

ICS 13.020.40

Z 64

团 体 标 准

T/ACEF 020—2020

小型农业机械柴油机排放测试方法

Emission test method for diesel engine of small agricultural machinery

2020-12-31 发布

2021-01-01 实施

中华环保联合会 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 测试项目.....	2
5 测试条件.....	3
6 测试方法.....	7
附录 A（资料性附录） 测试报告.....	11

前 言

本文件按照 GB/T 1.1-2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规则起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件发布机构不承担识别这些专利的责任。

本文件由中华环保联合会提出并归口。

本文件起草单位：北京市环境保护科学研究院、浙江省农业机械试验鉴定推广总站、浙江水利水电学院。

本文件主要起草人：吴锋、姚栋伟、武林颖、戴旭东、李珊珊、杨晓平、应博凡、李增芳、郑高安、江磊。

小型农业机械柴油机排放测试方法

1 范围

本文件规定了小型农业机械柴油机排放测试项目、测试条件和测试方法。

本文件适用于额定净功率小于37kW、在非恒转速下工作的小型农业机械用柴油机，包括但不限于小型拖拉机、小型耕整地机械、小型种植施肥机械用柴油机等。

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（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB 3847 柴油车污染物排放限值及测量方法（自由加速法及加载减速法）

GB 17691 重型柴油车污染物排放限值及测量方法

GB 20891 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

GB 36886 非道路柴油移动机械排气烟度限值及测量方法

3 术语和定义

包括但不限于GB 20891界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

小型农业机械 small agricultural machinery

装载有额定净功率小于37kW、在非恒定转速下工作的柴油机的农业机械。

3.2

试验循环 test cycle

柴油机在稳态工况下按照规定的转速和扭矩进行试验的程序。

[来源：GB 20891-2014,3.3]

3.3

排气污染物 exhaust pollutant

柴油机排气管排出的气态污染物和颗粒物。

[来源：GB 20891-2014,3.10]

3.4

额定净功率 rated net power

柴油机制造企业为柴油机型式核准时标明的净功率。

[来源：GB 20891-2014,3.14]

3.5

额定转速 rated speed

柴油机制造企业使用说明书中规定的、调速器所允许的全负荷最高转速；如果柴油机不带调速器，则指柴油机制造企业在使用说明书中规定的柴油机最大功率时的转速。

[来源：GB 20891-2014,3.15]

3.6

负荷百分比 load percentage

在柴油机某一转速下实际输出扭矩占最大扭矩的百分数。

[来源：GB 20891-2014,3.16]

3.7

中间转速 intermediate speed

设计在非恒定转速下工作的柴油机，按全负荷扭矩曲线运行时，符合下列条件之一的转速：

- 如果标定的最大扭矩转速在额定转速的60-75%之间，则中间转速取标定的最大扭矩转速；
- 如果标定的最大扭矩转速低于额定转速的60%，则中间转速取额定转速的60%；
- 如果标定的最大扭矩转速高于额定转速的75%，则中间转速取额定转速的75%。

[来源：GB 20891-2014,3.17]

3.8

光吸收系数 coefficient of light adsorption

光束被单位长度的排烟衰减的系数，单位为 m^{-1} 。

[来源：GB 36886-2018,3.4]

3.9

不透光烟度计 smoke opacimeter

用于连续测量柴油机排气的光吸收系数的仪器。

[来源：GB 3847-2018,3.5]

3.10

有效寿命 useful life

农业机械用柴油机及其排放控制系统（如有）正常运转并符合有关气态污染物、颗粒物排放限值、烟度排放限值的使用时间。

4 测试项目

小型农业机械柴油机测试项目见表1，其中序号第1-3项为新生产的小型农业机械柴油机测试项目，序号第4项为在用小型农业机械柴油机测试项目。

表1 小型农业机械柴油机测试项目

序号	测试项目	条文号
1	稳态循环工况排放测试	6.1
2	控制区排放测试	6.2
3	耐久性测试	6.3
4	排气烟度测试	6.4

5 测试条件

5.1 测试台架要求

5.1.1 测功机技术规格

选用的测功机应具有执行稳态工况排放试验循环的全部功能。测功机转速及功率测量范围要满足37kW及以下柴油机的要求。

5.1.2 排气流量测量方法

5.1.2.1 直接测量方法

用流量喷嘴或等效的流量计系统直接测量排气流量。

5.1.2.2 进气空气流量和燃油消耗量的测量方法

用表2规定精度的空气流量计和燃油流量计测量进气空气流量和燃油消耗量。

5.1.2.3 碳平衡方法

用碳平衡方法，根据燃油消耗量和排气浓度计算排气质量流量。

5.1.2.4 总稀释排气流量测量方法

当使用全流稀释系统时，总稀释排气流量应该用PDP或CFV方式测量。测量值最大误差应在读数的 $\pm 2\%$ 以内。如气体流量用差压流量测量法测定，流量差值最大误差应使湿基当量稀释排气质量流量的准确度在 $\pm 4\%$ 以内，该值可用各仪器误差的均方根进行计算。

5.1.3 台架测量设备精度要求

台架测量设备的精度应满足表2的条件。

表2 台架测量设备精度要求

序号	测量参数	精度要求
1	发动机转速	$\pm 2\%$ 或发动机最大转速的 $\pm 1\%$
2	扭矩	$\pm 2\%$ 或发动机最大扭矩的 $\pm 1\%$
3	燃油消耗量	发动机最大油耗的 $\pm 2\%$
4	空气消耗量	$\pm 2\%$ 或发动机最大空气消耗量的 $\pm 1\%$
5	排气流量	$\pm 2\%$ 或发动机最大空气消耗量的 $\pm 1.5\%$
6	温度 $\leq 600\text{K}$	$\pm 2\text{K}$
7	温度 $> 600\text{K}$	读数的 $\pm 1\%$

表 2 (续)		
序号	测量参数	精度要求
8	排气压力	±0.2kpa
9	进气阻力	±0.05kPa
10	大气压力	±0.1kPa
11	其他压力	±0.1kPa
12	绝对湿度	读数的±5%
13	稀释空气流量	读数的±2%
14	稀释排气流量	读数的±2%

5.1.4 台架测试有效性的判定

台架测试基准状况:

——总气压: 100kPa;

——空气温度: 25°C;

——相对湿度: 30%;

注: 在温度为25°C, 相对湿度为30%时, 相应的水蒸气分压为1kPa, 相应的干气压为99kPa。

柴油机进气的绝对温度用 T_a 表示, 干空气压用 P_s 表示, 应根据下列公式计算实验室大气因子 f_a :

对于自然吸气和机械增压柴油机:

$$f_a = \left(\frac{99}{P_s} \right) \times \left(\frac{T_a}{298} \right)^{0.7}$$

对于带或不带进气中冷的涡轮增压柴油机:

$$f_a = \left(\frac{99}{P_s} \right) \times \left(\frac{T_a}{298} \right)^{1.5}$$

当实验室大气因子满足下列条件时, 认为测试有效:

$$0.96 \leq f_a \leq 1.06$$

测量结果的干/湿基校正、NO_x湿度校正和颗粒物的湿度校正按GB 20891-2014附件BC要求进行。

5.2 柴油机系统要求

5.2.1 进气系统

测试柴油机应装有进气系统, 在柴油机制造企业规定的柴油机最大进气流量工作条件下进气系统所产生的进气压力降应满足企业规定的上限值。

如果试验室系统可以代表实际的柴油机运行条件, 则可以使用试验室系统。

5.2.2 排气系统

测试柴油机应装有排气系统, 在柴油机最大额定净功率工作条件下所产生的排气背压应满足企业规定的上限值。

5.2.3 冷却系统

柴油机冷却系统应保持柴油机制造企业规定的正常工作温度。

5.2.4 润滑油

记录测试时所用润滑油的规格。

5.2.5 燃油

柴油机测试用燃油应满足GB 20891-2014附录D表D.1、D.2规定的基准燃油要求。喷油泵进口处的燃油温度应为33~43℃，或符合柴油机制造企业规定。

5.2.6 辅件

测试时，应拆除某些安装在柴油机上、仅用于操纵小型农业机械所需的辅件。

5.2.7 柴油机磨合期要求

按柴油机制造企业的规范进行磨合。柴油机安装到台架后，第一次启动前，检查并清理整个进气系统内的尘埃及杂物。

5.3 气态污染物测试条件

测量气态污染物应使用气体分析仪和气体干燥装置。其他条件应满足GB 20891-2014附录C1.1条技术要求。

5.3.1 气体分析仪

5.3.1.1 测量范围

分析仪的测量范围宜使实测浓度位于分析仪满量程的15%~100%之间。如果满量程小于155ppm，或实测浓度低于满量程的15%，分析仪应达到足够的精度和分辨率，同时应额外增加标定点以确保测量的准确度。

5.3.1.2 测量误差

分析仪总的测量误差，包括对其他气体的交叉影响，不应超过读数的±2%或满量程的±0.3%，取其中小值。

5.3.1.3 重复性

对给定标定或量距气所测10次重复响应值标准差的2.5倍，当实测浓度超过155ppm时应不超过分析仪满量程的±1%，当实测浓度低于155ppm时应不超过满量程的±2%。

5.3.1.4 响应值

分析仪对零气、标定气或量距气在10秒期间的峰-峰响应值应不超过满量程的±2%。

5.3.1.5 零点漂移

在30秒的时间间隔内对零气（包括响应值在内）的平均响应对所用的最低量程1小时内不应该超过满量程的±2%。

5.3.1.6 标定规程

测试前应标定排放分析仪的零点和量距点。

气体分析仪的标定规程按GB 20891-2014附件BB.1条技术要求。

5.3.2 气体干燥装置

选用的气体干燥装置必须对所测气体的浓度影响最小，不可采用化学干燥剂除去样气中的水分。

5.3.3 气态污染物的取样

5.3.3.1 直接从原始排气中取样

取样探头应安装在离排气系统出口至少0.5m或3倍排气管直径（取其较大者）的上游处，以保证探头处排气温度不低于70℃。

对于具有分支排气歧管的柴油机，探头位置应保证所取气样代表所有气缸的平均排放水平。若柴油机具有几组排气歧管，允许每个排气歧管单独取样，并计算平均排气排放量，也可使用与上述方法相关的其他方法。

对于装有排气后处理系统的柴油机，排气取样应在排气后处理系统的下游。

5.3.3.2 从稀释排气中取样

柴油机与全流稀释系统之间的排气管应满足GB 20891-2014附录C.1.1条技术规定。

气态污染物取样探头应安装在颗粒物取样探头附近，此处稀释空气和排气已充分混合均匀。CO和CO₂的排放测量可选择把样气取入样气袋中，通过测量样气袋浓度的方法确定。

5.4 颗粒物测试条件

测量颗粒物质量应使用颗粒物取样系统、颗粒物取样滤纸、微克天平和控制温度和湿度的称重室。其他条件应满足GB 20891-2014附录C1.2条技术要求。

5.4.1 颗粒物取样系统

颗粒物的测定可以使用部分流稀释系统或全流稀释系统进行稀释。稀释系统的流量能力应满足完全消除水在稀释和取样系统中的凝结，并使紧靠滤纸保持架上游处的稀释排气温度≤52℃。稀释空气在进入稀释系统前允许除湿（特别是对于具有较高湿度的稀释空气），稀释空气温度应为25℃±5℃。

颗粒物采样探头应安装在靠近气体排放采样探头的位置。

5.4.2 颗粒物采样滤纸

颗粒物采样滤纸按GB 17691-2018附件CB4.3条技术要求。

5.4.3 称重室和分析天平

称重室和分析天平按GB 17691-2018附件CB4.4条技术要求。

5.5 排气烟度测试条件

排气烟度测试应采用不透光烟度计进行。

5.5.1 不透光烟度计安装要求

每次检查前对不透光烟度计应进行0%和100%点的不透光检查。

测量过程中，烟室中各点的气体温度应在70℃至制造厂规定的最高温度之间。

不透光烟度计光通道有效长度0.43m。

取样探头与排气管横截面积之比应不小于0.05。

5.5.2 不透光烟度计性能要求

5.5.2.1 不透光读数

不透光烟度计的不透光读数应符合下列要求：

- 示值范围：0~99%
- 分辨率：0.1%
- 最大允许误差：±2%
- 重复性：±1%
- 零点漂移：在30min内，烟度计的漂移不得超过±1%。

5.5.2.2 光吸收系数

不透光烟度计的光吸收系数应符合下列要求：

- 示值范围：0~9.99m⁻¹
- 分辨率：0.01m⁻¹

5.5.2.3 烟气温度

烟气温度的测量应符合下列要求：

烟度计的烟气温度示值误差不超过±2℃。

5.5.3 标定规程

不透光烟度计提供了两个真实可靠的标定点，即0%不透光度和100%不透光度。零点和满量程检查时，仪器处于不透光读出状态。标定时，不透光烟度计返回光吸收系数的读出状态，其值可根据所测不透光度和制造厂提供的光通道有效长度精确计算而得；当光束不受阻时，不透光烟度计读数应调至0%不透光度的±1%内；当光束全部不能到达接收器时，不透光烟度计读数应调至100%不透光度的±1%内。

6 测试方法

6.1 稳态循环工况排放试验

6.1.1 测试准备

为了使柴油机参数稳定到柴油机制造企业的规定值，应在额定转速和100%负荷百分比条件下预热柴油机，在柴油机排气温度、机油温度、机油压力、水温等参数稳定后即可进行测试。

6.1.2 测试程序

6.1.2.1 测试流程

按照表3列出工况号的顺序，依次进行。

试验循环中，每个工况过渡阶段以后，规定的转速必须保持稳定，偏差应在额定转速的±1%或±3r/min，取其中较大值；怠速点应该在柴油机制造企业规定的偏差以内。规定扭矩在测试测量阶段的平均值应该保持稳定，偏差应在测试转速下最大扭矩的±2%以内。

每个工况至少需要维持10分钟时间，当对某台柴油机进行测试，为了在测量滤纸上获得足够的颗粒物质量，需要更长的取样时间时，测试工况时间可以根据需要延长。

表3 稳态循环工况

工况号	柴油机转速	负荷百分比	加权系数
1	额定转速	100%	0.20
2	额定转速	60%	0.35
3	额定转速	40%	0.10
4	中间转速	50%	0.10
5	中间转速	25%	0.10
6	怠速	0%	0.15

6.1.2.2 取样时间

测量气态污染物时，排气应在每个工况的最后3分钟通过分析仪。如果对稀释后的CO或CO₂气体使用取样袋方式测量，排气应在每个工况的最后3分钟进入取样袋。

测量颗粒物时，如果采用单滤纸方法，应考虑试验循环中的加权系数调节取样流量和取样时间，并在每个工况的最后进行取样。每个工况取样时间，对单滤纸方法至少20秒，对多滤纸方法至少60秒。

6.1.2.3 注意事项

工况时间应记录并写入报告中。每个工况的最后3分钟测量气态污染物浓度值并记录。

气态污染物和颗粒物的取样应在柴油机达到稳定状态后进行，稳定状态由柴油机制造企业确定。气态污染物和颗粒物取样的完成时间应一致。

燃油温度应在柴油机制造企业规定的位置或在燃油喷射泵的进口测量，应记录测量点的位置。

排放测试过后，应用零气和相同的量距气重新检查分析仪，如果测试前、后的检查结果相差超过2%，测试无效，应重新进行测试。

6.1.2.4 测试结果

气态污染物和颗粒物比排放测量结果计算方法采用GB 20891-2014附件BC计算方法。

稳态工况比排放计算结果应满足GB 20891-2014第5.2.3条规定的排放限值要求。

6.2 控制区排放测试

6.2.1 测试准备

排放控制区应能反映柴油机实际使用的污染物排放水平。

在完成稳态循环工况排放测试后，应立刻进行控制区排放测试。

6.2.2 测试流程

柴油机控制区是由柴油机的四条特性曲线所构成的区域，分别是外特性扭矩曲线、转速A、最大扭矩30%，最大净功率30%对应的扭矩曲线围成的区域就是控制区（见图1）。这个区域基本包括了柴油机日常的运转区间。

速度范围：转速A至最高转速；

$$A = n_{lo} + 15\% \times (n_{hi} - n_{lo})$$

其中：

高转速 n_{hi} 是最大净功率P(n)70%对应的柴油机最高转速。

低速 n_{l0} 是最大净功率 $P(n)50\%$ 对应的柴油机最低转速。

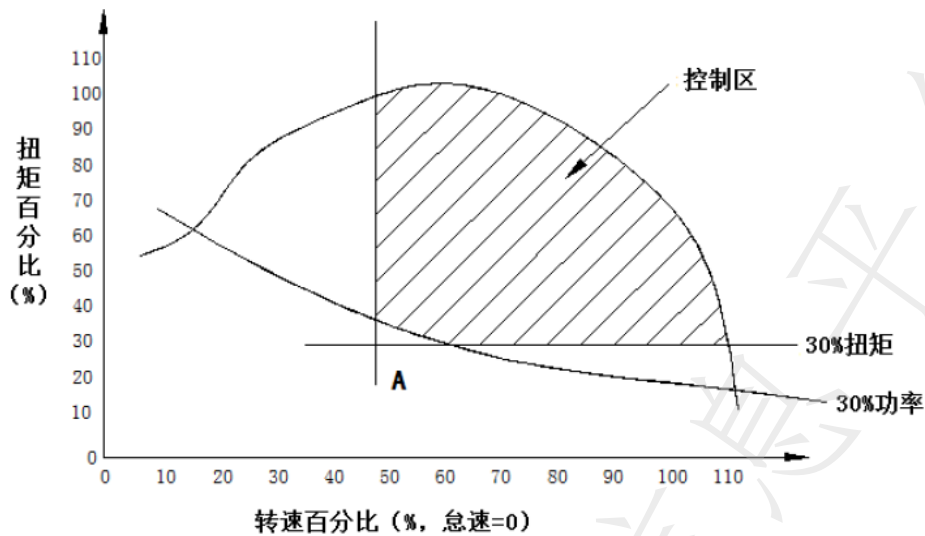


图1 小型农业机械柴油机控制区

测试中应排除以下柴油机运行区域：

- a) 最大扭矩30%以下的运行区域；
- b) 30%功率对应的扭矩曲线以下的运行区域。

在图1的控制区内至少选择3个随机的负荷和转速点进行气态污染物的排放测试，不进行颗粒物排放测量，还应随机决定上述测试点的运行顺序。

测试程序应根据稳态测试循环的要求进行，但每个测试点应单独计算各种气态污染物的比排放量。每个测试点的比排放量均应小于GB 20891-2014第5.2.3条规定的排放限值的2倍。

6.3 耐久性测试

6.3.1 耐久性时间要求

柴油机排放耐久性的最短运行时间或等效运行时间应满足GB 20891-2014第5.2.2条规定。

测试柴油机在正常工作条件下、在GB 20891-2014第5.2.2条规定的有效寿命期内应能满足排放限值要求，耐久性测试时间不少于柴油机有效寿命时长的四分之一。

耐久性测试过程中，不可更换排气后处理装置、供油系统及增压系统等排放控制关键部件。

6.3.2 测试程序

6.3.2.1 测试流程

柴油机制造企业应在发动机台架对所选源机进行耐久性测试。

柴油机制造企业应根据工程经验，选择合适的发动机运行测试工况及每个工况下的运行时间。

对于同一柴油机后处理系统系族内的所有柴油机，只能使用唯一的耐久性测试方法。对于不同柴油机后处理系统系族，耐久性测试方法可以不同。

耐久性测试期间，除正常维护外，不能对排放关键零部件维修或更换。

应在磨合期结束时、耐久性测试结束时、耐久性测试期间选择5个以上间隔点进行排放测试。

6.3.2.2 劣化系数/劣化修正值计算

对于安装排气后处理系统的柴油机，各污染物的劣化系数（ DF_i ）计算如下：

$$DF_i = \frac{M_{i1}}{M_{i0}}$$

式中： M_{i0} —耐久性测试起点的污染物*i*的排放量，g/kW·h；

M_{i1} —有效寿命期终点的污染物*i*的排放量，g/kW·h；

如果 DF_i 小于1，则视为1。

也可选用表4指定的劣化系数，作为替代用耐久性劣化系数。

表4 各污染物指定的劣化系数

污染物	CO	THC	NOx	PM
劣化系数	1.3	1.3	1.15	1.05

对于不安装排气后处理系统的柴油机，各污染物的劣化修正值（ DC_i ）计算如下：

$$DC_i = M_{i1} - M_{i0}$$

式中：

M_{i0} —耐久性测试起点的污染物*i*的排放量，g/kW·h；

M_{i1} —有效寿命期终点的污染物*i*的排放量，g/kW·h；

如果 DC_i 小于0，则视为0。

当排放耐久性试验没有覆盖整个排放耐久期时，排放耐久期结束时的排放值应根据试验期间确立的劣化趋势外插到排放耐久期结束点。应周期性记录耐久性试验期间的排放试验结果，采用合适的回归方程确定有效寿命期终点的排放值。

最终有效寿命终点测试结果应满足GB 20891-2014第5.2.3条的限值要求。

6.4 排气烟度测试

6.4.1 测试准备

受检柴油机应固定载于对应农业机械上。烟度检验前，受检的柴油机应充分预热，并且机械状态良好。受检柴油机排气系统的相关部件不得漏气。

6.4.2 测试流程

排气烟度应使用自由加速法测定。测量柴油机的排气烟度时，应在1秒内，将油门踏板快速、连续但不粗暴地完全踩到底，使喷油泵供给油量最大。在松开油门踏板之前，柴油机应达到断油点转速（采用手动或其他方式控制供给油量的柴油机采用类似操作），在测量过程中应进行检查。

柴油机在每个自由加速循环的开始点处于怠速状态，将油门放开后至少等待2秒后再进行下一次测量，以便吹净排气系统残留颗粒物和杂质，直到测量结果不再稳定下降，则认为读数值是稳定的。计算结果取最后三次自由加速烟度测量结果的算数平均值。

自由加速法排气烟度测试结果应满足GB 36886-2018第4.1条规定的排放限值要求。

附录 A
(资料性附录)
测试报告

A.1 小型农业机械柴油机基本信息

A.1.1 出厂年份: _____

A.1.2 排放阶段: _____

A.1.3 柴油机制造厂名称: _____

A.1.4 柴油机型号: _____

A.1.5 柴油机额定净功率 (kW): _____

A.1.6 柴油机额定转速 (r/min): _____

A.1.7 柴油机后处理类型: _____

A.2 受检方信息

A.2.1 姓名/单位: _____

A.2.2 联系地址: _____

A.2.3 联系电话: _____

A.3 与测试相关的信息

A.3.1 测试用基准燃油

A.3.1.1 十六烷值: _____

A.3.1.2 硫含量 (mg/kg): _____

A.3.1.3 密度 (20°C): _____

A.3.2 润滑油

A.3.2.1 厂牌: _____

A.3.2.2 型号: _____

A.3.3 柴油机驱动辅件

A.3.3.1 列举并详述细节: _____

A.3.3.2 在规定的柴油机转速下吸收的功率 (由柴油机制造企业确定) (见表A.1)

测试中应拆除仅为小型农业机械运行所需的辅件, 若这些辅件不能拆除, 则确定这些辅件的吸收功率, 并加到测试循环整个运转范围所测得的柴油机功率中。

表A.1 在规定的柴油机转速下的吸收功率

辅件	怠速	中间转速	额定转速
柴油机运转所需辅件, kW			
柴油机运转所不需辅件, kW			

A. 3. 4 柴油机性能

A. 3. 4. 1 柴油机转速

怠速 (r/min): _____

中间转速 (r/min): _____

额定转速 (r/min): _____

A. 3. 4. 2 柴油机功率 (见表A.2)

表A.2 柴油机功率

条件	怠速	中间转速	额定转速
测试台架测得的功率, kW			
测试中可能安装的辅件吸收的功率, kW			
测试中可能拆去的辅件吸收的功率, kW			
柴油机净功率, kW			

A. 3. 5 柴油机的排放水平

劣化系数/劣化修正值 (DF): 计算/定值

稳态测试循环测试劣化系数/劣化修正值 (DF) 和排放值见下表。

A. 3. 5. 1 测试循环排放结果见表A.3

表A.3 稳态测试循环排放结果

污染物	CO	HC+ NO _x	PM
DF 值			
污染物	CO (g/kW·h)	HC+ NO _x (g/kW·h)	PM (g/kW·h)
测试结果			
DF 修正结果			

A. 3. 5. 2 控制区测试点的排放结果见表A.4

表A.4 控制区测试点的排放结果

测试点排放	柴油机转速 (rpm)	负荷 (%)	CO (g/kW·h)	HC+NO _x (g/kW·h)	PM (g/kW·h)
测试点 1					
测试点 2					
测试点 3					

A.3.5.3 用于测试的取样系统

A.3.5.3.1 气体排放：_____

A.3.5.3.2 颗粒物：_____

A.3.5.3.2.1 方法：单/多滤纸

A.3.5.4 排气烟度排放结果

A.3.5.4.1 检验日期：_____

A.3.5.4.2 检验地点：_____

A.3.5.4.3 检验方法：_____

A.3.5.4.4 检验次数及时间：_____

A.3.5.4.5 检验开始时间：_____

A.3.5.4.6 检验结束时间：_____

A.3.5.4.7 自由加速法烟度检测结果 (m⁻¹)：_____

A.3.6 检验单位信息

A.3.6.1 单位名称：_____

A.3.6.2 联系地址：_____

A.3.6.3 联系电话：_____

A.3.6.4 检验人员：_____

A.3.6.5 审批人员：_____

A.3.6.6 批准人员：_____