

高职高专汽车运用与维修专业系列教材

主 编 王欲进  
副主编 邹喜红 周映华

# 汽车故障诊断技术

QICHE GUZHANG ZHENDUAN JISHU



重庆大学出版社

# 汽车故障诊断技术

主 编 王欲进  
副主编 邹喜红 周映华  
参 编 巩利平 张 进

重 庆 大 学 出 版 社

## 内 容 提 要

本书为高职高专汽车运用与维修专业系列教材之一。全书内容包括:概述,汽车的技术维护,发动机的故障诊断,自动变速器故障诊断,防抱死制动系统(ABS)故障诊断,中央门锁及防盗系统,空调系统故障诊断。

本书供高职高专汽车运用与维修专业作教材之用,也可供汽车维修人员参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

汽车故障诊断技术/王欲进主编. —重庆:重庆大学出版社,2005.8

(高职高专汽车运用与维修专业系列教材)

ISBN 7-5624-3431-X

I. 汽... II. 王... III. 汽车—故障诊断—高等学  
校:技术学校—教材 IV. U472.42

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 067548 号

### 汽车故障诊断技术

主 编 王欲进

副主编 邹喜红 周映华

责任编辑:曾令维 何建云 版式设计:曾令维

责任校对:李定群 责任印制:秦 梅

\*

重庆大学出版社出版发行

出版人:张鸽盛

社址:重庆市沙坪坝正街174号重庆大学(A区)内

邮编:400030

电话:(023) 65102378 65105781

传真:(023) 65103686 65105565

网址:<http://www.cqup.com.cn>

邮箱:fxk@cqup.com.cn(市场营销部)

全国新华书店经销

重庆科情印务有限公司印刷

\*

开本:787×1092 1/16 印张:19.25 字数:480千

2005年8月第1版 2005年8月第1次印刷

印数:1—4 000

ISBN 7-5624-3431-X 定价:25.00元

---

本书如有印刷、装订等质量问题,本社负责调换

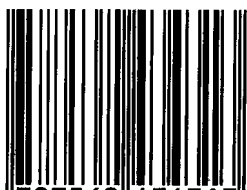
版权所有,请勿擅自翻印和用本书

制作各类出版物及配套用书,违者必究。

封面设计 罗莉莉

机械制图及CAD  
机械设计基础  
机械制造基础  
金属材料及热处理  
电工电子技术基础  
汽车底盘构造及维修  
汽车电气设备构造与维修  
汽车电子控制系统结构与维修  
汽车发动机构造与维修  
汽车服务工程  
● 汽车故障诊断技术  
汽车维修质量检测与评定  
汽车文化  
汽车运用基础  
汽车专业英语

ISBN 7-5624-3431-X



9 787562 434313 >

# 前言

本书是根据全国高等院校汽车运用工程专业教学指导委员会通过的《汽车检测与故障诊断》教材编写大纲并结合高等职业教育汽车运用与维修专业领域技能紧缺人才培养的指导性计划的要求编写的。本教材编写大纲曾广泛征求了有关高等院校的意见,可作为高职高专汽车检测与维修专业教材,亦可作为本专业和相近专业(如汽车运用技术专业、汽车运用与管理专业、汽车电子与电器专业等)本科师生和汽车制造、汽车运输、汽车维修、汽车检测站工程技术人员的参考书。

本书共分7章,分别介绍了汽车检测诊断技术基础理论知识、发动机的故障诊断、自动变速器的故障诊断、防抱死制动系统的故障诊断、中央门锁及防盗系统和空调系统的故障诊断等方面的内容,其中包括对现代汽车检测设备的检测原理、基本结构、工作原理和使用方法的介绍,并贯彻了国家和行业标准中的技术要求、检测方法和诊断参数标准。

本教材在编写中加强了针对性和实用性,突出了新设备、新技术和应用技术的介绍,力求把传授专业知识和培养专业技术应用能力有机地结合起来,特别注重了对学生分析问题和解决实际问题能力的培养。

本教材有较强的实践性和综合性,内容丰富,使用本教材的院校,在教学过程中可根据具体情况自行取舍教学内容。

本教材由太原大学王欲进主编。其中第1、2、3章由太原大学王欲进、巩利平编写,第4章由重庆工学院邹喜红编写,第5章由重庆交通学院张进编写,第6、7章由重庆交通学院周映华编写。全书由王欲进统稿。

本教材在编写过程中,参阅了许多国内公开出版、发表的文献和生产厂家提供的检测设备使用说明书,在此一并致谢。

由于时间仓促和编者水平所限,本教材难免有不当甚至谬误之处,恳请使用本教材的读者批评指正。

编者

2005年6月

# 目 录

|                            |     |
|----------------------------|-----|
| 第1章 概 述 .....              | 1   |
| 1.1 汽车故障诊断的基本概念 .....      | 1   |
| 1.2 汽车技术状况的变化规律 .....      | 1   |
| 1.3 汽车故障诊断技术的基础理论 .....    | 3   |
| 第2章 汽车的技术维护 .....          | 14  |
| 第3章 发动机的故障诊断 .....         | 28  |
| 3.1 电控系统的专用工具与检测设备 .....   | 28  |
| 3.2 故障诊断 .....             | 44  |
| 3.3 燃油供给系统故障诊断 .....       | 64  |
| 3.4 进气系统 .....             | 91  |
| 3.5 发动机点火系统故障诊断 .....      | 113 |
| 3.6 排气控制系统 .....           | 133 |
| 3.7 汽车电源和起动机故障诊断 .....     | 144 |
| 3.8 润滑系的检测与诊断 .....        | 171 |
| 3.9 冷却系的故障诊断 .....         | 178 |
| 第4章 自动变速器故障诊断 .....        | 183 |
| 4.1 自动变速器故障诊断的基础知识 .....   | 183 |
| 4.2 自动变速器主要零部件常见故障诊断 ..... | 195 |
| 4.3 案例分析 .....             | 200 |
| 第5章 防抱死制动系统(ABS)故障诊断 ..... | 220 |
| 5.1 防抱死制动系统(ABS)的组成 .....  | 220 |
| 5.2 防抱死制动系统控制部件的结构原理 ..... | 222 |
| 5.3 防抱死制动系统的使用与检查 .....    | 229 |
| 5.4 防抱死制动系统主要部件的故障检修 ..... | 232 |
| 第6章 中央门锁及防盗系统 .....        | 235 |
| 6.1 中央门锁系统 .....           | 235 |
| 6.2 防盗报警系统 .....           | 245 |

|                           |            |
|---------------------------|------------|
| 6.3 无线遥控门锁系统.....         | 249        |
| <b>第7章 空调系统故障诊断 .....</b> | <b>258</b> |
| 7.1 汽车空调概述.....           | 258        |
| 7.2 汽车空调系统的结构与组成.....     | 261        |
| 7.3 汽车空调系统的电路分析.....      | 267        |
| 7.4 汽车电子控制自动空调系统.....     | 270        |
| 7.5 汽车空调系统的维护和故障诊断.....   | 272        |
| 7.6 汽车空调系统故障排除实例.....     | 284        |
| <b>附录 案例分析 .....</b>      | <b>289</b> |
| <b>附表 .....</b>           | <b>296</b> |
| <b>参考文献 .....</b>         | <b>299</b> |

# 第 1 章

## 概 述

---

### 1.1 汽车故障诊断的基本概念

汽车故障是指汽车中的零部件或总成,部分地或完全地丧失了汽车原设计规定功能的现象。

汽车故障按影响汽车性能的情况分为功能故障和参数故障。功能故障是指汽车不能继续完成本身的功能,如行驶跑偏、转向失灵、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,如发动机功率下降、百公里油耗异常、排放超标等等。

汽车故障按造成后果的严重程度又可分为轻微故障、一般故障、严重故障、致命故障。

1)轻微故障 一般不会导致汽车停车或性能下降,不需要更换零件,用随车工具做适当调整即可排除。如气门较响、点火不正、喷油不正、怠速过高等。

2)一般故障 导致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,可更换易损零件或用随车工具在短时间内排除。如来油不畅、滤清器堵塞、个别传感器损坏等。

3)严重故障 可能导致主要零件的严重损坏,必须停车,并且不能用更换零件或用随车工具在短时间内排除。如发动机拉缸、抱轴、烧瓦、汽缸裂纹等。

4)致命故障 可能引起车毁人亡的恶性重大事故。如柴油车飞车、连杆螺栓断裂、活塞碎裂、制动系统失效等。

汽车故障按发生的频率又可分为间歇性故障、持续性故障、突发性故障、渐发性故障等。

### 1.2 汽车技术状况的变化规律

汽车在使用过程中,随着行驶里程的增加,技术状况会逐渐变坏,将导致动力性下降、经济性变差、可靠性降低。然而,汽车技术状况变化的速度是根据汽车的结构强度、使用条件(道

路、载荷、气候、车速)、驾驶技术和汽车维护情况的不同而有所差别的。因此,对于汽车检测人员来说,要重视汽车技术状况变化的研究,掌握变化症状、摸索变化规律、探究变化原因,以便适时地实施维修,保持汽车技术状况完好。整个汽车是一个多元件构成的复杂系统,系统内各元件、部件是相互关联的,系统内某个元件性能的变化或产生故障,必然会引起整个系统技术状况的变化。只有掌握汽车技术状况的变化规律,才能合理地制定诊断标准和诊断周期,才能有针对性地对汽车实行定期检测,并预测汽车的运行潜力,从而延长汽车的使用寿命。

汽车技术状况的变化规律是指汽车技术状况与汽车行驶里程或行驶时间的变化关系。按变化过程的不同,汽车技术状况的变化规律有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使用时间呈单调变化,从而可用函数式表示的变化规律。如果汽车使用合理,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  $n$  次多项式或幂函数两种形式加以描述。

#### 1) $n$ 次多项式

$$y = a_0 + a_1 L + \cdots + a_n L^n$$

式中  $y$ ——汽车技术状况参数值;

$L$ ——汽车工作状况参数,即汽车行驶里程或工作时间;

$a_0$ ——汽车技术状况的初始参数值;

$a_1, a_2, \cdots, a_n$ ——用来表征  $y$  与  $L$  关系的待定系数。

在实际应用时,一般取前 4 项,其计算精度已足够;而对制动蹄与制动鼓间的间隙、离合器踏板自由行程等参数变化规律的描述,只需用前 2 项,即用线性函数描述其精度已足够。

#### 2) 幂函数

$$y = a_0 + a_1 L^b$$

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。

若已知  $y = \varphi(L)$  的函数关系和汽车技术状况的极限参数值,则可确定汽车的使用寿命;若已知  $y = \varphi(L)$  关系和汽车的使用寿命,则可确定汽车技术状况的极限参数值。

属于渐发性变化规律的技术状况参数的类型有: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;机油消耗率及机油中机械杂质含量等。由于渐发性汽车技术状况变化关系的单调性,因此可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。

在随机变化过程中,汽车技术状况恶化所对应的汽车行程是随机变量,故障汽车行程的长短与汽车技术状况恶化前的状况无直接关系。但它仍然不同程度地受汽车使用中的偶然因素、驾驶员操作水平、零部件材料的不均匀性和隐蔽缺陷等因素的影响。

汽车技术状况参数的随机性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,该随机性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多种多样的,如图 1.1 中的  $L_{P1}, L_{P2}, \dots, L_{Pn}$  所示;而在同一行程下,汽车技术状况也存在明显差异。对于这种汽车技术状况的随机性变化,会不可避免地引起汽车定期检测、维护作业的超前或者滞后,导致错失汽车维修的时机。显然,只有掌握汽车的随机性变化规律,才能正确地确定汽车的技术状况,从而把握汽车检测和维修作业的良机。

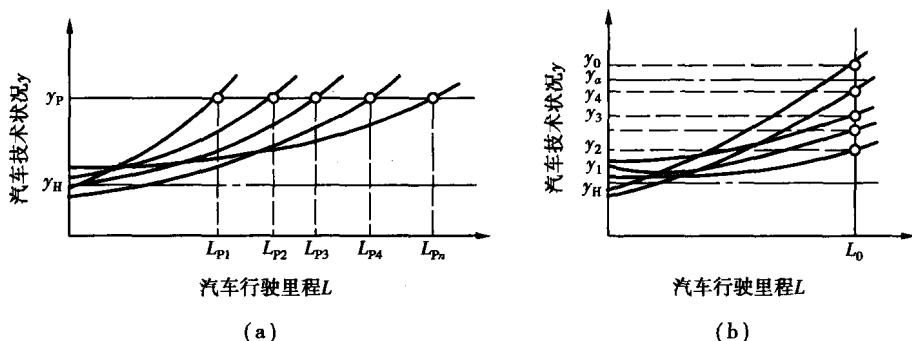


图 1.1

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

在汽车使用时,实际上汽车的技术状况是渐发性变化过程和偶发性变化过程的总反映。因此,只有彻底掌握汽车技术状况的两种变化规律,才能真正预测故障和确定汽车的技术状况。

### 1.3 汽车故障诊断技术的基础理论

从事汽车检测诊断技术工作,不仅要有完善的检测手段和分析、判断方法,而且要有正确的理论指导和必备的基础理论知识。

诊断参数、诊断标准、诊断周期,是从事汽车检测诊断技术工作者必须掌握的基础理论知识。

#### 1.3.1 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。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量。

尽管有些结构参数(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。如汽缸间隙、汽缸磨损量、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,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、总成或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工作过程中总的技术状况,适合于总体诊断。举例:通过检测得知底盘输出功率符合要求,这说明汽车动力性符合要求,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,通过检测得知底盘输出功率不符合要求,说明汽车动力性不符合要求,也说明发动机输出功率不足或传动系损失功率太大。因此,可以从整体上确定汽车和总成的技术状况。

汽车不工作时,工作过程参数无法测得。

2)伴随过程参数 该参数是伴随汽车、总成或机构工作过程输出的一些可测量。例如,汽车、总成或机构工作过程中出现的振动、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(过热除外)时,伴随过程参数无法测得。

3)几何尺寸参数 该参数可提供总成或机构中配合零件之间或独立零件的技术状况。例如,总成或机构中的配合间隙、自由行程、圆度、圆柱度、端面圆跳动、径向圆跳动等,都可以作为诊断参数使用。它们提供的信息量虽然有限,但却能表征诊断对象的具体状态。

汽车常用诊断参数见表 1.1。

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                                                                                                                                                                                                                                  |
|--------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 汽车整体   | 最高车速/( $\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$ )<br>加速时间/s<br>最大爬坡度/( $^{\circ}$ ), %<br>驱动车轮输出功率/kW<br>驱动车轮驱动力/kN<br>汽车燃料消耗量/( $\text{L} \cdot \text{km}^{-1}$ )<br>或( $\text{L} \cdot 100 \text{ km}^{-1}$ )<br>或( $\text{km} \cdot \text{L}^{-1}$ )<br>汽车侧倾稳定角/( $^{\circ}$ )<br>汽车排放 CO 容积百分数/%<br>汽车排放 HC 容积百万分数/ $10^{-6}$<br>汽车排放 $\text{NO}_x$ 容积百分数/%<br>汽车排放 $\text{CO}_2$ 容积百分数/%<br>汽车排放 $\text{O}_2$ 容积百分数/%<br>柴油车自由加速烟度/Rb | 发动机总成  | 额定转速/( $\text{r} \cdot \text{min}^{-1}$ )<br>怠速转速/( $\text{r} \cdot \text{min}^{-1}$ )<br>发动机功率/kW<br>发动机燃料消耗量/( $\text{L} \cdot \text{h}^{-1}$ )<br>单缸断火(油)转速平均下降值<br>/( $\text{r} \cdot \text{min}^{-1}$ )<br>排气温度/ $^{\circ}\text{C}$ |
|        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 曲柄连杆机构 | 汽缸压力/MPa<br>汽缸漏气量/kPa<br>汽缸漏气率/%<br>曲轴箱窜气量/( $\text{L} \cdot \text{min}^{-1}$ )<br>进气管真空度/kPa                                                                                                                                            |
| 汽油机供油系 | 空燃比<br>汽油泵出口关闭压力/kPa<br>供油系供油压力/kPa<br>喷油器喷油压力/kPa<br>喷油器喷油量/mL<br>喷油器喷油不均匀度/%                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 配气机构   | 气门间隙/mm<br>配气相位/( $^{\circ}$ )                                                                                                                                                                                                           |

续表

| 诊断对象   | 诊断参数                                                                                                                                                       | 诊断对象    | 诊断参数                                                                                                                                                   |
|--------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 柴油机供给系 | 输油泵输油压力/kPa<br>喷油泵高压油管最高压力/kPa<br>油泵高压油管残余压力/kPa<br>喷油器针阀开启压力/kPa<br>喷油器针阀关闭压力/kPa<br>喷油器针阀升程/mm<br>各缸喷油器喷油量/mL<br>各缸喷油器喷油不均匀度/%<br>供油提前角/(°)<br>喷油提前角/(°) | 冷却系     | 冷却液温度/℃<br>冷却液液面高度<br>风扇传动带张力/kN<br>风扇离合器接合、断开时的温度/℃                                                                                                   |
|        | 传动系游动角度/(°)<br>传动系功率损失/kW<br>机械传动效率<br>总成工作温度/℃                                                                                                            | 润滑系     | 机油压力/kPa<br>机油池液面高度<br>机油温度/℃<br>机油消耗量/kg 或 L<br>理化性能指标变化量<br>清净性系数 K 的变化量<br>介电常数的变化量<br>金属微粒的容积百分数/%                                                 |
| 制动系    | 制动距离/mm<br>充分发出的平均减速度/( $\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$ )<br>制动力/N<br>制动拖滞力/N                                                                               | 转向桥与转向系 | 车轮侧滑量/( $\text{m} \cdot \text{km}^{-1}$ )<br>车轮前束值/mm<br>车轮外倾角/(°)<br>主销后倾角/(°)<br>主销内倾角/(°)<br>转向轮最大转向角/(°)<br>最小转弯直径/m<br>转向盘自由转动量/(°)<br>转向盘最大转向力/N |
| 行驶系    | 车轮静不平衡量/g<br>车轮动不平衡量/g<br>车轮端面圆跳动量/mm<br>车轮径向圆跳动量/mm<br>轮胎胎面花纹深度/mm                                                                                        | 制动系     | 驻车制动力/N<br>制动时间/s<br>制动协调时间/s<br>制动完全施放时间/s                                                                                                            |
| 点火系    | 断电器触点间隙/mm<br>断电器触点闭合角/(°)<br>点火波形重叠角/(°)<br>点火提前角/(°)<br>火花塞间隙/mm<br>各缸点火电压值/kV<br>各缸点火电压短路值/kV<br>点火系最高电压值/kV<br>火花塞加速特性值/kV                             | 其他      | 前照灯发光强度/cd<br>前照灯光束照射位置/mm<br>车速表允许误差范围/%<br>喇叭声级/dB<br>客车车内噪声级/dB<br>驾驶员耳旁噪声级别/dB                                                                     |

## (2) 诊断参数选用原则

在汽车使用过程中,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:

$$K_r = \frac{dp}{du}$$

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技术状况时,可使诊断的可靠性越高。

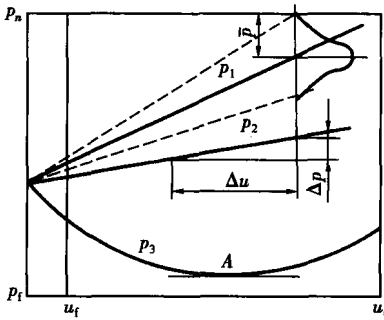


图 1.2 汽车诊断参数随技术状况参数的变化规律

2) 单值性 单值性是指汽车技术状况参数从开始值  $u_f$  变化到终了值  $u_t$  的范围内,诊断参数的变化不应出现极值,即不应出现  $dp/du=0$ 。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。因此,具有非单值的诊断参数没有实际意义,如图 1.2 中的  $p_3$  所示。

3) 稳定性 稳定性是指在相同的测试条件下,多次测得的同一诊断参数的测量值,具有良好的一致性(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,即

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

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 1.2 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:

$$K'_r = \frac{K_r}{\sigma_p}$$

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。因此,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 1.3 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1.3(a)所示诊断参数 $p$ 的信息性最好;图1.3(b)所示诊断参数 $p'$ 的信息性次之;图1.3(c)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:

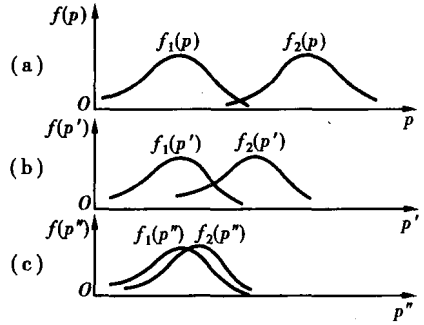


图1.3 诊断参数的信息性

$$I(p) = \frac{|\bar{p}_1 - \bar{p}_2|}{\sigma_1 + \sigma_2}$$

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,包括人员、工时、场地、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。

### (3) 诊断参数与测量条件、测量方法的关系

不同的测量条件和不同的测量方法,可以测得不同的诊断参数值。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运行至正常工作温度,只有少数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,如汽油车排放污染物的测量,按照国家标准 GB/T 3845—1993《汽油车排气污染的测量 怠速法》的规定,应采用怠速法,并特别指出各排气组分均要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,按照国家标准 GB/T 3846—1993《柴油车自由加速烟度的测量 滤纸烟度法》的规定,应采用滤纸烟度法,并要求采用滤纸式烟度计进行。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。因此,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。

#### 1.3.2 诊断标准

汽车诊断标准是汽车技术标准中的一种。汽车诊断标准,是对汽车诊断的方法、技术要求和限值等的统一规定。汽车诊断参数标准,是对汽车诊断参数限值的统一规定,有时也简称为

汽车诊断标准。以下将汽车诊断标准、汽车诊断参数标准简称为诊断标准、诊断参数标准。诊断标准中包括诊断参数标准。

### (1) 诊断标准的类型

汽车诊断标准与其他技术标准一样,分为国家标准、行业标准、地方标准和企业标准4种类型。

1) 国家标准 该种标准是国家制定的标准,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,由国家质量技术监督局批准、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 GB 7258—1997《机动车运行安全技术条件》、GB 14761.5—1993《汽油车怠速污染物排放标准》、GB 14761.6—1993《柴油车自由加速烟度排放标准》等都是强制推行的国家标准。GB/T 3845—1993《汽油车排气污染物的测量 怠速法》、GB/T 3846—1993《柴油车自由加速烟度的测量 滤纸烟度法》等是推荐性国家级标准。

2) 行业标准 该种标准也称为部、委标准,是部级或国家委员会级部门制定、发布并经国家质量技术监督局备案的标准,在部、委系统内或行业内贯彻执行,一般冠以中华人民共和国某某部或某某行业标准,也在一定范围内具有强制性和权威性,各级有关单位和个人也必须贯彻执行。如 JB 3352—1983《载货汽车燃料消耗量试验方法》是原中华人民共和国机械工业部标准,SY 2625—1982《增压柴油机高温清净性评定法》是原中华人民共和国石油工业部标准,都属于强制性标准。JT/T 201—1995《汽车维修工艺规范》、JT/T 198—1995《汽车技术等级评定标准》等是中华人民共和国交通行业标准,属于推荐性标准。

3) 地方标准 该种标准是省(直辖市、自治区)级、市地级、市县级部门制定并发布的标准,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,所属范围内的各级有关单位和个人必须贯彻执行。省、市地、市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还要严格。

4) 企业标准 该种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和检测设备制造厂推荐的参考性标准3部分。

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,从中选择一部分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。

汽车运输企业和汽车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。有条件的企业除贯彻执行上级标准外,往往还能根据本企业的具体情况,制定企业标准或率先制定上级没有制定的标准。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。

检测设备制造厂推荐的参考性标准是检测设备制造厂针对本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限值,通过检测设备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、机构的技术状况。

任何一级标准的制定和修订,都要既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

为了定量地评价汽车、总成、机构的技术状况,确定维护、修理的范围和深度,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。

诊断参数标准一般由初始值  $P_i$ 、许用值  $P_d$  和极限值  $P_n$  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,可作新车和大修车的诊断参数标准。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,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  $P_n$  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、燃料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,当诊断参数测量值在许用值以内时,汽车可继续运行;当诊断参数测量值超过极限值时,须停止运行,进厂(场)修理。因此,将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,也可能是一个数值范围。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 1.4 所示。

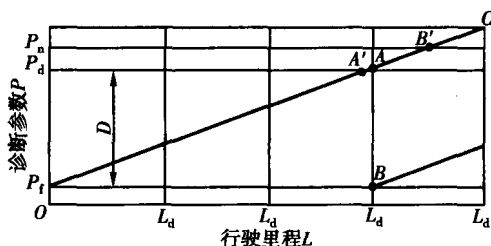


图 1.4 诊断参数随行驶里程的变化情况

图中  $D$ ——诊断参数  $P$  的允许变化范围;

$L_d$ ——诊断周期;

$P_iC$ ——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, $P$  降至初始值  $P_i$ ,汽车技术状况恢复。

可以看出,在诊断参数标准  $P_i \sim P_d$  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,是可能发生坏的区间。

### (3) 诊断参数标准的制定与修正

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,又要以经济为基础,进行综合考虑。标准制定得严格,汽车的动力性、燃料经济性、排气净化性、安全性等性能必定得到提高,即汽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,标准制定得宽松,维护与修理的费用下降,但汽车整体技术状况也下降。随着我国国民经济的快速发展和对安全、排放、节能等方面的要求越来越高,标准的制定与修正必定会越来越严格,并且越

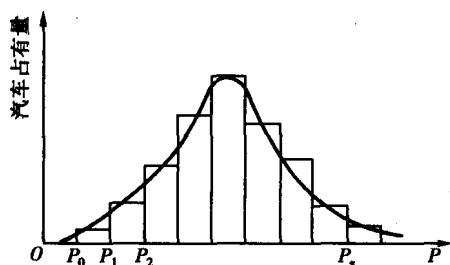


图 1.5 用统计方法确定诊断参数的分布规律

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工作,一般采用统计法、经验法、试验法或理论计算法等方法完成。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),然后经综合考虑而制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 $P_x$ 。把 $P_0 \sim P_x$

的数值分成若干区间,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 1.5 所示,这一曲线类似正态分布密度函数曲线。

被测量的诊断参数中,相对技术状况完好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 3 种情况。

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 1.6(b) 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  $A_{0.85} \sim A_{0.95}$  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  $P_d$ ;当诊断参数值变化到散布范围  $A_{0.95}$  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。如诊断参数标准不符合实际情况,还可以修正诊断参数的散布范围。

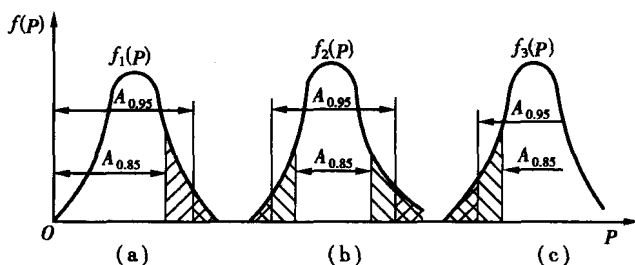


图 1.6 诊断参数标准的确定

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