

第一篇

纺织材料实验技术的基础知识

在生产实践与科学实验中 经常接触许多数据 这些数据中隐含很多有用的信息 可以帮助人们发现问题 认识事物的内在规律。这里至少有三方面知识需要掌握：

(1) 所有试验数据的获得都是近似、有误差的 误差的来源与测试方法、抽样方法、试验条件等诸多因素有关。第一章就是介绍与此相关的误差与抽样理论。

(2) 从试验数据中提取有用信息，要求对数据进行整理加工 取得数据集中信息与离散信息 然后用试样取得的参数去估计研究对象的本质参数，检验试样数据是否能代表总体性能，为此第二章介绍试验数据整理与统计分析理论。

(3) 所有产品的性能都是按规定标准生产的，检测这些性能的各种试验方法也是根据理论从实践中总结出来，并用标准文件形式加以严格规定的。第三章将介绍有关国家标准、行业标准与国际标准的相应知识。

第一章 误差与抽样理论

第一节 误差理论及其应用

在生产实践与科学研究中，经常需要用各种仪器与方法去检测产品或研究对象的某种性能。然而不论用什么仪器以及用什么方法测量，都只能做到一定的准确度，测得的结果仍不会是被测对象的真值。但是，可以通过某种方法来估计检测值的准确程度，即可以估计检测值与真值的相差程度，检测值与真值的差异称为检测值的观察误差 简称误差。

一、误差的表示

1. 绝对误差

测定值 X 减去真值 μ_0 所得之差称测量的绝对误差 用下式表示：

$$\Delta X = X - \mu_0 \quad (1-1)$$

要知道绝对误差大小，首先要求知道真值 μ_0 而事实上真值 μ_0 并不知道 而测量值 X 又是波动的 故 ΔX 可正可负。

一般可以预先掌握仪器测量误差范围 ΔX (最大绝对值)再由测量值估计真值 μ_0 的所在区间。仪器误差范围 ΔX 的大小，是用量具或高一级准确度的仪器进行校核后得到的。

2. 相对误差

绝对误差 ΔX 与真值 μ_0 的比值，用下式表示：

$$\rho = \Delta X / \mu_0 \quad (1-2)$$

不同的检测对象与不同的检测目的 要求检测值有不同的准确范围 绝对误差不能用作误差大小的相对比较，而只有相对误差才能更好地表示检测结果的准确性。

$$\mu_0 = X \pm \Delta X = X(1 \pm \frac{\Delta X}{X}) = X(1 \pm \rho) \quad (1-3)$$

式 (1-3) 表明 当 ρ 越大 检测值 X 偏离真值越远，检测的准确度就越差。因此，在误差运算中，有时不用绝对误差，而用相对误差会更科学。

二、误差分类

$$\text{绝对误差: } \Delta X = X - \mu_0 = (\bar{\mu} - \mu_0) + (X - \bar{\mu}) = S + r \quad (1-4)$$

式中： $\bar{\mu}$ 为总体平均值； $S = \bar{\mu} - \mu_0$ 为总体平均值与真值之间的偏离，称系统误差； $r = X - \bar{\mu}$ 是检测值围绕总体均值的波动（离散），即随机误差。

从公式可知绝对误差由系统误差和随机误差组成。

1. 系统误差 S

系统误差是指在一定条件下，由某种或某些不可忽视的原因，或某个恒定因素按确定方向起作用，引起多次检测平均值与真值的系统偏离。系统误差应尽量避免，可通过定期仪器校订、试验环境条件保持恒稳、每次使用仪器要进行零点与满刻度调节、检测操作按相关方法标准规范地进行等方法达到。

2 随机误差

随机误差是随机产生的，即由一些难以控制的偶然因素造成的。

在实际检测中，由于随机误差的影响，而使单次检测值偏离多次测定平均值，这种偏离是不规则的，常用标准差来表示，它反映检测数据的精密度。

随机误差的特性在于它的可正可负特性，当检测次数足够多时，它的平均值就趋向于零；增加检测次数可以在某种程度上减小随机误差。实践证明随机误差是遵循正态分布规律的，可以按正态分布特征去研究与处理它。

3. 过失误差

过失误差是指检测分析人员疏忽大意、过度疲劳或操作不正确所引起的，这种误差又称不正当误差或粗大误差，它不能用统计方法去处理，必须按规定法则剔除。

三、检测误差来源

1 测量方法与仪器误差

仪器误差是仪器设计所依据的理论不完善，或假设条件与实际测量情况不一样以及由于仪器结构不完善、仪器校正与安装不良所造成的误差。

在仪器上可能出现的误差有以下几种：

- (1) 零值误差：仪器零点未调整好，测量结果在整个范围内的绝对误差为一常数。
- (2) 校准误差：仪器刻度未校准，指示结果系统偏大或偏小，相对误差为一常数。
- (3) 非线性误差 仪器输入量与输出量之间不符合直线转换关系。

(4) 迟滞误差：仪器输入量由小到大或由大到小，在同一测量点出现输出量的差异；或是仪器进程值与回程值之间的差异，又称进回程差。

(5) 示值变动性：对同一被测对象进行多次重复测量，测量结果的不一致性。

(6) 温差与时差：温差是指仪器在不同温度条件下，仪器性能的变化。时差是指仪器在相同测量条件下，仪器性能随时间的变化。

2. 环境条件误差

测量环境变化，如温湿度改变、电源的干扰等，其中温湿度的变化还会引起试样本身物理机械性能的变化。

3. 人员操作误差

由于试验人员操作不规范所造成的误差，包括读数时的视差等。

4. 抽样误差

纺织材料被测对象总体很大，要测量全部总体是不可能的。由于总体中个体性质的离散性、取样方法不当、取样代表性不够和试验个体数不足等，都会产生抽样误差。

四、检测误差的表达方式

1. 真误差 E

真误差简称真差。它是检测值与真值之差。即：

$$E = X - \mu_0 \quad (1-5)$$

它表示检测值与真值相差的数值。由于真值 μ_0 是个理论概念，实际上不可能知道 故真差也无法求出 然而 E 与 μ_0 在理论推导时常常用到。

2. 剩余误差 V

剩余误差又称残差。是用有限次数检测得到的算术平均值 $\bar{X}$ 作为应得值 (μ_0 的估计值) 求检测值与应得值之绝对误差。即：

$$V = X - \bar{X} \quad (1-6)$$

剩余误差在误差计算中经常使用。

3. 算术平均误差 δ

算术平均误差表示多次检测所得剩余误差绝对值的算术平均值。即：

$$\delta = \sum_{j=1}^n |X_j - \bar{X}| / n = \sum_{j=1}^n |V_j| / n \quad (1-7)$$

4. 极差 W

极差是指数据中最大和最小值之差，可以度量数据波动的大小。即：

$$W = X_{\max} - X_{\min} \quad (1-8)$$

由于极差没有充分提供检测数据的波动信息，反映实际情况的精确度较差，但它仍被作为具有多种用途的离散测定值。

5. 标准差 $S(\sigma)$

研究随机误差最重要的统计量就是标准差 σ 当 σ 不知道时，可用样本标准差对 σ 的无偏估计值 S 来代替。因为它对检测中出现较大误差或较小误差反映较灵敏，因而常用它反映检测的精密程度。

6. 标准误差 $S(\bar{X})$

标准误差是用来描述平均值的标准差。所以，当由样本检测结果计算出标准差 S 时，则标准误差 $S(\bar{X}) = S/\sqrt{n}$ 。这是样本平均值的绝对误差的估计值。称 A 类“测量结果的标准不确定度”。

五、准确度与精密度

1. 准确度

准确度又称正确性，是指检测结果接近真值的程度。即多次检测值的算术平均值与真值相符合的程度。准确度是一种检测技术、检测方法的“准”字。一切检测的实验设计及数据的统计处理都是为了提高试验的准确度。

根据准确度的概念，由式(1-4)可看出，可以把系统误差 $S = \bar{\mu} - \mu_0$ 作为准确度的度量。系统误差大，准确度就低。自然，准确度也受随机误差的影响。

2. 精密度

精密度是指在确定的条件下，将检测方法实施多次所得结果之间的一致程度。影响检测结果的随机误差越小，检测的精密度就越高。精密度是检测技术或检测方法“稳”的体现。

由式(1-4)可知： $r = X - \bar{\mu}$ 是检测值围绕总体均值的统计波动(离散)即随机误差。由此可知，随机误差的大小反映了精密度指标的高低。

六、检测方法精密度的估计与应用

精密度可以用重复性和再现性表示。

精密度计算按 GB 6379—1986《测试方法的精密度——实验室试验确定重复性和再现性》进行。

(1)重复性：在同一实验室内由同一操作者，在相同试验条件和短暂时间间隔内，用同一台仪器与试验方法，对同一试样进行试验结果的一致性表示。按统计方

法计算的重复性数值以 γ 表示。

(2)再现性 指在不同实验室 由不同操作者 不同仪器机台 用同一试验方法, 对同一种试样进行试验结果的一致性表示。再现性以及表示也用统计方法计算。具体应用见参考文献[2]。

七、异常值的判断与处理

在试验结果数据中, 往往发现个别数据比其他数据明显过大或过小, 这种数据称为异常值。异常值的出现可能是被检测总体固有随机变异的极端表现, 它属于总体的一部分; 也可能是由于试验条件和试验方法的偏离所产生的后果; 或是由于观测、计算、记录中的失误而造成的, 它不属于总体。

异常值的检验方法与处理法则很多, 有的还制定了国家标准, 如 GB 4883—1985《数据的统计处理 and 解释 正态样本异常值的判断和处理》在 GB 6379—1986《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》, 在标准中对异常值的检验方法与处理法则也有较详细的论述。有关异常值检验的两种常用方法 格拉布斯 (Grubbs) 检验法和狄克逊 (Dixon) 检验法 请见参考文献 [2]。

八、数字修约规则

国家标准 GB 8170—87《数字修约规则》中 有关数字进舍规则简要介绍如下:

(1)拟舍弃数字的最左一位数字小于 5 时 则舍去 即保留的各位数字不变。

例 将 12.1498 修约到一位小数 得 12.1。

(2)拟舍弃数字的最左一位数字大于 5 或是 5 而其后跟有并非全部为 0 的数字时 则进 1 即保留的末位数加 1。

例 将 1268 修约到‘百’数位 得 13×10^3 (特定时可写为 1300)。

例 将 10.502 修约到个位数 得 11。

(3)拟舍弃数字的最左一位数字为 5 而右面无数字或皆为 0 时 若所保留的末位数字为奇数 1,3,5,7,9 则进 1 为偶数 2,4,6,8,0 则舍弃。

例: 将下列数字修约成两位有效数。

拟修约数	修约值
0.0325	0.032
32500	32×10^3 (特定时可写成 32000)

(4)负数修约时 先将它的绝对值按上述规定修约 然后在修约值前加上负号。

例：将下列数字修约成两位有效位数。

拟修约数	修约值
- 365	- 36 × 10 特定时写成 - 360)
- 0.0365	- 0.036

(5) 不许连续修约。拟修约数字应在确定修约位数后一次修约获得结果，而不得多次按上述修约规则连续修约。

例：15.4546 修约间隔为（即修约到整数位）

正确做法：15.4546 → 15

不正确做法：15.4546 → 15.455 → 15.46 → 15.5 → 16

(6) 0.5 单位修约。将拟修约数值乘以 2 按指定数位依上述修约规则修约 所得数值再除以 2。

例 将下列数字修约到个数位的 0.5 单位（即修约间隔为 0.5）。

拟修约数值	乘 2	2A 修约值	A 修约值
(A)	(2A)	(修约间隔为 1)	(修约间隔为 0.5)
60.25	120.50	120	60.0
60.38	120.76	121	60.5
- 60.75	- 121.50	- 122	- 61.0

(7) 数字修约规则可以总结成下列几句话：“四舍六入五考虑，五后非零应进一，五后皆零视前位，五前为偶应舍去，五前为奇则进一。整数修约原则同，不要连续做修约。”

(8) 数字修约规则的优点 例如从 00 到 99 共 100 个数字 要修约到‘十’数位，即舍弃个位数。这样有 45 个数字要进，45 个数字要舍，10 个数字无进舍。这是进舍的项数平衡性 而且由于进舍的平衡性 修约误差具有对称性，上述 100 个数字进舍后 误差总和为 0。

如果‘四舍五入’法 由于在个位数为‘5’的全部进位 这样 50 个数字是进，40 个数字是舍，10 个数字无进舍，进舍失去平衡。进舍的结果，误差增大了。因此数字修约规则比起其他修约方法更为科学合理。

第二节 抽样实用理论与方法

对于纺织材料的各种测量，实际上都只能限于全部材料中的极微小的一部分。一般情况下被测对象的总体，总是大得不可能对它的全部进行实验。另外，有些实验如强力实验是破坏性实验。因此，一般都是从被测对象总体中抽取子样进行实验。

子样实验的结果是能够以及能在多大程度上代表被测对象总体的特征，取决于子样试样量大小和抽样方法。

纺织材料中，个体性质之间一般表现出很大的差异，试样量越大，即试样中所含个体数量越多，所测结果就越接近总体的实验结果。要多大的试样量才能达到实验结果所需的可信程度，可以用统计方法来确定。然而，不管所取试样量有多大，所用仪器如何准确，如果取样方法本身缺乏代表性，其实验结果也是不可信的。因此，测量与实验结果是否准确，取决于仪器误差和试样误差的综合结果。

一、抽样方法

抽样的目的是既要使从总体中抽取一部分代表总体的子样，又要使取样误差最小，这就必须遵守随机的原则，所要抽取的各个部分抽中与不抽中的机会相同，不受抽样人的主观影响，这种抽样方法一般称为随机抽样。

具体的抽样方法可分为四种：

1. 纯随机取样

纯随机取样又称为简单随机取样，就是对总体不经过任何分组排队，完全凭着偶然的机会有从中抽取。从理论上讲，纯随机取样最符合取样的随机原则，因此，它是取样的基本形式。

纯随机抽样在理论上虽然最符合随机原则，但在实际上则有很大的偶然性，尤其是当总体的变异较大时，纯随机取样的代表性就不如经过分组再抽样的代表性高。

2. 等距取样

等距取样是先把总体按一定的标志排队，然后按相等的距离抽取。

等距取样与纯随机取样比较，可使子样较均匀地分配在总体之中，可以使子样具有较好的代表性。但是，如果产品质量有规律地波动与等距取样重合，则会产生系统误差。

3. 代表性取样

代表性取样是运用统计分组法，把总体划分成几个代表性类型组，然后在组内用纯随机取样或等距取样，分别从各组中取样，再把各部分子样合并成一个子样。如何确定各组取样的数目，有两种方法：一是按各组内的变异程度确定，变异大的组多取一点，变异小的少取一些，没有统一的比例；另一种是按各部分占总体的比例来确定各组应取的数目。

4. 阶段性随机取样

阶段性随机取样是从总体中取出一部分子样，再从这部分子样中抽取试样。从一批货物中取得试样可分为三个阶段，即批样、试验室样品、试样。

批样：从要求实验的整批货物中取得一定数量的包数（或箱数）称为批样。

试验室样品：从批样中用适当方法缩小成试验室用的样品。

试样：从实验室样品中，按一定的方法取得做各项物理、化学性能试样的样品。

由于纺织材料检测过程中所涉及的样品种类繁多，其制样方法各有特点，在此不再一一列举，仅以纤维样品制备为例，表明样品制备过程中所体现的随机性和代表性。

首先要取成批样或实验室样品，进而再制成试样。

二、批样及实验室样品

1. 棉纤维

每批皮棉抽取实验室样品的份数，应根据每批皮棉的包数决定。100包及以下取1份；101~300包取2份；301~500包取3份；500包以上取4份。

取样时从批样的棉包中多部位随机抽取至少100点，每点取样2~2.5g，从而获得200~250g的实验室样品。

2. 化纤短纤维

一批中的包数为1~5包时，所有包都取样；一批中的包数为6~25包时，取样包数为5包；一批中的包数为25包以上时，取样包数为10包。

每个取样包的正面，深度为包尺寸的10%和15%处各抽取一样品，样品量不得少于50g。取样包数小于5包时，样品总量不少于1000g；取样包数为5包时，每个样品约为100g；取样包数为10包时，每个样品约为50g，形成实验室样品。实验室样品体现了对被测总体的代表性要求。

三、试验样品

由于实验室样品总量较大，且要完成多项指标的实验。要在抽样的基础上进

行混合处理，以获得一个较小但更具代表性和随机原则的试验样品。

1. 棉纤维

将 200 ~ 250g 实验室样品 撕松混匀 平放在工作台上 形成厚薄均匀、面积约为 0.25m^2 的棉层，分别从两面分布均匀的 16 个部位上随机抽取共 32 丛 形成一定重量的样品并利用样品引伸器或纤维混和器制成实验棉条，重量约在 2g 左右。

2. 化纤短纤维

将所取得的实验室样品分成 16 份 把分得的 16 份一一对应地合并混合，得到 16 个混合样品，再用并舍法去法制得试验样品。具体操作方法如下：

第一份与第二份混合合并 分成 2 份 保留其中 1 份 依次类推得到 8 份混合样品。再对这 8 个样品进行 1 次并舍去 得到 4 个混合样品。直至最后得到 1 个 120g 左右的试验样品。

第三节 应用统计方法确定样本容量

各种短纤维 棉、毛、化纤 的物理机械性能参数检测 传统方法大多采用阶段性代表抽样。首先在批样（设 N 包）中抽取 n 包 随机多点抽取形成 250 ~ 300g 的批样；其次将批样做均匀混合，按一定比例缩小容量，形成试验室样品；最后由试验室样品抽取样本 子样 作 n_0 次试验。其程序： 批样 → 试验室样品 → ③ 样本（子样）

从数学角度出发 上述 3 个阶段有两个阶段即 、③ 两步需要量化。第 阶段中从 N 包中抽 n 包 决定 n 的依据是什么？第 阶段主要均匀混合与随机多点抽取以缩小容量，容量大小则根据第 阶段需要做多少次试验 n_0 而定。

一、批样包数确定的统计模型

由 N 包构成的总体中 若每包都抽样组成批样 检测某项 或几项 物理机械性能 测量的平均值 $\bar{X}_1$ 由统计知识知道 它是总体该待测性能的无偏估计 该性能的离散性能的无偏估计就是标准差 S_1 。这种全抽法虽好 但费时费力 又不经济。设从 N 包中抽取 n 包 其相应的平均值为 $\bar{X}_2$ ，标准差 S_2 也是同一总体的另一次样本估计。现在问在给定的显著性水平 α 条件下， n （抽取的包数）为多少才能保证两种抽法的相对平均值（或变异系数）之差（也称相对不确定度）不超过允许值。从数理统计理论看，这是一个属于单总体双子样平均值（或变异系数）比较问题。

二、确定抽取包数的计算公式推导

设 $X_1, X_2, \dots, X_N$ 是正态母体 $N(\mu, \sigma^2)$ 中抽取的简单子样 则统计量为:

$$t_{(\alpha, v_1)} = \frac{\bar{X}_1 - \mu}{\frac{S_1}{\sqrt{N}}} \quad (1-9)$$

式 (1-9) 是自由度 $v_1 = N - 1$ 的 t 变量。由“测量不确定政策实施指南”知:

$\bar{X}_1 - \mu = t_{(\alpha, v_1)} \cdot \frac{S_1}{\sqrt{N}}$ 就是测量平均值 X_1 的标准偏差 误差 不确定度。从同一母体抽取的另一个简单子样 $X'_1, X'_2, \dots, X'_N$ 有相应统计量:

$$t_{(\alpha, v_2)} = \frac{\bar{X}_2 - \mu}{\frac{S_2}{\sqrt{n}}} \quad (1-10)$$

式 (1-10) 是自由度 $v_2 = n - 1$ 的 t 变量。

式 (1-10) 减式 (1-9) 得:

$$(\bar{X}_2 - \bar{X}_1) = t_{(\alpha, v_2)} \cdot \frac{S_2}{\sqrt{n}} - t_{(\alpha, v_1)} \cdot \frac{S_1}{\sqrt{N}}$$

两边除以总体待测量性能参数的数学期望 μ

$$\frac{\bar{X}_2 - \bar{X}_1}{\mu} = t_{(\alpha, v_2)} \cdot \frac{S_2}{\mu} \cdot \frac{1}{\sqrt{n}} - t_{(\alpha, v_1)} \cdot \frac{S_1}{\mu} \cdot \frac{1}{\sqrt{N}} = \tilde{E} \quad (1-11)$$

$$\tilde{E} = \frac{\bar{X}_2}{\mu} - \frac{\bar{X}_1}{\mu}$$

$\tilde{E}$ 称同一母体两个样本平均值之差的相对不确定度。从误差理论知

$\frac{(\bar{X}_2 - \mu) - (\bar{X}_1 - \mu)}{\mu} = \tilde{E}$, 即两个样本相对误差之差。 $\frac{S_2}{\mu} = C_2$, $\frac{S_1}{\mu} = C_1$, 分别是两个

个样本对同一母体的待测量性能参数的不匀率 (变异系数) 的估计值。

假设总体的该性能的不匀率相当稳定 不考虑抽取子样容量大小的影响 则有:

$$C_1 = C_2 = C \quad (1-12)$$

考虑以上因素 式 (1-11) 可写成:

$$\frac{\tilde{E}}{C} = \frac{t_{(\alpha, v_2)}}{\sqrt{n}} - \frac{t_{(\alpha, v_1)}}{\sqrt{N}} \quad \text{或} \quad n = \frac{t_{(\alpha, v_2)}^2}{\left(\frac{\tilde{E}}{C} + \frac{t_{(\alpha, v_1)}}{\sqrt{N}} \right)^2} \quad (1-13)$$

式 (1-13) 是个迭代求解公式 因要先任选 n_0 查出 $t_{(\alpha, n_0-1)}$ 代入 $t_{(\alpha, v_2)}$ 才能计算出 n 其步骤为 在给定的总包数 N 和合适的显著性水平 α 条件下, $t_{(\alpha, v_1)}$ 根据 α (双侧) 与 $v_1 = N - 1$ 查得, 由历史资料积累知待测性能包间的不匀率, 即 C (变异系

数), 然后由所测性能的重要性, 选定相对不确定度 $\bar{E}$, 任给某一 n_0 查 $t_{(\alpha, v_0)}$ ($v_0 = n_0 - 1$) 代入式 (1-13) 可以算出 n 把 n 赋给 n_0 重新查 $t_{(\alpha, v)}$ 代入式 (1-13) 可算出 n' 检查 $|n' - n| \leq 1$ 迭代就此终止。

[例] 羊毛公量检验取样包数的确定。由历史资料得到包与包间净毛率变异系数 $C = 20\%$ 相对不稳定性 $\bar{E}$ 确定为 5% 求置信水平 $P = 95\%$ (即显著性水平 $\alpha = 1 - P = 5\%$ 时) 不同总包数应抽取多少包?

[解] $C = 20\%$, $E = 5\%$ 当 $N = 500$ 包时, 在 5% 显著性水平下, $t_{(\alpha, N-1)} = 1.96$.

不妨先取 $n_0 = 51$, $v_1 = 51 - 1 = 50$, $t_{(\alpha, 50)} = 2.01$,
$$n = \frac{2.01^2}{\left(\frac{5}{20} + \frac{1.96}{\sqrt{500}}\right)^2} = 35.4$$

取 $n' = 36$ 查 $t_{(\alpha, 35)} = 2.03$,
$$n = \frac{2.03^2}{\left(\frac{5}{20} + \frac{1.96}{\sqrt{500}}\right)^2} = 36.1$$

$|n' - n''| \leq 1$ 迭代终止 故当 $N = 500$ 包 在题给条件下, $n = 37$ 包

当 $N = 400$ 包, $n = 35$ 包; $N = 300$ 包, $n = 32$ 包; $N = 200$ 包, $n = 28$ 包; $N = 150$ 包, $n = 26$ 包; $N = 100$ 包, $n = 22$ 包; $N = 75$ 包, $n = 20$ 包; $N = 50$ 包, $n = 16$ 包; $N = 25$ 包, $n = 12$ 包。

● 以上例题一般都是迭代二次即能达到给定精度要求。分析其原因, 是因 $t_{(\alpha, v)}$ 值主要取决于显著水平 α , v 的变化在相当宽的范围内是相近的。只有在 $v \leq 5$ 时 才可能出现 t 值的较大变化现象, 通常在 $v \leq 5$ 时应每一包都抽了。

● 对抽取包数影响显著的除显著性水平 α 外 相对不确定度 $\bar{E}$ (或者称保证误差) 是更重要因素。比如希望抽 N 包与抽 n 包两种抽法在 $N = 500$ 包条件下 其相对不确定度为 3% ($\bar{E} = 3\%$) 则算得 $n = 71$ 包 ($E = 5\%$ 时, $n = 37$ 包) 两者相比 其结果相差甚远。于是 E 的选择就视待测性能的重要程度来确定了。一般建议选 $3\% \sim 5\%$ 。

● 使用该公式有一假定 抽 N 包与 n 包时, 待测性能参数的变异系数 (不匀率) $C_1 = \frac{S_1}{\mu}$ 、 $C_2 = \frac{S_2}{\mu}$ 要相同, 此条件要求待测性能参数每次测试的变异系数要相对稳定, 无大的波动, 并且用历史积累资料的平均值表示。如果缺少历史资料, 可用

$C_2 = \frac{S_2}{\bar{X}_2}$ 来估计 不妨将 $\bar{E}$ 的范围取得小些 如从 $3\% \sim 5\%$ 改为 $3\% \sim 4\%$ 。

三、试验次数的确定

从批样中抽取试验室样品 又从试验室样品中抽取试验样品 再从试验样品中

取出一定数量的纤维作为试验试样进行测定。试样又称子样，子样中的个体数仍然相当大，不可能将子样中所有个体一一加以测试。究竟子样中个体试验次数如何确定，才能使试验结果的子样平均数与总体平均数没有大的误差，需用统计方法加以分析。

由式 (1-9) 得：

$$\Delta = |(\bar{X} - \mu)| = t_{(\alpha, v)} \cdot \frac{S}{\sqrt{n}} \quad (1-14)$$

此即前述的子样平均值 $\bar{X}$ 的标准偏差 误差 不确定度 或称子样平均数与总体平均数之间可能产生的误差范围。

式中： $S = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{n-1}}$ 此为子样标准差。

由式 (1-14) 得：

$$n = \frac{t_{(\alpha, v)}^2 \cdot S^2}{\Delta^2} \quad \text{或} \quad n = \frac{t_{(\alpha, v)}^2 \cdot CV^2}{E^2} \quad (1-15)$$

式中： $E = \frac{\Delta}{\mu} = \frac{|\bar{X} - \mu|}{\mu}$ 为子样平均值的相对不确定度，有些书中称允许偏差率或保证误差率； $CV = \frac{S}{\mu}$ 为子样变异系数或不匀率。

相对不确定度的确定，一般要根据试验项目的要求和实际条件来定，既要使不确定范围小，又要用较少的人力、物力和时间。一般试验取 $E = \pm 3\%$ 左右 在要求不确定度范围小的场合，如公量检验取 $E = \pm 0.5\%$ 样品性质离散性大的项目 如羊毛纤维强力试验取 $E = \pm 4\%$ 或 $\pm 5\%$ 。置信概率水平一般取 95% (即显著性水平 $\alpha = 5\%$) 要求高的场合用 99% ($\alpha = 1\%$) 要求低的场合用 90% ($\alpha = 10\%$)。

例如，ASTMD 1577—79《纺织纤维线密度试验方法》中 振动仪法的次数由下式决定：

$$n = \frac{t^2 \cdot CV^2}{E^2} = \frac{1.96^2 CV^2}{3^2} = 0.427 CV^2$$

第二章 试验数据整理与统计推断概要

数理统计的任务是对“随机现象”进行分析并揭示它的统计规律。它的研究方法是通过“子样”来研究“总体”，认识总体。

统计规律性必须被理论确切解释后才有实际意义。

第一节 数据整理

在纺织生产或科学研究中，经常要做大量的测试工作，取得很多数据，并把这些数据称之为观察值或检测值。这些数据中蕴含着许多有用的信息，信息不仅可以帮助人们发现存在的问题，认识事物的内在规律，而且为人们改进工作、提高产品的产量、质量采取合理措施提供依据。

数据中的信息并非一目了然的，必须对数据进行整理和分析，以达到去伪存真，尽可能正确地提取出科学而有用的信息。

一、基本概念

1. 测试数据的属性

要整理数据，首先必须了解数据的属性。以下是某化纤厂生产报表上的 100 个纤维细度的测试数据。这些检测值，统计学称它为随机变量：

1.36	1.49	1.43	1.41	1.37	1.40	1.32	1.42	1.47	1.39
1.41	1.36	1.40	1.34	1.42	1.42	1.45	1.35	1.42	1.39
1.44	1.42	1.39	1.42	1.42	1.30	1.34	1.42	1.37	1.36
1.37	1.34	1.37	1.37	1.44	1.45	1.32	1.48	1.40	1.45
1.39	1.46	1.39	1.53	1.36	1.48	1.40	1.39	1.38	1.40
1.36	1.45	1.50	1.43	1.38	1.43	1.41	1.48	1.39	1.45
1.37	1.37	1.39	1.45	1.31	1.41	1.44	1.44	1.42	1.47
1.35	1.36	1.39	1.40	1.38	1.35	1.42	1.43	1.42	1.42
1.42	1.40	1.41	1.37	1.46	1.36	1.37	1.27	1.37	1.38
1.42	1.34	1.43	1.42	1.41	1.41	1.44	1.48	1.55	1.37

不难看出，这些数据有如下特性：

(1)波动性：在同样条件下生产出来的纤维细度并不完全一样，表现出一定的波动性。

(2)规律性 数据虽有波动 但不是杂乱无章 而呈现出一定的规律性。仔细观察以上数据 就会发现它们都在 1.27~1.55 之间。在 1.36~1.44 之间出现的机会多一些，在其他范围，机会少一些。如果在同样的生产条件下再抽取一批数据，将发现细度波动的情况和前一批数据十分相似，而且细度落在任一范围的数目在该批数据中的比例是比较稳定的。这个稳定的比例称做“概率”。这就是说，细度散布是有规律性的。

2. 总体、个体与样本的概念

(1)总体 在数理统计中 总是把所研究的对象的全体称总体或母体。

(2)个体：构成总体的每个元素或一个单位称为个体。

(3)样本(子样)从总体中抽取出的一部分个体构成样本或子样。

(4)样本容量：样本中所包含的个体数目称这一样本或子样的容量，也称样本大小。

例如：为了判断新生产出来的一批细纱的强力是否符合质量要求（即强力是否超过某个值）第一步工作是抽取一定数量的细纱 测定强力 设取得一批 如 60 根细纱的强力数据 就可看做是容量为 60 的一个样本。我们所要介绍的统计推断方法就是如何通过对样本的数据整理，提取出所需要的信息，并依据样本这些信息对母体 这批纱的强力 做出推断 即强力是提高还是没有提高或降低。

二、随机变量的样本统计特征数

1. 随机变量和变值

随机变量指按一定概率在一个特定数集中的取值的变量。只能取某些孤立值的随机变量称离散随机变量。取连续的随机变量，称连续型随机变量。变量所取的值称为变值。

2. 样本统计特征数

(1)集中性特征数：

样本均值了：从总体中抽取 n 个子样测试，得到一批数据 $x_1, x_2, \dots, x_n$ 。对各个体求和，再除以样本容量(n)所得的商 即：

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

称 $\bar{X}$ 为样本算术平均值 简称样本均值。

中位数 M_e 为了减少计算 把数据 $x_1, x_2, \dots, x_n$ 按大小排列, 用排在正中间的一个数表示总体平均水平, 称它为中位数。当 n 为奇数, 正中间的数只有一个; 当 n 为偶数时, 正中间的数有两个。后一种情况, 中位数等于这两个数的算术平均值。

众数 M_o 随机变量取最大概率的变值 M_o 称 M_o 为众数。

(2) 离散性特征参数: 集中性特征参数反映的是随机变量的平均水平信息, 这是远远不够的。例如纤维的细度太大、太小都不好。即使平均水平符合要求, 若数据波动太大, 这批产品的质量还是不能令人满意。因此, 数据波动的大小也是很重要的指标。如何度量数据波动大小呢? 这就需要用以下几个离散性特征参数:

极差 R 指数据中最大变值与最小变值之差 即:

$$R = \max\{x_1, x_2, \dots, x_n\} - \min\{x_1, x_2, \dots, x_n\} \quad (2-2)$$

极差表示数据波动, 但没有充分利用数据提供的信息, 因此反映实际情况的精度较差。

标准离差 简称标准差 S 。

$$S = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X})^2} \quad (2-3)$$

也可用方差 S^2 来衡量数据的波动。 S 越大, 波动越大; S 越小 波动越小。 S 比极差 R 反映问题精确, 但计算比极差复杂得多。

变异系数 CV 是标准差 S 与算术平均值 $\bar{X}$ 的绝对值之比。由于 R 与 S 只反映绝对波动的大小, 要比较平均数相同而且单位一致的两个检测值数列离散程度(波动大小), 采用标准差是合适的。但对于平均数不同或测量单位不同的两个检测值就不能仅以其标准差来比较, 而要用变异系数 CV :

$$CV = \frac{S}{\bar{X}} \times 100\% \quad (2-4)$$

在纺织系统中, 人们通常称变异系数为不匀率。

三、数据整理和频数分布函数

在很多情况下, 只了解数据的几个特征数还是不够的, 例如, 在制定产品的抽样方案时, 需要了解波动更完整的规律。波动的规律不同, 抽样方案也就不同, 于是从实际问题中又抽象出分布的概念。

要弄清数据波动更完整的规律, 必须找出频数分布, 为此要将数据分组, 我们

以细度数据为例 说明分组的步骤。

1. 找出最大值与最小值

本文 14 页所列的细度数据，最大值为 1.55 最小值为 1.27。

2. 决定组距和组数

在样本 n 比较大时 通常分成 10~20 组。样本数少于 50 时 分成 5~6 组。先决定组距，然后定组数。组距决定于极差 R 。在本例中 $R = 1.55 - 1.27 = 0.28$ 。组距定为 0.03 比较好 这时共分 10 组。需要说明的是，并不是在所有情况下都采用等距分组，要具体情况具体对待，亦可采用不等距分组。

3. 决定分点

如果我们按细度原来的测量精度分组，即分为 1.26~1.29, 1.29~1.32, ... 那么对细度恰好是 1.29 的样本 是分到 1.26~1.29 这一组？还是分到 1.29~1.32 这一组呢？为了避免这种麻烦，通常要使分点比原测量精度高一位。于是分成如下 10 组：

1.265~1.295, 1.295~1.325, 1.325~1.355, ..., 1.535~1.565.

4. 数出频数、画频数直方图和频率直方图

样本落在每个组的数目称为频数。唱票时把它列成表 2-1 的形状。这样得到的分组频数表，称为频数分布表。频数与样本总数之比称为相对频数，又称频率。

表 2-1 频数分布表

组序号	分 组	频数计算	频数 n_i	频率 f_i
1	1.265 ~ 1.295	—	1	0.01
2	1.295 ~ 1.325	正	4	0.04
3	1.325 ~ 1.355	正 丁	7	0.07
4	1.355 ~ 1.385	正 正 正 正 丁	22	0.22
5	1.385 ~ 1.415	正 正 正 正 正	24	0.24
6	1.415 ~ 1.445	正 正 正 正 正	24	0.24
7	1.445 ~ 1.475	正 正	10	0.10
8	1.475 ~ 1.505	正 一	6	0.06
9	1.505 ~ 1.535	—	1	0.01
10	1.535 ~ 1.565	—	1	0.01
	Σ		$n = 100$	1.00

在列出了频数分布表以后，能够比较清楚地看出数据波动的规律。为了更加