

## 附件 3

# 《三轮汽车及其装用的柴油机排气污染物 排放限值及测量方法（中国第三阶段）》 （征求意见稿） 编制说明

标准编制组  
二〇一八年三月

# 目 录

1 项目背景.....	71
1.1 任务来源.....	71
1.2 工作过程.....	71
2 我国三轮汽车及其装用的柴油机行业现状.....	72
2.1 三轮汽车行业现状.....	72
2.2 三轮汽车用柴油机情况.....	74
2.3 三轮汽车在农村的应用情况.....	76
2.4 行业在国外的发展状况.....	76
3 修订标准的必要性分析.....	77
3.1 柴油机排气污染物的危害性.....	77
3.2 相关行业产业政策.....	77
3.3 行业发展带来的环境问题.....	78
3.4 现行标准实施情况和存在的问题.....	79
3.5 制订标准的意义.....	80
4 行业污染控制技术分析.....	80
4.1 单缸机.....	80
4.2 多缸机.....	81
4.3 非道路移动机械国三标准实施，促进发动机污染控制水平的提升.....	81
5 主要国家、地区及国际组织相关标准研究.....	83
6 我国有关标准的情况介绍.....	83
6.1 三轮汽车排放标准.....	84
6.2 非道路移动机械排放标准.....	85
7 标准的主要技术内容.....	87
7.1 信息公开的要求.....	87
7.2 型式检验排气污染物排放限值.....	87
7.3 整车排放测试要求.....	89
7.4 新生产车达标要求.....	90
7.5 在用符合性要求.....	91
7.6 耐久性要求.....	91
7.7 质保期.....	93
7.8 柴油机标签.....	93
8 实施本标准的社会效益和经济成本分析.....	94
8.1 国内外相关标准控制水平对比.....	94
8.2 实施本标准的环境（减排）和社会效益.....	94
8.3 达标技术和成本的可行性分析.....	95

# 1 项目背景

## 1.1 任务来源

生态环境部（原国家环保总局、环境保护部）在《关于下达 2006 年度国家环境保护标准制修订项目计划的通知》（环办函〔2006〕371 号）中，下达了《低速货车与三轮汽车用柴油机排气污染物排放限值及测量方法（III）》的制订任务，项目统一编号：455。标准承担单位：济南汽车检测中心有限公司（原济南汽车检测中心），标准参加单位：中国环境科学研究院。

## 1.2 工作过程

接到本标准制订任务后，济南汽车检测中心有限公司迅速成立标准编制组，落实人员及分工。收集国内、ISO、欧盟、美国 EPA、日本等相关排放标准。对国内有代表性的三轮汽车和低速货车用柴油机企业进行调研；向国外著名的单缸机和小功率多缸机企业的专家咨询；听取中国内燃机协会、中国内燃机协会小缸机分会等行业协会和对起草排放标准的意见；调研了三轮汽车和低速货车的主要生产企业和检测机构；起草完毕“开题论证报告”提交中国环境科学研究院标准所审查，并根据审查意见进行了修改。

2009 年 12 月 23 日，在北京召开了《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 III 阶段）》标准开题论证会。

2014 年 1 月 17 日，在北京与中国农机研究院等行业代表对标准的主要技术内容进行了讨论，并根据探讨内容，进一步完善征求意见稿。

2014 年 11 月 16 日，工业和信息化部发布了《关于开展低速货车并轨工作通知》（工信产业〔2014〕473 号），通知中指出：自 2017 年 1 月 1 日起，在《车辆生产企业及产品公告》管理中取消低速货车产品类别，相关企业应停止生产、销售低速货车产品。因此本标准不再对低速货车用柴油机进行管理、控制，本编制说明也不再对低速货车用柴油机进行说明。

2015 年 3 月 4 日，生态环境部就标准征求意见稿公开征求意见。4 月 10 日，征求意见稿汇总后，标准编制组对意见进行分析处理。

2015 年 7 月 31 日，科技标准司组织召开标准制订协调会，邀请国家发展和改革委员会、工业和信息化部、相关行业协会、三轮汽车生产企业、科研院所，以及部内污染防治司等单位的代表参加会议，听取各方对本标准编制的意见和建议。会上各方一致认为：三轮汽车仍为农村生产和运输的重要工具，短期内暂时无法被完全替代；同时，为了落实《大气污染防治行动计划》中关于三轮汽车应

不断提高节能环保要求的目标，应按计划继续修改完善该标准，尽快完成编制工作。

2015年11月5日，科技标准司召集部分行业专家召开了标准预审会，与会专家对此标准给予肯定，并建议对行业现状、排放水平、对耐久性、技术路线及限值进一步进行可行性验证。

2016年1月14日，生态环境部二次公开征求意见。2月16日，二次征求意见汇总后，标准编制组对意见进行分析处理。《中华人民共和国大气污染防治法》（以下称大气法）的实施，根据环境管理的需要，标准将型式核准改为型式检验和信息公开，增加了三轮汽车整车排放检测方法和限值，即三轮汽车自由加速烟度法测试的要求。

2017年3月13日，大气环境管理司组织有关行业专家，对标准有关内容进行了专家审议，形成了三次征求意见稿。

## 2 我国三轮汽车及其装用的柴油机行业现状

### 2.1 三轮汽车行业现状

#### 2.1.1 定义

三轮汽车指最大设计车速小于等于 50km/h，总质量小于等于 2000kg，长度小于等于 4600mm，宽小于等于 1600mm，高度小于等于 2000mm，具有三个车轮的货车。其中，采用方向盘转向、由传动轴传递动力、有驾驶室且驾驶座椅后有物品放置空间，总质量小于等于 3000kg，车长小于等于 5200mm，宽小于等于 1800mm，高小于等于 2200mm。

#### 2.1.2 行业发展现状

三轮汽车自八十年代初期产生以来，由于适应我国农用运输需求、适应农村使用条件、适合农民购买力水平等特点，成为具有中国特色的产业并得以迅速发展。目前，三轮汽车已经成为农村、乡镇内短途运输的重要工具。据中国内燃机工业年鉴，2007年至2017年，全国三轮汽车总产量一直维持每年200万辆以上，产值在400亿元左右。近几年三轮汽车产量见表2.1。

表 2.1 三轮汽车产量

年份	三轮汽车（单缸机配套）产量（万辆）
2011	208.4
2012	234.2
2013	250.4
2014	250.2

<b>2015</b>	258.3
<b>2016</b>	261.8
<b>2017</b>	238.4

2016 年我国三轮汽车市场的主要产品变化趋势如下：

(1) 额定载重质量是 300kg 级的占比改变不大，前几年约占 2.7%，2016 年上升至 4.40%，700kg 级的继续减少，500kg 级，2013 年占比 85.96%，2014 年占比 90%，2015 年占比 92.26%，2016 年则因 300kg 的增长而减至 90.2%。

(2) 卸货方式中以自卸车型为主力，近 4 年从小于 70%持续提升至 2015 年 72.99%，2016 年又升至 75.1%。

在我国，三轮汽车的生产企业主要分布在以山东为主的华东地区。几年来，该行业的集中度一直很高，2017 年排名前 5 的企业生产集中度占比 98.04%，详见表 2.2。除个别企业自产自配发动机外，大部分企业均按照用户要求外采不同的发动机。三轮汽车的销售地集中度也比较高，根据中国农业机械化研究院统计数据，十几年来，销售前 10 名的省份详见表 2.3。

**表 2.2 2017 年三轮汽车产量排名前 5 名企业的产销量**

序号	企业名称	产量(辆)
1	A	1,126,620
2	B	1,022,369
3	C	163,843
4	D	15,174
5	E	8,938
合计		2336813
行业占比		98.04%

**表 2.3 2016 年三轮汽车按销售比例分布的前 10 个省市**

省市	河南	山东	甘肃	河北	山西	辽宁	安徽	陕西	江苏	湖北	其它
比率 (%)	19.34	15.48	11.95	10.39	8.53	7.44	5.69	5.61	4.04	2.98	8.55

在农村市场，短途运输量大，劳动强度大，使用频次高的现实，使三轮汽车与其它汽车相比，有着不同的功能作用和独特优势。三轮汽车主要用途和运行区域占比分析见图 2.1。

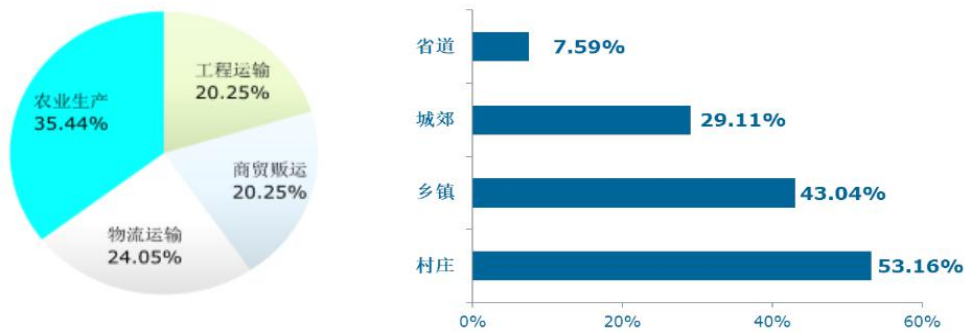


图 2.1 三轮汽车各用途和运行区域占比

目前，三轮汽车主要生产企业在全国农村地区都建立起了比较健全的营销和售后服务网络，县城甚至乡镇都设有经销店或专卖店，农民购买、维修、零部件供应都极为方便。同时，农村市场对汽车的价格敏感度非常高，三轮汽车具有较大的价格优势，价格定位于与农民收入水平相当的低价位，其价格区间主要位于 1 到 3 万元之间，而一般轻型载货汽车售价在四万到八万元，差价较悬殊。无论从农民的购买能力和使用习惯，还是操作、维修，三轮汽车在农村市场有着深厚的基础。

## 2.2 三轮汽车用柴油机情况

我国三轮汽车用柴油机主要是单缸柴油机和多缸小缸径柴油机，生产企业多是农机和非道路发动机企业，技术力量弱于汽车生产企业。目前，为三轮汽车配套的柴油机，主要沿用拖拉机用柴油机，或者在此基础上发展而来，也有淘汰的车用柴油机转移到三轮汽车市场。目前为三轮汽车配套的单缸机大都以原 95 缸径单缸机为基本机型，为增加其功率，通过不断地扩大缸径，派生出 100/105/110/115/120 等缸径，最大缸径甚至扩大到 135mm，单缸排量达到 1.9L。由于过分追求缸径的扩大，忽略了对燃烧、冷却、噪声、排放等技术指标的提升，造成高能耗和高污染的后果。三轮汽车装用的主要单缸柴油机机型，见表 2.4。

表 2.4 2014-2015 年三轮汽车配套柴油机主要品种及配套量

机型		1115	1105	1100	190	180	1110	195	1125
2015	比率/%	28.27	25.66	8.47	6.50	6.02	5.93	2.80	2.52
	折量(万台)	73.25	66.49	21.95	16.84	15.60	15.37	7.26	6.53
2014	比率/%	26.20	26.54	9.92	6.83	6.31	7.77	2.81	2.58
	折量(万台)	65.56	66.41	24.82	17.09	15.79	19.44	7.03	6.46

三轮汽车配套单缸和多缸柴油机的生产，是由一个社会化、专业化分工的配件市场及供给网络支撑的装配式体系，产品的同质化程度高、产品价格竞争激烈。所以，过度竞争是这一行业的发展中长期存在的矛盾。许多厂家的同一类型的产品，都有完全相同的配套体系，无法实施差异化竞争。

### (1) 单缸机行业状况

在我国内燃机行业中，按台数计算单缸柴油机约占 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，服务于“三农”，车用单缸柴油机当前仅配套三轮汽车。目前，我国单缸机主要生产企业有 50 家左右，占到了国内单缸柴油机总产量的 99% 以上。近几年单缸柴油机产销量情况见表 2.5。

表 2.5 全国单缸柴油机产销量情况

年份	2010		2011		2012		2013		2014		2015		2016	
产销量 (万台)	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	产量
		865	862	850	832	700	697	617	613	550	550	500	500	/
销售增幅%	11.18		-1.73		-17.65		-11.86		-10.86		-9.1%		-5.2%	

### (2) 小缸径多缸机行业状况

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。应用领域主要是配套轻型汽车和低速货车，少量应用于三轮汽车，同时也是大中型拖拉机、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、增压和自然吸气并存局面，由用户市场选择，有着很大地经济成本压力。部分生产企业综合水平相当于车用发动机未进行排放控制的水平，其也储备有先进的车用排放控制技术，但迫于市场的成本压力和国家强制性标准的力度，仍在生产落后机型。小缸径多缸柴油机近几年产销量情况见表 2.6。

表 2.6 小缸径多缸柴油机产销量情况

年份	2010		2011		2012		2013		2014		2015	
产销量 (万台)	产量	销量	产量	销量	产量	销量	产量	销量	产量	销量	产量	销量
		334.9	334.6	326.9	320.0	308.4	302.7	327.1	328.3	/	279.6	/
销售增幅%	12.36		-1.38		-8.28		8.46		-14.83		-3.68	

### 2.3 三轮汽车在农村的应用情况

农村地区的道路条件较差，离地间隙偏小的汽车不适合在农村地区行驶。三轮汽车非常适应农村的道路条件，在乡间公路特别是可以用于从田间地头到农村场院间的短途运输，还可用于为田间作业、抽水、打场以及为其他加工机械提供动力等。三轮汽车的市场总占有量在逐渐减少，但其在价格和很多功能仍具有优势，目前仍有较大保有量。一是虽然主要粮食作物的收获实现了机械化，但跟踪收获机械进入田间，将果穗、果粒运回农户家中的运输工具仍较多使用三轮汽车；二是目前全国正在实施的美丽乡村建设，推进城镇乡村环卫一体化，而农村街道狭窄，大型环卫车辆无法通行，绝大多数农村环卫车辆选择使用三轮汽车；三是农村小型水利工程、小城镇建设由于运输量小、运距短，使用大型汽车的经济性及车辆协调性差，而三轮汽车使用方便，运输成本较低，深受农民欢迎。现在三轮汽车 95% 的为自卸车辆、专用车辆，在农村、农业发展中不可或缺。部分农村用三轮汽车的作业实例见图 2.2、图 2.3。



图 2.2 农村环卫用三轮车



图 2.3 田间作业用三轮车

### 2.4 行业在国外的的发展状况

国外发达国家与我国三轮汽车用途相近的主要是微型汽车和皮卡，没有与我国相同类别的产品分类。大多数国民经济水平与我国基本相当的发展中国家，如东南亚、非洲、南美等，对农业生产资料的需求也与我国农村相当，但都没有对此类车辆进行定义和规模化生产。



### 3 修订标准的必要性分析

#### 3.1 柴油机排气污染物的危害性

三轮汽车尾气中的一氧化碳(CO)、碳氢化合物(HC)、氮氧化物(NO<sub>x</sub>)、二氧化硫(SO<sub>2</sub>)、烟尘等污染物对人体健康有很大的危害。

一氧化碳是烃燃料燃烧的中间产物,当车辆负重过大、慢速行驶或空挡运转时,燃料不能充分燃烧,废气中一氧化碳含量会明显增加。一氧化碳由呼吸道进入人体的血液后,会和血液里的红血蛋白Hb结合,形成碳氧血红蛋白,导致携氧能力下降,使人体出现反应,如听力会因为耳内的耳蜗神经细胞缺氧而受损害等。吸入过量的一氧化碳会使人发生气急、嘴唇发紫、呼吸困难甚至死亡。虽然对人体无副作用的一氧化碳阈值尚未确定,但长期吸收一氧化碳对城市居民身体健康是一个潜在威胁。

氮氧化物是在内燃机气缸内生成的,排放量取决于燃烧温度、时间和空燃比等因素。从燃烧过程看,排放的氮氧化物95%以上是一氧化氮,其余是二氧化氮。人体受一氧化氮毒害的事例尚未发现,但二氧化氮是一种红棕色的呼吸道刺激性气体,对人体影响甚大。

碳氢化合物和氮氧化物在大气环境中受强烈太阳光紫外线照射后,通过复杂的光化学反应,生成一种新的污染物,其会形成光化学烟雾,导致支气管炎、冠心病、肺结核和心脏衰弱者死亡等事件显著增加。

柴油机所排放的颗粒物大多为2.5μm以下的细微颗粒,可以深入人体的肺泡之中,重要的是这些细微颗粒是许多有毒物或致癌物的载体。美国对柴油机所排放的细微颗粒的风险评估研究表明,其在环境空气中每增加10μg/m<sup>3</sup>,由此所引发的癌症死亡率就可能增加1%。

#### 3.2 相关行业产业政策

##### 3.2.1 汽车产业调整和振兴规划

在2009年1月14日发布的《汽车产业调整和振兴规划》中规定:新增中央投资中安排50亿元资金,自2009年3月1日至12月31日,对农民购买1.3升及以下排量的微型客车,以及将三轮汽车或低速货车报废换购轻型载货车的,给予一次性财政补贴;抓紧制订道路机动车辆管理条例,完善机动车辆管理法体系;启动对产业有重要提升和保护作用的标准的研究制订工作,抓紧制订新能源汽车产品标准、试验方法;落实汽车整车(含摩托车、三轮汽车、低速货车)生产企业退出机制;制订新能源汽车关键总成的准入标准;研究制订三轮汽车和低速货车生产企业向相关产业转型的鼓励办法。

### 3.2.2 产业结构调整指导目录（2011 年本）

2011 年 4 月 6 日，发改委发布了第 9 号文件，即《产业结构调整指导目录（2011 年本）》，文中在限制类第 11 条提到，低速汽车（三轮汽车、低速货车）自 2015 年起执行与轻型卡车同等的节能与排放标准。

### 3.2.3 重点区域大气污染防治“十二五”规划

在 2012 年发布的《重点区域大气污染防治“十二五”规划》中提到“2015 年起低速汽车(三轮汽车、低速货车)执行与轻型载货车同等的节能与排放标准。”

### 3.2.4 节能减排“十二五”规划

《节能减排“十二五”规划》的通知中提到：“十二五”末实现低速车与载货汽车实施同一排放标准。这也对低速汽车企业发展方向提出了新的要求。

### 3.2.5 国务院关于印发大气污染防治行动计划的通知

大气十条明确地提出：加快推进低速汽车升级换代。不断提高低速汽车（三轮汽车、低速货车）节能环保要求，减少污染排放，促进相关产业和产品技术升级换代。自 2017 年起，新生产的低速货车执行与轻型载货车同等的节能与排放标准。

### 3.2.6 工业和信息化部发布了《关于开展低速货车并轨工作通知》

2014 年 11 月 16 日，工业和信息化部发布了《关于开展低速货车并轨工作通知》（工业和信息化部产业[2014]473 号），通知中指出：自 2017 年 1 月 1 日起，在《车辆生产企业及产品公告》管理中取消低速货车产品类别，相关企业应停止生产、销售低速货车产品。

## 3.3 行业发展带来的环境问题

据《中国机动车环境管理年报（2017）》统计，2016 年末，三轮汽车的保有量达到 800 多万辆，占整个机动车保有量 2.95 亿辆的 3.2%。2016 年我国各类机动车的保有量见图 3.1。

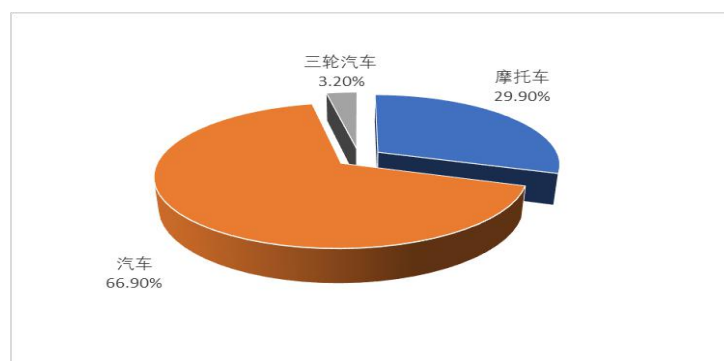


图 3.1 2016 年机动车保有量（万辆）

2016年，三轮汽车全年排放NO<sub>x</sub>、PM、HC和CO四种污染物的排放量分别为：34万吨、2.2万吨、12.7万吨和11.9万吨，分别占机动车总排放量的5.9%、4.1%、3.0%和0.3%，见图3.2。



图 3.2 机动车污染物排放分担率

随着我国汽车排放标准愈加严格，三轮汽车的污染权重将会越来越大，在我国中小城镇、城乡结合部已经成为主要的移动污染源。目前的排放限值，已经不能满足国家日益严格控制环境污染的政策要求，也不能满足行业发展的需要。

### 3.4 现行标准实施情况和存在的问题

#### 3.4.1 现行标准实施情况

我国于2005年5月30日发布了《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）》，2006年1月1日实施I阶段型式检验，2007年1月1日开始实施II阶段型式检验。标准的实施加快了企业资金投入和技术开发速度，产品排放性能得到提升，促进了产品更新换代，加快了整个行业的快速健康发展。据有关统计数据，三轮汽车生产企业为35家，三轮汽车车型共有581个；配装的发动机生产企业约25家，达到GB19756-2005第II阶段排放限值的发动机机型有493个。

#### 3.4.2 现行标准存在的问题

##### (1) 现行标准缺乏对三轮汽车整车排放的监管

大气法第五十一条明确规定：机动车船、非道路移动机械不得超过标准排放大气污染物，而现行GB19756-2005标准仅针对柴油机进行台架试验，生产一致性检查也仅限于柴油机，并未对发动机装配到三轮汽车后的污染物排放情况进行检验，致使对整车排放监管疏漏。

##### (2) 排放控制水平落后

随着 GB19756-2005 的实施以及近几年市场的迅速发展，三轮汽车行业技术水平已有所提升。但目前实施的 GB19756-2005 第二阶段与 GB17691-2005 第四阶段（ESC）相比，限值较为宽松，见图 3.3。随着车用柴油机标准和非道路用柴油机标准的逐步加严，有必要也有条件对三轮汽车排放控制水平进行提升。

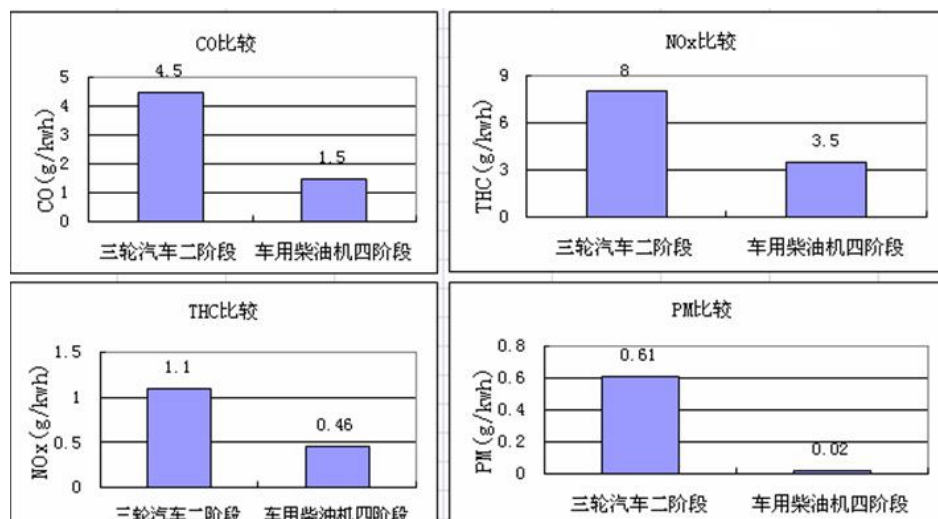


图 3.3 三轮汽车和车用柴油机（重型柴油车）排放限值对比

### 3.5 制订标准的目的和意义

低速货车与三轮汽车用柴油机排气污染物排放限值及测量方法 II 阶段已经实施 10 年，其对应的柴油机技术水平已经远远落后其他行业所用柴油机，进一步提高要求，势在必行。新标准的制定和实施，能够加快促进三轮汽车用柴油机技术水平的发展，淘汰落后产品、提高产业竞争力和可持续发展的能力，对三轮汽车行业的发展具有规范和指导意义。

同时，本标准的制订和实施将进一步贯彻实施大气法，减少三轮汽车用柴油机污染物排放，改善空气质量起到积极作用。

## 4 行业污染控制技术分析

整体来看，三轮汽车用柴油机技术水平不高，企业自主开发能力薄弱，环保问题突出，人员和资金投入都不大，产品更新和升级进度缓慢。

### 4.1 单缸机

当前为三轮汽车配套的单缸机主要是直喷式柴油机，功率在 8kW-18kW，以卧式、水冷、手摇起动为主，喷油系统以配置 S 型喷油器为主，向 P 型喷油器转化，喷油泵泵端压力在 30MPa-40MPa。

由于多数机型的机体、曲轴、缸盖、缸体、凸轮、连杆、飞轮齿轮及缸盖等都已具有专业企业大批量生产，市场上很容易买到，或由零部件厂专门承担配套，

使得柴油机主机厂的技术含量和密集程度大为降低，企业的技术投入有限，技术上多年来没有大的突破。

## 4.2 多缸机

为三轮汽车配套的多缸机（包括两缸、三缸）都是小缸径、小功率柴油机，部分企业最近几年才由生产单缸机逐步进入多缸机领域。这部分柴油机与 90 年代的车用柴油机水平相当，多采用机械直列泵和自然吸气技术，喷油器多使用 S 嘴，泵端压力在 50MPa-60MPa，没有机型采用增压技术，更没有采用增压中冷技术和电控燃油系统的。同期稍大功率的车用柴油机，已经采用了泵端压力达到 120MPa-140MPa，喷油器可以实现时间控制的电控喷油技术，进气系统采用了增压中冷和 EGR 技术，并增加了排气后处理系统。与车用柴油机相比，目前三轮汽车用多缸柴油机处于技术落后、低质量、低价格的水平。

由于三轮汽车在汽车市场中属于最低档的产品，市场对价格敏感度高，此类产品配套的柴油机面临着提高配置、成本增加的压力。从近几年申请工业和信息化部机动车产品《公告》时配套三轮汽车用柴油机的排放检测数据来看，柴油机的 NO<sub>x</sub> 和 PM 排放水平一直处在第二阶段的边缘地带，由于没有更严格的排放标准，其排放水平停滞不前，详细分布见图 4.1。其中，收集到的 121 个申报机型分别为 114 个单缸机和 7 个多缸机，功率从 8 马力到 35 马力，全部采用机械燃油泵供油系统。

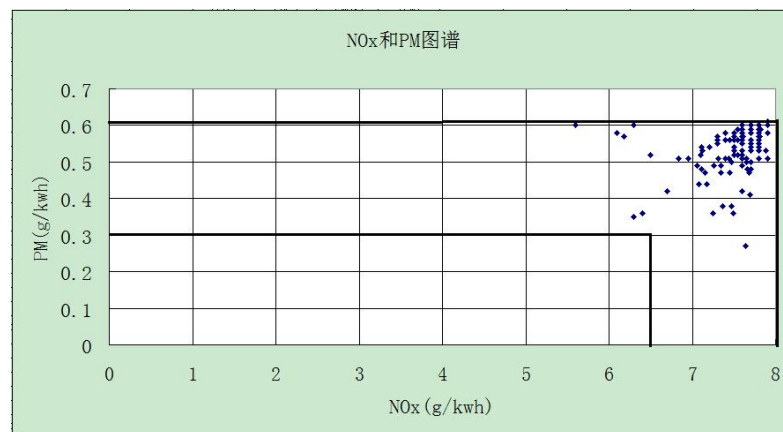


图 4.1 NO<sub>x</sub>和 PM 分布图谱

## 4.3 非道路移动机械国三标准实施，促进发动机污染控制水平的提升

2014 年我国非道路移动机械第三阶段排放标准实施后，企业意识到柴油机必然是要向电控燃油系统方向发展，因此企业从 2014 年底纷纷开始了对电控单缸机及电控两缸、三缸柴油机的研究开发。

### 4.3.1 电控单缸机

电控单缸机燃油系统采用车用柴油机成熟的电控单体泵技术，泵端压力达到70Mpa以上，并具有进一步的提升空间。

电控系统的应用使得能够精确控制燃油喷射时间，喷油压力的提升能够使燃油更好地雾化，燃烧更加充分，燃油经济性和污染物排放控制水平都一定程度上得到了提升。

目前各家企业都已经有了自己的电控单缸机机型，且部分企业已有机型通过了非道路第三阶段的型式检验，另有一些企业也已经开发出了样机，这些机型可以与三轮汽车用发动机通用，不需要有硬件变化。三轮汽车的主要企业的产品都已经匹配了电控单缸机，并进行了一些道路试验。从道路试验结果反馈看，采用电控单缸机的三轮汽车，其燃油经济性得到提升，冒黑烟的问题基本解决。

### 4.3.2 电控小缸径多缸机

目前，已有两缸柴油机机型通过了非道路第三阶段的型式检验，该类机型采用高压共轨燃油系统（表4.1中的A和B机型）。另有一些企业已经开发出采用电控单体泵燃油系统的两缸机和三缸机（表4.1中C和D机型）。从表4.1中的试验数据可以看出，采用电控燃油系统的柴油机，其原机排放结果均能满足非道路第三阶段的标准要求，颗粒物排放更是远优于标准规定的限值。

表 4.1 电控多缸机八工况排放结果

机型	功率 (kW)	NOX (g/kWh)	THC (g/kWh)	CO (g/kWh)	PM (g/kWh)
限值		7.5		5.5	0.60
A	28.0	5.26	0.44	1.07	0.199
B	19.5	4.21	0.56	1.60	0.138
C	26.5	6.04	0.62	2.37	0.126
D	33.1	5.43	0.74	2.95	0.154

对比采用传统机械燃油系统的柴油机，我们发现，采用电控燃油系统的柴油机排放控制水平有了明显的提升，NO<sub>x</sub>降低了20%到50%左右，PM降低了50%到60%左右，详见图4.2。

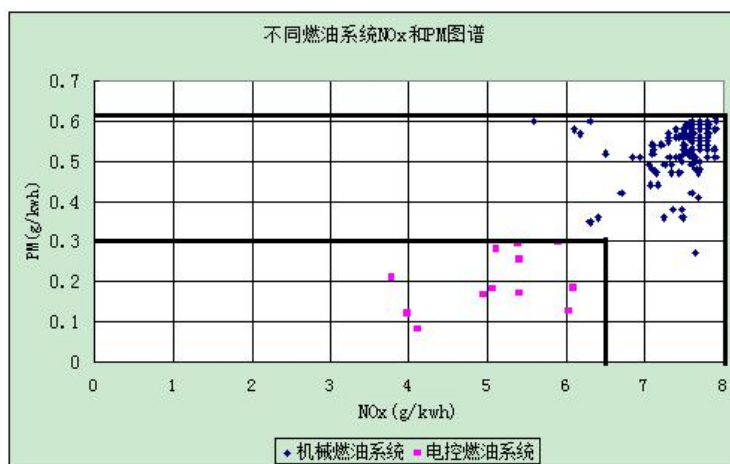


图 4.2 不同燃油系统 NO<sub>x</sub> 和 PM 图谱

### 4.3.3 面临的问题

同时，企业面临的问题和挑战主要集中在两个方面：一是电控燃油系统的柴油机推向市场后，价格会有所提升，企业担心会降低消费者对产品的认知度；二是普通消费者不具备诊断处理相关故障的能力，与之前三轮汽车产品有较大的差别，企业须提升三轮汽车服务站的服务能力，以应对未来三轮汽车供油系统可能出现的故障。

## 5 主要国家、地区及国际组织相关标准研究

国外没有低速货车及三轮汽车的定义。在欧美各国的排放法规中，对于以柴油机为动力的移动机械，除归属到各类汽车中外，只有“非道路用移动机械”的定义。所有作为交通、运输工具的车辆都归入汽车类法规管理，作为非交通、运输工具用途的各类移动机械都归入非道路用移动机械类法规管理。因此，国外没有现成的三轮汽车排气污染物限值和测量方法的标准，本标准的制订只能参考道路车辆发动机和非道路移动机械发动机排放控制法规。

## 6 我国有关标准的情况介绍

2005年5月30日，我国发布GB19756-2005《低速货车与三轮汽车用柴油机排气污染物限值及测量方法（中国I、II阶段）》，用于控制三轮汽车和低速货车用柴油机排气污染物。2006年1月1日实施I阶段，2007年1月1日实施II阶段至今。

对于低速货车，自2017年1月1日起，已经与轻型载货汽车并轨。目前我国轻型载货汽车污染物排放执行2013年发布的GB18352.5-2013《轻型汽车污染物排放限值及测量方法（中国第五阶段）》标准。

三轮汽车配套的柴油机大多可与非道路移动机械通用。2014年5月16日，



我国已发布了 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（中国第三、四阶段）》标准，已于 2014 年 10 月 1 日开始实施。

鉴于本标准不再包含低速货车的排放要求，而三轮汽车装用的柴油机主要与非道路行业装用的柴油机相似，本章将主要介绍 GB19756-2005《低速货车与三轮汽车用柴油机排气污染物限值及测量方法（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（中国第三、四阶段）》两项标准。

### 6.1 三轮汽车排放标准（GB19756-2005）

三轮汽车配套动力多是单缸和小缸径多缸柴油机，其采用自然吸气技术，在技术水平和排放水平与柴油汽车的欧 0 阶段相当。因此，GB19756-2005 采用了柴油汽车欧 0 阶段的限值作为该标准 I 阶段的限值，采用 GB17691-2001 标准 I 阶段的限值作为该标准的 II 阶段的限值，试验循环采用与车机原第二阶段标准相同的 13 工况。

#### 6.1.1 排放限值

在不同的排放阶段型式检验和生产一致性检查规定了不同的限值，见表 6.1、6.2。

表 6.1 型式检验试验排放限值 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)
I 阶段	11.2	2.4	14.4	—
II 阶段	4.5	1.1	8.0	0.61

表 6.2 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)
I 阶段	12.3	2.6	15.8	—
II 阶段	4.9	1.23	9.0	0.68

#### 6.1.2 试验循环

试验循环采用与车机原 GB17691-2001 第二阶段相同的 13 工况，见表 6.3。

表 6.3 试验循环

工况号	柴油机转速	负荷百分比	加权系数
1	怠速	--	0.25/3
2	中间转速	10	0.08



3	中间转速	25	0.08
4	中间转速	50	0.08
5	中间转速	75	0.08
6	中间转速	100	0.25
7	怠速	--	0.25/3
8	额定转速	100	0.10
9	额定转速	75	0.02
10	额定转速	50	0.02
11	额定转速	25	0.02
12	额定转速	10	0.02
13	怠速	--	0.25/3

## 6.2 非道路移动机械排放标准（GB20891-2014）

2014年5月16日，国家发布了非道路移动机械用柴油机排气污染物国三、国四阶段排放标准，污染物排放限值进一步加严。

### 6.2.1 试验规程

第三阶段试验循环采用与非道路第一、二阶段相同的试验循环，即根据发动机工作特性的不同，可采用八工况和五工况，小于19kW的非恒速柴油机也可以选择采用六工况循环，见图6.1。第四阶段增加了逐秒变化的瞬态试验循环(NRTC)，见图6.2。

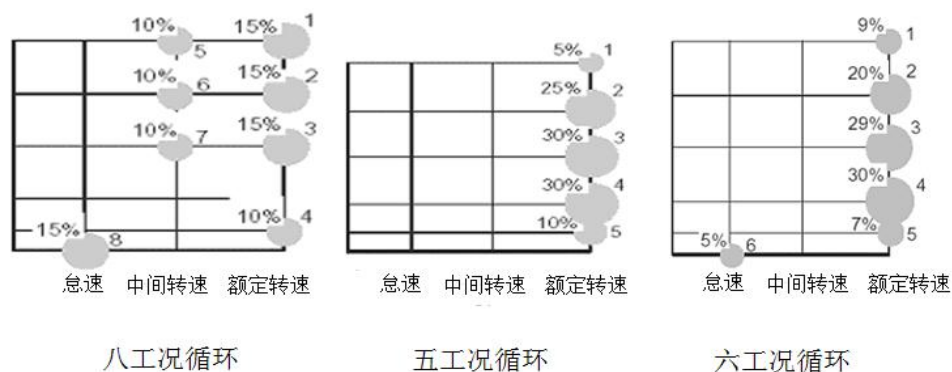


图 6.1 非道路试验循环

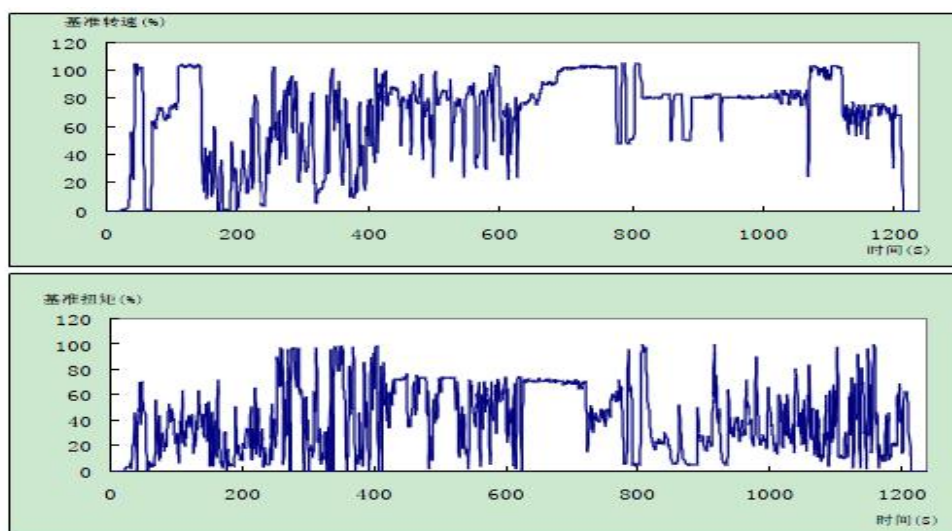


图 6.2 NRTC 试验循环

### 6.2.2 排放限值

非道路移动机械用柴油机排气污染物国三、国四阶段排放标准排放限值见表 6.4。

表 6.4 非道路移动机械用柴油机排气污染物排放限值 单位: g/kWh

阶段	额定净功率 (kW)	一氧化碳 (CO)	碳氢化合物 (HC)	氮氧化物 (NO <sub>x</sub> )	HC+ NO <sub>x</sub>	颗粒物 (PM)
第三 阶段	$P_{\max} > 560$	3.5	—	—	6.4	0.20
	$130 \leq P_{\max} \leq 560$	3.5	—	—	4.0	0.20
	$75 \leq P_{\max} < 130$	5.0	—	—	4.0	0.30
	$37 \leq P_{\max} < 75$	5.0	—	—	4.7	0.40
	$P_{\max} < 37$	5.5	—	—	7.5	0.60
第四 阶段	$P_{\max} > 560$	3.5	0.40	3.5, 0.67 <sup>(1)</sup>	—	0.10
	$130 \leq P_{\max} \leq 560$	3.5	0.19	2.0	—	0.025
	$75 \leq P_{\max} < 130$	5.0	0.19	3.3	—	0.025
	$56 \leq P_{\max} < 75$	5.0	0.19	3.3	—	0.025
	$37 \leq P_{\max} < 56$	5.0	—	—	4.7	0.025
	$P_{\max} < 37$	5.5	—	—	7.5	0.60

<sup>(1)</sup> 适用于可移动式发电机组用  $P_{\max} > 900\text{kW}$  的柴油机。

### 6.2.3 标准实施情况

GB20891-2014标准的实施，促进了整个非道路行业柴油机行业，特别是对

于单缸柴油机行业排放水平的提高。由于排放限值的加严，原有单缸机的技术方案满足限值要求非常困难。因此，国内各主要单缸机生产企业纷纷开发电控燃油系统的单缸机，同时对单缸机零部件的选材、加工精度等都进行了优化，可以说满足非道路第三阶段排放标准的单缸机是世界单缸机行业最重大的一次革命。电控单缸柴油机因为提高了燃油喷射压力，使得燃油雾化更加充分，提高了燃油经济性，同时根据市场反馈，装用电控单缸机的机械震动噪声也都不同程度的降低。当然电控单缸机的应用中也存在一些问题，特别是ECU及线束的增加，使得机械对恶劣环境的适应能力变差，用户也不再具备自行维修的能力，但这些问题随着产品的优化，都是不难解决的。三轮汽车主要的动力就是单缸柴油机，非道路标准的实施，对三轮汽车标准的制定打下了良好的基础。

## 7 标准的主要技术内容

本标准是对GB19756-2005《低速货车与三轮汽车用柴油机排气污染物限值及测量方法（中国I、II阶段）》的修订，原标准包含了低速货车污染物排放控制要求。2014年11月16日，工业和信息化部发布的《关于开展低速货车并轨工作的通知》中指出：“自2017年1月1日起，在《车辆生产企业及产品公告》管理中取消低速货车产品类别，相关企业应停止生产、销售低速货车产品。自2016年1月1日起，低速货车新产品执行与轻型载货汽车同等的节能与排放标准。”因此本标准仅适用于三轮汽车用柴油机。

### 7.1 信息公开的要求

根据大气法第五十二条规定：“机动车、非道路移动机械生产企业应当对新生产的机动车和非道路移动机械进行排放检验。经检验合格的，方可出厂销售。检验信息应当向社会公开。”生态环境部印发了《关于开展新生产机动车和非道路移动机械环保信息公开工作的公告》，对新生产机动车和非道路移动机械环保信息公开工作提出了明确要求。根据上述要求，标准中详细提出了三轮汽车及其装用的柴油机型式检验的要求、型式检验需要提交的材料、环保生产一致性和在用符合性及信息公开的要求。

### 7.2 型式检验排气污染物排放限值

#### 7.2.1 标准限值

根据“大气十条”文件的要求：“应不断提高低速汽车（三轮汽车、低速货车）节能环保要求，减少污染排放，促进相关产业和产品技术升级换代”。为了最大限度地提高三轮汽车污染物排放控制水平，减少单车污染物排放量，标准提出了三轮汽车第三阶段排放限值要求，与第二阶段相比，颗粒物排放加严了50%，

其他各污染物加严了 20%左右，见表 7.1。

表 7.1 三轮汽车用柴油机型式检验排气污染物排放限值 单位：g/kWh

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)
第三阶段	3.5	0.85	6.5	0.30
第二阶段	4.5	1.1	8.0	0.61
加严比例	22%	23%	19%	51%

### 7.2.2 限值确定依据

大气法第二章第九条明确规定：“制定大气污染防治标准，应当以大气环境质量和国家经济、技术条件为依据”。近年来，随着柴油机行业的技术进步，车用柴油机已经实施第五阶段的排放限值要求，但三轮汽车的污染物排放标准还一直停滞在 2007 年的控制水平，其污染物的排放限值（比排放量）普遍是车用柴油机的 2-3 倍，颗粒物更是高达 30 倍。

非道路第三阶段排放标准的发布和实施，推动了小功率柴油机的技术进步，各企业纷纷研究开发电控技术的单缸机和小缸径多缸机，以应对逐渐加严的环保要求。如前所述，采用电控单体泵或高压共轨燃油喷射系统排放控制水平有了明显的提升。由于各企业电控技术仍然在开发和小批量生产阶段，本标准控制重点放在 PM 上，提出了在原来基础上削减 50%的要求，NO<sub>x</sub> 削减 20%。

### 7.2.3 限值的验证

为验证本标准限值的可行性，标准编制组选择了目前各企业已开发满足非道路第三阶段的相关机型进行验证试验。同时，考虑到采用相同排放控制策略的柴油机，其劣化特性是相同的，因此，最终试验结果均采用本标准推荐的劣化系数进行了修正。详细试验数据见表 7.2。

表 7.2 十三工况试验结果

机型	配置	功率 (kW)	污染物结果 (g/kWh)			
			NO <sub>x</sub>	HC	CO	PM
排放限值			<b>6.5</b>	<b>0.85</b>	<b>3.5</b>	<b>0.30</b>
A	电控单体泵、单缸	12.4	5.291	0.421	2.243	0.216
B	电控单体泵、四气门、单缸	18.4	4.353	0.667	1.280	0.217
C	电控单体泵、单缸	14.7	6.292	0.568	3.280	0.273
D	高压共轨、两缸	28.0	5.317	0.408	1.045	0.223
E	电控单体泵、单缸	12.1	6.23	<b>0.883</b>	<b>4.369</b>	<b>0.353</b>

<b>F</b>	电控单体泵、单缸	17.6	6.47	0.508	2.437	0.27
<b>G</b>	电控单体泵、单缸	22.6	6.22	0.840	2.34	<b>0.57</b>
<b>H</b>	电控单体泵、单缸	18.38	5.22	0.480	1.20	0.156
<b>I</b>	电控单体泵、单缸	18.3	6.32	0.411	1.60	0.250
<b>J</b>	高压共轨、三缸	21.8	6.39	0.198	3.14	0.107

根据表 7.2 数据，可以看出，采用目前较为先进排放控制技术的 10 款电控燃油系统柴油机，其中 E 机型的 HC、CO 和 PM 均超出本标准规定的限值，G 机型的 PM 超出限值要求，10 款柴油机达标率约为 80%，制定该限值能满足环保管理工作的需要，并将大大推动小功率柴油机电控燃油喷射技术的发展。

### 7.3 整车排放测试要求

为更好地对在用三轮汽车的污染物排放水平进行有效地监督，标准提出了型式检验、新生产车达标检查及在用符合性检查的要求，在整车上就可以完成排放测试，使得这部分工作易于操作。生产企业应采取措施，确保正常使用条件下的三轮汽车所安装的柴油机，在正常寿命期内，排放控制装置始终正常运行，且排放达标。同时标准中还提出了生产企业的自查和环保达标监管部门抽查的具体要求以及不符合时的整改措施。

考虑到非道路柴油移动机械烟度排放限值及测量方法（送审稿）中对 19kW-37kW 之间的机械规定的自由加速烟度限值为  $1.0 \text{ m}^{-1}$ ，19kW 以下的机械规定限值为  $2.0 \text{ m}^{-1}$ ，而三轮汽车用柴油机与相应非道路功率段柴油机是同一水平的产品，因此本标准采用与非道路柴油移动机械相同的限值要求。针对本限值要求，编制组进行了验证试验，共计 8 台整车和 4 台单缸柴油机，功率均在 19kW 左右，试验数据见表 7.3 和图 7.1。从表 7.3 中可以看出，自由加速烟度在  $1.0 \text{ m}^{-1}$  以下的没有，自由加速烟度值超出  $2.0 \text{ m}^{-1}$  有 7 台机型，达标比例相对偏低，考虑到这些机型在开发过程中并没有考虑烟度，并且都是针对非道路开发的机型，因此本标准规定的限值可以进一步促使企业使用更为先进的排放控制技术，同时针对 19kW 以上的限值要求，企业应考虑开发诸如多缸机等新产品来应对。

表 7.3 部分车型、机型自由加速烟度试验结果

编号	发动机型号	缸数	车型	自由加速烟度值 ( $\text{m}^{-1}$ )
1	A	1	AA	2.90
2	B	1	BB	2.41
3	C	1	CC	2.03
4	D	1	DD	1.90

5	E	1	EE	1.75
6	F	1	FF	3.18
7	G	3	GG	2.00
8	H	3	HH	2.96
9	I	1	/	1.90
10	J	1	/	1.50
11	K	1	/	3.17
12	L	1	/	2.86

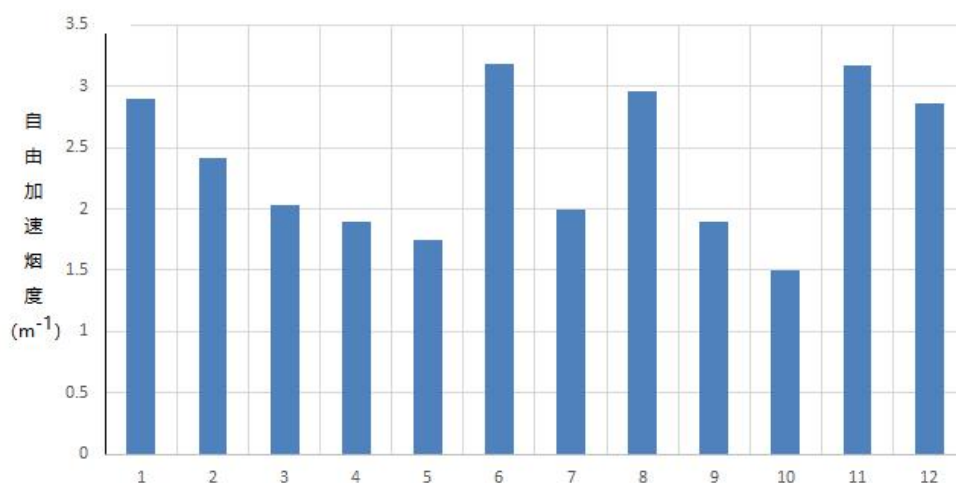


图 7.1 部分车型、机型自由加速烟度试验结果

## 7.4 新生产车达标要求

大气法第五十二条规定：机动车、非道路移动机械生产企业应当对新生产的机动车和非道路移动机械进行排放检验。经检验合格的，方可出厂销售。检验信息应当向社会公开。大气法明确规定机动车污染物排放的监管对象是车辆本身，因此增加对新生产三轮汽车排放达标的要求及检查是非常必要的。

### 7.4.1 新生产车的达标自查

对于自查，生产企业应自行制定自查规程，选择有足够代表性的车辆以车型（系族）为基础进行排放达标自查，并将自查计划和自查结果进行信息公开。自查按照本标准附录 C 规定的自由加速烟度试验排放测试规程和要求来进行，生态环境主管部门可根据需要检查试验记录。

### 7.4.2 新生产车的达标抽查

对于抽查，生态环境主管部门可以对新生产车辆进行排放基本配置核查、下线检查计划和自查结果审查和污染物排放检查等进行达标抽查。对排放基本配置

进行核查，如被检查的车辆排放控制关键部件或排放策略与信息公开的内容不一致，则视为该车型检查不通过。污染物排放检查，是从批量生产的三轮汽车中随机抽取 3 台，若三台中，有一台不满足 5.3 条的要求，则判定为不合格。

对于柴油机的抽查，仍然执行 F.3.2 的要求进行。

## 7.5 在用符合性要求

车辆在使用环节时的污染物排放是否能够达标，是三轮汽车排气污染防治的重点，因此本标准增加了在用符合性的要求。

### 7.5.1 柴油机企业的在用符合性自查

对于柴油机企业的自查，标准要求，柴油机系族在进行型式检验时，柴油机生产企业应同时制定在用符合性自查计划，柴油机生产企业的在用符合性自查应以柴油机系族为基础进行。柴油机生产企业按自查计划进行在用符合性自查，应尽量选择不同三轮汽车生产企业的车辆进行试验，柴油机系族的在用符合性自查报告由柴油机所配套三轮汽车生产企业进行信息公开（可作为三轮汽车生产企业在用符合性自查报告的一部分），并向生态环境主管部门报备。

### 7.5.2 三轮汽车生产企业的在用符合性自查

对于三轮汽车生产企业的自查，标准要求应以车型（系族）为基础进行。三轮汽车生产企业按自查计划进行在用符合性自查，抽样数量及合格判定应符合附录 G 的规定，在用符合性自查报告由三轮汽车生产企业进行信息公开。

### 7.5.3 在用符合性的抽查

生态环境主管部门可以附录 C 规定的进行自由加速烟度测试规程对车型（系族）进行在用符合性抽查。主管部门随机抽取 2-5 台三轮汽车，若 2 台及以上三轮汽车的测试结果不满足本标准 7.1.2 条的要求，则判定不合格。

### 7.5.4 整改措施

如果主管部门根据生产企业提供的自查报告，判断该车型（系族）的在用符合性不满足本标准要求，或者主管部门抽查后判定该车型（系族）的在用符合性不满足本标准要求，主管部门应通知三轮汽车生产企业，按照本标准 7.4 条的要求采取整改措施。

## 7.6 耐久性要求

三轮汽车用柴油机可靠性不高，一直被行业所诟病。造成这种现状的原因是，长期以来，行业只注重经济利益，价格恶性竞争，采用低质材料，加工工艺粗糙，最终导致产品质量低，可靠性差，寿命短。为了促进行业技术进步，提高产品质

量，保证车辆在更长的使用时间内，发动机排放始终满足排放标准要求，避免因排放控制部件劣化造成排放过高的现象，本标准提出了排放耐久性要求。

当前，三轮汽车并未要求加装里程表，所以统计三轮汽车的行驶里程较为困难，北京工商大学在2010年针对农用运输车排放特性的研究及相关研究成果中指出，三轮汽车年平均行驶里程为21000km，平均行驶车速为15.26km/h。由此，按照机动车强制报废标准规定三轮汽车的报废年限为6年，得到三轮汽车在强制报废年限内的总行驶里程为126000km，因三轮汽车配套的柴油机与非道路移动机械的可通用，近些年三轮汽车的使用率逐年下降，且三轮汽车在货物短途物流运输中的承担比不断上升，参照GB20891-2014对柴油机耐久时间的要求（19kW以下3000小时，19kW以上5000小时），三轮汽车平均行驶车速按照20km/h计算，两者相乘得到三轮汽车按照行驶里程的有效寿命，同时从三轮汽车每年的产量和目前的保留量来看，基本4年的时间，三轮汽车就报废了，一般无法达到6年的报废年限，故将有效寿命的使用时间要求定为其报废年限的2/3，即4年。其中，行驶里程与使用年限以先到者为准，详细要求见表7.4。

表7.4 有效寿命期

装用的柴油机功率 (kW)	行驶里程 (km)	使用时间 (年)
$P_{max} \geq 19$	100000	4
$P_{max} < 19$	60000	4

本标准耐久性要求与非道路三阶段中小于 37kW 以下柴油机的耐久性要求一致。

为了确认标准规定的耐久性要求的可行性，标准编制组对单缸机企业进行了调研，了解到，目前企业为达到排放耐久性，提高产品寿命，主要采取了以下措施：

（1）提高缸体的强度。

如在缸体原有基础上增加了加强筋来强化缸体强度。

（2）主要运动件采用更加耐磨的材料。

如活塞、活塞环、气门、气门垫圈都对原有材料进行了升级。

（3）提高零部件加工工艺水平。

如通过提高缸体铸造水平，使得水道内壁更加光滑，有利于发动机散热；提高运动件加工精度，减小摩擦副阻力，同时也有利于减少机油消耗量。

上述措施是在原有发动机的基础上进行了优化和选材，成本增加约 100 元-200 元。



采取上述措施后，产品质量普遍提高，部分企业均有机型已经按照规定完成了 750 小时（或 1250 小时）的耐久性试验，达到了标准规定的要求。根据各企业目前的耐久性测试结果，其主要污染物 NO<sub>x</sub> 劣化修正值一般在 0.4-0.6 范围，PM 的劣化修正值一般在 0.04-0.10 范围。

由此证明，本标准规定的耐久性要求是可行的。

## 7.7 质保期

长期以来，企业在三轮汽车售出后，主要是对如发动机、变速箱、底盘灯零部件总成提供质保服务，未将排放相关零部件包含在内，若因其本身出现问题而导致排放超标，往往由用户自行负责对其进行修理。为了改变这种局面，增强三轮汽车生产企业的责任和环保意识，保证排放相关零部件的正常功能，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，三轮汽车生产企业应当承担相关维修费用。

参照非道路移动机械排放标准中允许最短试验时间为有效寿命的四分之一，综合三轮汽车多在乡村及城市近郊使用，用户多没有对车辆进行定期维护保养的习惯，故而车辆的因用户使用所造成的故障率会较其他车辆类型高一些，但较非道路移动机械的使用情况要好，故本标准规定了三轮汽车排放质保期最短要满足有效寿命的一半，如表 7.8 所示，其中，行驶里程与使用时间以先到者为准。

表 7.8 最短质保期的要求

柴油机功率 (kW)	使用时间 (年)
$P_{max} \geq 19$	1
$P_{max} < 19$	1

## 7.8 柴油机标签

原标准仅在型式检验资料中提到了铭牌的位置及固定方法，本标准对标签的内容都进行了详细的规定。标签内容中要求包括柴油机的型号、柴油机的功率参数、生产企业名称、生产日期（年、月、日，“日”可选，如在柴油机其他部位已经标注生产日期，则标签中可不必重复标注）、系族名称、带后处理装置的应注明后处理装置的类型。

## 8 实施本标准的社会效益和经济成本分析

### 8.1 国内外相关标准控制水平对比

我国非道路移动机械用柴油机第三、四阶段标准在制定的时候，针对 19kW 以下柴油机欧美都没有第三阶段限值的要求，美国是到了其第四阶段（2014 年）才提出了要求，欧洲更是到了第五阶段（2019 年）才提出了 19kW 以下限值要求，但考虑到我国是单缸机第一生产和使用大国，同时也为了促进单缸机行业的升级换代，针对 37kW 以下，我们不再细分功率段，而是采用了欧洲 IIIA 阶段 19kW-37kW 功率段的限值要求。这样的限值要求，迫使得我国单缸机行业开发出了电控燃油系统的单缸机。也就是因为电控单缸机的出现，使得其很容易就能满足非道路第三阶段的限值要求，从而为三轮汽车排放标准进一步加严要求打下了基础。

本标准的柴油机排气污染物限值，是当前世界上针对 37kW 以下柴油机最严格的排放限值，各污染物都严于美国正在实施的非道路柴油机 Tier4，也严于我国正在实施的非道路第三阶段的要求。只有 19kW-37kW 功率段的柴油机，美国因为增加了 DPF，颗粒物才降到了 0.03g/kWh 的水平。本标准与我国、美国非道路相应功率段限值比较见表 8.1。

表 8.1 与我国、美国非道路柴油机排放限值的对比

发动机 功率 (kW)	NO <sub>x</sub> +THC (g/kWh)			CO (g/kWh)			PM (g/kWh)		
	中国三阶段		美国 四阶段	中国		美国 四阶段	中国		美国 四阶段
	非道路	三轮车		非道路	三轮车		非道路	三轮车	
P<8			7.5			8			0.4
8≤P<19	7.5	6.5+0.85	7.5	5.5	3.5	6.6	0.6	0.30	0.4
19≤P<37			4.7			5.5			0.03

### 8.2 实施本标准的环境（减排）和社会效益

标准的实施将使得三轮汽车用柴油机的技术水平进一步提高，逐步向车用机靠拢。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。

2016年底，全国三轮汽车的产量约为261.85万辆。根据三轮汽车限值加严程度，估算出我国执行本标准后的环境效益。根据如下公式进行计算：

减排量=(国二车排放因子-国三车排放因子)×单车全寿命内的行驶里程×年产量×国三实施年限

其中:

国二车排放因子根据机动车排污监控中心实测数据获得, 如表 8.2 所示:

表 8.2 国二阶段三轮汽车排放因子

污染物项目	PM (g/km)	HC (g/km)	NOx (g/km)	CO (g/km)
三轮汽车	0.14	1.88	0.89	0.76

本标准相比国二标准, CO、THC 和 NO<sub>x</sub> 加严了约 20%, 故这三种污染物国三车辆的排放因子根据国二排放因子乘以 80% 获得, PM 排放相比国二加严 50%, 故排放因子根据国二排放因子乘以 50% 获得。三轮汽车每年平均行驶里程按照 21000km 计算, 三轮汽车年产量按照 2016 年产量 261.85 万辆计算, 如果本标准实施 3 年, 按照标准要求三轮汽车的有效寿命为 4 年, 由此可得将比实施原标准减少 NO<sub>x</sub>、PM、HC 和 CO 四种污染物排放分别为 9.79 万吨、3.84 万吨、20.67 万吨和 8.35 万吨左右。

### 8.3 达标技术和成本的可行性分析

通过第 7 章的分析, 满足本标准的排放要求, 可用的达标技术主要是电控燃油系统的柴油机。电控单体泵已经在车用机上使用多年, 是非常成熟的燃油系统。据调研, 因为非道路标准的实施, 目前各油泵企业已经具备了一定的产能, 主要油泵企业单缸机电控单体泵产能情况见表 8.3。因为没有技术屏障, 企业只需要添加加工、装配、调试等设备, 油泵厂根据市场需求会大幅提升产能。按照我国单缸机 2016 年 460 万台(三轮汽车配套占比约 56.92%) 的产量来看, 即使所有单缸机均采用电控单体泵, 油泵企业仅目前的设计产能就能够满足需要。

表 8.3 各油泵生产企业单缸机电控单体泵产能情况

生产企业	目前产能(万台)	设计产能(万台)
1	150	250
2	30	60
3	1	100
4	20	50
5	16	100
合计	217	560

成本方面，从柴油机增加成本开看：根据三轮汽车企业反馈，各单缸机企业给其报价，单缸机样机价格比原单缸机增加 1100-1500 元之间。根据有关单缸机企业反馈的信息，预计电控单缸机量产后，其成本增加约 900-1200 元左右，占单缸机总成本的 20%左右。其中，电控系统包括 ECU、电控单体泵、喷油器和线束增加成本约 800-1000 元，其他改动如输油泵、齿轮室、进排气门、活塞、齿圈信号盘等增加约 100-200 元。

从整车成本来看：由于电控柴油机成本增加基本是固定的，但主流三轮汽车根据载重量、配置的不同价格基本位于 1 万到 3 万元不等，同时采用电控单缸机后，三轮汽车企业还需要增加一块 12V 的电瓶，价格在 350 元左右，三轮汽车整车成本增加约 1250-1550 元左右，占原整车成本的 6%-15.5%之间，其成本在可接受范围内。

## 参考文献

- [1] 张蒙、唐光萍等，低速汽车，中国内燃机工业年鉴 2017
- [2] 中国内燃机工业协会，2017 年年会会刊.
- [3] 中华人民共和国环境保护部，中国机动车污染防治年报.2017.
- [4] 中共中央国务院办公厅，汽车产业调整和振兴计划.2009.1.14.
- [5] 陈文淼、王建昕等，中国内燃机学会燃烧节能净化分会 2007 年学术年会论文集，2007.8