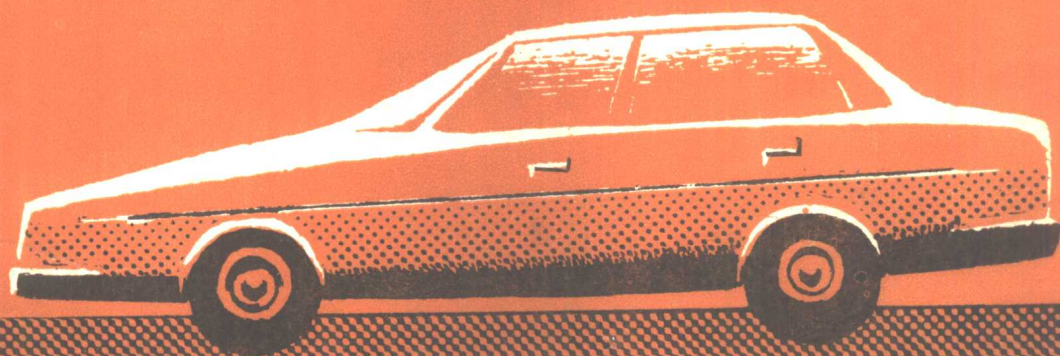


高等学校试用教材

(汽车运用工程专业)

QICHE ZHEN DUAN JISHU



汽车诊断 技术

王凤岐 陈礼璠 编著

人民交通出版社

高等学校试用教材

QICHE ZHENDUAN JISHU

汽车诊断技术

(汽车运用工程专业)

王凤岐 陈礼璠 编著

人民交通出版社

内 容 提 要

本书内容包括汽车诊断技术理论基础、常用传感器以及诊断工艺和设备等方面,共分六章。本书为高等学校汽车运用工程专业用教材,也可做为从事汽车运用、交通管理、车辆工程、汽车检测方面工程技术人员进行汽车、车辆诊断与研究工作的参考书。

高等学校试用教材

汽车诊断技术

(汽车运用工程专业)

王凤岐 陈礼璠 编著

插图设计:高静芳 正文设计:崔凤莲 责任校对:梁秀清

人民交通出版社出版

(10003北京和平里东街10)

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

人民交通出版社印刷厂印刷

开本:787×1092 1/32 印张:8.5 字数:20 千

1991年6月 第1版

1991年6月 第1版 第1次印刷

印数:0001—10300册 定价:2.40 元

ISBN 7-114-01067-2

U·00697

前 言

本书系根据汽车运用工程专业教学计划要求编写的教材，适用于高等学校汽车运用工程专业，也可作为从事汽车运用、交通管理、车辆工程、汽车检测方面工程技术人员进行汽车、车辆诊断与研究工作的参考书。

全书共六章。第一章介绍了汽车诊断的任务和国内外发展情况；第二章介绍了汽车诊断技术的理论基础，包括故障、诊断参数、诊断周期、诊断标准和工艺组织等基础知识；第三、四、五章着重介绍汽车诊断工艺、设备及常用传感器；第六章主要介绍了自动化诊断设备功能原理及其应用。

本书由王凤岐主编，第一章、第三章、第五章和第六章由王凤岐编写，第二章、第四章由陈礼璠编写，全书由侯志辉主审。

本书在正式出版前，作为吉林工业大学汽车运用工程专业本科生教材，使用多年，曾进行三次修改。这次又进行了必要的修改和补充，但由于水平所限，加之时间仓促，恳望教师、学生和读者对本书的内容编排、材料取舍以及书中的错误、欠妥之处提出批评、指正和修改意见。

王凤岐 陈礼璠

1990年4月

目 录

第一章 绪论	1
第一节 汽车诊断的任务和发展方向	1
第二节 国外汽车诊断技术发展情况	3
第三节 汽车运输企业采用汽车技术诊断的条件	4
第二章 汽车诊断技术的理论基础	6
第一节 故障及技术状况变化	6
一、故障定义及分类	6
二、故障产生过程	6
三、汽车技术状况变化的数学模型	7
四、汽车技术状况实际变化过程	9
五、诊断对象结构、典型故障及反应参数模型	10
第二节 诊断参数	11
第三节 诊断标准	13
第四节 最佳诊断周期	14
第五节 汽车诊断的工艺组织	16
第三章 常用的传感器	19
第一节 传感器的分类	19
第二节 机械式传感器	20
第三节 电阻式传感器	20
一、变阻器式传感器	20
二、电阻应变式传感器	22
第四节 电感式传感器	24
一、自感型	24
二、互感型——差动变压器式电感传感器	26
第五节 电容式传感器	27
第六节 压电式传感器	29
一、压电效应	29
二、压电式传感器及其等效电路	30
第七节 磁电式传感器	30
一、动圈式	31
二、磁阻式	31
第八节 半导体敏感元件	31
一、磁电转换元件	32
二、光电转换元件	33

三、热敏电阻、气敏电阻·····	34
第四章 汽车发动机诊断工艺及设备·····	36
第一节 发动机主要故障及诊断参数·····	36
第二节 使用条件下发动机功率状况的检验·····	38
一、无外载测功原理·····	38
二、加速测功仪的逻辑方案·····	40
三、测量方法·····	41
四、仪器的使用·····	41
第三节 各缸功率差检验·····	42
第四节 发动机异响诊断·····	43
一、汽车发动机异响的性质及一般诊断准则·····	43
二、发动机异响频谱分析·····	45
三、发动机异响诊断仪·····	46
第五节 气缸活塞组技术状况诊断·····	49
一、气缸压缩压力测量·····	50
二、曲轴箱窜气量测量·····	51
三、气缸漏气率检验·····	52
第六节 汽车发动机电气设备技术诊断·····	54
一、电点火电压波形测量原理·····	55
二、点火正时及提前角检验·····	58
第七节 发动机供给系的技术诊断·····	59
一、化油器供油质量的控制——空燃比的检测·····	59
二、汽车的油耗测量·····	63
三、废气分析·····	65
四、柴油机的烟度测定·····	67
第八节 发动机冷却系和润滑系的诊断·····	70
一、润滑系统主要故障及机油分析的重要意义·····	70
二、发动机机油分析·····	72
第五章 汽车底盘诊断工艺及设备·····	77
第一节 汽车底盘诊断方法和设备·····	77
一、诊断方法和设备·····	77
二、诊断设备的性能以及主要参数的确定·····	78
第二节 汽车功率和经济性指标的检验·····	78
一、汽车的功率和经济性指标检验意义和诊断参数的确定·····	78
二、一般总体诊断用试验台的组成、分类、设计原理和典型结构·····	80
第三节 汽车制动系检验·····	88
一、汽车制动系诊断意义和诊断参数·····	88
二、汽车制动系检验设备和检验方法·····	89
三、综合试验台·····	92
第四节 汽车转向桥和转向系的诊断·····	96

一、转向桥车轮定位角诊断设备的种类及工作原理	97
二、静态检验	97
三、动态检验	100
第五节 汽车传动系的检验	105
一、传动系检验原理和角间隙测量仪	106
二、离合器打滑测量仪	106
三、用滚筒试验台检验传动系	107
四、用振动声学方法检验传动系故障简介	107
第六章 汽车诊断过程自动化	108
第一节 汽车技术保养中诊断工艺过程综合自动化	108
第二节 基本逻辑门电路	109
一、基本概念	109
二、二极管“与”门电路	110
三、二极管“或”门电路	111
四、晶体管“非”门电路	111
五、逻辑代数运算法则	113
第三节 自动化诊断过程的数学模型	114
第四节 汽车诊断过程自动化设备	119
一、二极管矩阵逻辑诊断装置	119
二、判别方法诊断装置	120
三、汽车技术状况诊断系统	120

第一章 绪 论

第一节 汽车诊断的任务和发展方向

汽车技术状况随运行里程的增加而逐渐变化,出现缺陷和故障,从而导致汽车性能恶化,特别是使燃料经济性变差。如天津汽车运输公司某车场曾抽查206辆CA10B汽车,只有一辆达到额定功率,51.5kW以上的只占18%,44.2~51.5kW的占34.4%,29.4kW以下的占47.7%。又如贵州省对三个地区运输公司的CA10B汽车发动机抽样检测,结果是20台发动机的平均功率为43.9kW,甘肃省对省属专业运输企业CA10B汽车发动机功率抽样检查,15台发动机中功率最大的47.8kW,最差的只有29.4kW。抽样调查指出,我国在用汽车中约有70%技术状况不良。技术状况不良调整不佳的汽车,其运行油耗一般要增加6%~10%;技术状况明显不良的汽车甚至会增加20%~30%。

提高汽车运输企业车辆的性能和利用率必然造成汽车维护中材料消耗和工作量的增加。总工作量中,属汽车小修,包括象消除由于没及时发现故障而增加的工作量约占50%,这样就使得车辆利用率降低到0.7,零件、燃料及轮胎的储备量增加,工人数也需增加。

调查资料表明,有近30%以上载货汽车由于没有检验而使功率和油耗远达不到规定标准。汽车运输企业可用一定的人力和设备及时发现并消除车辆的缺陷和故障,恢复丧失的功率;从而提高汽车运行技术速度,增加劳动生产率;减少运行材料的消耗,降低运输成本。此外,汽车技术状况不良是公路运输事故的重要影响因素。

根据苏联哈尔科夫汽车公路学院对一条公路的汽车检验资料表明,由于忽视了决定行驶安全性的主要机构质量检查,在公路上有77%的汽车存在制动系故障;51.4%具有转向装置缺陷;88%带行驶系故障。

由于汽车保有量的急剧增加和汽车运输企业缺少经验丰富的保修工人,这种与汽车维护过程中缺项严重程度有关的情况必须引起我们足够的重视。

目前汽车维修的质量检验远远不能适应现代化的需要,比如,正是这种不完善的检验工作要占汽车维护工作量的30%,汽车运输企业常常进行揭露故障的检验,结果仍不能消除故障。这就造成汽车总成和机构寿命大大缩短。在苏联因缺少确保完成汽车维修中消除故障的检验仪器,有25%的吉尔汽车发动机总成,人们主观确定是完好的,但从投入使用至进厂大修,因消除隐患所用维修费占总维修费用的45%。

诊断是一种全新的、现代化的检验工作类型,与传统的检验作业相比较,优点很多,一些先进的运输企业已开始实行。首先它可以客观地和正确地评价汽车总成和机构的技术状况;其次,可以测定它们的主要效率参数(功率、燃料经济性、制动系和离合器工作性能指标等等);第三,为了有效地控制汽车的技术状况可采用最佳诊断规范,对车辆实行按需预防维修作业。

诊断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劳动消耗实现高的可靠性,这种检测可以周期地或连续地进行。

根据大量研究资料可以看到,汽车诊断的经济效益是显著的,当采用深入诊断时;小修费降低8%~12%;储备零件消耗减少12%~15%;燃油消耗减少2%~5%;轮胎行程增加5%,技术完好系数提高3%~5%。

必须指出,发动机燃料供给系的诊断允许用污染现代化城市空气的发动机排放废气来检验。当然,上面引用的资料还远不能表明汽车诊断的全部重要意义,这是由于缺少大量的经验和足够现代化的技术装备。

在汽车运输企业推行诊断是一项复杂的任务。为了发展诊断技术,必须继续研究其控制函数和进行生产性试验。

汽车诊断技术是一门年轻的科学技术领域,它直接同控制故障和保证较高的使用可靠性有关。

诊断应包括确定诊断对象在该时刻(诊断时)技术状况,预报(未来的)技术状况,确定诊断对象过去的(以往的)技术状况程序。由此可知,诊断的主要要素是诊断对象。第二要素是预报,它包括确定诊断周期和保证两次检验间隔里程内诊断对象技术完好。预报的重要性在于具有预知诊断对象未来技术状况,即确定其剩余的工作寿命。第三要素是诊断得到应用。例如在必要时揭示汽车机构发生事故性故障的原因。

目前我国汽车运输企业开始重视汽车诊断技术的采用,以便适应汽车机构技术状况检验和维修工艺过程现代化的需要。诊断的重要意义在于它可以评价机构的状况,确定其效率参数,预报无故障工程期限、事先预防和减少危险性故障。

用诊断的方法完成车辆技术检验任务是在不解体情况下确定诊断对象的技术状况和形成诊断结论。在维修中能保证汽车在检验间隔里程内完好,以及控制汽车维修工艺过程。

发展汽车诊断技术必须有现代化技术诊断设备。因此,发展诊断第一时期主要是研制试验台、仪器、仪表。在研制诊断设备时,要充分考虑我国的汽车维修制度和诊断工艺。

我国着手开发汽车故障诊断技术始于六十年代中后期,由交通科学研究所和天津市公共汽车三场合作,研制成汽车综合试验台,为我国汽车测试和诊断技术发展迈出了第一步。其后,长沙、北京等地相继研制了一些反力式或惯性式和底盘测功综合试验台,有些在不同程度上已投入生产,对汽车制动性能的监理测试、保修调整、起到了革新作用,收到了过去依靠路试和人工经验所不能达到的效果。但某一、两项单机的作用仅限于汽车测试和诊断技术的某一局部环节,故其效果和影响还是有限的。

1977年国家为了改变汽车运输维修技术落后的局面,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。

经过北京、天津、湖南交通局以及吉林工业大学、重庆公路科学研究所和交通科学研究所合作,已研制成功下列汽车诊断设备,发动机部分包括:发动机无外载加速测功仪、发动机点火系检验仪(测试触点闭合角、电容器、点火能量、点火正时、点火提前角以及火花塞性能等)、数字转速表(磁感应式)、油耗计(运行和定点两种试验通用)、废气分析仪(红外分析、主要测CO)、发动机漏气量分析仪(气缸、气门和缸垫漏气)、发动机异响诊断仪、机油快速分析仪。底盘部分包括:底盘测功和制动综合试验台(惯性式制动试验能测制动距离、时间;测试底盘输出功率,加速、滑行性能等)、制动试验台(反力式、测试最大制动力和制动时间)、动态前轮定位仪(测侧滑、车轮外倾、前束、主销倾角等)、传动系异响诊断仪(检测传动系各部分游隙和齿轮间隙)。

研制诊断设备,要切合我国汽车运输发展的实际情况,在生产实践中,讲求经济效益。根据北京市运输公司八场装置的“最大制动力”试验台投产近两年的统计资料来看,该场拥有200辆解放牌CA10B型汽车,台试代替路试,一年可节约汽油12500L,轮胎60只。同时,通过台试,记录了制动过程中瞬时的和制动终结的具体技术参数,从而改进并提高了汽车维修工艺和质量。当前,我国汽车检测诊断技术发展初露头角、除西藏自治区,全国各省市都已建成或正在建设具有一定水平的汽车检测、诊断站、其中有的已开始用于汽车运输企业或交通监理部门。

第二节 国外汽车诊断技术发展情况

汽车诊断技术在工业发达的资本主义国家比苏联和其它东欧国家发展要早一些。资本主义国家发展汽车诊断技术的主要方向是保证私人轿车的使用可靠性。在国外的一些公司(如荷兰的安德森,意大利的罗伯特和菲亚特,西德的高夫曼,法国的玛莉伯姆,英国的拉克、克里普顿,美国的太阳等)生产多种诊断台和诊断仪器。

国外诊断设备主要类型是:检测汽车功率和经济性指标的测力式和带有旋转滚筒的惯性动力试验台(具有电力、水力和机械加载装置);检测汽车制动性能的测力式或惯性式滚筒试验台;检测前轮定位用固定机械式、动态滚筒式、光学式或光学—机械式前轮定位仪;带示波器、频闪观测器、转速计以及指示废气CO含量的检测发动机、底盘其它性能参数的移动式(便携式)仪器。最近几年,又开始重视自动化综合诊断(如波许和菲亚特),以及在运输企业中设置诊断装置,借助联接电缆与车载式传感器集中插座相联,容易得到诊断信息和提高装置的可靠性。

生产诊断设备领先的外国公司的专家认为,汽车维修领域大大落后于汽车生产领域。在汽车生产领域已利用所达到的全部现代科学技术。他们十分注意汽车诊断设备的发展,使两个领域的发展水平逐渐接近。目前,由于自动化诊断系统价格昂贵尚不能广泛采用。

法国雷诺公司广泛供给西欧汽车诊断设备,这些设备已作为汽车维护工艺过程的组成部分。

匈牙利汽车诊断技术专家欧·夫拉米什指出,向汽车运输企业推广诊断设备的困难在于缺少专用自动化设备。并认为诊断在汽车运输企业可以保证汽车的行驶安全,保持车辆技术状况处于一定的水平,使维护简单,修理费用低,燃料和润滑材料消耗少,寿命得到提高。

欧·夫拉米什把诊断设备分为固定式(试验台式)和便携式(移动式)两种。它可以是直接用于汽车维护或维护前的诊断。在匈牙利、捷克斯洛伐克和德国都生产有动力和制动试验台、电气试验台、前轮定位仪,频闪仪和其它许多仪器。

从国外汽车运输企业关于诊断技术总体规划和远景发展远景可以看出下面的倾向。

在西欧一些国家,诊断方法和设备在很大程度上用于汽车维护的工艺保证上。在美国重视发展诊断中心形式的专业化诊断,这些中心主要供安排检验性质的技术诊断之用,而不直接与汽车维修发生关系。国外现代化诊断技术发展的重要特征是直接采用各种自动化的综合诊断,而不以单项自动化诊断为目的。

在近十多年里,诊断设备结构没有发生实质性变化,包括传统的滚筒式功率、制动性能试验台、电气试验台、车轮平衡仪、废气分析仪等具有综合性的设备。

此外,国外对提高汽车检测适应性方面给予很大重视。波许和菲亚特公司研制的诊断设

备很容易同提供诊断信息的车载式传感器拆装。汽车装用车载式传感器，便于采用自动化诊断装置。

显然，国外采用诊断的方法评价汽车技术状况的经验表明，这项任务对汽车运输企业来说是十分重要的和迫切需要解决的问题。

第三节 汽车运输企业采用汽车技术诊断的条件

汽车运输企业采用技术诊断的有效性取决于企业具有完善的技术装备情况和正确的诊断——维修工艺组织情况。

苏联1972年颁布的《关于运输车辆维修制度》中大体上规定了汽车运输企业诊断的任务和工艺装备。根据规定，汽车运输企业采用两种诊断类型：一般（总体）诊断和按机构深入诊断。前者主要确定保证汽车行驶安全性等机构的工作能力，而后者则是为了确定汽车总成、机构以及部件具体技术状况不良所在。

汽车运输企业实行技术诊断必须解决诊断在汽车维修中地位问题。国内外经验表明，首先是把汽车和机构的诊断作为汽车维修制度的组成部分。诊断并不是一个独立的生产过程，它只是得到和加工关于汽车技术状况信息的有效方法。应包括如下信息：调整检验的最佳工况，汽车维修所需等级，考查完成汽车维修质量等信息，也就是对汽车技术状况的总体控制。汽车总体诊断和深入诊断都可以借助仪器、试验台对汽车进行某些检测和相应的调整。汽车运输企业里，材料库的继续存在和诊断技术的继续发展是在具有完善使用性能和不需维修的现代化结构汽车问世之前。而目前，汽车结构本身在使用过程中要求对其进行维修，维修工艺和频率取决据以判断的汽车、总成和机构的可靠性水平和汽车维修费用高低。这就是要考虑到诊断对计划一预防制度的影响。诊断可以通过确定最佳检验周期方法，按实际需要汽车进行维修。

诊断方法和诊断设备随诊断技术和汽车结构的发展而发展。据此，应提出对汽车运行工艺的要求，特别是对检查适应性的要求。提高汽车检验适应性、用连续不断进行检测的指示仪表，采用拆装都很方便的车载式传感器等，均可减少诊断费用和提高诊断效能。

新的功能完善的诊断设备的制造对于具体被诊断的汽车，可在很大程度上提高其可靠性指标。在汽车运输生产中，新的诊断设备的研制是汽车运行工艺、汽车检验适应性同自动化诊断系统发展的基础。因此，全面解决汽车运输生产中诊断问题同完善汽车维修工艺，提高汽车检验适应性和建立自动化的诊断装置相联系，需要分阶段逐步解决。第一阶段实行现有的与现代传统汽车和相应汽车运输生产相适应的第一代诊断设备，即采用单独的传感器和诊断设备；第二阶段应该保证汽车具有较高的检验适应性，研制传感器装入车辆，检验十分便利的第二代诊断设备；第三代则是将传感器和计算机都装入车辆内作为永久性的诊断装置。这个阶段到来时间需要较长时间。当然这些阶段不能截然分开，应该与解决第一阶段任务同时进行。

显然，在诊断发展的第一阶段，由于缺少完善的诊断设备，诊断的主要作用是进行技术状况单项校准，汽车维修后的质量检验和汽车机构工作状况的最佳检验调整。

一般汽车及其机构的诊断，可以根据汽车可靠性要求、诊断设备的效能进行作业。在汽车运输企业采用诊断过程可明显地提高汽车维修质量和效率，并保证诊断与维护之间最佳关系。

在汽车维修中采用诊断、取得良好效果的基本先决条件是诊断过程与汽车维修工艺相适应，以保证诊断能够可靠地控制汽车工作状况水平和提高维修质量。

诊断设备和过程的控制作用具有生产和检验的性质。主要包括：定期检测的最佳工况；用合理分配维修费用的方法，调整汽车维修工艺过程；分别对维修对象定期进行修正；完成汽车维修质量的检验。这些功能由汽车技术状况的各种信息加以实现。该信息是在规定的正确的诊断周期和准确的定额指标条件下获得的，因此，随着诊断技术的采用，汽车维修制度必须作相应的修正。然而，不应该把汽车诊断对汽车维修制度的影响看得过重，因为这样将造成对汽车总成、机构定期维护的重要性估计不足，以致造成偏重诊断设备的研制而忽视汽车维修工艺。

汽车诊断应该研究包括诊断对象（汽车）在内的系统和该系统的诸元素：维修工艺的综合程序，诊断设备，使用因素、人、以及运行的和修复的汽车。

确定诊断组织和制定诊断工艺的基础是汽车可靠性指标，工作量指标和材料消耗量以及在汽车维修中对熟练技术工人的需要量。对于实行诊断的汽车运输企业，应进行认真设计、合理分配生产面积，使基建投资费用最小。

在汽车运输企业，为了不断提高诊断的效果，要求继续完善诊断有关制度、定额标准，方法、设备、工艺过程和组织，以及不断提高汽车检查适应性。这些问题的总和构成了汽车诊断的理论基础。

第二章 汽车诊断技术的理论基础

第一节 故障及技术状况变化

一、故障定义及分类

一台装置在它应达到的功能上丧失了能力, 即谓该装置发生故障, 这种故障范畴可包括以下二种主要形式:

- (1) 引起装置或系统立即丧失功能的破坏性故障——失效;
- (2) 使装置或系统的性能降低的故障。

例如, 汽车发动机由于过分缺乏机油造成曲轴轴瓦烧损抱死属第一种形式。制动器制动蹄摩擦片逐渐磨损, 造成制动距离逐渐加长而超过标准则属第二种形式。

可以从各种角度对故障进行分类;

从工程角度分:

- (1) 间断性故障: 只是在很短的时间内, 使部件失去某些功能, 排除故障后又立即恢复全部功能。如汽车供油系暂时阻塞。
- (2) 永久性故障: 这种故障只有在更换或修复有故障的零部件后, 才能使装置恢复应有的功能。曲轴轴瓦烧损而抱死属此类故障。

在永久性故障中又可细分为完全性故障和部分性故障。前者使装置的功能全部丧失, 后者只是使功能部分丧失。

从故障的快慢分类:

- (1) 突发性故障: 不能靠早期诊断来预测的突然发生的故障。
- (2) 渐发性故障: 能够通过早期诊断来预测的故障。

从故障的原因分类:

- (1) 磨损性故障: 这种故障是在正常使用条件下, 正常磨损过程中可以预料的故障。
- (2) 错用性故障: 实际使用条件下产生的载荷超过了原设计能力造成的故障。
- (3) 薄弱性故障: 实际载荷并未超过设计能力, 而只是设计、制造失误造成某些薄弱环节, 导致零部件丧失工作能力。

从故障的危险程度分类:

- (1) 危险性故障: 这种故障造成零部件、系统或整个装置丧失工作能力后, 会造成该装置承担的功能严重损害和装置操作者危险。汽车制动系统中管路断裂是最明显的例子。
- (2) 安全性故障: 即故障产生后不能损害装置和操作者的故障。如汽车发动机不能起动, 汽车停车后, 制动系统自锁等故障属此类故障。

我国汽车工业评价故障分致命性故障, 严重性故障, 一般故障和轻微故障四种。

二、故障产生过程

故障产生过程实质是一个能量积累与变化过程。零件的物理—化学性能逐渐发生变化,

强度下降。“强度”一词，在此用来表达质量或者技术状况变化总的概念。即装置由正常状况转化为不正常状况，有工作能力状态转化为达不到工作能力（故障），再转为无工作能力即丧失工作能力状况。

如果零件的强度在一定时间范围内高于外界载荷，那末这时就不发生故障。当强度下降，低于外界载荷就会出现故障。用一个简单图例（图2-1）表示更直观些。二次故障间的距离表示连续工作时间的长短。这样，如果认识了零件强度变化规律和外界载荷的性质及数值，就可以通过计算确定故障产生的时刻。通常把由于能量（或损伤）逐步积累形成的故障称为磨损性故障，它与疲劳破坏和由于磨损几何形状发生变化有关。如果能量（损坏、磨损）的积累规律性明显，并有测量这种积累的方法，那么就可能实现磨损性故障的统计学预报和通过测量仪器来预报。并在计划保养与修理中提前消除这些故障。

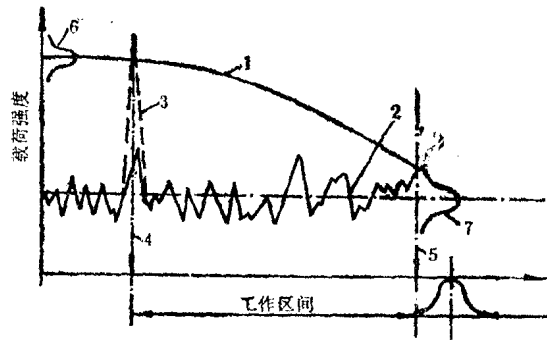


图2-1 故障产生示意图
1-零件强度；2-外界载荷；3-意外损坏特性；4-突发性故障；5-磨损性（渐发性）故障；6-一组零件的强度分布；7-外界载荷分布

从图2-1可以看出初始工作阶段零件强度变化较小。在这个阶段，只有外界载荷突然超过零件的强度情况下才会产生故障。这种故障是在外界载荷的意外峰值下偶然引起的（见图2-1的3）。由于不能预见峰值载荷，同样也不能防止意外的突发性故障。例如，一辆汽车意外驶入一个深坑，造成钢板弹簧折断。

对一组零件来说，它们的强度是按一定的规律分布的，如按正态分布（见图2-1的6），而外界载荷引起的应力也是按一定的规律分布的。所以说对于一组零部件来说，产生磨损性故障也必然带有相当的随机性。可靠性理论的一般研究方法是确定一组汽车（或零件、部件）发生故障的概率。并不能指明某一辆汽车发生故障的情况。而用诊断技术则可以确定某辆汽车的技术状况，直接给出某种故障的可能性，得到该汽车的可靠性水平。可靠性理论是指导诊断技术寻找故障的理想依据。

三、汽车技术状况变化的数学模型

1. 评价汽车可靠度（无故障工作概率）的统计学指标

从数量上评价可靠度可以用下列统计学指标：

（1）故障发生概率 $F(l)$ ，也称故障间行程分布函数。

$$F(l) = P\{\xi < l\}$$

式中： l ——规定的行程间隔；

ξ ——随机变量，发生故障这一时刻所行驶的里程。

（2）可靠度 $P(l) = 1 - F(l)$ ，系统（如车辆）到某行程 l 时刻无故障工作的概率大小。

（3）故障频率 $f(l) = \frac{dF(l)}{dl} = -\frac{dP(l)}{dl}$ ，也称故障分布密度函数。即到行程 l 某时刻，故障发生的概率密度。

(4) 故障强度 $\lambda(l) = \frac{f(l)}{1 - F(l)}$, 又称故障率。车辆在行程 l 这一时刻没有产生故障, 元件是正常的, 而在 dl 的行程里才发生故障, 它表示发生故障的条件概率密度。

(5) 故障间平均行程 $L = \int_0^{\infty} l f(l) dl$ 。

2. 故障分布规律

研究汽车技术状况变化的规律性应该以能够确定发生故障时刻的那些主要概率分布律为基础。研究表明, 意外的突发性故障照例遵循指数分布规律。即故障强度几乎不随行程而变化, 保持常数。故障发生的概率, 既不取决于车辆已有的行程, 也不取决于所研究的工作间隔的长短。所以在指数分布律的情况下, 计划预防措施并不能减少故障强度。

磨损性故障的故障强度和无故障工作概率取决于行程。故障间平均行程服从多参数分布规律, 如正态分布, 威布尔分布和伽玛分布等等。汽车零部件不同的磨损阶段有不同的分布律, 可以用不同的分布函数去描述故障强度, 见图 2-2。在正态分布规律下, 故障强度随行驶里程增加而单调、无界限的增加, (见图 2-2 曲线 1)。

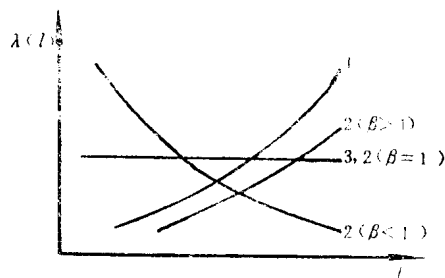


图 2-2 故障强度的不同分布规律

威布尔分布的最一般形式, $\beta > 1$ (见图 2-2, 曲线 2) 时, 故障强度随行程也是无限的增加, 它对应磨损性故障。当 $\beta = 1$ 时, 故障强度 $\lambda(l) = \alpha = 1/l$, 为常数。它与指数分布的故障强度一致, 描述了突发性故障。当 $\beta < 1$ 时, 随行程增加, 故障强度趋于零。这种威布尔分布适于描述车辆或零部件的走合阶段, 或称早期故障。对威布尔分布, 只要改变形状参数, 就可以得出对应所有各种故障强度的函数式, 所以被广泛应用。

相应的故障密度分布函数示意图见图 2-3, 从图上可以看出符合正态分布律的故障密度分布数, 将在某一行程达到最大值。而 $\beta = 1$ 的威布尔分布 (即指数分布), 其故障频率随行程逐渐下降。图中曲线的数学表达式为:

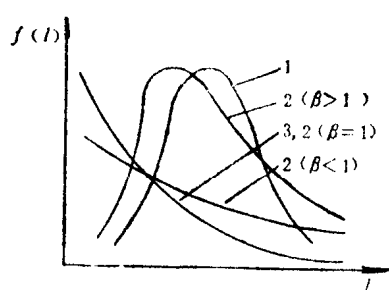


图 2-3 故障密度分布函数的各种分布律
1-正态分布; 2-威布尔分布; 3-指数分布

$$1 \text{ --- } f(l) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(l-\bar{l})^2}{2\sigma^2}}$$

$$2 \text{ --- } f(l) = \alpha\beta l^{\beta-1} e^{-\alpha l^\beta}$$

$$3 \text{ --- } f(l) = \lambda e^{-\lambda l}$$

式中: $\bar{l}$ ——平均故障里程;

λ ——单位里程故障发生比率;

λl ——在 l 里程内发生的平均故障次数。

实际汽车在使用中, 它同时不间断地处在磨损性故障和意外的突发性故障的作用下。或者说汽车技术状况是逐渐变化过程和突然变化过程的总和。

汽车诊断技术的主要对象是产生逐渐变化的自然磨损过程的可修复零部件。

四、汽车技术状况实际变化过程

汽车在各种使用条件下,随着使用里程的增加汽车的技术状况逐渐变化。整个汽车是一个由一系列元件构成的系统,系统内的各元件、部件是互相关连的,系统内元件的故障或变化,必然引起整个系统的故障和变化。汽车的各总成、系统和机构就其作用原理来说是各种各样的;如发动机的气体动力学及热力学过程;蓄电池和某些废气净化装置内的化学过程;曲柄连杆的机械运动过程等等。因此,引起系统内各元件的技术状况变化过程也是不一致的。

1. 汽车技术状况变化的主要形式

(1)各配合副由于机械摩擦磨损结果,间隙增大。当正常间隙破坏后,改变了原配合副的工作条件(如润滑、密封等等),更使磨损加剧,不能保证正常工作性能。常伴随着异常的声响。例如曲轴各轴承,各齿轮配合副,汽缸与活塞、活塞环配合副等等。

(2)各调整间隙由于外界载荷作用下失调,造成机构性能恶化。如怠速调整螺钉松动使怠速供油量过大造成怠速排放污染物 CO、HC 超过标准。

(3)零部件受到强电流、强火花而烧蚀,使正常工作性能受到影响。如发动机分电器白金触点、火花塞电极,各种照明灯泡和电子元件等。

(4)非金属材料制成的零部件的自然老化,甚至破损断裂而丧失工作能力。如汽车轮胎、液压制动系统中各种橡胶件、塑料件,各种油封等。

(5)各种磨损颗粒,外界土壤及各种运行材料燃烧、受热产生的积炭、结胶和水垢等沉积在工作表面而引起的各零部件工作性能变化。如空气滤清器、机油滤清器堵塞,燃烧室积炭,气缸盖、体和水箱大量水垢等。

(6)各种零部件在交变应力下的疲劳损坏,断裂和过度变形。如发动机曲轴、前、后桥和轴类等损伤、断裂和变形。

还能举出一些。总括上述过程,汽车各系统、元件技术状况变化过程是逐渐变化过程和突然变化过程的综合过程。而变化的多种、多样性,必然要求有针对性的多种多样的检验、诊断方法与手段。

2. 典型磨损曲线

产生逐渐变化的自然磨损过程的可修复零部件是汽车诊断的主要对象。这些零部件的特点是自然磨损过程所反映的技术状况参数的变化是连续的而且是单一的。图 2-4 表示一组常见的典型磨损曲线。它们的变化的一般规律可以近似表示为下列函数形式:

$$y = vl^{\alpha}$$

式中: y ——结构参数值(表示系统及其组成结构性能的质量尺度);

v ——结构参数变化强度;

α ——变化指数;

l ——工作行程。

这个函数在实际中可以应用。其中 v 反映结构强度和制造上的差异。对于某一零件来

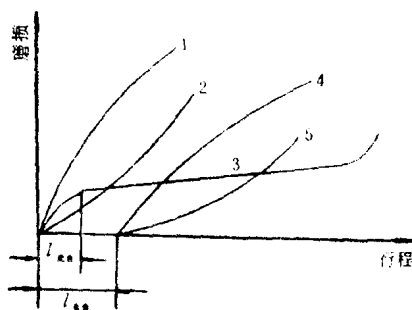


图2-4 零件典型磨损过程与行驶里程变化关系示意图
1-弹性配合副磨损; 2-刚性配合副磨损; 3-机械配合典型磨损; 4-疲劳与空穴磨损; 5-磨蚀磨损; l_0 走合为走合里程

说 v 是个常数。对零件总体来说 v 值是个按一定规律分布的随机数值。

当 $\alpha = 1$ 时, 结构参数的变化是线性的。就象图 2-4 中典型磨损曲线 3, 在走合期 l 走合结束后, 有相当长的一段正常使用期, 这是汽车极大部分机械配合副的变化形式。当 $\alpha > 1$ 时, 结构参数变化的速度是逐渐增长。而当 $\alpha < 1$ 时, 则是逐渐减少。目前, 对于不同总成、部件、零件来说, α 指数应由实验来确定。例如根据资料, 发动机气缸磨损量变化, $\alpha = 1.0$, 发动机气门热间隙变化, $\alpha = 1.1$, 齿轮齿牙磨损 $\alpha = 1.5$ 等。因为自然磨损过程的变化比较缓慢, 所以检测手段的精度相对要求高。

汽车是个复杂的修复系统, 汽车各元件的等强度实际上是不可能的。在技术状况变化过程中, 结构参数不同, 变化的过程也不同。为了确定某种汽车的不解体检验方法和工艺, 只知道单个零部件或机构的变化规律是不够的, 必须对所有诊断对象的最主要性能的变化, 进行全面的记录和分析。特别是那些最容易经常出现故障的, 直接影响行驶安全的零件、部件和系统的结构参数, 及其相应的诊断参数和这些参数间的关系, 并建立结构及变化后果模型。

五、诊断对象结构、典型故障及反应参数模型

建立这样的模型对诊断是非常必要的。图 2-5 表示汽车中最主要总成发动机的最易损伤

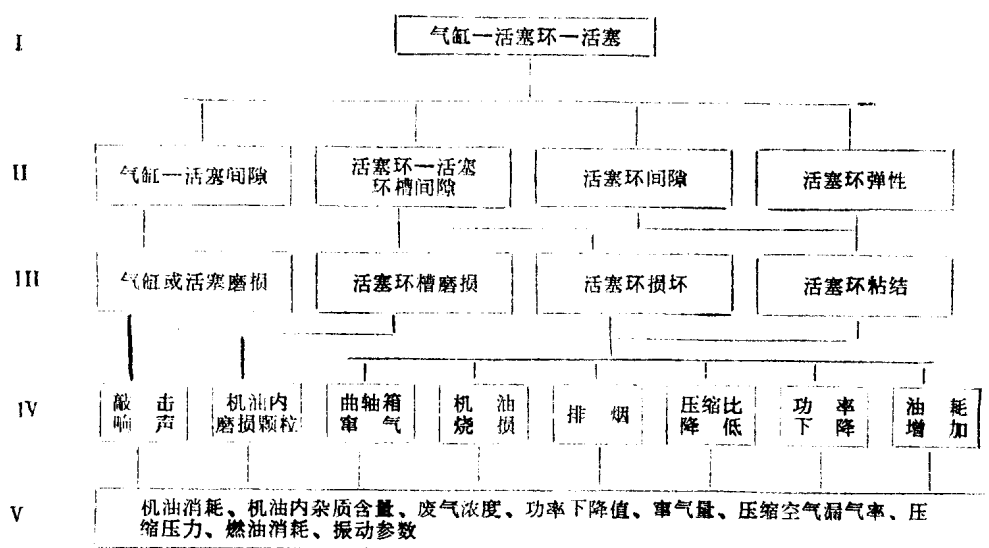


图 2-5 以发动机气缸活塞环组为诊断对象的结构、典型故障及反应参数模型框图

的零件, 气缸-活塞组的气缸-活塞环-活塞配合副的结构及技术状况变化后果的模型框图。图中第 1 行列出最易损伤的机构和零件; 第 2 行表示零件间的配合副, 即结构参数; 第 3 行表示结构参数超过极限值的代表性故障; 第 4 行则表示对应这些故障同时产生的过程 (诊断标志或症状); 第 5 行是可以采取的检验或诊断参数, 一般是物理量。借助这些物理量, 可以检测、诊断诊断对象的工作过程或者相应产生的过程。这样就能在不解体诊断对象的条件

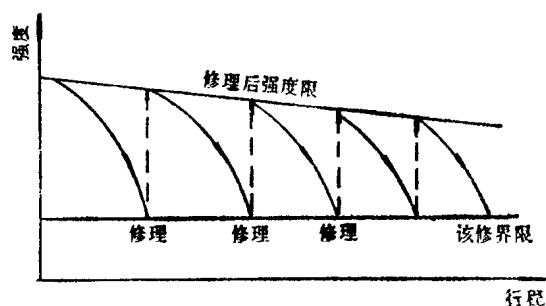


图 2-6 在修理作用下的强度变化