欧洲规定从 2006 年到 2013 年逐步实施该标准第 3 阶段，2014 年强制实施 4 阶段标准，如表 4.4 所示。第 3、4 阶段标准的实施范围包含 1、2 阶段所列的发动机种类，还增加了铁路内燃机以及内河船用发动机。第 3、4 阶段排放法规只应用于新生产的机械和设备，替换机械设备在用的发动机只需符合原发动机投放市场时的排放要求即可。

表4.4 欧盟非道路机械第3-4阶段排放限值 (g/kW·h)

类别	功率 (kW)	实施时间	CO	HC	NOx	PM
第 3 阶段 A	H	130≤P<560	2006.01	3.5	4.0	0.2
	I	75≤P<130	2007.01	5.0	4.0	0.3
	J	37≤P<75	2008.01	5.0	4.7	0.4
	K	18≤P<37	2007.01	5.5	7.5	0.6

第3阶段B	L	130≤P<560	2011.01	3.5	0.19	2.0	0.025
	M	75≤P<130	2012.01	5.0	0.19	3.3	0.025
	N	56≤P<75	2012.01	5.0	0.19	3.3	0.025
	P	37≤P<56	2013.01	5.0	4.7		0.025
第4阶段	Q	130≤P<560	2014.01	3.5	0.19	0.4	0.025
	R	56≤P<130	2014.10	5.0	0.19	0.4	0.025

第3A阶段标准的适用范围包含了内河船用发动机，见表4.5，第3阶段A、B标准使用范围还包括了130kW以上的铁路内燃机和有轨车辆，见表4.6。

表4.5 内河船舶发动机第3阶段A排放限值 (g/kW·h)

排量 (D) dm ³ /单缸	实施日期	CO	NO _x +HC	PM
D≤0.9, P>37kW	2007.01	5.0	7.5	0.4
0.9<D≤1.2		5.0	7.2	0.3
1.2<D≤2.5		5.0	7.2	0.2
2.5<D≤5	2009.01	5.0	7.2	0.2
5<D≤15		5.0	7.8	0.27
15<D≤20, P≤3300kW		5.0	8.7	0.5
15<D≤20, P>3300kW		5.0	9.8	0.5
20<D≤25		5.0	9.8	0.5
20<D≤30		5.0	11	0.5

表4.6 轨道牵引类发动机第3阶段排放限值 (g/kW·h)

类别	净功率 (kW)	实施日期	CO	HC	NMHC+NO _x	NO _x	PM	
第3阶段A	RCA	130<P	2006.01	3.5	-	4.0	-	0.2
	RLA	130≤P≤560	2007.01	3.5	-	4.0	-	0.2
	RHA	P>260	2009.01	3.5	0.5	-	6.0	0.2
第3阶段B	RCB	130<P	2012.01	3.5	0.19	-	2.0	0.025
	RB	130<P	2012.01	3.5	-	4.0	-	0.025

关于非道路移动机械的烟度标准，欧盟只颁布了“77/537/EEC《关于各成员国测量农用或林用轮式拖拉机用柴油机污染物排放的法律》”，77/537/EEC对农、林拖拉机的烟度标准进行了详细规定，并没有拓展到工程机械等领域。该标准的技术内容、测量方法，以及标准限值的规定都与ECE R24，也就是道路柴油机的

规定基本相同，并与 GB3847-2005 的规定一致，不再赘述。

4.3 日本标准

2006 年 10 月，日本环境省、经济产业省和国土交通省共同制定的“特殊非道路机动车排放法规”开始执行。针对在道路以外行驶，装备额定输出功率在 19~560 kW 范围内柴油机的特殊车辆，根据不同的输出功率，自 2006 年 10 月 1 日到 2008 年 10 月 1 日之间引入相应的排放法规。排放限值以及实施时间见表 4.7。

表4.7日本非道路用柴油机排放限值 (g/kW·h)

实施时间		额定功率 (kW)	CO	HC	NOx	PM	烟度 (%)
新型号	全部型号						
2007.10	2008.09	19≤P<37	5.0	1.0	6.0	0.4	40
2008.10	2009.09	37≤P<56	5.0	0.7	4.0	0.3	35
2008.10	2010.09	56≤P<75	5.0	0.7	4.0	0.25	30
2007.10	2008.09	75≤P<130	5.0	0.4	3.6	0.2	25
2006.10	2008.09	130≤P<560	3.5	0.4	3.6	0.17	25

5 国内相关标准研究

5.1 与非道路柴油机械有关的国家排放标准

1982 年原机械工业部颁布了通用柴油机排放的部颁标准，“柴油机排气烟度测量方法 (NJ263-1982)”，标准由上海内燃机研究所制定，是我国第一个有关柴油机烟度的技术标准。该标准统一规定了柴油机稳态工况烟度的测量方法和仪器，规定了柴油机稳态烟度限值，该标准在 1988 年升级为国家标准，“柴油机稳态排气烟度限值及测量方法 (GB9486-1988)”。该标准适用于汽车及其他道路车辆、工程机械、船舶、发电及固定式柴油机，规定了柴油机稳态排气烟度限值及测量方法，可采用滤纸式烟度计测试柴油机全负荷烟度排放，规定了不同名义排气流量下的允许极限值，允许排气烟度极限值 FSU 在 3.1~4.5 范围内。同期发布的“柴油机自由加速排气烟度的测量方法 (GB/T9487-1988)”规定采用全自动消光式烟度计测量柴油机自由加速排气烟度，但这两项标准一直没有进行后续修订。

1986 年 6 月 11 日，国家标准局发布了适用于汽车和工程机械的 GB6456-1986《柴油机排放试验方法》，于 1987 年 4 月 1 日实施。适用于汽车及工程机

械等用途柴油机的内燃机行业标准 GBn 267-1987《柴油机排放限值》，于 1988 年 7 月 1 日起实施，这是我国首次采用工况法（十三工况）对柴油机的最基本的污染物 HC、CO 和 NO_x 进行检测，测得的排放浓度加权统计。以此标准为起点，后期分为车用柴油机排放标准和非道路用中小功率柴油机排气污染物两个标准。由于以上柴油机排放法规并不专用于汽车，因而限值较松。

从上世纪 90 年代开始，随着我国农业经济的持续发展，农副产品的商品化率逐年提高，农村货物的运输量以每年 10~15% 的速度持续增加，在此形势下，农用运输机械应运而生，配套动力以农用柴油机为主，排放控制技术投入少，单机排气污染大，1999 年上海内燃机研究所起草了“中小功率柴油机排气污染物排放限值(JB8891-1999)”部颁标准，替代了 GBn267-1987，规定按 GB/T8190.4-1999 规定的不同用途发动机的试验循环，排放限值满足表 5-1 要求。

表 5.1 柴油机排气污染物排放限值

序号	实施日期	比排放量 g/ (kW · h)			
		CO	HC	NO _x	PT
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*

*只作为检查项目

2007 年 4 月我国发布了“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 I、II 阶段）”，见表 5.2。从表中可以看出，我国非道路柴油机第 I 阶段排放并没有对小功率段柴油机的 PM 排放提出要求，而且小功率段柴油机的 CO、HC、NO_x 排放参照了欧盟非道路柴油机排放法规。第 I 阶段排放标准只是我国非道路柴油机排放法规的过渡，第 II 阶段标准对功率在 18 kW 以下的柴油机 PM 排放有了规定。总体来说，我国非道路用柴油机的排放法规与发达国家相比，还存在很大差距，不过差距正在逐步缩小。2014 年 5 月 16 日，我国发布了非道路机械用柴油机三、四阶段标准，自 2014 年 10 月 1 日起，进行污染物排放型式核准的非道路机械用柴油机都必须达到第三阶段标准的要求。从表 5.3 可以看出，第三阶段标准将 HC 和 NO_x 作为一个总体进行控制，而第四阶段标准又分别对 HC 和 NO_x 进行排放控制，并且各自的排放限值均有一个明显的降低。

表 5.2 非道路移动机械装用柴油机排气污染物限值 (g/kW·h) (第 I、II 阶段)

阶段	额定功率 (kW)	CO	HC	NO _x	NMHC+NO _x	PM
第一阶段	130≤P<560	5.0	1.3	9.2	-	0.54
	75≤P<130	5.0	1.3	9.2	-	0.7
	37≤P<75	6.5	1.3	9.2	-	0.85
	18≤P<37	8.4	2.1	10.8	-	1
	8≤P<18	8.4	-	-	12.9	-
	0≤P<8	12.3	-	-	18.4	-
第二阶段	130≤P<560	3.5	1.0	6.0	-	0.2
	75≤P<130	5.0	1.0	6.0	-	0.3
	37≤P<75	5.0	1.3	7.0	-	0.4
	18≤P<37	5.5	1.5	8.0	-	0.8
	8≤P<18	6.6	-	-	9.5	0.8
	0≤P<8	8.0	-	-	10.5	1.0

表 5.3 非道路移动机械装用柴油机排气污染物限值 (g/kW·h) (第三、四阶段)

	额定功率 (kW)	CO	HC	NO _x	NMHC+NO _x	PM
第三阶段	P>560	3.5	-	-	6.4	0.20
	130≤P<560	3.5	-	-	4.0	0.20
	75≤P<130	5.0	-	-	4.0	0.30
	37≤P<75	5.0	-	-	4.7	0.40
	P<37	5.5	-	-	7.5	0.60
第四阶段	P>560	3.5	0.40	3.5	-	0.10
	130≤P<560	3.5	0.19	2.0	-	0.025
	75≤P<130	5.0	0.19	3.3	-	0.025
	56≤P<75	5.0	0.19	3.3	-	0.025
	37≤P<56	5.0	-	-	4.7	0.025
	P<37	5.5	-	-	7.5	0.60

相对非道路柴油机,我国车用柴油机排放标准(GB17691-2005)已经进入第IV阶段,部分地区已经进入了V阶段。除对柴油机的气体污染物和颗粒物进行控制以外,GB3847-2005还对新生产和在用车用柴油机规定了烟度限值标准。

5.2 与非道路柴油机械有关的地方排放标准

5.2.1 北京市非道路柴油机械排放标准

为了有效加强首都非道路移动机械的环保监管，北京市制定了《非道路机械柴油机排气污染物限值及测量方法》（DB11/185-2013）及《在用非道路柴油机械烟度排放限值及测量方法》（DB 11/184-2013），并于2013年7月1日实施。标准中规定，对于排气污染物，北京市于2015年1月1日开始执行非道路机械用柴油机排气污染物排放限值（第四阶段）；对于排气烟度，自2015年1月1日，北京市全市范围内在用非道路机械排气烟度的光吸收系数须不超过 0.60m^{-1} （新生产非道路机械排气烟度的光吸收系数须不超过 0.50m^{-1} ）。依据《在用非道路柴油机械烟度排放限值及测量方法》（DB 11/184-2013），自2013年7月1日起，非道路柴油机械烟度需满足表5.4限值。测试方法可选择自由加载法、自由加速法和林格曼烟度法中任一种方法进行烟度检测，任何一种检测方法的测量超过规定的限值，均可判定该机械的烟度排放检验不合格。

表 5.4 北京市非道路移动机械烟度限值

类别	光吸收系数不大于 (m^{-1})
I类	1.61
II类	1.0
III类	0.6

注：①2013年6月30日（含）以前注册登记或销售的非道路柴油机械，执行I类限值标准；
 ②2013年7月1日（含）以后登记注册或销售的非道路柴油机械，执行II类限值标准；
 ③2015年1月1日（含）以后登记注册或销售的非道路柴油机械，执行III类限值标准。

5.2.2 上海市非道路柴油机械排放标准

为加强非道路移动机械的排放监管，上海市于2016年7月1日正式实施了《在用非道路移动机械用柴油机排气烟度排放限值及测量方法》（DB 31/981-2016）。标准规定上海市在用非道路移动机械排气烟度满足表5.5要求，并自2016年10月1日起，上海全市范围内新购置的以及在外环线（含）以内使用的在用非道路机械开始执行II类排放限值。

表 5.5 上海市非道路移动机械排气烟度限值

类别	光吸收系数不大于 (m^{-1})	
	启动烟度法	自由加速烟度法或自由加载烟度法
I类	3.0	1.6
II类	1.0	0.5

注：具体规定如下：

- ①2016-07-01起，全市范围内新购置使用的非道路移动机械执行II类排放限值要求；
- ②2016-10-01起，外环线（含）以内区域在用非道路移动机械执行II类排放限值要求；本市划定的高污染非道路移动机械禁燃区执行II类排放限值要求；
- ③2016-10-01起，在2016-07-01前购置使用的位于外环线以外且本市划定的高污染非道路移动机械禁燃区以外区域的在用非道路移动机械执行I类排放限值要求；

5.2.3 深圳市非道路柴油机械排放标准

深圳市自 2015 年 10 月 1 日起实施《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、四阶段）》（GB 20891-2014）第四阶段标准。另外，自 2015 年 7 月 1 日起，深圳市正式实施《深圳市在用非道路移动机械用柴油机排气烟度排放限值及测量方法》（SZJG 49-2015），规定深圳市在用非道路移动机械用柴油机自由加速法或自由加载法排气烟度限值不能超过 0.5m^{-1} 。

5.2.4 天津市非道路柴油机械排放标准

天津市为了有效控制非道路移动机械排放问题，天津市环境保护局于 2015 年 6 月 29 日发布了《在用非道路柴油机械烟度排放限值及测量方法》（DB 12/588-2015），并于 2015 年 7 月 1 日开始实施，要求非道路移动机械在正常工作状态下，烟度排放不应超过表 5.6 规定的限值。

表 5.6 天津市非道路移动机械烟度限值

类别	光吸收系数不大于 (m^{-1})	执行时间
I 类	1.61	自本标准发布之日前销售的非道路柴油机械，执行 I 类限值标准
II 类	1.0	自本标准发布之日起至 2016 年 3 月 31 日（含）销售的非道路柴油机械，执行 II 类限值标准
III 类	0.6	2016 年 4 月 1 日（含）以后销售的非道路柴油机械，执行 III 类限值标准

5.2.5 国内主要城市非道路柴油机械排放标准对比分析

对比北京、上海、天津及深圳非道路机械排放标准可以发现，北京和深圳相对走在国内城市前列，北京于 2015 年 1 月 1 日实施 DB 11/185-2013，相当于国标第四阶段。对于非道路柴油机械排气烟度排放标准，北京于 2013 年 7 月 1 日就已经开始实施 DB 11/184-2013，为全国各城市提供了相关政策、技术等方面的有益借鉴；深圳对非道路移动机械排气烟度的要求较高，虽然仅采用自由加速和自由加载两种测量方法，但要求在用非道路移动机械只要在正常工作状态下，无论车况新旧排气烟度的光吸收系数都应不超过 0.5m^{-1} ；上海从 2016 年 10 月 1 日（含）开始，对所有非道路柴油机械，按自由加速烟度法或自由加载烟度法测试，排气烟度的光吸收系数都应不超过 0.5m^{-1} 限值，启动烟度法的光吸收系数不大于 1.0m^{-1} ；天津于 2016 年开始实施 DB 12/588-2015 非道路柴油机械排气烟度标准，其排气烟度排放限值与北京相同。

6 标准制（修）订的基本原则和技术路线

6.1 本次制（修）订标准的基本思路和方法

我国机动车排放标准采用欧盟标准体系，因此非道路移动机械的烟度标准仍参考欧盟体系。

针对非道路移动机械的烟度排放控制，欧盟只颁布了“77/537/EEC《关于各成员国测量农用或林用轮式拖拉机用柴油机污染物排放的法律》”，该标准的技术内容、测量方法，以及标准限值的规定都与 ECE R24，即道路柴油机的规定基本相同，并且与 GB3847-2005 中关于新生产车用柴油机的烟度的规定一致。现新生产柴油机烟度标准起源于柴油机排放控制的早期，那时还没有成熟的颗粒物测量方法，后来对新生产柴油机的烟度控制逐渐转向以颗粒物 PM 和 PN 为主，不再进行烟度测量，车用柴油机排放标准实施后的结果也充分证明，实施 PM 限制后，进行烟度限制已经失去意义，但烟度检测对在用非道路柴油机械的排放监管是极为便捷有效的技术手段。

鉴于我国非道路柴油机已经实施三阶段排放标准，因此本标准只对非道路柴油机械提出烟度限值及测量方法，适用范围包括新生产的及在用的非道路柴油机械。

6.2 标准制（修）订的主要技术依据

——77/537/EEC《关于各成员国测量农用或林用轮式拖拉机用柴油机污染物排放的法律》；

——美国 EPA 标准；

——我国非道路柴油机的技术现状，以及采取排放控制措施所带来的成本增长；

——北京、天津、上海、深圳等地方标准。

7 标准主要技术内容

7.1 标准适用范围

本标准规定了非道路柴油机械的烟度排放限值及测量方法。本标准适用于在用非道路柴油机械的排气烟度检验。新生产和进口非道路柴油机械的排气烟度检查可参照本标准进行。本标准规定了非道路柴油机械出厂时和使用时的烟度排放

限值及测量方法，以及在道路上用于载人（货）车辆装用第二台柴油机的机械设备烟度排放限值及测量方法。

本标准适用于以下（包括但不限于）装用在非恒定转速下工作的柴油机的非道路移动机械：

- 工程机械（包括装载机、挖掘机、推土机、压路机、沥青摊铺机、叉车、非公路用卡车等）；
- 农业机械（包括大、中、小型拖拉机，联合收割机等）；
- 林业机械；
- 材料装卸机械；
- 工业钻探设备；
- 雪犁装备；
- 机场地勤设备。

本标准适用于以下（包括但不限于）装用在恒定转速下工作的柴油机的非道路移动机械：

- 空气压缩机；
- 发电机组；
- 渔业机械（增氧机、池塘挖掘机等）；
- 水泵。

7.2 标准结构框架

本标准包括前言、适用范围、规范性引用文件、术语和定义、标准限值、测量方法、达标判定标准、对试验测试用仪器设备的要求、关于试验用燃油的规定以及有关附录。

7.3 主要技术内容及其制定依据

因为国际上尚未制定在用非道路柴油机械的烟度排放标准，因此基本没有国际经验可以借鉴。

国内主要城市为了控制在用非道路柴油机械的烟度排放，相继制定了非道路柴油机械的烟度排放标准，如北京于 2003 年和 2013 年先后制定了在用非道路柴油机械烟度排放标准，之后深圳市制定了非道路柴油机烟度排放测试规范。2015 年，天津市和上海市也参考北京市地方标准制定了相应的在用非道路柴油机械烟度排放标准。

本标准是在总结上述地方标准实施经验的基础上，并参考引用了 GB3847-2005 和欧盟指令 77/537/EEC 《关于各成员国测量农用或林用轮式拖拉机用柴油机污染物排放的法律》中的测量方法及仪器的规定等技术内容。

本标准在参考车用柴油机自由加速烟度测量方法基础上，结合非道路柴油机的工作特点，确定烟度测量方法，参考相近排放控制水平的在用车用柴油机的排放限值，结合环境空气质量控制的需要和普测结果，确定排放限值。

7.4 标准限值的制定和初步验证

7.4.1 车用柴油机全负荷烟度和自由加速烟度

图 7.1 和图 7.2 表示的是国 I 和国 II 阶段道路柴油机全负荷烟度和自由加速烟度型式认证数据，3800 个机型的实验结果统计，98%以上机型的全负荷烟度在 1.0m^{-1} 以下，98%以上机型的自由加速烟度在 1.5^{-1} 以下。

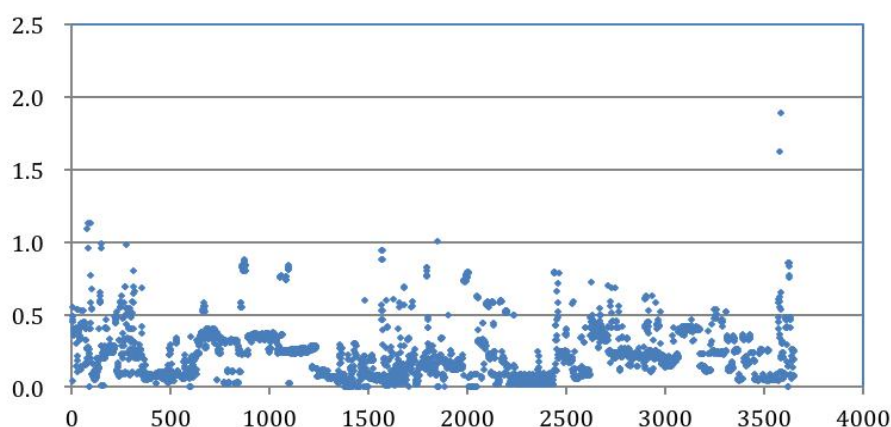


图 7.1 全负荷烟度

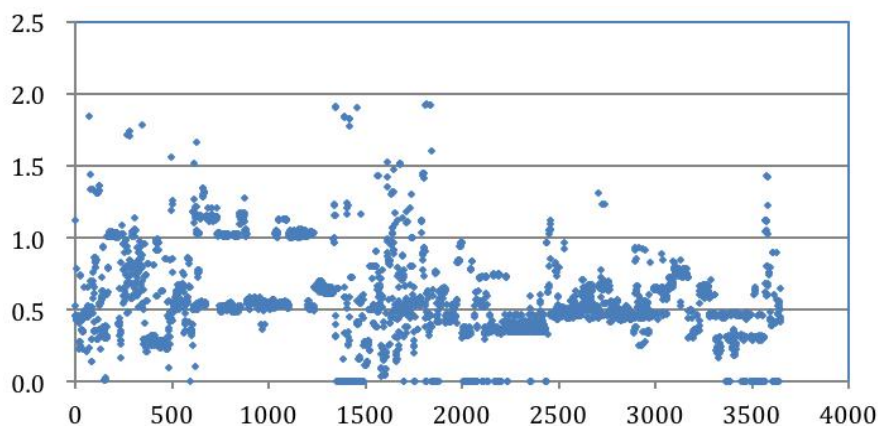


图 7.2 自由加速烟度

7.4.2 在用非道路柴油机械烟度实际测量结果验证

考虑到在用非道路柴油机械的实际工作情况，确定在用非道路柴油机械的烟度排放检验采用自由加载测量法和林格曼烟度法进行烟度检测。其中自由加载法是结合工程机械的实际工作状态确定的。现场检验人员根据受检机械装置的实际工作确定加载方法，在动力装置连续工作过程中（例如装载机从铲土到装载完毕的全过程），用不透光烟度计测量工作过程中柴油机排气光吸收系数的最大值，测量得到的排气光吸收系数不应大于表 7.1 中规定的限值（仅针对 37kW 以上非道路柴油机械），该限值基本是在对北京市工程机械柴油机烟度进行普查的基础上，并参考北京市柴油车的烟度检测限值确定的。因为工程机械在固定位置比较容易加载，虽然无法测量载荷的大小，但是因为不可能存在发动机超载的状态，发动机最大载荷就是全负荷载荷，经过实验证明，本实验方法具有很强的可操作性。

表 7.1 自由加载法烟度限值

类别	光吸收系数（或 HSU）不大于
I 类	1.61m ⁻¹ （50）
II 类	0.80m ⁻¹ （29）
III 类	0.50m ⁻¹ （19）

因为工程机械的种类众多，分布在各工地上，无法集中测试，给普查带来了比较大的困难，因此仅对部分车辆进行了自由加载烟度普查实验，普查测量的动力装置包括压路机、推土机、装载机、摊铺机、平地机、高空作业车等车辆，图 7.3 是普查结果。根据对北京市 80 辆非道路柴油机械的烟度普查结果，按 1.61m⁻¹ 的限值，不合格车辆为 12 辆，占 15%，能够满足管理需要。

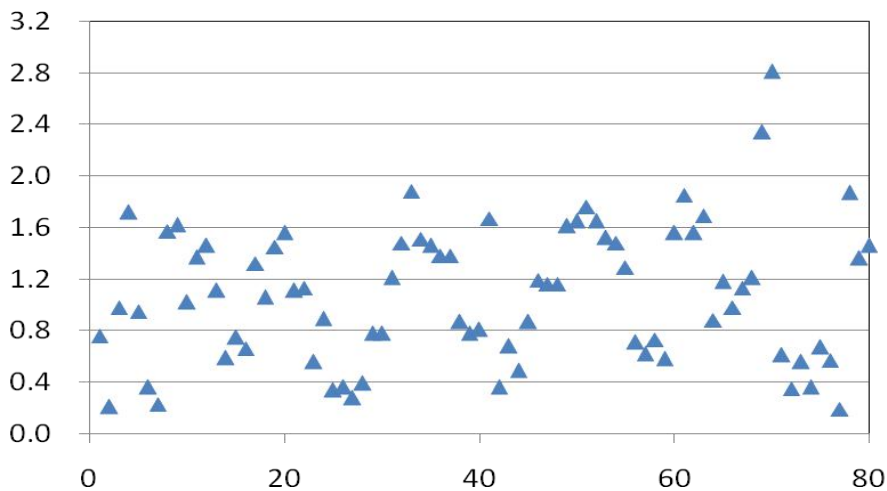


图 7.3 在用非道路柴油机械自由加载法烟度普查结果

自由加速烟度测试中，针对北京市 2013 年 7 月 1 日前销售的非道路机械柴油机械的不透光烟度应不大于 1.61m^{-1} 。

图 7.4 表示的是北京市 80 辆非道路柴油机的自由加速烟度普测结果，按 1.61m^{-1} 的限值，不合格车辆为 16 辆，占 20%。对于同一辆工程机械，自由加载法测量的烟度小于自由加速法，自由加载测量不合格的柴油机，自由加速法同时不合格，说明两种方法的测量结果有很好的一致性。虽然自由加速法简单易行，但由于工程机械的特殊设计，有些设备，例如柴油发电机组无法进行自由加速实验，因此本标准规定了自由加载测量方法。

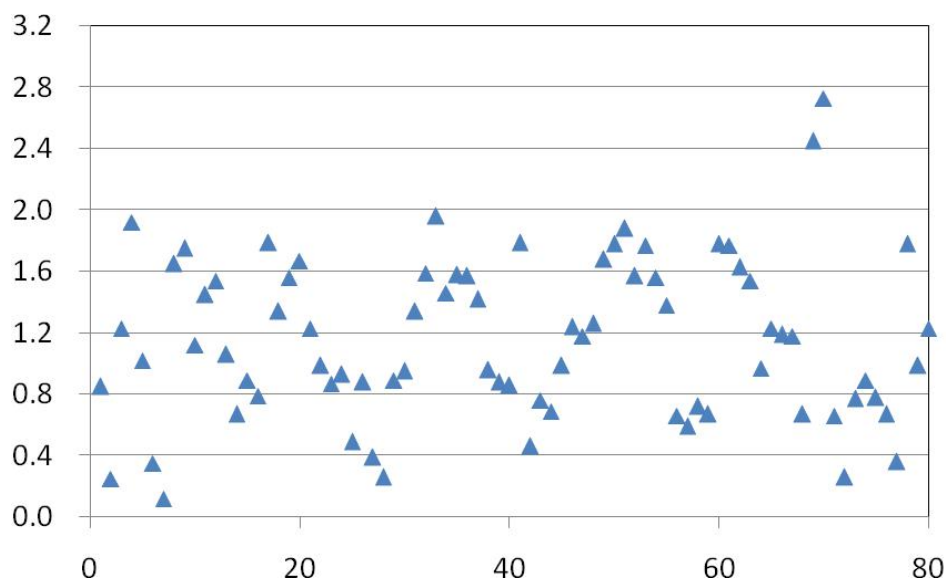


图 7.4 在用非道路柴油机自由加速烟度普测结果

图 7.5 所示为实测深圳 71 台 I、II 阶段非道路柴油机械（叉车、压路机、挖掘机等）的自由加速烟度，自由加速烟度小于 1.0 的有 34 台，占 48%；自由加速烟度小于 1.61 有 43 台，占 60%左右。

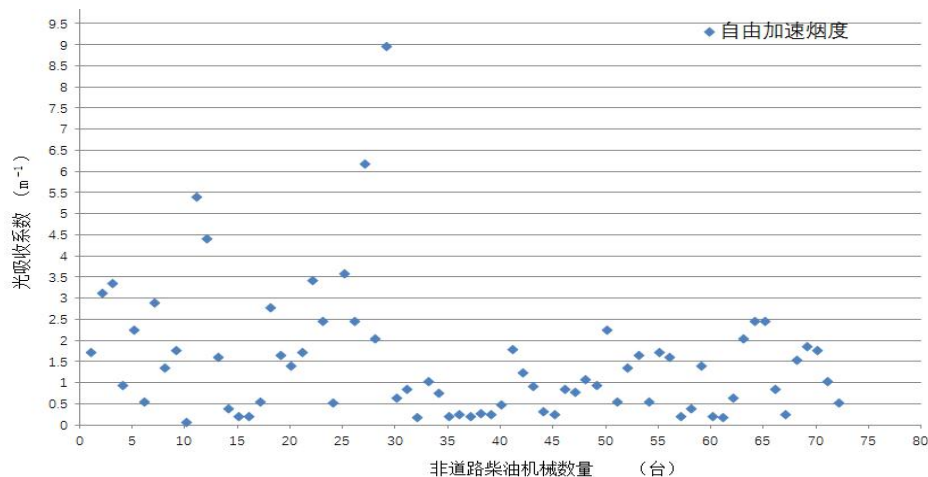


图 7.5 深圳 71 台国 I、II 阶段非道路柴油机械自由加速烟度

图 7.6 表示的是实测深圳大铲湾集装箱码头 32 台满足 III 阶段非道路柴油机械（叉车、堆高机等）的自由加速烟度，自由加速烟度小于 0.5 的有 19 台，占 61%；自由加速烟度小于 0.8 有 21 台，占 68% 左右，自由加速烟度小于 1.0 有 23 台，占 74% 左右。

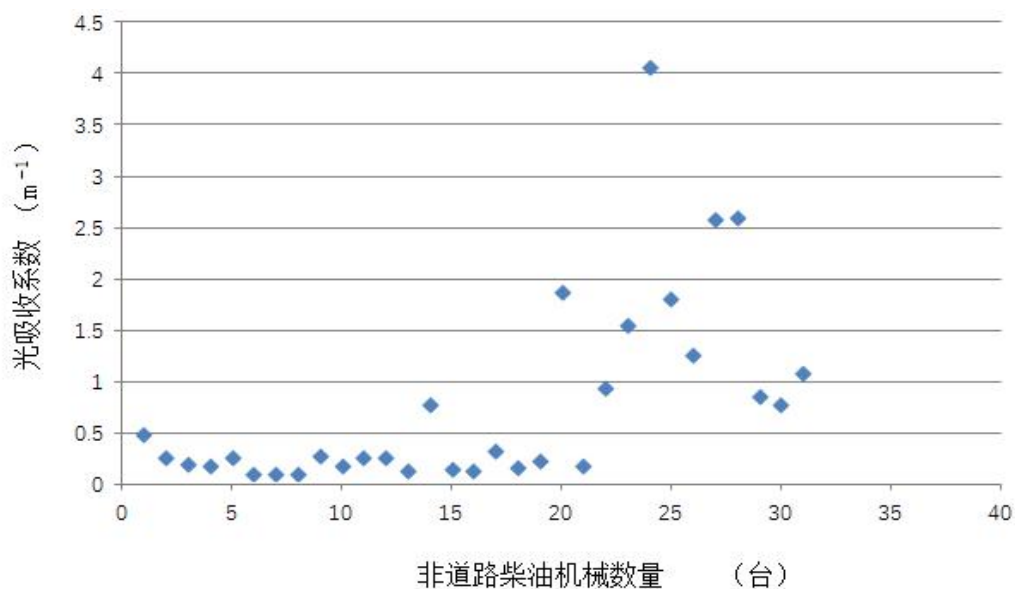


图 7.6 深圳 32 台国 III 阶段非道路柴油机械自由加速烟度

美国非道路移动机械用柴油机第 4 阶段（Tier 4）排放控制要求，在“新生产及在用的非道路压燃式发动机排放控制”（40CFR PART 1039）法规中，将烟度实验引入 ISO8178-9 测试循环，若 PM 排放量小于 0.07 g/kW·h，免于烟度实验。在第 Tier 4 中采用 ISO8178-9 循环，要求在发动机整个使用寿命内，全负荷不透光烟度不得超过 22%，对应的光吸收系数为 0.58m⁻¹；加速工况下，20%不透光度，对应的光吸收系数为 0.52m⁻¹；拖动工况下，15%不透光度，对应的光吸收系数为 0.38m⁻¹。

日本的特殊非道路机动车排放法规 MOT 标准于 2003 年 10 月开始生效，排放根据 ISO 8178-4 C1 循环进行测量，烟度根据 JCMAS T-004 进行测量，从 19kW-560kW，烟度限值为 40%，对应的光吸收系数为 1.19 m⁻¹。

2006 年 10 月，日本制定的特殊非道路机动车排放法规，针对在道路以外行驶，装备额定输出功率在 19~560 kW 范围内的柴油机的特殊车辆，根据不同的输出功率，自 2006 年 10 月 1 日到 2008 年 10 月 1 日之间引入相应的排放烟度限值。排放限值以及实施时间见表 7.2。

表 7.2 日本非道路用柴油机烟度排放限值

实施时间		额定功率 (kW)	PM (g/kW·h)	烟度 (%)	光吸收系数 m ⁻¹
新型号	全部型号				
2007.10	2008.09	19≤P<37	0.4	40	1.19
2008.10	2009.09	37≤P<56	0.3	35	1.0
2008.10	2010.09	56≤P<75	0.25	30	0.8
2007.10	2008.09	75≤P<130	0.2	25	0.67
2006.10	2008.09	130≤P<560	0.17	25	0.67

7.4.3 在用非道路柴油机械烟度排放限值

参考国内外非道路移动机械用柴油机排放标准,排放限值的规定及相应排放控制措施制定一般以功率进行分级,大类分为 37kW 以上非道路移动机械用柴油机及 37kW 以下功率范围的非道路移动机械用柴油机。参考国内外非道路移动机械用柴油机烟度排放标准,制定如下烟度排放限值。

(1) 自由加载法排放限值

无论采用何种加载方式,正常工作状态下,非道路柴油机械的不透光度不应超过表 7.3 规定的限值。

表 7.3 自由加载法烟度排放限值

类别	净功率 P (kW)	光吸收系数 (m ⁻¹)
I 类	P≥37kW	≤1.61
II 类	P≥37kW	≤0.80
	P<37kW	≤1.0
III 类	P≥37kW	≤0.50
	P<37kW	≤0.8

注:各省、市及地方环境保护主管部门可依据本地区非道路移动机械排放标准实施时间,对非道路柴油机械排气烟度执行以下规定:

——GB 20891 规定第二阶段及以前阶段排放标准的非道路柴油机械,执行表 1 中的 I 类限值。

——GB 20891 规定第三阶段及以后阶段排放标准的非道路柴油机械,执行表 1 中的 II 类限值。

地方环境保护主管部门可以根据大气环境质量状况,划定并公布禁止使用高排放非道路柴油机械的区域,限定区域内可选择执行表 1 中的非道路柴油机械烟度排放的 III 类限值。

(2) 林格曼法烟度限值

环境保护主管部门移动污染源排放监测人员，可采用目测法测量，非道路柴油机械在工作状态中不应有明显的可见烟度，如果烟度值超过林格曼 1 级，则判定为不合格。

如果非道路柴油机械的林格曼烟度超标，则直接判定烟度排放检验不合格。若用户对判定结果有异议，可采用自由加载法对非道路柴油机械的烟度排放进行检验。如果非道路柴油机械的林格曼烟度检验结果合格，环境保护主管部门的现场检查人员有权决定是否继续采用自由加载法对非道路柴油机械的排气烟度进行复检。

7.5 本标准与所参考借鉴的国家、地区或国际组织标准的差别

因为国际上尚没有专门针对在用非道路柴油机的排放标准，因此本标准在国际上没有直接参考对象。

8 实施本标准的环境效益、经济成本和技术可行性分析

8.1 环境效益分析

非道路柴油机械排放的可见污染物中包含有干碳烟及其吸附的可溶性有机成分，是排气中能够影响大气能见度的污染物质。

柴油机排放的可见污染物主要由细微粒、超细微粒和纳米微粒等混合组成，按照现在排放标准对柴油机微粒的定义，用滤纸法收集并测量得到的微粒是由炭烟、灰分等固体颗粒和凝结的 SOF、水分、硫酸盐等液体成分组成的。

医学统计资料表明，柴油机的 PM_{2.5} 排放与人类的死亡率的增加有关，最近越来越多的医学专家认为纳米级微粒对人类健康的影响更为明显，研究者认为不同尺寸的微粒在肺部沉积的程度是不同的，柴油机所排放的可见污染物大部分都在 1 μ m 以下，数量分布以 100nm 为主，而 100nm 以下的超细微粒在肺部细胞中的沉积速率远大于 500nm~10 μ m 之间的微粒。有研究结果表明超细微粒能够穿透肺部细胞膜，进入血液，甚至进入大脑，还有研究指出这些微粒可能导致遗传基因的改变。超细微粒和纳米微粒的危害大于微米级的微粒，无毒、惰性的微米尺度的微粒在纳米尺度时可能就是有毒的。

另外柴油机排放的可见污染物中吸附的 SOF 中含有多种 PAHs，具有强致癌

作用。

综上所述，非道路柴油机排放的可见污染物是明确的大气污染物。

根据《中华人民共和国大气污染防治法》第十三条的规定“向大气排放污染物的，其污染排放浓度不得超过国家和地方规定的排放标准”。而本标准规定的排气可见污染物是明确的大气污染物，因此按大气法的规定，需要对其进行强制控制。

研究表明，非道路柴油机械排放的一次 PM_{2.5} 甚至超过了道路移动源。依据北京、上海及全国各地区调研结果，目前非道路柴油机械保有量中，国 I 排放阶段之前的数量约占 20~30%，国 I 排放阶段的数量约占 30~40%，国 II 排放阶段的数量约占 30~40%，国 III 排放阶段的数量不足 10%。

依据本标准不同阶段的烟度排放限值要求，非道路柴油机械颗粒物排放量平均消减率约为 59%，按照全国国 I 阶段前、国 I 阶段、国 II 阶段的非道路柴油机械 650 万台、650 万台、800 万台估算，每年可消减颗粒物排放 18.8 万吨。依据本标准的低排放区要求，非道路柴油机械颗粒物排放量平均消减率约 71%。以北京市为例，按照工程机械保有量 20 万台估算，仅工程机械就能实现颗粒物排放减排量 2650 吨。

非道路柴油机械的排放特征和机动车类似，因此对非道路柴油机械的排放管理，发达国家和地区都采用和机动车类似的型式认证和生产一致性检查的方式进行强制管理，从新产品定型、批量生产到使用的各个环节都对其进行严格的管理，以确保有效控制非道路柴油机械的排气可见污染物。

非道路柴油机械的烟度排放标准是基于特定的排放测试条件和测试方法制定的，测试方法的不同，发动机冷热状态的不同都会严重影响测试结果。因此世界各国在制定排放限值的同时，都严格规定了所采用的测试方法、实验程序、发动机冷热状态，对测试设备的工作原理、准确度和量程范围也做出了明确的规定，以确保实验结果的重复性和对比性。因此本标准对烟度排放测试方法和烟度排放限值进行强制规定。

由于柴油机排放控制技术的进步，欧盟在 2006 年就已经实施了非道路柴油机的 III 阶段排放标准。因此加严排放标准，对国内外的生产企业在技术上保证排放达标不存在实际困难，但满足新排放标准的非道路柴油机械的制造成本会有

所增加。

本标准生效实施后，非道路柴油机械的烟度排放会得到有效控制。标准的实施会促进非道路柴油机械技术水平进一步提高，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。

本标准的强制实施符合《中华人民共和国大气污染防治法》的相关规定，因此本标准的强制实施不存在风险。

8.2 检测设备的经济性分析

国内主要城市如北京、天津、上海、深圳等已发布地方标准，规定对非道路柴油机械烟度检测采用不透光烟度法，采用不透光度烟度计进行检测，能够满足实际监管需要。本标准中测试方法自由加载法和林格曼烟度法，检测设备采用不透光度烟度计、林格曼烟度仪或目测，不需要新增检验设备，因此不会增加监管部门、生产企业和检测企业的检测设备费用投资。

8.3 用户的经济性分析

对出厂排放达标的非道路柴油机械，如果用户使用得当，一般在非道路柴油机有效寿命（ $P_{max} \geq 37kW$ ，有效寿命为 8000 小时； $19 kW \leq P_{max} < 37 kW$ ，有效寿命为 5000 小时； $P_{max} < 19 kW$ ，有效寿命为 3000 小时）内，烟度不会有明显改变。对使用维护不当的非道路柴油机械，经过对供油系统、进气系统的维护保养，排放水平可以恢复到新车相当的水平，烟度排放检验要求不会对用户造成过多的负担。

由于市售柴油的硫含量已大大降低，在非道路柴油机械燃用符合国标要求的柴油且机械设备正常维护保养的条件下，排气烟度在非道路柴油机有效寿命内不会有显著改变。若非道路柴油机械燃用劣质柴油，硫含量超标，燃烧生成的硫化物会促使碳烟的形成。同时柴油粘度高，燃油雾化差，混合气不均匀，极易产生碳烟。制订和实施非道路柴油机械烟度排放标准，有利于促进非道路柴油机械的正常维护保养、达标柴油的推广使用及有效降低非道路柴油机械烟度排放。

9 参考资料

- (1) 中华人民共和国环境保护部, 中国机动车污染防治年报 2016[R]. 北京: 中华人民共和国环境保护部, 2016
- (2) 国家环境保护总局, 国家质量监督检验检疫总局. 车用压燃式发动机和压燃式发动机汽车排气烟度排放限值及测量方法 (GB3847-2005), 2005
- (3) 欧盟 77/537/EEC 《关于各成员国测量农用或林用轮式拖拉机用柴油机污染物排放的法律》
- (4) 国家环保总局, 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) (GB 20891-2007) [S], 2007
- (5) 国家环保总局, 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 III、IV 阶段) (GB 20891-2014) [S], 2014
- (6) U.S. EPA. Electronic Code of Federal Regulation //Title40 , Part 1039//[DB/OL]. <http://ecfr.gpoaccess.gov/cgi/>, 2006
- (7) U.S. EPA. Certification guidance for engines regulated under: 40CFR Part 86(On-highway heavy-duty engines) and 40CFR Part 89(Non-road CI engines) [R]. Air and radiation, EPA420-B-98-002, 1999, 3
- (8) U.S. EPA. Non-road diesel engines emission standards[DB/OL]. <http://www.diesennet.com/standards/US/Off-road.html>
- (9) U.S EPA. Part II Control of Emission of Air Pollution from Non-road Diesel Engines and Fuel[R]. Federal Register/Vol.68, No.100, 2003, 5
- (10) EU. Europe Non-road Diesel Engines Emission Standards[DB/OL]. <http://www.dieselnets.com/stadneeds/eu/offroad.html>.
- (11) Japan Ministry of the Environment. Non-road Diesel Engines Emission Standards[DB/OL]. <http://www.dieselnets.com/stadneeds/jp/offroad.html> , 2012
- (12) 北京市环境保护局, 北京市质量技术监督局, DB 11/185-2013 非道路机械用柴油机排气污染物限值及测量方法[S]. 2013
- (13) 北京市环境保护局, 北京市质量技术监督局, DB 11/184-2013 在用非道路柴油机械烟度排放限值及测量方法[S]. 2013
- (14) 上海市环保局, 上海“关于实施非道路移动机械用柴油机第三阶段和

小型点燃式发动机（手持式）第二阶段排放”的要求[EB/OL]. [2016-12-28].
<http://www.caam.org.cn/zhengceyanjiu/20151008/0805174366.html>

（15）上海市环境保护局，上海市质量技术监督局，DB 31/981-2016 在用非道路移动机械用柴油机排气烟度排放限值及测量方法[S]. 2016

（16）深圳市市场监督管理局，SZJG 49-2015 在用非道路移动机械用柴油机排气烟度排放限值及测量方法[S]. 2015

（17）天津市环境保护局，天津市市场和质量监督管理委员会，DB 12/588-2015 在用非道路柴油机械烟度排放限值及测量方法[S]. 2015

（18）中国内燃机工业协会，中国内燃机工业年鉴 2015[R].上海:上海交通大学出版社，2015

（19）中国工程机械工业协会，中国工程机械工业年鉴 2016[R].北京:机械工业出版社，2016