

李品华 编著

现代汽车 故障诊断技术



上海交通大学出版社

XIANDAI QICHE GUZHANG ZHENDUAN JISHU

现代汽车故障诊断技术

李品华 编著

上海交通大学出版社

内 容 提 要

本书系统地介绍了汽车使用过程中发生的各种故障的诊断方法,分析了各种故障发生的原因。全书涉及发动机系统、电子燃油喷射系统、底盘系统、制动防抱死系统、汽车电系以及辅助电器设备的故障现象和故障诊断方法,具有科学、简便、实用的特点,有助于汽车维修人员迅速准确地判别故障发生的部位及引发故障的原因以便及时排除故障。

本书可供汽车检测与维修工程技术人员和汽车驾驶员使用,也可作为高等院校汽车检测与维修专业的教学用书。

现代汽车故障诊断技术

李岳华 编著

上海交通大学出版社·出版

上海市黄浦区 875 号 邮政编码 200030

新华书店上海发行所·发行

上海交通大学印刷厂·印刷

开本:850×1168(毫米)1/32 印张:10.625 字数:274000

版次:1997年1月 第1版 印次:1997年1月 第1次

印数:1-6000

ISBN 7-313-01761-8/U·058

定价:13.20元

前 言

汽车工业已成为国民经济的支持产业,各种新技术、新材料、新工艺的不断使用,使汽车日益向高技术方向发展,给汽车维修业提出了新的课题;特别是随着电子燃油喷射系统(EFI)、制动防抱死系统(ABS)及自动变速箱等技术的普遍使用,汽车故障的和类日益向多样化、复杂化方向发展,如何快速诊断汽车故障发生的部位、缩短修理时间、节省修理费用显得越来越重要。本书从揭示故障发生、发展的机理出发,阐述故障现象与故障原因之间的本质联系,提出了一系列判别故障部位及故障诊断的方法。本书具有较强的系统性,内容实用易懂,对汽车发动机故障诊断、电子燃油喷射系统故障诊断、汽车底盘故障诊断、汽车电器设备故障诊断都作了深入的阐述。

在本书的编著过程中,上海交通大学汽车工程研究所张建武教授、林忠钦教授、叶炳玲副教授,张品湘副教授、徐龙平副教授、何维廉讲师、顾力强讲师、王耘讲师、王宏成讲师、初万飞讲师给予了热情鼓励和帮助,并参加了部分章节的编写工作。

本书的出版得到江苏省张家港市友联高级轿车维修中心总经理董惠明先生、上海交通大学汽车检测与维修专业 2061、2062、3061、3062 班全体同学的热情支持,在此表示深切的谢意。

由于本书成书仓促,加之编著水平有限,缺点错误在所难免,恳请广大读者批评指正。

编 者

1996.3

目 录

绪论	(1)
第一章 汽车发动机故障诊断	(6)
第一节 曲柄连杆机构故障诊断	(6)
第二节 配气机构故障诊断	(37)
第三节 润滑系故障诊断	(51)
第四节 冷却系故障诊断	(59)
第五节 汽油机燃油供给系故障诊断	(67)
第六节 柴油机燃油供给系故障诊断	(94)
第二章 电子燃油喷射系统(EFI)故障诊断	(138)
第一节 系统概述	(138)
第二节 电子燃油喷射系统各传感器及零 部件的故障诊断	(140)
第三节 电子燃油喷射系统综合故障诊断	(169)
第三章 汽车底盘故障诊断	(184)
第一节 传动系故障诊断	(184)
第二节 行驶系故障诊断	(207)
第三节 转向系故障诊断	(212)
第四节 制动系故障诊断	(217)
第五节 制动防抱死系统(ABS)故障诊断	(226)
第四章 汽车电系故障诊断	(232)
第一节 蓄电池故障诊断	(232)
第二节 充电系故障诊断	(237)

第三节	点火系故障诊断.....	(245)
第四节	起动系故障诊断.....	(263)
第五节	仪表的故障诊断.....	(268)
第六节	信号装置故障诊断.....	(275)
第七节	辅助电器设备的故障诊断.....	(306)
附录	汽车故障诊断索引.....	(321)

绪 论

随着国民经济的飞速发展和改革开放的不断深入,汽车工业的发展越来越快,各种新车型不断涌现,电子化程度越来越高,给汽车故障诊断提出了新的要求。在对汽车修理业作的一项调查中发现,汽车修理中 70% 的时间是在寻找故障,30% 的时间才是用来排除故障。因此如何准确迅速地判别故障部位,对于提高工作效率、缩短修理时间,提高汽车运用工程的水平具有重要的意义。

一、汽车故障的定义

汽车故障是指汽车中的零、部件或总成部分或完全丧失了规定功能的现象。故障与失效都是指零部件丧失了规定的功能,但这两个概念使用的场合有所不同。一般情况下,故障常用于可修复的零部件,如化油器、分电器、喷油泵、转向器、离合器等。而失效则常用于不必修复或不可修复的零部件,如活塞、活塞环、火花塞及各种紧固件、垫片等。

二、汽车故障的分类

汽车故障一般分为功能故障和参数故障两大类:功能故障一般是指这类故障发生后汽车不能继续完成本身的功能,如行驶跑偏、转向系失灵、发动机不能起动等等;参数故障是指汽车的性能参数达不到规定的指标,汽车部分或完全丧失规定的功能。如发动机功率下降、每百公里油耗超过标准、机油耗量异常、滑行时间和加速时间达不到要求等。

汽车故障按照故障发生后造成的后果的严重性(即对某一系统、某一机构或整车及对人生命安全的影响)又可分为轻微故障、一般故障、严重故障、致命故障。

a. 轻微故障:一般会导致汽车停车或性能下降,不需要更换零件,用随车工具稍许调整故障部位即可排除。如气门脚响、点火不正、喷油不正,怠速过高、紧固件松动等。

b. 一般故障:汽车停车或性能下降,但一般不会导致主要部件和总成的严重损坏,可用更换易损零件和随车工具在短时间内排除。如来油不畅、垫片损坏而漏油、滤清器堵塞等。

c. 严重故障:可能导致主要零部件的严重损坏、必须停车,并且不能用更换易损零件或用随车工具在短时间内排除故障。如发动机产生拉缸、抱轴、烧瓦、气缸体裂纹等。

d. 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、连杆螺栓断裂、活塞碎裂等。

三、汽车故障的变化规律

汽车故障发生的频繁程度常用故障率表示。汽车故障率是指汽车在某段时间内的故障数量与此段时间内的总工作时间之比,用 $\lambda(t)$ 表示:

$$\lambda(t) = \frac{\text{某段时间内的故障数量}}{\text{此段时间内的总工作时间}}$$

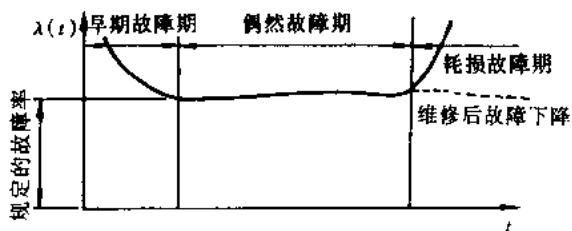
故障率反映了汽车使用到某阶段后单位时间内故障的概率,故又可称为故障强度。很显然,故障率愈高,可靠性愈差。

长期的实践和经验表明,汽车故障是时间的函数,其故障率曲线如图所示。图中曲线的形状呈现两头高、中间低、类似于浴盆的形状,故通常将故障率曲线称为浴盆曲线。

由图中的曲线可以看出,在汽车使用过程中的故障率大致可分为三个阶段:

1. 早期故障期

对应于汽车使用的早期,这一阶段故障率较高,但随着使用时间的增加,故障率迅速下降(见图)。早期故障期内发生的故障往往是由于设计、制造或修理工艺不当、质量不佳引起的。对于大修理后的汽车,这一阶段发生故障的主要原因是由于装配不当。



汽车故障率曲线

2. 偶然故障期

这是汽车经磨合后进入正常使用时期,这是汽车的有效寿命期。这一阶段故障率低而且较稳定,故障的发生是随机的,由偶然因素引起。如操作、维护不当、材料缺陷等。偶然故障不能用定期更换产生故障的零件来预防,但是通过加强对汽车的维护保养和适时维修,可以使有效寿命期内的故障率尽可能低,并且使有效寿命期延长。

3. 耗损故障期

这是汽车使用的后期。汽车进入这一阶段以后,故障率高而且明显增加。这是因为汽车长期使用后主要零部件产生磨损、疲劳、腐蚀、老化。汽车应避免在这一阶段工作,否则会由于故障太多而影响正常使用以及增加修理费用,缩短汽车的使用寿命。因此在汽车即将进入耗损故障期以前应及时进行维修(大修),恢复零部件的性能,延长汽车的有效寿命。

四、汽车故障分析的基本方法

汽车使用过程中产生的故障现象是错综复杂的。往往一种故障现象,可能是由于多种原因引起的;而某一原因又可能引发多种故障现象。如何科学、准确地对故障现象进行分析,诊断造成故障的原因,是汽车诊断技术努力研究的课题。目前对汽车故障诊断的方法有两种:一种是仪器设备诊断法,另一种是直观经验诊断法。

1. 仪器设备诊断法

汽车故障的仪器设备诊断法是在汽车不解体的情况下,用仪器设备获取有关的信息参数,并据此判别汽车的技术状况。这种方法又称为不解体检验法。随着电子测量技术、信号处理技术及计算机技术的发展,汽车故障诊断设备日益完善,这些设备越来越广泛地在汽车故障诊断和维修中使用。如发动机异响诊断仪、电涡流底盘测动机等。

2. 直观经验诊断法

汽车故障的直观经验诊断法是依靠人为感觉和观察或者采用简单工具并通过一定的试验来确定汽车故障部位的方法。这种方法的基本原则是“先简后繁、先外后内、分段检查、逐渐缩小故障部位的范围”。它具体包括问、看、听、嗅、摸、试、想七个方面。

问:调查。在对汽车进行故障诊断时询问汽车行驶的里程数、近期的维修情况、故障发生前的预兆等等。

看:观察。观察仪表指示是否正常、排气颜色、化油器是否漏油、行驶是否跑偏、发动机有无抖动等。

听:察听汽车在各种工况时所发出的声响,如化油器有无回火声、气缸内有无爆燃声或敲击声、排气管有无放炮和“突突”声等。

嗅:嗅汽车使用过程中是否散发出某些特殊气味,如制动拖滞、离合器打滑会发出摩擦片的焦臭味;电路短路搭铁导线烧毁时会发出臭味。

摸:触摸可能产生故障部位的温度、振动等情况。如配合面是否过热、轴承是否过紧、高压油管有无供油脉动等。

试:试验。用拉阻风门的方法试验发动机工作情况,如用慢加速或急加速的方法试验汽车发动机在怠速、低速、中速、高速及加速等各种工况下的工作情况,用单缸断火(断油)法判别发动机异响部位、用滑行试验观察汽车底盘各部分的摩擦阻力等。

想:思考。综合故障现象,运用理论知识和实践经验分析思考,正确判断故障部位和故障原因。

汽车故障的仪器设备诊断法和直观经验诊断法在故障诊断方

面各具特点。前者需在配备齐全的修理厂才能进行,并且需要一定的设施和场地,要求维修技术人员具有一定的使用仪器设备的能力;后者不需要复杂的设备和设施,在任何场合都能进行,特别适用于汽车使用量大、面广、分散的特点,但这种方法对复杂故障的诊断较慢,而且诊断的准确性在很大程度上取决于维修人员的技术水平。目前我国在汽车故障诊断方面较多地以直观经验诊断法为主,以仪器设备诊断法为辅,这种诊断称之为混合诊断。

五、汽车故障诊断技术的发展趋势

随着电子计算机技术的应用,汽车故障诊断技术日益向自动化、智能化迈进。国外一些汽车上开始采用故障自诊断装置。在汽车运行过程中,如果一系统或零部件出现故障,随车的故障自诊断装置即向司机报警,司机将车驶向就近的修理厂,由修理人员利用故障诊断仪调出故障代码确定故障部位、排除故障。汽车故障诊断专家系统,更是使汽车故障诊断技术实现革命性的飞跃。这种基于知识的专家系统,具有自动推理、自动诊断故障现象的能力,实现了故障诊断的智能化。通过人机交互,专家系统能自动诊断出引发某一故障现象的原因并指出故障部位和排除方法。维修人员还可以向该系统进行询问,了解故障诊断过程及采用的规则。

第一章 汽车发动机故障诊断

发动机是汽车的“心脏”，它产生的故障占全车的比例最高，单位里程每车的配件消耗、保修工时消耗，发动机也占首位。在汽车修理上，发动机的故障诊断和维修水平最为重要。它直接影响汽车的动力性、经济性和可靠性。

第一节 曲柄连杆机构故障诊断

曲柄连杆机构是发动机中传递运动和动力的机构，工作条件恶劣，燃烧产生的高压、高温气体直接作用在曲柄连杆机构的各零部件上。因此在交变的载荷和热负荷的作用下，极易出现故障且故障出现后引发的后果也较严重。

曲柄连杆机构的组成零部件可分为三组：机体组、活塞连杆组、曲轴飞轮组。

机体组：由气缸盖、气缸体、气缸垫、机油盘等零件组成；

活塞连杆组：由活塞、连杆、活塞销、连杆轴承、连杆螺栓等组成；

曲轴飞轮组：由曲轴、飞轮、主轴承等组成。

在发动机各机构、系统发生的所有故障中，气缸、活塞发生的故障占 13%，曲柄连杆发生的故障占 12%。因此，研究曲柄连杆机构各零部件故障形成的机理尤为重要。

一、机体组零件的故障分析

机体组零件是发动机的基础零件。它们结构复杂，工作中受力、受热情况复杂，容易产生变形和裂纹，直接影响发动机的使用，并且会影响到其他机构和系统的技术状态。所以研究机体组零件

的故障形式,是提高修理质量、减少故障发生、延长发动机使用寿命的重要一环。

1. 水套壁的裂纹与破洞

1) 产生裂纹的原因

水套壁上产生裂纹主要是由于发动机急剧冷热变化形成内应力而造成的。①发动机在长期缺水的情况下大负荷运转,或在水垢严重的情况下大负荷工作都会使发动机因散热不良而过热。过热的发动机应低速或怠速运转一段时间待发动机逐渐冷却后才能停车,但如果驾驶员没有经验,在发动机过热的情况下急速停车或加冷水便会使缸体产生裂纹。②冬季,在发动机温度很高的情况下停车并随即将冷却水放掉也容易使缸体产生裂纹。③由于某些司机粗心大意,停车后将冷却水留在水箱内过夜使冷却水在水套内结冰而将缸体冻裂。

2) 产生破洞的原因

①由于事故造成。如连杆螺栓断裂、活塞碎裂、连杆断裂等击破缸体而造成破洞。②严重冻裂。严重冻裂也会在水套壁上形成较大的破洞。

3) 诊断

较大的裂纹和破洞可直接检视;较小的裂纹可用着色渗透剂或用水压试验法检验。水压试验可在“气缸体、气缸盖、进气歧管水压试验万能试验台”上进行。试验时,先将各个水口堵住,只留一个水口,通过这个水口将缸体水套内灌满水,然后用手压泵向水套内泵水,提高水压。要求在压力为 400kPa 下历时 3min,水套壁不应有渗水现象。

2. 气缸体主要安装孔的磨损

气缸体上主要的安装孔有:与主轴承过盈配合的座孔、与凸轮轴轴承过盈配合的座孔以及气门挺柱配合的滑动孔(有些发动机是与气门挺柱衬套过盈配合的座孔)。与主轴承过盈配合的座孔及与凸轮轴轴承过盈配合的座孔一般不会磨损。但当配合过盈量消失,轴承与座孔间产生相对运动时,即会发生磨损,但磨损量

较小。当轴承与座孔间相对位移而使轴承与座孔间润滑油孔堵塞时,轴颈因润滑不良而发热导致轴颈膨胀,当轴颈膨胀增大到一定程度时,会使轴与轴承间间隙消失,轴承便随轴颈一起转动(走外圆)。由于轴承背面的光洁度较低,摩擦磨损严重,产生大量的摩擦热而使轴承烧毁(烧瓦)。

与气门挺柱配合的滑动孔的磨损主要是由于滑动孔与气门挺柱间高速相对运动所产生的摩擦磨损。当磨损量增加到一定程度,气门挺柱与滑动孔之间的配合间隙增大,造成气门挺柱工作时产生晃动。

座孔与滑动孔磨损后可用量孔表进行测量,超过规定值时应进行修理。

3. 气缸体上平面的翘曲

1) 气缸体上平而发生翘曲的原因

a. 发动机过热,使缸体上平面变形严重。由于缸体结构复杂,缸体上平面各点变形不均匀而产生翘曲。

b. 个别缸盖螺栓松动使缸盖上平面受力不均匀而发生翘曲。

c. 在发动机温度较高的情况下拆卸气缸盖。由于缸体上平面各点冷却强度不均而发生翘曲。

d. 拆装缸盖螺栓时没有按照规定顺序及规定扭矩拧紧缸盖螺栓,使缸盖上平面受力不均而翘曲。

2) 诊断方法

a. 用直尺和塞规检查缸体上平面的变形量。将直尺放在缸体上平面上,用塞规测量直尺与上平面各点之间的间隙,来判别翘曲程度;

b. 用标准平板涂以红铅油与缸体上平面对研。观察缸体上平面的接触印痕;据此可判断缸体上平面的翘曲程度。

当缸体上平面翘曲超过规定要求时应进行修理。一般规定缸体上平面每 50mm^2 范围其平面度误差为 0.05mm ;整个平面其平面度误差为 $0.10\sim 0.20\text{mm}$ 。

4. 各连接螺纹的损坏

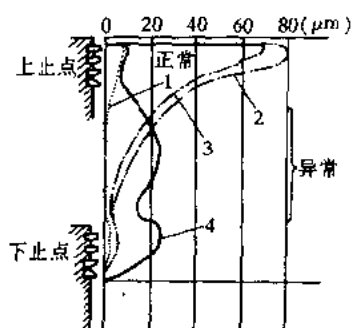
缸体上连接螺纹损坏的常见形式是螺纹滑扣,有时螺孔还会胀裂。

缸体上连接螺纹损坏的原因一般是由于螺纹松动产生冲击载荷所致。另外拆装不正确或扭力过大也会造成螺纹损坏。

当螺孔螺纹损坏2扣以上或过盈配合的螺纹(如与缸盖螺栓配合的螺纹孔)产生松动时应更换或修理。

5. 气缸磨损

气缸磨损是气缸失效的常见形式。气缸的磨损程度是衡量发动机是否需要大修的主要指标。气缸的磨损是不均匀的。发动机各个气缸的磨损程度也不完全相同。



1-1 气缸的磨损情况

1) 气缸磨损的特征

a. 在轴向磨损成上大下小、近似于锥形的形状时,如图 1-1 中的曲线所示。磨损的部位主要是在活塞环移动的区域,在此区域以上或以下则几乎不产生磨损。第一道环位于上止点处磨损最严重,形成明显的台阶。从上止点处往下几十毫米处磨损开始逐渐减小,并且较均匀,但当活塞第一道环处于下止点处时,磨损又变得比较严重。这是因为活塞在上下止点处的换向冲击作用;以及上下止点处活塞环与缸壁的相对运动速度为零,不能达到液体摩擦所需要的相对运动速度;上止点处活塞环对缸壁的压力最大;燃烧产物中的酸性物质最早作用于上止点处形成对气缸表面的腐蚀等因素造成的。

b. 在径向磨损成椭圆形,甚至是多边形。椭圆的长短轴方向受很多因素的影响而没有准确规律,其长轴可能在曲轴的轴向,也可能在与曲轴相垂直的方向上或其他方向上。椭圆的形状随气缸磨损量的不同而不同,第一道活塞环位于上止点时椭圆最大,其圆

度误差(径向磨损不均匀性)也最大。在以下的一段部位磨损较小,其圆度误差也变得较小,基本上成正圆磨损。

c. 多缸发动机各缸的磨损程度是不均匀的。一般来说冷却强度大其气缸的磨损量较大。

2) 气缸磨损后的故障现象

气缸磨损后,气缸与活塞间的配合间隙将增大,活塞环的开口间隙也相应增大,工作时将产生窜气、窜机油、压缩不良、功率下降、起动困难、机油容易变质且耗量增加等。各缸磨损不均匀还会使发动机工作稳定性变差、容易产生振动。

3) 气缸轴向磨损的原因

a. 高温高压下的摩擦磨损:气缸在工作时处于很高的爆发压力下,活塞环压向气缸壁的正压力大大超过活塞环本身的弹力,尤其是活塞第一道环处于上止点处对气缸壁的压力最大。由于正压力很大,一方面使环与气缸壁的摩擦力增大,摩擦磨损的强度增加;另一方面很高的正压力容易将活塞环与缸壁间的润滑油挤出,难以形成油膜。活塞第一道环处于上止点时,对缸壁的正压力最大,所以该处的气缸磨损量也最大。

气缸工作时处于高温作用下,尤其在气缸上部,炽热的燃烧气体将气缸上部的润滑油烧掉一部分;同时燃烧气体所产生的高温使润滑油的粘度下降,难以形成油膜。另外由于燃烧产物的冲刷及稀释作用,使润滑油的润滑性能变差。气缸因(尤其是气缸上部)润滑条件差而导致磨损。

活塞处于上下止点时,活塞移动速度为零,活塞环与气缸壁的相对运动速度较低,达不到液体摩擦所要求的相对运动速度;此外发动机在起动和怠速运转时,活塞环与气缸壁的相对运动速度也较低,难以形成液体摩擦。

气缸通常是靠飞溅甩油来进行润滑的,甩油的方向是由气缸下方向上,因而气缸上部不易得到充足的润滑油。

b. 磨料磨损:由空气带进和由机油带进气缸的灰尘磨料以及摩擦磨损产生的金属磨屑将使气缸磨损大为加剧,尤其是由空气

带进气缸的磨料对气缸磨损的影响最大。实践证明,当空气滤清器与机油滤清器保养不良,滤清效果差时,可使气缸磨损增加几倍,大大缩短了气缸的使用寿命。由于空气带进气缸的灰尘磨料首先作用于第一道环处于上止点处活塞环与缸壁之间,所以气缸上部由于磨料磨损的程度较气缸下部严重,如图 1-1 中曲线 3 所示。

c. 腐蚀磨损:燃油燃烧时会产生有机酸和矿物酸,这些酸类附于气缸壁将对气缸产生腐蚀。其中有机酸是碳氢化合物燃料燃烧时生成的,如蚁酸、醋酸等;矿物酸则是燃烧时生成的气体溶于水形成的,如二氧化硫溶于水生成硫酸、二氧化氮溶于水生成硝酸,二氧化碳溶于水生成碳酸等。因此矿物酸的生成需要有一定的条件。实验证明,当缸壁温度低于 140°C ,即相当于出水温度低于 $80\sim 85^{\circ}\text{C}$ 时,燃烧生成的水蒸气很容易

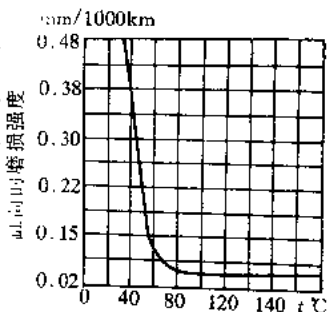


图 1-2 气缸磨损与冷却水温度的关系

凝结成水珠而附于缸壁,为矿物酸的生成创造了条件。当缸壁温度高于 140°C 时,燃烧生成的水蒸气则不易凝结成水珠,水蒸气和酸性气体被排出发动机外。关于发动机温度对气缸磨损的影响可从图 1-2 看出:当发动机水温在 80°C 以上时磨损量很少,而当水温低于 $65\sim 70^{\circ}\text{C}$ 时,随着水温的降低其磨损量急剧增加。由于生成的酸首先作用于气缸上部,因此腐蚀磨损也使气缸上部磨损严重,尤以第一道活塞环上止点处磨损最大,几乎为正常磨损的 $1\sim 2$ 倍(图 1-1 曲线 2 所示),并会出现较小的洞穴。

多缸发动机各缸磨损程度不均匀,一般来说,冷却强度大的气缸磨损大些,其主要原因是由于腐蚀磨损强度随发动机温度的变化而变化。

d. 配合、安装不正确时会加剧气缸的磨损:活塞环与缸壁配合不正确使漏光度增大时,燃烧气体易将活塞环与缸壁间的润滑