

中华人民共和国国家标准

柴油机排放试验方法 第2部分:地下矿、机车、船舶 及其他工农业机械用

UDC 621.436.06
: 001.4

GB 8189—87

**Diesel engine emissions—Test methods—Part 2:
for underground mine, rail-traction, marine and
other industrial and agricultural machineries**

1 适用范围

本标准规定了评定柴油机排气排放物 CO 和 NO_x 的湿基排放浓度,比排放量和排放指数的试验方法。

本标准适用于下列场合下使用的柴油机:地下矿、隧道工程等有限空间场所;内燃机车类;船舶主机类;发电、工业、农副产品加工及其他用途的柴油机。

2 术语及符号

2.1 柴油机术语,按 GB 1883《往复式内燃机 名词术语》的规定。

2.2 本标准应用的专门术语、符号,按 GB 8188《柴油机排放 术语》的规定。

3 试验条件

3.1 柴油机的排放试验,规定在发动机试验台架上进行。

3.2 提交试验的柴油机,必须达到制造厂技术文件规定的性能指标。

3.3 试验时,进气温度应为 $298 \pm 5\text{K}$ ($25 \pm 5^\circ\text{C}$);大气压力应为 $100 \pm 3.3\text{kPa}$;喷油泵进口的燃油温度应为 $313 \pm 5\text{K}$ ($40 \pm 5^\circ\text{C}$)。如在其他进气温度、大气压力和燃油温度下进行试验,应在试验报告中详细注明。

3.4 试验时,柴油机的进气阻力应控制在制造厂规定的最大空气消耗量时的允许值 $\pm 0.25\text{kPa}$ 以内。

3.5 试验时,柴油机排气系统的背压应控制在制造厂规定的标定工况时最大允许值 $\pm 0.68\text{kPa}$ 以内。

3.6 试验前,柴油机应按有关标准或制造厂技术文件的规定进行磨合运转。磨合时间最多不超过 50 h。

3.7 试验时必须使用符合 GB 252《轻柴油》规定的 0 号柴油。船用主机可按实际使用确定油料,但应在试验报告中注明。

3.8 试验时,其他条件应符合 GB 1105.1~3《内燃机台架性能试验方法》的规定。

4 测试仪器

4.1 采用直接连续取样法采集排气气样。取样系统应按 GB 8190《柴油机排气分析系统的技术要求》的规定。

4.2 采用 GB 8191《柴油机排气中一氧化碳、二氧化碳和氮氧化物的测定 不分光红外线法》测定 CO

国家机械工业委员会 1987-06-24 批准

1988-07-01 实施

的排放浓度。

4.3 采用 GB 8192《柴油机排气中氮氧化物的测定 化学发光分析法》测定 NO_x 的排放浓度。若无这种仪器,允许采用 4.2 条规定的方法或 GB 6457《柴油机排气中氮氧化物的测定—湿化学分析法》测定 NO_x 的排放浓度。

4.4 测定柴油机空气消耗量的流量计精度应为其满量程的 2%。

注:推荐采用层流型或转子式流量计。测定柴油机空气消耗量时,其最大流量应为流量计满量程的 2/3 以上。

4.5 测量柴油机的转速、功率、燃油消耗量以及各种温度、压力等所用的仪器、仪表及其测量位置精度,应符合 GB 1105 的测定。

5 试验规范

5.1 不同用途的柴油机按表 1~4 规定的工况和顺序进行排放试验。

5.1.1 有关部门可根据实际使用要求与柴油机制造厂协商,增加必要的试验工况。

5.1.2 每一工况的负荷调整偏差应不大于全负荷的 $\pm 2\%$,如表 1 第 3 工况的负荷百分数允许为 48%~52%。

5.1.3 每一工况的转速调整偏差应不大于 50 r/min。

5.1.4 每一工况运转 10 min。最初 5 min 用于改变发动机的转速和负荷以稳定水温、油温等运转参数。

5.1.5 一次排放试验应连续进行。若运转过程中柴油机或试验设备发生故障,应终止试验,已做的排放试验无效,须重新进行试验。

表 1 地下矿、隧道工程等柴油机排放试验工况

工况序号	转 速 r/min	负 荷 百 分 数 %
1	怠速	0
2	最低工作稳定转速	0
3	最低工作稳定转速	50
4	最低工作稳定转速	100
5	最大扭矩转速	0
6	最大扭矩转速	75
7	最大扭矩转速	100
8	标定转速	100
9	标定转速	75
10	标定转速	50
11	标定转速	0

注:负荷百分数,是指标定功率的速度特性上相应转速下全负荷的百分数。

表 2 内燃机车类柴油机的排放试验工况

工况序号	转 速 r/min	负 荷 百 分 数 %
1	最低工作稳定转速	0
2	最低工作稳定转速	25
3	转 速 n_1	100
4	转 速 n_1	25
5	转 速 n_2	25
6	转 速 n_2	50
7	转 速 n_2	100
8	标定转速	100
9	标定转速	75
10	标定转速	50
11	标定转速	25
12	标定转速	10

注：① 负荷百分数，是指功率特性上相应转速下全负荷的百分数。

② $n_1 = n_s + 0.5(n_b - n_s)$

③ $n_2 = n_s + 0.75(n_b - n_s)$

n_s —— 在柴油机功率特性上能稳定运转的最低转速；

n_b —— 标定转速。

表 3 船用主机类柴油机排放试验工况

工况序号	转 速 r/min	负 荷 百 分 数 %
1	最低工作稳定转速	
2	标定转速	25
3	标定转速	85
4	标定转速	100
5	103%标定转速	110
6	倒转转速	

注：① 负荷百分数，是指标定功率时负荷的百分数。

② 最低工作稳定是指柴油机推进特性上最低工作稳定转速下的负荷。

③ 倒转转速指制造厂产品说明书规定的允许达到的倒转转速下相应的负荷。

表 4 发电、工业、农副产品加工及其他用途的柴油机排放试验工况

工况序号	转 速 r/min	负 荷 百 分 数 ¹⁾ %
1	标定转速	25
2	标定转速	50
3	标定转速	75
4	标定转速	100

注：1) 负荷百分数是指标定功率时负荷的百分数。

5.2 试验程序

5.2.1 安装取样探头。接通 CO 和 NO_x 分析仪及其取样系统。

注：取样探头应安装在离排气总管或增压器蜗轮出口 1~3 m 处。

5.2.2 对 CO 和 NO_x 分析仪进行零点和量距刻度定标。若试验中需用多种量程测定 CO 和 NO_x 的排放浓度，则必须对所用的每种量程进行零点和量距刻度定标。

5.2.3 起动柴油机进行暖机运转，使水温、油温和油压等运转参数达到制造厂规定的范围。

5.2.4 按表 1~表 4 规定的转速使柴油机运转 5~10 min，以确定以上各转速下相应的全负荷及部分负荷。

5.2.5 按 5.1 条规定运转柴油机。

5.2.6 在完成规定的一次排放试验的最后一个工况后，应立即复核 5.2.2 条确定的 CO 和 NO_x 分析仪的零点和量距刻度定标。当试验前后，各分析仪出现下列情况之一时，已做的排放试验无效，应重新进行试验：

- a. 零点漂移超过分析仪满量程的 2%；
- b. 零点与量距刻度定标点的间距偏差超过分析仪满量程的 2%。

6 试验数据记录

6.1 应将每一工况的 CO、NO_x 分析仪的输出信号连续记录在长图记录仪上。

6.2 在每一工况的最后 5 min 稳定运转时间内，测量和记录下列各项参数：

- a. 柴油机转速；
- b. 柴油机功率；
- c. 燃油消耗量；
- d. 空气消耗量；
- e. 大气压；
- f. 进气温度；
- g. 进气空气相对湿度；
- h. 进气阻力；
- i. 排气背压；
- j. 燃油温度。

6.3 排放测量记录的读数

6.3.1 找出每一试验工况最后 1min 的 CO 和 NO_x 测量记录线的位置，并将它们划分成 10 个等分间隔。

6.3.2 确定 6.3.1 条中 10 个等分间隔的 CO 和 NO_x 测量记录的平均读数。

6.3.3 取 6.3.1 条中 10 个平均读数的算术平均值,它即代表每个工况 CO 和 NO_x 排放浓度,规定以 ppm 表示。

注:若每个工况最后 1min 的记录线偏摆小于满量程的 ±5%,则可用目测法直接确定 CO 和 NO_x 的平均读数。

7 试验结果的表达和计算

7.1 柴油机排放试验的结果规定用 5.1 条所列的一次排放试验中每个工况的湿基排放浓度(ppm)、比排放量[g/(kW·h)]、排放指数(g/kg 燃料)表示。

7.2 试验结果的计算方法

7.2.1 按式(1)、式(2)确定 5.1 条中每个工况的 CO 和 NO_x 湿基排放浓度。

$$V_{\text{CO(湿)}} = V_{\text{CO(实测)}} \times K_w \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$V_{\text{NO}_x(\text{湿})} = V_{\text{NO}_x(\text{实测})} \times K_w \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中: $V_{\text{CO(湿)}}$ ——每个工况的 CO 湿基排放浓度, ppm;

$V_{\text{NO}_x(\text{湿})}$ ——每个工况的 NO_x 湿基排放浓度, ppm;

$V_{\text{CO(实测)}}$ ——按 6.3 条确定的每个工况的 CO 排放浓度, ppm;

$V_{\text{NO}_x(\text{实测})}$ ——按 6.3 条确定的每个工况的 NO_x 排放浓度, ppm;

K_w ——干、湿基浓度换算系数(参见 GB 6456《柴油机排放试验方法 第一部分:汽车及工程机械用》附录 A)。

注:将排放气气样冷凝除水后测得的排放浓度为干基浓度;不除水测得的排放浓度为湿基浓度。

7.2.2 按式(3)、式(4)计算 5.1 条中每个工况的 CO 和 NO_x 质量排放量。

$$G_{\text{CO}} = 0.966(G_a(\text{干}) + G_f)V_{\text{CO(湿)}} \times 10^{-3} \quad \dots\dots\dots (3)$$

$$G_{\text{NO}_x} = 1.586(G_a(\text{干}) + G_f)V_{\text{NO}_x(\text{湿})} \times 10^{-3} \quad \dots\dots\dots (4)$$

式中: G_{CO} ——每个工况的 CO 质量排放量, g/h;

G_{NO_x} ——每个工况的 NO_x 质量排放量, g/h;

$G_a(\text{干})$ ——柴油机的干空气消耗量, kg/h;

G_f ——柴油机的燃油消耗量, kg/h。

7.2.3 按式(5)、式(6)计算 CO 和 NO_x 的比排放量。

$$bS_{\text{CO}} = \frac{G_{\text{CO}}}{P} \quad \dots\dots\dots (5)$$

$$bS_{\text{NO}_x} = \frac{G_{\text{NO}_x}}{P} \quad \dots\dots\dots (6)$$

式中: bS_{CO} ——每个工况的 CO 比排放量, g/kW·h;

bS_{NO_x} ——每个工况的 NO_x 比排放量, g/kW·h;

P ——每个工况的实测功率, kW。

7.2.4 按式(7)、式(8)计算 CO 和 NO_x 的排放指数。

$$SF_{\text{CO}} = 0.966(1 + G_a(\text{干})/G_f)V_{\text{CO(湿)}} \times 10^{-3} \quad \dots\dots\dots (7)$$

$$SF_{\text{NO}_x} = 1.586(1 + G_a(\text{干})/G_f)V_{\text{NO}_x(\text{湿})} \times 10^{-3} \quad \dots\dots\dots (8)$$

式中: SF_{CO} ——每个工况的 CO 排放指数, g/kg 燃料;

SF_{NO_x} ——每个工况的 NO_x 排放指数, g/kg 燃料。

7.2.5 根据柴油机用途、排放参数的符号及单位应符合表 5 的规定。

GB 8189-87

表 5 柴油机排放参数的符号及单位

柴油机用途	排 放 参 数		
	湿基排放浓度 V_{CO}, V_{NOx}	比排放量 bS_{CO}, bS_{NOx}	排放指数 SF_{CO}, SF_{NOx}
地下矿、隧道工程等	ppm	—	—
其他	—	g/kW·h	g/kg 燃料

附录 A
试验结果记录表格及计算实例
(参考件)

A1 试验结果记录表格式样如表 A1、表 A2 所示。

A2 试验结果计算实例

下面以一台非增压四冲程柴油机(标定功率:103 kW;标定转速:3 000 r/min)的试验结果为例(见表 A3、表 A4),说明按本标准表 1~表 4 所列的试验工况下,计算 CO 和 NO_x 的湿基排放浓度、比排放量和排放指数的方法与步骤(假定此柴油机均适应下述用途)。

A2.1 若按地下矿柴油机试验工况运行时(表 1),计算 CO 和 NO_x 的湿基排放浓度(以表 A3 第 4 工况为例,其余工况计算方法相同)。

A2.1.1 由 GB 6456 附录 A 表 A2 查得 $t = 16.6^{\circ}\text{C}$ 时, $P_s = 1.888 \text{ kPa}$ 。

A2.1.2 由 GB 6456 附录 A 的(A6)式计算 H 值:

$$H = \frac{622\phi P_s}{P - \phi P_s} = \frac{622 \times 0.39 \times 1.888}{101.83 - 0.39 \times 1.888}$$

$$= 4.53 \text{g(水)/kg(干空气)}$$

A2.1.3 由 GB 6456 附录 A 表 A1 查得 $H = 4.53 \text{ g(水)/kg(干空气)}$, $G_f/G_s(\text{干}) = 0.045$ 时, $K_w = 0.914$ 。

A2.1.4 按 7.2.1 条的式(1)、式(2)计算 CO 和 NO_x 的湿基排放浓度。

$$V_{\text{CO(湿)}} = V_{\text{CO(实测)}} \times K_w$$

$$= 730 \times 0.914 = 667 \text{ ppm}$$

$$V_{\text{NO}_x(\text{湿})} = V_{\text{NO}_x(\text{实测})} \times K_w$$

$$= 2190 \times 0.914 = 2002 \text{ ppm}$$

A2.2 若按发电、工业、农副产品加工及其用途的柴油机排放试验工况运行时(表 4),计算 CO 和 NO_x 的比排放量或排放指数(以表 A4 第 4 工况及第 1 工况为例,其余工况方法相同)。

A2.2.1 按 A2.1.1~A2.1.4 条的方法与步骤,计算 CO 和 NO_x 的湿基排放浓度。

第 4 工况:

$$V_{\text{CO(湿)}} = V_{\text{CO(实测)}} \times K_w$$

$$= 2010 \times 0.899 = 1807 \text{ ppm}$$

$$V_{\text{NO}_x(\text{湿})} = V_{\text{NO}_x(\text{实测})} \times K_w$$

$$= 1838 \times 0.899 = 1652 \text{ ppm}$$

第 1 工况:

$$V_{\text{CO(湿)}} = V_{\text{CO(实测)}} \times K_w$$

$$= 340 \times 0.956 = 325 \text{ ppm}$$

$$V_{\text{NO}_x(\text{湿})} = V_{\text{NO}_x(\text{实测})} \times K_w$$

$$= 655 \times 0.956 = 626 \text{ ppm}$$

A2.2.2 按 7.2.2 条的式(3)、式(4)计算 CO 及 NO_x 的质量排放量。

第 4 工况:

$$G_{\text{CO}} = 0.966(G_s(\text{干}) + G_f)V_{\text{CO(湿)}} \times 10^{-3}$$

$$= 0.966 \times (476.14 + 25.53) \times 1807 \times 10^{-3}$$

$$= 875.70 \text{ g/h}$$

$$G_{\text{NO}_x} = 1.586(G_s(\text{干}) + G_f)V_{\text{NO}_x(\text{湿})} \times 10^{-3}$$

$$= 1.586 \times (476.14 + 25.53) \times 1652 \times 10^{-3}$$

$$= 1314.41 \text{ g/h}$$

第1工况:

$$G_{\text{CO}} = 0.966(G_{\text{a}}(\text{干}) + G_{\text{f}})V_{\text{CO}}(\text{湿}) \times 10^{-3}$$

$$= 0.966 \times (474.92 + 10.11) \times 325 \times 10^{-3}$$

$$= 152.28 \text{ g/h}$$

$$G_{\text{NO}_x} = 1.586(G_{\text{a}}(\text{干}) + G_{\text{f}})V_{\text{NO}_x}(\text{湿}) \times 10^{-3}$$

$$= 1.586 \times (474.92 + 10.11) \times 626 \times 10^{-3}$$

$$= 481.56 \text{ g/h}$$

A2.2.3 按7.2.3条的式(5)、式(6)计算CO和NO_x比排放量。

第4工况:由表A4查得第4工况时, $P = 103.68 \text{ kW}$ 。

$$bS_{\text{CO}} = \frac{G_{\text{CO}}}{P}$$

$$= \frac{875.70}{103.68} = 8.45 \text{ g/(kW} \cdot \text{h)}$$

$$bS_{\text{NO}_x} = \frac{G_{\text{NO}_x}}{P}$$

$$= \frac{1314.41}{103.68} = 12.68 \text{ g/(kW} \cdot \text{h)}$$

A2.2.4 按7.2.4条的式(7)、式(8)计算当平均有效压力 $p_e \leq 300 \text{ kPa}$ 时,各工况的CO和NO_x的排放指数。

第1工况($p_e = 179 \text{ kPa}$),由表A4查得第1工况时, $G_{\text{f}} = 10.11 \text{ kg/h}$ 。

$$SF_{\text{CO}} = 0.966(1 + G_{\text{a}}(\text{干})/G_{\text{f}})V_{\text{CO}}(\text{湿}) \times 10^{-3}$$

$$= 0.966(G_{\text{a}}(\text{干}) + G_{\text{f}})V_{\text{CO}}(\text{湿}) \times 10^{-3}/G_{\text{f}}$$

$$= G_{\text{CO}}/G_{\text{f}}$$

$$= \frac{152.28}{10.11} = 15.06 \text{ g/kg 燃料}$$

$$SF_{\text{NO}_x} = 1.586(1 + G_{\text{a}}(\text{干})/G_{\text{f}})V_{\text{NO}_x}(\text{湿}) \times 10^{-3}$$

$$= G_{\text{NO}_x}/G_{\text{f}}$$

$$= \frac{481.56}{10.11} = 47.63 \text{ g/kg 燃料}$$

A2.3 内燃机车及船舶主机用柴油机排放试验时,其CO和NO_x的比排放量及排放指数的计算方法、步骤与A.2.2条相同。

表 A1 柴油机排放试验数据记录表

工 序 号	转 速 r/min	功 率 kW	进 气 温 度 °C	进 气 空 气 相 对 湿 度 %	干 空 气 消 耗 量 kg/h	燃 油 消 耗 量 kg/h	干 燃 空 比 G_f/G_s (干)	空 气 含 湿 量 H g(水)/kg(干空气)	干、湿基 换算系数 K_w	CO		NO _x	
										V _{CO} (实测) ppm	V _{CO} (湿) ppm	V _{NO_x} (实测) ppm	V _{NO_x} (湿) ppm
最大湿基排放浓度													

注：本表适用于地下矿、隧道工程用柴油机。

表 A2 柴油机排放

发动机型号:

测功器型号:

发动机编号:

CO 分析仪型号:

发动机用途:

NO_x 分析仪型号:

工况序号	转速 r/min	功率 kW	平均有效压力 kPa	进气温度 ℃	进气空气相对湿度 %	干空气消耗量 kg/h	燃油消耗量 kg/h	燃油消耗率 g/kW·h	干燃空比 G _f /G _a (干)	空气含湿量 H g(水)/kg(干空气)
最大比排放量及排放指数										

注：本表适用于内燃机车类；船舶主机类；发电、工业、农副产品加工及其他用途的柴油机。

表 A3 柴油机排放

发动机型号:bloz BQ 型

测功器型号:Siemens lgpA314

发动机编号:

CO 分析仪型号:PIR-2000(NOIR)

发动机用途:作发电、工业用例

NO_x 分析仪型号:RS-32SL(CLO)

工况 序号	转速 r/min	功率 kW	平均有效 压力 kPa	进气温度 ℃	进气空气 相对湿度 %	干空气 消耗量 kg/h	燃油 消耗量 kg/h	燃油 消耗率 g/kW·h	干燃空比 G _f /G _a (干)	空气含湿量 g(水)/kg (干空气)
1	300	25.81	179	16.6	34	474.92	10.11	391.8	0.021	3.95
2	3000	52.50	363	18.6	31	473.83	14.40	274.3	0.030	4.08
3	3000	77.12	534	19.4	35	475.72	19.30	250.0	0.041	4.89
4	3000	103.68	718	17.4	36	476.14	25.53	246.3	0.054	4.40
最大比排放量及排放指数										

试验数据记录表

试验单位及地点:天津内燃机研究所 110 室										
大气压:101.83 kPa										
试验日期:1985.1.31~2.1										
参加人员:										
干、湿基 换算系数 K_w	CO			NO _x			比排放量		排放指数	
	V _{CO} (实测) ppm	V _{CO} (湿) ppm	G _{CO} g/h	V _{NOx} (实测) ppm	V _{NOx} (湿) ppm	G _{NOx} g/h	bS _{CO} g/kW·h	bS _{NOx} g/kW·h	SF _{CO} g/kg 燃料	SF _{NOx} g/kg 燃料
0.956	340	325	152.28	655	626	481.56	—	—	15.06	47.63
0.939	240	225	106.12	1 150	1 080	836.28	2.02	15.93	—	—
0.921	435	401	191.75	1 613	1 486	1 166.16	2.49	15.13	—	—
0.899	2 010	1 807	825.70	1 838	1 652	1 314.41	8.45	12.68	—	—
							8.45	19.93	—	—

表 A4 柴油机排放试验数据记录表

工况 序号	转速 r/min	功率 kW	进气温度 °C	进气空气 相对湿度 %	干空气 消耗量 kg/h	燃油 消耗量 kg/h	干燃空比 G _i /G _a (干)	空气含量 H g(水)/kg(干空气)	干、湿基 换算系数 K _w	CO		NO _x	
										V _{CO} (实测) ppm	V _{CO} (湿) ppm	V _{NOx} (实测) ppm	V _{NOx} (湿) ppm
1	650	0	12.2	38	107.67	0.74	0.007	3.31	0.982	330	324	205	201
2	1 400	0	17.3	39	237.17	1.90	0.008	4.74	0.978	505	494	96	94
3	1 400	23.16	17.4	39	238.71	5.74	0.024	4.77	0.949	245	233	1 090	1 034
4	1 400	47.10	16.6	39	234.36	10.48	0.045	4.53	0.914	730	667	2 190	2 002
5	2 000	1.84	13.7	37	334.27	3.24	0.010	3.56	0.976	603	589	195	190
6	2 000	55.44	14.6	35	334.82	12.39	0.037	3.57	0.929	185	172	1 583	1 471
7	2 000	73.97	15.5	36	334.28	16.48	0.049	3.90	0.908	735	667	2 088	1 896
8	3 000	103.68	17.4	36	476.14	25.53	0.054	4.40	0.899	2 010	1 807	1 838	1 652
9	3 000	77.12	19.4	35	475.72	19.30	0.041	4.85	0.921	435	401	1 613	1 486
10	3 000	52.50	18.6	31	473.83	14.40	0.030	4.08	0.939	240	225	1 150	1 080
11	3 000	1.99	18.0	33	467.48	6.08	0.013	4.19	0.970	480	466	275	267
最大湿基排放浓度										1 807		2 002	

发动机型号: blozBQ 型
 测功器型号: Siemens lgpA314
 试验单位及地点: 天津内燃机研究所 110 室
 发动机编号: CO 分析仪型号: Pir-2000(NDIR)
 试验日期: 1985.1.31~2.1
 大气压: 101.83 kPa
 发动机用途: 作地下矿例
 NO_x 分析仪型号: RS-325L(cL)D
 参加试验人员:

GB 8189-87

附加说明:

本标准由上海内燃机研究所归口。

本标准由天津内燃机研究所和上海内燃机研究所起草。

本标准主要起草人杨伟兴、黄伟汉、邱培基、钱本娴、李贞。