

应用型本科汽车类专业“十二五”规划教材

汽车检测与 故障诊断

赵英勋 主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



应用型本科汽车类专业“十二五”规划教材

汽车检测与故障诊断

主 编 赵英勋
副主编 林谋有 郭健忠
胡 溧 朱 列



机械工业出版社

本书系统介绍了汽车检测与故障诊断的基础理论、检测方法、诊断原理,突出反映现代汽车检测与故障诊断的新技术、新设备、新方法,详细叙述汽车电控系统的检测诊断。内容包括汽车检测与故障诊断基础、汽车整车技术状况检测、发动机的检测与故障诊断、底盘的检测与故障诊断、车身及附件的检测与故障诊断。

本书为应用型本科汽车类专业“十二五”规划教材,既可作为汽车服务工程、车辆工程、交通运输类专业本科生教材,也可供汽车检测诊断行业、汽车维修行业、汽车运输行业的技术人员和管理人员在实际中使用和参考。

本书配有专用教学课件,能直接用于课堂教学,可方便教师授课和学生自学。

图书在版编目(CIP)数据

汽车检测与故障诊断/赵英勋主编. —北京:机械工业出版社, 2013. 7

应用型本科汽车类专业“十二五”规划教材
ISBN 978-7-111-42446-8

I. ①汽… II. ①赵… 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(2013)第096830号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑:赵海青 责任编辑:赵海青 刘 焯

版式设计:常天培 责任校对:刘怡丹 肖 琳

封面设计:路恩中 责任印制:张 楠

涿州市京南印刷厂印刷

2013年7月第1版第1次印刷

184mm×260mm·19.75印张·487千字

0001—3000册

标准书号:ISBN 978-7-111-42446-8

定价:42.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010) 88361066

教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售一部:(010) 68326294

机工官网:<http://www.cmpbook.com>

销售二部:(010) 88379649

机工官博:<http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线:(010) 88379203

封面无防伪标均为盗版

前 言

汽车检测与故障诊断是应用型本科汽车类专业的一门实用性较强的学科。它已贯穿于汽车运用、汽车维护、汽车修理以及交通安全和环境保护等各个领域，并在汽车维修生产和管理部门动态监督汽车技术状况方面发挥着极其重要的作用。因此，作为应用型本科汽车类各专业的学生和相关的汽车运用、管理、维修等从业人员，应掌握汽车检测与故障诊断技术。

本书是应用型本科汽车类专业“十二五”规划教材，按应用型本科汽车类专业教学的指导思想、培养目标、职业面向、教学特点和要求，并结合现代汽车检测与故障诊断技术快速发展的实际编写。本书简要介绍了现代汽车检测与故障诊断的基础理论；系统介绍了汽车整车技术状况的检测技术；全面介绍了汽车发动机、底盘、车身与附件常见故障的检测诊断方法；详细介绍了现代汽车检测设备的原理和使用方法；着重介绍了现代汽车发动机电子控制系统、电子控制自动变速器、电子控制动力转向系统、电子控制防抱死制动系统、电子控制防滑转系统、电子控制悬架系统和电子控制安全气囊系统故障的检测诊断思路。

本书力求理论联系实际，注重能力培养，重在实际应用，列举了大量的故障诊断案例；本书努力反映汽车行业、汽车检测诊断和维修行业的新技术、新成果、新发展，引用了大量的新资料、新标准，以适应现代化汽车检测与故障诊断的需要。

本书由武汉科技大学赵英勋担任主编，由南昌工程学院林谋有、武汉科技大学郭健忠、胡溧、上海建桥学院朱列担任副主编。第一章由郭健忠、朱列编写；第二章第一节、第二节由胡溧编写；第二章第三节、第四节由席敏编写；第二章第五节至第九节、第三章、第四章由赵英勋编写；第五章由林谋有编写。

在本书撰写过程中，参阅了大量的书籍资料，获益匪浅，在此向这些作者深表谢意！由于作者水平所限，书中难免存在不足和错误，敬请各位读者批评指正。

编 者

目 录

前言

第一章 汽车检测与故障诊断基础..... 1

第一节 汽车检测与故障诊断的基本内涵 ... 1

第二节 汽车故障及汽车技术状况 7

第三节 汽车诊断参数与诊断周期 17

第四节 汽车检测站 24

思考题..... 33

第二章 汽车整车技术状况检测 34

第一节 汽车动力性检测 34

第二节 汽车燃油经济性检测 43

第三节 汽车制动性检测 54

第四节 汽车车轮侧滑量检测 66

第五节 汽车前照灯检测 70

第六节 汽车车速表检测 78

第七节 汽车排放污染物检测 83

第八节 汽车噪声检测..... 99

第九节 汽车电磁干扰检测 112

思考题 116

第三章 汽车发动机的检测与故障诊断..... 118

第一节 发动机功率的检测 118

第二节 气缸密封性的检测与故障诊断 ... 126

第三节 起动系统的检测与故障诊断 134

第四节 点火系统的检测与故障诊断 137

第五节 燃油供给系统的检测与

故障诊断 152

第六节 润滑系统的检测与故障诊断 167

第七节 冷却系统的检测与故障诊断 174

第八节 发动机电子控制系统的检测与故障诊断 178

第九节 发动机常见故障的诊断..... 194

思考题 205

第四章 汽车底盘的检测与故障诊断..... 207

第一节 传动系统的检测与故障诊断 207

第二节 转向系统的检测与故障诊断 220

第三节 制动系统的检测与故障诊断 231

第四节 行驶系统的检测与故障诊断 235

第五节 底盘电子控制系统的检测与故障诊断..... 259

思考题 291

第五章 车身及附件的检测与故障诊断..... 293

第一节 车身的检测与故障诊断 293

第二节 安全气囊系统的检测与故障诊断..... 301

第三节 汽车电子组合仪表的检测与故障诊断..... 307

思考题 309

参考文献..... 310

第一章 汽车检测与故障诊断基础

【学习目标】

知识目标：

- 了解汽车检测、故障诊断术语的含义
- 理解汽车诊断参数、诊断标准、诊断周期的概念和作用
- 熟悉汽车故障产生原因和汽车技术状况变化规律
- 熟悉汽车检测系统的组成、原理和汽车故障诊断的基本方法

能力目标：

- 能用故障树法、故障征兆模拟法分析诊断汽车故障
- 能正确选择汽车诊断参数、诊断标准，并确定诊断周期
- 熟悉汽车安全环保检测线、综合检测线的检测内容和检测工艺流程

第一节 汽车检测与故障诊断的基本内涵

一、汽车检测与故障诊断

汽车检测是指确定汽车技术状况或工作能力的检查；故障诊断是指为确定汽车技术状况或查明汽车故障部位、原因所进行的检查、分析和判断的过程。

汽车检测与故障诊断常简称为汽车检测诊断。现代汽车的检测诊断是以先进的检测技术为基础，以科学的检测方法为手段，以准确的诊断为目的，通过对汽车性能参数或工作能力的检测，依靠人工智能科学地确定汽车的技术状态，识别、判断故障，甚至预测故障，可为汽车继续运行或进厂维修提供可靠的依据。

现代汽车的检测诊断与传统的人工检查、经验诊断有原则上的不同，它是借助科学技术的新成就，利用必要的仪器、设备，在满足整车不解体（或仅卸下个别小件）条件下进行检测，从而确定汽车技术状况、工作能力或故障部位的。它具有科学、高效、省力、准确的特点。

随着汽车技术的飞速发展，高新技术的广泛运用以及汽车电子化程度的不断提高，汽车检测诊断所侧重的内容、涉及的范围、利用的设备以及采取的方法均会发生很大变化。从目前应用的情况看，现代汽车的检测诊断方法，已贯穿于汽车运用、汽车维护、汽车修理以及交通安全和环境保护等各个领域，并起着越来越重要的作用。可以说，现代汽车的检测诊断是提高维修效率、监督维修质量的重要措施，是实施汽车维修制度的重要保证，是确保行车安全的重要手段。

二、汽车检测系统

现代汽车的不解体检测及诊断需要依赖汽车检测系统来完成，汽车检测系统可以是一台

检测仪器或设备，也可以是多台检测仪器或设备的组合。

1. 检测系统的基本组成

汽车检测系统一般由传感器、变换及测量装置、记录及显示装置、数据处理装置等组成，有时还包括试验激发装置，如图 1-1 所示。它能将汽车的被测物理量（参数）经检测、放大、变换、显示记录或处理等转变为检测者需要的信息。

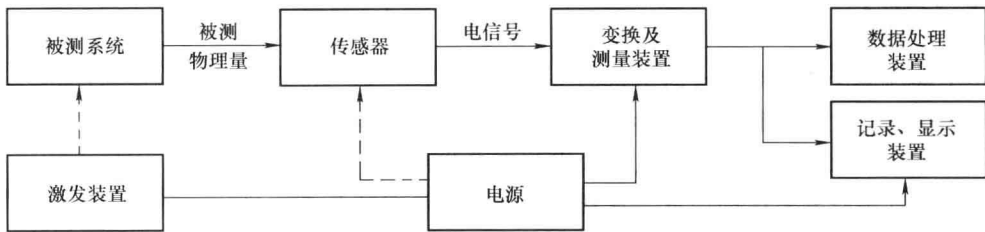


图 1-1 检测系统的基本组成

(1) 传感器 传感器处于检测系统的输入端，是检测系统的信号获取装置。传感器的作用是将被测物理量（参数）转换成电信号。现代汽车检测参数大多是非电量，检测时其非电量参数信息经过传感器输出则转变为电信号。

传感器实际上是人的感觉器官的延伸，扩展了人的信息功能，使人们可以探索那些无法用感官直接检测的汽车内部故障信息。

根据被测参数的不同，传感器可分为力传感器、速度传感器、加速度传感器、声压传感器和温度传感器等。

(2) 变换及测量装置 变换及测量装置的作用是把传感器送来的电信号变换成具有一定功率的电压或电流信号，以便推动下一级的记录和显示装置。这类装置常包括电桥电路、调制电路、解调电路、阻抗匹配电路、放大电路、运算电路等，在检测系统里是比较复杂的部分。

(3) 记录及显示装置 记录及显示装置的作用是把变换及测量装置送来的电压或电流信号不失真地记录和显示出来，以供检测者观测和分析。通常使用仪表指示所检测的数值，用示波器显示检测波形。为了在被测信号消失之后，仍然可以重新观察或再现，需要使用记录仪或存储器，将检测的信号记录或存储下来。记录和显示的方式一般有模拟和数字两种，前者是记录一条或一组曲线，后者是记录一组数字或代码。

(4) 数据处理装置 数据处理装置用来对检测所得的结果进行分析、运算、处理，如对大量数据的数理统计分析，曲线的拟合，动态测试结果的频谱分析、幅值谱分析或能量谱分析等。

(5) 试验激发装置 试验激发装置是用来模拟某种条件把被测系统中的某种信息激发出来，以便检测。实际测试中，要最大限度地激发所需信息，并以较明显的信息形式表现出来，用最敏捷、最合理的方法取得最有用、表现性最强的有关信息。如谐振式汽车悬架装置检测台，就需用激振器来模拟车轮及悬架的振动，并将其作用在车轮及悬架上，把悬架系统产生的振动幅度、振动频率、应力变化等信息激发出来，以便检测后对汽车悬架在振动中的状态及特性进行研究分析。

2. 现代汽车检测系统

现代汽车检测系统普遍采用计算机辅助测试,利用计算机来控制、分析、处理、存储、显示检测信号,已实现了检测控制智能化、数据处理自动化、结果显示实时化。典型的检测系统有汽车底盘测功机、发动机综合性能分析仪、制动试验台、车速表试验台、侧滑试验台、前照灯检测仪、废气与烟度检测仪、车轮平衡检测仪等。下面举两例说明。

(1) 汽车底盘测功检测系统 图 1-2 是汽车底盘测功机的检测控制原理图。该系统主要用来检测汽车驱动轮输出功率、驱动力,它集信号激发、检测、处理、显示、控制于一体。检测时,将被测汽车驱动轮置于测功机台架上,模拟路面驱动行驶工况,激发出被测的车速 v 、驱动力 F 等信号,然后分别通过测力、测速传感器测出,再经过信号预处理电路进行信号放大、A/D 转换,并送入计算机。此时计算机一方面采集被测信号 v 、 F 并进行分析 and 处理;另一方面按计算机控制程序的要求,输出控制信号经 D/A 转换后给加载控制器,去控制加载装置,实现模拟载荷的适时调节,以满足检测的需要;同时,计算机将分析和处理的结果输出至外围设备:LED 点阵屏、显示器和打印机,从而显示汽车驱动力、驱动轮输出功率等检测参数。另外,根据检测的需要,计算机还会控制继电器,去控制附加装置按需工作。

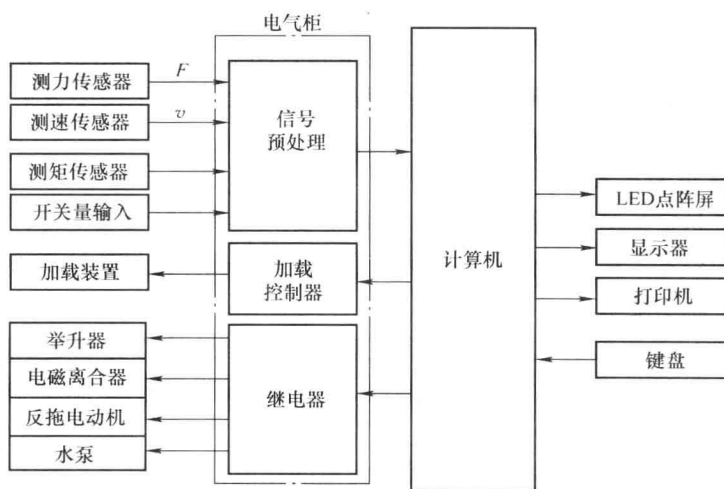


图 1-2 汽车底盘测功机检测控制系统

(2) 发动机综合性能检测系统 发动机综合性能检测仪是现代汽车检测系统中功能最多、检测项目最广的检测系统。它主要由信号提取装置、前端处理器和计算机采控与显示系统等组成,如图 1-3 所示。信号提取装置主要由各类夹持器、探针、传感器和连接电缆等组成;信号提取装置的作用是拾取发动机的有关参数信息,并将该信息(电量或非电量)转化为系统容易传输或处理的电信号;鉴于被测点的机械结构和参数性质不同,信号提取装置必须具有多种形式以适应不同的测试部位。前端处理器也称为信号预处理系统,它包括部分采集信号的预处理和信号转接;前端处理器的作用是把各种传感器输出的发动机有关参数的信号,经衰减、滤波、放大、整形,并转换成标准的数字信号送入中央处理器,即对采集来的信号进行预处理,并把所有脉冲信号和数字信号直接输入 CPU 的高速输入端。计算机采控与显示系统主要包括主机、显示器、键盘和打印机等部件;计算机采控与显示系统的作用

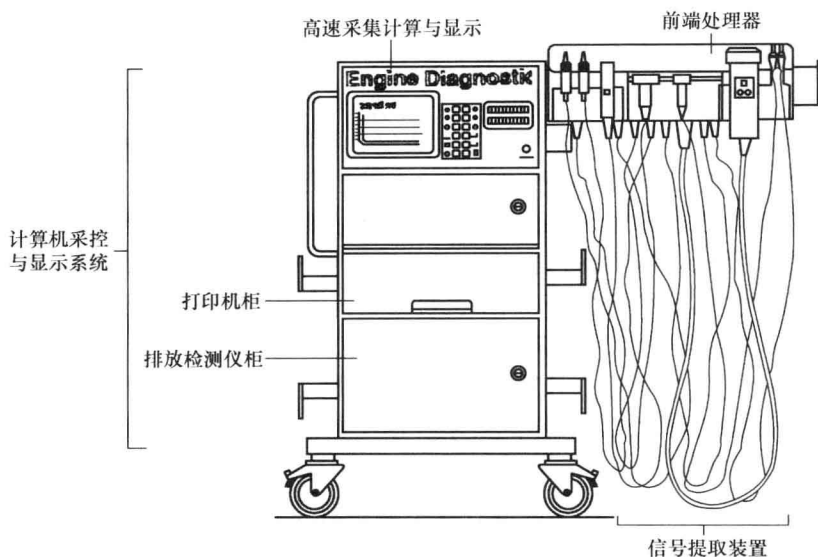


图 1-3 发动机综合性能检测仪外形图

是承担测试过程的数据采集、分析、处理、显示和打印等工作；现代发动机综合性能检测仪，其显示装置一般采用彩色 CRT 显示器或液晶 LCD 显示器，采用多级菜单操作，能适时显示被测发动机的动态参数和波形。

3. 汽车检测系统的基本要求

汽车检测系统是要检测出被测对象中人们所需要的某些特征参数信号，不管中间经过多少环节的变换，必须不失真地从信源点把所需信息通过其载体信号传输到输出端。为此，对检测系统具有如下基本要求。

(1) 能有效地检测被测量 检测系统首先应保证能有效地检测规定项目中所涉及的所有被测量，满足检测所必须的功能要求。因此，检测系统应具有适当的灵敏度和足够的分辨率。

灵敏度是指输出信号变化量与输入信号变化量的比值，它反映了检测系统对输入量变化的敏感程度，其值越大，表示系统越灵敏，检测微弱变化信号的能力越强。但灵敏度越高，其系统的示值稳定性越差且检测范围越窄，故灵敏度的选择应适当。

分辨率是指检测系统能测量到最小输入量变化的能力，即能引起输出量发生变化的最小输入变化量。当系统具有足够分辨率时，就能有效地检测微弱变化的被测量。

(2) 足够的检测精度 检测系统所检测的各种被测量应该准确可靠，即应有足够的检测精度。检测系统的精度与检测装置的复杂程度和价格直接相关，通常精度高的检测装置，其结构较复杂，价格较昂贵。因此正确选择检测装置的原则是，在满足检测要求的前提下，不要片面地追求高精度。那么，如何才能有效地保证检测精度呢？工程实践表明，检测装置的精度比检测所要求的精度高一个精度等级，就可以很好地满足上面所述的检测装置的选用原则。

我国相关标准规定，测试仪器的精度等级共有 7 级，分别是 0.1、0.2、0.5、1.0、1.5、2.5 和 5.0 级。它们是满量程绝对误差的百分数，如某转速计的量程为 6000r/min，精度等级为 0.5，则该转速计在满量程范围内可能产生的最大绝对误差为 $6000\text{r/min} \times 0.5\% = 30\text{r/min}$ 。

 注意：

仪器的精度是指满量程范围内可能产生的最大误差（引用误差），但这并不等于在每次测量中都会出现那么大的误差。

（3）良好的动态特性 汽车检测往往是一种动态检测，因此其检测性能需要用动态特性加以描述。动态特性是指输入量随时间变化时，输出随输入变化的规律。若系统具有良好的动态特性，则整个检测过程其传输信号就不会失真，因此，检测时可以用系统的输出（响应）信号来正确地估计输入信号（被测信号），从而提取和辨识信号中的有用信息。

当然，一项复杂的汽车检测工作，往往需要将多种不同功能的仪器组合起来才能完成其检测任务，因此需要合理地组建汽车检测系统，应充分注意传感器的接入对测试系统动态特性的影响，及仪器设备级联所带来的负载效应，以保证检测系统具有良好的动态特性。

三、汽车检测分类

汽车检测的目的，是为了确定在用车辆的技术状况是否正常或有无故障。若按汽车检测目的的分类，则汽车检测可分为如下四类。

1. 综合性能检测

综合性能检测是指对汽车实行定期和不定期综合性能方面的检测，如对汽车动力性、安全性、燃油经济性、使用可靠性、排气污染物、噪声，以及整车装备状态与完整性、防雨密封性等多种技术性能的检测，其目的是在汽车不解体情况下，确定运输车辆的技术状况和工作能力，评定车辆的技术等级，确保运输车辆具有良好的动力性、经济性、安全性、可靠性等使用性能和减少对环境的污染程度，以创造更大的经济效益和社会效益。

提示：汽车技术状况等级评定时必须采用综合性能检测。

2. 安全环保性能检测

安全环保性能检测是指对汽车实行定期和不定期的安全运行和环保性能检测，如对汽车制动、侧滑、灯光、排放、噪声、车速表的检测，其目的是建立安全和公害的监控体系，强化汽车的安全管理，确保汽车具有符合要求的外观、良好的安全性能和规定范围内的环境污染程度，使汽车能在安全、高效和低污染下运行。

提示：汽车年检时常用安全环保性能检测。

3. 汽车故障检测

汽车故障检测是指对故障汽车的检测，其目的是在不解体（或仅卸下个别小件）情况下，查出汽车故障的确切部位和产生的原因，从而确定故障的排除方法，提高故障的排除效率，使汽车尽快恢复正常。

4. 汽车维修检测

汽车维修检测包括汽车维护检测和汽车修理检测两类。

汽车维护检测是指汽车二级维护检测，它分为二级维护前检测和二级维护竣工检测。二级维护前检测在汽车维修企业进行，其检测目的是诊断二级维护汽车的故障或实际技术状况，从而确定二级维护附加作业；二级维护竣工检测在汽车检测站进行，检测站根据二级维护竣工检测项目和检测标准检测送检汽车，其目的是监控汽车的二级维护质量，竣工检测合格的车辆方可出厂，否则应返回维修企业重新进行二级维护，直至达到二级维护竣工检测合

格为止。

汽车修理检测主要是指汽车大修检测，它分为修理前、修理中、修理后检测。修理前的检测，目的是找出汽车技术状况与标准值相差的程度，从而确定汽车是否需要大修或应采取何种技术措施，以实现视情修理；修理中的检测是局部检测、过程检测，目的是进行质量监控，有时还可确诊故障的具体部位和原因，从而提高修理质量及修理效率；修理后的检测在汽车检测站进行，检测站根据汽车大修质量竣工标准检测送检汽车，目的是检验汽车的使用性能是否得到恢复，以确保修理质量。

提示：在汽车使用过程中，为了解在用汽车的技术状况，应对汽车进行适当的检测，每次检测的时机应根据最佳检测诊断周期而定，也可与汽车的正常维护、修理周期以及汽车年检相互配合。

四、汽车故障诊断基本方法

为了正确地诊断故障，必须运用现代检测手段（包括外观、气味、振动、声响、感觉、仪器等）、现代科学技术和丰富的实践经验进行综合分析和判断。从完成故障诊断过程的方式来看，现代汽车故障诊断的基本方法有如下几种。

1. 人工经验诊断法

人工经验诊断法是指利用人工观察、经验检查、推理分析、逻辑判断进行故障诊断的方法。诊断时，诊断人员凭借丰富的实践经验和一定的理论知识，利用简单工具，在不解体汽车或局部解体情况下，根据汽车在工作中表现出来的外部异常状况，通过眼看、手摸、耳听等手段，边检查、边试验、边分析，从而确定汽车故障部位和原因以及汽车的技术状况。人工经验诊断法一般不需专用仪器设备，可随时随地应用。

提示：人工经验诊断法对诊断人员的经验依赖性强，要求诊断人员有较高的技术水平，并存在诊断速度慢、准确性差及不能进行定量分析等缺点。

2. 仪器分析诊断法

仪器分析诊断法是指汽车在不解体情况下，利用各种专用仪器和设备获取汽车的各种数据，并根据这些数据来进行故障诊断的方法。诊断时，利用现代检测设施对汽车、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，定量确定汽车技术状况或确诊汽车故障部位和原因。采用微机控制的仪器设备能自动分析、判断、存储并打印诊断结果。

提示：仪器分析诊断法具有诊断速度快、准确性高、定量分析能力强的优势，但其检测诊断的投资较大，成本较高。

3. 自诊断法

自诊断法是指利用汽车电控单元（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监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，并控制警告灯向驾驶人发出警告信号。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“故障码表”来确定故障的部位和原因。

提示：自诊断法快捷、准确，可随车适时诊断，但它只适应于汽车电子控制系统。

在实际检测诊断工作中,上述三种方法并不相互孤立,而是相辅相成的。人工经验诊断法是故障诊断的基础,它在汽车诊断的任何时期均具有十分重要的实用价值,即使汽车专家诊断系统,它也是把人脑的分析、判断通过计算机语言转化成电脑的分析判断。仪器分析诊断法是在人工经验诊断基础上发展起来的诊断方法,它在汽车故障诊断中所占的比例日益增大,使用现代仪器设备诊断是汽车检测诊断技术发展的必然趋势。自诊断法,对汽车电子控制系统十分有效,在精准确定故障范围和部位方面,是其他方法无可比拟的,随着计算机控制技术的发展和在汽车上的广泛应用,自诊断法将会显示出更多的优势,发挥出更大的作用。

第二节 汽车故障及汽车技术状况

汽车故障及汽车技术状况是汽车检测诊断的对象。了解汽车故障类型和汽车技术状况,掌握汽车故障产生原因和汽车技术状况变化规律,对汽车诊断参数及其标准的确定和检测方法的选择是极其重要的。

一、汽车故障

汽车故障是指汽车零部件或总成完全或部分丧失工作能力的现象,其故障症状是故障的具体表现。汽车在使用过程中,由于技术状况的变坏,将会出现种种故障。为了迅速排除故障,应了解汽车故障的类型,熟悉汽车故障产生的原因。

1. 汽车故障类型

尽管汽车故障错综复杂、多种多样,但按一定的方法可将汽车故障划分下述几种主要类型。

(1) 按故障存在的系统可分为汽车电器故障和汽车机械故障 现代汽车电器故障又分为数字电路故障和模拟电路故障,其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、机油状态、振动及各种物理、化学特性的变化来进行诊断。

现代汽车电器故障不解体检测相对容易,而汽车内部机械故障的不解体检测相对较难。

(2) 按故障形成的速度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,它不能靠早期的诊断来预测,其故障的发生具有偶然性,如汽车行驶时,铁钉刺破轮胎、钢板弹簧突然折断等。而渐发性故障,是指汽车技术状况连续变化,最终导致恶化而引起的故障,这种故障常有一个逐渐发展的过程,其故障的发生具有必然性,因此,能够通过早期诊断来预测,如发动机气缸磨损或曲轴轴颈磨损就属于渐发性故障。

提示:突发性故障尽管难以预测,但它一般容易排除;而渐发性故障一经发生,就标志着产品寿命的终结,对于汽车而言,则往往是大修或报废的标志。

(3) 按故障的存在时间可分为间歇性故障和永久性故障 间歇性故障有时发生,有时消失,如汽油机供油系统气阻故障;而永久性故障则只有在更换某些零部件后,才能使得故障排除,功能恢复,如曲轴轴瓦烧损、发动机拉缸故障。

(4) 按故障显现的情况可分为功能故障和潜在故障 导致汽车功能丧失或性能下降的故障称为功能故障,这类故障可通过直接感受或测定其输出参数而判定,如发动机不能起动或发动机输出功率下降均属功能故障;潜在故障是指正在逐渐发展但尚未对功能产生影响的故障,如曲轴、连杆的裂纹,当尚未扩展到极限程度使其断裂时,为潜在故障。

(5) 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 轻微故障一般不会导致汽车停驶或性能下降,不需要更换零件,用随车工具作适当调整即可排除,如气门响、怠速过高等。一般故障可能导致汽车性能下降或汽车停驶,但不会导致主要部件和总成的严重损坏,可更换易损零件或用随车工具在短时间内排除,如来油不畅、滤清器堵塞、个别传感器损坏等。严重故障可能导致主要零件的严重损坏,必须停驶,并且不能用更换零件或用随车工具在短时间内排除,如发动机拉缸、烧瓦等。致命故障可能引起车毁人亡的恶性重大事故,如柴油机飞车、制动系统失效、转向系统失控等。

提示: 上述故障的分类有些是相互交叉的,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. 汽车故障原因

汽车各部件产生故障是由某些零件失效引起的。引发汽车零件失效的因素很多,主要是工作条件恶劣、设计制造存在缺陷以及使用维修不当等三个方面。

(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。汽车运行时,绝大多数汽车零件(如活塞、曲轴、齿轮、轴承等)是在动态应力下工作,由于汽车起步、停车以及速度经常变化,使汽车零件承受着冲击、交变应力,从而加速零件的磨损或变形而引发故障。另外,汽车零件往往不只承受一种载荷作用,而是同时承受几种类型载荷的复合作用,若零件的载荷超过其允许承受能力,则会导致零件失效。

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、热疲劳等失效。某些工作介质还可以使汽车零件材料脆化、高分子材料老化而引发故障。

提示: 若汽车的工作环境条件恶化,如长期在坎坷不平路段重载行驶、在高温条件下大负荷高速运转、汽车经常猛加速或常用紧急制动等,则容易诱发故障。

(2) 设计制造缺陷 设计制造缺陷主要是指零件因设计不合理、选材不当、制造工艺不良而存在的先天不足。设计不合理是汽车零件失效的主要原因之一,例如轴的台阶处过渡圆角过小,会造成应力集中,这些应力可能会成为汽车零件破坏的起源。花键、键槽、油孔、销钉孔等设计时,如果没有充分考虑到这些形状对截面削弱而造成的应力集中,也将会引起零件早期疲劳损坏。材料选择不当及制造工艺过程中因操作不当而使零件产生的裂纹、较大的残余内应力以及较差的表面质量,都将可能成为零件失效的原因。某些过盈配合零件的装配精度不够,能导致相配合零件之间的滑移和变形,将会产生微动磨损,加速零件的失效。某些间隙配合零件的装配间隙过大,则会导致汽车零件冲击过大而引发故障,并容易产生异响,使汽车的使用性能下降;而装配间隙过小,则零件运转时摩擦力、摩擦热过大,容易加快配合件的损坏,如发动机拉缸、烧瓦等。

(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。

汽车严重超载时,其各总成承受的负荷增加,发动机容易出现拉缸、烧瓦现象,底盘容

易出现车架、车桥、悬架、弹簧、轮胎等损坏现象；汽车润滑不良时，汽车相对运动部件的摩擦阻力会加大，其运动部件的磨损会加剧；汽车机油滤清器、燃油滤清器、空气滤清器维护不当时，滤清效果不好，会加快发动机的磨损；汽车操作不当，如起步不平稳、急加速、超速行车、常用紧急制动等，会加大汽车的动载荷，容易加速汽车零件的损坏；汽车维护和修理不当，如配件质量欠佳、维修工艺不当、装配质量不好等，都会在汽车中留下故障隐患，导致汽车在使用过程中技术状况容易恶化。

3. 汽车故障诊断信息的获取方法

汽车故障诊断信息是指汽车出现故障时通过某种形式表现出来的特征信息，利用它可以诊断汽车产生的故障。其故障诊断信息获取的常用方法有直接观察法、磨损残余物检测法、温度测量法、压力测量法、汽车性能检测法、振动噪声检测法等。

(1) 直接观察法 对汽车运行状况进行直接观察，凭借检测诊断人员积累下来的经验可以对车辆技术状况进行判断。这种方法是定性的，或者说是较粗略的。这种方法速度慢，其准确性取决于检测人员的技术水平，较适合于诊断比较常见和明显的故障。直接观察法主要有如下内容。

1) “问”。问车主，了解汽车的使用状况，如汽车的行驶里程、经常运行的条件、维护保养情况、车辆技术状况、故障产生的时间和具体症状，为诊断分析故障掌握第一手资料。

2) “看”。看发动机工作状况，如排气管颜色、排气颜色、机油颜色及液面高低，各部件是否漏油、漏水、漏气；看汽车电路的连接有无脱落、损坏现象；看汽车各部件表面有无破裂、锈蚀等，然后再综合分析判断故障。

3) “听”。听汽车各部件的工作声响，并和正常响声比较分析判断出哪些部位响声异常。异响是发生故障和产生事故的前兆，必须认真对待。

4) “摸”。用手查摸有关部位的温度和振动情况，轻拉电控系统的接口连线看其是否松动，汽车各部件连接是否松动等，从而判断相应部件工作是否正常。

5) “嗅”。嗅汽车工作时有无异味，若嗅到有浓汽油味、橡胶烤焦味、摩擦片烧糊味等，表明有故障，必须仔细检查这些部位。

6) “试”。试车检查，了解发动机技术状况，如各缸工作是否均匀、高速工作是否间断和振动、急加速或减速过渡是否平滑稳定、是否有爆燃或敲缸现象等；了解底盘的技术状况，如进行滑行试验，若滑行距离过短，则说明传动系统或行驶系统有故障，如进行制动试验，若制动距离过长或制动跑偏，则说明制动系统有故障。

(2) 磨损残余物测定法 汽车零件，如轴承、齿轮、活塞环、气缸等在运行过程中的磨损残余物会存留在机油中，通过测定机油中磨损物的成分及浓度，能获得汽车零部件迅速失效的信息，进而确定汽车运动件中哪个零件发生磨损。磨损残余物可通过油样分析、机油混浊度变化检测等方法来测定。

(3) 温度测定法 汽车正常工作时，汽车零部件的温度会在一定范围内变化。如正常燃烧时，汽车发动机冷却液温度约为 $80 \sim 95^{\circ}\text{C}$ ，温度的过高或过低意味着冷却系统工作不良；而发动机排气温度过高则可能是点火过晚或混合气过稀所致。因此，通过测定汽车零部件的工作温度，可以获取零部件工作是否正常的信息。零部件的温度可采用接触法和非接触法测量：传统的冷却液温度传感器是一种接触测量法，它是利用敏感元件周围温度变化后，其电性能参数的变化来测定温度的；而红外成像法是一种非接触测量法，

它将被测物体的红外辐射转换成热图像和温度值而显示出来,它是利用被测物体自身发射的红外辐射不同于周围部件红外辐射的特点,来检测被测物体的表面温度及温度分布的。

(4) 压力测量法 汽车在一定条件下运行时,某些部位的压力应具有规定的数值,若偏离该数值,则说明存在故障。如发动机气缸压缩压力过低,说明气缸密封不良;如发动机机油压力过低,说明润滑系统有故障,或曲轴轴承间隙过大等。因此,通过某些压力的检测,可以获取零部件或系统工作是否正常的信息。汽车检测中需要检测的压力参数有机油压力、发动机气缸压缩压力、进气管真空度、燃料系统供油压力、各种助力装置产生的压力等。一般的检测方法是将压力信号转换成电信号,然后经处理由仪表输出。

(5) 汽车性能测定法 汽车技术状况的好坏往往可以通过汽车性能指标参数的变化来反映,如发动机气缸磨损严重、进排气门漏气等都会导致汽车动力性下降、加速时间增长。一般来说没有故障的车辆其总体性能指标较高。因此,可通过测定汽车性能指标来获取汽车是否存在故障的信息。评价汽车性能的指标有动力性指标、经济性指标、安全性指标、通过性指标、平顺性指标等。这些指标中的参数可通过相应的检测装置测定。

4. 汽车故障诊断的分析方法

(1) 故障树分析法 汽车是由多个不同功能的子系统构成的复杂机电系统,其故障产生的原因往往较为复杂,采用故障树分析法进行汽车故障原因的诊断,效果较好。

1) 故障树基本概念。故障树分析法(Fault Tree Analysis)简称 FTA 法,是一种将系统故障形成的原因由总体至部分按树枝状逐渐细化的逻辑分析方法,其目的是确定故障的原因、影响因素及发生概率。

故障树分析法是把所研究系统的故障作为分析目标,然后寻找直接导致这一故障发生的全部因素,再找出造成下一级事件发生的全部直接因素,一直追查至那些原始的、勿需再深究的因素为止。通常把最不希望发生的事件即故障事件称为顶事件,勿需深究的形成系统故障的基本事件称为底事件或初始事件,介于顶事件与底事件之间的一切事件称为中间事件。用相应的符号代表这些事件,再用适当的逻辑门符号把顶事件、中间事件和底事件连接成树形图,这样的树形图就称为故障树,它可以清楚地表示系统的特定事件与其各个子系统或各个部件故障事件之间的逻辑关系。

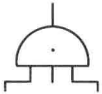
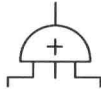
故障树分析法不仅可以定性分析故障发生的机理,而且还能定量预测故障发生的概率。故障树分析法简便、直观,可以一目了然地看出故障的原因与形成过程,能发现潜在的问题,有利于防患未然和预报故障。

2) 故障树分析过程。应用故障树分析故障时,其过程如下。

- ① 给系统明确的定义,选定可能发生的不希望事件作为顶事件。
- ② 对系统的故障进行定义,分析故障形成的各种原因。
- ③ 作出故障树逻辑图。
- ④ 对故障树结构作定性分析。
- ⑤ 对故障树结构作定量分析。

3) 故障树的建立。在故障树图中,常使用一些符号表示事件与原因之间的因果、逻辑关系。其常用的符号可分作两类:代表故障事件的符号,以及联系事件之间的逻辑门符号。故障树分析法的常用符号及其含义见表 1-1。

表 1-1 故障树分析法常用符号及含义

符 号	名 称	含 义
 矩形符号	故障事件	表示底事件之外的所有中间事件和顶事件
 圆形符号	基本事件	表示初始事件，是不能再分解的事件，即故障发生的基本原因
 屋形符号	非故障性事件	表示偶然发生的非故障性事件
 菱形符号	省略事件	表示暂时不分析或发生概率极小的事件
 $x_1, x_2, \dots, x_n$ 与门符号 (AND)	“与” 逻辑关系	事件 $x_1, x_2, \dots, x_n$ 同时发生，事件 A 才发生
 $x_1, x_2, \dots, x_n$ 或门符号 (OR)	“或” 逻辑关系	事件 $x_1, x_2, \dots, x_n$ 有一个发生，事件 A 就会发生

建立故障树时，首先把要分析的顶事件即故障事件扼要地写在矩形框内，置于故障树的最上端，并用“T”表示作为故障树的第一级；在顶事件下面，通过分析写出引起顶事件直接原因的事件，作为故障树的第二级，用“A”表示；以下继续分析还可列出第三级、第四级……，直到列出最基本原因的初始事件为止，并用“X”表示；暂时不分析的省略事件用“D”表示。上、下级事件之间有着“或”、“与”关系，用逻辑门符号联系，于是就形成了故障树。在故障树图中，每一级事件都是上一级事件的直接原因，同时又是下一级事件的直接结果。图 1-4 为发动机不能起动的故障树。

4) 故障树定性分析。定性分析就是分析系统出现某种故障（顶事件）有多少种可能性。这可通过分析故障树，确定系统的最小割集来解决。

若故障树的某几个底事件的集合发生时，将引起顶事件发生，则这个集合就称为割集。在故障树的割集中，若去掉其中任一底事件后就不再是割集的那些割集，称为最小割集。由于最小割集发生时，其顶事件必然发生，因此一故障树的全部最小割集的完整集合则代表了顶事件发生的所有可能性。

在故障诊断中，最小割集的意义在于它描绘出了消除顶事件，维修最少应做的那些工

作。同时,研究最小割集可以发现系统的最薄弱环节,找出系统维修工作的重点。

5) 故障树定量分析。定量分析就是分析系统发生故障的各个可靠性特征量,估计故障事件(顶事件)出现的概率,以评价系统的可靠性。

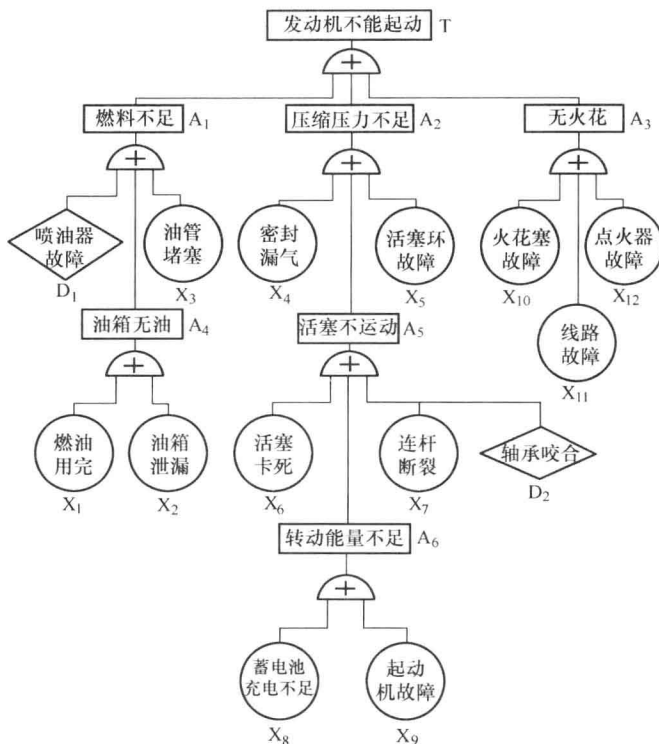


图 1-4 发动机不能起动的故障树

汽车故障的发生具有随机性,属偶然事件,其发生的可能性大小可用发生概率的大小度量。因此,可以根据系统中各基本事件发生的概率,按故障树的逻辑结构,应用逻辑与、或的概率计算公式逐级向上运算,直至求出故障事件(顶事件)发生的概率。

若输入事件 $x_1, x_2, \dots, x_n$ 间相互独立,并已知发生的概率为 $P(x_i)$,则输出事件 X 发生的概率可按下列方法计算。

当逻辑关系为“与”联接时,事件 $X = x_1 \cdot x_2 \cdot \dots \cdot x_n$ 的发生概率为

$$P(X) = \prod_{i=1}^n P(x_i) \quad (1-1)$$

当逻辑关系为“或”联接时,事件 $X = x_1 + x_2 + \dots + x_n$ 的发生概率为

$$P(X) = 1 - \prod_{i=1}^n [1 - P(x_i)] \quad (1-2)$$

提示:故障树分析法采用的是逻辑推断方法,在人工经验诊断和智能专家系统诊断故障中,都会自觉或不自觉地应用故障树分析法。

(2) 故障征兆模拟试验法 在汽车电控系统的故障诊断中往往会遇到一种间歇性故障,