

高等学校教材

建筑材料试验指导书

Jianzhu
Cailiao

Shiyan Zhidaoshu

◎田文玉 主编

◎廖正环 主审



人民交通出版社

China Communications Press

高等学校教材

建筑材料试验指导书

Jianzhu
Calliao

Shiyan Zhidaoshu

田文玉 主编
廖正环 主审



人民交通出版社

China Communications Press

内 容 提 要

建筑材料(或称土木工程材料)是土木工程及相关专业的必修课程,而本课程中的试验部分作为教学培养过程中的重要的实践教学环节,对提高学生的动手能力和综合素养至关重要。作者精心组织编写本书,旨在为各高校师生进行建筑材料试验教学提供一本合适的指导性用书,以便更好地完成教学工作。

本教材涵盖新材料、新技术和最新规范规程,内容全面,组织得当,便于选用。

本教材可作为高等院校土木工程专业及相关专业建筑材料试验教学的教材;各高职高专相关专业在本课程教学时亦可选用,同时,本书亦可供工程检测人员参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

建筑材料试验指导书/田文玉主编. —北京:人民交通出版社, 2005.5
ISBN 7-114-05529-3

I.建... II.田... III.建筑材料-材料试验-高等学校-教材 IV.TU502

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 031529 号

书 名: 建筑材料试验指导书

著 者: 田文玉

责任编辑: 陈志敏

出版发行: 人民交通出版社

地 址: (100011)北京市朝阳区安定门外外馆斜街3号

网 址: <http://www.ccpres.com.cn>

销售电话: (010)85285838,85285995

总 经 销: 北京中交盛世书刊有限公司

印 刷: 北京鑫正大印刷有限公司

开 本: 787×1092 1/16

印 张: 15.75

字 数: 390 千

版 次: 2005年6月第1版

印 次: 2005年6月第1版第1次印刷

书 号: ISBN 7-114-05529-3

印 数: 0001—3000册

定 价: 22.00元

(如有印刷、装订质量问题,由本社负责调换)

前言

QIANYAN

建筑材料试验检测工作在建筑施工、科研中占有举足轻重的地位,它不仅是评定和控制建筑材料质量的依据和必要手段,也是节约原材料、保证工程质量的重要措施。

近年来,随着我国城市及公路建设的迅猛发展,建筑材料的检测任务日趋繁重,同时,材料的技术标准、试验规程不断更新,对试验检测人员的专业水平、检测技能提出了更高的要求。为此,我们收集了近年新颁布的技术规范、试验方法,编写了这本《建筑材料试验指导书》,为在校的大、中专学生提供一本适用的检测教材,也为从事工程检测的技术人员提供一本实用的工具书。

在内容安排上,我们除了选择土木建筑工程中常用材料的常规试验项目,如砂石材料、石灰和水泥材料、水泥混凝土材料、沥青材料、沥青混合料、建筑钢材等,同时根据外加剂在水泥混凝土工程中不可缺少的现状,增加了外加剂的相关检测内容。此外,考虑到在公路建设上,土工织物得到很好的应用,我们还收集了有关土工织物的系列检测内容。为了规范实验记录和数据,本书用一章的篇幅介绍了数据的基本运算规则。各高校可根据自身教学情况,有所取舍使用本教材。

本书由田文玉主编,廖正环主审。具体编写分工为:第一、五、六、九章由田文玉编写,第二章第一节、第三章由谢进生编写,第二章第二节、第三节、第四章由张祖棠编写,第六章、第七章由张弛编写,第十章由江立民编写,全书由田文玉负责统稿。

由于编者水平有限,经验不足,资料收集难免疏漏,对于本书中的不妥之处,恳请读者批评指正并提出宝贵意见,以便今后再版时修正。(联系方式:E-mail:twyzc@sina.com 联系人:田文玉)

编者

2005年2月于重庆

目录

MULU

·第一章 数据处理·····	1
第一节 误差的基本理论·····	1
一、误差的表示方法·····	1
二、误差的分类·····	2
第二节 数据处理与误差分析·····	2
一、常用的统计特征数·····	2
二、数值修约规则·····	4
三、有效数字的运算规则·····	6
四、可疑数据的取舍·····	8
五、一般关系式的建立·····	11
·第二章 砂石材料试验·····	15
第一节 石料试验·····	15
一、石料真实密度试验(李氏密度瓶法)·····	15
二、石料毛体积密度试验(静水称量法)·····	17
三、石料吸水率试验·····	18
四、石料饱水率试验(真空法)·····	19
五、石料单轴抗压强度试验·····	20
六、石料磨耗试验(洛杉矶法)·····	21
第二节 粗集料试验·····	23
一、粗集料筛分试验·····	23
二、粗集料含水率试验·····	24
三、粗集料密度及吸水率试验(容量瓶法)·····	25
四、粗集料体积密度试验·····	26
五、粗集料坚固性试验·····	27
六、粗集料压碎值试验·····	29
七、针、片状颗粒含量试验·····	31
八、粗集料抗冲击试验·····	33

九、粗集料道瑞磨耗试验	35
十、粗集料的磨光试验	36
第三节 细集料试验	41
一、细集料体积密度试验	41
二、细集料含泥量试验(水洗法)	42
三、细集料表观密度试验(容量瓶法)	43
四、细集料的筛分试验	44
第三章 石灰和水泥试验	46
第一节 石灰试验	46
一、石灰有效氧化钙含量试验	46
二、石灰氧化镁含量试验	48
三、石灰细度试验	50
四、生石灰产浆量、未消化残渣含量试验	51
五、生石灰二氧化碳含量试验	52
六、消石灰粉游离水含量试验	53
七、消石灰粉体积安定性试验	54
第二节 水泥试验	54
一、水泥密度试验	55
二、水泥细度试验	56
三、水泥净浆标准稠度试验	61
四、水泥凝结时间试验	63
五、水泥安定性试验	65
六、水泥胶砂流动度试验	66
七、水泥胶砂强度试验	68
第四章 水泥混凝土试验	72
第一节 新拌混凝土试验	72
一、水泥混凝土拌和物的拌制	72
二、水泥混凝土拌和物工作性试验	73
三、水泥混凝土拌和物毛体积密度试验	74
第二节 水泥混凝土力学试验	75
一、试件成型与养护方法	75
二、水泥混凝土抗压强度试验	78
三、水泥混凝土抗弯拉强度试验	80
四、水泥混凝土轴心抗压强度试验	81
五、水泥混凝土劈裂抗拉强度试验	82
六、水泥混凝土抗压弹性模量试验	84

七、水泥混凝土抗折弹性模量试验	87
第三节 水泥混凝土耐久性实验	89
一、水泥混凝土抗磨性试验	89
二、水泥混凝土抗渗性试验	91
三、水泥混凝土抗冻性试验	92
第五章 混凝土外加剂试验	97
第一节 外加剂匀质性试验	99
一、一般规定及取样与留样	99
二、固体含量试验	100
三、密度试验	101
四、细度试验	103
五、pH 值试验	104
六、表面张力试验	105
七、氯离子含量试验	106
八、硫酸钠含量试验	110
九、还原糖含量试验	112
十、碱含量试验(火焰光度法)	113
第二节 掺外加剂水泥净(砂)浆性能试验	115
一、掺外加剂水泥净浆流动度试验	115
二、掺外加剂水泥砂浆工作性试验	116
三、膨胀剂限制膨胀率试验	118
四、钢筋锈蚀试验	120
五、矿物外加剂胶砂需水量比及活性指数的测定	124
第三节 掺外加剂混凝土拌和物性能试验	125
一、混凝土外加剂的减水率试验	125
二、混凝土外加剂泌水率比试验	127
三、混凝土含气量试验	131
四、凝结时间差试验	134
第四节 掺外加剂硬化混凝土性能试验	136
一、混凝土试件的制备	136
二、抗压强度比试验	138
三、收缩率比试验	139
四、相对耐久性试验	142
五、混凝土防水剂渗透高度比试验	143
第六章 砂浆试验	145
一、拌和物取样及试样制备	145

二、砂浆稠度试验	145
三、砂浆密度试验	146
四、砂浆分层度试验	147
五、砂浆立方体抗压强度试验	148
六、砂浆凝结时间试验	150
七、砂浆抗冻性试验	151
八、砂浆收缩试验	153
九、砂浆静力受压弹性模量试验	154
•第七章 沥青试验•	158
一、沥青针入度试验	158
二、沥青延伸度试验	160
三、沥青软化点试验(环球法)	161
四、沥青旋转薄膜加热试验	162
五、沥青含蜡量试验(蒸馏法)	165
六、沥青闪点和燃点试验(克利夫兰开口杯法)	167
七、沥青密度试验	168
八、沥青粘附性试验(水煮法)	171
九、沥青溶解度试验	173
•第八章 沥青混合料试验•	175
一、沥青混合料试件制作方法(击实法)	175
二、沥青混合料马歇尔稳定度试验	176
三、沥青混合料车辙试验	178
•第九章 钢材试验•	181
第一节 建筑用钢筋、钢丝和钢绞线的力学、机械性能试验取样及试验结果评定	181
一、取样方法及取样数量	181
二、钢筋力学性能试验结果评定	181
第二节 钢筋力学性能试验	182
一、拉伸试验	182
二、弯曲(冷弯)试验	188
三、硬度试验	191
四、冲击韧性试验	195
•第十章 土工合成材料试验•	197

一、试样制备	197
二、单位面积质量试验	198
三、厚度试验	199
四、土工格栅、土工网网孔尺寸试验	202
五、格栅温度收缩系数试验	203
六、粘焊土工格栅极限剥离力试验	204
七、条带拉伸试验	205
八、握持拉伸试验	208
九、撕裂试验	210
十、顶破强度试验	211
十一、刺破试验	214
十二、落锥穿透试验	215
十三、蠕变试验	216
十四、直剪摩擦试验	217
十五、拉拔摩擦试验	219
十六、孔径试验	222
十七、垂直渗透系数试验	225
十八、水平渗透系数试验	227
十九、淤堵试验	230
二十、土工膜的抗渗试验	235
二十一、纵向通水量试验	235
二十二、芯带压屈强度试验	236
二十三、抗老化试验	237
参考文献	239

第一章

数据处理

—— 第一节 误差的基本理论 ——

由于所使用的测量设备、所采用的测量方法以及人们对测量环境的控制受到科学技术水平的限制,使得测量结果同被测对象的客观实际存有一定的差异,即测量结果与真值之间存在差异,称为误差。分析过程中,误差是客观存在的,因此需对误差进行全面系统的研究,查出产生误差的原因,尽量减小误差,以提高分析结果的准确程度。

一、误差的表示方法

误差有两种表示方法,即绝对误差和相对误差。

1. 绝对误差

绝对误差是指测定值与真实值之差。

$$\text{绝对误差} = \text{测定值} - \text{真实值}$$

大多数情况下,真实值是无法得到的,所以一般是用一种更精密的量具或仪器进行测量,所得测值称为实际值,它与真实值之差可忽略不计,所以在计算误差时,就用实际值来代替真实值。

$$\text{绝对误差} = \text{测定值} - \text{实际值}$$

2. 相对误差

相对误差是绝对误差与真实值(实际值)的百分比。

$$\text{相对误差} = \frac{\text{绝对误差}}{\text{真实值}} \times 100\% = \frac{\text{绝对误差}}{\text{实际值}} \times 100\%$$

例 1-1:若有甲、乙两物体,甲物体称得质量为 1.6380g,其真实质量为 1.6381g,乙物体称得质量为 0.1637g,其真实质量为 0.1638g,则

甲物体:

$$\text{绝对误差} = 1.6380 - 1.6381 = -0.0001(\text{g})$$

$$\text{相对误差} = \frac{-0.0001}{1.6381} \times 100\% = -0.006\%$$

乙物体:

$$\text{绝对误差} = 0.1637 - 0.1638 = -0.0001(\text{g})$$

$$\text{相对误差} = \frac{-0.0001}{0.1638} \times 100\% = -0.06\%$$

从误差的计算可看出,对于相同的被测量,绝对误差可评定不同测量方法的测量精度高

低;但当绝对误差相同时,被测量的量越大,测量的精度越高。

二、误差的分类

根据误差的性质,误差可分为系统误差、随机误差(又称为偶然误差)和粗大误差(又称为过失误差)三类。

1. 系统误差

(1)按系统误差值一定或不定来分

①定值系统误差:在整个测量过程中,误差大小和方向始终不变。如测定量具刻度的偏差、计算器具的零位偏差等。

②变值系统误差:在整个测量过程中,误差大小和方向按确定的规律变化,又分为线性系统误差、周期性系统误差和复杂规律变化的系统误差。

(2)按系统误差产生的原因来分

①方法误差:由于分析方法本身不完善而引入的误差。

②仪器误差:由于仪器本身不精密而造成的误差。

③主观误差:因操作者某些生理特点所引起的误差。

2. 随机误差

是由一些难以控制的偶然因素所造成的误差,没有一定的规律性。随机误差因素无法在测量前消除,也不可能在一次测量中削弱误差因素,但可以采用多次测量,用概率论与数理统计方法对测量数据进行分析和处理,以获得可靠的测量量。

3. 粗大误差

产生粗大误差的原因可能是由于测量人员工作上粗枝大叶,如测错、读错、记错或算错而造成,或者是过度疲劳或操作经验缺乏而造成的误差。这一类误差会严重歪曲测量结果,应予剔除,不能参与计算。

—— 第二节 数据处理与误差分析 ——

一、常用的统计特征数

统计特征数是用以表达随机变量波动规律的统计量,即数据的集中程度和离散程度。

1. 算术平均值 \bar{x}

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + \cdots + x_n}{n} \quad (1-1)$$

式中: \bar{x} ——算术平均值;

$x_1, x_2, x_3, \cdots, x_n$ ——各个试验数据;

n ——试样个数。

2. 加权平均值 m

加权平均值是各个试验数据与它对应数的算术平均值。

$$m = \frac{x_1 g_1 + x_2 g_2 + x_3 g_3 + \cdots + x_n g_n}{g_1 + g_2 + g_3 + \cdots + g_n} = \frac{\sum x_i g_i}{\sum g_i} \quad (1-2)$$

式中: m ——加权平均值;

x_i ——第 i 个试验数据;

g_i ——与第 i 个试验数据相对应的数量,也叫权重。

3. 中位数 \tilde{x}

把数据按大小顺序排列,排在正中间的一个数即为中位数。当数据的个数 n 为奇数时,中位数就是正中间的数值;当 n 为偶数时,则中位数为中间两个数的算术平均值。

$$\tilde{x} = \begin{cases} x_{\frac{n+1}{2}} & (n \text{ 为奇数}) \\ \frac{1}{2}(x_{\frac{n}{2}} + x_{\frac{n}{2}+1}) & (n \text{ 为偶数}) \end{cases} \quad (1-3)$$

式中: \tilde{x} ——中位数;

$x_{\frac{n}{2}}, x_{\frac{n+1}{2}}, x_{\frac{n}{2}+1}$ ——第 $\frac{n}{2}, \frac{n+1}{2}, \frac{n}{2} + 1$ 个试验数据。

4. 极差 R

极差就是数据中最大值和最小值的差。

$$R = x_{\max} - x_{\min} \quad (1-4)$$

式中: R ——极差;

x_{\max} ——数据中的最大值;

x_{\min} ——数据中的最小值。

5. 绝对偏差 d

各个试验数据与算术平均值的绝对偏差。

$$d_i = x_i - \bar{x} \quad (1-5)$$

式中: d_i ——第 i 个试验数据的绝对偏差;

x_i ——第 i 个试验数据。

6. 相对偏差 d_r

相对偏差是绝对偏差在平均值中所占的百分率。

$$d_r = \frac{d_i}{\bar{x}} \times 100\% \quad (1-6)$$

式中符号同前。

7. 平均偏差 \bar{d}

平均偏差是所有数据绝对偏差绝对值的平均值。

$$\bar{d} = \frac{|x_1 - \bar{x}| + |x_2 - \bar{x}| + \cdots + |x_n - \bar{x}|}{n} = \frac{\sum_{i=1}^n |x_i - \bar{x}|}{n} \quad (1-7)$$

式中符号同前。

8. 标准偏差(又称标准差、均方差、标准误差):子样 S , 母样 σ

我们从总体中抽取一个样本,得到一批数据(子样) x_1, x_2, \cdots, x_n ,在处理这批数据时,标准偏差用 S 来表示,此时, n 是有限个子样个数;若对总体进行数据统计,标准偏差用 σ 来表示,试样个数 n 为无限个。计算式如下:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \quad (1-8)$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n}} \quad (1-9)$$

式中符号同前。

标准偏差反映了数据中各值偏离平均值的大小,如果标准偏差比较小,表示这批数据集中在平均值附近,说明质量比较均匀、稳定;如果标准偏差比较大,表示这批数据离开平均值的距离较大,较分散,说明质量波动大,不稳定。

9. 变异系数 C_v

用极差、标准差只能反映数据波动的绝对大小,用变异系数可以表示相对偏差,便于不同项目之间有关试验精度的比较。

$$C_v = \frac{\sigma}{\bar{x}} \times 100\% \quad \left(\text{或 } C_v = \frac{S}{\bar{x}} \times 100\% \right) \quad (1-10)$$

式中符号同前。

二、数值修约规则

1. 有效数字的概念

0、1、2、3、4、5、6、7、8、9 这十个数码称为数字。单一数字或多个数字组合起来就构成数值。在一个数值中每一个数字所占的位置称为位数。

测量结果的记录、运算,必须注意有效数字。

所谓有效数字就是只保留末一位不准确数字,其余数字为准确数字的这种数字。例如,读取量筒上的刻度 23.44mL,这四位数字中前三位是准确的,第四位因为没有刻度,是估计出来的,是不准确的,称为可疑值,但它又不是臆造的,所以记录时应保留它,所记录的这四位数字都是有效数字。

有效数字反映了测量结果的精密度。例如,34.5、34.50、34.500 这三个数在数学上看做同一数值,但用于表示测量值,则三个数值是不相同的,因为它们精密度的不同。若数据 34.5 的绝对误差是 ± 0.1 (单位姑且不论),其相对误差为 $\frac{\pm 0.1}{34.5} \times 100\% = \pm 0.29\%$;若数据 34.50 的绝对误差是 ± 0.01 ,其相对误差为 $\frac{\pm 0.01}{34.50} \times 100\% = \pm 0.029\%$;若数据 34.500 的绝对误差是 ± 0.001 ,其相对误差为 $\frac{\pm 0.001}{34.500} \times 100\% = \pm 0.0029\%$ 。由此可见,记录测试数据时不可随意增加或减少数据的位数。

2. 有效数字位数的确定方法

(1) 自然数 1~9 都是有效数字。

(2) “0”在数字中所处的位置不同,可以是有效数字,也可以不是有效数字。

①“0”在数字前,仅起定位作用,不是有效数字。如 0.0572m,“5”前两个“0”,均不是有效数字,它们只与所取的单位有关,而与测量的精密度无关。若单位改为 mm,则该数值为 57.2mm,有效数字只有三位。

②“0”在数字中间,是有效数字。如 2.005 中间的两个“0”、301 中间的一个“0”都是有效的数字,所以 2.005 有四位有效数字,而 301 有三位有效数字。

③“0”在小数数字后,是有效数字。如 0.4000 中,“4”后面的三个“0”均为有效数字,所以

该数值的有效数字有四位。

④“0”在正整数后,可能是有效数字,也可能不是有效数字,应根据测试结果的精密度确定。如 1200,有效数字位数不确定,可能是二位、三位或者四位。遇到这种情况,应根据实际测试结果的精密度确定有效数字的位数。把“0”用 10 的乘方表示,有效数字用小数表示。1200 若写成 1.2×10^3 ,表示此数有二位有效数字;若写成 1.20×10^3 ,表示此数有三位有效数字;若写成 1.200×10^3 ,表示此数有四位有效数字。

3. 数值修约规则

数值修约是一种数据处理方式,实际测量或计算后得到各种数据,对在确定的精确范围(有效数字的位数)以外的数字,应加以取舍,进行修约。

(1) 修约间隔

修约间隔是确定修约保留位数的一种方式。修约间隔的数值一经确定,修约值即应为该数值的整数倍。若指定修约数间隔为 0.1,修约值即应在 0.1 的整数倍中选取,若指定修约数间隔为 100,修约值即应在 100 的整数倍中选取。

(2) 进舍规则

①在拟舍弃的数字中,若左边第一个数字小于 5(不包括 5),则舍弃。

例如,将 13.2452 修约到只保留一位小数,得 13.2。

例如,将 3.141516 修约成五位有效位数,得 3.1415。

②在拟舍弃的数字中,若左边第一个数字大于 5(不包括 5),则进一。

例如,将 1268 修约到“百”数位,得 13×10^2 。

例如,将 26.4842 修约到只保留一位小数,得 26.5。

③在拟舍弃的数字中,若左边第一个数字等于 5:

a. 若 5 右边有并非全部为 0 的数字,则进一。

b. 若 5 右边无数字或皆为 0 时,所拟保留的末位数字为奇数,则进一;为偶数(包括“0”),则舍弃。

例如,将 4.2251 修约为三位有效位数,得 4.23。

例如,将 0.3500 修约为只保留一位小数,得 0.4。

例如,将 0.4500 修约为只保留一位小数,得 0.4。

以上规则可概括为如下口诀:“四舍六入遇五要考虑,五后非零则进一,五后皆零视奇偶,五前为偶则舍去,五前为奇则进一”,简称“四舍六入五成双”。

(3) 不允许连续修约

拟修约数字应在确定修约位数后一次修约获得结果,而不得连续修约。

例如,将 15.4546 修约成整数,不应按 $15.4546 \rightarrow 15.455 \rightarrow 15.46 \rightarrow 15.5 \rightarrow 16$ 的做法修约。正确的修约是 $15.4546 \rightarrow 15$ 。

(4) 负数修约

先将负数的绝对值按上述规则进行修约,然后在修约值前面加上负号。

(5) 0.5 单元修约与 0.2 单元修约

① 0.5 单元修约

将拟修约数值乘以 2,按指定数位依照修约规则进行修约,所得数值再除以 2。

例如:将下列数值修约到个位数的 0.5 单元(或修约间隔为 0.5)。

拟修约数值 (k)	乘 2 ($2k$)	$2k$ 修约值 (修约间隔为 1)	k 修约值 (修约间隔为 0.5)
60.38	120.76	121	60.5
60.25	120.50	120	60.0

②0.2 单元修约

将拟修约数值乘以 5,按指定数位依照修约规则进行修约,所得数值再除以 5。

例如:将下列数值修约到“百”位数的 0.2 单元(或修约间隔为 20)。

拟修约数值 (k)	乘 5 ($5k$)	$5k$ 修约值 (修约间隔为 100)	k 修约值 (修约间隔为 20)
842	4210	4200	840
830	4150	4200	840

三、有效数字的运算规则

1. 记数规则

在测试结果的记录、运算和报告中,记录的数值应遵循以下规则。

(1)记录测试数据时,只保留一位可疑数字。

(2)表示精密度时,通常只取一位有效数字,只有测量次数很多时,方可取两位有效数字,且最多只取两位。

(3)在数值计算中,当有效数字位数确定之后,其余数字应按修约规则一律舍去。

(4)在数值计算中,常数(如 π , e 等)以及非检测所得的计算因子(倍数或分数,如 4, $\sqrt{2}$, $\frac{1}{3}$ 等)的有效数字,可视为无限有效,需要几位就取几位。

(5)计算有效数字位数时,若第一位数字等于 8 或 9,则有效数字可多计一位。例如,0.956 可视为四位有效数字,80.47 可视为五位有效数字。

(6)测量结果的有效数字所能达到的最后一位应与误差处于同一位上,重要的测量结果可多计一位估读数。例如, $L = 0.00237$, $\Delta = (1/2) \times 10^{-4}$ 。其中 7 为估读数,一般应记为 $L = 0.0024$ 。

2. 运算规则

(1)加法和减法

①小数:几组小数相加或相减时,以小数位数最少的数值为准,其余各数均修约成比该数多一位,最后结果应与小数位数最少的数值相同。

例 1-2:

$$\begin{aligned} & 508.4 - 438.68 + 13.046 - 6.0548 \\ & \approx 508.4 - 438.68 + 13.05 - 6.05 \\ & = 76.72 \\ & \approx 76.7 \end{aligned}$$

例 1-3:

$$\begin{aligned} & 60.4 + 2.02 + 0.212 + 0.0367 \\ & \approx 60.4 + 2.02 + 0.21 + 0.04 \end{aligned}$$

$$= 62.67$$

$$\approx 62.7$$

②整数:整数相加减,以绝对误差最大的数值为准,其余数值均修约成比该数向右多一位,最后结果的有效数字与绝对误差最大的数值相同。

例 1-4:

$$\begin{aligned} & 67 \times 10^4 + 112 \times 10^3 + 24 \times 10^2 + 171 + 65 \\ &= 67 \times 10^4 + 11.2 \times 10^4 + 0.24 \times 10^4 + 0.0171 \times 10^4 + 0.0065 \times 10^4 \\ &\approx 67 \times 10^4 + 11.2 \times 10^4 + 0.2 \times 10^4 \\ &= 78.4 \times 10^4 \\ &\approx 78 \times 10^4 \end{aligned}$$

(2)乘法和除法

以有效数值位数最少者为准,其余参加运算的各数先修约至比有效数字最少者多保留一位,所得最后结果的有效数字位数与有效数字最少者相同,与小数点的位数无关。

例 1-5:

$$\begin{aligned} & 0.0676 \times 70.19 \times 6.05237 \\ &\approx 0.0676 \times 70.19 \times 6.052 \\ &= 28.71579589 \\ &\approx 28.7 \end{aligned}$$

例 1-6:

$$\begin{aligned} & 0.001234 \times 0.015 \\ &\approx 0.00123 \times 0.015 \\ &= 0.00001845 \\ &\approx 0.000018 \\ &= 1.8 \times 10^{-5} \end{aligned}$$

例 1-7:

$$\begin{aligned} & 0.515 \div 0.464 \\ &= 1.1099137 \\ &\approx 1.11 \end{aligned}$$

(3)乘方和开方

计算结果的有效数字位数与原数值相同,若要继续参与运算,则结果可比原数值多保留一位。

例如:

$$6.54^2 = 42.7716 \approx 42.8$$

例如:

$$\sqrt{7.39} = 2.718455444 \approx 2.72$$

(4)几组数的算术平均值,可比小数位数最少的数值多保留一位。

例如:求平均值:

$$\frac{3.77 + 3.70 + 3.80 + 3.72}{4} = 3.7475 \approx 3.748$$

(5)对数和反对数

在对数和反对数计算中,所取对数的小数点后的位数应与真数的有效数字相同。

例 1-8:求 $[H^+] = 7.98 \times 10^{-2} \text{mol/L}$ 溶液的 pH 值。

解: $\text{pH} = -\lg[H^+] = -\lg 7.98 \times 10^{-2} = 1.097997109 \approx 1.098$

例 1-9:求 $\text{pH} = 11.02$ 溶液的 $[H^+]$ 。

解: $\therefore \text{pH} = -\lg[H^+] = 11.02$

$$\therefore [H^+] = 10^{-11.02} = 9.549925861 \times 10^{-12} = 9.5 \times 10^{-12} \text{mol/L}$$

说明,在多次运算时,每一步计算过程中对中间结果不做修约,但最后结果需按上述规则修约到要求的位数。

四、可疑数据的取舍

在相同条件下进行的多次重复试验中,可得到一组平行数据,在这组数据中有时会发现个别数据明显偏离其他大多数数据,即异常值。如果是在试验过程中,由于以外事故或操作失误而造成的异常,则这类异常值应立即舍弃;若是找不到产生偏差的确切原因,则这类数据就称为可疑数据。这些“离群”结果应按数理统计的方法给予鉴别并决定取舍。常用的判别准则有以下几种方法。

1. “4d”检验法

对一组 n 个数据,按大小顺序排列,首先找到可疑值,除去可疑数据后,计算出其余数据的算术平均值 \bar{x} ,平均偏差 \bar{d} ,若可疑数据与算术平均值 \bar{x} 差的绝对值大于平均偏差 \bar{d} 的四倍,则可疑数据应舍弃。

例 1-10:若有 11 个混凝土抗压强度测定值:30.18、30.23、30.21、30.15、30.28、30.31、30.56、30.32、30.38、30.35、30.19MPa,问 30.56MPa 这个数据是否要舍弃?

解:(1)将测值从小到大按序排列(见表 1-1):

表 1-1

序 号	一	二	三	四	五	六
测定值(MPa)	30.15	30.18	30.19	30.21	30.23	30.28
序 号	七	八	九	十	十一	
测定值(MPa)	30.31	30.32	30.35	30.38	30.56	

(2)计算除 30.56 以外的 10 个数据的算术平均值 \bar{R} :

$$\bar{R} = \frac{30.15 + 30.18 + 30.19 + 30.21 + 30.23 + 30.28 + 30.31 + 30.32 + 30.35 + 30.38}{10} = 30.26(\text{MPa})$$

(3)求平均偏差 \bar{d} :

$$\bar{d} = \frac{0.11 + 0.08 + 0.07 + 0.05 + 0.03 + 0.02 + 0.05 + 0.06 + 0.09 + 0.12}{10} = 0.068(\text{MPa})$$

(4)求 $D = d_{11}$

$$D = d_{11} = |30.56 - 30.26| = 0.30$$

(5)将 D 与 $4\bar{d}$ 比较

$$D = 0.30 > 4\bar{d} = 4 \times 0.068 = 0.27$$

所以,30.56MPa 这一数据应舍弃。

说明:①“4d”检验法的优点是计算简单,不需要计算标准差,也不需要查表;

②当试验组数较多,即 $n > 10$ 时,判定标准是 $D > 4\bar{d}$;

③当试验组数较少,即 $n = 5 \sim 10$ 时,判定标准是 $D > 2.5\bar{d}$;

④当 $n < 5$ 时,用该法就不能将误差较大的可疑数据舍弃了。

2. 莱因达法,又称 3S 法

以标准偏差的 3 倍(3S)作为确定可疑数据的标准。当某个试验数据 x_i 与试验结果的算术平均值 \bar{x} 之差大于 3 倍标准差时,该数据应舍弃;当测量值 x_i 与试验结果的算术平均值 \bar{x} 之差大于 2 倍标准差时,该数据应保留,但须存疑。若发现生产(施工)、试验过程中,有可疑的