



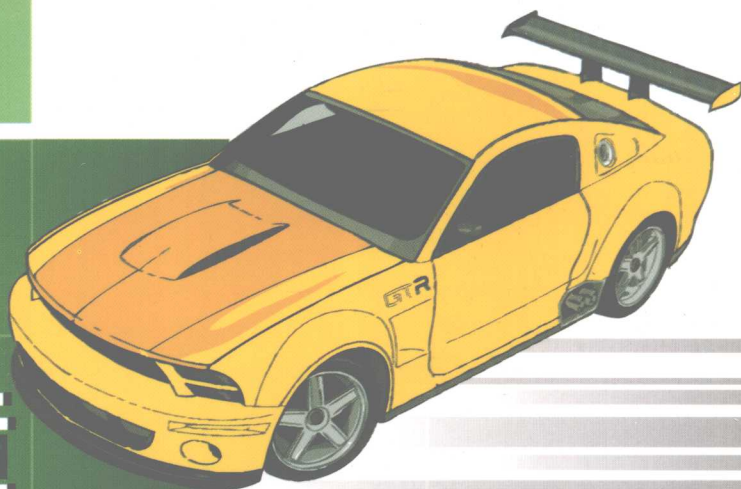
21st CENTURY
实用规划教材

21世纪全国高等院校

大机械系列

实用规划教材

汽车系列



汽车故障

诊断与检测技术

主 编 刘占峰 林丽华



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

21 世纪全国高等院校大机械系列实用规划教材·汽车系列

汽车故障诊断与检测技术

主 编 刘 占 峰 林 丽 华
参 编 宋 力 高 志 鹰
吉 平

U47
L49



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

内 容 简 介

本书共分为7章,以汽车在不解体情况下的性能检测与故障诊断为主,分别介绍了汽车检测与诊断基础、汽车检测站、发动机检测与诊断、汽车底盘检测与诊断、汽车综合性能检测、汽车电源系统和启动系统故障诊断、汽车巡航控制系统和安全气囊系统故障诊断。章末附有小结和习题。

本书可作为高等院校交通运输、汽车服务工程等汽车类专业本科教材,高职高专层次也可选用,还可作为汽车运输企业、汽车维修企业、汽车检测站的技术与管理人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

汽车故障诊断与检测技术/刘占峰,林丽华主编. —北京:北京大学出版社,2008.8

(21世纪全国高等院校大机械系列实用规划教材·汽车系列)

ISBN 978-7-301-13634-8

I. 汽… II. ①刘…②林… III. ①汽车—故障诊断—高等学校—教材②汽车—故障检测—高等学校—教材 IV. U472.9

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 051245 号

书 名: 汽车故障诊断与检测技术

著作责任者: 刘占峰 林丽华 主编

责任编辑: 童君鑫

标准书号: ISBN 978-7-301-13634-8/TH·0096

出版者: 北京大学出版社

地址: 北京市海淀区成府路 205 号 100871

网 址: <http://www.pup.cn> <http://www.pup6.com>

电 话: 邮购部 62752015 发行部 62750672 编辑部 62750667 出版部 62754962

电子邮箱: pup_6@163.com

印刷者: 三河市新世纪印务有限公司

发 行 者: 北京大学出版社

经 销 者: 新华书店

787 毫米×1092 毫米 16 开本 20.75 印张 480 千字

2008 年 8 月第 1 版 2008 年 8 月第 1 次印刷

定 价: 34.00 元

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

举报电话: 010-62752024

电子邮箱: fd@pup.pku.edu.cn

21 世纪全国高等院校大机械系列实用规划教材·汽车系列

专家编审委员会

主任委员 崔胜民

副主任委员 (按拼音顺序)

江浩斌 王丰元 杨建国 赵桂范

委 员 (按拼音顺序)

韩同群 姜立标 林 波 凌永成

刘瑞军 刘 涛 刘占峰 鲁统利

罗念宁 肖生发 谢在玉 于秋红

张京明 张黎骅 赵立军 赵又群

前 言

随着我国汽车工业的快速发展,汽车的社会保有量不断增多,汽车及其相关产业的人才需求量将大幅度增长。汽车的使用可靠性与汽车维修密切相关,通过适时、适当的维修,可以节约人力和物质资源,提高汽车的使用效益和社会效益,保证汽车的行驶安全,而汽车检测与诊断的结果正是汽车维修的依据。本书系统、深入地阐述了汽车性能检测和故障诊断的方法,同时以现代化测试手段贯穿全书章节,达到培养面向生产、管理和服务第一线的高素质应用人才的目的,推动汽车工业的不断发展。

随着汽车工业的技术进步,汽车新结构、新材料、新工艺,特别是计算机技术和电子技术在汽车上得到了广泛应用;同时,汽车检测诊断的标准也陆续得以修订。与之相适应,近年来汽车检测与诊断技术也得到了快速发展。本书在基本知识与基本理论、检测设备的结构与工作原理、检测诊断方法等内容上加强了针对性和应用性,理论联系实际,力求把传授知识和培养实践能力结合起来。

本书由内蒙古工业大学能源与动力工程学院刘占峰和林丽华担任主编。其中,第1章由刘占峰、林丽华编写,第2章由宋力、林丽华编写,第3章由高志鹰、宋力编写,第4章由刘占峰编写,第5章由吉平编写,第6章和第7章由林丽华编写。

本书建议授课学时为60学时,各章的参考教学学时见下表。

章 次	建议学时	章 次	建议学时
第1章 汽车检测与诊断基础	4	第5章 汽车综合性能检测	12
第2章 汽车检测站	4	第6章 汽车电源系统和起动系统故障诊断	4
第3章 发动机检测与诊断	16	第7章 汽车巡航控制系统和安全气囊系统故障诊断	4
第4章 汽车底盘检测与诊断	16		

在本书的编写过程中,呼和浩特市汽车检测站王宪高级工程师、巴彦淖尔市汽车检测站宋子君高级工程师提供了大量资料,在此表示感谢。

由于编者水平有限,书中难免存在不妥之处,恳请读者给予批评指正。

2008年5月

目 录

第1章 汽车检测与诊断基础	1
1.1 汽车检测与诊断技术概述	1
1.1.1 基本概念及术语	1
1.1.2 汽车检测与诊断的意义、 目的和类型	2
1.1.3 汽车诊断的方法及特点	3
1.1.4 汽车检测与诊断技术的 发展概况	4
1.2 汽车故障及诊断分析方法	4
1.2.1 汽车故障及其主要类型	5
1.2.2 汽车故障的形成	5
1.2.3 汽车技术状况的变化 规律	9
1.2.4 故障树分析法	10
1.3 汽车检测与诊断的基础知识	14
1.3.1 检测系统的基本组成	14
1.3.2 智能化检测设备简介	15
1.3.3 检测设备的使用、维护和 故障处理	18
1.4 汽车检测与诊断的基础理论	19
1.4.1 诊断参数	20
1.4.2 诊断参数标准	23
1.4.3 诊断周期	25
小结	26
习题	27
第2章 汽车检测站	29
2.1 汽车检测站概述	29
2.1.1 检测站的任务	29
2.1.2 检测站的类型	29
2.1.3 检测站的组成和工位 布置	31
2.1.4 汽车检测站各工位的设备 及检测项目	34
2.2 汽车检测站检测工艺	41
2.2.1 检测站工艺路线	41
2.2.2 检测工艺程序	43
2.3 汽车检测线的控制系统	48
2.3.1 控制系统的功能和要求	48
2.3.2 控制系统的组成	49
2.3.3 控制系统的控制方式	50
2.3.4 微机控制系统的使用 方法	51
小结	53
习题	54
第3章 发动机检测与诊断	55
3.1 发动机功率检测	55
3.1.1 发动机功率测试方法	55
3.1.2 无负荷测功原理及测试 方案	56
3.1.3 无负荷测功仪的使用 方法	59
3.1.4 单缸功率检测	60
3.1.5 发动机综合性能检测仪 及其使用	61
3.2 气缸密封性检测	66
3.2.1 气缸压缩压力检测	66
3.2.2 气缸漏气量(率)检测	72
3.2.3 进气管真空度检测	75
3.2.4 曲轴箱窜气量检测	77
3.3 汽油机燃油供给系统检测与 故障诊断	79
3.3.1 汽油机混合气质量检测	79
3.3.2 汽油泵的检测	80
3.3.3 电控喷油信号和燃油压力 的检测	81
3.3.4 燃油消耗量检测	83
3.3.5 电控汽油机燃油供给系统 常见故障诊断	83
3.4 柴油机燃油供给系统检测与 故障诊断	86
3.4.1 柴油机混合气质量检测	86

3.4.2 喷油压力波形分析	86	4.3.1 转向轮定位检测	175
3.4.3 供油正时检测	91	4.3.2 四轮定位检测	180
3.4.4 喷油器技术状况检测	93	4.3.3 转向盘自由转动量和 转向力检测	186
3.4.5 柴油机燃油供给系统 常见故障诊断	94	4.3.4 转向系统常见故障诊断 ...	188
3.5 点火系统检测与故障诊断	101	4.4 车轮平衡度检测	195
3.5.1 点火电压波形检测与 分析	101	4.4.1 基本知识	195
3.5.2 点火正时检测	105	4.4.2 车轮平衡机的类型和 检测原理	196
3.5.3 点火系统常见故障 诊断	107	4.4.3 车轮不平衡检测原理	198
3.6 润滑系统检测与故障诊断	115	4.4.4 车轮不平衡检测方法	199
3.6.1 机油压力检测	115	4.5 制动系统检测与故障诊断	201
3.6.2 机油消耗量检测	115	4.5.1 汽车制动性能诊断参数 和标准	201
3.6.3 机油品质检测与分析	116	4.5.2 汽车制动性能的检测 方法	204
3.6.4 润滑系统常见故障 诊断	124	4.5.3 制动系统常见故障及其 诊断与排除	222
3.7 冷却系统常见故障诊断	127	4.6 悬架装置检测与故障诊断	230
3.8 发动机异响诊断	130	4.6.1 悬架装置工作性能的 检测方法	230
3.8.1 发动机异响的性质和 特征	130	4.6.2 共振式悬架装置检测台的 结构与工作原理	232
3.8.2 发动机异响诊断仪	132	4.6.3 诊断参数标准	232
3.8.3 异响诊断方法	134	小结	233
3.8.4 配气相位的动态检测	139	习题	234
小结	140	第5章 汽车综合性能检测	236
习题	141	5.1 车速表检测	236
第4章 汽车底盘检测与诊断	143	5.1.1 车速表误差的形成与 测量原理	236
4.1 底盘输出功率检测	143	5.1.2 车速表试验台的结构与 工作原理	237
4.1.1 底盘测功试验台的结构与 工作原理	143	5.1.3 车速表的检测方法	239
4.1.2 底盘测功试验台的 使用方法	151	5.1.4 检验标准	240
4.2 传动系统检测与故障诊断	152	5.2 前照灯检测	240
4.2.1 传动系统功率损失和传动 效率的检测	153	5.2.1 汽车前照灯光学 基础知识	240
4.2.2 离合器滑转检测	154	5.2.2 检测项目和标准	244
4.2.3 传动系统游动角度 检测	155	5.3 汽车排放污染物检测	249
4.2.4 传动系统常见故障及 诊断	157	5.3.1 汽车排放污染物的主要成分 及其危害	249
4.3 转向系统检测与故障诊断	175		

5.3.2 检测标准	251	6.1.2 蓄电池的一般检查	278
5.3.3 汽油车怠速污染物 检测	253	6.1.3 蓄电池电解液和极板 故障诊断	282
5.3.4 柴油车自由加速烟度 检测	258	6.2 汽车发电机及电压调节器 故障诊断	284
5.3.5 四气体与五气体检测	261	6.2.1 汽车发电机技术状况 检测	284
5.4 汽车噪声检测	261	6.2.2 汽车发电机常见故障及 诊断	285
5.4.1 噪声及其危害	261	6.2.3 电压调节器技术状况 检测	289
5.4.2 噪声的一般概念	262	6.3 汽车起动系统故障诊断	290
5.4.3 检测标准	263	6.3.1 汽车起动机的性能试验 ...	290
5.4.4 声级计的组成与工作 原理	264	6.3.2 汽车起动机常见故障现象 及其诊断	292
5.5 汽车侧倾稳定性检验	265	小结	296
5.5.1 侧倾试验台的基本 组成	265	习题	296
5.5.2 侧倾试验台的使用 方法	266	第 7 章 汽车巡航控制系统和安全 气囊系统故障诊断	298
5.5.3 诊断参数标准	270	7.1 汽车巡航控制系统故障诊断	298
5.6 客车防雨密封性检测	271	7.1.1 汽车巡航控制系统的 基本原理	298
5.6.1 淋雨设备的组成和工作 原理	271	7.1.2 巡航控制系统的故障 诊断	305
5.6.2 试验条件及参数	272	7.2 汽车安全气囊系统故障诊断	309
5.6.3 客车防雨密封性的检测 方法	272	7.2.1 汽车安全气囊系统的 基本原理	309
5.6.4 客车防雨密封性限值	273	7.2.2 安全气囊系统的故障 诊断	311
小结	273	小结	317
习题	274	习题	318
第 6 章 汽车电源系统和起动系统 故障诊断	276	参考文献	319
6.1 汽车蓄电池故障诊断	276		
6.1.1 蓄电池的常见故障及 其原因	276		

第1章 汽车检测与诊断基础

教学提示：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，检测诊断的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、诊断周期和检测系统都是汽车检测诊断技术的基础。

教学要求：本章重点是让学生了解汽车检测与诊断技术的方法与特点、目的、意义以及发展概况；理解汽车检测诊断常用的术语以及汽车故障及其诊断的分析方法；掌握汽车检测与诊断的基础知识和基础理论，特别是诊断参数、诊断参数标准和诊断周期的概念及其选择和确定方法。

汽车在使用过程中，随着行驶里程的增加，其技术状况会逐渐变差，出现使用可靠性下降、故障率上升等不良现象；汽车检测与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。可以说汽车检测与检测技术是汽车工业不可缺少的重要组成部分。

1.1 汽车检测与诊断技术概述

汽车检测与检测技术包括汽车诊断技术和汽车检测技术。汽车诊断主要是针对汽车故障而言，汽车检测主要是针对汽车使用性能而言。

1.1.1 基本概念及术语

汽车诊断是在汽车不解体(或仅卸下个别零、部件)的条件下，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) 故障现象。故障的具体表现。
- (4) 故障树。表示故障因果关系的分析图。
- (5) 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。
- (6) 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。
- (7) 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。
- (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。
- (10) 汽车检测站。从事汽车检测的事业性或企业性机构。

1.1.2 汽车检测与诊断的意义、目的和类型

1. 汽车检测与诊断技术的意义

汽车检测与诊断技术具有极其重要的现实意义。

(1) 汽车检测与诊断技术是改革汽车维修制度、实行视情维修的必要手段。

传统的汽车维修方式是采用“事后修理”和定期强制维护。事后修理是在汽车出现了故障后进行的修理,这种方式隐含着对人身安全的威胁和造成重大机械事故的危机。定期强制维护具有一定的盲目性,往往会造成扩大作业范围、破坏配合特性的不良现象。在汽车检测诊断技术水平十分低下的条件下,这两种维修方式是可行的。随着汽车设计水平的提高和制造工艺的改进,汽车使用寿命已大大延长,传统的维修方式已不能适应目前的形势。目前,“视情维修”制度得到广泛采用,它能最大限度地发挥零件的使用潜力,减少不必要的拆卸,大大地提高了机器的可靠性和使用经济效益。显然,如果没有一定的检测诊断技术,要实现视情维修是不可能的。

我国交通部在《汽车运输业车辆技术管理规定》中指出:“车辆修理应贯彻视情修理的原则,即根据车辆检测诊断和鉴定的结果视情按不同的作业范围和深度进行,既要防止拖延修理造成车况恶化,又要防止提前修理造成的浪费。”“各地交通运输管理部门和运输单位应积极推广检测诊断技术。”

(2) 发展汽车检测与诊断技术是提高维修效率、监督维修质量的迫切需要。

随着汽车工业的发展,汽车保有量迅猛增长。目前,我国汽车年产量已达到 900 多万辆。汽车保有量的增加,使得维修任务相应加大;从另一方面来看,汽车结构日益复杂,电子控制技术和液压控制技术在汽车上的应用不断增多,单纯凭经验进行汽车维修已不能满足现代汽车技术要求。车辆结构的复杂化,也使故障诊断的地位越来越重要。

在车辆技术保障中,汽车检测与诊断是一个重要的环节。没有检测诊断技术,车辆的技术状况就不能迅速地恢复,车辆维修保障体制就只会停留在传统的维修方式上。另外,利用汽车检测技术,也可以对汽车维修质量的优劣进行迅速、准确地评价。

(3) 加强汽车安全环保检测,是保证行车安全和减少排放污染的有效手段。

随着机动车保有量的逐年增加,公路交通事故和对环境的污染已成为越来越不可忽视的社会问题。据统计,2007 年我国共发生道路交通事故 32.72 万起,造成约 8.2 万人死亡、38 万人受伤,直接财产损失 12 亿元;城市环境空气的污染主要来自机动车的尾气排放。

我国相关法律法规规定,在用机动车必须定期到公安部门委托的机动车辆安全技术检测站进行安全环保检测。通过检测可以对机动车的技术状况做出准确的判断,发现问题及时维修,保证行车安全和减少排放污染。

2. 检测与诊断的目的

汽车检测与诊断有两个不同的目的。一是对显现出故障的汽车,通过检测与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;二是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,以决定汽车是否能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与诊断和汽车维修前及维修过程中的检测与诊断,属于前一

种检测与诊断；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与诊断、综合性能检测与诊断，则属于后一种检测与诊断。

3. 检测与诊断的类型

根据检测与诊断的目的，汽车检测与诊断可分为以下类型。

1) 安全环保检测

对汽车实行定期和不定期的安全环保检测与诊断，其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与诊断，其目的是在汽车不解体的情况下，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与诊断

根据交通部《汽车运输业车辆技术管理规定》的要求，汽车定期检测与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；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；在汽车维修过程中，利用设置在某些工位上的诊断设备，可使检测与诊断和调整、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与诊断，并对维修质量进行检验。

1.1.3 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：一是传统的人工经验诊断法；二是利用现代仪器设备诊断法。

1. 人工经验诊断法

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。这种方法具有不需要专用仪器设备可随时随地应用，具有投资少、见效快等优点。但是，该方法也有诊断速度慢、准确性差、不能进行定量分析以及要求诊断者具有丰富的实践经验和较高的技术水平等缺点。

2. 现代仪器设备诊断法

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。该方法可在汽车不解体的情况下，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、需占用固定厂房等。

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。

1.1.4 汽车检测与诊断技术的发展概况

初期的汽车检测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。在汽车检测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,所占比重越来越大,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中,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出现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,特别是对高速行驶下的安全性能提出了更高的要求。这些情况使得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。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进行显示。

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、实用的仪器设备可供利用;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。可见,人工经验诊断法虽有一定的缺点,但在某些方面仍是仪器设备诊断所不能代替的。

1.2 汽车故障及诊断分析方法

在汽车使用过程中,由于汽车本身缺陷和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。

1.2.1 汽车故障及其主要类型

汽车某装置或机构发生故障是指其功能的丧失或性能的降低。例如,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. 按照故障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。例如,供油系气阻使供油中断而造成的功能丧失为间断性故障。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,属于永久性故障。

2. 按照故障发生快慢可分为突发性故障和渐发性故障

突发性故障是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的,常对应有一个逐渐发展的过程,能够通过早期诊断来预测。例如,车轮掉入坑中使钢板弹簧折断具有突发性质,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。例如,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,常常具有突发性质,可见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。

1.2.2 汽车故障的形成

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5类。

1) 磨料磨损

物质表面与硬质微粒或硬质凸出物(包括硬金属)相互摩擦引起表面材料损失的现象称为磨料磨损。磨料磨损是最常见的,同时也是危害最为严重的磨损形式。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。为此,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,可大大减小磨料磨损。

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。

2) 粘着磨损

摩擦副相对运动时,由于固相焊合作用的结果,造成接触面金属损耗的现象称为粘着磨损。粘着磨损是相互作用的摩擦副间产生表面物质焊合、剪断和转移的磨损,干摩擦和在润滑不良条件下工作的滑动摩擦副容易产生粘着磨损,严重时会使摩擦副咬死而停止运动。

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,而塑性变形增大,材料强度降低又使得摩擦副间的润滑油膜遭到破坏,从而进一步加剧了摩擦过程,使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。为此,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。

3) 表面疲劳磨损

两个接触表面在交变接触压应力的作用下,材料表面因疲劳而产生物质损失的现象称为表面疲劳磨损。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

零件表面在摩擦过程中,其表面金属与周围介质发生化学或电化学反应而出现物质损失的现象称为腐蚀磨损。腐蚀磨损是腐蚀和摩擦共同作用的结果。其表现的状态与介质的性质、介质作用在摩擦表面上的状态以及摩擦材料的性能有关。

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,从而使腐蚀向深处发展。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的影响。钢在不同腐蚀介质中的腐蚀磨损速度如图 1.1 所示。

5) 微动磨损

两个接触表面间没有宏观相对运动,但在外界变动负荷影响下,由小振幅(一般小于 $100\mu\text{m}$)的相对运动,使接触表面产生大量的微小氧化物磨损粉末,从而造成的磨损成为微动磨损。微动磨损是一种复合形式的磨损,是粘着磨损、氧化磨损、磨料磨损 3 种磨损形式的组合,微小振幅和氧化作用是促进微动磨损的主要因素。影响微动磨损的因素有材料的性能、滑动距离、载荷、振动频率和振幅等。

通常在静配合的轴与孔表面,某些片式摩擦离合器内外摩擦片的接合面上,以及一些受振动影响的联接件(如花键、销、螺钉)的接合面上都可能出现微动磨损。微动磨损造成摩擦表面有较集中的小凹坑,使配合精度降低。更严重的是在微动磨损处引起应力集中,导致零件疲劳断裂。

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,虽然经过人工时效除去了大部分内应力,但仍有部分内应力残存下来。如厚薄不同的铸件冷却时,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。在厚薄不均的接触面处,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。如图 1.2 所示为碳钢的屈服点随温度而变化的情况。图中, w_c 为碳钢中碳的质量分数。

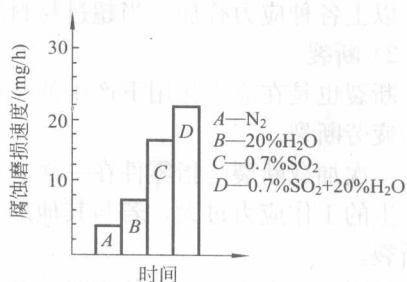


图 1.1 钢在不同腐蚀介质中的腐蚀磨损速度

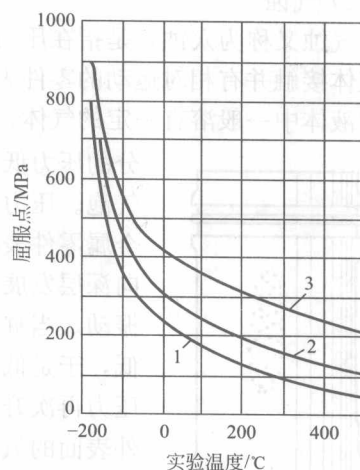


图 1.2 碳钢屈服点随温度而变化的情况

1— $w_c=0.04\%$; 2— $w_c=0.12\%$;
3— $w_c=0.5\%$

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。

一次加载断裂是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,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。例如,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等。

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

蚀损是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

腐蚀是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、部件有燃油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

气蚀又称为穴蚀,是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,气泡破裂产生压力波,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所示为被气蚀后的柴油机缸筒外壁。

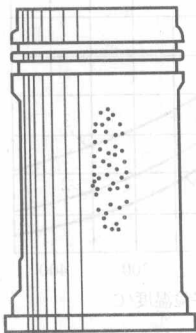


图 1.3 被气蚀后的柴油机缸筒外壁

3) 侵蚀

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侵蚀。易发生侵蚀的零、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。

老化是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;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。

失调是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。

1.2.3 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,其技术状况逐渐变坏,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,延长汽车使用寿命。

图 1.4 所示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 3 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、几何形状偏差和零件的装配误差,而使该阶段磨损速率较大; L_2 为正常工作阶段,零件经磨合形成光滑摩擦表面后,磨损速率大大降低,磨损量随汽车行驶里程增加而缓慢增长; L_3 为磨损量达到极限值后的零件磨损期称为耗损磨损期。此阶段的磨损加剧,故障增加,工作能力急剧下降。若能够注意汽车的合理使用和及时维护修理,可使初期磨损量减小,正常工作阶段的磨损速率下降,磨损量达到极限值时的行驶里程增长,从而也就延长了汽车的使用寿命,如图 1.4 中虚线所示。

与之相类似,汽车运用性能随使用时间或行驶里程的变化曲线如图 1.5 所示。汽车初始性能是在汽车生产制造时确定的,在使用过程中,随着使用时间和行驶里程的增长,汽车使用性能指数规律下降。合理运用和及时维护汽车,可使性能的下降速率减小,从而使