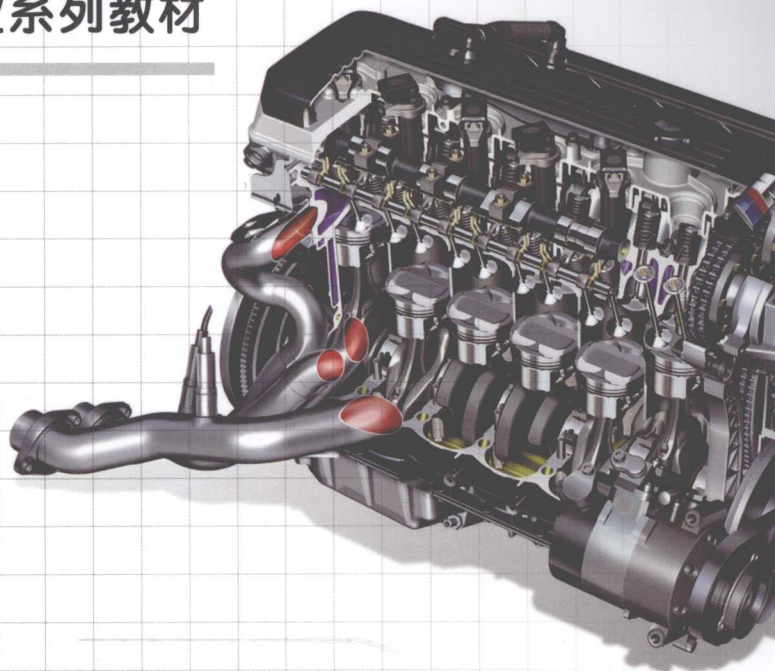


高等学校国家级特色专业
——车辆工程专业系列教材



QI CHEF SHI YAN XUE



YZL10890112792

◎ 尹安东 主 审 ◎ 冯能莲

汽车试验学



合肥工业大学出版社
HEFEI UNIVERSITY OF TECHNOLOGY PRESS

高等学校国家级特色专业——车辆工程专业系列教材

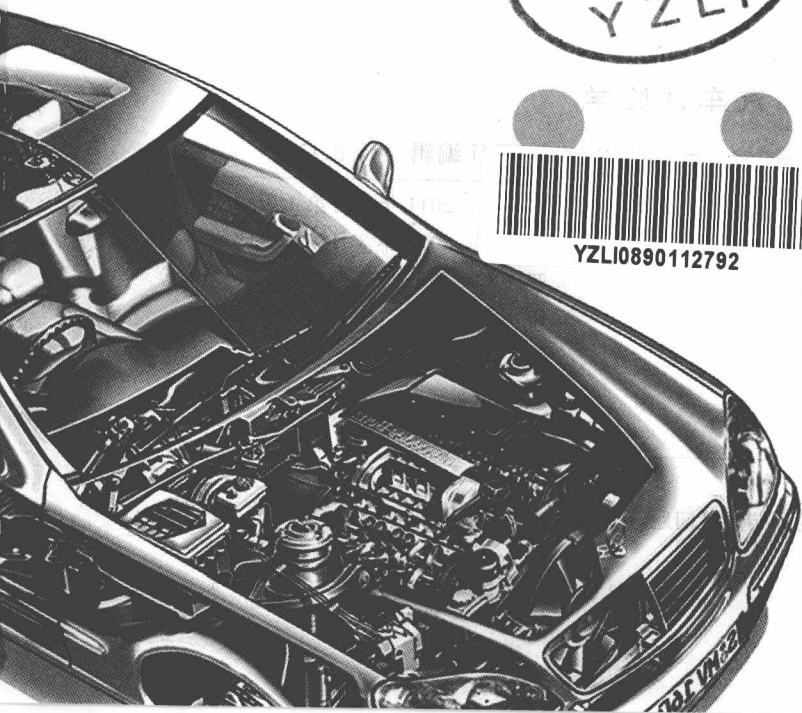
内容简介

汽车试验学

主 编◎尹安东
副主编◎孙 骏
主 审◎冯能莲



YZLI0890112792



合肥工业大学出版社

内容简介

本书参考国家最新的试验标准和试验方法,较为全面和系统地介绍了汽车试验原理、方法及相关技术,同时详细介绍了汽车试验设备和仪器的基本组成原理、试验方法和使用维护等内容。

本书可作为高等院校车辆工程、交通工程及相关专业的教材,也可供有关研究人员、工程技术人员和管理人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

汽车试验学/尹安东主编. —合肥:合肥工业大学出版社,2010.10

ISBN 978-7-5650-0300-4

I. ①汽… II. ①尹… III. ①汽车试验 IV. ①U467

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 214531 号



汽车试验学

尹安东 主编

责任编辑 汤礼广

出版 合肥工业大学出版社
地址 合肥市屯溪路 193 号
邮编 230009
电话 总编室:0551-2903038
发行部:0551-2903198
网址 www.hfutpress.com.cn
E-mail press@hfutpress.com.cn

版次 2011年3月第1版
印次 2011年3月第1次印刷
开本 787毫米×1092毫米 1/16
印张 17.5
字数 425千字
印刷 合肥星光印务有限责任公司
发行 全国新华书店

ISBN 978-7-5650-0300-4

定价: 34.00 元

如果有影响阅读的印装质量问题,请与出版社发行部联系调换

《高等学校国家级特色专业——车辆工程专业系列教材》

审读委员会

主任 陈朝阳

副主任 张代胜

委员 (排名不分先后)

陈无畏 王其东 冯能莲

孙 军 刘昭度 王启瑞

左承基 范迪彬 羊拯民

钱立军 石 琴 卢剑伟

方锡邦

《高等学校国家级特色专业——车辆工程专业系列教材》

编委会

主任 张代胜

编委 (排名不分先后)

张炳力 卢剑伟 钱叶剑

程晓章 尹安东 孙 骏

张 良 陈黎卿 李志超

祝安定 姜 康 刘 俊

本系列教材在编写过程中,曾得到以下学校和企业给予各种形式的支持及无私的帮助,在此对它们谨致以真诚的谢意!

清华大学

湖南大学

北京工业大学

西南交通大学

同济大学

山东理工大学

辽宁工业大学

福州大学

厦门理工学院

长安大学

湖北汽车工业学院

安徽工业大学

安徽工程大学

奇瑞汽车股份有限公司

北京理工大学

武汉理工大学

吉林大学

华东交通大学

重庆理工大学

兰州交通大学

大连交通大学

河南科技大学

江苏大学

西华大学

合肥工业大学

安徽理工大学

安徽江淮汽车集团有限公司

《高等学校国家级特色专业——车辆工程专业系列教材》编委会



序

在我国经济发展转型升级与全面提高国际竞争力的关键时期，培养和造就一大批创新能力强，适应我国经济和社会发展需要的工程技术型人才是增强我国核心竞争力、建设创新型国家、走新型工业化道路的必要条件。“高等工科教育回归工程”和“强化能力导向原则”等基于按社会需求培养人才和教学需要改革的教育理念，是《中华人民共和国高等教育法》提出的“高等教育教学改革务必根据不同类型、不同层次高等学校自身实际”要求和《高等学校本科教学质量与教学改革工程项目管理暂行办法》所坚持的“分类指导、注重特色”原则的创新成果和实践载体。

高等学校应按照“质量工程”的要求对人才培养目标进行合理定位，对教学过程进行科学创新，发挥自身优势，形成各自特色，从而满足社会对多样化的人才需求。人才培养目标的差异性，要求教学内容、教学方法和教材建设具有针对性。《中华人民共和国高等教育法》明确规定：“高等学校根据教学需要，自主制订教学计划、选编教材、组织实施教学活动。”教育部实施本科教育、教学“质量工程”，鼓励和支持高等学校在教学理念等方面进行创新，以形成有利于多样化人才成长的培养体系，满足国家和社会对紧缺人才的需要。

合肥工业大学车辆工程专业于2007年经教育部审批被列为国家级特色专业建设点。也就在同一时间，合肥工业大学成立了《高等学校国家级特色专业——车辆工程专业系列教材》编审委员会，以“打造特色精品教材，促进专业教育发展”的理念规划出版“高等学校汽车类特色专业规划教材”，抓紧对“质量工程”中所要求的“重点规划、建设多样基础教程和专业课程教材，促进高等学校教学内容更新、教材建设多样化”工作的落实。

在教材选题开始设计时，编审委员会便贯彻教育部关于人才培养



适应行业经济和社会发展需要的精神,要求突出教材建设与办学定位、教学目标的一致性和适应性。最终确立了教材编写的指导思想:加强工程意识的培养、加强理论与实践的结合、加强实践教学和工程训练,培养在汽车行业第一线从事车辆研发、试验、营销及管理等工作并能解决实际问题的高等应用型人才。

本系列教材在编写过程中,既严格遵守学科体系的知识构成和教材编写的一般规律,又针对本科人才培养目标和与之相适应的教学特点,科学安排知识内容,注重解决现行教材中部分内容陈旧、特色不明显和学生自主学习无趣等问题,充分体现了“工程基础厚、工作作风实、创业能力强”的合肥工业大学人才培养特色及对国家级特色专业教材的内涵和尺度的准确把握。

本系列教材的出版是所有参与该项工作的人们集体智慧的结晶,也是高等学校进行教学改革、落实“质量工程”要求的成果,相信随着教学改革的深入推进,该系列教材会不断得到丰富和完善。

中国高等学校教学指导委员会委员
中国机械工业教育协会高校教学委员会车辆专业组组长

陈朝阳



前 言

汽车试验与汽车工业的发展紧密相联,汽车技术的发展离不开汽车试验的支撑。没有汽车试验就没有汽车工业的发展,汽车工业的发展又促进了汽车试验技术的发展。在汽车工业快速发展的今天,汽车试验的地位越来越重要。

本书是编者在从事多年汽车试验教学和科研实践的基础上,并参考了大量文献资料编写而成的。考虑到本科教育已逐步由专业教育向素质教育转化的现实,因此编者在组织内容时不仅增加了一些基础理论的内容,扩大了知识覆盖面,同时还注重知识的实用性和系统性,并力求内容通俗易懂。这样做的目的是一方面使学生可以利用较少的学时,全面系统地了解汽车试验研究所需的知识要点;另一方面,也为学生今后深入学习该专业知识提供了方便和条件。此外,在本书的编写过程中,还贯彻国家颁布的相关最新技术标准,如 GB7258—2004《机动车运行安全技术条件》、GB18285—2005《点燃式发动机汽车排气污染物排放限值及测量方法(双怠速法和简易工况法)》和 GB3847—2005《车用压燃式发动机和压燃式发动机汽车排气烟度排放限值及测量方法》等。为增强本书的实用性,还用较多的篇幅介绍最新的试验仪器设备。

全书共分为 14 章,主要介绍了汽车试验基础理论知识,包括汽车试验测试系统的静态、动态特性,汽车试验误差分析,静态、动态试验数据处理等;汽车整车技术参数测试;汽车总成与零部件技术参数测试,包括发动机、传动系、转向系、前照灯和车速表等技术参数测试;汽车基本性能试验,包括动力性、经济性、制动性、操纵稳定性和平顺性等;汽车环保试验,包括排放、噪声试验等。同时还详细介绍了汽车试验设备和仪器的基本组成原理、试验方法和使用维护等内容。全书内容丰富,图文并茂,重点突出。

本书由尹安东担任主编、孙骏担任副主编,北京工业大学冯能莲



教授担任主审。具体编写分工为：第一章、第二章、第三章、第四章、第六章、第十一章、第十三章、第十四章由尹安东编写；第五章、第七章、第八章、第九章由孙骏编写；第十章、第十二章由唐永琪编写。

冯能莲教授在百忙之中，抽出大量时间对本书进行了仔细审校，并提出了许多宝贵建议，在此表示诚挚的谢意。书稿还吸收了成熟教材中的部分内容，在此对原书作者表示衷心的感谢。本书在编写过程中得到合肥工业大学车辆工程系方锡邦教授、钱立军教授、张代胜教授等专家的指教，同时还得到很多企业的大力支持并提供了许多详实的资料，在此一并表示感谢。

本书可作为高等院校车辆工程、交通工程及相关专业的教材，也可供有关研究人员、工程技术人员和管理人员参考。

由于编者水平有限，书中可能存在一定错漏之处，恳请专家、同行及读者批评指正。

编者



目 录

第一章 绪 论	(1)
第一节 汽车试验的发展概况.....	(1)
第二节 汽车试验的分类与特点.....	(2)
第三节 汽车试验的计划与组织.....	(4)
第四节 汽车试验标准.....	(6)
第五节 汽车试验学课程的主要内容	(10)
第二章 汽车试验基础理论	(12)
第一节 试验测试系统组成与特性	(12)
第二节 测量不确定度与误差理论基础	(22)
第三章 汽车整车技术参数测试	(47)
第一节 外观检测	(47)
第二节 汽车主要结构参数测定	(48)
第三节 质量与质心参数的测定	(50)
第四节 通过性参数的测试	(54)
第五节 车轮滚动半径测定	(56)
第六节 稳定性参数的测试	(58)
第四章 汽车主要总成与零部件试验	(61)
第一节 发动机功率测试	(61)
第二节 转向系技术状态参数测试	(68)
第三节 传动系试验	(77)
第四节 车速表检测试验	(87)
第五节 前照灯检测试验	(91)
第五章 汽车动力性能试验	(101)
第一节 滑行试验及滑行阻力系数测定.....	(101)



第二节	车速试验	(104)
第三节	加速性能试验	(106)
第四节	爬坡试验	(108)
第五节	牵引性能试验	(110)
第六节	试验仪器与设备	(110)
第六章	汽车燃料经济性试验	(120)
第一节	乘用车燃料经济性试验	(120)
第二节	商用车燃料经济性试验	(127)
第三节	燃料消耗量试验仪器与设备	(131)
第七章	汽车制动性能试验	(137)
第一节	汽车制动性能的道路试验	(137)
第二节	汽车制动性能试验仪器与设备	(146)
第三节	汽车制动性能的台架试验	(152)
第八章	汽车操纵稳定性试验	(155)
第一节	汽车操纵稳定性评价和试验内容	(155)
第二节	汽车操纵稳定性道路试验	(156)
第三节	试验仪器及设备	(170)
第九章	汽车平顺性试验	(175)
第一节	汽车悬挂系统的特性参数测定	(175)
第二节	道路行驶试验	(179)
第三节	道路模拟台架试验	(187)
第十章	汽车试验场	(192)
第一节	概述	(192)
第二节	道路试验设施	(194)
第十一章	汽车排放污染物测试	(201)
第一节	汽车排放污染物及其测试方法	(201)
第二节	汽油车排放污染物的测试	(208)
第三节	柴油车排放污染物的测试	(214)



第十二章 汽车噪声测试·····	(220)
第一节 概述·····	(220)
第二节 汽车噪声的测试设备·····	(224)
第三节 汽车噪声测试·····	(229)
第十三章 汽车静态试验数据处理·····	(232)
第一节 试验结果的图形表达·····	(232)
第二节 回归分析处理试验数据·····	(235)
第十四章 汽车动态试验数据处理·····	(250)
第一节 动态试验数据分类·····	(250)
第二节 数据分析处理的步骤·····	(254)
第三节 数据的时域分析及应用·····	(256)
第四节 数据的频域分析及应用·····	(263)
参考文献·····	(268)



第一章 绪论

内容提要:本章的主要介绍汽车试验在汽车工业发展中的作用,汽车试验的发展概况,汽车试验的分类,汽车试验的计划和组织,汽车试验标准以及汽车试验学课程的主要内容等。

第一节 汽车试验的发展概况

一、汽车试验的作用

汽车试验是随着汽车工业的建立而产生,随着汽车工业的发展而逐渐成长起来的。自从1893年,美国人亨利·福特制成了第一辆装有小型汽油机的四轮车,1913年,建成世界第一条汽车总装生产流水线以来,大规模生产技术和流水生产线广泛地应用于汽车工业,汽车工业得到迅速的发展。随之而来的汽车产品质量和性能方面的问题比较突出,要求通过试验研究工作加以解决,从而将汽车的试验研究与汽车工业的发展紧密地联系在一起,并且处于越来越重要的地位。

1. 汽车的生产设计方面

无论在新产品的设计还是在现有产品的技术改造过程中,即使在设计制造上考虑得如何周密,但都必须经过试验来检验,通过试验来检验设计思想是否正确,设计的意图是否实现,设计的产品是否适合使用要求等。如产品材料、加工工艺质量的检验,产品性能试验等。

2. 汽车技术研究方面

由于汽车的使用条件复杂,汽车工业所涉及的技术领域又极为广泛(包括机、电、液、气、控制等),许多理论问题还有待于深入研究,不少设计问题还不能根据现有理论作出可以信赖的期望,故需要先进行试验工作。如整车的可靠性试验、零部件的疲劳寿命试验、变速箱齿轮的磨损试验、故障检测等。

3. 汽车使用维修方面

在汽车使用、维护和修理中对汽车的技术状况进行试验和检测(如定期和不定期的安全环保检测和综合性能检测),从而为汽车继续运行或进厂(场)维护、修理提供可靠的依据。

二、汽车试验技术的发展

汽车工业是在19世纪末20世纪初产生的,早期的汽车基本上采用了手工单件方式生产,产品批量小,性能不高而且成本高昂。随着生产方式转向生产流水线作业,部分总成专业化生



产,汽车工业生产率显著提高,成本下降,批量增加,有效地增加了社会保有量。同时 20 世纪上半叶的第二次世界大战对工业技术的刺激作用和战争对军需物资的拉动效应,客观上促进了汽车工业整体技术水平的提高。到了 20 世纪 40 年代,汽车工业已广泛采用了大规模生产技术及流水线生产。而此时道路条件已得到相应的改善,车速明显提高,汽车产品的各项性能存在的问题逐步凸显,迫切需要通过试验研究工作加以解决,并且出于市场竞争的需要,其性价比的提高也是厂商迫切的需求。为此,生产厂商进行大量的相关材料、工艺、可靠性以及性能等方面的试验研究。与此同时,试验技术除借用其他行业比较成熟的方法外,也逐步形成汽车行业自己的试验方法和试验设备,如转鼓试验台、疲劳试验台等,这些设备除结构和控制方面有所改进外,其基本原理沿用至今。此外,道路试验得到了充分的重视,成为汽车试验的基本方法之一,并且建立了早期的汽车试验场。汽车试验工作的基本方法也是在这段时间形成的,并为以后试验技术的发展打下良好的基础。由于专业化和协作生产的需要,也开展了制定各种标准及规范的研究工作,其中包括试验方法标准的制定。

试验技术的发展与试验仪器设备的完善和提高有密切关系。由于电子技术的发展,出现了各种数据采集、变换、放大、存储、处理以及控制等方面的高精度电子仪器。因此,电测量测试技术的应用在现代汽车试验中占有十分重要的地位。

汽车工业发展到 20 世纪 70 年代以后,不仅保持了大规模、多品种和高技术的特性,而且出现一些新的更科学、更合理的生产组织管理制度,使汽车制造业能够大规模地生产高质量、低价格的产品。同时,试验技术也得到了同步的提高与发展,高技术的应用越来越多。特别是电子技术的快速发展,计算机的应用对汽车试验也起到了巨大的促进作用。计算机在汽车的性能预测、强度计算上提供了快速、准确的运算工具,如操纵稳定性、空气动力学特性、车身以及车架的有限元计算等,从而代替了大量多方案比较试验。

此外,道路模拟试验台、转鼓试验台等大型先进试验设备的广泛采用,以及现代化风洞、试验场等大型试验设施的普遍建立,使汽车试验技术无论在方法上或装备上都达到了空前完善的程度。

近年来,由于传感器技术、大规模集成电路、计算机控制和以计算机为核心的智能仪器的发展,传统的电测技术有了质的飞跃,使得汽车的试验技术向着大规模、集成化、智能化方向发展,大大提高了测试工作的效率和水平,客观上也促进了汽车技术和相关研究的发展。

在许多生产企业和研究单位中,试验研究已成为独立的技术部门,拥有试验研究中心和综合性试验基地,能够相对独立完成各种试验研究工作。

第二节 汽车试验的分类与特点

汽车试验可按试验目的、试验对象和试验方法进行分类。

一、按试验目的分类

1. 品质检查试验

对目前生产的汽车产品,定期进行品质检查试验,鉴定产品品质的稳定性,以便及时检查出产品存在的问题。一般情况下试验较简单,通常是针对用户意见进行检查,并作出检查结论。



2. 新产品定型试验

在新型汽车投产之前,首先按规程进行全面性能鉴定试验,同时在不同地区(如我国华南亚热带、西藏高原、东北寒区等)进行适应性和使用性试验。在定型试验中,不容许出现重大损坏、性能恶化及维修频繁等情况。新设计或改进设计的试验样车,则应根据其生产纲领规定试验内容。大批量生产的车型,可先以少量(3辆~8辆)样车考验其设计性能,经改进后,再生产小批量(20辆左右)样车考验其性能、材料与工艺等。

3. 科研性试验

为了改进现有产品或开发研制新产品,必须对汽车的新部件、新结构、新技术、新材料、新工艺等进行深入地研究试验,试验常采用较先进的仪器设备。此外,新的试验方法与测试技术的探讨以及试验标准的制定,也是科研性试验目的之一。

二、按试验对象分类

1. 整车试验

主要考核评定整车的主要技术性能,测出各项技术性能指标,如动力性、经济性、平顺性、制动性及通过性等,其中包括整车基本参数的测定。

2. 机构及总成试验

主要考核机构及总成的工作性能和耐久性,如发动机功率、变速器效率、悬架装置的特性以及它们的结构强度、疲劳寿命和耐久性。

3. 零部件试验

主要考核其设计和工艺的合理性,测试其刚度、强度、磨损和疲劳寿命以及研究材料的选用是否合适。

三、按试验方法分类

1. 室内台架试验

该试验在室内试验台上测试汽车整车及总成和零部件,并能消除不需要研究的某些因素,容易控制试验条件。室内台架试验可以模拟实际使用工况,建立室内台架试验与实际道路试验相应的关系,以代替一部分道路试验,这样不仅提高了试验精度,而且缩短了试验周期。

2. 室外道路试验

汽车在实际使用的道路条件下现场试验,其试验结果比较符合实际使用情况,可全面考核其技术性能,它是应用最普遍的方法。但试验的影响因素多,如条件环境不易控制,受车上空间条件的限制,使传感器的安装及测试参数的记录、处理均较室内试验困难。近年来,已陆续发展了各种高性能的小型传感器和电子仪器作现场记录,大大提高了测试精度,此外,短距离遥测系统的发展,使道路试验技术更趋完善。

3. 试验场试验

该试验是一种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验。试验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,在这种条件下进行可靠性试验、寿命试验及环境试验,也可以进行强化试验以缩短试验周期,提高试验结果的可比性。



第三节 汽车试验的计划与组织

汽车试验是一项技术性较强的工作,同时又是一个涉及多部门、多学科密切配合的系统工程,必须周密计划与组织。试验可分为试验准备、试验实施和试验总结三个阶段进行。

一、试验的准备

1. 制定试验大纲

试验大纲是指导试验的重要技术文件,它关系试验的好坏与成败。根据汽车试验任务提出的要求,按相应的国家试验标准编制试验大纲,经相关机构审批后,方可实施。试验大纲包括以下内容:

(1) 试验目的和任务

明确规定试验必须完成的任务(如需要解决的技术问题、测取的数据及观察的现象等)以及要求达到的目的。试验的目的决定了试验的类型、规模与内容。

(2) 试验的内容与条件

为了完成试验任务所需要的试验内容、试验程序以及试验工作量,对每项试验内容和条件应作简要说明,必要时应附有试验原理图。

(3) 试验项目和测量参数

根据试验内容,详细列出必须进行的试验项目和每个试验项目中必须测量的参数,如制动性能试验需要测量的参数(制动初速度、制动距离和制动时间),并说明由测量参数求得最后性能指标的方法,附必要的计算公式。

(4) 试验仪器

根据试验项目和测量参数,选择试验所用的仪器设备,并提出相应的精度要求。

(5) 试验技术和方法

大纲中规定的与试验有关技术事项、试验方法和步骤,对试验人员的正确操作、检测数据及确保试验成功是十分重要的。因此,需要遵守标准的或法规规定的试验程序和方法。

(6) 人员组织和分工

参加试验人员应该按专业水平和工作需要进行分工,发挥其专业特长,使每个人都有明确的职责,同时建立试验组织系统,组成试验领导指挥系统。

(7) 试验进度计划

根据试验任务和目的以及各个项目进行的先后顺序,确定进度日程计划,以便使试验工作协调有序和按计划进行。

2. 仪器设备准备

根据试验大纲要求,准备好所需的仪器设备。通常整车试验时,应准备好各种传感器和记录仪器等。对室内台架试验要准备好各种辅助支架、连接件、测量仪器、动力设备以及测功设备等。

不论是室内还是室外试验,所有测试仪器与设备都应满足试验的测量范围、容量和精度的要求。使用前应对各种传感器、测试仪器进行定度(标定),定度(标定)的数据应记录并填入试验报告中。



3. 人员配备和试验记录表格准备

根据试验项目和测试数据,配备参加试验人员,明确每人的任务和相互间的配合,熟练掌握仪器设备的操作方法和驾驶技术,并拟定试验记录表格和数据处理表格。对自动打印或记录的测试系统,要设计打印格式、记录图形的方式与格式。

二、汽车试验的实施

汽车试验实施阶段一般经历以下几个阶段:启动预热、工况监测、采样读数 and 校核数据。

1. 启动预热

无论是整车试验还是总成、部件试验,除另有规定外(如汽车冷启动),都必须经过启动预热过程,使试验设备和被试汽车或总成都达到正常工作状态,一般负荷由小到大,转速由低到高进行试验。

2. 工况监测

试验进行中,必须随时监测汽车和设备的运转工况(如发动机水温、机油温度等),检查测试仪器的工作状况。

3. 采样读数

按试验大纲规定,在指定工况下采样读数和记录。在稳态试验中,要读取或记录在一定时间内的稳定值。在动态瞬时试验中,要使被测件的动作和记录同步。如采用自动采样记录系统,可快速记录大量数据,并由计算机计算出所需要的参数,画出关系曲线或图形。

4. 校核数据

在试验结束后,应立即汇总主要测试数据,检查、校核各参数测定值,及时做出试验是否有效的判断。若发现数据遗漏、偏差过大或数据互相矛盾,明显不合理,则要分析原因,采取改进措施,重新进行试验。

在试验实施中,必须遵守下列原则:

- (1) 试验现场不得临时变更项目或内容,以避免考虑不周、准备不足而发生安全事故。
- (2) 试验中发现汽车、设备及仪器出现故障,应停止试验,进行维修。
- (3) 试验大纲中规定的允许最大负荷、最高转速、最大压力及最高车速等极限值,试验人员应明白,任何情况下不得超过极限值。
- (4) 测试数据应随时观察,及时汇总处理,发现问题及时在试验中解决。
- (5) 试验中,对确保人身安全必须做出明确规定,同时还要采取相应的安全措施。

三、汽车试验总结

试验完成后的总结工作,包括对试验中观察到的现象和发现的问题进行定性的分析研究,对测得的数据进行统计理论和误差分析理论处理,获得必要的信息和参数,以确定实测所得的性能指标和参数间的关系,在强度、疲劳及磨损试验完毕后,对试件的损坏情况进行分析、检查和测量,取得必要的试验数据。在完成上述工作后,对试验数据和资料再进一步归纳上升到理论高度,得出规律,对被测对象做出评价,并得出结论,撰写试验报告和研究报告。

试验报告内容一般包括:问题的提出和简要测试方案,试验条件描述(如地面状况、测试工况、气温、风向、风速)等。它便于试验结果比较和应用结果时参考;试验方案设计与试验