

文章编号: 2096-1618(2020)04-0430-04

基于 PEMS 的非道路移动机械排放测试方法研究

杨保华¹, 杜 骞², 丁健峰², 崔焕星², 马 冉²

(1. 山东省机动车排气污染监控中心, 山东 济南 250102; 2. 济南汽车检测中心有限公司, 山东 济南 250102)

摘要:随着中国对机动车污染防治力度不断加大,非道路移动机械污染物排放对大气环境的影响逐渐凸显。中国新发布的《非道路移动机械及其装用柴油机污染物排放监控技术要求》(征求意见稿)明确提出了对机械氮氧化物(NO_x)排放的监管要求。但中国针对机械排放的研究集中在污染物瞬时排放状况的分析上,基于功基窗口法的分析尚处于空白。利用 PEMS 排放测试系统对几种典型非道路移动机械进行了测试,并基于功基窗口法研究其 NO_x 排放特性。

关键词:非道路移动机械;PEMS;功基窗口法;污染物;排放

中图分类号:TP399

文献标志码:A

doi:10.16836/j.cnki.jcuit.2020.04.011

0 引言

据统计,截止到2016年底,中国工程机械、农业机械、运输船舶、通用飞行器保有量分别约为700万台、3000万台、16万艘和2235架。其中,非道路移动机械排放SO₂、HC、NO_x、PM分别为84.4万吨、70.4万吨、563.9万吨、47.2万吨,NO_x和PM排放量与道路移动源相当^[1-2],对大气环境的影响逐渐凸显,加强非道路移动机械污染物排放控制已成为亟待解决的问题。

随着中国移动源排放标准的不断推进和政策法规的不断加严,非道路移动机械排放已开始纳入环境管理体系。目前在机动车监管方面,车载排放测试技术已被广泛应用并取得了显著效果,在下一步的监管措施中,该技术也将被引入非道路移动机械的排放监管当中。针对这一现状,以几种典型的非道路移动机械为研究主体,基于PEMS(portable emission measurement system)便携式排放测试系统对机械在实际作业状态下的排放进行测试^[3-6],并基于功基窗口法对排放数据进行计算分析,从而为有效控制非道路移动机械的排放提供研究参考。

1 试验设计

利用便携式排放测试系统测量3种非道路移动机械的排气污染物,在相同的测量条件下获取其在实际作业状态下的瞬时排放数据^[4,7-8],并利用合理的方法对数据进行提取和分析,找出科学的排放评价方法。

1.1 测试对象及设备

研究选取装载机、挖掘机和叉车各一辆作为试验对象,选取美国Sensors型号为DS+的排气分析仪作为PEMS测试设备(图1)^[9-11]。测试对象信息如表1所示。

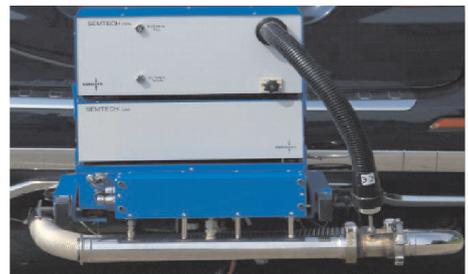


图1 PEMS设备

表1 测试机械信息

编号	机械类型	排放控制技术	发动机信息		
			额定功率/kW	额定转速/rpm	NRTC循环功/kWh
1	装载机	EGR	162	2000	27.65
2	叉车	EGR+POC+DOC	85	2200	14.57
3	挖掘机	EGR+DOC	317	2000	54.36

1.2 测试方法

非道路移动机械作业工况较为复杂,无法按照统

一的作业循环工作。因此,为保证测试数据的科学性和代表性,研究所有测试均在相似的环境条件(温湿度、大气压力、海拔高度)下进行,测试机械按照日常实际作业工况运行^[12-13],由专业操作人员进行不间断作业。

收稿日期:2019-12-27

基金项目:山东省自然科学基金资助项目(ZR2017MD001)

试验机械在充分热机后开始排放测试,整个测试过程不间断采样且记录瞬时数据,需要测量的数据见表 2。测试持续时间基于机械做功计算,当机械累计做功达到 3 倍左右发动机 NRTC 循环做功时,测试停止。

表 2 测试数据

测量内容	测量系统
NO _x 浓度/ppm	DS+
排气流量/(L/min)	排气流量计
环境温度/°C	温湿度传感器
环境大气压/kPa	大气压力传感器
环境相对湿度/%	温湿度传感器
柴油机转速/rpm	ECU 数据读取设备
柴油机扭矩/Nm	ECU 数据读取设备
柴油机冷却液温度/°C	ECU 数据读取设备

2 结果计算

根据表 2 中的测试内容,提取发动机冷却液温度达到或超过 70°C 的瞬时数据,按照公式(1)计算得到

3 种机械的污染物排放质量,利用两种排放因子 g/h 和 g/kWh 分别计算 3 种机械的排放结果,见表 3。

$$NO_{xt} = \frac{0.001587 \times NO_{xconc} \times G_{exh}}{3600} \quad (1)$$

式中: NO_{xt}——氮氧化物瞬时排放量, g/s;

NO_{xconc}——原始排气中各气态污染物瞬时浓度, ppm;

G_{exh}——瞬时排气流量, kg/h。

3 排放评价方法

基于表 3 中的两种排放因子 g/h 和 g/kWh,很难科学有效地评价各种机械的排放水平。研究引入功基窗口法^[1],即通过分析每种机械所有功基窗口比排放与发动机型式检验比排放的符合性来评价机械排放的方法,所谓一个功基窗口是指从测试起始点至终止点之间的一个连续区间,当区间内的发动机累积做功达到 NRTC 循环功时,定义该区间为一个功基窗口^[2,14],如图 2 所示。

表 3 3 种机械排放结果

机械类型	测试持续时间 /s	机械累计做功 /kWh	达到 NRTC 循环功的倍数	NO _x 排放质量 /g	排放因子/(g/h)	排放因子/(g/kWh)
装载机	4260	86.5	3.15	521.77	440.93	6.032
叉车	4872	44.1	3.03	128.73	95.12	2.919
挖掘机	3231	160.9	2.96	931.45	1037.83	5.789

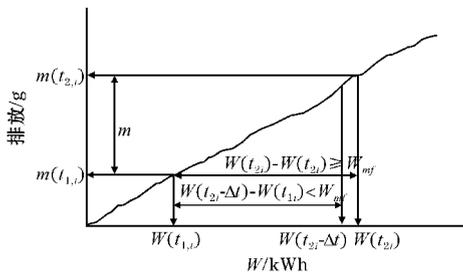


图 2 功基窗口法

根据功基窗口法计算得到 3 种机械所有功基窗口比排放后,将排放因子从小到大累积,同时标记出 90 百分位的功基窗口比排放值,与相应发动机型式检验

比排放限值进行比较并计算符合性系数^[2,15],结果见图 3 ~ 图 5 和表 4。

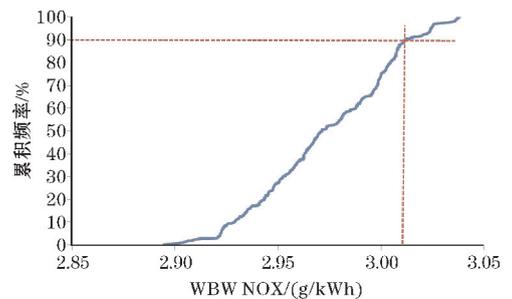


图 4 叉车 PEMS 排放测试结果

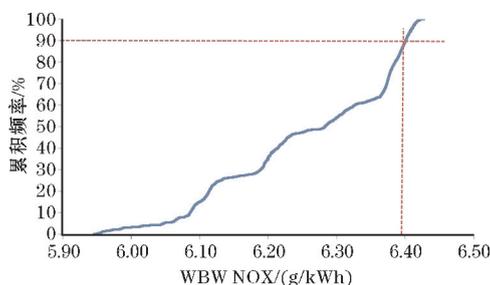


图 3 装载机 PEMS 排放测试结果

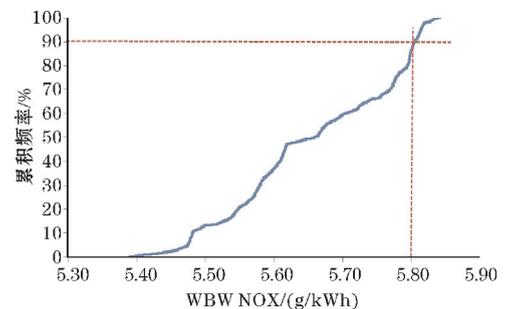


图 5 挖掘机 PEMS 排放测试结果

表4 非道路移动机械的PEMS测试试验结果

机械类型	总做功/kWh	NO _x 比排放结果/(g/kWh)			
		窗口最大值	窗口最小值	90% 窗口值	发动机型式检验限值
装载机	86.5	6.448	5.968	6.362	4.0
叉车	44.1	3.054	2.889	3.011	3.3
挖掘机	160.9	5.842	5.378	5.798	4.0

由表4结果可见,3种机械的比排放符合性系数分别为1.59、0.91和1.45,符合性系数越小,机械的排放控制技术越高,排放越好。目前我国非道路移动机械在第四阶段排放标准中加入了整机PEMS要求,标准征求意见稿中规定PEMS试验限值不得超过发动机型式检验限值的2.5倍,未来可通过PEMS测试加功基窗口法对非道路移动机械的排放进行综合评价。

4 结论

(1)由于长期缺乏监管,非道路移动机械对大气污染的贡献已与道路移动源相当。目前非道路移动机械排放已纳入环保监管体系,车载排放测试技术PEMS将作为主要监管措施。

(2)在规定的测试条件下,PEMS测试系统可有效测量并记录非道路移动机械在实际作业状况下的瞬时排放数据,并计算出机械目标污染物的排放质量和各种排放因子。

(3)基于PEMS测量数据,功基窗口法能科学有效地评价机械在实际作业过程中的排放情况,基于发动机型式检验的排放限值,利用功基窗口法的计算结果再进行符合性分析,可综合评价非道路移动机械的排放水平。研究所得结论为未来非道路移动机械的排放监管提供了参考依据,为国家第四阶段标准的实施提供了实践经验。

参考文献:

[1] 中华人民共和国国家生态环境部办公厅. 非道路移动机械及其装用的柴油机污染物排放控制技术(征求意见稿)[S]. 2017.

[2] 中华人民共和国国家环境保护部. 中国机动车环境管理年报(2018)[S]. 2018.

[3] 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)[S]. 2014.

[4] 葛蕴珊,王爱娟,王猛,等. PEMS用于城市车辆实际道路气体排放测试[J]. 汽车安全与节能学报,2010(2):57-61.

[5] 樊守彬,聂磊,阚睿斌,等. 基于燃油消耗的北京农用机械排放清单建立[J]. 安全与环境学报,2011,11(1):145-148.

[6] 孙龙. 重柴油车辆道路排放特征及评估方法研究[D]. 武汉:武汉理工大学,2011.

[7] 邓顺熙,陈洁,李百川. 中国城市道路机动车CO、HC和NO_x排放因子的测量[J]. 中国环境科学,2000(1):82-85.

[8] 陈雪,李晨贞,钱挺,等. 国内外非道路柴油机排放现状分析[J]. 小型内燃机与车辆技术,2016,45(1):88-92.

[9] 陈长虹,景启国,潘汉生. 重型车机动实际排放特性与影响因素的实测研究[J]. 环境科学学报,2005,25(7):870-878.

[10] 肖军. 非道路移动机械动力排放污染的控制和治理[J]. 汽车工业研究,2017(1):36-40.

[11] Commission Delegated Regulation (EU) 2017/655 of 19 December 2016 supplementing Regulation (EU) 2016/1628 of the European Parliament and of the Council with regard to monitoring of gaseous pollutant emissions from in-service internal combustion engines installed in non-road mobile machinery[S]. 2017.

[12] Kean A J, Sawyer R F, Harley R A. A Fuel-Based Assessment of Off-Road Diesel Engine Emissions [J]. Journal of the Air and Waste Management Association. 2000(2).

[13] Athanasios Mamakos, Pierre Bonnel, Adolfo Perujo, Massimo Carriero. Assessment of portable emission measurement systems (PEMS) for heavy-duty diesel engines with respect to particulate matter[J]. Journal of Aerosol Science, 2013(1).

[14] United Nations Regulation No. 49. Uniform pro-

vision concerning the measures to be taken against the emission of gaseous and particle pollutants from compression-ignition engine and positive ignition engines for use in vehicles[S].

[15] Lise, Jiaz, Lik et al. Fast online computation of a

model predictive controller and its application to fuel economy-oriented adaptive cruise control [J]. IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, 2015, 16(3): 1199-1209.

Study on Emission Test Method of Non-road Mobile Machinery based on PEMS

YANG Baohua¹, DU Qian², DING Jianfeng², CUI Huanxing², MA Ran²

(1. Shandong Vehicle Emission Control Center, Jinan, 250102 China; 2. Jinan Automobile Test Centre co., Ltd., Jinan, 250102, China)

Abstract: The emission of pollutants from non-road mobile machinery has an increasingly prominent impact on the atmospheric environment in China, with the continuous promotion of China's mobile source emission standards. China's newly released (Draft for comments) technical requirements for pollutant emission monitoring of non-road mobile machinery and its installed diesel engines, clearly puts forward the regulatory requirements for mechanical nitrogen oxide (NO_x) emissions. . Based on PEMS technology, this paper tests the emissions of several typical non-road mobile machinery in actual operation, and studies the emission characteristics of NO_x, which based on the work based window method. This will play an important guiding role in the emission study of non-road mobile machinery under practical work status.

Keywords: non-road mobile machinery; PEMS; work based window method; pollutants; emission