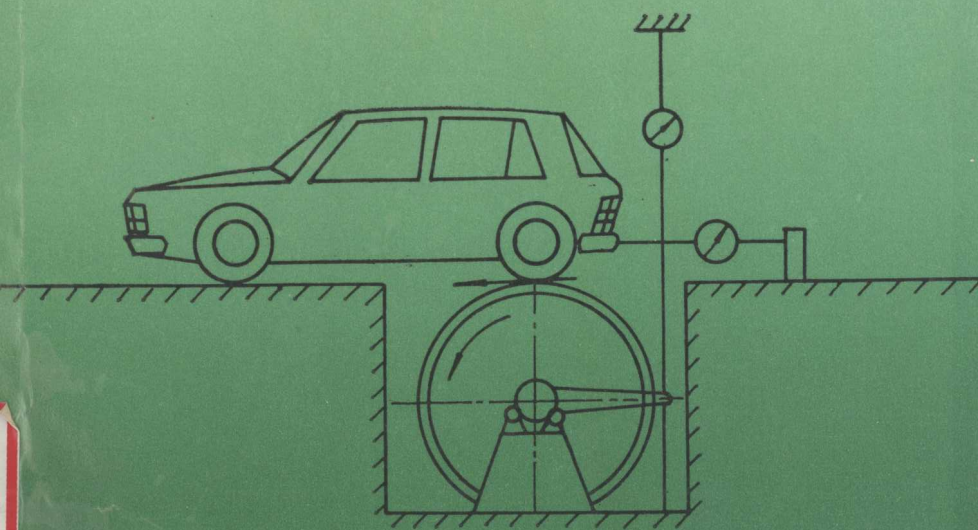


汽车检测技术

卫修敬 编著



东南大学出版社

汽车检测技术

卫修敬 编著

东南大学出版社

(苏) 新登字第 012 号

内 容 提 要

本书主要介绍车辆检测的方法、原理和检验标准,检测中的误差计算,并介绍了所用仪器与设备的结构、原理和使用方法。全书共分六章,分别讲述了汽车试验与测量概论;汽车动力性检测与底盘测功器;汽车安全检验与制动试验台;前轮定位检测与侧滑试验台;车辆的环境公害与检测以及车辆燃料经济性的检测等内容。本书内容丰富,具有一定的理论性、实践性和实用性。

本书可作为大、中专院校汽车专业的教学参考书,也可供从事汽车、农用运输车和其它车辆的检测和实验工作的技术人员参考。

责任编辑 黄英萍

汽 车 检 测 技 术

卫修敬 编著

*

东南大学出版社出版发行

(南京四牌楼2号 邮编 210018)

江苏理工大学印刷厂印刷

*

开本 850×1168 毫米 1/32 印张 5.875 字数 156 千

1994 年 8 月第 1 版 1994 年 8 月第 1 次印刷

印数: 1-3000 册

ISBN 7-81023-920-1/T·8

定价: 5.60 元

(凡因印装质量问题,可直接向承印厂调换)

前言

汽车自问世以来，使人类社会发生了很大变化，同时，汽车受人类和社会影响，也在进步、发展，日趋完善。汽车在我们现代生活中，占据着必不可少的重要位置。在国民经济的各个部门和行业，在我们生活的各个方面，都要与汽车打交道，不是拥有汽车，就是利用汽车。汽车技术状况的好坏，不仅涉及劳动生产率、工作效率，而且还影响到交通安全和环境。检验汽车技术状况并使其保持良好的状况，历来为各国政府和使用者的重视。

二次世界大战以后，伴随着经济的复苏与发展，各国都制定和施行了汽车使用与交通安全法规，规定每辆汽车都必须注册检验与定期检验。检验手段也由眼看、耳听、手摸发展到仪器检验。随着电子和计算机技术的发展，汽车检验过程的自动化程度与可靠性不断提高，已出现了电子计算机控制的半自动和自动化检测线，其检验结果以数字形式打印、显示，并储存在磁盘中，因而避免了客观和主观的误差。60年代初，我国开始研制汽车检验设备，进入80年代，全国各地纷纷建立车辆检测站和汽车检验线，从引进设备发展到自制各种检验设备，有的检验线已实现微机控制、数字打印输出和存贮。

汽车检验不仅是车辆管理部门的工作，汽车修理质量的好坏，机动车辆对环境的影响，燃料能源的利用率以及车辆运输组织管理都须要通过车辆检验以获取依据（数据），所以车辆检验涉及公安、交通、环保和能源管理等部门。本书以车辆安全检测为主，兼顾上述其它方面的检测要求，系统地讲述车辆性能检测的指标、规定、方法和技术要求，并对常用检验设备及其工作原理、结构、使

用和保养作了较为详尽的介绍。为适应不同类型读者的要求，还对测试技术和测试误差的基本知识作了简要的叙述。

本书在 1990 年编写的讲义的基础上，吸收了汽车检测技术的最新成果，并利用了作者所积累的经验及部分读者的意见，作了必要的补充和修改。

由于编著者水平所限，不当之处在所难免，敬希读者不吝指正。

编著者

1994 年 7 月

目 录

第一章 汽车试验与测量概论.....	(1)
第一节 汽车试验与测量的分类.....	(1)
第二节 测试仪表的基本知识.....	(3)
第三节 测量误差和计算.....	(13)
第二章 汽车动力性检测与底盘测功器.....	(34)
第一节 汽车动力性的评价指标.....	(34)
第二节 底盘测功器—转鼓试验台.....	(38)
第三章 汽车安全性检验与制动试验台.....	(68)
第一节 汽车安全性检验法规.....	(69)
第二节 汽车前照灯检验仪.....	(74)
第三节 车辆制动检验台.....	(82)
第四章 前轮定位与侧滑试验台.....	(98)
第一节 前轮定位.....	(98)
第二节 侧滑试验台.....	(104)
第三节 车速表的检验.....	(110)
第五章 车辆的环境公害与检测.....	(116)
第一节 汽车噪声的测量.....	(117)
第二节 柴油汽车烟度的测试.....	(131)
第三节 烟气成分的测量.....	(136)
第四节 汽车排放标准与控制技术的发展.....	(146)
第六章 汽车燃料经济性的检测.....	(154)
第一节 评价指标与影响因素.....	(154)
第二节 油耗分类及法规.....	(163)
第三节 底盘测功器试验.....	(177)

第一章 汽车试验与测量概论

第一节 汽车试验与测量的分类

汽车试验与测量可以按不同方法分类。

一、汽车试验的分类

按照试验目的，汽车试验可以分为以下几种：

1. 鉴定性试验

对汽车新产品，或更换主要总成部件，或汽车总布置改型的汽车产品，应进行全面的性能试验，以考核其性能指标是否达到预期要求、是否符合有关标准的规定。所谓全面性能试验系指对动力性、燃料经济性、制动性、操纵稳定性、行驶平顺性、可靠性和耐久性都要进行试验。越野车辆与专用特种车辆还要进行车辆通过性和车辆专项性能的试验。

2. 检查性试验

它主要检查汽车的产品质量，涉及安全行驶、环境保护和装配调整技术。试验内容可按工厂或有关部门规定项目进行，或根据用户要求进行。出厂验收，汽车年度检验即属于这种试验。

3. 专题试验

专题试验又称科研性试验。它是根据汽车使用、生产、设计和科学研究工作的需要进行的试验工作，其范围极广，内容变化很大，试验工作量也差异极大。例如新理论的探讨，新结构型式的确立，新试验方法的验证，新材料和新工艺的应用等等。设计部门、研究单位、高等院校、生产工厂和使用修理企业都有这类试验工作。

4. 使用性试验

为了进一步考核和检查汽车的使用性能、可靠性、对各种工作环境的适应性、操作的方便和灵活性等，还需要进行使用性试验。例如基本型汽车除完成鉴定性试验内容外，还要将样车发送到全国各个典型地区，交付选定的典型使用单位或部门，进行实际的考验，获取不同海拔高度、不同道路条件、不同气候环境以及不同使用状况的数据，作为定型的依据。

二、测量的分类

进行上述试验时，必须对许多参数进行测量和计算，从不同角度可把测量作如下分类：

1. 基本测量和特种测量

通常根据测量参数和内容在试验中测量的普遍性和经常性，粗略地把测量划分为基本测量和特种测量。在汽车行业并未作严格的区分界限。本文划分的界限大致如下，凡汽车定型试验方法中规定的常测项目均视为基本测量，其它一般看作特种测量。如各种速度、温度、压力、转速、距离、气象条件和车辆三漏（漏油、漏气、漏水）的检查等都属于基本测量。汽车操纵稳定性和行驶平顺性试验方法国标中规定的测量项目也看作基本测量。

特种测量多在研究性试验中应用，其内容相当广泛。例如为研究汽车实际使用中发动机的负荷率而测量传动轴或半轴的扭矩，为研究汽车前轮摆振而测量转向系统的刚度，还有象汽车转动系扭转振动、降噪、排放污染物消减等研究中的测量都属特种测量。

2. 直接测量和间接测量

根据测量参数得到的方式可分为直接测量和间接测量。

直接测量是指由仪表可直接读出所要测量的参数。如制动距离、前轮与主销倾角、制动管路压力、制动减速度、加速时间和距离等均可由相应仪表和仪器直接读出数据来。而间接测量的量值是将几个有关的直接测量值经过计算后才能得到。如功率、燃料消耗

率、速度、质心高度和前束等。

3. 稳态量测量与瞬变量测量

按所显示的被测量的变化过程又可将测量分为稳态量测量与瞬变量测量。如汽车最高车速、最低稳定车速、最短制动距离都应在汽车行驶工况为稳定工况下测量。由于人—汽车—道路系统是一个极其复杂的多变量系统，所谓稳定工况和稳态量只是相对而言，对某些脉动程度较大的量如制动管路压力波、车身振动加速度、汽车加速能力等则称为瞬变量。

第二节 测试仪表的基本知识

一、汽车测试系统和组成元件

测试工作的最终目的是实现对被测量量的指示或记录。为此，首先必须利用某种方式感知被测量（检出），然后经过必要的途径将已检出的被测信号传递（传输）到指示或记录部分。因此检出一传输—指示或记录便构成了测试系统。图 1-1 所示为热电偶测温系统。

检出部分为热电偶，传输部分为补偿导线，记录或指示部分为毫伏计。

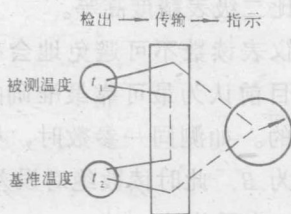


图 1-1 热电偶测温系统

上述检出、传输、指示或记录部分仅是测试系统的最基本的组成部分，实际上的汽车测试系统往往是相当复杂的。

检出部分通常称谓传感器，它能感受或响应规定的被测量，并按照一定规律转换且可以输出，以满足信号的传输、处理、记录和显示的要求。汽车检测所应用的传感器种类众多、型式繁杂，其工作原理是将被测量的热工量（如温度、压力、风速等）和机械量

(如位移、应力、力矩、振动、噪声等)转换成电工参量输出。详细情况请参阅有关书籍。

传感器输出的信号通常都比较小,难以直接推动指示或记录仪,信号在传输过程还有损耗和失真现象,所以在传输部分往往要对信号进行放大和防失真措施。

汽车测试系统中采用指示或记录仪表有表针式显示计、光线示波器和磁带记录仪等,近代微电子技术和计算机的应用,使得指示或记录部分和数据处理融为一体,现代化的测量仪表能直接打印或显示出试验的最终结果(数据或图表)。

二、测试仪表的静特性

试验中测试仪表的特性对试验结果的测试精度和可靠性影响很大,主要为以下几项:

1. 仪表精度等级与实际示值误差

仪表准确等级度也就是我们通常所说的仪表精度等级,如一级表比二级表精度高等。

仪表读数不可避免地会有误差,其误差大小,在实际工作中是用目前认为最可靠最准确的仪表和测量方法作为标准经比较而得出的。如测同一参数时,标准表测得读数为 A , 实验用表测得读数为 B , 此时读数绝对误差 Δ 表示为: $\Delta = B - A$ 。测量的相对误差 γ 表示为

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

在相对误差计算中,通常难以得到标准值 A , 故一般用实测值 B 代替 A , 即近似求得相对误差

$$\gamma \approx \frac{\Delta}{B} \times 100\%$$

相对误差虽然可以说明测量结果和标准值之间的差异程度,

但并不说明仪表本身性能的好坏,因为对同一只表,在其不同测量部位可能得出不同的相对误差值来,这就难以确定仪表的精度。

为此,提出了“引用误差”的概念。所谓引用误差即指在测量时绝对误差值 Δ 与仪表测量范围(量程) A_m 的比值。用 γ_m 表示引用误差,则

$$\gamma_m = \frac{\Delta}{A_m} \times 100\%$$

γ_m 还不能定出仪表准确度大小,因为同一只表在各不同部位的绝对误差值不相同,所以 γ_m 也就有不同值。通常规定,在仪表规定的正常工作条件下使用时所允许的最大引用误差值定为仪表的准确度等级,亦即仪表准确度等级等于在测量范围内最大绝对误差 Δ_m 与测量范围 A_m 比值的百分数。设 K 表示准确度等级,则

$$\pm K\% = \frac{\Delta_m}{A_m} \times 100\% \quad (1-1)$$

如果一温度计刻度范围为 $-10^\circ\text{C} \sim +120^\circ\text{C}$, 经与标准温度计比较,在其整个刻度范围内最大绝对值误为 1.95°C , 则其精度为: $\pm \frac{1.95}{120 - (-10)} \times 100\% = \pm 1.5\%$, 即定义温度计精度为 1.5 级。又如压力表量程为 $0 \sim 9800\text{kPa}$, 2.5 级精度, 则其可能产生的最大误差为: $2.5\% \times (9800 - 0) = \pm 245\text{kPa}$ 。

2. 灵敏度和仪表常数

在测量过程中,若被测量变化某一很小量 Δx , 由此引起仪表指示部分角位移或线位移 $\Delta\alpha$, 则 $\Delta\alpha$ 与 Δx 的比值称为该仪表的灵敏度,用符号 S 表示, 则

$$S = \frac{\Delta \alpha}{\Delta x} \quad (1-2)$$

灵敏度的倒数称为仪表常数，若用C来表示，则有

$$C = \frac{1}{S} = \frac{\Delta x}{\Delta \alpha}$$

其意义表示每一单位刻度所表示的示值大小。

3. 灵敏度阻滞

对机械式测量仪表，灵敏度阻滞是这样一個意思，即在活动机件中存在摩擦，所以当被测参数发生较小变化时，感受件并不输出讯号，指示元件并不指示数据。如水力测功器有时因外壳轴承润滑不良或压陷等，内燃机输出有效扭矩达 $20\text{N} \cdot \text{m}$ 时，指针才开始摆动。

灵敏度阻滞对于用在零值法中的指零仪表具有重要的意义。我们要采取措施尽量降低灵敏度阻滞。

4. 稳定性——示值变差

它表示在相同的外界条件下，仪表读数随时间变化的稳定程度。即在同一外界条件下，重复测量同一被测参数时，其示值变化的程度。机械式仪表组成元件的塑性变形、电磁仪表中磁性元件的磁性变化等是造成示值变差的原因。电测仪表的零点漂移和灵敏度变化，是工作不稳定的重要标志。

为减少由于仪表不稳定性引起的误差，应在试验期间，对仪表勤加校准或调整。

5. 时滞性

当被测参数发生变化时，仪表并不立即指示出该值的大小或该值的变化过程，而是要落后一定时间或角度，这就是时滞性。如图1-2所示，(a)图表示当被测参数由一种稳定状态突变到另一稳定工况时，仪表指针在经过一段周期性衰减振动之后方可稳定读数的情况。这通常是发生在指针运动阻尼作用较小的仪表中。当阻

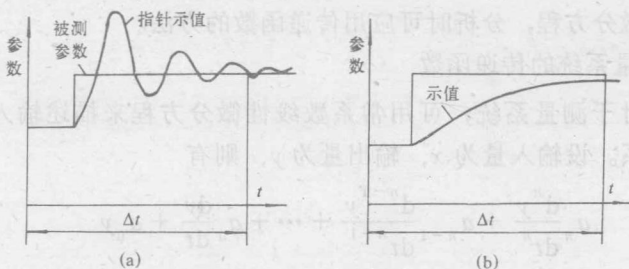


图 1-2 仪表时滞性

尼作用较大时（称为临界阻尼和过阻尼），则出现（b）图中非周期性阻尼时滞情况。

实际测量中大多属于（a）、（b）图所示情况。读数应待指针停稳或作轻微振动时进行。

时滞性是由仪表测量系统可动部分的惯性引起的。

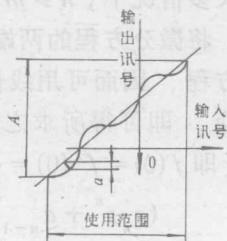


图 1-3 线性

6. 线性

所谓线性是指输出讯号的变化量与相应的输入讯号的变化量的比值为一常数。通常是用仪表使用范围内输出讯号的最大偏差 α 与输出讯号的最大变化范围 A 的百分比来表示，即

$$\text{线性} = \frac{\alpha}{A} \times 100\%$$

如图 1-3 所示。

三、测试仪表的动特性

仪器的动态特性是指输入量随时间变化时，输出与输入间的关系。在时间域内用阶跃响应表示，在频率域内用频率响应表示。由

于测量仪器系统一般都是线性系统，所以它们的数学模型是常系数线性微分方程，分析时可应用传递函数的方法。

1. 测量系统的传递函数

对于测量系统，可用常系数线性微分方程来描述输入与输出的关系。设输入量为 x ，输出量为 y ，则有

$$\begin{aligned} a_n \frac{d^n y}{dt^n} + a_{n-1} \frac{d^{n-1} y}{dt^{n-1}} + \cdots + a_1 \frac{dy}{dt} + a_0 y \\ = b_m \frac{d^m x}{dt^m} + b_{m-1} \frac{d^{m-1} x}{dt^{m-1}} + \cdots + b_1 \frac{dx}{dt} + b_0 x \end{aligned} \quad (1-3)$$

在大多情况下， $n \geq m$ ， n 为正整数，表示该系统的阶次。

将微分方程的两端进行拉氏变换，就可使式 (1-3) 变换成代数方程，因而可用线性代数求解，然后再将所得之解进行拉氏反变换，即可得所求之解。式 (1-3) 经变换后，设初始条件为 0 时 (即 $f(0) = f'(0) = \cdots = 0$) 得下式

$$\begin{aligned} (a_n s^n + a_{n-1} s^{n-1} + \cdots + a_1 s + a_0) Y(s) \\ = (b_m s^m + b_{m-1} s^{m-1} + \cdots + b_1 s + b_0) X(s) \end{aligned}$$

传递函数的定义是初始条件为 0 时，输出量的拉氏变换与输入量的拉氏变换之比，即

$$H(s) = \frac{Y(s)}{X(s)} = \frac{b_m s^m + b_{m-1} s^{m-1} + \cdots + b_1 s + b_0}{a_n s^n + a_{n-1} s^{n-1} + \cdots + a_1 s + a_0} \quad (1-4)$$

所以输入和输出关系可写成下式：

$$Y(s) = H(s)X(s)$$

式中 $s = \beta + j\omega$ 是复数，拉氏变换是将时间域信号变换到复频域，就是把时间历程 $[x(t), y(t)]$ 变换成相对于复平面 (即实轴 β 和虚轴 $j\omega$ 所组成的 s 平面) 的连续复频谱 $[X(s), Y(s)]$ 。

当传递函数中 $s = j\omega$ 时，这时 $H(s)$ 就称为频率响应函数 $H(f)$ ，它是输出、输入富里叶变换之比，其关系式如下：

$$Y(f) = H(f)X(f) \quad (1-5)$$

若测量系统为一阶微分方程式，称之为—阶系统，是二阶微分方程式称之为二阶系统，它们的传递函数也分别为一阶和二阶，而测量系统经常研究的也是一、二阶系统。其框图如图 1-4(a), (b) 所示，图中 $\tau = a_1 / a_0$ 为时间常数， $K = b_0 / a_0$ 为灵敏度， $\zeta = a_1 / \sqrt{a_0 a_2}$ 为阻尼比。

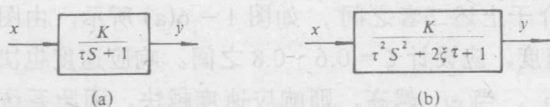


图 1-4 一阶、二阶系统框图

2. 阶跃响应

当输入为阶跃信号时，对应的输出称阶跃响应，它是过渡响应。当已知测量系统的阶跃响应后，可以算出任意输入所对应的输出，所以常用阶跃响应来表示时间域的动态特性。

设阶跃信号的高度为 A ，如图 1-5(a) 所示，它可由下式表示：

$$A(t) = \begin{cases} 0 & t \leq 0 \\ A & t > 0 \end{cases} \quad (1-6)$$

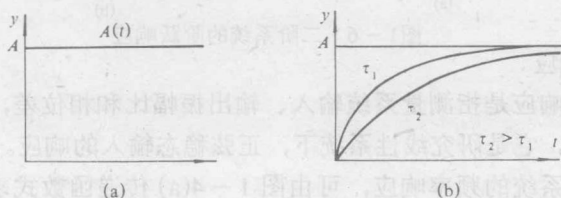


图 1-5 一阶系统的阶跃响应

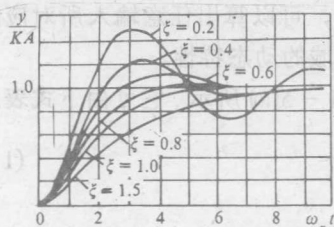
一阶系统的阶跃响应，如图 1-5(b) 所示，则可由下式表示：

$$y = A \cdot K(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}) \quad (1-7)$$

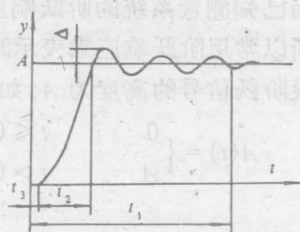
可见，它是逐渐上升的指数曲线，最终趋于输入值。曲线上升速率决定于时间常数 τ 。当 $t = \tau$ 时， $y_0 = 0.63A$ ，当 $t = 4\tau$ 时，输出才能达 98%。所以减小动误差的措施是尽可能减小测量系统的时间常数。

二阶系统的阶跃响应有三种情况，当 $\zeta > 1$ 时，输出逐渐增大， y / KA 值趋于 1，但不超过 1；当 $\zeta < 1$ 时，输出信号产生振动，振幅逐渐减小，最后 y / KA 趋于 1；当 $\zeta = 1$ 时，不产生振动，介于上述二者之间，如图 1-6(a) 所示，由图可见，为提高响应速度，应设计 $\zeta = 0.6 \sim 0.8$ 之间。响应速度也决定于系统固有频率 ω_n ，当 ω_n 越高，则响应速度越快。因此系统的固有频率应尽可能高。

评价时间域仪器动特性的指标是阶跃响应的反应时间 t_1 ，上升时间 t_2 ，迟后时间 t_3 ，过冲量 Δ 如图 1-6(b) 所示。



(a)



(b)

图 1-6 二阶系统的阶跃响应

3. 频率响应

频率响应是指测量系统输入、输出振幅比和相位差，随频率变化的规律，它是研究线性系统下，正弦稳态输入的响应。

一阶系统的频率响应，可由图 1-4(a) 传递函数式求得复数表示式如下（设 $K = 1$ ）：

$$H(\omega) = \frac{1}{j \cdot \omega \tau + 1} \quad (1-8)$$

上式表示了幅相频率特性，而其幅频特性和相频特性分别如下：

$$\left. \begin{aligned} A(\omega) &= \frac{1}{\sqrt{\omega^2 \tau^2 + 1}} \\ \varphi(\omega) &= -\operatorname{tg}^{-1} \omega \cdot \tau \end{aligned} \right\} \quad (1-9)$$

上式可用图 1-7 表示。式中 $A(\omega)$ 为输出、输入振幅比 B/A ， $\varphi(\omega)$ 为相位差 φ 。

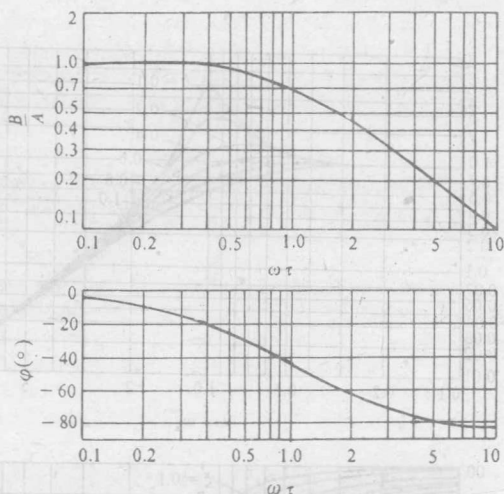


图1-7 一阶测量系统的频率响应特性

由图可见，振幅比随 ω 增大而减小，而相位差 φ 随 ω 增大而增大，这就产生稳态正弦响应的动误差，如果测量系统时间常数 τ 小，则动误差减小。

二阶系数的频率响应函数如下式(设 $K=1$):

$$H(\omega) = \frac{\omega_n^2}{-\omega^2 + j2\zeta\omega_n\omega + \omega_n^2} \quad (1-10)$$