

高等专科教育汽车技术规划教材

# 汽车检测与 故障诊断

# 技术

张建俊 主编

机械工业出版社

The background of the cover features several stylized, orange-colored silhouettes of various vehicles, including a sedan, a station wagon, a hatchback, and a bus, arranged in a layered, overlapping fashion.

高等专科教育汽车技术规划教材

# 汽车检测与故障诊断技术

主编 张建俊

参编 王立 李才 崔晓利 李建民

主审 李明山



机械工业出版社

本书是由全国高等工程专科机械工程类专业协会汽车技术分会组织编写的,作为高等专科教育及高等职业教育汽车技术规划教材。本书主要介绍汽车不解体情况下的性能检测技术和故障诊断技术,包括检测诊断技术的发展概况、基础理论知识、汽车检测站、发动机的检测与故障诊断、底盘的检测与故障诊断、车速表与前照灯的检测以及废气与噪声的检测等内容。其中,既包括现代的仪器设备检测法,又包括传统的经验诊断法;既包括理论分析和判断,又包括实际操作方法,并宣传贯彻了国家颁布的汽车诊断标准。同时,对汽车新技术、新装备的检测诊断,如电控汽油喷射系统、自动变速器和 ABS 防抱死制动系统的检测与故障诊断等,也作了必要的介绍。

### 图书在版编目 (CIP) 数据

汽车检测与故障诊断技术/张建俊主编. —北京:机械工业出版社, 1999.6 (2001.6 重印)  
高等专科教育汽车技术规划教材  
ISBN 7-111-07123-9

Ⅰ. 汽... Ⅱ. 张... 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  
N. U472.9

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2001) 第 042823 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)  
责任编辑: 赵爱宁 版式设计: 霍永明 责任校对: 张媛  
封面设计: 姚毅 责任印制: 路琳  
北京机工印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行  
2001 年 7 月第 1 版第 2 次印刷  
787mm×1092mm<sup>1/16</sup>·16.75 印张·409 千字  
8 001—12 000 册  
定价: 21.50 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换  
本社购书热线电话(010)68993821、68326677-2527

## 序

随着汽车数量的增加与普及率的提高,汽车在国民经济和家庭生活中的作用也越来越大。为使汽车安全而经济地运行,对其正确地使用、维护和修理就显得十分重要。

但是,伴随汽车数量增加的同时,汽车尾气排放所造成的公害与噪声等问题,已成为人们极为关注的社会问题。为保护人们赖以生存的环境,社会呼吁生产低噪声、低(无)污染的汽车,这是时代的要求。与此同时,对于已经运行的汽车,要科学地、合理地进行维护和修理,以保持汽车的良好运行状态。为提高维修质量,维修企业应充实现代化的维修设备与检测设备,应提高这些设备使用人员的技术水平和实际技能。

全国高等工程专科学校机械工程类专业协会汽车技术分会组织十几所学校的教师,由专家担任主编,在国家机械工业局教材编辑室的大力支持下,编写了本套汽车技术类规划教材。这是机械行业高等专科学校汽车类专业教材建设的突破与创新。本套教材的特点是“实”“特”“变”“新”。“实”是指书中的内容实用性强;“特”是指专科特色明显;“变”是指将过去以载货车为主的体系变为以轿车为主的体系;“新”是指内容新,将目前已经实用化的新结构、新设备、新技术尽量写到教材中,以便与飞速发展的汽车技术相适应。

希望本套教材能够成为广大汽车爱好者、初学者的良师益友,对从业人员的技术技能也有所裨益,为提高维修行业的整体维修质量、工作效率和维修技术水平,做出贡献。

全国高等工程专科学校机械工程类专业协会汽车技术分会理事长 韩德恩

## 前 言

本书是由全国高等工程专科机械工程类专业协会汽车技术分会组织编写的，作为高等专科教育及高等职业教育汽车技术规划教材。汽车技术分会于1997年8月在威海会议上确定了教材编写计划，并于1997年10月在郑州会议上确定了教材编写大纲。编写计划和大纲均符合《中国教育改革和发展纲要》和原国家教委《关于加强普通高等专科教育工作的意见》的要求。

本书共分6章，以汽车不解体情况下的性能检测与故障诊断为主，分别介绍了检测诊断技术发展概况、基础理论知识、汽车检测站、发动机的检测与故障诊断、底盘的检测与故障诊断、车速表与前照灯的检测以及废气与噪声的检测等内容。

本书既有较强的理论性、实践性，又有较强的综合性，并根据高等工程专科的教育特点，在内容上加强了针对性和应用性，力求把传授知识和培养能力有机地结合起来，特别注意了对学生分析问题和解决问题能力的培养。

本书由济南交通高等专科学校张建俊高级实验师主编。参编人员及分工：济南交通高等专科学校张建俊高级实验师编写第一章、第二章、第四章第一节及电控汽油喷射系统的检测与故障诊断、自动变速器的检测与故障诊断、ABS防抱死制动系统的检测与故障诊断、惯性式平板制动试验台，江汉大学王立讲师编写第三章第一、二、六、七、八节，承德石油高等专科学校李才副教授编写第三章第三、四、五节，湖南建材高等专科学校崔晓利副教授编写第四章第二、三、四、五节，济南交通高等专科学校张建俊高级实验师与李建民副教授编写第五章、第六章。

本书由济南交通高等专科学校李明山副教授主审，吴际章副教授对部分内容提出了宝贵意见，在此一并感谢。

本书可作为高等工程专科学校汽车运用技术专业教材，亦可作为该专业或相关专业的本科院校，汽车制造、运输、维修企业，汽车检测站等的教师、学生和工程技术人员的参考书。

由于时间仓促和编者水平所限，本书难免有不当甚至谬误之处，恳请读者批评指正。

编 者

1999年4月

# 目 录

序

前言

第一章 概论 .....	1
第一节 汽车检测诊断技术概述 .....	1
第二节 汽车检测诊断技术发展概况 .....	2
第三节 汽车检测诊断基础理论 .....	4
第二章 汽车检测站 .....	14
第一节 汽车检测站综述 .....	14
第二节 汽车检测线的微机控制系统 .....	34
第三章 发动机的检测与故障诊断 .....	40
第一节 发动机功率的检测 .....	40
第二节 气缸密封性的检测 .....	45
第三节 点火系的检测与故障诊断 .....	50
第四节 汽油机供给系的检测与故障 诊断 .....	66
第五节 柴油机供给系的检测与故障 诊断 .....	90
第六节 润滑系的检测与故障诊断 .....	110
第七节 冷却系的故障诊断 .....	122

第六节 发动机异响的检测与诊断 .....	128
第四章 底盘的检测与故障诊断 .....	144
第一节 驱动车轮输出功率或驱动力的 检测 .....	144
第二节 传动系的检测与故障诊断 .....	151
第三节 转向轴和转向系的检测与故障 诊断 .....	177
第四节 车轮平衡度的检测 .....	197
第五节 制动系的检测与故障诊断 .....	202
第五章 车速表与前照灯的检测 .....	230
第一节 车速表的检测 .....	230
第二节 前照灯的检测 .....	233
第六章 排气与噪声的检测 .....	243
第一节 排气的检测 .....	243
第二节 噪声的检测 .....	255
参考文献 .....	262

# 第一章 概 论

汽车检测与故障诊断技术，包括汽车检测技术和汽车故障诊断技术，在国外也统称为汽车诊断技术。通过对汽车进行性能检测和故障诊断，可以在整车不解体情况下判明汽车的技术状况，为汽车继续运行或进厂（场）维护、修理提供可靠的依据。

## 第一节 汽车检测诊断技术概述

### 一、术语解释

**汽车检测：**确定汽车技术状况或工作能力进行的检查和测量。

**汽车故障：**汽车部分或完全丧失工作能力的现象。

**故障现象：**故障的具体表现。

**汽车诊断：**在不解体（或仅卸下个别小件）条件下，确定汽车技术状况或查明故障部位、原因进行的检测、分析和判断。

**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。

**诊断参数：**供诊断用的，表征汽车、总成及机构技术状况的量。

**诊断周期：**汽车诊断的间隔期。

**诊断标准：**对汽车诊断的方法、技术要求和限值的统一规定。

**诊断参数标准：**对汽车诊断参数限值的统一规定。

**汽车检测站：**从事汽车检测的事业性或企业性机构。

**汽车诊断站：**从事汽车诊断的企业性机构。

### 二、检测与诊断的目的

#### 1. 安全环保检测

对汽车实行定期和不定期安全运行和环境保护方面的检测，目的是在汽车不解体情况下建立安全和公害监控体系，确保车辆具有符合要求的外观容貌、良好的安全性能和规定范围内的环境污染，在安全、高效和低污染下运行。

#### 2. 综合性能检测

对汽车实行定期和不定期综合性能方面的检测，目的是在汽车不解体情况下，对运行车辆确定其工作能力和技术状况，查明故障或隐患的部位和原因；对维修车辆实行质量监督，建立质量监控体系，确保车辆具有良好的安全性、可靠性、动力性、经济性和排气净化性，以创造更大的经济效益和社会效益。同时，对车辆实行定期综合性能检测，又是实行“定期检测、强制维护、视情修理”这一新修理制度的前提和保障。“视情修理”与旧制度“计划修理”相比，既不会提前修理造成浪费，也不会迟后修理造成车况恶化。“强制维护、视情修理”是以检测、诊断和技术鉴定为依据的。没有科学、可靠的依据，就无法确定汽车是继续运行还是进厂维修，更无法视情确定修理范围和修理深度。

#### 3. 故障诊断

对汽车进行故障诊断，目的是在不解体（或仅卸下个别小件）情况下，对运行车辆查明故障部位、原因进行的检查、测量、分析和判断。故障被诊断出来后，通过调整或修理的方法排除，以确保车辆在良好的技术状况下运行。

### 三、检测诊断的类型、方法和特点

汽车经过长期使用以后，随着行驶里程增加，技术状况逐渐变坏，出现动力性下降、经济性变差、可靠性降低、故障率增加和污染加剧等现象。汽车的这一变化过程是必然的，是符合变化规律的。但是，如能按一定周期诊断汽车的技术状况，并采取相应的维护和修理措施，就可以延长汽车的使用寿命。

汽车技术状况的诊断是由检查、测量、分析、判断等一系列活动完成的，其基本方法主要分为两种：一种是传统的人工经验诊断法，另一种是现代的仪器设备诊断法。

#### 1. 人工经验诊断法

这种方法是诊断人员凭丰富的实践经验和一定的理论知识，在汽车不解体或局部解体情况下，借助简单工具，用眼看、耳听、手摸和鼻子闻等手段，边检查、边试验、边分析，进而对汽车技术状况做出判断的一种方法。这种诊断方法具有不需要专用仪器设备，可随时随地应用和投资少、见效快等优点。但是，也有诊断速度慢、准确性差、不能进行定量分析和需要诊断人员有较高技术水平等缺点。人工经验诊断法多适用于中、小维修企业和汽车队的故障诊断。该法虽然有一定缺点，但在相当长的历史时期内仍有十分重要的实用价值。即使普遍使用了现代仪器设备诊断法，也不能完全脱离人工经验诊断法。近年来刚刚起步研制的专家诊断系统，也是把人脑的分析、判断通过计算机语言变成了电脑的分析、判断。所以，不能鄙薄人工经验诊断法，本书将其作为重要内容之一讲授。

#### 2. 现代仪器设备诊断法

这种方法是在人工经验诊断法的基础上发展起来的一种诊断法。该法可在汽车不解体情况下，用专用仪器设备检测整车、总成和机构的参数、曲线或波形，为分析、判断汽车技术状况提供定量依据。采用微机控制的仪器设备能自动分析、判断、存储并打印汽车的技术状况。现代仪器设备诊断法的优点是检测速度快、准确性高，能定量分析，可实现快速诊断等；缺点是投资大，占用厂房，操作人员需要培训等。该诊断法适用于汽车检测站和中、大型维修企业。使用现代仪器设备诊断法是汽车检测诊断技术发展的必然趋势。

## 第二节 汽车检测诊断技术发展概况

### 一、国外发展概况

汽车检测诊断技术是随着汽车的发展从无到有逐渐发展起来的一门技术。国外一些发达国家，早在40~50年代就发展成为以故障诊断和性能调试为主的单项检测技术。进入60年代后，检测诊断技术获得较大发展，逐渐将单项检测技术连线建站（出现汽车检测站），成为既能进行维修诊断，又能进行安全环保检测的综合检测技术。随着电子计算机的发展，70年代初出现了检测控制自动化、数据采集自动化、数据处理自动化、检测结果自动打印的现代综合检测技术，其检测效率极高。进入80年代后，一些先进国家的现代检测诊断技术已达到广泛应用的阶段，给交通安全、环境保护、节约能源、降低运输成本和提高运力等方面，带来了明显的社会效益和经济效益。



## 二、国内发展概况

我国的汽车检测诊断技术起步较晚。在60~70年代,国家有关部门虽然也从国外引进过少量检测设备,国内不少科研单位和企业对检测设备也组织过研制,但由于种种原因,该项技术一直发展缓慢。跨入80年代以后,随着国民经济的发展,特别是随着汽车制造业、公路交通运输业的发展和进口车辆的增多,我国的机动车保有量迅速增加。车辆增加必然带来一系列社会问题,如何保证这些车辆安全运行和尽量少造成社会公害,逐渐提到政府有关部门的议事日程上来,因而促进了汽车检测诊断技术的发展,使之成为国家“六五”期间重点推广的项目,并视为推进汽车维修现代化管理的一项重要技术措施。交通部门自1980年开始,有计划地在全国公路运输系统筹建汽车综合性能检测站,取得了很大成绩。公安部门在全国的中等以上城市中,也建成了许多安全性能检测站。到90年代初,除交通、公安两部门外,机械、石油、冶金、外贸等系统和部分大专院校,也建成了相当数量的汽车检测站。可以说,90年代末的中国已基本形成了全国性的汽车检测网,汽车检测诊断技术已初具规模。不仅如此,全国各地的汽车维修企业使用的检测诊断设备,也日益增多。

可以预见,随着公路交通运输企业、汽车制造企业和整个国民经济的发展,我国的汽车检测诊断技术,在21世纪必将获得进一步发展,而且会取得更加明显的经济效益和社会效益。

## 三、我国的有关规定

我国交通部在13号部令《汽车运输业车辆技术管理规定》、28号部令《汽车维修质量管理办法》和29号部令《汽车运输业车辆综合性能检测站管理办法》中,对汽车检测与诊断技术、检测制度和综合性能检测站等均有明确规定,将有关条款节录如下:

1) 车辆技术管理应坚持预防为主和技术与经济相结合的原则,对运输车辆实行“择优选配、正确使用、定期检测、强制维护、视情修理、合理改造、适时更新和报废”的全过程综合性管理。

2) 车辆技术管理应依靠科技进步,采取现代化管理方法,建立车辆质量监控体系,推广检测诊断和计算机应用等先进技术。

3) 车辆检测诊断技术,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,各地交通运输管理部门和运输单位应积极组织推广检测诊断技术。

4) 检测诊断设备应能满足车辆在不解体情况下确定其工作能力和技术状况,以及查明故障或隐患的部位和原因。检测诊断的主要内容包括:汽车的安全性(制动、侧滑、转向、前照灯等)、可靠性(异响、磨损、变形、裂纹等)、动力性(车速、加速能力、底盘输出功率;发动机功率、扭矩和供给系、点火系状况等)、经济性(燃油消耗)及噪声和废气排放状况等。

5) 各省、自治区、直辖市交通厅(局)应建立运输业车辆检测制度。根据车辆从事运输的性质、使用条件和强度以及车辆老旧程度等,进行定期或不定期检测,确保车辆技术状况良好,并对维修车辆实行质量监控。

6) 建设汽车综合性能检测站是加强车辆技术管理的重要措施。各省、自治区、直辖市交通厅(局)是汽车综合性能检测站的主管部门,负责规划、管理和监督。

7) 各省、自治区、直辖市交通厅(局)应对汽车综合性能检测站进行认定。经认定的检测站可代表交通运输管理部门对车辆行使质量监控。

8) 汽车综合性能检测站经认定后,交通运输管理部门应组织对运输和维修车辆进行检

测。

9) 经认定的汽车综合性能检测站在车辆检测后, 应发给检测结果证明, 作为交通运输管理部门发放或吊扣营运证依据之一和确定维修单位车辆维修质量的凭证。

10) 车辆二级维护前应进行检测诊断和技术评定, 根据结果确定附加作业或修理项目, 结合二级维护一并进行。

11) 车辆修理应贯彻视情修理的原则, 即根据车辆检测诊断和技术鉴定的结果, 视情按不同作业范围和深度进行。既要防止拖延修理造成车况恶化, 又要防止提前修理造成浪费。

12) 各级汽车维修行业管理部门应建立健全汽车维修质量监督检验体系, 实行分组管理。建立汽车维修质量监督检测站(中心), 为汽车维修质量监督和汽车维修质量纠纷的调解或仲裁提供检测依据。汽车维修质量监督检测站必须是经当地交通主管部门会同技术监督部门认定后颁发了《检测许可证》的汽车综合性能检测站。

13) 各级汽车维修行业管理部门应制定并认真执行汽车维修质量检验制度, 对维修车辆实行定期或不定期的质量检测, 并将检测结果作为评定维修业户维修质量和年审《技术合格证》的主要依据之一。

14) 检测站应根据国家和行业标准进行检测, 确保检测质量。未制定国家、行业标准的项目, 可根据地方标准进行检测; 没有国家、行业、地方标准的项目, 可根据委托单位提供的资料进行检测。

15) 检测站使用的计量检测设备应按技术监督部门的有关规定, 组织周期检定, 保证检测结果准确可靠。

16) 各省、自治区、直辖市交通厅(局)可指定一个 A 级站作为本地区的中心站, 直接管理。该中心站应经交通部汽车保修设备质量监督检验测试中心的认定, 并接受其业务指导; 认定后的中心站可对本地区其它各级检测站进行业务指导。

17) 对不严格执行检测标准、弄虚作假、滥用职权、徇私舞弊的检测站, 交通厅(局)或其授权的当地交通运输管理部门可根据《道路运输违章处罚规定(试行)》的有关规定处理。

### 第三节 汽车检测诊断基础理论

汽车的检测与故障诊断, 是确定汽车技术状况的科技, 不仅要求有完善的检测、分析、判断的手段和方法, 而且要有正确的理论指导。为此, 在检测诊断汽车技术状况时, 必须选择合适的诊断参数, 确定合理的诊断参数标准和最佳诊断周期。诊断参数、诊断参数标准、最佳诊断周期是从事汽车检测诊断工作必须掌握的基础理论知识。

#### 一、诊断参数

##### 1. 诊断参数概述

参数, 是表明某一种重要性质的量。诊断参数, 是供诊断用的, 表征汽车、总成及机构技术状况的量。有些结构参数(如磨损量、间隙量等)可以表征技术状况, 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。如气缸间隙、气缸磨损量、曲轴和凸轮轴各轴承间隙、曲轴和凸轮轴各道轴颈磨损量、各齿轮间隙及磨损量、各轴向间隙及磨损量等等, 都无法在不解体情况下直接测量。因此, 在检测诊断汽车技术状况时, 需要采用一种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。

汽车诊断参数包括工作过程参数、伴随过程参数和几何尺寸参数。

(1) 工作过程参数 该参数是汽车、总成、机构工作过程中输出的一些可供测量的物理量和化学量。例如，发动机功率、驱动车轮输出功率或驱动力、汽车燃料消耗量、制动距离或制动力或制动减速度、滑行距离等，往往能表征诊断对象总的技术状况，适合于总体诊断。如通过检测，底盘输出功率符合要求，说明汽车输出功率符合要求，也说明发动机技术状况和传动系技术状况均符合要求。反之，如通过检测，底盘输出功率不符合要求，说明汽车输出功率不符合要求，也说明发动机输出功率不足或传动系功率损失太大，进一步深入检测诊断，可确知是发动机技术状况不佳还是传动系技术状况不佳。所以，工作过程参数也是深入诊断的基础。

汽车不工作时，工作过程参数无法测得。

(2) 伴随过程参数 该参数是伴随工作过程输出的一些可测量。例如，振动、噪声、异响、过热等，可提供诊断对象的局部信息，常用于复杂系统的深入诊断。汽车不工作或工作后已停驶较长时间的情况下，无法检测该参数。

(3) 几何尺寸参数 该参数可提供总成、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、径向圆跳动等，虽提供的信息量有限，但却能表征诊断对象的具体状态。

汽车常用诊断参数如表 1-1 所列。

表 1-1 汽车常用诊断参数

诊断对象	诊断参数	诊断对象	诊断参数
汽车总体	最高车速 (km/h) 最大爬坡度 [ (°), %] 0~100km 加速时间 (s) 驱动车轮输出功率 (kW) 驱动车轮驱动力 (kN) 汽车燃料消耗量 (L/km, L/100km, L/(100t·km), km/L) 侧倾稳定角 (°)	配气机构	气门间隙 (mm) 配气相位 (°)
		汽油机供给系	汽油泵出口关闭压力 (kPa) 化油器浮子室液面高度 (mm) 空燃比或燃空比 过量空气系数 $\phi_a$ 电喷发动机喷油器的喷油量 (mL) 电喷发动机各缸喷油不均匀度 (%)
发动机总体	额定转速 (r/min) 怠速转速 (r/min) 发动机功率 (kW) 发动机燃料消耗量 (L/h) 单缸断火 (油) 转速下降值 (r/min) 汽油车怠速排放 CO 的体积分数 (%) 汽油车怠速排放 HC 的体积分数 (%) 柴油车自由加速烟度 (FSN) 排气温度 (°C) 异响	柴油机供给系	输油泵输油压力 (kPa) 喷油泵高压油管最高压力 (kPa) 喷油泵高压油管残余压力 (kPa) 喷油器针阀开启压力 (kPa) 喷油器针阀关闭压力 (kPa) 喷油器针阀升程 (mm) 各缸供油不均匀度 (%) 供油提前角 (°) 各缸供油间隔 (°) 各缸喷油器的喷油量 (mL)
		曲柄连杆机构	气缸压力 (MPa) 曲轴箱窜气量 (L/min) 气缸漏气量 (kPa) 气缸漏气率 (%) 进气管真空度 (kPa)

诊断对象	诊断参数	诊断对象	诊断参数
点火系	断电器触点闭合角 (°) 各缸点火波形重叠角 (°) 点火提前角 (°) 各缸点火电压值 (kV) 各缸点火电压短路值 (kV) 点火系最高电压值 (kV) 火花塞加速特性值 (kV) 电容器容量 (μF)	制动系	制动距离 (m) 制动力 (N) 制动拖滞力 (N) 手制动力 (N) 制动减速度 (m/s <sup>2</sup> ) 制动系协调时间 (s) 制动完全释放时间 (s)
润滑系	机油压力 (kPa) 机油池液面高度 机油温度 (°C) 理化性能指标变化量 清净性系数 K 的变化量 介电常数的变化量 金属微粒的体积分数 (%) 机油消耗量 (kg)	转向桥 与 转向系	车轮侧滑量 (m/km) 车轮前束 (mm) 车轮外倾角 (°) 主销后倾角 (°) 主销内倾角 (°) 转向轮最大转向角 (°) 最小转弯直径 (m) 转向盘最大自由转动量 (°) 转向盘外缘最大切向力 (N)
冷却系	冷却液温度 (°C) 冷却液液面高度 散热器冷却液入口与出口温差 (°C) 风扇传动带张力 [N: (10~15ram)]	行驶系	车轮静不平衡量 (g) 车轮动不平衡量 (g) 车轮端面圆跳动量 (mm) 车轮径向圆跳动量 (mm) 轮胎胎冠花纹深度 (mm)
传动系	传动系游动角度 (°) 传动系机械传动效率 传动系功率损失 (kW) 振动 异响 总成工作温度 (°C)	其它	前照灯发光强度 (cd) 前照灯光束照射位置 (mm) 车速表允许误差范围 (%) 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)

## 2. 诊断参数的选择原则

在汽车的使用过程中,诊断参数的变化规律与汽车技术状况变化规律之间有一定的关系。能够表征汽车技术状况的参数有很多,为了保证诊断结果的可信性和准确性,应该选择那些符合下列要求或具有下列特性的诊断参数。选用原则如下:

(1) 灵敏性 灵敏性亦称为灵敏度,是指诊断对象的技术状况在从正常状态到进入故障状态之前的整个使用期内,诊断参数相对于技术状况参数的变化率。用下式表示

$$K_r = \frac{dP}{du} \quad (1-1)$$

式中  $K_r$  —— 诊断参数的灵敏性;

$du$  —— 汽车技术状况参数的微小增量;

$dP$  —— 汽车诊断参数  $P$  相对于  $du$  的增量。

可以看出,  $K_r$  值越大, 表明诊断参数的灵敏性越好。选用灵敏性高的诊断参数诊断汽车的技术状况时, 可使诊断的可靠性提高。图 1-1 中的  $\Delta P/\Delta u$  是表示诊断参数  $P_2$  的灵敏性。

(2) 单值性 单值性是指汽车技术状况参数从开始值  $u_i$  变化到终了值  $u_f$  的范围内, 诊断参数的变化不应出现极值, 即不应出现  $dP/du=0$  的值; 否则, 同一诊断参数将对应两个不同的技术状况参数, 给诊断技术状况带来困难。所以, 具有非单值的诊断参数没有实际意义, 如图 1-1 中的  $P_3$  所示。

(3) 稳定性 稳定性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—致性(重复性)。诊断参数的稳定性越好, 其测量值的离散度(或方差)越小。因此, 诊断参数的稳定性可用均方差衡量

$$\sigma_{P(u)} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n [P_i(u) - \bar{P}(u)]^2}{n-1}} \quad (1-2)$$

式中  $\sigma_{P(u)}$ ——汽车技术状况为  $u$  状态下诊断参数测量值的均方差;

$P_i(u)$ ——汽车技术状况为  $u$  状态下诊断参数的测量值;

$\bar{P}(u)$ ——上述状态下诊断参数测量值的平均值;

$n$ ——测量次数。

诊断参数的稳定性如图 1-1 中的  $P_1$  所示。均方差越小, 诊断参数的稳定性越好。稳定性不好的诊断参数, 其灵敏性也降低。诊断参数的实际灵敏性可用下式计算

$$K'_r = \frac{K_r}{\sigma_p} \quad (1-3)$$

式中  $K'_r$ ——诊断参数的实际灵敏性;

$K_r$ ——诊断参数的灵敏性;

$\sigma_p$ ——诊断参数测量值的均方差。

可以看出,  $K'_r$  与  $\sigma_p$  成反比, 即  $\sigma_p$  越大(稳定性越差), 实际灵敏性  $K'_r$  越小。

(4) 信息性 信息性是指诊断参数对汽车技术状况具有的表征性。表征性好的诊断参数, 能表明、揭示汽车技术状况的特征和现象, 反映汽车技术状况的全部信息。所以, 诊断参数的信息性越好, 包含汽车技术状况的信息量越高, 得出的诊断结论越可靠。

如图 1-2 所示, 如果以  $f_1(P)$  表示无故障诊断参数的分布函数, 以  $f_2(P)$  表示有故障诊断参数的分布函数, 则  $f_1(P)$  和  $f_2(P)$  两分布曲线重叠区域越小, 诊断参数的信息性越强, 诊断结论的正确性越大。由图可见, 图 1-2a 所示诊断参数  $P$  的信息性最好; 图 1-2b 所示诊断参数  $P'$  的信息性次之; 图 1-2c 所示诊断参数  $P''$  的信息性最差。这是对诊断参数信息性的定性分析。如对诊断参数的信息性进行定量分析, 必须计算出两分布曲线重叠区域面积的大

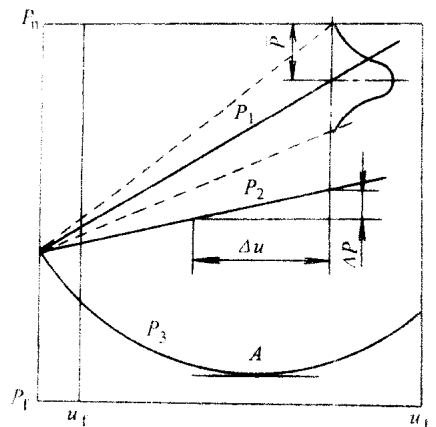


图 1-1 汽车诊断参数随技术状况参数的变化规律

$\bar{P}$ —评价稳定性诊断参数  $P_1$  的数学期望

$\Delta P/\Delta u$ —稳定性诊断参数  $P_2$  的变化率

A—评价非单值诊断参数  $P_3$  在  $u_i \sim$

$u_f$  范围内的极值  $u_i \sim u_f$ —汽

车技术状况参数的变化范围

$P_1 \sim P_n$ —汽车诊断参数

的变化范围

小,从而得出诊断失误的概率。如果显示无故障诊断参数  $P_1$  的平均值与显示有故障诊断参数  $P_2$  的平均值之差越大,或这两种诊断参数的离散度越小,则诊断失误的概率就越小,即诊断参数的信息性就越好。因此,诊断参数的信息性可用下式表示

$$I(P) = \frac{|\bar{P}_1 - \bar{P}_2|}{\sigma_1 + \sigma_2} \quad (1-4)$$

式中  $I(P)$  —— 诊断参数  $P$  的信息性;

$\bar{P}_1$  —— 显示无故障诊断参数  $P_1$  的平均值;

$\bar{P}_2$  —— 显示有故障诊断参数  $P_2$  的平均值;

$\sigma_1$  ——  $P_1$  的均方差;

$\sigma_2$  ——  $P_2$  的均方差。

$I(P)$  值越大,诊断参数的信息性越好,诊断结果越正确。

(5) 经济性 经济性是指获得诊断参数的测量值所需要的诊断作业费用的多少,包括人力、工时、场地、仪器、设备和能源消耗等项费用。经济性高的诊断参数,所需要的诊断作业费用低。如果诊断作业费用很高,这种诊断参数是不可取的,它没有经济意义。

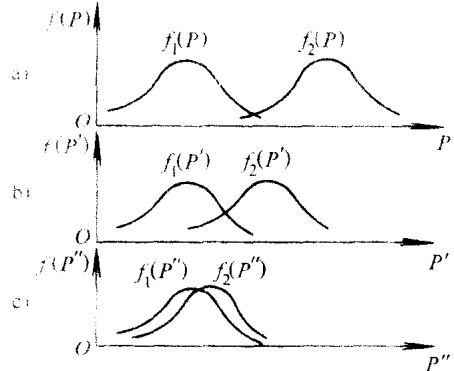


图 1-2 诊断参数的信息性

a) 信息性强 b) 信息性弱 c) 信息性差

### 3. 诊断参数与测量条件和测量方法是不可分割的整体

不同的测量条件和不同的测量方法,可以得出不同的诊断参数值。测量条件中,一般有温度条件、速度条件、负荷条件等。多数诊断参数的测得需要汽车走热至正常工作温度,只有少量诊断参数可在冷温下进行。除了温度条件外,速度条件和负荷条件也很重要。如发动机功率的检测,需在一定的转速和节气门开度下进行;汽车制动距离的检测,需在一定的制动初速度和载荷(空载或满载)下进行。对诊断参数的测量方法也有规定,如汽油车排气污染物的测量,采用怠速法,规定各排气组分均应采用不分光红外线吸收型(NDIR)监测仪进行;柴油车自由加速烟度的测量,采用滤纸烟度法,规定采用滤纸式烟度计进行等等。没有规范的测量条件和测量方法,无法统一尺度,因而测得的诊断参数值也就无法评价汽车的技术状况。所以,要把诊断参数及其测量条件、测量方法看成是一个不可分割的整体。

## 二、诊断参数标准

诊断参数标准与诊断标准在内容上是不完全相同的。诊断标准是对汽车诊断的方法、技术要求 and 限值等的统一规定,诊断参数标准仅是对诊断参数限值的统一规定,是诊断标准的一部分,有时也简称为诊断标准。

为了定量地评价汽车、总成及机构的技术状况,确定维修的范围和深度,预报无故障工作里程,单有诊断参数是不够的,还必须建立诊断参数标准,提供一个比较尺度。这样,在检测到诊断参数值后与诊断参数标准值对照,即可确定汽车是继续运行还是进厂(场)维修。

### 1. 诊断参数标准的类型

汽车诊断参数标准与其它标准一样,可分为国家标准、行业标准、地方标准和企业标准四类。

(1) 国家标准 国家标准是国家制订的标准,冠以中华人民共和国国家标准字样。国家标准一般由某行业部委提出,由国家技术监督局发布,全国各级各有关单位和个人都要贯彻执行,具有强制性和权威性。如GB14761.5—93《汽油车怠速污染物排放标准》、GB14761.6—93《柴油车自由加速烟度排放标准》和GB7258—1997《机动车运行安全技术条件》中的限值,都是国家级的诊断参数标准。

(2) 行业标准 该标准也称为部委标准,是部级或国家委员会级制定并发布的标准,在部、委系统内或行业系统内贯彻执行,一般冠以中华人民共和国某某行业标准,也在一定范围内具有强制性和权威性,有关单位和个人也必须贯彻执行。如JT/T201—95《汽车维修工艺规范》、JT/T198—95《汽车技术等级评定标准》,均为中华人民共和国交通行业标准,其内与诊断有关的限值均可作为诊断参数标准使用。

(3) 地方标准 该标准是省级、市地级、县级制定并发布的标准,在地方范围内贯彻执行,也在一定范围内具有强制性和权威性,所属范围内的单位和个人必须贯彻执行。省、市地、县三级除贯彻执行上级标准外,可根据本地具体情况制定地方标准或率先制定上级没有制定的标准。地方标准中的限值可能比上级标准中的限值要求更严。

(4) 企业标准 该标准包括汽车制造厂推荐的标准,汽车运输企业和汽车维修企业内部制定的标准,检测仪器设备制造厂推荐的参考性标准三种类型。

汽车制造厂推荐的标准是汽车制造厂在汽车使用说明书中公布的汽车使用性能参数、结构参数、调整数据和使用极限等,可以把它们作为诊断参数标准来使用。该种标准是汽车制造厂根据设计要求、制造水平,为保证汽车的使用性能和技术状况而制定的。

汽车运输企业和维修企业的标准是汽车运输企业、汽车维修企业内部制定的标准,只在企业内部贯彻执行。该种标准除贯彻执行上级标准外,往往能根据本企业的具体情况,制定一些上级标准中尚未规定的内容。企业标准中有些诊断参数的限值甚至比上级标准还要严格,以保证汽车维修质量和树立良好的企业形象。一般情况下,企业标准应达到国家标准和上级标准的要求,同时允许超过国家标准和上级标准的要求。

检测仪器设备制造厂推荐的参考性标准是检测仪器或检测设备制造厂,针对本仪器或设备所检测的诊断参数,在尚没有国家标准和行业标准的情况下制定的诊断参数的限值,通过仪器或设备的使用说明书提供给使用单位作参考性标准,以判断汽车、总成及机构的技术状况。

任何一级标准的制定,都既要考虑技术性和经济性,又要考虑先进性,并尽量靠拢同类型国际标准。

## 2. 诊断参数标准的组成

诊断参数标准一般由初始值  $P_i$ 、许用值  $P_d$  和极限值  $P_e$  三部分组成。

(1) 初始值  $P_i$  此值相当于无故障新车和大修车诊断参数值的大小,往往是最佳值,可作为新车和大修车的诊断标准。当诊断参数测量值处于初始值范围内时,表明诊断对象技术状况良好,无需维修便可继续运行。

(2) 许用值  $P_d$  诊断参数测量值若在此值范围内,则诊断对象技术状况虽发生变化但尚属正常,无需修理(但应按时维护)可继续运行。超过此值,勉强许用,但应及时安排维修;否则,汽车带病行车,故障率上升,可能行驶不到下一个诊断周期。

(3) 极限值  $P_e$  诊断参数测量值超过此值后,诊断对象技术状况严重恶化,汽车须立即

停驶修理。此时，汽车的动力性、经济性和排气净化性大大降低，行驶安全性得不到保证，有关机件磨损严重，甚至可能发生机械事故。所以，汽车必须立即停驶修理，否则将造成更大损失。

可以看出，通过对汽车进行检测诊断，当诊断参数测量值在许用值以内，汽车可继续运行；当诊断参数测量值超过极限值，须停止运行进厂修理。因此，将测得的诊断参数测量值与诊断参数标准值比较，就可得知汽车技术状况，并做出相应的决断。

诊断参数标准的初始值、许用值和极限值，可能是一个单一的数值，也可能是一个范围。它们三者之间的关系及诊断参数随行驶里程的变化情况，如图 1-3 所示。

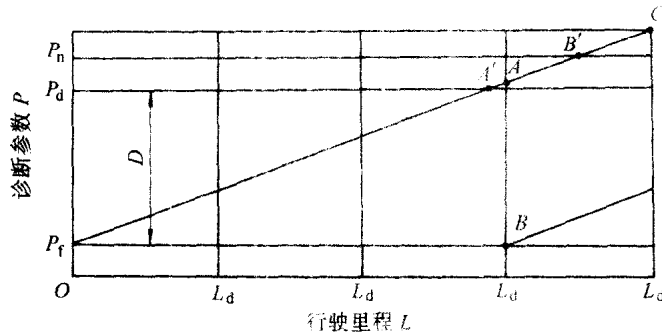


图 1-3 诊断参数随行驶里程的变化情况

图中  $D$ ——诊断参数  $P$  的允许变化范围；

$L_d$ ——诊断周期；

$P_f C$ ——诊断参数  $P$  随行驶里程  $L$  的变化；

$A'$ —— $P$  变化至与  $P_d$  相交，继续行驶可能发生故障；

$B'$ —— $P$  变化至与  $P_n$  相交，继续行驶可能发生损坏；

$C$ ——发生损坏；

$A$ —— $P$  变化至  $A'$  后可继续行驶，至最近的一个诊断周期采取维修措施；

$AB$ ——采取维修措施后， $P$  降至初始标准  $P_f$ ，汽车技术状况恢复。

可以看出，在诊断参数标准  $P_f \sim P_d$  区间，即  $D$  区间，是诊断参数  $P$  允许变化的区间，属无故障区间；在  $P_d \sim P_n$  区间，是可能发生故障的区间；在诊断参数  $P$  超过  $P_n$  以后，是可能发生损坏的区间。

### 3. 诊断参数标准的制定或修正

诊断参数标准的制定与修正，既要有利于汽车技术状况的提高，又要以经济状况为基础，进行综合考虑。标准严格了，汽车的动力性、经济性、安全性、排气净化性等性能必定得到提高，在用车整体技术状况得到提高，但汽车维护与修理的费用也会相应提高。反之，标准宽松了，能合格的汽车增多，维护与修理的费用下降，但在用车整体技术状况也下降。随着我国国民经济的发展，标准的制定与修正必定会越来越严，并且越来越向国际标准靠拢。

诊断参数标准的制定与修正是个比较复杂的过程，一般采用统计法、经验法、试验法或理论计算法完成。统计法，是通过找出相当数量的在用汽车在正常状况下诊断参数的分布规律（如正态分布或  $\gamma$  分布），然后经综合考虑而确定的并能使大多数在用汽车合格的标准。较常见的做法是随机选择相当数量的在用车辆，其中技术状况良好的车辆要占有一定数量，然



后对某一诊断参数进行测量,数值从  $P_0$  到  $P_r$ 。把  $P_0$  到  $P_r$  的数值分成若干个区间,再把对应各区间的汽车占有量算出,然后制成直方图,描出曲线,如图 1-4 所示,类似正态分布密度函数曲线。

在测量的诊断参数中,相对完好技术状况的诊断参数值是散布的,分散在最佳值的两侧。同样,相对故障状况的诊断参数值也是散布的。故障状况的诊断参数值可能与完好技术状况的诊断参数值交叉或重叠。在知道诊断参数的分布规律后,可以对诊断参数散布的允许范围加以限制,并要符合完好工作概率水平。用这种方法获得的诊断参数限值,便是诊断参数标准,分以下三种情况。

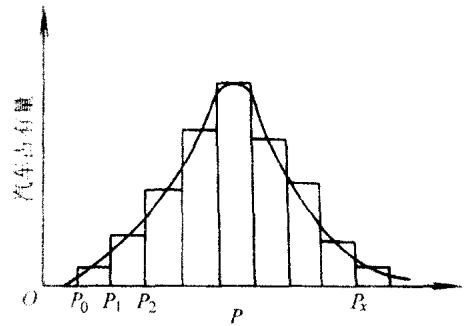


图 1-4 用统计方法确定诊断参数的分布规律

(1) 上下均有限值的诊断参数标准 这种情况是以正态分布均值为中心,取汽车正常概率为 85% 和 95% 的参数范围为诊断参数标准,如图 1-5b 所示。所有在散布范围  $A_{0.85}$  内的诊断参数值视为处于技术状况完好状态,所有超出散布范围  $A_{0.95}$  外的诊断参数值视为处于有故障状态。当诊断参数值处于  $A_{0.85} \sim A_{0.95}$  之间时,视为技术状况可能是完好的,也可能是有故障的,两种概率相等。可以看出,当诊断参数值变化到散布范围  $A_{0.85}$  时,可作为许用标准  $P_d$ ; 当变化到散布范围  $A_{0.95}$  时,可作为极限标准  $P_n$ 。用这种方法确定的诊断参数标准,将能保证有 85% 的车辆处于完好技术状况下工作。如不符合实际情况,还可以修正诊断参数的散布范围。

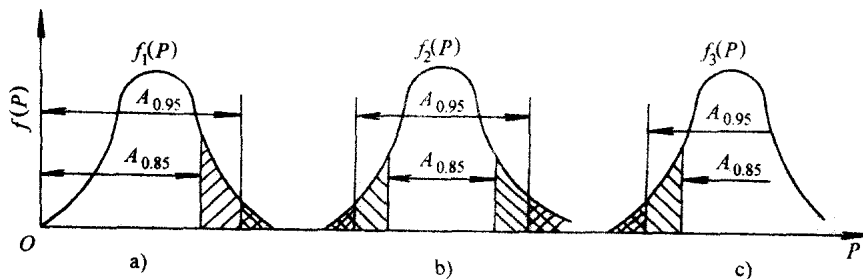


图 1-5 诊断参数标准的确定

(2) 仅要求上限值的诊断参数标准 这种情况是取正态分布函数曲线右侧某个数值作为限值,而对左边不作任何限制。一般是取汽车正常概率为 85% 和 95% 的诊断参数值作为诊断参数标准,如图 1-5a 所示。同样,当诊断参数值变化到散布范围  $A_{0.85}$  时,可作为许用标准  $P_d$ ; 当变化到散布范围  $A_{0.95}$  时,可作为极限标准  $P_n$ ; 将能保证有 85% 的车辆处于完好技术状况下工作。

(3) 仅要求下限值的诊断参数标准 这种情况是取正态分布函数曲线左侧某个数值作为限值即可,而对右边不作任何限制。一般是取汽车正常概率为 85% 和 95% 的诊断参数值作为诊断参数标准,如图 1-5c 所示。同样,当诊断参数值变化到散布范围  $A_{0.85}$  时,可作为许用标准  $P_d$ ; 当变化到散布范围  $A_{0.95}$  时,可作为极限标准  $P_n$ ; 将能保证有 85% 的车辆处于完好技术状况下工作。

制定或修正诊断参数标准的其它方法中,如经验法,是由一批有经验的专家,根据长期