



普通高等教育“十二五”规划教材·卓越汽车工程师系列

汽车

主编 安相璧 主审 张程

检测诊断技术 (第3版)

 **北京理工大学出版社**
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

普通高等教育“十二五”规划教材·卓越汽车工程师系列

汽车检测诊断技术

(第3版)

主 编 安相璧
副主编 杜艾永 李振生
主 审 张 程

 **北京理工大学出版社**
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内 容 提 要

本书包括七章, 主要介绍了汽车检测诊断基础、发动机技术状况检测诊断、底盘技术状况检测诊断、电子控制系统检测诊断、整车性能检测等内容。同时还介绍了与汽车检测诊断密切相关的七个试验。

本书可用作高等院校“汽车运用与维修”或“汽车运用工程”等专业的教材, 并可供广大工程技术人员参考之用。

版权专有 侵权必究

图书在版编目 (CIP) 数据

汽车检测诊断技术 / 安相璧主编. —3 版. —北京: 北京理工大学出版社, 2012. 7

ISBN 978 - 7 - 5640 - 6217 - 0

I. ①汽… II. ①安… 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 IV. ①U472. 9

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 148007 号

出版发行 / 北京理工大学出版社

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010)68914775(办公室) 68944990(批销中心) 68911084(读者服务部)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 北京泽宇印刷有限公司

开 本 / 787 毫米 × 1092 毫米 1/16

印 张 / 18

字 数 / 415 千字

责任编辑 / 葛仕钧

版 次 / 2012 年 7 月第 3 版 2012 年 7 月第 1 次印刷

申玉琴

印 数 / 1 ~ 4000 册

责任校对 / 周瑞红

定 价 / 36.00 元

责任印制 / 王美丽

图书出现印装质量问题, 本社负责调换

第3版前言

DI SAN BAN QIAN YAN

为了满足汽车检测诊断专门技术人才的培训需要，受北京理工大学出版社的委托，结合高等院校汽车运用与维修专业的教学大纲，2005年编写了本教材的第1版，2009年被列入了普通高等教育“十一五”国家级规划教材，对本教材进行修改后再版。此次改版是本教材的第3版。

本次修订的主要特点是：第一，注重知识的更新，吸收最新的技术和标准对教材内容进行更新和补充，删除过时内容；第二，简化了理论分析过程，进一步强化汽车检测诊断实用技术的介绍，注重理论与实践的紧密结合，提高内容的针对性；第三，注重理论联系实际，反映汽车检测诊断工作中的新知识、新技术、新设备、新工艺和新方法，第四，对电子控制系统检测诊断一章进行了重新编写。

本教材共包括七章，第一章汽车检测诊断基础，主要介绍了汽车检测概况、测量基础、常用传感器、检测诊断标准及参数、I/M制度；第二章发动机技术状况检测诊断，主要介绍了发动机特性与性能指标与发动机功率、起动系、点火系、燃油供给系、润滑系、冷却系检测诊断，以及发动机性能试验等；第三章底盘技术状况检测诊断，主要介绍了传动系、制动系、转向系与行驶系的检测诊断；第四章电子控制系统检测诊断，主要介绍了电子控制系统检测诊断的程序与分类、电子控制系统自诊断测试、数据流读取与分析、电子控制系统主要传感器、电子控制系统主要执行器、发动机电子控制系统故障检测与诊断，以及电控自动变速器的检测；第五章整车性能检测，主要介绍了汽车基本性能与汽车动力性、经济性、制动性、排放与噪声以及前照灯、车速表的检测；第六章汽车检测站，主要介绍了汽车安全环保检测站、综合性能检测站、汽车检测线控制系统等汽车检测站相关知识，此外，在第七章还介绍了与汽车检测诊断密切相关的七个试验。

此次修订由军事交通学院安相壁主编，军事交通学院杜艾永、广州军区检测中心李振生副主编，军事交通学院张程主审，军事交通学院董宏国、王虎、白云川、陈成法、夏均忠、但佳壁、党潇正、谢鑫鹏以及兰州军区检测中心李永军等参与了编写。

在本教材的修订过程中，参考和借鉴了大量国内外公开出版和发表的论文与图书，在此表示感谢！

由于时间仓促、水平有限，书中难免存在不足和疏漏之处，恳请广大读者批评指正。

编者

第2版前言

DI ER BAN QIAN YAN

传传统的汽车检测诊断手法是老师傅通过“眼看、手摸、耳听、鼻闻”和自己的实践经验来评判一辆汽车的技术状况，这样做的结果必然是评判不够准确、劳动效率低；随着现代汽车工业的快速发展，这种传统方法已不能满足需要。

现代的汽车检测诊断技术充分利用了先进的测试技术和手段，可以快速、准确地对汽车的技术状况进行综合检测与科学评价、确定故障部位、找出故障原因。因此，现代汽车检测诊断技术已成为提升营运车辆管理水平、保证车辆维修质量、提高车辆维修效率的重要手段。

为了满足汽车检测诊断专门技术人才的培训需要，受北京理工大学出版社的委托，结合高等职业院校汽车运用与维修专业的教学大纲，2005年编写了本教材的第1版。第1版使用了4年，被列入了普通高等教育“十一五”国家级规划教材之后，再次受北京理工大学出版社的委托，对本教材进行改版。

此次改版是对第1版的修订。本修订主要做了以下工作：第一，注重知识的更新，对原版过时的内容进行删改、更新；第二，注重内容的针对性，对理论性较强的部分内容以及与本课程相关性不强的内容进行了删除；第三，注重技术的通用与实用结合，对具体仪器设备的操作过程等内容进行了删减；第四，更注重语言的凝练与定义的准确性。

本教材包括六章，主要介绍了汽车检测诊断基础、发动机技术状况检测诊断、底盘技术状况检测诊断、电子控制系统检测诊断、整车性能检测等内容。同时还介绍了与汽车检测诊断密切相关的八个试验。

此次修订由军事交通学院安相璧、陈成法编写，军事交通学院李树珉主审。

在编写中，参考了大量同行专家发表、出版的论文与图书，在此表示感谢！

尽管在编写中自认为已经认认真真、一丝不苟，但由于水平有限，肯定还会有不少的错误和疏漏，恳请广大读者批评指正。

编 者

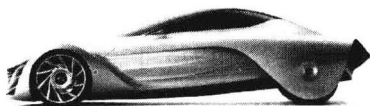
目录

MU LU

► 第一章 汽车检测诊断基础	(1)
第一节 汽车检测诊断概述	(1)
第二节 测量基础	(4)
第三节 汽车检测诊断用传感器	(8)
第四节 汽车检测诊断标准	(10)
第五节 汽车检测诊断参数	(15)
第六节 I/M 制度	(18)
小结	(21)
► 第二章 发动机技术状况检测诊断	(22)
第一节 发动机特性及性能指标	(22)
第二节 发动机功率检测诊断	(27)
第三节 发动机密封性检测	(29)
第四节 起动系检测诊断	(37)
第五节 点火系检测诊断	(39)
第六节 燃油供给系检测诊断	(46)
第七节 润滑系检测诊断	(52)
第八节 冷却系检测诊断	(57)
第九节 发动机性能试验	(60)
小结	(65)
► 第三章 底盘技术状况检测诊断	(68)
第一节 传动系检测诊断	(68)
第二节 制动系检测诊断	(72)
第三节 转向系统检测诊断	(75)
第四节 行驶系统检测诊断	(91)
小结	(102)

► 第四章 电子控制系统检测诊断	(104)
第一节 电子控制系统检测诊断的程序与分类	(104)
第二节 电子控制系统自诊断测试	(108)
第三节 数据流读取与分析	(117)
第四节 电子控制系统主要传感器的检测	(130)
第五节 电子控制系统主要执行器的检测	(137)
第六节 发动机电子控制系统故障检测与诊断	(142)
第七节 电控自动变速器的检测	(149)
小结	(155)
► 第五章 整车性能检测	(157)
第一节 汽车基本性能	(157)
第二节 动力性能检测	(173)
第三节 经济性能检测	(189)
第四节 制动性能检测	(202)
第五节 排放污染物与噪声检测	(209)
第六节 前照灯与车速表性能检测	(230)
小结	(237)
► 第六章 汽车检测站	(240)
第一节 汽车安全环保性能检测站	(240)
第二节 汽车综合性能检测站	(245)
第三节 检测线计算机控制系统	(252)
小结	(256)
► 第七章 试验	(257)
试验一 用发动机综合性能检测仪诊断发动机技术状况	(257)
试验二 用车轮定位仪检测车轮定位	(264)
试验三 用车轮平衡机检测车轮不平衡量	(266)
试验四 汽车动力性道路试验	(268)
试验五 汽车经济性能道路试验	(271)
试验六 汽车制动性能道路试验	(274)
试验七 用底盘测功机检测汽车的动力性、经济性	(276)
► 参考文献	(280)

第一章



汽车检测诊断基础

汽车检测诊断技术是以汽车检测技术为基础，依靠人工智能科学确定汽车技术状态，识别、判断故障的综合性技术。汽车检测诊断结果是合理使用、维护、修理汽车的科学依据。

本章主要介绍汽车检测诊断的发展历史、测量知识、检测诊断用传感器、检测诊断标准、检测诊断参数以及 I/M 制度。

第一节 汽车检测诊断概述

汽车检测诊断技术包括汽车检测技术和汽车诊断技术两个方面，主要是通过对汽车进行性能检测和故障诊断，在整车不解体情况下判断汽车的技术状况，为汽车是否继续运行或进行修理提供可靠依据。

(1) 汽车检测 汽车检测是指确定汽车技术状况或工作能力所进行的测量和检验，含有测量和检验双重含义。测量是指运用检测工具对被测汽车，在规定环境条件下，确定项目量值的过程；而检验是对汽车进行测量后，将实测指标值与相应的标准值比较，进行定性或定量评价的过程。在有关技术标准中，对汽车整体、结构、总成等性能和安全指标都有定性和定量的要求，并且定量要求必须在规定的精度下，获得准确的测量值方可评价。

(2) 汽车诊断 汽车诊断是指在不解体条件下，为确定汽车技术状况或查明故障部位及原因所进行的分析和判断。汽车故障是指汽车部分或完全丧失工作能力的现象，通过故障现象的具体表现，分析故障产生的可能原因，按照一定的程序判断故障部位，就是我们通常所说的故障诊断。

在汽车发展的早期，人们主要是通过有经验的维修人员发现汽车的故障并进行有针对性的修理，即过去人们常讲的“眼看”“耳听”“手摸”方式。随着现代科学技术的进步，特别是计算机技术的进步，使汽车检测诊断技术得到了飞速发展。目前，人们能够依靠各种先进的、智能化的仪器设备对汽车进行不解体检测，而且安全、迅速、可靠。

一、国外汽车检测诊断技术发展概况

20 世纪 50 年代，在一些工业发达国家就形成以故障诊断和性能调试为主的单项检测诊断技术，并生产单项检测设备，如发动机分析仪、发动机点火系故障诊断仪和汽车道路试验速度测试仪等。20 世纪 60 年代初期这些设备逐渐进入我国。进入 20 世纪 60 年代后，汽车检测诊断技术得到了较大发展，演变成为既能进行维修诊断，又能进行性能检测的综合检测

技术,出现了简易的汽车检测站。1972年,联邦德国首次推出了采用卫星计算机系统的车外诊断装置。1975年,美国哈美顿公司、日本三菱重工业公司等厂家相继推出了自己的汽车诊断装置。

进入20世纪70年代以来,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性能检测仪器和设备。20世纪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,不仅社会上诊断在用汽车的专职汽车检测站众多,而且汽车制造厂装配线终端和汽车维修企业内部也都建有汽车检测线,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。汽车检测在管理上实现了“制度化”,在检测结果的判别方面实现了“标准化”;在检测技术上已向“智能化、自动化检测”方向发展。

二、我国汽车检测诊断技术发展概况

1. 我国汽车检测诊断技术发展历程

我国从20世纪60年代开始研究汽车检测诊断技术。为了满足汽车维修需要,由交通部主持进行了发动机汽缸漏气量检测仪、点火正时仪等较简单的检测仪器研究与开发。

进入20世纪70年代,为了改变我国汽车维修落后的局面,汽车不解体检测技术及设备被列为国家科委的开发应用项目,我国的汽车检测技术也得到了较大的发展。由交通部主持研制开发了滚筒反力式汽车制动检验台、惯性式汽车制动检验台、发动机综合检测仪、汽车性能综合检验台(具有制动性检测、底盘测功、速度测试等功能)等。

20世纪80年代,我国的汽车制造业和公路交通运输业发展迅猛,汽车保有量迅速增加,随之而来的交通安全和环境保护等社会问题,如何保证汽车运行快速、经济、灵活,并尽可能减轻环境污染等问题,逐渐被政府有关部门提到了议事日程。由交通部主持研制开发了汽车制动检验台、侧滑检验台、轴(轮)重仪、速度表检验台、前照灯检测仪、发动机综合性能检测仪、底盘测功机等。

在单台检测设备研制成功的基础上,为了保证汽车技术状况良好,加强在用汽车的技术管理,充分发挥检测设备的作用,交通部从1980年开始有计划在全国公路运输和汽车管理系统(交通部当时负责汽车监理)筹建汽车检测站,检测内容以汽车安全性能检测为主。20世纪80年代初,交通部在大连市建立了我国第一个汽车检测站。从工艺上提出将各种单台检测设备安装连线,构成功能齐全的汽车检测线。继大连检测站之后,作为“六五”科技项目,交通部先后要求10多个省市、自治区交通厅(局)筹建汽车检测站。

20世纪80年代中期,汽车监理由公安部主管,公安部在交通部建设汽车检测站的基础上,进行了推广和发展。在此基础上,由国家相关部委起草颁布实施了规范和约束汽车检测和汽车检测设备国家标准:GB 7258—1987《机动车运行安全技术条件》(现为GB 7258—2004《机动车运行安全技术条件》)和GB 11798.1~11798.6—1989《汽车检测设备 检定技术条件》(现为GB/T 11798.1~11798.9—2001《汽车安全检测设备 检定技术条件》)。

20世纪90年代至21世纪初,伴随着国民经济的高速增长和科学技术特别是计算机技术的突飞猛进,我国的汽车检测技术在标准化、科学化、智能化和网络化方面也取得了飞速的发展。现在,除少数专用设备外,检测诊断设备已经基本实现了国产化。

2. 我国汽车检测类别

现在我国的汽车检测主要分布在以下几个领域,分别隶属于不同的国家管理部门。

(1) 汽车安全技术检测 汽车安全技术检测主要负责在用汽车的检测,由公安部所属的交通警察部门负责,用于在用汽车的年审工作。检测的主要项目包括汽车唯一性认定、制动、轴重、侧滑、车速、前照灯、底盘等。

(2) 汽车综合性能技术检测 汽车综合性能技术检测主要负责营运汽车的检测,由交通部所属的运输管理部门负责,用于营运汽车的年审工作。检测项目除包含汽车安全技术检测的项目外,还包含发动机综合性能、驱动轮输出功率、车轮定位参数、悬架特性等检测项目。

(3) 汽车环保技术检测 汽车的环保技术检测主要包括排放检测和驾乘室室内空气质量检测。其中,排放检测属于国家强制检测范围,国家每年要求在用汽车必须定期进行排放检测。

2000年以前,汽车排放检测分别包含在安全技术检测、综合性能技术检测和新车出厂质量保证检测之内。2000年以后,随着《中华人民共和国环境保护法》、《中华人民共和国大气污染防治法》的颁布实施,汽车排放检测归口于国家环保局统一管理。

三、我国汽车检测诊断技术的发展趋势

我国汽车检测诊断技术应在汽车检测技术基础、检测设备智能化和检测管理网络化等方面进行研究和发展。

1. 汽车检测诊断技术基础规范化

目前,我国的检测方法和限值标准大多是采用发达国家的标准,而真正符合我国国情,且被国际公认的检测方法和限值标准还太少。在我国汽车检测诊断技术的发展过程中,既要重视硬件技术,还要加强检测方法、限值标准等基础性技术的研究。随着检测手段的完善,与硬件相配套的检测技术软件的建设也应进一步完善。因此应重点开展检测技术的基础研究,其主要内容包括:

1) 制定和完善汽车检测项目的检测方法和限值标准。如发动机排放、驱动轮输出功率,底盘传动系统功率损耗、滑行距离、加速时间和距离、悬架性能、可靠性等。

2) 制定用于综合性能检测站大型检测设备的认证规则,以保证综合性能检测站履行其职责。

2. 汽车检测诊断设备智能化、集成化、综合化

1) 智能传感、微型计算机、单片机将成为诊断仪器的一个组成部分,虚拟仪器技术与嵌入式系统的广泛应用,使汽车检测诊断技术的自动化、智能化水平进一步提高。

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、噪声分析技术、近似推理、模糊识别、机器学习、数据挖掘、知识发现应用于汽车智能诊断系统,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。

3) 汽车检测诊断技术向集成化、综合化方向发展。大型汽车检测诊断设备将综合采用声、光、电等技术,进一步提高诊断系统的智能化、自动化水平;便携式检测诊断设备体积将更小、具有更加友好的人机界面,在统一的硬件平台下,采用更换软件模块的方法,实现更强大的功能。

3. 汽车检测管理网络化

目前,检测站主要检测设备采用了计算机联网控制,但计算机测控方式千差万别,大多在检测站内部实现了网络化。

随着技术和管理的进步,今后汽车检测将实现真正的网络化。从检测站内部来讲,是一个功能齐全、检测流程合理、管理严密、工作效率和专业化程度较高的局域网。通过内部局域网,可以完成汽车检测自动化、汽车维修、检测管理,检测数据统计查询,检测结果告示,检测财务管理等功能。检测站与检测站之间,通过广域网可做到信息资源共享、硬件资源共享、软件资源共享。在此基础上,将全国的汽车安全检测站、汽车综合性能检测站、汽车质量保证检测线和汽车修理厂用检测线联成一个全国范围的广域网,使上级汽车管理部门可以及时了解各地区不同行业汽车的技术状况。

4. 汽车远程故障诊断

利用 Internet 和各种通信网络,更多的远程故障诊断与技术支援系统投入使用。人们可以通过网上查询法迅速获得需要的大量资料,获得专家的热线咨询。当汽车有故障时,可以获得“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,并可立即得到分析结果反馈回现场指导故障诊断。

总之,汽车检测诊断技术将朝着技术更先进、设备更智能、标准更科学、检测网络更发达、检测数据更准确、检测流程更合理、检测管理更完善的方向发展。

第二节 测量基础

一、测量的基本概念

测量是检测的基础,在科学实验或生产过程中,必须对客观事物进行定性或定量分析,这就需要对被测对象进行测量。所谓测量即以确定量值为目的的操作,也就是将被测量和作为测量单位的标准量进行比较,得到被测量是测量单位的多少倍,并用数字和单位表示出来。

如以 X 表示被测量,以 E 表示测量单位的标准量,两者的比值为:

$$n = \frac{X}{E}$$

显然 n 是一个纯数,对应的被测量为

$$X = nE$$

例如, $E = 1 \text{ mm}$, $n = 6.3$, 则 $X = 6.3 \text{ mm}$ 。

由上可见,测量过程就是一个比较过程。测量结果可用一定的数值表示,也可以用一条曲线或某种图形表示。但无论其表现形式如何,测量结果应包括两大部分:一部分是数值的大小和符号(正或负);另一部分是相应的单位。表示测量结果时,不注明单位,该结果将无意义。

测量过程的核心是比较,但在近代测量中除了大量遇到比较过程外,还必须进行各种转换。转换的目的有两方面:第一,由于被测量能直接与标准量比较的场合不多,大多数的被测量和标准量都要变换到双方便于比较的某个中间变量后再进行比较;第二,随着电子技

术、传感技术、电子计算机技术的发展,将非电量转换成电量测量,具有能对电信号进行远距离传输、便于动态测量等优点。转换包括物理量或化学量的转换(非电量转换成电量)和能量转换(如电压放大、功率放大)。可以说转换是现代检测技术的特征之一。

二、测量方法

测量的具体方法是由被测量的种类、数值的大小、所需的测量精确度、测量速度等一系列因素决定的。

测量可按被测量的获得方法不同,分为直接测量和间接测量两大类。按测量方法不同也可分为直接比较测量法、微差测量法、零位测量法、组合测量法等。

1. 直接测量法与间接测量法

(1) 直接测量法 无须对与被测量有函数关系的其他量进行测量,而直接得到被测量值的测量称为直接测量法。例如,用标准尺测量长度、用等臂天平测量质量等。由于它“直接”,因而比较简便,在工程参数检测中应用得最广泛。但是直接测量并不等于完全用直读式仪表的测量,如用电压表(直读式仪表)和用电位差计(比较式仪表)测电压,两者均属于直接测量法。

只要参与测量的对象就是被测量本身,都属于直接测量。

(2) 间接测量法 通过对与被测量有函数关系的其他量进行测量,才能得到被测量值的测量方法,称为间接测量法。

间接测量过程比较麻烦,一般在直接测量很不方便、直接测量误差较大或缺乏直接测量仪器时才被采用。

2. 直接比较测量法、微差测量法、零位测量法、组合测量法

(1) 直接比较测量法 将被测量直接与已知其值的同类量进行比较的测量方法称为直接比较测量法。例如,用一根标度尺测量长度。

直接比较测量法所使用的测量仪表大多是直读指示式仪表,如压力表、电流表、玻璃温度计等。仪表刻度预先用标准量具进行分度和校准,在测量过程中,指示标记在标尺上的位移就表示了被测量的值。对测量人员来说,除了将其指示值乘以测量仪器的常数或倍率外,无须作附加的动作或计算。由于测量过程简单方便,在实际工作中应用比较广泛。

(2) 微差测量法 它将被测量与只有微小差别的已知量相比较并测出这两个量值间的差值以确定被测量的测量方法称为微差测量法。

微差测量法的特征是测量被测量与已知量之间的差值,这种测量方法的最大优点是已知量的精确度很高,其值又很接近被测量时,用精度较低的测量仪表也能得到精确的测量结果。微差测量法是一种很有发展前途的测量方法,在工程测量中会获得愈来愈广泛的应用。

(3) 零位测量法 零位测量法是通过调整一个或几个与被测量有已知平衡关系的量(或已知其值的)而用平衡法确定被测量的测量方法。

(4) 组合测量法 利用直接或间接办法测得一定数目的测量值,根据不同组合,列出一组方程,通过解方程组得到测量值的一种方法称为组合测量法。

上述四种测量法中,前三种属于直接测量,后一种属于间接测量。

除上述分类外,还可根据传感器与被测对象是否接触分为接触式测量法和非接触式测量法等。

三、测量误差

由于测量工具不准、测量方法不当以及各种不可避免因素的影响，使得测量结果与真实量值不尽相同，这个差别就是测量误差。其中一种是基本误差，它是由仪表构造和制作上的不完善所引起的。例如磁场分布不理想、轴和轴承间的摩擦、弹簧变形、零件安装移位以及标尺刻度不准确等。另一种是附加误差，它是因外界因素不符合仪表的规定工作条件而引起的，例如环境温度与湿度、仪表安放位置、周围外磁场等不符合规定的要求。

误差的分类方法不一，测量误差一般有按照误差出现的规律性和按被测量随时间变化两种分类方法。

（一）按误差出现的规律性分类

可以分为随机误差、系统误差两种。区分系统误差与随机误差是便于计算和分析它们的影响，从而提高传感器的性能与精度。

1. 随机误差（或偶然误差）

出现误差没有特定的规律，对同一量进行多次测量时，由于种种原因，随机误差有大有小，有正有负，其每次测量误差的大小，不能预知，但经多次测量后，其测量数据有一定的统计规律。这样，可按此统计规律，计算与分析随机误差。

2. 系统误差（或规律误差）

按特定规律出现的误差，称为系统误差，又称为规律误差。系统误差反映的是测量结果偏离真值的程度。系统误差越小，说明测量结果越正确，系统误差可用来评价测量结果的准确度。系统误差分为恒值系统误差和变值系统误差。按特定规律产生的误差，可以是不变的，称恒值系统误差。变值系统误差是指对每次测量值的影响按照某种规律变化的误差。变值系统误差可能是周期性的误差，也可能是规律复杂的误差，但总可用方程或曲线表示它的规律。正因为系统误差的变化规律便于掌握，所以在原则上可以修正或消除。

引起系统误差的原因一般有以下几种：

（1）原理误差（方法误差） 传感器原理方法上存在的误差，如计算公式近似，原理方案近似等因素引起的误差。

（2）结构误差 由于元件或装置本身质量不高而产生的误差。

（3）环境影响误差 由于气温、湿度、气压等因素带来的误差。

（4）粗大误差 人为因素产生的误差。

（二）按被测量随时间变化的情况分类

1. 静态误差

输入量不随时间变化或变化缓慢的，输出量与理论计算输出量的差，称为静态误差。

2. 动态误差

系统在接收输入量后，达到稳定输出前的短暂历程，叫做系统的过渡过程。在此过渡过程中，系统的输出值与相应的正确输出值之差叫做动态误差。

3. 稳态误差

系统由过渡过程进入平稳状态后所产生的误差叫做稳态误差。

误差的表示方法主要有绝对误差和相对误差。

绝对误差是指仪表的指示值 A_x 与被测量实际值 A_0 之间的差值, 即

$$\Delta A = A_x - A_0$$

相对误差是指绝对误差 ΔA 与被测量的实际值 A_0 的比值, 通常用百分数表示, 即

$$\gamma = \frac{\Delta A}{A_0} \times 100\%$$

四、误差数据处理

在测量过程中, 测量误差总是不可避免地存在。为了评价测量数据的质量, 往往需要对结果进行必要的处理, 也就是数据处理, 主要包括剔除粗大误差和估算随机误差。

1. 剔除粗大误差

理论和实践证明, 绝大多数测量数据的随机误差服从正态分布规律。标准误差 σ 是对正态分布曲线产生影响的唯一参数。正态分布理论中的分布范围虽为无穷大, 但其实际分布范围通常取为可用 $\pm 3\sigma$ 表示, 这是由于测量数据超出 $\pm 3\sigma$ 的概率仅为 0.27%, 因而一般讲 $\pm 3\sigma$ 称为测量结果的极限误差。当有些测量结果的剩余误差比极限误差大时, 则认为该数据有粗大误差存在, 必须剔除。这里所谓的剩余误差是指每一个测量数据 A_i 与算术平均值 $\bar{A}$ 的差值, 表明该次测量数据对平均值的偏离程度。算术平均值是指在相同的测量条件下, n 次测量数据之和与测量次数 n 的比值。

2. 估算随机误差

在实际测量中, 对于某一被测值, 重复测量的次数 n 是有限的。由于 n 次测量的数据带有随机性, 在算术平均值中仍然不可避免地存在着误差, 因此在数据处理中, 采用算术平均值的标准误差 $\bar{\sigma}$ 来评价算术平均值的精度。根据误差理论, $\bar{\sigma}$ 与 σ 存在下列关系:

$$\bar{\sigma} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

这样就使随机误差减小为原来的 $1/\sqrt{n}$ 。

3. 数据处理的一般步骤

1) 计算 n 次测量数据的算术平均值。

$$\bar{A} = \frac{\sum_{i=1}^n A_i}{n}$$

2) 计算标准误差 σ 。

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (A_i - \bar{A})^2}{n - 1}}$$

3) 检查有无粗大误差数据: 若有剩余误差超过 $\pm 3\sigma$, 则加以剔除。然后重复以上步骤, 直到无粗大误差数据存在。

4) 计算算术平均值的标准误差。

$$\bar{\sigma} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

5) 写出测量结果的表达式。

$$A_0 = \bar{A} \pm 3\bar{\sigma}$$

第三节 汽车检测诊断用传感器

传感器是一种以一定精确度把被测量（主要是非电量）转换为与之有确定关系、便于应用的某种物理量（主要是电量）的测量装置。传感器的输出信号多为易处理的电量，如电压、电流、频率等。

一、传感器的组成

传感器一般由敏感元件、转换元件、转换电路三部分组成，如图 1-3-1 所示。

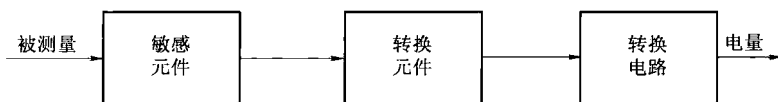


图 1-3-1 传感器组成框图

- 1) 敏感元件：它是直接感受被测量，并输出与被测量成确定关系的某一物理量的元件。
- 2) 转换元件：敏感元件的输出就是它的输入，它把输入转换成电路参数。
- 3) 转换电路：将上述电路参数接入转换电路，便可转换成电量输出。

二、传感器的分类

传感器的原理各种各样，种类繁多，分类方法也很多，目前广泛采用的分类方法有：

- 1) 按照传感器的工作机理，可分为物理型、化学型、生物型等。
- 2) 按构成原理，可分为结构型和物性型两大类。

结构型传感器是利用物理学中场的定律构成的，包括力场的运动定律，电磁场的电磁定律等。这类传感器的特点是传感器的性能与它的结构材料没有多大关系，如差动变压器。

物性型传感器是利用物质定律构成的，如欧姆定律等。物性型传感器的性能随材料的不同而异，如光电管、半导体传感器等。

- 3) 按传感器的能量转换情况，可分为能量控制型传感器和能量转换型传感器。

能量控制型传感器在信息变换过程中，其能量需外电源供给。如电阻、电感、电容等电路参量传感器属于这一类传感器等。

能量转换型传感器，主要是由能量变换元件构成，它不需要外电源。如基于压电效应、热电效应、光电效应、霍尔效应等原理构成的传感器属于此类传感器。

4) 按照物理原理分类，可分为电参量式传感器（包括电阻式、电感式、电容式等基型式）、磁电式传感器（包括磁电感应式、霍尔式、磁栅式等）、压电式传感器、光电式传感器、气电式传感器、波式传感器（包括超声波式、微波式等）、射线式传感器、半导体式传感器、其他原理的传感器（如振弦式和振筒式传感器等）。

- 5) 按照传感器的使用分类，可分为位移传感器、压力传感器、振动传感器、温度传感器等。

三、常用传感器

(1) 电阻应变式传感器 电阻应变式传感器主要由电阻应变片及测量转换电路等组成。当弹性元件感受被测物理量时,其表面产生应变,粘贴在弹性元件表面的电阻应变片的电阻值也随着弹性元件的应变而发生变化。通过测量转换电路将电阻的变化转换成电压或电流的变化,达到测量零件变形、受力等目的。电阻应变式传感器主要应用于测量加速度、测力及称重。

(2) 热电阻传感器 热电阻传感器主要用于测量温度和与温度有关的参量。按照热电阻性质不同可分为金属热电阻和半导体热电阻两类。前者通常称为热电阻,后者通常称为热敏电阻。

热电阻主要利用电阻随温度升高而增大这一特性来测量温度。温度升高,金属内部原子晶格的振动加剧,从而使金属内部的自由电子通过金属导体时的阻力增大,宏观上表现出电阻率变大,总电阻值增大。

热敏电阻是一种新型的半导体测温元件,按温度系数可分为负温度系统热敏电阻(NTC)和正温度系数热敏电阻(PTC)两大类。

(3) 电感式传感器 电感式传感器是一种以电磁感应原理为基础,把被测物理量转换为电感量变化,再通过测量电路转换为电压或电流的装置。可用于测量位移、加速度、压力、流量等物理量。电感式传感器分为自感式和互感式两大类。

自感式电感传感器由线圈、铁芯、衔铁及测杆等组成。工作时,衔铁通过测杆与被测物体相接触,被测物体的位移将引起线圈电感量的变化,当传感器线圈接入测量转换电路后,电感的变化将被转换为电压、电流或频率的变化,从而完成非电量到电量的转换。

互感式电感传感器,两个完全相同的单个线圈的电感传感器并用一根活动衔铁就构成了互感式电感传感器。互感式电感传感器,当衔铁随被测量移动而偏离中间位置时,两个线圈的电感量一个增加,一个减小,测量两线圈中电压或电流变化的差值,即可测得位移量的变化。

(4) 压电传感器 压电传感器是基于某些物质的压电效应的传感器。某些物质在沿一定方向受到压力或拉力作用而发生改变时,其表面上会产生电荷,若将外力去掉时,它们又重新回到不带电的状态,这种现象就称为正压电效应。在压电材料的两个电极面上,如果加以交流电压,那么压电片能产生机械振动,即压电片在电极方向上有伸缩的现象,压电材料的这种现象称为电致伸缩效应,也叫做逆压电效应。压电传感器是力敏感元件,它可以测量最终能够变换为力的那些非电物理量。主要用于动态作用力、压力、加速度的测量。

(5) 超声波传感器 超声波是一种频率超过 20 kHz 的机械波,由于它具有遇到杂质和分界面产生显著反射的特点,因此,在汽车检测设备中应用广泛,常用于测量速度、流量、厚度及工件内隐伤等。

(6) 霍尔传感器 将金属或半导体薄片垂直放置于磁场中,当有电流流过金属或半导体中时,在垂直于电流和磁场的方向上就会产生一定的电动势,这种效应称为霍尔效应。霍尔传感器是利用霍尔效应制作的一种传感器,在汽车检测中,霍尔传感器主要应用于转速的测量和位置的确定。

(7) 光电传感器 光电传感器是一种将光信号转换为电信号的传感器,工作原理是光

电效应。光电传感器由光源、光学元件和光电元件组成。光源发射出一定光通量的光线,经光学元件照射到光电元件上。光的粒子即光子具有能量,当光照射到光电元件时,光电元件吸收了光的能量而产生电量输出,这就是光电效应。使用这种传感器测量其他非电量(如转速、液体浊度)时,只要将这些非电量信号转换为光信号的变化即可。这种测量方法具有结构简单、精度高、反应快、非接触等优点。

第四节 汽车检测诊断标准

一、标准的定义及其种类

(一) 标准的定义

标准是为了在一定范围内获得最佳秩序,经协商一致制定并由公认机构批准,共同使用和重复使用的一种规范性文件。标准宜以科学、技术和经验的综合成果为基础,以促进最佳的共同利益为目的。

(二) 标准的种类

1. 按适用范围区分

按照标准的适用范围,标准可以分为国家标准、行业标准、地方标准和企业标准。

国家标准权威性最高,行业标准不得与国家标准相抵触,地方标准不得与国家标准、行业标准相抵触。

(1) 国家标准

国家标准是由国务院标准化行政主管部门(标准技术监督局)制定的全国范围内统一的标准:国家标准一经发布,全国各个单位都要严格执行;国家标准的代号为“国标”,用汉语拼音的第一个字母“GB”表示。如 GB 7258—2004《机动车运行安全技术条件》,其中 GB 表示国家标准,7258 表示编号,2004 表示发布年号。

(2) 行业标准

由国家行业部门制定,如公安部、交通部标准,其代号分别为 GA、JT,如 JT 711—2008《营运客车燃油消耗量限值及测量方法》。

(3) 地方标准

地方标准是由省、自治区、直辖市标准化行政主管部门制定和发布的,在本地区范围内统一使用的标准。

(4) 企业标准

企业标准是由企业制定的标准,并报当地标准化行政主管部门或行业主管部门备案,在本企业范围内使用。为了提高产品质量,企业标准一般严于国家标准或行业标准。

2. 按标准性质区分

按照标准的性质,标准可以分为强制性标准和推荐性标准。

(1) 强制性标准

强制性标准是国家为了保护社会利益和公众利益而制定的标准,它是政府实施管理的重要基础。安全、卫生、环境保护等方面的标准和法律、法规等,是必须执行的强制性标准。