

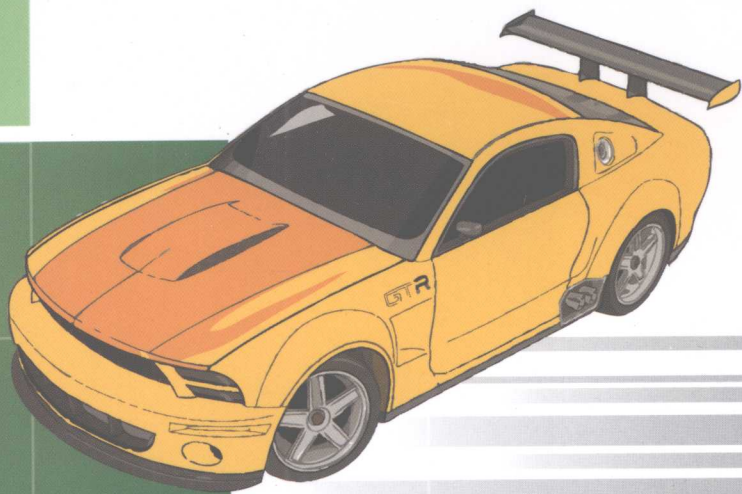


21st CENTURY  
实用规划教材

21世纪全国高等院校

大机械系列 实用规划教材

汽车系列



# 汽车试验学

主 编 赵立军 白 欣



北京大学出版社  
PEKING UNIVERSITY PRESS

# 21 世纪全国高等院校大机械系列实用规划教材·汽车系列

本书可作为高等院校机械类、能源类、材料类等专业的专业基础课或实践环节的教材，也可供从事汽车设计、制造、维修、检测、试验、管理等工作的工程技术人员参考。本书可作为汽车专业及相关专业的教材，也可供从事汽车设计、制造、维修、检测、试验、管理等工作的工程技术人员参考。本书可作为汽车专业及相关专业的教材，也可供从事汽车设计、制造、维修、检测、试验、管理等工作的工程技术人员参考。

## 汽车试验学

第 2 版 (9787301193021)

主 编 赵立军 白 欣  
副主编 刘清河 鞠晓丽  
刘 涛 王彦岩  
参 编 宋宝玉 崔智全  
佟钦智 赵松高



北京大学出版社  
PEKING UNIVERSITY PRESS

· 内容精全 装帧代酷 文字本美 数据精重 方式耐升 印刷不 页码有末

衷心对野 百浪对野

## 内容简介

本书全面系统地介绍了汽车试验学的基本理论与试验方法,从基础知识到应用技术逐步深入进行讲解,涵盖了试验数据测量的基本知识(如数据的分析处理、测量仪表的特性、信号的传输和采集等)、汽车工作状态基本参数(如温度、压力、流量、转速和功率等)的测量、汽车典型总成及整车的性能试验、汽车公害及检测等内容。本书侧重阐述方法和理论,并介绍了近年来在汽车试验中应用的新技术。

本书内容丰富,可供高等院校汽车工程相关专业学生作为汽车试验学相关课程的教材,也可供从事汽车试验的工程技术人员作为培训教材。

### 图书在版编目(CIP)数据

汽车试验学/赵立军,白欣主编,一北京:北京大学出版社,2008.8

(21世纪全国高等院校大机械系列实用规划教材·汽车系列)

ISBN 978-7-301-12358-4

I. 汽… II. ①赵…②白… III. 汽车试验—高等学校—教材 IV. U467

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 083157 号

书 名: 汽车试验学

著作责任者: 赵立军 白欣 主编

策划编辑: 童君鑫

责任编辑: 魏红梅

标准书号: ISBN 978-7-301-12358-4/TH·0019

出版者: 北京大学出版社

地 址: 北京市海淀区成府路 205 号 100871

网 址: <http://www.pup.cn> <http://www.pup6.com>

电 话: 邮购部 62752015 发行部 62750672 编辑部 62750667 出版部 62754962

电子邮箱: [pup\\_6@163.com](mailto:pup_6@163.com)

印刷者: 涿州市星河印刷有限公司

发 行 者: 北京大学出版社

经 销 者: 新华书店

787 毫米×1092 毫米 16 开本 17 印张 390 千字

2008 年 8 月第 1 版 2008 年 8 月第 1 次印刷

定 价: 28.00 元

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究

举报电话: 010-62752024

电子邮箱: [fd@pup.pku.edu.cn](mailto:fd@pup.pku.edu.cn)

# 21世纪全国高等院校大机械系列实用规划教材·汽车系列

## 专家编审委员会

主任委员 崔胜民

副主任委员 (按拼音排序)

江浩斌 王丰元 杨建国 赵桂范

委员 (按拼音排序)

韩同群 姜立标 林 波 凌永成

刘瑞军 刘 涛 刘占峰 鲁统利

罗念宁 肖生发 谢在玉 于秋红

张京明 张黎骅 赵立军 赵又群

# 前 言

汽车试验学是对汽车的构造、设计及理论知识的强化和验证。随着汽车工业水平的提高和测试理论、方法、手段的进步,汽车试验学也得到了快速的发展。现代汽车试验学理论体系包括汽车试验与测试的基本原理和常用方法、整车及零部件的试验设备及测试方法。

全书共分为12章。第1~5章阐述关于试验数据测量的基本知识,包括测量数据的分析处理、测量仪表的技术特性、传感器信号的传输和采集等知识;第6~9章阐述汽车的基本参数测量,包括温度、压力、流量、转速和功率测量等;第10~11章阐述汽车典型总成及整车使用性能试验;第12章介绍汽车公害及检测的基本知识。

本书的特点是适应产学合作的需要,理论与实践紧密结合,具有较强的实用性和完整性。书中涉及知识广泛,考虑到读者自学的方便性和作为教材的逻辑性,每章内容的知识结构中涵盖了原理和结构的理论知识。此外,各章后附有小结和习题,适合学生独立完成以巩固各章节的重点内容。

本书的内容体系适合高等院校汽车相关专业的学生学习,符合高等院校车辆工程相关专业“汽车试验学”课程的教学要求。同时本书也可作为汽车职业学校及汽车工程技术人员的参考用书。

考虑到各院校条件和学生培养方向的不同,讲授时可依据学时情况对内容适当取舍。

本书建议授课的总学时为60学时,各章内容及学时分配见下表。

章 节	授课学时	章 节	授课学时
第1章 测量误差分析及数据处理	4	第7章 压力测量与示功图测录	4
第2章 测量仪表的技术特性	6	第8章 流量测量	4
第3章 传感器	4	第9章 转速和扭矩的测量	6
第4章 信号的中间变换与传输	6	第10章 汽车典型总成试验与测试	6
第5章 试验数据采集系统	6	第11章 汽车整车使用性能试验	6
第6章 温度测量	4	第12章 汽车公害及检测	4

本书由赵立军、白欣任主编,刘清河、鞠晓丽、刘涛、王彦岩任副主编。具体写作分工如下,第1章、第6~8章由白欣和鞠晓丽合作编写,第2~5章由刘清河和刘涛合作编写,第9章由白欣和宋宝玉编写,绪论、第10~11章由赵立军、王彦岩和佟钦智合作编写,第12章由白欣、崔智全和赵松高合作编写。

本书整体脉络参考了哈尔滨工业大学宋宝玉教授编写的《汽车与拖拉机试验及测试技术》。在本书编写过程中,得到许多同行的指导与支持,在此对他们深表感谢,另外对所引用的众多参考文献的作者表示感谢,同时还要对许多老师和研究生的大力帮助表示深深





# 目 录

绪论	1
第 1 章 测量误差分析及数据处理	6
1.1 误差的概念与分类	6
1.1.1 误差的概念	6
1.1.2 误差的分类	7
1.1.3 3 类误差间的联系	8
1.2 误差的分析与处理	8
1.2.1 系统误差	8
1.2.2 随机误差	10
1.3 试验数据的处理	16
1.3.1 有效数字	17
1.3.2 可疑数据的剔除	17
1.3.3 试验数据表示法	18
小结	21
习题	21
第 2 章 测量仪表的技术特性	23
2.1 测量仪表及其特征	23
2.1.1 测试系统的组成	23
2.1.2 主要特征	24
2.2 测量仪表的静态特性	24
2.3 测量仪表的动态特性	26
2.3.1 典型测试装置的分类	26
2.3.2 一阶系统	27
2.3.3 二阶系统	27
2.4 测量仪表在典型输入下的动态响应	29
2.4.1 单位阶跃输入系统的响应	29
2.4.2 单位脉冲输入和测试系统的脉冲响应	30
2.5 测试装置动态特性的测定	31

# 录

2.5.1 频率响应法求测试系统的动态特性	32
2.5.2 阶跃响应法求测试系统的动态特性	32
小结	35
习题	35
第 3 章 传感器	36
3.1 电阻式传感器	36
3.1.1 应变式传感器	36
3.1.2 滑变电阻式传感器	37
3.2 电感式传感器	38
3.2.1 工作原理	39
3.2.2 自感计算及特性分析	40
3.3 电容式传感器	41
3.4 磁电式传感器	45
3.4.1 磁电感应式传感器	45
3.4.2 霍尔式传感器	47
3.5 压电式传感器	49
3.6 热电式传感器	50
3.6.1 热电偶传感器	50
3.6.2 热电阻传感器	51
3.6.3 热敏电阻传感器	52
小结	53
习题	54
第 4 章 信号的中间变换与传输	55
4.1 电桥	55
4.1.1 直流电桥	55
4.1.2 交流电桥	60
4.2 滤波器	61
4.2.1 滤波器分类	62
4.2.2 实际滤波器	62
4.3 放大器	65

4.3.1 信号源与放大器的阻抗 匹配 .....	65	<b>第7章 压力测量与示功图测录</b> .....	103
4.3.2 放大器与负荷的阻抗 匹配 .....	66	7.1 稳态压力测量 .....	103
小结 .....	67	7.1.1 液柱式压力计 .....	103
习题 .....	67	7.1.2 弹性式压力计 .....	104
<b>第5章 试验数据采集系统</b> .....	68	7.2 最高压力测量 .....	106
5.1 数据采集技术基础 .....	68	7.2.1 机械式 .....	106
5.1.1 采样过程 .....	68	7.2.2 气电式 .....	107
5.1.2 采样定理 .....	68	7.2.3 电子式 .....	108
5.1.3 采样方式 .....	70	7.3 动态压力测量 .....	108
5.1.4 量化与量化误差 .....	71	7.3.1 压电式压力传感器 .....	108
5.2 计算机数据采集系统 .....	71	7.3.2 电容式压力传感器 .....	109
5.2.1 数据采集系统基本构成 .....	71	7.3.3 压磁式压力传感器 .....	109
5.2.2 主要器件 .....	72	7.4 测压仪表的标定 .....	110
5.2.3 系统设计 .....	75	7.4.1 静态标定 .....	110
小结 .....	81	7.4.2 动态标定 .....	111
习题 .....	82	7.5 示功图的测录及误差分析 .....	111
<b>第6章 温度测量</b> .....	83	7.5.1 上止点及曲轴转角信号的 测定 .....	111
6.1 基本概念 .....	83	7.5.2 示功图测录装置 .....	114
6.1.1 温度 .....	83	7.5.3 示功图的测量误差分析及 处理 .....	115
6.1.2 温标 .....	83	小结 .....	118
6.1.3 测温方法分类 .....	85	习题 .....	118
6.2 稳态温度的测量 .....	86	<b>第8章 流量测量</b> .....	119
6.2.1 膨胀式温度计 .....	86	8.1 基本概念 .....	119
6.2.2 电阻式温度计 .....	87	8.1.1 流体、流量 .....	119
6.2.3 热电偶式温度计 .....	88	8.1.2 流量计及其分类 .....	119
6.2.4 温度测量误差分析 .....	93	8.2 空气流量测量 .....	121
6.3 瞬态温度测量 .....	94	8.2.1 节流式流量计 .....	121
6.3.1 辐射测温的基本原理 .....	94	8.2.2 双扭线流量计 .....	125
6.3.2 部分辐射温度计 .....	95	8.2.3 卡门涡街式流量计 .....	125
6.3.3 全辐射温度计 .....	98	8.2.4 层流式流量计 .....	127
6.3.4 红外测温仪 .....	98	8.3 燃油消耗量的测量 .....	127
6.4 零部件温度的测量 .....	99	8.3.1 质量法 .....	127
6.4.1 电测法 .....	99	8.3.2 容积法 .....	129
6.4.2 非电测法 .....	101	8.3.3 排气法 .....	129
小结 .....	102	8.3.4 转子流量计法 .....	130
习题 .....	102	8.4 机油消耗量和冷却水量的测量 .....	132



8.4.1	机油消耗量的测量	132	10.4.4	驱动桥的疲劳寿命 试验	173
8.4.2	冷却水消耗量的测量	134	10.4.5	驱动桥壳的刚度试验与静 强度试验	175
8.5	流量计的标定	135	10.5	转向器试验	176
8.5.1	液体流量计的标定	135	10.6	汽车传动轴试验	177
8.5.2	气体流量计的标定	135	10.6.1	试验项目	177
小结		136	10.6.2	传动轴静扭转强度 试验	178
习题		136	10.6.3	传动轴扭转疲劳试验	178
<b>第 9 章</b>	<b>转速和扭矩的测量</b>	<b>137</b>	10.6.4	传动轴万向节总成磨损 试验	180
9.1	转速的测量	137	10.7	离合器总成试验	181
9.1.1	转速测量仪的分类	137	10.7.1	离合器的基本工作 状况	181
9.1.2	电子式转速仪	139	10.7.2	惯性式离合器综合性能 试验台	182
9.2	扭矩的测量	143	10.7.3	惯性式离合器性能试验台 试验项目	183
9.2.1	传递法测扭矩	144	10.8	减振器试验	184
9.2.2	平衡力法测扭矩	146	10.8.1	减振器的工作特点及其 要求	184
小结		155	10.8.2	试验项目	184
习题		155	10.8.3	试验方法	185
<b>第 10 章</b>	<b>汽车典型总成试验与 测试</b>	<b>156</b>	小结		187
10.1	发动机磨合试验	156	习题		187
10.1.1	试验测试用驱动及加载 装置	157	<b>第 11 章</b>	<b>汽车整车使用性能试验</b>	<b>188</b>
10.1.2	试验台的结构方案	158	11.1	通用试验条件	188
10.2	无外载测功	160	11.2	汽车参数测量	189
10.2.1	瞬时加速功率测量	160	11.2.1	汽车主要尺寸的测量 方法	189
10.2.2	平均加速功率测量	161	11.2.2	汽车最小转弯直径的测定 试验	191
10.2.3	加速测功仪的逻辑 方案	161	11.2.3	车轮滚动半径测定 试验	192
10.3	变速器总成试验	162	11.2.4	汽车质量参数的测定 试验	193
10.3.1	变速器试验项目	163	11.2.5	汽车质心高度的测定 试验	193
10.3.2	变速器传动效率试验	163	11.3	汽车动力性试验	195
10.3.3	变速器疲劳寿命试验	165			
10.3.4	变速器噪声试验	169			
10.4	驱动桥总成试验	170			
10.4.1	道路试验	170			
10.4.2	驱动桥总成磨合试验	171			
10.4.3	驱动桥总成的综合性 试验	171			

11.3.1 滑行试验及滑行阻力系数测定试验 ..... 195

11.3.2 最低稳定车速试验 ..... 197

11.3.3 最高车速试验 ..... 197

11.3.4 加速性试验 ..... 197

11.3.5 爬坡性能试验 ..... 199

11.3.6 汽车牵引性能试验 ..... 200

11.4 汽车燃油经济性试验 ..... 201

11.4.1 概述 ..... 201

11.4.2 等速行驶燃料消耗量试验 ..... 201

11.4.3 多工况燃料消耗量试验 ..... 202

11.4.4 直接挡全负荷加速燃料消耗量试验 ..... 204

11.4.5 限定条件下的平均使用燃料消耗量试验 ..... 205

11.5 汽车制动性试验 ..... 206

11.5.1 试验项目 ..... 206

11.5.2 制动系试验方法 ..... 206

11.5.3 制动系时间特性测定试验 ..... 208

11.5.4 驻车制动试验方法 ..... 210

11.6 汽车操纵稳定性试验 ..... 211

11.6.1 稳态回转试验 ..... 211

11.6.2 转向瞬态响应试验 ..... 213

11.6.3 转向瞬态转向试验 ..... 214

11.6.4 转向回正试验 ..... 215

11.6.5 转向轻便性试验 ..... 217

11.6.6 蛇形试验 ..... 219

11.7 汽车平顺性试验 ..... 219

11.7.1 概述 ..... 219

11.7.2 随机输入行驶试验 ..... 220

11.7.3 脉冲输入行驶试验 ..... 221

11.8 汽车通过性能试验 ..... 222

小结 ..... 223

习题 ..... 223

**第 12 章 汽车公害及检测** ..... 224

12.1 汽车公害的分类 ..... 224

12.2 汽车排气的检验与测量 ..... 226

12.2.1 试验规范 ..... 226

12.2.2 排气分析的取样方法 ..... 233

12.2.3 分析仪器 ..... 236

12.2.4 气相色谱分析法(GC) ..... 239

12.2.5 烟度测试 ..... 240

12.3 噪声测量 ..... 241

12.3.1 噪声测量中的基本声学概念 ..... 241

12.3.2 噪声测量中的声级计算 ..... 245

12.3.3 噪声评定值 ..... 246

12.3.4 声压和声强测量的基本原理 ..... 248

12.3.5 噪声源的声功率测量 ..... 250

12.3.6 噪声测量仪器 ..... 253

小结 ..... 256

习题 ..... 256

**参考文献** ..... 258

1. 汽车噪声测量方法 ..... 8.01

2. 汽车排气分析仪 ..... 10.01

3. 汽车噪声测试设备 ..... 10.01

4. 汽车噪声测试方法 ..... 10.01

5. 汽车噪声测试标准 ..... 10.01

6. 汽车噪声测试仪器 ..... 10.01

7. 汽车噪声测试原理 ..... 10.01

8. 汽车噪声测试技术 ..... 10.01

9. 汽车噪声测试应用 ..... 10.01

10. 汽车噪声测试案例 ..... 10.01

# 绪 论

**教学提示:** 理论以试验为基础, 试验需要理论作指导, 两者密切结合, 相辅相成, 共同完成工程技术问题的研究。

汽车试验学研究汽车性能试验方法, 主要是整车试验方法、各种参数的测量方法、用于汽车整车或部件试验的设备及数据分析方法。

**教学要求:** 本章主要应掌握汽车试验的类型和汽车试验的意义, 正确认识汽车试验学的意义, 了解汽车试验学的发展过程。

## 1. 汽车试验学的发展

汽车工业作为综合性工业已发展成为衡量一个国家工业水平的重要标志。随着经济建设和社会建设的发展, 我国汽车工业发展迅速且前景广阔。特别是近年来, 国家对汽车产业的政策调整 and 全社会对汽车工业的支持, 使我国汽车的繁荣时代已经到来。

汽车工业的特点是产量大、品种多、使用条件复杂、要求可靠性高。要使汽车产品较好地适应以上要求, 必须对汽车的性能、制造工艺、成本、生产使用效果等进行严格的科学的产品试验研究。

汽车产品在使用或投放市场以前, 必须经过试验、检验, 以确定其是否满足设计要求, 达到预期使用性能, 即通过实践证明理论、发展理论。汽车试验对发展汽车工业和汽车科学理论起着重要的作用, 成为汽车工业的一个重要组成部分, 两者相互促进而且共同发展。

汽车试验的目的是在实际使用中或特定条件下, 考核汽车设计、制造工艺、装配性能、维修等方面是否达到预期的要求, 以确定合理的设计和最佳的运行情况, 不断提高汽车的设计要求和汽车产品的质量。

汽车试验从产生发展到今天, 大致可分为以下 3 个阶段。

第一阶段是汽车试验的初步阶段。

这一阶段大致从第一辆汽车问世到第二次世界大战结束, 主要包括: 基本试验台(设备)的建立、基本试验标准和试验规范的形成。19 世纪末, 随着汽车的问世, 形成了一个新的产业部门——汽车业。由于汽车同工业、农业、国防和人民的日常生活密切相关, 汽车产品的质量便引起了人们的重视。20 世纪初期, 汽车工业首先创立了流水作业的生产方式, 使劳动效率大幅度提高, 生产成本下降, 使用范围和产量急剧扩大, 随之汽车的可靠性、寿命和使用性能等方面的问题暴露了出来, 客观上要求进行试验研究工作, 这样, 汽车试验作为一门学科便应运而生了。由于当时生产上的专业化和协作生产的需要, 从事汽车工业的人们开始制定各种标准, 其中包括汽车试验的方法和规范。这期间的试验先是借用其他相关工业比较成熟的试验技术和设备, 而后随着科学和技术的发展, 汽车生产者逐渐研制出了自己的试验方法、设备等, 如典型的转鼓试验台、闭式试验台等, 这些试验台除了控制和结构方面有所改进外, 其方法和原理一直沿用到现在。尽管这期间所进行

的试验都比较简单, 规模也不大, 试验主要限于在台架和一般道路上进行, 但汽车试验的基本方法和最初的思想是在这一时期形成的。

第二阶段是汽车试验的发展时期。

从第二次世界大战后到 20 世纪 70 年代, 汽车试验理论、试验设备、试验标准和法规都在很大程度上得到了发展, 形成了较完整、较系统的一门学科。这既是汽车工业自身发展的需要, 又是相关工业、相邻学科发展和渗透的结果。汽车空气动力特性、车辆地面力学、车辆结构强度与载荷、车辆实际工作过程等方面的研究, 都涉及多方面的试验理论、试验技术, 如系统理论、相似理论及误差理论、随机数据处理等。这些理论的研究和发展有力地推动了汽车试验技术的发展。20 世纪 60 年代, 随着电子技术、传感器的发展, 出现了各种自动测试控制等方面的仪器, 由传感器采集各有关信息, 进而进行放大、整形、存储、处理, 获得最后的参数。电测技术的发展, 可以使人们借助变换器把各种非电量的信号(如应变、位移等)变换成电量, 从而实现多参数同步测量, 并且易于传输放大、记录, 使试验设备日趋自动化, 而设备的完善进一步使试验测试技术得到了发展。

第三阶段是日臻完善的阶段。

此阶段的主要标志是电子计算机在汽车试验中的应用和大型试验设备的应用, 同时试验理论、标准、法规进一步完善, 测试手段更加先进, 特别是 20 世纪 70~80 年代, 随着单片机、单板机及系统机的普遍使用, 为汽车试验提供了快速准确的运算工具, 同时也提供了先进的试验手段, 可以容易地完成数据采集、处理和试验分析。高度自动化设备——模拟道路状态的电子液压振动试验台、电控转鼓试验台以及现代化风洞、试验场等大型设备、设施的应用和建立, 使汽车试验技术无论在方法上还是在设备上都达到了空前完善的程度。

我国汽车试验起步较晚, 汽车工业及汽车试验都是随着 20 世纪 50 年代第一汽车制造厂的建立而发展起来的, 虽有 50 余年的发展历史, 但真正在各方面取得进步的是 20 世纪 80 年代以来的事。经济建设和汽车工业的蓬勃发展为汽车试验提供了大量的强度、寿命和性能方面的试验方法, 并进行了试验方法的研究和试验法规的制定, 还进行了许多基础性的研究工作, 如车身车架的有限元分析, 路面谱、载荷谱、车辆地面力学、操纵稳定性、随机数据的处理、可靠性研究等, 在试验的基础建设上除了积极引进国外先进的技术 and 设备外, 我国还自力更生创造了不少有自己特点的试验设备和仪器、仪表, 建立了大型现代化试车场, 为我国汽车工业的进一步发展提供了有力的试验手段和可靠的理论依据。

## 2. 汽车试验的类型

(1) 根据试验目的不同, 汽车试验可分为产品检验性试验和科学研究性试验。

① 产品检验性试验。对于汽车产品的检验性试验, 根据其任务不同可分为以下两种情况。

其一是质量检查性试验, 即是对目前汽车产品定期进行检查, 确定产品质量的稳定性, 及时检查出产品中存在的问题。该试验较简单, 通常是针对用户意见进行检查, 并做出检查结论, 每种产品有具体的检查试验规范, 试验时应按此(既定)规范进行。

成批生产的检查性试验是一种定期考核试验, 主要是对产品的性能、质量与使用情况进行抽样检查, 一般是有针对性地进行重点项目的检验。

其二是产品鉴定试验。汽车新产品在投产之前, 必须按国家有关试验标准和规程进行

全面的性能鉴定试验,同时在不同地区(如我国的华南、亚热带、西藏高原、东北寒冷地区等)进行适应性和使用性试验,其鉴定内容有产品的主要参数、基本性能、可靠性与耐久性、维修保养的方便性以及特殊条件的适应性等,这种试验均由国家主管部门组织试验组进行,国家根据试验结论确定其是否可以代替老产品、组织成批生产。

另外,试验样品的试验属产品改进性试验,如整车或部分总成的改进、改装的变型车均属这类。通过这种试验确定试验样品的发展前途,故而也称为发展性试验。此试验较多地带有对比性、反复性,为了尽量缩短试验和样品试制的周期,可以采用由室内台架(各总成台架)试验和道路试验相结合的方法来进行。在允许的条件下,也可以适当地强化试验条件,便于尽早发现薄弱环节,其试验内容以测量其主要参数及基本性能为主,当各项基本性能达到设计要求时,再进行耐久性试验和使用试验。

② 科学研究性试验(简称科研性试验)。实质上,发展性试验也属于科研性试验。科研性试验的范围极其广泛,它主要研究汽车与行驶介质(如道路、土壤等)之间的相互作用、相互制约的规律性,以及研究新结构、新工艺、新材料在一定工况下的应用效果,以寻求改进现有产品或开发研制新产品而进行的试验,寻求提高汽车产品的设计水平与使用寿命的新途径,从而建立汽车学科中的基本理论。另外,新的试验方法和测试技术的探讨、试验标准的制定也是科研性试验的一部分。

当前,提高汽车功率、降低油耗、减少废气公害、消除和限制噪声与振动、改善高速行驶的安全性、提高越野行驶的能力(主要是国防与农业)、应用电子技术等都已成为汽车技术发展中的重大课题。科研性试验可以在室内台架上进行,也可以在专设的试验跑道、试验场或特殊地带进行。科研性试验的条件方法往往与鉴定性试验有较大的差异。

科研性试验与产品检验性试验的区别在于:前者的过程、方法、项目、规范等是根据具体的试验项目而定的,较灵活,试验项目的深度、广度较大,测试精度要求高,一般所用的设备和仪器精度高且较为先进;而产品检验性试验的方法、试验过程、项目、规范等必须根据国家 and 有关部门规定的标准来进行,目的是使被试对象有可比性,能够进行定量分析,使试验工作有章可循。

(2) 按试验对象不同,汽车试验可分为零部件试验、机构总成试验和整车性能试验。

① 零部件试验:对某零部件进行试验,考核其设计和工艺的合理性,测试其刚度和强度、磨损和疲劳寿命,以及研究材料选择的合理性等,如齿轮副、滑动花键等试验。

② 机构总成试验:主要考核机构总成的工作性能和耐久性,如测试发动机功率,变速箱各挡的传动效率,悬挂装置特性及其结构强度、疲劳寿命、耐久性等试验。

③ 整车性能试验:由于汽车的使用条件十分复杂,因此,汽车在道路上或试验室进行整车试验是汽车试验中不可缺少的重要环节。汽车整车试验特别是汽车道路试验,既是一项科学试验工作,又是一种典型的汽车使用实践,它相对于其他汽车试验更接近实际使用情况,也更能发现汽车在使用中可能出现的情况或可靠性问题,考验汽车的设计和制造水平。

考虑到汽车在交通、运输业中的广泛应用和使用条件的复杂多样,对汽车提出的要求亦就各不相同。这样在评价汽车的完善程度时,不能以其某一结构特征为准,而需结合具体使用条件,综合地利用一般使用性能来进行评价,强调使用性能也就是强调整车试验的重要性。

整车试验的基本目的是了解或鉴定新设计的、已生产的或经改进的汽车是否符合使用



要求,是否适应使用条件,发现存在的缺点与问题,通过比较和反复试验找到改进和提高的措施。

整车试验的基本内容是:整车性能试验,适应性、可靠性、耐久性试验。汽车的使用性能是指汽车能适应使用条件而发挥最大工作效率的能力。而性能试验主要包括:动力性能(牵引)、燃油经济性、制动效能、热稳定性、通过性(越野性)、操纵轻便性与稳定性、行驶平顺性、密封性、车内外噪声测定等试验。

适应性试验包括寒冷气候条件下的起动机性能、驾驶室采暖与除霜能力、非金属材料与制动液冷却液的适应性、在酷热气候条件下的抗气阻性能、驾驶室的通风隔热性能等。

可靠性试验包括总成部件的强度、工作可靠性及各项基本性能的稳定性、汽车维修保养的方便性等。

(3) 按试验方法分类,汽车试验可分为室内台架试验、室外道路试验和试车场试验。

① 室内台架试验。室内台架试验是指在试验室内对整车和零部件进行的参数测定以及性能和可靠性试验,一般在专用的台上进行。室内台架试验的特点是试验条件易控制、数据离散小、试验精度高、可比性好、试验周期短、能消除无需研究之因素的影响等。近年来,计算机在汽车试验中得到了广泛的应用,利用计算机控制,在室内进行台架试验时,模拟实际道路试验的工况,可以代替一部分道路试验,这样既可以提高试验精度,也可以大大缩短试验周期。

② 室外道路试验。室外道路试验是目前整车试验主要采取的方式,要求被试汽车装备完整,在专用试车场或选定的典型使用路程上进行整车性能和可靠性试验。因为道路试验是在实际使用道路条件下进行的,可全面评价考核汽车的技术性能,所以是最为普遍的试验方法。特别是各种高性能的小型传感器、电子仪器及磁带记录仪的应用和遥控系统的出现,使道路试验日趋完善。

③ 试车场试验。试车场试验是按预先制定的试验项目规范,在规定的行驶条件下进行的,试车场可设置比实际道路更恶劣的行驶条件和各种典型道路与环境,可以进行可靠性、寿命及环境试验,也可强化试验、缩短试验周期、提高试验结果的对比性。

汽车试验场集中了典型的汽车实际使用情况,而且在不失真的情况下加以强化,比一般行驶条件下的考验更科学、更严格、更迅速。设计和建造汽车试验场是发展产品、提高质量的一项重要技术措施。

### 3. 汽车试验的意义

汽车试验是汽车科学和汽车工业发展的重要手段,汽车工业的发展是与汽车试验技术的不断发展和完善分不开的,试验是改善汽车性能、提高产品质量不可缺少的重要环节,且随着汽车工业的发展,汽车试验在汽车工业中所处的地位也将不断加强,两者相互促进,全面发展。

汽车试验的重要性表现在以下几个方面。

(1) 汽车产量大,应用领域广,涉及国民经济的各个部门,与国家的工业、农业、国防以及人民生命财产的安全都有着直接的关系。工业、农业、国防使用的各种专车要求具有较高的可靠性和适应性,这就在客观上要求进行全方位试验考核。

(2) 汽车使用条件复杂,不同的使用条件对汽车性能要求不同,无论设计时考虑多么周到,也不可能把所有因素都考虑在内,设计制造的好与坏都必须通过试验来验证。

(3) 通过试验来验证和设计产品，提出改进产品性能、提高产品质量的方法。

(4) 汽车试验技术的发展，为汽车理论研究工作提供手段，为建立系统的理论基础提供依据，如汽车操纵稳定性、车辆地面力学等基本理论的研究都是以汽车试验为基础的。

### 小 结

汽车试验学是与汽车工业相互促进而共同发展起来的。汽车试验学的理论、试验手段、技术水平等也因相关行业的进步和提高而阶段性地发展起来，现代汽车试验因其目的和对象而分为多种类型，这也正是汽车试验学的特点。

## 类代已念册的差另 1.1

### 念册的差另 1.1.1

#### 义实的差另 1

的宝林奇器外宝一用对良人为断是籍，量册的差另... 的宝林奇器外宝一用对良人为断是籍，量册的差另... 的宝林奇器外宝一用对良人为断是籍，量册的差另...

#### 表衣示泰的差另 2

差另的式义差另的表，差另的差另的常用量，左进样... 差另的式义差另的表，差另的差另的常用量，左进样...

#### 差另的表 (1)

式示泰下，差另真表... 式示泰下，差另真表...

(1-1)

$$\sigma_x - \sigma_y = \Delta$$

的表义册的册义，量册的义... 的表义册的册义，量册的义... 的表义册的册义，量册的义...

的表义册的册义，量册的义... 的表义册的册义，量册的义... 的表义册的册义，量册的义...



# 第1章 测量误差分析及数据处理

**教学提示：**任何测量都存在误差，误差分析是试验最基本也是最重要的环节。误差分析是将试验所得到的原始数据经过数值修约、换算、统计及归纳演绎等处理，最后以图表及公式等方式表达试验结果。

**教学要求：**了解误差的定义、分类及其各自的特点，明确三类误差的区别与联系，掌握随机误差的计算方法。了解有效数字的运算规则、试验数据的表达方式，理解最小二乘法确定经验公式的基本原理。

## 1.1 误差的概念与分类

### 1.1.1 误差的概念

#### 1. 误差的定义

各项科学研究中所涉及的每一项参数的测量，都是测试人员使用一定的仪器在特定的环境下按某种测试方法进行的。这些待测的物理量虽然其数值是未知的，但在一定条件下它们是客观存在的确定值，这个值称为真值。利用各种测量方法而得到的值就是测量值。由于受到测量仪表、环境条件、测量方法及测试者的观察能力等因素的影响，测量值与真值之间都存在着一定的差值，这个差值称为测量误差。任何测量都存在误差，因此说误差是绝对的，不可避免的。

#### 2. 误差的表示方法

误差的表示方法有多种形式，最常用的是绝对误差、相对误差及允许误差。

##### 1) 绝对误差

绝对误差又称绝对真误差，可表示为：

$$\Delta = x - x_0 \quad (1-1)$$

式中： $\Delta$ 为绝对误差； $x$ 为测量值； $x_0$ 为真值。测量值是广义的测量值，它既包括仪表的示值、量具或元件的标称值，也包括近似计算的近似值。

真值是被测物理量客观存在的值，它是一个理论概念。由于各种因素的影响，通过测量永远得不到真值，因此实际中常把下面几种情况规定为真值。

(1) 理论真值：比如平面三角形的内角和恒为 $180^\circ$ 。

(2) 规定真值：通常是由国际会议约定的，比如单位时间秒(s)是铯原子基态的两个超精细能级之间辐射周期的9192631770倍的持续时间。

(3) 相对真值：高一级标准仪器的误差是低一级标准仪器的误差的 $1/20 \sim 1/3$ ，则可

认为前者是后者的相对真值。  
绝对误差为正值或负值。

## 2) 相对误差

绝对误差无法确切地反映出测量的准确程度,需要引出相对误差的概念。相对误差是绝对误差与真值之比,实际中由于真值无法准确获得,而测量值与真值接近,可近似用绝对误差与测量值之比作为相对误差,通常用百分比表示,即:

$$\delta = \frac{\Delta}{x_0} \approx \frac{\Delta}{x} \quad (1-2)$$

由于绝对误差为正值或负值,故相对误差也可正可负,相对误差通常用于衡量测量的准确度。

## 3) 允许误差

允许误差也称应用误差,它是一种简化和实用方便的相对误差,通常用于划分仪表准确度等级。允许误差的定义为测量值的最大绝对误差与仪表的量程之比,即:

$$\delta_j = \frac{\Delta_{\max}}{A_a - A_b} \times 100\% \quad (1-3)$$

式中:  $A_a$  和  $A_b$  分别为仪表量程的上、下限。

由允许误差的定义可知,对于某一确定的仪表,它的允许误差也就确定了,这为仪器的准确度划分提供了方便,如允许误差为 $\pm 2.5\%$ 的仪器即为2.5级。通常工程用仪表为0.5~4级,实验室用仪表为0.2~0.5级。

### 1.1.2 误差的分类

在测量过程中,产生误差的因素很多,根据这些因素的特点及对测量结果的影响程度,可将测量误差分为3类。

#### 1. 系统误差

在相同条件下,对同一物理量多次测量,其误差的大小和符号保持恒定;在条件改变时,误差遵循一定规律变化,这种误差成为系统误差。由于产生系统误差的因素确定,从而可以采取对它们加以控制,或者根据它们的影响程度对测量结果加以修正。因此系统误差是可以消除的,在正确的测量结果中不应含有系统误差。

#### 2. 随机误差(偶然误差)

在相同条件下,对同一物理量多次测量,其误差的大小和符号均以不可预测的方式变化,这种误差称为随机误差。随机误差是由许多偶然的因素引起的综合结果,这些因素出现与否以及它们的影响都难以确定。随机误差在数值上可正可负、可大可小,其产生原因无法确定,因而无法在测量过程中加以控制和排除。随机误差就个体而言,无规律可循,它是无法预先估计的、不可控制的。但在等精度条件下(同一测量者用同一仪器按同一方法进行测量)的多次测量,若测量次数足够多,其总体服从统计规律。实验证明,随机误差的统计特性大多数服从正态分布。

#### 3. 过失误差(粗大误差)

由于测量者在测量过程中的过失而产生的明显偏离真值的误差称为过失误差。过失误