

团 体 标 准

T/CICEIA/CAMS 2-2019

在用非道路移动机械用柴油机排放适应性 改造 技术规范 and 评价方法

Adaptability improvement of emission from diesel engine of in-use non-road mobile
machinery-Technical specification and evaluation method

2019 - 02 - 01 发布

2019 - 02 - 01 实施

中国内燃机工业协会
中国机械工业标准化技术协会

发布

目 次

| | |
|-------------------------------------|----|
| 前言 | II |
| 1 范围 | 1 |
| 2 规范性引用文件 | 1 |
| 3 术语和定义 | 1 |
| 4 技术要求 | 3 |
| 5 非道路移动机械与后处理装置匹配安装要求 | 5 |
| 6 非道路移动机械改造后的审查与评价 | 5 |
| 7 非道路移动机械改造后的维护保养 | 6 |
| 附录 A（资料性附录） 非道路移动机械安装后处理装置安装单 | 8 |
| 附录 B（资料性附录） 后处理装置维护保养记录单 | 9 |
| 附录 C（规范性附录） PEMS 测试法 | 10 |

前 言

本标准按GB/T 1.1-2009给出的规则起草。

本标准由中国内燃机工业协会提出。

本标准由中国内燃机工业协会标准化工作委员会归口。

本标准起草单位：同济大学、无锡威孚力达催化净化器有限责任公司、上海汽车集团股份有限公司商用车技术中心、上海内燃机研究所、凯龙科技股份有限公司、中国汽车技术研究中心有限公司。

本标准主要起草人：楼狄明、温任林、计维斌、朱磊、李孟良、房亮、王计广、杨纯。。

本标准为首次发布。

在用非道路移动机械用柴油机排放适应性改造 技术规范和评价方法

1 范围

本标准规定了在用非道路移动机械用柴油机排放适应性改造技术规范和评价方法。

本标准适用于以下类型的非道路移动机械的颗粒物排放污染治理。

——工程机械（>19kW）（包括装载机、推土机、压路机、沥青摊铺机、场内运输车、挖掘机叉车等）；

——农业机械（>37kW）（包括大型拖拉机、联合收割机等）；

——机场地勤设备；

本标准不适用于船舶。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅所注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本文件。

GB 252-2015 普通柴油

GB 17691 重型柴油车污染物排放限值及测量方法（中国第六阶段）

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（中国第三、四阶段）

GB/T 27840-2011 重型商用车燃料消耗量测量方法

GB 36886-2018 非道路柴油移动机械排气烟度限值及测量方法

HJ 437-2008 车用压燃式、气体燃料点燃式发动机与汽车车载诊断（OBD）系统技术要求

HJ 451-2008 环境保护产品技术要求 柴油车排气后处理装置

HJ 857-2017 重型柴油车、气体燃料车排气污染物车载测量方法及技术要求

T/CAEPI 12-2017 柴油车排气后处理装置技术要求

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

非道路移动机械 non-road diesel engine machinery

装用柴油机的用于非道路上的各类机械，即：

——自驱动或具有双重功能（既能自驱动又能进行其他功能操作）的机械；

——不能自驱动，但被设计成能够从一个地方移动或被移动到另一个地方的机械；

——道路车辆装用的、不为车辆提供行驶驱动力的柴油机驱动的车载专用设备。

3.2

非道路移动机械排放治理 non-road diesel engine machinery exhaust retrofit

在非道路移动机械排气系统中安装尾气后处理装置，降低排气污染物的行为。

3.3

柴油机排气后处理装置 aftertreatment devices for diesel engine exhaust

安装在非道路移动机械发动机排气系统中，降低排气中污染物排放量的装置。

3.4

氧化型催化转化器 diesel oxidation catalyst, DOC

通过催化氧化反应，降低排气中一氧化碳（CO）、总碳氢化合物（THC）和颗粒物（PM）中挥发性有机物（SOF）等污染物排放量的后处理装置。

3.5

颗粒物捕集器 diesel particulate filter, DPF

安装在发动机排气系统中，通过过滤来降低排气中PM的后处理装置。当DPF载体的孔内壁涂覆有催化剂，称为催化型颗粒捕集器（Catalyzed Diesel Particulate Filter，简称CDPF）。

3.6

主动再生装置 active regeneration device

通过外加能量提高排气温度，DPF内部温度达到颗粒物的氧化燃烧温度而进行的再生。

3.7

氮氧化物选择性催化还原装置 selective catalytic reduction, SCR

对排气中的氮氧化物（NO_x）进行选择催化还原转化，以降低NO_x排放量的后处理装置。

3.8

污染物排放量 quantity of pollutant discharged

污染源单位时间内排入环境或其它设施的某种污染物的数量。

3.9

污染物减排率 emission reduction efficiency

试验机械或发动机按照指定的工况运行时，安装后处理装置前原机出口与安装后后处理装置出口的某种污染物（CO、HC、NO_x、PM、PN、烟度等）排放量的变化率。

$$E_0 = \frac{A_1 - A_0}{A_0} \times 100\%$$

式中：

E_0 ——污染物减排率；

A_1 ——原机出口污染物排放量；

A_0 ——后处理装置出口污染物排放量。

3.10

林格曼黑度级数 ringelmann number

评价非道路移动机械排气口排出的气流黑度的一种数值。

3.11

林格曼烟度 ringelmann smoke

采用林格曼黑度级数表示的非道路移动机械排气烟度值。

3.12

污染物转化率 pollutant reduction efficiency

后处理装置入口处测得的污染物（CO、HC、NO_x、PM、PN、烟度等）与出口处测得的污染物的差值与入口处测得的污染物的比值，按下式进行计算：

$$E = \frac{P_1 - P_0}{P_0} \times 100\%$$

式中：

E ——污染物减排率；

P_1 ——后处理装置入口处测得的污染物排放量；

P_0 ——后处理装置出口处测得的污染物排放量。

3.13

车载远程通讯装置 on-board remote communication devices

具有卫星定位系统、移动网络接入、接收和存储后处理装置相关信号和在线故障诊断信息等功能，并按照一定的通讯协议及数据格式上报至在线监控平台，完成后处理装置运行和故障诊断信息远程传输的装置。

3.14

在线监控平台 on-line monitoring and management platform

以计算机系统及通信信息技术为基础，通过车载远程通讯装置等手段，实现对排放污染治理的在用非道路移动机械和后处理装置进行管理的系统平台。

4 技术要求

4.1 待改造非道路移动机械技术要求

4.1.1 待改造的在用非道路移动机械应在正常维护保养期内，并满足如下条件：

4.1.1.1 发动机各项性能指标（如汽缸压力、喷油正时、各缸工作均匀性、空气滤清器、排气管理等）正常；

4.1.1.2 非道路移动机械功率要求：工程机械（>19kW），农业机械（>37kW）；

- 4.1.1.3 待改造的在用非道路移动机械烟度排放：采用自由加载法时，烟度值宜不大于 2.0m^{-1} ；采用林格曼烟度法时，不超过林格曼 3 级；
- 4.1.1.4 待改造的在用非道路移动机械应确保使用的柴油符合 GB 252-2015 标准。
- 4.1.1.5 有特殊需求的，各地也可按照国家或地方非道路移动机械烟度排放相关标准自行确定烟度测量方法及限值。
- 4.1.2 对于不满足改造要求的待改造在用非道路移动机械，或供应商认为不宜加装后处理装置的，应首先对其进行维护维修治理，治理后仍不满足要求的不宜强行进行改造加装后处理装置。

4.2 后处理装置技术要求

4.2.1 一般要求

- 4.2.1.1 在制造、安装及正常使用过程中，加装的后处理装置产品与公开的产品一致，符合各项证明文件和材料的技术要求。
- 4.2.1.2 应有明确具体的安装技术要求（包括并不限于：安装图纸、作业指导书、使用说明书）和调试及检测相关要求。
- 4.2.1.3 后处理装置设计、制造和安装应合理，防止使用中可能发生的腐蚀、氧化、振动现象。
- 4.2.1.4 后处理装置产品不得影响非道路移动机械的制动性能，电路改造不能影响系统安全性，应具备隔热防护措施。
- 4.2.1.5 主动再生型 DPF 产品具备在涉及安全隐患的场所/时段强制取消主动再生的功能。
- 4.2.1.6 结构应便于维护保养，不应有直接向环境排放的泄气口。
- 4.2.1.7 后处理装置产品性能和质量应满足 HJ 451-2008 标准或 T/CAEPI 12-2017 行业标准的规定。
- 4.2.1.8 改造后非道路移动机械排放污染物限值
- 4.2.1.9 非道路移动机械排放污染物中的一氧化碳（CO）、碳氢化合物（HC）和氮氧化物（NO_x）、颗粒物（PM）的排放量、转化率及减排率，都不应超出表 1、表 2 相应的规定限值。
- 4.2.1.10 自由加速法烟度限值：按照 GB 36886-2018 规定的自由加速法或林格曼烟度法进行烟度考核，排放不得超过表 1 规定的烟度限值。

表1 烟度限值

| 测试方法 | 自由加速法 | 林格曼烟度法 |
|-------|------------------------|-----------|
| 污染物指标 | 光吸收系数/ m^{-1} | 林格曼黑度级数 |
| 限值 | 0.8 | 1（不能有可见烟） |

- 4.2.1.11 车载测量法（PEMS）限值：按照附录 C 规定测试循环，进行非道路移动机械排放试验。污染物减排率不得超过表 2 中规定的限值。

表2 污染物排放减排率限值

| 按功率进行分类 | 一氧化碳 CO | 碳氢化合物 THC | 氮氧化物 NO _x | 颗粒物质量 PM | 烟度 |
|---|-------------|--------------|-------------------------|-------------|-------------|
| $P_{\text{max}} < 130\text{kW}$ | $\geq 40\%$ | $\geq 40\%$ | / | $\geq 60\%$ | $\geq 60\%$ |
| $130 < P_{\text{max}} < 560\text{kW}^*$ | $\geq 40\%$ | $\geq 40\%$ | $\geq 50\%^*$ | $\geq 60\%$ | $\geq 60\%$ |

4.2.2 监控功能要求

4.2.2.1 故障诊断功能

4.2.2.1.1 后处理装置产品应具备实时在线诊断功能，能对产品出现如排气背压超差、传感器故障、供电供油设备故障、主动再生装置、尿素喷射系统、排气温度超过限值、产品移除、排放超标等故障进行监控、诊断和预警、报警。

4.2.2.1.2 后处理装置产品诊断系统在线诊断出故障后，应通过指示灯、显示屏或蜂鸣器等方式向驾驶员提示后处理装置故障信息。仪表盘应有显示尿素箱内尿素液位的装置。

4.2.2.1.3 后处理装置产品监测系统应具备防篡改功能，同时具备储存数据功能，存储频率应不低于1Hz且满足记录至少360小时的数据量，当空间存储满时，应具备存储数据的自动覆盖功能。

4.2.2.2 远程数据传输系统

4.2.2.2.1 后处理装置产品应具备远程数据传输功能，能将监控数据（至少包括产品地理位置、车速、后处理装置出入口温度、后处理装置出口NO_x排放浓度、压差、主动再生装置故障、尿素喷射系统故障等后处理故障诊断有关的信息）传送至指定的非道路移动机械车载在线系统监控平台。

4.2.2.2.2 远程数据无线传输协议应满足GB 17691标准中的附录Q规定的技术要求。

5 非道路移动机械与后处理装置匹配安装要求

5.1 根据非道路移动机械排放水平、类型、运行工况、排气温度、油品品质等实际状况以及其排放污染治理目标，选择合适的后处理装置方案与产品。

5.2 根据非道路移动机械在不同作业工况下排气温度分布与后处理装置入口温度要求，确定适当的后处理装置安装位置。

5.3 后处理装置安装应满足原非道路移动机械空间限制，不得降低非道路移动机械的通过性。

5.4 后处理装置安装过程中，不应影响原非道路移动机械车载排放诊断（OBD）系统以及非道路移动机械自带的后处理装置的性能。

5.5 后处理装置中相关的高温部件（如主动再生装置）应与油箱、油路或者其他可燃物（如可燃塑料）保持一定距离，必要时对高温部件配置足够的耐高温隔热材料。

5.6 在特殊场合（如易燃易爆场所内作业等）作业的非道路移动机械，宜选用被动再生方案的后处理装置，并及时对后处理装置进行维护保养，包括离线再生、定期清理。

5.7 后处理装置安装单位（以下简称“承装单位”）应提供具体的安装技术要求（包括并不限于：安装图纸、作业指导书和调试及检测相关要求）。承装单位和非道路移动机械所有者签订合同，并按合同约定进行安装。

5.8 后处理装置安装完成后，承装单位负责填写《非道路移动机械安装后处理装置安装单》（见附录A），并由承装单位和机械所有者共同盖章签字确认。

6 非道路移动机械改造后的审查与评价

非道路移动机械所有者与承装单位应按照签订的商务、技术合同对每一个产品进行验收。验收内容包括文件审查和实机检查两方面。

6.1 文件审查

文件审查内容包括但不限于：承装单位与非道路移动机械所有者签订合同、产品安装图纸、安装技术要求、作业指导书、使用维护说明书和改造前、后排放检测报告等。提交审查的文件应完整、齐全、有效。

6.2 实机检查与排放评价

6.2.1 安装评审

后处理产品的安装必须符合安装图纸和作业指导书的要求，其各管路、电线、部件的布置和安装合理、安全、规范，不降低原机的通过性。

6.2.2 排放评价

6.2.2.1 改造后合格验收评价

在用非道路移动机械改造后由监管部门进行合格验收。改造后合格验收包括自由加速烟度限值要求。其中自由加速烟度按GB 36886-2018规定的测试方法进行排放检查，排放值满足本标准4.2.2表1。

6.2.2.2 抽查评价

由环境保护监管部门或第三方检测机构负责抽查。按本标准附录C规定的测试方法进行排放检查，排放值满足本标准4.2.2表2排放污染物减排效率限值要求。

6.2.2.3 在线监控功能检查

改造后的非道路移动机械的后处理装置能与监控平台正常通讯，可上传数据到指定的在线监控平台。

7 非道路移动机械改造后的维护保养

7.1 非道路移动机械日常保养

7.1.1 非道路移动机械所有者负责改造后非道路移动机械和后处理装置的日常维护、保养，确保非道路移动机械技术状态和后处理装置工作状态正常。不得私自更换、拆除后处理装置及其零部件。

7.1.2 非道路移动机械所有者确保使用符合标准的柴油和机油。

7.1.3 非道路移动机械所有者确保使用符合标准的尿素溶液（如有）。

7.2 非道路移动机械定期维护

7.2.1 承装单位向非道路移动机械所有者提供技术咨询，必要时提供及时上门服务。定期对相关人员提供保养、维护专业培训。

7.2.2 承装单位负责对后处理装置进行定期的维护保养，包括外观检查，管路系统的密封性检查、电器系统连接性与安全性检查、各传感器功能性检查，及时对有故障的部件进行修复或更换，承装单位负责填写《后处理装置维护保养记录单》（见附录B），并由承装单位和机械所有者共同盖章签字确认。

7.2.3 承装单位应定期读取监测系统数据，分析后处理装置的工作性能，确定后处理装置相关零部件是否需要维护、更换，或是否需要拆卸检查及清理灰分。

7.2.4 承装单位应备有足够的后处理装置配件，用于及时提供正常保养和损坏件更换的周转。

7.3 质保

后处理装置质保期不得少于1年或1500小时（以先到者为准）。

附 录 A
(资料性附录)
非道路移动机械安装后处理装置安装单

| 机械基本情况 | | | | | |
|-----------------------|--|--------|---------------------------------|---------|-------|
| 机械类型 | | 机械生产企业 | | | |
| 机械型号 | | 排放阶段 | | 出厂日期 | |
| 发动机型号 | | 排量 (L) | | 功率 (kW) | |
| 治理前排气烟度 | <input type="checkbox"/> 自由加载烟度 (m ⁻¹) | | <input type="checkbox"/> 林格曼黑度: | | |
| 治理后排气烟度 | <input type="checkbox"/> 自由加载烟度 (m ⁻¹) | | <input type="checkbox"/> 林格曼黑度: | | |
| 后处理装置及安装情况 | | | | | |
| 装置生产企业 | | 装置型号 | | 装置编号 | |
| 承装单位 | | 装置质保期 | | 安装日期 | |
| 安装地点 | | 安装负责人 | | | |
| 再生策略或是否使用 FBC 添加剂, 简述 | | | | | |
| 改装前后机械检查测试情况 | | | | | |
| 改装前污染物排放 | | | | | |
| 改装后污染物排放 | | | | | |
| 污染物减排率 (%) | | | | | |
| 外观检查 | | | | | |
| 安全性检查 | | | | | |
| 动力性检查 | | | | | |
| 在线监控功能检查 | | | | | |
| 安装维修单位 (签名) | | | 机械所有者 (签名) | | |
| 年 月 日 | | | | | 年 月 日 |

注: 本安装单由安装维修单位提供, 一机一单 (二联) 第一联: 安装维修单位留存; 第二联: 机械所有者留存。

附 录 B
(资料性附录)
后处理装置维护保养记录单

| 机械基本情况 | | | | | |
|----------------|------------------------------|--------------------|-----------|----------|--|
| 机械类型 | | 机械生产企业 | | | |
| 机械型号 | | 排放阶段 | | 机械是否运行良好 | |
| 后处理装置及安装维修单位信息 | | | | | |
| 后处理装置生产企业 | | 装置型号 | | 装置编号 | |
| 装置是否运行良好 | | 承装单位 | | 维修保养负责人 | |
| 维护保养地点 | | 维护保养日期 | | | |
| 维护保养主要内容 | | | | | |
| 维护保养部件名称 | 维护保养内容 | 维护保养周期及下次维护保养时间 | | | |
| 示例：燃烧器喷嘴 | 示例：使用 XX 对喷嘴进行清洗，或喷嘴损坏，更换新喷嘴 | 示例：6 个月，2018 年 6 月 | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| 备注： | | | | | |
| 维护负责人签字（加盖公章） | | | 机械所有者（签名） | | |
| 年 月 日 | | | 年 月 日 | | |

注：本安装单由维修单位提供，一机一单（二联）第一联：安装维修单位存留；第二联：机械所有者留存

附 录 C

(规范性附录)

PEMS 测试法

C.1 概述

本附录规定了利用便携式排放测试系统（PEMS）进行装用19kW到560kW柴油机的非道路移动机械污染物排放测试规程。测量柴油机排气中的氮氧化物（NO_x），并对测试结果及机械信息进行信息公开。

C.2 试验要求

C.2.1 一般要求

C.2.1.1 机械生产企业应向环境保护主管部门提交试验方案，内容应包括非道路移动机械（柴油机）的选取是否具有代表性、典型作业工况、载荷、磨合方法等。

C.2.1.2 环境温度在266 K到311K（-7° C到38° C）。

C.2.1.3 测试时海拔不超过2400m。

C.2.1.4 试验之前，应当按照C.5的内容详细地记录机械参数。

C.2.2 机械的准备

C.2.2.1 机械用柴油机应在其有效寿命期内，且机械应正常使用和维护保养，未经改动。机械的污染物排放控制装置工作正常，未有影响污染物排放控制装置正常工作的报警或故障，如：柴油机有气缸失火、污染物排放控制装置传感器损坏等。

C.2.2.2 机械排放控制诊断系统应符合HJ 437-2008的规定，且应提供标准化接口及无限制的访问。通过标准的诊断串行接口能获取：冷却液温度、柴油机转速、扭矩、柴油机燃油消耗速率等数据。

C.2.2.3 车载排放试验应在机械正常作业状态下进行。试验应代表机械在实际作业状态的负荷特性。

C.2.2.4 试验使用的燃料采用市售满足标准燃料，机油为机械厂商规定的机油。对于使用反应剂降低排放的后处理系统，反应剂应满足相关法规，并在试验中不能出现冻结等异常状况。

C.2.2.5 如果需要，试验时应采集受试机械的燃料、润滑油、后处理反应剂样品。

C.2.3 测试内容

将便携式测试系统安装固定于机械上，在机械实际作业过程中，实时测量表C.1的数据（数据采集频率为1Hz）。颗粒物滤纸采样和质量浓度在线测量仅适用于非道路移动机械。其中干-湿基修正，按HJ 857-2017要求进行修正。

表C.1 测量内容

| 测量内容 | 单位 | 测试仪器 |
|----------------------------------|-------------------|-----------------|
| NO _x 浓度 ¹⁾ | ppm | 分析仪 |
| CO 浓度 ¹⁾ | ppm | 分析仪 |
| CO ₂ 浓度 ¹⁾ | ppm | 分析仪 |
| THC 浓度 ¹⁾ (可选项) | ppmC | 分析仪 |
| 校正前 PM 浓度 (可选项) | mg/m ³ | 分析仪 |
| 校正后 PM 浓度 (可选项) | mg/m ³ | 分析仪 |
| 排气流量 | kg/h (或 L/min) | 排气流量计 (EFM) |
| 排气温度 | °C | EFM |
| 环境温度 | °C | 传感器 |
| 环境大气压 | kPa | 传感器 |
| 环境相对湿度 | % | 传感器 |
| 发动机转速 | rpm | ECU 数据读取设备 |
| 发动机扭矩 ²⁾ | Nm | ECU 数据读取设备 |
| 发动机燃油消耗速率 | g/s | ECU 数据读取设备 |
| 发动机冷却液温度 | °C | ECU 数据读取设备 |
| 车辆行驶速度 | km/h | ECU 数据读取设备和卫星导航 |
| 精准定位系统 | | |
| 所在经度 | ° | 卫星导航精准定位系统 |
| 所在纬度 | ° | 卫星导航精准定位系统 |

1) 直接测量得到或根据B.1.3.2条的规定修正后的湿基浓度
2) 根据 SAE J1939、J1708 或 ISO 15031 等标准协议, 发动机扭矩应该为发动机的净扭矩或由发动机实际扭矩百分比、摩擦扭矩和参考扭矩计算而得的净扭矩, 净扭矩=参考扭矩×(实际扭矩百分比-摩擦扭矩百分比)。

C.2.4 测试工况

C.2.4.1 试验应在非道路移动机械的完整或部分的实际操作过程中进行。

C.2.4.2 当机械生产企业向环境主管部门说明不能满足C.2.4.1要求时, 试验工作循环应尽可能地代表非道路移动机械的实际操作。代表性的试验工作循环应在环境主管部门同意的情况下由机械生产企业确定。

C.2.4.3 无论是在非道路移动机械实际的操作过程中, 还是在具有代表性的试验工作循环下进行试验, 应:

- a) 评估所选在用非道路移动机械类别的整体实际操作;
- b) 不包含怠速下的零散工作量;
- c) 包含足够负载工况, 以达到 C.3.4.1 中所列的最短试验时间;
- d) 机械在测试过程中保证不间断操作。

C.2.4.4 机械生产企业应向环境主管部门提供有关通常专业操作人员的技能及培训的详细说明，并说明所选的操作人员能够胜任在用检测试验。如果操作人员向环境主管部门演示足够的技能和培训，进行非道路移动机械在用检测的操作人员可不是通常的专业人员。

C.2.5 设备安装连接

按HJ 857-2017的规定进行设备安装连接。

C.3 排放测试

C.3.1 测试准备

按HJ 857-2017的规定进行测试准备。

C.3.2 测试开始

应在机械启动前开始PEMS采样，测量排气参数并记录发动机及环境参数。在测试开始时发动机冷却液温度不得超过30℃；如果环境温度高于30℃，测试开始时发动机冷却液温度不得高于环境温度2℃。当发动机的冷却液温度在70℃以上，或者当冷却液的温度在5分钟之内的变化小于2℃时，以先到为准，但是不能晚于发动机启动后20分钟，测试数据开始用于排放达标与否的判定。

C.3.3 测试运行

按照C.2.4条规定的测试工况进行测试。测试时，所有组分的样气可用一个取样探头取样，注意不能让排气成分（包括水汽等）在分析系统的样气通路中产生冷凝。所有仪器检查和标定工作完成后，机械继续正常行驶并进行数据收集。

C.3.4 测试结束

C.3.4.1 包含所有操作规程且仅包含有效数据的试验持续时间应足够长，当测试机械的累积功达到柴油机NRTC循环功的5-7倍时，测试终止。

C.3.4.2 有效功基窗口应占所有功基窗口的50%以上，否则试验无效，应调整试验方案，重新开始试验。

C.3.4.3 应使用与C.3.1条规定相同的标定气对气体分析仪的零点和量距点进行检查，以评估分析仪的响应漂移，并与试验前的标定结果进行对比。如果能够确定零点漂移在允许范围内，则允许在验证量距点漂移前对分析仪进行零点标定。试验后，应在PEMS或单个分析仪或传感器关闭之前、或在分析仪转为非工作模式之前完成对仪器漂移的检查。试验前后分析仪检查结果的差异应符合表C.2的规定。

表C.2 PEMS 试验期间允许的分析仪漂移

| 污染物 | 零点漂移 | 量距点漂移 ¹⁾ |
|-----------------|-------------------------|--------------------------------------|
| CO ₂ | ≤2000ppm/试验 | ≤2%读数或≤2000ppm/试验，取其中较大者 |
| CO | ≤75ppm/试验 | ≤2%读数或≤75ppm/试验，取其中较大者 |
| NO _x | ≤5ppm/试验 | ≤2%读数或≤5ppm/试验，取其中较大者 |
| THC | ≤5ppmC ₃ /试验 | ≤2%读数或≤5ppmC ₃ /试验，取其中较大者 |

注 1): 如果零点漂移在允许的范围內，允许在验证量距点漂移前对分析仪进行标零。

C.4 数据处理与机械排放评估

C.4.1 数据处理

C.4.1.1 最终的测试结果应四舍五入至所适用排放标准所指示的小数点后一位，再加一位有效数字。计算最终结果的中间值应当允许不进行四舍五入。试验过程应连续采样，数据记录不应中断。除下述情况外，不允许将多个作业循环的数据组合处理。

- 测试机械的一个完整作业循环无法满足C.3.4.1的要求；
- 由于不可控因素导致的3分钟以内的数据丢失；
- 测试机械的类别具有不同工作周期的多个工作区。

当进行组合数据处理时，应满足以下要求：

- 不同的作业循环应使用同一机械和柴油机；
- 组合数据最多包含 3 个作业循环；
- 组合数据中的每一个作业循环累积功应至少达到 1 倍 NRTC 循环功；
- 组合数据处理应按照获取时间排序并整合处理；
- 多个数据组合后做为整体进行数据分析；

C.4.1.2 时间对齐

在计算质量排放时，为降低各信号之间的时间偏移，应按照C.4.1.2.1的要求对排放计算相关的数据进行对齐。

C.4.1.2.1 PEMS的测试参数分成三类，详见表C.1，具体分类要求如下：

- 气体分析仪（CO，CO₂，NO_x浓度）；
- 排气流量计（排气质量流量和排气温度）；
- 柴油机（扭矩，速度，温度，油耗率，来自于ECU）。

C.4.1.2.2 每一个类别同其他类别时间对齐应通过寻找两系列参数中相关性系数最高的参数进行确认。任一类别中的所有参数都应调整以使相关性系数最高。下面的参数应用于计算相关性系数。时间对齐要求如下：

- 一类、二类（分析仪和EFM数据）与第三类（柴油机数据）的时间对齐：来自ECU；
- 一类与二类的时间对齐：CO₂浓度和排气质量；
- 一类与三类的时间对齐：CO₂浓度和柴油机油耗量。

C.4.1.3 数据一致性检查

C.4.1.3.1 分析仪和EFM数据

数据（EFM测量的排气质量和气体浓度）的一致性应使用ECU的测量燃料消耗量和GB/T 27840-2011内的公式2计算的燃料消耗量间的相关性进行确认（HC项可忽略）。利用计算燃料消耗值和测量燃料消耗量进行线性回归判定。使用最小二乘法，用公式达到最好的拟合，计算斜率 m 和相关系数 r^2 ；推荐对油耗最大值的15%至最大值之间进行该线性回归，测试频率大于等于1Hz。当满足表C.3中两参数要求时，可认为试验合格。

$$y=mx+b$$

式中：

y ——计算油耗，单位为克每秒(g/s)；

- m ——回归线斜率；
 x ——测量油耗，单位为克每秒(g/s)；
 b ——回归线的y截距。

表C.3 偏差

| | |
|------------|---------------|
| 回归线的斜率, m | 0.9~1.1 (推荐值) |
| 相关系数 r^2 | 最小 0.90 (强制性) |

C.4.1.3.2 ECU扭矩数据的一致性确认：测试时不同转速（怠速转速除外）下的最大扭矩与定型试验时不同转速全负荷下的扭矩的大小相比，两者之间的差异应小于定型试验时全负荷扭矩的7%。

C.4.1.4 在用检测期间确定有效事件的算法

C.4.1.4.1 一般规定

C.4.1.4.1.1 无效工作事件以下事件应被视为无效工作事件：

- 柴油机功率低于最大功率 10%的事件；
- C.3.2 所列柴油机冷态（冷启动）对应的事件；
- 环境条件不满足 C.2.1 要求所记录的事件；
- 在测量设备定期检查期间记录的事件。

无效工作事件应分为短期无效工作事件（ $\leq D2$ ）和长期无效工作事件（ $> D2$ ）（见表C.4）。

表C.4 D0、D1、D2和D3数值

| 参数 | 数值 |
|----|------|
| D0 | 120s |
| D1 | 120s |
| D2 | 600s |
| D3 | 240s |

C.4.1.4.1.2 无效工作事件的判定

- 短于 D0 的无效工作事件应被视为有效工作事件，并与周围的有效工作事件合并（见表 C.4）
- 长期无效工作事件（ $> D2$ ）之后的起机阶段也应被视为无效工作事件，直至排温温度达到 523K（250℃）。如果排气温度在 D3 分钟内未达到 523K（250℃），D3 之后的所有事件都应被视为有效工作事件（见表 C.4）
- 对于所有的无效工作事件，第一个 D1 的事件应被视为工作事件（见表 C.4）

C.4.1.4.2 有效工作事件的确定方法

C.4.1.4.2.1 第一步

- 确定无效工作事件并计算事件的持续时间。
- 根据 C.4.1.4.1.1 确定无效工作事件；
 - 计算无效工作事件的持续时间；
 - 将短于 D0 的无效工作事件标记为有效工作事件（见表 C.4）
 - 计算剩余无效工作事件的持续时间。

C.4.1.4.2.2 第二步

将短期有效工作事件与无效工作事件合并。

—将短于 D0 的有效工作事件与周围长于 D1 的无效工作事件合并。

C.4.1.4.2.3 第三步

剔除长期无效工作事件后的有效工作事件（起始工况突变阶段）

一起始工况突变阶段指从有效工作事件的第一秒到 T1 或 T2（以先到者为准）期间的工况变化阶段。

T1——排温首次达到 523K（250℃）所需的时间；

T2——突变开始的最初 4 分钟。

C.4.1.4.2.4 第四步

将无效工作事件纳入有效工作事件——对于紧跟有效工作事件的无效工作事件，其最初的 2 分钟算作有效工作事件，并与之前的有效工作事件合并。

C.4.1.4.3 根据 C.4.1.4 确定的无效工作事件所包含的数据不参与 C.4.2 和 C.4.3 的计算过程。只有有效工作事件才可用于计算。

C.4.2 计算排放质量

C.4.2.1 气态污染物的瞬时排放质量 g_{ast} (g/s) 按下列公式计算（假设排气在 273K（0℃）和 101.3kPa 下的密度为 1.293 kg/m³）

$$NO_{xt} = \frac{0.001587 \times NO_{xconc} \times G_{exh}}{3600}$$

$$CO_t = \frac{0.000966 \times CO_{conc} \times G_{exh}}{3600}$$

$$THC_t = \frac{k_{THC} \times THC_{conc} \times G_{exh}}{3600}$$

式中：

NO_{xt} 、 CO_t 和 THC_t ——各气态污染物瞬时排放量，单位为克每秒 (g/s)；

NO_{xconc} 、 CO_{conc} 和 THC_{conc} （以 C1 当量表示）——原始排气中各气态污染物瞬时湿基浓度，ppm；
 k_{THC} ——取值为 0.000479。

G_{exh} ——瞬时排气流量，单位为公斤每小时 (kg/h)。

C.4.2.2 计算柴油机瞬时功。根据柴油机的实际转速和扭矩值，得到柴油机输出功率，并与时间间隔相乘后得到柴油机的瞬时功大小，单位：kWh。

$$W_t = \frac{\pi \times T_t \times n_t}{1.08 \times 10^3}$$

式中：

W_t ——瞬时功，单位为千瓦每小时 (kW/h)；

T_t ——瞬时净扭矩，单位为牛顿米(Nm)；
 n_t ——瞬时转速，单位为转数每分钟(r/min)。

C.4.3 功基窗口法的计算和结果判定

C.4.3.1 排放试验结果计算原则：

——柴油机冷却液温度不足70℃、不符合C.2.1条规定的环境条件、分析仪标定等的测试数据不用于比排放量的计算；

——从实验终止点到截止点之间的一个连续区间，当区间的累积做功等于瞬态循环的发动机做功量时，定义该连续区间为一个功基窗口。

——排放试验结果是根据所有有效功基窗口比排放进行计算，而不是基于整个试验的实时比排放进行计算；

——功基窗口的大小是由瞬态循环中柴油机特征和性能决定的参考值，瞬态循环与柴油机型式检验时所用瞬态循环(NRTC)相同，而参考值的大小决定了平均过程的特征（也就是窗口持续时间的长短）；

——功基窗口比排放计算随时间向后推移，每个窗口的起始数据点推移的步长等于排气污染物采样频率的倒数，如此不断随时间做滑动平均，直到窗口的终止点到达试验数据的结束点。

C.4.3.2 计算功基窗口比排放及窗口平均功率百分比

第 i 个功基窗口的确定：

$$\sum_{t_{1,i}}^{t_{2,i}} W_t \geq W_{ref}$$

其中 $t_{2,i}$ 应满足：

$$\sum_{t_{1,i}}^{t_{2,i}-\Delta t} W_t \leq W_{ref} \leq \sum_{t_{1,i}}^{t_{2,i}} W_t$$

式中：

$t_{1,i}$ 和 $t_{2,i}$ ——分别为第 i 个功基窗口起始时间和终止时间，单位为秒(s)；

W_{ref} ——柴油机瞬态循环(NRTC)做功量，单位为千瓦每小时(kWh)；

功基窗口比排放：

$$EF_{gas} = \frac{\sum_i \sum_{t_{1,i}}^{t_{2,i}} gas_t}{\sum_i \sum_{t_{1,i}}^{t_{2,i}} W_t}$$

窗口平均功率百分比：

$$AWP\% = \frac{\sum_{t_{1,i}}^{t_{2,i}} W_t}{(t_{2,i} - t_{1,i}) \cdot P_{rated}} \times 100\%$$

式中：

Prated ——柴油机最大净功率，单位为千瓦(kW)。

C.4.3.3 统计有效功基窗口中，窗口比排放满足5.6.4所规定的污染物排放限值的个数，计算其占所有有效功基窗口个数的比例。

C.5 试验报告

试验报告应当满足附件AB的要求， 并应包括所有排放测试的原始数据记录文件。

C.6 排放试验仪器设备

C.6.1 分析仪的一般技术规格

排气分析仪应符合GB 17691-2005附件BD3.1条的规定。

下面为需要使用和推荐使用的一些试验设备的最低要求，其中响应时间指上升时间T10-90和下降时间T90-10，精度、可重复性和噪声要求如表C.5所示。

表C.5 车载排放测试仪器要求

| 仪器 | 响应时间 (s) | 采样频率 (Hz) | 准确度 | 精度 | 噪声 |
|-----------|-------------|--------------|---|---|------------------|
| 气体分析仪 | 5 | 1 | 读数的 $\pm 2.0\%$ 或满量程的 $\pm 0.5\%$ | 满量程的 $\pm 1.0\%$ (如测量值范围低于155ppm或155ppmC,为满量程浓度的 $\pm 2\%$) | 满量程的 $\pm 2.0\%$ |
| 排气流量计 | 1 | 1 | 读数的 $\pm 2.0\%$ 或满量程的 $\pm 1.0\%$ | 满量程的 $\pm 1.0\%$ | 满量程的 $\pm 2.0\%$ |
| 等比例稀释系统 | 1 | 1 | 读数的 $\pm 1.5\%$ | 读数的 $\pm 0.75\%$ | 读数的 $\pm 1.0\%$ |
| PM2.5 切割器 | - | - | Da50=2.5 \pm 0.2 μ m;捕集效率的几何标准差为 $\sigma_g=1.2\pm 0.1\mu$ m | - | - |
| 颗粒物在线测量设备 | 5 | 1 | 读数的 $\pm 5.0\%$ 或满量程的 $\pm 2.0\%$ | 满量程的 $\pm 2.0\%$ | 满量程的 $\pm 2.0\%$ |
| 温度传感器 | 5 | 1 | 温度 $\leq 600K$ (327 $^{\circ}C$)时为 $\pm 5K$,温度 $> 600K$ 时为读数的 $\pm 1.0\%$ | 温度 $\leq 600K$ (327 $^{\circ}C$)时为 $\pm 2K$,温度 $> 600K$ 时为读数的 $\pm 0.4\%$ | 满量程的 $\pm 0.5\%$ |
| 大气压力计 | 10 | 0.1 | $\pm 250Pa$ | $\pm 200Pa$ | $\pm 100Pa$ |
| 相对湿度 | 10 | 0.1 | - | $\pm 5\%$ | - |

C.6.2 气态污染物分析仪的工作原理

一氧化碳(CO)分析:应采用不分光红外线(NDIR)吸收型分析仪。

二氧化碳(CO₂)分析:应采用不分光红外线(NDIR)吸收型分析仪。

氮氧化物(NO_x)分析:应采用化学发光分析仪(CLD)或不分光紫外线(NDUV)分析仪。

总碳氢（THC）分析：应采用氢火焰离子分析仪（HFID）测量时HFID的温度应保持在453-473K（180-200℃）。

若采用其他满足C.6.2.1~C.6.2.4条要求的替代方法，应将替代方法向环境保护主管部门报告。

C.7 气体

必须遵从所有标定气的储藏期限。

应记录由生产企业规定的标定气体失效日期。

C.7.1 纯净气

各种纯净气要求的纯度需符合下列给出的杂质限值要求。工作时应具备下列气体：

——纯氮气：THC \leq 1 ppmC，CO \leq 1 ppm，CO₂ \leq 400 ppm，NO \leq 0.1 ppm；

——纯合成空气：THC \leq 1 ppmC，CO \leq 1 ppm，CO₂ \leq 400 ppm，NO \leq 0.1 ppm；氧含量的体积分数为18%至21%之间；

——纯氧气：纯度 \geq 99.5%体积分数；

——氢-氮混合气（40 \pm 2%氢，氮作平衡气）：THC \leq 1 ppmC，CO₂ \leq 400 ppm。

具体按测试仪器需求准备。

C.7.2 量距气

应备有下列化学组分的混合气体：

——CO₂、CO、NO、C₃H₈和纯氮气；

——NO₂和纯氮气；

——CO₂、CO、NO、C₃H₈、CH₄和纯氮气；

——CO₂、CO、C₃H₈和纯氮气。

标定气体的实际浓度应在标称值的 \pm 2%以内，所有标定气体的浓度应以体积分数表示（%或ppm）。

具体按测试仪器需求准备，各种成分的浓度按测量排放物的范围制备。

C.8 试验测试系统的辅助设备

C.8.1 试验需要使用各种辅助设备连接便携式排放测试系统并为其提供能源。

C.8.2 使用的流量计、连接器和连接管的流通阻力不能超过柴油机生产企业规定的最大值。

C.8.3 根据需要为柔性连接器、环境传感器和其它设备采用安装保护装置。使用可靠的安装点，推荐使用专门设计的夹子、吸盘、磁铁。

C.8.4 辅助电源

在不影响机械柴油机正常工作的情况下，可从测试机械获取电源或安装另外的便携式能源（如电瓶、燃料电池、便携式发电机等）。

C.8.4.1 在不影响机械柴油机正常工作的情况下，可从测试机械获取电源，其测试设备在最高电力需求时应满足如下条件：

——机械供电系统需要能够确保供电安全，如测试设备所需电力不能超过机械供电系统的能力；

——柴油机排气污染物排放不能因测试设备的电力供应而显著改变；

——测试设备所需电力不能使柴油机输出功率增加幅度超过其最大功率的1%。

C.8.4.2 可以安装另外的便携式能源（如电瓶、燃料电池、便携式发电机等）来代替测试机械供电。可以将外部电源与测试机械电力系统相连，但在测试期间，测试设备所需的由机械提供的电力不能使柴油机输出功率增加幅度超过其最大功率的1%。
