

附件三

《三轮汽车用柴油机及其车辆排气污染物排放限值及
测量方法（中国第三阶段）》
（二次征求意见稿）

编 制 说 明

《三轮汽车用柴油机及其车辆排气污染物排放限值
及测量方法（中国第三阶段）》编制组

二〇一六年一月

目 录

1 项目背景.....	1
1.1 任务来源.....	1
1.2 工作过程.....	1
2 我国三轮汽车及其柴油机的行业状况.....	2
2.1 三轮汽车的行业状况.....	2
2.2 三轮汽车用柴油机情况.....	4
2.3 三轮汽车在农村的应用情况.....	6
2.4 行业在国外的发展状况.....	7
3 修订标准的必要性分析.....	7
3.1 柴油机排气污染物的危害性.....	7
3.2 相关的产业政策.....	8
3.3 行业发展带来的环境问题.....	9
3.4 现行标准实施情况和存在的问题.....	10
3.5 制订标准的意义.....	11
4 行业污染控制技术分析.....	11
4.1 单缸机.....	11
4.2 多缸机.....	12
4.3 非道路国三实施后污染控制水平提升.....	13
5 主要国家、地区及国际组织相关标准研究.....	14
6 我国有关标准的情况介绍.....	15
6.1 《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）》(GB19756-2005)	15
6.2 《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)》(GB20891—2014)	17
7 标准主要技术内容.....	18
7.1 新标准不再包含低速货车用柴油机相关的技术内容.....	18
7.2 污染物排放限值.....	18
7.3 耐久性要求.....	20
7.4 在用符合性要求.....	21
7.5 含贵金属材料的后处理系统的要求.....	22
7.6 基准燃油要求.....	22
7.7 柴油机型式核准标签.....	23
7.8 生产一致性检查.....	23
8 实施本标准的社会效益和经济成本分析.....	24
8.1 国内外相关标准控制水平对比.....	24
8.2 实施本标准的环境（减排）和社会效益.....	24
8.3 达标技术和成本可行性分析.....	25

1 项目背景

1.1 任务来源

国家环保部（原国家环保总局）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，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，如：时风、五征、常柴、常发等；向国外著名的单缸机和小功率多缸机企业的专家咨询，如：洋马、久保田等；听取行业协会对起草排放标准的意见，如：中国内燃机协会、中国内燃机协会小缸机分会等；调研了三轮汽车和低速货车的部分检测机构，如洛阳西苑车辆与动力检验所有限公司、吉林大学排放实验室等；电话咨询三轮汽车和低速货车用柴油机方面的专家，听取意见。

起草“开题论证报告”；将“开题论证报告”提交环科院标准所审查，根据审查意见修改。2009 年 12 月 23 日，在北京市召开了《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。

标准开题论证会后，标准编制组开始对国内外企业进行调研，并对部分机型进行了摸底试验。对 GB20891《非道路移动机械用压燃式发动机排气污染物排放限值和测量方法（中国 I、II 阶段）》等相关标准进行了仔细研究，并与正在制订的非道路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。

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，工信部发布了《关于开展低速货车并轨工作通知》（工信部产业(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。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，编制组完成标准征求意见稿，由环保部公开征求意见。4 月 10 日，征求意见稿意见汇总后，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，听取各方对本标准制订与否的意见和建议。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，短期内暂时无法被替代；同时，为了落实“大气十条”中关于三轮汽车应不断提高节能环保要求的目标，制订本标准十分必要。因此，标准编制组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，与会专家对此标准的给予肯定，并建议对行业现状及排放现状加深介绍、对耐久性、技术路线及限值进一步进行可行性验证。

2 我国三轮汽车及其柴油机的行业状况

2.1 三轮汽车的行业状况

2.1.1 定义

三轮汽车：三轮汽车指车长、车宽、车高的限值分别为 4600mm、1600mm、2000 mm，最大总质量不超过 2000kg，最高设计车速小于等于 50 km/h，具有三个车轮的货车；如果采用方向盘转向、由传动轴传递动力、具有驾驶室且驾驶员

座椅后设计有物品放置空间时，车长、车宽、车高的限值分别为 5200mm、1800mm、2200 mm，最大总质量不超过 3000kg。

2.1.2 行业发展状况

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。据中国内燃机协会统计（中国内燃机工业年鉴），2007 年至 2014 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 1。

表 1 三轮汽车产量 单位：万辆

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

在我国，三轮汽车的生产企业主要分布在山东为主的华东地区。几年来，该行业的集中度一直很高，2014 年三轮汽车前 10 家计产 247.62 万辆，生产集中度 98.96。主要企业情况统计见表 2。

表 2 2014 年三轮汽车主要企业产量 单位：万辆

序号	企业名称	产量	序号	企业名称	产量
1	山东时风	98.59	6	山东双力	2.55
2	山东五征	86.17	7	河南广源	2.16
3	河南奔马	39.86	8	河南葛天	1.65
4	福田雷沃	9.86	9	山西卓里	1.03
5	长葛世英	5.09	10	山东东方曼	0.66
合计	247.62				

三轮汽车功能多、作用大，道路适用性强。三轮汽车除能完成城乡间道路运输外，也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。而且，三轮汽车还可用于田间作业、抽水、打场以及带动其他加工机械等。在农村市场，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。

农村公路建设，也促进了三轮汽车的发展，三轮汽车已经成为农村地区的主要交通运输工具。主要厂家在全国农村都建立了比较健全的营销和售后服务网络，而且各主要生产厂家，在全国县城甚至乡镇都设有经销店或专卖店，建立了比较健全的农村营销服务网络，农民购买、维修、零部件供应都极为方便。因此，无论从农民的使用习惯、购买习惯，还是操作、维修，三轮汽车在农村市场有着深厚的基础。

农村市场对汽车价格敏感度非常高，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，而一般轻型载货汽车售价在四万到八万元，差价较悬殊。

随着我国农村建设的不断提高，三轮汽车也在不断地发展和变化。由于三轮汽车在农村既可以作为生产工具，又可以作为运输工具，因此在农村得到广泛应用。

2.2 三轮汽车用柴油机情况

我国三轮汽车使用的柴油机，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，也有淘汰的车用机转移到农用车市场。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，为达到单缸功率的增加，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 1.9 升。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高，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 3。

表 3 2014 年三轮汽车用单缸柴油机各主要机型

型号	180	190	195	1100	1105	1100	1115	1125	合计
数量(万台)	15.8	17.1	7.0	24.8	66.4	16.3	65.6	6.46	219.46
占当年三轮汽车产量比率 (%)	6.31	6.83	2.8	9.91	26.54	6.51	26.22	2.58	87.71

2.2.1 配套柴油机的情况

为三轮汽车配套的单缸和多缸柴油机，生产是由一个社会化、专业化分工的配附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

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，服务于“三农”。2014年单缸柴油机产销量均为550万台，销量比2012年销量减少约10.86%。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，主要有常柴、常发、时风、江动、莱动等，近几年单缸柴油机产量情况见表4。

表 4 全国单缸柴油机产销量情况

单位：万台

年份	2010		2011		2012		2013		2014	
产销量	销量	产量	销量	产量	销量	产量	销量	产量	销量	产量
情况	865	862	850	832	700	697	617	613	550	550
销售增幅/%	11.18		-1.73		-17.65		-11.86		-10.86	

(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增压中冷、增压和自然吸气并存局面，由用户市场选择，经济成本压力很大。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和技术引进前的水平，也有先进的车用排放控制技术，但限于市场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量情况见表5。

表 5 小缸径多缸柴油机产销量情况

单位：万台

年份	2010	2011	2012	2013	2014
----	------	------	------	------	------

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
	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	

2.3 三轮汽车在农村的应用情况

随着农村经济的发展，道路条件的改善，大型农业装备的应用，三轮汽车的市场总量在逐渐减少，但目前预计保有量也还有 1100 万台左右，其很多功能仍具有优势。例如：（1）虽然主要粮食作物实现了机械化收获，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然是三轮汽车；（2）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，而农村街道非常狭窄，大型环卫车辆无法通行，绝大多数农村环卫车辆使用三轮汽车；（3）农村小型水利工程、小城镇建设由于运输量小、运距短，用大型汽车非常不经济也没人愿意干，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，这些车辆农民离不了，农村、农业发展不可或缺。部分农村用三轮汽车图片见图 1、图 2。



图 1 农村环卫用三轮车



图 2 田间作业用三轮车

2.4 行业在国外的的发展状况

在国外发达国家，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。这些国家道路条件较差，在农村地区，不适合离地间隙偏小的汽车运行，适合三轮汽车的使用，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

汽车尾气中含有一氧化碳（CO）、碳氢化合物（HC）、氮氧化物（NO_x）、二氧化硫（SO₂）、烟尘等污染物，这些污染物对人体健康有很大危害。

一氧化碳是烃燃料燃烧的中间产物，当汽车负重过大、慢速行驶时或空挡运转时，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大部分气体中生成的，氮氧化物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%以上可能是一氧化氮，其余的是二氧化氮。人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，产生一种复杂的光化学反应，生成一种新的污染物形成光化学烟雾，支气管炎、冠心病、肺结核和心脏衰弱者死亡等事件都会显著增加。

柴油机所排放的颗粒物大多为 2.5 微米以下的细微颗粒，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，环境空气中每增加 10 微克/m³，由此所引发的癌症死亡率就可能增加 1%。

3.2 相关的产业政策

3.2.1 汽车产业调整和振兴规划

在 2009 年 1 月 14 日《汽车产业调整和振兴规划》中规定：在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规体系；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

在《国务院关于印发大气污染防治行动计划的通知》(国发(2013)37号，以下简称“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 工信部发布了《关于开展低速货车并轨工作通知》

2014 年 11 月 16 日，工信部发布了《关于开展低速货车并轨工作通知》（工信部产业(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 2014 年机动车防治年报统计，2013 年末，低速汽车的保有量达到 1058 万辆，占整个机动车保有量 2.32 亿辆的 4.6%。2013 年我国各类机动车的保有量见图 3。

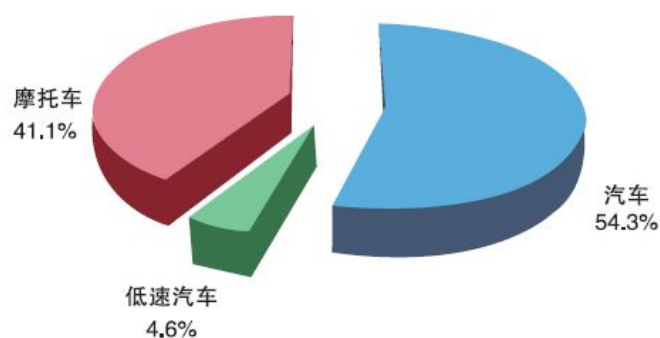


图 3 2013 年机动车保有量（万辆）

2013 年，低速汽车全年排放 NO_x、PM、HC 和 CO 四种污染物分别为：41.9、2.7、14.5 和 15.8 万吨，分别占机动车总排放量的 6.5%、4.5%、3.7%和 0.4%，见图 4。

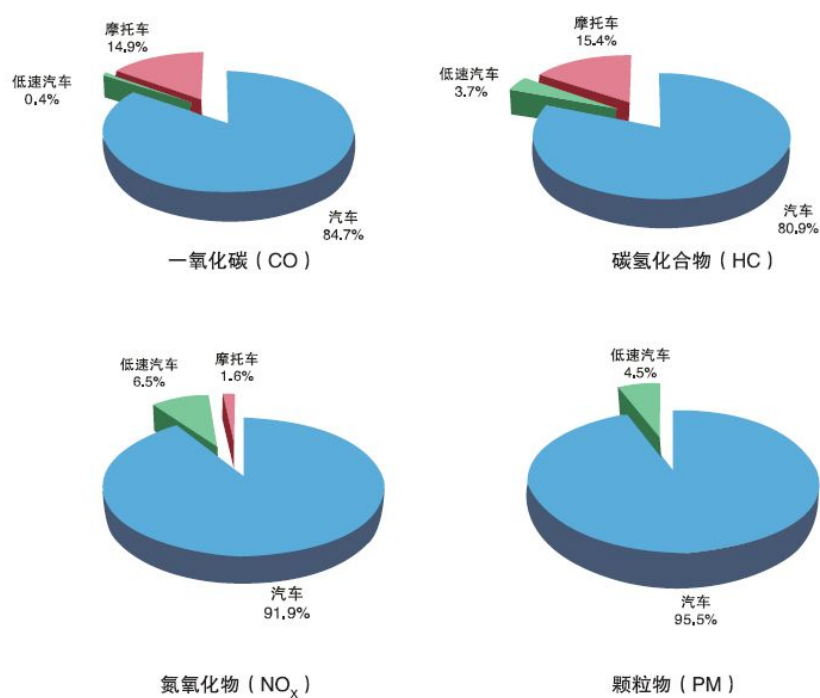


图 4 机动车污染物排放分担率

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

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 阶段型式核准，2007 年 1 月 1 日实施 II 阶段型式核准，一致性检查自型式核准执行一年后开始；目前正在实施 II 阶段。标准的实施，加快了企业资金投入和技术开发的速度，产品的排放性能得到提升，促进了产品的更新换代，加快了整个行业快速健康的发展。据前期《公告》统计库数据统计三轮汽车生产企业 35 家，三轮汽车车型 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。同时从型式核准管理部门了解到，三轮汽车及柴油机企业申报意愿不足，坐等靠的思想比较严重。

3.4.2 现行标准存在的问题

（1）排放一致性较差，缺乏耐久性要求

随着 GB19756-2005 的实施以及市场的迅速发展，企业开始针对车辆的使用特性对其装配的柴油机进行了优化和匹配。但由于这些柴油机结构落后、技术水平低，企业投入少，致使三轮汽车产品的排放一致性保证较差。同时，原标准缺少排放耐久性要求，实际使用中的三轮汽车污染物排放劣化严重。

（2）排放控制水平落后

目前实施的 GB19756-2005 第 II 阶段与 GB17691-2005 第 IV 阶段(ESC)相比，限值宽松，见图 5。随着 GB19756-2005 的实施以及市场的迅速发展，企业开始针对车辆的使用特性对其装配的柴油机进行了优化和匹配，通过近些年的发展，三轮汽车的技术水平已有所提升。但是，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加严排放控制水平。

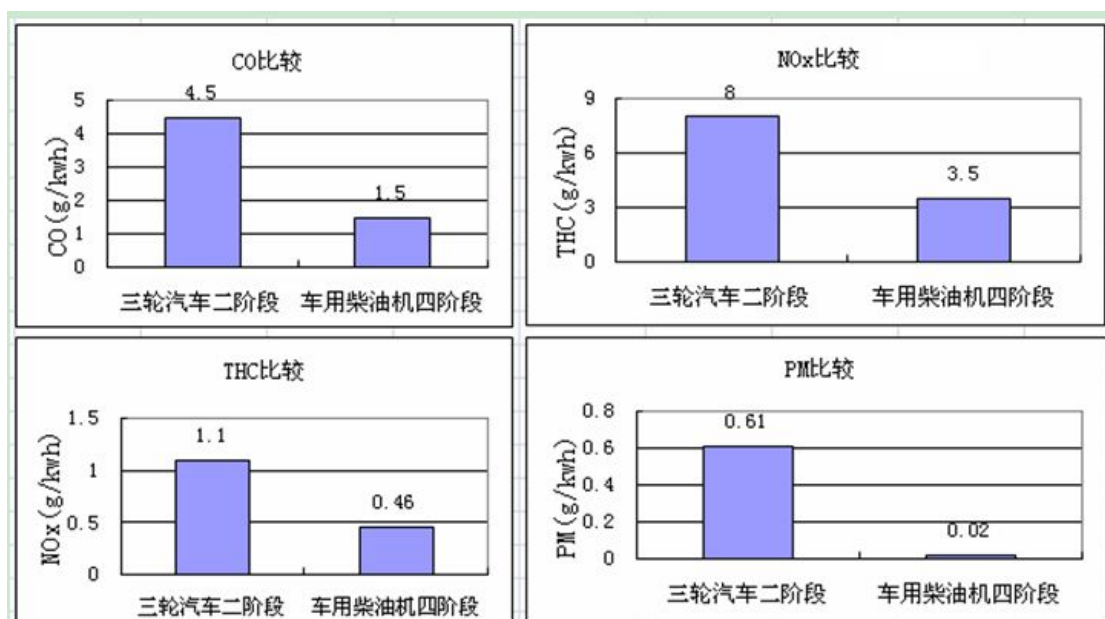


图 5 三轮汽车和车用柴油机（重型柴油车）排放限值对比

3.5 制订标准的意义

本标准的制订和实施，将进一步加强贯彻、实施《中华人民共和国环境保护法》和《中华人民共和国大气污染防治法》，落实大气污染防治行动计划、重点区域大气污染防治“十二五”规划等，减少三轮汽车用柴油机排放对大气环境的污染，保护和改善人民生活环境。

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 8 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。新标准的实施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。新的标准对三轮汽车行业的发展具有规范和指导意义，促进行业早日推出节能减排的产品。

4 行业污染控制技术分析

整体来看，三轮汽车用柴油机的技术水平不高，企业自主开发能力薄弱，环保问题突出，无论是人员和资金的投入都不大，产品更新和升级缓慢。

4.1 单缸机

现在为三轮汽车配套的单缸机主要是直喷式柴油机，功率在 8-18kW，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。

多年来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专业厂大批量生产，市场上很容易买到，或有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）都是小缸径小功率的柴油机。部分企业是生产单缸机最近几年才开始进入多缸机领域，如莱动、江淮动力、常柴、常发等。

这部分的柴油机相当于车用柴油机 90 年代的水平，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，排气系统增加了后处理系统。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，市场对价格的敏感度高，此类产品装用的柴油机面临着提高配置、增加成本的压力。

从近几年申请工信部机动车产品《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_x 和 PM 排放水平一直处于第二阶段边缘地带，详细分布见图 6。图 6 收集了近年来申报的 121 个机型，这些机型有 114 个单缸机 7 个多缸机，功率从 8 马力到 35 马力，从全部采用机械燃油泵供油系统，因无更严格

的排放标准推出，柴油机排放水平停滞不前。

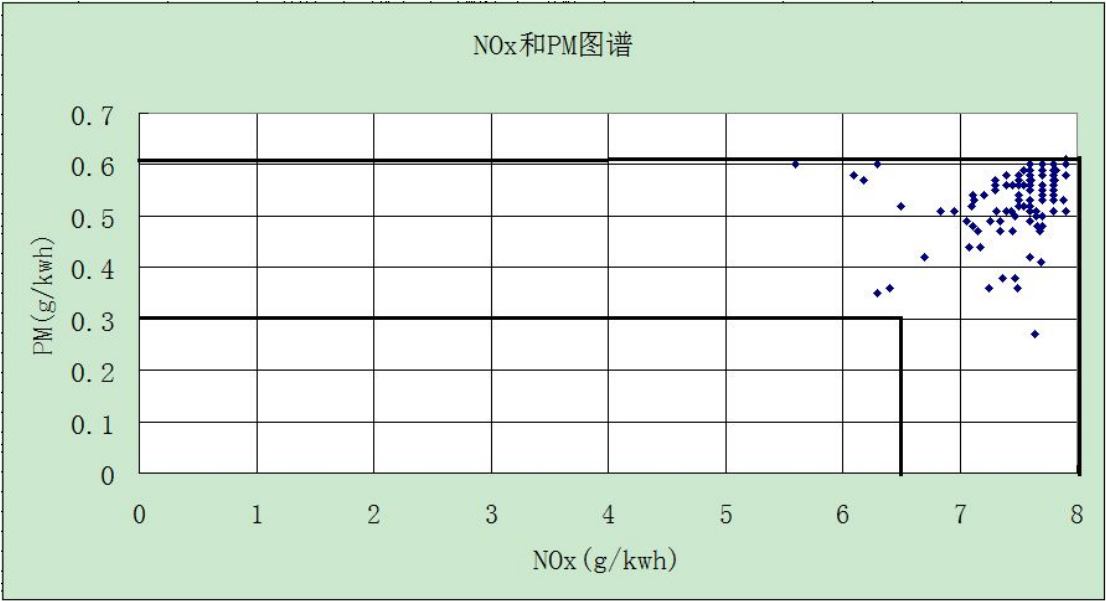


图 6 NOx 和 PM 分布图谱

4.3 非道路国三实施后污染控制水平提升

2014 年非道路第三阶段排放标准发布实施后，企业纷纷意识到柴油机发展方向必然是要向电控燃油系统方向发展的，因此企业从 2014 年底开始，纷纷开始了电控单缸机及电控两缸、三缸柴油机的研究。

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，并具有更进一步的提升空间。

电控系统的应用使得燃油喷射时间精确控制，喷油压力的提升使得燃油雾化更加充分，燃烧更加充分，燃油经济性和污染物排放水平都能得到提升。

目前各家企业都已经有自己的电控单缸机机型，部分企业已有机型拿到了非道路第三阶段的型式核准证书，另有一些企业也已经开发出了样机，且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。三轮汽车主要企业如山东时风、山东五征、福田雷沃等企业，都已经匹配了电控单缸机，并进行了一些道路试验。从道路试验反馈信息来看，采用电控单缸机的三轮汽车，燃油经济性得到提升，冒黑烟的问题基本解决。

多缸机：目前已有两缸柴油机机型拿到了非道路第三阶段的型式核准证书，该机型采用高压共轨燃油系统（表 6 中 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 6 中 C 和 D 机型），数据见表 6。

从表 6 我们可以看出，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控制要求，颗粒物排放更是远优于标准规定的限值要求。

表 6 电控多缸机八工况排放结果

机型	功率(kW)	NOX	THC	CO	PM
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

通过大量电控单缸机及小缸径多缸机摸底试验，与采用传统机械燃油系统的柴油机对比，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，和传统机械泵供油系统柴油机相比，NO_x 降低了 20%到 50%左右，PM 降低了 50%到 60%左右，详见图 7。

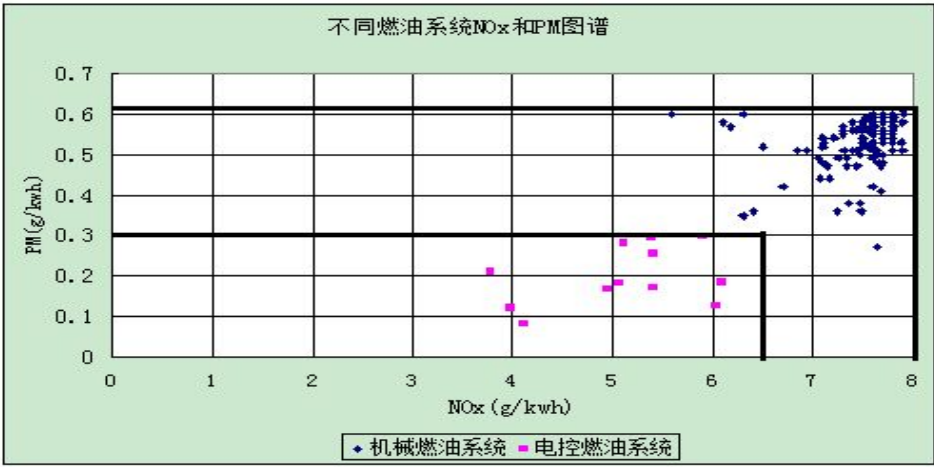


图 7 不同燃油系统 NO_x 和 PM 图谱

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，一是担心电控燃油系统的柴油机推向市场后，价格提升，消费者认知度如何；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，来应对未来三轮汽车供油系统的故障。

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、三轮汽车的定义。在欧美各国的排放法规中，对于采用

压燃式发动机为动力的移动机械类，除了归类到各类汽车中之外，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，国外没有相应的三轮汽车排气污染物限值标准和测量方法标准，本次标准制订工作无国外同类标准作为参考借鉴。

6 我国有关标准的情况介绍

2005 年 5 月 30 日发布 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，将与轻型卡车并轨，目前我国轻型卡车污染物排放可以执行 2005 年发布的 GB18352.3-2005《轻型汽车污染物排放限值及测量方法（中国 III、IV 阶段）》标准，也可执行 GB17691—2005《车用压燃式、气体燃料点燃式发动机与汽车排气污染物排放限值及测量方法（中国 III、IV、V 阶段）》标准。

对于三轮汽车，其装用的柴油机大多可与非道路移动机械用柴油机通用，而对于非道路移动机械用柴油机，在 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，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（见第 7 章），本章将主要介绍 GB19756-2005 和 GB20891-2014 两项标准。

6.1《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）》(GB19756-2005)

三轮汽车和低速货车主要用单缸和小缸径多缸柴油机，采用的是自然吸气技术，其技术水平和排放水平相当于柴油汽车的欧 0 阶段。因此，GB19756-2005 采用了柴油汽车欧 0 阶段限值做为该标准的第 I 阶段限值，GB17691-2001 标准的第 I 阶段限值做为该标准的第 II 阶段限值。试验循环采用与车机原第二阶段标准一样的 13 工况。

6.1.1 排放限值

在不同的排放阶段型式核准和生产一致性检查规定了不同的限值，见表 7、

表 8。

表 7 型式核准试验排放限值

单位: g/kW·h

实施阶段	一氧化碳 (CO)	碳氢化合物 (HC)	氮氧化物 (NO _x)	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 8 生产一致性检查试验排放限值

单位: g/kW·h

实施阶段	一氧化碳 (CO)	碳氢化合物 (HC)	氮氧化物 (NO _x)	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

6.1.2 试验循环

试验循环采用与车机原 GB17691-2001 第二阶段一样的 13 工况，见表 9。

表 9 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)》(GB20891—2014)

2014 年 5 月 16 日，国家发布了非道路移动机械用压燃式发动机排气污染物国三、国四阶段的排放标准，污染物排放水平进一步加严。

6.2.1 试验程序

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 8。第四阶段增加了逐秒变化的瞬态试验循环(NRTC)，见图 9。

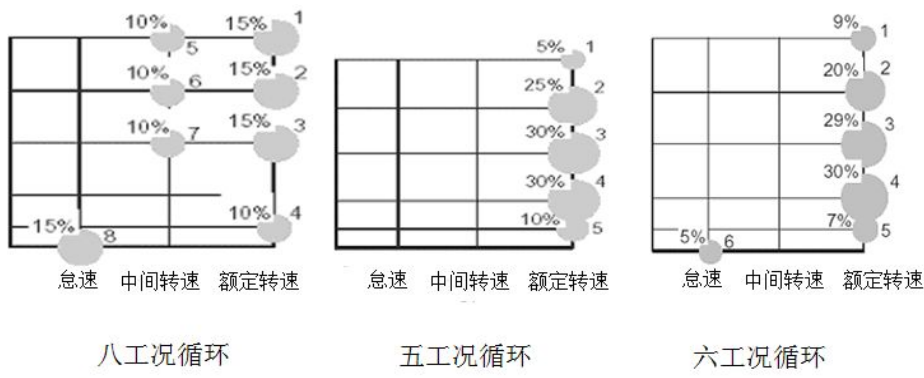


图 8 非道路试验循环

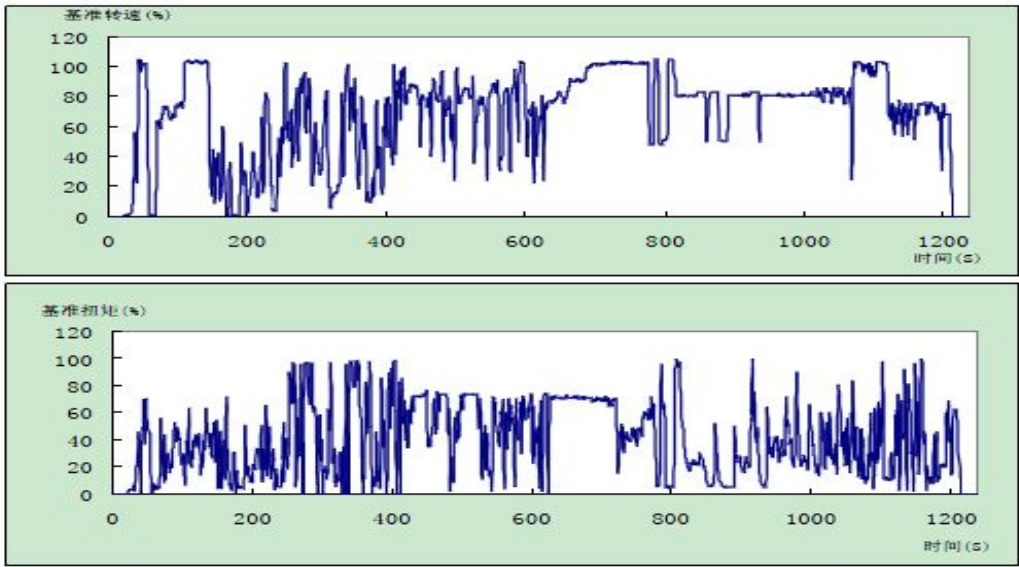


图 9 NRTC 试验循环

6.2.2 排放限值

排放限值见表 10。

表 10 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 _x)	HC+ NO _x	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 ⁽¹⁾	—	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
(1) 适用于可移动式发电机组用 $P_{\max} > 900\text{kW}$ 的柴油机。						

7 标准主要技术内容

7.1 新标准不再包含低速货车用柴油机相关的技术内容

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和三轮汽车的污染物排放控制要求。根据2014年11月16日，工信部发布了《关于开展低速货车并轨工作通知》，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。”因此本标准将不再对低速货车用柴油机进行管理、控制。

7.2 污染物排放限值

7.2.1 标准限值

根据“大气十条”文件要求，“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”。基于上述

要求，为了最大限度的提高三轮汽车的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，见表 11。与第二阶段相比，颗粒物排放水平加严了 50%，其他各污染物加严了 20%左右。

表 11 三轮汽车用柴油机型式核准试验排放限值			单位：g/(kW·h)
一氧化碳 (CO)	碳氢化合物 (HC)	氮氧化物 (NO _x)	颗粒物 (PM)
3.5	0.85	6.5	0.30

7.2.2 限值确定依据

新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”。近些年来，在严峻的环境污染形势下，随着柴油机行业的技术进步，车用柴油机已经实施第四阶段排放限值要求，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。从污染物排放限值（比排放量）来看，普遍是车用柴油机的 2-3 倍，颗粒物更是高达 30 倍。之所以三轮汽车用柴油机排放标准这么长时间没有进一步加严，主要是因为作为三轮汽车动力源的单缸柴油机，长期以来一直没有更好的排放控制技术，无法实现进一步削减污染物排放的目的。在严峻的环保压力下，该行业作为落后产业的代表已经到了即将被淘汰的边缘。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出了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，这些机型采用了电控单体泵或高压共轨燃油喷射系统，使得燃油喷射时间精确控制，喷油压力的提升使得燃油雾化更加充分，燃烧更加充分，排放控制水平有了明显的提升，和传统机械泵供油系统柴油机相比，NO_x 有望降低 20%到 50%，PM 有望降低 50%到 60%，且具有进一步提升的潜力。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_x 适当削减 20%。

7.2.3 限值验证

为验证本标准限值的可行性，标准编制组选择了目前已开发出的四款机型进行了验证试验。其中 A、B 和 C 机型是采用电控单体泵供油系统的单缸机，D 机型为高压共轨燃油系统的两缸机。

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，

最终试验结果均用非道路耐久性试验确定的劣化修正值进行了修正。详细试验数据见表 12。

表 12 十三工况试验结果

机型	功率 (kW)	污染物结果			
		NOX	HC	CO	PM
排放限值		6.5	0.85	3.5	0.30
A	12.4	5.291	0.421	2.243	0.216
B	18.4	4.353	0.667	1.280	0.217
C	14.7	6.292	0.568	3.280	0.273
D	28.0	5.317	0.408	1.045	0.223
全部结果均为劣化修正后结果。					

根据表 12 数据，可以看出，采用目前较为先进排放控制技术的四款电控燃油系统柴油机型，均能够满足本标准规定的限值，证明本标准规定的排放限值是可行的，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 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，避免由于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，见表13。

表13 耐久性时间要求

柴油机功率段 (kW)	有效寿命 (h)	允许最短试验时间 (h)
----------------	-------------	-----------------

$P_{\max} \geq 19$	5000	1250
$P_{\max} < 19$	3000	750

本标准耐久性要求与非道路三阶段中小于37 kW以下柴油机的耐久性要求一致。因为，三轮汽车用柴油机，净功率均在37kW以下，与非道路移动机械用小功率柴油机属于同类发动机，采用的排放控制技术也相同，且很多机型可以同时应用于三轮汽车和非道路移动机械。

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，因此成本增加有限，约100元~200元。

采取上述措施后，产品质量普遍提高，常柴、莱动、江动等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_x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。

7.4 在用符合性要求

为更好的对在用三轮汽车污染物排放水平进行有效的监督，标准提出了在用符合性的要求。标准要求制造企业应采取措施，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，在有效寿命期内排放达标。

7.5 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和非道路的排放标准的规定，规定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。

7.6 基准燃油要求

本标准规定了基准燃油的要求，见表14。

表 14 第三阶段基准柴油主要技术要求

参数	单位	限值		试验方法
		最小	最大	
十六烷值 ³⁾		46	50	GB/T 386
20℃下密度	kg/m ³	825	840	GB/T 1884 GB/T 1885
馏程				GB/T 6536
-50%点	℃	245	300	
-95%点	℃	345	355	
-终馏点	℃	—	365	
多环芳香烃	%m/m	3	6	SH/T 0606

硫含量	mg/kg	满足 GB252-2015	GB/T 380
-----	-------	------------------	----------

表中硫含量要求没有写出具体限值要求，而是要求满足GB252-2015《普通柴油》，其主要原因是，本标准实施期间，将正好跨越普通柴油低硫化进程的两个阶段。根据GB252-2015要求，自2017年7月1日开始，普通柴油硫含量降至50ppm以下；自2018年1月1日开始，普通柴油硫含量将降至10ppm以下。因此，本标准基准燃油的硫含量规定也将随之变化，符合全国普通柴油供应的硫含量要求。

本标准在制定过程中，所有试验均是采用国三燃油（硫含量350ppm）进行的。硫含量的降低对柴油机污染物排放的影响是正面的，有利于减少排放，因此，随着我国普通柴油的低硫化进程，将更有利于本标准的实施。

7.7 柴油机型式核准标签

本标准规定了对柴油机标签的要求，原标准仅在型式核准资料里面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。标签内容中要求了柴油机的型号、柴油机的功率参数、制造厂厂名、生产日期，还需要注明型式核准批准的对应限值阶段及型式核准号。这样更有利于企业对其产品标签的管理，也有利于用户对产品的正确识别。

7.8 生产一致性检查

本标准在保留原有生产一致性抽样要求的基础上，增加了新的抽样办法。

原标准中，抽样的方法是从批量生产的柴油机中抽取一台进行排气污染物的检测，检测合格则该批次柴油机的一致性检查合格。如果不合格，制造厂可以要求从批量产品中进行抽样。根据抽样机数确定的统计因数来计算该批样机各种污染物的算术平均值来确定该批产品生产一致性检查合格不合格。

原标准的一致性检查，若选择多台抽样基数，会严重降低生产一致性检查的效率。因此本标准增加了采用车用柴油机生产一致性检查的规定，即从批量生产的柴油机中随机抽取三台样机。若抽取的3台柴油机通过试验测得各种污染物的比排放量平均值均不超过本标准限值的1.1倍，则该批产品的排放合格。如果任一台柴油机的任何一项污染物比排放量平均值超过限值的1.1倍，则该批产品的排放不合格。两种生产一致性抽样方法，更有利于主管部门加强管理，提高效率。

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

本标准的柴油机排气污染物限值，是当前世界上针对 19kW 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。本标准与我国、美国非道路相应功率段限值比较见表 15。

表 15 与我国、美国非道路柴油机排放限值的对比

发动机 功率 (kW)	NOx+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	6.5+0.85	7.5	5.5	3.5	8	0.6	0.30	0.4
8≤P<19			7.5			6.6			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

标准的实施使得三轮汽车和低速货车用压燃式发动机技术水平进一步提高，逐步向车用机靠拢，进一步缩小我国三轮汽车和低速货车用压燃式发动机排放体系与欧美的差距。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，推动整个压燃式发动机行业技术进步。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。

2014年底年全国三轮汽车的产量约为250.2万辆。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：

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

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，单位 g/km，如下：

	PM	HC	NOx	CO
--	----	----	-----	----

三轮汽车	0.14	1.88	0.89	0.76
------	------	------	------	------

国三车排放因子——其中三轮汽车相比国二标准加严了 20%，故排放因子根据国二排放因子乘以 80%获得（其中 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）；

年产量——按 2014 年产量计算，三轮汽车 250 万辆；

本标准实施年限——按照本标准将会实施 3 年计算；

单车全寿命行驶里程——按照 2001 年 3 月 13 日印发《国经贸资源〔2001〕234 号）》文件的规定，三轮汽车使用年限为 6 年，根据 VECC 调研，三轮汽车每年平均行驶 23000km，则其全寿命行驶里程为 13.8 万 km。

通过估算，执行本标准后，由于排放标准的升级，三轮汽车在其整个的使用寿命内，将比实施原标准减少 NO_x、PM、HC 和 CO 四种污染物排放分别为 18 万吨、7 万吨、39 万吨和 16 万吨左右。

8.3 达标技术和成本可行性分析

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 16。因为没有技术屏障，如果标准实施，企业只需要添加加工、装配、调试等设备，用不了一年的时间，油泵厂产能将会大幅提升。按照我国单缸机 2014 年 550 万台（三轮汽车配套约 250 万台）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 16 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)
南岳电控	150	250
龙口龙泵	30	60
鑫亚	1	100
四川威特	20	50
江西直方	16	100
合计	217	560

成本方面，从柴油机增加成本开看：根据三轮汽车企业如五征、福田反馈，各单缸机企业给其报价，单缸机样机价格在 1100-1500 元之间。根据常发、常柴、江动、莱动等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。

对于三轮汽车全行业，因为不同配置和载重量的三轮汽车价格差别较大，经咨询时风、五征和福田的专家，大家一致认为：按照目前三轮汽车每年 250 万辆产销量计算，均价约在 1.5 万元左右。据此计算，整个行业年产值大概在 375 亿左右，采用电控燃油系统后，根据每台三轮汽车成本增加约 1250-1550 计算，整个三轮汽车行业每年成本增加约 30 亿到 40 亿，约占整个行业年产值的 8%-10%。

参考文献

- 【1】 张蒙、唐光萍等。低速汽车。中国内燃机工业年鉴 2010、2011、2012、2013。
- 【2】 中国内燃机工业协会。2014 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。2013、2014
- 【4】 中共中央国务院办公厅。汽车产业调整和振兴计划。2009 年 1 月 14 日。
- 【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 年 8 月。