

## 中华人民共和国国家标准

UDC 519.281

# 测试方法的精密度 通过实验室间试验确定标准测试 方法的重复性和再现性

GB 6379—86

Precision of test methods Determination  
of repeatability and reproducibility for a standard  
test method by interlaboratory tests

## 1 引言

### 1.1 应用范围

本标准适用于已经或正在标准化并为较多的实验室所掌握和使用的、以单一数值作为最终测试结果的测试方法。

### 1.2 用途

为确定标准测试方法的重复性和再现性而进行的试验称为精密度试验。本标准规定了在实验室间组织精密度试验和统计分析的基本原则及方法,用以确定标准测试方法的重复性 $r$ 和再现性 $R$ 的数值。

### 1.3 应用条件

本标准假设每一实验室对同一水平物料的测试结果是来自同一正态总体或近似正态总体,并认为参与试验的各实验室的室内方差基本一致。当应用本标准时,必须充分注意上述假设(参见3.23.3)。

### 1.4 名词符号

本标准所用统计学名词及符号见GB 3358—82《统计学名词及符号》。为使用方便,将本标准所用的主要名词及符号列于附录A(补充件)。

### 1.5 参照标准

本标准参照采用了国际标准ISO 5725—81《测试方法的精密度—通过实验室间试验确定标准测试方法的重复性和再现性》。

## 2 精密度试验的组织

### 2.1 试验机构和人员

#### 2.1.1 领导小组

应由测试方法标准技术归口单位或起草单位负责组织领导小组,请有关单位参加。领导小组的成员必须熟悉该测试方法及其应用状况,其中至少有一名成员具有数理统计的试验设计和数据分析的知识。

#### 2.1.2 执行负责人

试验的具体组织工作应委托给一个实验室,该实验室应指定一名成员作为执行负责人,负责实验室间精密度试验的全部组织工作。

#### 2.1.3 测试负责人

各参与试验的单位均应指定一名成员作为测试负责人,具体负责本单位的测试工作。

#### 2.1.4 操作员

国家标准局1986—05—13发布

1987—05—01实施

各参与试验的实验室均应指定一名能按正规操作进行测试的成员作为操作员。

## 2.2 任务和分工

### 2.2.1 领导小组的任务

领导小组的任务是讨论和确定以下问题：

- a. 测试基准。是否有可用的符合测试方法要求的基准？例如标准物质和标准设备等。
- b. 水平范围和水平个数。实践中可能遇到的水平在什么范围？在试验中应取几个水平？有什么适当的试样相当于这些水平？
- c. 试样的制备与分发。试样制备时，如何进行一定的均匀化？否则，试样的不均匀性将包括在重复性 $r$ 和再现性 $R$ 的数值内。重复次数 $n$ 应取多大，分到各实验室多少试样？按各水平分发到各实验室的是一份够 $n$ 次重复的试样，还是 $n$ 份分别试样？是否需作分割水平试验？（见2.6.2）在正式进行测试前是否要分发供练习用的额外试样？
- d. 参与试验的实验室。参与实验室间精密度试验的实验室数目，应具备的条件，以及最终选择哪些实验室参与试验。
- e. 试验工作的实施。规定测试记录和测试报告的格式，规定测试结果应报出的小数位，提出除测试结果的数值外，还需要哪些情况和资料？对执行负责人的工作提出明确要求，及时解决试验工作实施中的有关问题。
- f. 重复性和再现性的数值。对试验结果进行统计分析，讨论有关统计分析的报告，最后确定重复性 $r$ 和再现性 $R$ 的数值，决定是否需要对标准测试方法作改进，并将上述结果报告技术归口单位。

### 2.2.2 执行负责人的任务

执行负责人的任务是组织领导小组所规划的试验，主要有：

- a. 保证征集到参与试验所必需的实验室数目，并保证每个实验室都确定了符合要求的测试负责人和操作员。
- b. 组织和监督试样的制备，并迅速发出试样。对不稳定的试样要作特别的说明。对每一水平必须留出一定数量的储备试样。
- c. 拟定工作指令，并及早通知各测试负责人，以便收集意见和问题。
- d. 设计适用的表格，用作操作员的工作记录和测试负责人的测试结果报告。
- e. 收集测试结果并汇制成便于统计分析的表格。

### 2.2.3 测试负责人的任务

测试负责人的任务是保证本单位测试工作的进行与执行负责人发出的指令相一致，并报出测试结果，主要是：

- a. 按执行负责人的指令向操作员转交试样。
- b. 监督测试工作的进行，保证测试方法的严格执行，但本人不应参与测试，也不得更改测试方法。
- c. 收集测试结果和所有不正常情况或出现的问题，并向执行负责人报告。

### 2.2.4 操作员的任务

操作员的任务是严格按标准测试方法完成测试，并报告所有不正常情况和出现的问题。

## 2.3 试验水平个数，实验室个数和重复次数

### 2.3.1 试验水平个数

在精密度试验中所取的水平个数 $q$ ，应考虑适用的水平范围和完成试验所需的费用。如果水平范围很宽，则重复性 $r$ 和再现性 $R$ 可能与水平值 $m$ 有关，此时至少选用6个水平，以便能较好地确定重复性 $r$ 和（或）再现性 $R$ 与水平值 $m$ 之间的关系。如果水平范围较窄，且需确定 $r$ 和（或） $R$ 与 $m$ 之间的关系时，则至少选用4个水平。

### 2.3.2 实验室个数

实验室个数 $p$ 和水平个数 $q$ 有关，对于单水平试验，实验室个数应不少于15。对于多水平试验，

实验室个数应不少于8。

### 2.3.3 重复次数

对于重复次数 $n$ ，除了在习惯上要进行多次重复的情况（例如一些简单的物理测试）以外，建议取值为2。

### 2.4 对参与试验的实验室的选择及要求

2.4.1 参与精密度试验的实验室，应尽可能从应用该测试方法的实验室中随机选取，并考虑到参与试验的实验室在不同气候区域中的分布。

#### 2.4.2 对参与试验的实验室的要求是：

- a. 具备测试所用的主要仪器、设备、试剂及其它需用物品。
- b. 严格按测试规程的要求组织操作，严格按指令处理试样，由合格的操作员进行测试，保证测试质量。
- c. 严格按计划规定的时间和步骤完成测试。

### 2.5 对试样的要求

根据重复性和再现性的定义，在精密度试验中各实验室的测试必须使用相同的试样，因此，在试样的制备、分发、运输、储存和测试等方面，必须确保试样的均匀性。例如，应注意以下几点：

2.5.1 必须严格按照标准测试方法的规定制备和分发试样。对每一水平应从一批物料着手备样，并保证所取得的试样数量足够完成整个试验且保存一些储备料。对液体或微细粉状料应搅拌均匀，对不同密度或不同粒度的粉料混合物，应注意消除由于摇动而产生的偏析。对不稳定的物料必须规定特别的保存方法和处理方法，例如：可能与大气起反应的试样，应将其密封在真空或充以惰性气体的细颈瓶中；易腐性试样（食品或血液等）必须在冷藏状态下送到实验室；吸湿性的、易氧化的或挥发性试样，在容器开启后容易变质，所以每一水平应分装 $n$ 个容器。对所有试样均应在标签上写明试验名称及试样的文字标记。在分发试样时必须注明试样名称、含量范围及有关运输、储存和抽取的详细说明。

2.5.2 对于某些不可运输的试样，可将各参与实验室的操作员及其设备集中到试验地点进行测试。

2.5.3 当被测参数是短暂的或可变的时候（如河中流水等），应注意在尽可能接近相同的条件下进行测试。

2.5.4 在对均匀性差的试样（例如金属、橡胶或纺织纤维）进行测试，并且不能对同一试样作重复测试时，试样的不均匀性将反映在重复性 $r$ 和再现性 $R$ 之中。此时，通过精密度试验所求得的重复性 $r$ 和再现性 $R$ 的数值，仅适用于所用的特定材料，并且应予标明。

### 2.6 试验工作的具体组织

2.6.1 每个实验室必须对 $q$ 个水平各作 $n$ 次重复测试，共需进行 $qn$ 次测试。一定要有组织地按以下要求进行测试工作。

- a. 全部 $qn$ 次测试应由同一操作员使用同一设备进行。
- b. 对同一水平的一组 $n$ 次测试，必须在重复性定义中规定的条件下进行，即在短时间内，由同一操作员测试，而且设备没有任何中间性的再校准（当这种中间性的再校准是测试的一个必要组成部分时例外）。
- c. 如在测试过程中确有必要更换操作员时，不能在同一水平的 $n$ 次测试之间更换，只能在某一水平的 $n$ 次测试完成之后更换，且必须把更换情况和测试结果一起报告。
- d. 必须向操作员强调指出：在重复性定义中规定的条件下进行测试，应当看成是对同一水平的不同试样作 $n$ 次独立测试，试验的目的就是确定测试结果可能产生多大误差，以免前面的测试结果影响后面的结果，以至影响重复性方差。

2.6.2 如果担心操作员的第二次测试会受第一次测试结果的影响，在 $n=2$ 时，可采用分割水平试验。它和操作员已知两个相同试样或一份试样作两次测试不同，是制备出水平略有不同的两个系列试样 $m_A$ 和 $m_B$ （ $|m_A - m_B|$ 很小）， $p$ 个实验室中每个实验室都对A系列和B系列的试样各进行一次测试。必须明确区分A系列和B系列的测试结果，二者不能互换。从分割水平试验得到的重复性 $r$ 和再

现性  $R$  的数值对应于平均水平  $m = \frac{1}{2}(m_A + m_B)$ 。分割水平试验的统计分析稍有不同。见 3.3.2.2。

**2.6.3** 必须限定自收到试样之时起到测试结束时为止所允许的时间。

**2.6.4** 应事先按标准规程的规定对设备进行校准。

**2.6.5** 对操作员应有以下要求：

a. 在进行测试前，操作员不应得到测试方法标准以外的附加指令。

b. 应鼓励操作员对测试方法标准提问题，特别是标准中的规定是否明确和清楚。

c. 操作员首次或间隔一段时间后进行测试时，可能达不到正常的精密度。此时，根据领导小组或测试负责人的决定，可允许操作员进行少量练习。以便在正式测试前熟练掌握测试方法。这种练习绝不能在正式试样上进行，而应由执行负责人另发给试样。

d. 应要求操作员报告一切不能遵守指令或遵守指令而偶然失败的情况。

**2.6.6** 各参与试验的实验室在报出测试结果时，应对数字取相同的小数位。在精密度试验中，宜比通常的测试方法标准所规定的多取一位小数。当重复性  $r$  或再现性  $R$  与水平值  $m$  有关时，对不同的水平值可作不同的修约规定。

## 2.7 试验结果的报告

每个实验室的测试负责人应写出测试的全面报告，报告中应包含以下内容：

a. 最终试验结果。要特别防止抄写或打印中的错误，可采用操作员所得结果的复制件。

b. 用来计算最终试验结果的原始观测值。应尽可能复制操作员的工作记录。

c. 操作员对测试方法标准的意见。

d. 测试中发生过的异常和干扰。应包括可能变更操作员及哪些测试由哪些操作员进行的说明。

e. 收到试样的日期。

f. 测试的时间和日期。

g. 与测试有关的所用设备的资料。

h. 其它有关资料。

## 3 精密度试验的统计分析

### 3.1 概述

#### 3.1.1 统计分析的负责人

精密度试验所得测试结果的统计分析，应由领导小组中具有试验设计和数据分析知识的成员负责。

#### 3.1.2 统计分析的主要工作

统计分析一般包括以下五项工作：

a. 整理和核实原始测试结果；

b. 检验和处理异常值；

c. 计算总平均值  $m$ 、重复性  $r$  和再现性  $R$  的数值；

d. 建立  $r$ （或  $R$ ）与  $m$  之间函数关系式及确定重复性  $r$  和再现性  $R$  的最终值；

e. 向领导小组报告供领导小组做出决定。

上述 b、c、d 三项工作可由计算机统一处理，计算程序见附录 E（参考件）。

#### 3.1.3 单元和数据

实验室和水平的组合称为精密度试验的一个单元。理想情形是：由  $p$  个实验室和  $q$  个水平的试验组成  $pq$  个单元，每个单元中各含有  $n$  个重复测试的数据。实际上，由于可能有多余数据、缺漏数据和异常值，应区别不同情况予以处理。

##### 3.1.3.1 多余数据

有时可能作了多于  $n$  次的重复测试，这时，测试负责人要报告出现这种情况的原因以及哪些是正确的数据。如果数据全部有效，可采用全部数据按 3.3.1.3 的规定进行计算。

### 3.1.3.2 缺漏数据

有时可能缺漏几个数据，如由于损失了试样或测试时的疏忽等，测试负责人应报告缺漏数据的原因。对于缺漏了部分或全部数据的单元，按3.3.1.2的规定进行计算。

在分割水平试验中，如果缺漏了某单元的两个数据之一，则必须废除另一数据，将整个单元作为空白单元。

### 3.1.3.3 异常值

在原始测试结果或从原始数据导出的数值中，难免有较之其它数值偏差过大的数值，这种数值有可能是异常值，因而必须按3.2的规定进行异常值的检验和处理。

### 3.1.4 表格和符号

#### 3.1.4.1 表格

按以下表格整理数据。

a. 按表 1 整理原始数据。

表 1

非分割水平试验

| 实验室 \ 水平 | 水平 |   |  |           |  |   |
|----------|----|---|--|-----------|--|---|
|          | 1  | 2 |  | j         |  | q |
| 1        |    |   |  |           |  |   |
| 2        |    |   |  |           |  |   |
|          |    |   |  |           |  |   |
| 1        |    |   |  | $y_{ijk}$ |  |   |
|          |    |   |  |           |  |   |
|          |    |   |  |           |  |   |
| p        |    |   |  |           |  |   |

分割水平试验

| 实验室 \ 水平 | 1 |   | 2 |   | j         |           | q |   |
|----------|---|---|---|---|-----------|-----------|---|---|
|          | A | B | A | B | A         | B         | A | B |
| 1        |   |   |   |   |           |           |   |   |
| 2        |   |   |   |   |           |           |   |   |
|          |   |   |   |   |           |           |   |   |
| i        |   |   |   |   | $y_{ijA}$ | $y_{ijB}$ |   |   |
|          |   |   |   |   |           |           |   |   |
|          |   |   |   |   |           |           |   |   |
| p        |   |   |   |   |           |           |   |   |

b. 按表 2 整理单元平均值。

表 2

| 实验室 | 水平 |   |  |                |  |   |
|-----|----|---|--|----------------|--|---|
|     | 1  | 2 |  | j              |  | q |
| 1   |    |   |  |                |  |   |
| 2   |    |   |  |                |  |   |
|     |    |   |  |                |  |   |
| i   |    |   |  | $\bar{y}_{ij}$ |  |   |
|     |    |   |  |                |  |   |
| p   |    |   |  |                |  |   |

c. 按表 3 整理单元方差或单元差。

表 3

| 非分割水平试验  |   |   |  |  |            |  |   | 分割水平试验   |   |   |  |          |  |  |   |
|----------|---|---|--|--|------------|--|---|----------|---|---|--|----------|--|--|---|
| 实验室 \ 水平 | 1 | 2 |  |  | j          |  | q | 实验室 \ 水平 | 1 | 2 |  | j        |  |  | q |
| 1        |   |   |  |  |            |  |   | 1        |   |   |  |          |  |  |   |
| 2        |   |   |  |  |            |  |   | 2        |   |   |  |          |  |  |   |
|          |   |   |  |  |            |  |   |          |   |   |  |          |  |  |   |
| i        |   |   |  |  | $S_{ij}^2$ |  |   | i        |   |   |  | $d_{ij}$ |  |  |   |
|          |   |   |  |  |            |  |   |          |   |   |  |          |  |  |   |
|          |   |   |  |  |            |  |   |          |   |   |  |          |  |  |   |
| p        |   |   |  |  |            |  |   | p        |   |   |  |          |  |  |   |

3.1.4.2 表格中的符号

在表 1、表 2、表 3 中符号的意义如下：

$n_{ij}$  —— 第  $i$  个实验室第  $j$  个水平的单元中测试结果的个数。

$Y_{ijk}$  —— 第  $i$  个实验室第  $j$  个水平的单元中测试结果的第  $k$  个数据。

( $k = 1, 2, \dots, n_{ij}$ )

$Y_{ijA}, Y_{ijB}$  —— 实验室  $i$  在水平  $j$  上的亚水平  $A$  和亚水平  $B$  的测试结果。

$p_j$  —— 对第  $j$  个水平，在剔除异常值后，至少报出一个测试结果的实验室个数；在分割水平试验中，只有在两个亚水平都有测试结果时，才将该实验室计入实验室个数之中。

$\overline{Y}_{ij}$  —— 单元平均值，计算时应比表 1 中的原始测试结果多取一个小数位。

$$\overline{Y}_{ij} = \frac{1}{n_{ij}} \sum_{k=1}^{n_{ij}} Y_{ijk}$$

$S_{ij}^2$  —— 单元方差，用于非分割水平试验的情形，计算时应使单元标准差  $S_{ij}$  比表 1 中的原始测试结果多取一个小数位。

$$S_{ij}^2 = \frac{1}{n_{ij} - 1} \left[ \sum_{k=1}^{n_{ij}} (Y_{ijk})^2 - \frac{1}{n_{ij}} \left( \sum_{k=1}^{n_{ij}} Y_{ijk} \right)^2 \right]$$

$d_{ij}$  —— 单元差，用于分割水平试验的情形，应计正负号。

$$d_{ij} = Y_{ijA} - Y_{ijB}$$

注：经异常值检验后，可能更正或剔除某些数据。在最后计算重复性  $r$  和再现性  $R$  时， $Y_{ijk}$ 、 $n_{ij}$  和  $p_j$  的值，可能与根据原始数据列表 1、表 2、表 3 中的值不同。因此，在报告最终确定的  $r$  和  $R$  的数值时，必须说明哪些数据已被更正或剔除。



### 3.1.4.3 简化符号

在3.2和3.3涉及统计检验和重复性 $r$ 、再现性 $R$ 的计算中,由于都是在每一水平上分别进行, $j$ 是固定的,没有必要作为下标,故在相应章节中将3.1.4.2所定义的符号略去下标 $j$ 。

## 3.2 异常值的检验和处理

### 3.2.1 异常值的判断

本标准规定,用格拉布斯(Grubbs)法检验每一单元内测试结果中的异常值,用科克伦(Cochran)法检验各实验室方差中的异常值;用格拉布斯法和狄克逊(Dixon)法检验各实验室平均值中的异常值。

以 $P$ 表示上述三种方法的检验统计量的观测值出现的概率,则检验结果为下述三种情形之一:

- a.  $P > 5\%$ , 即科克伦、格拉布斯或狄克逊检验统计量小于其 $5\%$ 临界值,则判断被检值为正常值;
- b.  $5\% \geq P > 1\%$ , 即检验统计量介于 $5\%$ 和 $1\%$ 临界值之间,则判断被检值为异常值,标以单星号“\*”;
- c.  $P \leq 1\%$ , 即检验统计量大于 $1\%$ 临界值,则判断被检值为高度异常值,标以双星号“\*\*”。

科克伦检验、格拉布斯检验和狄克逊检验的临界值表分别列于附录B(补充件)、附录C(补充件)和附录D(补充件)。

### 3.2.2 异常值的检验

#### 3.2.2.1 科克伦检验

科克伦检验是一种方差均匀性检验,仅适用于非分割水平试验。

给定 $P$ 个方差 $S_i$ ,它们都是重复次数相同的 $n$ 次测试结果的方差。科克伦检验的统计量为

$$C = \frac{S_{\max}^2}{\sum_{i=1}^P S_i^2}$$

式中 $S_{\max}^2$ 表示诸 $S_i^2$ 中的最大值,如果检验是显著的,则根据3.2.1,判断 $S_{\max}^2$ 为异常值或高度异常值。

如果由于数据的多余、缺漏或剔除而使有的单元中测试结果的个数不同时, $n$ 取绝大多数单元中的测试结果数。

如果最大的方差被判为异常值或高度异常值,则在剔除这个值之后,应对其余的数据再作科克伦检验。上述过程还可继续重复,直到不能检出异常值为止。

#### 3.2.2.2 格拉布斯检验

本标准所用的格拉布斯检验,引自GB 4883—85《数据的统计处理和解释 正态样本异常值的判断和处理》。

格拉布斯检验仅适用于在测试结果中发现一个异常值。

将 $n$ 个观测值 $X_1, X_2, \dots, X_n$ 按数值的大小顺序排列为 $X_{(1)} \leq X_{(2)} \leq \dots \leq X_{(n)}$ ,格拉布斯检验的统计量为

$$G_n = \frac{X_{(n)} - \bar{X}}{S} \text{ 和 } \frac{\bar{X} - X_{(1)}}{S} \text{ 中的较大者}$$

式中:  $\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i$  —— 样本均值;

$$S = \left[ \frac{1}{n-1} \left( \sum_{i=1}^n X_i^2 - \frac{1}{n} \left( \sum_{i=1}^n X_i \right)^2 \right) \right]^{\frac{1}{2}} \text{ —— 样本标准差。}$$

如果检验是显著的，则根据3.2.1，判断 $X_{(n)}$ 或 $X_{(1)}$ 为异常值或高度异常值。

3.2.2.3 狄克逊检验

本标准所用的狄克逊检验，引自GB 4883—85。

本标准规定，狄克逊检验用于在测试结果中发现多个异常值。

将 $n$ 个观测值 $x_1, x_2, \dots, x_n$ 按数值的大小顺序排列为 $x_{(1)} \leq x_{(2)} \leq \dots \leq x_{(n)}$ ，狄克逊检验统计量为

| 样本大小             | 统 计 量                                                                                                                           |
|------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $n : 3 \sim 7$   | $D_{10} = \frac{x_{(2)} - x_{(1)}}{x_{(n)} - x_{(1)}} \text{ 和 } \frac{x_{(n)} - x_{(n-1)}}{x_{(n)} - x_{(1)}} \text{ 中的较大者}$   |
| $n : 8 \sim 10$  | $D_{11} = \frac{x_{(2)} - x_{(1)}}{x_{(n-1)} - x_{(1)}} \text{ 和 } \frac{x_{(n)} - x_{(n-1)}}{x_{(n)} - x_{(2)}} \text{ 中的较大者}$ |
| $n : 11 \sim 13$ | $D_{21} = \frac{x_{(3)} - x_{(1)}}{x_{(n-1)} - x_{(1)}} \text{ 和 } \frac{x_{(n)} - x_{(n-2)}}{x_{(n)} - x_{(2)}} \text{ 中的较大者}$ |
| $n : 14 \sim 30$ | $D_{22} = \frac{x_{(3)} - x_{(1)}}{x_{(n-2)} - x_{(1)}} \text{ 和 } \frac{x_{(n)} - x_{(n-2)}}{x_{(n)} - x_{(3)}} \text{ 中的较大者}$ |

如果检验是显著的，则根据3.2.1，判断 $x_{(1)}$ 或 $x_{(n)}$ 为异常值或高度异常值。

如果数据中的最小值或最大值被判为异常值或高度异常值，则在剔除这个值之后，应对其余的 $n - 1$ 个数据作狄克逊检验。上述过程还可继续重复，直到不能检出异常值为止。

3.2.3 异常值的处理

3.2.3.1 对于经检验后确定的异常值或高度异常值，应首先从技术性误差方面检查原因，例如，是否由于测试时的疏忽、计算中的错误、誊写时的笔误或拿错了试样等。属于算错或笔误时，应予以更正，对于拿错的试样，应将其测试结果改填入相应的单元中。在经过上述检查和校正后，应再次进行异常值检验。如果仍然不能改变被怀疑的测试结果，则应剔除高度异常值，保留异常值。有充分理由时，领导小组也可以决定保留高度异常值。

3.2.3.2 本标准所规定的格拉布斯检验和狄克逊检验，都必须分别独立地进行。格拉布斯检验只进行一次。两种检验结果分别记录在册。如只发现一个异常值，则取格拉布斯检验所得的结果；如发现多个异常值，则取狄克逊检验所得的结果。

3.2.3.3 本标准规定的科克伦检验和狄克逊检验，可以重复使用来逐个检验异常值。但是，当对正态性假设的近似不够充分时有可能导致连续地剔除，因而在作出最后决定时应特别慎重。应认真从测试方法及试验工作的组织与实施方面检查原因。尤其是发现了多个异常值时，保留哪些，剔除哪些，应该认真研究才能决定。

3.2.3.4 如果某个实验室在几个不同的水平上都有异常值和（或）高度异常值，这说明该实验室有很大的室内方差和（或）系统误差，应将该实验室作为离群实验室，剔除其全部数据。但如果据此剔



除的离群实验室数多于15%，则领导小组应对标准测试方法的适用性进行研究。领导小组中具有数据分析知识的成员，应对离群实验室的情况提出意见，报告领导小组。

**3.2.3.5** 本标准规定的科克伦检验仅检验方差中的最大值。可能有的实验室的方差在所有或大多数水平上都低于其它实验室，这可能由于技术和设备的先进，或改善了或不正确地使用了标准测试方法。应将此种情况报告领导小组，以便考虑是否应作进一步的调查研究。

### 3.3 总平均值 $m$ 、重复性 $r$ 和再现性 $R$ 的计算

在对原始测试结果进行了异常值的检验和处理后，应对每个水平分别计算总平均值 $m$ 、重复性 $r$ 和再现性 $R$ 的数值。当有 $q$ 个水平时，计算结果以 $m_j$ 、 $r_j$ 和 $R_j$ 表示（ $j = 1, 2, \dots, q$ ）。

#### 3.3.1 计算中所用的数据、单元和重复次数

##### 3.3.1.1 基本数据

计算所用的基本数据列于3.1.4.1的表1，表2，表3中。

但应注意上述三个表中的数据，在经过异常值检验后，有的可能已被更正或删除，应当使用更正过的数据，已被剔除的数据不能用于计算。

##### 3.3.1.2 非空白单元

计算中所用的单元应是非空白单元。非空白单元的个数，对于某水平来说，在表2和表3中一般是相同的。但由于缺漏数据，有时在表1中出现只含单个测试结果的单元，这时在表2中该单元不是空白的，而在表3中则是空白单元。对于此种情形，可以：

- 删去此单个数据，使表2、表3都成为空白单元。
- 如认为该数据是不应损失的信息，可在表3中增补一个名义数值“零”，这并不会影响最后结果。

不同水平的非空白单元数可能不同，因此 $p_j$ 要用下标 $j$ 。

##### 3.3.1.3 每个单元的重复次数

由于多余数据、缺漏数据或删除了部分原始数据，表1中每个单元的重复次数不一定相同，对第 $i$ 实验室的水平 $j$ ，重复次数记为 $n_{ij}$ 。

#### 3.3.2 两种试验类型的计算公式和计算步骤实例

以下是两种试验类型的计算公式和计算步骤实例，每个例子只讨论一个水平，为简化而省略了下标 $j$ ，查出的高度异常值已剔除，且因表1与计算无关，故仅列出表2、表3中可接受的数据。

如果计算中得出 $S_L^2$ 为负值，则在再现性 $R$ 的计算公式中，以 $S_L^2 = 0$ 代入。

##### 3.3.2.1 非分割水平试验

- 表2和表3中某水平的基本数据

| 实 验 室 | 原 始 数 据     |         | 重 复 次 数 |
|-------|-------------|---------|---------|
|       | 表 2         | 表 3     |         |
|       | $\bar{Y}_i$ | $S_i^2$ | $n_i$   |
| 1     | 21.30       | 0.0196  | 2       |
| 2     | 21.50       | 0.0196  | 2       |
| 3     | 20.75       | 0.0049  | 2       |
| 4     | 21.75       | 0.0441  | 2       |
| 5     | 20.90       | 0.01    | 3       |
| 6     | 21.05       | 0.0441  | 2       |
| 7     | 21.50       | 0.0784  | 4       |
| 8     | 20.85       | 0.0441  | 2       |
| 9     | 21.10       | 0.0784  | 2       |
| 10    | 20.85       | 0.1225  | 2       |
| 11    | 21.30       | (0)     | 1       |

## b. 计算公式和数值结果

|                                                                      |                                                                                  |
|----------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|
| 实验室数 $p$                                                             | $p = 11$                                                                         |
| $T_1 = \sum n_i \bar{Y}_i$                                           | $T_1 = 508.30$                                                                   |
| $T_2 = \sum n_i \bar{Y}_i^2$                                         | $T_2 = 10\,767.765\,0$                                                           |
| $T_3 = \sum n_i$                                                     | $T_3 = 24$                                                                       |
| $T_4 = \sum n_i^2$                                                   | $T_4 = 58$                                                                       |
| $T_5 = \sum (n_i - 1) S_i^2$                                         | $T_5 = 0.632\,5$                                                                 |
| $S_r^2 = \left( \frac{T_5}{T_2 - p} \right)$                         | $S_r^2 = \frac{0.632\,5}{(24 - 11)} = 0.048\,6$                                  |
| $S_L^2 = \left[ \frac{T_2 T_3 - T_1^2}{T_2 (p - 1)} - S_r^2 \right]$ | $S_L^2 = \left[ \frac{24 \times 10\,767.765\,0 - 508.30^2}{24 (11 - 1)} \right.$ |
| $\times \left[ \frac{T_3 (p - 1)}{T_3^2 - T_4} \right]$              | $\left. - 0.048\,6 \right] \times \left[ \frac{24 (11 - 1)}{24^2 - 58} \right]$  |
| $S_R^2 = S_L^2 + S_r^2$                                              | $= 0.088\,4$<br>$S_R^2 = 0.088\,4 + 0.048\,6 = 0.137\,0$                         |
| $m = \frac{T_1}{T_2}$                                                | $m = \frac{508.30}{24} = 21.13$                                                  |
| $r = 2.8 \sqrt{S_r^2}$                                               | $r = 2.8 \sqrt{0.048\,6} = 0.62$                                                 |
| $R = 2.8 \sqrt{S_R^2}$                                               | $R = 2.8 \sqrt{0.137\,0} = 1.04$                                                 |

注：如果重复次数相等，即  $n_1 = n_2 = \dots = n_i = \dots = n$  则计算公式可简化为

$$T_1 = \sum \bar{Y}_i \quad T_2 = \sum \bar{Y}_i^2 \quad T_3 = \sum S_i^2$$

$$S_r^2 = \frac{T_3}{p} \quad S_L^2 = \left[ \frac{p T_2 - T_1^2}{p (p - 1)} \right] - \frac{S_r^2}{n}$$

$$S_R^2 = S_L^2 + S_r^2 \quad m = \frac{T_1}{p}$$

$$r = 2.8 \sqrt{S_r^2} \quad R = 2.8 \sqrt{S_R^2}$$

## 3.3.2.2 分割水平试验

a. 表 2 和表 3 中某水平的基本数据

GB 6379—86

| 实 验 室 | 原 始 数 据     |       |
|-------|-------------|-------|
|       | 表 2         | 表 3   |
| i     | $\bar{Y}_i$ | $d_i$ |
| 1     | 18.770      | -0.54 |
| 2     | 18.615      | -0.47 |
| 3     | 18.465      | -0.43 |
| 4     | 19.660      | -0.48 |
| 5     | 18.865      | -0.51 |
| 6     | 18.335      | -0.49 |
| 7     | 18.895      | -0.53 |
| 8     | 18.680      | -0.50 |
| 9     | 19.105      | -0.57 |

b. 计算公式和数值结果

| 实 验 室 数 p                                                                                    | p = 9                                                                           |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|
| $T_1 = \sum \bar{Y}_i$<br>$T_2 = \sum \bar{Y}_i^2$<br>$T_3 = \sum d_i$<br>$T_4 = \sum d_i^2$ | $T_1 = 169.390$<br>$T_2 = 3\,189.327\,850$<br>$T_3 = -4.52$<br>$T_4 = 2.283\,8$ |

|                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $S_r^2 = \frac{pT_4 - T_3^2}{2p(p-1)}$ $S_L^2 = \left[ \frac{pT_2 - T_1^2}{p(p-1)} \right] - \frac{S_r^2}{2}$ $S_R^2 = S_L^2 + S_r^2$ | $S_r^2 = \frac{9 \times 2.283\,8 - (-4.52)^2}{2 \times 9 \times 8}$ $= 0.000\,860$ $S_L^2 = \frac{9 \times 3\,189.327\,850 - 169.390^2}{9 \times 8}$ $= \frac{0.000\,860}{2}$ $S_L^2 = 0.152\,050$ $S_R^2 = 0.152\,050 + 0.000\,860$ $= 0.152\,910$ |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

$$m = \frac{T_1}{p}$$

$$r = 2.8 \sqrt{S_r^2}$$

$$R = 2.8 \sqrt{S_R^2}$$

$$m = \frac{169.39}{9} = 18.821$$

$$r = 2.8 \sqrt{0.000860} = 0.0827$$

$$R = 2.8 \sqrt{0.152910} = 1.095$$

### 3.4 建立 $r$ (或 $R$ ) 与 $m$ 之间的回归方程及确定重复性 $r$ 和再现性 $R$ 的最终值

对单水平或少于四个水平的多水平试验, 由 3.3 所得的各水平的重复性  $r$  和再现性  $R$  的值即为相应水平的最终值。

对不少于四个水平的多水平试验, 应考虑  $r$  (或  $R$ ) 与  $m$  之间是否存在函数关系式, 如存在明显的函数关系式, 则根据不同水平的  $m_j$  和由 3.3 所得的相应  $r_j$  (或  $R_j$ ) 求出回归方程, 由回归方程所得各水平的重复性  $r$  和再现性  $R$  的值作为最终值。如果不存在明显的函数关系式, 则由 3.3 所得各水平的重复性  $r$  和再现性  $R$  的值即为最终值。

#### 3.4.1 函数类型

一般情况均可用以下二种函数之一进行拟合:

a.  $r = a + bm$  (直线关系) ..... (1)

b.  $\lg r = \lg c + d \lg m$  ..... (2)

(或与之相当的指数关系  $r = cm^d$ ,  $d < 1$ )

如果统计分析的负责人确有理由认为是其它函数关系, 也可按其它函数进行拟合。

#### 3.4.2 函数关系的判定

##### 3.4.2.1 分别求出二种函数的回归方程

a.  $r = a + bm$  的情形

利用加权二次迭代回归求  $a$ 、 $b$  的值, 步骤如下:

首先求  $r_{1j}$ : 令  $W_{0j} = \frac{1}{r_{0j}^2}$ , 这里  $r_{0j} = r_j$

则  $a_1 = \left[ \frac{T_3 T_4 - T_2 T_5}{T_1 T_2 - T_2^2} \right]$

$$b_1 = \left[ \frac{T_1 T_5 - T_2 T_4}{T_1 T_3 - T_2^2} \right]$$

这里  $T_1 = \sum_j W_{0j}$ ,

$$T_2 = \sum_j m_j W_{0j}$$

$$T_3 = \sum_j W_{0j} m_j^2,$$

$$T_4 = \sum_j W_{0j} r_j$$

$$T_5 = \sum_j W_{0j} m_j r_j$$

得  $r_{1j} = a_1 + b_1 m_j$

其次求  $r_{2j}$ , 令  $W_{1j} = \frac{1}{r_{1j}^2}$

则  $a_2 = \left[ \frac{T_3 T_4 - T_2 T_5}{T_1 T_3 - T_2^2} \right]$

$$b_2 = \left[ \frac{T_1 T_5 - T_2 T_4}{T_1 T_3 - T_2^2} \right]$$

$$\begin{aligned} \text{这里} \quad T_1 &= \sum_j W_{1j}, & T_2 &= \sum_j m_j W_{1j} \\ T_3 &= \sum_j W_{1j} m_j^2, & T_4 &= \sum_j W_{1j} r_j \\ T_5 &= \sum_j W_{1j} m_j r_j \end{aligned}$$

$$\text{得} \quad r_{2j} = a_2 + b_2 m_j$$

$$\text{再次求 } a、b \text{ 值: 令 } W_{2j} = \frac{1}{r_{2j}^2}$$

$$\text{则} \quad a = \left[ \frac{T_3 T_4 - T_2 T_5}{T_1 T_3 - T_2^2} \right]$$

$$b = \left[ \frac{T_1 T_5 - T_2 T_4}{T_1 T_3 - T_2^2} \right]$$

$$\begin{aligned} \text{这里} \quad T_1 &= \sum_j W_{2j}, & T_2 &= \sum_j m_j W_{2j} \\ T_3 &= \sum_j W_{2j} m_j^2, & T_4 &= \sum_j W_{2j} r_j \\ T_5 &= \sum_j W_{2j} m_j r_j \end{aligned}$$

最后得回归方程

$$\hat{r} = a + b m$$

b.  $\lg r = \lg c + d \lg m$  的情形  
利用以下公式求  $\lg c$ 、 $d$  的值

$$\lg c = \frac{S_2 S_3 - S_1 S_4}{q S_2 - S_1^2}$$

$$d = \frac{q S_4 - S_1 S_3}{q S_2 - S_1^2}$$

$$\begin{aligned} \text{这里} \quad S_1 &= \sum_j \lg m_j, & S_2 &= \sum_j (\lg m_j)^2 \\ S_3 &= \sum_j \lg r_j, & S_4 &= \sum_j (\lg m_j) (\lg r_j) \end{aligned}$$

$$\text{可得回归方程} \quad \lg r = \lg c + d \lg m$$

### 3.4.2.2 比较和选择回归方程

设

$$S_e = \sum_{j=1}^q \frac{(r_j - \hat{r}_j)^2}{r_j^2}$$

令  $S_{e1}$ 、 $S_{e2}$  分别表示式 (1) 与式 (2) 二种回归的上式计算结果, 在计算出  $S_{e1}$ 、 $S_{e2}$  之后进行比较:

若  $S_{e1} < S_{e2}$ , 则判定函数关系为  $r = a + b m$

若  $S_{e2} < S_{e1}$ , 则判定函数关系为  $\lg r = \lg c + d \lg m$

### 3.4.2.3 作函数拟合曲线图

在判定函数关系后, 应作出相应的函数拟合曲线图, 观察图形情况。如大致符合, 则认为所判定

的函数关系是适当的；如相差太大，则认为  $r$  (或  $R$ ) 与  $m$  之间不存在明显的函数关系式，或在确有理由时认为是其它函数关系式。

### 3.4.3 计算实例

已知五个水平的试验，按3.3的规定，由不同水平的  $m_j$  求得相应的  $r_j$  ( $r_{0j}$ ) 和  $W_{0j}$  ( $=\frac{1}{r_{0j}^2}$ ) 如下：

|          |       |       |       |       |       |
|----------|-------|-------|-------|-------|-------|
| $m_j$    | 3.94  | 8.28  | 14.18 | 15.59 | 20.41 |
| $r_{0j}$ | 0.261 | 0.506 | 0.359 | 0.953 | 1.114 |
| $W_{0j}$ | 15    | 3.8   | 7.7   | 1.1   | 0.81  |

#### 3.4.3.1 分别求出二种函数的回归方程

##### a. $r = a + b m$ 的情形

|             |                               |       |       |       |       |
|-------------|-------------------------------|-------|-------|-------|-------|
| $r_{1j}$    | $r_{1j} = 0.163 + 0.0252 m_j$ |       |       |       |       |
| $W_{1j}$    | 0.262                         | 0.372 | 0.520 | 0.556 | 0.677 |
|             | 15                            | 7.2   | 3.7   | 3.2   | 2.2   |
| $r_{2j}$    | $r_{2j} = 0.086 + 0.0439 m_j$ |       |       |       |       |
| $r_{2j}$    | 0.259                         | 0.449 | 0.708 | 0.770 | 0.982 |
|             | 15                            | 4.9   | 2.0   | 1.7   | 1.0   |
| $\hat{r}_j$ | $r = 0.092 + 0.0433 m$        |       |       |       |       |
|             | 0.263                         | 0.450 | 0.706 | 0.767 | 0.976 |

##### b. $\lg r = \lg c + d \lg m$ 的情形

|               |                                                                         |        |        |        |         |
|---------------|-------------------------------------------------------------------------|--------|--------|--------|---------|
| $\log m_j$    | +0.595                                                                  | +0.918 | +1.152 | +1.193 | +0.1310 |
| $\log r_{0j}$ | -0.583                                                                  | -0.296 | -0.445 | -0.021 | -0.047  |
| $\hat{r}_j$   | $\lg \hat{r} = -1.0532 + 0.76781 \lg m$<br>或 $\hat{r} = 0.088 m^{0.77}$ |        |        |        |         |
|               | 0.253                                                                   | 0.448  | 0.678  | 0.729  | 0.898   |

#### 3.4.3.2 比较和选择回归方程

$$S_{e1} = 0.335918$$

$$S_{e2} = 0.391404$$

由于  $S_{e1} < S_{e2}$ ，故判定函数关系为

$$r = 0.092 + 0.0433 m$$

### 3.5 统计分析的主要步骤

#### 3.5.1 各实验室分别检验测试结果

在重复次数  $n$  大于 2 时，各实验室在将测试结果报告领导小组以前，建议按 3.2.2.2 的规定，用格拉布斯法分别检验各水平的测试结果，如发现异常值或高度异常值，应标以“\*”或“\*\*”号，并补做一次测试。然后，将全部测试结果（包括标有“\*”或“\*\*”号的值及补测值）报告领导小组。

#### 3.5.2 整理原始测试结果



将各实验室的测试结果汇集后,按3.1.4.1的规定列成表1。对非分割水平试验,每个单元中的测试数据可按任意顺序填入。对分割水平试验,则必须区别亚水平A和亚水平B这二个测试结果,按规定顺序填入。

### 3.5.3 计算单元平均值和单元方差

按3.1.4的规定计算单元平均值和单元方差(或单元差),列成表2、表3。对非分割水平试验,表1中某单元只有一个测试结果时,可以选用3.3.1.2中的任一方案。对分割水平试验某单元的单个测试结果必须废除。

### 3.5.4 检验单元方差或单元差

#### 3.5.4.1 非分割水平试验

按3.2.2.1的规定,用科克伦法分别对每一水平检验单元方差。如未发现异常值,则转3.5.5,如发现异常值,且重复次数 $n$ 大于2时,则按3.2.2.2用格拉布斯法检验该单元的测试结果,以便判断该单元方差异常是否由于单元测试结果中的异常值引起。在该单元测试结果中未发现异常值时,说明该单元方差异常并非由于单元测试结果中的异常值引起,应将该单元方差标以“\*”或“\*\*”记号;在该单元测试结果中发现异常值时,应按3.2.3的有关规定予以更正或删除后,重新计算该单元方差,且对各表作相应的更正,并再次进行科克伦检验,如仍为异常值,则标以“\*”或“\*\*”记号,然后转3.5.5。

#### 3.5.4.2 分割水平试验

首先用格拉布斯法分别对每一水平检验单元差,以便发现其中是否存在一个异常值。

然后用狄克逊法分析对每一水平检验单元差,以便发现其中是否存在多个异常值。

经上述检验发现的异常值,均应标以“\*”或“\*\*”号,然后转3.5.5。

### 3.5.5 检验单元平均值

首先用格拉布斯法分别对每一水平检验单元平均值,以便发现其中是否存在一个异常值。

然后用狄克逊法分别对每一水平检验单元平均值,以便发现其中是否存在多个异常值。

经上述检验发现的异常值,均应标以“\*”或“\*\*”号,然后转3.5.6。

在经过3.5.4和3.5.5所规定的检验后,如果均未发现异常值,则直接转3.5.7。

### 3.5.6 处理单元方差(或单元差)和单元平均值中的异常值

3.5.6.1 按3.2.3.1的规定,首先对异常值调查有无技术上的原因。如发现此种原因,则须予以更正或删除,并对各表作相应的更正。此时,如已没有未得说明的异常值,则直接转3.5.6.5。

3.5.6.2 如在表2或表3中未得说明的异常值的分布不能表明存在离群实验室,则直接转3.5.6.4。

3.5.6.3 如在表2或表3中未得说明的异常值的分布表明存在离群实验室,则应将该实验室的全部数据予以剔除,并报告领导小组。

3.5.6.4 如果还有未得到说明或不属于离群实验室的异常值,则剔除其中的高度异常值,保留异常值。

3.5.6.5 上述各步中,表2的任何数据被剔除,则表3的相应数据也须剔除,反之亦然。

### 3.5.7 计算每个水平的总平均值 $m_j$ 、重复性 $r_j$ 和再现性 $R_j$

用表2和表3中作为正常值保留的数据,按3.3的规定,对每个水平分别计算总平均值 $m_j$ 、重复性 $r_j$ 和再现性 $R_j$ 。

### 3.5.8 确定重复性 $r$ 和再现性 $R$ 的最终值

3.5.8.1 如果是单水平或少于四个水平的多水平试验,或者决定各个水平要分别给定重复性和再现性,则在3.5.7所得各水平的重复性 $r$ 和再现性 $R$ 的值即为相应水平的最终值。

3.5.8.2 如果是不少于四个水平的多水平试验,则应按3.4.2的规定判定函数关系,确定不同水平的重复性 $r$ 和再现性 $R$ 的最终值。如无明显的函数关系关系式,则在3.5.7所得各水平的重复性 $r$ 和再现性 $R$ 的值即为相应水平的最终值。

3.5.8.3 如果判定函数关系为 $r = a + bm$ ,则可能出现以下二种特殊情形之一:

- a.  $a$  的数值很小, 是否计入  $a$  值不影响  $r$  的有效数字, 这时可认为  $a = 0$ , 函数关系为  $r = bm$ ;
- b.  $b$  的数值很小, 是否计入  $bm$  值不影响  $r$  的有效数字, 这时可认为  $b = 0$ , 函数关系为  $r = a$

$$a = \frac{\sum_{j=1}^q r_j}{q}$$

### 3.5.9 统计分析主要步骤的程序图

图 1 表明了 3.5.2 ~ 3.5.8 所述统计分析的主要步骤:

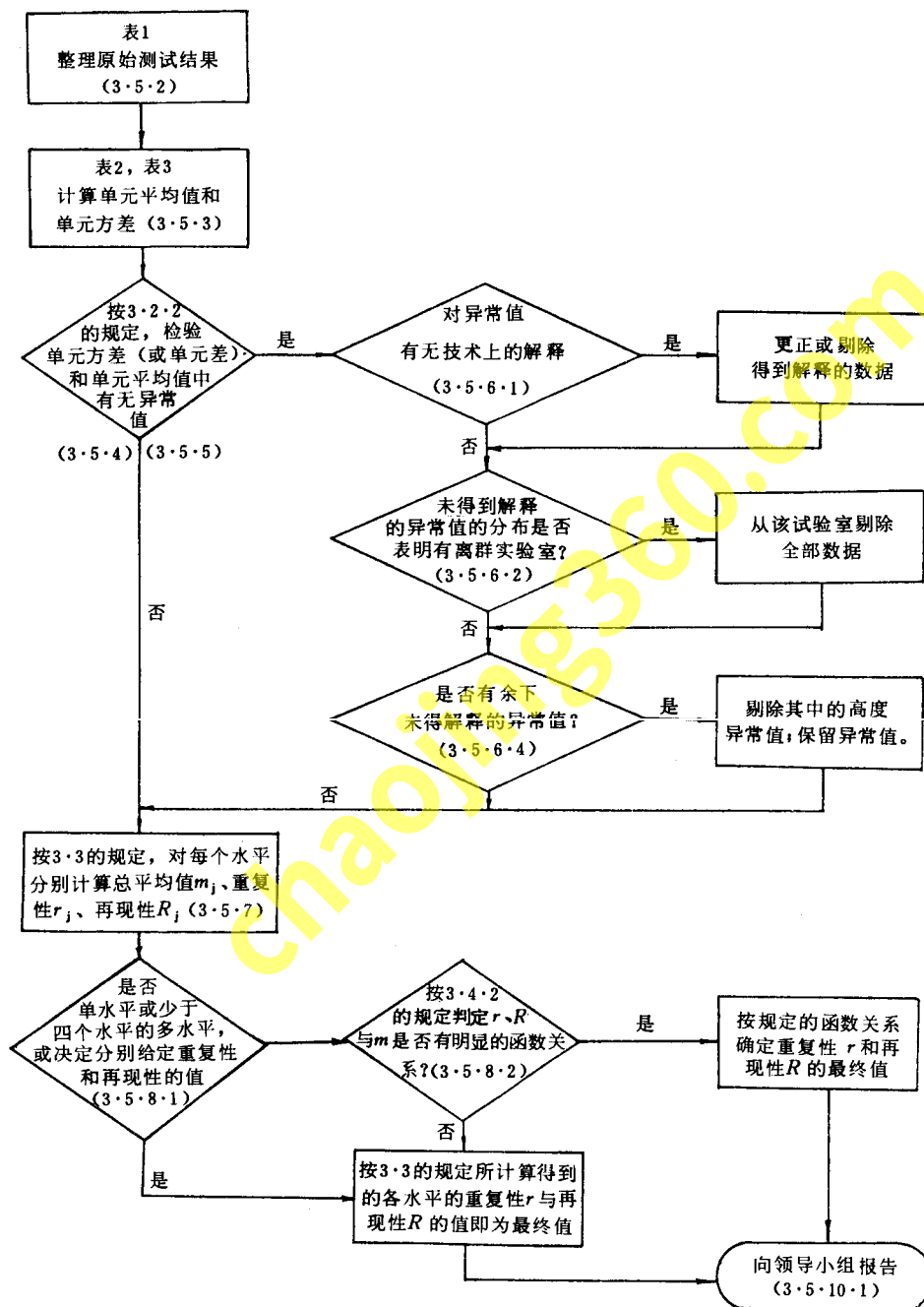


图 1

### 3.5.10 向领导小组报告和领导小组做出决定

#### 3.5.10.1 向领导小组的报告

完成统计分析后, 领导小组中负责统计分析的成员应向领导小组提交一份报告。报告中应包括以

下内容:

- a. 全面报告从操作员和(或)测试负责人处收集到的对测试方法标准的意见;
- b. 全面报告被除外的离群实验室及除外的理由;
- c. 全面报告所发现的每一个异常值和高度异常值,以及哪些已得到解释、更正或删除;
- d. 各水平的总平均值  $m_j$ 、重复性  $r_j$  和再现性  $R_j$  的最终结果表,以及按3.5.8.2的规定所作分析的结论,并附上所作的函数拟合曲线图。
- e. 将统计分析中所用的表1、表2、表3列为附表。

### 3.5.10.2 领导小组的决定

领导小组应讨论统计分析报告,并对下列问题作出决定:

- a. 被除外的离群实验室的不一致数据,是否归因于测试方法标准文字上的缺陷?
  - b. 被除外的离群实验室应采取什么措施?
  - c. 离群实验室的数据和(或)来自操作员和测试负责人的意见是否说明需要改进测试方法标准?
- 如果需要,应改进哪些方面?

- d. 重复性  $r$  和再现性  $R$  的最终值应取多少?以什么形式公布,以及精密度数据应用于哪些领域?

### 3.5.10.3 有关离群实验室的工作

如果认为测试方法标准是适宜的,则应:

- a. 必须向所有离群实验室通知其被除外的事实和理由。
- b. 由于表2中的异常值和高度异常值而被除外的实验室,说明其可能对标准有误解,或者使用了刻度有严重系统误差的仪器等情况,对此应进一步调查研究。领导小组应讨论怎样组织调查研究,并采取适当的措施。
- c. 由于表3中的异常值和高度异常值而被除外的实验室,说明其重复性方差太大,这可能由于技术不良或操作人员缺乏经验。这类实验室应以重复性的公布值为目标改进技术。

## 4 精密度数据的利用

### 4.1 重复性和再现性数值的公布

4.1.1 在发布已确定精密度数据的测试方法标准时,这些数据应列在题为“精密度”的一章内。这一章和仪器、试剂等其它各章一样,是方法总体的组成部分。

4.1.2 重复性和再现性的数值应以表格形式公布,表格分为二种:

- a. 如建立了  $r$  和(或)  $R$  与  $m$  之间的回归方程,则公布函数式。

| 水 平 范 围     | 重 复 性 $r$  | 再 现 性 $R$  |
|-------------|------------|------------|
| $h > m > L$ | $r = f(m)$ | $R = g(m)$ |

b. 如  $r$  和(或)  $R$  与  $m$  之间不存在明显的函数关系式,则公布相应于各水平的重复性标准差  $S_r$  与临界差  $r$  以及再现性标准差  $S_R$  与临界差  $R$ 。

- c.  $r$  和  $R$  的数值由领导小组确定有效位数,一般取1~2位。

| 水 平 值 | 重 复 性 |     | 再 现 性 |     |
|-------|-------|-----|-------|-----|
|       | $S_r$ | $r$ | $S_R$ | $R$ |
|       |       |     |       |     |

4.1.3 在文字说明部分, 应将精密度与两次测试结果的差值以及95%概率水平联系起来, 可叙述为:

“本方法在正常和正确操作情况下, 由同一操作人员, 在同一实验室内, 使用同一仪器, 并在短期内, 对相同试样所作两个单次测试结果之间的差值超过重复性, 平均来说20次中不多于1次。

本方法在正常和正确操作情况下, 由两名操作人员, 在不同实验室内, 对相同试样所作两个单次测试结果之间的差值超过再现性平均来说20次中不多于1次。

如果两个单次测试结果之间的差值超过了相应的重复性或再现性数值, 则认为这两个结果是可疑的。”

4.1.4 应在“精密度”这一章内“或以附注形式) 对精密度试验情况作如下概述:

“本精密度数据是在××××年, 由  $p$  个实验室对  $q$  个水平的试样所作的试验中确定的。”

## 4.2 由重复性 $r$ 和再现性 $R$ 导出其它临界差值

### 4.2.1 求其它概率水平的临界差值

将95%概率水平的临界差值与下表中的倍乘因数相乘, 就可得到其它概率水平的临界差值。

计算其它概率水平临界差值的倍乘因数

| 概率水平 $P$ (%) | 倍 乘 因 数 |
|--------------|---------|
| 90           | 0.82    |
| 98           | 1.16    |
| 99           | 1.29    |
| 99.5         | 1.40    |

### 4.2.2 求非两个单次测试情况下的临界差值

按照定义,  $r$  和  $R$  仅能用在重复性和再现性条件下两个单次测试的情况。但是, 还可以利用  $r$  和  $R$ , 按照下列公式, 求出95%概率水平上非两个单次测试情况的临界差值。至于其它概率水平上非两个单次测试情况的临界差值, 可利用4.2.1表中的倍乘因数。

#### 4.2.2.1 同一实验室内进行两次以上测试

如果在同一实验室内, 在重复性条件下, 进行了两组测试: 第一组进行  $n_1$  次测试, 平均值为  $\bar{Y}_1$ ; 第二组进行  $n_2$  次测试, 平均值为  $\bar{Y}_2$ 。如以  $\text{CrD}_{95}(|\bar{Y}_2 - \bar{Y}_1|)$  表示95%概率的平均值的临界差值, 则:

$$\text{CrD}_{95}(|\bar{Y}_2 - \bar{Y}_1|) = r \sqrt{\frac{1}{2n_1} + \frac{1}{2n_2}}$$

注: 如果  $n_1, n_2$  均为1, 上式化简为  $r$ 。

#### 4.2.2.2 两个实验室各进行一次以上测试

如果第一个实验室进行  $n_1$  次测试, 平均值为  $\bar{Y}_1$ ; 第二个实验室进行  $n_2$  次测试, 平均值为  $\bar{Y}_2$ , 则:

$$\text{CrD}_{95}(|\bar{Y}_2 - \bar{Y}_1|) = \sqrt{R^2 - r^2 \left(1 - \frac{1}{2n_1} - \frac{1}{2n_2}\right)}$$

注: 如果  $n_1 = n_2 = 1$ , 上式化简为  $R$

如果  $n_1 = n_2 = 2$ , 上式化简为  $\sqrt{R^2 - \frac{r^2}{2}}$

## 4.2.2.3 某实验室的结果与参照值比较

如果某实验室在重复性条件下进行了 $n$ 次测试, 平均值为 $\bar{Y}$ , 此值要与参照值 $m_0$  (例如合同中的规定值) 进行比较。

$$\text{CrD}_{95} (|\bar{Y} - m_0|) = \frac{1}{\sqrt{2}} \sqrt{R^2 - r^2 \frac{(n-1)}{n}}$$

## 4.2.2.4 几个实验室的结果与参照值比较

如果 $p$ 个实验室进行了 $n_i$ 次测试。平均值为 $\bar{Y}_i$  ( $i=1, 2, \dots, p$ ) 则总平均值 $\bar{\bar{Y}} = \frac{1}{p} \sum \bar{Y}_i$ , 此总平均值要与参照值 $m_0$ 进行比较。

$$\text{CrD}_{95} (|Y - m_0|) = \frac{1}{\sqrt{2p}} \sqrt{R^2 - r^2 \left(1 - \frac{1}{p} \sum \frac{1}{n_i}\right)}$$

## 5 应用实例

## 5.1 非分割水平试验

## 5.1.1 试验概况

## 5.1.1.1 测试方法

钢铁中铬含量的测定 (结果以质量百分数表示)。

## 5.1.1.2 方法来源

以GB 223.11—82《钢铁及合金化学分析方法 过硫酸铵氧化容量法测定铬》为基础, 参考JIS、ASTM、BS、ГОСТ等有关标准, 经必要的条件试验后, 起草了方法标准, 并于1984年7月通过。

## 5.1.1.3 简要说明

本例是由12个实验室参加的协同试验, 其中第7实验室对水平 $Gr-1$ 、 $Cr-7$ 作6次测试, 其他实验室及第7实验室的其他水平均作8次测试。

## 5.1.2 原始数据

按表1格式将原始数据列入。

| 水平<br>实验室 | $Cr-1$ | $Cr-2$ | $Cr-3$ | $Cr-4$ | $Cr-5$ | $Cr-6$ | $Cr-7$ |
|-----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 1         | 0.541  | 0.963  | 5.291  | 9.697  | 13.12  | 20.60  | 24.18  |
|           | 0.531  | 0.960  | 5.297  | 9.699  | 13.14  | 20.74  | 24.12  |
|           | 0.535  | 0.963  | 5.297  | 9.774  | 13.15  | 20.71  | 24.35  |
| 2         | 0.510  | 0.961  | 5.435  | 9.921  | 13.33  | 21.05  | 25.08  |
|           | 0.508  | 0.964  | 5.433  | 9.939  | 13.30  | 21.02  | 25.01  |
|           | 0.510  | 0.964  | 5.444  | 9.956  | 13.27  | 21.00  | 24.97  |
| 3         | 0.508  | 0.958  | 5.404  | 9.974  | 13.29  | 20.99  | 24.77  |
|           | 0.512  | 0.958  | 5.360  | 9.943  | 13.30  | 20.98  | 24.80  |
|           | 0.517  | 0.961  | 5.356  | 9.961  | 13.29  | 21.00  | 24.80  |
| 4         | 0.484  | 0.938  | 5.396  | 9.936  | 13.24  | 21.02  | 24.91  |
|           | 0.489  | 0.937  | 5.403  | 9.952  | 13.30  | 20.98  | 25.04  |
|           | 0.485  | 0.937  | 5.428  | 9.953  | 13.30  | 21.04  | 24.86  |

## GB 6379—86

续表

| 水平<br>实验室 | Cr - 1      | Cr - 2 | Cr - 3 | Cr - 4 | Cr - 5 | Cr - 6 | Cr - 7      |
|-----------|-------------|--------|--------|--------|--------|--------|-------------|
| 5         | 0.515       | 0.970  | 5.265  | 9.884  | 13.31  | 20.99  | 24.57       |
|           | 0.516       | 0.972  | 5.284  | 9.884  | 13.28  | 20.94  | 24.73       |
|           | 0.516       | 0.970  | 5.248  | 9.892  | 13.32  | 20.95  | 24.62       |
| 6         | 0.505       | 0.963  | 5.447  | 10.030 | 13.50  | 21.34  | 25.06       |
|           | 0.507       | 0.967  | 5.449  | 9.986  | 13.51  | 21.34  | 25.04       |
|           | 0.500       | 0.968  | 5.438  | 9.980  | 13.53  | 21.37  | 24.99       |
| 7         | 0.484 0.560 | 1.001  | 5.439  | 10.04  | 13.25  | 20.93  | 24.64 24.70 |
|           | 0.496 0.553 | 0.979  | 5.485  | 9.924  | 13.34  | 21.03  | 24.76 24.75 |
|           | 0.516 0.556 | 0.991  | 5.443  | 10.03  | 13.37  | 21.03  | 24.62 25.06 |
| 8         | 0.521       | 0.949  | 5.450  | 9.952  | 13.29  | 21.02  | 25.02       |
|           | 0.524       | 0.950  | 5.432  | 9.974  | 13.33  | 21.03  | 24.98       |
|           | 0.529       | 0.952  | 5.473  | 9.983  | 13.33  | 21.00  | 25.05       |
| 9         | 0.520       | 0.959  | 5.385  | 9.933  | 13.24  | 20.90  | 24.88       |
|           | 0.524       | 0.962  | 5.379  | 9.896  | 13.18  | 20.90  | 24.82       |
|           | 0.516       | 0.963  | 5.335  | 9.859  | 13.19  | 20.87  | 24.96       |
| 10        | 0.485       | 0.930  | 5.353  | 9.651  | 13.37  | 21.50  | 24.37       |
|           | 0.490       | 0.932  | 5.342  | 9.735  | 13.35  | 21.46  | 24.40       |
|           | 0.490       | 0.946  | 5.303  | 9.713  | 13.37  | 21.44  | 24.40       |
| 11        | 0.517       | 0.948  | 5.486  | 9.970  | 13.27  | 20.96  | 25.01       |
|           | 0.525       | 0.953  | 5.479  | 9.953  | 13.30  | 21.06  | 24.90       |
|           | 0.527       | 0.969  | 5.468  | 9.923  | 13.35  | 20.98  | 24.94       |
| 12        | 0.555       | 0.930  | 5.334  | 9.894  | 13.22  | 20.93  | 24.98       |
|           | 0.549       | 0.934  | 5.345  | 9.929  | 13.27  | 20.93  | 24.94       |
|           | 0.557       | 0.947  | 5.372  | 9.933  | 13.28  | 20.89  | 24.95       |

## 5.1.3 单元平均值

按表 2 格式将计算的单元平均值列入。



GB 6379—86

| 水平<br>实验室 | Cr - 1 | Cr - 2 | Cr - 3 | Cr - 4  | Cr - 5 | Cr - 6 | Cr - 7 |
|-----------|--------|--------|--------|---------|--------|--------|--------|
| 1         | 0.5357 | 0.9620 | 5.2950 | 9.7233* | 13.137 | 20.683 | 24.217 |
| 2         | 0.5093 | 0.9630 | 5.4373 | 9.9387  | 13.300 | 21.023 | 25.020 |
| 3         | 0.5123 | 0.9590 | 5.3733 | 9.9593  | 13.293 | 20.990 | 24.790 |
| 4         | 0.4860 | 0.9373 | 5.4090 | 9.9470  | 13.280 | 21.013 | 24.937 |
| 5         | 0.5157 | 0.9707 | 5.2657 | 9.8867  | 13.303 | 20.960 | 24.640 |
| 6         | 0.5040 | 0.9660 | 5.4447 | 9.9987  | 13.513 | 21.350 | 25.030 |
| 7         | 0.5275 | 0.9903 | 5.4557 | 9.9980  | 13.320 | 20.997 | 24.755 |
| 8         | 0.5247 | 0.9503 | 5.4517 | 9.9697  | 13.317 | 21.017 | 25.017 |
| 9         | 0.5200 | 0.9613 | 5.3663 | 9.8960  | 13.203 | 20.890 | 24.887 |
| 10        | 0.4883 | 0.9360 | 5.3327 | 9.6997* | 13.363 | 21.467 | 24.390 |
| 11        | 0.5230 | 0.9567 | 5.4777 | 9.9487  | 13.307 | 21.000 | 24.950 |
| 12        | 0.5537 | 0.9370 | 5.3503 | 9.9187  | 13.257 | 20.917 | 24.957 |

5.1.4 单元方差

按表 3 格式将计算的单元方差列入。

| 水平<br>实验室 | Cr - 1         | Cr - 2       | Cr - 3       | Cr - 4       | Cr - 5       | Cr - 6       | Cr - 7       |
|-----------|----------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| 1         | 0.000 025 30   | 0.000 003 10 | 0.000 011 44 | 0.001 937 90 | 0.000 244 14 | 0.005 493 20 | 0.014 282 00 |
| 2         | 0.000 001 31   | 0.000 002 86 | 0.000 030 52 | 0.900 289 92 | 0.000 885 01 | 0.000 671 39 | 0.003 173 80 |
| 3         | 0.000 020 30   | 0.000 003 10 | 0.000 705 72 | 0.000 244 14 | 0.000 030 52 | 0.000 061 04 | 0.000 244 14 |
| 4         | 0.000 006 97   | 0.000 000 24 | 0.000 289 92 | 0.000 076 29 | 0.001 190 20 | 0.000 976 56 | 0.008 544 90 |
| 5         | 0.000 000 27   | 0.000 001 19 | 0.000 324 25 | 0.000 030 52 | 0.000 457 76 | 0.000 732 42 | 0.006 835 90 |
| 6         | 0.000 013 00   | 0.000 007 03 | 0.000 041 96 | 0.900 732 42 | 0.000 213 62 | 0.000 244 14 | 0.001 220 70 |
| 7         | 0.001 107 10** | 0.000 121 47 | 0.000 644 68 | 0.004 119 90 | 0.003 936 80 | 0.003 295 90 | 0.025 391 00 |
| 8         | 0.000 016 30   | 0.000 002 38 | 0.000 423 43 | 0.000 244 14 | 0.000 549 32 | 0.000 244 14 | 0.001 159 70 |
| 9         | 0.000 015 94   | 0.000 004 29 | 0.000 743 87 | 0.001 358 00 | 0.001 007 10 | 0.000 305 18 | 0.004 821 80 |
| 10        | 0.000 008 31   | 0.000 075 94 | 0.000 686 65 | 0.001 892 10 | 0.000 152 59 | 0.000 854 49 | 0.000 366 21 |
| 11        | 0.000 027 93   | 0.000 126 40 | 0.000 080 11 | 0.000 564 58 | 0.001 617 40 | 0.002 746 60 | 0.003 173 80 |
| 12        | 0.000 017 26   | 0.000 079 04 | 0.000 381 47 | 0.000 442 50 | 0.001 037 60 | 0.000 488 28 | 0.000 427 25 |



### 5.1.5 检验单元方差

$Cr-1$  水平: 最大方差在第 7 实验室, 检验值 0.001 107 10

科克伦检验统计量  $C = 0.879$

$Cr-2$  水平: 最大方差在第 7 实验室, 检验值 0.000 121 47

科克伦检验统计量  $C = 0.289$

$Cr-3$  水平: 最大方差在第 9 实验室, 检验值 0.000 743 87

科克伦检验统计量  $C = 0.170$

$Cr-4$  水平: 最大方差在第 7 实验室, 检验值 0.004 119 90

科克伦检验统计量  $C = 0.345$

$Cr-5$  水平: 最大方差在第 7 实验室, 检验值 0.003 936 80

科克伦检验统计量  $C = 0.348$

$Cr-6$  水平: 最大方差在第 1 实验室, 检验值 0.005 493 20

科克伦检验统计量  $C = 0.409$

$Cr-7$  水平: 最大方差在第 7 实验室, 检验值 0.025 391 00

科克伦检验统计量  $C = 0.365$

由附录 B 查得:  $p = 12$ ,  $n = 3$  时, 科克伦检验临界值为 0.392 (5 % 概率水平) 和 0.475 (1 % 概率水平)。

由于  $Cr-1$  水平科克伦检验统计量大于 1 % 概率水平的临界值, 故  $Cr-1$  水平第 7 实验室的单元方差为高度异常值。随后对该单元的 6 个测试结果进行格拉布斯检验, 未发现异常值, 也没有找出该单元方差高度异常的技术原因, 故决定剔除, 并相应地剔除该单元平均值, 在此后的检验与计算中均不计入。

### 5.1.6 检验单元平均值

#### 5.1.6.1 格拉布斯检验

$Cr-1$  水平:  $G_n = 1.945$

$Cr-2$  水平:  $G_n = 2.085$

$Cr-3$  水平:  $G_n = 1.791$

$Cr-4$  水平:  $G_n = 2.123$

$Cr-5$  水平:  $G_n = 2.383$

$Cr-6$  水平:  $G_n = 2.170$

$Cr-7$  水平:  $G_n = 2.220$

由附录 C 查得:  $n = 11$  时, 格拉布斯检验临界值为 2.355 (5 % 概率水平) 和 2.564 (1 % 概率水平);  $n = 12$  时, 相应的临界值为 2.412 (5 % 概率水平) 和 2.636 (1 % 概率水平)。

故在各水平的平均值中, 用格拉布斯法检验均未发现异常值。

#### 5.1.6.2 狄克逊检验

$Cr-1$  水平:  $D_{21} = 0.362$

$Cr-2$  水平:  $D_{21} = 0.369$

$Cr-3$  水平:  $D_{21} = 0.353$

$Cr-4$  水平:  $D_{21} = 0.627$

$Cr-5$  水平:  $D_{21} = 0.529$

$Cr-6$  水平:  $D_{21} = 0.350$

$Cr-7$  水平:  $D_{21} = 0.527$

由附录 D 查得:  $n = 11$  时, 狄克逊检验法的临界值为 0.619 (5 % 概率水平) 和 0.709 (1 % 概率水平);  $n = 12$  时, 相应的临界值为 0.583 (5 % 概率水平) 和 0.660 (1 % 概率水平)。

$Cr-4$  水平:  $D_{21} = 0.627 > 0.583$ , 判断 9.699 7 为异常值。除去该值再次进行狄克逊检验,

$D_{21} = 0.629$ ，判断 9.7233 为异常值。除去前二个异常值，第三次进行狄克逊检验，未再发现异常值。由于判断的二个都不是高度异常值，故在以后的计算中予以保留。

### 5.1.7 $m_j$ , $r_j$ 和 $R_j$ 的计算

按 3.3 的规定计算各水平的总平均值  $m_j$ ，重复性  $r_j$  和再现性  $R_j$ ，计算结果列入下表：

| 水 平   | $Cr - 1$ | $Cr - 2$ | $Cr - 3$ | $Cr - 4$ |
|-------|----------|----------|----------|----------|
| $p_j$ | 11       | 12       | 12       | 12       |
| $m_j$ | 0.5157   | 0.9575   | 5.3883   | 9.9461   |
| $r_j$ | 0.0104   | 0.0166   | 0.0534   | 0.0797   |
| $R_j$ | 0.0553   | 0.0462   | 0.1965   | 0.1254   |
| 水 平   | $Cr - 5$ | $Cr - 6$ | $Cr - 7$ |          |
| $p_j$ | 12       | 12       | 12       |          |
| $m_j$ | 13.2994  | 21.0256  | 24.7956  |          |
| $r_j$ | 0.0860   | 0.1026   | 0.2501   |          |
| $R_j$ | 0.2608   | 0.5744   | 0.7391   |          |

### 5.1.6 建立 $r$ ( $R$ ) 与 $m$ 之间的回归方程

#### 5.1.8.1 建立 $r$ 与 $m$ 之间的回归方程

a.  $\hat{r} = a + b m$  的情形

利用加权二次迭代回归求出  $a$ 、 $b$  之值

$$a = 0.0080$$

$$b = 0.0071$$

$$\hat{r} = 0.0080 + 0.0071 m$$

相应各水平的  $r$ 、 $\hat{r}$  值如下：

| 水 平         | $Cr - 1$ | $Cr - 2$ | $Cr - 3$ | $Cr - 4$ |
|-------------|----------|----------|----------|----------|
| $r_j$       | 0.0104   | 0.0166   | 0.0534   | 0.0797   |
| $\hat{r}_j$ | 0.0117   | 0.0149   | 0.0465   | 0.0791   |
| 水 平         | $Cr - 5$ | $Cr - 6$ | $Cr - 7$ |          |
| $r_j$       | 0.0860   | 0.1026   | 0.2501   |          |
| $\hat{r}_j$ | 0.1030   | 0.1582   | 0.1851   |          |

$$S_{e1} = 0.3213$$

b.  $\lg \hat{r} = \lg c + d \lg m$  的情形

经计算得:  $c = 0.0164$

$$d = 0.705$$

$$\lg \hat{r} = \lg 0.0164 + 0.705 \lg m$$

相应各水平的  $r$ 、 $\hat{r}$  值如下:

| 水 平         | $Cr - 1$ | $Cr - 2$ | $Cr - 3$ | $Cr - 4$ |
|-------------|----------|----------|----------|----------|
| $r_j$       | 0.0104   | 0.0163   | 0.0534   | 0.0797   |
| $\hat{r}_j$ | 0.0103   | 0.0159   | 0.0537   | 0.0827   |
| 水 平         | $Cr - 5$ | $Cr - 6$ | $Cr - 7$ |          |
| $r_j$       | 0.0860   | 0.1026   | 0.2501   |          |
| $\hat{r}_j$ | 0.1015   | 0.1402   | 0.1574   |          |

$$S_{e2} = 0.4451$$

由于  $S_{e1} < S_{e2}$  故判定函数关系为:

$$\hat{r} = 0.0080 + 0.0071 m$$

#### 5.1.8.2 建立 $R$ 与 $m$ 之间的回归方程

a.  $\hat{R} = a + b m$  的情形

利用加权二次迭代回归求出  $a$ 、 $b$  的值

$$a = 0.0366$$

$$b = 0.0217$$

$$\hat{R} = 0.0366 + 0.0217 m$$

相应各水平的  $R$ 、 $\hat{R}$  值如下:

| 水 平         | $Cr - 1$ | $Cr - 2$ | $Cr - 3$ | $Cr - 4$ |
|-------------|----------|----------|----------|----------|
| $R_j$       | 0.0553   | 0.0462   | 0.1965   | 0.1254   |
| $\hat{R}_j$ | 0.0478   | 0.0573   | 0.1534   | 0.2522   |
| 水 平         | $Cr - 5$ | $Cr - 6$ | $Cr - 7$ |          |
| $R_j$       | 0.2608   | 0.5744   | 0.7391   |          |
| $\hat{R}_j$ | 0.3248   | 0.4923   | 0.5740   |          |

$$S_{e1} = 0.5442$$

b.  $\lg R = \lg c + d \lg m$  的情形

经计算得:  $c = 0.0598$

$$d = 0.6470$$

$$\lg \hat{R} = \lg 0.0598 + 0.6470 \lg m$$

相应各水平的  $R$ 、 $\hat{R}$  值如下:

GB 6379—86

|             |        |        |        |        |
|-------------|--------|--------|--------|--------|
| 水 平         | $Cr-1$ | $Cr-2$ | $Cr-3$ | $Cr-4$ |
| $R_j$       | 0.0553 | 0.0462 | 0.1965 | 0.1254 |
| $\hat{R}_j$ | 0.0390 | 0.0582 | 0.1779 | 0.2644 |

|             |        |        |        |  |
|-------------|--------|--------|--------|--|
| 水 平         | $Cr-5$ | $Cr-6$ | $Cr-7$ |  |
| $R_j$       | 0.2608 | 0.5744 | 0.7391 |  |
| $\hat{R}_j$ | 0.3191 | 0.4292 | 0.4776 |  |

$S_{e2} = 0.9540$   
由于  $S_{e1} < S_{e2}$ , 故判定函数关系为  
 $\hat{R} = 0.0366 + 0.0217 m$

5.1.9 结论  
本测试方法的精密度 (以质量百分数表示)

|               |                         |                         |
|---------------|-------------------------|-------------------------|
| 水 平 范 围       | 重 复 性 $r$               | 再 现 性 $R$               |
| 0.052 ~ 24.80 | $r = 0.0080 + 0.0071 m$ | $R = 0.0366 + 0.0217 m$ |

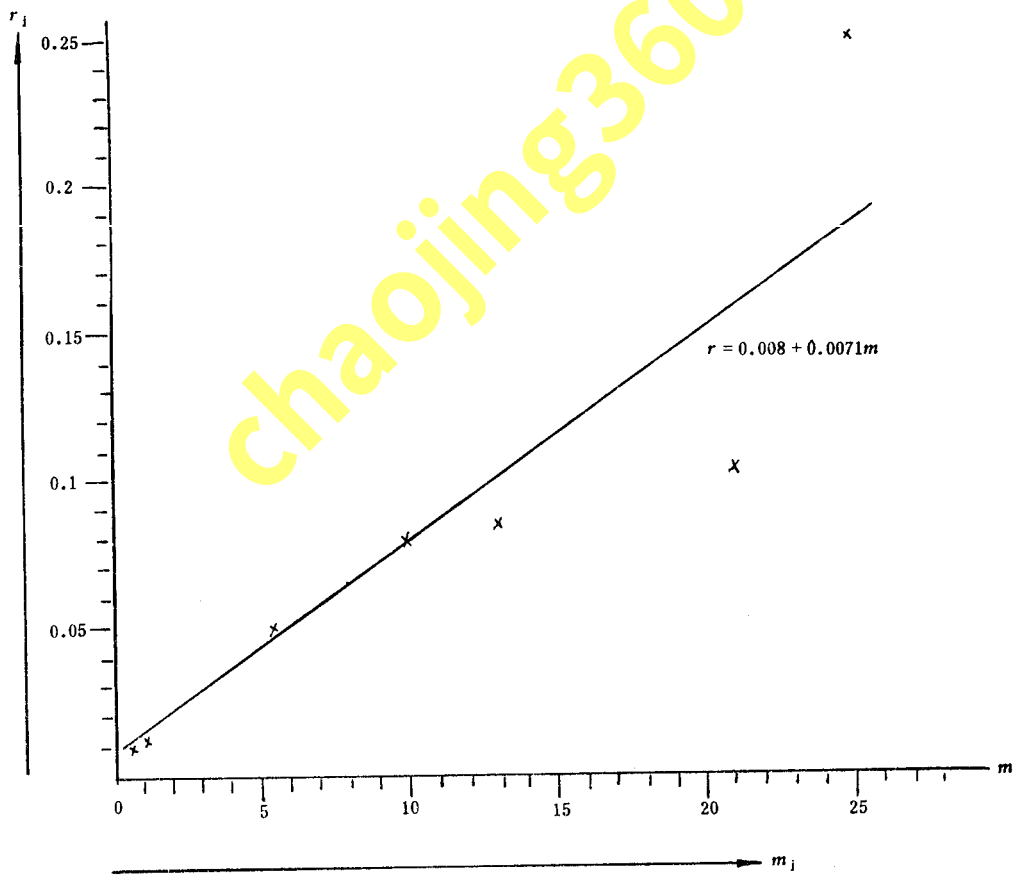


图 2  $r - m$  函数拟合曲线图

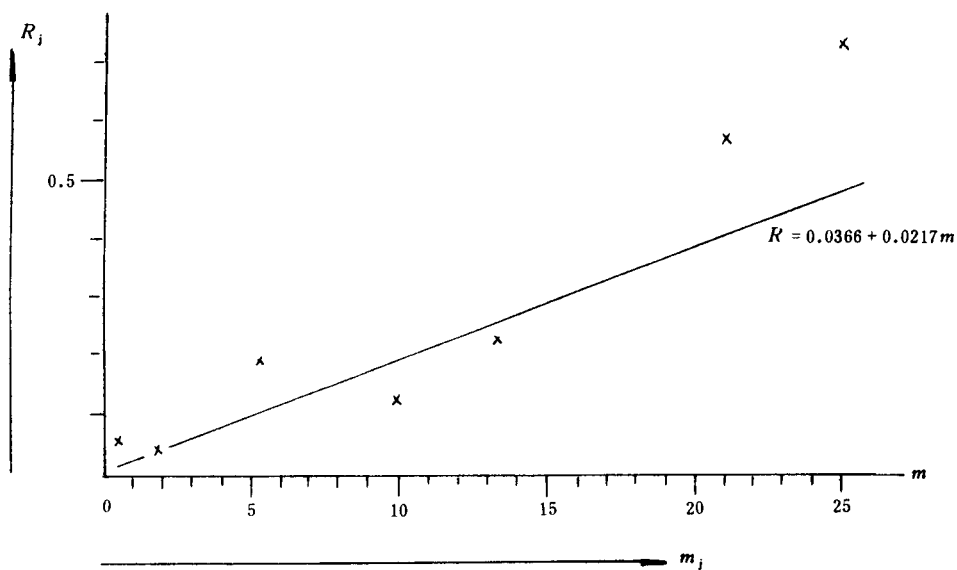


图 3  $R - m$ 函数拟合曲线图

## 5.2 分割水平试验

### 5.2.1 试验概况

#### 5.2.1.1 试验方法

滴定法测定洗涤粉活性氧含量（结果以有效氧百分数表示）

#### 5.2.1.2 方法来源

国际表面活性衍生物协会。1973年3月20日报告，由法国洗涤委员会的M·波埃洛和F·努里加提出。

#### 5.2.1.3 试验物料

准备两批有效氧含量稍有差异（2%左右）的洗涤粉。每批物料分发10g试样给各参与单位。

#### 5.2.1.4 简要说明

本例是一个确定测试方法室间精密度的试验。本测试方法已为国际标准化组织采用，并以ISO 4321公布。有比利时、捷克斯洛伐克、芬兰、法国、德国、荷兰、西班牙、瑞典和联合王国的共25个实验室参加测试（每个国家有1~3个实验室不等）。

### 5.2.2 原始数据、单元差和平均值表

为简单起见，将原始数据、单元差和平均值一起列于下表。

| 实 验 室 | 原 始 数 据  |          | 单 元 差                      | 平 均 值                 |
|-------|----------|----------|----------------------------|-----------------------|
| i     | $y_{ia}$ | $y_{ib}$ | $d_{ia} = y_{ia} - y_{ib}$ | $(y_{ia} + y_{ib})/2$ |
| 1     | 2.07     | 2.18     | -0.11                      | 2.125                 |
| 2     | 2.04     | 2.14     | -0.10                      | 2.090                 |
| 3     | 2.03     | 2.12     | -0.09                      | 2.075                 |
| 4     | 2.05     | 2.14     | -0.09                      | 2.095                 |

GB 6379—86

续表

| 实 验 室 | 原 始 数 据  |          | 单 元 差                      | 平 均 值                 |
|-------|----------|----------|----------------------------|-----------------------|
| i     | $y_{ia}$ | $y_{ib}$ | $d_{ia} = y_{ia} - y_{ib}$ | $(y_{ia} + y_{ib})/2$ |
| 5     | 2.04     | 2.15     | -0.11                      | 2.095                 |
| 6     | 2.04     | 2.15     | -0.11                      | 2.095                 |
| 7     | 2.05     | 2.14     | -0.09                      | 2.095                 |
| 8     | 2.08     | 2.17     | -0.09                      | 2.125                 |
| 9     | 2.02     | 2.12     | -0.10                      | 2.070                 |
| 10    | 1.98     | 2.09     | -0.11                      | 2.035                 |
| 11    | 2.00     | 2.10     | -0.10                      | 2.050                 |
| 12    | 2.13     | 2.22     | -0.09                      | 2.175                 |
| 13    | 2.04     | 2.15     | -0.11                      | 2.095                 |
| 14    | 2.00     | 2.10     | -0.10                      | 2.050                 |
| 15    | 2.05     | 2.17     | -0.12                      | 2.110                 |
| 16    | 2.02     | 2.11     | -0.09                      | 2.065                 |
| 17    | 2.04     | 2.16     | -0.12                      | 2.100                 |
| 18    | 2.02     | 2.12     | -0.10                      | 2.070                 |
| 19    | 2.05     | 2.15     | -0.10                      | 2.100                 |
| 20    | 2.143    | 2.22     | -0.078                     | 2.182                 |
| 21    | 2.07     | 2.15     | -0.08                      | 2.110                 |
| 22    | 2.05     | 2.15     | -0.10                      | 2.100                 |
| 23    | 2.03     | 2.15     | -0.12                      | 2.090                 |
| 24    | 2.04     | 2.12     | -0.08                      | 2.080                 |
| 25    | 2.05     | 2.14     | -0.09                      | 2.095                 |

### 5.2.3 检验单元差

用格拉布斯法和狄克逊法检验单元差, 均未检出异常值。

### 5.2.4 检验平均值

用格拉布斯法和狄克逊法检验平均值, 均未检出异常值。

### 5.2.5 计算 $m$ 、 $r$ 和 $R$

按3.3.2.2的规定计算  $m$ 、 $r$  和  $R$

实验室数:  $p = 25$

$S^2 r = 0.000\ 076\ 34$

$S^2 L = 0.001\ 077\ 18$

$S^2 R = 0.001\ 153\ 52$

$m = 2.095$

$r = 0.024$

$R = 0.095$

### 5.2.6 结论

本测试方法的精密度(以有效氧百分数表示)为

重复性 标准差  $S_r = 0.008\ 7$ ; 重复性  $r = 0.24$

再现性 标准差  $S_R = 0.034$ ; 再现性  $R = 0.095$

以上数据在有25个实验室参加的分割水平试验(水平值2%)中得出。未检出异常值。



**附 录 A**  
**本标准所用的主要名词及符号**  
(补充件)

**A.1 名词**

**A.1.1 精密度 (precision)**

在确定条件下,将测试方法实施多次所得结果之间的一致程度。

影响测试结果的随机误差越小,测试的精密度就越高。

**A.1.2 重复性 (repeatability)**

**a. 定性定义**

用相同的方法,同一试验材料,在相同的条件下获得的一系列结果之间的一致程度。相同的条件指同一操作者,同一设备,同一实验室和短暂的时间间隔。

**b. 定量定义**

指一个数值,在上述条件下得到的两次实验结果之差的绝对值以某个指定的概率低于这个数值。除非另外指出,一般指定的概率为0.95。

**A.1.3 再现性 (reproducibility)**

**a. 定性定义**

用相同的方法,同一试验材料,在不同的条件下获得的单个结果之间的一致程度。不同的条件指不同操作者,不同设备,不同实验室,不同或相同的时间。

**b. 定量定义**

指一个数值,用相同的方法,同一试验材料,在上述的不同条件下得到的两次试验结果之差的绝对值以某个指定的概率低于这个数值。除非另外指出,一般指定的概率为0.95。

**A.1.4 单个测试结果 (single test result)**

由一次全面应用标准测试方法所得的数值

**A.1.5 测试水平 (level of the test)**

全部参与试验的实验室对一种特定的测试材料或试样所测得的总平均结果。

**A.1.6 一个单元 (acell)**

由一个实验室得到的一个水平的诸测试结果。

**A.2 符号**

**A.2.1 一般符号**

| 符 号      | 意 义                               |
|----------|-----------------------------------|
| $a$      | 用来表示 $r$ (或 $R$ ) 与 $m$ 之间函数关系的常数 |
| $b$      | 用来表示 $r$ (或 $R$ ) 与 $m$ 之间函数关系的常数 |
| $c$      | 用来表示 $r$ (或 $R$ ) 与 $m$ 之间函数关系的常数 |
| $C$      | 科克伦检验的统计量                         |
| $CrD$    | 与给定的概率水平相联系的临界差                   |
| $d$      | 用来表示 $r$ (或 $R$ ) 与 $m$ 之间函数关系的常数 |
| $d_{ij}$ | 分割水平试验中的单元差                       |

续表

| 符 号      | 意 义                      |
|----------|--------------------------|
| $m$      | 测试特性的总平均值                |
| $m_0$    | 用来比较的参照值                 |
| $n$      | 一个实验室在一个水平所实施的重复测试次数     |
| $p$      | 参与精密度试验的实验室数             |
| $P\%$    | 统计检验的概率水平                |
| $q$      | 精密度试验中测试特性的水平数           |
| $D$      | 狄克逊检验的统计量                |
| $r$      | 以临界差表示的重复性               |
| $R$      | 以临界差表示的再现性               |
| $S^2$    | 方差的无偏估计                  |
| $T$      | 某些表达式的总和或总数              |
| $Gn$     | 格拉布斯检验的统计量               |
| $W$      | 用来计算加权回归的加权系数            |
| $y$      | 单个测试结果                   |
| $\sigma$ | 标准差                      |
| $A$      | 分割水平试验的第一个亚水平            |
| $B$      | 分割水平试验的第二个亚水平            |
| $i$      | 特定实验室的标记                 |
| $j$      | 特定水平的标记                  |
| $K$      | 实验室 $i$ 在水平 $j$ 的特定重复的标记 |
| $r$      | 重复性, 用于 $S$ 或 $\sigma$   |
| $R$      | 再现性, 用于 $S$ 或 $\sigma$   |
| $L$      | 实验室间, 用于 $S$ 或 $\sigma$  |
| $W$      | 实验室内, 用于 $S$ 或 $\sigma$  |

附录 B  
科克伦检验法的临界值表（单测检验）  
（补充件）

| 给定水<br>平的实<br>验室数<br>$p$ | 每 单 元 的 测 试 结 果 数 |       |         |       |         |       |         |       |         |       |
|--------------------------|-------------------|-------|---------|-------|---------|-------|---------|-------|---------|-------|
|                          | $n = 2$           |       | $n = 3$ |       | $n = 4$ |       | $n = 5$ |       | $n = 6$ |       |
|                          | 1 %               | 5 %   | 1 %     | 5 %   | 1 %     | 5 %   | 1 %     | 5 %   | 1 %     | 5 %   |
| 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   | 0.746 | 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                        | 0.754             | 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   | 0.243 |
| 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   | 0.187 |
| 19                       | 0.496             | 0.403 | 0.343   | 0.281 | 0.276   | 0.230 | 0.238   | 0.200 | 0.214   | 0.181 |

GB 6379—86

续表

| 给定水平<br>的实验室数<br>$p$ | 每 单 元 的 测 试 结 果 数 |       |         |       |         |       |         |       |         |       |
|----------------------|-------------------|-------|---------|-------|---------|-------|---------|-------|---------|-------|
|                      | $n = 2$           |       | $n = 3$ |       | $n = 4$ |       | $n = 5$ |       | $n = 6$ |       |
|                      | 1 %               | 5 %   | 1 %     | 5 %   | 1 %     | 5 %   | 1 %     | 5 %   | 1 %     | 5 %   |
| 20                   | 0.480             | 0.389 | 0.330   | 0.270 | 0.265   | 0.220 | 0.229   | 0.192 | 0.205   | 0.173 |
| 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 | 0.190   | 0.160 | 0.170   | 0.144 |
| 26                   | 0.402             | 0.325 | 0.270   | 0.221 | 0.215   | 0.179 | 0.184   | 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 | 0.299   | 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   | 0.163 | 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 |

附 录 C  
格拉布斯检验法的临界值表 (双测检验)  
(补充件)

| n  | 1 %   | 5 %   | n  | 1 %   | 5 %   | n  | 1 %   | 5 %   | n   | 1 %   | 5 %   |
|----|-------|-------|----|-------|-------|----|-------|-------|-----|-------|-------|
|    |       |       | 26 | 3.157 | 2.841 | 51 | 3.491 | 3.136 | 76  | 3.654 | 3.287 |
|    |       |       | 27 | 3.178 | 2.859 | 52 | 3.500 | 3.143 | 77  | 3.658 | 3.291 |
| 3  | 1.155 | 1.155 | 28 | 3.199 | 2.876 | 53 | 3.507 | 3.151 | 78  | 3.663 | 3.297 |
| 4  | 1.496 | 1.481 | 29 | 3.218 | 2.893 | 54 | 3.516 | 3.158 | 79  | 3.669 | 3.301 |
| 5  | 1.764 | 1.715 | 30 | 3.236 | 2.908 | 55 | 3.524 | 3.166 | 80  | 3.673 | 3.305 |
| 6  | 1.973 | 1.887 | 31 | 3.253 | 2.924 | 56 | 3.531 | 3.172 | 81  | 3.677 | 3.309 |
| 7  | 2.139 | 2.020 | 32 | 3.270 | 2.938 | 57 | 3.539 | 3.180 | 82  | 3.682 | 3.315 |
| 8  | 2.274 | 2.126 | 33 | 3.286 | 2.952 | 58 | 3.546 | 3.186 | 83  | 3.687 | 3.319 |
| 9  | 2.387 | 2.215 | 34 | 3.301 | 2.965 | 59 | 3.553 | 3.193 | 84  | 3.691 | 3.323 |
| 10 | 2.482 | 2.290 | 35 | 3.316 | 2.979 | 60 | 3.560 | 3.199 | 85  | 3.695 | 3.327 |
| 11 | 2.564 | 2.355 | 36 | 3.330 | 2.991 | 61 | 3.566 | 3.205 | 86  | 3.699 | 3.331 |
| 12 | 2.636 | 2.412 | 37 | 3.343 | 3.003 | 62 | 3.573 | 3.212 | 87  | 3.704 | 3.335 |
| 13 | 2.699 | 2.462 | 38 | 3.356 | 3.014 | 63 | 3.579 | 3.218 | 88  | 3.708 | 3.339 |
| 14 | 2.755 | 2.507 | 39 | 3.369 | 3.025 | 64 | 3.586 | 3.224 | 89  | 3.712 | 3.343 |
| 15 | 2.806 | 2.549 | 40 | 3.381 | 3.036 | 65 | 3.592 | 3.230 | 90  | 3.716 | 3.347 |
| 16 | 2.852 | 2.585 | 41 | 3.393 | 3.046 | 66 | 3.598 | 3.235 | 91  | 3.720 | 3.350 |
| 17 | 2.894 | 2.620 | 42 | 3.404 | 3.057 | 67 | 3.605 | 3.241 | 92  | 3.725 | 3.355 |
| 18 | 2.932 | 2.651 | 43 | 3.415 | 3.067 | 68 | 3.610 | 3.246 | 93  | 3.728 | 3.358 |
| 19 | 2.968 | 2.681 | 44 | 3.425 | 3.075 | 69 | 3.617 | 3.252 | 94  | 3.732 | 3.362 |
| 20 | 3.001 | 2.709 | 45 | 3.435 | 3.085 | 70 | 3.622 | 3.257 | 95  | 3.736 | 3.365 |
| 21 | 3.031 | 2.733 | 46 | 3.445 | 3.094 | 71 | 3.627 | 3.262 | 96  | 3.739 | 3.369 |
| 22 | 3.060 | 2.758 | 47 | 3.455 | 3.103 | 72 | 3.633 | 3.267 | 97  | 3.744 | 3.372 |
| 23 | 3.087 | 2.781 | 48 | 3.464 | 3.111 | 73 | 3.638 | 3.272 | 98  | 3.747 | 3.377 |
| 24 | 3.112 | 2.802 | 49 | 3.474 | 3.120 | 74 | 3.643 | 3.278 | 99  | 3.750 | 3.380 |
| 25 | 3.135 | 2.822 | 50 | 3.483 | 3.128 | 75 | 3.648 | 3.282 | 100 | 3.754 | 3.383 |

附录 D  
狄克逊检验法的临界值表 (双侧检验)  
(补充件)

| n  | 统 计 量                                                    | 1 %   | 5 %   | n  | 统 计 量                                                    | 1 %   | 5 %   |
|----|----------------------------------------------------------|-------|-------|----|----------------------------------------------------------|-------|-------|
| 3  | $D_{10} = \frac{x_{(2)} - x_{(1)}}{x_{(n)} - x_{(1)}}$   | 0.994 | 0.970 | 17 | $D_{22} = \frac{x_{(3)} - x_{(1)}}{x_{(n-2)} - x_{(1)}}$ | 0.610 | 0.529 |
| 4  | 和 $\frac{x_{(n)} - x_{(n-1)}}{x_{(n)} - x_{(1)}}$        | 0.926 | 0.829 | 18 | 和 $\frac{x_{(n)} - x_{(n-2)}}{x_{(n)} - x_{(3)}}$        | 0.594 | 0.514 |
| 5  |                                                          | 0.821 | 0.710 | 19 | 中的较大者                                                    | 0.580 | 0.501 |
| 6  |                                                          | 0.740 | 0.628 | 20 |                                                          | 0.567 | 0.489 |
| 7  | 中的较大者                                                    | 0.680 | 0.569 | 21 |                                                          | 0.555 | 0.478 |
| 8  | $D_{11} = \frac{x_{(2)} - x_{(1)}}{x_{(n-1)} - x_{(1)}}$ | 0.717 | 0.608 | 22 |                                                          | 0.544 | 0.468 |
| 9  | 和 $\frac{x_{(n)} - x_{(n-1)}}{x_{(n)} - x_{(2)}}$        | 0.672 | 0.564 | 23 |                                                          | 0.535 | 0.459 |
| 10 | 中的较大者                                                    | 0.635 | 0.530 | 24 |                                                          | 0.526 | 0.451 |
| 11 | $D_{21} = \frac{x_{(3)} - x_{(1)}}{x_{(n-1)} - x_{(1)}}$ | 0.709 | 0.619 | 25 |                                                          | 0.517 | 0.443 |
| 12 | 和 $\frac{x_{(n)} - x_{(n-1)}}{x_{(n)} - x_{(2)}}$        | 0.660 | 0.583 | 26 |                                                          | 0.510 | 0.436 |
| 13 | 中的较大者                                                    | 0.638 | 0.557 | 27 |                                                          | 0.502 | 0.429 |
| 14 | $D_{22} = \frac{x_{(3)} - x_{(1)}}{x_{(n-2)} - x_{(1)}}$ | 0.670 | 0.586 | 28 |                                                          | 0.495 | 0.423 |
| 15 | 和 $\frac{x_{(n)} - x_{(n-2)}}{x_{(n)} - x_{(3)}}$        | 0.647 | 0.565 | 29 |                                                          | 0.489 | 0.417 |
| 16 | 中的较大者                                                    | 0.627 | 0.546 | 30 |                                                          | 0.483 | 0.412 |

**附录 E**  
**统计分析的计算程序**  
(参考件)

**E.1** 本程序采用FORTRAN语言在Z-80机上编制。

**E.2** 程序使用说明

**E.2.1** 本程序中使用的主要符号

| 符 号         | 意 义                                                      |
|-------------|----------------------------------------------------------|
| ITYPE       | 表示试验类型, ITYPE = 1 时, 表示非分割水平试验;<br>ITYPE = 2 时, 表示分割水平试验 |
| IP          | 表示实验室的个数                                                 |
| IQ          | 表示测试特性水平的个数                                              |
| IEF         | IEF = 1 时, 表示用“F”格式输入数据;<br>IEF = 2 时, 表示用“E”格式输入数据      |
| N (I, J)    | 存放每一个单元的测试结果数, 即 $n_{ij}$                                |
| A (I, J, K) | 存放测试结果的数据, A (I, J, K) 中的 I, J 分别表示第 I 个实验室和第 J 个水平      |
| B (I)       | 存放每一单元的均值                                                |
| C (I)       | 存放每一单元的方差                                                |
| Co, STC     | 分别表示科克伦检验的临界值和统计量                                        |
| Go, STG     | 分别表示格拉布斯检验的临界值和统计量                                       |
| Do, STD     | 分别表示狄克逊斯检验的临界值和统计量                                       |
| RLG (J)     | 在计算重复性 $r$ 时的值, 在计算再现性 $R$ 时存放 $R$ 的值                    |
| RM (J)      | 存放水平 J 的测试特性的总平均值 $m$                                    |

**E.2.2** 输入数据的方法

**E.2.2.1** 输入顺序

输入顺序为 ITYPE, IP, IQ, IEF, N (I, J), A (I, J, K)。对分割水平试验, 不输入 N (I, J)。

## E.2.2.2 输入格式

a. ITYPE, IP, IQ, IEF, N (I, J) 用 “I” 格式输入, A (I, J, K) 用 “E” 格式或 “F” 格式输入。

b. ITYPE 输在单独一行。IP, IQ, IEF 输在同一行。输 N (I, J) 时每行输入十个数。输 A (I, J, K) 时, 每行只能输 A 的一个单元, 即在一行中不能输入两个不同单元的数。输入 A 的顺序为: “单元” → “实验室” → “水平”。

## E.3 程序

## PROGRAM STAND

DIMENSION A (30, 10, 10), B (30), C (30), N (30, 10), L1 (30), L2 (30),

\* X (30), RE (10), RG (10), RL (10), RM (10), W (10), TABD (30, 2), TABO (30, 2)

\* , LFD (30), LSD (30), BD (30)

DATA TABG/0.0,0.0, 1.155, 1.496, 1.764, 1.973, 2.139, 2.274, 2.387,

\* 2.482, 2.564, 2.636, 2.699, 2.755, 2.806, 2.852, 2.894, 2.932, 2.968,

\* 3.001, 3.031, 3.060, 3.087, 3.112, 3.135, 3.157, 3.178, 3.199, 3.218,

\* 3.236, .0, .0, 1.155, 1.481, 1.715, 1.887, 2.020, 2.126, 2.215, 2.290,

\* 2.355, 2.412, 2.462, 2.507, 2.549, 2.585, 2.620, 2.651, 2.681, 2.709,

\* 2.733, 2.758, 2.781, 2.802, 2.822, 2.841, 2.859, 2.876, 2.893, 2.908/

DATA TABD/0.0, 0.0, 0.994, 0.926, 0.821, 0.740, 0.680, 0.717, 0.672,

\* 0.635, 0.709, 0.660, 0.638, 0.670, 0.647, 0.627, 0.610, 0.594, 0.580,

\* 0.567, 0.555, 0.544, 0.535, 0.526, 0.517, 0.510, 0.502, 0.495, 0.489,

\* 0.483, .0, .0, 0.970, 0.829, 0.710, 0.628, 0.569, 0.608, 0.564, 0.530,

\* 0.619, 0.583, 0.557, 0.586, 0.565, 0.546, 0.529, 0.514, 0.501, 0.489,

\* 0.478, 0.468, 0.459, 0.451, 0.443, 0.436, 0.429, 0.423, 0.417, 0.412/

WRITE (2,401)

401 FORMAT (1X, 'REMARK FOR THE WRITE',

\* /1X, 'ENTER 1 FOR UNIFORM, 2 FOR SPLIT LEVEL IN ITYPE',

\* /1X, 'IP IS THE NUMBER OF LAB., IQ IS THE NUMBER OF LEVEL',

\* /1X, 'READ "A" BY "E" FROM AS IEF=1 & BY "F" FORM AS IEF=2',

\* /1X, 'CO, GO, DO ARE THE CRITICAL VALUES OF COCHRAN,

\* GRUBBS, DIXON TEST RESPECTIVELY',

\* /1X, 'STC, STG, STD ARE THE TEST STATISTICS OF COCHRAN,

\* GRUBBS, DIXON TESTS RESPECTIVELY',

\* /1X, 'FOR EACH LEVEL B (I), I=1, IQ ARE CELL AVERAGES',

\* /16X, 'C (I), I=1, IQ ARE CELL VARIANCES',

\* /1X, 'RLG (J), J=1, IQ ARE THE REPEATABILITY LIT. R, OR

\* REPRODUCIBILITY OAP. R',

\* /2X, 'RM (J), J=1, IQ ARE THE MEAN LEVEL LIT. R',

\* /2X, 'RE (J), J=1, IQ ARE THE PREDICTORS OF THE

\* REGRESSION EQUATIONS',

\* /3X, 'X (J), J=1, IQ ARE THE VALUES OF DEVIATIONS')

C \*\*\* INPUT THE DATA \*\*\*

402 READ (6, 403) ITYPE

403 FORMAT (I5)



```

IF (ITYPE . EQ . 0) STOP
WRITE (2, 404) ITYPE
404  FORMAT (//30X, 6 HITYPE =, I2, /20 X,
*      ' -----', /)
READ (6, 1) IP, IQ, IEF
WRITE (2, 102) IP, IQ, IEF
1  FORMAT (3 I4)
102  FORMAT (25 X, 3 HIP=, I2, 5 X, 3 HIQ=, I2, 5 X, 4 HIEF=, I2)
IF (IP . LT . 1 . OR . IP . GT . 30) GO TO 99
IF (IQ . LT . 1 . OR . IQ . GT . 10) GO TO 99
IF (ITYPE . EQ . 2) GO TO 405
READ (6, 2) ((N(I, J), I=1, IP), J=1, IQ)
C  WRITE (2, 103) ((N(I, J), I=1, IP), J=1, IQ)
103  FORMAT (1 X, 10 I10)
2  FORMAT (10 I3)
GO TO 406
405  DO 407 I=1, IP
DO 407 J=1, IQ
407  N(I, J) = 2
406  DO 3 J=1, IQ
DO 3 I=1, IP
IF (N(I, J) . LT . 1 . OR . N(I, J) . GT . 10) GO TO 99
IN = N(I, J)
IF (IEF . EQ . 1) GO TO 412
READ (6, 411) (A(I, J, K), K=1, IN)
411  FORMAT (10F8.4)
GO TO 414
412  READ (6, 413) (A(I, J, K), K=1, IN)
413  FORMAT (5 E12.6)
414  WRITE (2, 415) (A(I, J, K), K=1, IN)
415  FORMAT (2 X, 10 E12.5)
3  CONTINUE
C  *** COMPUTE SEPARATELY ACCORDING TO THE CONFIDENCE LEVELS
C      ALPH = 0.01 & ALPH = 0.05 ***
DO 50 IALPH = 1, 2
IF (IALPH . EQ . 1) ALPH = 0.01
IF (IALPH . EQ . 2) ALPH = 0.05
WRITE (2, 126) ALPH
126  FORMAT (/5 X, 5 HALPH =, F5.3)
C  *** COMPUTE THE CELL AVERAGE & CELL VARIANCE FOR EACH LEVEL***
DO 5 LEV = 1, IQ
WRITE (2, 130) LEV, LEV
130  FORMAT (1 X, 2 (' ----- LEV =', I2, ' ----- '))
IF (ITYPE . EQ . 2) GO TO 408

```

```

DO 6 I = 1, IP
IN = N (I, LEV)
DO 7 K = 1, IN
Li (K) = K
7 X (K) = A (I, LEV, K)
6 CALL EV (IN, X, Li, B (I), C (I))
WRITE (2, 113) (B (I), I = 1, IP)
WRITE (2, 114) (C (I), I = 1, IP)
113 FORMAT (1X, 5HB (I):, 10E12.5)
114 FORMAT (1X, 5HC (I):, 10E12.5)
C ***THE FOLLOWING PART IS FOR COCHRAN'S TEST. THEN TEST BY
C GRUBBS'S METHOD TO THOSE SUSPICIOUS CELLS SUGGESTED BY
C COCHRAN'S METHOD ***
IPJ = IP
8 CALL ORDER (IPO, C, LI)
115 FORMAT (1X, 6HL1 (I):, 10I8)
SUN = 0.0
NN = 0
DO 9 I = 1, IP
SUN = SUN + C (I)
9 NN = NN + N (I, LEV)
10 LI = Li (IPJ)
SM = C (LI)
NE = IFIX (FLOAT (NN)/FLOAT (IPJ + 0.5) - 1)
CO = COCHR (ALPH, IPJ, NE)
STC = SM/SUN
WRITE (2, 117) CO, STC
117 FORMAT (1X, 3HCO =, E10.5, 8X, 4HSTC =, E10.5)
IF (STC . LE . CO) GO TO 17
IN = N (LI, LEV)
IJ = 0
IN1 = IN
DO 11 K = 1, IN
11 X (K) = A (LI, LEV, K)
CALL ORDER (IN, X, L2)
12 IF (IN1 . LE . 2) GO TO 16
CALL EV (IN1, X, L2, E, V)
L21 = L2 (1)
L22 = L2 (IN1)
ST1 = (E - X (L21))/SQRT (V)
ST2 = (X (L22) - E)/SQRT (V)
STG = AMAX1 (ST1, ST2)
GO = TABG (IN1, IALPH)
IF (STG . LE . GO) GO TO 16

```

```

IF (STG. LE. ST1) GO TO 13
ID = L2 (IN1)
GO TO 15
13 ID = L2 (1)
DO 14 K = 2, IN1
14 L2 (K - 1) = L2 (K)
15 IN1 = IN1 - 1
WRITE (2, 105) LI, LEV, X (ID)
105 FORMAT (1X, 6HCELL (, I2, 1H,, I2, 19H) CONTAINS OUTLIER, E10.5)
CALL EV (IN1, X, L2, B (LI), C (LI))
WRITE (2, 113) (B (I), I = 1, IPJ)
WRITE (2, 114) (C (I), I = 1, IPJ)
GO TO 12
16 IJ = IN - IN1
IF (IJ. GE. 1) GO TO 8
416 WRITE (5, 417) LI, LEV
417 FORMAT (1X, 'CELL (, I2, 1H,, I2, ') IS AN OUTLIER BY COCH. TEST.
* DO YOU THINK SO (Y/N)? ')
READ (5, 418) NY
418 FORMAT (A1)
IF (NY. EQ. 1HN) GO TO 17
IF (NY. EQ. 1HY) GO TO 419
GO TO 416
419 IPJ = IPJ - 1
SUN = SUN - SM
NN = NN - IN
WRITE (2, 106) C (LI), LI
106 FORMAT (/1X, 4HDATA, E10.5, 29H IS AN OUTLIER BY COCH'S TEST, IS)
IF (IPJ. GT. 2) GO TO 10
GO TO 30
17 IJ = IP - IPJ
IF (IJ. LE. 0) GO TO 21
DO 18 K = 1, IJ
K1 = IP - K + 1
18 L2 (K) = L1 (K1)
501 CALL ORDER (IP, B, L1)
DO 20 J = 1, IJ
L2 J = L2 (J)
DO 20 K = 1, IP
L1 K = L1 (K)
IF (L2 J. NE. L1 K) GO TO 20
IP1 = IP - 1
DO 19 KJ = K, IP1
19 L1 (KJ) = L1 (KJ + 1)

```

```

20      CONTINUE
      IF ( ITYPE . EQ. 2 ) GO TO 21
      GO TO 22
C      *** COMPUTE THE SPLITTED CELL AVERAGE & CELL VARIANCE ***
408      IPJ = IP
      IJ = 0
      DO 409 I = 1, IP
      B ( I ) = 0.5 * ( A ( I, LEV, 1 ) + A ( I, LEV, 2 ) )
409      C ( I ) = A ( I, LEV, 1 ) - A ( I, LEV, 2 )
      WRITE ( 2, 113 ) ( B ( I), I = 1, IP )
      WRITE ( 2, 127 ) ( C ( I), I = 1, IP )
127      FORMAT ( 1 X, 5 HD ( I ) :, 10 E 12.4 )
C      *** THE FOLLOWING PART IS FOR GRUBBS' & DIXON' S TEST ***
      CALL ORDER ( IP, C, L1 )
      WRITE ( 2, 510 )
510      FORMAT ( / 3 X, ' FOLLOWING PART ARE TEST D ( I ) ' )
      CALL TEXTGD ( LEV, IJ, IPJ, IALPH, C, L1, L2, BD, LFD, LSD, TABG, TABD )
      IF ( IJ . GE. 1 ) GO TO 501
      WRITE ( 2, 520 )
520      FORMAT ( 3 X, ' FOLLOWING PART ARE TEXT B ( I ) ' )
21      CALL ORDER ( IP, B, L1 )
22      CALL TEXTGD ( LEV, IJ, IPJ, IALPH, B, L1, L2, BD, LFD, LSD, TABG, TABD )
30      IF ( IJ . GT. 0 ) GO TO 31
      WRITE ( 2, 111 ) LEV
111      FORMAT ( 1 X, 33H THERE ARE NOT OUTLIERS IN THE LEV, I2 )
      GO TO 32
31      WRITE ( 2, 112 ) IJ, ( L2 ( I), I = 1, IJ )
112      FORMAT ( // 1 X, BH THERE' RE, I2, 29H OUTLIERS WHICH ARE LABELLED,
*      10 I 5 )
32      IF ( IQ . LE. 2 ) GO TO 99
C      *** THE COMPUTATION OF THE MEAN LEVEL M, THE REPEATABILITY R, AND THE REPRODUCIBILITY R (CAPITALIZED) ***
C      S 1 = 0.0
      S 2 = 0.0
      S 3 = 0.0
      S 4 = 0.0
      S 5 = 0.0
      IF ( ITYPE . EQ. 2 ) GO TO 410
      DO 41 I = 1, IPJ
      LI = L1 ( I )
      NI = N ( LI, LEV )
      FI = FLOAT ( NI )
      S 1 = S 1 + FI * B ( LI )
      S 2 = S 2 + FI * B ( LI ) ** 2

```

```

      S3 = S3 + FI
      S4 = S4 + FI * FI
41    S5 = S5 + (FI - 1.0) * C (LI)
      SR = S5 / (S3 - FLOAT (IPJ))
      SL = ((S2 * S3 - S1 * S1) / (S3 * FLOAT (IPJ - 1)) - SR) * S3 * FLOAT (IPJ - 1)
*    / (S3 * S3 - S4)
      IF (SL . LE . 0.0) SL = 0.0
      RL (LEV) = 2.8 * SQRT (SR)
      RG (LEV) = 2.8 * SQRT (SR + SL)
      RM (LEV) = S1 / S3
      GO TO 5
410   DO 34 I = 1, IPJ
      LI = L1 (I)
      S1 = S1 + B (LI)
      S2 = S2 + B (LI) ** 2
      S3 = S3 + C (LI)
34    S4 = S4 + C (LI) ** 2
      FP = FLOAT (IPJ)
      SR = (FP * S4 - S3 * S3) / (2.0 * FP * (FP - 1.0))
      SL = (FP * S2 - S1 * S1) / (FP * (FP - 1.0)) - 0.5 * SR
      IF (SL . LE . 0.0) SL = 0.0
      RL (LEV) = 2.8 * SQRT (SR)
      RG (LEV) = 2.8 * SQRT (SR + SL)
      RM (LEV) = S1 / FP
5     CONTINUE
      WRITE (2, 121) IQ
121   FORMAT (/// 2 X, 'THIS IS REGRESSION OF LIT. R FOR', I2, 'LEVEL')
      CALL REG (IQ, RL, RE, RM, W, X)
      WRITE (2, 122) IQ
122   FORMAT (// 1 X, 'THIS IS REGRESSION OF CAP. R FOR', I2, 'LEVEL')
      CALL REG (IQ, RG, RE, RM, W, X)
50    CONTINUE
      GO TO 402
99    WRITE (2, 101) IP, IQ, ITYPE
101   FORMAT (2 X, 31HROW OR COLUMN GT. THAN 30 OR 10, /
*     2 X, 3HIP =, I2, 5 X, 3HIQ =, I2)
      STOP
      ENO

      SUBROUTINE TEXTGD (LEV, IBC, NBC, IALPH, BC, LF, LS, BD, LFD, LSD,
*   TABG, TABD)
      DIMENSION BC (NBC), LF (NBC), LS (NBC), TABG (30, 2), TABD (30, 2),
*   LFD (NBC), LSD (NBC), BD (NBC)
      IF (NBC . GT. 2) GO TO 1

```

```

WRITE (2, 100)
100  FORMAT(3X, 'THE UMEBER OF THE LABORATORY IS LESS THAN THREE')
      RETURN
1    ND = NBC
      IBD = IBC
      NIB = NBC + IBC
      DO 2 K = 1, NIB
        LFD(K) = LF(K)
2    BD(K) = BC(K)
      DO 22 K = 1, IBC
22   LBD(K) = LS(K)
3    DO = TABD(ND, IALPH)
      CALL DIXONT(ND, BD, LFD, STD, ST1)
      WRITE(2, 110) DO, STD
110  FORMAT(1X, 3HDO =, E10.5, 8X, 4HSTD =, E10.5)
      IF(STD .LE. DO) GO TO 7
      ID = LFD(ND)
      IF(STD .LE. ST1) ID = LFD(1)
150  WRITE(5, 160) ID, LEV
160  FORMAT(1X, 'CELL(' , I2, 1H, I2, ') IS AN OUTLIER BY DIXON TEST.
*    DO YOU THINK SO (Y/N)? ')
      READ(5, 170) NY
170  FORMAT(A1)
      IF(NY .EQ. 1HN) GO TO 7
      IF(NY .EQ. 1HY) GO TO 180
      GO TO 150
180  IF(STD .LE. ST1) GO TO 4
      TD = LFD(ND)
      GO TO 6
4    ID = LFD(1)
      DO 5 K = 2, ND
5    LFD(K-1) = LFD(K)
6    IBD = IBD + 1
120  FORMAT(/1X, 4HDATA, E10.4, 'IS AN OUTLIER BY DIXON TEST', IS)
      LSD(IBD) = ID
      ND = ND - 1
      IF(ND .GT. 2) GO TO 3
7    IBCD = IBD - IBC
      IF(BCD .LT. 2) GO TO 9
      IBC1 = IBC + 1
      DO 33 K = IBC1, IBD
      LK = LSD(K)
      WRITE(2, 120) BD(LK), LK
33  CONTINUE

```

```

      IBC = IBD
      NBC = ND
      DO 8 K = 1, ND
8      LF (K) = LFD (K)
      DO 18 K = 1, IBD
18     LS (K) = LSD (K)
      RETURN
9     CALL EV (NBC, BC, LF, E, V)
      LF1 = LF (1)
      LF2 = LF (NBC)
      ST1 = (E - BC (LF1)) / SQRT (V)
      ST2 = (BC (LF2) - E) / SQRT (V)
      STG = AMAX1 (ST1, ST2)
      GO = TABG (NBC, IALPH)
      WRITE (2, 130) GO, STG
130    FORMAT (1X, 3HGO =, E10.5, 8X, 4HSTG =, E10.5)
      IF (STG .LE. GO) RETURN
      ID = LF2
      IF (STG .LE. ST1) ID = LF1
190    WRITE (5, 200) ID, LEV
200    FORMAT (1X, 'CELL(', I2, 1H,, I2, ') IS AN OUTLIER BY GRUBBS .
      * DO YOU THINK SO (Y/N)?' )
      READ (5, 170) NY
      IF (NY .EQ. 1HN) RETURN
      IF (NY .EQ. 1HY) GO TO 210
      GO TO 190
210    IF (STG .LE. ST1) GO TO 10
      ID = LF2
      GO TO 12
10     ID = LF1
      DO 11 K = 2, NBC
11     LF (K - 1) = LF (K)
12     IBC = IBC + 1
      LS (IBC) = ID
      WRITE (2, 140) BC (ID), ID
140    FORMAT (/1X, 4HDATA, E10.4, ' IS AN OUTLIER BY GRUBBS TEST', I5)
      NBC = NBC - 1
      RETURN
      END

      SUBROUTINE DIXONT (ND, Y, LD, STD, ST1)
C     *** THIS IS THE SUBROUTINE PROGRAM COMPUTING THE STATISTICS
C     FOR DIXON'S TEST ***
      DIMENSION Y (ND), LD (ND)

```

```

    IF ( NO. GT. 2 ) GO TO 10
    RETURN
10  LD1 = LD ( 1 )
    LD2 = LD ( 2 )
    LD3 = LD ( 3 )
    LDN = LD ( ND )
    LDN1 = LD ( ND - 1 )
    LDN2 = LD ( ND - 2 )
    IF ( ND. LE. 7 ) GO TO 20
    IF ( ND. LE. 10 ) GO TO 30
    IF ( ND. LE. 13 ) GO TO 40
    ST2 = ( Y ( LDN ) - Y ( LDN2 ) ) / ( Y ( LDN ) - Y ( LD3 ) )
    ST1 = ( Y ( LD2 ) - Y ( LD1 ) ) / ( Y ( LDN2 ) - Y ( LD1 ) )
    GO TO 50
20  ST2 = ( Y ( LDN ) - Y ( LDN1 ) ) / ( Y ( LDN ) - Y ( LD1 ) )
    ST1 = ( Y ( LD2 ) - Y ( LD1 ) ) / ( Y ( LDN ) - Y ( LD1 ) )
    GO TO 50
30  ST2 = ( Y ( LDN ) - Y ( LDN1 ) ) / ( Y ( LDN ) - Y ( LD2 ) )
    ST1 = ( Y ( LD2 ) - Y ( LD1 ) ) / ( Y ( LDN1 ) - Y ( LD1 ) )
    GO TO 50
40  ST2 = ( Y ( LDN ) - Y ( LDN1 ) ) / ( Y ( LDN ) - Y ( LD2 ) )
    ST1 = ( Y ( LD3 ) - Y ( LD1 ) ) / ( Y ( LDN1 ) - Y ( LD1 ) )
50  STD = AMAX1 ( ST1, ST2 )
    RETURN
    END

    SUBROUTINE EV ( M, Y, L, CM, CV )
C  *** THIS IS THE SUBROUTINE PROGRAM COMPUTING E AND V ***
    DIMENSION Y ( M ), L ( M )
    IF ( M. GT. 1 ) GO TO 5
    CM = Y ( 1 )
    CV = 0
    RETURN
5  CM = 0
    CV = 0
    DO 10 IE = 1, M
    LIE = L ( IE )
    CM = CM + Y ( LIE )
10  CV = CV + Y ( LIE ) ** 2
    CV = ( CV - CM * CM / FLOAT ( M ) ) / FLOAT ( M - 1 )
    CM = CM / FLOAT ( M )
    RETURN
    END

```



```

SUBROUTINE ORDER ( NP, Y, L )
C  *** THIS IS THE SUBROUTINE PROGRAM PUTTING K TO L ( K )
C  SUCH THAT ( Y ( L ( K ) ), K = 1, NP ) BE ORDERED STATISTICS ***
DIMENSION Y ( 30 ), L ( NP )
DO 22 K = 1, NP
22  L ( K ) = K
    N1 = NP - 1
    DO 21 I = 1, N1
        I1 = L ( I )
        Y0 = Y ( I1 )
        DO 20 K = I, NP
            J1 = L ( K )
            Y1 = Y ( J1 )
            IF ( Y0 .LT. Y1 ) GO TO 20
            Y0 = Y1
            K0 = K
20        CONTINUE
        IF ( K0 .EQ. I ) GO TO 21
        L0 = L ( K0 )
        L ( K0 ) = L ( I )
        L ( I ) = L0
21    CONTINUE
    RETURN
END

SUBROUTINE REG ( IQ, RLG, RE, RM, W, X )
C  *** THIS IS THE SUBROUTINE PROGRAM COMPUTING THE
C  WEIGHTED REGRESSIONS ***
DIMENSION RLG ( IQ ), RM ( IQ ), RE ( IQ ), W ( IQ ), X ( IQ )
KK = 0
WRITE ( 2, 101 ) RLG
101  FORMAT ( 20X, 7 HRLO ( J ) :, 10 E12.6 )
WRITE ( 2, 112 ) RM
112  FORMAT ( 20X, 7 H RM ( J ) :, 10 E12.6 )
DO 1 I = 1, IQ
1    W ( I ) = RLG ( I ) ** ( - 2 )
9    KK = KK + 1
    S1 = 0.0
    S2 = 0.0
    S3 = 0.0
    S4 = 0.0
    S5 = 0.0
    SQ1 = 0.0
    DO 7 J = 1, IQ

```

```

WJ = W ( J )
RMJ = RM ( J )
S1 = S1 + WJ
S2 = S2 + WJ * RMJ
S3 = S3 + WJ * RMJ * RMJ
S4 = S4 + WJ * RLO ( J )
7 S5 = S5 + WJ * RLG ( J ) * RMJ
U1 = ( S1 * S3 - S2 * S2 )
V2 = ( S1 * S5 - S2 * S4 ) / U1
U2 = ( S3 * S4 - S2 * S5 ) / U1
DO 8 J = 1, IQ
RE ( J ) = U2 + V2 * RM ( J )
X ( J ) = RLG ( J ) - RE ( J )
W ( J ) = RE ( J ) ** ( - 2 )
8 SQ1 = SQ1 + ( X ( J ) / RE ( J ) ) ** 2
IF ( KK . LT . 5 ) GO TO 9
WRITE ( 2,105 ) U2 , V2
WRITE ( 2,108 ) RE
WRITE ( 2,111 ) X
WRITE ( 2,104 ) SQ1
104 FORMAT ( /15X, 'THE SUM OF THE SQUARE OF THE
* DEVIATION FOR THE EQUATION " 1 " IS: SQ1 = ' E12.4 )
105 FORMAT ( //1X, 'REGRESSION EQUATION " 1 " IS -- $ - $ $ - $ $ $ -- R = ' , F9.5 ,
* 2 H + , F10.6 , ' * M -- $ $ $ - $ $ - $ ---- ' )
108 FORMAT ( 20X, 6 H RE ( J ) , 10E12.6 )
111 FORMAT ( 20X, 6 H X ( J ) , 10E12.6 )
S1 = 0.0
S2 = 0.0
S3 = 0.0
S4 = 0.0
SQ2 = 0.0
DO 13 J = 1, IQ
RMJ = ALOG10 ( RM ( J ) )
RLGJ = ALOG10 ( RLG ( J ) )
S1 = S1 + RMJ
S2 = S2 + RMJ * RMJ
S3 = S3 + RLGJ
13 S4 = S4 + RLGJ * RMJ
U1 = FLOAT ( IQ ) * S2 - S1 * S1
U3 = ( S2 * S3 - S1 * S4 ) / U1
U3 = 10.0 ** ( U3 )
V3 = ( FLOAT ( IQ ) * S4 - S1 * S3 ) / U1
DO 14 J = 1, IQ
RE ( J ) = U3 * RM ( J ) ** V3

```

```

X ( J ) = RLG ( J ) - RE ( J )
14  SQ2 = SQ2 + ( X ( J ) / RE ( J ) ) ** 2
    WRITE ( 2, 107 ) U3, V3
    WRITE ( 2, 108 ) RE
    WRITE ( 2, 111 ) X
    WRITE ( 2, 106 ) SQ2
106  FORMAT ( / 5 X, ' THE SUM OF THE SQUARE OF THE
*    DEVIATION FOR EQUATION " 2 " IS: SQ2 = ', E12.4 )
107  FORMAT ( // 1 X, ' REGRESSION EQUATION " 2 " IS -- $$$-$$-$-- R = ', F9.5,
*    ' * M ** ( ', F6.3, ' ) -- $$$-$$-$-----' )
    STMIN = AMIN1 ( SQ1, SQ2 )
    WRITE ( 2, 109 ) STMIN
109  FORMAT ( / 10 X, ' STMIN = MIN ( SQ1, SQ2 ) = ', E10.4 )
    RETURN
    END

    FUNCTION COCHR ( A, J, I )
C    *** CALCULATING COCHRAN'S CRITICAL VALUES ***
    ALPHA = 1.0 - A / FLOAT ( J )
    P = FLOAT ( I ) / 2.0
    Q = P * FLOAT ( J - 1 )
    BETA = GAMMA ( P ) + GAMMA ( Q ) - GAMMA ( P + Q )
    COCHR = XINBTA ( P, Q, BETA, ALPHA )
    RETURN
    END
    FUNCTION GAMMA ( P )
C    *** ALGORITHM 291 FROM COMMUNICATIONS OF ACM ***
C    *** EVALUATES THE NATURAL LOGARITHM OF GAMMA ( P ) ***
    X = P
    F = 0.0
    IF ( X . GE . 7.0 ) GO TO 120
    F = 1.0
110  F = F * X
    X = X + 1.0
    IF ( X . LT . 7.0 ) GO TO 110
    F = - ALOG ( F )
120  Z = 1.0 / ( X * X )
C    *** STIRLING'S FORMULA ***
    GAMMA = F + ( X - 0.5 ) * ALOG ( X ) - X + 0.918938533204673 +
*    ( ( ( - 3.0 * Z + 4.0 ) * Z - 14.0 ) * Z + 420.0 ) / ( 5040.0 * X )
    RETURN
    END

    FUNCTION XINBTA ( P, Q, BETA, ALPHA )

```

```

C   *** COMPUTING INVERSE OF IMCOMPLETE BETA FUNCTION ***
C   *** ALGORITHM AS 109 ***
      LOGICAL INDEX
      DATA ACU/1.0 E-14/
      XB=ALPHA
      IF (ALPHA . LE. 0.5) GO TO 1
      A=1.0 - ALPHA
      PP = Q
      QQ = P
      INDEX = . TRUE.
      OO TO 2
1    A=ALPHA
      PP = Q
      QQ = P
      INDEX = . FALSE.
C   *** CALCULATING INITIAL APPROXIMATION ***
2    R=SQRT (- ALOG (A * A))
      Y=R- (2.30753 + 0.27061 * R) / (1.0 + (0.99229 + 0.04481 * R) * R)
      IF (PP. GT. 1.0 . AND. QQ. GT. 1.0) GO TO 5
      R = QQ + QQ
      T=1.0/(9.0 * QQ)
      T=R*(1.0 - T + Y * SQRT(T)) **3
      IF (T. LE. 0.0) GO TO 3
      T=(4.0 * PP + R - 2.0)/T
      IF (T. LE. 1.0) GO TO 4
      XB=1.0 - 2.0/(T+1.0)
      GO TO 6
3    XB=1.0 - EXP ((ALOG (1.0 - A) * QQ + BETA)/QQ)
      GO TO 6
4    XB=EXP ((ALOG (A * PP) + BETA)/PP)
      GO TO 6
5    R=(Y*Y-3.0)/6.0
      S=1.0/(PP + PP - 1.0)
      T=1.0/(QQ + QQ - 1.0)
      H=2.0/(S + T)
      W=Y * SQRT (H + R)/H - (T - S) * (R + 5.0/6.0 - 2.0/(3.0 + H))
      XB = PP/(PP + QQ * EXP (W + W))
6    R=1.0 - PP
C   *** SOLVE BY A MODIFIED NEWTON - RAPHSON METHOD ***
      T=1.0 - QQ
      YPREV = 0.0
      SQ = 1.0
      PREV = 1.0
      IF (XB . LT. 0.0001) XB = 0.0001

```

```

      IF ( XB . GT . 0.9999 ) XB = 0.9999
7     Y = BETAIN ( XB , PP , QQ , BETA )
      Y = ( Y - A ) * EXP ( BETA + R * ALOG ( XB ) + T * ALOG ( 1.0 - XB ) )
      IF ( Y * YPREV . LE . 0.0 ) PREV = SQ
      O = 1.0
9     ADJ = G * Y
      SQ = ADJ * ADJ
      IF ( SQ . GE . PREV ) GO TO 10
      TX = XB - ADJ
      IF ( TX . GE . 0.0 . AND . TX . LE . 1.0 ) GO TO 11
10    G = G / 3.0
      GO TO 9
11    IF ( PREV . LE . ACU ) GO TO 12
      IF ( Y * Y . LE . ACU ) GO TO 12
      IF ( TX . EQ . 0.0 . OR . TX . EQ . 1.0 ) GO TO 10
      IF ( TX . EQ . XB ) GO TO 12
      XB = TX
      YPREV = Y
      GO TO 7
12    IF ( INDEX ) XB = 1. - XB
      XINBTA = XB
      RETURN
      END
      FUNCTION BETAIN ( X , P , Q , BETA )
C     *** COMPUTING INCOMPLETE BETA IN EORAL ***
C     *** ALGORITHM AS 63 ***
      LOGICAL INDEX
      DATA ACU / 0.1 E - 7 /
      BETAIN = X
      PSQ = P + Q
      CX = 1.0 - X
      IF ( P . GE . PSQ * X ) GO TO 31
      XX = CX
      CX = X
      PP = Q
      QQ = P
      INDEX = . TRUE .
      GO TO 32
31    XX = X
      PP = P
      QQ = Q
      INDEX = . FALSE .
32    TERM = 1.0

```

```

      AI = 1.0
      BETAIN = 1.0
      NS = QQ + CX * PSQ
C    *** USING SOPER'S REDUCTION FORMULAE ***
      RX = XX / CX
33   TEMP = QQ - AI
      IF (NS . EQ . 0) RX = XX
34   TERM = TERM * TEMP * RX / (PP + AI)
      BETAIN = BETAIN + TERM
      TEMP = ABS (TERM)
      IF (TEMP . LE . ACU . AND . TEMP . LE . ACU * BETAIN) GO TO 35
      AI = AI + 1.0
      NS = NS - 1
      IF (NS . GE . 0) GO TO 33
      TEMP = PSQ
      PSQ = PSQ + 1.0
      GO TO 34
C    *** CALCULATE RESULT ***
35   BETAIN = BETAIN * EXP (PP * ALOG (XX) + (QQ - 1.0) * ALOG (CX) - BETA) / PP
      IF (INDEX) BETAIN = 1.0 - BETAIN
      RETURN
      END

```

#### 附加说明:

本标准由全国统计方法应用标准化技术委员会提出。

本标准由全国统计方法应用标准化技术委员会精度数据的应用分委员会工作组起草。

本标准起草人方开泰、项可风、刘光仪、毕健、刘空宁、陈小明。