

## 附件 5

# 《非道路柴油移动机械污染物排放控制技术要求（二 次征求意见稿）》 编制说明

标准编制组

2020年9月

# 目 录

附件 5.....	1
1 项目背景.....	1
2 行业概况.....	2
2.1 工程机械现状.....	2
2.2 农业机械现状.....	4
2.3 疫情对行业的影响.....	6
3 必要性分析.....	7
3.1 行业发展带来的环境问题.....	7
3.2 现行标准存在的问题.....	7
4 主要技术内容.....	7
4.1 瞬态测试循环的试验程序.....	7
4.2 DPF 技术路线要求和 PN 排放限值要求.....	8
4.3 车载法排放要求.....	9
4.4 远程监控要求.....	10
4.5 机械定位的要求.....	10
4.6 非标准循环排放要求.....	10
4.7 排气后处理系统的监控要求.....	12
4.8 质保期要求.....	13
4.9 新生产机械排放达标要求及检查.....	14
4.10 在用符合性要求及检查.....	14
4.11 增加三轮汽车及其装用的柴油机污染物控制要求.....	14
5 与欧美相关标准的差异.....	14
5.1 限值及实施时间上的差异.....	14
5.2 技术要求上的差异.....	15
6 实施技术可行性、环境、社会效益分析.....	15
6.1 实施本标准的环境效益和社会效益分析.....	15
6.2 实施本标准的技术可行性分析.....	16

## 1 项目背景

2014 年，原环境保护部发布了《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（中国第三、四阶段）》（GB 20891-2014）标准。该标准对非道路移动机械第四阶段排放标准提出了预告性要求，包括发动机台架试验排放限值和试验循环，但第四阶段标准的总体技术要求还不完善，实施时间也未规定。2015 年实施第三阶段标准以后，原环境保护部即组织标准编制单位继续开展相关研究，对第四阶段标准内容进行补充和完善，在细化相关技术要求的同时，明确提出第四阶段的实施时间。

2018 年 1 月 2 日，原环境保护部大气环境管理司组织召开了标准开题论证会，对标准编制技术路线、标准定位等内容进行了论证。

2018 年 1 月 31 日，原环境保护部大气环境管理司组织召开了标准征求意见稿专家审查会。标准编制组根据专家审查会意见，对征求意见稿和编制说明进行了修改完善。

2018 年 2 月 22 号，原环境保护部发布《非道路移动机械及其装用的柴油机污染物排放控制技术要求的征求意见稿》，广泛征求意见。标准编制组对各方反馈意见深入研究和认真处理，根据反馈意见对标准进一步修改完善，完成标准送审稿。

2018 年 7 月 27 日，原环境保护部组织召开《非道路柴油移动机械污染物排放控制技术要求的送审稿技术审查会》。会后编制组根据专家组意见进行完善，形成报批稿。

2018 年 12 月 27 日，生态环境部召开了《非道路柴油移动机械污染物排放控制技术要求的部长专题会》。根据会议意见，编制完成《〈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）修改单》。

2019 年 2 月 20 日，生态环境部对标准修改单进行公开征求意见。2019 年 3 月 13 日至 5 月 13 日，对标准修改单及《非道路柴油移动机械污染物排放控制技术要求的送审稿》进行 WTO/TBT 通报。

2019 年 7 月 17 日，生态环境部大气司根据 WTO/TBT 通报情况，再次组织召开《非道路柴油移动机械污染物排放控制技术要求的送审稿》技术审查会。

2020 年新冠疫情发生后，生态环境部高度关注行业发展情况，为了确保标准内容的科学性与合理性及未来实施的有效性，将对标准再次公开征求意见。

## 2 行业概况

非道路柴油移动机械种类繁多，按照机械用途不同可以划分为工程机械、农业机械、园林机械、发电机组、渔业机械和机场地勤设备等，如图 1 所示。其中，工程机械、农业机械用柴油机约占非道路移动机械用柴油机保有量的 90.3%。



图 1 非道路柴油移动机械的主要类别

### 2.1 工程机械现状

工程机械是指用于工程建设施工机械的总称，广泛用于建筑、水利、电力、道路、矿山、港口和国防等工程领域。我国工程机械行业企业有 900 多家，近十年来行业营业收入和出口额均呈波动式上升趋势，2019 年与 2010 年相比，营业收入增长 38.9%，出口额增长 135.0%，分别如图 2 和图 3 所示。



图2 工程机械行业营业收入情况

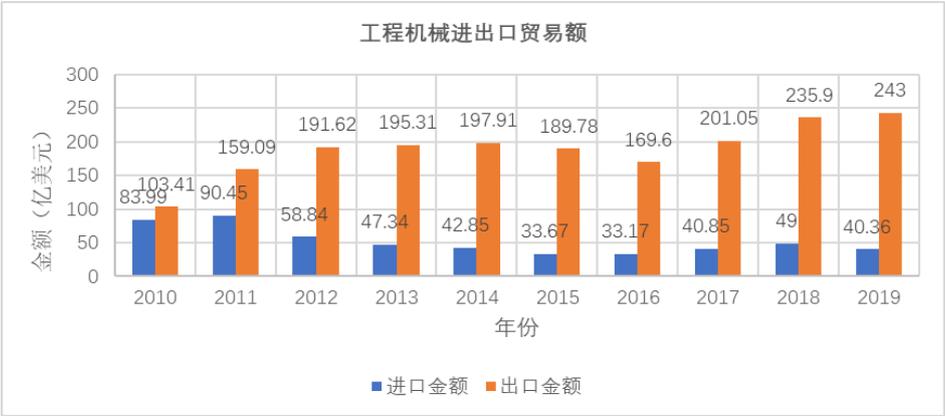
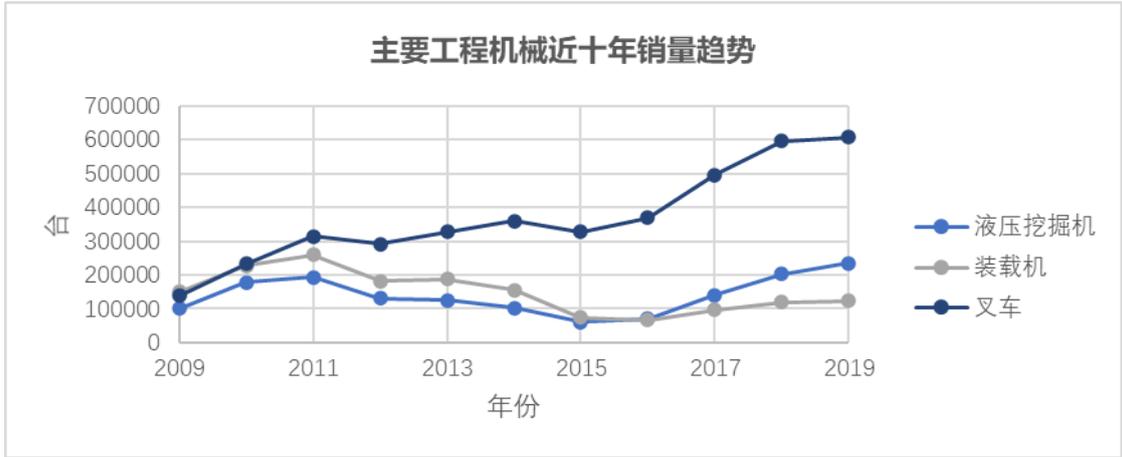


图3 工程机械行业进出口情况

2.1.1 工程机械销售情况

据中国工程机械工业协会统计近十年各类主要机械销量趋势见图4。



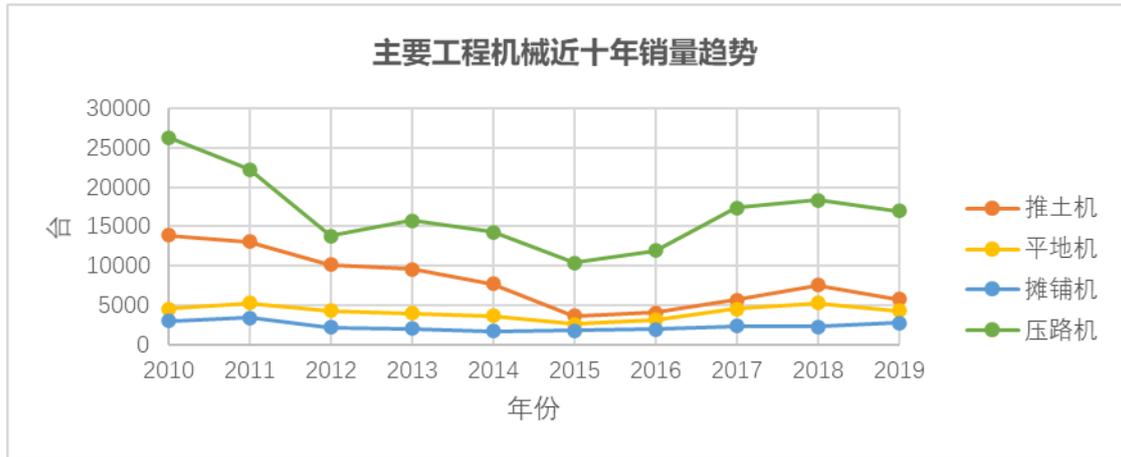


图 4 近十年主要工程机械销量趋势

### 2.1.2 工程机械保有量情况

据主管部门及中国工程机械工业协会的统计，截至 2019 年底，中国工程机械保有量约为 784 万台，近十年工程机械保有量见图 5。



图 5 近 10 年工程机械保有量

### 2.2 农业机械现状

农业机械涉及面广泛，是种植业、畜牧业、林业和渔业等生产应用过程中动力机械和作业机械的总称。据国家统计局数据，农机行业规模以上企业主营业务收入从 2010 年至 2016 年呈逐年上升趋势，2017 年开始下降。从 2018 年起，行业改变统计口径，数据大幅下降，2019 年为 2423.94 亿元，比 2018 年减少 0.61%。近十年我国农业机械行业主营业务收入变化情况见图 6，进出口情况见图 7。

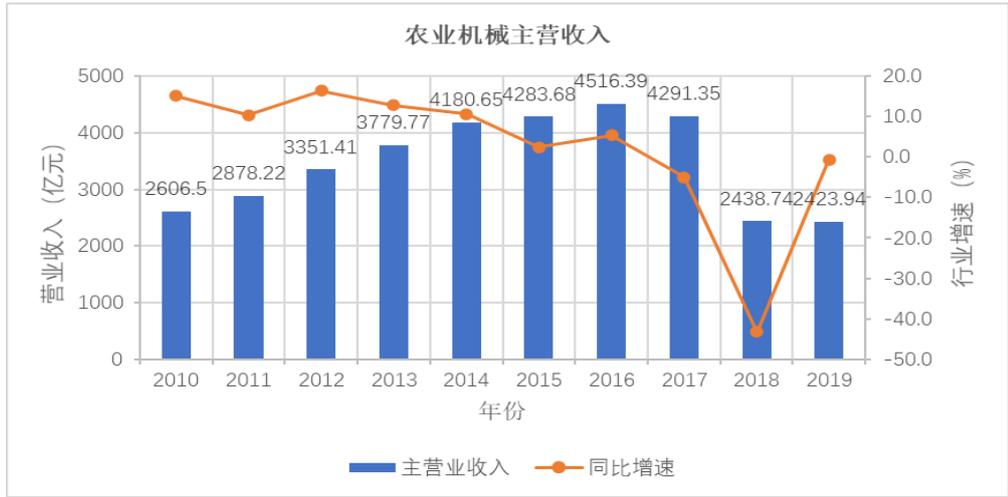


图 6 近十年农业机械主营业收入情况

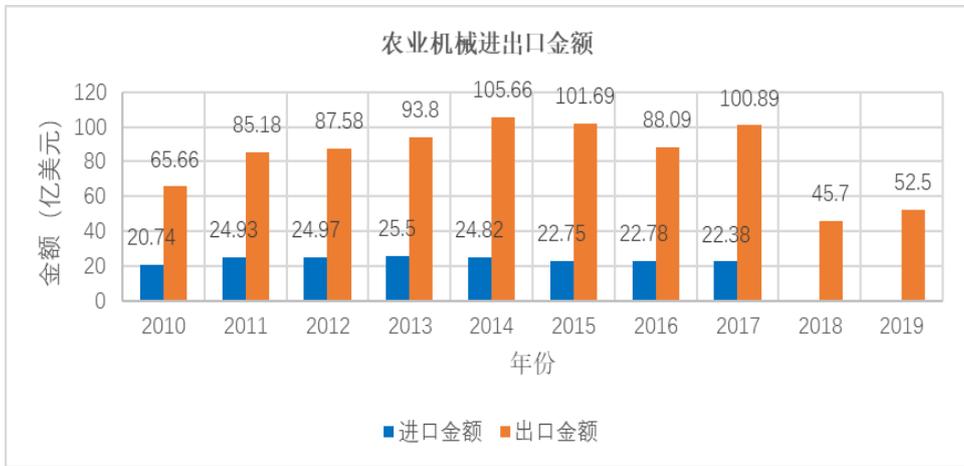
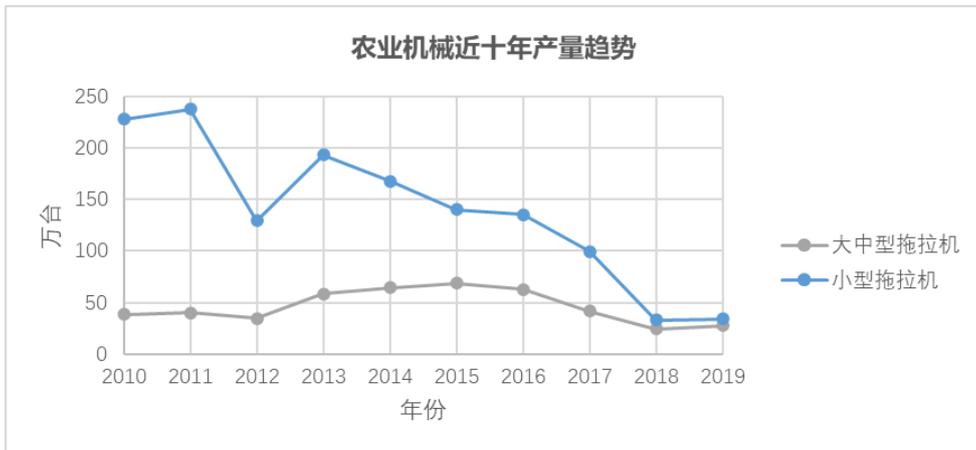


图 7 农业机械进出口情况

### 2.2.1 农业机械销售情况

根据行业统计，近十年我国主要农业机械产量变化情况见图 8。



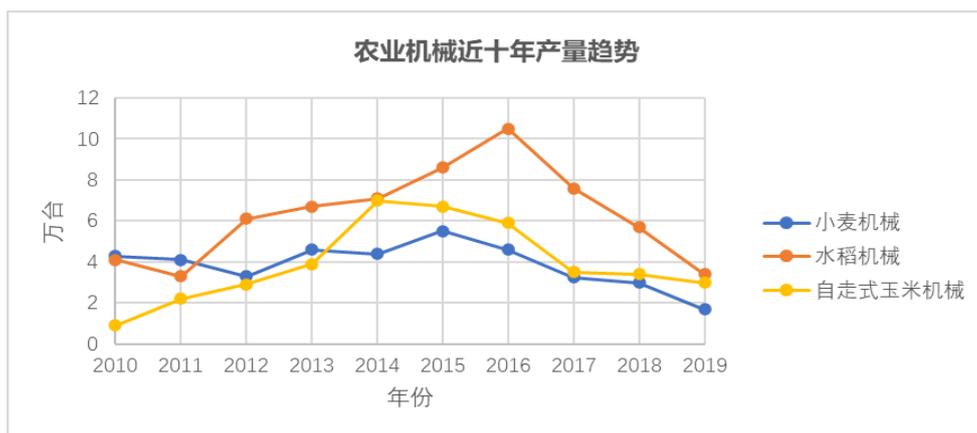


图 8 近十年主要农业机械产量趋势图

### 2.2.2 农业机械保有量情况

根据国家统计局统计数据显示，近十年我国主要农业机械年末总动力如图 9 所示，2010 年至 2015 年逐年增长，2016 年回落后又逐年小幅增长。

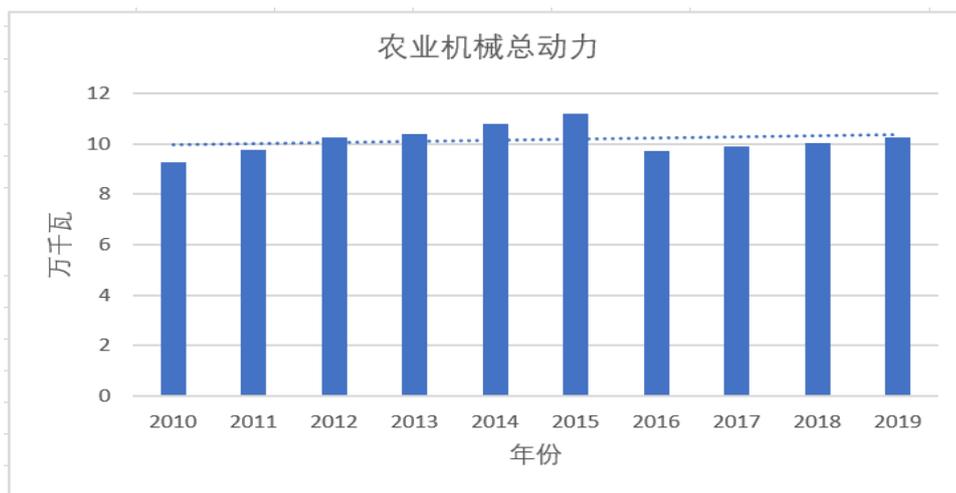


图 9 我国主要农业机械年末总动力情况

### 2.3 疫情对行业的影响

2020 年发生的新冠肺炎疫情，对我国各行各业都造成了一定的影响，根据行业统计数据，在今年 2 月份，行业企业产量大幅下降，三月份后，产销量企稳，与往年相比较并无明显影响，其中挖掘机、叉车两类工程机械还创出历史新高，各类机械近六年的月度产销量情况见图 10。

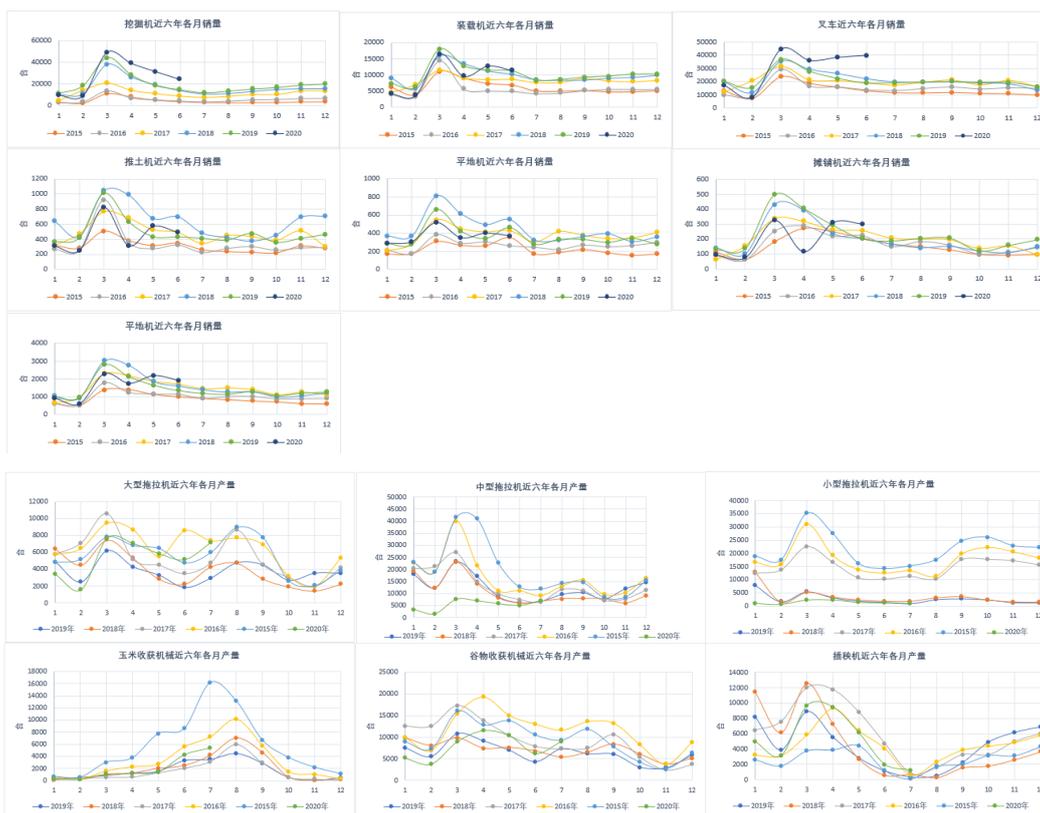


图 10 近 6 年各类机械月度产销量对比

### 3 必要性分析

#### 3.1 行业发展带来的环境问题

据行业统计，2019 年末，工程机械保有量突破 784 万辆，农业机械总动力为 10.27 亿千瓦，NO<sub>x</sub> 年排放量达到 333.5 万吨，PM 年排放量达到 17.4 万吨，其中 NO<sub>x</sub> 排放量占整个移动源排放的 30%，PM 排放量占整个移动源排放的 55.4%，已成为影响空气质量的重要污染源之一。

#### 3.2 现行标准存在的问题

GB 20891-2014 中的四阶段虽然提出了瞬态测试循环及限值的要求，但并未制定具体测试规范，同时 GB 20891-2014 标准仅仅规定了非道路移动机械用柴油机的污染物排放限值，并没有对非道路移动机械的要求，无法满足新大气法对非道路移动机械的监管要求，也无法获知机械实际污染物排放水平。

### 4 主要技术内容

#### 4.1 瞬态测试循环的试验程序

GB 20891-2014 标准对于第四阶段仅有试验循环和排放限值要求，瞬态测试

循环过程中的技术要求并没有提出。本标准参考欧盟 2012/46/EU 指令，增加了瞬态测试循环的具体要求，包括基准试验循环的形成、排放试验的运行、测量和取样规程以及数据评估和计算。

#### 4.2 DPF 技术路线要求和 PN 排放限值要求

近年来，我国 PM<sub>2.5</sub> 浓度居高不下，严重影响了社会公众生活和身体健康。非道路移动机械污染排放是影响大气环境质量的重要因素。为进一步加严柴油机颗粒物排放要求，本标准对装用 37kW 到 560kW 柴油机的机械增加了加装壁流式颗粒物捕集器或更加高效的颗粒物控制装置的要求，同时提出了颗粒物数量应不超过  $5 \times 10^{12}$  #/kW·h 的要求，且要确保颗粒物捕集器再生时不能有目视明显可见烟。

限值的确定主要基于以下两个方面的考虑：第一，综合考虑目前我国柴油机及零部件行业整体技术水平与欧美发达国家差异，同时也考虑了欧洲在 DPF 方面最新研究成果，见图 11；第二，充分考虑各种后处理系统对颗粒物的捕集效率，来实现标准引导 DPF 技术路线的目的。

PN 的增加需要发动机后处理系统增加 DPF 才能满足限值的要求，标准编制组充分利用现有资源，对国内外采用 DPF 路线和 DOC+POC 路线的柴油机进行了验证试验。这些机型都是属于车用国六或者国五的机型，其原始排放本身较好，部分机型试验结果见图 12。通过试验数据我们能够看出，增加 DPF 后处理后，柴油机的 PN 都在  $10^{13}$  以内，使用 POC 技术路线的车用国五柴油机，其 PN 在  $10^{14}$  数量级，限值能够满足引导用户采用 DPF 路线的要求。

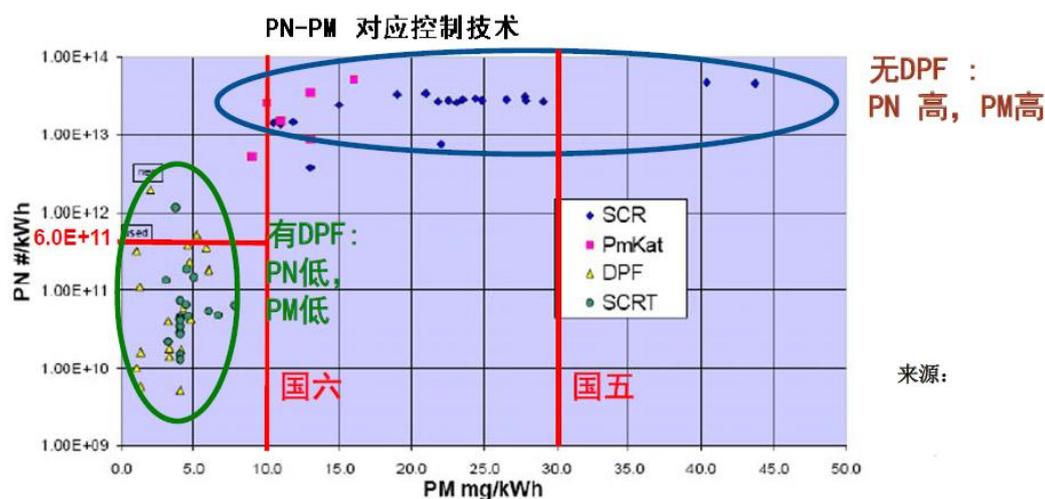


图 11 不同技术路线 PN 排放结果

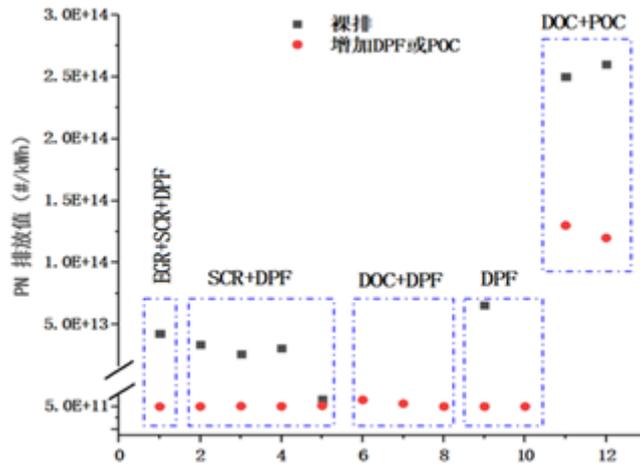


图 12 国内部分机型不同技术路线 PN 排放结果

### 4.3 车载法排放要求

为确保非道路移动机械监管效果，本标准增加了 PEMS 测试要求，要求测量的 90%有效功基窗口的 CO、NO<sub>x</sub> 比排放量小于限值的 2.5 倍，同时要求进行 PEMS 测试时，不能有目视明显可见烟。

2.5 倍限值的制定主要基于五个方面的考虑：一是标准要求发动机的非标准循环单点的比排放量小于限值的 2 倍，而非标准循环基本包括了非道路移动机械的主要工作区间；二是在 SCR 尿素质量判定的条款里规定了如果 NO<sub>x</sub> 测量超过了限值的 2.25 倍时机械报警要求，即 SCR 正常工作的状态下，NO<sub>x</sub> 的测量结果不应该超过限值的 2.25 倍；三是非道路移动机械的工作特性决定了非道路柴油机工作转速和负荷相对固定，因此它主要工作区域的排放更好控制；四是综合考虑 PEMS 设备及 PEMS 试验的环境等影响，再把限值适当放大到 2.5 倍；五是因全球非道路移动机械 PEMS 监管尚处于刚刚起步阶段，2.5 倍的限值要求能够满足现阶段对 NO<sub>x</sub> 控制策略不正确运行的机械的监管。

标准编制组对该限值进行了验证，试验数据见表 1。通过试验结果可以看出，发动机只要正常运行排放策略，NO<sub>x</sub> 排放结果是可以满足标准限值要求的。

表 1 非道路 PEMS 试验数据汇总

类型	柴油机最大净功率 (kW/rpm)	排放结果 (g/kWh)	台架限值 (g/kWh)	PEMS/台架 比值
A 拖拉机	95.6/2200	5.668	4.0	1.42
B 装载机	162/2000	6.281	4.0	1.57
C 挖掘机	120/2000	5.631	4.0	1.41
D 摊铺机	193.5/2100	1.982	2.0	0.99
E 挖掘机	124/2000	1.715	3.3	0.52
F 叉车	85/2200	4.788	3.3	1.45
G1 挖掘机	317/2000	0.206	0.4	0.52
G2 挖掘机 <sup>1</sup>	317/2000	2.67	0.4	6.68

<sup>1</sup> 该机型试验开始时，中断尿素供应。

#### 4.4 远程监控要求

为了方便对运行机械排放状况进行实时监测，标准中增加车载远程终端要求，根据《柴油货车污染治理攻坚战行动计划》的要求，2020 年年底前，对工程机械提出了加装远程排放管理终端的要求，因此本标准对 37kW 以上工程机械提出了这个要求。

标准规定车载远程终端应具备发送监测信息的功能，监测信息包括定位信息、发动机性能信息和排放关键零部件状态信息等。主管部门可以通过远程终端读取机械的实时信息，判断机械的实际排放状况、各项排放控制策略是否有效运行以及排放相关故障是否及时维修等。在新生产机械检查和在用符合性检查时，可以对车载终端进行功能性检验，即所有控制系统检验在采用通用诊断仪进行测试的同时，采用远程排放管理平台来检测。

#### 4.5 机械定位的要求

由于我国非道路移动机械没有挂牌和注册登记制度，为了更好实现对机械的监管，本标准对装用 37kW 以上柴油机的非道路移动机械，增加了精准定位要求。同时为了尽快推进远程监控技术在非道路移动机械上的应用，本标准对装用 SCR 系统的柴油机机械，提出了加装 NO<sub>x</sub> 传感器的要求，并按照标准要求上传数据。

#### 4.6 非标准循环排放要求

随着电控发动机技术的发展，针对典型的点用工况法进行的排放测试已经不能满足管理的需要，为了能够更好地对发动机进行监管，提高管理的水平，标准引入了非标准循环的概念。从而使得发动机的排放控制从几个点到整个面的控制

转化。本部分要求修改采用了欧盟 EU2016/1628 法规关于控制区域部分的要求。

非标准循环是由柴油机的四条特性曲线确定的一个区域，分别为柴油机功率曲线、转速 A、30%最大扭矩、30%最大净功率对应的扭矩曲线围成的最小区域即为控制区域（见图 13），这个区域基本包括了柴油机日常的运转区间。

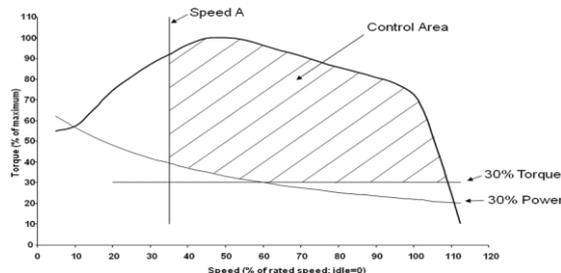


图13 柴油机控制区域

柴油机非标准循环的要求，适用于所有非道路移动机械用柴油机。非标准循环的测量应在八工况、五工况或六工况结束后进行，这样能够保证柴油机前后运行的是同一个状态，然后在控制区域内随机选择三个点，并对三个点的四种污染物分别进行单点的比排放量计算，结果应小于相应柴油机功率段限值的 2 倍。增加非标准循环的要求，使得企业在产品标定阶段细化喷油控制策略，有效避免失效策略的应用。同时针对 19kW 以下机型根据转速的不同还规定了不同的控制区域。见图 14，图 15。

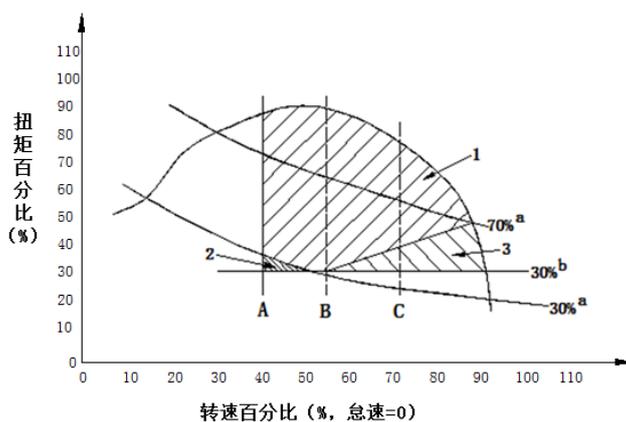


图14 19kW以下转速 $C < 2400r/min$ 发动机控制区域

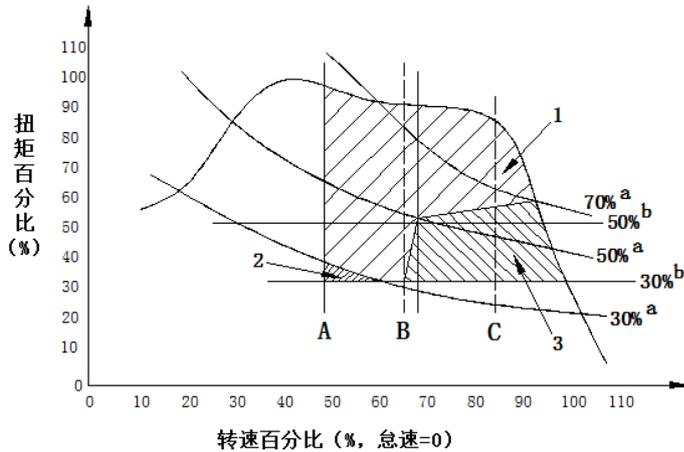


图15 19kW以下转速 $C \geq 2400\text{r/min}$ 发动机控制区域

恒速发动机主要在非常接近其设计转速的转速下运行，所以其控制区域定义如下：

转速：100%

扭矩范围：最大功率点扭矩的 50%–100%

#### 4.7 排气后处理系统的监控要求

根据非道路第四阶段的限值要求，电控发动机、柴油机后处理技术会在第四阶段得到广泛应用。针对其排放的控制策略的监控关系到发动机真实的排放水平，因此标准对各种技术路线提出了控制要求。

关于确保  $\text{NO}_x$  控制措施正确运行的要求。这一部分的内容主要就是为了限制用户不合理使用 SCR 系统造成的污染物排放量的增加，通过报警、限扭等措施提醒用户维护或正当使用发动机。该条内容对反应剂的特性进行了详细要求，对保养维护及报警要求也进行了详细的规定。同时在标准中增加了柴油机及反应剂的一些相关参数，来支持本部分的技术内容。

造成 SCR 系统报警和限扭的故障有五个，分别是：

- 1) 反应剂量不足储罐总容量的 10%、2.5%或变空时；
- 2) 反应剂质量出现问题；
- 3) 喷嘴动作出现问题；
- 4) 篡改类（EGR 阀卡滞、传感器故障等）；
- 5) 反应剂防冻保护。

当上述故障出现时，在最开始的时候为系统报警，提示需要维护；如果 10

个小时后还没有处理，初级限制系统将激活，发动机的扭矩将降为原来的 75%；如果再过 10 个小时错误依然得不到维护，严重限制系统将激活，发动机扭矩降为最大扭矩的 50%，转速降为额定转速的 60%。简易流程图见图 16。

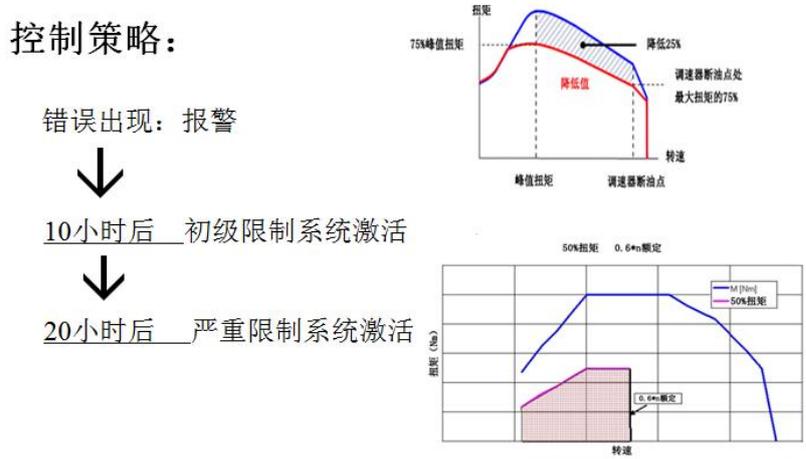


图16 确保NO<sub>x</sub>正确运行的控制流程图

对采用 DPF 的后处理系统也提出了监控要求。标准要求在使用过程中应采取相应的控制策略监控后处理系统的失效，如阻塞、传感器失效等。通过这些控制措施的实施，能够有效监督这些排放控制系统的失效。

#### 4.8 质保期要求

长期以来，机械的质保期保证部件只包括主要的总成，如发动机、变速器、底盘等等，不包括排放相关的零部件。为增强机械生产企业的责任和环保意识，保证排放零部件的正常功能，本标准提出了环保关键零部件质保期的要求。

本标准根据柴油机的有效寿命，参考美国 40 CFR PART 1039 有关质保期的要求，规定了本标准环保关键零部件质保期的要求，见表 2。

表 2 最短质保期的要求

柴油机功率段 (kW)	转速	质保期 <sup>1</sup>	
		时间(小时)	年限(年)
$P_{max} \geq 37$	任何转速	3000	5
$19 \leq P_{max} < 37$	非恒速		
	恒速 < 3000		
$P_{max} < 19$	恒速 ≥ 3000	1500	2
	任何转速	1500	2

<sup>1</sup> 质保期从销售之日起计算排放质保期。

#### 4.9 新生产机械排放达标要求及检查

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。因此增加对新生产机械排放达标要求及检查是非常必要的，同时随着 PEMS 测试设备的发展，也已经具备了对机械实现监管的能力。标准规定了详细的新生产机械的达标自查和新生产机械的达标监督抽查的技术要求，同时也给出了抽查时是否合格的判定条件。

#### 4.10 在用符合性要求及检查

机械能否在使用环节持续达标，这是非道路移动机械污染防治的重点，因此本标准增加了在用符合性的要求。标准详细规定了机械企业和柴油机企业的在用符合性自查的规范，给出了企业自查是否合格的判定条件及整改措施，同时也给出了主管部门抽查时合格与否的判定条件。

#### 4.11 增加三轮汽车及其装用的柴油机污染物控制要求

三轮汽车作为适应我国农用运输需求、适应农村使用条件、农民购买力水平等特点的一类机动车，其采用的动力系统与非道路移动机械拖拉机一致，其作业工况差异也不大，为减轻行业认证成本，降低企业负担，三轮汽车及其装用的柴油机污染物排放纳入非道路移动机械第四阶段来管理，信息公开的要求仍采用机动车管理模式。

### 5 与欧美相关标准的差异

#### 5.1 限值及实施时间上的差异

我国非道路移动机械与欧美排放标准，各阶段限值基本一致，不同的是我们的实施时间落后于欧美国家。中美欧非道路各阶段实施时间及限值见表 3。

表 3 中欧美各阶段 NO<sub>x</sub>/PM 限值及实施时间

实施年限	2011	2014	2019	2008-2012	2012-2013	2014	202*
功率段	IIIB	IV	V	美 4I	美 4I	美 4F	国四
P<8			7.5/0.4	7.5/0.4			7.5/0.6
8≤P<19				7.5/0.4			
19≤P<37			7.5/0.3				
37≤P<56	4.7/0.025		4.7/0.015	4.7/0.03		4.7/0.03	4.7/0.025
56≤P<75	3.3/0.025	0.4/0.025			4.7/0.02		2.0/0.025
75≤P<130				4.0/0.02			
130≤P<224	2.0/0.025						

224≤P<450							
450≤P<560							
560≤P<900				3.5(0.67)/0.1			
P>900			0.67/0.035	3.5/0.1		3.5(0.67)/0.04	3.5(0.67)/0.1

## 5.2 技术要求上的差异

本标准根据我国新大气法的要求，同时考虑适用于我国生态环境主管部门的管理要求，同时参考了欧盟 EU2016/1628 指令，对标准进行了补充。与欧盟指令比较。主要差异对比见表 4。

表 4 本标准与欧美非道路标准的主要差异

技术要求		中国	欧盟	美国
		第四阶段	V	Tier4-F
控制范围	柴油机	√	√	√
	气体发动机	×	√	√
	双燃料发动机	×	√	√
	非道路移动机械	√	×	×
测试循环	稳态测试	√	√	√
	瞬态测试	√	√	√
	非标准循环	√	√	NTE
排放控制策略		√	√	√
曲轴箱污染物要求		×	√	√
CO <sub>2</sub> 排放量要求		√	√	×
烟度要求		√	×	√
PEMS 要求		√	√	×
远程监控		√	×	×
精准定位		√	×	×

## 6 实施技术可行性、环境、社会效益分析

### 6.1 实施本标准的环境效益和社会效益分析

国四标准与国三标准相比，NO<sub>x</sub> 和 HC 限值收紧 13%–45%，PM 限值收紧 50%–94%。按照 2021 年 12 月 1 日实施国四排放标准测算，随着标准的实施，国四非道路移动机械保有量占比逐步增加，2025 年当年减排 NO<sub>x</sub> 52.8 万吨，PM 4.3 万吨，减排比例分别为 17.6%和 25.5%，2030 年当年减排 NO<sub>x</sub> 103.81 万吨，PM 8.24 万吨，减排比例分别为 34.2%和 50.4%。

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。

## 6.2 实施本标准的技术可行性分析

从燃油水平来看,第四阶段标准要求的基准燃油硫含量下降为10ppm,我国普通燃油标准 GB 252-2015 标准要求自2017年7月1日起,普通柴油硫含量为不超过50ppm;2017年11月1日开始全面供应硫含量不超过10ppm的柴油;2019年1月1日,全国实施了国六柴油标准,车用柴油、普通柴油、部分船舶用油“三油并轨”。燃油品质的提升为本标准有效实施提供了坚实的基础保障。

本标准与柴油车国五水平接近,选择性催化还原装置(SCR)和颗粒捕集器(DPF)是主流后处理技术;并需要采用柴油氧化催化器(DOC)和废气再循环(EGR)等辅助技术等。这些技术已在柴油车上成熟应用,同时在欧美非道路产品上也已应用。远程排放监控技术,已在重型柴油车上开始应用,非道路移动机械的车载终端及监管平台建设等,可以重型柴油车的相关技术为基础。自本标准第一次公开征求意见以来,很多企业已启动国四产品研发工作。

基于市场燃油情况、发动机主要零部件及后处理系统准备情况,并在充分考虑行业技术升级和试验验证时间基础上,本标准具备实施基本条件。

## 参考文献

- [1] 国务院下发关于印发打赢蓝天保卫战三年行动计划的通知
  - [2] 生态环境部《关于开展机动车和非道路移动机械环保信息公开工作的公告》（国环规大气（2016）3号）
  - [3] 孙奎松、邵仁恩等。中国内燃机工业年鉴。上海：上海交通大学出版社，2017
  - [4] 中国工程机械工业协会。中国工程机械工业年鉴。北京：机械工业出版社，2017
  - [5] 中国农业机械工业协会。国农业机械工业年鉴。北京：机械工业出版社，2017
  - [6] 生态环境部。中国机动车环境管理年报 2018。北京，2018
  - [7] GB 20891-2014，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。北京，2014
  - [8] GB252-2015，普通柴油。北京，2015
  - [9] ISO8178，Reciprocating internal combustion engines-Exhaust emission measurement。2006
  - [10] Directive 97/68/EC，on the approximation of the laws of the Member States relating to measures against the emission of gaseous and particulate pollutants from internal combustion engines to be installed in non-road mobile machinery。2004
  - [11] (EU)2016/1628，on requirements relating to gaseous and particulate pollutant emission limits and type-approval for internal combustion engines for non-road mobile machinery, amending Regulations (EU) No 1024/2012 and (EU) No 167/2013, and amending and repealing Directive 97/68/EC。2016
  - [12] 40 Cfr part 1039，control of emissions from new and in-use nonroad compressionignition engines。2006
-