



“十二五”普通高等教育汽车服务工程专业规划教材

(第二版)

汽车检测与诊断技术

Qiche Jiance yu Zhenduan Jishu

陈焕江 崔淑华 主编



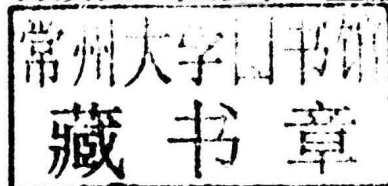
人民交通出版社股份有限公司
China Communications Press Co., Ltd.

“十二五”普通高等教育汽车服务工程专业规划教材

Qiche Jiance yu Zhenduan Jishu
汽车检测与诊断技术

(第二版)

陈焕江 崔淑华 主编



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

内 容 提 要

本教材由全国高校汽车服务工程专业教学指导分委员会组织编写,为“十二五”普通高等教育汽车服务工程专业规划教材,主要介绍了汽车检测与诊断的基础知识和汽车整车、汽车发动机、汽车底盘、汽车车身及附件的技术状况检测和故障诊断的基本原理、基本方法,以及有关汽车检测诊断设备的结构、工作原理和使用方法等。

本教材既可作为高等院校汽车服务工程专业和其他相关专业本科生“汽车检测与诊断”课程的教材,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参考。

图书在版编目(CIP)数据

汽车检测与诊断技术 / 陈焕江 崔淑华主编. —2
版. —北京:人民交通出版社股份有限公司,2015.6

ISBN 978-7-114-12173-9

I. ①汽… II. ①陈… ②崔… III. ①汽车—故障检
测 ②汽车—故障诊断 IV. ①U472.9

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 070380 号

“十二五”普通高等教育汽车服务工程专业规划教材

书 名: 汽车检测与诊断技术(第二版)

著 作 者: 陈焕江 崔淑华

责任编辑: 夏 犇 郭 跃

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: 20.5

字 数: 490 千

版 次: 2009 年 6 月 第 1 版

2015 年 7 月 第 2 版

印 次: 2015 年 7 月 第 1 次印刷

书 号: ISBN 978-7-114-12173-9

定 价: 45.00 元

(有印刷、装订质量问题的图书由本公司负责调换)

前 言

Qianyan

《汽车检测与诊断技术》根据全国高校汽车服务工程专业教学指导分委员会(筹)教材编写规划编写,自2009年6月第一版出版以来,数次重印,在全国许多高等院校的汽车服务工程专业和其他相关专业的教学中得以广泛应用。

《汽车检测与诊断技术》紧密结合汽车服务工程专业的教学需求和现代汽车检测与诊断技术快速发展的实际情况;力求反映汽车行业、汽车检测诊断和维修行业、汽车运输行业的新技术、新发展;特别是结合了现行汽车检测诊断标准和汽车维修质量标准。本次修订再版过程中,在总结并坚持《汽车检测与诊断技术》(第一版)优点的基础上,根据汽车技术和汽车检测诊断技术的发展,结合我们在实际教学中的学术积累和教学经验积累,《汽车检测与诊断技术》(第二版)在以下方面进行了更新。

1. 章节编排上,由原来的四章改为五章。新增第一章“概论”,介绍了汽车检测诊断的基本概念、基本方法、检测诊断参数、诊断周期和汽车检测站等;其他章节也作了一定调整。以使本书内容更为完整且系统性和逻辑性更好。

2. 结合最新颁布的汽车检测诊断领域的标准法规,对全书内容,特别是在汽车动力性即底盘输出功率检测、汽车燃油经济性检测、汽车环保性能检测等方面做了较大幅度更新;结合汽车技术及其汽车检测诊断技术的发展进步,删减了原书中较为陈旧的内容,增加了汽车发动机和汽车底盘的电控系统检测诊断的内容。由于在各章节中都新增了一些知识点,使全书内容更趋完善。

3. 更正了原书中存在的少量错误以及不当之处。

本书由长安大学陈焕江教授和东北林业大学崔淑华教授主编。其中,第一章和第四章第四、五节由崔淑华教授编写;第二章和第三章由陈焕江教授编写;第四章第一节、第二节和第三节由东北林业大学李冰讲师编写;第五章由长安大学肖梅副教授编写;陈焕江负责统稿。参加编写的还有邱兆文、王来军、陈昊、赵伟、何天仓、朱彤、沈小燕、徐婷、马壮林等。编写过程中,长安大学汽车综合性能检测站董元虎教授、汽车学院运输工程实验室李春明高级工程师等提供了大量资料,提出了许多宝贵建议;长安大学汽车学院和东北林业大学交通学院有关领导对本教材的出版非常关心并提供了许多帮助,对此深表谢意。

由于编者水平有限,书中难免有不足之处,恳请使用本教材的师生提出宝贵意见,以便再版修订。

编 者

2015年3月

目 录

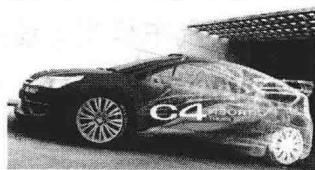
Mulu

第一章 概论	1
第一节 汽车检测与诊断技术简介	1
第二节 汽车检测与诊断技术基础	3
第三节 汽车检测站	15
第二章 汽车整车技术状况检测	23
第一节 汽车外观和整车技术参数检测	23
第二节 汽车底盘输出功率检测	28
第三节 汽车燃油经济性检测	40
第四节 汽车转向轮侧滑量检测	51
第五节 汽车制动性能检测	56
第六节 点燃式发动机汽车排放污染物检测	65
第七节 压燃式发动机汽车自由加速烟度检测	73
第八节 汽车前照灯检测	76
第九节 汽车噪声和喇叭声级检测	84
第十节 车速表检测	91
第三章 汽车发动机技术状况检测与故障诊断	95
第一节 发动机综合性能检测	95
第二节 发动机电控系统的基本检查和故障自诊断	100
第三节 发动机功率检测	124
第四节 发动机汽缸活塞组检测与诊断	130
第五节 发动机点火系统检测与诊断	138
第六节 汽油机燃油供给系统检测与诊断	160
第七节 柴油机燃油供给系统检测与诊断	179
第八节 发动机冷却系统检测与诊断	205
第九节 发动机润滑系统检测与诊断	209
第十节 发动机异响诊断	220
第四章 汽车底盘技术状况检测与故障诊断	227
第一节 汽车转向系统检测与诊断	227
第二节 汽车传动系统检测与诊断	238



第三节	汽车行驶系统的检测与诊断	263
第四节	汽车制动系统检测与诊断	286
第五节	电子控制驱动防滑转系统的检测与诊断	298
第五章	车身及附件的检测与诊断	302
第一节	车身的检测与诊断	302
第二节	安全气囊系统的检测与诊断	308
第三节	汽车空调系统检测与诊断	311
第四节	汽车电子组合仪表的检测与诊断	315
第五节	客车防雨密封性检测	317
参考文献		321





第一章 概 论

汽车检测与诊断是科学确定汽车技术状态,识别、判断故障部位和原因的综合性技术;检测诊断结果是汽车合理使用、适时维护和正确修理的技术依据。

第一节 汽车检测与诊断技术简介

一、基本概念

1. 相关术语

汽车检测与诊断技术是研究汽车检测方法、检测原理、诊断理论,在汽车不解体(或仅卸下个别零部件)的条件下,确定汽车技术状况及故障部位、原因的一门学科。汽车检测主要以确定汽车使用性能和技术状况为目的,汽车诊断以确定故障的部位和原因为目的。汽车检测与诊断技术的相关术语如下。

- (1) 汽车检测:确定汽车技术状况或对其工作能力的检查。
- (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: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。
- (6) 诊断参数:供诊断使用,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。
- (10) 汽车检测站:从事汽车检测工作的事业性或企业性机构。

2. 汽车检测与诊断的目的

汽车检测与诊断的目的主要体现在两个方面,一方面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,以决定汽车是否能够继续上路行驶或采取何种措施延长汽车的使用寿命;另一方面是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,属于上述前一种检测与诊断。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,则属于后一种检测与诊断。

二、汽车检测与诊断的基本方法

汽车诊断是由检查、分析、判断等一系列活动组成的,其基本方法如下。

1. 人工经验诊断法

人工经验诊断法是通过路试方法和对汽车或总成工作情况的观察,凭借诊断人员丰富的经验和理论知识,利用简单工具以及通过眼看、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方法。这种诊断方法不需专用仪器设备,可随时随地进行,具有资金投入少、诊断速度快等优点;但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,并存在准确性差、无法进行定量分析等缺点。

2. 现代仪器设备诊断法

现代仪器设备诊断法是在不解体情况下,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部位和原因。其优点是诊断速度快、准确性高、能定量分析;缺点是资金投入较大、需要固定的检测诊断空间及基本设施等。

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。即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,并向驾驶员发出警示信号。

在实际检测诊断工作中,上述三种方法是相辅相成的。

三、汽车检测与诊断技术的发展

检测与诊断技术是随着汽车技术和现代科学技术特别是电子技术的发展逐渐发展起来的应用技术。

1. 国外发展概况

20世纪50年代,发达国家首先开发了以故障诊断和性能调试为主、功能单一的检测或诊断设备,如发动机分析仪、发动机点火系故障诊断仪和汽车道路试验速度测试仪等;20世纪60年代发展成为既能进行维修诊断、又能进行性能检测的综合检测技术;进入20世纪70年代以后,随着计算机技术的发展,出现了检测诊断过程和数据采集处理自动化的汽车性能检测仪器和设备。在此基础上,相继建立汽车检测站和检测线。

1977年,美国通用公司在轿车上采用了发动机点火控制的随车诊断装置,然后,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,随车诊断成为汽车电器故障诊断的主流技术。与此同时,具有诊断复杂故障能力的车外诊断设备——汽车专家诊断系统问世。

20世纪90年代,汽车自诊断技术飞速发展。车载诊断系统(On-Board Diagnostic, OBD)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。从1996年起,美国法规要求所有在本国销售的新轿车和轻型载货汽车必须装备OBD—II系统。

2000年至今,国外汽车诊断设备发展的主要特征是直接采用各种自动化的综合诊断技术,扩大诊断范围,提高对复杂故障的诊断与预测能力。

经过多年发展,发达国家在汽车检测管理上实现了“制度化”,建设了汽车检测网,负责新车的登记和在用车技术状况检测及维修车辆质量监控。在检测基础技术方面已实现了“标准化”,以标准数据为准则判断汽车的技术状况。对检测设备也建立了完善的标准规定并向“智能化、自动化”方向发展,对检测设备使用周期、技术更新等也有具体要求。

2. 国内发展概况

早期的汽车故障诊断,主要依靠检测人员的知识和经验分析判断汽车故障。20 世纪六七十年代,相关科研单位和企业对检测设备进行了有组织的研制工作,先后研制开发了反力式汽车制动试验台、惯性式汽车制动试验台、发动机综合检测仪、汽车综合性能检验台(具有制动性检测、底盘测功、速度测试等功能)。

20 世纪 80 年代,机动车保有量迅速增加,保证车辆运行安全和降低环境污染成为重要课题,汽车检测与诊断技术成为国家“六五”期间重点推广项目。交通部门开始有计划地在公路运输系统筹建汽车综合性能检测站。到 20 世纪 90 年代初,除交通、公安系统外,其他行业系统和部分大专院校,都建立了一定数量的汽车检测站。进入 21 世纪以后,基本形成了全国性的汽车检测网,汽车维修企业使用的检测诊断设备也日益增多。

国家标准 GB 21861—2008《机动车安全技术检验项目和方法》、GB 18565—2001《营运车辆综合性能要求和检验方法》、GB/T 26765—2011《机动车安全技术检验业务信息系统及联网规范》颁布实施以来,汽车检测站控制系统都进行了升级改造,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。

3. 汽车检测与诊断技术的发展趋势

汽车诊断与检测技术是随着汽车技术和维修市场的发展需求而发展的。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。因此,今后汽车诊断设备的发展将向安全性能、排放性能和新结构汽车的诊断方向,以及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、可随车装设且实时显示等方向发展。

随着汽车结构的日趋复杂和电子控制程度的提高,对汽车故障的准确诊断和排除的难度也就越来越大。集现代电子技术、自动化控制技术、信息技术、计算机技术,特别是人工智能技术于一体的故障诊断与检测技术在汽车使用与维修工程中将得到越来越多的应用,是汽车检测诊断与维修理论研究的重要领域和前沿课题。

随着技术和管理的进步,今后汽车检测将实现更大范围的网络化,实现信息资源共享、硬件资源共享、软件资源共享。实现全国性的汽车综合性能检测站的联网,交通运输管理部门可以即时了解各地区车辆技术状况。

汽车诊断技术的发展远景是实现汽车故障的预测预报,通过预测可以预知汽车或其总成的未来技术状况,并确定其剩余的工作寿命和运行潜力,预报无故障期限,做到事先预防和减少危险性故障。

第二节 汽车检测与诊断技术基础

一、汽车技术状况的变化规律

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

里程增加,汽车技术状况逐渐变差,致使动力性、经济性和可靠性变差。汽车技术状况变化规律可分为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工作时间呈单调变化,从而可用函数式表示其变化规律。如果使用合理,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 次多项式或幂函数加以描述。

(1) n 次多项式。

$$y = a_0 + a_1L + a_2L^2 + \cdots + a_nL^n$$

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;

$a_1, a_2, \cdots, a_n$ ——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。

$$y = a_0 + a_1L^b$$

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。

汽车技术状况参数值渐发性变化的例子有: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含量等。当汽车技术状况呈渐发性变化规律时,可根据其单调性,通过对上述参数变化量的测量,来确定汽车的技术状况,并预测汽车故障的发生。

2. 汽车技术状况偶发性变化规律

偶发性变化规律也称为随机性变化规律,它表示汽车、总成出现故障或达到极限状态的时间是随机的、偶发的,没有严格的对应关系,没有必然的变化规律,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。

汽车技术状况参数的随机变化是各影响因素具有随机性的反映。当给定汽车技术状况参数的极限值时,该随机变化表现为汽车技术状况参数达到极限值所对应的行程是变化的,如图 1-1 所示;而在同一行程下,汽车技术状况参数也存在明显差异。显然,只有掌握汽车的随机变化规律,才能正确地确定汽车的技术状况,才能有针对性地进行汽车定期检测,合理地制订诊断标准和诊断周期,从而更精确地把握汽车检测和维护作业的良机。

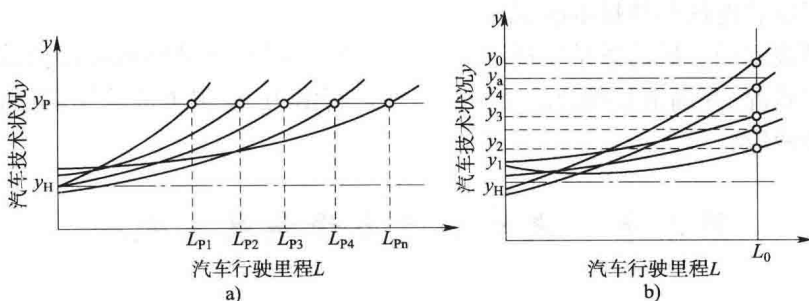


图 1-1 汽车技术状况的随机变化

y_p - 技术状况参数的极限值; y_a - 技术状况参数的许用值; y_H - 技术状况参数的名义值

研究表明,汽车偶发性故障遵循指数函数分布规律,而汽车使用寿命的变化情况,服从威布尔分布。

二、汽车故障及形成原因

汽车或总成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。

1. 汽车故障的类型

根据存在形式和发生过程,汽车故障有多种类型。

1) 按照故障存在时间可分为间断性故障和永久性故障

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,发动机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,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,是逐渐发展的过程,能够通过早期诊断进行预测。例如,车轮掉入坑中使钢板弹簧折断具有突发性,而汽缸磨损引起的敲缸是渐发性的。

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,汽车前轴和传动轴出现裂纹,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,对汽车的安全行驶极其不利。

4) 按故障存在的系统可分为汽车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、振动及各种物理或化学特性的变化来进行诊断。

另外,汽车故障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。

2. 汽车故障形成的基本原因

汽车故障形成的基本原因是零件失效。

零件失效是汽车使用过程中诸多内在原因综合作用的结果。主要有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;零件在交变荷载作用下产生疲劳;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由于材料受物理、化学和温度变化的影响而老化;由于偶然事件造成零件损伤等。这些原因使零件原有尺寸和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。

除上述形式外,汽车零部件失效形式还有失调、烧蚀、沉积等。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。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。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。

3. 影响汽车故障形成的因素

影响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、荷载等)也是汽车故障发生和技术状况变化的影响因素。

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,许多零件(如活塞、曲轴、齿轮和轴承等)在动态应力下工作,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。若零件的载荷超过其允许承受能力,则会导致零件失效。而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。

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,是汽车零件失效的主要原因之一。

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、汽车维护和修理质量不良等,都会引起汽车零件的早期损坏。

三、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,要对其进行技术性能诊断、确定故障部位及故障产生的原因,需要科学有效的诊断分析方法,故障树分析法是进行汽车故障原因分析的常用方法。

1. 故障树分析法

故障树分析法(Fault Tree Analysis, FTA),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。采用该方法时,首先把所研究系统的故障作为分析目标,而后分析确定导致目标故障的所有直接事件,再分析确定导致下一级事件发生的所有直接因素,逐级分析,直到出现无须再深究的因素为止。其目的是确定故障的原因、影响因素及发生概率。

在汽车故障诊断中运用故障树分析法,是根据汽车工作特性与技术状况之间构成的逻辑关系树枝状图形,来对产生故障的原因进行定性分析,并能用逻辑代数运算对故障出现的条件和概率进行定量分析。它可对汽车的故障进行预测和诊断,找出其薄弱环节,提前采取技术措施,使汽车的技术状况处于良好状态。

2. 故障树的建立

1) 符号定义

故障和引起故障的原因统称为事件。根据事件性质的不同,将事件分为四类,即:故障事件、暂不分析和发生概率很小的事件、偶发性非故障事件、基本事件四类。由于汽车的各系统和零部件之间相互联系,因此上述事件之间也是相互关联的。事件间的关系通常有两种:“与”和“或”逻辑关系。常用事件符号和事件间的逻辑关系符号,见表 1-1。



常用事件符号和事件间的逻辑关系符号

表 1-1

符 号	名 称	含 义
 圆形符号	基本事件	表示初始事件,不能再分解的故障事件,即故障事件发生的根本原因
 屋形符号	非故障事件	表示事件是偶尔发生的
 矩形符号	故障事件	表示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事件(中间事件)
 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
 $x_1, x_2, \dots, x_n$ 或门符号(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(AND)	“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

2) 建立故障树

把要分析的顶事件即故障事件扼要地写在矩形框内,置于故障树的最顶端,并用“T”表示作为故障树的第一级,称为顶事件;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、第四级等,直到列出最基本原因的初始事件为止,并用“X”表示;分析过程中,暂时不分析的省略事件用“D”表示。根据上、下级事件之间的关系,用“或”、“与”逻辑门符号连接,这样便形成了故障树。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,上、下级事件之间存在着“或”、“与”的逻辑关系。图 1-2 为发动机不能起动的故障树。

3) 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。这可以通过对故障树的分析,确定系统的最小割集的方法来解决。

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,若去掉其中任一项底事件后就不再是割集的割集,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指出了消除顶事件所需要的最少的维修工作内容。同时,通过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。

4) 故障树定量分析

定量分析的目的是估计故障事件(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。运用概率论中的“和”事件与“积”事件的概率计算公式,则可以根据基本事件的发生概率,逐级推算,直至求出故障事件的发生概率。

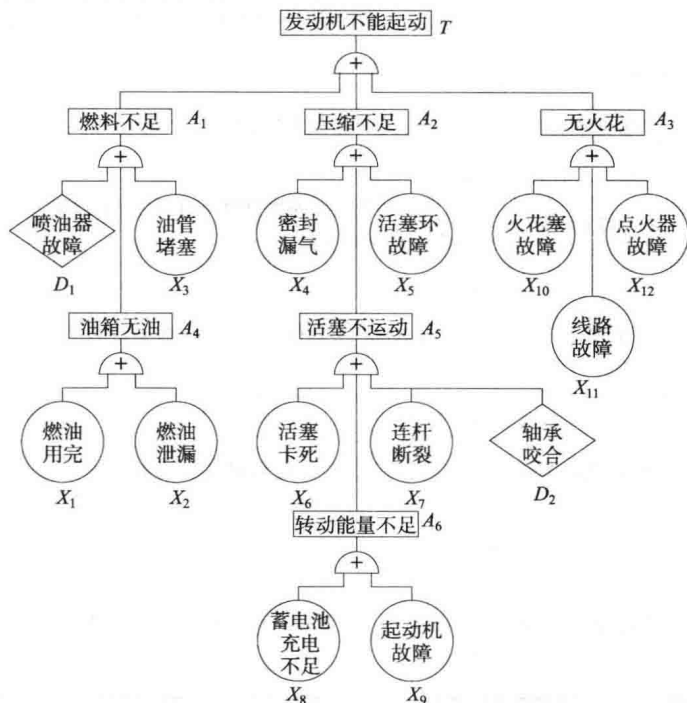


图 1-2 发动机不能起动的故障树

若基本事件 $x_1, x_2, \dots, x_n$ 间相互独立,并已知发生的概率 $P(x_i)$,则当逻辑关系为“与”连接时,事件 $X = x_1 \times x_2 \times \dots \times x_n$ 的发生概率为:

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

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

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

四、汽车检测诊断参数及标准

1. 汽车诊断参数

汽车诊断参数是供诊断用的,表征汽车、总成及机构技术状况的指标。

有些结构参数(如磨损量、间隙量等)可以表征机构的技术状况,但在不解体情况下直接测量汽车、总成和机构的结构参数往往受到限制。因此,在检测诊断汽车技术状况时,需要采用与结构参数有关而又能表征技术状况的间接指标(量),该间接指标(量)称为诊断参数。可以看出,诊断参数既与结构参数紧密相关,又能够反映汽车的技术状况,是一些可测的物理量和化学量。

2. 诊断参数的分类

1) 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,或指体现汽车或总成功能的参数,往往能表征诊断对象工作过程中总的技术状况,适合于总体诊断。工作过程

参数本身就是汽车某一方面功能的体现。

2) 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。伴随过程参数一般不直接体现汽车或总成的功能,但可间接反映对象的技术状况,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。

虽然每一类诊断参数都有不同的含义,但都是用来描述汽车或总成技术状况的状态参数。这些状态参数与汽车或总成的结构参数变化有一定的函数关系,因此可通过检测状态参数的变化来描述结构参数的变化,从而达到不解体诊断汽车的目的。在确定汽车技术状况或判断某些复杂故障时,需采用不同类型的诊断参数进行综合诊断。

汽车常用诊断参数见表 1-2。

汽车常用诊断参数表 表 1-2

诊断对象	诊断参数	诊断对象	诊断参数
汽车整车	最高车速(km/h)	汽油机供给系统	空燃比
	最大爬坡度(%)		过量空气系数
	加速时间(s)		电喷发动机喷油器的喷油量(mL)
	驱动轮输出功率(kW)		电喷发动机各缸喷油不均匀度(%)
	驱动轮驱动力(N)		电动汽油泵泵油压力(kPa)
	汽车燃油消耗量(L/100km)		喷射系统压力(kPa)
	侧倾稳定角(°)		喷射系统保持压力(kPa)
			喷射时间(ms)
发动机总体	额定转速(r/min)	柴油机供给系统	输油泵输油压力(kPa)
	额定功率(kW)		喷油泵高压油管最高压力(kPa)
	最大扭矩(N·m)		喷油泵高压油管残余压力(kPa)
	最大扭矩的转速(r/min)		喷油器针阀开启压力(kPa)
	怠速转速(r/min)		喷油器针阀关闭压力(kPa)
	燃油消耗率(g/kW·h)		喷油器针阀升程(mm)
	单缸断火(油)时功率下降率(%)		各缸供油不均匀度(%)
	发动机 HC、CO、NO _x 浓度排放量		供油提前角(°)
	发动机微粒(PM)排放率(g/m ³ 、g/km)		各缸供油间隔(°)
	柴油机烟度 R _b 值和光吸收系数 K (m ⁻¹)		每一工作循环供油量(mL/工作循环)
曲柄连杆机构	汽缸压力(MPa)	传动系统	传动系游动角度(°)
	汽缸间隙(mm)		传动系机械传动效率(%)
	曲轴箱窜气量(L/min)		滑行距离(m)
	汽缸漏气量(kPa)		
	汽缸漏气率(%)		
	进气管真空度(kPa)		
	进气管压力(kPa)		

续上表

诊断对象	诊断参数	诊断对象	诊断参数
配气机构	气门间隙(mm) 凸轮轴转角(°) 配气相位(°)	制动系统	制动距离(m) 地面制动力(N) 左右车轮制动力差值(N) 制动阻滞力(N) 制动协调时间(s) 驻车制动力(N) 充分发出的平均减速度(m/s^2) 产生最大制动力时的踏板力(N) 制动完全释放时间(s) 汽车制动滑移率(%)
点火系统	蓄电池电压(V) 初级电路电压(V) 次级电路电压(V) 各缸点火电压(kV) 各缸短路点火电压(kV) 各缸断路点火电压(kV) 电子点火器闭合角(°) 各缸点火波形重叠角(°) 点火提前角(°) 火花塞电极间隙(mm) 电容器容量(μF)	转向系统	转向盘自由转动量(°) 转向盘操纵力(N) 最小转弯直径(m) 转向轮最大转角(°)
润滑系统	机油压力(kPa) 机油温度(°C) 机油理化性能指标变化量 清净性系数变化量 机油污染指数 介电常数变化量 金属微粒的体积分数(%) 机油消耗量(L/100km)	行驶系统	车轮侧滑量(m/km) 车轮静不平衡量(g) 车轮动不平衡量(g) 车轮径向圆跳动量(mm) 车轮横向圆跳动量(mm)
冷却系统	冷却液温度(°C) 散热器冷却液入口与出口温差(°C) 风扇传动带张力(N/mm) 风扇离合器接合、断开时的温度(°C) 电动风扇开启、停转时的温度(°C) 节温器主阀门开始开启和全开时的温度(°C) 节温器主阀门全开时的升程(mm)	其他	前照灯光发光强度(cd) 光轴偏移量(mm) 车速表指示误差 喇叭声级(A声级)(dB) 客车车内噪声级(A声级)(dB) 驾驶员耳旁噪声级(A声级)(dB)

3. 诊断参数的特征与选择

为了保证诊断结果的可信性和准确性,其诊断参数应满足以下原则或特性。

1) 灵敏性

灵敏性通常用诊断参数的灵敏度来表示。灵敏度指诊断参数相对于诊断对象技术状况

的变化率:

$$K_t = \frac{dT}{dy}$$

式中: K_t ——诊断参数灵敏度;

dy ——技术状况微小变化量;

dT ——诊断参数 T 相对于 dy 的变化量。

K_t 值越大,表明诊断参数的灵敏性越好。优先选择 K_t 值高的诊断参数可以提高汽车诊断的可靠性。

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:

$$\frac{dT}{dy} \neq 0$$

否则,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,导致无法对诊断对象的技术状况进行判断。

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。因此,诊断参数的稳定性可用均方差来衡量:

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

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, $i=1, 2, \dots, n$;

$\bar{T}(y)$ ——诊断参数的 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包含的信息量,表明通过测量所能获得的信息数量及其诊断的可靠程度。诊断参数的信息性越强,则诊断结论越可靠。

若 T_1 和 T_2 分别表示诊断对象无故障和有故障时诊断参数的取值,则多次测量条件下, T_1 和 T_2 的取值满足 $T_1 > T_2$ 或 $T_1 < T_2$,即二者取值不能有交叉。二者相差越大,信息性越好。若分别以 $f_1(T)$ 和 $f_2(T)$ 表示无故障诊断参数的分布函数和有故障诊断参数的分布函数,则 $f_1(T)$ 和 $f_2(T)$ 的重叠区域越少,诊断结论出现误差的可能性越小,诊断参数的信息性越强,如图 1-3 中,诊断参数 T 的信息性强,诊断参数 T' 的信息性弱,而诊断参数 T'' 的信息性差。

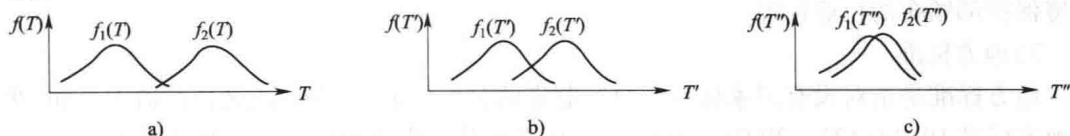


图 1-3 诊断参数的信息性

a) T 的信息性强; b) T' 的信息性弱; c) T'' 的信息性差