

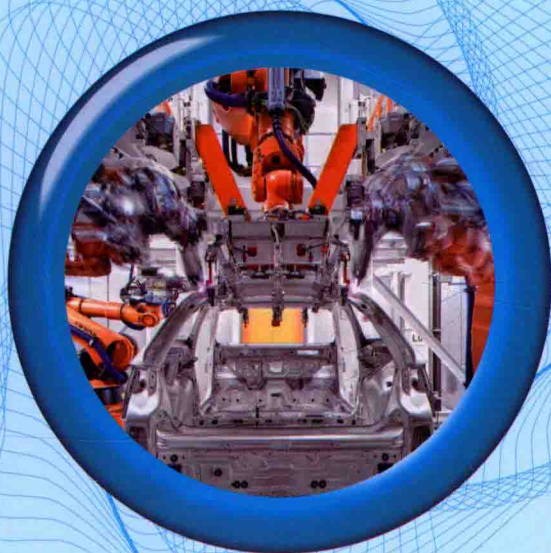


普通高等教育汽车类专业规划教材

Qiche Jiance yu Zhenduan  
**汽车检测与诊断**

崔淑华◎主 编

李 冰 苏清源◎副主编



电子课件下载

[www.ccpres.com.cn](http://www.ccpres.com.cn)



人民交通出版社股份有限公司  
China Communications Press Co., Ltd.

普通高等教育汽车类专业规划教材

Qiche Jiance yu Zhenduan  
**汽车检测与诊断**

崔淑华 主 编

李 冰 苏清源 副主编

常州大学图书馆  
藏书章



人民交通出版社股份有限公司  
China Communications Press Co., Ltd.

## 内 容 提 要

本书为普通高等教育汽车类专业规划教材。主要内容有:概论、发动机技术状况检测与诊断、汽车底盘技术状况检测与诊断、汽车安全与环保性能检测。在本书编写过程中,注重汽车检测诊断技术的发展和实际应用、汽车工程技术人才理论与专业知识的基本需求,力求教材精炼而适用。

本书可作为高等院校车辆工程、汽车服务工程和交通运输等汽车工程类专业的学生使用,也可作为国内汽车相关专业技术人员的学习和职工培训的参考教材。

### 图书在版编目(CIP)数据

汽车检测与诊断 / 崔淑华主编. —北京:人民交通出版社股份有限公司, 2017. 12

普通高等教育汽车类专业规划教材

ISBN 978-7-114-14263-5

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

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 252953 号

书 名: 汽车检测与诊断

著 者: 崔淑华

责任编辑: 李 良

出版发行: 人民交通出版社股份有限公司

地 址: (100011)北京市朝阳区安定门外外馆斜街3号

网 址: <http://www.ccpres.com.cn>

销售电话: (010)59757973

总 经 销: 人民交通出版社股份有限公司发行部

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京市密东印刷有限公司

开 本: 787×1092 1/16

印 张: 16

字 数: 373 千

版 次: 2017年12月 第1版

印 次: 2017年12月 第1次印刷

书 号: ISBN 978-7-114-14263-5

定 价: 36.00 元

(有印刷、装订质量问题的图书由本公司负责调换)

# 前言

## PREFACE



本书结合汽车工程相关专业人才培养的目标与需求,结合汽车工业、汽车检测诊断与维修行业、道路运输行业发展的现状和趋势,考虑汽车检测与诊断相关国家和行业标准的更新,在总结多年教学与科研工作经验的基础上而编写。

本书共四章,内容包括概论、发动机技术状况检测与诊断、汽车底盘技术状况检测与诊断、汽车安全与环保性能检测。在编写过程中,注重汽车检测诊断技术的发展和实际应用、汽车工程技术人才理论与专业知识的基本需求,力求精练而适用。

本书由东北林业大学崔淑华教授任主编,东北林业大学李冰、黑龙江省工程学院苏清源任副主编。崔淑华编写第一章、第二章第一节和第二节、第三章第五节、第四章;李冰编写第三章第一节至第四节;苏清源编写第二章第三节至第七节。东北林业大学研究生徐凤娇、李仁波、公彦峰、马煜森、迟云超参与了本书的资料收集整理等基础工作。

本书适用于车辆工程、汽车服务工程和交通运输等汽车工程类专业的学生使用。也可作为国内汽车相关专业技术人员的学习和职工培训的参考教材。

作者在编写过程中参考和借鉴了许多专家的教材、著作和相关资料,得到了同行和人民交通出版社股份有限公司的支持,在此一并表示衷心的感谢。由于时间仓促及作者水平有限,书中难免有错误和疏漏之处,恳请读者和同仁批评指正。

编者

2017年8月

# 目录

# CONTENTS



第一章 概论 .....	1
第一节 汽车检测与诊断概述 .....	1
第二节 汽车检测与诊断基础 .....	7
复习题 .....	16
第二章 发动机技术状况检测与诊断 .....	17
第一节 发动机功率检测与诊断 .....	17
第二节 发动机汽缸密封性检测与诊断 .....	23
第三节 发动机点火系统的检测与诊断 .....	30
第四节 汽油机燃油供给系统的检测与诊断 .....	40
第五节 柴油机燃油供给系统的检测与诊断 .....	47
第六节 发动机润滑系统的检测与诊断 .....	58
第七节 发动机起动系统与冷却系统的检测与诊断 .....	67
复习题 .....	73
第三章 汽车底盘技术状况检测与诊断 .....	74
第一节 汽车底盘输出功率检测 .....	74
第二节 汽车传动系统的检测与诊断 .....	82
第三节 汽车转向系统检测与诊断 .....	114
第四节 汽车制动系统的检测与诊断 .....	126
第五节 汽车行驶系统检测与诊断 .....	150
复习题 .....	180
第四章 汽车安全与环保性能检测 .....	182
第一节 汽车排放污染物检测 .....	182
第二节 汽车前照灯检测 .....	206
第三节 汽车车速表指示误差检测 .....	222
第四节 汽车噪声和喇叭声级检测 .....	227
第五节 汽车电子控制防滑转系统的检测与诊断 .....	239
复习题 .....	245
参考文献 .....	247

# 第一章 概 论

汽车检测与诊断是确定汽车技术状况、查明故障部位及原因的过程,它以检测技术为基础,辅以人工智能进行汽车技术状态和故障的识别、判断和预测。汽车检测与诊断的结果,可以为汽车的合理使用、维护、修理提供科学的技术依据。汽车检测与诊断是涵盖汽车检测、故障诊断的方法和手段等的综合性技术,包括检测设备的研制、诊断参数的确定、检测方法的制定、汽车故障的分析、汽车技术状态的预测等多方面的内容。

## 第一节 汽车检测与诊断概述

### 一、基本术语

(1) 汽车检测与诊断。在汽车不解体(或仅拆卸个别零部件)的条件下,依据汽车检测原理和方法、汽车故障分析与诊断理论,借助仪器设备等手段,确定汽车技术状况及故障部位、原因的活动。

汽车检测是对汽车技术状况或工作能力的检查和测试,主要是针对汽车的使用性能而言。

汽车诊断是确定汽车故障的部位及原因的检查、测试与分析,主要是针对汽车故障而言。

(2) 汽车故障。汽车零部件或总成,部分或完全丧失工作能力的现象。

(3) 故障树。是把故障作为一种事件,按其故障原因进行逻辑分析的树状图形。

(4) 故障率。行驶到某里程的汽车,在该里程之后单位里程内发生故障的概率。

(5) 诊断参数。供诊断使用的、表征汽车、总成及机构技术状况的指标。

(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) 诊断周期。汽车诊断的间隔期,以汽车的行驶里程或使用时间表示。

(8) 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之总和。

(9) 汽车检测站。是综合运用现代检测技术,对汽车进行不解体检查和性能测试与分析等工作机构。

(10) 汽车维护。为维持汽车完好技术状况或工作能力而进行的作业。

### 二、汽车检测与诊断的目的与方法

#### 1. 汽车检测与诊断的目的

汽车检测与诊断的目的是在不解体(或仅拆卸个别零部件)的情况下,确定车辆的技术状况和工作能力、查明故障部位、故障原因,为汽车的继续运行或维修提供依据。包括以下两个方面:



(1)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以及标准相差的程度,以决定汽车是否能够继续上路行驶或采取何种措施延长汽车的使用寿命;如汽车实行定期或不定期的安全环保检测与诊断、综合性能的检测与诊断,就属于这方面的检测与诊断。

(2)对汽车出现的故障进行检测与诊断。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;汽车运行中的故障检测与诊断、汽车维修前及维修过程中的检测与诊断,属于这方面的检测与诊断。

## 2. 汽车检测与诊断的基本方法

汽车的检测与诊断包括对汽车进行检查、测试、分析、判断等一系列活动。其方法主要分为人工经验诊断法、仪器设备诊断法、车载系统自诊断法。

(1)人工经验诊断法。是指通过对车辆进行路试和整车或总成工作状态的观察,利用简单工具以及通过眼看、手摸、耳听等手段,凭借诊断人员经验和理论知识,对车辆技术状况进行定性分析或对故障部位和原因进行判断的方法。

人工经验诊断法的优点是不需专用仪器设备,可随时随地进行,资金投入少、诊断速度快;缺点是准确度不高、无法定量分析,而且对诊断人员的经验依赖性强,要求诊断人员有丰富的实践经验和较高的技术水平。

(2)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一种现代诊断方法,它是在不解体情况下,利用专用仪器和设备对汽车、总成或机构进行测试,获取汽车的各种数据,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或确定汽车故障的部位和原因。

仪器设备诊断法的优点是不需要解体、诊断速度快、准确性高、能定量分析;缺点是需要的资金投入较大、需具备固定的作业空间及基本设施。该方法适用于汽车检测站、大型维修企业和汽车4S店的维修车间等。

(3)车载系统自诊断法。是利用汽车电控单元(ECU)的自诊断功能进行故障诊断的方法。自诊断功能就是利用车载检测电路来检测传感器、执行器以及微处理器的各种实际参数,并将其与存储器中的标准数据进行比较,从而判定系统是否存在故障。当判定系统存在故障时,电控单元将故障信息以故障码的形式存入存储器,并在汽车的仪表板上显示相应的闪烁信号。自诊断法需要通过一定的操作方式,把汽车电控系统中电控单元的故障码提取出来,然后通过查阅相应的故障码来确定故障的部位和原因。

## 三、汽车检测站

### 1. 汽车检测站发展概况

汽车检测站是综合运用现代检测技术,对汽车进行不解体(或仅拆卸个别零部件)检查和性能测试与分析的工作机构。20世纪80年代,随着我国机动车保有量迅速增加,保证车辆运行安全、节约能源和降低环境污染成为重要课题,汽车检测与诊断技术的应用成为推进汽车维修领域实现现代化管理的一项重要技术措施,国家交通部门首先开始有计划的在全国公路运输系统筹建汽车综合性能检测站。20世纪90年代初,除交通、公安两部门外,其他行业和部分大专院校也建成了汽车综合性能检测站。进入21世纪,国内汽车检测站已实现

网联化。《机动车安全技术检验业务信息系统及联网规范》(GB/T 26765—2011)颁布实施以来,汽车检测站控制系统经升级改造,实现了检测设备联网、检测过程自动控制、检测数据及时存储和检测报告自动生成打印等功能。

## 2. 汽车检测站的分类和功能

汽车检测站依据服务功能可分为安全检测站、环保检测站、维修检测站和综合性能检测站;汽车综合性能检测站按职能又可分为A级站、B级站和C级站。检测站的检测线按自动化程度可分为手动式、全自动式和半自动式三种类型。

### 1) 汽车安全检测站

汽车安全检测站是指在中华人民共和国境内,依法接受委托,从事机动车安全技术检验,并向社会出具公正数据的技术机构。它是国家的执法机构,而不是营利性企业。质量技术监督部门负责对机动车安全技术检验机构实行资格管理和计量认证管理,对机动车安全技术检验设备进行检定,对执行国家机动车安全技术检验标准的情况进行监督。机动车安全技术检验项目由国务院公安部门会同国务院质量技术监督部门规定。

汽车安全检测站通常有一条至数条安全环保检测线。它根据国家的相关法规、标准和管理规定,定期检测车辆中与安全和环保相关的项目,以保证汽车安全行驶。但是它不进行具体的故障诊断与分析,其检测结果只有“合格”和“不合格”,而不作具体数据显示和故障分析,因此检测速度快,效率高。

《机动车安全技术检验项目和方法》(GB 21861—2014)规定的汽车安全主要检测项目见表1-1。

机动车安全技术检验项目和方法

表 1-1

序号	检 验 项 目		检 验 方 法
1	车辆唯一性检查	号牌号码/车辆类型	目视比对检查,目视难以清晰辨别时使用内窥镜等工具;有条件时,可使用能自动识别车辆识别代号、发动机号码的仪器设备
		车辆品牌/型号	
		车辆识别代号(或整车出厂编号)	
		发动机号码(或电动机号码)	
		车辆颜色和外形	
2	联网查询		利用联网信息系统查询车辆事故/违法信息
3	车辆特征参数检查	外廓尺寸	用长度测量工具测量,大中型货车、专项作业车、挂车应使用自动测量装置
		轴距	用长度测量工具测量;有条件时,可使用自动测量装置
		整备质量	用地磅或轴(轮)重仪等装置称量
		核定载人数	目视检查,目测座椅宽度、深度及驾驶室内部宽度等参数偏小时,使用量具测量相关尺寸
		栏板高度	用钢尺等长度测量工具测量
		后轴钢板弹簧片数	目视检查
		客车应急出口	目视检查,目测应急出口尺寸偏小的,使用长度测量工具测量相关尺寸
		客车乘客通道和引道	目视检查,目测通道、引道偏窄或高度不符合要求时,使用通道、引道测量装置检查
		货厢	目视检查,目测货厢有超长、超宽、超高嫌疑时,使用长度测量工具测量相关尺寸





续上表

序号	检 验 项 目		检 验 方 法
4	车辆外观检查	车身外观	目视检查,对封闭式货厢的货车、挂车应打开车厢门检查,目测有疑问时,使用透光率计、钢尺、手锤、铁钩及照明器具等工具测量相关参数
		外观标识、标注和标牌	目视检查,目测字高偏小时,使用长度测量工具测量相关尺寸
		外部照明和信号装置	目视检查并操作
		轮胎	目视检查轮胎规格/型号,目测胎压不正常、轮胎胎冠花纹深度偏小时,使用轮胎气压表、花纹深度计等测量工具测量相关参数
		号牌及号牌安装	目视检查,目测号牌安装位置、形式,有疑问时,使用长度测量工具测量相关尺寸
		加装/改装灯具	目视检查
5	安全装置检查	汽车安全带	目视检查并操作
		机动车用三角警告牌	目视检查
		灭火器	目视检查
		行驶记录装置	目视检查,目测显示功能异常有疑问时,使用专用检验仪器
		车身反光标识	目视检查,目测逆反射系数偏小时,使用专用检验仪器
		车辆尾部标志板	目视检查,目测逆反射系数偏小时,使用专用检验仪器
		侧后防护装置	目视检查,目测防护装置单薄、安装不规范时,使用长度测量工具
		应急锤	目视检查
		急救箱	目视检查
		限速功能或限速装置	审查机动车产品公告、机动车出厂合格证、产品使用说明书等技术凭证资料
		防抱死制动装置	打开电源,观察“ABS”指示灯,对于半挂车检查相关装置
		辅助制动装置	操作驾驶区内操纵开关,有疑问时检查相关装置
		盘式制动器	目视检查
		紧急切断装置	目视检查
		发动机舱自动灭火装置	目视检查
手动机械断电开关	目视检查,有疑问时操作开关,观察是否断电		
副制动踏板	目视检查,有疑问时踩下踏板,判断踏板工作是否正常		
校车标志灯和校车停车指示标志牌	目视检查		
危险货物运输车标志	目视检查		



续上表

序号	检 验 项 目		检 验 方 法	
6	底盘动态检验	制动系	以不低于 20km/h 的速度正直行驶,双手轻扶转向盘,急踩制动踏板后迅速放松	
		转向系	起步并行驶 20m 以上,通过检验员操作车辆,利用目视、耳听、操作感知等方式检查。对转向盘最大自由转动量和转向力有疑问时,使用转向盘转向力—转向角检测仪测量相关参数	
		传动系		
		仪表和指示器	检验过程中,观察仪表和指示器	
7	车辆底盘 部件检查	转向系部件	车辆停放在地沟上方的指定位置,使用专用手锤等工具检查,并由驾驶室操作人员配合;大中型客车、大中型货车、专项作业车、挂车检查时应使用底盘间隙仪	
		传动系部件		
		行驶系部件		
		制动系部件		
		其他部件		
8	仪器设备检验	行车 制动	空载制动率	采用滚筒反力式制动检验台、平板制动检验台、便携式制动性能测试仪等检验
			空载制动不平衡率	
			加载轴制动率	
			加载轴制动不平衡率	
		驻车制动		
	前照灯	远光发光强度	采用前照灯检测仪检验	
		远近光光束垂直偏移		
		车速表指示误差		采用车速表检验台检验
	转向轮横向侧滑量	采用侧滑检验台检验		

注:所有检验项目应一次检验完毕,出现不合格项时,应继续进行其他项目的检验,但无法继续进行检验的项目除外。

仪器设备检验时,除检验员外可再乘坐一名送检人员或随车人员。

## 2) 汽车环保检测站

环保检测站是指对在用机动车进行排放污染物定期检测的机构。环保检测站必须依法取得环境保护行政主管部门的委托,能够执行国家及地方颁布的机动车排放标准。根据是否具备简易工况法检测能力,环保检测站分为 A 类环保检测站和 B 类环保检测站。

## 3) 汽车维修检测站

维修检测站一般由汽车运输企业或汽车维修企业建立,主要是从车辆维护和修理的角度,对汽车进行性能的检测、故障的诊断和维修质量的监测。在汽车维修前,检测站通过对汽车技术状况的检测和故障诊断,可以确定汽车维护的附加作业、小修项目以及是否需要大修;而在汽车维修中和维修后,通过检测可以监测汽车的维修质量。

## 4) 道路运输车辆综合性能检测站

综合性能检测站能按照规定的程序、方法,通过一系列技术操作行为,对在用道路运输车辆综合性能进行检测(检验)评价工作并提供检测数据和报告。它既能承担车辆安全环保



方面的检测任务,又能承担汽车运输企业、汽车维修企业等企事业单位的车辆技术状况诊断,还能承接科研单位、高等院校等委托的性能试验和参数测定。通常把检测汽车的安全性、可靠性、动力性、经济性和环保性五种主要性能的检测称为综合性能检测。道路运输车辆综合性能检测站的主要任务如下:

(1)对在用运输车辆的技术状况进行检测与诊断。

(2)对车辆维修质量进行监测。

(3)接受委托,对车辆改装、改造、报废及其有关新工艺、新技术、新产品、科研成果等项目进行检测,提供检测结果。

(4)接受公安、环保、商检、计量和保险等部门的委托,为其进行有关项目的检测并提供检测结果。

道路运输车辆综合性能检测站根据职能可分为 A 级站、B 级站和 C 级站,其中:

A 级站能够全面承担检测站的任务,即对汽车的安全性、动力性、经济性、可靠性、环保性进行全面的检测,而且还能鉴定汽车的技术状况和维修质量。检测内容包括制动、侧滑、灯光、转向、前轮定位、车速、车轮动平衡、底盘输出功率、燃油消耗、发动机功率和点火系统状况以及异响、变形、噪声、废气排放等状况;

B 级站能够承担在用车技术状况和车辆维修质量的检测和评定,检测内容包括汽车的侧滑、制动、转向、灯光、燃油消耗、车轮动平衡、点火系统状况、发动机功率以及异响、变形、噪声、废气排放等;

C 级站能够对在用汽车的技术状况进行检测,检测内容包括汽车的制动、侧滑、灯光、转向、轴重、燃油消耗、车轮动平衡、发动机功率以及异响、变形、噪声、废气排放等。道路运输车辆综合性能检测站的检测项目和检测参数见表 1-2。

道路运输车辆综合检测站检测项目和检测参数

表 1-2

检测项目	检测参数
唯一性认定	号牌号码、车身颜色、VIN 号、车厢栏板高度、车辆类型、发动机号、挂车架号、客座位(铺)位数、品牌型号、底盘号、外廓尺寸
故障信息诊断	发动机排放控制系统、防抱死制动装置(ABS)、电动助力转向系统(EPS)、其他与行车安全相关的故障信息
外观检查	助力转向传动带,空气压缩机传动带/齿轮箱,燃料供给管路与部件,车轮及螺栓、螺母,轮胎胎面状况,同轴轮胎规格和花纹,轮胎速度级别,轮胎气压,翻新轮胎的使用,子午线轮胎,备用轮胎,前照灯与远、近光光束变换,转向灯,示廓灯,危险报警闪光灯,雾灯,反射器与侧标志灯,货车车身反光标识和尾部标志板,绝缘层,蓄电池连接,绝缘护套、车门应急控制器、应急门、安全顶窗、应急窗开启、玻璃破碎装置、客车厢灯和门灯,外部和内部尖锐凸起物,货车车厢、车门、栏板、底板和栏板锁止机构,驾驶室车窗玻璃附加物及镜面反光遮阳膜,后视镜和下视镜,防炫目装置,安全带,侧面防护装置,后部防护装置保险杠,牵引装置和安全锁止机构,固定集装箱箱体的锁止机构,安全架与隔离装置,灭火器材,警示牌,停车楔,危货排气管,隔热和熄灭火星装置,危货切断总电源和隔离电火花装置,危货导静电拖地带,危货运输车辆标志及标识,危货罐体检验合格证明或报告、气瓶、可移动罐(槽)紧固装置

续上表

检测项目	检测参数
运行检查	起动性能,柴油发动机停机装置,发动机低、中、高速运转制动报警装置,气压制动弹簧储能装置,制动踏板,驻车制动装置,离合器,变速器,传动件异响,指示器与仪表,卫星定位系统车载终端,风窗刮水器,风窗洗涤器,除雾、除霜装置
性能检验	动力性,燃料经济性,制动性,排放性,悬架特性,前照灯,车速表指示误差,转向轮侧滑量,喇叭声级

## 第二节 汽车检测与诊断基础

### 一、汽车技术状况变化及汽车故障发生规律

#### 1. 汽车技术状况的变化

汽车技术状况是定量测得的表示某一时刻汽车外观和性能的参数值的总和。随着行驶里程的增加,汽车技术状况总体上呈现逐渐变差趋势,其动力性、经济性和可靠性下降。汽车技术状况一般分为渐变性变化和随机性变化。

##### 1) 汽车技术状况渐变性变化

渐变性变化是指汽车技术状况的变化随汽车行驶里程或工作时间呈单调变化,可用函数式表示其变化规律。其变化规律可用以下两种方式描述:

##### (1) $n$ 次多项式

$$y = a_0 + a_1L + a_2L^2 + \dots + a_nL^n \quad (1-1)$$

式中:  $y$ ——汽车技术状况参数值;

$L$ ——汽车工作状况参数,即汽车行程或汽车工作时间;

$a_0$ ——汽车技术状况的初始参数值;

$a_1, a_2, a_n$ ——待定系数。

在实际应用时, $n$ 次多项式中一般取第一至第四项,其计算精度已足够。

##### (2) 幂函数

$$y = a_0 + a_1L^b \quad (1-2)$$

式中: $a_1, b$ ——确定汽车技术状况变化程度的系数。

对于主要因零件磨损所引起的汽车技术状况参数的变化规律,可用幂函数加以描述。例如:汽车零件因磨损而导致的配合间隙变化量,冷却系统和润滑系统中沉淀物的积累值、润滑油消耗率及润滑油中机械杂质的含量等。

##### 2) 汽车技术状况随机性变化规律

随机性变化规律指的是汽车、总成出现故障或达到极限状态的时间是偶发的,没有严格的对应关系和必然的变化规律,对其变化过程独立地进行观察所得的结果呈现不确定性,但在大量重复观察中又具有一定的统计规律。



## 2. 汽车故障发生的规律

汽车结构日益复杂,故障诊断的地位越来越重要,对汽车故障进行准确迅速的诊断,可以有效地提高维修质量,保证汽车的可靠性及安全性,可以这样说,故障诊断技术已成为汽车维修工作的中心,只要判断正确,维修工作只是更换零部件和调整的过程。

汽车故障的发生规律是指汽车故障率随行驶里程的变化规律,汽车的故障率(失效率)是指使用到某行驶里程的汽车,在单位行驶里程内发生故障的概率。它是衡量汽车可靠性的一个重要指标。汽车故障率随行驶里程的增加分为三个阶段:

### 1) 早期故障阶段

相当于汽车的磨合期,因各总成和机构的初期磨损量较大,发生故障的可能性也较大,随着行驶里程的增加,故障率逐渐提高。

### 2) 偶发故障阶段

在偶发故障阶段,其故障的发生是随机的,故障的产生没有特定的原因,多是由于车辆使用不当、润滑不良、维护不及时、零件材料内部隐患、工艺和结构缺陷等某些偶然因素所致。在此时期内,汽车及总成处于最佳状态,故障率低而稳定。一般称其对应的行驶里程为汽车的有效寿命。

### 3) 故障频发阶段

在此阶段,由于零件的磨损量急剧增加,大部分零件老化、磨损、腐蚀、变形,特别是大多数受交变载荷作用极易磨损的零件,已经老化衰竭,因而故障率急剧上升,出现大量故障,若不及时维修,将导致汽车或总成报废。

## 二、汽车故障分类及形成原因

### 1. 汽车故障的分类

汽车零部件或总成,部分或完全丧失工作能力的现象即为汽车故障。其实质是汽车零件本身或零件之间的配合状态、性能发生了异常变化,导致汽车或总成功能的丧失或性能的降低。汽车故障按不同方法具有多种分类。

#### 1) 按故障持续时间可分为间断性故障和永久性故障

间断性故障是指仅在引发故障的原因短期存在的条件下而显现的故障,永久性故障是指只有在更换某些零部件、实施修理工作后才能使其排除的故障。例如:发动机供油系统产生气阻,发动机气门、针阀、柱塞的卡住现象属于间断性故障,发动机拉缸、抱轴、烧瓦现象属于永久性故障。

#### 2) 按故障发生的快慢可分为突发性故障和渐发性故障

突发性故障发生前无任何征兆,无法预测和诊断,其特点是故障的发生具有偶然性;渐发性故障则是由于零件磨损、疲劳、变形、腐蚀、老化等原因而引起技术状况的劣化,是逐渐发展的过程。渐发性故障可以通过早期诊断来进行预测。例如:车轮掉入坑中使钢板弹簧折断属于突发性故障;发动机汽缸磨损引起的敲缸现象属于渐发性故障。

#### 3) 按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

故障为潜在故障。例如:发动机无法起动、发动机起动困难、发动机动力不足、汽车制动跑偏、汽车的燃料经济性恶化等属于功能故障;发动机或传动系统异响、发动机过热、汽车前轴或传动轴出现裂纹但尚未扩展到极限程度,属于潜在故障。功能故障和潜在故障是可以并存的。

#### 4)按故障所在的系统可分为电气故障和机械故障

现代汽车电气故障又分为数字电路故障和模拟电路故障。数字电路故障的诊断理论发展迅速日趋成熟,目前已经有相当多的诊断程序和诊断设备投入实际应用,常用的是汽车电子控制系统诊断的解码器。数字电路故障目前可方便地通过专用检测诊断设备(如汽车解码器)进行高效快速的诊断。而汽车模拟电路故障诊断尚未建立完整的理论,还没有通用的诊断方法。模拟电路故障一般是借助经验或通过电路模拟得到故障征兆,然后通过测试进行确诊。汽车机械故障范围较广,通常是利用汽车运行过程中的二次效应所提供的信息,如温升、噪声、润滑油状态、振动及各种物理或化学特性的变化来进行诊断。

另外,汽车故障按故障造成后果的严重程度可分为轻微故障、一般故障、严重故障、致命故障。它还可分为人为故障和自然故障,人为故障是由于使用不当造成的,而自然故障是由于自然磨损、老化等因素造成的。

不同分类方法的故障现象是相互交叉的,而且随着故障的发展,一种类型的故障可以转化为另一种类型故障。

### 2. 汽车故障形成的基本原因

汽车故障的形成主要是由零件失效引起的。此外,设计上的缺陷、制造质量、维护修理、配件质量、燃料质量、不合理使用等均可导致故障产生。

#### 1)零件失效原因

失效是指零件失去本身所具有的功能。引起零件失效的原因包括:零件之间相互摩擦而产生的磨损;零件与有害物质接触而产生的腐蚀;零件在交变载荷作用下产生疲劳;零件在外载、温度和残余内应力作用下发生变形;橡胶及塑料等非金属零件和电气元件因长时间使用使材料受物理、化学和温度变化的影响而老化;由于偶然因素造成零件损伤等。这些原因造成零件原有尺寸、几何形状及表面质量发生改变,破坏了零件原来的配合特性和正确位置关系,从而引起汽车或总成技术状况变坏。除上述原因引起的失效形式外,汽车零部件失效形式还有失调、烧蚀、沉积等。

#### 2)零件失效和故障形成的因素

导致汽车故障形成或零件失效的主要因素为:工作条件恶劣、设计制造缺陷和使用维修不当三个方面。此外,外界环境(如道路、气候、季节等)和使用强度(如车速、载荷等)也是汽车故障发生和技术状况变化的影响因素。

(1)工作条件恶劣。汽车零件工作条件包括零件的受力状况和工作环境,绝大多数汽车零件是在动态应力作用下工作,使汽车零件承受冲击和交变应力,从而加速零件的磨损或变形而引发故障;汽车零件在不同的环境介质和不同的温度下工作,容易引起零件的腐蚀磨损、磨料磨损以及热应力引起的热变形、热疲劳等,从而引发故障。

(2)设计制造缺陷。它是汽车零件失效的主要原因之一,设计制造缺陷主要是因零件设计不合理、选材不当、制造工艺不良而存在的先天不足。如轴的台阶处过渡圆角过小。



(3)使用维修不当。汽车在使用过程中的超载、润滑不良、滤清效果不好、违反操作规程、汽车维护和修理不当等,都会引起汽车零件的早期损坏。

### 三、汽车检测诊断参数

#### 1. 汽车检测诊断参数的分类

供诊断用的表征汽车、总成及机构技术状况的指标称为汽车检测诊断参数。汽车检测诊断参数可通过直接测量或间接测量的方式获得,有些结构参数可以表征机构的技术状况,但在不解体情况下直接测量往往受到限制,如汽缸间隙、汽缸磨损量、各轴轴向间隙及磨损量、各齿轮啮合间隙及磨损量等。无法通过直接测量获得的参数,在检测诊断汽车技术状况时,需要采用与结构参数相关而又能表征技术状况的间接指标,而该间接指标即为诊断参数。汽车检测诊断参数分为以下三类:

##### 1) 工作过程参数

工作过程参数指汽车、总成及机构工作时输出的一些可供测量的物理量和化学量或者可以体现汽车或总成功能的参数。工作过程参数往往能表征诊断对象工作过程中总体技术状况。如发动机功率、制动距离等。

##### 2) 伴随过程参数

伴随过程参数指伴随汽车、总成或机构工作过程间接出现的一些可测量的参数,如振动、噪声、异响、过热等。伴随过程参数区别于表征汽车或机构总成功能的性能参数,是伴随工作过程输出的、与系统工作状况相关的物理量或化学量,往往能反映诊断对象技术状况的局部信息,常用于复杂系统的深入诊断。

##### 3) 几何尺寸参数

几何尺寸参数是诊断对象具体状态的表征,能反映诊断对象的具体结构要素是否满足要求,可反映汽车总成及机构中配合零件之间或独立零件的技术状况。例如,配合间隙、自由行程、圆度、圆柱度、端面圆跳动、径向圆跳动、车轮定位参数等。几何尺寸参数与其他参数配合使用,无论是在初步诊断还是深入诊断,均可对汽车技术状况的评价和故障诊断起到重要作用。

汽车常用诊断参数见表 1-3。

汽车常用诊断参数

表 1-3

诊断对象	诊断参数	诊断对象	诊断参数
汽车整车	最高车速	汽油机燃料供给系统	电喷发动机喷油器的喷油量
	加速时间		各缸喷油不均匀度
	最大爬坡度		喷油器的喷油压力
	汽车侧倾稳定角		供油压力
发动机	驱动车轮驱动力	曲柄连杆机构	汽缸压力
	额定转速		汽缸间隙
	额定功率		曲轴箱窜气量
	怠速转速		
	燃油消耗率		
	空燃比		
过量空气系数			



续上表

诊断对象	诊断参数	诊断对象	诊断参数
传动系统	汽缸漏气量(率) 进气管真空度 进气管压力 机械传动效率 滑行距离 传动系统游动角度	制动系统	制动距离 制动力 制动拖滞力 驻车制动力 制动时间 制动协调时间
配气机构	气门间隙 配气相位	行驶系统	车轮静不平衡量 车轮动不平衡量 车胎胎面花纹深度 车轮侧滑量 车轮前束值 车轮外倾角
发动机点火系统	点火提前角 各缸点火电压值 火花塞电极间隙 输油泵出油压力	转向桥 与转向系统	主销后倾角 主销内倾角 最小转弯直径 转向轮最大转向角 转向盘自由转动量
柴油机燃料供给系统	喷油泵高压油管最高压力 喷油器针阀升程 供油提前角 喷油提前角	冷却系统	冷却液温度 冷却液液面高度
发动机润滑系统	机油温度 机油压力 机油消耗量	其他	光轴偏移量 车速表指示误差 前照灯发光强度

## 2. 诊断参数应具备的特征

在汽车的使用过程中,诊断参数与汽车技术状况变化之间存在一定的对应关系,能够表征汽车技术状况变化的参数有很多,为了保证诊断结果的可信性和准确性,综合技术和经济的分析,汽车诊断参数应具备如下特征:

### 1) 灵敏性

通常又称诊断参数的灵敏度,指汽车或总成的技术状况从正常状态到出现故障状态的整个使用期内,诊断参数相对于诊断对象技术状况的变化率。即

$$K_t = \frac{d_t}{d_y} \quad (1-3)$$

式中: $K_t$ ——诊断参数灵敏度;

$d_y$ ——技术状况微小变化量;

$d_t$ ——诊断参数  $t$  相对于  $d_y$  的增量。

$K_t$  值越大,表明诊断参数的灵敏性越好,应选择  $K_t$  值高的诊断参数来诊断汽车的技术状况,提高汽车诊断结果的可靠性。





## 2) 单值性

单值性是指在诊断对象技术状况变化的过程中,诊断参数  $t$  与技术状况参数  $y$  具有一一对应关系,即诊断参数没有极值

$$\frac{d_t}{d_y} \neq 0 \quad (1-4)$$

当诊断参数不具备单值性时,将出现同一诊断参数值对应不同的技术状况,或同一技术状况对应不同的诊断参数值,从而导致无法对诊断对象的技术状况进行准确判断,所以非单值性的诊断参数是没有实际意义的。

## 3) 稳定性

稳定性是指在相同的测试条件下,多次测得同一诊断参数的测量值具有良好的一致性。诊断参数的稳定性越好,其测量的离散度(方差)越小,稳定性不好的诊断参数,其诊断结果的可靠性差。诊断参数的稳定性可用均方差来衡量

$$\sigma_T(y) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n [T_i(y) - \bar{T}(y)]^2}{n-1}} \quad (1-5)$$

式中:  $\sigma_T(y)$  —— 诊断参数测量值的均方差;

$T_i(y)$  —— 诊断参数的第  $i$  次测量值 ( $i=1, 2, \dots, n$ );

$\bar{T}(y)$  —— 诊断参数  $n$  次测量值的平均值;

$n$  —— 测量次数。

## 4) 信息性

信息性是指诊断参数对汽车技术状况诊断的可靠程度。诊断参数的信息性越强,则诊断结果越可靠。诊断参数信息性的强弱可以表示为

$$I(T) = \frac{|\bar{T}_1 - \bar{T}_2|}{\sigma_1 + \sigma_2} \quad (1-6)$$

式中:  $I(T)$  —— 诊断参数  $T$  的信息性;

$\bar{T}_1$  —— 无故障时诊断参数  $T$  的平均值;

$\bar{T}_2$  —— 有故障时诊断参数  $T$  的平均值;

$\sigma_1$  —— 无故障时诊断参数  $T$  的均方差;

$\sigma_2$  —— 有故障时诊断参数  $T$  的均方差。

$I(T)$  越大,说明诊断参数的信息性越好,包含汽车技术状况的信息量越多,越能表明汽车技术状况的特征,其诊断结果越可靠。

## 5) 经济性

经济性是指对诊断参数进行测量所需要的费用,包括诊断仪器设备的成本、人力、工时、场地和能源消耗等项的费用。如果诊断参数的测量费用很高,则该诊断参数的经济性较差,是不可取的。

## 6) 方便性

方便性是指所确定的诊断参数用于实际诊断时,其操作使用的方便程度。方便性好的

