

汽车发动机性能试验 指 导 书

(汽车运用工程专业适用)

郑 康 华 编

西 南 林 学 院

汽运教研室

一九九三年十二月

目 录

前言	1
1、四冲程车用汽油机速度特性试验.....	3
2、四冲程车用汽油机负荷特性试验.....	7
3、四冲程车用柴油机负荷特性(排气烟度)试验.....	8
4、四冲程车用柴油机速度特性及调速特性试验.....	13
附录A 内燃机试验中数据计算常用公式.....	15
附录B 内燃机有效功率和燃油消耗率的修正方法.....	16
附录C 试验报告格式及特性曲线绘制注意事项.....	19
附录D 水银大气压力计读数修正方法.....	22
附录E 干湿球温度计的使用及相对湿度的查取.....	25
记录表 1 - 3.....	27

前 言

1 发动机性能试验的目的:

1.1 通过实验验证汽车发动机有关理论, 加深对该理论的认识和理解。

1.2 初步了解和认识进行汽车发动机性能试验的基本试验设备: 包括汽车发动机试验台架以及温度、压力、转速、扭矩、功率、油耗、烟度、排气(废气)成分等各类参数的测量仪表和使用方法。

1.3 学会对发动机试验结果进行分析, 对试验结果(数据)进行整理、处置和绘制特性曲线的基本方法。

2 试验注意事项:

2.1 遵守试验室有关规定, 服从实验室工作人员的指挥, 特别要注意防火和人身安全。

2.2 试验一般分组进行, 按实验需要分好工, 既要分工明确, 坚守岗位, 又要相互配合, 大家协调好动作共同做好试验。

2.3 参与试验前要充分做好预习准备工作, 参阅指导书有关部分, 复习课堂上讲过的有关章节。

2.4 认真做好实验报告, 包括:

a. 记录并叙述本次试验所用设备、仪表型号及试验方法步骤。

b. 将试验数据填入记录表格中, 计算出有关参数, 用坐标纸绘制性能曲线。

c. 对试验中出现的问题及试验结果进行分析, 说明试验曲线所表明的发动机性能特点, 讨论并回答指导书上的有关问题。

d. 装订成册，送交任课教师评定成绩。

3 安全操作规范：

- 3.1 试验前对试验台架、发动机、测功机、联轴节等的连接螺栓和运动件进行例行检查，运动件的运动不得受阻碍，连接处不许松动。
- 3.2 检查发动机燃油、机油、冷却水、测功机油杯是否正常和足够，检查各测试仪表如转速表、油温、油压表、水温表等的安装是否正确，工作是否正常。
- 3.3 发动机运转时，注意联轴节两旁不许站人（包括外露的排气管），以免发生危险。
- 3.4 发动机启动后，首先进行预热，从低速开始，按先空转（怠速），后小负荷逐渐加大至中等负荷（一般15分钟以上）。预热发动机到气缸头出水温度达到75℃左右。
- 3.5 必须在发动机工况稳定的情况下，才能测量各有关参数，整个试验中保证出水温度始终在80℃左右，特性曲线应按均匀的间隔测量6—8个试验点。
- 3.6 试验结束时，应先逐渐减小负荷至空车状态，再运行数分钟后，方可停车。然后作好各项清理工作，所记录的实验数据经实验室工作人员签字之后，方可离去。

实验1 四冲程车用汽油机速度特性试验

1 实验目的:

- 1.1 测定汽油机速度特性(外特性或部分特性), 得出节气门在某一开度(全开或部分开度)时的功率 N_e , 扭矩 M_e 和燃油消耗率 g_e 与转速 n 之间的关系。
- 1.2 熟悉进行本试验所需的设备与仪表。
- 1.3 通过计算, 绘制性能曲线。
- 1.4 根据试验结果, 判断汽油机在这方面性能的优劣。

2 实验用品:

- | | | |
|---------------------------|-----|---|
| 2.1 水力测功机一台 | 型号: | |
| 2.2 四冲程车用汽油机一台 | 型号: | |
| 2.3 内燃机性能测试控制台一台 | | 型 |
| 2.4 转速油耗自动测量仪一台 | | 型 |
| 2.5 数字测功仪一台 | | 型 |
| 2.6 排气温度测量仪一台(热电偶) | | 型 |
| 2.7 远传数字压力表一只 | | 型 |
| 2.8 数字温度表四只(热电阻) | | 型 |
| (进水温度、出水温度、机油温度、进气温度各设一只) | | |
| 2.9 数字钟一台 | | |
| 2.10 水银大气压力计一台 | | |
| 2.11 干湿球温度计一只 | | |
| 2.12 比重计一只 | | |
| 2.13 点火提前角测量仪一台 | | |
| 2.14 应用手工具 | | |

3 实验分工:

- 3.1 操纵发动机油门控制器,调整点火提前角, 指挥全组协调动作一人(组长)。
- 3.2 操作水力测功机水门控制器,调整负荷一人。
- 3.3 记录测功机读数 p 值, 转速 n 及点火提前角 θ 值一人。
- 3.4 测量油耗一人。
- 3.5 调节水温 and 油温并保持出水温度为 $80 \pm 5^\circ\text{C}$, 机油温度为 $85 \pm 5^\circ\text{C}$ 。
- 3.6 测量点火提前角一人。
- 3.7 绘制监督曲线, 监视油门一人。

4 实验步骤:

- 4.1 检查测功机、汽油机、仪器、设备至正常使用状态。
- 4.2 检查发动机燃油油路,冷却水路是否接通; 检查机油标尺观察油面是否合适, 测功机油杯是否有油, 电瓶桩头是否牢固; 检查各种测试仪器、仪表安装是否正确。
- 4.3 起动汽油机看油压是否正常。暖车, 看各处是否漏油、漏气、漏水。等冷却水温和机油温度上升为正常值(水温 80°C 油温 65°C 以上)后即可开始试验, 为时大约15分钟, 试验中要尽可能保持水温不变。
- 4.4 固定节气门开度为一定值(100%、75%、50%或25%) 调整点火提前角至最佳值, 将汽油调整至标定转速, 稳定运行之后, 试验开始, 测录此时的测功机读数 p 、转速 n 、燃油流量 ΔV 及消耗时间 t 等各项数据。
- 4.5 逐步加大负荷, 汽油机转速下降, 转速每下降 300—400r/min 做为一个工况点, 每到一试验点的转速时, 重复上

述测量，逐点录取数据，直至 $n=800$ 转/分为止。

4.6 测定每一工况时必须使汽油机在此工况下稳定运转2—3分钟，否则测录的数据是不稳定的。油耗需测录两次，取其平均值。如两次之间有明显差异，则重测两次。

4.7 在试验进行的同时必须在黑板上画出以 n 为横座标， p 值和 $\Delta V/\Delta t$ 值为纵座标的试验监督曲线，(Δv 系燃油流量)以便及时检查所测各点连接起来是否平滑和符合预定的规律，如果发现有的点偏离曲线，可在试验完毕之后立即重新补做该点。

4.8 实验完毕后，将发动机空车运转数分钟后停车，整理现场实验记录经有关人员签字后，即可离开实验室。

5 实验数据整理及曲线绘制：

5.1 环境参数：

a. 大气压力 p (kpa)。

b. 进气管口附近的大气温度 t (°C)。

c. 相对湿度 (%)。

5.2 汽油机参数：

a. 汽油机名称、型号。

b. 缸径 $D \times$ 冲程 S 。

c. 标定功率 / 标定转速。

5.3 实验数据：

a. 节流阀开度。

b. 燃油比重。

c. 其它数据列入表1

5.4 曲线绘制：

根据整理和计算好的数据，用方格纸绘制 $N_e = f(n)$ 、
 $M_e = f(n)$ 、 $g_e = f(n)$ 曲线。

6 问题讨论：

- 6.1 部分特性曲线的变化与外特性相比有何不同？原因何在？
- 6.2 根据本次实验的结果，指出最大 M_e 和最低 g_e 所对应的转速？
- 6.3 你认为做好上述试验的关键是什么？

实验2 四冲程车用汽油机负荷特性试验

1 试验目的:

1.1 测定汽油机的负荷特性(又称节流特性)。得出在一定转速下,节气门开度改变(负荷)时,汽油机经济指标 G_r 、 g_e 随 N_e (或 M_e 、 p_e)变化的关系。

1.2 余同实验1。

2 实验用品:

同实验1。

3 实验步骤:

3.1—3.3 同实验1。

3.4 确定做何种转速下的负荷特性,试验中要保持该转速不变。

3.5 逐步增大节气门开度并调节测功机负荷至所选定的各试验点的负荷百分数(对应的 p)值,待工况稳定后测定所设定时间(如36秒)所消耗的燃油的流量(毫升)或消耗一定量燃油 $\Delta V(100\text{cm}^3)$ 所需的时间 Δt 两次。

3.6 试验中应做横座标为 p 值,纵座标为: $1/p\Delta V$ (或 $1/p\Delta t$)值的监督曲线,对误差大的点进行补测。

(注: ΔV —流量仪指示的燃油流量 Δt —油耗仪指示的耗油时间)

3.7 同实验1(4.7至4.8)

4 数据整理和曲线绘制:

根据整理好的数据绘 $g_e=f(N_e)$ 、 $G_r=f(N_e)$ 曲线在座标纸上。

5 问题讨论:

5.1 随着 N_e 增大,开始 g_e 逐渐减小,到接近最大功率时 g_e 却又增加了,原因如何?

5.2 你认为做好负荷特性试验的关键在哪里?

实验3 四冲程车用柴油机负荷特性试验

1 试验目的

- 1.1 测定四冲程柴油机的负荷特性。得出在某一转速不变的条件下，负荷改变时（即移动喷油泵齿条或拉杆位置，改变每循环供油量 ΔG ），柴油机的经济性指标 G_r 、 g_o ，随 N_o （或 M_o 、 p_o ）变化的关系。
- 1.2 熟悉和了解进行本试验所需的测试设备和仪表的名称、作用、原理、操作及调整。
- 1.3 正确掌握负荷特性的试验方法，并通过计算，绘制出该柴油机的负荷特性曲线。
- 1.4 学会根据试验结果，判断该柴油机在这方面性能的优劣。

2 主要试验设备、仪器

- | | | |
|----------------|--------|-------------------|
| 2.1 水力测功机 | 型号： | 最大吸收功率 / 转速 |
| 2.2 被测柴油机 | 型号： | |
| 2.3 自动转速、油耗测量仪 | 型号： | 型式： |
| 2.4 数字测功仪 | 型号： | 原理： |
| 2.5 内燃机测试控制台 | 型号： | 自动化程度： |
| 2.6 水、油门控制器 | 型号： | 控制原理： |
| 2.7 水银大气压力计 | 型号： | 刻度单位： |
| 2.8 干湿球温度计 | 型号： | |
| 2.9 排温测量仪 | 热电偶型号： | |
| 2.10 数字式温度表 | 型号： | 共 只 各1只 |
| 2.11 远传数字压力表 | 型号： | |
| 2.12 喷油提前角测定仪 | 型号： | |

2.13 波许烟度计

型号:

生产厂家:

3 试验程序

3.1 同试验1

3.2 同试验1

3.3 起动柴油机,使之运转正常。预热发动机,同时观察是否有漏水、漏气、漏油等不正常现象。待冷却水出水温度升至 75°C 以上,机油温度升至 65°C 以上,即可开始进行测试。试验过程中,应将冷却水温度,机油温度和压力保持在规定范围内。对于每一试验点,供油提前角均应调整至最佳位置上。

3.4 调节柴油机油门和测功机水门至所选定的转速(一般为标定转速或最大扭矩转速),然后用移动喷油泵油量调节拉杆或齿条来改负荷(至预定的 p 值),同时调节测功器以保持柴油机在选定的转速上稳定运转。试验中,一般做6—8个工况点。

3.5 每一试验工况点(各工况点的负荷即 p 值见黑板)在柴油机正常运转3分钟后,逐点测量和记录下列参数:测功机磅秤或测功仪读数 p ,柴油机转速 n ,耗油量 ΔG (或 ΔV),耗油时间 Δt ,冷却水进水温度 t_1 ,出水温度 t_2 ,机油温度 t_m ,机油压力 p_m ,排气温度 t_r 等数据(记录表2)。试验开始和结束时,分别记录大气压力 B_0 (观测值),环境温度 t_a (进气温度)和相对湿度 Φ (干球和湿球温度 t 、 t_w)。注意:油耗必须测录二次,取其平均值。如两次测量结果之间有明显差异,则重测两次。

3.6 试验进行中,应在黑板上绘制试验监督曲线,其横座标为

p , 纵座标为 $1/p\Delta t$, 以监督试验的正确进行。可检查曲线上各点连线是否平滑, 是否符合预定规律, 如发现有的点明显脱离曲线, 应及时补测此点。

3.7 有条件也应同时测录各工况点的排气烟度值。

3.8 测试完成后, 逐渐减少负荷, 使柴油机怠速运转几分钟后停车。

3.9 本次试验完毕, 整理现场, 将所记录的数据交实验室工作人员签字后, 即可离开。

4 数据整理

4.1 根据附录A中给出的计算公式, 分别计算出试验实测有效功率 N_e , 有效扭矩 M_e , 燃料消耗 G_r , 实测燃油消耗率 g_e , 并记入记录表2中。

4.2 根据附录D给出的水银大气压力计读数修正方法, 对所记录的实验室大气压力观测值进行修正(包括仪器差、温度、纬度、高度四项修正)算出实验现场大气压力的真实值。同时由干湿球温度计读出的干球温度 t 和湿球温度 t_w 值, 用湿度查算表, 查出实验现场的相对湿度 ϕ 值。再由附表1根据相对湿度值 ϕ 和环境温度 t 查出实验现场空气中的水蒸汽分压 $\phi p_{s,w}$ 值(亦可根据有关公式通过计算得到 $\phi p_{s,w}$ 值)。

4.3 根据JB3743—84“汽车发动机性能试验方法”中规定的非增压柴油机有效功率和燃油消耗率校正公式算出实验现场环境下的柴油机有效功率校正系数 α_a (或 K_a), 然后将实测的柴油机有效功率 N_e , 换算(校正)为标准状态下的有效功率 $N_{e,0}$ 。

燃油消耗率(全负荷)的校正见附录B。

5 撰写试验报告和绘制特性曲线

5.1 根据整理好的数据，绘制柴油机负荷特性曲线：

$$G_r = f(N_e), g_e = f(N_e) \text{ 或 } g_{ee} = f(N_{ee})$$

$$t_r = f(N_e) \text{ 及 } R = f(N_e) \text{ — (烟度曲线)}.$$

5.2 试验报告的格式参照附录C，内容可根据实验具体情况适当增减。

5.3 本次试验报告及特性曲线用纸幅面大小，规定采用5号图纸(148mm×210mm)。为使特性曲线图能清楚地表明各参数的变化关系，应按附表2推荐的座标比例尺绘制性能曲线。

5.4 绘制特性曲线的方法及注意事项，详见附录C。

5.5 将试验报告正文(在前)和特性曲线图装订成册(注明报告人和时间)送交任课教师评定成绩，作为本课程考核的依据之一。

6 问题讨论

6.1 分析本次试验得到的柴油机负荷特性的变化规律。

6.2 试验时维持柴油机以选定的试验转速运转，而预定的 p 值(负荷量)仅仅是参考值，是否是本次试验的关键。

6.3 通过本次试验你体会到什么问题？

附注〔1〕柴油机烟度测量方法提示：

1) 首先对烟度计进行标定。

2) 将取气管顺着排气气流的方向插入发动机排气管中。

3) 抽取废气之前，拉动气泵活塞几次，排除气泵中废气。

4) 将干净洁白滤纸装入气泵头部，并压紧滤纸，保证燃气不泄漏，并通过滤纸。

5) 将活塞推到上止点，并锁住，压缩活塞弹簧，准备抽气。

6) 待发动机在测量工况点稳定工作以后，松开活塞卡锁，抽气一次(抽气量为 ，时间不大于 秒)。

7) 取出被污染的滤纸，并按工况点编好号码，分别在光电检器上，读出相应的烟度值。

实验4 四冲程车用柴油机速度特性及调速特性试验

1 试验目的

- 1.1 测定四冲程柴油机速度特性(全负荷速度特性)和调速特性, 得出当柴油机喷油泵齿条或拉杆处于某种位置时, 柴油机性能指标 N_e 、 $M_e(p_e)$ 、 G_e 、 g_e 、 t_e 等随转速 n 变化的关系。
- 1.2 正确掌握柴油机速度特性和调速性能试验的方法, 并熟悉进行上述试验所需设备、仪器的使用和调整。

2 主要设备、仪器、仪表

同实验3。

3 试验程序

3.1—3.3 同实验3

- 3.4 将柴油机调速器操纵手柄逐步扳到标定功率位置, 同时调节柴油机逐步加大负荷, 使柴油机在标定工况下稳定运转5—10分钟, 然后调节测功机卸去全部负荷(即将柴油机放空车)使柴油机在最高空转转速下运转, 试验开始准备测录数据。
- 3.5 从最高空转转速做起, 逐渐加大测功机负荷, 柴油机转速逐渐下降, 当达到预定的测录转速(各转速工况点的预定转速, 可参见黑板所示), 即开始逐点测录数据, 每个工况点必须测录的数据同实验3之3.5节。试验中一般应不少于测录三个工况点。
- 3.6 测录每一工况点时, 必须使柴油机在此工况点下运转2—3分钟, 否则测录的数据是不稳定的, 油耗则必须测录两次, 取平均值, 如两次的数值有明显的差异, 则重测两次。

3.7 试验中,测录的同时,应在黑板上绘制以转速 n 为横坐标,测功机读数 p 和耗油量与耗油时间比值 $\Delta G / \Delta t$ 为纵坐标的监督曲线,以便及时检查所测各点连线是否平滑,如发现有的点偏离预定规律过多,可在试验完毕之后,重新补做该点。

3.8 试验完毕,逐步减少负荷,怠速运转几分钟后停车,并整理现场。

4 数据处理

原则上同实验3。

5 撰写试验报告和绘制特性曲线

5.1 撰写试验报告的格式、要求和方法与实验3相类似(详见实验3之5.2至5.5节)。

5.2 根据整理好、计算好的数据,按实验3中提出的有关要求绘制出: $N_e(N_{e0}) = f(n)$, $M_e(M_{e0}) = f(n)$, $g_e(g_{e0}) = f(n)$ 曲线。

5.3 如任课教师要求,则应学会按所测录的数据绘制柴油机的调速特性曲线(参见统编教材“汽车发动机原理”P182图6—18)。

6 问题讨论

6.1 如何才能绘制好内燃机的各种特性曲线?

6.2 你对国家标准GB1105—87和汽车行业标准JB3743—84中规定的发动机有效功率 N_e 和有效燃油消耗率 g_e 的校正方法有何看法?

附录 A

内燃机试验中数据计算常用公式

A. 1 由测功机读数 p 值计算有效扭矩

$$M_e = pL \times 9.81 \text{ (N} \cdot \text{m)} \quad (\text{A—1})$$

式中 p —测功机磅秤读数 (kg), (因目前测功机的测力单位
仍多沿用工程单位制)

L —测功机臂长度 (m) (一般 $L=0.7162\text{m}$)

$$\text{则 } M_e = 7.026p \text{ (N} \cdot \text{m)} \quad (\text{A—2})$$

A. 2 由 p 值计算有效功率

$$\begin{aligned} N_e &= 0.1047 \times 10^{-3} \times M_e \times n \quad (\text{KW}) \\ &= 1.027 \times 10^{-3} \times p \times L \times n \quad (\text{KW}) \end{aligned} \quad (\text{A—3})$$

式中: n —内燃机转速 (r/min) p 和 L —同式 (A—1)

$$N_e = 0.7356 \times 10^{-3} \times p \times n \quad (\text{KW}) \quad (\text{A—4})$$

注意: 式中 p 值是测功机表盘读数, 若测功仪与测功机读数为
倍数关系, 则应折算。

A. 3 燃油消耗量的计算 (小时耗油量)

$$G_r = 3.6 \times (\Delta G / \Delta t) \text{ (kg/h)} \quad (\text{A—5})$$

用容积法测量时: $\Delta G = \Delta V \cdot r$

式中: ΔG —试验所消耗燃油的重量 (g)。

ΔV —试验所消耗燃油的体积 (cm^3) (也可能是燃油流量)

r —试验所用燃油的比重 (g/cm^3)。

Δt —消耗 ΔG (ΔV) 燃油所经历的时间 (s)

A. 4 由小时耗油量算燃油消耗率

$$g_e = (G_r / N_e) \times 10^3 \text{ (g/KW} \cdot \text{h)} \quad (\text{A—6})$$

式中: G_r —燃油消耗量 (kg/h) N_e —实测有效功率 (KW)