

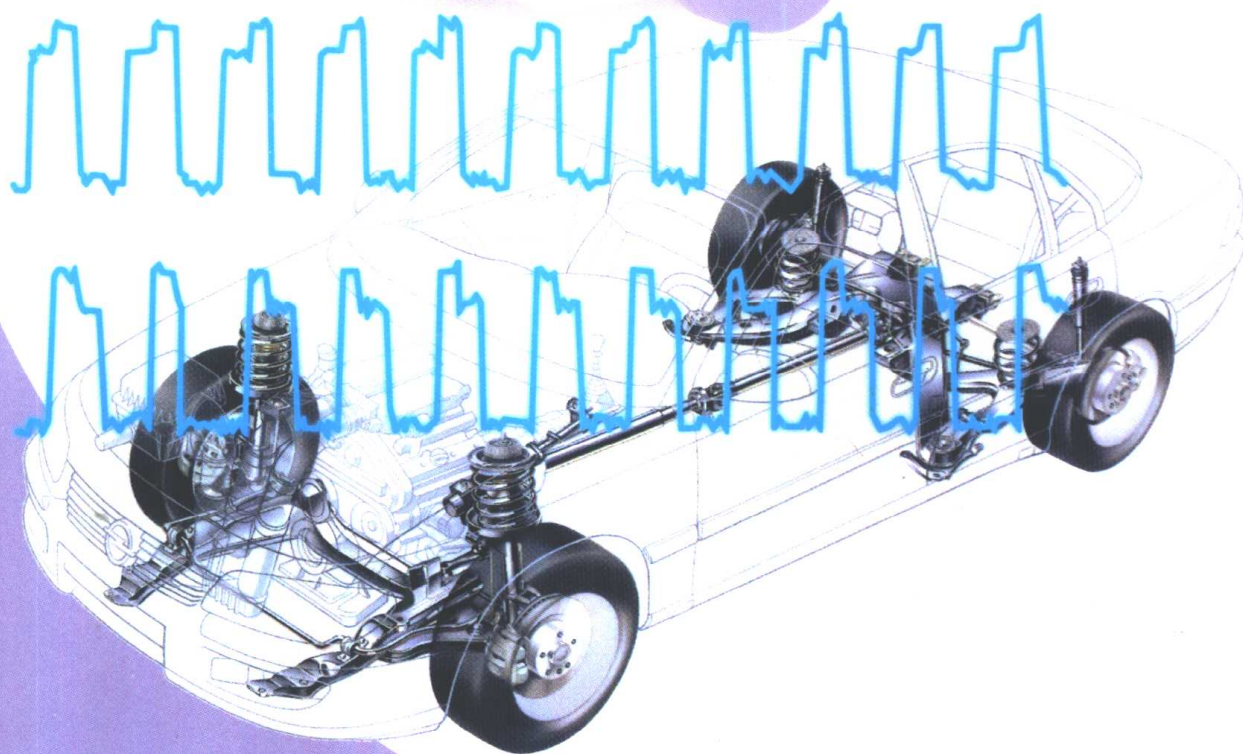
汽车检测与诊断

(上册)

普通高等教育交通类“十五”规划教材



长安大学 陈焕江 主编



机械工业出版社
China Machine Press

普通高等教育交通类“十五”规划教材

汽车检测与诊断

上 册

主 编 陈焕江

主 审 郭晓汾

机 械 工 业 出 版 社

书中主要介绍了汽车检测与诊断的基础知识,以及汽车动力性和经济性检测、汽车发动机和底盘技术状况检测诊断的基本原理、方法和仪器设备等。

本书为交通运输(载运工具运用工程)专业“十五”规划教材,分为上、下两册;上册以汽车技术状况的检测与诊断为主,下册以汽车各总成的故障诊断为主。本书既可作为该专业本科生教材,也可供汽车运输企业、汽车维修企业、汽车检测站的技术人员、管理人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

汽车检测与诊断.上册/陈焕江主编. —北京:机械工业出版社, 2001.6
普通高等教育交通类“十五”规划教材
ISBN 7-111-08345-8

I. 汽… I. 陈… II. ①汽车-检测-高等学校教材 ②汽车-诊断-高等学校-教材 IV. U472.9

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2001) 第 26668 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)
责任编辑: 杨民强 版式设计: 霍永明 责任校对: 魏俊云
封面设计: 姚毅 责任印制: 郭景龙
北京京丰印刷厂印刷 • 新华书店北京发行所发行
2001 年 7 月第 1 版 • 第 1 次印刷
1000mm×1400mm B5 • 6.875 印张 • 266 千字
0 001—4 000 册
定价: 18.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换
本社购书热线电话 (010) 68993821、68326677-2527

前 言

《汽车检测与诊断》是根据全国高等院校汽车运用工程专业教学指导委员会第二届六次会议通过的交通运输专业“十五”教材编写规划和《汽车检测与诊断》教材编写大纲而编写的，既可作为交通运输（载运工具运用工程）专业“汽车检测与诊断”课程的教材，也可供汽车运输企业、汽车维修企业、汽车检测站的技术人员、管理人员参考。

《汽车检测与诊断》分上、下两册：上册以汽车技术状况的检测与诊断为主，下册以汽车各总成的故障诊断为主。两册具有一定的相对独立性，既可成套使用，又可单册使用，以满足不同学校“汽车检测与诊断”课程的教学要求。《汽车检测与诊断》下册将于2002年出版。

随着汽车工业的技术进步，汽车新结构、新材料、新工艺，特别是电子技术和计算机技术在汽车上得以广泛应用；与之相适应，汽车检测诊断技术近年来亦得到快速发展；进入90年代以来，汽车检测标准也陆续得以修订。对于这些方面，本书都给予了充分体现。

《汽车检测与诊断》(上册)由长安大学陈焕江副教授任主编。其中，第一、二、四章和第三章第四节由陈焕江编写，第三章第一、二、三、五、六节由任军、陈焕江编写。

在编写过程中，长安大学汽车综合性能检测站站长闻阿兴副教授、汽车工程学院汽车运输实验室李春明高级工程师提供了大量资料，作者对此表示感谢。

本书初稿完成后，全国高等院校汽车运用工程专业教学指导委员会秘书长郭晓汾教授在百忙之中主审了书稿，提出了许多宝贵建议，作者对此深表谢意。

恳请使用本教材的师生对本书的教学内容、章节安排等提出宝贵意见，以便本书再版修订时参考。

编 者

目 录

前言

第一章 汽车检测与诊断基础知识	1
第一节 概述	1
一、基本概念及术语	1
二、汽车检测诊断的目的和作用	1
三、汽车诊断的方法及特点	2
四、汽车诊断技术的发展	2
五、汽车检测诊断站的发展和作用	4
第二节 汽车故障及诊断分析方法	5
一、汽车故障及其主要类型	5
二、汽车故障形成及技术状况变化的基本原因	6
三、汽车技术状况的变化规律	10
四、故障树分析法	12
第三节 汽车诊断参数和诊断标准	15
一、诊断参数	15
二、诊断参数标准	18
三、诊断标准的制定	19
第四节 汽车诊断周期和汽车诊断的工艺组织	24
一、汽车诊断周期	24
二、汽车诊断的工艺组织	25
第二章 汽车动力性和燃油经济性检测	28
第一节 发动机动力性检测	28
一、发动机功率测试方法	28
二、无负荷测功原理	29
三、转速、角加速度和加速时间测试方案	31
四、无负荷测功仪的使用方法	32
五、单缸功率检测	33
六、发动机综合性能检测仪及其使用	34
第二节 底盘输出功率检测	39
一、底盘测功机的功能和构造	39
二、底盘测功机的工作原理	42
三、底盘测功机的使用方法	46
第三节 汽车燃油经济性检测	48

一、汽车燃油经济性的两种基本试验方法	48
二、常用油耗仪工作原理	48
三、汽车燃油经济性的台架试验	51
第三章 发动机技术状况检测与诊断	58
第一节 气缸密封性检测	58
一、气缸压缩压力检测	58
二、气缸漏气量(率)检测	64
三、进气管真空度检测	66
四、曲轴箱窜气量检测	68
第二节 点火系统检测	69
一、点火系统的功能和类型	70
二、点火电压波形检测与分析	71
三、点火正时的检测	79
第三节 汽油机燃油供给系统检测	84
一、混合气质量检测	84
二、化油器的检测与调整	85
三、电控喷油信号和燃油压力的检测	86
四、汽油泵的检测	87
第四节 柴油机燃油供给系统的检测	89
一、混合气质量检测	89
二、喷油压力波形分析	90
三、供油正时检测	94
四、喷油器技术状况检测	97
第五节 润滑系统检测	98
一、机油压力检测	98
二、机油消耗量检测	100
三、机油品质检测与分析	100
第六节 发动机异响诊断	106
一、发动机异响的性质和特征	106
二、发动机异响诊断仪	108
三、异响诊断方法	111
四、配气相位的动态检测	112
第四章 汽车底盘技术状况的检测与诊断	114
第一节 汽车转向系统检测	114
一、转向轮定位及检测	114
二、四轮定位检测	125
三、四轮定位仪及使用方法	128
四、转向盘自由行程和转向力检测	131

第二节 汽车传动系统检测	132
一、汽车传动系统功率损失和传动效率的检测	133
二、离合器滑转的检测	133
三、传动系统角间隙的检测	134
第三节 汽车制动性能检测	137
一、汽车制动过程	137
二、汽车制动性能诊断参数和标准	138
三、制动性能的检测	140
第四节 车轮平衡检测	147
一、基本知识	147
二、车轮平衡机的类型和检测原理	148
三、车轮不平衡测量原理	150
四、车轮不平衡检测方法	151
第五节 汽车前照灯检测	153
一、前照灯及其特性	153
二、检测项目与标准	155
三、前照灯检测的基本原理	157
四、常用前照灯检测仪	159
五、前照灯检测仪使用注意事项	163
第六节 汽车喇叭声级和噪声检测	164
一、检测指标	164
二、检测标准	165
三、检测仪器——声级计	168
四、声级计的使用方法	169
第七节 汽车排放污染物检测	170
一、汽车的排放污染物	170
二、检测标准	171
三、汽油车怠速污染物检测	172
四、柴油车自由加速烟度检测	176
五、汽车排放污染物的多工况检测	180
六、四气体与五气体检测	181
附录一 常见汽车发动机的额定功率和额定转速	183
附录二 GB7258—1997《机动车运行安全技术条件》	185
附录三 JT/T198—1995《汽车技术等级评定标准》	208
参考文献	213

第一章 汽车检测与诊断基础知识

汽车检测诊断是确定汽车技术状况、寻找故障原因的技术手段，检测诊断结果是合理使用汽车和维护、修理工作的科学依据。本章所介绍的基本概念、汽车故障及其主要类型、汽车诊断分析方法、诊断参数、诊断标准、诊断周期和诊断工作的工艺组织都是汽车检测诊断技术的基础。

第一节 概 述

一、基本概念及术语

汽车诊断是在不解体（或仅卸下个别小件）条件下，为确定汽车技术状况或查明故障部位、原因所进行的检查、分析、判断工作。

汽车诊断工作中常涉及以下术语：

- (1) 汽车技术状况 定量测得的表征某一时刻汽车外观和性能的参数值的总和。
- (2) 汽车故障 汽车部分或完全丧失工作能力的现象。
- (3) 故障率 使用到某行程的汽车，在该行程之后单位行程内发生故障的概率。
- (4) 故障树 表示故障因果关系的分析图。
- (5) 诊断参数 供诊断用的，表征汽车、总成及机构技术状况的参数。
- (6) 诊断标准 对汽车诊断的方法、技术要求和限值等的统一规定。
- (7) 诊断规范 对汽车诊断作业技术要求的规定。
- (8) 诊断周期 汽车诊断的间隔期。
- (9) 汽车检测 确定汽车技术状况或工作能力的检查。

二、汽车检测诊断的目的和作用

根据检测诊断目的，汽车检测诊断可分为以下类型：

- (1) 安全性能检测 对汽车实行定期和不定期的安全性能检测诊断，目的在于确保汽车具有符合要求的外观、良好的安全性能和符合污染物排放标准的排放性能，以强化汽车的安全管理。
- (2) 综合性能检测 对汽车实行定期和不定期的综合性能检测诊断，目的是在不解体情况下，确定运输车辆的工作能力和技术状况，对维修车辆实行质量监督，以保证运输车辆的安全运行，提高运输效能及降低消耗，使运输车辆具有良

好的经济效益和社会效益。

(3) 与维修有关的汽车检测诊断 根据交通部《汽车运输业车辆技术管理规定》的要求,汽车定期检测诊断应结合维护定期进行,以此确定维护附加项目,掌握汽车技术状况变化规律;并通过对汽车的检测诊断和技术鉴定,确定汽车是否需要大修,以实行视情修理;同时,在汽车维修过程中,利用设置在某些工位上的诊断设备,可使检测诊断和调整、维修交叉进行,以提高维修质量;对完成维护或修理的车辆进行性能检测和诊断,并对维修质量进行检验。

总的说来,汽车检测诊断有两个不同的目的:对显现出故障的汽车,通过检测诊断查找故障的确切部位和发生的原因,从而确定排除故障的方法;对汽车技术状况进行全面检查,确定汽车技术状况是否满足有关技术标准的要求及与标准相差的程度,以决定汽车是否继续行驶或采取何种措施延长汽车的使用寿命。对汽车运行中故障的检测诊断和汽车维修前及维修过程中的检测诊断,属于前一种检测诊断;汽车维修作业后的竣工检验和定期或不定期进行的安全性能检测诊断、综合性能检测诊断,则属于后一种检测诊断。

三、汽车诊断的方法及特点

汽车诊断是由检查、分析、判断等一系列活动完成的。从完成这些活动的方式看,汽车诊断主要有两种基本方法,其一是传统的人工经验诊断法,其二是利用现代仪器设备诊断法。

(1) 人工经验诊断法 是通过路试和对汽车或总成工作情况的观察,凭借诊断人员丰富的实践经验和一定的理论知识,利用简单工具以及眼看、手摸、耳听等手段,边检查、边试验、边分析,进而对汽车技术状况进行定性分析或对故障部位和原因进行判断的诊断方法。该诊断方法不需要专用仪器设备,可随时随地应用,但其缺点在于:诊断速度慢,准确性差,并要求诊断者具有丰富的实践经验和较高的技术水平。

(2) 现代仪器设备诊断法 是在人工经验诊断法的基础上发展起来的诊断方法。该法可在不解体情况下,利用建立在机械、电子、流体、振动、声学、光学等技术基础上的专用仪器设备,对汽车、总成或机构进行测试,并通过对诊断参数测试值、变化特性曲线、波形等的分析判断,定量确定汽车的技术状况。采用微机控制的专用仪器设备能够自动分析、判断、打印诊断结果。现代仪器设备诊断法的优点是诊断速度快、准确性高、能定量分析;缺点是投资大、占用固定厂房等。

本书主要介绍利用仪器设备对汽车进行检测诊断的技术和方法。

四、汽车诊断技术的发展

初期的汽车诊断技术是以人工经验诊断法为主的,仪器设备诊断法则是在传统的人工经验诊断法的基础上发展起来的。而有些诊断设备就是沿着人工经验诊

断的思路研制开发的，即使先进的汽车专家诊断系统，也是把人脑的分析、判断通过计算机语言转化成电脑的分析判断。因此，在汽车诊断技术的发展过程中，两种基本诊断方法并不是相互独立的，而是相辅相成的。

随着社会的发展、技术的进步，仪器设备诊断在汽车诊断技术中从无到有，所占比重愈来愈大，并经历了从低级到高级的发展过程。

首先，一些简单的测试仪表，如转速表、气压表、真空表、电压表、电流表等，被应用到了汽车诊断工作，其测试结果被作为人工经验诊断的依据，使汽车诊断从“耳听、手摸”的定性阶段逐步向定量阶段过渡。

专用诊断设备的问世是仪器设备诊断的第二个发展阶段。电子技术的进步，特别是电子计算机的成就及其在专用诊断设备上的应用，对汽车诊断技术产生了重大影响。在上述技术背景下，诊断设备由单机发展为配套，由单功能发展为多功能，由手工操纵发展为自动控制，并逐步开发出实用的汽车诊断专家系统。目前已研制出来并投入使用的汽车诊断设备中，用于发动机诊断的主要有：发动机无负荷测功仪、发动机综合测试仪、电子示波器、点火正时仪、废气分析仪、发动机异响诊断仪、机油快速分析仪、铁谱分析仪、油耗计、气缸漏气量检测仪等；用于底盘诊断的主要有：制动试验台、侧滑试验台、转向轮定位仪、车速表试验台、灯光检测仪、底盘测功机、车轮动平衡机等。

汽车诊断技术也是随着汽车技术的进步和汽车运行条件的改善而不断发展的。随着汽车工业的发展，汽车结构越来越复杂，电子化程度越来越高，电子控制燃油喷射系统、电子控制汽车防抱死制动系统、自动变速器等新结构在汽车上的应用已日趋普遍；高速公路建设对汽车的使用性能，特别是高速行驶下的安全性能提出了更高的要求。这些不但使人工经验诊断法难以适应，同时提出了开发新型汽车诊断设备的客观需求。

在科学技术高速发展的今天，人类越来越重视自身安全的保障和自然界的生态平衡，可持续发展受到广泛关注。因此，今后汽车诊断设备的发展将集中在汽车安全性能、排放性能和汽车新结构的诊断方面，并向多功能综合式和自动化方向发展，同时，测试仪表也将向更加精密和小型化发展，并能随车装设在工作过程中显示。

虽然汽车诊断技术发展很快，但目前的诊断仪器设备还只能诊断汽车的部分性能和故障，对某些总成如离合器、变速器、差速器、主传动等的故障诊断，目前还缺乏方便、实用的仪器设备可以利用；汽车的外观检查，如车体是否周正，车身和驾驶室钣金件是否开裂、变形，油漆是否脱落、锈蚀，甚至一些能引起重大事故的部位的缺陷，如转向横拉杆、直拉杆球头松旷，传动轴和车轮螺栓松动等，都离不开人工经验检查。因此，人工经验诊断法虽有一定的缺点，但在某些方面仍是利用仪器设备诊断所不能代替的。

五、汽车检测诊断站的发展和作用

汽车检测诊断站是综合利用检测诊断技术从事汽车检测诊断工作的场所。

我国的汽车诊断技术起步较晚，在 20 世纪 60 年代，虽然也从国外引进过少量汽车诊断设备，但由于种种原因，诊断技术一直发展缓慢。80 年代以来，随着国民经济的发展，我国机动车保有量迅速增加，产生了许多关于交通安全和环境保护等社会问题。保证车辆安全运行并减轻对环境的污染，逐步成为社会和政府有关部门关注的问题，从而促进了汽车诊断和检测技术的发展，使之成为国家“六五”期间重点推广的项目，并成为推动汽车运输现代化管理的重要技术措施。自 1980 年开始，交通部门有计划地在全国公路运输系统筹建汽车综合检测站，使之得到很快发展。到 1997 年，全国公路运输部门建成并投入使用的汽车综合性能检测站约 900 余个。同时，公安部门建成了数百个汽车安全性能检测站，部队、石油、冶金、外贸等系统和部分大专院校也建成了一定数量的汽车检测站。因此，目前我国已基本形成全国性的汽车检测网络。不仅如此，全国各地的维修企业使用的检测诊断设备也日益增多。汽车检测站的蓬勃发展，对保证在用汽车技术状况良好，监督维修质量，保障行车安全起到了非常重要的作用。同时，也促进了汽车检测诊断技术的发展。

根据交通部第 29 号部令《汽车运输业车辆综合性能检测站管理办法》的规定，我国汽车检测站按职能分为 A、B、C 三级，其检测项目和所应配备的主要检测设备见表 1-1 和表 1-2。按检测站的自动化程度可分为人工操作的汽车检测站和微机控制的自动化检测站。这些检测站的职责是：

- ①对车辆的技术状况进行检测诊断；
- ②对汽车维修行业的维修车辆进行质量检测；
- ③对车辆改装、改造、报废和有关新工艺、新技术、新产品以及节能等科研项目进行检测、鉴定；

表 1-1 三级检测站检测项目

序号	检测项目	A	B	C	序号	检测项目	A	B	C
1	制动	✓	✓	✓	10	发动机的功率	✓	✓	✓
2	侧滑	✓	✓	✓	11	点火系状况	✓	✓	—
3	灯光	✓	✓	✓	12	异响	✓	✓	✓
4	转向	✓	✓	✓	13	磨损	✓	—	—
5	前轮定位	✓	—	—	14	变形	✓	✓	—
6	车速	✓	—	—	15	裂纹	✓	—	—
7	车轮动平衡	✓	✓	✓	16	噪声	✓	✓	✓
8	底盘输出功率	✓	—	—	17	废气	✓	✓	✓
9	燃料消耗	✓	✓	✓					

注：✓表示规定项目；—：表示没有规定项目

表 1-2 综合性能检测站检测设备一览表

序号	仪器设备名称	A 级站	B 级站	C 级站	序号	仪器设备名称	A 级站	B 级站	C 级站
1	轮胎预压力充气表	✓	✓	✓	18	探伤仪	✓		
2	车辆清洗装置	✓	✓	✓	19	汽车废气分析仪	✓	✓	✓
3	轴重仪	✓	✓	✓	20	柴油烟度计	✓	✓	✓
4	制动检测台	✓	✓	✓	21	干湿温度计	✓	✓	✓
5	减速仪	✓			22	密度计	✓	✓	✓
6	侧滑试验台	✓	✓	✓	23	测速仪	✓		
7	前照灯检验仪	✓	✓	✓	24	粉尘采样仪	✓		
8	转向力矩仪	✓	✓	✓	25	发动机故障诊断仪	✓		
9	前轮定位仪	✓			26	机油油质分析仪	✓	✓	
10	车速表检验台	✓			27	气缸压力表	✓	✓	✓
11	车轮动平衡仪	✓	✓	✓	28	气缸漏气量检测仪	✓		
12	汽车底盘测功机	✓			29	形位公差检测量具	✓	✓	
13	油耗仪	✓	✓	✓	30	尺寸公差检测量具	✓	✓	
14	发动机测功机	✓			31	车载油耗仪	✓		
15	汽车电气试验台	✓	✓		32	发动机无负荷测功仪	✓	✓	✓
16	声级计	✓	✓	✓	33	试验辅助车	✓		
17	异响分析仪	✓	✓	✓					

④在环保部门统一监督管理下，对汽车污染进行监督、监测；

⑤接受公安、商检、计量和保险等部门的委托，进行有关项目的检测。

表 1-1 为《汽车运输业车辆综合性能检测站管理办法》规定的三级检测站检测项目。表 1-2 为综合性能检测站所需配备的检测设备。

第二节 汽车故障及诊断分析方法

在汽车运用过程中，由于汽车本身缺陷、外界运用条件等多种因素的影响，汽车技术状况不断发生变化。随着汽车行驶里程的增加，故障率将增大。汽车诊断的目的是为了确定汽车技术状况，查找故障或者异常，并在此基础上，通过及时维护和修理，保障汽车安全、经济、可靠地工作。因此，汽车诊断的基础之一是对引起汽车技术状况变化及其故障的主要原因有所了解，并掌握科学的诊断分析方法。

一、汽车故障及其主要类型

某装置或机构发生故障指其功能的丧失或性能的降低。如：发动机轴瓦烧损和拉缸属于功能立即丧失的破坏性故障，而汽车制动距离超标则属于性能降低的故障。

从其存在形式和发生过程分析，汽车故障具有多种类型。

(1) 按照存在时间可分为间断性故障和永久性故障 顾名思义，间断性故障只是在引发其发生的原因短期存在的条件下才显现，而永久性故障则只有在更换某些零部件后才能使其得以排除。如：供油系气阻使供油中断而造成的功能丧失为间断性故障，因为气阻由于供油系温度过高而产生，冷却后气阻自然消失，供油功能就得以恢复；发动机拉缸造成的功能丧失则须在更换缸套、活塞、活塞环并排除引起拉缸的原因后才能恢复，因此属于永久性故障。

(2) 按照发生快慢可分为突发性故障和渐发性故障 突发性故障指发生前无任何征兆的故障，一般不能通过诊断来预测，其特点是故障的发生有偶然性；渐发性故障则是由于零件磨损、疲劳、变形、腐蚀、老化等原因使技术状况劣化而引起，常对应有一个逐渐发展的过程，因此能够通过早期诊断来预测。如：车轮掉入坑中使钢板弹簧折断具有突发性，而由于气缸磨损引起的敲缸则是渐发的。

(3) 按照故障是否显现可分为功能故障和潜在故障 导致功能丧失或性能降低的故障为功能故障；正在逐渐发展但尚未对功能产生影响的故障属潜在故障。如：汽车前轴和传动轴裂纹，当未扩展到极限程度时，为潜在故障。值得重视的是，潜在故障一旦对功能产生影响，常常具有突发性，因此对汽车的安全行驶极其不利。

诊断技术面对的主要是渐发性、永久性的功能故障或潜在故障。

二、汽车故障形成及技术状况变化的基本原因

汽车故障形成的内因是零件失效，外因是运行条件。在汽车运行过程中，汽车的零部件之间，工作介质、燃油及燃烧产物与相应零部件之间，均存在相互作用，从而引起零部件受力、发热、变形、磨损、腐蚀等，使汽车在整个使用寿命期内，故障率由低到高，技术状况由好变坏。外界环境（如道路、气候、季节等）和使用强度（如车速、载荷等）通过对上述相互作用过程的影响而成为汽车故障发生和技术状况变化的重要因素。

1. 磨损

磨损是汽车零件损坏的主要原因，也是汽车故障形成和技术状况变化的主要原因。

磨损是指由于摩擦而使零件表面物质不断损失的现象，是摩擦副相互作用——摩擦的结果。根据表面物质损失的机理，磨损分为以下四类：

(1) 粘着磨损 粘着磨损指相互作用的摩擦副间产生表面物质撕脱和转移的磨损。

粘着磨损易发生在承受载荷大、滑动速度高、润滑条件差的摩擦表面。此时，摩擦副间产生大量热，使表面温度升高并形成局部热点，塑性变形增大，材料强度降低。这又使得摩擦副间的润滑油膜遭到破坏，进一步加剧了摩擦过程，表面

温度进一步上升。如此逐渐恶化，最终形成局部热点间的“点焊”现象。“点焊”部位由于相互运动再被撕开，从而形成表面物质的撕脱和从一个摩擦表面到另一个摩擦表面的转移。

粘着磨损是破坏性极强的磨损，粘着磨损一旦发生，便能在很短时间内对零件表面造成严重损坏，从而使相应机构的功能立即丧失。在汽车零件中，产生粘着磨损的典型实例是“拉缸”和“烧瓦”。汽车主传动器缺少润滑油时，其锥齿轮也很容易产生粘着磨损。

在汽车使用过程中，应注意避免粘着磨损的发生。粘着磨损的产生除与零件材料的塑性和配合表面的粗糙度有关外，还与工作条件（如工作温度、压力、摩擦速度）和润滑条件有关。因此，在汽车工作过程中，要设法改善上述条件特别是润滑条件，防止粘着磨损的发生。

（2）磨料磨损 磨料磨损指由夹在摩擦副间微粒的作用下产生的磨损。微粒通常是坚硬、锐利的颗粒物质，当其存在于相互运动着的摩擦表面间时，可研磨并刮伤摩擦表面，破坏润滑油膜，从而使零件磨损速度加快。

磨料主要是来自外界空气中的尘土、油料中的杂质、零件表面的磨屑及燃烧积炭。因此，避免油料（燃油、润滑油）污染，保持“三滤”（空气滤清器、机油滤清器、燃油滤清器）技术状况良好，可大大减轻磨料磨损。

易于发生磨料磨损的部位主要有：气缸壁、曲轴颈、凸轮轴凸轮表面、气门挺杆等。

（3）表面疲劳磨损 表面疲劳磨损是指在摩擦面间接应力反复作用下，因表面材料疲劳而产生物质损失的现象。

在交变载荷作用下，摩擦表面产生塑性变形和裂纹并逐渐积累、扩展，润滑油渗入裂纹，而在交变压力下产生的楔入作用进一步加剧了裂纹形成过程，使之加深、扩展，从而导致表面材料剥落。

汽车上的齿轮、滚动轴承、凸轮等，在经过一定使用时间后，摩擦面所产生的麻点或凹坑均是表面疲劳磨损的典型例子。

（4）腐蚀磨损 腐蚀磨损是指在腐蚀和摩擦共同作用下导致零件表面物质损失的现象。

在腐蚀介质作用下，零件表面产生腐蚀产物。由于摩擦的存在，腐蚀产物被磨掉，腐蚀介质又接触到未被腐蚀的金属，再次产生新的腐蚀产物，使腐蚀向深处发展。腐蚀产物的不断生成和磨去，使摩擦表面产生了物质损失。

实际上，任何摩擦副都存在腐蚀磨损，其磨损速度主要受腐蚀介质影响，见图 1-1。

2. 变形和断裂

零件尺寸和形状改变的现象称为变形，断裂则指零件的完全破裂。变形和断

裂均是零件的应力超过材料极限应力的结果。超过屈服点,零件产生永久变形;超过强度极限,零件则发生断裂。

零件变形,特别是基础件变形,改变了与相关零件的配合关系,对机构的功能有很大影响。试验表明,由于发动机缸体变形使气缸轴线对曲轴轴线的垂直度在200mm长度上从0.05mm增加到0.18mm时,气缸磨损增大30%。断裂则导致功能的丧失。

(1) 变形 从零件应力的来源看,产生变形的原因有:工作应力、内应力和温度应力。

零件承受外载荷时,在零件内产生工作应力。在汽车上,有许多形状复杂,厚薄不一的铸件或焊接件。这些零件在加工过程中,常会产生较大内应力,虽然经过人工时效去除了大部分内应力,但仍有部分内应力残存下来。如薄厚不同的铸件冷却时,外层冷却快,中心部分冷却慢。这样在外层冷却收缩后,中心部分再冷却收缩时,便会产生拉应力。在厚薄不匀的接触面处,薄的部分冷却快,而厚的部分冷却慢。这样,在薄壁处冷却收缩后,较厚部分再冷却收缩时,接触面处就会产生压应力。温度应力由于零件受热不均、温差大而产生。温度高的区域热膨胀大,温度低的区域热膨胀小,从而在温差大的区域,因膨胀变形量不同而产生拉应力。

温度差不仅产生温度应力,还可能引起变形,同时温度过高还会使材料的屈服点降低,使零件的永久性变形易于发生。图1-2为碳钢的屈服点随温度而变化的情况。

以上各种应力叠加,当超过材料的屈服点时,便会导致零件变形。

(2) 断裂 断裂也是在应力作用下产生的。按产生应力的载荷性质分类,断裂可分为一次加载断裂和疲劳断裂。

一次加载断裂指零件在一次静载荷或动载荷作用下发生的断裂。载荷过大时,零件内产生的工作应力过大,若与其他形式的应力叠加后超过了材料的强度极限,

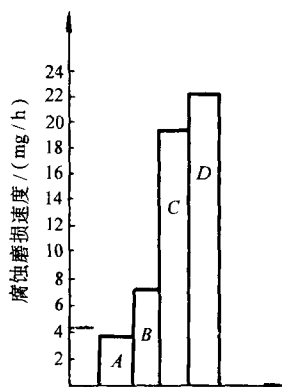


图 1-1 不同腐蚀介质中钢的腐蚀磨损速度
A—N₂; B—20% H₂O; C—0.7% SO₂;
D—0.7% SO₂ + 20% H₂O

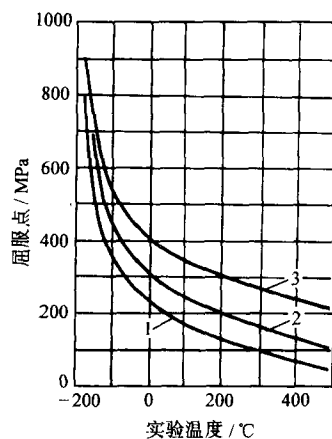


图 1-2 温度对碳钢屈服点 (σ_s) 的影响
1— $w_C=0.04\%$ 2— $w_C=0.12\%$
3— $w_C=0.5\%$ (w_C 为碳钢中碳的质量分数)

便可导致零件断裂。

实际上,在汽车正常使用时,其零部件发生一次加载断裂的情况很少。汽车超载过多及遇到过大的行驶阻力或动载荷时,一次加载断裂可能发生。如:车轮掉入坑中,钢板弹簧折断;汽车突然碰撞障碍物,传动系统零部件受到阶跃载荷而断裂。

疲劳断裂是在交变载荷作用下,经历反复多次应力循环后发生的断裂。汽车零件的断裂故障中,60%~80%属于疲劳断裂。

疲劳断裂发生在应力低于屈服强度的情况下,断裂前一般不产生明显塑性变形。断裂是在交变应力产生的疲劳裂纹积累、扩展到一定程度后突然发生的。首先,在交变应力作用下,零件表面出现疲劳裂纹。这些裂纹通常出现在存在材料缺陷或应力集中的区域。裂纹在应力反复作用下逐渐加深和扩展,使零件强度大大降低。当受到较大载荷时,零件就会突然断裂。

汽车前轮转向节轴颈根部较易发生疲劳断裂,由于断裂前疲劳裂纹经历了较长时期的积累和发展过程,因此可采用无损探伤技术早期发现裂纹,从而避免因断裂而引发的事故。

3. 蚀损

蚀损指在周围介质作用下产生表面物质损失或损坏的现象。按发生机理的不同,其可分为腐蚀、气蚀和浸蚀。

(1) 腐蚀 腐蚀指零件在腐蚀性物质作用下而损坏的现象。汽车上较易产生腐蚀破坏的零部件有燃料供给系和冷却系的管道及车身、驾驶室、车架等裸露的金属件等。

(2) 气蚀 气蚀又称穴蚀,指在压力波和腐蚀共同作用下产生的破坏现象。气蚀经常发生在与液体接触并有相对运动的零件表面。如:湿式气缸套外壁、水泵叶轮表面等。

液体中一般溶有一定的气体,当压力降低时,便会以气泡形式析出;若液体中某些部分的压力低于液体在当时温度下的饱和蒸气压,液体也会蒸发形成气泡。压力升高后,气泡崩破产生压力波,不断冲击与其相接触的金属零件表面氧化膜并使其破坏,促使液体对金属表面的腐蚀逐步向深层发展而形成穴坑。发动机工作时,活塞上下敲击气缸壁产生振动。当缸壁外表面因振动稍离开冷却液时,缸壁外表面处压力降低,于是低压区液体蒸发产生气泡,并向缸壁外表面低压区集中;压力再次升高后,气泡在靠近缸壁处崩破,产生的压力波冲击缸壁外表面的氧化膜,使其遭到破坏。如此循环往复,氧化膜不断生成又不断被破坏,使腐蚀得以发展而在缸壁外表面形成许多麻点状的直径为0.2~1.2mm的穴坑。气蚀严重时,零件表面可呈泡沫海绵状,直至穿透。图1-3为柴油机缸筒外壁被气蚀后的情况。

(3) 浸蚀 由于高速液流对零件的冲刷导致其表面物质损失或损坏的现象称为浸蚀。易发生浸蚀的零部件有气门、化油器喉管等。

在高速液流冲刷下,零件表面的氧化膜被破坏,继而重新产生。如此周而复始,导致冲刷表面产生麻点、条纹或凹坑,使零件损坏。

4. 其他

除以上原因外,老化、失调、烧蚀、沉积等也是汽车某些零部件发生故障的重要原因。

老化指零件由于材料受物理、化学和温度变化影响而逐渐损坏或变质的故障形式。老化常发生于汽车上的非金属零件,如轮胎、油封、膜片等及电器元件如电容器、晶体管等,可使其破损、断裂或失去应有功能。

失调指某些可调元件或调整间隙由于调整不当,或在使用中偏离标准值而引起相应机构功能降低或丧失的故障形式。如怠速调整螺钉松动可使怠速供油量过大,从而使怠速排放污染物 CO、HC 超标。

零部件在强电流、强火花作用下会发生烧蚀,其正常工作性能将降低或丧失。易发生烧蚀的汽车零部件有:发动机分电器白金触点,火花塞电极,各种照明灯泡和电子元件等。

磨屑、尘土、积炭、油料结胶和水垢等沉积在某些零件工作表面,可引起其工作能力降低或丧失。如空气滤清器、机油滤清器堵塞,燃烧室积炭,气缸盖、气缸体和水箱冷却水道中积有水垢等。

三、汽车技术状况的变化规律

汽车在使用过程中,随着行驶里程增加,技术状况逐渐变坏,致使汽车的动力性下降、经济性变坏、可靠性降低。

如上所述,引起汽车故障和技术状况变化的因素有多种。在正常使用情况下,零件磨损是导致汽车技术状况变坏、产生故障以至失去工作能力的主要因素。如果能够掌握零件磨损规律,适时维护修理,就可以降低磨损速率,保持汽车技术状况良好,延长汽车的使用寿命。

图 1-4 为正常使用情况下汽车零件的典型磨损曲线。磨损过程可分为三个阶段。 L_1 为初期磨损或走合期磨损阶段,因零件表面的微观不平、几何

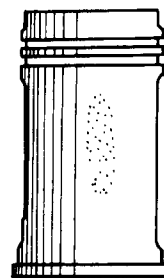


图 1-3 被气蚀后的柴油机缸套外壁

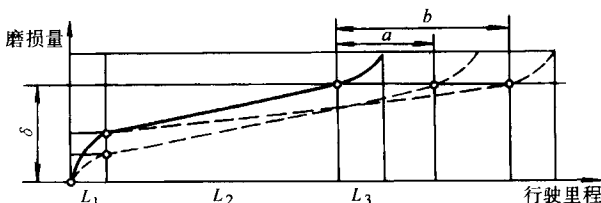


图 1-4 汽车零件的典型磨损曲线

L_1 —初期磨损阶段 L_2 —正常工作阶段

L_3 —逐渐加剧磨损阶段 δ —极限磨损量