

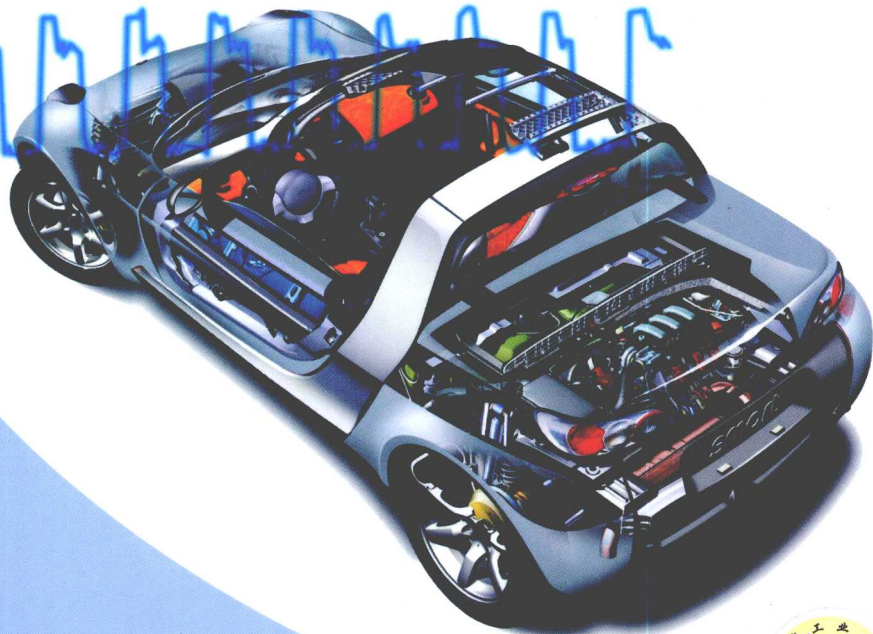
第2版

汽车检测与诊断技术

普通高等教育交通类专业规划教材



赵英勋 主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



普通高等教育交通类专业规划教材

汽车检测与诊断技术

第 2 版

主编 赵英勋

主审 麻友良



机械工业出版社

本书系统地介绍了汽车检测与诊断技术的基础理论、检测方法、诊断原理和现代汽车检测设备的原理及应用,突出反映了现代汽车检测诊断的新技术、新设备及新方法。内容包括汽车检测与诊断技术基础、发动机的检测与诊断、底盘的检测与诊断、车身及附件的检测与诊断以及汽车排气污染物与噪声的检测。

本书可作为高等院校交通运输类专业本科生教材,也可供汽车运用、交通管理、车辆工程、汽车检测方面的工程技术人员和管理人员在实际中使用和参考。

图书在版编目(CIP)数据

汽车检测与诊断技术/赵英勋主编. —2版. —北京:机械工业出版社, 2008. 7

普通高等教育交通类专业规划教材

ISBN 978-7-111-11355-3

I. 汽… II. 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. U472.9

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第094421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:杨民强 责任编辑:杜凡如 版式设计:霍永明

责任校对:李秋荣 封面设计:姚毅 责任印制:杨曦

北京机工印刷厂印刷(北京樱花印刷厂装订)

2008年8月第2版第1次印刷

169mm×239mm·21.75印张·419千字

0 001—4 000册

标准书号:ISBN 978-7-111-11355-3

定价:38.00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) 88379771

封面无防伪标均为盗版

第2版前言

本书是2003年出版的《汽车检测与诊断技术》教材的第2版，是全国高等院校交通运输（汽车运用工程方向）专业教学指导委员会组织的规划教材。

5年来，通过教学实践，我们对教材部分章节的内容与结构的处理有了一些新的看法，同时汽车检测与诊断技术也有了飞速的发展，有的检测标准也发生了相应变化，此外，许多教师和读者也对本书提出了宝贵意见。基于这些原因，我们对原教材做了修订：对原教材调整了章节结构，删除了空调检测部分；充实了部分图文，更换了部分标准；重写了部分章节，完善了全书内容。

编者参阅了大量技术资料，并结合现代汽车检测与诊断的实践完成了本书的修订。本书详细阐述了汽车检测诊断技术的基础理论；全面介绍了汽车发动机、底盘、车身及附件的检测诊断方法和汽车排气污染物与噪声的检测技术；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的检测与诊断技术。本书力求引用最新资料、数据，着力反映本学科最新研究成果；力求理论联系实际，注重能力的培养，来充分体现本教材的科学性、先进性和实用性，以适应汽车检测诊断技术发展的需要。

《汽车检测与诊断技术》（第2版）由武汉科技大学赵英勋主编并统稿。其中第一章由郭健忠编写，第二章、第三章第五、六节由赵英勋编写，第三章第一、二、三节由丁礼灯编写，第三章第四节由罗怡红编写，第四章由王维强编写，第五章由席敏编写。

武汉科技大学麻友良教授对本书进行了认真的审阅，并提出了许多宝贵的建议，在此表示衷心的感谢！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

第2版前言

第一章 概论	1
第一节 概述	1
第二节 汽车检测与诊断技术基础	5
第三节 汽车检测站	25
复习思考题	40
第二章 汽车发动机的检测与诊断	41
第一节 发动机功率的检测	41
第二节 气缸密封性的检测与诊断	46
第三节 起动系的检测与诊断	56
第四节 点火系的检测与诊断	63
第五节 汽油机燃油供给系的检测与诊断	80
第六节 柴油机燃油供给系的检测与诊断	90
第七节 润滑系的检测与诊断	106
第八节 冷却系的检测与诊断	112
第九节 发动机异响的检测与诊断	116
第十节 发动机电子控制系统的检测与诊断	122
复习思考题	145
第三章 汽车底盘的检测与诊断	147
第一节 驱动轮输出功率的检测	147
第二节 传动系的检测与诊断	156
第三节 转向系的检测与诊断	171
第四节 制动系的检测与诊断	181
第五节 行驶系的检测与诊断	199
第六节 底盘电子控制系统的检测与诊断	223
复习思考题	262
第四章 车身及附件的检测与诊断	264
第一节 车身的检测与诊断	264
第二节 安全气囊系统的检测与诊断	272
第三节 汽车前照灯的检测	278
第四节 车速表的检测	287
第五节 汽车电子组合仪表的检测与诊断	292
复习思考题	296

第五章 汽车排放污染物与噪声的检测	297
第一节 汽车排放污染物的检测	297
第二节 汽车噪声的检测	325
复习思考题	337
参考文献	339

第一章 概 论

第一节 概 述

一、汽车检测与诊断技术及其体系

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

汽车检测与诊断技术是汽车检测技术和汽车故障诊断技术的统称，有时简称为汽车检测诊断技术或汽车诊断技术。它是研究汽车检测方法、检测原理、诊断理论以及在汽车不解体（或仅卸下个别小件）条件下的检测手段，以确定汽车技术状况及其故障的一门学科。

汽车检测与诊断技术是检测诊断理论与方法的一种工程实现，它包括检测设备的研制、诊断参数的制定、汽车故障的诊断和汽车技术状况的预测等多方面的内容。它是一门涉及机械、电子控制、数学、可靠性理论、测试和汽车使用技术等方面的综合性应用学科，它以检测技术为基础，以诊断为目的，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，为汽车继续运行或进厂维修提供可靠的依据。

现代汽车的检测与诊断是一种全新的、现代化的技术，它与传统的人工检查或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，汽车检测与诊断技术本身所包含的知识，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，汽车检测与诊断技术贯穿于汽车运用、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。

二、汽车检测与诊断技术的地位

汽车在使用过程中，其技术状况变差、出现故障是不可避免的。如果能够利用汽车检测与诊断技术，对汽车的运行状态作出判断，及时发现故障，并采取相应对策，则可以提高汽车的使用可靠性，避免汽车恶性事故发生，同时可充分发挥汽车的效能，减少维修费用，获得更大的经济效益。对于汽车运用领

域来说,汽车检测诊断技术具有重要的地位,主要表现如下。

1. 汽车检测诊断技术是实施汽车维修制度的重要保证

我国现行的汽车维修制度属于计划预防维修制度,车辆的维修必须贯彻预防为主、定期检测、强制维护、视情修理的原则。这种维修制度是根据车辆检测诊断和鉴定的结果,对车辆进行视情处理,施以不同的作业范围,这样可以减少不必要的拆卸,避免盲目维修或失修现象发生,能最大限度地发挥零件的使用潜力,大大提高汽车的可靠性和使用经济效益。然而,这一维修制度的实施,是以先进的汽车检测诊断技术为前提的。可以想象,如果没有汽车检测诊断技术,要实现视情维修则是一句空话。因此,我国交通部《汽车运输业车辆技术管理规定》中明确指出:汽车检测诊断技术,是检查、鉴定车辆技术状况和维修质量的重要手段,是促进维修技术发展,实现视情修理的重要保证。

2. 汽车检测诊断技术是提高维修效率、监督维修质量的重要措施

随着汽车工业的发展,汽车保有量迅猛增长,汽车维修任务相应加大;同时由于汽车的结构日益复杂,电子化程度越来越高,汽车维修难度相应加大,由此产生的后果是熟练的汽车维修人员严重短缺,单凭经验进行汽车维修已不能适应现代汽车的技术要求。

在车辆技术保障中,资料统计表明,查找故障的时间约为70%,而排除和维修的时间约占30%。为提高汽车维修效率,应采用先进的汽车检测诊断技术。随着汽车结构的日益复杂化,汽车检测诊断技术的地位越来越高,人们更加依赖于汽车检测诊断技术。没有检测诊断技术,车辆的故障就不能迅速排除,车辆的技术状况就不能迅速恢复;没有检测诊断技术,车辆的维修质量也不能得到有效的监督。因此,汽车检测诊断技术在汽车技术保障中处于十分关键的地位,它是提高维修效率、保证维修质量的重要措施。

3. 汽车检测诊断技术是确保行车安全的重要手段

随着汽车保有量的增加,汽车交通事故造成人身伤亡的现象十分严重,现已构成不可忽视的社会问题。面对日益严峻的交通形势,采用现代汽车检测诊断技术,利用先进的检测仪器,能对机动车辆加强安全技术检测,对汽车的技术状况做出准确的诊断,找出隐患及时排除,发现问题及时维修,确保汽车的行车安全。

三、汽车检测与诊断技术的发展概况

汽车检测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完善化、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,刺激着汽车诊断技术的向前发展,同时发展了的汽车诊断技术,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,为汽车技术或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。汽车检测诊断技术的发展远景是自动化寻找故障和实现诊断,提高检测的准确程度和以最小的劳动消耗实现高的可靠性。

1. 国外汽车检测诊断技术的发展概况

汽车诊断技术在工业发达的国家早已受到重视,早在20世纪中叶,就形成了以故障诊断和性能调试为主的单项检测技术。进入20世纪60年代后,检测诊断技术获得了较大发展,出现了简易的汽车检测站,随着汽车工业的发展以及电子系统的广泛应用,传统的手摸、耳听,拆拆装装地进行故障诊断的方法已难以适应。为此,汽车发达国家的汽车公司及机械维修设备制造厂借鉴20世纪60年代在航天、军工方面首先发展起来的机器故障诊断技术,积极开发汽车诊断系统,20世纪70年代开发出了车外诊断专用设备,能对特定车辆进行多项目的检测,其汽车诊断技术已发展成为检测控制自动化、数据采集自动化、数据处理自动化、检测结果打印自动化的综合检测技术。

自发动机电子控制装置普遍使用后,汽车电控系统的故障诊断已逐渐向随车诊断转移。1977年,在美国通用公司的一种轿车上采用了发动机点火控制的随车诊断装置,它具有自动诊断功能,能检测发动机冷却液温度、电路回路故障和电压下降情况。一旦有异常,微处理机就进行故障软控制,并出现“检查点火装置”字样,该检测是通过微处理机程序系统进行的,并具有储存和数据检测功能。以此为开端,福特、日产、丰田等公司陆续开发了具有自行诊断功能的随车诊断装置。

20世纪80年代,发达国家的随车诊断已成为汽车电器故障诊断的主流,不少轿车具有故障自诊断功能,有的随车诊断设备还可根据其显示器的指令进行操作,来获取故障信息。而此时的车外诊断专用设备更具有诊断复杂故障的能力,具有汽车专家诊断系统,这种专家诊断系统就是模拟熟练的汽车诊断专家思维的计算机程序,它将汽车专家的知识移植于诊断方法之中。一些发达国家的汽车检测诊断新技术已达到了广泛应用的阶段,给交通安全、环境保护、节约能源、降低运输成本等方面,带来了明显的社会效益和经济效益。

20世纪90年代,汽车自诊断技术飞速发展。OBD(On Board Diagnostic,车载诊断系统)自问世以来得到了不断地改进和完善,相继出现了OBD—I和OBD—II。早期的OBD,是世界各个汽车制造厂商独立自行设计的,各个车型之间无法共用,必须采用不同的诊断系统;后来的OBD—I,采用了标准相同的16孔诊断插座,但仍保留与OBD相同的故障码,各车型之间仍然无法互换,所以必须采用不同的诊断系统;OBD—II采用了标准相同的16孔诊断插座、相

同的故障码及通用的资料传输标准 SAE 或 ISO 格式,可采用相同的诊断系统。1994 年全球约有 20% 的汽车制造厂商已采用 OBD—II 标准,到 1995 年时约有 40% 的汽车制造厂商采用 OBD—II 标准,从 1996 年起,全球所有的汽车制造厂商全面采用 OBD—II 标准。从 1996 年开始,所有在美国销售的新型汽车都采用 OBD—II 标准诊断系统。

2000 年后至今,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,增加难度较大的诊断项目,扩大诊断范围,提高对非常复杂的故障的诊断与预测能力,使汽车检测与故障诊断技术向新的高度发展。

总体上讲,工业化发达国家的汽车检测诊断技术,在管理上实现了“制度化”;在检测基础技术方面实现了“标准化”;在检测方式上向“智能化、自动化”方向发展。

2. 我国汽车检测诊断技术的发展概况

我国汽车检测诊断技术起步较晚,着手开发汽车故障诊断技术始于 20 世纪 60 年代中后期,由交通科学研究所和天津市公共汽车三场合作,研制汽车综合试验台,为我国汽车检测与诊断技术的发展迈出了第一步。1977 年国家为了改变汽车运输维修落后的局面,下达了“汽车不解体检验技术”的研究课题,这是建国以来,国家对汽车维修科研下达的第一个国家课题,标志着我国汽车诊断技术开始了新的起点。但真正受到重视是从 20 世纪 80 年代初开始的,当时,我国汽车保有量急剧增加,为保证车辆安全运行,减少交通事故,政府有关部门采取了一些积极措施,在全国中等以上城市,建成了许多安全性能检测站,促进了汽车检测诊断技术的发展。20 世纪 80 年代,由于国产汽车没有应用微机控制,汽车检测与诊断技术发展较慢,随车诊断几乎是空白,车外诊断是当时我国诊断技术的主流。进入 20 世纪 90 年代后,随着计算机技术在我国迅猛发展及电子控制系统在汽车上的广泛应用,使得汽车检测与诊断技术在我国产生了革命性的变化。此时,汽车维修检测市场上,不仅出现了大量的诊断硬件设施,同时应用计算机的汽车故障诊断专家系统软件也有了长足的发展。我国自行研制生产的诊断设备已由单机发展为配套,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。

我国汽车随车诊断技术也有快速的发展,2007 年 7 月 1 日起实施的 GB18352.3—2005《轻型汽车污染物排放限值及测量方法(中国Ⅲ、Ⅳ阶段)》中规定:轻型汽车必须装备车载诊断(OBD)系统。目前已研制出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、专用解码器、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:底盘测功机、制动试验台、侧滑试验台、四轮定位仪、

车速表试验台、灯光检验仪、车轮动平衡机等。目前我国体现汽车诊断技术发展较快的是建成了 1000 多个汽车检测站,可以说我国已基本形成了全国性的汽车检测网,汽车检测与诊断技术已初具规模。

3. 我国汽车检测诊断技术的展望

虽然我国汽车检测诊断技术发展很快,但与世界先进水平相比,还有一定距离。为使我国的汽车检测诊断技术赶超世界先进水平和适应汽车技术高速发展的需要,应从汽车检测技术基础、检测设备智能化和检测诊断网络化等方面进行研究和发展。

(1) 实现汽车检测技术基础的规范化 我国汽车检测诊断技术在发展过程中,普遍重视硬件技术,而忽视或是轻视了难度大、投入多、社会效益明显的检测方法和限值标准等基础性技术的研究。随着汽车诊断技术的发展,应加强基础研究,完善与硬件配套的软件建设,制定量化的检测标准,统一规范全国各地的检测要求及操作技术。

(2) 提高汽车检测诊断设备的性能和智能化水平 随着汽车诊断技术的发展,汽车诊断设备将向多功能综合式和自动化方向发展,同时,测试仪器也将趋向小型化、轻量化、测量放大一体化、非接触化、智能化。而且还会不断地提高检测诊断设备的性能,进一步提高诊断系统的智能化水平,增加诊断项目,扩大检测范围,提高产品的可靠性。目前的诊断设备主要是针对汽车电器和电控系统的故障,只能诊断汽车的部分性能和故障,而对汽车发动机及底盘机械故障的诊断,还缺乏方便、实用的仪器设备,仍然以人工经验法为主。但随着新技术的出现和新产品的开发,不久的将来,利用汽车诊断设备诊断汽车故障将会成为汽车维修领域的主流。

(3) 实现汽车检测诊断网络化 随着计算机网络技术的普及,汽车检测诊断将实现网络化。网络化可为汽车检测诊断提供源源不断的信息,人们从网上可很方便地与世界上很多汽车公司、厂家联络,获得汽车故障诊断信息,而且随时可以得到具有高水平的“故障诊断专家系统”的指导,随着可视网络技术的投入使用,远在千里之外的专家能像在现场一样,逐步地指导检修人员诊断和排除故障。另外,利用信息高速公路,可将全国的汽车检测站联成一个广域网,使交通管理部门随时掌握车辆的状况。

第二节 汽车检测与诊断技术基础

一、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

1. 汽车故障类型

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。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、润滑油状态、振动及各种物理、化学特性的变化来进行诊断。一般来说，现代汽车电器故障不解体检测相对容易，而汽车内部的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。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声响，就属于渐发性故障。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，则往往是需要大修或报废的标志。

（3）按故障存在的时间可分为间歇性故障和永久性故障 间歇性故障时有发生，有时消失，如汽油机供油系气阻故障是一种典型的间歇性故障；而永久性故障则只有在修复或更换某些零部件后，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。

（5）按故障造成后果的严重程度可分为轻微故障、一般故障、严重故障和致命故障 轻微故障一般不会导致汽车停车或性能下降，不需要更换零件，用随车工具作适当调整即可排除，如气门脚响、点火不正时、怠速过高等。一般故障可能导致汽车性能下降或汽车停车，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，必须停车，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，如柴油车飞车、制动系统失效、转向系统失控等。

值得说明的是：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. 故障产生原因

汽车各部件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和交变应力，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。

(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，能导致相互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。

3. 故障树分析方法

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，一直追查到那些原始的、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。

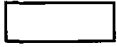
故障树分析法不仅可以定性分析故障发生的机理，而且还能定量预测故障发生的概率。故障树分析法简便、直观，可以一目了然地看出故障的原因与形成过程，能发现潜在的问题，有利于防患未然和预报故障。

(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，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 1-1。

表 1-1 故障树分析法的常用符号

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

(续)

符 号	名 称	含 义
 屋形符号	非故障性事件	表示偶然发生的非故障性事件
 棱形符号	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
 $x_1, x_2, \dots, x_n$ 与门符号 (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 1-1 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

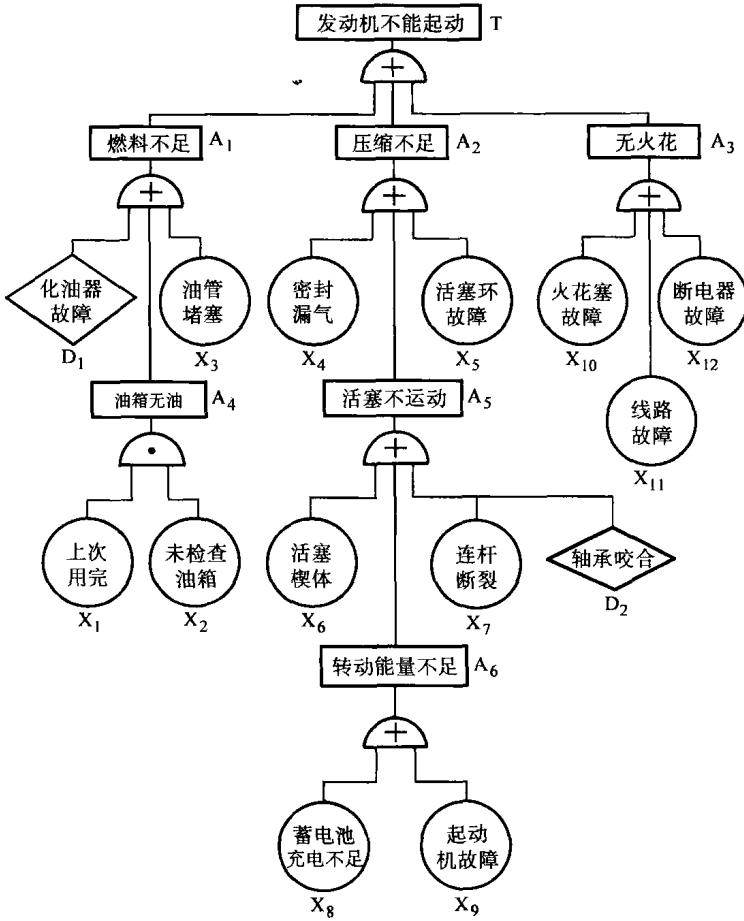


图 1-1 发动机不能起动的故障树

量，估计故障事件（顶事件）出现的概率，以评价系统的可靠性。

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

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

(二) 汽车技术状况

1. 汽车技术状况的变化

汽车技术状况是指定量测得的表征某一时刻汽车外观和性能参数值的总和。汽车是一个多元件构成的复杂系统，系统内各元件、部件是相互关联的，系统内元件性能变化或产生故障，必然会引起整个系统技术状况的变化。

汽车在使用过程中，其内部零件之间、零件与工作介质之间、汽车与外界环境之间均存在着相互作用，其结果是引起零件磨损、发热、腐蚀等一系列物理的和化学的变化，使零件尺寸、零件相互装配位置、配合间隙、表面质量等发生改变，使汽车总成或零件失去原有性能，引起工作质量下降，从而影响汽车技术状况发生变化。

随着行驶里程的增加，汽车技术状况会逐渐变坏，将导致动力性下降、经济性变差、可靠性降低。然而，汽车技术状况变化的速度是根据汽车的结构强度、使用条件（道路、载荷、气候、车速）、驾驶技术和汽车维护情况的不同而有所差别的。检测人员可通过检测表征汽车外观和性能的诊断参数值来反映或确定某一时刻汽车的技术状况，例如：通过检测汽车加速时间、驱动轮输出功率、燃油消耗量等参数的变化情况来看评价汽车的技术状况。

要重视汽车技术状况变化的研究，掌握变化症状、探究变化原因，以便适时的实施维修，保持汽车技术状况完好。

2. 汽车技术状况变化规律

汽车技术状况变化规律是指汽车技术状况与汽车行驶里程或行驶时间的变化关系。按变化过程的不同，汽车技术状况的变化规律有渐发性和偶发性两种。

(1) 汽车技术状况渐发性变化规律 渐发性变化规律是指汽车技术状况的变化随汽车行驶里程或使用时间呈单调变化，从而可用函数式表示的变化规律。如果汽车使用合理，则汽车技术状况的变化大多是按行驶里程或工作时间而逐渐平缓地发生变化。其变化规律可用 n 次多项式或幂函数两种形式加以描述。

1) n 次多项式

$$y = a_0 + a_1 L + a_2 L^2 + \cdots + a_n L^n \quad (1-3)$$

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；

$a_1, a_2 \cdots a_n$ ——用来表征 y 与 L 关系的待定系数。

在实际应用时，一般取第一至第四项，其计算精度已足够；而对制动蹄与制动鼓间的间隙、离合器踏板自由行程等参数变化规律的描述，只需用前两项，