

交通中等专业学校统编教材

汽车维修

(汽车运用工程专业用)

曹德芳
韦原泰

主编
主审



人民交通出版社

交通中等专业学校统编教材

QICHE WEIXIU

汽车 维修

(汽车运用工程专业用)

曹德芳 主编

韦原泰 主审

人民交通出版社

图书在版编目(CIP)数据

汽车维修/曹德芳主编. —北京:人民交通出版社,
1998.12
交通中等专业学校统编教材
ISBN 7-114-02849-0
I. 汽… II. 曹… III. 汽车-车辆修理-专业学校-教
材 IV. U472.4
中国版本图书馆 CIP 数据核字(97)第 27916 号

交通中等专业学校统编教材

汽 车 维 修

(汽车运用工程专业用)

曹德芳 主编

韦原泰 主审

插图设计:王惠茹 版式设计:刘晓方 责任校对:尹 静

责任印制:张 凯

人民交通出版社出版

(100013 北京和平里东街 10 号)

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经销

新世纪印刷厂印刷

开本:787×1092 $\frac{1}{16}$ 印张:16.25 字数:400 千

1998 年 6 月 第 1 版

1999 年 2 月 第 1 版 第 3 次印刷

印数:13001—21000 册 定价:20.00 元

ISBN 7-114-02849-0

U·02032

内 容 提 要

本书内容有现代汽车零件的耗损理论与减缓耗损的主要措施,汽车零件修理的基本方法,现代汽车发动机与底盘的维护与修理工艺及其维修工艺文件的编制原则与编制方法等。

本书为交通中等专业学校汽车运用工程专业用统编教材,可作为同类专业培训教材,也可供汽车运用工程及其相关专业从业人员学习参考。

前 言

《汽车维修》是交通中等专业学校汽车运用工程专业的专业课之一。《汽车维修》教材是按照交通部教育司 1996 年 6 月颁布的“汽车运用工程专业教学计划”与“《汽车维修》教学大纲”编写的。

《汽车维修》教材在贯彻调整内容、加强实践、培养能力、适应需要的原则下，所编内容力求适应汽车运输业的未来发展，适应汽车运输业对汽车运用工程专业人才的需求。全书编写了现代汽车零件的耗损理论、零件修理的基本方法、现代汽车发动机与底盘的维护与修理工艺及其工艺文件的编制原则和编制方法，并以典型汽车总成为例突出实践教学的特点。

汽车仪表、灯光、电器的维修按照教学计划安排，编入《汽车电器设备》中。

本书共二十三章。绪论、第一、六、七、十、十七、十九章由陕西省交通学校曹德芳编写，第十四、十五、十八、二十章由北京市交通学校吴玉基编写，第三、五、八、九、十一章由上海市交通学校孟宪海编写，第二、四、十二、十三、十六、二十一、二十二、二十三章由宁夏交通学校丁宁编写。

本书由陕西省交通学校曹德芳主编，河南省交通学校韦原泰主审。交通中专汽车运用工程学科委员会责任编委，陕西省交通学校周本谦审定。

本书于 1997 年 6 月由交通中专汽车运用工程专业委员会组织，在山东省潍坊交通学校召开的教材审稿会上定稿。

由于编者水平所限，书中缺点、错误在所难免，恳切希望读者批评指正。

编 者

1997 年 6 月

目 录

绪论	1
第一章 汽车零件的耗损	3
第一节 汽车技术状况的变化	3
第二节 汽车零件的耗损	7
第二章 汽车的解体与清洗	14
第一节 汽车解体工艺	14
第二节 零件的清洗	15
第三章 汽车零件的检验分类	19
第一节 汽车修理技术条件的制定	19
第二节 零件磨损和变形的检验	21
第三节 零件的隐伤检验	26
第四节 零件与组合件平衡的检验	29
第四章 汽车零件的机械加工修复	34
第一节 修理尺寸法	34
第二节 镶套修复法	35
第三节 机械加工修复的特点	37
第五章 汽车零件的焊修	39
第一节 铸铁件的焊修	39
第二节 铸铝件的焊修	44
第三节 二氧化碳保护焊	47
第六章 汽车零件的刷镀修复	51
第一节 刷镀设备与刷镀溶液	51
第二节 刷镀工艺	56
第七章 汽车零件的喷涂与喷焊修复	60
第一节 氧乙炔火焰粉末喷涂	60
第二节 氧乙炔火焰喷焊	63
第八章 汽车零件的粘结修复	65
第一节 有机粘结剂	65
第二节 无机粘结剂	69
第三节 粘结工艺和粘结质量	70
第九章 汽车零件变形的校正	71
第一节 压力校正	71
第二节 火焰校正	72
第三节 敲击校正	73

第十章 气缸体与气缸盖的修理	75
第一节 气缸体的修理	75
第二节 气缸盖的修理	86
第三节 飞轮壳的修理	87
第十一章 活塞连杆组的修理	88
第一节 活塞组的选配	88
第二节 连杆组的修理	94
第三节 活塞连杆组的组装	98
第十二章 曲轴飞轮组的修理	100
第一节 曲轴的耗损	100
第二节 曲轴飞轮组的修理	102
第三节 曲轴轴承的选配	106
第十三章 配气机构的维修	110
第一节 配气机构技术状况的变化与维护	110
第二节 气门组零件的检修	112
第三节 气门传动组的修理	117
第四节 配气相位的检查与调整	119
第十四章 汽油机燃料系的维修	122
第一节 汽油机燃料系的维护	122
第二节 化油器的维护	123
第三节 汽油喷射发动机燃料系的维护	128
第四节 排气控制装置的维修	133
第十五章 柴油机燃料系的维护与调试	138
第一节 柴油机燃料系的维护	138
第二节 喷油器的检修	141
第三节 喷油泵和调速器的检修	141
第四节 喷油泵和调速器的调试	146
第十六章 冷却系和润滑系的维修	152
第一节 冷却系的维修	152
第二节 润滑系的维修	155
第十七章 发动机的装配、调整与磨合	158
第一节 发动机的装配与调整	158
第二节 发动机的磨合	160
第三节 发动机总成修理竣工技术条件	162
第十八章 汽车传动系的维修	164
第一节 离合器的维修	164
第二节 变速器的维修	167
第三节 万向传动装置的维修	175
第四节 驱动桥的维修	178
第十九章 汽车前桥、转向系的维修	187

第一节	前桥、转向系技术状况的变化·····	187
第二节	前桥主要零件的检修·····	187
第三节	机械转向系的维修·····	190
第四节	动力转向系的维修·····	197
第五节	前桥的装配与调整·····	203
第二十章	汽车制动系的维修·····	210
第一节	车轮制动器的维修·····	210
第二节	气压制动系的维修·····	215
第三节	液压制动系的维修·····	221
第四节	驻车制动器的维修·····	227
第二十一章	汽车车架与悬架的维修·····	230
第一节	车架与悬架技术状况的变化·····	230
第二节	边梁式车架的检修·····	232
第三节	非独立悬架的检修·····	235
第四节	独立悬架的检修·····	236
第二十二章	汽车总装与修竣验收·····	238
第一节	汽车总装工艺要点·····	238
第二节	汽车修竣验收·····	239
第二十三章	汽车维修工艺·····	246
第一节	维修工艺·····	246
第二节	维修工艺文件·····	246
参考文献	·····	250

绪 论

汽车自问世百十年来,作为一个国家民用工业的标志,以最快的速度发展着。已有 5.5 亿多辆汽车分布在世界上各个国家,在国民经济和人们生活中起着举足轻重的作用。随着我国优先发展能源、交通,把汽车工业作为一项支柱产业扶植与发展,未来我国汽车工业必然有更快的发展。除农用车辆外,我国汽车保有量已超过 1 000 万辆。研究汽车维修对汽车工业、交通运输事业的发展有着非常重要的意义。通过汽车维修可以平衡汽车各个零件、总成的寿命,延长汽车的使用寿命;对车辆的可靠性、耐久性和交通安全有着极为重要的作用,对节约能源、减轻环境污染、改善人们的生存条件也是至关重要的;搞好汽车维修可以有效地提高运输效率,降低运输成本,具备着很好的社会效益。

汽车维修是汽车维护和汽车修理的泛称。汽车维护是为了维持汽车完好技术状况或工作能力而进行的作业。维护作业包括清洁、检查、补给、润滑、紧固调整等内容,除主要总成发生故障必须解体外,不得对其进行解体。汽车各级维护必须按照政府的管理部門所规定的周期和作业内容按时进行。汽车修理是用修理或更换车辆任何零部件的方法,为恢复汽车完好技术状况或工作能力和寿命而进行的作业。汽车各类修理应经过检测,视情修理。

《汽车维修》课程是汽车运用工程专业的专业课之一。本课程的任务是:讲授汽车零件耗损和汽车零件磨损及其影响因素;合理维护和修理汽车,维持恢复汽车的技术性能。使学生获得维护和修理汽车的基本理论、基本知识和基本技能,为从事汽车维修技术工作奠定基础。

通过《汽车维修》课程的讲授,学生应该掌握汽车零件的耗损规律,掌握零件特别是主要零件和基础件耗损的分析与检验的基本原理和基本方法;应当掌握零件修理常用的方法和基本原理及其修复层的特点、性能和提高修理质量的途径;还要掌握总成和部件的装配、调整、试验工艺要点和维修竣工技术条件;了解汽车维修的主要工艺装备的结构和使用方法;并能编制汽车维修工艺文件。

《汽车维修》教材编入了四个方面的内容:

1. 汽车零件的耗损

从汽车运用工程出发,阐述摩擦、磨损概论及其对汽车零件耗损的影响,汽车零件的耗损方式,以及使用维修中减轻汽车零件耗损的措施。

2. 汽车零件修理的基本方法

除介绍汽车零件的修理尺寸法、镶套法、焊修法等传统的修理方法以外,还系统地介绍刷镀、氧乙炔火焰金属粉末喷涂与喷焊等新的零件修理方法。以便于选择适应磨损零件修复的、能够确保零件修理质量要求的、快捷经济的修理方法。

3. 汽车修理工艺

汽车维修工艺系统地讲述了主要零件、部件、总成的维护修理工艺。介绍当前代表汽车技术发展的发动机燃料喷射系统、液力自动变速器、汽车制动力调节装置等新结构的维修工艺。同时又介绍了诸如气缸体的整形修理、定位镗缸、气缸表面激光淬火、曲轴无过定磨削、曲轴轴颈表面低温氮化层的检验、气门座铰削法和车架裂纹焊接工艺等已为实践证明的合理

的、先进的、修理质量好的新技术、新工艺。为学生掌握正确的、先进的汽车维修工艺，学会分析维修质量指出了正确的途径。

4. 汽车维修工艺文件及其编制

介绍了汽车维修工艺的特点及相应的工艺文件的格式。还讲述了汽车维修工艺文件的编制方法。

学习这门课程的时候，学生应该根据本课程理论和实践性较强，与专业基础课、其它专业课联系既广泛又密切的特点，应注意及时调整、改进各自的学习方法，便于理解和掌握所讲授的内容。

1. 加强课程间的联系

汽车维修与其它专业课及专业基础课联系密切。零件的耗损分析、修理方法的选择和制定维修工艺，都要引用到其它课程的内容。这些工作做得恰当，将会收到事半功倍的效果。

2. 建立整体概念

汽车零件、部件和总成的结构特点、制造工艺以及技术性能、耗损等都有着密切的联系。诊断故障和维修时往往要考虑它们之间的相互关系。

3. 要有动态观念

汽车技术状况变化是一个过程，此过程受汽车自身各因素影响之外，还会受到道路、季节、地区等自然条件以及交通状况、运输组织、操作水平、维修质量等诸多而且变化多端的客观条件的影响。因此，必须考虑这些因素及其变化对汽车维修的影响。

4. 要特别建立严格的维修质量意识

要注重不断地采用现代化的检测、维修设备及新工艺、新技术和新材料，严格执行汽车维修技术条件，不断地研究如何提高汽车维修质量。

随着汽车工程和汽车运用工程的发展，汽车维修行业也必然迅速的发展。在国外，汽车维修企业多数是小型企业，且不少为制造企业的派出机构。从业人员不但收入高，而且技术能力强，是不少青年热衷的行业。也有数百人的大型修理公司，进行船舶机器、工程机械、运输机械、车辆改装等多业综合经营。汽车维修企业遍布城乡，竞争激烈，也多以同心协力、文明的工作环境、周到彻底的修理为指南。维修企业都有齐全的现代化检测、维修设备，以总成互换为主，停厂车日不超过一天。即使是就车修理，停厂车日也不超过四天。显然，汽车维修行业已发展成为高投入、高技术、高产出、高效益的行业。改革开放以来，我国的汽车维修企业如同雨后春笋般增加，但多数属于无现代化的检测设备、维修设备，缺少技术能力较强的工程技术人员，无技术标准的维修作坊。行业管理举步维艰。但少数生产规模较大的现代化维修企业已经出现转机，将成为我国汽车维修行业的中坚。近年来，外资汽车维修企业介入我国汽车维修市场，必然促进我国汽车维修市场的发展。

思 考 题

1. 汽车维修课将讲述哪些方面的内容？学习本课程时应如何调整自己的学习方法？
2. 叙述汽车维修的意义。

第一章 汽车零件的耗损

汽车是由近两万个具有不同功能的零件,组成执行多种规定功能的总成、机构、部件,按一定的工艺程序和技术要求装配成的整体。各总成、机构和部件状况的综合,形成了汽车的技术状况。所谓汽车的技术状况,是定量测得的,表征某一时刻汽车外观和性能的参数值的总合。在汽车运行过程中,零部件要逐渐丧失原有的或技术文件所要求的性能,从而引起汽车技术状况变差,直至不能履行规定的功能。由于零部件在使用过程中,技术状况的变化是不可避免的,了解汽车零件性能恶化的进程,就能针对零件失效的原因采取相应的措施,防止零件的早期损坏,进而控制汽车的技术状况,使汽车的技术状况处于规定的水平。因此,研究汽车零件、部件、机构乃至总成技术状况变化的原因及其耗损,即汽车各种损坏和磨损现象的规律,建立和掌握控制汽车技术状况的理论基础,则是十分必要的。

第一节 汽车技术状况的变化

一、汽车技术状况的变化

1. 汽车技术状况的分类

表征汽车技术状况的参数分为两大类,一类是结构参数,另一类是技术状况参数。结构参数是表征汽车结构的各种特性的物理量,如几何尺寸、声学、电学和热学的参数等。技术状况参数是评价汽车使用性能的物理量和化学量,如发动机的输出功率、扭矩、油耗、声响、排放限值和踏板自由行程等。

(1) 汽车完好技术状况。指汽车完全符合技术文件规定要求的状况,即技术状况的各种参数值,既包括主要使用性能的参数值,也包括外观、外形等次要参数值,都完全符合技术文件的规定。处于完好技术状况的汽车,包括涂层、外观和外形等,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规定的任一要求的状况,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、外形及其它次要性能的参数值不符合技术文件的规定,而又不致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白昼的正常行驶。

2. 汽车的工作能力与汽车故障

汽车按技术文件规定的使用性能指标,执行规定功能的能力,称为汽车的工作能力,或称为汽车的工作能力状况。处于具有工作能力状况的汽车,只要主要性能参数完全符合技术文件的规定,而不是全部技术状况参数值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

数值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，汽车的油耗超过了技术文件的规定，虽然该汽车仍在运行，但该汽车又同时处于故障状况。

3. 汽车技术状况变化的外观症状

汽车技术状况变化往往是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。按照 GB7258—1997《机动车运行安全技术条件》，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的加速时间将增加 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) 汽车燃料消耗量和润滑油耗量显著增加。

(3) 汽车的制动性能变差。

(4) 汽车的操纵稳定性能变差。

(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。

二、汽车技术状况的变化规律

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；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。零件间相互作用的结果，使零件产生磨损、塑性变形、疲劳破坏、热损坏以及材料性能引起的变化等。在影响汽车技术状况诸因素中，零件磨损的影响是主要的，是具有代表性的。因此，往往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。

图 1-1a) 为典型零件的磨损过程。零件的磨损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从运行初期（走合期）的最大值逐渐降低，直至不再

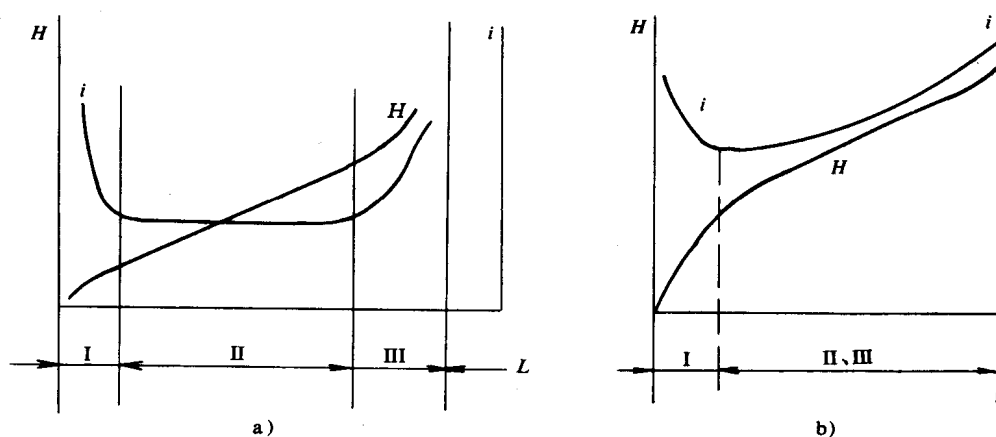


图 1-1 汽车零件磨损与行驶里程的关系

a) 正常磨损；b) 非正常磨损

H -磨损量； i -磨损率； L -汽车行驶里程；I-走合期；II-正常工作期；III-工作恶化期

随行驶里程而变化,而是稳定在某一数值,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增大,进入工作恶化期。图 1-1b) 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。这种不正常的磨损曲线就是由于不能使用、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和信息,是控制汽车技术状况,不断完善汽车的结构设计,提高汽车修理质量的重要手段。

1. 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大类,一类是变化过程具有确定的形式,另一类是变化的过程没有确定的形式。

(1) 变化过程具有确定的形式。具有确定的变化形式就是具有必然的变化规律,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($S=vt$),称为随行程变化过程。

(2) 变化过程没有确定的形式。即没有必然的变化规律,对同一事物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。变化过程呈现出确切性,但是大量重复的变化过程中的结果,又呈现出其固有的规律性。这一变化过程也称为随机过程。

综上所述,汽车技术状况的变化也可分为随行程变化过程和随机变化过程。

2. 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) (见图 1-2)。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的不解体检测提供可能。

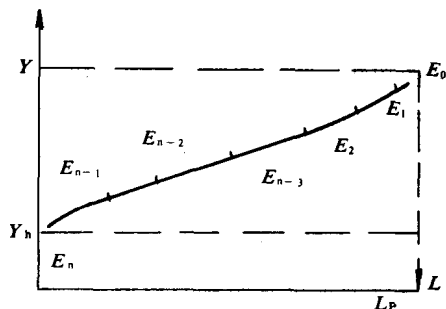


图 1-2 汽车技术状况随行程(L)变化过程
Y-技术状况参数极限值; Y_h -技术状况参数额定值; E_0 -故障状况; L_P -极限行程; $E_n, E_{n-1} \dots E_2, E_1$ -工作能力状况

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值是 E_{n-3} ,不会是 E_0 。根据实测的参数值和参数的极限值,就可以预测出参数进入极限值的剩余里程。零件的磨损、间隙

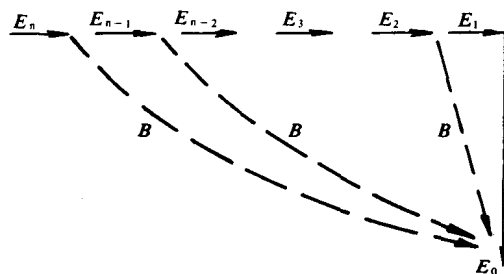


图 1-3 汽车技术状况随机变化过程
 $E_n, E_{n-1} \dots E_2, E_1$ -工作能力状况; E_0 -故障状况

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。如气缸的正常磨损量是小于 $0.01\text{mm}/10\,000\text{km}$ 的。

3. 汽车技术状况变化的随机过程

汽车技术状况变化的随机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的特性也没有必然的规律。机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。

如曲轴和转向节指轴的疲劳断裂，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。

随机变化过程不可避免地会引起定期的诊断、检验和维修作业超前或滞后进行，影响维修的效益。这就有必要尽可能地掌握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而得出的统计规律性，随机变量的统计规律性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，就有利于制订汽车检测、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。

三、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、零件的变形、零件的疲劳损坏、零件的热损坏和零件的腐蚀损坏等。

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、气候条件和使用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”而改变了状况。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。道路状况和断面形状等决定了汽车及总成的工况（载荷和速度域、传递的扭矩、曲轴转速、换档次数，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，直接档的磨损量最小，而且每个档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，油耗将增加 50%，轮胎磨损大约增大两倍。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，油耗增加 15%。在细砂路面上运行，由于离路面 2m 高空内的含尘量过多，对汽车零件磨损也有明显的影响。

（2）运行条件的影响。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速度较郊区要降低 50% 以上，发动机曲轴转速反而升高 35% 左右，换档次数增加 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工作。如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大大加剧。

（4）气候条件的影响：

a. 环境温度的影响。图 1-4 表明有一个故障率最低的环境气象温度。图 1-5 也表明有一个气缸磨损最小的冷却液温度。

b. 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。湿度低、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 10~12m/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 1.5~2 倍。

（5）维修水平的影响。我国的大修发动机耐久性普遍较差，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 40%。例如，对变形的基础件不进行整形修理，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。

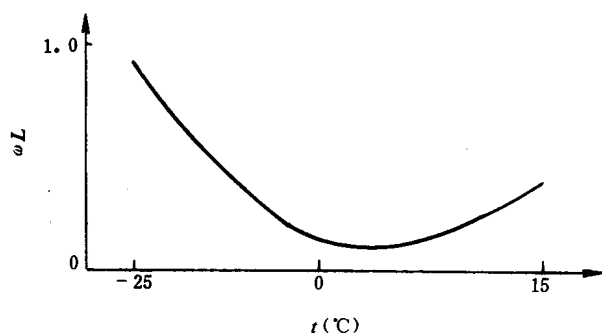


图 1-4 汽车故障率与环境温度
 ωL -故障率； t -环境温度

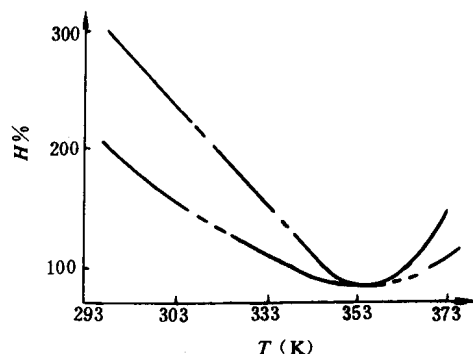


图 1-5 气缸磨损与冷却液温度
 $H\%$ -气缸的磨损率； T -冷却液温度

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，有可能是处在故障状态的汽车。

第二节 汽车零件的耗损

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环境条件的原因，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耗损形式，造成零件失去设计制造时所给定的功能。然而，至今对零件的某些耗损成因尚未彻底搞清。因此，研究零件的耗损理论涉及的物理、化学、工程材料、机械、电化学和润滑等多门学科，例如研究作相对运动的互相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，是涉及到多门学科的一门边缘学科，对减轻汽车的耗损也就越发重要。本章仅从汽车运用工程观点来阐述汽车零件耗损及其基本规律。

一、摩擦与润滑

两物体具有相对运动（或趋势）便会产生摩擦。根据摩擦表面相对运动的特性分为滑动摩擦与滚动摩擦。根据摩擦表面的润滑特性分为干摩擦、边界摩擦、混合摩擦和液体摩擦等形式。

1. 干摩擦

干摩擦是指摩擦表面之间无润滑剂和污染物时的摩擦。在汽车的动配合副中，只是在需要强化配合表面的摩擦时，如制动装置和离合器等才采用干摩擦。

2. 液体摩擦

液体摩擦是指两摩擦表面被连续的润滑油膜完全隔开时的摩擦。摩擦只发生在润滑油膜的内部，摩擦系数仅有 0.001~0.01，因而其磨损率最小。

根据液体润滑油膜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。液体动压润滑如图 1-6 所示。在圆柱形的摩擦表面中，由于轴与轴承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，轴颈表面的油膜与轴颈的线速度相等，而轴承表面上的油膜则几乎为零。这样润滑油将沿着楔

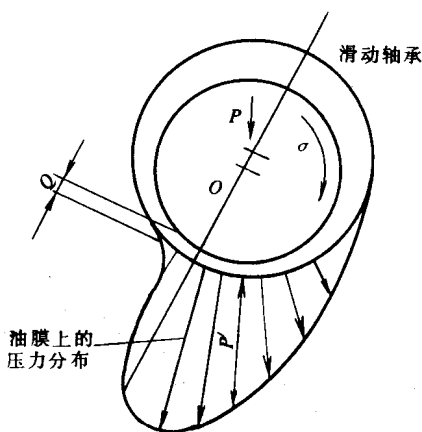


图 1-6 滑动轴承的流体动压润滑原理
P-载荷；P'-油楔压力；Q-油膜厚度

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，轴颈与轴承隔开，形成理想的流体动压润滑。保持液体润滑的基本条件是，首先必须达到临界转速，连续地供给足够的润滑油及保持良好的油性；其次要使两摩擦面有足够的接触面积、合理的形状和配合间隙；第三，不得超载，并与运动速度和作用在轴上的压力有关。

液体摩擦可以转化为其它的摩擦形式。在其它因素确定之后，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。

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。这层润滑油边界膜摩擦表面间的润滑油与摩擦表面互相作用依靠吸附和化学反应在表面间形成的油膜，油膜厚度趋近于零，一般小于 $0.1\mu\text{m}$ 。

物理吸附作用对工作温度极为敏感，只能在轻负荷、低转速条件下工作。化学键吸附具有较高的化学吸附热，能满足中等负荷、温度和速度下的润滑。润滑油分子与摩擦表面间发生的有价电子交换，并生成新的化合物时称化学反应。为改善润滑油的性能，常加入多种改性添加剂，以满足高压条件下的润滑。

边界摩擦在汽车的各种配合中普遍存在，如气缸的配合副和凸轮与挺杆的摩擦等。

二、零件的磨损

磨损是指汽车零件工作表面的物质，由于相对运动不断损耗的现象。按摩擦表面相对运动的类型可分为滑动磨损、滚动磨损、冲击磨损、微动磨损和流体侵蚀等；按磨损的机理则分为粘附磨损、磨粒磨损、疲劳磨损和腐蚀磨损等。

1. 粘着磨损

粘着磨损是指摩擦表面相互接触，在其接触点之间由于分子引力粘附或局部高温熔着，使摩擦表面的金属发生转移而引起的磨损。在摩擦过程中，润滑油膜破裂，摩擦副表面由于微观粗糙而形成接触点，产生分子吸附和原子吸附，甚至造成化学吸附，使接触点形成强粘着。摩擦产生大量的热，促使原子扩散，又强化着微观接触点的粘着作用。进而在摩擦表面相对

滑动过程中,粘着点产生塑性变形乃至被剪切撕脱,表面物质被转移。这样的粘着—撕脱—再粘着—再撕脱的循环进行,就形成了粘着磨损。磨损表面的外观呈现鳞尾或麻点。

粘着点剪切分离只是在微观接触点上进行,接触表面仅仅有轻微的材料转移,摩擦表面仅会出现轻微擦伤。擦伤,即摩擦表面沿着滑动方向形成细小擦痕的现象。若剪切分离在表层金属内进行,就会发生内部撕裂,摩擦表面则出现明显的材料转移和撕裂,甚至引起摩擦表面咬粘,即两摩擦表面因粘附和材料转移而损坏,进而导致运动中止的现象,酿成机械事故。发动机拉缸和曲轴烧瓦的咬粘等都是属于极限粘着磨损的例子。互熔性强的金属或硬金属与软金属组成的配合副在润滑不良条件下容易产生粘着磨损。材料表面强化,选择合理的表面粗糙度,保持良好的润滑条件,科学的磨合工艺都有利于防止粘着磨损。

2. 磨粒磨损

磨粒磨损是指摩擦表面间,由于硬质固体颗粒使相对运动的零件表面引起的磨损。磨粒磨损是摩擦表面的微观切削作用和擦伤作用或者两摩擦表面受硬质颗粒,如尘粒、磨粒和碳粒等划伤工作表面的一种比较简单的耗损形式。磨粒磨损随运动速度、载荷的增大而增强;随磨粒硬度的增高而加剧;当磨粒的尺寸增大至一定程度时,其磨损量将不再增加。

外来磨粒进入摩擦表面,引起磨粒磨损是汽车零件工作表面的主要磨损形式,是普遍存在的。磨损表面外观呈擦伤、沟纹或条纹状。减轻磨粒磨损的措施就是要防止磨粒的进入和摩擦表面形成磨粒。

3. 疲劳磨损

疲劳磨损是指在纯滚动或同时带有滑动的滚动条件下,发生在材料表层的疲劳破坏现象。它与疲劳断裂破坏的区别是在摩擦表面微观凸峰的周期性载荷作用下,使微观接触点产生塑性变形,造成残余应力,由于应力集中形成微观裂纹,微观裂纹随摩擦进程的延续进一步扩大并交织在一起,最后围成面积而剥落。疲劳磨损表面外观呈现裂纹或点蚀状,甚至出现疲劳脱层。

疲劳脱层的机理也可用位错理论来解释。

- (1) 表层下产生位错;
- (2) 位错堆集;
- (3) 形成空穴;
- (4) 空穴汇合引起平行于表面的微观裂纹;
- (5) 裂纹达到某一临界长度时,就产生片状的磨损微粒。

疲劳磨损是汽车的齿轮、凸轮、滚动轴承座圈与滚子等零件的主要磨损形式。

4. 腐蚀磨损

腐蚀磨损是指摩擦材料与周围介质发生化学变化或电化学相互作用引起的磨损。因其介质的性质、介质作用在摩擦表面上的状态以及摩擦材料性质的不同,腐蚀磨损的状况也不同。根据腐蚀磨损的状态可分为氧化磨损、特殊介质腐蚀磨损和穴蚀等三种形式。

1) 氧化磨损

摩擦表面与大气中氧的相互作用,在摩擦过程中,氧吸附在摩擦表面上,并向内层扩散,其作用过程与摩擦条件有关。在摩擦表面发生塑性变形的同时,表面形成化学吸附膜、氧的固溶体膜和金属氧化物。这些脆性的氧化物在切向力和正压力的作用下与表面分离,使摩擦表面产生的磨损。

一般说来,氧化磨损在汽车零件中是普遍存在的,其磨损率也比其它磨损小,这是由于