

内燃机台架性能试验方法  
试验方法

Performance test methods for  
reciprocating internal combustion engine  
—Test methods

UDC 621.43

GB 1105.2—87

代替 GB 1105—74

---

本标准规定了一般用途的往复式活塞式柴油机和汽油机的台架性能试验方法。

### 1 试验类别

1.1 定型试验 内燃机在投入批量生产之前为检验内燃机的性能指标是否达到设计或改进的要求，并对其可靠性耐久性作出评价所进行的试验。

定型试验的对象和可靠性耐久性试验的规范、要求由专业标准规定。

1.2 验收试验 为检验产品是否符合合同和有关技术文件所规定的技术要求而进行的试验，它也可与抽查试验结合进行。

1.3 抽查试验 成批或大量生产的内燃机应根据批量的大小，抽取一定数量的产品进行性能试验和功能检查，必要时，同时进行可靠性、耐久性试验，以考核内燃机制造质量的稳定性。

### 2 试验条件

2.1 试验前制造厂应提供内燃机必要的技术文件。

2.2 试验前内燃机允许按制造厂规定进行磨合。

2.3 除另有协议外，试验应在制造厂试验台或主管部门指定的试验中心进行。

2.4 除另有协议，试验用燃油和机油应按照内燃机使用说明书规定，质量要求应符合有关石油产品标准的规定。燃油中不得加消烟剂。

2.5 试验时，内燃机必须装有符合专业标准规定的附件。

2.6 与传动装置（如液压机构、换向机构）制成一体或带有发电机的内燃机不能分开试验外，一般只对内燃机本身单独进行试验。

2.7 试验时，不得对内燃机进行调整（因试验条件和项目要求需要调整者除外）。

2.8 试验时，内燃机的燃油、机油和冷却介质的温度应按专业标准或产品使用说明书规定。

### 3 试验和检查项目

内燃机的试验和检查项目由各专业标准规定，无规定时，可参照表1。

表 1

序号	参考条文号	试验、检查项目	试验类别		
			定型试验	验收试验	抽查试验
1	5.1.1	起动性能试验	√	▽	▽
2	5.1.2	调速性能试验	√	▽	▽
3	5.1.3	负荷特性试验	√	▽	▽
4	5.1.4	速度特性试验	√	▽	▽
5	5.1.5	使用特性试验	▽	▽	▽
6	5.1.6	万有特性试验	√	▽	▽
7	5.1.7	标定功率工作稳定性试验	√	√	√
8	5.1.8	空载特性试验	√	×	▽
9	5.1.9	最低空载稳定转速测定	√	√	√
10	5.1.10	最低工作稳定转速测定	○	▽	▽
11	5.1.11	各缸工作均匀性试验	√	▽	▽
12	5.1.12	机械效率的测定	√	▽	▽
13	5.1.13	热平衡试验	▽	▽	▽
14	5.1.14	噪声测定	√	▽	▽
15	5.1.15	排气烟度测定	√	√	√
16	5.1.16	排气排放测定	√	▽	▽
17	5.1.17	机械振动和曲轴扭转振动试验	▽	▽	▽
18	5.1.18	活塞漏气量测定	▽	▽	▽
19	5.1.19	机油消耗的测定	√	▽	√
20	5.1.20	清洁度测定	○	▽	▽
21	5.2	特殊性能试验	▽	▽	▽
22	6	功能检查	√	√	√
23	7	可靠性耐久性试验	√	×	▽

注：① 符号说明：√——推荐进行的项目；×——可不进行的项目；▽——按需要选定进行的项目。

② 对推荐进行的项目“√”及按需要选定进行的项目“▽”，若项目中包含多项内容时，也可择需进行部分内容试验。

#### 4 测量参数和要求

4.1 基本测量参数列于表 2。具体可根据试验和检查项目的需要以及内燃机的结构可能性予以增减。

表 2

序号	测量参数
1	大气压、环境温度（进气温度）和相对湿度
2	内燃机的进气压力
3	中冷器冷却介质进口和出口温度
4	内燃机转速
5	内燃机扭矩
6	内燃机有效功率
7	燃油消耗量及相应的测定时间
8	燃油消耗率
9	内燃机排气总管或涡轮增压器后的排气温度及绝对压力
10	涡轮增压器燃气进口温度和绝对压力
11	增压器或扫气泵转速
12	增压器或扫气泵出气口空气的绝对压力和温度
13	中冷器后的空气绝对压力和温度
14	排气支管的排气温度
15	气缸压缩压力和最高爆发压力
16	内燃机机油压力和温度
17	增压器的机油进口压力和温度
18	机油冷却器前、后的机油压力和温度
19	内燃机冷却介质的进、出口温度（包括中冷器冷却介质进口和出口温度）
20	喷油泵进口处柴油压力和温度
21	机油消耗量，机油消耗率或机油燃油消耗百分比
22	内燃机的噪声
23	柴油机的排气烟度
24	排气中有害气体成分的平均比排放量，质量排放量，排放浓度
25	机械振动与曲轴扭转振动
26	活塞漏气量

4.2 试验时，内燃机各项参数的测量按 GB 1105.3—87《内燃机台架性能试验方法：测量技术》的规定。

4.3 除试验项目要求测取参数的瞬时值外，各项参数均应在内燃机工况稳定运转 1 min 后测取。主要参数应至少测定 2 次，取平均值。

## 5 性能试验

### 5.1 一般性能试验

#### 5.1.1 起动机性能试验 考查内燃机的起动机性能是否符合有关专业标准和/或制造厂的规定。

试验时，按使用说明书规定加冷却液（水冷内燃机）和机油。在专业标准和/或制造厂规定的起动环境温度下，按说明书规定的操作程序进行起动。

起动能量和重复进行的次数按专业标准或制造厂规定。

试验时，应测取环境状况参数，内燃机冷却介质和机油温度，起动次数，起动时间和转速，蓄电池电压、电流或贮气瓶压缩空气压力等。

5.1.2 调速性能试验

5.1.2.1 调速特性试验

试验时，将内燃机调定在标定工况或超负荷功率工况下稳定运转。卸去全部负荷，使其转速达到最高空载转速或超负荷功率最高空载转速，然后逐步增加负荷直至上述工况。在各档负荷下分别测定其稳定转速，扭矩，燃油消耗量等参数并绘制标定工况或超负荷功率工况的调速特性曲线。

内燃机的标定工况或超负荷功率工况的稳定调速率可分别按 (1 a, 1 b) 式计算：

$$\delta_2 = \frac{n_{0max} - n_b}{n_b} \times 100 (\%) \dots\dots\dots (1 a)$$

$$\delta'_2 = \frac{n_{imax} - n_i}{n_i} \times 100 (\%) \dots\dots\dots (1 b)$$

式中： $n_{0max}$  ——最高空载转速，r/min；  
 $n_b$  ——标定转速，r/min；  
 $n_{imax}$  ——超负荷功率最高空载转速，r/min；  
 $n_i$  ——超负荷功率转速，r/min。

注：装有全程制调速器的柴油机，应按其使用要求增做部分调速特性试验。将柴油机调定在要求工况下稳定运转。卸去全部负荷，使其转速达到空载转速，然后逐步增加负荷直至原来要求的工况。在各档负荷下分别测定稳定转速，扭矩，燃油消耗量等参数。绘制部分调速特性曲线。

5.1.2.2 瞬时调速率

a. 突减负荷试验 内燃机先在标定工况或超负荷功率工况下稳定运转，然后突然卸去全部负荷，测定转速随时间的变化关系 (图 1)。

突减负荷瞬时调速率可按 (2 a, 2 b) 式计算：

$$\delta_1^+ = \frac{n_{max} - n_b}{n_b} \times 100 (\%) \dots\dots\dots (2 a)$$

$$\delta_1'^+ = \frac{n'_{max} - n_i}{n_i} \times 100 (\%) \dots\dots\dots (2 b)$$

式中： $n_{max}$  ——标定工况突减负荷时的最高瞬时转速，r/min；  
 $n'_{max}$  ——超负荷功率工况突减负荷时的最高瞬时转速，r/min。

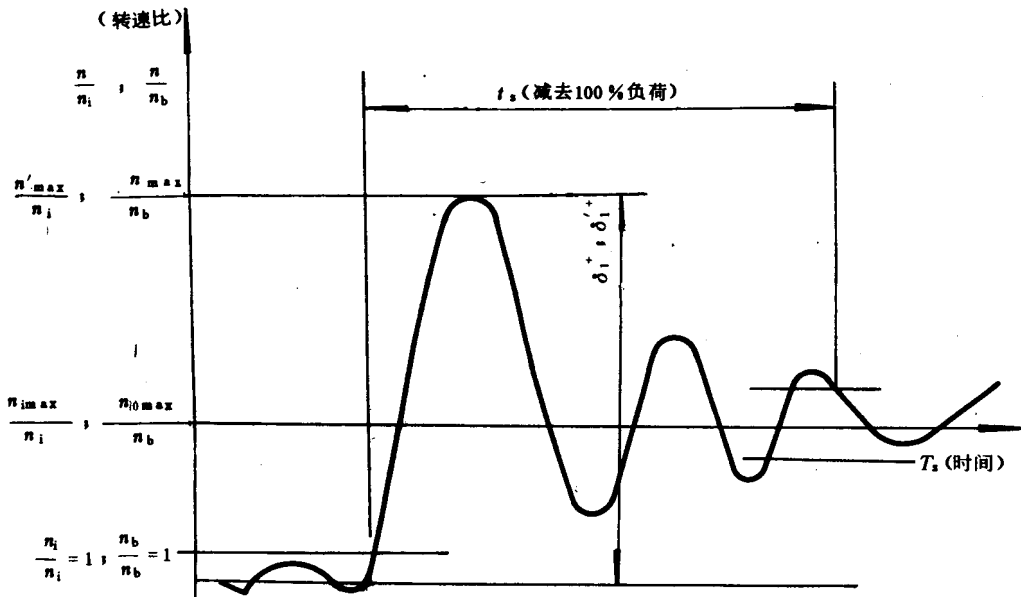


图 1

b. 突加负荷试验 内燃机先在最高空载转速或超负荷功率最高空载转速下稳定运转，然后突加全部负荷，测定转速随时间的变化关系（图2）。

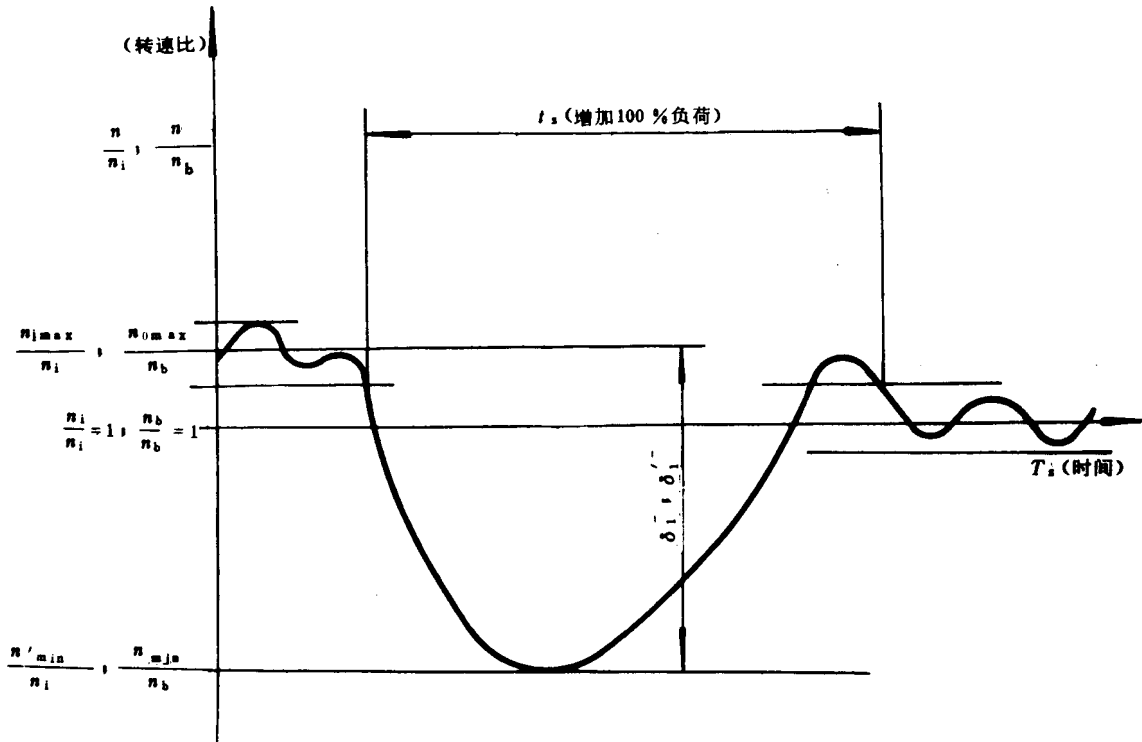


图 2

突加负荷瞬时速率可按 (3 a, 3 b) 式计算:

$$\delta_1^- = \left| \frac{n_{\min} - n_{0\max}}{n_b} \right| \times 100 (\%) \dots\dots\dots (3 a)$$

$$\delta_1'^- = \left| \frac{n'_{\min} - n_{i\max}}{n_i} \right| \times 100 (\%) \dots\dots\dots (3 b)$$

式中:  $n_{\min}$  —— 标定工况突加负荷时的最低瞬时转速, r/min;

$n'_{\min}$  —— 超负荷功率工况突加负荷时的最低瞬时转速, r/min。

四冲程涡轮增压柴油机的突加负荷试验, 当其标准环境状况发出的标定功率或超负荷功率的平均有效压力超过800 kPa时应分段进行。第一次突加负荷的百分比可按专业标准或制造厂规定, 也可由图3选取。

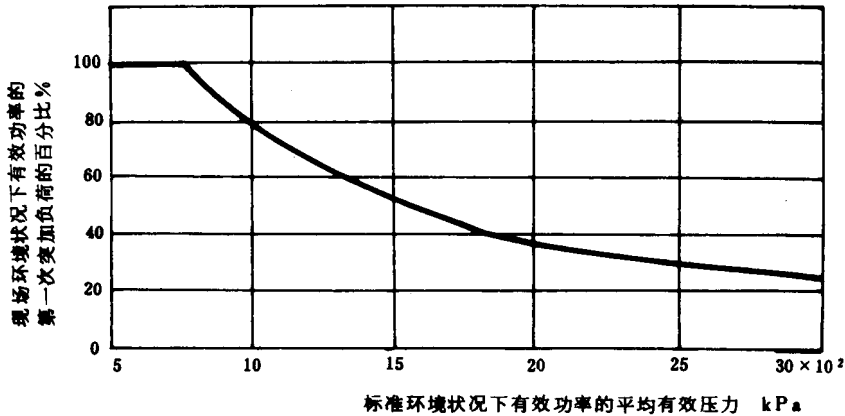


图 3

c. 稳定时间 负荷突减后,转速突然变化,从刚偏离标定转速或超负荷功率转速的转速波动范围那一点起,至转速刚恢复到最高空载转速或超负荷功率最高空载转速的转速波动范围那一点止,所需要的时间为稳定时间。同样,负荷突加后,转速也突然变化,从刚偏离最高空载转速或超负荷功率最高空载转速的转速波动范围那一点起,至转速刚恢复到标定转速或超负荷功率转速的转速波动范围那一点止,所需要的时间也为稳定时间(图1、图2中的时间 $t_s$ )。

注:二冲程增压内燃机,瞬时调速率的测定试验由制造厂和用户商定。

### 5.1.2.3 转速波动率或转速变化率

内燃机在稳定运转时转速变化的程度,试验工况按专业标准规定。

转速波动率按下式计算:

$$\phi = \left| \frac{n_{cmax} \text{ (或 } n_{cmin}) - n_m}{n_m} \right| \times 100 (\%) \dots\dots\dots (4a)$$

转速变化率按下式计算:

$$\varphi = \frac{n_{cmax} - n_{cmin}}{n_m} \times 100 (\%) \dots\dots\dots (4b)$$

式中:  $n_{cmax}$  —— 测定期间的最高转速, r/min;

$n_{cmin}$  —— 测定期间的最低转速, r/min;

$n_m$  —— 测定期间的平均转速 ( $n_m = \frac{n_{cmax} + n_{cmin}}{2}$ ), r/min。

### 5.1.3 负荷特性试验 转速不变时内燃机的各项主要性能参数随负荷变化的规律。

试验时,内燃机保持在标定转速或专业标准规定的其他转速下。负荷由小逐步增加至最大。在各负荷下分别测取扭矩、燃油消耗量、排气温度等参数,制取负荷特性曲线。

### 5.1.4 速度特性试验 内燃机的各项主要性能参数随转速变化的规律。

试验时,先将内燃机调定在标定工况或超负荷功率工况稳定运转,固定燃油供给控制机构,然后逐步增加负荷,降低转速,分别测取各稳定转速下的扭矩、燃油消耗量、排气温度和烟度等参数。制取速度特性曲线。速度特性的扭矩储备率按下式计算:

$$\mu_m = \frac{M_{emax} - M_{eb}}{M_{eb}} \times 100 (\%) \dots\dots\dots (5a)$$

$$\text{或 } \mu_m = \frac{M'_{emax} - M'_{eb}}{M'_{eb}} \times 100 (\%) \dots\dots\dots (5b)$$

式中:  $M_{emax}$  —— 标定工况速度特性的最大扭矩, kN·m (kgf·m);

$M'_{emax}$  —— 超负荷功率工况速度特性的最大扭矩, kN·m (kgf·m);

$M_{eb}$  —— 标定功率时的扭矩, kN·m (kgf·m);

$M'_{eb}$  —— 超负荷功率时的扭矩, kN·m (kgf·m)。

汽油机和装有两极式调速器的柴油机可以根据用途需要增做部分负荷的速度特性试验,绘制相应的特性曲线。

5.1.5 使用特性试验 内燃机在台架上模拟动力装置配套使用特性(如船用主机的推进特性,铁路牵引用柴油机的牵引特性等)而进行的试验。

试验方法按专业标准规定。

### 5.1.6 万有特性试验 确定内燃机各项主要性能参数相互关系的综合特性试验。

试验时,内燃机应根据用途,依次保持转速为标定转速或超负荷功率转速的一定百分比,分别进行负荷特性试验;汽油机及装有二极式调速器的柴油机也可依次保持功率为标定功率或超负荷功率的一定百分比,分别进行速度特性及部分负荷速度特性试验,测量转速、扭矩、燃油消耗量和排气温度等各项参数,制取万有特性曲线。

**5.1.7 标定功率工作稳定性试验** 确定内燃机在标定功率运转时,各项主要性能参数的稳定性。

试验时,内燃机应在标定功率下稳定持续运转,测量转速、扭矩、燃油消耗量、排气温度和烟度等主要参数,并绘制它们随时间而变化的关系曲线。稳定持续运转的时间按专业标准规定。

**5.1.8 空载特性试验** 确定内燃机空载时燃油消耗量随转速变化的关系。

试验时,内燃机不带负荷,转速从最高空载转速或超负荷功率最高空载转速逐步降至最低空载稳定转速,分别测取各稳定转速下的燃油消耗量。绘制空载特性曲线。

**5.1.9 最低空载稳定转速(怠速)测定** 确定内燃机最低空载稳定转速(怠速)。

试验时,内燃机不带负荷,降低转速至最低空载稳定转速,并在此转速下稳定运转时间不少于5 min。

**5.1.10 最低工作稳定转速测定** 确定内燃机的最低工作稳定转速。

试验时,内燃机的燃油供给控制机构保持在出厂调整的最大功率位置上,逐步改变负荷,降低转速达到最低工作稳定转速,并能在该转速下稳定运转。

**5.1.11 各缸工作均匀性试验** 确定多缸内燃机气缸内各项工作参数均匀性的试验。测定缸数可按专业标准或制造厂规定。测定参数和试验方法可根据内燃机的具体要求和结构按下述a、b选定或由专业标准规定。

试验时,应严格保持内燃机正常工作时的热状态。

**a. 工作参数直接测定法**

试验时,内燃机在标定工况下稳定运转,测量各缸的压缩压力、最高爆发压力、平均指示压力和排气温度等参数,按下式计算各项参数的不均匀率:

$$\varepsilon = \left| \frac{\rho_{\max} (\text{或} \rho_{\min}) - \rho_m}{\rho_m} \right| \times 100 (\%) \dots\dots\dots (6)$$

式中:  $\rho_{\max}$  (或  $\rho_{\min}$ ) —— 某项参数的最大 (或最小) 值;

$\rho_m$  —— 各缸同项参数的算术平均值。

**b. 单缸熄火法**

试验时,先将内燃机调定在标定工况下稳定运转,然后轮流停止一缸工作,并随即降低负荷使转速迅速恢复到标定转速,测量其有效功率。

某一缸的指示功率近似地由下式计算:

$$P_i = P_b - P_e \dots\dots\dots (7)$$

式中:  $P_i$  —— 第  $i$  缸的指示功率, kW (马力);

$P_b$  —— 标定功率, kW (马力);

$P_e$  —— 第  $i$  缸停止工作后内燃机的有效功率, kW (马力)。

指示功率的不均匀率按公式 (6) 确定。

**5.1.12 机械效率的测定** 确定内燃机在标定工况或在其他规定工况下的机械效率。可根据内燃机的用途和结构特点选用下述 a ~ d 测定方法。

**a. 单缸熄火法**

方法同 5.1.11 中 b, 机械效率按下式计算

$$\eta_m = \frac{P}{P_1 + P_2 + \dots + P_i} \dots\dots\dots (8)$$

式中:  $P$  —— 规定工况下的有效功率 (标定工况时为  $P_b$ ), kW (马力);

$P_1$ 、 $P_2$ 、 $\dots$ 、 $P_i$  —— 分别为规定或标定工况下第 1、第 2  $\dots$  第  $i$  缸的指示功率, kW (马力)。

**b. 电力测功机拖动法**

内燃机在标定工况下或在其他规定工况下稳定运转,待达到热状态稳定后停止向各缸供给燃料 (汽油机待剩余燃料烧尽后,还需切断点火电源),随即用电力测功机以标定转速或所要求工况的转

速拖动内燃机，测定电力测功机的拖动功率。此即为内燃机的机械损失功率。

机械效率由下式计算：

$$\eta_m = \frac{P}{P + P_m} \dots\dots\dots (9)$$

式中：  $P$  ——规定工况下的有效功率（标定工况时为  $P_b$ ），kW（马力）；

$P_m$  ——规定或标定工况的机械损失功率，kW（马力）。

### c. 油耗量线延长法

在标定转速或规定转速下作负荷特性试验，绘制燃油消耗量与有效功率的关系曲线 [ $G_f=f(P)$ ]，近似直线部分延长与横坐标相交，则该点的横坐标即为标定转速或规定转速下的机械损失功率，机械效率按公式（9）计算。

d. 其他方法，如示功图法、惯性法等。

5.1.13 热平衡试验，按专业标准规定。

5.1.14 噪声测定 按GB 1859—80“内燃机噪声测定方法”的规定。

5.1.15 排气烟度测定 按有关标准规定。

5.1.16 排气排放测定 按有关标准规定。

5.1.17 机械振动和曲轴扭转振动试验 按有关标准规定。

5.1.18 活塞漏气量测定 按有关专业标准规定。

5.1.19 机油消耗的测定 确定内燃机在要求的工况下的机油消耗量、机油消耗率或机油燃油消耗百分比。

测定时，内燃机的运转工况应保持稳定。测定方法由专业标准规定。标定功率时的机油消耗，也可按附录A（参考件）规定的方法进行。

注：对于气缸采用注油润滑的内燃机，应单独进行气缸润滑油消耗量、机油消耗率或机油燃油消耗百分比的测定。

5.1.20 清洁度测定 按GB 3821—83《中小功率内燃机清洁度测定方法》或有关标准规定。

## 5.2 特殊性能试验

内燃机为满足某种特定用途而进行的试验项目。试验项目可根据内燃机的结构和用途在下述5.2.1~5.2.4条中选定。试验方法按有关标准规定。

5.2.1 模拟故障试验 模拟内燃机在发生故障情况下的运转能力，如停缸试验或停增压器试验等。

5.2.2 背压试验 对排气背压有特殊要求的内燃机，应在规定的排气背压情况下进行各项性能试验。

5.2.3 双燃料内燃机的变换燃料试验。

5.2.4 模拟特殊环境状况下的性能试验，如高温、低温、高湿度和高海拔等情况下内燃机主要性能变化的试验。

## 6 功能检查

下列功能检查项目如不能与第5章中性能试验与测定结合进行，则应单独进行试验检查，检查要求和方法按有关标准规定。

6.1 安全装置功能检查 内燃机的各种安全装置（如超速保护、自动报警和防爆等）应随机进行试验检查，确认其动作是否灵敏、准确可靠。随机试验检查有困难时，可采用模拟方法。

6.2 机油压力、机油温度、冷却介质温度等自动调节系统控制能力检查。

6.3 与内燃机制成一体的换向、倒车机构和离合器的功能检查。

## 7 可靠性耐久性试验

根据内燃机的特点和使用要求，由专业标准规定。



**附录 A**  
**机油消耗的测定方法**  
(参考件)

运转工况：标定功率为15min功率和1h功率的内燃机，标定转速下有效功率分别为标定功率的85%和90%的工况；标定功率为12h功率和持续功率的内燃机均为标定工况，其它标定功率的内燃机按专业标准规定的工况。

测定时间：连续运转12h。

测定方法和计算：内燃机预热运转至机油温度达到使用说明书规定值或 $85 \pm 5$ ℃后停机。使第1缸活塞处于上止点位置后，再转动曲轴三圈。然后放尽机油或放油一定时间，加入规定量的机油( $m_1$ )，按上述运转工况和测定时间运转后停机，待油温与上述相同时，按同样顺序操作并同等程度地放尽机油或放油一定时间，测量其质量( $m_2$ )。

机油消耗量按下式计算：

$$G_m = \frac{m_1 - m_2}{12} \quad \text{kg/h} \quad \dots\dots\dots (A1)$$

式中： $m_1$ ——加入的机油量，kg；

$m_2$ ——放出的机油量，kg。

机油消耗率按下式计算：

$$g_m = \frac{1000G_m}{P} \quad \text{g/kW} \cdot \text{h (克/马力} \cdot \text{时)} \dots\dots\dots (A2)$$

式中： $P$ ——运转工况的有效功率，kW(马力)。

机油燃油消耗百分比按下式计算：

$$A = \frac{G_m}{G_{fk}} \times 100 (\%) = \frac{g_m}{g_{ek}} \times 100 (\%) \dots\dots\dots (A3)$$

式中： $G_{fk}$ ——测定时间的燃油消耗量，kg/h；

$g_{ek}$ ——测定时间燃油消耗率，g/kW·h(克/马力·时)。

**附加说明：**

本标准由中华人民共和国机械工业部提出，由上海内燃机研究所归口。

本标准由上海内燃机研究所、七一一研究所、长春汽车研究所、洛阳拖拉机研究所负责起草。

本标准主要起草人王志心、孙剑华。

本标准于1974年11月首次发布，1987年6月第一次修订。