华东交通大学教材（专著）基金资助
江西省普通高等学校给排水科学与工程专业卓越工程师培养计划（05100201）资助
江西省高等学校教学改革研究省级课题（JXJG-15-5-5）资助

给排水科学与工程实验教材

胡锋平　戴红玲　主编

JIPAISHUI KEXUE YU GONGCHENG
SHIYAN JIAOCAI

化学工业出版社

华东交通大学教材（专著）基金资助
江西省普通高等学校给排水科学与工程专业卓越工程师培养计划（05100201）资助
江西省高等学校教学改革研究省级课题（JXJG-15-5-5）资助

给排水科学与工程实验教材

胡锋平　戴红玲　主编
唐朝春　童祯恭　鲁秀国　副主编

化学工业出版社
·北京·

《给排水科学与工程实验教材》依据“全国高等学校给排水科学与工程专业指导委员会”制订的《给排水科学与工程专业相关课程实验教学基本要求》，结合给排水科学与工程专业国家特色专业建设和“江西省普通本科高等学校卓越工程师培养计划”需要编写而成，主要包括实验数据分析处理、基础课程实验、专业基础与专业课程实验，含工程力学、物理化学、水力学、水处理生物学、泵与泵站、水文学与水文地质学、水分析化学、建筑给水排水工程、水质工程学等课程共计60个实验项目，并编入开放性实验教学项目8个。

本书可供高等学校给排水科学与工程、环境工程及相关专业本科、专科教师及学生作为教学参考用书使用。

图书在版编目（CIP）数据

给排水科学与工程实验教材/胡锋平，戴红玲主编．北京：化学工业出版社，2017.1

ISBN 978-7-122-28662-8

Ⅰ.①给… Ⅱ.①胡…②戴… Ⅲ.①给排水系统-实验-高等学校-教材 Ⅳ.TU991-33

中国版本图书馆CIP数据核字（2016）第304897号

责任编辑：邹　宁　　　　装帧设计：关　飞

责任校对：宋　玮

出版发行：化学工业出版社（北京市东城区青年湖南街13号　邮政编码100011）

印　　装：大厂聚鑫印刷有限责任公司

787mm×1092mm　1/16　印张10½　字数270千字　2017年3月北京第1版第1次印刷

购书咨询：010-64518888（传真：010-64519686）　售后服务：010-64518899

网　　址：http://www.cip.com.cn

凡购买本书，如有缺损质量问题，本社销售中心负责调换。

定　价：29.80元

《给排水科学与工程实验教材》

编委会

主　编： 胡锋平　戴红玲

副主编： 唐朝春　童祯恭　鲁秀国

参　编：（按姓氏笔画排序）

丰桂珍　王秋华　兰　蔚　向速林　刘占孟

刘雪梅　李　丽　汪琳媛　张　琪　张卫风

陈　鹏　邹定环　夏　坚　彭小明　喻晓今

前　言

FOREWORD

本书依据“全国高等学校给排水科学与工程专业指导委员会”制订的《给排水科学与工程专业相关课程实验教学基本要求》，结合给排水科学与工程专业国家特色专业建设和“江西省普通本科高等学校卓越工程师培养计划”需要编写而成，主要包括实验数据分析处理、基础课程实验、专业基础与专业课程实验，含工程力学、物理化学、水力学、水处理生物学、泵与泵站、水文学与水文地质学、水分析化学、建筑给水排水工程、水质工程学等课程共计 60 个实验项目，并编入了开放性实验教学项目 8 个。

本书的出版得到华东交通大学教材（专著）基金资助、江西省普通高等学校给排水科学与工程专业卓越工程师培养计划（05100201）资助、江西省高等学校教学改革研究省级课题（JXJG-15-5-5）资助。

本书由华东交通大学胡锋平、戴红玲主编。第一章由汪琳媛、戴红玲编写，第二章由喻晓今、邹定环编写，第三章由夏坚编写，第四章由唐朝春、向速林、陈鹏编写，第五章由丰桂珍、刘占孟、张卫风、王秋华编写，第六章由彭小明、张琪编写，第七章由戴红玲编写，第八章由鲁秀国、兰蔚编写，第九章由戴红玲、李丽编写，第十章由童祯恭、胡锋平、戴红玲、丰桂珍、刘雪梅编写。第十一章由胡锋平、戴红玲、童祯恭、刘占孟编写。

本书可作为高等学校给排水科学与工程专业本科、专科教学用书，也可供高等学校环境工程专业本科、专科教学参考使用。

在本书的编写中，参考和选用了一些单位和个人的著作和资料，在此谨向他们表示衷心的感谢。由于作者水平有限，书中不妥或疏漏之处在所难免，敬请读者批评指正。

编者

2016. 11. 20

目　录
CONTENTS

第一章 实验数据分析处理

第一节 实验误差分析

水和废水监测分析与水处理实验，常需做一系列的测定，并取得大量的数据。实践表明：每项实验都有误差（即实验值与真实值之间的差异），同一项目的多次重复测量，结果总有差异。这是由多种原因造成的，是不可避免的。

实验误差分析目的在于确定实验直接测量值与间接值误差的大小、数据可靠性的大小，从而判断数据准确度是否符合工程实践要求。

一、误差的基本概念

1. 直接测量值与间接测量值

实验就是对一些物理量进行测量，并通过对这些实测值，或根据它们经过公式计算后所得到的另外一些测得值，进行分析整理，得出结论。前者称为直接测量值，后者称为间接测量值。水和废水监测分析和水处理实验中到处可见这样两类测量值。例如曝气设备清水充氧实验中，充氧时间 t 和水中溶解氧 O_t（仪表测定）均为直接测定值，而设备总转移系数 K_{la} 则是间接测定值。

2. 误差来源及误差分类

实验值与真实值之间的差异即为误差。

根据对测量值影响的性质，误差通常分为系统误差、偶然误差及过失误差。

(1) 系统误差

是指在同一条件下，多次测量同一个量时，误差的数值保持不变或按某一规律变化的误差，造成系统误差的原因很多，可能是仪器、环境、装置、测试方法等。

系统误差虽然可以采取措施使之降低，但关键是如何找到产生误差的原因，这是实验讨论中的一个重要方面。

(2) 偶然误差

又称随机误差，其性质与前者不同，测量值总是有稍许变化且变化不定，误差时大时小、时正时负，其来源可能是：人的感官分辨能力不同、环境干扰等，这种误差是无法控制的，它服从统计规律，但其规律性必须要在大量观测数据中才能显现出来。

(3) 过失误差

这是由于实验时使用仪器不合理或粗心大意、精力不集中、记错数据而引起的。这种误差只要实验时严肃认真，一般是可以避免的。

3. 绝对误差和相对误差

绝对误差 ε 是指测量值 x 与其真值 a 的差值，即 $\varepsilon=x-a$，单位同测量值。它反映测量值偏离真值的大小，故称之为绝对误差。它虽然可以表示一个测量结果的可靠程度，但在不同测量结果的对比中，不如相对误差。

相对误差是指该值的绝对误差与测量值的比值，即：

$$\delta=\frac{\varepsilon}{x}\times 100\% \tag{1-1-1}$$

相对误差无单位，通常用百分数表示，多用在不同测量结果的可靠性对比中。

二、直接测量值误差分析

1. 单次测量值误差分析

水和废水监测分析与水处理实验，影响因素多，测试量大，实验中往往对某些测量只进行一次测量。这有时是因为条件限制，有时是因为对测量准确度要求不高，但更多情况下是因为测量是在动态实验下进行的，不容许对被测量值作重复测量。例如曝气设备清水充氧实验、取样时间、水中溶解氧值测定（仪器测定）、压力计量等，均为一次测定值。这些测定值的误差，应根据具体情况进行具体分析。例如，对于偶然误差较小的测定值，可按仪器上注明的误差范围分析计算；无注明时，可按仪器最小刻度的 1/2 作为单次测量的误差。如用上海第二分析仪器厂的 SJ6-203 溶解氧测定仪记录，仪器精度为 0.5 级。当测得 DO = 3.2mg/L 时，其误差值为 3.2 × 0.005 = 0.016mg/L；若仪器未给出精度，由于仪器最小刻度为 0.2mg/L，故每次测量的误差可按 0.1mg/L 考虑。

2. 重复多次测量值误差分析——算术平均误差及均方根偏差

为了能得到比较准确可靠的测量值，在条件允许的情况下，应尽可能进行多次测量，并以测量结果的算术平均值近似代替该物理量的真值。该值误差有多大，在工程中除用算术平均误差表示外，多用均方根偏差或叫标准偏差来表示。

(1) 算术平均误差

是指测量值与算术平均值之差的绝对值的算术平均值。

设各测量值为 x_i，则算术平均值为：

$$\bar{x}=\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}x_i \tag{1-1-2}$$

偏差为 $d=x_i-\bar{x}$，则算术平均误差 Δx 为：

$$\Delta x=\frac{\sum_{i=1}^{n}|d_i|}{n}=\frac{\sum_{i=1}^{n}|x_i-\bar{x}|}{n} \tag{1-1-3}$$

则真值可以表示为 $a=\bar{x}\pm\Delta x$

(2) 均方根偏差

也叫标准偏差，是指各测量值与算术平均值差值的平方和的平均值的平方根，故又称为均方偏差，其计算式为：

$$\sigma=\sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(x_i-\bar{x})^2}=\sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}d_i^2} \tag{1-1-4}$$

在有限次测量中，工程上常用下式计算标准偏差：

$$\sigma_{n-1}=\sqrt{\frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{n}(x_i-\bar{x})^2} \tag{1-1-5}$$

由于上式中是用算术平均值代替了未知的真值，故用偏差这个词代替了误差，将由此式求得的均方根误差也称之为均方根偏差。测量次数越多，算术平均值越接近于真值，则各偏差也越接近于误差。因此工程中一般不去区别误差与偏差的细微区别，而将均方根偏差也称

之为均方根误差，简称为均方差，则真值可用多次测量值的结果表示为：

$$a=\bar{x}\pm\sigma \tag{1-1-6}$$

三、间接测量值的误差分析

间接测量是根据一定的公式，由直接测量值计算而得。由于直接测量值均有误差，故间接测量值也必有一定的误差。该值的大小不仅取决于各直接测量值误差的大小，还取决于公式的形式。表达各直接测量值误差与间接测量值误差间的关系式，称之为误差传递公式。

1. 间接测量值算术平均误差的计算

这种误差分析是在考虑各项误差同时出现最不利情况时，其绝对值相加而得。计算时可以分为以下几类。

(1) 加、减法运算中间接测量值误差分析

设 $N=A+B$，$N=A-B$，则有：

$$\Delta N=\Delta A+\Delta B \tag{1-1-7}$$

即和、差运算的绝对误差等于各直接测量值的绝对误差之和。

(2) 乘、除法运算中间接测量值误差分析

设 $N=A\cdot B$ 或 $N=\dfrac{A}{B}$，则有：

$$\delta=\frac{\Delta N}{N}=\frac{\Delta A}{A}+\frac{\Delta B}{B} \tag{1-1-8}$$

即乘除运算的相对误差等于各直接测量值相对误差之和。

由上述结论可见，当间接测量值计算式只含加、减运算时，以先计算绝对误差后计算相对误差为宜，当式中只有乘、除、乘方、开方时，以先计算相对误差，后计算绝对误差为宜。

2. 间接测量值标准误差的计算

由于间接测量值算术平均误差是在考虑各项误差同时出现最不利情况下的计算结果，这在实际工程中出现的可能性是很小的，因而按此法算得的误差夸大了间接测量值的误差，故工程实际多采用标准误差进行间接测量值的误差分析，其误差传递公式如下。

绝对误差：

$$\sigma=\sqrt{\left(\frac{\partial f}{\partial X_1}\right)^2\sigma_{X_1}^2+\left(\frac{\partial f}{\partial X_2}\right)^2\sigma_2^2+\cdots+\left(\frac{\partial f}{\partial X_n}\right)^2\sigma_{X_n}^2} \tag{1-1-9}$$

相对误差：

$$\delta=\frac{\sigma}{N} \tag{1-1-10}$$

式中　σ——间接测量值的标准误差；

$\sigma X\ 1$，σX_2，…，σX_n——直接测量值 X_1、X_2、…、X_n 的标准误差；

$\dfrac{\partial f}{\partial X_1}$、$\dfrac{\partial f}{\partial X_2}$，…，$\dfrac{\partial f}{\partial X_n}$——函数 $f(X_1、X_2、\cdots、X_n)$ 对变量 X_1、X_2、…、X_n 的偏导数，并以 X_1、$X_2\cdots\cdots X_n$ 代入求其值。

由于上式更真实地反映了各直接测量值误差与间接测量值误差的关系，因此在正式误差分析计算中都用此式。但实际实验中，并非所有直接测量值都进行多次测量，此时所算得的间接测量值误差，比用各直接测量值的误差均为标准误差算得的误差要大一些。

四、测量仪器精度的选择

掌握了误差分析理论后，就可以在实验中正确选择所使用仪器的精度，以保证实验成果

有足够的精度。

工程中，当要求间接测量值 N 的相对误差为$\frac{\sigma_N}{N}=\delta_N \leqslant A$ 时，通常采用等分配方案将其误差分配给各直接测量值 X_i，即

$$\frac{\sigma_{x_i}}{X_i} \leqslant \frac{1}{n} A \tag{1-1-11}$$

式中 X_i——某待测量 X_i 的直接测量值；

σ_{x_i}——某直接测量值 X_i 的绝对误差值；

N——待测量值的数目。

则根据$\frac{1}{n}A$ 的大小就可以选定测量 X_i 时所用仪器的精度。

在仪器精度能满足测试要求的前提下，应尽量使用精度低的仪器，否则由于仪器对周围环境、操作水平等要求过高，使用不当时会加速仪器的损坏。

第二节 实验数据整理

实验数据整理的目的在于：分析实验数据的一些基本特点，计算实验数据的基本统计特征，利用计算得到的一些参数，分析实验数据中可能存在的异常点，为实验数据取舍提供一定的统计依据。

一、有效数字及其运算

每一个实验都要记录大量的原始数据，并要对它们进行分析运算。但是这些直接测量数据都是近似数，存在一定的误差，因此就存在实验时记录应取几位数，运算后又应保留几位数的问题。

1. 有效数字

准确测定的数字后加上最后一位估读数字（又称存疑数字）所得的数字称为有效数字，如用 20mL 刻度为 0.1mL 的滴定管测定水中溶解氧的含量，其消耗硫代硫酸钠为 3.63mL 时，有效数字为三位，其中 3.6 为确切读数，而 0.03 为估读数字。因此实验中直接测量值的有效数字与仪表刻度有关，根据实际可能，一般都应尽可能估计到最小分度的 1/10 或是 1/5、1/2。

2. 有效数字的运算规则

由于间接测量值是由直接测量值计算出来的，因而也存在有效数字的问题，通常运算规则如下。

① 有效数字的加、减。运算后和、差小数点后有效数字的位数，与参加运算各数中小数点后位数最少的数字相同。

② 有效数字的乘、除。运算后积、商的有效数字的位数与各参加运算的有效数字中位数最少的相同。

③ 乘方、开方的有效数字。乘方、开方运算后有效数字的位数与其底的有效数字位数相同。

有效数字运算时，应注意到，公式中某些系数不是由实验测得的，计算中不考虑其位数。对数运算中，首数不算有效数字。乘除运算中，首位数是 8 或 9 的有效数字多计一位。

二、实验数据整理

1. 实验数据的基本特点

对实验数据进行简单分析后，可以看出，实验数据一般具有以下一些特点。

① 实验数据总是以有限次数给出并具有一定的波动性。

② 实验数据总存在实验误差，且是综合性的，即随机误差、系统误差、过失误差同时存在于实验数据中。今后我们所研究的实验数据，认为是没有系统误差的数据。

③ 实验数据大都具有一定的统计规律性。

2. 几个重要的数字特征

用几个有代表性的数，来描述随机变量 X 的基本统计特征，一般把这几个数称为随机变量 X 的数字特征。

实验数据的数字特征计算，就是由实验数据计算一些有代表性的特征量，用以浓缩、简化实验数据中的信息，使问题变得更加清晰、简单、易于理解和处理，下面介绍一下用来描述实验数据取值的大致位置、分散程度和相关特征等的几个数字特征参数。

(1) 位置特征参数及其计算

实验数据的位置特征参数，是用来描述实验数据取舍的平均位置和特定位置的，常用的有均值、极大值、极小值、中值、众值等。

① 均值 $\overline{X}$　如由实验得到一批数据 X_1、X_2、…、X_n，n 为测试次数，则算术平均值为：

$$\overline{X}=\frac{1}{n}\cdot\sum_{i=1}^{n}X_i \tag{1-2-1}$$

算术平均值 $\overline{X}$ 具有计算简便，对于符合正态分布的数据和真值接近的优点，它是提示实验数据取值平均位置的特征参数。

② 极大值与极小值　是一组测试数据中的极大与极小值。

$$a=\max\{X_1、X_2、\cdots、X_n\} \tag{1-2-2}$$

$$b=\min\{X_1、X_2、\cdots、X_n\} \tag{1-2-3}$$

③ 中值　是一组实验数据的中项测量值，其中一半数据小于此值，另一半实验数据大于此值。若测得数为偶数时，则中值为正中两个值的平均值。该值可以反映全部实验数据的平均水平。

④ 众值 N　是实验数据中出现最频繁的量，故也是最可能值，其值为所求频率的极大值出现的量，因此，众值不像上述几个位置特征参数那样可以迅速直接求得，而是应先求得频率分布再从中确定。

(2) 分散特征参数及其计算

分散特征参数被用来描述实验数据的分散程度，常用的有极差、标准差、方差、变异系数等。

① 极差 R　是一最简单的分散特征参数，是一组实验数据的极大值与极小值之差，可以度量数据波动的大小，它具有计算简便的优点，但由于它没有充分利用全部数据提供的信息，而是过于依赖个别的实验数据，故代表性较差，反映实际情况的精度较差。实际应用中多用以均值 $\overline{X}$ 为中心的分散特征参数，如方差、标准差、变异系数等。

$$R=\max\{X_1、X_2、\cdots、X_n\}-\min\{X_1、X_2、\cdots、X_n\} \tag{1-2-4}$$

② 方差和标准差　两者都是表明实验数据分散程度的特征数。标准差也叫均方差，与实验数据单位一致，可以反映实验数据与均值之间的平均差距，这个差距愈大，表明实验所取数据愈分散，反之表明实验所取数据愈集中。方差这一特征数所取单位与实验数据单位不一致，但是标准差大，则方差大，标准差小则方差小，所以方差同样可以表明实验数据取值的分散程度。

方差
$$\sigma^2 = \frac{1}{n-1}\sum (X_I - \overline{X})^2 \tag{1-2-5}$$

标准差
$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{n} (X_i - \overline{X})^2} \tag{1-2-6}$$

③ 变异系数 C_r　变异系数可以反映数据相对波动的大小，尤其是对标准差相等的两组数据，$\overline{X}$ 大的一组数据相对波动小，$\overline{X}$ 小的一组数据相对波动大。而极差 R、标准差 σ 只反映了数据的绝对波动大小，因此，此时变异系数的应用就显得更为重要。

$$C_r = \frac{\sigma}{\overline{X}} \tag{1-2-7}$$

(3) 相关特征参数

为了表示变量间可能存在的关系，常常采用相关特征参数，如线性相关系数等。

相关特征参数的计算将在回归分析中介绍，它反映变量间存在的线性关系的强弱。

三、实验数据中可疑数据的取舍

1. 可疑数据

整理实验数据、进行计算分析时，常会发现有个别测量值与其他值偏差很大，这有可能是由偶然误差造成的，也可能是由于过失误差或条件的改变而造成。所以在实验数据整理的整个过程中，控制实验数据的质量，消除不应有的实验误差，是非常重要的，但是对于这样一些特殊值的取舍一定要慎重，不能轻易舍弃，因为任何一个测量值都是测试结果的一个信息。通常我们将个别偏差大的，不是来自同一分布总体的、对实验结果有明显影响的测量数据称为离群数据；而将可能影响实验结果，但尚未证明确定是离群数据的测量数据称为可疑数据。

2. 可疑数据的取舍

舍掉可疑数据虽然可以使实验结果精密度提高，但是可疑数据并非都是离群数据。因为正常测定的实验数据总有一定的分散性，因此不加分析，人为地全部删掉，虽然可能删去了离群数据，但也删去了一些误差较大的并非错误的数据，则由此得到的实验结果并不一定就符合客观实际。因此，可疑数据的取舍必须遵循一定的原则，一般这项工作由具有丰富经验的专业人员根据下述原则进行。

实验中由于条件改变、操作不当或其他人为的原因。产生离群数值，离群数据应有当时记录可供参考。

没有肯定的理由证明它是离群数值，而从理论上分析，此点又明显反常时，可以根据偶然误差分布的规律，决定它的取舍。

一般应根据不同的检验目的选择不同的检验方法，常用的检验方法如下。

(1) 用于一组测量值的离群数据的检验

常用的方法如下。

① 3σ 法则　实验数据的总体是正态分布（一般实验数据多为此分布）时，先计算

出数列标准误差，求其极限误差 $K_\sigma=3\sigma$，此时测量数据落在 $\overline{X}\pm3\sigma$ 范围内的可能性为 99.7%，也就是说，落在此区间外的数据只有 0.3%的可能性，这在一般测量次数不多的实验中是不易出现的，若出现了这种情况则可认为是由于某种错误造成的。因此这些特殊点的误差超过极限误差后，可以舍弃。一般把依此进行可疑数据取舍的方法称为 3σ 法则。

② 肖维涅准则　实际工程中常根据肖维涅准则，利用表 1-2-1 决定可疑数据的取舍。表中 n 为测量次数。K 为系数，$K_\sigma=K\cdot\sigma$ 为极限误差，当可疑数据的误差大于极限误差 K_σ 时，即可舍弃。

表 1-2-1　肖维涅准则

n	K	n	K	n	K
4	1.53	10	1.90	16	2.16
5	1.65	11	2.00	17	2.18
6	1.73	12	2.04	18	2.20
7	1.79	13	2.07	19	2.22
8	1.86	14	2.10	20	2.24
9	1.92	15	2.13		

(2) 用于多组测量值均值的离群数据的检验——Crubbs 检验法（克罗勃斯法）

常用克罗勃斯检验法的步骤如下。

① 计算统计量 T　将 m 个组测定的均值按大小顺序排列成 $\overline{X}_1$、$\overline{X}_2$、…、$\overline{X}_{m-1}$、$\overline{X}_m$，其中最大、最小均值记为 $\overline{X}_{\max}$、$\overline{X}_{\min}$，求此数列的均值并记为总均值 $\overline{\overline{X}}$。求此数列的标准误差 σ_x。

$$\overline{\overline{X}}=\frac{1}{m}\sum_{i=1}^{m}\overline{X}_i \tag{1-2-8}$$

$$\sigma_x=\sqrt{\frac{1}{m-1}\sum_{i-1}^{m}(\overline{X}_i-\overline{\overline{X}})^2} \tag{1-2-9}$$

并按下式进行可疑数据为最大及最小均值时的统计量 T 的计算。

$$T=\frac{\overline{X}_{\max}-\overline{\overline{X}}}{\sigma_x} \tag{1-2-10}$$

$$T=\frac{\overline{\overline{X}}-\overline{X}_{\min}}{\sigma_x} \tag{1-2-11}$$

② 查出临界值 T_α　根据给定的显著性水平 α 和测定的组数 m，由表 1-2-2 查得克罗勃斯检验临界值 T_α。

③ 判断　若计算统计量 $T>T_{0.01}$，则可疑均值为离群数值，可舍掉，即舍去了与均值相应的一组数据。

若 $T_{0.05}<T\leqslant T_{0.01}$，则为偏离数值。

若 $T\leqslant T_{0.05}$，则为正常数值。

(3) 用于多组测量值方差的离群数据检验法——Cochra 最大方差检验法

此法既可用于剔除多组测定中精密度较差的一组数据，也可用于多组测定值的方差一致性检验（即等精度检验）。

① 计算统计量 C　将 m 个组测定的每组标准差按大小顺序排列成 σ_1、σ_2、…、σ_m，最大记为 σ_{max}，按下式计算统计量 C：

$$C=\frac{\sigma_{max}^2}{\sum_{i=1}^{m}\sigma_i^2} \tag{1-2-12}$$

② 当每组仅测定两次时，统计量用极差计算

$$C=\frac{R_{max}^2}{\sum_{i=1}^{m}R} \tag{1-2-13}$$

式中，R 为每组的极差值；R_{max} 为 m 组极差中的最大值。

③ 查临界值 C_α　根据给定的显著性水平 α 及测定组数 m，每组测定次数 n，由表 1-2-3 Cochra 最大方差检验临界值 C_r 表查得 C_α 值。

④ 判断　若 $C>C_{0.01}$，则可疑方差为离群数值，说明该组数据精密度过低，应予剔除。

若 $C_{0.05}<C\leqslant C_{0.01}$，则可疑方差为离群方差。

若 $C\leqslant C_{0.05}$，则可疑方差为正常方差。

表 1-2-2　克罗勃斯（Crubbs）检验临界值 T_α

m	显著性水平 α				m	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	30	2.745	2.908	3.103	3.236
4	1.463	1.481	1.492	1.496	31	2.759	2.924	3.119	3.253
5	1.672	1.715	1.749	1.764	32	2.773	2.938	3.135	3.270
6	1.822	1.887	1.944	1.973	33	2.786	2.952	3.150	3.286
7	1.938	2.020	2.097	2.139	34	2.799	2.965	3.164	3.301
8	2.032	2.126	2.221	2.274	35	2.811	2.979	3.178	3.316
9	2.110	2.315	2.323	2.387	36	2.823	2.991	3.191	3.330
10	2.176	2.290	2.410	2.482	37	2.835	3.003	3.204	3.343
11	2.234	2.355	2.485	2.564	38	2.846	3.014	3.216	3.356
12	2.285	2.412	2.550	2.636	39	2.857	3.025	3.288	3.369
13	2.331	2.462	2.607	2.699	40	2.866	3.036	3.240	3.381
14	2.371	2.507	2.659	2.755	41	2.877	3.046	3.251	3.393
15	2.409	2.549	2.705	2.806	42	2.887	3.057	3.261	3.404
16	2.443	2.585	2.747	2.852	43	2.896	3.067	3.271	3.415
17	2.475	2.620	2.785	2.894	44	2.905	3.075	3.282	3.425
18	2.504	2.650	2.821	2.932	45	2.914	3.085	3.292	3.435
19	2.532	2.681	2.854	2.968	46	2.923	3.094	3.302	3.445
20	2.557	2.709	2.884	3.001	47	2.931	3.103	3.310	3.455
21	2.580	2.733	2.912	3.031	48	2.940	3.111	3.319	3.464
22	2.603	2.758	2.939	3.060	49	2.948	3.120	3.329	3.474
23	2.624	2.781	2.963	3.087	50	2.956	3.128	3.336	3.483
24	2.644	2.802	2.987	3.112	60	3.025	3.199	3.411	3.560
25	2.663	2.822	3.009	3.135	70	3.082	3.257	3.471	3.622
26	2.681	2.841	3.029	3.157	80	3.130	3.305	3.521	3.673
27	2.698	2.859	3.049	3.178	90	3.171	3.347	3.563	3.716
28	2.714	2.876	3.068	3.199	100	3.207	3.383	3.600	3.754
29	2.730	2.893	3.085	3.218					

表 1-2-3 Cochran 最大方差检验临界值 C_α

m	$n=2$		$n=3$		$n=4$		$n=5$		$n=6$	
	$\alpha=0.01$	$\alpha=0.05$	$\alpha=0.01$	$\alpha=0.05$	$\alpha=0.01$	$\alpha=0.05$	$\alpha=0.01$	$\alpha=0.05$	$\alpha=0.01$	$\alpha=0.05$
2			0.995	0.975	0.979	0.939	0.959	0.906	0.937	0.877
3	0.993	0.967	0.942	0.871	0.883	0.798	0.834	0.745	0.793	0.707
4	0.968	0.906	0.864	0.768	0.781	0.684	0.721	0.629	0.676	0.590
5	0.928	0.841	0.788	0.684	0.696	0.598	0.633	0.544	0.588	0.506
6	0.883	0.781	0.722	0.616	0.626	0.532	0.564	0.480	0.520	0.445
7	0.838	0.727	0.664	0.561	0.568	0.480	0.508	0.431	0.466	0.397
8	0.794	0.680	0.615	0.516	0.521	0.438	0.463	0.391	0.423	0.360
9	0.954	0.638	0.573	0.478	0.481	0.403	0.425	0.358	0.387	0.329
10	0.718	0.602	0.536	0.445	0.447	0.373	0.393	0.331	0.357	0.303
11	0.684	0.570	0.504	0.417	0.418	0.348	0.366	0.308	0.332	0.281
12	0.653	0.541	0.475	0.392	0.392	0.326	0.343	0.288	0.310	0.262
13	0.624	0.515	0.450	0.371	0.369	0.307	0.322	0.271	0.291	0.246
14	0.599	0.492	0.427	0.352	0.349	0.291	0.304	0.255	0.274	0.232
15	0.575	0.471	0.407	0.335	0.332	0.276	0.288	0.242	0.259	0.220
16	0.553	0.452	0.388	0.319	0.316	0.262	0.274	0.230	0.246	0.208
17	0.532	0.434	0.372	0.305	0.301	0.250	0.261	0.219	0.234	0.198
18	0.514	0.418	0.356	0.293	0.288	0.240	0.249	0.209	0.223	0.189
19	0.496	0.403	0.343	0.281	0.276	0.230	0.238	0.200	0.214	0.181
20	0.480	0.389	0.330	0.270	0.265	0.220	0.229	0.192	0.205	0.174
21	0.465	0.377	0.318	0.261	0.255	0.212	0.220	0.185	0.197	0.167
22	0.450	0.365	0.307	0.252	0.246	0.204	0.212	0.178	0.189	0.160
23	0.437	0.354	0.297	0.243	0.238	0.197	0.204	0.172	0.182	0.155
24	0.425	0.343	0.287	0.235	0.230	0.191	0.197	0.166	0.176	0.149
25	0.413	0.334	0.278	0.228	0.222	0.185	0.191	0.160	0.170	0.144
26	0.402	0.325	0.270	0.221	0.215	0.179	0.185	0.155	0.164	0.140
27	0.391	0.316	0.262	0.215	0.209	0.173	0.179	0.150	0.159	0.135
28	0.382	0.308	0.255	0.209	0.202	0.168	0.173	0.146	0.154	0.131
29	0.372	0.300	0.248	0.203	0.196	0.164	0.168	0.142	0.150	0.127
30	0.363	0.293	0.241	0.198	0.191	0.159	0.164	0.138	0.145	0.124
31	0.355	0.286	0.235	0.193	0.186	0.155	0.159	0.134	0.141	0.120
32	0.347	0.280	0.229	0.188	0.181	0.151	0.155	0.131	0.138	0.117
33	0.339	0.273	0.224	0.184	0.177	0.147	0.151	0.127	0.134	0.114
34	0.332	0.267	0.218	0.179	0.172	0.144	0.147	0.124	0.131	0.111
35	0.325	0.262	0.213	0.175	0.168	0.140	0.144	0.121	0.127	0.108
36	0.318	0.256	0.208	0.172	0.165	0.137	0.140	0.118	0.124	0.106
37	0.312	0.251	0.204	0.168	0.161	0.134	0.137	0.116	0.121	0.103
38	0.306	0.246	0.200	0.164	0.157	0.131	0.134	0.113	0.119	0.101
39	0.300	0.242	0.196	0.161	0.154	0.129	0.131	0.111	0.116	0.099
40	0.294	0.237	0.192	0.158	0.151	0.126	0.128	0.108	0.114	0.097

第三节 实验数据处理

在对实验数据进行整理，剔除了错误数据之后，还要通过实验处理将数据进行归纳，用图形、表格或经验公式加以表示，以找出影响研究事物的各因素之间相互影响的规律，为得到正确的结论提供可靠的信息。

常用的数据处理方法有列表表示法、图形表示法和方程表示法三种。表示方法的选择主要是依据经验，可以用其中的一种表示，也可以用两种或三种方法同时表示。