

建筑材料质量检测

建筑材料质量检测

杨茂森 殷凡勤 周明月 主编



中国计划出版社

建筑材料质量检测

杨茂森 殷凡勤 周明月 主编

中国计划出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

建筑材料质量检测/杨茂森, 殷凡勤, 周明月主编. —北京: 中国计划出版社, 2000. 9
ISBN 7-80058-880-7

I. 建... I. ①杨... ②殷... ③周... II. ①建筑材料-质量检测 IV. TU50

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2000) 第 39373 号

建筑材料质量检测

杨茂森 殷凡勤 周明月 主编

☆

中国计划出版社出版

(地址: 北京市西城区木樨地北里甲 11 号国宏大厦 C 座 4 层)

(邮政编码: 100038 电话: 63906413、63906416)

新华书店北京发行所发行

外文印刷厂印刷

787×1092 毫米 1/16 23 印张 569 千字

2000 年 10 月第一版 2000 年 10 月第一次印刷

印数 1—5000 册

中国计划出版社

ISBN 7-80058-880-7/TU · 201

定价: 35.00 元

前 言

本书在编写过程中注重理论联系实际,着重叙述建筑工程中常用的主要建筑材料的技术性能、质量标准、取样方法、检验方法以及检验规则、结果评定等内容,并以材料的质量标准和检验方法为重点,为实验室和各级质检站提供完整的常用建筑材料及制品试验鉴定的评定依据。

本书主要内容包括气硬性胶凝材料、水泥、集料、普通混凝土、建筑砂浆、砌墙砖、砌块、钢材、防水材料及建筑陶瓷的试验方法和检验规则,同时也介绍了土工试验、水泥和钢材的化学成分分析试验,并介绍了误差理论和数据处理的基本方法。

全书按国家现行规范、标准、规程和法定计量单位编写,内容精炼、概念清楚、文字通顺、简明实用、便于自学。本书除满足各级质检站的技术人员参考,可作为中专层次及建筑类实(试)验员岗位培训的有关专业教材,也可供具有初中以上文化程度的人员自学。

本书由河南省建筑工程学校建筑工程质量检测站杨茂森、殷凡勤、周明月主编,其中前言、绪论由周明月、殷凡勤、杨茂森编写,第一、二章和第三章第一、二、四节由殷凡勤编写,第四章第一节和第五、六、七、八章由周明月编写,第四章第二节、第十、十一章由梅杨编写,第十二章由李林、秦继英编写,第三章第三节、第九章第三节由陈瑞平编写,第九章第一、二节由魏玉琴编写。在编写过程中杨茂森同志大力协调并修订了部分章节的内容。

本书在编写过程中,得到了河南省建设厅科教处张瑛、郭士干、马跃辉大力支持,本书由河南省建筑科学研究院李宗明主审通过。本书定稿前,河南省建筑科学研究院栾景阳、郑州工业大学张泉典、华北水利水电学院邢振贤、河南省第五建筑安装工程公司马保林、河南省建筑工程学校王林根等同志提出了许多宝贵意见,在此表示衷心感谢。

由于编写时间仓促和编者水平有限,本书难免存在不妥之处,热忱希望广大读者和师生批评指正。

编者

2000年元月

绪 论

建筑材料质量的检验在建筑工程中占有重要地位。通过对原材料、半成品的质量检验,能科学地鉴定建筑物的质量;通过试验试配,能够合理地使用原材料;通过试验研究,能够推广和发展新材料、新技术;为建筑工程的质量鉴定、节约原材料、降低工程造价,推广新材料、新技术作贡献。

近年来,我国工业与民用建筑发展很快,建筑技术不断提高,新材料不断出现,建筑质量稳步上升。但是,我们应该清醒地认识到,目前我国工程质量和材料质量的总体水平仍然不高,不少建筑施工队伍技术力量薄弱,试验人员和施工技术人员对材料性能及各项试验方法和质量评定标准缺乏深入了解,致使工程质量事故时有发生。1988年全国开展房屋建筑工程质量检查,在全国范围内抽查667个工程,经检查核验合格的325个,合格率为48.7%,其中核验为优良的19个,优良率为2.84%。1989年国家建筑工程质量监督检测中心对北京、天津、上海、南京等8个城市40个商品住宅开发公司的80幢住宅进行了抽查,达到合格标准的工程41幢,合格率为51.3%。从全国商品住宅抽查来看,有近一半工程不合格,工程倒塌事故也时有发生,质量问题严重。造成工程质量差的原因是多方面的,其中材料质量不合格占有一定的比例。

搞好施工质量,必须建立和健全两个质量体系:即施工企业内部的质量保证体系和质量监督站的外部质量监督体系。施工企业内部质量保证体系是从施工企业内部对所施工的工程质量起保证作用,外部质量监督体系是当地政府从施工企业外部对工程质量起监督作用,其主要功能是对建筑质量和原材料质量进行鉴定和检验。为提高试验人员和施工技术人员对建筑工程质量和原材料质量的鉴定和检验水平,深入了解材料性能及各项试验方法和质量评定标准,提高建筑行业技术人员的素质,具有十分重要的意义。

建筑材料质量检测是材料检测、工业与民用建筑、村镇建设等专业以及实(试)验员岗位培训的一门重要课程,是一种应用技术,同时又是贯彻执行新标准、新规范的一种途径。

建筑材料质量检测的主要内容是材料的质量标准、取样方法、检验方法、检验规则等。在学习过程中,应注意做到以下几点:

1. 首先了解建筑材料的技术性质和质量标准,并要理解材料为什么会具有这样的性质,从而更好地掌握其质量标准。
2. 材料不同,取样的方法和数量也不尽相同,所以要分清其异同点,以保证试验的代表性。
3. 检验方法是材料试验的重点,是鉴定材料质量的重要手段,是学好建筑材料试验课的重要环节,必须认真上好试验课,以保证掌握其检验方法。
4. 在掌握检验方法、上好试验课的基础上,及时填写试验报告,并进行结果计算和评定,这是熟悉检验规则的必要条件,以保证试验结果的合理性和公证性。
5. 充分利用到工地参观实习的机会,了解常用建筑材料的性能、要求和使用的情况。
6. 经常阅读有关报刊杂志中介绍的新的建筑材料、新的标准和规范。

目 录

绪论

第一章 误差理论及数据处理基本知识	(1)
第一节 误差理论	(1)
第二节 数据处理	(10)
第二章 气硬性胶凝材料	(24)
第一节 石灰	(24)
第二节 建筑石膏	(32)
第三章 水泥	(39)
第一节 水泥的定义、强度等级及质量标准	(39)
第二节 水泥物理力学性能检验	(44)
第三节 水泥化学分析方法	(60)
第四节 水泥质量的评价	(65)
第四章 集料	(67)
第一节 细集料	(67)
第二节 粗集料	(83)
第五章 普通混凝土	(103)
第一节 普通混凝土配合比设计	(103)
第二节 混凝土拌和物性能试验	(113)
第三节 普通混凝土力学性能试验	(118)
第四节 普通混凝土长期性能和耐久性能试验	(128)
第五节 混凝土强度的检验评定	(138)
第六章 建筑砂浆	(141)
第一节 砌筑砂浆的配合比设计	(141)
第二节 砂浆基本性能试验	(145)
第七章 砌墙砖	(154)
第一节 烧结普通砖的质量标准及检验规则	(154)
第二节 砌墙砖试验	(164)
第八章 砌块	(173)
第一节 粉煤灰砌块	(173)
第二节 蒸压加气混凝土砌块	(181)
第九章 建筑钢材	(193)
第一节 常用建筑钢材及质量标准	(193)

第二节	钢材力学性能检验	(219)
第三节	钢材的化学成分分析	(231)
第十章	防水材料	(242)
第一节	石油沥青	(242)
第二节	焦油沥青	(257)
第三节	防水卷材	(264)
第四节	沥青胶结材料	(284)
第五节	冷底子油的调制和试验	(288)
第十一章	建筑陶瓷	(290)
第一节	建筑陶瓷的质量标准	(290)
第二节	釉面内墙砖的质量检验方法	(318)
第三节	彩色釉面陶瓷墙地砖的质量检验方法	(328)
第四节	陶瓷锦砖的质量检验方法	(334)
第五节	陶瓷劈离砖的质量检验方法	(336)
第十二章	土工试验	(341)
第一节	土样和试样制备	(341)
第二节	含水量测定	(343)
第三节	密度测定	(345)
第四节	击实试验	(355)
主要参考文献		(359)

第一章 误差理论及数据处理基本知识

第一节 误差理论

一、误差的必然性

人们为了正确地认识世界,进而能动地改造世界,在其生产实践、科学研究和社会生活中,会遇到各种各样的被测对象。测量的目的在于掌握这些被测对象处在何种状态。在进行任何一次测量时,所使用的测量设备、所采用的测量方法、人们对测量环境的控制及人的观察认识能力都会受到当前的科学技术水平和人的生理条件所制约,都不可能做到完美无缺,致使测量结果同被测对象的客观实际状态存有一定的差异,表现为测量结果与真值之间存在一定差异,即测量误差。这也就是误差存在的必然性和普遍性,称为误差公理。

误差公理:测量结果都具有误差,误差自始至终存在于一切科学实验和测量的过程之中。

二、研究误差理论的意义

(一) 确定测量误差是整个测量过程中不可缺少的重要环节

对于不知其测量误差的测量结果,往往是无法应用从而也是无意义的。例如在测量碳素焊条钢盘条的直径中,国家标准要求公称直径的允许偏差为 $\pm 0.5\text{ mm}$,例如公称直径为 8 mm 的钢盘条当直径为 $7.5\sim 8.5\text{ mm}$ 时为合格;否则为不合格。现知某钢盘条直径的测量结果为 8.0 mm ,那么这根钢盘条是否一定符合要求呢?为此作如下分析。

当盘条直径测量误差的绝对值,即测量结果(8.0 mm)与盘条的客观实际直径的差值的绝对值不超过 0.5 mm 时,此时盘条的客观实际直径在 $7.5\sim 8.5\text{ mm}$ 范围内,因此是合格的。

当盘条直径测量误差的绝对值超过 0.5 mm 时,此时盘条的客观实际直径超出 $7.5\sim 8.5\text{ mm}$ 范围,因此不合格。

由此可见,测量结果为 8.0 mm 的这根盘条,在不知其测量误差时,是无法判断其合格与否的。事实上,它可能是合格的,也可能是不合格的,这取决于测量误差的大小。因此,从事测量就必须研究误差,掌握测量过程中引起误差的因素,了解每项因素产生多大误差以及这些因素又如何综合影响测量结果。

(二) 误差理论是保证和提高测量准确性的必要的理论依据

在生产中,大量的测量工作是为了检测各种被测对象是否符合要求,即是否为合格品。这就要求检测手段,即所用的测量仪器和测量方法需达到一定的准确性。如误差过大就很可能将不符合标准要求的被测对象,被误认为合格品而验收,或者将合格的被测对象当做不合格品而拒绝验收。

因此,在很多时候,要求我们设法减小测量误差,提高测量准确性。这就需要对误差进

行系统的、全面的研究，了解误差的种类，各类误差的特征以及在具体测量工作中减小甚至消除某些因素所造成的误差的原则和方法。这些方面也正是误差理论所包含的内容。

(三) 误差理论是合理选用、设计仪器的必要理论依据

对一个被测对象的测量，往往可以选用不同的测量仪器，而这些测量仪器的准确性各不相同。一般情况下测量的准确性越好，测量过程就越复杂，对仪器和测量环境越苛求，对测量人员的技术要求也越高，从而耗资、耗时也越多。因此，很多测量工作，特别在生产中大量的测量检验，并不盲目追求高准确度，而是在满足测量准确度的前提下，求得测量工作简便、经济，有较高的速度以适应生产的要求。这就需要应用误差理论科学地、合理地选择测量器具。

在设计仪器时，鉴于加工等原因，有时应用近似原理，如以线性的运动近似地代替非线性运动，从而产生仪器原理设计误差。此外，在仪器零部件的加工、装配和调试中，由于不可能达到完全理想的位置或状态，也必然产生加工、装配和调整误差。这些误差都影响仪器的测量准确性。设计中需应用误差理论来分析并适当控制这些误差因素，使仪器的测量准确度达到设计要求。总之，误差理论已成为从事测量技术和仪器设计制造科技工作者的必不可少的理论知识。

三、基本概念

1. 量和量值。以定性区别并能定量确定的现象或物体的属性叫量。只能定性区别而无法定量确定的现象或物体的属性不能称其为量。

量值是数量和计量单位的乘积，即：量值 = 数值 × 计量单位。如 3 m，5 kg，20℃ 等。

2. 量的真值和实际值。一个量在被测的瞬间，该量本身所具有的真实大小称为被观测量的真值。量的真值是理想的概念，一般来说，真值是无法知道的，是不能通过测量获得的，但却可通过测量获得接近真值的量值。

满足规定准确度的，用来代替真值使用的量值称为实际值。通常在检定中，把用高一等级的计量标准测得的量值称为实际值；在测量工作中，把标准样品给定值或上级权威机构测量值视为实际值。

3. 测量和测量误差。为确定被测对象的量值而进行的实验全过程称为测量。所谓试验过程，就是用一个已知的单位量与被测的同类量进行比较获得量值的过程，其结果可以在一定准确度内重复出现。

测量结果与被测量真值之间的差值称为测量误差。即：测量误差 = 测量结果 - 真值。

四、误差及其分类

(一) 误差的主要来源

在测量过程中，引起误差的因素是很多的，但在分析和计算测量误差时，不可能也没有必要逐一对所有误差因素进行分析计算，而是着重分析引起误差的主要因素。通常情况下，产生误差的原因有以下几个方面：

1. 设备误差。

(1) 标准器误差：标准器是提供标准量值的器具，如标准砝码、钢尺、游标卡尺等，它们本身欲要体现出来的量值都有误差。

(2) 测量装置误差：测量装置是在测量过程中实现被测的未知量与已知的单位量进行比较的组成部分。主要考虑装置的制造与安装误差，因为测量装置是由许多零件组成，它们在制造和安装中均不可避免地存在误差，如读数机构中分划板的刻度误差、度盘的安装偏心误差、天平的不等臂误差，光学系统的放大倍率误差等。

(3) 附件误差：为测量创造一些必要条件或使观测能得以顺利进行的各种辅助设备均属测量附件。如电测中的转换开关、电源连接导线、长度测量中的装卡调整器具等均会引起测量误差。

2. 环境误差。环境条件包括温度、湿度、气压、振动、灰尘、电磁场、光照射等。测量设备在规定的标准条件下使用时产生的示值误差称为基本误差。超出规定的条件所造成的测量设备量值的变化、相互位置的改变、机构失灵等引起的误差称为附加误差。

3. 人员误差。属于测量人员的主观误差。如测量者生理上的分辨能力、感觉器官引起的误差等。

4. 方法误差。主要是指由于测量原理和方法有缺陷而带来的误差。例如水泥标准稠度用水量测定中不变水量法，当 $S \leq 13 \text{ mm}$ 时引起的误差，采用近似的测量方法和近似公式所产生的误差等。

(二) 误差的分类

测量误差的来源是多方面的，但就其性质而言，可分为三类。

1. 系统误差。系统误差是指在偏离测量规定条件时或由于测量方法所引入的因素，按某确定规律所引起的误差。

2. 随机误差。随机误差是指在实际测量条件下，多次测量同一量时，误差的符号和绝对值以不可预定方式变化着的误差，随机误差又称偶然误差。

3. 粗大误差。粗大误差是指超出在规定条件下预期的误差。

(三) 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。被测量的测量结果与其真值之差称为绝对误差，习惯上把“绝对”二字省略，提到误差，均指绝对误差而言。

绝对误差 = 测量结果 - 真值

因为真值往往是无法获得的，而实际值与真值之差又可忽略不计，所以在求算误差时，实际上均采用以下公式计算：

误差 = 测量结果 - 实际值

2. 相对误差。绝对误差与真值的比较，以百分数表示。

$$\text{相对误差} = \frac{\text{绝对误差}}{\text{真值}} \times 100\%$$

实际计算公式为：

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

对于相同的被测量，绝对误差可以评定不同的测量方法的测量精度的高低，但对于不同的被测量，绝对误差就难以评定不同的测量方法测量精度的高低，而采用相对误差就可以评定不同测量方法测量精度的高低。

例如用两种方法来表示测量 $L_1=100\text{ mm}$ 的尺寸；当测量误差分别为 $\delta_1=10\text{ }\mu\text{m}$ ， $\delta_2=8\text{ }\mu\text{m}$ 时，用绝对误差很容易知道前者误差大，精度低；后者误差小，精度高。现用第三种方法测量 $L_2=80\text{ mm}$ 的尺寸，误差为 $\delta_3=7\text{ }\mu\text{m}$ ，此时用绝对误差就难以评定第三种方法测量精度的高低，而采用相对误差，问题就可以得到解决。

第一、二、三种测量方法的相对误差分别为：

$$\frac{\delta_1}{L_1} = \frac{10\text{ }\mu\text{m}}{100\text{ mm}} \times 100\% = \frac{10}{100\text{ }000} \times 100\% = 0.01\%$$

$$\frac{\delta_2}{L_1} = \frac{8\text{ }\mu\text{m}}{100\text{ mm}} \times 100\% = \frac{8}{100\text{ }000} \times 100\% = 0.008\%$$

$$\frac{\delta_3}{L_2} = \frac{7\text{ }\mu\text{m}}{80\text{ mm}} \times 100\% = \frac{7}{80\text{ }000} \times 100\% = 0.009\%$$

由此可知第一种方法的精度最低，第二种方法的精度最高。

五、系统误差

系统误差在测量之前就已存在，并具有规律性、可预测性。对系统误差，我们首先要发现其存在，然后分析其产生的原因和规律并采取适当措施，消除或削弱系统误差对测量结果的影响。

（一）系统误差的分类

系统误差可分为定值系统误差和变值系统误差两类。

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。通常又将变值系统误差分为：

（1）线性系统误差：随着时间或测量值的变化，误差呈线性的递增或递减的系统误差。

（2）周期性系统误差：随着测量值或时间的变化，误差呈正弦曲线变化的系统误差。

（3）复杂规律变化的系统误差：随着时间或测量值的变化，误差呈较复杂规律变化的系统误差。

（二）消除定值系统误差的方法

1. 消除误差源。此方法从产生误差的根源上消除误差。主要是依靠测量人员对测量过程中可能产生的系统误差环节作仔细分析，并在测量前就将误差从产生根源上加以消除。

2. 加修正值法。这种方法是预先将测量器具的系统误差检定出来，然后取与此误差数值相同符号相反的值作为修正值，将实际测得值加上相应的修正值，即可得到不包含系统误差的测量结果。

3. 代替法。代替法的实质是在测量装置上对被测量物进行测量时，首先使被测量与一参

考量相平衡,在不改变测量条件的前提下,立即用一个标准量代替被测量,通过调整被测量的方法,使之与被测量等效,则标准量的量值即是被测量的量值。

例如在等臂天平上称量,被测量 x 先与某一重物 Q 平衡,如天平两臂长有误差,设两臂长分别为 L_1 和 L_2 ,则 $x = \frac{L_2}{L_1} Q$

但由于不能准确知道 L_1 和 L_2 的实际值,若取 $x=Q$ 将会带来固定不变的系统误差。今移出被测量 x ,用已知量为 P 的标准砝码代替 x ,并使 P 与 Q 重新平衡,则有:

$$P = \frac{L_2}{L_1} Q$$

所以 $x=P$, 这样就能消除由于 $L_1 \neq L_2$ 所引起的定值系统误差。

4. 抵消法(异号法)。这种方法要求进行两次测量,以使两次读数时出现的系统误差大小相等、符号相反,用两次测量值的平均值作为测量结果即可消除系统误差。

如在电学测量中,由于测量回路中有寄生热电势存在,给测量结果带来定值误差。我们采用两次测量,第一次测量与第二次测量其电流方向相反,则寄生热电势两次的量值误差相同方向相反,取两次测量的平均值作为测量结果可消除热电势对测量的影响。

5. 交换法。此法相当于抵消法,也是要求进行两次测量。在两次测量中使某些条件交换,消除系统误差。

仍以消除天平不等臂带来的定值系统误差为例。在等臂天平上称质量,先将被测量 x 放在左边,标准砝码放在右边,平衡后有:

$$x = \frac{L_2}{L_1} P$$

将 x 、 P 交换位置后,调整 P 为 P' 使之平衡,则有 $x = \frac{L_1}{L_2} P'$, 取 $x = \sqrt{P \times P'} \approx \frac{P+P'}{2}$, 则可消除天平不等臂带来的系统误差。

(三) 常用消除变值系统误差的方法

1. 等时距对称测量法。线性系统误差是常遇到的变值系统误差,最有效的消除方法为等时距对称测量法。若测量时产生的系统误差随着时间的推移成比例的增加或减少,在安排标准量与被测量的比较测量时,采取等时距对称测量的方法,即首先测标准得测量值为 N_1 ,经时间 Δt 后,再测被测量,测得值为 x_1 ,经等时间间隔 Δt 后重复对被测量进行测量得测量值为 x_2 ,最后经等时间间隔 Δt 后再测标准量值为 N_2 ,被测量的定值系差为:

$$\omega = \frac{x_1 + x_2}{2} - \frac{N_1 + N_2}{2}$$

从而消除了线性系统误差对测量结果的影响。

2. 半周期偶数测量法。周期性系统误差在测量中也较为常见,通常采用半周期偶数测量法进行消除,因为周期性误差可表示成为: $\epsilon = a \sin \varphi$

2π 为误差变化的周期,如对某一被测量相隔 π 测量两次,并取两次测量的平均值为测量结果,则两次误差之和为:

$$\epsilon_1 + \epsilon_2 = a \sin \varphi_1 + a \sin \varphi_2 = a \sin \varphi_1 + a \sin (\pi + \varphi_1) = a \cdot \sin \varphi_1 - a \sin \varphi_1 = 0$$

从而消除了周期性误差对测量结果的影响。

一般仪器度盘安装偏心, 仪表指针回转中心与仪表刻度盘中心有偏心等都会引起周期性系统误差, 用此法皆可消除。

3. 多次测量法。测量环境存在着不规则的温度、湿度、气压、振动等微小的波动。这些不规则的微小因素的波动存在于测量过程中, 会引起随机的误差, 这些众多的微小因素是无法完全消除的。为了减小其影响, 提高精度, 一是控制这些因素达到最小程度, 再者就是采用多次测量的方法, 取平均值作为测量结果可提高测量精度。

另外, 温度条件对测量结果的影响最明显。在实际测量中我们很难把温度控制在某一固定测试点上, 因此往往整个测量过程中, 温度常常是处于上升或下降的情况下, 这将给测量带来线性系统误差。除采用等时距对称测量法外, 也可采取准确测出温度, 利用修正公式算出修正值, 通过加修正值的方法消除温度造成的线性系统误差。

六、随机误差

产生随机误差的原因是由许许多多暂未被掌握的规律或一时不便于控制的微小因素所造成的。对于一次具体测量, 每一个因素出现与否, 以及这些因素所形成的误差大小和正负, 事先是无法知道的。尽管在相同条件下进行多次测量, 其误差的大小和符号各不相同。

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, 而只能通过相同条件下多次测量, 采用统计的方法对测量数据进行分析处理, 以确定最可靠的测量结果及其误差范围。

(一) 随机误差的分布规律

随机误差在测量中虽然无法消除, 但我们通过大量的实验, 可以找出随机误差的分布规律。先找出频数分布, 画出频数分布直方图, 如果组分得越细, 直方图的形状逐渐趋于一条曲线, 数据波动的规律不同, 曲线的形状也不一样。在实际中按正态分布曲线的最多, 应用也最广, 本节介绍的也是基于正态分布。正态分布的随机误差有以下性质:

1. 单峰性: 绝对值小的误差比绝对值大的误差数目多;
2. 对称性: 多次测量时绝对值相等、符号相反的误差数目相等;
3. 有界性: 所有误差的绝对值不超过某一固定常数;
4. 抵偿性: 所有误差之和趋于零。

(二) 正态分布

正态分布曲线的概率密度函数为:

$$\phi(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}} \quad (1-1)$$

式中 x ——试验数据值;

e ——自然对数的底, 取 $e=2.718$;

μ ——曲线最高点横坐标, 叫做正态分布的平均值, 曲线与 μ 对称;

σ ——正态分布的标准差。

曲线窄而高, 说明测量值比较集中, 离散程度小; 反之说明测量值比较分散, 离散程度

大。曲线与横坐标之间的面积表示频率（概率）之总和，等于100%。概率是指试验所得数据落在图形的机会，可用分布函数表示。由概率函数知：

在 $x = \mu - \sigma$ 至 $x = \mu + \sigma$ 范围内的面积为总面积的 68.3%，即概率为 68.3%；

在 $x = \mu - 2\sigma$ 至 $x = \mu + 2\sigma$ 范围内的面积为总面积的 95.4%，即概率为 95.4%；

在 $x = \mu - 3\sigma$ 至 $x = \mu + 3\sigma$ 范围内的面积为总面积的 99.7%，即概率为 99.7%。

1. 平均值 μ 。平均值反映一批数据总体的平均水平，度量这些数据的中间位置。

$$\mu = \frac{x_1 + x_2 + \cdots + x_n}{n} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (1-2)$$

式中 μ ——算术平均值；

x_i ——第 i 个测量数据；

n ——测量数据个数。

2. 标准差 σ 。标准差是衡量数据波动性大小的指标。 σ 愈小，波动性（离散性）越小，测量精度越高。反之离散性大，测量精度低。

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \mu)^2}{n - 1}} \quad (1-3)$$

式中 σ ——标准差（均方差）；

x_i ——第 i 个测量数据；

μ ——算术平均值；

n ——测量数据个数。

3. 变异系数 δ 。标准差是表示绝对波动大小的指标，测量较大的量值， σ 值一般较大；测量较小的量值， σ 值一般较小。因此要考虑相对波动的大小，即用平均值的百分率表示标准差，即变异系数，用 δ 来表示。

$$\delta = \frac{\sigma}{\mu} \times 100\% \quad (1-4)$$

式中 δ ——变异系数（%）；

μ ——算术平均值；

σ ——标准差。

七、粗大误差

粗大误差的数值比较大，它会严重地歪曲测量结果，因此一定要剔除粗大误差。

（一）产生粗大误差的原因

产生粗大误差的原因是多方面的，但可归纳为主观原因和客观原因两大方面。测量人员的主观原因主要是由于测量工作责任感不强，工作过于疲劳和缺乏经验操作不当，或在测量时不小心、不耐心、不仔细等，从而造成了错误的读数或错误的记录。

客观外界条件的原因主要是测量条件意外的改变，引起仪器示值或被测对象位置的显著改变。

(二) 防止和消除粗大误差

由于粗大误差严重影响测量结果,所以在测量过程中应尽量避免出现粗大误差,若出现粗大误差应能判别并剔除之,防止和消除粗大误差可以从以下几个方面考虑:

1. 加强测量者的责任心,以科学态度对待测量工作;
2. 保证测量条件的稳定,避免在外界条件发生激烈变化时进行测量;
3. 采取校验制度;
4. 由另外一个人对测量、读数和记录的数据进行复核;
5. 根据误差理论发现和剔除粗大误差。

(三) 判别粗大误差的原则

判别粗大误差的方法比较多,较常用的判别准则有三个。

1. 莱因达 (3σ) 准则:若对某一量进行 n 次测量 ($n > 10$),在测量中凡残余误差绝对值大于 3σ 的,即 $|x_i - \mu| > 3\sigma$,可以认为它所对应的测量值含有粗大误差,应予剔除。

2. 格鲁布斯准则:

(1) 把试验所得数据从小到大排列:

$$x_1, x_2, \dots, x_i, \dots, x_n$$

(2) 选定显著性水平 α (一般取 $\alpha = 0.05$),根据 n 及 α 从表 1-1 中查得 T_α 值。显著性水平是指统计检验中给定的很小概率 α ,它表示要否定一个假设所犯错误的概率有多大。

表 1-1 $n \cdot \alpha$ 和 T_α 值的关系表

n	显著性水平 α				n	显著性水平 α			
	0.05	0.025	0.01	0.005		0.05	0.025	0.01	0.005
3	1.153	1.155	1.155	1.155	15	2.409	2.549	2.705	2.806
4	1.463	1.481	1.492	1.496	16	2.443	2.585	2.747	2.852
5	1.672	1.715	1.749	1.764	17	2.475	2.620	2.785	2.894
6	1.822	1.887	1.949	1.973	18	2.504	2.651	2.821	2.932
7	1.938	2.020	2.097	2.139	19	2.532	2.681	2.854	2.968
8	2.032	2.126	2.221	2.274	20	2.557	2.709	2.884	3.001
9	2.110	2.215	2.323	2.387	21	2.580	2.733	2.912	3.031
10	2.176	2.290	2.410	2.482	22	2.603	2.758	2.939	3.060
11	2.234	2.355	2.485	2.564	23	2.624	2.781	2.963	3.087
12	2.285	2.412	2.550	2.636	24	2.644	2.802	2.978	3.112
13	2.331	2.462	2.607	2.699	25	2.663	2.822	3.009	3.135
14	2.371	2.507	2.659	2.755	26	2.681	2.841	3.029	3.157

续表 1-1

n	显著性水平 α				n	显著性水平 α			
	0.05	0.025	0.01	0.005		0.05	0.025	0.01	0.005
27	2.698	2.859	3.049	3.178	42	2.887	3.057	3.261	3.404
28	2.714	2.876	3.068	3.199	43	2.896	3.067	3.271	3.415
29	2.730	2.893	3.085	3.218	44	2.905	3.075	3.282	3.425
30	2.745	2.908	3.103	3.236	45	2.914	3.085	3.292	3.435
31	2.759	2.924	3.119	3.253	46	2.923	3.094	3.302	3.445
32	2.773	2.938	3.135	3.270	47	2.931	3.103	3.310	3.455
33	2.786	2.952	3.150	3.286	48	2.940	3.111	3.319	3.464
34	2.799	2.965	3.164	3.301	49	2.948	3.120	3.329	3.474
35	2.811	2.979	3.178	3.316	50	2.956	3.128	3.336	3.483
36	2.823	2.991	3.191	3.330	60	3.025	3.199	3.411	3.560
37	2.835	3.003	3.204	3.343	70	3.082	3.257	3.471	3.622
38	2.846	3.014	3.216	3.356	80	3.130	3.305	3.521	3.673
39	2.857	3.025	3.228	3.369	90	3.171	3.347	3.563	3.716
40	2.866	3.036	3.240	3.381	100	3.207	3.383	3.600	3.754
41	2.877	3.046	3.251	3.393					

(3) 计算统计量 T 值:

$$\text{设 } x_i \text{ 为可疑时, 则 } T = \frac{\mu - x_i}{\sigma} \quad (1-5a)$$

$$\text{当最大值 } x_n \text{ 为可疑值时, 则 } T = \frac{x_n - \mu}{\sigma} \quad (1-5b)$$

式中 μ ——数据算术平均值;

x_i ——第 i 个测量值;

σ ——标准差 (均方差);

n ——数据个数。

(4) 当计算的统计量 $T \geq T_\alpha$ 时, 则该数值含有粗大误差, 应予舍弃。当 $T < T_\alpha$ 时, 则不能舍弃。

3. 肖维纳准则: 若对某一量进行 n 次测量, 在测量中凡残余误差绝对值大于 $W_n \sigma$ 的, 即 $|x_i - \mu| > W_n \sigma$, 则可以认为它所对应的测量值含有粗大误差, 应予剔除。 W_n 可从表 1-2 中查出。

表 1-2 n 与 W_n 关系表

n	5	6	7	8	9	10	11	12	13
W_n	1.65	1.73	1.79	1.86	1.92	1.96	2.00	2.04	2.07
n	14	15	16	17	18	19	20	22	24
W_n	2.10	2.13	2.16	2.18	2.20	2.22	2.24	2.28	2.31
n	26	28	30	35	40	50	60	80	100
W_n	2.34	2.37	2.39	2.45	2.50	2.58	2.64	2.74	2.81

第二节 数 据 处 理

一、有效数字和数字修约

(一) 有效数字

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

测量结果的记录、运算和报告，必须注意有效数字。由有效数字构成的数值（如测量值）与通常数字的数值在概念上是不同的，例如 34.5、34.50、34.500 这三个数在数学上看作同一数值，但如用于表示测量值，则三个数值反映的测量结果的准确度是不同的。

有效数字即表示数字的有效意义。用于表示连续物理量的测量结果，指示测量中实际能测得的数字。一个由有效数字构成的数值，从最后一位算起的第二位以上的数字应该是可靠的，或者说是确定的，只有末位数字是可疑的，或者说不确定的。所以说有效数字构成的数值是由全部确定数字和一位不确定的数字构成的。

记录和报告上的测量结果只应包含有效数字，对有效数字的位数不能任意增删。

由有效数字构成的测量值必然是近似值。因此，测量值及其运算必须按近似计算规则进行。

数字“0”，当它用于指示小数点的位置，而与测量的准确程度无关时，不是有效数字；当它用于表示与测量准确程度有关的数值大小时，则为有效数字。这与“0”在数值中的位置有关。

1. 第一个非零数字前的“0”不是有效数字。例如：

0.0398 三位有效数字

0.0008 一位有效数字

2. 非零数字中的“0”是有效数字。例如：

3.0098 五位有效数字

5301 四位有效数字