

《汽车工程手册》编辑委员会

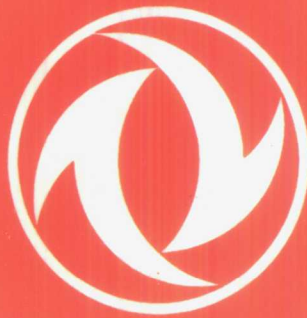
汽车

AUTOMOTIVE
ENGINEERING
HANDBOOK

工程手册

● 试验篇

驰名商标



东风



人民交通出版社

QICHE GONGCHENG SHOUCHE

汽车工程手册

试验篇

《汽车工程手册》编辑委员会

人民交通出版社

汽车

AUTOMOTIVE
ENGINEERING
HANDBOOK

工程手册

试验篇

《汽车工程手册》编辑委员会

人民交通出版社

内 容 提 要

本书是由汽车界上千名技术专家、教授花费多年精力编写的我国汽车行业第一部工具书。本套书共分五册——基础篇、设计篇、试验篇、制造篇、摩托车篇。

本册为试验篇,共分十五章,分别是:试验概论;测试技术;典型试验设备及设施;动力传动系性能试验;制动试验;操纵稳定性试验;振动与噪声试验;可靠性试验;碰撞安全性试验;空气动力特性试验;驾驶方便性、舒适性和平顺性试验;汽车电子电气系统试验;环境保护试验;汽车零部件试验;车身试验。

图书在版编目(CIP)数据

汽车工程手册.试验篇/《汽车工程手册》编辑委员会.
北京:人民交通出版社,2000.12

ISBN 7-114-03808-9

I.汽... II.汽... III.①汽车工程-技术手册②汽车试验-技术手册 IV.U46-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 72803 号

汽车工程手册

试验篇

《汽车工程手册》编辑委员会

正文设计:刘晓方 责任校对:刘高彤 责任印制:张 凯

人民交通出版社出版发行

(100013 北京和平里东街10号)

各地新华书店经销

深圳当纳利旭日印刷有限公司印刷

开本:787×1092 $\frac{1}{16}$ 印张:50.5 插页:1 字数:1700千

2001年5月 第1版

2001年5月 第1版 第1次印刷

印数:0001—5000册 定价:120.00元

ISBN 7-114-03808-9

U·02756

序 言

由汽车界上千名技术专家、教授花费四年多的精力编写的我国汽车行业第一部工程技术工具书——《汽车工程手册》终于在世纪之交问世了,这是我国汽车工业发展中的一项重大技术基础建设。

我国汽车工业从无到有、从小到大历经四十余年,产量已居世界第九位,但在产品技术开发水平方面还处于落后状态。面对国际化市场的严峻挑战,唯一的出路只能是加强开发能力建设,提高工程技术人员的创新能力。一部先进、实用、系统、科学,既总结我们自己的经验,结合我国实际,又广泛吸收国外先进技术并具前瞻性的技术工具书,对于提高我国汽车行业技术水平具有格外重要的意义。

希望这部手册不仅能为工程技术人员、高等院校师生所欢迎,也能对汽车界的经营、管理人员有所帮助,使读者系统地了解当前汽车工业国内外技术水平和发展方向。

这部手册的编著和出版既反映了汽车行业的期盼,又凝聚了主编单位、参编单位以及全行业的心血。这部近 1000 万字巨著的高质量顺利完成也显示了我国汽车行业的技术力量与协同能力。在此我谨代表编审委员会和国家机械工业局向参加编审工作的全体工作人员致以衷心的感谢,并向支持本手册编著出版工作的各个单位致以诚挚的感谢。

作为中国汽车行业第一部工程手册,在编写过程中由于多方面原因,不足之处在所难免,恳请广大读者批评指正。希望这部手册今后还能不断地修订完善,作为全行业的一项重要基础性工作持续下去。

张燮

2000年3月

《汽车工程手册》编审委员会

主任委员：张小虞

委员：(按姓氏笔划为序)

叶平	田炜	朱正林	安庆衡	吕振华
任晓常	孙敏	吴云	陈林	陈永强
陈铁群	何世斌	张兴业	张应吉	宋延光
李家本	赵航	徐仁根	徐兴尧	郭孔辉

《汽车工程手册》编辑委员会

主任委员：冯超

副主任委员：邬惠乐

委员：余志生 康展权 顾柏良 姚贵升 李德宽

《汽车工程手册》编辑办公室

主任：高和生

委员：武兆迁 高瑛

《汽车工程手册》主要编写单位

企 业：中国第一汽车集团公司
东风汽车公司
上海汽车工业(集团)总公司
跃进汽车集团公司
中国汽车工业总公司
天津汽车工业(集团)有限公司

高等院校：清华大学
原吉林工业大学
原武汉汽车工业大学
同济大学
江苏理工大学
原西安公路交通大学

研究院所：中国汽车技术研究中心
长春汽车研究所
东风汽车工程研究院
重庆汽车研究所
南京汽车研究所
上海汽车技术中心
天津摩托车技术中心
重型汽车集团公司技术中心
长沙汽车电器研究所
长春汽车材料研究所
机械部第九设计研究院
机械部汽车规划设计(天津)研究院

《汽车工程手册》编辑说明

编著出版一部中国自己的汽车工程手册的酝酿工作由来已久。1995年6月机械部汽车公司以机汽科[1995]093号文指示立项编辑出版中国汽车工程手册,将其列为“九五”汽车行业重点课题。在批文中提出:“手册的编辑出版是我国汽车行业的一项十分重要的基础性工作,对贯彻汽车工业产业政策,促进我国汽车工业的自主开发,提高行业整体技术水平具有重要意义。”

1995年7月召开了有21个汽车行业主要企事业单位和高校代表参加的汽车工程手册筹备工作会议,与会代表一致表示积极支持“手册”的编辑出版工作。人民交通出版社参与了筹备工作并承担出版任务。

经过近一年时间的筹备,1996年8月在北戴河召开了“汽车工程手册第一次编撰工作会议”。会上讨论通过了包括“汽车工程手册编写方针、要求和措施”、“汽车工程手册编写大纲及控制字数”、“汽车工程手册组织机构”、“汽车工程手册主要编写单位”等文件,确定了“手册”的主要结构、各篇的设置和主要内容、控制字数,特别是确定了各篇的主编、副主编;明确提出了“手册”的目标是为形成自主开发能力和加速科技进步服务。

由于组织和经费等原因,在1997年到1998年初的一年多时间内,“手册”的编写工作受到了较大的影响。1998年6月在北京召开了有国家机械局领导参加的“汽车工程手册第二次编撰工作会议”。会议再次强调:“编辑出版一套技术新、内容实用、使用方便的汽车工程手册是全行业的一件大事,具有十分重要的意义”;要求抓紧编辑出版工作,一定要在“九五”期间,即本世纪末与读者见面。这次会议成了一次再动员会,大大推进了“手册”编撰工作的进展。又经过了约两年的努力,于2000年上半年完成了全部稿件的初稿工作。

为了达到上述目标,我们用以下四个方面来概括对“手册”内容的要求,即:先进;实用;系统;科学。

先进:要能反映、体现当代汽车技术发展的现状,反映先进实用的技术发展趋势,要有高、新的技术含量。

实用:要能有助于形成自主开发能力,有助于提高技术创新能力,有助于提高行业的整体技术水平。总之,是要立足于对中国汽车工业有用。

系统:这是一部大型工具书,要全面系统地包含汽车技术的主要方面,五册书之间要有合理的联系,使读者通过这部手册能掌握全面情况。

科学:在内容上和形式上都要体现科学的编著。要有手册的特点,内容简洁,便于使用。所引用的资料数据尽量可靠、权威。

汽车工程手册分为基础篇、设计篇、试验篇、制造篇(含材料)和摩托车篇共五册。在编撰工作中贯彻了以下方针:

(1)依靠行业力量,集体编写:

这是“手册”编撰中的主要原则。在组织编写队伍时,强调了产、学、研各个领域专家相结合。特别注意请长期处在第一线,有丰富实践经验的专家参加编写。集体编写的重要意义还

在于“手册”的著作权为行业所有,这样也就可能依靠全行业的力量继续修订、更新。参加本“手册”五篇编著审校工作的专家总共近 1000 人。

(2)实行各篇主编负责制。“手册”编撰工作的组织结构为:

编审委员会→编辑委员会→各篇编委会→各章负责人→参加编写的专家

各篇编委会由主编、主审和数名副主编组成。主编即为编委会主任,负责该篇的质量和进度,包括决定该篇具体结构和各章的编写人选,对稿件的完成情况和质量负责。为明确文责,采用在各章、节、段后将主要编著人员署名的方式。参编单位则统一列于手册各篇前页。

编写中对各篇之间的相关章节进行了必要的协调,同时注意了保持各篇的相对独立性和系统性。

(3)增加行业专家审稿程序:

除了正常的校、审、定稿程序外,为确保质量,在每篇稿件完成一审校样后,由编审委员会主持,组织行业中未参加“手册”编著工作的该领域专家审稿,并召开审稿会,对稿件的先进性、实用性、系统性和科学性提出评价和修改意见,各篇编委会据此再对稿件进行必要的修改完善。

在整个编写过程中,我们一直探索的几个问题是:如何结合我国的实际情况,做好先进性与实用性的结合;如何编出“手册”应有的特点;如何既能保证统一的要求又要允许不可避免的作者风格的差异;以及如何在时间、条件的限制下处理好“从无到有”与“精益求精”的关系。

“手册”的编著和出版是我国汽车界全行业共同努力的结果。几年来,从酝酿筹备、编著校审直到付印出版都是在行业各单位的关心和支持下才得以完成。作为行业“九五”重点课题,这项工作自始至终是在机械部汽车司(现为国家机械局)的直接领导和支持下进行的。许多大企业以广告费的方式给予了至关重要的经济支持。特别是担任主编、副主编和参加编审工作的上千名专家教授,其中许多人已经退休,为本书做了大量艰辛的努力,使得这部“手册”终于如期呈现在中国汽车界读者的面前。这一切都是因为大家有一个共同的愿望,就是为振兴中国汽车工业做一点切实的贡献。

国外同类手册已有几十年的历史,并经过多年不断地更新、完善,而我们刚刚迈出第一步。这部汽车工程手册显然在一定程度上也反映了当前我国汽车工业和作者们的综合水平,加上在时间和条件方面所受的限制,肯定有许多不足之处,殷切期望读者批评指正。汽车技术的进展日新月异,我们期待汽车行业能将这部手册的更新、修订工作继续下去,使它更好地为 21 世纪中国汽车工业的大发展服务。

冯 超

2000 年 7 月

《汽车工程手册·试验篇》编委会

主 编：顾柏良

副主编：苏清祖(兼主审) 魏学颜 陆锦清 何泽民 王 瑄

《汽车工程手册·试验篇》评审专家

王汝湜 林水俊 谭泽瀛 王裕民 张维伦
李桂民 李修曾

《汽车工程手册·试验篇》

编写人员名单

(按姓氏笔划为序)

马 骏	马广发	卫修敬	王 瑄	王兴东	王问雄	王若南
王彦军	王维孝	王清国	方茂东	尤林华	文宝忠	冯 超
付伟峰	白原新	孙 林	孙德录	许可芳	许世新	朱西产
朱德春	刘裕源	李 彤	李 洧	李三红	李守成	李修曾
李晨阳	张 雨	张丙军	张学久	陈 倩	陈 蓓	陈光前
陈其中	陈建武	陈奎元	邱少波	何玉军	何泽民	杨正江
杨再珍	陆红雨	陆振新	陆锦清	吴泽民	苏清祖	沈德平
林 建	房国胜	钟声龙	赵燕皎	徐 立	倪佑民	钱俊华
钱裕尧	顾柏良	唐洪斌	郭喜晨	逯 海	符小峰	章化麟
曹红兵	崔光滨	黄建民	程 军	董 建	鲁三才	舒先林
葛如海	裴文天	熊明忠	廖洪波	蔡艳春	霍树军	魏学颜

《汽车工程手册·试验篇》 编写说明

根据 1996 年 8 月底在北戴河召开的“汽车工程手册第一次编撰工作会议”上所确定的汽车工程手册编写方针、编写大纲、各篇的主要内容、控制字数以及“试验篇”的主编、副主编人选,参加该次会议的本篇编委会成员依据对行业情况的了解,并吸取兄弟编委的推荐人选,初步商定了各章的编撰单位及责任人,会后分头进行落实。到 1996 年底,这项工作由于得到行业内各兄弟单位的大力支持,推进较为顺利,除个别章节在落实过程中有些困难外,基本上按原定计划进行。有些章很快地列出了编写提纲落实了执笔人并开始运行。以后,因种种缘故,有将近一年半的时间工作基本上处于半停顿状态。

直至 1998 年 6 月,在北京召开了“汽车工程手册第二次编撰工作会议”,工作得以重新启动。编委会成员根据会议精神,加大了督促力度,并对个别章的编写单位做了调整。为了加快进度、保证质量、协调各章之间的对接,于 1998 年 12 月初在南京召开了由编辑委员会成员、编委会成员、各章主要执笔人及人民交通出版社负责同志参加的“汽车工程手册·试验篇编撰工作会议”,会上就各章的内容、进度、今后的工作计划及存在的问题进行了认真的讨论;并以已写成的两章为例,逐节进行分析、讨论,通过对这两章内容、结构和篇幅的解剖来指导各章编写。同时还对有关章节的内容及篇幅进行了调整,最后由各章负责人明确了交稿日期。会后,在参与编撰工作的全体人员努力下,进展相当顺利,多数章节按计划完成,少数章节因主客观原因稍拖后一些。

为了落实“手册”编辑委员会对初稿的进度要求,编委会成员于 1999 年 9 月利用召开“中国汽车工业科技进步奖评审会”的时机,在上海碰头,通报了各章的编撰进程及存在的问题;并对尚未完成的稿件分头进行催交,对已完成的初稿由主编、副主编分工就其内容、格式、篇幅等进行审校,而后再退回给执笔人予以修改。至 2000 年 3 月底,工作告一段落。全篇共 15 章(比原定的编写大纲多了一章)。参与本篇编撰的单位有:清华大学、江苏理工大学、中国汽车技术研究中心、长春汽车研究所、东风汽车工程研究院、南京汽车研究所、重型汽车集团公司技术中心等,上述各单位有 70 多位教授、专家参加了各章的编撰工作。

2000 年 6 月初,由“手册”编辑委员会邀请行业内该领域专家在京对一稿校样进行了评审,对稿件的实用性、先进性、系统性和科学性提出评价和修改意见,编委会据此再对稿件进行了必要的修改与完善。

2000 年 10 月底至 11 月初,“手册”编辑委员会正副主任委员、本篇编委会成员及人民交通出版社负责同志在琼海对“试验篇”进行了定稿审查,并作最后修改。至此,历时 4 年多(实际工作时间近 3 年)的“试验篇”编撰工作终于划上句号。在此我谨代表“试验篇”编委会向支持本篇编撰、出版工作的行业内各单位及全体工作人员致以衷心地感谢。

鉴于我国汽车试验领域中的试验标准、试验方法、试验项目、试验装备等诸多方面与汽车工业发达国家相比存在有不小的差距,因此在编撰本篇时,根据两次编撰工作会议精神,结合国情,我们强调以实用性为主,兼顾先进性,要写出自己的特色,希望能对本篇的读者起到备

查、提示和启蒙的作用。但限于执笔人及编委会的水平,愿望与现实肯定会有差距,殷切盼望广大读者批评指正,以便在今后修订时更新完善。

此外,“手册”不同于专著,内容广且执笔专家众多,写作风格、表达习惯不同,繁简不一,编委会在最后定稿时,力求作些改进,恐收效不显,敬请读者见谅。

顾柏良

2000年11月

目 录

1 试验概论

1.1 概述	1
1.1.1 试验分类	1
1.1.2 试验计划与组织	1
1.1.3 测量装置的技术特性	3
1.2 试验误差	10
1.2.1 误差来源与分类	10
1.2.2 随机误差	12
1.2.3 系统误差	15
1.2.4 过失误差	17
1.2.5 直接测量参数测定值处理	17
1.2.6 间接测量误差	18
1.3 试验设计	20
1.3.1 概述	20
1.3.2 相似理论与模型试验	21
1.3.3 疲劳试验设计	28
1.4 试验数据处理	33
1.4.1 静态数据处理与结果表达	33
1.4.2 动态数据处理(时域)	40
参考文献	49

2 测试技术

2.1 机械量电测技术	50
2.1.1 电测传感器原理	50
2.1.2 电阻应变片式传感器	63
2.1.3 电桥特性	66
2.1.4 应变式传感器	69
2.1.5 电阻应变仪	70
2.1.6 智能式传感器	74
2.2 汽车试验用基本测量仪表	76
2.2.1 计时仪表	76
2.2.2 行程测量仪表	76
2.2.3 温度测量仪表	76
2.2.4 压力测量仪表	79
2.2.5 流量测量仪表	80
2.2.6 测量转速的仪表	81
2.2.7 测量转矩的仪器	83

2.3 电测记录仪器	86
2.3.1 电位计式记录仪	86
2.3.2 检流计式记录仪	86
2.3.3 磁带记录仪	87
2.3.4 无线遥测技术	91
2.3.5 微机在测试技术中的应用	94
参考文献	100

3 典型试验设备及设施

3.1 环境试验设施	101
3.1.1 高温试验室	101
3.1.2 低温试验室	102
3.1.3 高低温试验室(或称环境试验室)	103
3.2 汽车性能试验设施	105
3.2.1 底盘测功机(又称转鼓试验台)	105
3.2.2 消声室、混响室	107
3.3 模拟设备	109
3.3.1 整车道路模拟试验机	109
3.3.2 驾驶模拟器	112
3.4 汽车试验场	115
3.4.1 概述	115
3.4.2 功用	115
3.4.3 规模	116
3.4.4 试验道路和设施	118
参考文献	126

4 动力传动系性能试验

4.1 动力系统试验概述	127
4.2 发动机性能试验	127
4.2.1 概述	127
4.2.2 发动机功率试验	127
4.2.3 部分负荷性能试验及万有特性试验	129
4.2.4 转矩和转速的测量	130
4.2.5 燃油消耗量的测量	132
4.2.6 气体流量的测量	135
4.2.7 发动机性能匹配调整试验	138
4.2.8 空燃比的测量	145
4.2.9 机械效率的测量	146
4.2.10 示功图的制取	147
4.2.11 高速摄影与激光全息摄影技术	149
4.2.12 发动机台架可靠性试验	150
4.3 传动系性能试验	151
4.3.1 传动系性能试验概述	151
4.3.2 离合器性能试验	151

4.3.3 液力传动装置试验	154
4.3.4 变速器试验	156
4.3.5 万向节传动性能试验	163
4.3.6 驱动桥试验	165
4.3.7 传动系统道路模拟试验装置	168
4.4 底盘测功机及负荷拖车在动力系统试验中的应用	169
4.4.1 概述	169
4.4.2 底盘测功机上道路行驶阻力的设定	169
4.4.3 底盘测功机的应用	171
4.4.4 负荷拖车的结构	175
4.4.5 负荷拖车的工作原理	177
4.4.6 测功负荷拖车的应用	177
4.5 动力性、燃料经济性道路试验	179
4.5.1 概述	179
4.5.2 滑行试验及滑行阻力系数测定	183
4.5.3 动力性试验	185
4.5.4 燃料经济性试验	189
参考文献	198

5 制动试验

5.1 概述	200
5.1.1 整车制动试验	201
5.1.2 制动系统台架试验	203
5.2 整车制动性能试验	206
5.2.1 试验场地和气候条件	206
5.2.2 试验车辆载荷和车辆准备	206
5.2.3 几种制动性能试验简介	206
5.3 制动系统的性能试验	211
5.3.1 制动系统的静特性	211
5.3.2 制动系统的动特性	211
5.3.3 制动主缸的排量匹配试验(液压系统)	212
5.3.4 制动传动机构的效率	212
5.3.5 驾驶员制动时脚动作模拟试验	212
5.3.6 制动系统人一机工程适应性试验	214
5.4 液压制动驱动机构部件试验	214
5.4.1 真空助力器性能要求和试验方法	214
5.4.2 液压制动主缸的性能要求和台架试验方法	216
5.4.3 液压制动轮缸的性能要求和台架试验方法	218
5.4.4 液压制动橡胶皮碗试验	219
5.4.5 液压制动软管试验	221
5.5 气压制动驱动机构部件试验	222
5.5.1 空压机试验	222
5.5.2 气制动用储气筒试验	223
5.5.3 制动气室试验	223

5.5.4	汽车与挂车气压控制装置性能要求和台架试验方法	226
5.5.5	汽车与挂车气压调节保护装置性能要求和台架试验方法	227
5.5.6	气压制动软管试验	227
5.6	制动器台架试验	228
5.6.1	惯性式制动试验台原理及结构	228
5.6.2	轿车制动器性能要求及台架试验方法	230
5.6.3	货车、客车制动器性能要求及台架试验方法	232
5.6.4	驻车制动器性能台架试验方法	234
5.7	制动试验装置简介	235
5.7.1	国外试验台简介	235
5.7.2	国内研制的试验设备概况	236
5.8	国外汽车制动法规及对试验的要求	242
5.8.1	欧洲的制动法规	242
5.8.2	美国的制动法规	244
5.8.3	国际制动法规的协调	246
	参考文献	246

6 操纵稳定性试验

6.1	概述	247
6.1.1	试验的基本原理	247
6.1.2	试验仪器和设备	248
6.1.3	试验场地	250
6.2	操纵稳定性道路试验	252
6.2.1	稳态回转试验	252
6.2.2	转向盘转角阶跃输入试验	255
6.2.3	转向盘转角脉冲输入试验	257
6.2.4	转向回正性能试验	259
6.2.5	转向轻便性试验	261
6.2.6	蛇行试验	263
6.2.7	急促移线试验	265
6.2.8	直线行驶稳定性试验	268
6.2.9	横向风干扰试验	271
6.2.10	操纵稳定性主观评价试验	274
6.3	汽车力学参数的测定	278
6.3.1	汽车质量分配及质心高度试验	278
6.3.2	汽车静态侧倾能力试验	281
6.3.3	转动惯量的测定和估计值	283
6.3.4	转向器总成及转向系总刚度试验	285
6.3.5	前轮定位角的测定	290
6.3.6	汽车静态力学参数试验台	292
6.4	轮胎的机械特性试验	300
6.4.1	概述	300
6.4.2	轮胎机械特性的试验装置	300
6.4.3	轮胎机械特性的试验结果	304

参考文献	307
------	-----

7 振动与噪声试验

7.1 振动试验技术与设备	309
7.1.1 振动测量的基本内容与方法	309
7.1.2 振动测振传感器	310
7.1.3 前置放大器与滤波器	312
7.1.4 振动测量校准	312
7.1.5 激振设备与激振方法	313
7.1.6 振动量的测量	315
7.1.7 汽车动力学系统振动特性的测量	317
7.1.8 振动量评价	322
7.1.9 汽车振动试验	324
7.1.10 信号处理	326
7.2 噪声试验技术与设备	327
7.2.1 噪声的基本特征	327
7.2.2 噪声的评价指标	328
7.2.3 汽车、发动机噪声控制标准	331
7.2.4 噪声测试环境与测量分析仪器	333
7.2.5 汽车噪声测量与试验技术	339
7.2.6 整车、部件总成噪声的测量方法	345
参考文献	352

8 可靠性试验

8.1 概述	353
8.1.1 可靠性的定义及重要性	353
8.1.2 汽车可靠性理论中常用的几种理论分布的应用	354
8.1.3 汽车可靠性的数学表示	355
8.1.4 汽车的故障特征及其分布规律	359
8.1.5 可靠性试验的目的和分类	361
8.1.6 可靠性试验应注意的问题	363
8.1.7 整车可靠性试验规范的编制要点	366
8.1.8 海南汽车试验场——可靠性试验跑道规范简介	367
8.1.9 极限条件可靠性试验	369
8.1.10 特殊环境可靠性试验	370
8.2 可靠性抽样试验	370
8.2.1 什么是可靠性抽样试验	370
8.2.2 抽样试验的基本原理	370
8.2.3 汽车零部件威布尔分布计量一次抽样	372
8.2.4 汽车指数分布计量一次抽样试验	374
8.2.5 指数分布序贯抽样试验	375
8.3 快速可靠性试验	376
8.3.1 快速可靠性试验的基本原则	376
8.3.2 浓缩应力法快速可靠性试验	377