



21世纪高等学校教材

普通高等教育“十一·五”汽车类专业(方向)规划教材

汽车检测 与故障诊断

QI CHE JIAN CE YU GU ZHANG ZHEN DUAN

主 编 戴耀辉 于建国

副主编 阎 岩 刘文霞 齐晓杰



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

21 世纪高等学校教材
普通高等教育“十一五”汽车类专业（方向）规划教材

汽车检测与故障诊断

主 编 戴耀辉 于建国
副主编 阎 岩 刘文霞 齐晓杰
参 编 夏晶晶 程 波
主 审 黄海波



机械工业出版社

本书系统地介绍了汽车检测与故障诊断的基础知识,检测方法、标准,诊断方法以及现代汽车检测设备的原理和应用。本书内容包括汽车检测和诊断基础知识,发动机、底盘及整车技术状况的检测方法,汽车常见故障的诊断方法等。本书力求结构合理,内容上既有较强的理论基础又加强了针对性和应用性,突出新设备、新技术和新标准的应用,侧重检测和诊断结果的分析,以培养学生分析问题和解决问题的能力。

本书为高等院校交通运输专业、汽车服务工程专业以及车辆工程专业本科生教材,也可供汽车维修企业和汽车检测站技术人员在工程实践中参考。

图书在版编目(CIP)数据

汽车检测与故障诊断 / 戴耀辉, 于建国主编. —北京: 机械工业出版社, 2006.10 (2007.7 重印)

21 世纪高等学校教材. 普通高等教育“十一五”汽车类专业(方向)规划教材

ISBN 978-7-111-20147-2

I. 汽... II. ①戴... ②于... III. ①汽车-故障检测-高等学校: 技术学校-教材②汽车-故障诊断-高等学校: 技术学校-教材 IV. U472.9

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 124708 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: 赵爱宁 版式设计: 霍永明 责任校对: 王欣

封面设计: 王伟光 责任印制: 洪汉军

三河市国英印务有限公司印刷

2007年7月第1版第2次印刷

184mm×260mm·16印张·393千字

标准书号: ISBN 978-7-111-20147-2

定价: 24.00 元

凡购本书, 如有缺页, 倒页, 脱页, 由本社发行部调换

销售服务热线电话: (010) 68326294

购书热线电话: (010) 88379639 88379641 88379643

编辑热线电话: (010) 88379711

封面无防伪标均为盗版

普通高等教育汽车类专业（方向）
教材编审委员会

主任：	北京理工大学	林逸
副主任：	黑龙江工程学院	齐晓杰
	湖北汽车工业学院	陶健民
	扬州大学	陈靖芯
	西华大学	黄海波
	机械工业出版社	邓海平
委员：	吉林大学	方泳龙
	吉林大学	刘玉梅
	北京航空航天大学	高峰
	同济大学	陈永革
	上海交通大学	喻凡
	上海大学	何忱予
	哈尔滨理工大学	徐雳
	武汉理工大学	张国方
	山东理工大学	邹广德
	山东交通学院	李祥贵
	燕山大学	韩宗奇
	长沙理工大学	张新
	青岛理工大学	卢燕
	河南科技大学	张文春
	南京工程学院	贺曙新
	淮阴工学院	刘远伟
秘书：	机械工业出版社	赵爱宁
	机械工业出版社	冯春生

序

汽车被称为“改变世界的机器”。由于汽车工业具有很强的产业关联度，因而被视为一个国家经济发展水平的重要标志。近10年来，我国汽车工业快速而稳步发展，汽车产量年均增长15%，是同期世界汽车产量增长量的10倍。汽车工业正在成为拉动我国经济增长的发动机。汽车工业的繁荣，使汽车及其相关产业的人才需求量大幅度增长。与此相应地，作为人才培养主要基地的汽车工业高等教育也得到了长足发展。据不完全统计，迄今全国开办汽车类专业的高等院校已达百余所。

从未来发展趋势看，打造我国自主品牌、开发核心技术是我国汽车工业的必然选择，但当前我国汽车工业还处在以技术引进、加工制造为主的阶段，这就要求在人才培养时既要具有前瞻性，又要与我国实际情况相结合。要在注重培养具有自主开发能力的研究型人才的同时，大力培养知识、能力、素质结构具有鲜明的“理论基础扎实，专业知识面广，实践能力强，综合素质高，有较强的科技运用、推广、转换能力”特点的应用型人才。这也意味着对我国高等教育的办学体制、机制、模式和人才培养理念等提出了全新的要求。

为了满足新形势下对汽车类高等工程技术人才培养的需求，在中国机械工业教育协会机械工程及自动化学科教学委员会车辆工程学科组的领导下，成立了教材编审委员会，组织制定了多个系列的普通高等教育规划教材。其中，为了解决高等教育应用型人才培养中教材短缺、滞后等问题，组织编写了“普通高等教育‘十一五’汽车类专业（方向）规划教材”。

本系列教材在学科体系上适应普通高等院校培养应用型人才的需求；在内容上注重介绍新技术和新工艺，强调实用性和工程概念，减少理论推导；在教学上强调加强实践环节。此外，本系列教材将力求做到：

(1) 全面性。目前本系列教材包括汽车设计与制造、汽车运用与维修、汽车服务工程、物流工程等专业方向，今后还将扩展其他专业领域，更全面地涵盖汽车类专业方向。

(2) 完整性。对于每一个专业方向的系列教材，今后还将继续根据行业变化对教学提出的要求进行填平补齐，使之更加完善。

(3) 优质性。在教材编审委员会的领导下，继续优化每一本教材的规划、编审、出版和修订过程，让教材的生产过程逐步实现优质和高效。

(4) 服务性。根据需要,为教材配备 CAI 课件和教学辅助教材,召开新教材讲习班,在相应网站开设研讨专栏等。

相信本系列教材的出版将对我国汽车类专业的高等教育产生积极影响,为我国汽车行业应用型人才培养模式作出有益的探索。由于我国汽车工业还处于快速发展阶段,对人才不断提出新的要求,这也就决定了高等教育的人才培养模式和教材建设也处于不断变革之中。我们衷心希望更多的高等院校加入本系列教材建设的队伍中来,使教材体系更加完善,以更好地为高等教育培养汽车专业人才服务。

中国汽车工程学会 常务理事
中国机械工业教育协会车辆工程学科组 副主任
林 逸

前 言

本书是根据全国高等院校应用型本科交通运输、车辆工程专业教材编写委员会第一届一次会议确定的应用型本科交通运输、车辆工程专业教材编写计划编写的。本教材编写大纲广泛征求了有关院校的意见，符合国家教育部对应用型本科学生的要求，可作为应用型本科交通运输、汽车服务工程及车辆工程等专业的教材，亦可作为从事汽车运用、交通管理、汽车维修和汽车检测工作的工程技术人员的参考书。

汽车检测与故障诊断技术已经应用于汽车运用、汽车维修、交通管理和环境保护等各个领域。近年来，由于汽车上高新技术的广泛应用以及电子化程度的不断提高，汽车检测与故障诊断所包含的知识、涉及的范围、应用的设备和采取的方法不断发生变化。基于这种情况，编者参阅了大量技术资料，根据多年教学经验，力求教材结构合理；内容上既有较强的理论基础又加强针对性和应用性，突出了新设备、新技术和新标准的应用，努力把传授知识和能力培养结合起来；侧重了检测和诊断结果的分析，以培养学生分析问题和解决问题的能力。

本书由黑龙江工程学院戴耀辉、东北林业大学于建国任主编，青岛理工大学阎岩、黑龙江工程学院刘文霞、齐晓杰任副主编。编写分工是：刘文霞编写第一章、第二章、第三章；阎岩编写第四章；夏晶晶编写第五章；齐晓杰、于建国编写第六章；程波编写第七章；戴耀辉编写第八章。

本书由西华大学黄海波教授任主审，对全书进行了认真审阅，并提出了许多宝贵意见，编者在此表示衷心的感谢。

本书在编写过程中得到了许多专家和汽车检测站及汽车维修企业技术人员的大力支持，全书还参阅了许多国内公开出版、发表的文献和检测设备使用说明书，在此一并致谢。

由于时间仓促和编者水平所限，本书难免有不当甚至谬误之处，恳请使用本教材的师生和读者批评指正。

编 者

目 录

序 前言

第一篇 汽车检测与诊断基础知识

第一章 概论	2	第二节 汽车诊断参数和诊断标准	11
第一节 汽车检测与诊断概述	2	第三章 汽车检测站	19
第二节 汽车检测与诊断技术的发展概况	4	第一节 汽车检测站概述	19
第二章 汽车检测与诊断基础	6	第二节 汽车检测线的微机控制系统	24
第一节 汽车故障及诊断分析方法	6		

第二篇 汽车技术状况检测

第四章 发动机技术状况的检测	28	第三节 转向系统的检测	82
第一节 发动机功率的检测	28	第四节 车轮平衡的检测	95
第二节 气缸密封性的检测	34	第五节 悬架装置的检测	101
第三节 点火系统的检测	42	第六章 整车技术状况的检测	105
第四节 汽油机燃油供给系统的检测	49	第一节 汽车侧滑的检测	105
第五节 柴油机燃油供给系统的检测	53	第二节 制动系统的检测与诊断	107
第六节 润滑系统的检测	60	第三节 车速表的检测	115
第七节 发动机异响的检测与诊断	65	第四节 前照灯的检测	118
第五章 底盘技术状况的检测	71	第五节 排气的检测	125
第一节 底盘输出功率的测定	71	第六节 噪声的检测	136
第二节 传动系统的检测	77	第七节 燃料消耗量的检测	143

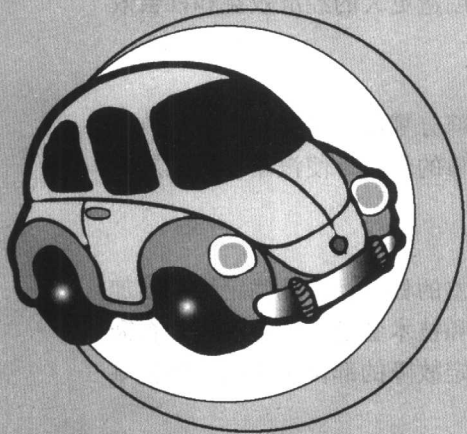
第三篇 汽车常见故障诊断

第七章 发动机常见故障诊断	154	第五节 点火系统的故障诊断	200
第一节 化油器式汽油机燃油供给系统的故障诊断	154	第八章 底盘常见故障诊断	206
第二节 电子控制燃油喷射系统的故障诊断	159	第一节 变速器的故障诊断	206
第三节 柴油机燃油供给系统的故障诊断	182	第二节 制动系统的故障诊断	218
第四节 燃气汽车的故障诊断	187	第三节 转向系统的故障诊断	231
		第四节 悬架系统的故障诊断	239
		附录 机动车安全检验记录单	245
		参考文献	246

第一篇

第一篇

汽车检测与诊断基础知识



第一章 概 论

第一节 汽车检测与诊断概述

汽车在使用过程中,随着行驶里程的增加,汽车技术状况逐渐变差,出现动力性、经济性下降,排放污染物增加,使用的可靠性降低,故障率上升等现象,严重时汽车不能正常运行。

汽车技术状况是定量测得的,是表征某一时刻汽车外观和性能的参数值的总和。及时检测和诊断影响汽车技术状况的原因,排除汽车故障,是提高汽车完好率,延长汽车使用寿命的重要措施。

汽车检测是在整车不解体条件下,运用检测工具和仪器对汽车技术状况或工作能力进行的检查和测量;汽车诊断是指在整车不解体(或仅卸下部分零件)条件下,通过检测数据对汽车技术状况或故障部位和原因进行的检查、分析和判断。

一、汽车检测与诊断的目的和作用

汽车检测与诊断的目的是为了确定在用汽车的技术状况是否良好或有无故障。根据检测与诊断的结果维护或修理汽车,使其恢复正常。在实际工作中,汽车检测与诊断的目的因检测项目的不同而有差异。

1. 汽车安全、环保性能检测

对汽车实行定期和不定期的安全和环保性能检测,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法规要求的污染物排放量,以建立安全和环保的监控体系,强化汽车的安全管理。

2. 汽车综合性能检测

对汽车实行定期和不定期的综合性能检测,目的是在整车不解体情况下,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,以保证运输车辆具有良好的动力经济性、安全性、可靠性等使用性能及控制汽车对环境的污染,以创造更大的经济效益和社会效益。

3. 汽车故障的检测诊断

对汽车故障的检测诊断,目的是在整车不解体(或仅卸下部分零件)情况下,查明故障产生的原因和故障的部位,确定故障的排除方法,提高排除故障的效率,使汽车尽快恢复正常。

4. 汽车维修时的检测

汽车维修前的检测,目的是判别汽车技术状况与标准值相差的程度,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,以实现视情修理;汽车维修过程中的检测,目的是确定故障的部位和原因,确保维

修质量及提高维修效率；汽车维修后的检测，目的是检验汽车的使用性能是否得到恢复，以确认维修质量。

总而言之，汽车检测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、环保性能检测诊断、综合性能检测诊断，则属于后一种检测诊断。

二、汽车检测与诊断的方法

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，汽车诊断的基本方法有以下几种。

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，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，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一种诊断方法。

人工经验诊断法不需要专用仪器设备，可随时随地应用。但存在着诊断速度慢，准确性差及不能进行定量分析等缺点，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

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。采用微型计算机（以下简称微机）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。

3. 自诊断法

自诊断法是利用汽车电控单元的自诊断功能进行故障诊断的一种方法。自诊断的功能是利用监测电路检测传感器、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员发出警示信号。自诊断法的过程是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。

在实际检测诊断工作中，上述三种方法不是相互独立的，而是相辅相成的。人工经验诊断法是检测诊断的基础，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计算机的分析判断。现代仪器设备诊断法是在人工经验诊断法基础上发展起来的诊断方法，它在汽车检测诊断中所占的比例日益增大，使用现代仪器设备诊断法是汽车检测诊断技术发展的必然趋势。自诊断法，

对于汽车各大电子控制系统十分有效,而且快捷准确,这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大的优势,发挥更大的作用。

第二节 汽车检测与诊断技术的发展概况

汽车检测与诊断技术是现代化生产发展的产物,它是随着汽车技术的不断多功能化和自动化而发展起来的。随着汽车技术的发展,汽车的结构越来越复杂,电子化程度越来越高,因而对汽车故障的诊断、排除的难度就越来越大,人们对检测不断提出新的要求,刺激着汽车检测与诊断技术的向前发展,同时发展了的汽车检测与诊断技术,不仅减少维修汽车所需的劳动量,提高维修汽车的经济效益,而且能对汽车产品质量或维修质量作出客观评价,为汽车设计技术、制造技术和维修技术的合理改进提供基础数据,促进汽车工业和维修业的发展。而汽车检测与诊断技术则跟随汽车技术的发展而不断提出新的要求,以适应汽车维修市场的需要。汽车检测与诊断技术的发展远景是智能化寻找故障,提高诊断、检测的准确程度,以最小的劳动消耗实现高的可靠性。

一、国外汽车检测与诊断技术的发展概况

国外一些发达国家,早在20世纪40~50年代就研制成功一些功能单一的检测或诊断设备,发展成为以故障诊断和性能调试为主的单项检测诊断技术。进入20世纪60年代,检测设备应用技术获得较大发展,设备使用率大大增加,逐渐将单项检测诊断技术连线建站(出现汽车检测站),成为既能进行维修诊断,又能进行安全环保检测的综合检测技术。随着微机的发展,不仅单个检测设备实现了微机控制,而且于20世纪70年代初出现了检测控制、数据采集、数据处理自动化及检测结果自动存储并打印的现代综合检测技术,其检测效率大为提高。20世纪80年代后,一些先进国家的现代检测诊断技术已达到广泛应用的程度,不仅社会上的汽车检测站众多,而且汽车制造厂装配线终端和汽车维修企业内部也都建有汽车检测线,给交通安全、环境保护、节约能源、降低运输成本和提高运力等方面,带来了明显的社会效益和经济效益。20世纪90年代后,国外汽车诊断设备发展的重要特征是直接采用各种自动化的综合诊断技术,增加诊断项目,扩大诊断范围,提高对复杂故障的诊断能力,开发汽车诊断专家系统,使汽车诊断技术向新的高度发展。

二、我国汽车检测与诊断技术的发展概况

我国的汽车检测与诊断技术起步较晚。在20世纪60~70年代,国家有关部门虽然也从国外引进过少量检测设备,国内不少科研单位和企业对检测设备也组织过研制,但由于种种原因,该项技术一直发展缓慢。20世纪80年代以后,随着国民经济的发展,特别是随着汽车制造业、公路交通运输业的发展和进口车辆增多,我国的机动车保有量迅速增加。车辆增加必然带来一系列社会问题,如何保证这些车辆安全运行和降低社会公害,逐渐提到政府有关部门的议事日程上来,因而促进了汽车检测与诊断技术的发展,使之成为国家“六五”期间重点推广的项目,并视为推进汽车维修现代化管理的一项重要技术措施。交通部门自1980年开始,有计划地在全国公路运输系统筹建汽车综合性能检测站,取得了很大成绩。

公安部门在全国的中等以上城市中，也建成了许多安全性能检测站。到 20 世纪 90 年代初，除交通、公安两部门外，机械、石油、冶金、煤炭、林业和外贸等系统和部分大专院校，也建成了相当数量的汽车检测站。可以说，进入 21 世纪的中国已基本形成了初具规模的全国性汽车检测网。不仅如此，全国各地的汽车维修企业使用的检测诊断设备，也日益增多。

可以预见，随着公路交通运输企业、汽车维修企业、汽车制造企业和整个国民经济的发展，我国的汽车检测诊断技术，在 21 世纪必将获得进一步发展，而且会取得更加明显的经济效益和社会效益。

第二章 汽车检测与诊断基础

第一节 汽车故障及诊断分析方法

一、汽车故障及其主要类型

1. 汽车故障及主要故障现象

汽车故障是指汽车部分或完全丧失工作能力的现象。

汽车工作能力是指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。

汽车故障的具体表现叫做汽车故障现象。主要有以下几种：

异响：汽车总成或机构在工作中产生的超过技术文件规定的不正常响声。

泄漏：汽车上有密封要求的部位漏气（液）量超过技术文件规定的现象。

过热：汽车总成或机构的工作温度超过技术文件规定的现象。

失控：汽车、总成或机构工作时，出现操纵失灵，无法控制的现象。

乏力：汽车运行过程中，动力明显不足的现象。

污染超限：汽车运行过程中产生的有害排放物和噪声超过技术文件规定的现象。

费油：汽车燃料、润滑油消耗超过技术文件规定的现象。

振抖：汽车工作中产生技术文件所不允许的自身抖动的现象。

2. 汽车故障类型

(1) 按汽车故障对汽车性能的影响程度分为完全故障、局部故障、致命故障、严重故障和一般故障。

完全故障：汽车完全丧失工作能力，不能行驶故障。

局部故障：汽车部分丧失工作能力，即降低了使用性能的故障。

致命故障：导致汽车、总成重大损坏的故障。

严重故障：汽车运行中无法排除的完全故障。

一般故障：汽车运行中能及时排除的故障，或不能排除的局部故障。

(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。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而出现的异响，就属于渐发性故障。渐发性故障一旦发生，就标志着产品的寿命要走向终结，对于汽车而言，则往往是需要大修的标志。

(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；而永久性故障则只有更换或修复某些零部件后，才能使得故障排除，功能恢复。如汽油

机供油系气阻故障是一种典型的间歇性故障；而曲轴轴瓦烧损、发动机拉缸则是永久性故障。

(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。

故障的分类方法很多，上述故障的分类是相互交叉的，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。

二、汽车故障形成及汽车技术状况变化

1. 汽车故障形成

汽车产生的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，主要包括工作条件恶劣、设计制造存在缺陷以及使用维修不当等三个方面。

汽车零件工作条件包括零件的受力状况和工作环境。若作用于零件的载荷超过其允许承受的能力，则导致零件失效。在实际工作过程中，汽车零件往往不是承受一种载荷的作用，而是同时承受几种类型载荷的综合作用，绝大多数汽车零件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。汽车零件在不同的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。

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，可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。

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。

2. 汽车技术状况变化

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。汽车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、转矩、油耗、声响、排放限值和踏板自由行程等。

汽车完好技术状况是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，完全能正常发挥汽车的全部功能。

汽车不良技术状况是指汽车不符合技术文件规定的任一要求的状况。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、外形及其他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天的正常行驶。

汽车技术状况参数达到了技术文件规定的极限值的状况称为汽车极限技术状况。

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, 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转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。

三、汽车故障分析方法

汽车是由多个不同功能的子系统构成的复杂系统, 其故障产生的原因往往较为复杂, 因此采用故障树分析法进行汽车故障诊断效果较好。

1. 故障树分析法的基本概念

故障树分析 (Fault Tree Analysis——FTA) 法, 简称 FTA 法, 是一种将系统故障形成的原因由总体至部分逐级细化的分析方法。由于用于表示故障因素间逻辑关系的图形很像树枝而得名。

故障树分析法产生于 20 世纪 60 年代初期, 它是对复杂系统进行可靠性分析的有效工具, 其目的在于判明基本故障, 确定故障原因和故障发生的概率。

故障树分析法就是把所研究系统的最不希望发生的故障状态作为故障分析的目标, 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。以故障树为工具, 分析系统发生故障的各个可靠性特征量, 可以对汽车故障进行预测和诊断, 并对系统的安全性或可靠性进行评价。

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, 为表明事件与原因之间的因果、逻辑关系, 常使用一些符号表示。故障树分析法中常用的符号可分作两类, 即: 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 2-1。

表 2-1 故障树分析法的常用符号







符号类别	符 号	名 称	含 义
事件符号	 矩形符号	故障事件	包括除基本事件外所有要分析的故障事件和引发故障事件的原因(中间事件)
	 圆形符号	基本事件	不能再分解的故障事件, 表示故障发生的基本原因
	 屋形符号	非故障事件	表示事件是偶然发生的
	 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
逻辑符号	 x_1, x_2, \dots, x_n 与门符号	“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	“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

图 2-1 所示为发动机不能起动的故障树。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, 省略事件用“D”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, 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。

4. 故障树的定性分析

定性分析的目的是弄清系统出现某种故障(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, 称为最小割集。由于最小割