

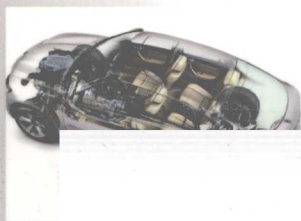


21世纪高等学校教材

普通高等教育“十二五”汽车类专业(方向)规划教材

汽车运行性能

VEHICLE TRAVELING PERFORMANCE



戴汝泉 主编



21 世纪高等学校教材
普通高等教育“十二五”汽车类专业（方向）规划教材

汽车运行性能



机械工业出版社

本书系统地讲述了汽车运行性能的相关基础理论、影响因素及其如何合理发挥。内容共分八章,包括发动机运转性能概述,汽车的动力性、燃油经济性、环保性、制动性、操纵稳定性、平顺性和通过性等。

书中内容结构合理、层次分明,融合了汽车行业的最新标准和现代汽车发展的前沿技术,有较高的理论参考和实践指导价值。可作为汽车运用、汽车服务、交通工程和交通管理类专业本科院校、高等职业技术学院的专业课程教材,也可供从事汽车开发、使用、技术管理和交通管理等方面的人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

汽车运行性能/戴汝泉主编. —北京:机械工业出版社, 2010. 3

21世纪高等学校教材

普通高等教育“十二五”汽车类专业(方向)规划教材

ISBN 978-7-111-29991-2

I. ①汽… II. ①戴… III. ①汽车—性能—检测
IV. ①U472.9

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第037669号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑:尹法欣 责任编辑:尹法欣 版式设计:张世琴

封面设计:王伟光 责任校对:申春香 责任印制:乔宇

三河市国英印务有限公司印刷

2010年7月第1版第1次印刷

184mm×260mm·14印张·342千字

标准书号:ISBN 978-7-111-29991-2

定价:24.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010) 88361066

门户网:<http://www.cmpbook.com>

销售一部:(010) 68326294

教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售二部:(010) 88379649

读者服务部:(010) 68993821

封面无防伪标均为盗版

前 言

随着汽车性能研究的深入、结构形式的改进和应用技术的发展，汽车理论内容的更新和补充也成为必然。针对高等教育注重应用型人才培养的指导思想，《汽车运行性能》在总体上以理论为主线，强化了与结构的关系，并强调在概念上更严谨、更注重概括性；在内容上更新颖、更注重应用性；在层次上更清晰、更注重系统性。本书适合当前知识学习的需要，可作为本科院校、高等职业技术学院的专业课教材，也可供汽车开发、汽车使用、汽车技术管理和交通管理等方面的人员参考。

考虑到汽车的动力性和燃油经济性与发动机的运转性能密切相关，所以书中有发动机运转性能一章。除绪论和发动机运转性能外，还包括汽车的动力性、燃油经济性、环保性、制动性、操纵稳定性、平顺性和通过性等。如果单独开设了“发动机原理”课，可以直接进入汽车各性能的学习。课程内容理论密切联系实际，并紧跟国内及国际在汽车运行性能方面的有关标准和规范，力争使读者在更大程度上学以致用。

本书由山东交通学院戴汝泉任主编，青岛理工大学阎岩任副主编，参加编写的人员还有山东交通学院臧发业、宿林林、张竹林、周长峰，山东科技大学李玉善，鲁东大学陈燕等。全书由同济大学吴光强教授审阅，在此表示衷心感谢。本书在编写过程中，参考了很多有关文献资料，对它们的作者及提供者在此表示感谢。

由于作者的水平所限，书中难免有错漏之处，诚望使用本书的读者予以指正。

编 者

常用符号表

第一章 发动机运转性能概述

p ——气体的绝对压力 (kPa)	b_i ——指示燃油消耗率 [$\text{g}/(\text{kW}\cdot\text{h})$]
V —— m (kg) 气体的体积 (m^3)	η_i ——指示热效率
R ——气体常数 ($\text{kJ}/\text{kg}\cdot\text{K}^{-1}$)	P_e ——发动机有效功率 (kW)
m ——气体质量 (kg)	T_e ——发动机有效转矩 ($\text{N}\cdot\text{m}$)
T ——热力学温度 (K)	b_e ——发动机有效燃油消耗率 [$\text{g}/(\text{kW}\cdot\text{h})$]
t ——摄氏温度 ($^{\circ}\text{C}$)	η_e ——有效热效率
Q ——热量 (kJ)	P_L ——升功率 (kW/L)
p_i ——平均压力 (kPa)	m_p ——比质量 (kg/kW)
η_i ——循环热效率	P_m ——发动机机械损失功率 (kW)
ε ——压缩比	η_m ——发动机的机械效率
λ ——压力升高比	n ——发动机转速
ρ ——预胀比	α ——过量空气系数
k ——等熵指数	η_v ——空气系数
W_i ——循环的指示功 (kJ)	φ ——曲轴转角 ($^{\circ}$)
p_i ——平均指示压力 (kPa)	P_B ——发动机的标定功率 (kW)
P_i ——指示功率 (kW)	n_B ——发动机的标定转速 (r/min)

第二章 汽车的动力性

T_i ——驱动轮的转矩 ($\text{N}\cdot\text{m}$)	g ——重力加速度 (m/s^2)
r ——车轮半径 (m)	j ——汽车的加速度 (m/s^2)
F_i ——驱动力 (N)	δ ——旋转质量换算系数
i_g ——变速器传动比	G_n ——汽车实际总重力 (N)
i_0 ——主减速器传动比	G_0 ——汽车空载重力 (N)
η_T ——传动系的机械效率	F_f ——附着力 (N)
T_e ——使用状态的发动机转矩 ($\text{N}\cdot\text{m}$)	φ ——附着系数
P_e ——使用状态的发动机功率 (kW)	L ——汽车轴距 (m)
n_{emax} ——发动机的最高转速 (r/min)	a ——汽车重心离前轴的距离 (m)
P_T ——传动系损失功率 (kW)	b ——汽车重心离后轴的距离 (m)
n_w ——车轮滚动的圈数	h_g ——汽车重心高度 (m)
F_w ——空气阻力 (N)	m_1 、 m_2 ——轴荷再分配系数
α ——坡度角 ($^{\circ}$)	t ——加速时间 (s)
i ——坡度比	s ——车轮驶过的距离 (m)
F_i ——坡度阻力 (N)	v ——车速 (km/h)
F_{ψ} ——道路阻力 (N)	W ——车轮径向载荷 (N)
ψ ——道路阻力系数	Z ——车轮与地面法向作用力 (N)
F_j ——加速阻力 (N)	f ——滚动阻力系数

- G ——汽车总重力 (N)
 F_f ——滚动阻力 (N)
 C_D ——空气阻力系数
 A ——汽车的迎风面积 (m^2)
 ρ ——空气密度 (kg/m^3)
 v_r ——汽车与空气的相对速度 (m/s)
 D ——动力因数
 P_f ——滚动阻力功率 (kW)
 P_i ——坡度阻力功率 (kW)
 P_w ——空气阻力功率 (kW)
 P_j ——加速阻力功率 (kW)
 λ ——液力传动的转矩系数
 η ——液力传动的传动效率
 k ——液力变矩器的变矩系数
 n_1 ——泵轮转速 (r/min)
 T_1 ——泵轮转矩 ($N \cdot m$)
 n_2 ——涡轮转速 (r/min)
 T_2 ——涡轮转矩 ($N \cdot m$)
 i ——液力传动的速比
 d ——液力偶合器或变矩器直径 (m)
 γ ——工作油的密度 (kg/m^3)
 i_k ——液力传动后传动比
 i_1 ——变速器 I 挡传动比
 i_s ——试验时的挡位传动比
 α_s ——试验时的爬坡角

第三章 汽车的燃油经济性

- Q ——汽车百公里耗油量 (L/100km)
 P_e ——发动机功率 (kW)
 v ——车速 (km/h)
 γ ——燃油密度 (kg/L) 或 (N/L)
 U ——发动机负荷率
 i ——坡度比
 j ——加速度 (m/s^2)
 g ——重力加速度 (m/s^2)
 Q_j ——汽车加速过程油耗量 (L)

第四章 汽车的环保性

- p ——声压 (Pa)
 L_p ——声压级 (dB)
 N ——响度 (sone)
 L_N ——响度级 (phon)

第五章 汽车的制动性

- T_μ ——制动器制动力矩 ($N \cdot m$)
 F_T ——地面制动力 (N)
 r ——车轮半径 (m)
 s ——制动距离 (m)
 t ——制动时间 (s)
 k ——减速度变化率 (m/s^3)
 j_a ——最大制动减速度 (m/s^2)
 $FMDD$ ——充分发出的平均减速度 (m/s^2)
 Y ——地面对车轮的侧向力 (N)
 v_w ——车轮中心的速度 (m/s)
 F_μ ——制动器制动力 (N)
 j ——制动过程减速度 (m/s^2)
 v_0 ——制动初速度 (m/s , km/h)
 S ——滑动率 (%)
 F_y ——汽车或车轮所受侧向力 (N)
 β ——制动力分配系数
 η_b ——制动效率
 φ_p ——峰值附着系数
 φ_s ——滑动附着系数

第六章 汽车的操纵稳定性

- B ——轮距 (m)
 α ——纵向坡度角 ($^\circ$)
 β ——横向坡度角 ($^\circ$)
 F_y ——侧偏力 (N)
 k ——侧偏刚度 [$N/^\circ$ 或 N/rad]
 α ——侧偏角 ($^\circ$)
 R_0 、 R ——转向半径 (m)
 δ ——前轴转角 (rad)
 m ——汽车总质量 (kg)
 k ——稳定性因数 (s^2/m^2)

ω_s ——横摆角速度 (rad/s)

$\frac{\omega_s}{\delta}$ ——横摆角速度增益 [(rad/s)/rad]

$S.M.$ ——静态储备系数

v_{ch} ——特征车速 (m/s)

v_{cr} ——临界车速 (m/s)

a_y 、 a_n ——侧向加速度 (m/s^2)

U ——不足转向度 ($^\circ / (m/s^2)$)

K_φ ——车厢侧倾度 ($^\circ / (m/s^2)$)

N ——稳态转向特性的评价分值

第七章 汽车的平顺性

f ——振动频率 (Hz)

$w(f)$ ——加权函数

a ——振动加速度 (m/s^2)

L_{aw} ——加权振级 (dB)

M ——悬挂质量 (kg)

m ——非悬挂质量 (kg)

C ——减振器的阻力系数 ($N \cdot s/m$)

K ——悬架弹簧的刚度 (N/m)

q ——路面不平度函数 (m)

z ——车身振动输出 (m)

f_0 ——悬架系统的固有频率 (Hz)

f_s ——悬架系统的静挠度 (cm)

$[f_d]$ ——悬架系统限位行程 (cm)

$H_{(j\omega)}$ 或 $H_{(jf)}$ ——频率响应函数

ξ ——阻尼比

ϵ ——悬挂质量分配系数

第八章 汽车的通过性

h ——最小离地间隙 (m)

β ——纵向通过角 ($^\circ$)

ρ ——横向通过半径 (m)

α ——接近角 ($^\circ$)

γ ——离去角 ($^\circ$)

d_H ——最小转弯直径 (m)

d ——内轮差 (m)

p ——车轮和地面的单位压力 (kPa)

W ——作用在车轮上的垂直载荷

A ——轮胎接地面积 (m^2)

目 录

前言	
常用符号表	
绪论	1
习题	7
第一章 发动机运转性能概述	8
第一节 发动机循环和主要性能指标	8
第二节 发动机的换气过程	13
第三节 发动机的燃烧过程	15
第四节 发动机特性	19
第五节 影响发动机运转性能的因素	22
第六节 发动机性能试验	40
习题	42
第二章 汽车的动力性	44
第一节 汽车行驶的驱动力	44
第二节 汽车的行驶阻力	48
第三节 汽车行驶的驱动与附着条件	57
第四节 汽车的驱动力平衡	61
第五节 汽车的动力平衡	66
第六节 汽车的功率平衡	68
第七节 液力传动汽车的驱动力	71
第八节 影响汽车动力性的因素	77
第九节 汽车动力性试验	84
习题	87
第三章 汽车的燃油经济性	90
第一节 汽车燃油经济性试验	90
第二节 汽车燃油经济性计算	97
第三节 提高汽车燃油经济性的途径	100
习题	109
第四章 汽车的环保性	110
第一节 汽车的排放污染	110
第二节 汽车的噪声污染	125
第三节 汽车环保性试验	137
习题	142
第五章 汽车的制动性	144
第一节 汽车制动时车轮受力分析	144
第二节 汽车的制动效能	145
第三节 汽车制动效能的恒定性	152
第四节 汽车制动时的方向稳定性	153
第五节 汽车前轴与后轴制动器制动力的分配	157
第六节 汽车的制动力调节	162
第七节 影响汽车制动性的因素	164
第八节 汽车制动性试验	166
习题	167
第六章 汽车的操纵稳定性	169
第一节 汽车的纵向和横向稳定性	169
第二节 轮胎的侧偏特性	172
第三节 汽车的稳态转向特性	175
第四节 汽车的瞬态响应	184
第五节 汽车转向轮摆振	184
第六节 改善汽车操纵稳定性的措施	187
第七节 汽车操纵稳定性试验	191
习题	193
第七章 汽车的平顺性	195
第一节 人体对振动的反应和平顺性评价	195
第二节 随机振动基础和路面输入	198
第三节 汽车振动系统的简化与单质量系统的振动	200
第四节 影响汽车平顺性的主要因素	202
第五节 汽车平顺性试验	204
习题	205
第八章 汽车的通过性	207
第一节 通过性的几何参数	207
第二节 通过性的支承与牵引参数	209
第三节 改善汽车通过性的主要措施	210
第四节 汽车通过性试验	212
习题	213
参考文献	214

绪 论

汽车作为一种快捷高效、机动灵活的交通运输工具，在国民经济和社会生活中有着不可替代的作用。随着高速公路的迅猛发展和汽车自身的不断完善，汽车的运输量在整个运输中所占比重也越来越大。目前世界上有 8 亿多辆汽车，与人们的日常生活建立了密不可分的联系。但就在汽车给人们的生活带来极大便利的同时，也在不断消耗有限的能源，并制造着诸如车祸、污染等影响人类生活的危害。所以，汽车性能的研究从其诞生之日起就没有停止过。

作为高速运行的汽车，其运行性能当然是至关重要的。所谓汽车的运行性能，是指汽车运行中所表现出的行驶特性和与运动有关的使用性能，主要包括汽车的动力性、燃油经济性、环保性、制动性、操纵稳定性、平顺性和通过性等。这些性能也是随着人们研究的不断深入、汽车结构的不断完善而发展起来的。动力性是汽车赖以生存和发展的根本，汽车之所以能在百余年的时间里得到了如此迅速的发展，很大程度在于其良好的动力性；燃油经济性、环保性、制动性及操纵稳定性是当今汽车业急待研究和解决的所谓“节能、环保、安全”三大主题；随着人类物质生活水平的提高，以人为本的观念也使汽车的平顺性日益得到重视；汽车的通过性是汽车的最基本性能，需要汽车的动力性予以保证。认识和研究汽车的这些性能，不仅有利于汽车的进一步发展和完善，而且也会使人们更合理使用并充分发挥其性能，使汽车在国民经济发展中发挥更好的作用。

汽车是一种复杂的运动机械，由许多总成和零部件组成以达到所要求的性能。汽车的机械性和使用条件的复杂性，决定汽车的运行性能和工作可靠性取决于汽车的结构设计、制造工艺、使用技术、运行条件及运输工作情况等诸多因素。在汽车制造方面，可通过合理的结构设计和完善的制造工艺来保证汽车的运行性能和工作可靠性，如提高零件的坚固程度、增加零件的耐磨性和改善材料的质量等；在汽车运用方面，良好的运行条件和合理的技术使用将既有利于汽车运行性能的发挥，又能延长汽车的使用寿命。

一、汽车的使用寿命

汽车的使用寿命是指汽车从开始使用到不能使用的整个时期，可以用累计使用时间或累计行驶里程表示。在这个时期内，汽车中任何一对配合零件的一般磨损规律如图 0-1 所示，并按此磨损规律的特征将其分为三个阶段：初期磨损阶段 A、正常工作阶段 B 和加剧磨损阶段 C。

初期磨损阶段又称为零件的磨合阶段，此阶段工件磨损较快，故曲线的斜率较大，配合零件的间隙由 Δab 变为 Δcd ；然后摩擦副进入配合良好的正常工作阶段，零件磨损量随汽车行驶里程的增加而缓慢地增长，曲线变化也较缓慢，所以该阶段又称为允许磨损期；当间隙达到 Δef 后，磨损将再度加剧，相应的 δ_{ax} 和 δ_{by} 分别为两个零件的极限磨损量。进入加剧磨损阶段后，总成的故障便开始出现（如异响、漏气、漏油等），汽车的性能也急剧下降。

当汽车的性能下降到一定限度时，将终止对汽车的使用，即汽车使用寿命的终结。而根据汽车终止使用的原则不同，汽车的使用寿命又分为以下几类：

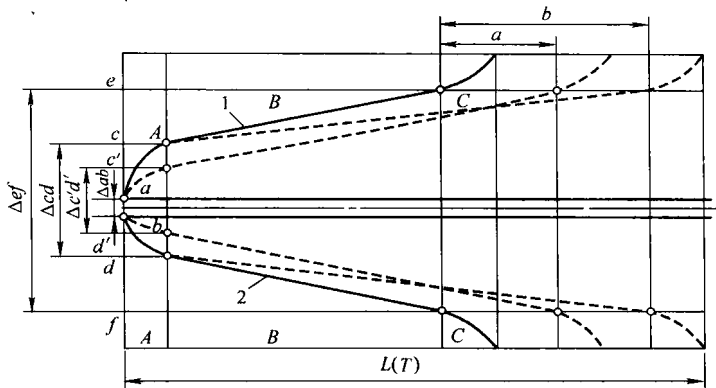


图 0-1 配合零件的磨损规律

L —里程 (km) T —汽车工作时间 (h)

1) 技术使用寿命, 又称机械寿命。当汽车出现故障时, 总是希望能够通过修理恢复其机能。汽车已不能用修理的方法恢复其主要使用性能的使用期限, 即汽车的技术使用寿命。

2) 经济使用寿命。汽车在使用过程中要不断消耗燃料、润滑油、轮胎和维修等各种费用。考虑汽车的各种消耗, 用最佳经济效果的观点进行分析, 保证汽车总使用成本最低时的使用期限, 即汽车的经济使用寿命。

3) 合理使用寿命。以汽车经济使用寿命为基础, 考虑到国民经济发展的实际情况而得出的使用期限。

我国地域辽阔, 汽车使用条件不同, 使用强度也千差万别, 因而各地的汽车经济使用寿命也必然不同。就一般情况而言, 目前我国中型客、货车的经济使用寿命为 8~10 年 (或 $3 \times 10^5 \sim 5 \times 10^5 \text{ km}$)。汽车的适时更新, 不仅可以促进我国汽车工业的发展, 而且车主自身也可获得明显的经济效益。所以我国 1999 年实施的《汽车管理规定》中要求车辆的使用期限为: 轻、微型载货汽车 (含越野型) 和矿山作业专用车累计行驶 30 万 km (或 8 年); 重、中型载货汽车 (含越野型) 累计行驶 40 万 km (或 10 年); 各类型客车 (含越野车型) 和轿车累计行驶 50 万 km (或 10 年); 其他车辆累计行驶 40 万 km (或 10 年)。另外, 对因各种原因造成严重损坏或技术状况低劣, 无法修复的车辆; 车型已淘汰无配件来源的车辆; 长期使用, 油耗量超过国家定型出厂标准值 15% 的车辆; 经修理和调整仍达不到国家对机动车运行安全技术条件要求的车辆; 以及经修理和调整或采用排放污染控制技术后, 排放污染物仍超过国家规定标准的车辆, 应当强制报废。规定还要求, 除 9 座以下的出租车和轻、微型载货汽车 (含越野型) 外, 对达到上述年限的客货车辆, 经公安车辆管理部门严格检验, 性能符合规定的可延期报废, 但延期不得超过所定年限的 1/2。特别对于个人购买用于非经营的车辆, 结合个人用车年行驶里程较短的特点, 对其使用年限没作硬性规定, 而要求由技术状况决定报废与否, 这也是合理的。

二、汽车的磨合期

汽车的磨合期即前述磨损规律中的初期磨损阶段。虽然汽车出厂前已经过了生产磨合, 但机件的配合表面仍存在着相对较大的微观和宏观的几何形状偏差 (表面粗糙度、圆度、

圆柱度和直线度误差等)。此外,总成与部件的装配也存有一定的误差。这些都使新配合件面的实际接触面积较小,而表面间的实际单位压力比理论设计值大得多。若此时汽车以全负荷高速运行,将会因摩擦表面极大的单位压力而使润滑油膜被破坏,并导致摩擦增大、局部温度升高,从而加剧零件磨损,甚至出现膨胀咬住、表面烧蚀或刮伤等现象。

由此可见,新车或大修好的车在开始使用的磨合期内,由于各机构中的零件处于磨合状态,不宜大负荷高速运行;而且汽车的使用寿命、使用期间的各项运行性能等都与汽车的磨合期磨合有着很大的关系。

从配合零件的磨损规律可以看出,如果磨合终了的间隙由图 0-1 所示的 Δcd 减小到 $\Delta c'd'$, 则正常磨损阶段可以延长行驶里程 a , 这就需要通过严格执行磨合规范和磨合期维护来实现。汽车磨合期实际上是汽车进入正常使用阶段的过程过渡,是在使用中相互配合的摩擦表面进行磨合加工的工艺过程。在这个过程中,零件摩擦表面不平的部分被磨去,并形成比较光滑、耐磨而可靠的工作表面,以承受正常的工作负荷。而且通过磨合,可暴露出生产或修理中的缺陷并加以消除,使进入正常使用时的故障率基本趋于稳定。

根据汽车总成或部件在磨合期的特点,需制定其相应的磨合规程。汽车的磨合期一般为 1000 ~ 1500km,相当于 40 ~ 60h,这通常是作为最低要求提出的。实际上要达到 2000 ~ 3000km 时才能得到较好的磨合,之后转入正常使用才合适。在汽车的磨合期内,装载质量一般不应超过额定载荷的 80%,更不允许拖带挂车等;最高车速一般不应超过 40 ~ 45km/h;不应在恶劣的道路上行驶,以使汽车各部总成减轻振动和冲击;发动机起动时的预热温度最好不低于 50℃,行驶中的冷却水温度不应低于 80℃;发动机转速不应过高;汽车起步加速、换挡和制动不要过急,防止构件超载过大而影响磨合;对汽车应按规定进行技术维护;润滑油可用优质的粘度较低的牌号,或加添加剂的专用润滑油,加注量应较规定数量略多;细心检查机件的紧固程度、行驶系统的温度状况,避免漏水、漏油和漏气现象的产生;行驶 500km 后,应清洗发动机润滑系和底盘发动机壳体,并更换润滑油。磨合期结束后,应进行一次磨合维护作业,即对磨合汽车进行一次全面检查、紧固、调整和润滑等,并拆除限速装置。较好地遵循汽车在磨合期的使用规范,将既有利于延长汽车的使用寿命,也可使汽车在使用中性能得到更好地发挥。

三、汽车运行条件

汽车运行条件对汽车使用寿命和汽车运行过程中所表现出的性能也有很大的影响。这些运行条件主要有道路条件、运行工况、运输状况以及自然环境等。

1. 道路条件

道路条件的技术指标有:道路等级(我国分为五个等级,即高速公路、一级公路、二级公路、三级公路和四级公路)、路面覆盖层的状况和等级、路面附着系数、道路构成情况(道路宽度、路线的曲率半径、路面的纵向和横向最大坡度等)。

道路条件是汽车运行性能的直接影响因素。一般而言,汽车在良好的道路上行驶,车速可以较高,燃油经济性和其他性能也较好;汽车在凹凸不平的道路上行驶,不仅车速较低,燃油经济性变差,还会使汽车的制动性、操纵稳定性和平顺性等变差。且因换挡和制动次数的增加,加速了一些摩擦副零件的磨损。路面不平还会使零件所受的冲击载荷增加,加剧汽车机件(特别是行驶部分和轮胎)的损伤。

在山区行驶的汽车，因地形特点经常会遇到上坡、下坡、窄路、多弯等情况，而使汽车制动和转向频繁，从而加剧有关构件的损伤，而且频繁的制动会使制动鼓和摩擦片经常处于发热状态，高温时的摩擦因数急剧下降，严重时可能出现制动失效，或者磨损加剧。温度过高时，有碎裂现象产生。频繁的转向加剧转向机构磨损会使故障产生的倾向增大，进而影响汽车的操纵性。这都说明了道路条件对汽车运行性能的直接影响。

2. 运行工况

运行工况主要是指汽车行驶过程中的速度状态，汽车运行随时间、地点、车况、道路交通以及驾驶者的操作习惯等方面的不同，工况会有很大的差别。衡量运行工况的主要参数有：车速、挡位、发动机转速、节气门开度和制动频度等；在一些特定的运行工况研究中，还包括发动机瞬时功率、转矩、油耗、冷却系水温、各总成油温、挡位变换频度和离合器接合频次等。实际运行中的汽车工况是个随机过程，所以研究中常根据不同的区域特点采用概率统计的方法归纳出相应的运行工况模式，如城市公共汽车在市区行驶的四工况和长途客车在普通公路行驶的六工况等。实际使用已经证明，在其他条件相同，即使同类型的汽车在不同运行工况下，其运行性能也会表现出较大的差异，如燃油经济性、平顺性、车辆磨损等。

3. 运输状况

运输状况是指由运输对象的特点和要求所决定的影响汽车使用的各种因素，如货物的种类和特性（如密度、存在状态等物理属性）、货物运输的批量和均匀性、货物到达的期限和运距等，所决定的不同车型、不同的车辆组织方式、运输路线和实载率等。这些因素对汽车的技术状况都会产生相应的影响。

4. 气候条件

气候条件即汽车所处自然环境的温度、气压、湿度、风力、风向和太阳光辐射强度等。当然，对运行性能影响最大的还是环境的温度，汽车及总成都有最佳的工作温度范围，在此温度区域内汽车运行性能发挥得最好，且技术状况也最稳定。

温度过低不仅会造成发动机起动困难、油耗增加，而且会导致发动机磨损加剧。在发动机使用周期内 50% 的气缸磨损发生在起动过程中，而低温条件下发动机的磨损更加剧烈，且气温越低磨损越大。这主要是由于低温下润滑油的粘度大、流动性差，使机件得不到及时润滑而处于半干摩擦和干摩擦状态的缘故。另外，由于低温下燃油汽化和雾化不良，部分燃料以液态进入气缸，冲刷了缸壁的油膜，或因不完全燃烧有一部分燃油进入曲轴箱而使润滑油被稀释和污染，加之酸性物质（少量的氧化硫）与低温下凝结在气缸壁上的水滴化合成酸引起腐蚀磨损；还由于温度过低，不同材料膨胀系数的差异导致配合间隙不当或不均匀等。

传动系各总成（变速器、主减速器和差速器等）在低温情况下也会由于润滑油的流动性差，使齿轮和轴承在较长时间内得不到充分润滑，而磨损加剧。

改善汽车低温使用性能常采取的措施就是对发动机起动前进行预热，对运转的发动机进行保温；使用低粘度的润滑油、润滑脂、制动液、防冻液和减振液等；使用挥发性好的燃油和密度较大的电解液；使点火能量增大、充电电流增大等。

在高温条件下行驶的汽车，会因发动机冷却系的散热温差小、散热能力差而使发动机容易过热，因此往往出现发动机充气能力下降、燃烧不正常（爆燃、早燃）、机油变质、零件磨损和锈蚀加剧、供油系产生气阻等问题，从而使汽车的动力性、经济性和行驶可靠性

变差。

改善高温条件下汽车性能的措施主要有：结构上改善发动机的冷却强度，同时也较好地防止了供油系产生气阻；对冷却系统进行季节性维护，并加强冷却系水垢的清除；发动机和变速器、主减速器、转向器应在季节性维护时换用夏季润滑油，轮毂轴承和传动机构的连接点换用滴点较高的润滑脂；防止液压制动系产生气阻而采用沸点较高的制动液；对传统化油器式供油系和点火系进行调整，防止轻质燃油挥发性大使混合气变浓而将浮子式油面调低、防止爆燃产生而适当调小点火提前角；另外还应注意对蓄电池的保养和防止轮胎在高温下爆破等。

在气压较低的高原地区，除了发动机进气受到影响而使汽车的动力性和经济性直接受影响外，气压制动在山区使用，因制动次数多耗气量大，而高原空气稀薄使压缩机的生产率下降、供气压力不足，往往不能保证汽车制动可靠性；液压制动用醇型制动液在高原山区使用时，频繁的制动使管路温度升高有可能产生气阻现象，也会造成制动失效。

四、汽车技术维护

汽车在使用过程中，零件、机构和总成本身既要相互作用，又要与外界环境接触，结果必然使其发生磨损、发热、变形或损坏，从而引起零件原有尺寸的变化，使配合间隙变大，它们之间的相互位置也发生变化，最后导致汽车技术状况发生变化。如果任其发展下去，汽车的运行性能将变得越来越差。

磨损是一个缓慢的变化过程，它是由于零件磨耗的逐步积累而改变了零件外表形状的结果。这种现象只发生在零件的表面，虽然能够改变零件的原有几何形状和尺寸大小，但不能引起零件本身内部的质变。它可以分为磨料磨损、分子-机械磨损和腐蚀磨损等形式。其中磨料磨损是相互摩擦表面之间有坚硬、锐利的微粒作用的结果；分子-机械磨损（也称粘附磨损）是在相互摩擦的零件表面靠得太近，承受压力极大的情况下，由于摩擦面分子相互吸引作用而粘结在一起造成的一种损坏形式，这会使得一部分金属由一个零件表面转移到另一个零件的表面上，于是一个零件表面上出现一个小凹坑，而另一个零件表面上出现一个凸点；腐蚀磨损发生在表面存在氧化物、酸、碱等有害物质腐蚀气氛的情况下，腐蚀层不断地生成、脱落，结果造成零件表面以至内部金属结构发生变化，致使零件损坏。

零件所受载荷超过材料的弹性变形极限时，就要发生塑性变形或损坏，通常是由于零件原设计计算的错误或违反运用规定所造成的（如汽车超载等）。有时，在零件产生塑性变形或损坏之前，由于零件磨损而使尺寸减小，造成零件储备强度降低，这样也会导致零件发生塑性变形或损坏。

疲劳损伤是由于零件承受超过材料疲劳极限的循环应力而产生的损坏。疲劳损坏的发展是一个缓慢的过程，是因零件表面的疲劳裂纹逐渐积累、加深和扩展，而后形成疲劳损坏。这一过程主要取决于零件所受循环应力的循环次数。产生疲劳损坏的零件，通常是那些承受交变载荷较重的零件（如汽车的钢板弹簧、车轴等）。

腐蚀是零件处在有腐蚀性环境里发生的，如氧化作用会使材料的坚固性下降，并导致零件的外观变坏。汽车上能产生腐蚀损坏的主要部件有燃料供给系、冷却系管道、车身、驾驶室和车架等。车架、悬架的焊接部位，由于承受交变载荷，还会产生腐蚀疲劳损坏，这种损坏开始并不明显，时间一长即可在零件表面上看出疲劳裂纹。湿式气缸筒的外壁、水泵叶片

表面等处,常会产生穴蚀损坏。当发动机工作时,由于活塞上下运动敲击气缸壁而产生振动,当气缸壁振动离开冷却液时,近表面处形成低压区,低压区使冷却液蒸发产生气泡;当冷却液气泡向气缸壁靠近时,缸壁表面上的压力显著增加,迫使气泡爆裂,致使气缸壁上的保护膜被消除,并使金属产生剥落。因此,穴蚀损坏的实质,是机械与腐蚀破坏作用的结合。在气泡形成和溃灭的反复作用下,与液体相接触的零件表面,逐渐产生点状脱落,最后形成细小的孔眼。发动机的某些零件,如气门、化油器喉管等,长期受流体(气体、液体)和固体粒子(灰沙)的冲刷,其表面还会产生剥蚀损坏。

老化是零件材料受物理、化学和温度变化的影响,而引起缓慢损坏的一种形式。汽车上的一些橡胶制品(如轮胎、油封、膜片等)和电器元件(如电容器、晶体管等),长期受环境气氛(太阳光辐射、油和汽的化学作用等)和温度的影响,会逐渐老化,失去原有的性能。

在汽车使用过程中,润滑油等液体的性能也会逐渐变坏,从而引起被润滑零件的损坏,为此在润滑油中要加入抗油品老化变质的添加剂。在汽车存放过程中,汽车的零件和运行材料的性能同样也会发生变化,如橡胶材料失去了弹性和坚固性,燃油、润滑油、制动液等液体发生氧化变质和沉淀,金属零件产生锈蚀等。

从以上汽车零件主要损坏的形式和原因可看出,为了保证汽车在使用阶段的运行性能,除了不断改进设计、改善运行条件外,还应做到随时调整、及时维护,使汽车始终在较为良好的技术状况下运行。同时使正常磨损阶段可以延长行驶里程 b ,如图0-1所示。

至此我们应该明确,通常所说的汽车运行性能是指在磨合期过后、技术状况良好、运行条件正常的情况下汽车所具有的性能。

随着电子技术、测试技术的发展和计算机数据处理能力的提高,汽车性能研究和测试的手段在不断完善,而且使我们对汽车性能的认识也在不断深入。规模宏大的汽车试验场(站)以及场内所设置的模拟各种道路的试验设施,可以全面地进行汽车各项性能试验。磁带记录装置、电子计算机处理装置、各种传感装置、道路模拟装置、电子液压振动装置等现代化设备的应用和发展,大大提高了汽车性能试验的水平。但由于汽车试验场的基建工作十分复杂,且耗资巨大,近几年汽车性能试验有向室内试验过渡的趋势。

汽车作为一个有机整体,其各项性能之间是相互联系、相互影响的,有些性能之间甚至是密不可分的。汽车的动力性和燃油经济性都源于发动机的运转性能,所以两者的关系密切相通,许多因素对它们的影响具有一致性,或恰好相反;汽车环保性中的排放污染主要取决于发动机的燃烧状况,所以与燃油经济性有着许多共性;而环保性中的噪声与汽车的平顺性有着异曲同工的关联;汽车的动力性和操纵稳定性都表明汽车的运动控制能力,所以对汽车的通过性必然产生一定的影响;只有在汽车平顺性良好的情况下,汽车的操纵稳定性、制动性和动力性才能得到较好的发挥,才能有好的汽车燃油经济性,而且汽车的动力性也只有在其制动性和操纵稳定性良好的前提下才能充分发挥出来。目前最为典型的制动防抱死系统(ABS)、驱动防滑系统(ASR,又称牵引力控制系统TCS)和车辆稳定性控制程序(ESP)就是通过对汽车制动力和驱动力的控制及其与侧向力的协调,来达到提高操纵稳定性并充分发挥动力性和制动性的目的。电控汽油喷射(EFI)使汽车更节能,环保性更好;电控自动变速(ECT)和电控巡航系统(CCS),使汽车的操纵更轻便;电控悬架系统(EAS)使汽车的平顺性得以更好地改善。这一切都表明了一种趋势,即随着自动控制技术在汽车上的广

泛应用，汽车的各种性能最终会走向统一，使汽车具有一个完善的综合性能，成为高度智能化的公路运载工具。

习 题

1. 汽车的运行性能主要包括哪几个方面？
2. 什么是汽车的使用寿命？分为哪几类？
3. 什么是汽车的磨合期？磨合期的作用是什么？在磨合期内应注意什么？
4. 各种运行条件对汽车的运行性能有什么影响？
5. 汽车零件损坏的主要形式有哪些？
6. 举例说明汽车各运行性能之间的关系。

第一章 发动机运转性能概述

发动机是汽车行驶的动力来源，对汽车的运行起着关键性的作用，因而对汽车的运行性能，特别是汽车的动力性、燃油经济性和环保性有着直接的影响。

发动机运转性能本身就是一门系统的学科，本章就发动机运转的基本原理和主要性能作一简单介绍，以便后续汽车运行性能的学习和研究。

第一节 发动机循环和主要性能指标

发动机运转是靠气缸中气态工质热力状态的改变使燃烧热转换为机械功来实现的，而这种热能转变为机械功的过程便是发动机的循环。为了研究方便，通常先将发动机的实际循环进行抽象简化，概括为由几个基本热力学过程所组成的理想循环进行分析。为此，有必要先对工质及其几个典型的热力学过程进行了解。

一、工质及其基本热力学过程

气缸内的气体吸收燃料燃烧所产生的热量，通过膨胀过程将部分热能转换为机械功。工程热力学中将这种热能与机械能相互转换的工作物质称为工质；将工质所处的某种宏观状况称为工质的热力状态；描述工质状态的物理量称为状态参数，最常用的有比体积（或体积）、压力和温度三个所谓的基本状态参数，每一个状态参数都从某一方面描述了气体的状态。而且在热力学中通过分子运动论，对于 $m\text{kg}$ 理想气体可以导出如下关系

$$pV = mRT \quad (1-1)$$

式中， p 是气体的绝对压力 (kPa)； V 是 $m\text{kg}$ 气体的体积 (m^3)； R 是气体常数，取决于气体的性质 ($\text{kJ/kg} \cdot \text{K}^{-1}$)； T 是热力学温度 (K)。

式 (1-1) 称为理想气体状态方程式。所谓理想气体就是把实际气体理想化：分子本身不占体积，而且分子间没有吸引力。热力学温度的单位为 K (开尔文)，热力学温度与摄氏温度的关系为

$$T = t + 273.15 \quad (1-2)$$

式中， t 是摄氏温度 ($^{\circ}\text{C}$)。

各种气体的气体常数可在有关手册中查得，如空气的气体常数 R 为 $0.29\text{kJ/kg} \cdot \text{K}^{-1}$ 。

理想气体状态方程式给出了某一状态下的气体三个状态参数之间的关系。其意义在于只要知道其中的两个参数，就可以通过该方程式求得第三个状态参数，即气体的状态可由任意两个参数表述，通常用压力和体积表述气体的状态及状态变化。

将某一宏观范围内的工质作为研究对象，随着其状态的变化，将工质从某一状态到另一状态变化所经历的全部状态总和称为热力学过程。热力学过程可在以压力 p 为纵坐标、体积 V 为横坐标的坐标图上表示，如图 1-1 所示，称为 $p-V$ 图。

在此主要介绍与发动机理想循环有关的定容过程、定压过程和绝热过程等几种典型基本

热力学过程。对于这些热力学过程，工质压力随体积变化的关系可在 $p-V$ 图上表示，也可用数学关系式表示，并称这种关系式为热力学过程方程式。随着热力学过程的发生，工质基本状态参数的变化和热量变换、功量交换和内能变化等皆可确定。

(一) 定容过程

定容过程中体积保持不变，故其过程方程式中 $V = \text{常数}$ ；在 $p-V$ 图上的过程曲线如图 1-2 中的 $1 \rightarrow 2$ （或 $1 \rightarrow 2'$ ）所示，即一条垂直于 V 轴的直线。在理想循环中，通常把汽油机的燃烧过程看成定容加热过程。

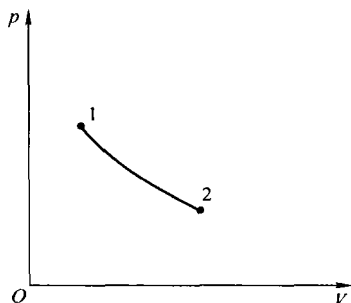


图 1-1 $p-V$ 图

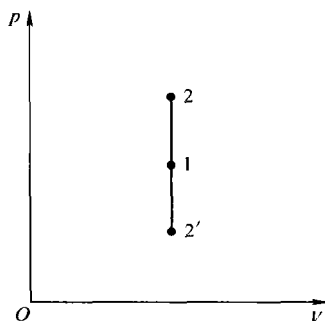


图 1-2 定容过程 $p-V$ 图

(二) 定压过程

定压过程中压力保持不变，故其过程方程式中 $p = \text{常数}$ ；在 $p-V$ 图上的过程曲线为一条平行于 V 轴的直线，如图 1-3 中的线 $1 \rightarrow 2$ （或 $1 \rightarrow 2'$ ）所示。在理想循环中，通常把柴油机的后期燃烧过程看成定压加热过程。

(三) 绝热过程

绝热过程中的工质与外界始终没有热交换。并可由此导出其热力过程方程式为 $pV^k = \text{常数}$ 。其中 k 称为气体的等熵指数，取决于气体分子的原子数，单原子气体 $k = 1.67$ ，双原子气体 $k = 1.4$ ，三原子气体 $k = 1.3$ 。在 $p-V$ 图上，绝热过程曲线是一条对 V 轴渐近程度较快的不等边双曲线，如图 1-4 所示。在理想循环中，通常把发动机的压缩过程和膨胀过程看成绝热过程。

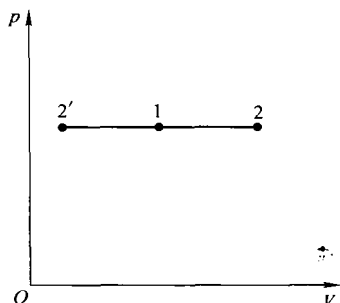


图 1-3 定压过程 $p-V$ 图

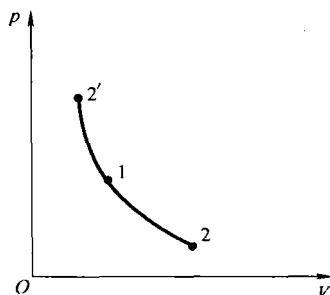


图 1-4 绝热过程 $p-V$ 图

二、发动机的理想循环

根据发动机循环各阶段的特点，通常将柴油机循环理想化为混合加热循环；将汽油机循