

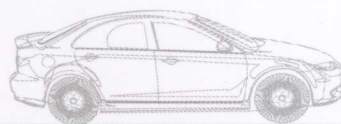


“十二五”普通高等教育汽车服务工程专业规划教材

汽车检测诊断与维修

Qiche Jiance Zhenduan yu Weixiu

王志洪 刘成武 主编
邵毅明 简晓春 主审



人民交通出版社
China Communications Press

014012841

U472.9-43
18



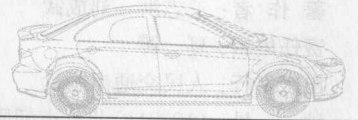
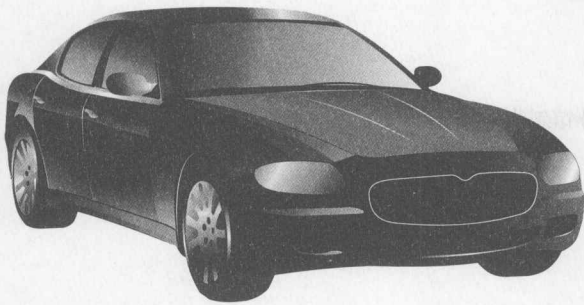
“十二五”普通高等教育汽车服务工程专业规划教材

主要内容

汽车检测诊断与维修

Qiche Jiance Zhenduan yu Weixiu

王志洪 刘成武 主编
邵毅明 简晓春 主审



U472.9-43
18



人民交通出版社
China Communications Press

138510310

内 容 提 要

本书将汽车检测诊断与维修作为一个系统,把汽车维修工程基础理论和汽车检测与故障诊断融为一体,详细叙述了汽车维修工程基础知识和汽车检测与故障诊断技术。本书共分七章,包括汽车维修工程基础、汽车检测与诊断技术基础、发动机的检测诊断与维修、汽车底盘的检测诊断与维修、车身及电气系统的检测诊断与维修、汽车排放污染与噪声的检测、新能源汽车的检测诊断。

本书可作为高等院校汽车服务工程专业、交通运输专业以及车辆工程专业本科生教材,也可供汽车检测维修技术人员学习和参考。

图书在版编目(CIP)数据

汽车检测诊断与维修 / 王志洪,刘成武主编. —北京:人民交通出版社,2013.12

“十二五”普通高等教育汽车服务工程专业规划教材
ISBN 978-7-114-10789-4

I. ①汽… II. ①王… ②刘… 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 ③汽车—车辆修理—高等学校—教材 IV. ①U472

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 161378 号

“十二五”普通高等教育汽车服务工程专业规划教材

书 名:汽车检测诊断与维修

著 者:王志洪 刘成武

责任编辑:夏 韡

出版发行:人民交通出版社

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:22

字 数:544千

版 次:2013年12月 第1版

印 次:2013年12月 第1次印刷

书 号:ISBN 978-7-114-10789-4

定 价:45.00元

(有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)

前 言

Qianyan

“汽车检测诊断与维修”是汽车服务工程专业、交通运输专业以及车辆工程专业的专业必修课。本书是根据2010年8月全国汽车服务工程专业教学指导委员会的教材编写计划编写的,教材编写人员来自长安大学、武汉理工大学、重庆交通大学、西华大学、湖北汽车工业学院、内蒙古工业大学等6所院校长期从事交通运输专业汽车运用与服务方向及汽车服务工程专业一线教学的教师和专业建设负责人,可作为高等院校汽车服务工程专业、交通运输专业以及车辆工程专业本科生教材,也可供汽车检测维修技术人员学习和参考。

随着现代电子技术在机动车上的广泛应用,使得机械技术、电子技术和信息处理技术融为一体,机动车机液电一体化程度越来越高。现代机动车在总体结构、工作原理等方面与传统机动车差别越来越大,使得机动车的维修也发生了根本性变化,具体体现在以下两方面。

(1)传统机动车维修特别重视零件修复,对于各类零部件能修则修;现代机动车的维修一般采用“换件修理”。因为现代机动车对零部件机械性能要求高,常采用专用材料和特殊制造工艺,通常的零部件修复方法不能满足其设计要求,若勉强修复也可以,但经济上也不合算。

(2)传统机动车维修以检验、修复为中心,检验使用通用、简单的量具仪器,凭经验鉴定机动车技术状况,故障诊断方法遵循“观察现象+检查分析+经验判断”的套路。现代机动车维修则以检测诊断为中心,使用先进的专用检测设备检测机动车技术状态,故障诊断则利用车载电脑自诊断系统或专用电脑诊断仪进行分析诊断。

当前,汽车维修已从传统维修方法转变为以检测诊断为基础的换件维修,因此,汽车检测与维修技术人员不仅要具备汽车维修工程基础理论和方法,还要熟练掌握汽车检测与故障诊断技术。高校相关专业开设的“汽车维修工程”课程的教学体系和教学内容已难于支撑其再单独设课,但其中的汽车可靠性理论、汽车及零部件失效理论、汽车修理工艺基础等理论在学生的专业知识体系中仍然很重要,许多高校相关专业的培养方案都是将维修工程基础理论和检测诊断与维修方法两方面的内容融合在一起,在一门课程中讲授,将维修和检测诊断作为一个完整体系,将“汽车维修工程”和“汽车检测与诊断”两门课程整合



构建新的“汽车检测诊断与维修”课程教学体系和内容。本教材按这一趋势,将汽车检测诊断与维修作为一个系统,把汽车维修工程基础理论和汽车检测诊断与维修融为一体,改变把汽车维修工程与汽车检测与诊断割裂的情况,同时满足课程整合的教学要求。

本书基本内容为汽车检测诊断与维修基础理论知识、发动机的检测诊断与维修、汽车底盘的检测诊断与维修、车身及电气系统的检测诊断与维修、汽车排放与噪声的检测、新能源汽车的检测诊断,将汽车可靠性理论、汽车及零部件失效理论、汽车修理工艺基础等理论和汽车检测技术、故障诊断与维护修理等内容整合一体。编写中力求教材内容丰富、结构合理,既具有较强的理论基础,又有针对性和应用性,突出新设备、新技术和新标准的应用。

全书共分七章,西华大学张易红编写第一章,重庆交通大学王志洪、彭勇编写第二章,湖北汽车工业学院刘成武编写第三章,内蒙古工业大学高飞编写第四章,武汉理工大学华夏学院邵海忠编写第五章,重庆交通大学斯海林编写第六章,长安大学李彬编写第七章。

本书由重庆交通大学王志洪、湖北汽车工业学院刘成武任主编,重庆交通大学邵毅明、简晓春主审。本书在编写过程中,参考并引用了国内很多最新的著作成果,在此,谨向有关学者和专家表示真诚的感谢。

由于作者能力水平有限,书中谬误和差错实难避免,衷心希望读者予以指正,以利于本书的修改和完善。

编者

2013年4月

目 录

Mulu

第一章 汽车维修工程基础	1
第一节 汽车可靠性理论基础.....	1
第二节 汽车零部件的失效模式及分析.....	7
第三节 汽车维护基础知识	16
第四节 汽车修理工艺	21
第五节 汽车修理成本及定额管理	32
第二章 汽车检测与诊断技术基础	40
第一节 基本概念	40
第二节 汽车检测	43
第三节 汽车故障	47
第四节 汽车诊断	51
第五节 汽车检测诊断与维修设备基础	58
第三章 发动机的检测诊断与维修	60
第一节 发动机综合性能检测	60
第二节 发动机功率与油耗的检测	64
第三节 发动机密封性的检测与诊断	70
第四节 起动系统的检测诊断与维修	79
第五节 点火系统的检测诊断与维修	85
第六节 汽油机供给系统的检测诊断与维修.....	100
第七节 柴油机供给系统的检测诊断与维修.....	110
第八节 润滑系统的检测诊断与维修.....	119
第九节 冷却系统的检测诊断与维修.....	126
第十节 发动机异响的检测诊断与维修.....	130
第十一节 发动机电子控制系统的检测诊断与维修.....	139
第四章 汽车底盘的检测诊断与维修	163
第一节 底盘输出功率的检测.....	163
第二节 传动系统的检测诊断与维修.....	170
第三节 自动变速器的检测诊断与维修.....	176
第四节 转向系统的检测诊断与维修.....	189
第五节 制动系统的检测诊断与维修.....	200





第六节	汽车行驶系统的检测诊断与维修	211
第七节	底盘辅助电子装置的检测诊断与维修	224
第五章	车身及电气系统的检测诊断与维修	243
第一节	汽车车身的检测诊断与维修	243
第二节	安全气囊的检测诊断	255
第三节	空调系统的检测诊断与维修	260
第四节	车速表的检测诊断	270
第五节	汽车前照灯的检测	274
第六节	汽车电子仪表的检测	285
第六章	汽车排放污染与噪声的检测	290
第一节	汽车排放污染的检测	290
第二节	汽车噪声的检测	313
第七章	新能源汽车的检测诊断	324
第一节	动力系统总成的检测与维修	324
第二节	动力控制系统检测与维修	327
第三节	电池系统检测与维修	328
第四节	混合动力汽车发动机的维修	330
第五节	底盘的维修	333
第六节	电气系统检测与维修	339
附录	汽车主要检测诊断与维修标准和法规	342
参考文献		345



第一章 汽车维修工程基础

第一节 汽车可靠性理论基础

一、汽车可靠性与维修

1. 汽车可靠性

可靠性是汽车用户最关注的汽车使用性能指标之一。根据国家标准 GB/T 3187—1994《可靠性、维修性术语》，可靠性是指“产品在规定条件下和规定时间区间内完成规定功能的能力”，包含四个要素：产品、条件、时间、功能。对汽车而言，其产品包括整车、部件、零件，它们都是可靠性研究的对象。“规定条件”是指产品在正常运行或使用过程中可能遇到的使用条件、环境条件和储存条件，如汽车的载荷、环境温度、环境湿度、含尘量、道路等级及维护水平等。“规定时间”是指产品的工作时间，一般情况下，随着汽车使用年限的增长，汽车出现故障的概率将增加。“规定功能”是指产品规定的必须具备的功能及功能参数。即要求产品功能的多少和其技术指标的高低，如汽车的承载能力、零件的配合精度、动力性、排放特性和经济性等。

2. 汽车维修

维修是指在系统投入运行后，为保持或在系统发生故障后恢复产品完成规定功能的能力而采取的技术和管理措施。汽车维修是汽车维护和修理的泛称，就是对出现故障的汽车通过技术手段排查，找出故障原因，并采取一定措施使其排除故障并恢复达到一定的性能和安全标准。汽车修理包括汽车大修、总成大修和汽车小修。汽车大修是指用修理或更换汽车任何零部件（包括基础件）的方法，恢复汽车的完好技术状况和完全（或接近完全），恢复汽车寿命的恢复性修理。总成大修是指车辆的总成经过一定使用里程后用修理或更换总成任何部件的方法，恢复其完好技术和寿命的恢复性修理。汽车小修是指用更换或修理个别零件的方法，保证或恢复汽车工作能力的运行性修理。汽车维护，是指为维持汽车完好技术状况或工作能力而进行的技术措施，汽车维护包含“清洁、检查、紧固、调整、润滑和补给”六大类作业内容。

3. 汽车可靠性与维修的关系

不同文献对可靠性的描述不尽相同，有人认为，可靠性可以分为狭义的可靠性和广义的可靠性，狭义的可靠性是指产品在规定条件下和规定时间区间内完成规定功能的能力，是产品在使用期间没有发生故障的性质。而广义的可靠性，除了包含狭义可靠性方面的内容之外，还包含产品的维修性。

还有人认为,产品的可靠性可分为固有可靠性和使用可靠性,固有可靠性是产品设计制造者必须确立的可靠性,即按照可靠性规划,从原材料和零部件的选用,经过设计、制造、试验,直到产品出厂的各个阶段所确立的可靠性。使用可靠性是指已生产的产品,经过包装、运输、储存、安装、使用、维修等因素影响的可靠性。

总之,可以得出以下相同的观点:

(1)汽车的使用可靠性取决于汽车本身的固有可靠性以及汽车的使用维修水平,并与汽车的使用条件有关。

(2)汽车使用时间增长,其出现故障的可能性随之增大,使用可靠性下降,需要通过维护来提高其可靠性。

(3)汽车经过长时间使用,多次维护,其技术性能会明显下降,这时只有通过大修才能使技术性能有大幅度的提高。

(4)维修只能在一定程度上维持汽车的技术状况,恢复其可靠性,但不能完全恢复其固有可靠性,故汽车行驶相当里程(极限里程)后,就应报废。

二、汽车可靠性的评价指标

1. 可靠度

可靠度是指产品在规定的条件下和规定的时间内,完成规定功能的概率。它是时间的函数,记作 $R(t)$,为可靠度函数的简称。

设 T 为产品寿命的随机变量,则:

$$R(t) = P(T > t) \quad (1-1)$$

式(1-1)表示产品的寿命 T 超过规定时间 t 的概率,既产品在规定时间 t 内完成规定功能的概率。

根据可靠度的定义,可以得出 $R(0) = 1, R(\infty) = 0$ 。即开始使用时,所有产品都是好的,只要时间充分大,全部产品都会失效。

可靠度与时间的关系曲线如图 1-1 所示,可靠度随时间的增长而下降。

2. 失效度

失效度又称累积失效概率,是产品在规定条件和规定时间内失效的概率,其值等于 1 减可靠度。也可说产品在规定条件和规定时间内完不成规定功能的概率,故又称不可靠度,它同样是时间的函数,记作 $F(t)$,其表示式为:

$$F(t) = P(T \leq t) = 1 - P(T > t) = 1 - R(t) \quad (1-2)$$

从上述定义可以得出 $F(0) = 0, F(\infty) = 1$

由此可见 $R(t)$ 和 $F(t)$ 互为对立事件。失效分布函数 $F(t)$ 与时间关系曲线如图 1-2 所示,失效度随时间的增长而升高。

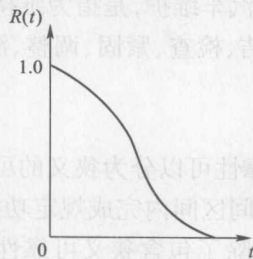


图 1-1 可靠度曲线

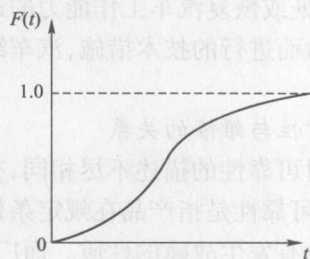


图 1-2 失效度曲线

3. 故障概率密度函数

故障概率密度是累积失效概率对时间的变化率,记作 $f(t)$ 。它表示产品寿命落在包含 t 的单位时间内的概率,即产品在单位时间内失效的概率。其表示式为:

$$f(t) = \frac{dF(t)}{dt} = \frac{d[1 - R(t)]}{dT} = -\frac{dR(t)}{dt} \quad (1-3)$$

则:

$$F(t) = \int_0^t f(t) dt \quad (1-4)$$

$$R(t) = 1 - \int_0^t f(t) dt = \int_t^{\infty} f(t) dt \quad (1-5)$$

4. 故障率函数

(1) 概念

故障率是指产品工作到 t 时刻尚未发生故障,在该时刻后单位时间内发生故障的概率。记作 $\lambda(t)$,又称故障率函数,它可以表述产品在整个寿命周期内出现故障的可能性。

按上述定义,故障率是在时刻 t 尚未失效的产品,在 $t \sim t + \Delta t$ 的单位时间内发生失效的条件概率,当 Δt 趋于0时,就可以得到 t 时刻的故障率。即:

$$\lambda(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{P(t < T \leq t + \Delta t / T > t)}{\Delta t} \quad (1-6)$$

(2) 汽车的故障率函数曲线

汽车及大部分机械产品的故障率函数曲线如图1-3所示,由于该曲线形状如同浴盆,又称浴盆曲线,它描述了汽车故障率随时间而变化的规律。从曲线的变化趋势来看,可将汽车的故障率曲线划分为三个阶段,即故障的三个时期。

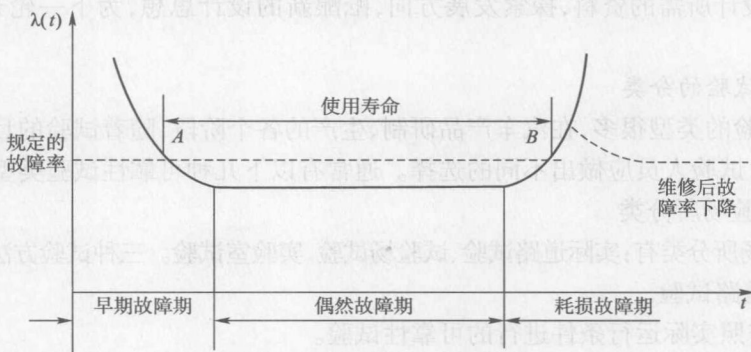


图1-3 故障率函数曲线

①早期故障期。其基本特征是产品在刚开始投入使用时发生故障的可能性较大,失效率 $\lambda(t)$ 随时间的推移而逐渐下降。产生早期故障的原因多数是产品在设计中存在缺陷,制造中加工精度较低,材料存在内部缺陷,装配不良,或检验差错等所致。与早期故障期对应的是汽车的磨合期,早期故障可通过强化试验或磨合加以排除,防止由于质量问题造成的恶性故障。

②偶然故障期(正常使用期)。基本特征是故障率 $\lambda(t)$ 可近似等于常数,故障率低且稳定,这是由于零件已经过了初期磨合阶段,零件表面质量、配合特性均达到最佳状态,润滑条件也得到相应改善。

在偶然故障期,其故障的发生是随机的,没有一种特定的故障原因在起主导作用。正常



工作期的故障为偶发故障,无法预防,不能用定期更换产生故障的零件来预防,主要应加强检测、润滑、紧固、检查等维护措施,使有效寿命期内的故障尽可能低,延长有效寿命期。

③耗损故障期。基本特征是产品的故障率迅速上升,很快出现产品故障大量增加直至最后报废。原因:由于老化、疲劳、磨损、腐蚀、变形等耗损性因素引起汽车的性能大幅下降、维修费用增加。对于汽车这类可维修产品,通过对产品试验数据分析,可以确定耗损阶段的起始点,在耗损起始点到来之前进行大修,对耗损的零件、部件予以维修、更换,可以降低产品的故障率,延长产品的使用寿命。

三、汽车可靠性试验及分析

为了分析、评价、验证和提高产品的可靠性而进行的试验,统称为可靠性试验。广义地说,任何与产品失效效应有关的试验,都可以认为是可靠性试验。狭义的可靠性试验,往往是指寿命试验。在汽车可靠性研究中,通过可靠性试验了解整车及其各系统的关系,了解总成、零部件的失效情况,获得可靠性数据、资料,从而达到提高汽车产品的可靠性水平。

1. 可靠性试验的目的

(1)对汽车及其零部件可靠性水平的评估和考核。利用试验中获得的数据,求得产品的可靠度、失效率及平均寿命等可靠性指标,以考核其功能、强度、可靠性和寿命等是否符合设计要求。

(2)对批量产品或外加工产品进行验收。

(3)对试验结果进行失效机理分析。通过可靠性试验,暴露产品在设计、制造、使用、维护、管理方面存在的问题和薄弱环节,找出失效原因,提出改进方案,从而使汽车的可靠性水平不断得以提高。

(4)储备设计所需的资料,探索发展方向,酝酿新的设计思想,为下一轮开发新产品积累经验。

2. 可靠性试验的分类

可靠性试验的类型很多,在汽车产品研制、生产的各个阶段,随着试验的目的、要求和试验对象的变化,试验人员应做出不同的选择。通常有以下几种可靠性试验类型。

1)按照试验场所分类

按照试验场所分类有:实际道路试验、试验场试验、实验室试验。三种试验方法各有优缺点。

(1)实际道路试验。

①方法:按照实际运行条件进行的可靠性试验。

这种试验可以在汽车运行地区的道路上进行。在运行地区试验,又称野外试验。进行行驶试验时,车上一般装有记录负荷、应力、速度、温度的仪器,装有气温、气压、风速、里程、燃油和润滑油的记录装置或传感器。

在实际道路试验时,须按一定的计划挑选试验的路面、地区。路面一般可分为:平整道路、泥路、山路、城市道路、坑洼的恶劣路面。地区可分为:严寒、酷暑地区,高原、高湿、低气压地区。试验中必须有计划地选取一定的里程。

②实际道路试验的特点:

a. 优点:是一种综合性试验,能比较全面、客观、真实地评价产品在实际使用中的可靠性和维修性,其试验所得的数据和结论,最为直截了当,也最为可靠。

b. 缺点:费用消耗大,投入的人力较多,试验周期长,不确定因素较多,试验的重复性相

对差些。

③对象:主要是以汽车整车的可靠性为主,也包括一些重要总成的可靠性试验。

开发一种新车型,至少进行两次实际道路试验,一次在设计定型前,一次在投产后。每次持续时间和里程应相当于用户购车后3~5年的实际运行期。

(2) 试验场试验。

①方法:在试验场模拟的运行条件进行试验。

②优点:能够保持恒定的试验条件,参数和因素易于分辨和隔离,适宜于针对性地解决问题。

③缺点:所得到的可靠性数据,需要根据实际的使用情况对模拟试验条件下取得的数据进行折算。这种折算,需要大量的试验和统计数据作为基础。

④对象:由于受到试验条件的限制,目前还局限于总成、零部件的专项可靠性试验。

⑤试验场的主要设施:

a. 直线车道。测量汽车最高车速,汽车换挡加速时间,滑行距离,高速制动。

b. 弯曲车道。试验汽车转向系统、承载系统的可靠性,检查汽车的操纵稳定性能。

c. 高速环形车道。检查汽车传动系统的可靠性,包括发动机、变速器、冷却系统、润滑系统、燃油经济性以及轮胎在高速运行条件下的寿命。

d. 试验广场。用于稳态转向试验,通常用喷水法来检查汽车的不足转向特性和轮胎的侧滑车速。

e. 特殊坏路。是一种破坏性路面,包括凹凸不平约石块路、扭曲路、搓板路,用以考验悬架和承载系统。

f. 特殊环境。人为制造水槽、泥泞、灰尘、凹坑等特殊路段,考察汽车在特殊环境下的运行能力。

g. 越野场地。设有各种障碍的自然田块,通常没有路面,考察各种军车的越野能力。

h. 风洞试验。测量汽车外形的风阻系数及空气动力特性。

i. 标准陡坡。测验汽车的爬坡能力和驻坡能力。

(3) 实验室试验。

①方法:也是采用模拟运行条件,但与实际的运行条件相差较大。

②优点:

a. 试验对象可以按照需要选定,可以随时更换试验对象。

b. 试验参数和因素可以更精确地隔离和控制,可以排除外界的干扰。

c. 可以增加载荷或加载频率,加速试验进程。

d. 减轻试验人员劳动强度,实现自动试验、无须看管、24h不间断运行。

e. 改善试验人员的工作环境,使高温试验、低温试验、有严重噪声的试验环境在密闭的实验室中进行。

③缺点:由于受试验条件的限制,不可能完全反映实际使用情况。

④对象:比较适合于总成或零部件的可靠性对比试验。

实验室试验也大致经历了三个阶段:早期是等幅加载试验,逐渐发展到程序加载的多工况试验,最近随机加载的试验开始增多。就目前的发展水平,汽车零部件和总成的实验室可靠性试验,仍以程序加载试验为主。

2) 按照破坏情况分类

可分为破坏性和非破坏性两种。

(1) 破坏性试验。试验样品最终被破坏或失效的试验。其中包括破坏性寿命试验和破坏性极限条件试验。破坏性寿命试验是为了确定产品寿命和可靠性特征值而进行的试验。破坏性极限条件试验是在超负荷或严酷环境条件(如高温、低温、酸碱盐腐蚀、高湿、缺氧、低气压等)下的破坏性试验,其主要目的是为了考察汽车和零部件产品在特殊环境下抵抗失效的能力。

(2) 非破坏性试验。是在不破坏产品的基础上而获得可靠性数据的试验。其中包括以非破坏性方法查明产品潜在的缺陷,如采用超声波、声发射、射线、探伤剂、磁性等各种无损检测手段,查找产品是否存在缺陷,从而排除故障源。这种检测、试验方法适用于制造阶段对材料及其零部件的质量检验,也可以对外加工的贵重产品进行抽样检验。

3) 按照试验条件分类

按照试验所给予的条件,可分为常规性寿命试验、加速寿命试验、强制老化试验、临界试验、特定环境和路面条件下的试验。

(1) 常规性寿命试验。按照规定的使用条件,对汽车或零部件进行的寿命试验。这种试验可以是连续工作,也可以是间断工作。所谓规定的使用条件,就是根据产品设计要求,采用接近或类似于实际使用条件的试验。这种试验方法的特点是试验周期较长,但试验结果较为真实。

(2) 加速寿命试验。在不改变失效机理的前提下,增加应力幅值或加载频率,从而使故障率增大或寿命缩短的试验。这种试验可以在较短的时间里获得可靠性评定数据和暴露使用中可能出现的故障。

这里所提到的应力是一种广义的概念,它包括负荷(拉、压、扭、剪)、振动、冲击等机械应力之外,还包括温度、湿度、腐蚀等环境应力,以及电流、电压、电场、磁场引起的电应力等。

对于施加机械(交变或随机)载荷的寿命试验,通常称为疲劳寿命试验。对于汽车产品来说,其常规性寿命试验和加速寿命试验的时间大多很长,进行旷日持久的常规性试验,从经济和开发周期来看往往是不允许的。

(3) 强制老化试验。在室温、高温、低温、潮湿、腐蚀、紫外线辐射等环境下,将处于非工作状态的汽车或零部件作搁置试验,使之在短时间里加速老化。这种试验类似于加速寿命试验,所不同的是设置了特殊的试验环境。

(4) 临界试验。临界试验就是极限载荷的试验,用于在短时间里了解零部件能够承受最大载荷的能力。临界试验见表 1-1。

临界试验

表 1-1

试验项目	试验目的	基本方法
砂地试验	判断传动系统的强度	驱动轮置于砂槽,变换挡位,使汽车冲出砂槽
泥水槽试验	判断驾驶室、车架的锈蚀及橡胶件的损坏	在 300mm 深、50m 长的泥水槽中行驶
急起步试验	判断传动系统、悬架、车架的强度	在平路或坡道上拖拉挂车,以发动机最大转矩急速起步,反复操作
紧急制动试验	判断制动器、前轴转向节的强度	在附着系数高的路面上直行或转弯时,紧急制动
垂直冲击试验	判断悬架、车身的强度	汽车以较高的速度驶过长坡凸峰
弯道转向试验	判断转向机构的强度	以可能的速度、以最大的转向角反复进行弯道行驶试验
空转试验	检验传动系统振动负荷	原地支起驱动轮,以额定转速的 100% ~ 115% 连续运转

(5)特殊环境下的可靠性试验。特殊环境是指特殊的气候环境,常见的特殊环境下的可靠性试验见表1-2。

特殊环境下的可靠性试验

表1-2

试验地区	环境特征	可靠性问题
严寒地区	低温冰雪	冷起动性能差;气制动管路结冰;冷却液、润滑油、燃油冻结;金属低温脆性失效;非金属零件的硬化失效;采暖、除霜装置失效;特殊维修问题
高原地区	低温、低气压、长坡、辐射、	冷却液沸腾,供油系统气阻;动力性下降,起动性能恶化、人体力下降,维修困难
湿热地区	高湿度、高温、高辐射、雨水、盐雾、霉菌	冷却液沸腾,供油系统气阻;金属件腐蚀;电器件故障;非金属件老化,变质、发霉

(6)特定路面条件下的可靠性试验。为了快速得到可靠性试验数据,在试验场内为不同的车型设置了不同的车道,这些车道分别选择搓板路、石块路、鱼鳞坑路、卵石路、砂坑路、条石路、石板路、扭曲路、沥青路,以不同的顺序组合而成。

4)按照试验样本大小分类

(1)全数测试。全数试验是指对于关键项目和指标进行100%的测试或检查。这种测试所得数据较为精确,可靠性置信水平高;缺点是工作量大,测试对象也只能局限于非破坏性产品。

需要说明的是,经过寿命试验的样品是不能作为产品安装或销售的。全数测试实际上是生产现场的在线检查,目的是提高零件或整车的可靠性水平。

(2)抽样测试。从批量产品中抽取部分样品进行试验,利用试验结果,通过计算、分析来推断批量产品的可靠性特征量。

在可靠性寿命试验中,为了缩短试验时间,抽样试验大多为截尾试验。所谓截尾试验,就是指参加试验的样品并没有达到全部失效就停止了试验。截尾试验有两种方法:

- ①定时截尾试验,到规定的时间停止试验。
- ②定数截尾试验,到规定的失效判断数停止试验。

第二节 汽车零部件的失效模式及分析

一、汽车零部件失效的概念及分类

汽车零部件丧失原设计规定的功能称为失效,失效而且包括功能降低。包括以下三种情况:第一种是完全失去原设计所规定的功能;第二种虽然还能运行,但已不能达到规定功能;第三种虽然还能运行,也能完成规定功能,但有严重损伤或隐患,继续使用时,不能确保安全性和可靠性。

按失效模式分类,汽车零件的失效类型有磨损、疲劳断裂、腐蚀、变形、老化等。

(1)磨损:汽车零件常见的磨损如:汽缸工作表面“拉缸”,曲轴轴颈和轴承间“抱轴烧轴”,齿轮表面和滚动轴承表面的麻点、凹坑等。

(2)疲劳断裂:包括高应变低周期疲劳、低应力高周期疲劳、腐蚀疲劳、热疲劳等,汽车零件常见的疲劳断裂如:曲轴断裂、齿轮轮齿折断、转向拉杆球销断裂等。

(3)腐蚀:包括化学腐蚀、电化学腐蚀、穴蚀,汽车零件常见的腐蚀如:锈蚀,湿式缸套外

壁的麻点、孔穴等。

(4) 变形:包括弹性变形、塑性变形。汽车零件常见的变形如:杆件的弯曲、扭曲和交通事故中碰撞变形等。

(5) 老化:包括龟裂、变硬。汽车上常见的老化如橡胶轮胎、塑料密封件的老化。

二、汽车零部件的失效模式与机理

1. 汽车零件的磨损

磨损是零部件失效的一种基本类型。通常意义上来讲,磨损是指零件摩擦表面的材料在相对运动过程中不断损失的现象。磨损将造成零件几何尺寸及表面性质的变化,使零件的工作性能逐渐降低;但磨损有时也是有益的,比如新车零件的磨合。

1) 分类

依据摩擦原理的不同,磨损可以分为磨料磨损、粘着磨损、表面疲劳磨损、腐蚀磨损和微动磨损。

(1) 磨料磨损。在摩擦过程中由于硬质颗粒或凸出物使零件表面材料耗失的一种磨损,称为磨料磨损。磨料磨损是最常见的,同时也是危害最为严重的磨损形式。这种硬质颗粒称为磨料,对于汽车,磨料主要来自于空气中的灰尘、润滑油中的杂质、零件表面脱落的金属颗粒。

磨料磨损的机理主要是:

① 显微切削,即硬磨粒像刀具一样对零件表面进行极其微小的切削,形成切屑。

② 磨粒较圆或与零件表面的相对角度不合适时,只对表面进行犁沟,把表面材料堆向两旁和前沿,经反复塑性变形使表面材料发生断裂剥落。

影响磨料磨损的因素有零件材料的内部因素和磨粒等的外部因素。内部因素中影响最大的是材料的硬度。一般地说,零件材料的硬度(准确地说是材料磨损后的表面硬度)越高,则耐磨性越高。对纯金属和退火钢,耐磨性大致与硬度成正比。经热处理的钢,其耐磨性也随着硬度的提高而提高,只是提高的程度稍低。对于像石英和陶瓷等硬度很高的材料,硬度过高后耐磨性反而下降,这是由于断裂韧性下降,容易发生脆性碎裂使磨损增大。外部因素中影响较大的是零件材料硬度 H_m 与磨粒硬度 H_a 的比值。当 $H_m/H_a > 0.8$ 时,零件材料的耐磨性迅速提高;当 $H_m/H_a < 0.8$ 时,零件材料的耐磨性低。前者称为软磨料磨损,后者称为硬磨料磨损。因此,要提高材料的耐磨性,材料的硬度必须大于磨粒硬度 80%,这是选择材料的一个比较关键性问题。此外,磨料的粒度,几何形状和组成等对磨损也有影响。提高零件耐磨料磨损性能的方法,首先是选择材料。根据磨损条件,选择中、高碳钢和含铬、锰的合金钢(见耐磨钢),并可进行表面热处理和化学热处理,或用硬合金表面堆焊、热喷镀和其他表面涂覆方法。采用普通白口铸铁、合金白口铁、粉末冶金减摩和耐磨材料、金属陶瓷、陶瓷等,也可提高零件的耐磨料磨损性能。除硬度外,对受冲击载荷的材料还需要考虑韧性;对受腐蚀或高温影响的零件材料,则需要考虑材料的耐腐蚀性能和高温性能。采用表面硬化方法时,硬化层应有适当的厚度。

(2) 粘着磨损。粘着磨损又称咬合磨损,它是指滑动摩擦时摩擦副接触面局部发生金属粘着,在随后相对滑动中粘着处被破坏,有金属屑粒从零件表面被拉拽下来或零件表面被擦伤的一种磨损形式。

粘着磨损的作用机理:固体表面从微观来看是凹凸不平的,两摩擦表面接触时实际上并

不是整个表面接触,而是许多凸出体的接触。实际接触面积只占名义接触面积的很小一部分,所以接触点的局部应力很大,当应力超过某一值时,接触点就产生粘着或焊合,并在相对切向运动中被剪断或撕裂,致使材料转移或逐渐剥落。洁净的金属表面最容易发生粘着。为减少粘着磨损,常在摩擦副间施加润滑剂。

按照粘着结点的强度和破坏位置不同,粘着磨损有不同的形式。

①轻微粘着磨损:当粘结点的强度低于摩擦副两材料的强度时,剪切发生在界面上,此时虽然摩擦系数增大,但磨损却很小,材料转移也不显著。通常在金属表面有氧化膜、硫化膜或其他涂层时发生这种粘着磨损。如缸套—活塞环副的正常磨损。

②一般粘着磨损:当粘结点的强度高于摩擦副中较软材料的剪切强度时,破坏将发生在离结合面不远的软材料表层内,因而软材料转移到硬材料表面上。这种磨损的摩擦系数与轻微粘着磨损的差不多,但磨损程度加重。如重载蜗杆—蜗轮副的磨损常为此种情况(蜗轮表面的铜涂抹在蜗杆表面上)。

③擦伤磨损:当粘着点的强度高于两对磨材料的强度时,剪切破坏主要发生在软材料的表层内,有时也发生在硬材料表层内。转移硬材料上的粘着物又使软材料表面出现划痕,所以擦伤主要发生在软材料表面。

④胶合磨损:如果粘着点的强度比两对磨材料的剪切强度高得多,而且粘着点面积较大时,剪切破坏发生在对磨材料的基体内。此时,两表面出现严重磨损。

⑤咬死:粘着点抗剪强度相当高,表面瞬时闪发温度也相当高,粘着面积很大,粘着点不能剪断而造成相对运动中止的现象。咬死现象是胶合磨损最严重的表现形式,如曲轴—轴承副缺润滑油时会发生这种现象。

(3)表面疲劳磨损。摩擦副两对偶表面作滚动或滚滑复合运动时,由于交变接触应力的作用,使材料表层产生疲劳剥落的现象,称为表面疲劳磨损(或接触疲劳磨损)。表面疲劳磨损常发生在滚动轴承、齿轮以及钢轨与轮箍的接触面上。

表面疲劳磨损的机理:不论是点接触还是线接触,最大压应力都发生在零件的接触表面上,最大切应力则发生在表层内部离表面一定深度处。滚动接触时,在循环切应力影响下,裂纹容易从表层形成,并扩展到表面而使材料剥落,在零件表面形成麻点状凹坑,造成疲劳磨损。若伴有滑动接触,破坏的位置逐渐移近表面。由于材料不可能完全均匀,零件表面也不是完全平滑,材料有表面缺陷、夹杂物、孔隙、微裂纹和硬质点等原因,疲劳破坏的位置往往有所改变,裂纹有时从表面开始,有时从表层内开始。与表面连通的疲劳裂纹还会受到润滑油的楔入作用,使其加速扩展。

减少表面疲劳磨损的措施首先在于提高材料的纯洁度,如限制非金属夹杂物的含量,规定基体组织和碳化物的均匀性等。表面应尽量光洁,避免刀痕式磨痕。在可能条件下,采取如渗碳和渗氮等表面强化工艺,以提高硬度。强化层必须有足够的厚度,心部要有足够的强度,并选用合适的润滑剂。这些措施都能减小表面疲劳磨损。

(4)腐蚀磨损。表面材料与周围介质发生化学或电化学反应,并伴随机械作用而引起的材料损失现象,称为腐蚀磨损。腐蚀磨损通常是一种轻微磨损,但在一定条件下也可能转变为严重磨损。

常见的腐蚀磨损有化学磨损和电化学腐蚀磨损。

①化学腐蚀磨损:在摩擦副与酸、碱、盐等特殊介质发生化学腐蚀的情况下而产生的磨损,其磨损率较大,磨损痕迹较深。零件在腐蚀性气体或液体环境中工作时,其表面金属将

于腐蚀性介质发生各种化学反应,在零件表面生成一层化学反应膜,该反应膜通常与基体结合强度较低,零件相对运动时,由于摩擦力的作用,发生化学反应膜脱落,形成化学腐蚀磨损。金属表面也可能与某些特殊介质起作用而生成耐磨性较好的保护膜。

②电化学腐蚀磨损:由于金属在外部介质中发生电化学反应而引起的磨损,称为电化学腐蚀磨损。

金属零件材料存在不同的合金成分及杂质,不同成分的电极电位不同,不纯的金属跟电解质溶液接触时,金属表面会形成一种微电池,也称腐蚀电池(其电极习惯上称阴极、阳极)。腐蚀电池的形成原因主要是当金属被放置在水溶液中或潮湿的大气中,由于金属表面吸附了空气中的水分,形成一层水膜,因而使空气中 CO_2 、 SO_2 、 NO_2 等溶解在这层水膜中,形成电解质溶液,而浸泡在这层溶液中的金属又总是不纯的,如工业用钢铁的成分除铁之外,还含有石墨、渗碳体(Fe_3C)以及其他金属和杂质,它们大多数没有铁活泼。这样形成的腐蚀电池的阳极为铁,而阴极为杂质,阳极上发生氧化反应,使阳极发生溶解,阴极上发生还原反应,一般只起传递电子的作用。又由于铁与杂质紧密接触,使得腐蚀不断进行。

(5)微动磨损。在零件过盈配合的表面间由于交变载荷或振动的作用下产生的一种复合型磨损,称为微动磨损。在螺纹连接、花键连接和过盈配合连接等配合表面容易发生微动磨损。一般认为,微动磨损的机理是:摩擦表面间的法向压力使表面上的微凸体粘着,粘着点被振动剪断成为磨屑,磨屑在磨损过程中起着磨粒的作用,形成磨料磨损,使摩擦表面形成麻点。磨屑脱落后还会造成纯金属的直接接触,引起粘着磨损,进一步使零件的配合逐渐变松。

(6)穴蚀。与液体有相对运动的零件表面,因液体中析出的气泡破裂产生的局部高温及冲击高压所引起的疲劳剥落现象。

湿式缸套直接与冷却液接触,不可避免地逐渐被穴蚀。一般认为,穴蚀由缸套高频振动引起。机械振动引起冷却液压力变化,使冷却液中产生气泡并破裂,此过程就是穴蚀产生的原因。由于冷却液中溶有气体,当汽缸套高频振动使冷却液的局部压力降到某一临界值时,溶于冷却液中的气体便以气泡的形式分离出来,这些气泡流到高压区,当压力超过气泡压力时便发生溃灭。处于气泡状态的气体重新液化或溶于冷却液中,体积骤然减小,冷却液向气泡中心高速运动而产生水击现象,产生极大的冲击力和高温,并以压力波的形式超声速向四周传播,当作用在汽缸套外表面时,产生很大的冲击、挤压和高温。在这种力的反复作用下,缸套外表面产生疲劳而逐渐脱落,呈麻点状和针状小孔,并随着穴蚀的进行而逐渐扩展。

2) 汽车零件的磨损规律

因汽车零件表面质量及工况不同,所以各零部件磨损情况也不同,但在正常磨损中,任何摩擦副的磨损,都有一定的共同规律,即为磨损特性曲线。如图 1-4 所示,它大体分为 3 个阶段。

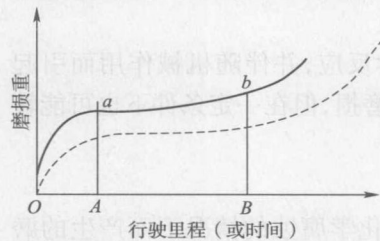


图 1-4 汽车零件磨损特性曲线

(1)磨合期(OA 段),新车或经过大修后的汽车,在初驶期由于零件配合表面较粗糙,运动时零件表面的凸起点会划破油膜,在零件表面产生强烈的刻划、粘着等作用,同时,从零件表面脱落下来的金属及氧化物颗粒会引起严重的磨料磨损,所以该阶段零件磨损很快,配合间隙则迅速增大。随着磨合时间的增长,零件表面配合质量不断提