

绪 论

1.1 汽车测试技术的发展与现状

在汽车工业迅速发展的今天,测试技术逐渐成为汽车工业发展中不可或缺的一部分。汽车工业的发展离不开汽车测试技术的支撑,而汽车测试技术又在汽车工业的发展过程中不断实现技术创新和完善。

测试技术是伴随科学技术的高度发展而逐渐成长起来的,主要是指在科学技术高度发展的今天进行汽车测试所采用的技术。汽车测试技术主要包括试验技术和检测技术两大部分。试验技术侧重于研究,多用于产品设计开发阶段;检测技术侧重于汽车的管理,多用于汽车的维护和维修方面。由于汽车产品直接面对全球所有的用户,而其使用条件又在极其复杂的交通环境中,因此,汽车产品在其设计和生产过程中都必须避免任何缺陷,将潜在的危险系数降到最低。要避免存在任何缺陷的汽车产品投放市场,最有效的方法就是进行大量广泛的汽车测试试验。测试可以帮助设计人员了解汽车在实际使用中各个现象的本质及其规律,为解决问题提供依据,同时也为测试技术的进步提供动力。因此随着科技的发展特别是汽车电子技术的不断发展,对汽车测试技术提出了新的更高要求。与普通的测量技术相比,现代测试技术测量范围更广,测试精度更为准确,所采用的技术也更为先进、复杂。汽车测试技术在保证整车的性能、汽车各零部件的性能和质量、提高汽车产品竞争力等方面具有极其重要的意义。

汽车工业从诞生到现在已经经历了 100 多年的历史。早期的生产阶段,主要利用手工方式进行生产,产量少,速度低,性能和质量不能保证,并且成本高昂,因为人们对性能和质量的追求提不出具体要求,因此,早期生产阶段的汽车测试一直处于比较原始的阶段。

20 世纪初,全世界第一条汽车总装生产流水线建成,这宣告了汽车大批量生产阶段的开始,劳动生产率的显著提高使得成本下降、产量增加,并扩大了汽车产品的使用范围,但随之而来的是汽车使用可靠性、寿命及产品性能等方面的问题。为了使生产流水线的高效率、低成本的优势得以充分发挥,各厂家急需进行各项试验研究工作,包括有关材料、工艺、可靠性、寿命以及性能等诸多方面。由于专业化和协作生产的需要,同时也进行了制定行业内各项标准和规范的相关工作,推动了汽车行业标准化工作的长足发展。在此期间,汽车行业的测试技术在借鉴其他行业较为成熟的测试方法和技术的基础上,逐渐形成了自己的试验方法和试验研究体系,研究出了具有汽车行业本身特点的系统性汽车测试方法,同时开发了符

合汽车行业发展要求的试验仪器设备,如转鼓试验台、研究汽车空气动力学的试验风洞、闭式试验台及疲劳试验台等,这些设备除了在结构和控制方面有所改进外,其基本原理一直沿用至今。在此阶段,汽车生产厂家同样重视道路测试方面的问题,道路测试成为汽车测试的基本方法之一。1924 年美国通用汽车公司在全球率先建起了规模强大、功能齐全的MILFORD 试车场,由此拉开了汽车制造商竞相建设汽车试验场地的序幕。

第二次世界大战后到 20 世纪 70 年代,世界汽车保有量持续增加,人们对汽车性能和质量的要求日渐增长,国际上有影响力的各大汽车制造公司均相继拥有了自己的汽车试验场。汽车生产方式的变化不仅使汽车的性能和质量得到显著提高,同时带来了汽车试验方法的根本变革。测试技术的发展与测试仪器的发展和完善有着密切的关系。到 20 世纪 70 年代以后,由于计算机技术和电子技术的发展,汽车工业不仅保持了大规模、高产量、品种多等优势,同时出现了高精度的电子测试仪器,应用了各种先进的传感器。

20 世纪 80 年代,美国国家仪器公司(National Instruments Corporation, NI)率先提出虚拟仪器的概念,并制造出世界上第一套虚拟仪器系统。该系统明显优于传统的测试仪,克服了某些硬件检测仪器需要使用模拟跟踪仪绘制曲线,靠人工区别辨认的缺点,更加有利于系统功能的扩充和智能测试与诊断的开发。有了虚拟仪器系统的智能化技术和设备的支持,国际上各大汽车制造商为了提高自身的竞争力,纷纷投巨资建立属于自己的大规模汽车实验室和汽车试验场。从此,汽车试验仪器设备系统的结构发生了根本性的变化,开辟了系统全数字化处理的时代。

我国的汽车工业自新中国成立以来,也经历了若干个发展阶段。汽车测试技术也随着我国汽车工业的发展壮大实现从无到有、从小到大的突破。在学习国外先进技术及经验,创立自己的试验方法及标准,建立自己的实验基地等方面都进行了大量的研究工作。1953 年第一汽车制造厂破土动工,1956 年我国生产的第一辆汽车下线。但是由于轿车制造技术的水平有限,整车的乘坐舒适性及性能质量等都不高。这对我国汽车制造和测试技术提出了要求,急需开展对汽车测试技术的研究。

20 世纪 60 年代,我国开始研究汽车测试技术,当时为满足汽车维修的需要,主要对发动机汽缸漏气量检测仪、点火正时灯等检测设备进行了研究和开发。到了 70 年代,我国开始大力发展汽车测试技术,主要研制开发了反力式汽车制动试验台、惯性式汽车制动试验台、发动机综合检测仪、汽车性能综合检验台。80 年代以后,随着我国机动车保有量持续增加和公路交通基础设施的迅猛发展,对汽车测试诊断技术和设备的需求也与日俱增。1990 年交通部发布了第 13 号部令《汽车运输业车辆技术管理规定》,1991 年交通部发布第 29 号部令《汽车运输业车辆综合性能检测站管理办法》,由此在全国掀起了建设汽车综合性能检测站的高潮。

进入 21 世纪后,汽车电子控制技术不断发展,汽车工业也逐步转向智能化管理和生产,商品生产进入了成熟阶段。由于人们对安全、环保、节能、整车性能和舒适性等方面的追求,对汽车测试技术提出了更高的要求,这也推动了车载测试系统朝着大规模、集成化、智能化的方向发展。交通运输管理部门制定了涉及车辆方方面面细致的测试标准,极大地推动了我国汽车测试技术的发展。

1.2 汽车测试技术的研究内容

试验是指已知某种事物时,为了解它的性能或者结果而进行的试用操作。汽车试验用实际行驶或模拟的方法对汽车整车及总成进行试验,考察其各种性能和寿命是否达到预期的目标。测量是按照某种规律,用数据来描述观察到的现象,即对事物做出量化描述。测试则可以理解为试验和测量的综合,即具有试验性质的测量,是为了获取有关研究对象的状态、运动和特征等方面的信息而进行的研究工作。

由于汽车是机、电、液一体化的产品,其零部件种类繁多、结构复杂、性能差异大,因此汽车测试系统的构成也极其复杂,测试目的多种多样。按试验特征的不同,汽车试验可分为室内台架试验、汽车试验场试验和实际道路试验三种;按试验对象的不同,汽车试验可分为整车试验、总成与大系统试验、零部件试验三大类;按试验目的的不同,汽车试验可分为质检试验、新产品定型试验和科研试验三类。汽车的试验研究通常是一项技术性较强的工作,必须周密计划与组织。

测试技术主要采用电测法,测试信号在系统组成单元之间传递,首先将被测物理量转换成电信号,经信号调理、传输、数据采集、信号处理后以适当的形式显示输出。这一转换过程决定了测试系统的组成,测试系统主要由传感器、信号转换和处理电路、显示与记录仪、数据处理器以及打印机等外围设备组成,如图 1-1 所示。

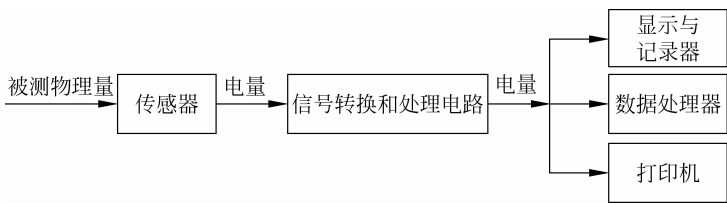


图 1-1 测试系统的组成

传感器是整个测试系统的首要关键环节,是测试的源头,它的作用是从被测对象中获取需要的非电量,并转换成便于放大、记录的电量,由敏感元件和传感元件两个基本部分组成。在工业化大规模生产过程中,几乎都是利用传感器对众多参数信息进行准确有效的采集,以便于对生产过程进行实时监控,使生产设备处于最佳的运转状态。

根据测量任务的不同,中间的信号转换和处理电路有很大的伸缩性。简单测试系统中可以完全省略,将传感器记录的信息直接进行显示或输出。在一般测试的过程中,信号处理是必不可少的。信号处理是对来自传感器的微弱信号进行放大、调制与调解、滤波等处理,更方便于整个测试系统后续环节的处理和输出。复杂的测试系统中,一般利用计算机进行信号的数据处理。传输是用导线把测量仪器与被测对象联系起来,完成信号的传递,一般在远距离测量的任务过程中是必不可少的。

信号显示及记录仪模块的作用是将传感器测得的物理量经信号转换和处理后变成的电压或电流信号不失真地记录和显示。按显示方式分,一般有模拟显示、数字显示、屏幕显示等多种显示方式。若按记录方式分,又可以分为模拟式记录仪和数字式记录仪两大部分。

数据处理器以及打印机等外围设备是整个测试系统的延伸,它们对测试系统输出的信号作进一步处理,以便使所测信号更加明确化、可视化。

此外,被测对象和观察者同样是整个测试系统的一部分。被测对象与传感器之间不同的连接方式会对传感器的测试结果产生不同程度的影响和作用,同样观察者自身行为和方式也会直接或间接地影响测试系统的传递特性,所以在评价整个测试系统的性能时不能忽视这两个环节。

1.3 本课程的研究对象和学习方法

汽车测试技术直接影响到汽车工业的发展。随着对汽车测试技术重视程度的提高,人们在测试技术的研究方面投入的财力和精力也越来越大,用于试验的设备、设施和技术手段也越来越先进。本课程研究的对象是汽车在研究与开发过程中与测试相关的技术。对于高等学校车辆工程专业、汽车服务工程专业及相关专业的学生来讲,“汽车测试技术”是一门专业基础课。通过本课程的学习,学生应掌握有关测试技术的基本理论和技术,培养学生能较为正确地选择测试装置,逐步掌握试验方法和测试技术,正确处理试验数据和分析试验结果,为学生的进一步学习、研究和处理汽车工程技术中的测试技术问题打下基础。

本课程主要包括:

- (1) 掌握各类常用传感器的基本原理、结构、性能参数,了解其选用原则,能够较为正确地选用传感器。
- (2) 掌握数据信号变化的处理理论和方法,能够对数据进行正确的误差分析。
- (3) 了解与汽车发动机相关的测试方法、测试仪器、性能指标等。
- (4) 汽车电控单元与车载总线系统技术基础。
- (5) 掌握卫星定位系统的组成及其工作原理,了解差分定位的概念,以及卫星定位在车辆测试技术中的应用情况。
- (6) 了解汽车工程中典型的汽车动力性、经济性的测试技术和方法。
- (7) 掌握三坐标测量机的概念,三坐标测量机的构成要素、种类、作用及其在主要工业中的应用等内容。了解逆向工程的概念,掌握点云数据的采集、处理等内容。
- (8) 掌握汽车振动测试的常用仪器和振动测试中的常用的信号处理方法,了解振动量的测量及评价等内容。
- (9) 掌握噪声基础知识,了解噪声测试仪器及测试方法等内容。
- (10) 了解汽车结构应变、应力测试等方面的知识,掌握汽车结构主应变、主应力、相当应力的确定及其测试原理等方面的内容。

“汽车测试技术”课程涉及过去所学的许多相关知识,需要多种学科知识的综合运用,其内容包括常用的试验基本理论和技能,具有涉及面宽、实践性强的特点。学生在学习过程中要注意理解物理概念,掌握基本原理和特性,密切联系实际,加强实践环节。学习中,学生必须通过必要的试验课,亲自动手完成某些试验项目的全过程,得到科学试验能力的基本训练,才能掌握有关试验的知识和测试技术,初步具有在实际生产、科研中组织、实施各种试验工作的能力。

信号和传感器

测量是为了确定被测对象的量值而进行的试验过程。汽车测试是测量与试验的综合，是为获得汽车的状态、运动和特征等方面的信息而进行的。信息反映了系统的运动状态和特性。信息本身不是物质，也不具有能量，但信息的传输却要依靠有能量的信号作为载体。

汽车测试设备即测试系统一般由传感器、信号调理设备、信号记录仪、数据采集设备、数据处理与显示设备等组成。传感器是测试系统的第一个环节，是测试系统与被测对象直接发生联系的装置。传感器将力、应力、压力、转矩、位移、速度、加速度、温度、流量和时间等被测非电物理量，转换为与之相应且容易检测、传输的电量信号（电压、电流、电阻、电容等）。

2.1 汽车信号及其分类

2.1.1 信号的分类及描述

信号的分类主要是依据信号波形特征来划分的。信号波形是指被测信号的信号幅值随时间的变化历程。从不同的角度观察信号，可得到以下分类：

- (1) 按照信号描述(数学表达式)，分为确定性信号和非确定性信号；
- (2) 按照连续性，分为连续信号和离散信号；
- (3) 按照信号的幅值和能量，分为能量信号和功率信号。

表 2-1 按信号描述进行了详细分类。

表 2-1 信号分类一

信号	确定性信号	周期信号	正弦(简谐)信号
			复杂周期信号
		非周期信号	准周期信号
			瞬变信号
	非确定性(随机)信号	平稳随机信号	各态历经信号
		非平稳随机信号	非各态历经信号

1. 确定性信号

可以用明确的数学关系式描述的信号称为确定性信号。

- (1) 周期信号：幅值随时间做周期性重复变化的信号。

- ① 正弦信号：表达式为正弦函数的信号。
- ② 复杂周期信号：由若干频率之比为有理数的正弦波叠加而成的信号。
- (2) 非周期信号：可用明确的时间函数描述,但是不具有周期性。一般具有瞬变性。
- ① 准周期信号：有限个周期信号的合成,但是各周期信号的频率比不是有理数。
- ② 瞬变信号：在有限时间段存在,或随时间的增加幅值衰减至零。

2. 随机信号

不能用精确的数学关系式描述,其幅值相位变化是不可预知的,随机信号具有统计规律性。

(1) 平稳随机信号：均值、方差和自相关函数计算结果与采样时刻选取无关的随机信号。

① 各态历经信号：若一个平稳随机过程中,每个样本函数的均值、方差及自相关函数均相等,则称为各态历经随机过程,其信号为各态历经信号。

② 非各态历经信号：不满足各态历经条件的平稳信号。

(2) 非平稳随机信号：不满足平稳随机条件的随机信号。

表 2-2 按照连续性进行了分类。

表 2-2 信号分类二

信号	连续信号(在所有时间点上定义)	模拟信号(信号的幅值与时间均连续)
		一般连续信号(时间连续)
	离散信号(在若干时间点上定义)	一般离散信号(时间离散)
		数字信号(信号的幅值与时间均离散)

表 2-3 按照信号的幅值和能量进行了分类。

表 2-3 信号分类三

信号	能量信号	能量为有限值的信号(一般持续时间有限的瞬态信号为能量信号)
	功率信号	能量不是有限值,宜研究其平均功率的信号(一般持续时间无限的信号)

2.1.2 汽车电子信号的类型

当今汽车控制系统中具有五种基本类型的电子信号,它们可以看成是电子控制系统中各个传感器、控制电脑和其他设备之间相互通信的基本语言,就像英文中的字母,它们都有不同的“发音”。正是因为它们中各自不同的特点,达到了不同通信的目的。

当今汽车电子信号有以下五大基本类型。

1. 直流信号

在汽车中产生直流信号的传感器或电源装置有蓄电池电压或发动机控制电脑(PCM)输出的传感器参考电压。

产生直流信号的传感器有发动机冷却液温度传感器、燃油温度传感器、进气温度传感

器、节气门位置传感器、废气再循环压力传感器,翼板式或热丝式空气流量计、真空和节气门开关,以及通用汽车、克莱斯勒汽车和亚洲汽车的进气压力传感器。

2. 交流信号

在汽车中产生交流信号的传感器和装置有车速传感器、轮速传感器、磁电式曲轴转角和凸轮轴传感器、进气歧管绝对压力传感器、爆震传感器。

3. 频率调制信号

在汽车中产生可变频率信号的传感器和装置有数字式空气流量计、数字式进气压力传感器、光电式车速传感器、霍尔式车速传感器、光电式曲轴转角和凸轮轴传感器、霍尔式曲轴转角和凸轮轴传感器。

4. 脉宽调制信号

在汽车中产生脉宽调制信号的电路和装置有初级点火线圈、电子点火正时电路、废气再循环控制(EGR)、净化涡轮增压和其他控制电磁阀、喷油器、怠速控制电机和电磁阀。

5. 串行数据(多路)信号

串行数据是计算机的通信语言。串行数据使得车身控制电脑、发动机控制电脑、灯光控制单元、防抱死制动系统和悬挂控制单元及许多其他控制单元之间的通信有可能得以实现。串行数据由发动机控制电脑(PCM)、车身控制电脑(BCM)和防抱死制动系统(ABS)或其控制模块产生。

2.1.3 汽车电子信号的判定依据

对于五种汽车电子信号而言,控制电脑在判定特定的信息类型时会遵循一定的判定依据,因为控制电脑需要通过分辨这些特征来识别各个传感器提供的各种信息并依据这些特征来发出各种命令,指挥不同的执行器动作,这些特征就是汽车电子信号的五种判定依据。

这五种判定依据如下。

- (1) 幅值: 电子信号在一定点上的即时电压;
- (2) 频率: 电子信号在两个事件或循环之间的时间,一般指每秒的循环数(Hz);
- (3) 形状: 电子信号的外形特征,它的曲线、轮廓和上升沿、下降沿等;
- (4) 脉冲宽度: 电子信号所占的时间或占空比;

(5) 阵列: 组成专门信息信号的重复方式,例如1#缸传送给发动机控制电脑的上止点同步脉冲信号,或传给解码器的有关冷却水温度是210°F^①的串行数据流等。

① $t(^{\circ}\text{C}) = \frac{5}{9}[t(^{\circ}\text{F}) - 32]$

每个“五要素”电子信号都可以用五种判定尺度中的一个或多个特征组成,如表 2-4 所示。

表 2-4 电子信号的判定依据

信号类型	判 断 依 据				
	幅度	频率	形状	脉冲宽度	阵列
直流	√				
交流	√	√	√		
频率调制	√	√	√		
脉宽调制	√	√	√	√	
串行数据	√	√	√	√	√

2.2 传感器的组成

传感器是将各种非电量(物理量、化学量、生物量等)按一定规律转换成便于传输和处理的另一种物理量(一般为电量)的装置。

传感器一般由敏感元件、转换元件和测量电路三部分组成,必要时还需要辅助电源电路,组成框图如图 2-1 所示。

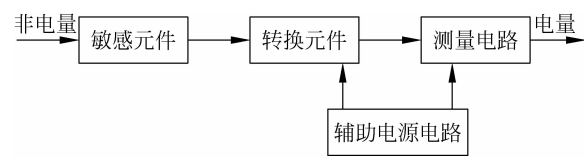


图 2-1 传感器组成框图

1. 敏感元件

敏感元件是指能够完成预变换的器件,又称为预变换器。

在非电量变换成电量的过程中,并非所有的非电量都能利用现有手段直接变换为电量,往往需要先将被测非电量预先变换为另一种易于变换成电量的非电量,然后再变换为电量。因此在传感器中,各种类型的弹性元件常被称为敏感元件,并统称为弹性敏感元件。

2. 转换元件

转换元件是指将感受到的非电量直接转换为电量的器件。例如,压电晶体、热电偶等。

并非所有的传感器都包括敏感元件和转换元件。如热敏电阻、压敏电阻和光电元件等,这些传感器的敏感元件和转换元件可以合二为一。

3. 测量电路

测量电路是指将转换元件输出的电量转变成便于显示、记录、控制和处理等电信号的

电路。

测量电路的类型取决于转换元件的类型,常用的有电桥电路、脉冲调制电路、振荡电路和高阻抗输入电路等。图 2-2 展示了汽车传感器的分布。



图 2-2 汽车传感器分布图

2.3 车用传感器的分类

1. 根据工作原理分类

根据工作原理分为电阻式、电容式、电感式、压电式、光电式、磁电式、热电式、霍尔式、超声波式传感器等。

2. 根据功能分类

(1) 发动机电子控制用传感器：如空气流量传感器、曲轴转角传感器、发动机转速传感器、爆震传感器、进气温度传感器、冷却水温度传感器等；

(2) 底盘检测与控制传感器：如车高传感器、转向角度传感器、车速传感器等；

(3) 为驾驶员提供信息的传感器：如汽车仪表电子装置中使用的各种传感器,地磁矢量传感器等；

(4) 提高乘坐舒适性装置中使用的传感器：如座椅位置调整用的电位计式电阻传感器等。

3. 根据被测物理量分类

根据被测物理量分为温度传感器、空气流量传感器、压力传感器、位置与角度传感器、速

度与加速度传感器、振动传感器、气体浓度传感器等,详细分类见表 2-5。

表 2-5 车用传感器分类表

温度传感器	冷却液温度传感器
	进气温度传感器
	变速器油温传感器
	排气温度传感器(催化剤温度)
	EGR 检测温度传感器
	车外温度传感器
	车内温度传感器
	日照温度传感器
	蒸发器出口温度传感器
	冷却液温度传感器
	蓄电池温度传感器
	热敏开关
空气流量传感器	翼片式空气流量传感器
	卡门涡旋式空气流量传感器
	热线式空气流量传感器
	热膜式空气流量传感器
压力传感器	进气歧管压力传感器
	大气压力传感器
	空气滤清器真空开关
	机油压力开关
	空调高压/低压开关
	油压助力制动系统中的油压传感器
	主动悬架系统中的油压传感器
	制动主缸油压传感器
	蓄压器压力传感器
	增压传感器
位置与角度传感器	节气门位置传感器
	转向角度传感器
	光电式车高传感器
	液位传感器
速度与加速度传感器	曲轴位置(发动机转速)传感器
	上止点位置传感器
	缸位判别传感器
	车速传感器(输出轴)
	输入轴转速传感器
	轮速传感器
	ABS 加速度传感器
振动传感器	碰撞传感器
	爆震传感器
气体浓度传感器	氧传感器
	稀薄混合气传感器
	烟雾浓度传感器