

21世纪应用型人才汽车类专业规划教材

——实验教程系列



发动机原理

实验教程

主编 周建立 / 副主编 张孝友 李金辉

- ※ 紧密结合专业教材，以专项能力的培养为单元，实验项目可独立开设或综合进行。
- ※ 注重对学生技能操作能力和操作规范化的培养，突出实践教学的特点。
- ※ 紧密联系汽车行业发展现状，反映新知识、新工艺、新方法、新技术。



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

21世纪应用型人才汽车类专业规划教材
—— 实验教程系列

发动机原理

实验教程

主 编 周建立

副主编 张孝友 李金辉



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

内 容 提 要

本实验教程紧密结合高等院校及高职高专汽车类专业的教材,吸收各编写院校先进的教学方法和实践教学经验,以最大限度地满足各院校的实践教学要求和充分激发学生的兴趣为出发点编写而成。

本书共分7章,分别为:发动机性能实验、发动机充气效率和热平衡实验、发动机各缸工作均匀性和机械效率实验、发动机示功图测录、发动机排气污染物测量、发动机振动和噪声测试、发动机主要部件性能实验。

本书以专项能力的培养为单元,实验项目可根据各院校具体的教学及教材要求,独立开设或综合起来进行。

本书可作为高等院校及高职高专交通运输、汽车工程、内燃机、发动机等专业的实验教材,也可作为广大汽车维修从业人员的培训指导用书,或供从事发动机测试工作的工程技术人员、试验人员和发动机修理的技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

发动机原理实验教程/周建立主编. —北京:中国电力出版社,2007
21世纪应用型人才汽车类专业规划教材. 实验教程系列
ISBN 978-7-5083-5910-6

I. 发… II. 周… III. 汽车-发动机-实验-高等学校-教材
IV. U464-33

中国版本图书馆CIP数据核字(2007)第103186号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路6号 100044 <http://www.cepp.com.cn>)

汇鑫印务有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2007年9月第一版 2007年9月北京第一次印刷

787毫米×1092毫米 16开本 15印张 382千字

印数0001—3000册 定价25.00元

敬告读者

本书封面贴有防伪标签,加热后中心图案消失

本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

版权专有 翻印必究

《21 世纪应用型人才汽车类专业规划教材——实验教程系列》

编 委 会

主 任：淮阴工学院 吴建华

副主任：青岛理工大学 王丰元

河南科技大学 周志立

扬州大学 陈靖芯

淮阴工学院 陆昌龙

主 编：淮阴工学院 司传胜

编 委：青岛理工大学 王丰元 王吉忠 阎 岩 邹旭东 于 波

河南科技大学 张 毅 周建立 张孝友 李金辉

扬州大学 陈靖芯 沈 辉 马明星

淮阴工学院 范钦满 司传胜 王庆安 余文明 郁大同

徐礼超 徐红光 王建胜

淮安信息职业技术学院 汪东明

金陵科技学院 凌秀军 诸鑫瑞

连云港交通职业技术学校 徐同华

Preface

前言

为了解决全国各高校及高职高专汽车类专业实验指导书短缺、不规范等问题,为更好地满足这些院校教育改革与发展的需要,为教学和培训提供更加实用、丰富的实验指导书,按照高校及高职高专汽车类专业教材的教学要求,特编写《21 世纪应用型人才汽车类专业规划教材——实验教程系列》教材。

本实验教材根据高等院校及高职高专院校培养 21 世纪应用型人才的指导思想编写,取材来源于对各编写院校先进的教学方法和实践教学经验的总结,以最大限度的满足教学要求和充分激发学生的兴趣为出发点设置实验内容,使本教材更适合各院校的实践教学。

本实验教材在编写上,具有如下特点:

(1) 紧密结合高等院校及高职高专汽车类专业的教材,以专项能力的培养为单元,即实验项目可根据具体教学及教材要求,独立开设或综合起来进行,形式灵活,适用面广。

(2) 注重对学生技能、操作能力和操作规范化的培养,突出实践教学的特点。

(3) 紧密联系我国现代汽车业的发展现状,反映新知识、新工艺、新方法、新技术。

(4) 编写人员来自本科与高职高专院校从事一线实践教学工作的老师,综合了这几类院校实验课的优势,避免了不足,使本教材具有更好的可操作性和广泛的适用性。

本系列书包括:《汽车电器与电控系统实验教程》、《汽车理论与运用实验教程》、《汽车构造与拆装实验教程》、《汽车服务工程实训指导》、《汽车故障诊断与维修实验教程》、《车用单片机系统实验教程》、《汽车检测技术实验教程》、《发动机原理实验教程》、《汽车设计课程设计指导书》。

《发动机原理实验教程》是本系列书之一。全书前 7 章介绍发动机试验项目,力图把相关试验的原理、内容、方法、实际操作、实验报告等撰写清楚,使读者阅读后能够了解从试验准备到实验报告的整个过程,起到指导试验顺利完成的作用。附录部分则主要介绍发动机试验项目中通用的实验设备,考虑到各院校及研究单位的实验室条件不同,所用设备不同,附录中列出了目前发动机实验中常用的实验设备,实验时可根据本实验室的现有设备,选择阅读相关的实验设备介绍。

在本教程的编写过程中,编者结合多年的教学、科研、试验经验,立足于对发动机理论的实验验证和对发动机试验的实际操作,努力将理论知识和能力培养相结合。并且侧重了对实验结果的分析,尽可能把现代的实验技术和最新的实验方法介绍给读者,力求达到通过实践加深理论理解的目的。

本书由河南科技大学周建立编写第 1 章,张孝友编写第 2 章、第 3 章,李金辉编写第 4 章、第 5 章,吴延峰编写第 7 章,第 6 章由周建立、张孝友共同编写,所有附录由周建立、张孝友、徐立友共同编写。

本书在编写过程中得到了许多专家、试验技术人员的大力支持,还参阅了许多国内公开出版和发表的著作、文献及设备使用说明书,在此一并致谢。

由于编者水平所限,本书不足之处在所难免,欢迎广大读者批评指正。

编者

2007 年 8 月

Contents

目 录

前言

第1章 发动机性能试验	1
实验1 发动机总功率试验	1
实验2 发动机负荷特性试验	8
实验3 发动机万有特性试验	12
实验4 柴油发动机调速特性试验	19
实验5 供油提前角调整特性试验	24
实验6 发动机空转特性试验	28
第2章 发动机充气效率和热平衡试验	32
实验7 气缸压缩压力试验	32
实验8 气缸漏气量试验	34
实验9 发动机热平衡试验	38
实验10 发动机冷却系冷却能力试验	43
第3章 发动机各缸工作均匀性和效率试验	47
实验11 各缸工作均匀性试验	47
实验12 发动机机械损失功率试验	50
第4章 发动机示功图测录	56
实验13 示功图的测量	56
实验14 示功图的整理	66
第5章 发动机排气污染物测量	75
实验15 汽油机排气污染物测量	75
实验16 柴油机烟度测量	88
第6章 发动机振动和噪声测试	101
实验17 发动机振动测试	101
实验18 发动机噪声测量	116
第7章 发动机主要部件性能试验	126
实验19 柴油机涡轮增压器性能试验	126
实验20 发动机空气滤清器性能试验	133
实验21 柴油机燃油滤清器试验	137

实验 22 发动机机械膜片式汽油泵试验.....	145
实验 23 发动机排气消声器性能试验.....	150
附录 A 发动机试验常用的功率测量设备.....	157
A.1 水力测功机.....	157
A.2 电力测功机.....	162
附录 B 油耗—转速自动测量仪.....	176
B.1 TCY 型发动机油耗、转速自动测量仪.....	176
B.2 CSYZ 型油耗—转速测量仪.....	179
B.3 RSYZ 型油耗—转速测量仪.....	182
B.4 SYZZ 型转速—油耗自动测量仪.....	184
附录 C 转速测量仪器.....	187
C.1 离心式转速表.....	187
C.2 磁性转速表.....	188
C.3 闪光测频仪.....	189
C.4 定时转速表.....	190
C.5 晶体管数字式转速计.....	191
附录 D 压力测量仪.....	195
D.1 液体玻璃管压力计.....	196
D.2 弹簧管压力表.....	199
D.3 膜片式压力表.....	200
D.4 电热式压力表.....	200
D.5 最大压力表.....	201
附录 E 温度测量仪.....	203
E.1 玻璃管温度计.....	203
E.2 压力式温度计.....	204
E.3 杆状固体温度计.....	205
E.4 电热式温度计.....	205
E.5 热电偶高温计.....	206
附录 F 流量测量仪器.....	212
F.1 节流式流量计.....	214
F.2 涡轮流量计.....	221
F.3 光纤流量计.....	224
F.4 超声波流量计.....	226
附录 G 发动机试验技术条件及规范.....	228
参考文献.....	232

实验1 发动机总功率试验

实验目的及要求

实验目的

- (1) 掌握发动机总功率的试验方法。
 - 1) 通过实验掌握发动机功率、转速和有效油耗率的测量方法。
 - 2) 掌握发动机总功率试验常用仪器设备的选择、操作、使用方法。
 - 3) 熟悉发动机总功率试验测试数据的分析和处理方法。
- (2) 通过实验, 学习绘制、分析发动机总功率试验曲线。
 - 1) 依据原始数据和处理的数据, 绘制发动机总功率试验曲线。
 - 2) 通过分析总功率试验曲线评价发动机在全负荷下的动力、经济等性能, 并为合理选用发动机提供依据。

实验要求

- (1) 该实验使用大型设备, 且消耗能源, 考虑到教学效果与合理利用资源及降低能源消耗等因素, 每次参加试验的学生为 8~12 人。
- (2) 实验前, 复习发动机原理教材中发动机性能指标的相关内容, 认真阅读实验指导书及附录中相关实验仪器设备的介绍。
- (3) 实验时必须携带实验指导书、笔及记录纸。经实验指导教师核对后方能进行实验。不符合要求时, 实验指导教师将视情况酌情处理。
- (4) 实验中, 按照指导教师的要求操作仪器设备, 准确观测、记录数据, 按步骤进行试验。
- (5) 实验后, 正确处理实验数据, 绘制发动机总功率试验曲线, 分析发动机的功率特性, 认真撰写实验报告。

实验预习及准备

实验原理

1. 功率试验的定义

在供油拉杆(油门)位置一定的情况下, 增加负荷使转速降低, 发动机各有效性能参数 M_e 、 P_e 、 G_e 、 g_e 等随转速 n 的改变而变化的试验, 称为功率试验, 依据这些性能参数绘制的试验曲线称为功率试验曲线。

当油量限制在最大功率位置时, 得到总(或称全负荷)功率曲线, 如图 1-1、图 1-2 所示, 通常叫做外特性。当油量限制在小于最大功率的位置时, 就得到部分功率曲线。

2. 作用

总功率试验反映了发动机动力性、经济性随转速 n 变化的规律。通过总功率试验曲线可以找出发动机所能达到的最高性能指标以及对应于最大功率 $P_{e\max}$ 、最大扭矩 $M_{e\max}$ 和最小耗油率 $g_{e\min}$ 时的转速, 并可计算出扭矩储备率 u 值以评定发动机克服超负荷的能力。通过

Note

部分特性可看出不同工况时耗油率的变化规律和最低耗油率及其所对应的转速,可全面衡量各种不同用途的发动机适应变工况运转的性能,从而确定最有利的转速范围。发动机功率特性曲线中各参数与技术要求中相应参数的对比分析结果是选择、使用、调整发动机及故障诊断的依据。

3. 试验原理

(1) 功率测量原理。发动机的有效功率 P_e 、转速 n 、燃油消耗率 g_e 。是表明发动机性能的主要指标。其中 P_e 、 n 表明动力性; g_e 表明经济性。对发动机进行试验,首先要掌握这些直接与性能有关的参数的测量方法和设备。

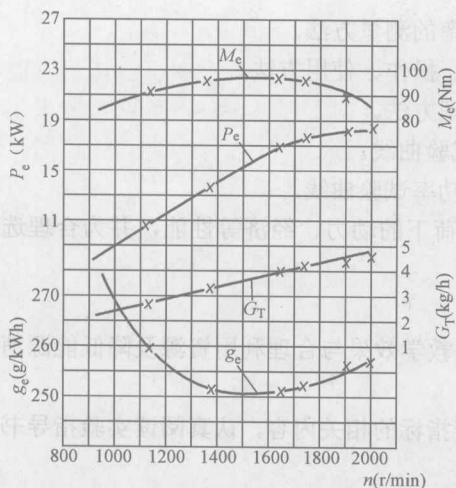


图 1-1 柴油机总功率

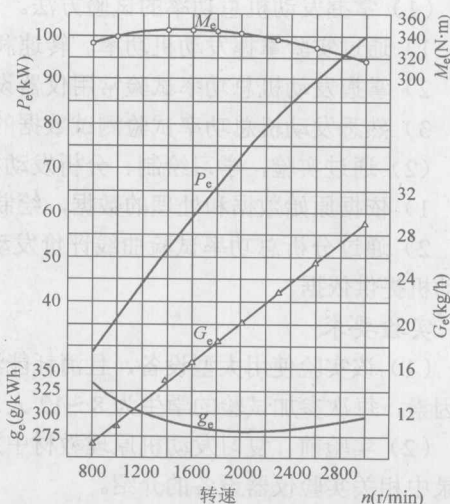


图 1-2 汽油机总功率

发动机有效功率 P_e 的大小,是通过测量发动机输出的扭矩 M_e (Nm) 和与其对应的转速 n (r/min) 计算出来的,计算公式为

$$P_e = \frac{nM_e}{9549} \quad (\text{kW})$$

欲测出输出扭矩的大小,必须要有一个能给发动机反扭矩(即负荷)的装置。这种装置就叫测功机(测功机结构和原理见附录 A)。测功机实质上就是给发动机加“负荷”的装置,测量时,发动机的飞轮用连接轴与测功机的主轴连接在一起,油耗量测量及转速测量等仪器设备也与发动机的相应部位连接。如图 1-3 所示为发动机台架试验设备布置图。

由于发动机试验时,工况是需要经常变化的,所以就要求这个“负荷”能够很方便地根据需要而改变其大小,以使发动机能输出大小不等的扭矩,从而能进行各种不同的试验。

对于测功机的要求,不仅要能调节负荷的大小,而且还应该能够测出负荷的数量,并指示出来。从而可根据其数值计算出发动机的输出功率。

(2) 燃油消耗量测量原理。燃油消耗率 g_e 是表明发动机经济性的重要技术参数,它是通过测定在某一功率下消耗一定量的燃油所需要的时间,经计算而求得的。发动机常用的测量方法为称量法和容积法两种。前者一般用于柴油机,后者一般用于汽油机。

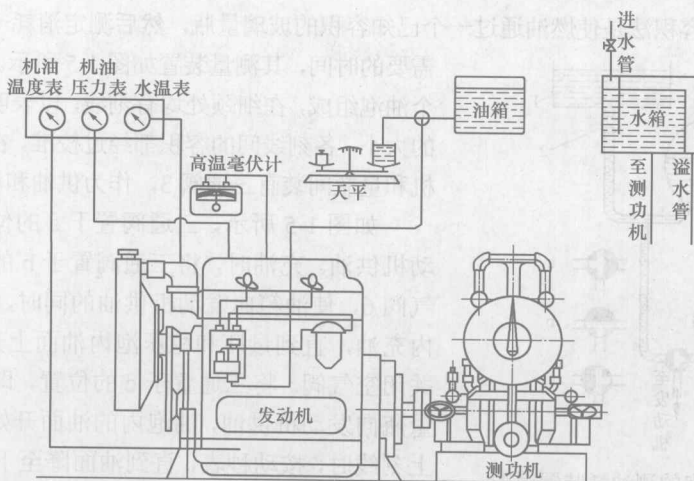


图 1-3 发动机台架试验设备布置图

1) 称量法。称量法就是测定消耗一定质量的燃油所需要的时间。其测量装置如图 1-4 所示。根据发动机功率的大小, 设置一个称量适当的天平。天平两端的托盘上, 分别放置砝码 6 和油杯 4。在燃油箱至发动机和油杯的管路上设置一个三通阀 3。

如图 1-4 所示, 当三通阀置于 a 的位置时, 燃油箱直接向发动机供油; 进行测量时, 先将三通阀顺时针方向转至 b 的位置, 使燃油箱继续给发动机供油的同时, 向油杯充油; 当油杯内注入的燃油稍多于预先确定的数量而比砝码重时, 天平偏向油杯一端, 然后将三通阀转至 c 的位置, 于是由油杯向发动机供油。随着燃油的消耗, 油杯内燃油的质量和天平上的砝码质量趋向相等, 使天平逐渐回到水平位置。当指针至零时, 立即按动秒表, 开始计时; 然后取下质量为 m 的砝码, 天平又偏向油杯一端, 直到油杯内所消耗的燃油量等于取下的砝码质量时, 天平将再次回到水平位置。当指针至零的瞬间, 立即按停秒表, 即测出消耗质量为 m (g) 燃油所需的时间 t (s)。测量完毕, 反时针方向将三通阀转回至 a 的位置。

如果此时发动机的输出功率为 P_e (kW), 则由下式即可求出发动机每小时燃油消耗量 G_e (kg/h) 和发动机燃油消耗率 g_e (g/kWh)

$$G_e = 3.6 \frac{m}{t} \quad (\text{kg/h})$$

$$g_e = 3600 \frac{m}{P_e t} \quad (\text{g/kWh})$$

每次测量所消耗的燃油量 (取下砝码的质量), 应根据试验时发动机输出功率的大小来确定。注意使每次测量的时间不得少于 30s, 以保证测量精度。相同的工况, 重复测量一次, 求其平均值, 以使测量更准确。

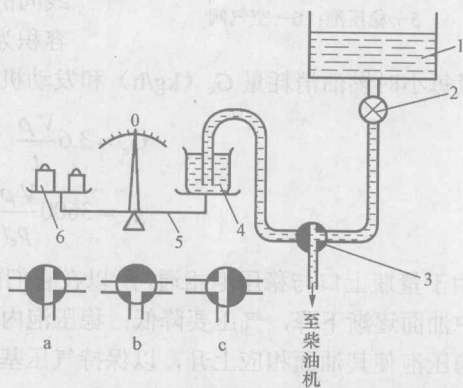


图 1-4 称量法测量耗油量示意图

1—油箱; 2—开关; 3—三通阀; 4—油杯; 5—天平; 6—砝码

2) 容积法。容积法是使燃油通过一个已知容积的玻璃量瓶, 然后测定消耗一定容积的燃油所需要的时间, 其测量装置如图 1-5 所示。玻璃量瓶 4 由几个油泡组成, 在细颈处均有刻线, 以表明各个油泡内容积的大小, 各刻线间的容积都经过校准。在燃油箱 1 至发动机和量瓶间装有三通阀 3, 作为供油和测量的转换开关。

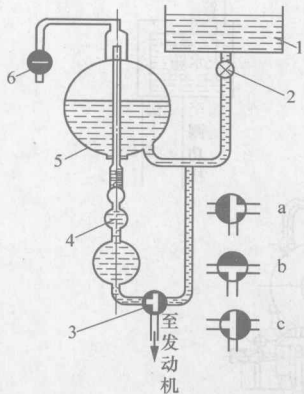


图 1-5 带稳压泡的测油耗装置简图

1—油箱; 2—开关; 3—三通阀; 4—玻璃量瓶;
5—稳压泡; 6—空气阀

如图 1-5 所示, 三通阀置于 a 的位置时, 油箱向发动机供油。充油时, 将三通阀置于 b 的位置, 再打开空气阀 6, 使油箱向发动机供油的同时, 向量瓶和稳压泡内充油, 直到量瓶和稳压泡内油面上升到一定高度后, 关闭空气阀。将三通置于 c 的位置, 即可进行测量, 由量瓶向发动机供油, 油泡内的油面开始下降, 当油降到上刻线时, 按动秒表, 直到油面降至下面预先选定的某一刻线时, 按停秒表, 即测得消耗量瓶内上、下两刻度线间的燃油所用的时间 t (s)。如上、下两刻度线间的容积为 V (cm^3), 燃油的密度为 ρ (g/cm^3), 即可求出

发动机每小时燃油消耗量 G_e (kg/h) 和发动机燃油消耗率 g_e (g/kWh)

$$G_e = 3.6 \frac{V\rho}{t} \quad (\text{kg/h})$$

$$g_e = 3600 \frac{V\rho}{P_e t} \quad (\text{g/kWh})$$

由于量瓶上口与稳压泡相通, 所以在它们两者中燃油面所受到的气压相等。在测量过程中, 量瓶中油面逐渐下降, 气压要降低; 稳压泡内的气压因向量瓶补充也将降低, 于是油箱的燃油进入稳压泡使其油面相应上升, 以保持气压基本不变。与油箱供油时相比, 压力相差也很小, 仅为油箱内油面所降低的高度。

充油时, 只要适当控制空气阀的开启时间, 使稳压泡内进入适量的燃油, 以保证在完成测量后, 量瓶内燃油尚未用完时, 稳压泡内的油面已到达量瓶上口, 能进入量瓶以补充燃油。这样, 即使偶尔忘了转换三通阀, 也不致使发动机因断油而熄火。

凡每次换用不同牌号或不同品质的燃油时, 都要用密度计或密度瓶测量密度, 也可用天平校准各油泡内的燃油质量。

这种测油耗的方法, 简单易行, 设备成本低, 所以目前仍得到广泛的应用。但由于主要是手工操作, 效率较低, 准确性完全在于人的控制, 所以人为误差较大。为了提高工作效率和测量精度, 可采用自动化的油耗测量仪 (见附录 B)。

■ 实验设备及仪器

- (1) 试验用发动机一台。
- (2) 水力测功机和电力测功机 (见附录 A)。
- (3) 燃油消耗量测量 (见附录 B)。
- (4) 转速测量 (见附录 C)。
- (5) 压力测量、温度测量 (见附录 D 和附录 E)。

■ 实验技术标准及规范

1. 技术标准

QC/T 524—1999《汽车发动机性能试验方法》。

2. 技术规范

试验时发动机应该带的附件,对试验一般条件的控制,对试验所用仪器设备精度及测量部位的要求见附录 G。

实验课时

本实验为 2 学时。

实验内容与方法

实验内容与方法

1. 实验内容

- (1) 发动机有效性能参数 M_e 、 P_e 、 G_e 、 g_e 等随转速 n 的改变而变化的试验。
- (2) 保障发动机正常工作时的冷却水温度、机油温度、机油压力试验。
- (3) 实验数据的处理、实验报告的撰写等。

2. 实验方法

- (1) 检查实验所用仪器、仪表工作正常,接通燃油、冷却水通断阀。
- (2) 起动发动机,并逐步将转速升高到标定转速;热车后,再逐步增加负荷至标定功率,并使之在标定工况下稳定运转。
- (3) 用油量限制器(根据发动机供油拉杆具体结构自制的专用工具),将油门固定,使供油拉杆保持在标定工况供油量的位置。
- (4) 以转速为测量点,调节测功器以增加负荷,使转速降低 100~150r/min。如图 1-1 所示的功率试验曲线,各测量点的转速分别为 2000、1900、1740、1650r/min 等,每调节一次负荷,待稳定运转时,测量一次消耗一定量燃油所需的时间、发动机温度等参数。并记录测功器读数、发动机转速及记录表 1-1 中所列的其他有关参数值。
- (5) 继续增加负荷,使转速进一步降低,直至出现最大扭矩后(测功机所指示的数值达到最大值后),再测 1~2 个点,当发动机不能稳定运转时为止,试验即可结束。
- (6) 将所测得参数及计算求出的 M_e 、 P_e 、 G_T 、 g_e 等参数值填入记录表 1-1 中。
- (7) 根据上面各参数值,绘制 M_p 、 P_e 、 G_T 、 g_e 随 n 变化关系的曲线图,即得到如图 1-1 或图 1-2 所示的总功率试验曲线。
- (8) 汽车用发动机,在大多数情况下是在部分负荷下工作的,所以还要制取 25%、50%、75%及 90%功率的部分功率曲线。这些只需要将油门分别固定在不同的相应位置上,分别按上述相同的方法、步骤完成各项测量,即可得到各种不同负荷时的部分功率试验曲线。

表 1-1

总功率试验数据记录表

时间____年____月____日 地点____ 发动机型号____
测功机型号____ 室温____℃ 大气压力____mmHg
相对湿度 RH____% 指导教师____ 试验人____

序号	转速 n (r/min)	测功机读数 F (N)	转矩 M_p (Nm)	功率 P_e (kW)	容积或质量 (cm ³ 或 g)	历时 t (s)	油耗 G_e (kg/h)	耗油率 g_e (g/kWh)	水温 (℃)	油温 (℃)	油压 (kPa)
1											
2											

Note

续表

序号	转速 n (r/min)	测功机读数 F (N)	转矩 M_p (Nm)	功率 P_e (kW)	容积或质量 (cm ³ 或 g)	历时 t (s)	油耗 G_e (kg/h)	耗油率 g_e (g/kWh)	水温 (℃)	油温 (℃)	油压 (kPa)
3											
4											
5											
6											
7											
8											
9											
10											
11											
12											
13											

注 M_p 、 P_e 、 G_e 、 g_e 是计算参数, $M_p = FR$ (Nm), R (m) 为测功机系数, 由试验用测功机决定, 其他参数的计算与前同。

3. 结果分析

(1) 总功率试验时扭矩的大小及其随转速改变而变化的规律, 反映了发动机动力性及对负荷的适应性。通常用扭矩储备率 u_m 值来评价这一性能。

$$u_m = \frac{M_{e\max} - M_e}{M_e} \times 100\%$$

式中 $M_{e\max}$ ——最大扭矩值, Nm;

M_e ——标定工况时的扭矩值, Nm。

(2) P_e — n 线。因为 M_e 随 n 变化较小, 由 $P_e = \frac{nM_e}{9549}$ 知, P_e 随 n 增加而提高。当 P_e 达到最大值后, 若转速 n 再继续增加, 则因为换气不良, 燃烧恶化, 机械损失功率加大, 而使 P_e 曲线开始下降。

(3) g_e — n 曲线。对应于最低耗油率 $g_{e\min}$ 有一转速, 无论高于或低于此转速, g_e 都要上升。这是因为当 n 升高时, 机械效率和充气效率均降低, 使 g_e 升高。而 n 降低时, 燃烧速度相应减慢, 热量损失加大, 使 g_e 也要升高。

如果 g_e 曲线的低油耗段变化平坦, 则说明发动机在较宽的转速范围内, 都能获得良好的经济性。

实验注意事项

(1) 仔细阅读《设备(仪器)操作规程》, 领会设备(仪器)的使用性能, 认真学习设备(仪器)的操作, 在得到指导教师的允许后方可操作设备(仪器)。注意个人安全和设备安全, 严防违规操作。实验室严禁烟火。

(2) 遵守《实验室管理规定》。保持实验场地整洁、卫生。

(3) 实验完毕, 整理实验现场, 保养设备(仪器)。

实验报告

实验时间与环境

时间____年____月____日 地点____ 发动机型号____
测功机型号____ 室温____℃ 大气压力____mmHg
相对湿度 RH____% 指导教师____ 试验人____

实验数据

将整理后的实验数据和计算结果填入表 1-2 中，并将实验记录表附在后面。

表 1-2 总功率试验数据报告表

序号	转速 n (r/min)	功率 P_e (kW)	转矩 M_p (Nm)	油耗 G_e (kg/h)	耗油率 g_e (g/kWh)	水温 (℃)	油温 (℃)	油压 (kPa)
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								

作图

绘制实验设备仪器的连接简图；绘制总功率试验曲线。

实验分析

- (1) 分析发动机的动力性及对负荷的适应性。
- (2) 分析发动机油耗随转速改变而变化的规律及发动机经济转速范围。
- (3) 分析发动机冷却水温度、机油温度、机油压力在试验中的变化规律及是否在正常范围内。
- (4) 对该发动机的动力性、经济性等技术状态进行评价。
- (5) 问题与建议。

实验 2 发动机负荷特性试验

实验目的及要求

实验目的

- (1) 掌握发动机负荷特性的试验方法。
- 1) 通过实验掌握发动机负荷的加载方法和转速、油耗率的测量方法。
- 2) 掌握发动机功率、转速、油耗等测量仪器设备的选择、操作、使用方法。
- 3) 熟悉负荷特性试验测试数据的分析和处理方法。
- (2) 通过实验, 学习绘制、分析发动机负荷特性曲线。
- 1) 依据原始数据和处理的数据, 绘制发动机负荷特性曲线。
- 2) 通过分析负荷特性曲线评价发动机在规定转速下, 发动机部分负荷的经济性, 并为合理选用和调整发动机提供依据。

实验要求

- (1) 该实验使用大型设备, 且消耗能源, 考虑教学效果与合理利用资源及降低能源消耗等因素, 每次参加试验的学生为 8~12 人。
- (2) 实验前, 复习发动机负荷特性试验的相关内容, 认真阅读实验指导书及附录中相关实验仪器设备介绍。
- (3) 实验时必须携带实验指导书、笔及记录纸。经实验指导教师核对后方能进行实验。
- (4) 实验中, 按照指导教师的要求操作仪器设备, 准确观测、记录数据, 按步骤进行试验。
- (5) 实验后, 正确处理实验数据, 绘制发动机负荷特性曲线, 分析发动机在某转速下的负荷特性, 认真撰写实验报告。

实验预习及准备

实验原理

1. 负荷特性的定义

当转速 n 保持不变时, 发动机某些性能参数随负荷的改变而变化的关系称为负荷特性。如图 1-6、图 1-7 所示。这些参数主要有小时耗油量 G_T , 燃油消耗率 g_e 。根据需要还可以增加排气温度、过量空气系数及排气烟度等。

2. 负荷特性试验的作用

负荷特性表明在某规定转速下, 各种不同负荷时的耗油率 g_e 随功率 P_e 变化的关系。通过特性曲线可以找出发动机所能达到的最大功率 p_{emax} 和最低耗油率 g_{emin} 。还可用来评价标定工况下的经济性, 判断功率标定的合理性以及有关调整的正确性。

3. 试验原理

- (1) 功率测量原理 (同发动机总功率实验)。
- (2) 燃油消耗率的测量原理 (同发动机总功率实验)。

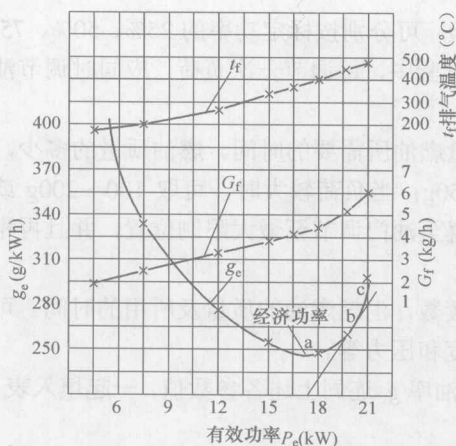


图 1-6 柴油机负荷特性曲线

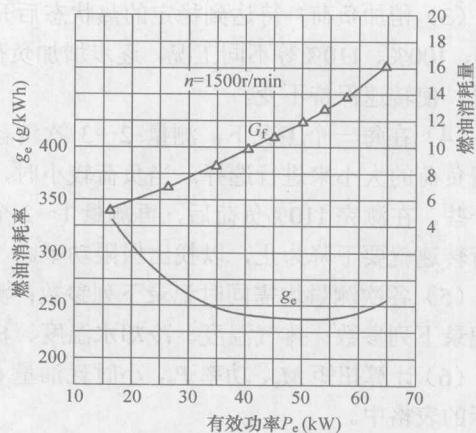


图 1-7 汽油机负荷特性曲线

实验设备及仪器

- (1) 试验用发动机一台。
- (2) 功率测量设备。
 - 1) 水力测功机 (见附录 A.1)。
 - 2) 电力测功机 (见附录 A.2)。
- (3) 燃油消耗量测量 (见附录 B)。
- (4) 转速测量 (见附录 C)。
- (5) 压力测量、温度测量 (见附录 D 和附录 E)。
- (6) 烟度测量 (见第 5 章实验 16)。

实验技术标准及规范

1. 技术标准

QC/T524—1999《汽车发动机性能试验方法》。

2. 技术规范

试验时发动机应该带的附件, 对试验一般条件的控制, 对试验所用仪器设备精度及测量部位的要求见附录 G。

实验课时

本实验为 2 学时。

实验内容与方法

实验内容与方法

1. 实验内容

- (1) 发动机有效性能参数 G_f 、 g_e 等随功率 P_e 的改变而变化的试验。
- (2) 保障发动机正常工作时的冷却水温度、机油温度、机油压力、排气烟度的试验。
- (3) 实验数据的处理、实验报告的撰写。

2. 实验方法

- (1) 检查仪器、仪表工作正常, 接通燃油、冷却水通断阀。
- (2) 起动发动机, 逐步将转速升高至标定转速, 并使之稳定运转。

Note

(3) 稍加负荷, 待达到稳定的热状态后开始试验。可分别按标定功率的 25%、50%、75%、90%、100%、110% 等不同工况, 逐步增加负荷。在试验中, 每调节一次负荷, 应同时调节油门位置, 使转速保持不变。

(4) 在每一个工况下, 测量 2~3 次消耗一定量燃油所需要的时间。燃油质量的多少, 可根据负荷的大小来进行选择。当负荷较小时, 可取 50g; 当负荷较大时, 可取 100~200g 或更多一些。在测完 110% 负荷后, 再测量 1~2 个点, 直至油门调节至最大限制位置, 并且再稍加负荷转速就要下降为止, 以找出极限功率。

(5) 各次测量均需同时记录下列参数: 测功机读数, 消耗燃油的质量及所用的时间。可选择记录下列参数: 排气温度、冷却水温度、机油温度和压力等。

(6) 计算扭矩 M_e 、功率 P_e 、小时耗油量 G_f 和耗油率 g_e 连同上述各参数值, 一起填入表 1-3 所示的表格中。

(7) 以功率 P_e 为横坐标, 分别以 g_e 、 G_f 及其他所选择的参数为纵坐标, 画出曲线, 就可得到如图 1-6、图 1-7 所示的负荷特性曲线。

表 1-3

负荷特性试验数据记录表

时间____年____月____日

地点_____

发动机型号_____

测功机型号_____

室温_____℃

大气压力_____mmHg

相对湿度 RH_____%

指导教师_____

试验人_____

序号	转速 (r/min)	测功 器 读数 (N)	功率 (kW)	扭矩 (Nm)	平均有 效压力 (kPa)	燃油消耗量				排气 温度 (℃)	出水 温度 (℃)	机油 温度 (℃)	机油 压力 (kPa)	室温 (℃)	大气 压力 (mmHg)	相对 湿度 (%)	烟 色
						测量 油量 (g)	测量 时间 (s)	小时 耗油量 (kg/h)	燃油 消耗率 (g/kWh)								

注 M_p 、 P_e 、 G_f 、 g_e 是计算参数, $M_p=FR$ (Nm), R 为测功机系数, 由试验用测功机决定。

3. 特性曲线的分析

从图 1-6 所示的负荷特性曲线可以看出, 在 g_e 曲线上, 有 3 个特殊点 a、b、c。其中 a 点所对应的耗油率 g_e 最低, 为 248g/kWh。该点所对应的功率 P_e 为 17.5kW。所以, 此功率即为最经济功率。c 点所对应的功率为 21kW, 是该发动机所能输出的最大功率。但此时耗油率较高, 为 280g/kWh。而且排气温度较高 (485℃) 排气冒烟较严重。如果继续增加负荷, 不仅转速不能稳定, 而且功率和转速反而下降, 故称为极限功率或冒烟界限。b 点所对应的功率为 19.7kW, 称为切点功率。通常将切点功率作为标定功率。这样就既考虑了经济性, 又考虑了动力性。也就是说既能够获得较大的功率, 又能够使耗油率较低。

从图 1-6 中可看出, 当该发动机的 $g_e < 265\text{g/kWh}$ 时, 功率有较宽广的范围, 可以从 14~