

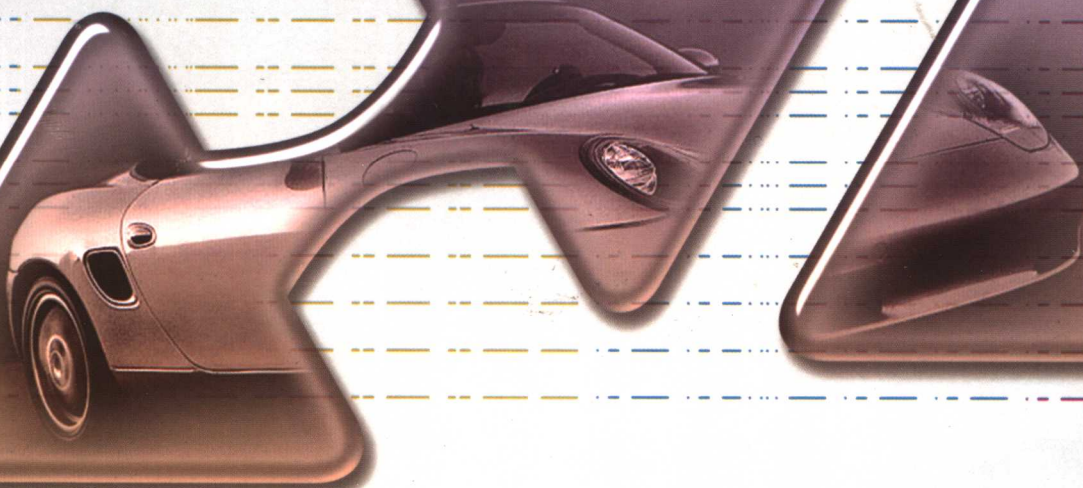
高等职业院校国家技能型紧缺人才培养培训工程规划教材  
· 汽车运用与维修专业



电子·教育

# 汽车维修技术与 质量检验

姜 勇 主编 李全利 副主编  
刘 锐 主审



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

教育部《关于全面提高高等职业教育教学质量的若干意见》(教高[2006]16号)文件规定

“高等职业院校要重点办好专业主干课程”

2013.09

# 汽车维修技术与 质量检验

主 编 王 强 副主编 李 强 王 强  
参 编 王 强 李 强 王 强

机械工业出版社

www.cmpbook.com

高等职业院校国家技能型紧缺人才培养培训工程规划教材·汽车运用与维修专业

# 汽车维修技术与质量检验

姜 勇 主编

李全利 副主编

刘 锐 ·主审

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

## 内 容 简 介

本书是根据现代汽车运输和维修企业对汽车检测与维修专业人才需求的特点,以及高职汽车检测与维修人才的知识、能力、素质培养规格的要求,对相关的知识进行整合、优化,并征求各有关专家和院校的意见后编写的。本书主要包括汽车维修基础理论知识、汽车零件检验、汽车常用的维修方法、汽车维修质量管理、汽车机械损伤鉴定、汽车维修机具结构原理与使用方法、汽车维修的工艺文件等内容。

本书可作为高职汽车检测与维修专业或相关专业两年制和三年制专科教材,也可供汽车运输和维修部门的工程技术人员学习和参考,同时也可作为汽车驾驶员和维修工职业技能鉴定培训教材。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究。

## 图书在版编目(CIP)数据

汽车维修技术与质量检验/姜勇主编. —北京:电子工业出版社, 2005.4

高等职业院校国家技能型紧缺人才培养培训工程规划教材·汽车运用与维修专业

ISBN 7-121-01109-3

I. 汽… II. 姜… III. 汽车—车辆修理—高等学校:技术学校——教材 IV. U472.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 031543 号

责任编辑:贺志洪

印 刷:涿州京南印刷厂

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

经 销:各地新华书店

开 本:787×1092 1/16 印张:9 字数:230.4 千字

印 次:2005 年 4 月第 1 次印刷

印 数:5 000 册 定价:13.00 元

凡购买电子工业出版社的图书,如有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系。联系电话:(010) 68279077。质量投诉请发邮件至 [zlts@phei.com.cn](mailto:zlts@phei.com.cn), 盗版侵权举报请发邮件至 [dbqq@phei.com.cn](mailto:dbqq@phei.com.cn)。

## 出版说明

高等职业教育是我国高等教育体系的重要组成部分，也是我国职业教育体系的重要组成部分。社会需求是职业教育发展的最大动力。根据劳动市场技能人才的紧缺状况和相关行业人力资源需求预测，教育部会同劳动和社会保障部、国防科工委、信息产业部、交通部、卫生部启动了“职业院校制造业和现代服务业技能型紧缺人才培养培训工程”，明确了高等职业教育的根本任务是要从劳动力市场的实际需要出发，坚持以就业为导向，以全面素质为基础，以能力为本位，把提高学生的职业能力放在突出的位置，加强实践教学，努力造就数以千万计的制造业和现代服务业一线迫切需要的高素质技能型人才，并且优先确定了“数控技术应用”、“计算机应用与软件技术”、“汽车运用与维修”、“护理”等四个专业领域，在全国选择确定 200 多所高职院校作为承担技能型紧缺人才培养培训工程示范性院校，其中计算机应用与软件技术专业 79 所，软件示范性高职院校 35 所，数控技术应用专业 90 所，汽车运用与维修专业 63 所。为加快实施技能型人才培养培训工程，教育部决定，在 3~5 年内，高职院校学制要由 3 年逐步改为 2 年。

为了适应高等职业教育发展与改革的新形势，电子工业出版社在国家教育部、信息产业部有关局的支持、指导和帮助下，进行了调研，探索出版符合高等职业教育教学模式、教学方法、学制改革的新教材的路子，并于 2004 年 4 月 3 日—13 日在南京分别召开了“计算机应用与软件技术”、“数控技术应用”、“汽车运用与维修”等 3 个专业的教材研讨会。参加会议的 150 多名骨干教师来自全国 100 多所高职院校，很多教师是双师型的教师，具有丰富的教学经验和实践经验。会议根据教育部制定的 3 个专业的高职两年制培养建议方案，确定了主干课程和基础课程共 60 个选题，其中，“计算机应用与软件技术专业”30 个；“数控技术应用专业”12 个；“汽车运用与维修专业”18 个。

这批教材的编写指导思想是以两年制高等职业教育技能型人才为培养目标，明确职业岗位对专业核心能力和一般专业能力的要求，重点培养学生的技术运用能力和岗位工作能力，并围绕核心能力的培养形成系列课程链路。教材编写注重技能性、实用性，加强实验、实训、实习等实践环节。教材的编写内容和学时数较以往教材有根本的变化，不但对教材内容系统地进行了精选、优化和压缩，而且适当考虑了相应的职业资格证书的课程内容，有利于学生在获得学历证书的同时，顺利获得相应的职业资格证书，增强学生的就业竞争能力。为了突出教学效果，这批教材将配备电子教案，重点教材将配备多媒体课件。

这批教材按照两年制高职教学计划编写。第一学期教学所用的基础教材将于 2004 年 9 月前出版。第二学期及之后的教材大部分将于 2004 年 12 月前出版。这批教材是伴随着高等职业教育的改革与发展而问世的，可满足当前两年制高等职业教育教学的需求，教材所存在的一些不尽如人意之处，将在今后的教学实践中不断修订、完善和充实。我们将在教育部和信息产业部的指导和帮助下，一如既往地依靠业内专家，与科研、教学、产业第一线人员紧密结合，加强合作，与时俱进，不断开拓，为高等职业教育提供优质的教学资源和服务。

电子工业出版社  
高等职业教育教材事业部  
2004 年 8 月

## 参与编写“高等职业院校国家技能型紧缺人才培养培训工程 规划教材”的院校及单位名单

吉林交通职业技术学院  
长春汽车高等专科学校  
山西交通职业技术学院  
湖南交通职业技术学院  
云南交通职业技术学院  
南京交通职业技术学院  
陕西交通职业技术学院  
浙江交通职业技术学院  
江西交通职业技术学院  
福建交通职业技术学院  
南京工业职业技术学院  
浙江工贸职业技术学院  
四川职业技术学院  
郴州职业技术学院  
浙江师范大学高等技术学院  
辽宁铁岭农业职业技术学院  
河北承德石油高等专科学校  
邢台职业技术学院  
保定职业技术学院  
武汉工交职业学院  
湖南生物机电职业技术学院  
大庆职业学院  
三峡大学职业技术学院  
无锡职业技术学院  
哈尔滨工业大学华德应用技术学院  
长治职业技术学院  
江西机电职业技术学院  
湖北省襄樊机电工程学院  
河南漯河职业技术学院  
吉林电子信息职业技术学院  
陕西国防工业职业技术学院  
天津中德职业技术学院  
河南机电高等专科学校  
平原大学

苏州工业园区职业技术学院  
九江职业技术学院  
宁波大红鹰职业技术学院  
无锡轻工职业技术学院  
江苏省宜兴轻工业学院  
湖南铁道职业技术学院  
顺德职业技术学院  
广东机电职业技术学院  
常州机电职业技术学院  
常州轻工职业技术学院  
南京工程学院数控培训中心  
上海市教育科学研究院  
深圳职业技术学院  
深圳信息职业技术学院  
湖北轻工职业技术学院  
上海师范大学  
广东技术师范学院  
包头职业技术学院  
山东济宁职业技术学院  
无锡科技职业学院  
钟山学院信息工程系  
合肥通用职业技术学院  
广东轻工职业技术学院  
山东信息职业技术学院  
大连东软信息技术学院  
西北工业大学金叶信息技术学院  
福建信息职业技术学院  
福州大学工程技术学院  
江苏信息职业技术学院  
辽宁信息职业技术学院  
华北工学院软件职业技术学院  
南海东软信息技术职业学院  
天津电子信息职业技术学院  
北京信息职业技术学院

安徽新华学院  
安徽文达信息技术职业学院  
杭州电子工业学院软件职业技术学院  
常州信息职业技术学院  
武汉软件职业学院  
长春工业大学软件职业技术学院  
淮安信息职业技术学院  
上海电机高等专科学校  
安徽电子信息职业技术学院  
上海托普信息技术学院  
浙江工业大学  
内蒙古电子信息职业学院  
武汉职业技术学院  
南京师范大学计算机系  
苏州托普信息技术学院  
北京联合大学  
安徽滁州职业技术学院  
新疆农业职业技术学院  
上海交通大学软件学院  
天津职业大学  
沈阳职业技术学院  
南京信息职业技术学院  
南京四开电子有限公司  
新加坡 MTS 数控公司  
上海宇龙软件工程有限公司  
北京富益电子技术开发公司  
安徽职业技术学院  
河北化工医药职业技术学院  
河北工业职业技术学院  
河北师大职业技术学院  
北京轻工职业技术学院  
成都电子机械高等专科学校  
广州铁路职业技术学院  
广东番禺职业技术学院  
桂林电子工业学院高职学院  
桂林工学院  
河南职业技术师范学院  
黄冈职业技术学院  
黄石高等专科学校

湖北孝感职业技术学院  
湖南信息职业技术学院  
江西蓝天职业技术学院  
江西渝州科技职业技术学院  
江西工业职业技术学院  
柳州职业技术学院  
南京金陵科技学院  
西安科技学院  
西安电子科技大学  
上海新侨职业技术学院  
四川工商职业技术学院  
绵阳职业技术学院  
苏州工商职业技术学院  
天津渤海职业技术学院  
宁波高等专科学校  
太原电力高等专科学校  
无锡商业职业技术学院  
新乡师范高等专科学校  
浙江水利水电专科学校  
浙江工商职业技术学院  
杭州职业技术学院  
浙江财经学院信息学院  
台州职业技术学院  
湛江海洋大学海滨学院  
天津滨海职业技术学院

## 前 言

《汽车维修技术与质量检验》教材是根据现代汽车运输和维修企业对汽车检测与维修专业人才需求的特点,以及高职汽车检测与维修人才的知识、能力、素质培养规格的要求,对相关的知识进行整合、优化,并征求各有关专家和院校的意见后编写的。

本书包括汽车维修基础理论知识、汽车零件检验、汽车常用的维修方法、汽车维修质量管理、汽车机械损伤鉴定、汽车维修机具结构原理与使用方法、汽车维修的工艺文件等内容。

本书共分为6章。第2章和第3章由吉林交通职业技术学院姜勇老师编写;第1、5、6章由陕西交通职业技术学院李全利老师编写;第4章的4.1、4.2节由湖南生物机电职业技术学院蒋瑞斌老师编写,第4.3节由吉林交通职业技术学院徐艳老师编写。在教材编写过程中,崔小艳老师参加了第1、5、6章的文字处理工作,李磊老师参加了第1、5章的配图处理工作。

本书由吉林交通职业技术学院姜勇老师主编,陕西交通职业技术学院李全利老师担任副主编,吉林交通职业技术学院刘锐教授担任主审。刘锐教授在百忙中对本书进行了认真的审查,提出了许多宝贵的修改意见,在此表示感谢。另外,在编写教材的过程中,得到了有关专家的指导,在此表示感谢。

本书可作为高职汽车检测与维修专业或相关专业两年制和三年制专科教材,也可供汽车运输和维修部门的工程技术人员学习和参考,同时也可作为汽车驾驶员和维修工职业技能鉴定培训教材。

由于编者水平有限,书中难免出现缺点、错误,恳请读者给予批评和指正。

编 者  
2005年3月



# 目 录

|                              |    |
|------------------------------|----|
| 第 1 章 汽车零件的耗损 .....          | 1  |
| 1.1 汽车技术状况的变化 .....          | 1  |
| 1.1.1 汽车技术状况的分类 .....        | 1  |
| 1.1.2 汽车技术状况变化的外观症状 .....    | 2  |
| 1.1.3 汽车技术状况的变化规律 .....      | 2  |
| 1.1.4 汽车技术状况变化的主要原因 .....    | 4  |
| 1.2 汽车零件的损伤 .....            | 5  |
| 1.2.1 摩擦与润滑 .....            | 5  |
| 1.2.2 零件的磨损 .....            | 8  |
| 1.2.3 零件的疲劳 .....            | 17 |
| 1.2.4 零件的变形 .....            | 18 |
| 1.2.5 零件的腐蚀和老化 .....         | 19 |
| 复习思考题 .....                  | 20 |
| 第 2 章 汽车零件的检验与分类 .....       | 21 |
| 2.1 汽车的解体 .....              | 21 |
| 2.1.1 零件的拆卸原则 .....          | 21 |
| 2.1.2 汽车的拆卸工艺 .....          | 22 |
| 2.2 汽车零件的检验与分类 .....         | 23 |
| 2.2.1 零件的检验与分类 .....         | 23 |
| 2.2.2 零件形位误差的检验 .....        | 24 |
| 2.2.3 零件隐伤的检验 .....          | 27 |
| 2.2.4 零件与组合件平衡的检验 .....      | 29 |
| 复习思考题 .....                  | 32 |
| 第 3 章 汽车零件常用的修复方法 .....      | 33 |
| 3.1 汽车零件的机械加工修复法 .....       | 33 |
| 3.1.1 修理尺寸法 .....            | 33 |
| 3.1.2 镶套修复法 .....            | 35 |
| 3.1.3 机械加工的其他修复方法 .....      | 35 |
| 3.1.4 机械加工修复的特点及几个注意事项 ..... | 36 |
| 3.2 汽车零件的其他修复方法 .....        | 37 |
| 3.2.1 汽车零件的焊修 .....          | 37 |
| 3.2.2 汽车零件的胶结修复 .....        | 39 |
| 3.3 零件修复方法的选择 .....          | 41 |
| 3.3.1 汽车零件修复质量的评价 .....      | 41 |
| 3.3.2 零件修复方法的选择 .....        | 42 |

|                               |            |
|-------------------------------|------------|
| 复习思考题 .....                   | 43         |
| <b>第4章 汽车的维修质量管理</b> .....    | <b>44</b>  |
| 4.1 汽车维修质量管理 .....            | 44         |
| 4.1.1 汽车维修质量管理标准 .....        | 44         |
| 4.1.2 现代汽车维修企业维修质量管理体系 .....  | 46         |
| 4.2 汽车维修质量检验 .....            | 49         |
| 4.2.1 汽车维护与质量检验 .....         | 49         |
| 4.2.2 汽车大修与质量检验 .....         | 54         |
| 4.3 汽车机械损伤的鉴定 .....           | 60         |
| 4.3.1 发动机机械损伤的鉴定 .....        | 60         |
| 4.3.2 底盘机械损伤鉴定 .....          | 64         |
| 复习思考题 .....                   | 65         |
| <b>第5章 汽车维修机具设备</b> .....     | <b>66</b>  |
| 5.1 汽车维修常用工具、量具 .....         | 66         |
| 5.1.1 汽车维修常用工具、量具 .....       | 66         |
| 5.1.2 汽车维修常用工具、量具的维护与管理 ..... | 88         |
| 5.2 汽车维修专用机具设备 .....          | 89         |
| 5.2.1 汽车维修专用机具 .....          | 89         |
| 5.2.2 汽车维修专用设备 .....          | 106        |
| 复习思考题 .....                   | 129        |
| <b>第6章 汽车维修工艺</b> .....       | <b>131</b> |
| 6.1 维修工艺概述 .....              | 131        |
| 6.2 维修工艺文件 .....              | 131        |
| 6.2.1 工艺规程与工艺卡片 .....         | 131        |
| 6.2.2 确定工艺规程及工序的原则 .....      | 132        |
| 6.2.3 工艺卡片的编制 .....           | 132        |
| 复习思考题 .....                   | 135        |
| <b>参考文献</b> .....             | <b>136</b> |

# 第1章 汽车零件的耗损

现代汽车是由成千上万个具有不同功能的零件，组合成可执行多种规定功能的部件、机构和总成，再按一定的工艺程序和技术要求装配成的整体。各部件、机构和总成技术状态的总体表现，即形成了汽车的技术状况。在汽车使用过程中，因为各种载荷的作用，各零部件会随着工作时间的延长，逐渐失去原有的或技术文件所要求的性能，使汽车丧失部分或全部工作能力，具体表现为汽车技术状况变差。由于零部件在使用过程中，技术状况的变化是不可避免的，熟悉汽车零部件性能逐渐丧失的发展进程及现象，就能够找出零部件失效的具体原因，进而针对零部件失效的原因采取相应的技术措施，防止零部件的早期损坏，从而达到控制汽车的技术状况，使汽车的技术状况处于规定的水平，以求尽力延长汽车的使用寿命。为此，研究汽车零部件、机构乃至总成技术状况变化的原因及其耗损，即研究汽车零部件各种耗损的现象、规律和原因，建立和掌握控制汽车技术状况的理论基础，对于正确使用汽车，提高维修质量，进而提高汽车的可靠性是十分必要的。

## 1.1 汽车技术状况的变化

### 1.1.1 汽车技术状况的分类

表现汽车技术状况的参数可以分为两大类：一类是汽车结构参数，另一类是汽车技术状况参数。汽车结构参数是表达汽车结构各种特性的物理量，如几何尺寸（长、宽、高），声学、电学和热学的参数等。汽车技术状况参数是评价汽车使用性能的物理量和化学量，如发动机的最高转速、输出功率、扭矩、油耗、声响、排放限值和踏板自由行程等。

汽车技术状况可分为汽车完好技术状况与汽车不良技术状况两类。

（1）汽车完好技术状况。它是指汽车完全符合技术文件要求的状况，即技术状况的各种参数值。它既包括主要使用性能的参数值，也包括汽车涂层、外观和外形等。处于完好技术状况的汽车完全能正常发挥汽车的全部功能。

（2）汽车不良技术状况。汽车不符合技术文件中任一要求的状况，称为汽车不良技术状况。处于不良技术状况的汽车，可能是其主要使用性能指标不符合技术文件的规定，不能完全发挥汽车应有的功能；也可能是其主要使用性能指标完全符合技术文件之规定，仅外观、外形及其他次要性能的参数值不符合技术文件的规定，而又不至于影响汽车完全发挥自身的功能，如前照灯的损坏并不影响汽车在白天时的正常行驶。

（3）汽车的工作能力与汽车故障。按技术文件规定的使用性能指标，汽车完成规定功能的能力，称为汽车的工作能力，或称为汽车的工作能力状况。具有工作能力状况的汽车，通常只需要其主要性能参数值完全符合技术文件的规定，而不需要其全部技术状况参数都符合技术文件的规定。因此，它能以技术文件规定的使用性能指标完全发挥其功能。就汽车正常使用而论，处于工作能力状况的汽车与完好技术状况的汽车是等同的，但是在处于这种状况的汽车外观、外形等次要性能参数中，会有部分参数不一定完全符合技术文件的规定。也可以说，它不属于不良技术状况的范畴。

汽车故障是指汽车部分或完全丧失工作能力的现象。因此，只要汽车工作能力遭到破坏，汽车就处于故障状况。例如，汽车的最高车速降低、油耗超过了技术文件的规定，虽然该汽车仍在运行或仍能运行，但该汽车处于故障状况。

### 1.1.2 汽车技术状况变化的外观症状

汽车技术状况发生变化时往往汽车处于工作能力状况，又同时处在故障状况或者完全失去工作能力的状况。根据 GB7258—1997《机动车运行安全技术条件》标准，汽车技术状况变差的主要外观症状有：

- (1) 汽车动力性变差。如接近大修里程的汽车其加速时间将增加 25%~35%，发动机的有效功率和有效扭矩低于原设计规定的 75%。
- (2) 汽车的操纵稳定性能变差。
- (3) 汽车的制动性能变差。
- (4) 汽车燃料消耗量和润滑油耗量显著增加。
- (5) 汽车排放值和噪声超限。
- (6) 汽车在行驶中出现异响和异常振动，存在着引起交通事故或机械事故的隐患。
- (7) 汽车的可靠性变差，使汽车因故障停驶的时间增加。

### 1.1.3 汽车技术状况的变化规律

#### 1. 汽车技术状况恶化的主要原因

汽车技术状况恶化的主要原因：首先是组成汽车的零件间相互作用的结果。零件间相互作用的结果，使零件产生磨损、变形、疲劳破坏、热损坏以及引起材料的性能变化等。其次是汽车使用与保管的环境条件的影响。第三是以零件隐伤和过载等为主的偶然因素的作用。在影响汽车技术状况的诸多因素中，零件磨损的影响是主要的，且具有代表性。因此，必须以研究零件磨损规律为基础，进一步研究汽车技术状况的变化规律。

如图 1.1(a)所示为典型零件的正常磨损过程。零件的磨损量随行驶里程的延长而增加，但其磨损率，即磨损量与产生磨损行程或时间的比值，却是不同的。在运行初期（走合期），磨损率很高，随着运行里程的增加（约 1 000 公里以后），磨损率会从最大值逐渐降低，直至不再随行驶里程而变化，稳定在某一数值，进入正常工作期。当汽车运行累计行程达到一定里程后，磨损率又随行驶里程的延续而迅速增大，从此进入工作恶化期。如图 1.1(b)所示的非正常磨损曲线表明，磨损率始终随行驶里程的延长不能趋于一个稳定值。这种非正常的磨损曲线就是由于不能正确使用、设计制造的不合理或维修质量过差所引起的。

研究和掌握汽车技术状况变化的规律与信息，是控制汽车技术状况，不断完善汽车结构设计，提高汽车维修质量的重要手段。

#### 2. 汽车技术状况变化的类型

汽车技术状况变化规律可分为两类：一类是随行程变化过程，另一类是随机变化过程。

(1) 随行程变化过程。其具有确定的变化形式即有必然的变化规律。其变化过程可用一个或几个时间（ $t$ ）确定的函数来描绘过程各参数的相互依赖关系，过程参数之间的这种依赖关系称为确定性关系，如汽车行程（ $S$ ）与汽车运行速度（ $v$ ）和运行时间（ $t$ ）的关系（ $S=vt$ ）。

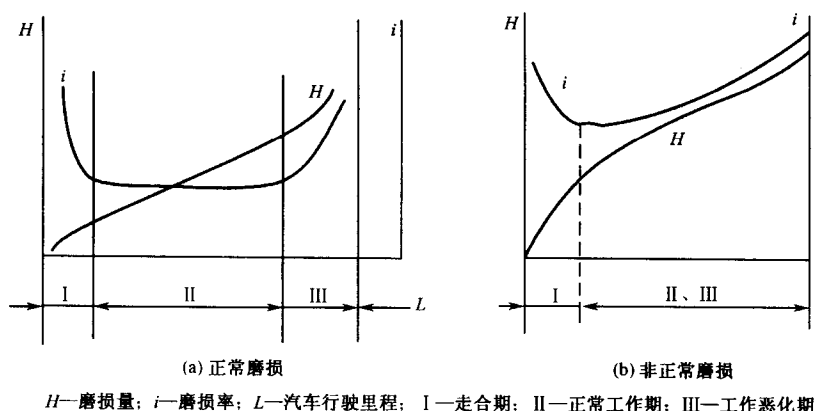


图 1.1 汽车零件磨损与行驶里程的关系

(2) 随机变化过程。它没有必然的变化规律。对同一事物的变化过程，独立地重复进行多次观察所得的结果是不相同的，而且在变化过程之间又无法确切地预知其结果。变化过程呈现出不确定性，但是大量重复变化过程的结果又呈现出其固有的规律性。

相应地汽车技术状况的变化过程有以下两种。

① 汽车技术状况随行程的变化过程。汽车的大部分机构、零部件的技术状况变化都有一定的规律，都随行程的延续而变化。其变化过程的特点是初始状况 ( $E_n$ ) 随行程依次 ( $E_{n-1}$ 、 $E_{n-2}$ 、 $\dots$ ) 平稳而单调地转变到极限状况 ( $E_0$ ) (如图 1.2 所示)。因而，原则上通过及时的维修措施，可以防止汽车发生故障，同时由于技术状况变化的单调性也为预测故障的发生和汽车不解体检测提供可能。

如图 1.2 所示，通过技术诊断测定的技术状况参数值为  $E_{n-2}$ ，而随行程变化的下一个参数的极限值是  $E_{n-3}$ ，而不是  $E_0$ 。根据预测的参数值和参数的极限值，就可以预测参数进入极限值的剩余里程。零件的磨损、间隙的变化和机油消耗量及油中杂质含量等都是按照这一规律变化的，如汽缸的正常磨损量小于  $0.01\text{mm}/10\,000\text{km}$ 。

② 汽车技术状况的随机变化过程。汽车技术状况的随机变化过程受汽车的使用条件、操作水平、零件材质的不均匀性及隐伤等随机因素的影响，没有确定的变化形式，技术状况参数的变化率和变化特征也没有必然的规律。零件进入故障状况的行程是一个随机变量，而且与故障的状况无关，如图 1.3 所示。

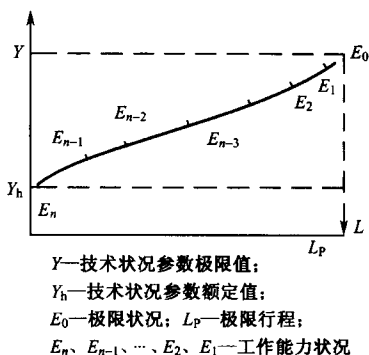


图 1.2 汽车技术状况随行程 ( $L$ ) 的变化过程

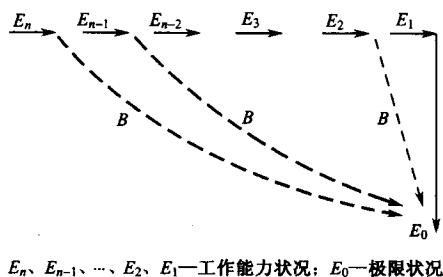


图 1.3 汽车技术状况随机变化过程

例如，曲轴和转向节的疲劳断裂，就会在瞬间使汽车丧失工作能力，而且与进入故障的概率和汽车过去的工作状况无关。

汽车技术状况的随机变化过程不可避免地会引起定期诊断、检验和维修作业超前或滞后进行，从而影响维修的效益。这就有必要尽可能地掌握汽车技术状况随机变化的规律。此规律是在大量的重复试验和检测中得出的统计规律，随机变量的统计规律可用分布函数来描述。虽然掌握随机变量的分布函数不是一件容易的事，但是掌握随机变量的分布函数，就有利于制定汽车检测、诊断和维修作业的周期及其工作量和备件的需要量，从而提高汽车维修的效率和效益。

### 1.1.4 汽车技术状况变化的主要原因

#### 1. 汽车零件的耗损

在汽车技术状况的变化过程中，尽管影响因素复杂，但起决定性的原因仍然是汽车各机构的组成元件（包括零件）之间在工作过程中的相互作用，使机构、总成、汽车的技术状况发生恶化的结果。汽车零件的主要耗损形式有零件的磨损、变形、疲劳损坏、热损坏和腐蚀损坏等。

#### 2. 使用条件对汽车技术状况的影响

汽车行驶的道路条件、运行条件、运输条件、气候条件和维修水平等汽车外部条件都会直接地或由驾驶员通过操纵控制系统传送给汽车，使汽车产生“响应”而改变状况。然后由汽车运行速度、燃料消耗、发动机排放、异响与振动、故障率以及配件消耗等可变参数输出，表征汽车技术状况。

（1）道路条件的影响。道路状况和道路断面形状等决定了汽车及总成的工况（如载荷和速度范围、传递的扭矩、曲轴转速、换挡次数以及道路不平所引起的动载荷等），从而决定汽车零部件和机构的磨损过程，影响汽车的工作能力。例如，一档的磨损量最大，直接挡的磨损量最小，而且每个挡位都有一个磨损量最小的行驶速度。在不平道路或等外级道路上行驶时，油耗量将增加 50%，轮胎磨损量大约增大 2 倍。在山区或丘陵地区的道路上行驶时，平均技术速度将会降低 20%以上，油耗量增加 15%。在细砂路面上运行时，由于离地面 2m 高空内的空气含尘量过多，对汽车零件磨损也有明显的影响。

（2）运行条件的影响。它主要指交通流量对汽车运行工况的影响。如载货汽车在城市街道上的速度较郊区要降低 50%以上，发动机曲轴的转速反而升高 35%左右，换挡次数增加 2~2.5 倍。显然，这种工况必然加速汽车技术状况的恶化进程。

（3）运输条件的影响。城市公共汽车经常处于以频繁起步、加速、减速、制动和停车为主的典型的非稳定工况下，从而汽车发动机曲轴转速和润滑系油压不能与载荷协调一致地变化，恶化了配合副的润滑条件，使零件的磨损较稳定工况时大大加剧。

（4）气候条件的影响。

① 环境温度的影响。如图 1.4 所示为汽车故障率与环境温度的关系。从故障率曲线可以看出存在一个使故障率达到最低的环境温度。

如图 1.5 所示为汽缸磨损量与冷却液温度之间的关系。曲线也表明存在一个使汽缸磨损量达到最小的冷却液温度。

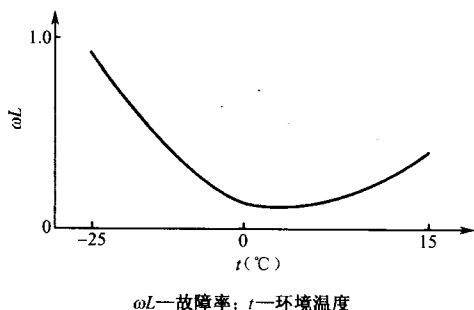


图 1.4 汽车故障率与环境温度的关系

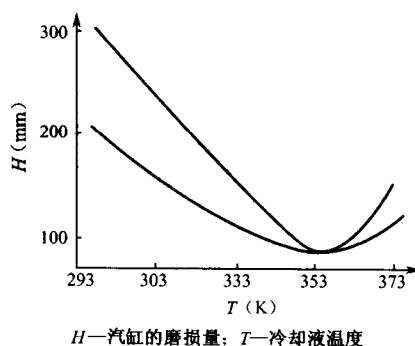


图 1.5 汽缸磨损量与冷却液温度之间的关系

② 环境湿度和风速的影响。环境的湿度大，极易恶化汽车的运行条件，加速零件的腐蚀过程。温度低、气候干燥，道路灰尘多，也会恶化汽车零件的工作环境，磨损增加。汽车静止不动，风速为  $10\sim 12\text{m/s}$  时，汽车主要总成的润滑油、专用液的冷却速度较无风时加快  $1.5\sim 2$  倍。

(5) 维修水平的影响。中国的大修发动机的耐久性普遍较差，在其主要影响因素中，维修水平低、维修设备落后和维修质量差约占总因素的 40% 以上。例如，对发动机的基础件汽缸体的变形，在维修过程中不进行整形修理，不能恢复主要要素的形位公差；维修技术陈旧和维修检测设备简陋等不能适应汽车维修业的发展。汽车维修企业的管理水平落后，从业人员技术素质低与技术法规观念淡薄等，都严重地制约汽车维修质量的提高。也就是说维修竣工后的汽车，由于检测设备陈旧或过于简陋检测不出有可能是处于故障状态的汽车。

## 1.2 汽车零件的损伤

汽车零件在工作过程中，由于零件之间的相互作用、汽车使用和保管的外部条件，以及如零件的隐伤和过载等偶然因素的影响，使零件产生磨损、塑性变形和疲劳损坏等损伤形式，造成零件失去设计制造时所给定的功能。因此，研究零件的损伤理论涉及物理、化学、工程材料、机械、电化学和润滑等多门学科的知识。例如，研究进行相对运动的相互作用表面及有关理论和实践的摩擦学，即概括摩擦、磨损和润滑等内容，是涉及多门学科的一门边缘学科，通过对零件的损伤分析，找出减少损伤的措施，这对减轻汽车的损伤是非常重要的。分析零件的损伤必须从分析润滑入手。

### 1.2.1 摩擦与润滑

两物体发生相对运动（或运动趋势）时，在其接触表面之间所出现的相互阻碍的现象，称之为摩擦。

汽车与摩擦的关系是很微妙的。在某些情况下摩擦是有益的，如离合器没有足够的摩擦就要打滑。车轮与地面之间没有摩擦，汽车就无法前进。制动器没有摩擦就不能控制车速，就无法保证安全行车。但大多数情况下摩擦是有害的，如汽车上众多配合副之间由于摩擦现象的存在，将会造成磨损、缩短零件的使用寿命，还会消耗发动机产生的功率。因此，应想尽办法力求减小有害的摩擦。

根据摩擦表面发生相对运动的特性，摩擦可分为滑动摩擦和滚动摩擦；根据摩擦表面

的润滑特性，摩擦可分为干摩擦、液体摩擦、边界摩擦和混合摩擦，如图 1.6 所示。

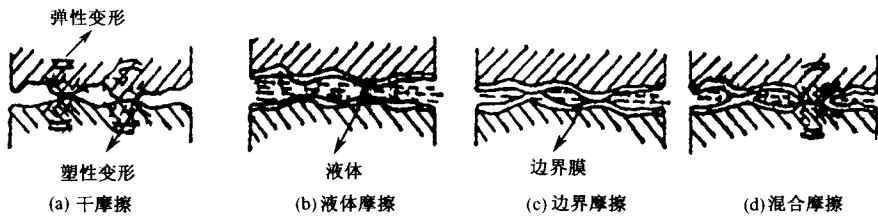


图 1.6 摩擦状态

## 1. 干摩擦

摩擦表面之间没有任何润滑剂或其他润滑介质分隔的摩擦称为干摩擦。

汽车零件的配合表面，从微观角度看，大多是粗糙的如图 1.7 所示。汽车零件配合中仅

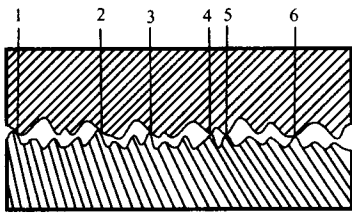


图 1.7 干摩擦

在它们微观凸起的顶尖处相接触，实际接触面积远远小于表面的名义接触面积（约为名义接触面积的  $1/1000 \sim 1/100$ ）。在实际接触处，若表面间没有润滑介质分隔，巨大的压力会使表面接触点间压得极紧（如图 1.7 中的 1, 2, 3 点所示），使一个金属零件表面的分子与另一个金属表面的分子产生吸引力，阻碍两零件的相互运动。另外，凹凸不平的两零件表面接触时，还可能产生

一定的相嵌作用（如图 1.7 中的 4, 5, 6 点所示），它也会阻碍零件间的运动。运动还会造成零件表面凸起点之间因碰撞而折断、因相吸而撕裂掉块，造成严重的磨损。因此这种摩擦中物质损失较多，在汽车上除了特殊情况外，不希望出现这种摩擦。一般仅在制动装置及离合器上采用这种摩擦。

摩擦系数是表示摩擦材料特性的主要参数之一，它与材料的表面性质、工作介质和环境等因素都有关系。

(1) 金属表面氧化膜对摩擦系数的影响。在一般情况下金属表面氧化膜的塑性或机械强度比金属材料的差。在摩擦过程中氧化膜先破坏，又因为氧化膜可使金属不发生直接接触，摩擦表面不易出现黏着现象，使摩擦系数降低，磨损量减小。所以在生产过程中，经常将零件表面涂覆一层软金属，以降低摩擦系数。钢与钢表面之间，在大气中清洁表面的摩擦系数为 0.78；而钢表面具有氧化膜时摩擦系数只有 0.27。铜与铜的工作表面在上述相同的条件下，其摩擦系数分别为 1.21, 0.76。

(2) 材料性质对摩擦系数的影响。金属间的摩擦系数因配对材料的性质不同而不同。

相同金属或互溶性较大的金属间易发生黏着现象，摩擦系数增大。性质相差较大的金属，不易发生黏着现象。所以，经常在一组摩擦副中选择一方为金属键不强的金属，如铅、锡、铜、铝等。

(3) 温度对摩擦系数的影响。温度对摩擦系数的影响，一般随温度的升高，摩擦系数增加。当出现极大值时，若温度再升高，摩擦系数反而会变小。

(4) 表面粗糙度对摩擦系数的影响。表面粗糙度直接影响物体的摩擦系数。在一般情况下，表面粗糙度越低，表面越光滑，物体的摩擦系数越小。在粗糙度降低到一定程度后，摩擦系数却随粗糙度的降低而增大。

此外，零件的载荷越大，滑动速度越高，一般摩擦系数也越大。



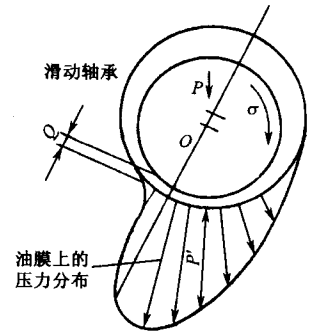
## 2. 液体摩擦

两摩擦表面之间被连续的润滑油膜完全隔开不发生直接接触时的摩擦称为液体摩擦。

液体摩擦润滑油膜厚度范围一般在工程上是  $1.5 \sim 2.0 \mu\text{m}$ ，甚至有时达到  $1.0\text{mm}$ 。由于两摩擦表面不是直接接触的，当发生相对运动时，其摩擦只发生在润滑油膜的内部分子之间。所以液体摩擦的性质完全取决于液体的黏性，通常液体摩擦的阻力较小，摩擦系数很低（约为  $0.001 \sim 0.01$ ）。从理论上讲，液体摩擦是不发生磨损的，但实际上有微小的磨损。

根据液体润滑油压力形成方式的不同，又可将液体润滑分为液体动压润滑和液体静压润滑。

(1) 液体动压润滑如图 1.8 所示。在圆柱形的摩擦表面中，由于轴颈与轴承之间存在直径差而形成楔形间隙；进入轴承的压力油因其油性而吸附在轴颈和轴承的表面。当轴颈开始转动时，轴颈表面油膜的线速度与轴颈的线速度相等，而轴承表面上油膜的线速度几乎为零。这样润滑油将沿着楔形间隙内流动，由于液体的不可压缩性，一部分润滑油沿端隙流出，另一部分润滑油在吸附力和阻力的作用下保留楔形，油楔内的流体动压力随间隙的减小和转速的升高而增大。当转速达到一定值（临界转速）时，楔形内的动压力  $P'$  就能克服轴的自重和作用在轴上的负荷，将轴托起，使轴颈与轴承隔开，形成理想的液体动压润滑。



$P$ —载荷； $P'$ —楔形内的动压力； $Q$ —油膜厚度

图 1.8 滑动轴承的液体动压润滑原理

保持液体动压润滑的基本条件如下：第一转速必须达到临界转速，且能连续地供给足够的润滑油及保持良好的油性；第二要使两摩擦面之间有足够的接触面积、合理的形状和配合间隙；第三汽车不得超载，并与运动速度和作用在轴上的压力有关。

液体摩擦随着工作条件的不同可以转化为其他形式的摩擦。在其他因素确定之后，当载荷、运动速度一定时，为保持最小的油膜厚度，实现液体摩擦，必须合理地选择润滑油的品种和规格。

(2) 液体静压润滑。液体静压润滑是由外部供油系统供给一定压力的润滑油，借助于油的静压力平衡外加载荷。相比而言，虽然要配备一套可靠的供油装置，但因其使用寿命长、转速范围广、摩擦阻力小、抗振性能好、油膜刚度大和运动精度高的特点，特别适应于频繁起动、停车、要求起动转矩较小的情况下工作。液体静压润滑油膜有很好的吸收振动性能，并对零件的加工误差有“均化”作用。因此，可使被加工零件的运动精度高于运动副自身的精度，从而提高运动中发动机的平稳性。需要指出的是液体静压润滑系统中，保证油流的阻尼能力是不可忽视的，因为它是建立油压的基本条件。

## 3. 边界摩擦

边界摩擦是指两摩擦表面被一层极薄的润滑油边界膜分开的摩擦。

边界摩擦的润滑油边界膜是由润滑油与摩擦表面相互作用，依靠吸附和化学反应而在表面间形成的一层膜，其厚度趋近于零，一般小于  $0.1 \mu\text{m}$ 。

润滑油的极性分子在金属表面具有很强的吸附力，极性分子吸附在金属表面形成定向排列的分子栅，如图 1.9 所示。这种吸附作用就是物理吸附作用，此时吸附和脱吸完全可