



全国高等农林院校“十三五”规划教材

材料力学实验指导

孙青芳 主编

CAILIAO LIXUE
SHIYAN ZHIDAO



 中国农业出版社

全国高等农林院校“十三五”规划教材

材料力学实验指导

孙青芳 主编

中国农业出版社
北 京

图书在版编目 (CIP) 数据

材料力学实验指导/孙青芳主编. —北京: 中国农业出版社, 2019. 8

全国高等农林院校“十三五”规划教材

ISBN 978-7-109-25720-7

I. ①材… II. ①孙… III. ①材料力学-实验-高等学校-教学参考资料 IV. ①TB301-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2019) 第 148621 号

中国农业出版社

地址: 北京市朝阳区麦子店街 18 号楼

邮编: 100125

责任编辑: 马颀晨 文字编辑: 彭明喜

版式设计: 杨 婧 责任校对: 刘丽香

印刷: 北京万友印刷有限公司

版次: 2019 年 8 月第 1 版

印次: 2019 年 8 月北京第 1 次印刷

发行: 新华书店北京发行所

开本: 720mm×960mm 1/16

印张: 7.5

字数: 126 千字

定价: 20.00 元

版权所有·侵权必究

凡购买本社图书, 如有印装质量问题, 我社负责调换。

服务电话: 010-59195115 010-59194918

此为试读, 需要完整PDF请访问: www.ertongbook.com

编 写 人 员

主 编 孙青芳

副主编 李红波

参 编 (按姓氏笔画排序)

石 娇 阴 妍 薛晋霞

审 稿 郭玉明

前 言

实验是材料力学课程教学中非常重要的环节,通过实验教学,学生可进一步加深对理论知识的理解、学会编制实验方案和分析处理数据、掌握常用仪器设备的使用及提高实际动手能力。

本教材主要参照教育部高等学校力学教学指导委员会非力学类专业基础力学课程教学指导分委员会提出的材料力学课程实验内容基本要求进行编写。全书由四章和附录构成,第一章讲述了材料力学实验的基本内容、基本任务、基本程序、数据分析处理和实验报告撰写要求;第二章介绍了材料力学实验中主要设备的结构、原理和使用方法;第三章基本实验,共7个,包括拉伸实验、压缩实验、扭转实验、弹性模量 E 和泊松比 μ 的测定、薄壁圆筒纯扭转时剪切模量 G 的测定、弯曲正应力实验和冲击实验;第四章综合设计性实验,共7个,包括连接件的剪切挤压实验、等强度梁弯曲实验、电阻应变片灵敏度系数 k 的标定、压杆稳定实验、弯扭组合主应力的测试、偏心拉伸实验和金属材料平面应变断裂韧性 K_{Ic} 的测定。附录包括了实验数据的线性拟合及应用,力学量国际单位制单位及换算。

本书可供我国高等农林院校工科专业和开设材料力学与工程力学课程的其他专业选用,也可供相关工程技术人员参考。

本书由山西农业大学孙青芳主编、李红波副主编,郭玉明教授审稿,参加编写的人员有石娇、阴妍、薛晋霞。

由于编者水平有限,本书难免存在错误和不足,望广大读者批评指正。

编 者

2019年6月

目 录

前言

第一章 绪论	1
第一节 基本内容与主要任务	1
第二节 实验室守则与实验基本程序	2
第三节 实验报告的撰写	4
第四节 实验结果的数值修约规则和数据处理	4
第五节 实验误差分析和数据处理	9
第二章 实验设备和仪器简介	14
第一节 微机控制电液比例（或伺服）万能试验机	14
第二节 电子扭转试验机	19
第三节 电测应力分析	22
第四节 BFCL-3 材料力学多功能组合实验台	28
第五节 DDT-4 型电子式动静态力学组合实验台	30
第三章 基本实验	34
实验一 低碳钢、铸铁材料拉伸实验	34
[附] 拉伸试样	45
实验二 低碳钢、铸铁材料压缩实验	48
实验三 低碳钢、铸铁材料扭转实验	52
实验四 弹性模量 E 和泊松比 μ 的测定	59
实验五 薄壁圆筒纯扭转时剪切模量 G 的测定	63
实验六 弯曲正应力实验	66
实验七 冲击实验	70
第四章 综合设计性实验	76
实验一 连接件的剪切挤压实验	76

实验二	等强度梁弯曲实验	79
实验三	电阻应变片灵敏度系数 k 的标定	81
实验四	压杆稳定实验	85
实验五	弯扭组合主应力的测试	88
实验六	偏心拉伸实验	93
实验七	金属材料平面应变断裂韧性 K_{Ic} 的测定	98
附录		106
附录 I	实验数据的线性拟合及应用	106
附录 II	力学量国际单位制单位及换算	110
参考文献		111

第一章 绪 论

第一节 基本内容与主要任务

材料力学实验是材料力学课程的重要组成部分。其基本内容与主要任务：

1. 测定材料的力学性能

材料的力学性能指标如弹性模量、屈服强度（极限）、抗拉强度（强度极限）、疲劳极限等，是材料在力或能的作用下，在变形、强度等方面表现出来的一些固有特性。每种材料的研制都要通过试验来测定这些固有特性值。这些指标是设计构件强度、刚度和稳定性的计算依据。工程材料往往要通过试验来进行复验，看其是否达到设计标准。材料的热处理工艺、焊接工艺也要通过试验来进行评定。构件失效分析也要通过试验来进行。

为使试验测定结果有符合性与可比性，各国国家标准对试样的取材、形状、尺寸、加工精度、试验手段和方法，以及数据处理等都做了统一规定。我国国家标准的代号为 GB，美国国家标准的代号是 ASTM，国际标准的代号为 ISO。国际间需要做仲裁试验时，以国际标准为依据。

确定材料强度指标时，对破坏性试验，考虑到材料质地的不均匀性，应做多个试样，综合多个试样的结果，得出材料的性能指标。对非破坏性试验，如材料弹性模量的确定，要借助变形放大仪表测量变形，为减小测量系统引入的误差，也要重复多次进行，然后综合多次测量数据得到所需结果。

2. 直接利用实验应力分析方法测定结构应变、应力

在工程实践中，有些构件几何形状不规则或受力太复杂，用现有的理论解无法计算出应力、应变，可以用实验应力分析方法迅速准确地得出结构应力、应变结果或结论。

实验应力分析方法很多，诸如电测应力分析法、激光全息光弹性法、脆性涂层法、云纹法、散斑干涉法、网格机械测量法、比拟法、声弹法等。采用哪种方法取决于实验的目的和对实验精度的要求。如需了解构件的整体应力分布，可用光弹性法；如仅需了解构件某一局部的应力分布，使用电测法。可联合使用几种方法，如用光弹性法判定构件危险截面的位置，再用电测法测出危

险截面的局部应力分布与大小。本书只介绍电测应力分析法。电测应力分析法的特点是只要是变形固体,不管结构形状、受力多么复杂,也不必准确了解边界条件在哪些特殊条件下,都能甚至比理论计算更简便、更迅速地得出结果。

3. 验证理论

材料力学验证理论有三方面的含义:

(1) 验证现有理论:材料力学的一些理论是以某些假设为基础建立的,如杆件的弯曲理论就是以平面假设为基础的,这些理论的正确与否和适用范围,需要试验来验证。对经过较大简化后得出的理论计算或数值计算结果,也要通过试验来验证其可靠性。

(2) 验证新建理论:对新建立的理论和公式,用试验来验证是不可缺少的。

(3) 修正和发展理论:通过试验才能发现问题,才能修正和发展理论,试验是修正和发展理论的必要手段。

4. 训练学生实际动手操作技能

材料力学实验教学担负着训练学生实际动手操作技能的任务。实验课是理论与实践相结合的环节,在这一环节中,既要能使学生理论联系实际,掌握具体的知识点,又要能使学生的实际动手操作技能得到训练和提高。

第二节 实验室守则与实验基本程序

为了确保实验顺利进行,达到预定的目的,应严格遵守实验室守则。

一、实验室守则

(1) 实验前应做好预习,明确实验目的、内容和步骤。了解仪器设备的操作和实验物品的特性。

(2) 对于带电或贵重的设备及仪器,在接线或布置后应请教实验教师检查,检查通过后,才能开始实验。实验过程中,要严格按照操作规程的要求使用仪器设备,不得动用与本实验无关的仪器设备等物品。

(3) 及时整理实验数据,认真分析问题,按要求独立写出实验报告。

(4) 凡是与剧毒、易燃、易爆、腐蚀、有害生物、有害气体等危险物品有关的实验,必须在教师指导下严格遵守操作规程。在实验过程中,如出现事故,应及时报告指导教师和实验室工作人员,并采取先期处置

措施。

(5) 实验完毕,将使用的仪器设备和工具,清点并擦拭干净,恢复原状,交还实验室工作人员或指导教师;打扫卫生,保持室内整洁卫生。

(6) 离开实验室前关好门、窗、水、电,确保安全。

二、实验基本程序及要求

本书所列都是常温、静载实验项目。主要测量作用在试样上的载荷和试样的变形,因此实验所用的仪器设备必须精密,必须定期对仪器设备进行标定。由于实验要求载荷和变形同时测量,因此需要3~5名同学一组共同完成,实验小组成员要求分工明确,默契配合。成员在实验小组中虽有一定的分工,但每个成员都必须明确所有的实验环节。通常情况下,整个实验过程可分为以下两个阶段:

(一) 实验前的准备工作

(1) 预习实验指导中本次实验的所有相关内容。

(2) 通过预习及实验教师的讲解,明确本次实验的实验目的、原理、方法,以及所用到的仪器、设备的使用和实验步骤。

(3) 必须清楚地知道,本次实验需记录的数据项目及数据处理的方法,事前做好数据记录表格。

(二) 实验过程

(1) 仔细观察实验对象——试样,确定是否符合实验要求及国家标准。细心测量试样的尺寸,做好原始数据的记录以及测量工具设备、仪器的名称、型号(及设备编号)、精度及量程的记录。对试样最大加载量进行估算,制订加载方案。

(2) 安装试样、选择通道电桥方式、连接导线等,并检查是否正确。

(3) 将实验机、仪器初读数调整为零。

(4) 开始实验前,请指导教师检查确认无误后方可开始实验。

(5) 实验时,认真细致地按照实验指导中所要求的实验方法与步骤逐步进行,认真记录实验数据。如学生希望用另外方案进行测量,在完成实验全部规定项目后,经教师同意可以进行。

(6) 实验完成后,实验记录需交指导教师检查数据是否齐全无误,审阅签字。若不符合要求应重做。

(7) 最后清理设备、仪器,并将其恢复原状或放回原处。

(8) 实验报告每人提交一份,实验数据同组人员可以共享。

第三节 实验报告的撰写

实验报告是实验的总结,是实验人员最后提交的成果。通过实验报告的书写可以提高学生分析问题、解决问题的能力,因此实验报告必须由同学根据实验过程及数据独立完成,要有分析及自己的观点。对于微机控制试验机的先进功能(自动处理数据、打印实验报告的功能)也要有所了解。一般实验报告应具有下列基本内容:

- (1) 实验名称、实验日期、实验人及同组人员姓名。
- (2) 实验目的。
- (3) 实验原理、方法及步骤简述。
- (4) 实验所用的设备仪器的名称、型号(及设备编号)、精度及量程等。
- (5) 实验参照执行的标准,试验条件信息[包括实验温度、试样标识、材料名称牌号(如已知)、试样类型、试样取样方向和位置(如已知)等],试验控制模式和试验速率。
- (6) 实验数据及其处理。整理实验结果时,应剔除明显不合理的数据。实验数据应包括测量原始数据和实验数据,并注明测量单位。最好以表格或图线表明所得结果。必要时辅以文字说明。按有效数字的选取、数据处理要求和运算规则给出实验结果和误差分析。如实验只进行一次,则要求做定性的误差分析。如实验的对象有理论解,则希望能与理论计算结果进行比较,计算相对误差。
- (7) 有特殊要求的实验,要根据具体要求报出。
- (8) 分析与讨论:应根据实验所得的结果及实验中观察到的现象,结合基本原理进行分析讨论。本书中每一实验后均有分析与讨论思考题可供参考。

第四节 实验结果的数值修约规则和数据处理

实验数据不同于数学中的数字,它不仅要反映测试对象的大小,而且还要反映其精确程度。正确记录和科学处理实验数据使试验结果接近真值和具有符合性与可比性的要求。

测量结果的有效数字就是实验中能够测量到的数字,包括最后一位估计的不确定的数字。也就是说,测量结果中能够反映被测量值大小的几位可靠数字加上一位存疑数字的全部数字。它反映了数量的大小,同时也反映了测量的精

密程度。

有效数字位数依据机器、仪表的测量精度来确定。如载荷传感器、电子引伸仪和位移传感器的测量精度分别为 0.01、0.001 和 0.01，也就是说它们分别能测到小数点后两位、三位和两位的有效数字。

(一) 术语和定义

GB/T 8170—2008《数值修约规则与极限数值的表示和判定》中定义：

1. 数值修约

通过省略原数值的最后若干位数字，调整所保留的末位数字，使最后所得到的值最接近原数值的过程。

通俗地讲，数值修约就是对某已知数，根据有效数字保留位数的要求，按照一定的规则取舍多余的位数，选取一个为修约间隔整数倍的数代替已知数。经数值修约后的数值称为（原数值的）修约值。

2. 修约间隔

修约值的最小数值单位。修约间隔的数值一经确定，修约值即为该数值的整数倍。

例 1：如指定修约间隔为 0.1，修约值应在 0.1 的整数倍中选取，相当于将数值修约到一位小数。

例 2：如指定修约间隔为 100，修约值应在 100 的整数倍中选取，相当于将数值修约到百数位。

(二) 数值修约规则

1. 确定修约间隔

(a) 指定修约间隔为 10^{-n} (n 为正整数)，或指明将数值修约到 n 位小数。

(b) 指定修约间隔为 1，或指明将数值修约到个数位。

(c) 指定修约间隔为 10^n (n 为正整数)，或指明将数值修约到 10^n 数位，或指明将数值修约到“十”“百”“千”……数位。

2. 进舍规则

(a) 拟舍弃数字的最左一位数字小于 5，则舍去，保留其余各位数字不变。

例 3：将 12.149 8 修约到个数位，得 12；将 12.149 8 修约到 1 位小数，得 12.1。

(b) 拟舍弃数字的最左一位数字大于 5，则进一，即保留数字的末位数字加 1。

例 4：将 1 268 修约到“百”数位，得 13×10^2 （特定场合可写为 1 300）。

注：“特定场合”是指修约间隔明确时。

(c) 拟舍弃数字的最左一位数字是 5，且其后有非 0 数字时进一，即保留数字的末位数字加 1。例：将 10.500 2 修约到个數位，得 11。

(d) 拟舍弃数字的最左一位数字是 5，且其后无数字或皆为 0 时，若所保留的末位数字为奇数（1，3，5，7，9）则进一，即保留数字的末位数字加 1；若所保留的末位数字为偶数（0，2，4，6，8）则舍去。

例 5：修约间隔为 0.1（或 10^{-1} ）：

拟修约数值	修约值
1.050	10×10^{-1} （特定场合可写为 1.0）
0.35	4×10^{-1} （特定场合可写为 0.4）

例 6：修约间隔为 1 000（或 10^3 ）：

拟修约数值	修约值
2 500	2×10^3 （特定场合可写为 2 000）
3 500	4×10^3 （特定场合可写为 4 000）

(e) 负数修约时，先将它的绝对值按上述规定修约，然后在所得值前面加上负号。

例 7：将下列数字修约到“十”數位：

拟修约数值	修约值
-355	-36×10 （特定场合可写为 -360）
-325	-32×10 （特定场合可写为 -320）

例 8：将下列数字修约到三位小数，修约间隔为 10^{-3} ：

拟修约数值	修约值
-0.036 5	-36×10^{-3} （特定场合可写为 -0.036）

将以上数值修约原则总结为：

四舍六入五注意，五后有数就进一。

五后为零看左方，左为奇数则进一，

左为偶数则舍去，左为零作偶处理。

3. 不允许连续修约

拟修约数字应在确定修约间隔或指定修约數位后一次修约获得结果，不得多次连续修约。

例 9：修约 97.46，修约间隔为 1。正确的做法：97.46→97；不正确的做法：97.46→97.5→98。

例 10：修约 15.454 6，修约间隔为 1。正确的做法：15.454 6→15；不正

确的做法： $15.4546 \rightarrow 15.455 \rightarrow 15.46 \rightarrow 15.5 \rightarrow 16$ 。

4.0.5 单位修约与 0.2 单位修约

在对数值进行修约时，若有必要也可采用 0.5 单位修约或 0.2 单位修约。

(1) 0.5 单位修约（半个单位修约）：是指按指定修约间隔对拟修约的数值 0.5 单位进行的修约。

方法：将拟修约数值 X 乘以 2，按指定修约间隔对 $2X$ 按前述规定修约，所得数值（ $2X$ 修约值）再除以 2。

例 11：将下列数字修约到“个”数位的 0.5 单位修约：

拟修约数值 X	$2X$	$2X$ 修约值	X 修约值
60.25	120.50	120	60.0
60.38	120.76	121	60.5
60.28	120.56	121	60.5
-60.75	-121.50	-122	-61.0

(2) 0.2 单位修约：是指按指定修约间隔对拟修约的数值 0.2 单位进行的修约。

方法：将拟修约数值 X 乘以 5，按指定修约间隔对 $5X$ 按前述规定修约，所得数值（ $5X$ 修约值）再除以 5。

例 12：将下列数字修约到“百”数位的 0.2 单位修约：

拟修约数值 X	$5X$	$5X$ 修约值	X 修约值
830	4 150	4 200	840
842	4 210	4 200	840
832	4 160	4 200	840
-930	-4 650	-4 600	-920

综上所述，其一般形式为 $k \times 10^n$ ($k=1, 2, 5$; n 为正、负整数)。当修约间隔为 $k \times 10^n$ ($k=2, 5$; n 为正、负整数) 时，将测得数字除以 k ，再按修约间隔为 1×10^n (n 为正、负整数) 的方式修约，修约以后再乘以 k ，即为最后的修约数。

例如，设修约间隔为 2，对数值 51.3 修约： $51.3 \div 2 = 26.55 \rightarrow$ （按 1 间隔修约为） $27 \rightarrow 27 \times 2 = 54$ ；设修约间隔为 5，对数值 51.3 修约： $51.3 \div 5 = 10.26 \rightarrow$ （按 1 间隔修约为） $10 \rightarrow 10 \times 5 = 50$ 。

通常情况下，修约间隔依据实验对象相关产品标准的要求和试验方法标准的规定而确定。例如 GB/T 228.1—2010《金属材料 拉伸试验 第一部分：室温试验方法》规定：试验测定的性能结果数值应按照相关产品标准的要求进

行修约。如未规定具体要求，应按如下要求进行修约：强度性能修约至 1 MPa；屈服点延伸率修约至 0.1%，其他延伸率和断后伸长率修约至 0.5%。

本书中有关材料性能测试的实验，按照执行的标准都给出了性能结果数值修约规定。

(三) 有效数字的运算规则*

1. 加减运算

在进行有效数字加减运算时，计算结果的有效数字以参与运算数值中绝对误差最大的数值为准，即与各数中小数点后面位数最少者相同。也就是说，计算结果的小数点后面的位数与以存疑数字绝对误差最大的数值来确定，计算值第一位存疑数字位数，以此作为计算有效数字的最后一位。例如， $10.32 + 1.456 - 0.0431 = 11.7329 \rightarrow 11.73$ ，即在对计算结果修约时，与参加运算数值中绝对误差最大者（10.32）的精度相同。

2. 乘除运算

在进行有效数字乘除运算时，计算结果的有效数字位数以参与运算数值中相对误差最大的数值为准，即与各数中有效数字的位数最少者相同。例如， $10.32 \div 1.456 \times 0.0431 = 0.305489011 \rightarrow 0.305$ ，即在对计算结果修约时，与参加运算数值中相对误差最大者（0.0431）的有效数字的位数相同。

3. 乘方和开方运算

在进行有效数字乘方、开方运算时，计算结果的有效数字位数与乘方、开方之前数字的有效数字的位数相同。

4. 对数和三角函数运算

对数和三角函数运算结果的有效数字位数由其变量对应的位数决定，尾部位数与真实值的有效数字位数相等。真数的有效位数与对数尾数的位数相同，与首数无关。首数用于定位，不是有效数字。

5. 指数函数

指数函数 10^x 或 e^x 的有效数字位数和 x 小数点后的位数相同（包括紧接小数点后面的 0）。例如， $10^{6.25} = 1\,778\,279.42 \rightarrow 1.8 \times 10^6$ ， $10^{0.0035} = 1.008\,096\,1 \rightarrow 1.008$

6. 常数运算

计算公式中常数如 π 、 e 及其他乘除因子均可以认为具有无穷个有效数字位数，可根据计算的需要，选取有效数字位数。

* 关于有效数字的运算，有 2 种处理方法：(a) 先计算后修约；(b) 先修约后计算，但各数均多保留一位有效数字，待计算之后，再确定结果的有效数字位数。

第五节 实验误差分析和数据处理

在实验中由于受到仪器本身精度的限制,不可能测到某物理量绝对真值,实际上所测得的都是近似值。分析误差产生的原因和实验误差的统计规律,一方面可以避免不必要的误差,另一方面可以正确处理实验数据,使其最大限度地接近真值。

一、误差的基本概念及表示方法

(1) 真值:某一物理量客观存在的真实值,以 T 表示。

(2) 测量值(即近似值):实验中用仪表、仪器、量具等测得的某一物理量的数值,以 M 表示。

(3) 绝对误差:以 Δ 表示。绝对误差=测量值-真值,即 $T-M=\Delta$ 。

(4) 相对误差:绝对误差与真值之比称为相对误差,以 δ 表示: $\delta=\frac{|\Delta|}{T}$ 。

(5) 最大绝对误差和最大相对误差:因为真值 T 不易得到,故 Δ 、 δ 也不能确定,但是,可以设想一个界限 α ,使 $\alpha>\Delta$,这一界限 α ,称为最大绝对误差,如将此数除以测量值 M ,即 $\delta=\frac{\alpha}{M}$, δ 称为最大相对误差,即通常仪器使用范围内的误差,例如万能试验机的误差 $\pm 1\%$,也就是说,其最大相对误差 δ 应为 $\pm 1\%$ 。

(6) 准确度、精密度和精确度:准确度是反映实验的测量值与真值的接近程度,由系统误差决定。精密度是多次测量数据的重复程度,由偶然误差决定,但精密度高不一定准确度高。实验要求既要有高的准确度又要有高的精密度,即要有高的精确度。精确度也就是通常所说的测量精度。

二、误差的分类及修正

根据误差产生的原因,误差可分为系统误差、偶然误差(或称为随机误差)和人为过失误差。

1. 系统误差

系统误差是一种规则的、有固定偏向及规律的误差,由确定的系统产生的。例如,用偏重的砝码称重,所称得的物体的重量总是偏轻。应变片灵敏系数偏大,测定的应变值总是偏小。这种误差可采取适当的措施予以消除。常用

的方法有:

(1) 校准法: 为了消除系统带来的误差, 国家有专门的规定, 例如万能试验机每年应校验一次, 砝码、应变仪、百分表等仪器仪表都要定期进行校准。

(2) 对称法: 材料力学实验中所采用的对称法包括对称读数法和加载对称法。对称读数法: 如拉伸实验中, 试样两侧对称地装上引伸仪测量变形, 取其平均值就可消去加载偏心造成的影响; 加载对称法: 在加载和卸载时分别读数, 这样可以发现可能出现的残余应力应变并减小过失误差。

(3) 增量法: 即逐级加载法。如为了消除摩擦力的影响, 实验时可采用增量法, 由 F_1 增加到 F_2 、 F_3 、 F_4 、 $\dots$, 如有摩擦力 f 存在, 则真力应为 $F_1 + f$ 、 $F_2 + f$ 、 $\dots$, 再取增量 $(F_2 + f) - (F_1 + f) = F_2 - F_1$, 摩擦力便可以消去。

(4) 选择合适的量程: 例如, 用 300 kN 的万能试验机做低碳钢拉伸试验, 需要最大载荷 40 kN, 选择 0~60 kN、A、0.2 kN/格的量程范围, 而不要选择 0~150 kN、A+B、0.5 kN/格的量程范围。同时, 为了消除应变仪局部不准的影响, 应采用量程内大范围的使用方法, 使表盘大部分刻度都能用上, 全面使用, 以消除局部影响。

还可利用修正公式修正实验测量数据, 以消除系统误差。

2. 偶然误差

偶然误差是一种不规则的随机误差。产生这种误差的原因包括所有可能的因素, 如试样材料本身的不均匀性和材料结构的复杂性、客观条件的偶然变化、仪器仪表的不完全稳定等, 偶然误差没有固定的大小和偏向, 但可以按概率统计的法则合理地处理实验测量数据, 推算其最优值(接近真值的值)。

3. 人为过失误差

这种误差是由于实验者本身主观方面原因而产生的误差。如将读数读错, 4 读为 9; 将单位弄错; 读数时习惯于偏高或偏低等。消除这类误差的根本办法是实验者按正确的方法, 集中注意力, 仔细认真地进行实验操作。同时, 还要对实验结果进行检查, 发现有不合理的数据时应加以分析, 找出错误的原因, 给予取消或重做。

三、最优值的计算与误差评判

1. 算术平均值(最优值)的计算

多次测量同一物理量时, 各次测量结果的算术平均值是最接近真值的值, 故称其为最优值。由最小二乘法原理可知, 当各次测量值与某一值的偏差的平方之和为最小时, 则该值相当于最优值, 而此值恰好是这些测量值的算术平均