

谭尹耕 编著



# 液压实验设备 与测试技术

(修订版)

北京理工大学出版社

# 液压实验设备与测试技术

(修订版)



北京理工大学出版社

5464 52

## 内 容 简 介

本书全面、系统地论述了液压实验技术有关的基本知识。内容包括:液压实验技术的概念、液压实验设备与实验油路、参数的测量原理和方法、实验中所需的重要测试仪器的介绍、测量误差分析与实验数据处理的基本知识等。

本书以阐明概念及方法为主,理论紧密与实际相结合,每章后均附有复习题。可作为工科大学液压专业及有关机械类专业的教科书或教学参考书,也适合有关工程技术人员阅读和参考。

## 图书在版编目(CIP)数据

液压实验设备与测试技术/谭尹耕编著. —2版(修订版). —北京:北京理工大学出版社,1997.2

ISBN 7-81045-223-1

I. 液… II. 谭… III. ①液压试验-设备②液压试验-测试技术  
IV. TH137-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(96)第 23930 号

北京理工大学出版社出版发行

(北京市海淀区白石桥路7号)

邮政编码 100081 电话 (010)68422683

各地新华书店经售

北京地质印刷厂印刷

\*

850×1168 毫米 32 开本 9.875 印张 251 千字

1997 年 2 月第 2 版 1997 年 2 月第 2 次印刷

印数:2701—6200 册 定价:14.00 元

※图书印装有误,可随时与我社退换※

## 修订版序

本书自 1990 年问世以来,经过六年的教学实践,其中包括作为部分工科院校液压专业本科生的教材和各类有关的短期液压培训班、专业证书班等使用得到了社会的承认和有关同行们的支持。在这段时期中也收到不少的宝贵意见和建议,结合历年教学中出现的问题和不足,今在此基础上作出修改。

1. 当时原书由于出版仓促,以致出版后遗留下不少错误处,争取在修订版中不出错或少出错。

2. 对原书中没交待清楚之处重新进行了补充和改写。如在霍尔变送器中没有交待其磁场是均匀梯度磁场等。

3. 由于时代的发展,科学的进步日新月异,实验测试中应用高科技势在必行。这就要求本书要增加一些新内容,删除一些陈旧的东西,达到“新陈代谢”的目的,以保持本书的“生命之树”常青。因此,在这次修改中新增了一些新技术内容。

4. 关于本书的适用范围问题,有的同志建议适用的面应稍广一点。本书的初衷是针对液压传动与控制专业本科生而编写的教材,也可作为从事液压专业的工程技术人员的参考资料。此次修改仍按原宗旨,恕不能满足更广的需求。今后拟编一本《液压实验技术》的通俗本,以满足部分读者入门之需。由于编写的初衷不变,所以原书的前言仍保留。

在此修订版出版之际,特向为本书的编写和出版给予了大量帮助的北京理工大学出版社的同志们、自控系液压实验室和教室的同志们表示感谢;对原书提出过宝贵意见和建议的读者和老师,在此也深表谢意。今后对书中谬误之处仍望读者不吝赐教。

编者

1996.3 于北京理工大学

# 第一版前言

在人类对自然界规律的探索 and 认识过程中,科学实验是必不可少的一个重要环节。可以说没有实验也就没有现代科学。当然,在科学实验中人是应一直居于主导地位的。人们在获得感性认识的基础上,必须通过头脑的综合和思维,上升成为理性认识,提出假设和广义的规律性结论。为了检验和验证理性结论的正确性,人们还必须主动地、积极地投身到科学实验中去,用理论来指导实验的进行,并从实验结果的分析中来不断充实、验证和发展理论,增加理论的深度和广度。因此,对于每一个献身于科学的人,特别是工程技术人员,都应对所从事的学科中的实验技术予以充分的重视。

随着科学技术的发展,液压技术的发展非常迅速,其应用范围也愈来愈广,因而对它的元件和系统的性能要求也就愈来愈高。因此,为了确定和考核液压系统及其组成元件完整的性能参数、品质指标等所进行的测试、实验工作,也就需要满足更高的要求。例如:要求迅速而准确地测出数据,并能自动显示、打印和处理实验数据;要求实验过程自动化程度高;实验内容所包括的范围也要求更加广泛等等。这样对从事实验技术的人员来说,就要求具有较为广泛的知识面,深厚的技术素质和对实验工作的严谨作风。

实验技术涉及的知识面比较广,如:机械学、电工学、电子学、计算技术、应用光学、液压流体力学、数理统计及现代控制理论等;且实验技术本身随着科学技术的发展,也在日新异地更新和发展。由于篇幅所限,本书只能就液压实验设备与测试技术方面的一些必备的基本知识、实验手段、实验回路、测试方法和误差分析等作一些重点介绍。本书主要内容包括:

1. 液压实验设备的原理、设计计算以及它们的正确使用原则。

2. 液压实验中一般参数的测量原理、测试方法以及常用测试仪器的工作原理、用途、使用方法介绍。

3. 典型液压元件及系统的实验油路,高效节能的实验方法、自动实验方案简介等。

4. 误差理论概述,测量误差分析以及实验数据处理方法等。

目前国内很多单位和部门都对液压技术及其应用感兴趣。为了生产、检验和研究的需要,都在积极筹建液压实验室及测试中心;很多院校相继开出“液压传动与控制”、“液压实验与测试技术”等课程。为了适应这一发展形势,今将北京理工大学液压专业本科生多年使用的液压实验与测试课程教材加以修改和充实后公开出版。

本书是多年来实验工作的总结,是经多年使用的大学本科生教材。内容编排上使理论与实际相结合,力求作到由浅入深,并在每章后附复习题,符合读者自学要求。可供工科院校液压专业或相应专业学生及有关工程技术人员阅读和参考。鉴于本书内容实践性较强,建议读者在理论学习的同时,尽量与实际实验工作相结合,以期收到更好的效果。

本书在编写过程中得到了徐家蓓副教授以及北京理工大学液压实验室同志们的大力帮助,并经过李亨标教授仔细地审定和提出宝贵的修改意见,在此表示衷心的感谢。

**编 者**

1988.5

# 符 号 表

|                          |                                            |
|--------------------------|--------------------------------------------|
| $\mu$                    | 测量值的真值、液体的动力粘度(Pa · S)                     |
| $x_i$                    | 测量值、系统输入数据值                                |
| $\Delta x$               | 输入信号增量                                     |
| $\Delta x_i(\Delta x_m)$ | 绝对误差(最大绝对误差)                               |
| $x_m$                    | 仪表满量程示值                                    |
| $r$                      | 相对误差                                       |
| $r_n(r_m)$               | 引用误差(最大引用误差)                               |
| $S(S_i)$                 | 测量系统的灵敏度、应变片的灵敏度系数、(振动子<br>电流灵敏度[mm/mA])   |
| $s$                      | 位移量[mm]、比熵[J/(kg · °C)]                    |
| $L$                      | 测量系统的线性度、长度[m]                             |
| $L_B$                    | 光臂长[m]                                     |
| $L_P, L_W$               | 声压级[dB]、声功率级[dB]                           |
| $h$                      | 滞环、高度[m]                                   |
| $H(j\omega)$             | 幅频特性                                       |
| $\omega(\dot{\omega})$   | 角频率[rad/s]、角速度、(角加速度[rad/s <sup>2</sup> ]) |
| $\omega_n$               | 无阻尼自由振荡频率、固有频率[rad/s]                      |
| $\omega_v(f_v)$          | 伺服阀固有频率(rad/s 或 Hz)                        |
| $\omega_{s\max}$         | 被测信号的最高变化频率                                |
| $t$                      | 油温、室温(°C)                                  |
| $t_r(t_s)$               | 阶跃响应的上升时间[S]、(过渡过程时间[S])                   |
| $T_d(T_g)$               | 有阻尼振荡周期[S]、(加热时间[h])                       |
| $\omega_d$               | 有阻尼振荡频率[rad/s]                             |

|                        |                                                                                                |
|------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $\zeta$                | 系统的阻尼率(阻尼比、阻尼度)                                                                                |
| $a$                    | 过渡过程曲线上的超调量;节流阀开口面积[m <sup>2</sup> ]                                                           |
| $A(A_n)$               | 振幅;油缸活塞的有效面积[cm <sup>2</sup> 或 m <sup>2</sup> ];过渡过程稳态值、( $n$ 次谐波振幅)散热面积[m <sup>2</sup> ]、节流面积 |
| $A_c$                  | 冷却面积[m <sup>2</sup> ]                                                                          |
| $p(p_s, p_L)$          | 压力[MPa]、(油源压力、负载压力)                                                                            |
| $q(q_v, q_m)$          | 流量[l/min]、(体积流量[l/min]、质量流量[kg/min])                                                           |
| $V$                    | 容积、体积[m <sup>3</sup> ]、排量[ml/r]                                                                |
| $V_{ph}(V_M)$          | 泵的理论排量[ml/r]、(液压马达排量)                                                                          |
| $K$                    | 油箱散热系数[W/(m <sup>2</sup> · °C)]                                                                |
| $K_H(K_T)$             | 霍尔元件灵敏度系数[mV/(mA · T)]、(比例常数)                                                                  |
| $K_a(K_d)$             | 伺服放大器放大系数、(油缸的速度——流量转换系数)                                                                      |
| $K_f$                  | 反馈系数                                                                                           |
| $K_q(K_p)$             | 伺服阀流量增益[l/min/mA]、(伺服阀压力增益[bar/mA 或 MPa/mA])                                                   |
| $\phi$                 | 热流量[kW]、磁通量                                                                                    |
| $\phi_P(\phi_r)$       | 泵发出的热流量、(溢流阀发出的热流量)                                                                            |
| $\phi_T$               | 油箱自然发散的热流量                                                                                     |
| $\Delta\tau$           | 平均温度差[°C]                                                                                      |
| $P(P_e)$               | 功率[kW]、(电功率)                                                                                   |
| $P_P(P_H)$             | 泵轴输入功率、(液压功率)                                                                                  |
| $\eta(\eta_v, \eta_m)$ | 效率、(容积效率、机械效率)                                                                                 |
| $k$                    | 传热系数[W/(m <sup>2</sup> · °C)]、弹簧刚度(N/m)、置信系数                                                   |
| $q_w$                  | 水流量[m <sup>3</sup> /h]                                                                         |
| $q_L(q_{Le}, q_{Li})$  | 泄漏流量、(外漏流量、内漏流量)                                                                               |

|                           |                                       |
|---------------------------|---------------------------------------|
| $C$                       | 径向间隙、油液可压缩率                           |
| $c$                       | 声速[m/s]                               |
| $c_p(c_d)$                | 液体比热容[J/(kg·℃)]、(流量系数)                |
| $\rho$                    | 液体密度[kg/m <sup>3</sup> ]              |
| $T(T_f)$                  | 扭矩[N·m]、力矩、(摩擦扭矩)                     |
| $T_{pth}(T_M)$            | 泵轴输入的理论扭矩[N·m]、(液压马达轴输出扭矩)            |
| $T_s$                     | 液压马达启动扭矩                              |
| $J$                       | 转动惯量[kg·m <sup>2</sup> ]              |
| $v$                       | 直线速度[m/s]、流速                          |
| $\gamma$                  | 液体的重度[N/m <sup>3</sup> ]              |
| $F$                       | 力、负载力[N]                              |
| $\theta$                  | 角度、扭转角、齿间角[°、rad]                     |
| $T_0$                     | 标准时基信号周期[s]                           |
| $\Delta p(\Delta p_L)$    | 压力差、(负载压差)[MPa]                       |
| $n$                       | 转速[r/min]、测量次数                        |
| $m$                       | 质量[kg]、扩张比                            |
| $f(f_c)$                  | 频率[Hz]、(标准时基脉冲频率)                     |
| $f_{-3dB}(f_{-90^\circ})$ | 振幅下降 3dB 时频宽、(相位滞后 90°时频宽)            |
| $z$                       | 齿数、泵或液压马达柱塞数                          |
| $i(I)$                    | 电流[mA、A]; $2\pi/Z$ 角度内流量脉动次数、比焓[J/kg] |
| $\lambda$                 | 声波波长[m]                               |
| $\alpha(\alpha_0)$        | 液体体胀系数[(℃) <sup>-1</sup> ]、(初始相位差角)   |
| $W$                       | 声功率[W]、重量或重力[N]                       |
| $W_r(W_o, W_i)$           | 反射声功率、(输出声功率、入射声功率)                   |
| $\xi$                     | 功率回收系数、仪表常数[c/l]                      |
| $U$                       | 电压[V、mV]                              |
| $H(f)$                    | 幅频特性                                  |

|                    |                                  |
|--------------------|----------------------------------|
| $\phi(f)$          | 相频特性                             |
| $R_{xx}(\tau)$     | 自相关函数                            |
| $R_{xy}(\tau)$     | 互相关函数                            |
| $G_x(f)$           | 自功率谱                             |
| $G_{xy}(f)$        | 互功率谱                             |
| $\gamma_{xy}^2(f)$ | 相干函数或凝聚函数                        |
| $\beta$            | 液体弹性模数[bar, Pa]                  |
| $E_H(U_H)$         | 霍尔电势[mV]                         |
| $E_T$              | 测速发电机电势                          |
| $B$                | 磁感应强度[T]                         |
| $\epsilon$         | 应变变量                             |
| $R$                | 电阻[ $\Omega$ ]、圆弧误差              |
| $\Delta r$         | 电阻值变化量[ $\Omega$ ]               |
| $Re$               | 雷诺数                              |
| $N$                | 累计记数、脉冲数、线圈匝数、测量次数               |
| $G$                | 材料剪切弹性模数[N/m <sup>2</sup> ]、扭转刚度 |
| $\tau$             | 测量时间、时间间隔[S]                     |
| $v_s$              | 记录线速度[m/s]                       |
| $a$                | 信号的同相分量                          |
| $b$                | 信号的正交分量                          |
| $f(x)$             | 概率密度函数                           |
| $\sigma^2$         | 方差                               |
| $\sigma$           | 标准误差                             |
| $\Delta$           | 误差限                              |
| $P_r$              | 概率                               |
| $\bar{x}$          | 算术平均值                            |
| $\delta$           | 随机误差                             |
| $v_i$              | 剩余误差                             |

# 目 录

|                                |         |
|--------------------------------|---------|
| <b>第一章 基本知识</b> .....          | ( 1 )   |
| 1-1 液压实验技术 .....               | ( 1 )   |
| 1-2 测量及测量系统 .....              | ( 6 )   |
| 复习思考题 .....                    | ( 26 )  |
| <b>第二章 液压实验设备及实验油路</b> .....   | ( 29 )  |
| 2-1 液压实验设备 .....               | ( 29 )  |
| 2-2 液压实验方法及油路 .....            | ( 56 )  |
| 复习思考题 .....                    | ( 154 ) |
| <b>第三章 液压实验中的测试技术</b> .....    | ( 159 ) |
| 3-1 基本参数的测量 .....              | ( 159 ) |
| 3-2 液压实验中测试用的基本仪器 .....        | ( 236 ) |
| 复习思考题 .....                    | ( 268 ) |
| <b>第四章 测量误差分析及实验数据处理</b> ..... | ( 271 ) |
| 4-1 测量误差分析 .....               | ( 271 ) |
| 4-2 实验数据处理 .....               | ( 289 ) |
| 复习思考题 .....                    | ( 298 ) |
| <b>参考文献</b> .....              | ( 300 ) |

# 第一章 基本知识

## 1—1 液压实验技术

### 一、液压实验技术的概念

通过人的主观能动性和所具有的技术水平(包括知识、经验丰富的程度、正确的使用和维护保养所需设备等)将液压实验设备与测量系统有机地结合起来,为有效地完成规定的实验目的服务的一整套技术统称为液压实验技术。

人和设备是相辅相成的,但人是起主导作用的。人的渊博知识、对新技术的敏感、丰富的实践经验、实验工作的能力等是液压实验技术的基础,只有发挥人的主观能动作用才会有高质量的实验设备和先进的测量系统,液压实验技术也才能发展得更完美。

### 二、液压实验设备

液压实验设备是指在液压实验中,为完成一定的实验目的所使用的设备的总称。它主要包括三部分:实验对象、基本设备和辅助设备。

#### 1. 实验对象

它可以是实际应用的液压元件和系统、新研制的样机;也可以是为某实验目的而专门设计的实验装置,如喷嘴一档板阀压力静特性实验装置等,这些俗称被试件。

#### 2. 基本设备

它们是进行液压实验时必备的主要设备。包括有液压源、实验台和油箱等。

### 3. 辅助设备

它们是为达到一定的实验目的所需要的一些附加设备,如加载装置、冷却和加热装置、过滤装置、环境模拟实验设备和安全保护装置等。

## 三、“液压实验”设计

在接受上级下达的某项实验任务、科研项目中提出的实验研究的要求、兄弟单位要求协作实验的合同等以后,为了使实验任务能在最佳的条件下,高效率、低成本地圆满完成,事前要对整个实验工作进行计划和设计,这就是所谓的“实验设计”。它包括的内容有:

### 1. 制定实验工作计划

(1) 整个实验工作中应包括的工作项目 事前的调查研究、拟定实验大纲、器材的采购和加工、实验室的准备、正式实验、实验结果分析及编写实验报告等。

(2) 实验工作进程计划 根据完成任务要求的总时间和工作项目,可适当合理安排为若干阶段。如第一阶段为调研、方案论证及具体装置设计阶段;第二阶段为加工、外协及实验准备阶段;第三阶段为正式实验阶段;第四阶段为改进实验、复测数据、整理实验记录、处理数据和提出实验报告等。在每个阶段的计划中应包括日期、人力等的安排。

(3) 实验所需的器材计划及经费要求 根据实验大纲的实际需要,本着节约开支的原则合理提出器材计划。计划内容应包括测量仪器、液压元件、材料等的型号、规格、简要性能指标、精度级别、所需数量、出产厂家等。若有特殊基建要求的话,还应提出基建面积、空调、通风、防尘、湿度、减振、照明、吸音、隔音、用水量,电源种类及容量等方面的要求。在此基础上,考虑仪器、设备的成本折旧、用电、用水及消耗品的费用、人员的工资及报酬等提出整个实验所需的经费要求。

## 2. 拟定实验大纲

大纲是具体指导实验工作进行的文件。一般它是根据实验任务书的要求、国家或部颁的实验标准或实验技术条件、具体实验室的实际情况等来拟定的。实验大纲应包括的内容有：

- (1) 实验的目的及意义；
- (2) 实验的具体内容及要求；
- (3) 实验的具体实施方案(包括油路、电路的设计,测试方法及精度。如果实验对象需要设计的话,应提出工作原理及设计方案等。)
- (4) 实验条件的要求,如实验要求的油源压力、流量的范围,稳压程度,温度变化范围,工作油液性能,环境模拟的要求等等。

## 3. 测量仪器的选择及标定

根据实验大纲规定的测试方案及精度要求来选择适用的参数传感器及测量仪器。在选择时主要考虑的因素有两条：一是量程范围。要使被测参数的变化范围在仪表量程以内,这是理所当然的。但为了使测量误差减小,应尽量使满量程值与被测量上限相符。另一是精度。这要根据实验任务要求被测参数的误差大小来定;或是根据实验结果总误差的要求,按误差分配原则来设计的。总的来说,在测量仪器的选择上应持科学、严肃、慎重的态度。

关于测量仪器的校准和传感器的标定工作,是实验前的一项重要准备工作。所谓仪器的校准是在规定的使用条件下,用标准量值或高档次仪器的量值与被校仪器的量值进行比较,判定后者的精度是否符合要求,或作出校正曲线的工作。这只是就仪器本身作出合格与否的鉴定,以保证其所测量值的可靠性。而传感器的标定必须在实验工作条件下,对它进行静态或动态标定,作出标定曲线。由于校准和标定工作都涉及标准仪器或标准量的精度选取问题。这就要根据微小误差准则进行设计,使选定的标准仪器的误差对标定结果总误差的影响小到可以忽略的程度。

一般对传感器、测量仪器进行标定或校准的原则如下：

(1) 在实验准备阶段,对于按设计而选取的仪器或传感器,要用高档次仪器或标准量仪器在与实验工作相同的条件下进行校准或标定,作出校准曲线和标定曲线。当实验周期较长或在实验环境恶劣的条件下工作时,在实验间隙中还应及时对传感器和仪器多次进行校准和现场标定。

(2) 高级、精密仪器除按规定的条件保存、运输、使用外,还必须定期交国家计量单位检验,以确保其所测数据的可靠性。

(3) 长期运转使用的仪器,在正常情况下建议一年内至少进行一次校准。

(4) 在实验进行期间,对所测得的数据发生怀疑时,应及时重新对传感器和仪器进行校检。一般在实验完成后,也还要对它们进行校核。

综上所述,在测量仪器的选择、校准和传感器的标定工作中,需要利用误差综合和分配的原则、微小误差准则等知识。这些内容将在第四章中详细讨论。

#### **四、液压实验工作环境的要求和条件**

##### **1. 温度和湿度**

室温宜保持在  $20^{\circ}\text{C}$  左右。因为一般测量仪器的出厂校检都是在  $20^{\circ}\text{C}$  左右的温度下进行,湿度宜在 80% 以下。凡有高精度仪器、设备的地方以及液压元件和系统需进行装配、调试的地方,都一定要注意湿度和防潮的问题,否则由于湿度太高将引起生锈、发霉而造成仪器精度下降和液压产品质量恶化。

##### **2. 防尘**

液压实验室应该要求密封以防尘。要求高的实验是在密封净化小间里进行的。

##### **3. 通风**

因为密封,必须强制通风,否则由于室内水蒸汽、人呼出的二氧化碳气、液压油蒸发的废气等将使湿度增加、空气污染和严重影

响工作人员的健康。

#### 4. 文明生产制度

实际是保证液压实验能正常进行所必须的一些制度。包括定期及日常的清洁卫生制度、仪器仪表定期维修和校准制度、技安制度等。必须使每个参加实验人员养成自觉遵守各项制度的习惯。

#### 5. 安全、防护措施的准备

包括防火、防爆、保障人身安全的措施；仪器、设备的安全措施，如消防器材、安全罩、液压过载保护、失压保护等。应该通过各种尽可能办到的措施，以保障人身及国家财产的安全。

#### 6. 特殊的环境实验要求

在液压实验中，有些产品要根据其使用的特殊环境条件，要在实验室条件下再现和模拟这些条件。如高、低温实验，盐雾环境实验，淋雨实验，道路模拟实验，振动及大加速度实验等。测试产品在这些条件下性能的变化和承受能力。

### 五、实验报告的编写

实验报告是实验工作的成果，是最后的表达形式。编写实验报告的能力是实验工作人员的一项基本功。实验报告一般应包括的内容有：

(1) 实验项目。

(2) 实验油路及测试线路 包括油路及测试的工作原理说明；组成油路各元件的选择和简单计算；传感器、测量仪器的选择，包括型号、精度级别以及校准、标定方法和特性曲线等。

(3) 实验装置及实验方法简介。

(4) 实验条件的说明 包括工作油液牌号、粘度、实验油温、室温等。

(5) 实验所测数据 包括数据表格、特性曲线、照片等。

(6) 实验结果分析 此项应包括：实验数据误差分析；由实验应得出的结论；实验中存在的问题和改进意见。

(7) 实验日期、地点、实验主要负责人和参加人签字。

## 1-2 测量及测量系统

### 一、有关测量的几个概念

#### 1. 测量

将被测量(参数或物理量)与具有工程单位的标准量进行比较后,得出具有一定误差和单位的量,此过程叫测量。

#### 2. 真值

对于每一个物理量而言,都存在一个客观上的确切的量值,这就是真值。而通常一个物理量的真值不是随便就知道的,人们需要去测定它,这也是实验工作者的任务。但实际中由于测试仪器、测量方法、环境条件、人的观察力等都不能达到完美无缺的程度,故真值是无法测得的。

#### 3. 测量误差

就是测量值与真值之差值。把测量值  $x_i$  与真值  $\mu$  之间的差值称为绝对误差  $\Delta x_i = x_i - \mu$ ; 而把绝对误差  $\Delta x_i$  与真值的比值的百分数称为相对误差  $r = (\Delta x_i / \mu) \times 100\%$ 。与绝对误差相比,相对误差能对测量结果提供更可靠的评价。

例如在测量 40bar 的压力值时有  $\pm 4\text{bar}$  的误差,可见误差为量值的  $\pm 10\%$ ; 而测量 400bar 的压力值时也有  $\pm 4\text{bar}$  的误差,则此时误差仅为量值的  $\pm 1\%$ 。比较此两测量结果,虽然绝对误差均为  $\pm 4\text{bar}$ ,从相对误差的概念来看,后者测量显然更为准确些。

#### 4. 测量的准确度、精密度、精确度

**测量的准确度** 指的是实验中所得的测量值与真值相符合的程度。二者之间的差值越小就表示准确度越高,也就是所得测量值的可信程度(可靠性)高。

**测量的精密度** 指的是在相同条件下多次测量中所得测量值