

汽车故障诊断学

肖云魁 编著



北京理工大学出版社

汽车故障诊断学

肖云魁 编著

北京理工大学出版社

内 容 简 介

本书概述了汽车诊断技术的发展现状,讨论了汽车诊断中信号的测量技术,系统地介绍了故障特征提取、状态识别、模糊集理论、小波变换、混沌分形、神经网络、专家系统等理论在汽车故障诊断中的运用。细致地分析了汽车发动机、底盘、电器和电子控制系统常见故障,简要地介绍了汽车检测诊断设备的原理与使用。

本书资料新颖,叙述循序渐进,它可作为汽车运用工程专业学生教材,亦可供汽车工程师、汽车检测人员、汽车使用和维修人员学习与参考。

图书在版编目(CIP)数据

汽车故障诊断学/肖云魁编著. —北京:北京理工大学出版社,2001.7

ISBN 7-81045-806-X

I. 汽… II. 肖… III. 汽车-故障诊断 IV. U472.42

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 022929 号

责任印制:王军 责任校对:陈玉梅

北京理工大学出版社出版发行
(北京市海淀区中关村南大街 5 号)
邮政编码 100081 电话(010)68912824

各地新华书店经售
涿州市星河印刷厂印刷

*

787 毫米×1092 毫米 16 开本 印张 18 438 千字
2001 年 7 月第 1 版 2001 年 7 月第 1 次印刷
印数:1—4000 册 定价:29.00 元

※图书印装有误,可随时与我社退换※

前 言

我们已经进入了信息时代，汽车技术发展到了智能化的时代。当前，科学技术迅速发展，各种知识、各门学科相互交融，新的边缘学科相继问世。在这样的背景下，《汽车故障诊断学》作为一门独立的学科登上了科学技术的舞台。

在此之前，人们还没有对“汽车故障诊断学”进行定义。参考机器故障诊断学，根据汽车诊断的内涵，对汽车故障诊断学定义如下：

汽车故障诊断学是研究汽车故障机理、汽车诊断理论、方法和检测诊断技术的一门学科。它是以工程数学、可靠性理论、信息理论为基础，以电子技术、计算机技术、人工智能技术为手段，以汽车故障为主要研究内容的一门综合应用学科。

基于失效理论，汽车故障诊断学充分分析了汽车特殊的使用条件下，汽车零部件失效机理，物理化学变化过程和失效模式；将各种理论应用于汽车故障诊断实践、发展成分析汽车故障特征与状态识别的有效方法；采用工程手段，研制出了各种汽车检测诊断仪器。上述内容构成了汽车故障诊断学科学体系中的三个模块。

目前，我国已经有 1 200 多座汽车检测诊断站，年均检测车辆 813 万台次，每年有大量汽车故障诊断的相关文章发表。在这样的形势下，为了对汽车故障诊断理论进行系统的总结，为了进一步促进汽车诊断技术的迅速发展，结合我们的教学和科研实践，参阅了国内外大量技术资料，编写成此书。

本书分十一章、五部分内容。第一章为概述，介绍了诊断基本概念，故障诊断技术的发展概况；第二、三、四章介绍了诊断信息的测量、特征信息的提取与状态识别的基本理论与方法；第五、六、七、八、九章介绍了小波变换、混沌分形、神经网络、模糊集理论、专家系统等理论在汽车故障诊断中的运用；第十章分析了汽车发动机、底盘、电器和电子控制系统故障；第十一章介绍了常用的汽车检测诊断设备。各部分内容既有联系，又相对独立，读者可以顺序阅读本书，也可以单独学习各章的知识。本书可作为汽车工程技术工员、汽车管理人员、信号处理等有关人员学习参考，也可作为汽车运用工程专业学生学习汽车故障诊断学的教材。

本书的编写，首先应该感谢军事交通学院研究生处的资助。

在编写过程中，长安大学郭晓汾教授、空军第一研究所的耿荣生教授提出了许多指导性的意见；军事交通学院的王海山教授审阅了全书，并提出了许多具体的修改意见；邢文华教员、研究生王振宇、丁恒鉴、曲大伟编写了部分章节，并进行了软件调试、资料收集和部分文字、图形处理工作；栾北华女士、孙美霞女士、肖静女士为本书的编写作了大量的辅助工作；在此，作者一并致以诚挚的谢意。

由于时间仓促，加上水平有限，书中定有不少错误，恳请广大读者批评指正。

作 者

2001 年 2 月于天津

目 录

第 1 章 汽车诊断概述	1
1.1 发展汽车检测诊断技术的意义	1
1.2 汽车诊断与诊断学	2
1.3 机械故障诊断技术	2
1.3.1 机械故障诊断技术的现状	2
1.3.2 故障诊断技术的发展趋势	3
1.4 汽车诊断技术的发展	3
1.4.1 国外汽车诊断技术的发展概况	3
1.4.2 国内汽车检测诊断技术的现状与发展	4
第 2 章 汽车诊断参数与诊断信息获取	6
2.1 汽车故障诊断的分类	6
2.1.1 汽车电器故障诊断	6
2.1.2 汽车机械故障诊断	6
2.2 汽车诊断参数	7
2.2.1 状态参数与结构参数的关系	7
2.2.2 诊断参数的选择方法与原则	7
2.2.3 汽车诊断参数	8
2.2.4 诊断标准	9
2.3 诊断信息的获取	10
2.3.1 诊断信息获取方法概述	10
2.3.2 汽车振动信号的检测	12
2.4 信号的采样与预处理	21
2.4.1 模拟信号预处理	21
2.4.2 A / D 转换	21
2.4.3 数字信号预处理	22
第 3 章 特征信号分析	24
3.1 随机过程及其数字特征	24
3.1.1 分布函数	24
3.1.2 随机过程的数字特征	25
3.1.3 平稳随机过程及其性质	26
3.1.4 平稳随机过程的遍历性	27
3.2 时域分析方法	27
3.2.1 概率密度函数的简易求法	28
3.2.2 均值和方差的估计	28

3.2.3	自相关函数估计	29
3.2.4	偏度系数和峭度系数	29
3.2.5	几种常见的无量纲指标	30
3.2.6	相关累积法	32
3.3	时域模型分析	33
3.3.1	ARMA 模型	33
3.3.2	ARMA 模型的特征根	34
3.3.3	ARMA 序列的预报方法	34
3.3.4	时间序列预报举例	35
3.4	时间序列频域分析方法	38
3.4.1	傅里叶级数	38
3.4.2	傅里叶变换	38
3.4.3	离散信号的傅里叶变换	39
3.4.4	随机信号的功率谱	41
3.4.5	极大熵谱	42
3.4.6	莱斯频率与谐波指标	43
3.4.7	倒谱	44
第 4 章	状态识别方法	46
4.1	概述	46
4.2	时域模型识别法	46
4.3	距离函数分类法	47
4.3.1	空间距离函数	47
4.3.2	相似性指标	49
4.3.3	信息距离判别法	49
4.3.4	故障诊断中应用距离函数时应注意的问题	50
4.4	逻辑判别法	50
4.4.1	逻辑代数规则	51
4.4.2	逻辑诊断原理	51
4.5	贝叶斯分类法	53
4.6	故障树分析法	55
4.6.1	基本概念	55
4.6.2	故障树分析过程	56
4.6.3	故障树的常用符号与基本结构	56
4.6.4	故障树构造举例	57
4.6.5	结构函数	57
4.6.6	故障树分析	59
4.7	灰色模型关联度分析诊断法	60
第 5 章	小波分析	63
5.1	基本概念	63

5.1.1	什么是小波	63
5.1.2	什么叫尺度函数	63
5.1.3	小波基函数	64
5.1.4	小波函数的派生	64
5.2	小波分析概述	66
5.2.1	科学家对小波分析的看法	66
5.2.2	小波分析思想	66
5.2.3	小波分析与傅氏分析的比较	66
5.2.4	小波的应用领域	67
5.3	小波分析	68
5.3.1	小波变换的定义与性质	68
5.3.2	小波分解	72
5.3.3	Mallat 多分辨小波分析	73
5.3.4	数字离散信号的小波变换过程	74
5.3.5	小波包分解	76
5.3.6	基于小波分解的故障诊断举例	76
第 6 章	混沌与分形诊断原理	81
6.1	混沌与分形的基本概念	81
6.1.1	混沌	81
6.1.2	分形	81
6.1.3	混沌与分形的关系	82
6.1.4	神经网络、模糊集理论与混沌	82
6.1.5	混沌与分形的应用	83
6.2	混沌振动与分形维数的计算	84
6.2.1	混沌振动的概念	84
6.2.2	混沌振动的识别	84
6.2.3	相空间重构	85
6.2.4	嵌入维数的确定	85
6.2.5	分形维数的计算方法	86
6.2.6	几个典型动力系统分析	87
6.3	变速器轴承振动信号分形维数的计算	89
6.3.1	轴承振动信号的测量	89
6.3.2	汽车变速器加速度振动信号混沌行为分析	90
6.3.3	构造嵌入矢量	91
6.3.4	计算分形维数	91
第 7 章	模糊诊断原理	94
7.1	汽车故障诊断中的模糊性	94
7.2	模糊诊断原理	94
7.3	隶属函数的确定	96

7.3.1	模糊统计试验法	97
7.3.2	加权统计法	97
7.3.3	二元对比排序法	98
7.3.4	动态信号分析法	98
7.4	模糊诊断矩阵的构造	101
7.5	模糊诊断方法	101
7.5.1	模糊诊断算法	101
7.5.2	模糊诊断原则	104
7.6	模糊聚类诊断分析与应用	105
7.7	柴油机故障模糊诊断举例	107
第 8 章	神经网络诊断原理	110
8.1	人工神经网络的拓扑结构	110
8.1.1	生物神经元	110
8.1.2	人工神经网络	112
8.2	BP 神经网络	115
8.2.1	BP 神经网络模型	115
8.2.2	BP 算法	115
8.2.3	BP 神经网络的算法步骤	118
8.2.4	BP 神经网络分类特性	119
8.3	模糊神经网络	119
8.3.1	模糊联想记忆神经网络	119
8.3.2	模糊神经网络及其特点	120
8.3.3	一个模糊神经网络诊断系统实例	122
第 9 章	专家系统诊断原理	126
9.1	概述	126
9.2	专家系统的基本结构	128
9.2.1	人机接口	128
9.2.2	推理机	129
9.2.3	知识库及其管理系统	129
9.2.4	数据库及其管理系统	129
9.2.5	知识获取机构	129
9.2.6	解释机构	129
9.3	知识的表示	130
9.3.1	一阶谓词逻辑表示法	130
9.3.2	产生式表示法	132
9.3.3	框架表示法	133
9.4	推理机	134
9.4.1	什么叫推理	134
9.4.2	基于规则的演绎推理	134

9.4.3	归纳推理	135
9.4.4	不精确推理	136
9.5	知识获取技术	137
9.5.1	机械学习	137
9.5.2	示例学习	137
9.6	汽车故障诊断专家系统	138
9.6.1	基本结构	138
9.6.2	汽车故障诊断知识表达	138
9.6.3	汽车故障诊断推理	140
9.6.4	汽车故障诊断知识的获取	141
9.6.5	解释系统	142
9.6.6	汽车故障诊断程序自动生成	143
9.6.7	汽车故障诊断举例	143
9.7	BP 神经网络汽车故障诊断专家系统	144
9.7.1	用于故障诊断的 BP 神经网络的建立及训练	145
9.7.2	应用训练好的 BP 神经网络诊断汽车发动机故障	146
第 10 章	汽车故障分析	148
10.1	汽车故障的分类	148
10.2	引发汽车故障的原因	148
10.3	汽车零件失效机理分析	149
10.4	汽车发动机故障分析	151
10.4.1	发动机异响故障的力学分析	152
10.4.2	发动机异响的振动分析	182
10.4.3	润滑系和冷却系的故障分析	184
10.4.4	燃料供给系统的故障分析	186
10.5	汽车底盘的故障分析	188
10.5.1	汽车动力传动系统故障分析	188
10.5.2	转向系统故障分析	204
10.5.3	制动系统故障分析	205
10.6	汽车电器与电子系统故障分析	207
10.6.1	概述	207
10.6.2	蓄电池故障分析	208
10.6.3	充电系（发电机和调节器）故障分析	209
10.6.4	启动系故障分析	209
10.6.5	点火系故障分析	210
10.6.6	汽车电子控制装置故障分析	212
第 11 章	汽车诊断设备与诊断方法	236
11.1	汽车发动机诊断设备及诊断方法	236
11.1.1	发动机无负荷测功仪	236

11.1.2	气缸活塞组检验设备	239
11.1.3	汽油机点火示波器	246
11.1.4	汽车废气分析仪与烟度计	249
11.1.5	机油品质检验设备	254
11.1.6	发动机异响的仪器诊断	257
11.2	汽车底盘检测诊断设备	259
11.2.1	汽车底盘测功试验台	259
11.2.2	汽车制动性能检测诊断设备	261
11.2.3	汽车转向系检测诊断仪器	263
11.2.4	汽车传动系检测仪器	266
11.3	汽车检测诊断站	268
11.3.1	概述	268
11.3.2	汽车检测站的组成与工位布置	269
11.3.3	各工位的检测项目	269
11.3.4	检测工艺路线	271
11.3.5	汽车检测线的微机控制系统简介	273
参考文献		275

第1章 汽车诊断概述

1.1 发展汽车检测诊断技术的意义

1. 汽车检测诊断技术是改革汽车维修制度、实行视情维修的必要手段

早期的汽车维修方式采用“事后维修”和定期强制保养，带来了一系列问题。事后维修，不坏不修，维修只是在汽车出现了故障后进行的修理，这种方式隐含着对人身安全的威胁和造成财产重大损失的危机。强制定期保养往往造成盲目修理或失修现象。在汽车检测诊断技术水平十分低下的条件下，这两种维修方式是可行的。随着制造工艺改进，汽车寿命延长，过去那种维修方式很不适应今天的形势。目前，广泛采用了“视情维修”制度，它能最大限度地发挥零件的使用潜力，减少了不必要的拆卸，大大地提高了机器的可靠性和使用经济效益。显然，如果没有一定的检测诊断手段，要实现视情维修只是一句空话。

我国交通部在《汽车运输业车辆技术管理规定》中指出：“车辆修理应贯彻视情修理的原则，即根据车辆检测诊断和鉴定的结果视情按不同的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的浪费。”“各地交通运输管理部门和运输单位应积极推广检测诊断技术。”

2. 发展诊断汽车技术是提高维修效率、监督维修质量的迫切需要

随着汽车工业的发展，汽车保有量迅猛增长。目前，我国汽车年产量已达到160多万辆。汽车保有量增加，维修任务量相应加大；从另一方面来看，汽车结构日益复杂，例如，1970年美国平均每辆小汽车电子装置价值25美元；而1985年已迅速上升到900美元；现在小轿车电子装置价值已超过4000美元。由此产生的后果是熟练汽车维修工严重短缺，单纯凭经验进行汽车维修已不能适合现代汽车技术要求。

在车辆技术保障中，资料统计，查找故障的时间为70%左右，而排除与维修的时间占30%。车辆结构日益复杂，使故障诊断的地位越来越重要。

可以这样说，在车辆技术保障中，离不开汽车诊断检测技术。没有检测诊断技术，汽车技术保障系统中缺少一个重要的环节；没有检测诊断技术，车辆的技术状况就不能迅速地恢复；没有检测诊断技术，车辆维修保障体制就只会停留在事后维修和定期维修方式上。所以，汽车检测诊断技术在汽车技术保障中处于十分关键性的地位。

3. 加强汽车安全技术检测，是保证行车安全的有效手段

随着机动车保有量的逐年增加，公路交通事故和对环境的污染成为愈来愈不可忽视的社会问题。据统计，自有汽车以来，全世界死于车祸的总人数已超过2500万人。近几年，因车辆事故每年大约死亡55万人，伤1000多万人。我国因交通事故每年死亡人数近10万人，伤超过25万人，造成的经济损失十分惊人。

面对着日益严峻的交通形势，“中华人民共和国道路交通管理条例”规定：机动车安全性能的检测，一般应在公安部门委托的机动车辆安全技术检测站上进行。采用先进的仪器对

机动车辆的技术状况做出准确的判断，发现问题及时维修，是确保交通安全的有效措施。

1.2 汽车诊断与诊断学

“诊断”一词是根据医学名词沿引而来。在医学上，“诊”就是“望、问、切、察”，“断”就是医生做出判断，指出发生了什么疾病。在医学诊断中，采用的是由现象判断本质，由当前推断未来的方法。这一逻辑思维方法推广到工程技术领域，逐步形成了机器故障诊断这一门新兴学科。

国标 GB5624—85 “汽车维修术语”中对汽车诊断的常用术语作了如下规定：

汽车诊断——在不解体（或仅卸下个别小件）的条件下，确定汽车技术状况，查明故障部位及原因的检查。

汽车检测——确定汽车技术状况和工作能力的检查。

汽车故障——汽车部分或完全丧失工作能力的现象。

汽车技术状况——定量测得表征某一时刻汽车外观和性能参数值的总和。

在机械故障诊断中，还经常出现“监测”一词。所谓监测，是对机器技术状况进行定期的或连续的检测。

根据上述定义，我们将汽车故障诊断学定义如下：

汽车故障诊断学是研究汽车故障机理、汽车诊断理论、方法和检测诊断技术的一门学科。它包括汽车故障物理、诊断数学和检测诊断技术三方面的内容。

故障机理，又称失效理论，它是研究机器元件、部件失效机理，即失去功能的物理化学过程和失效模式。

诊断数学是研究诊断信息的选择、采集、处理和判断的数学原理与方法。

检测诊断技术是诊断理论与方法的一种工程实现，它包括检测仪器的研制、无损检测技术、寿命估计与预报技术和诊断系统等。

由上可知，汽车故障诊断学是以工程数学、可靠性理论、信息理论为基础，以电子技术、计算机技术、人工智能技术为手段，以汽车故障为主要研究内容的一门综合应用学科。

1.3 机械故障诊断技术

1.3.1 机械故障诊断技术的现状

故障诊断技术是现代化生产发展的产物。早在 20 世纪 60 年代，英美等国在宇航、重型机械等领域创立了故障预防组织。由于故障诊断技术创造的巨大经济效益，从而得到迅速发展。起初，人们只是采用直观的诊断技术，能解决较简单机器的故障诊断问题。但随着设备复杂程度增加，各种传感器与监测诊断仪表开始应用于故障诊断实践。

随着计算机的普及，计算机诊断与监测系统相继问世。它们利用传感器获取信息，采用接口技术将其输入计算机进行处理，对各种设备实行实时监控。目前在各专业领域已经有一批较高水平的计算机辅助监测与诊断系统，在实际使用中产生了较大的效益。

尽管如此，现存的计算机辅助监测与诊断系统存在许多问题，如诊断系统的通用性差、知识获取能力弱等。为了克服上述不足，在计算机辅助监测与诊断系统中引入了人工智能技术。

人工智能的研究起源于 20 世纪 50 年代。20 世纪 70 年代，专家系统开始应用于工程技术实践。同时人们也着手研究基于知识的故障诊断专家系统。20 世纪 80 年代是专家系统研究最繁华的年月。这一时期，工程技术各个领域的科技工作者开发了各种各样的专家系统。1990 年后，人工神经网络应用于故障诊断实践，使故障诊断专家系统的水平进一步提高。

1.3.2 故障诊断技术的发展趋势

经过几十年的发展，故障诊断技术达到了较高的水平。现代数学、信息科学强大的渗透力，计算机技术、电子技术、人工智能技术更广泛、更深入的应用，推动了机器诊断技术向如下几方面发展：

(1) 微型计算机、单片机将成为诊断仪器的一个组成部分，诊断技术的自动化、智能化水平将进一步提高。

(2) 信息科学中的时-频分析技术、机械系统中的磨屑光谱分析技术、红外热成像技术、机械振动和噪声分析技术会越来越成熟，形成具有特色的工程诊断技术分支。

(3) 模糊集理论、神经网络、混沌理论相结合，为故障分析开辟了新的途径，故障诊断将向多参数综合发展。近似推理、模糊识别得到更广泛的应用，故障诊断的速度更快，诊断的准确度将进一步提高。

(4) 网络技术的异军突起给机器故障诊断注入了新的活力。互联网将为故障诊断提供源源不断的信息。人们可以通过网上查询法迅速获得需要的大量资料，而且可以通过热线咨询，随时得到具有高水平的“故障诊断专家系统”的指导。通过网络技术，可以将传感器检测到的数据远程传输到计算中心处理。同时，计算中心将分析结果反馈回现场指导故障诊断。

不久的将来，可视网络技术将投入实用，远在千里之外的专家能像在现场一样，一步一步地指导检修人员诊断和排除故障。

1.4 汽车诊断技术的发展

1.4.1 国外汽车诊断技术的发展概况

早在 20 世纪中叶，工业化发达国家就形成了以故障诊断和性能调试为主的单项检测技术。随着汽车技术的进步，国外汽车检测诊断技术发展很快，并且大量应用了声学、光学、电子技术、物理、化学与机械相结合的检测诊断技术。例如，非接触式的车速仪、前照灯检测仪、车轮定位仪、废气分析仪等就是应用这些技术的产物。

20 世纪 80 年代，随着计算机技术的发展，出现了汽车检测诊断、数据采集处理自动化、检测结果直接打印等功能的汽车检测仪器。在此基础上，为了加强汽车管理，各工业发达国家相继建立了汽车检测诊断站，使汽车检测制度化。

总体上讲，工业化发达国家的汽车检测诊断，在管理上实现了“制度化”；在检测指标实现了“标准化”；在检测技术上向“智能化、自动化检测”方向发展。

1. 检测管理制度化

在工业发达国家，汽车检测工作由交通部门统一管理，在全国各地建立了由交通部门认证的汽车检测场（站），负责新车的登记和在用车的安全检测，修理厂修过的汽车也要经过汽车检测场的检测，以确定其安全性能和排放是否符合国家的标准。

2. 检测指标标准化

工业发达国家的汽车检测有一整套的标准。判断受检汽车技术状况是否良好，是以标准中规定的数据为准则，有量化指标，避免主观上的误差。如美国规定，经过修理后的汽车只有经过严格的安全与环保检测后，才能出厂。

除对检测结果有严格完整的标准以外，国外对检测设备也有标准规定，如检测设备的检测性能、检测精度、具体结构都有严格的规范，对检测设备的使用周期、技术更新等都做出了具体要求。

3. 检测技术智能化和自动化

国外汽车检测诊断设备正向智能化、自动化、精密化和综合化方向发展，应用新技术，开拓新的领域，研制新的检测设备。

计算机的广泛应用，出现了汽车检测控制自动化、检测结果直接打印等多项功能的现代综合性能检测技术与设备。例如，国外生产的汽车制动检测仪、全自动前照灯检测仪、发动机分析仪、计算机四轮定位仪等自动检测设备，技术十分先进。目前在汽车检测线上正投入使用的检测诊断系统，集检测、信号采集、处理、打印及车辆调度于一体，使汽车检测诊断过程全自动化。这样不仅避免了人为错误，提高了检测的快速性和准确性，而且可以将检测资料存储于计算机中，对汽车进行全寿命管理。

1.4.2 国内汽车检测诊断技术的现状与发展

我国从 60 年代开始研究汽车检测技术。当时，由交通部门主持研制了一些简单的诊断设备。进入 80 年代后，随着国民经济的发展，在交通部门的统筹规划下，汽车检测诊断技术得到了迅速发展。截止 1999 年底，我国已经建立各类汽车诊断站 1200 多座。全国汽车综合检测站年检测车辆 813 万台次。目前，我国汽车检测诊断技术的发展，主要突出了如下两方面的特点：

1. 检测技术水平逐步提高

自 1980 年交通部在大连建立第一个检测站后，汽车检测站作为检测技术的象征在全国各地蓬勃发展。随着世界汽车技术日新月异、汽车检测技术水平的不断提高，反映在汽车检测诊断设备制造水平和技术含量都有了明显地提高。汽车电子控制技术广泛应用，一批具有高新技术的诊断仪器被研制出来。如我国自主开发的发动机故障诊断仪、汽车底盘测功机、四轮定位仪、悬架检测仪、制动检测台、侧滑试验台、全自动转向角检测仪、汽车传动系故障诊断仪、轴距差检测仪等达到了较高的水平，逐渐缩短了与国外的技术差距。在汽车检测站，这些设备大部分实现了与计算机联网，满足了快速、方便、准确测试的要求。

2. 法规建设逐步完善

交通部从加强车辆管理的需要出发，1990 年在《汽车运输业车辆技术管理规定》中提出要对车辆实施“定期检测、强制维护、视情修理”汽车新的维修制度，明确了交通主管部门要对汽车检测行业进行管理，建立车辆检测制度并监督实施。

1991 年 4 月，为进一步规范汽车综合检测站的建设与管理，充分发挥汽车综合性能检测站的作用，交通部颁发了《道路运输业车辆综合性能检测站管理办法》，对汽车检测站的职责、分级、基本条件及资格认定等进行了明确的规定。

此后几年内，交通管理部门又颁发了一系列标准、法规，对汽车检测站的检测项目、检

查内容、检测站的管理提出了明确的要求。这些规章的出台，促进了汽车检测诊断站的建设与发展。

尽管如此，我国汽车检测诊断技术水平与国外还存在较大的差距。今后，我国汽车检测诊断技术应向如下三方面发展：

（1）完善与硬件配套的软件建设，制定量化的检测标准；

（2）在大型检测诊断设备研制方面，向声、光、电等自动化技术方向发展，进一步提高诊断系统的智能化水平；

（3）汽车检测诊断实现网络化，提高信息资源共享、硬件共享、软件共享水平。利用信息高速公路，将全国的汽车检测站联成一个广域网，使交通管理部门随时掌握车辆状况。

第2章 汽车诊断参数与诊断信息获取

2.1 汽车故障诊断的分类

汽车故障诊断理论大体上分为两大分支，即汽车电器故障诊断和机械故障诊断，各类故障诊断有自己独特的理论与方法。

2.1.1 汽车电器故障诊断

汽车电器故障诊断分数字电路故障诊断和模拟电路故障诊断。

数字电路仅有两种状态，即 0 和 1。列出其输入、输出关系真值表，便可以很方便地找出原因—结果对应关系。数字电路的故障诊断理论发展迅速，并日趋成熟。目前已经有相当多的诊断程序和诊断设备投入实际使用，如汽车电器诊断中的解码器便是其中的一种。

模拟电路故障诊断具有多样性。信号的连续性、非线性、容差和噪声以及检测点的有限性，使诊断问题变得十分复杂，难度大、精度低、稳定性差，从而导致检测诊断的效益低。目前汽车模拟电路故障诊断尚未建立完整的理论，还没有通用的诊断方法。

诊断模拟电路故障，一般借助于相似产品的使用经验或通过电路模拟得到的故障特征集，然后通过主动或被动的测试，将测试结果与故障特征比较，以发现和定位故障。

有关汽车电器故障诊断的主要内容，将在后面专门的章节进行介绍。

2.1.2 汽车机械故障诊断

对汽车机械系统工作状态的检测与诊断，往往是利用汽车运行过程中的二次效应所提供的信息，如温升、噪声、润滑油状态、振动及各种物理、化学特性的变化来进行故障诊断。

汽车机械系统的故障具有如下特点：

（1）机械运行过程是动态过程，就其本质而言是随机过程。机械系统不同时刻观察的数据通常是不重复的，用检测数据直接判断运行过程故障是不可靠的，不同时刻观察值不一致，只能从统计意义上比较它们的差异。

（2）从系统特性上看，汽车机械系统故障除了如连续性、离散性、间歇性、缓变性、突发性、随机性、趋势性和模糊性等一般特性外，汽车各总成都是由成百上千个零件装配而成，零部件间相互耦合，决定了汽车各总成故障的多层次性，一种故障由多层次故障原因所构成。故障现象与故障原因之间没有一一对应关系，很难从一个侧面或某个检测信息的分析结果作出正确的决策。

因此，汽车机械系统故障诊断是从随机过程出发，充分运用各种现代化的分析工具，分析测取的各种信息，综合判断各种故障现象的属性、形成与发展，从而实现故障诊断的目的。

本书后续章节的大部分内容主要讨论汽车机械故障的分析与诊断。

2.2 汽车诊断参数

汽车诊断参数是诊断技术的重要组成部分。在不解体的条件下直接测量结构参数十分困难,因此必须通过状态参数进行描述。此时用来描述系统、零件和过程性质的状态参数称为诊断参数。

2.2.1 状态参数与结构参数的关系

汽车使用过程中,其结构参数与状态参数变化有一定的函数关系。归纳起来有如下几种:

(1) 渐增曲线: 状态参数随结构参数增大而增大;

(2) 非单值变化曲线: 状态参数在结构参数变化允许范围内出现极值;

(3) 渐减曲线: 状态参数随结构参数增大而减小。

例如,在一定转速、负荷下,发动机气缸漏气率随活塞与气缸壁不均匀磨损间隙增大而增大;发动机输出功率随活塞与气缸壁间隙变化就是一个非单值变化曲线;气缸压缩压力随气缸与缸壁间隙变大而减小。图 2-1 示出了几种典型的状态参数随结构参数变化的关系曲线。弄清它们之间的关系,就能通过状态参数的变化准确地描述结构参数的变化,达到不解体诊断的目的。

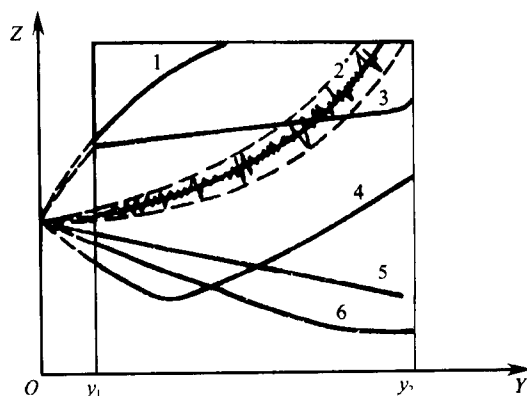


图 2-1 状态参数 Z 随结构参数 Y 的变化规律

y_1 、 y_2 初始及极限结构参数

1、2、3—渐增曲线; 4—非单值变化曲线;

5、6—渐减曲线

2.2.2 诊断参数的选择方法与原则

一个复杂系统是由多个元件组成的,各元件的等强度、等寿命是不可能的。在系统技术状况变化过程中,结构参数不同,变化过程也不相同。如果知道了系统中每个零件、机构和部件的变化规律,那么究竟选择哪些零部件变化特性作为系统的状态参数呢?这需要对所检验对象的主要性能变化,进行全面的记录和分析。特别要弄清那些最容易出现故障、直接影响汽车行驶安全及动力性能的元件、机构和系统的结构参数及与之相对应的状态参数和这些参数间的变化关系。在此基础上,确定出描述系统的状态参数。

一个结构参数的变化可能引起很多状态参数的变化。究竟选择哪些状态参数作为诊断参数应从技术上和经济上综合分析来确定。确定诊断参数时应注意如下几点:

(1) 诊断参数反映灵敏性。在结构参数变化过程中,输出值大的状态参数应优选为诊断参数。例如,当发动机气缸出现较大磨损时,发动机输出功率值下降只有 5%~7%;而发动机气缸漏气率增大 40%~50%。后一种状态参数的变化率远大于前者,所以应首选气缸漏气率作为气缸磨损的诊断参数。