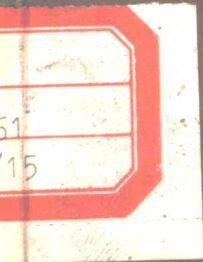


中国医学百科全书

医学统计学

上海科学技术出版社



中国医学百科全书

中国医学百科全书编辑委员会

上海科学技术出版社

中国医学百科全书

医学统计学

杨树勤 主编

上海科学技术出版社出版

(上海瑞金二路450号)

新华书店上海发行所发行 上海新华印刷厂印刷

开本 787×1092 1/16 印张 16 插页 3 字数 628,000

1985年3月第1版 1985年3月第1次印刷

印数 1--16,400

统一书号: 14119·1645 定价: 3.85元

《中国医学百科全书》编辑委员会

主任委员 钱信忠

副主任委员 黄家驷 季钟朴 郭子恒 吴阶平 涂通今 石美鑫 赵锡武

秘书长 陈海峰

副秘书长 施奠邦 冯光 朱克文 戴自英

委员 (以姓氏笔划为序)

丁季峰	王登次仁	马飞海	王懿(女)	王玉川	王世真	王用楫
王永贵	王光清	王叔咸	王季午	王冠良	王雪苔	王淑贞(女)
王鹏程	王德鉴	王翰章	毛文书(女)	毛守白	邓家栋	石茂年
石美鑫	卢惠霖	卢静轩	叶恭绍(女)	由崑	史玉泉	白清云
邝贺龄	冯光(女)	兰锡纯	司徒亮	毕涉	吕炳奎	曲绵域
朱潮	朱壬葆	朱克文	朱育惠	朱洪荫	朱既明	朱霖青
任应秋	刘世杰	刘育京	刘毓谷	米伯让	孙忠亮	孙瑞宗
苏德隆	杜念祖	杨医亚	杨国亮	杨树勤	杨铭鼎	杨藻宸
李昆	李永春	李宝实	李经纬	李振志	李肇特	李聪甫
吴之理	吴执中	吴阶平	吴英恺	吴征鉴	吴绍青	吴咸中
吴贻谷	吴桓兴	吴蔚然	余瀛	宋今丹	迟复元	张祥
张世显	张立藩	张孝骞	张昌颖	张泽生	张学庸	张涤生
张源昌	陆如山	陈信	陈中伟	陈明进	陈国桢	陈海峰
陈灏珠	林巧稚(女)	林克椿	林雅谷	郁知非	尚天裕	罗元恺
罗致诚	季钟朴	依沙克江	周金黄	周敏君(女)	郑麟蕃	孟继懋
赵炳南	赵锡武	荣独山	胡传揆	胡熙明	钟学礼	钟惠澜
侯宗濂	俞克忠	施奠邦	姜春华	洪子云	夏镇夷	顾学箕
顾绥岳	钱惠	钱信忠	徐丰彦	凌惠扬	郭迪	郭乃春
郭子恒	郭秉宽	郭泉清	郭振球	郭景元	唐由之	涂通今
诸福棠	陶桓乐	黄量(女)	黄文东	黄耀荣	黄家驷	黄祯祥
黄绳武	曹钟梁	盖宝璜	梁植权	董郡	董承琅	蒋豫图
韩光	程之范	傅丰永	童尔昌	曾宪九	谢荣	谢少文
裘法祖	蔡荣	蔡翹	蔡宏道	戴自英		

序

《中国医学百科全书》的出版是我国医学发展史上的一件大事，也是对全人类医学事业的重大贡献。六十年代初，毛泽东同志曾讲过：可在《医学卫生普及全书》的基础上编写一部中国医学百科全书。我们深感这是一项重大而艰巨的任务，因此积极进行筹备工作，收集研究各种有关医学百科全书的资料。但由于十年动乱，工作被迫中断。粉碎“四人帮”后，在党和政府的重视和支持下，医学百科全书的编写出版工作又重新开始。一九七八年四月，在北京正式召开筹备会议，拟订了编写出版方案和组织领导原则。同年十一月，在武汉举行了第一次编委会，落实了三十多个主编单位，全国医学界的著名专家、教授和中青骨干都参加了编写工作。

祖国医学发展史中，历代王朝就有学者编纂各类“集成”和“全书”的科学传统，但系统、全面地编写符合我国国情和医学科学发展史实的大型的医学百科全书还是第一次。这是时代的需要，人民的需要，是提高全民族科学文化水平，加速实现社会主义现代化建设的需要。从长远来看，这是发展我国医药卫生事业和医学科学的一项基本建设，也是建设社会主义精神文明的重要组成部分。因此，编写出版《中国医学百科全书》是我国医学界的一项重大历史使命。

我国既有源远流长的祖国医学，又有丰富多彩的现代医学。解放以来，在党的卫生方针指导下，还积累了群众性卫生工作

和保健强身的宝贵经验，涌现了许多中西医结合防治疾病的科研成果。在我们广大的医药卫生队伍中，有一大批具有真才实学，又善于写作的专家，他们都愿意为我国科学文化事业竭尽全力，把自己的经验总结出来，编写出具有我国特点的医学百科全书。

《中国医学百科全书》是一部专科性的医学参考工具书，主要读者对象是医药院校毕业及具有同等水平的医药卫生人员，但实际需要查阅这部全书的读者将远远超过这一范围。全书内容包括祖国医学、基础医学、临床医学、预防医学和特种医学等各个学科和专业，用条目形式撰写，以疾病防治为主体，全面而精确地概述中西医药科学的重要内容和最新成就。在编写上要求具有高度的思想性和科学性，文字叙述力求言简意明，浅出深入，主要介绍基本概念、重要事实、科学论据、技术要点和肯定结论，使读者便于检索，易于理解，少化时间，开卷得益。一般说来，条目内容比词典详尽，比教材深入，比专著精炼。

为适应各方面的需要，《中国医学百科全书》的编写出版工作准备分两步走：先按学科或专业撰写分卷单行本，然后在此基础上加以综合，按字顺编排出版合订本。这两种版本将长期并存。随着学科发展的日新月异，我们并将定期出版补新活页。由于涉及面广，工作量大，经验不足，缺点错误在所难免，希望读者批评指正。

钱信忠

1982年11月

中国医学百科全书

医学统计学

主 编：杨树勤（四川医学院）

副主编：郭祖超（第四军医大学）

编 委：（以姓氏笔画为序）

丁道芳（中国医科大学）

田风调（中国预防医学中心卫生研究所）

史秉璋（上海第二医学院）

何廷尉（四川医学院）

陆守曾（南通医学院）

胡 琳（第四军医大学）

祝绍琪（四川医学院）

顾杏元（上海第一医学院）

凌瑞珠（北京医学院）

学术秘书：何廷尉（四川医学院）

陈 彬（四川医学院）

编写说明

- 一、本分卷选收有关医学统计学的条目共 157 条。有关卫生统计、流行病学统计等的条目未予选收。
- 二、本分卷各条目在说明意义、原理、用途、条件、方法之后，多数条目再用实例作完整的计算分析，以便读者参照解决实际问题。若文例结合阅读，则更便于理解。部分条目，文末附有参考书目，供读者进一步钻研之用。
- 三、为了适应主要读者对象，本分卷内容以实用为主，略去数学推导和一般多由统计专业人员或数学工作者借助于电子计算机完成的较复杂的计算过程。在阐述理论时尽量注意通俗易懂。符号算式尽量简化。不致误解的说明尽量省去，如假设检验中一般多用双侧检验，故文中只在单侧检验时加以说明。
- 四、本分卷的计算，除多变量分析等条目用电子计算机完成外，其余条目一律采用有储存的电子计算器作连续运算，为使各中间步骤的结果与最后结果吻合，有时中间结果取的小数位较多。
- 五、本分卷在目录之后附有“统计用表目录”，便于读者分析计算中查阅。书末附有本书通用符号与缩写、汉英和英汉医学统计学词汇以及索引，以便查阅。
- 六、本分卷编写过程中，承薛仲三、杨纪珂、冯士雍等同志提出宝贵意见。杨珉、王安荣、尹全焕、孟虹等同志参加了本书资料、图表等的核校工作。

医学统计学分卷编辑委员会

一九八二年一月

中国医学百科全书

医学统计学

目 录

医学统计学1

资 料

统计工作步骤1
资料类型2
总体与样本2
误差2
准确度与精密度3
有效数字4
可疑值的取舍4
频数分布5
统计表6
统计图6

指 标

相对数9
标准化率11
动态数列12
平均数13
百分位数15
变异指标17
标准差与标准误的关系18

分 布

概率19
随机变量20
二项分布21
超几何分布22
Poisson 分布23
负二项分布25
正态分布26
对数正态分布28
Weibull 分布28
自由度31
 χ^2 分布31
 t 分布32
 F 分布33
双变量正态分布36

变 量 变 换

变量变换38
对数变换38
平方根变换39
平方根纸的应用39
百分数的平方根反正弦变换41
百分数的概率单位变换42
百分数的 logit 变换43
反双曲正切变换44

设 计

统计研究设计44
调查设计44
实验设计47
临床试验设计48
对照组49
随机数字表与随机排列表49
样本含量估计51
抽样方法与抽样误差53
完全随机设计54
配对设计55
配伍组试验55
平衡不完全配伍组试验57
交叉试验62
析因试验63
拉丁方试验67
分割试验70
系统分组试验71
正交试验72
序贯试验75

参 数 估 计

参数估计80
参数的点估计80
极大似然法81
可信区间81
总体率估计82
总体标准化率估计83
总体均数估计84

总体几何均数估计	85
总体百分位数估计	86
总体方差估计	87
最小二乘法	88
最可能数	88

假设检验

假设检验	89
似然比检验	91

假设检验——计数资料

样本率与总体率比较	92
配对计数资料比较	93
两样本率比较	93
四格表的确切概率法	96
两个四格表的交互作用	98
多个样本率比较	99
样本构成比的比较	99
标准化死亡比的假设检验	100
两样本标准化率比较	101
计数资料的相关分析	101

假设检验——计量资料

样本均数与总体均数比较	103
配对计量资料比较	103
两样本均数比较	104
方差分析	105
单因素多个样本均数比较	105
双因素多个样本均数比较	107
多因素多个样本均数比较	108
多个样本均数间两两比较	108
各实验组与对照组均数比较	111
样本几何均数与总体几何均数比较	112
两样本几何均数比较	113
两个方差的齐性检验	113
多个方差的齐性检验	114
序列的随机性检验	115
极差分析	116
协方差分析	119
正态性检验	124

假设检验——非参数法

非参数统计	129
配对资料的符号秩和检验	130
样本中位数与总体中位数比较	131
样本中位数比较	132
两样本比较的超过数检验	133
两样本比较的秩检验	135
多个样本比较的秩和检验	137
多个样本间两两比较的秩和检验	139

各实验组与对照组比较的秩和检验	140
配伍组资料的秩和检验	140
游程检验	142
升降趋势检验	144

直线回归与相关

直线回归	145
总体回归直线的估计	147
两直线回归方程比较	148
多个直线回归方程比较	150
直线相关	153
两直线相关系数的比较与合并	154
多个直线相关系数的比较与合并	155
等级相关	156
直线相关与回归的关系	158

曲线拟合

曲线拟合	159
正态曲线拟合	159
频数分布的拟合优度	160
指数曲线拟合	163
双曲线拟合	165
多项式曲线拟合	166
logistic 曲线拟合	168
Gompertz 曲线拟合	169
曲线的拟合优度	170
曲线拟合优度的比较	171

多变量分析

多变量分析	173
多元线性回归	173
多元线性相关	176
正交多项式	177
逐步回归分析	179
判别分析	182
聚类分析	185
因子分析	187

正常值范围

正常值范围	189
正常值范围估计	191
混杂样本剖析与正常值范围估计	193

半数数量

半数数量	196
半数数量概率单位法	197
半数数量面积法	202
半数数量点斜法	202
半数数量累计法	203
半数数量移动平均法	204

半数数量序贯法	205
联合作用分析	206

病例随访资料分析

病例随访资料分析	207
病例随访资料分析的寿命表法	210

Ridit 分析	213
危险度分析	214
圆形分布法	217
质量控制图	222
时间序列	224
本书通用符号与缩写	226
汉英医学统计学词汇	228
英汉医学统计学词汇	235
索引	242

附: 统计用表目录

检验可疑值用 $T_{\alpha, n}$ 界值表	4
Poisson 分布 λ 的可信区间	23
标准正态分布曲线下的面积(简表)	27
标准正态分布的分位数简表(u 界值表)	27
χ^2 分布的分位数表(χ^2 界值表)	32
t 分布的分位数表(t 界值表)	33
F 分布的分位数表(F 界值表, 方差齐性检验用)	34
F 分布的分位数表(F 界值表, 方差分析用)	35
百分数 p 与 $\sin^{-1}\sqrt{p}$ 对照表	41
百分数 p 与 概率单位对照表	42
百分数 p 与 logit 值对照表	43
随机数字表	50
随机排列表($n=20$)	51
两样本均数比较时所需样本含量	52
平衡不完全配伍组设计及解法	58
平衡不完全配伍组的联合解法	59
质反应闭锁型双向序贯试验边界点坐标	76
双向序贯 t 检验边界点坐标	78
闭锁型双向序贯 t 检验的边界点坐标	79
百分率的 95% 可信区间(简表)	82

Poisson 分布中实际数与预期数之比的界值表	100
Newman-Keuls 检验用 q 界值表	108
Duncan 检验用 q 界值表	109
Scheffé 检验用 S 界值表	109
Dunnett 检验用 q' 界值表(双侧)	111
Dunnett 检验用 q' 界值表(单侧)	112
均方递差检验用 C 界值表	115
由 R 估计 σ 用的系数 c 与相对效率	116
由 R 估计 σ 的系数 $c_{n, k}$	116
由 R 作总体均数区间估计的系数 A	116
由 R 作容许区间估计的系数 I	117
极差分析用 L 界值表	117
极差分析用 M 界值表	118
正态性 W 检验用系数 a_i	125
正态性检验用 W 界值表	126
正态性检验用 D 界值表	127
符号秩和检验用 T 界值表	130
符号检验用 K 界值表	131
两中心位置差别检验用 S 界值表	133
两变异度差别检验用 S 界值表	134
两一般位置差别检验的概率表	135
秩和检验用 T 界值表	135
秩和检验用 H 界值表	138
秩和检验用 χ^2 界值表	141
游程个数检验用 r 界值表	143
游程长度检验用 l 界值简表(单侧)	144
相关系数 r 界值表	154
等级相关系数 r_s 界值表	156
等级相关系数 r_k 界值表	157
标准正态曲线的纵坐标 z	160
Kolmogorov 检验用 D 界值表	162
正交多项式表(n 为 5~8)	178
正常值范围估计常用 u_{α} 值表	191
加权系数	199
圆形分布 r 界值表	219
Watson-Williams 检验用校正因子 K	220
Watson 检验用 U^2 界值表	221
编制 Shewhart 控制图的计算因子	223

医学统计学

医学统计学是运用概率论和数理统计的原理、方法,结合医学实际,研究数字资料的搜集、整理分析和推断的一门学科。医学的研究对象主要是人体以及与人的健康有关的各种因素。由于生物现象的变异较大,各种影响因素又错综复杂,故需运用统计方法透过偶然现象来探测其规律性。因此,医学统计学是进行医学科学研究所必需的重要手段。

医学统计学与生物统计学、卫生统计学是统计学原理和方法在互有联系的不同学科领域的应用,三者间既有区别,但无截然界限。生物统计学应用于生物学研究,从生物范畴也包括人的角度来说,它比医学统计学的范围更广。医学统计学和卫生统计学均应用于医学研究,但前者侧重于医学的生物学方面,后者侧重于医学卫生的社会方面(社会卫生事业和人民健康状况)。

本世纪二十年代以后,医学统计学才逐渐形成一门学科。解放前,我国学者即致力于把统计方法应用到医学中去,但人力有限,范围较窄。解放后,随着医学科研工作的发展,医学统计学在我国得到迅速普及与提高。三十多年来,已建立了一支专业队伍;在人口、疾病及身体发育等专题调查中,医学统计学对调查设计、资料的搜集、整理、分析以及预测等方面都提供了有效的手段;在实验研究和临床试验方面,广泛采用着现代统计方法。通过大量实践,在不少方面积累了自己的经验,丰富了医学统计学的内容。电子计算机的使用,促进了多变量分析等统计方法在医学研究中的应用。

医学统计学的主要内容如下:

(1) 统计研究设计:在调查设计或实验设计时,除了要从专业上考虑外,还必须从医学统计学的角度考虑,使调查或实验结果能够科学地回答所研究的问题。一个好的设计可以用较少的人力、物力和时间取得更多的较可靠的资料。

(2) 总体指标的估计:医学研究中除用均数、率等统计指标对调查或实验结果进行描述外,更重要的是通过样本的信息,来估计总体中相应的统计指标,即参数估计。

(3) 假设检验:依据资料性质和所需解决的问题,建立统计假设,然后采用适当的检验方法,根据样本是否支持所作的假设,来决定该假设应当拒绝或不拒绝。

(4) 联系、分类、鉴别和监测等研究:在疾病的防治工作中,经常要探讨各种现象数量间的联系,寻找与某病关系密切的因素;要进行多种检查结果的综合评定,探讨疾病的分型分类、计量诊断、选择治疗方案;要对某些疾病进行预测预报、流行病学监督,对药品制造、临床化验工作等作质量控制,以及医学人口学研究等。医学统计学,特别是其中的多变量分析,为解决这些问题提供了必要的方法和手段。

统计工作最根本的一条就是如实反映情况。因此,广大医药卫生人员无论在日常工作或科学研究中,必须根据医学和统计学的要求,做好原始记录,认真负责,一丝

不苟,尽最大努力获得正确数据,才能使分析结论建立在可靠的基础上。

(许世理 郭祖超)

统计工作步骤

统计工作一般分为资料的搜集、整理和分析三个步骤。它们既是有顺序上的先后,又是密切联系、前后呼应不能截然分开的整体。前一步骤是后一步骤的基础,后续步骤又对先行步骤提出要求。只有完整、正确地搜集资料,才能整理分析出可靠的指标;而要求分析什么统计指标,又决定了应搜集哪些资料和怎样搜集、整理。进行研究工作前,无论调查设计、实验设计和临床试验设计,都应根据研究目的、人力、物力等作出搜集、整理、分析资料的全面设计,然后加以实施。

搜集资料 这是统计工作的第一步,也是最重要的一步。即按照研究设计中搜集资料的要求,用较少的人力、物力、时间,及时取得正确、完整的原始资料。医学统计资料主要来源于三方面:①统计报表。根据国家规定的报表制度,由医疗卫生机构定期逐级上报。它全面地、经常地提供居民健康状况和医疗卫生机构工作的主要数字,为拟订医疗卫生工作计划,检查与总结工作提供科学依据,也给科学研究提供基础资料。但报表项目一般较少,有时不能据以进行深入细致的分析;调查或填报者对调查项目的理解和执行不尽一致,也影响到各单位间指标的可比性。如各医院对某病的治愈标准不统一,或虽有统一标准,而医师掌握有宽有严,这样就影响到治愈率的可比性。②医疗卫生工作记录和报告卡,如病历、医学检验记录及传染病报告卡等。这些资料常会出现漏填、重复和项目填写不清等。要使资料能用于科研分析,必须使医疗卫生人员认识到原始记录正确、完整性的重要性,了解每个项目的填写要求,认真填写。③专题调查或实验。上述两种资料不能满足研究需要时,要组织专题调查或实验研究。搜集资料的方法和要求,详见条目“调查设计”、“实验设计”、“临床试验设计”等。

原始资料若残缺不全或不正确,会使整理及分析资料造成困难,甚至得出错误的结论。这种缺陷很难用统计方法弥补。因此除作好调查设计或实验设计外,应在调查和实验过程中及时对资料进行下述检查:①完整性。原始记录是否有遗漏或重复,各项目是否已填全。②正确性。资料是否准确反映实际情况,各项目之间有无矛盾,各数字有无不合理。发现遗漏、重复或错误应立即补充、剔除和改正。

整理资料 又称统计归纳。即根据研究设计中整理分析计划的要求进行分组与汇总。分组时用划记、分卡等方法,将原始资料按规定分组,得到每组的观察单位数。然后按预期分析指标的要求,将各组数字填入整理表,汇总后得到合计数。整理资料时也应反复核对,不应在整理中带入误差(参见“调查设计”)。

分析资料 又称统计分析,包括指标的计算、统计图表的绘制、统计处理,并作出结论。统计处理泛指用统计方

法对原始资料进行加工,通常指各种统计推断方法,如参数估计、假设检验、相关回归分析等。分析资料时要求选用适当的统计推断方法,计算准确无误,最后结合专业理论作出恰如其分的结论,并用概率说明结论的可靠程度。

(凌瑞珠)

资料类型

统计资料一般分计数资料和计量资料两大类,介于其中的还有等级资料。各种资料又可根据分析需要而相互转化。不同类型的资料应采用不同的统计方法进行分析。

计数资料 将观察单位按某种属性或类别分组计数,得到各组观察单位数称计数资料。例如一个工厂中患流感人数与未患流感人数;用某药治疗若干痢疾病人后的治愈人数与未愈人数;某人群中O、A、B、AB各种血型的人数。分属于各组的观察单位间有质的差别,不同质的观察单位不能归在同一个组内。分析计数资料常用率、构成比、 χ^2 检验等。

计量资料 测定每个观察单位某项指标量的大小,所得的资料称计量资料。例如10岁女童的身高值(cm)、体重值(kg);不同地区大气中二氧化碳浓度值(mg/L)等。这类资料一般具有计量单位,各观察单位的测量值常有量的差异。分析计量资料常用平均数、标准差、t检验、方差分析、相关与回归分析等。

等级资料 将观察单位按某种属性的不同程度分组计数,得到各组观察单位数称为等级资料或半计量资料。例如用某药治疗若干痢疾病人,其中治愈、好转、无效人数;测定某种血清凝集反应的结果为-、±、+、++的人数等。这类资料具有计数资料的特点,但所分各组又是按一定顺序如由轻到重、由小到大排列的。分析等级资料常用率、构成比、秩和检验等。

资料的转化 根据分析的需要,计量资料、计数资料、等级资料可以互相转化。例如血红蛋白原属计量资料,若按血红蛋白正常与血红蛋白异常分成两组,得到各组人数是计数资料;若将男性血红蛋白按量的多少分成五级:

血红蛋白(g/dl)	等级
<6	重度贫血
6~	中度贫血
9~	轻度贫血
12~16	血红蛋白正常
>16	血红蛋白增高

得到各等级人数就是等级资料。再如在多变量分析中,定性指标量化时,将无病和有病取为0和1;或将上述血红蛋白量的五个等级取为1,2,⋯,5,这时计数资料或等级资料就转化为计量资料。

对资料作统计处理的许多方法是通过对随机变量的研究得来的。随机变量有离散型随机变量和连续型随机变量。离散型随机变量的取值是在取值范围内可一一列出,是可数的,如治疗10人中的治愈人数和未愈人数。它适用于计数资料、等级资料,以及计量资料中的一部分如胎

次、每户人数等。连续型随机变量的取值充满整个取值范围,取值的个数是无限的。它适用于计量资料的大部分,如身高、体重、浓度等。

(凌瑞珠)

总体与样本

总体与样本是统计中的两个基本概念。总体是指性质相同的研究对象中所有观察单位某种变量值的集合。如研究某地1980年正常成人的血压,则研究对象是该地1980年的正常成人,观察单位是每个人,变量值为血压值,该地1980年全部正常成人的血压值就构成一个总体。它的同质基础是同一地区,同一年份,同为正常人。这里总体只包括有限个观察单位,称为有限总体。有时总体是设想的,如研究高血压患者用某药治疗后的血压,它的同质基础是同为高血压患者,同用某药治疗。这里总体将包括设想用该药治疗的所有高血压患者,其观察单位数显然是不确定的,称为无限总体。从总体中随机抽取部分观察单位,某变量的实测值构成样本。抽样研究的目的是由样本信息推论总体,如测量某地1980年200名正常成人的血压值组成的样本,计算样本均数,可用来估计该地1980年正常成人血压的总体均数。但是,这种推论必须以样本的可靠性和代表性为前提。

样本的可靠性 抽样研究中,当总体确定后,就要使样本中的每一观察单位确属预先确定的同质总体,这就是保证样本的可靠性。在临床试验中,正确诊断,正确分期;在实验研究中,规定实验动物的种属、原始体重,以及控制非实验因素的干扰等,都是保证样本可靠性的重要方面。

样本的代表性 为使样本能够充分地反映总体的真实情况,得到有代表性的样本,要求:①抽样必须遵守随机化的原则。目的是使研究对象的每一观察单位都有同等机会被抽取到,避免主观意愿或客观上无意识的偏性所致的影响;②保证足够的样本含量。样本含量即样本中观察单位的个数,视研究问题的性质和研究者的要求而定。在卫生学、流行病学调查以及疾病调查中,样本含量往往很大,由几百到几千、几万,甚至更多。而实验室研究的样本常常只有几十,甚至更少。理论上,大样本的代表性优于小样本,但若不经科学设计,盲目追求含量大,也可能反而降低资料的可靠性。应当严格确定总体,精选样本,进行正确而有效的研究设计。

(丁道芳)

误差

严格地说,观察值X与真值 μ 之差称误差,而观察值与样本均数 \bar{X} 之差称偏差。但实际工作中 μ 常常是未知的,而用 \bar{X} 来估计,因此偏差亦称误差。统计上则将调查或实验的原始数据与真实值之差,统计量与相应参数之差通称误差。误差按其产生的原因和性质可分为三类:过失误差、系统误差和随机误差。不同的误差应采用不同的方法进行处理。

过失误差 又称粗差,由观察者的错误造成。如点错小数点,抄错数字,弄错度量衡单位,计算错误,或错用分析方法等。此类误差是不能允许的,必须认真验算,反复核对,坚决消除。

系统误差 有一定来源,且具有规律性。在调查或实验中,系统误差可来自下述五个方面:

(1) 来自受试者。由受试者引起的误差分两方面:抽样不均匀、分配不随机等所引起,观察单位本身的变化所引起。

按抽样理论,要求每个观察单位从被研究总体中随机取得。例如调查我国成年男子的身高,抽样时应考虑全国各地区的城乡居民。如果只在北方某农村、南方某城市各抽取若干人就组成一个样本,那么这个样本是非常不均匀的,由此而引起的统计结果与真值间的误差称不均匀误差。如果从某总体中抽得若干观察单位,把它们分配到各处理组中去时,带有偏性,使各组观察单位的某些特性不均衡,这样造成的误差称分配误差。例如将确诊为某病的、符合研究条件的40例病人,分入甲、乙两个疗法组,分入甲组的轻病人明显的多于乙组,若观察结果甲疗法组疗效高,那么就很难分辨是疗效本身还是分配误差所致。此外也有由被观察对象本身的变化引起的。例如,人的身高,一般说来早晨比下午高;体重,一般饭后比饭前重。若某实验,一组在清晨空腹测量,另一组在午饭后测量,那么当比较两组的测量结果时,就杂有误差。

(2) 来自观察者。不同观察者感觉或操作上的差异引起的误差称个人误差或人差。例如两个检验员对同一标本反复进行比色,甲的读数总比乙的稍高,即为个人误差。在调查中,询问时的倾向性暗示也会产生这种误差。

(3) 来自仪器。因仪器未校正,发生故障或使用不当引起的误差称仪器误差或仪差。

(4) 来自外环境的非实验因素。因观察时所处的外界环境条件不同引起的误差称条件误差或环境误差。例如实验组与对照组间,或同组内各次观察间的条件不同。若因实验中某些措施不改变顺序而使各组条件不同所引起的误差称顺序误差。例如针刺甲、乙、丙三组不同病型病人,每次总是按甲、乙、丙组顺序进行,若操作总是由重到轻,最终结果各组间的差异就很难区分是病型不同还是手法轻重所致。其他如观察时各组外界气象条件、室内照明、声响等非实验因素不同,都可能产生误差,使观察结果中混入非实验因素的影响,以致影响分析结论。

(5) 来自研究或计算方法等有关理论上的不完善。例如用 χ^2 检验作两个样本率的比较,若每组例数较少,不经连续性校正所得 χ^2 值略偏高,而经连续性校正的 χ^2 值又略偏低,这是计算方法上的不尽完善所致。

由一定原因产生的系统误差,有的是恒向、恒量的,称定值误差或恒差;有的按一定规律变化,如周期性变化,称变值系统误差。系统误差应通过正确的实验设计、严格的技术措施尽力消除或减少。如设计时坚持随机、对

照、重复的原则,实验仪器经过严格的校正,实验人员熟练操作方法等。系统误差不能靠统计方法来解决。系统误差常以绝对误差、相对误差和回收率等指标来表示。

随机误差 是排除系统误差后尚存的误差,由多种尚无法控制的因素引起,其值似无一定方向和大小,随机变化,如重复误差。随机误差呈正态分布,因此可以用概率统计的方法处理。随机误差是不能避免的,通常用极差和标准差等表示。

系统误差和随机误差不是截然分开固定不变的。实际上,有时把某些规律复杂而不便控制的系统误差当作随机误差处理。而有些目前没有认识和不能控制的随机误差,由于科学的发展可能被认识,并找到控制方法,那时若控制不善则称之为系统误差。当然,即使科学高度发展,偶然性仍是不能消除的,因此仍有随机误差存在。

系统误差与随机误差常同时存在,若系统误差大于随机误差,应找出系统误差发生的原因,消除或减弱之;若系统误差很小时,可按随机误差处理。

(丁道芳)

准确度与精密度

准确度与精密度是用以评价某种测定方法(包括仪器、试剂、操作方法等)可信赖程度的两项指标。准确度是指测定值与真值的接近程度,用以说明测定方法有无系统误差,一般采用回收试验,计算回收率,公式为

$$\text{回收率}(\%) = \frac{\text{实测量} - \text{原有量}}{\text{加入量}} \times 100\%$$

回收率愈近100%,则准确度愈高,当回收率偏离100%较大时,表示测定方法存在系统误差。精密度是指对同一标本进行多次重复测定时,测定值与平均测定值的接近程度,其差值属于随机误差,常用标准差或变异系数表示,此值愈小,说明测定方法重现性愈好。

准确度是评价测定方法的首要指标,当测定方法存在系统误差时,即使其精密度高,此方法也不能应用;同样,当测定方法的精密度差,其准确度也不会高。只要某种测定方法的回收试验与重复试验指标在专业规定的容许范围内,就可认为该测定方法的准确度和精密度可以接受。

例 用不除蛋白直接测定尿酸法的回收试验与重复试验结果见表1及表2,试评价本法的准确度与精密度。

表1 回收试验结果

标本号	原有量 (mg/dl)	加入量 (mg/dl)	实测量 (mg/dl)	回收率* (%)
1	3.60	5.00	8.75	103.0
2	3.60	10.00	13.40	98.0
3	3.60	15.00	18.40	98.7

* 1号标本回收率 = $\frac{8.75 - 3.60}{5.00} \times 100\% = 103.0\%$; 仿此得2,3号标本回收率。

表2 重复试验结果

	4号标本	5号标本
测定值(mg/dl)	3.60	4.55
	3.60	4.40
	3.67	4.40
	3.75	4.50
	3.70	4.55
均数, \bar{X}	3.66	4.48
标准差, s	0.065	0.076
变异系数(%), CV*	1.78	1.69

* 4号标本变异系数 $CV = \frac{s}{\bar{X}} \times 100\% = \frac{0.065}{3.66} \times 100\% = 1.78\%$; 仿此得5号标本变异系数。

某检验者根据专业要求, 认为当尿酸量为 5.0~15.0mg/dl 时, 三个回收率均在 100% ± 5% 范围内, 该测定方法准确度高; 又根据两个标本分别进行五次重复测定的结果, 两倍变异系数均未超过 4%, 认为该测定方法精密度也高。

(田凤调)

有效数字

一个测量值中决定数量大小的数字称有效数字, 用以正确表达测量结果。如 0.01234g 中有四个有效数字 1234。至于 1234 前面的 0.0 是定小数点位置的, 决定于采用的单位, 如 0.01234g 又可写成 12.34mg, 因此 0.0 不是有效数字。

有效数字与测量仪器的灵敏度有关。如天平的灵敏度为 0.1mg, 那么称重结果 12.34mg 中, 12.3mg 为准确数字, 0.04mg 为估计数字, 两项合在一起组成有效数字。

有效数字只保留一位估计数字, 因此末位上 0 的有无, 如 12.34mg 与 12.340mg, 涵义是不同的, 前者指准确到 0.1mg, 其误差为 0.005mg, 而后者则准确到 0.01mg, 误差仅为 0.0005mg。两个仪器的灵敏度不同, 所得数字的准确度也不同。若某样品实重 1395g, 现用准确到 0.1kg 的磅秤测量, 则应记为 1.40×10^3 g 或 1.40kg, 表示误差为 0.005kg, 亦即真值在 1.395~1.405kg 之间。

(田凤调)

可疑值的取舍

在一组观察值中有时出现少数过大或过小的极端值, 使人怀疑发生了错误, 这种数值称为可疑值。对可疑值首先应反复检查、核对, 寻找错误原因, 加以纠正。若找不出错误的任何原因, 不能随意舍去, 可增加观察次数, 或用下述统计方法判断取舍。

一组等精度测量数据中, 大误差出现的概率是很小的。按正态分布理论, 离均差(观察值 X_i 与均数 \bar{X} 之差)的绝对值超过 3σ (σ 为总体标准差, σ 未知时可用样本标准差 s 估计之)的概率仅为 $0.0027 \approx 1/370$, 因此有人将 3σ 作为界值, 定出: $|X_i - \bar{X}| \geq 3\sigma$ 则 X_i 可舍去。但界值 3σ

是在例数 n 为 ∞ 的前提下作出的。当 n 有限, 特别是 n 较小时, 这个界值就不适用了, 因此界值应随例数而改变。此外, 这只是判断数据是否偏离正态, 至于偏到何种程度才可以舍弃, 各种判断方法的假设条件不同, 界值也不同。

可疑值取舍的判断方法有多种, 常用的有 Chauvenet 法、Smirnov 法和 Grubbs 法, 经模拟试验以 Grubbs 法效果较好。它们的计算方法相同, 仅界值不同, 计算步骤如下:

(1) 计算观察值(包括可疑值在内)的均数 \bar{X} 与标准差 s , 并按下式计算 T 值。

$$T = \frac{|X_i - \bar{X}|}{s}$$

式中 X_i 为可疑值。

(2) 查 $T_{\alpha, n}$ 界值表作出判断。表中所列为不同的界值 $T_{\alpha, n}$, α 为第一类错误的概率, n 为样本含量。若 $T < T_{\alpha, n}$, X_i 不能舍去; 若 $T \geq T_{\alpha, n}$, 则 X_i 可舍去。

(3) 若可疑值不止一个, 则先判断离均差绝对值最大者, 若可舍去, 再将该值舍去后重新计算 \bar{X} 与 s , 按上法继续判断, 直到不能舍去时为止。

这些方法不适用于偏态分布资料。在一组观察值中可疑值总是少数, 如个数较多, 则应检查观察值是否服从正态分布。Chauvenet 界值是在频率趋近于概率的前提下建立的, 当 $n < 10$ 时, 不太可靠。

检验可疑值用 $T_{\alpha, n}$ 界值表

n	Chauvenet 法 ^[1] ($\alpha = 1/2n$)	Smirnov 法 ^[2] ($\alpha = 0.05$)	Grubbs 法 ^[3] ($\alpha = 0.05$)
6	1.73	1.996	1.82
7	1.79	2.093	1.94
8	1.86	2.172	2.03
9	1.92	2.237	2.11
10	1.96	2.294	2.18
11	2.00	2.343	2.23
12	2.04	2.387	2.29
13	2.07	2.429	2.33
14	2.10	2.461	2.37
15	2.13	2.493	2.41
16	2.16	2.523	2.44
17	2.18	2.551	2.47
18	2.20	2.577	2.50
19	2.22	2.600	2.53
20	2.24	2.623	2.56
25	2.33	2.717	2.66
30	2.39		2.75
35	2.45		2.82
40	2.50		2.87
50	2.58		2.96
60	2.64		3.03
80	2.74		3.14
100	2.81		3.21

摘自 (1) 张世箕: 测量误差及数据处理, 45页, 科学出版社, 1979

(2) Grubbs FE: Sample criteria for testing outlying observation, Annals of Math Statistics, 21: 27~58, 1952

(3) Grubbs FE: Procedures for detecting outlying observations, Technometrics, 11: 1~21, 1969

例 用分光光度计测得血中转氨酶标准管的光密度为 0.16, 0.16, 0.17, 0.17, 0.19, 0.30, 问 0.30 可否舍去。

$$n = 6, \Sigma X = 1.15, \Sigma X^2 = 0.2351.$$

$$\bar{X} = \frac{\Sigma X}{n} = \frac{1.15}{6} = 0.19167,$$

$$s = \sqrt{\frac{\Sigma X^2 - (\Sigma X)^2/n}{n-1}} = \sqrt{\frac{0.2351 - (1.15)^2/6}{6-1}}$$

$$= 0.05419,$$

$$T = \frac{|0.30 - 0.19167|}{0.05419} = 1.999.$$

查 $T_{\alpha, n}$ 界值表: Chauvenet 法 $T_{1/2 \times 6, 6} = 1.73,$
Smirnov 法 $T_{0.05, 6} = 1.996,$
Grubbs 法 $T_{0.05, 6} = 1.82.$

今 $T > T_{\alpha, n}$, 故按任一方法的界值, 0.30 均可舍去。

(丁道芳)

频数分布

对一个随机事件作重复观察, 其中某变量值出现的次数称频数; 将各变量值及其相应的频数列表为频数分布表, 简称频数表, 如表 1。若将变量值分组, 则某组段包

表 1 每家某病患者数

每家患者数	家庭数
0	20
1	80
2	40
3	50
4	10
5	10

含的变量值个数称频数, 将各组段及其相应的频数列表为频数表, 如表 2 第(1)、(3)栏。由频数表可绘制频数分布图。表 1“每家患者数”属离散变量, 故绘条图, 见图 1; 表 2“身高”属连续变量, 故绘直方图, 见图 2。

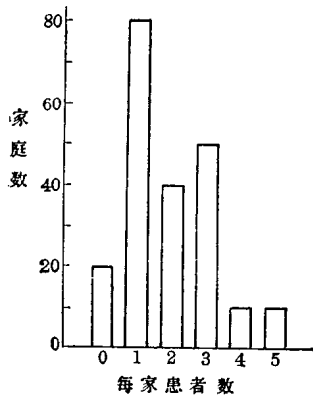


图 1 每家某病患者数分布

1. 编制频数表的步骤如下:

(1) 找出最大、最小值, 计算极差。

(2) 定组段数。根据研究目的及观察例数确定组段数。一般 100 例上下, 可分 10 组左右, 例数多, 可分细些, 即组段数多些, 反之粗些, 即组段数少些。为计算用, 组段数可适当增多, 以减少计算误差; 为显示分布特征, 则组段数不宜太多或太少。

(3) 定组距。相邻两组段下限值之差称组距。各组段的组距可相等, 也可不等。相等组距可用“极差/组数”估

表 2 某市 12 岁男童 120 人的身高(cm)分布

组段 (1)	划记 (2)	频数 (3)	频率 (4)	累计频率	
				向下(5)	向上(6)
124~	—	1	0.0083	0.0083	1.0000
128~	├	2	0.0167	0.0250	0.9917
132~	正正	10	0.0833	0.1083	0.9750
136~	正正正正├	22	0.1834	0.2917	0.8917
140~	正正正正正正正├	37	0.3083	0.6000	0.7083
144~	正正正正正—	26	0.2167	0.8167	0.4000
148~	正正正	15	0.1250	0.9417	0.1833
152~	┐	4	0.0333	0.9750	0.0583
156~	├	2	0.0167	0.9917	0.0250
160~	—	1	0.0083	1.0000	0.0083
		120	1.0000		

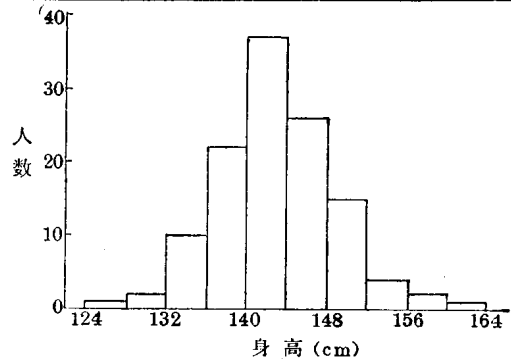


图 2 某市 12 岁男童 120 人的身高分布

计。为便于分组, 组距常取整数。

(4) 定组段。各组段的最小值称下限, 相邻较大组段的下限即本组段的上限。第一组段应包括最小观察值, 末组段应包括最大观察值。

(5) 计频数。用分卡法或划记法, 得出各组段的频数。

例 某市 12 岁男童 120 人的身高(cm)如下, 试编制频数表。

142.3 156.6 142.7 145.7 138.2 141.6 142.5 130.5
134.5 148.8 134.4 148.8 137.9 151.3 140.8 149.8
145.2 141.8 146.8 135.1 150.3 133.1 142.7 143.9
151.1 144.0 145.4 146.2 143.3 156.3 141.9 140.7
141.2 141.5 148.8 140.1 150.6 139.5 146.4 143.8
143.5 139.2 144.7 139.3 141.9 147.8 140.5 138.9
134.7 147.3 138.1 140.2 137.4 145.1 145.8 147.9
150.8 144.5 137.1 147.1 142.9 134.9 143.6 142.3
125.9 132.7 152.9 147.9 141.8 141.4 140.9 141.4
160.9 154.2 137.9 139.9 149.7 147.5 136.9 148.1
134.7 138.5 138.9 137.7 138.5 139.6 143.5 142.9
129.4 142.5 141.2 148.9 154.0 147.7 152.3 146.6
132.1 145.9 146.7 144.0 135.5 144.4 143.4 137.4
143.6 150.0 143.3 146.5 149.0 142.1 140.2 145.4
142.4 148.9 146.7 139.2 139.6 142.4 138.7 139.9

最大值为 160.9, 最小值为 125.9, 极差 = 160.9 - 125.9 = 35.0。取 10 组左右, 组距 = 35.0/10 = 3.5, 取 4cm。组段、划记、计频数的结果见表 2 第(1)~(3)栏。

2. 频数分布的用途:

(1) 提供分组数据,以便进一步计算与分析。

(2) 揭示观察值的分布类型,以便选择适当统计方法,进行计算与分析。Karl Pearson 曾提出 13 种频数分布型的方程及其特征。医学科研中最常见的频数分布型有正态分布、正偏态分布等。正态分布型如儿童身高值、成人红细胞数、成人血清总蛋白量等。表 2 和图 2 显示近似正态分布,其高峰在“140~”cm 组段,可按正态分布原理作统计处理。正偏态分布型如正常成人血铅含量及食物中毒潜伏时间等。表 1、图 1 是以每家 1 例患者为高峰的正偏态分布。偏态分布资料可用非参数法作统计处理,有的可用变量变换,使其正态化后,再按正态分布处理。

(3) 便于发现某些特大或特小的可疑值,必要时经检验后舍弃。

(4) 样本含量足够大时,以频率作为概率的估计值。如表 2 第(4)栏系第(3)栏各组段频数除以总频数的商,称频率或相对频数。用以估计该市 12 岁男童身高为各组段数值的概率,各组段频率之和应等于 1。将各组段频率自上而下(或自下而上)依次累加,得累计频率,如表 2 第(5)、(6)栏,用以估计身高小于各组段上限(或大于各组段下限)的概率。

(凌瑞珠)

统计表

把统计分析的事物及其指标用表格列出,称统计表。它可以代替某些文字叙述,便于计算和分析。广义的统计表包括:①表达统计结果的统计表,②搜集资料用的调查表,③整理资料用的整理表,④计算指标用的计算表等。本条目只讨论第①种,即狭义的统计表。其余第②、③种见条目“调查设计”,第④种见有关指标计算的条目。

1. 统计表的结构:包括下述几方面:

(1) 标题:位于表的上端,扼要说明表的主题,必要时注明资料的时间及地点。

(2) 标目:有横标目、纵标目以及它们的总标目。横标目说明各横行数字的涵义,如表 1 内各年龄组的组段;纵标目说明各纵栏数字的涵义,如表 1 内的“人口数”、“死亡数”及“死亡率”。必要时,在横标目或纵标目上冠以总标目,如表 2 内的“急性组”、“慢性组”。标目的文字应简明,有单位的指标用括号注明单位,如年龄组(岁)、死亡率(1/10 万)。

表 1 某县 1972 年居民食管癌年龄别死亡率

年龄组(岁)	人口数	死亡数	死亡率(1/10万)
0~	378977	2	0.5
30~	63436	11	17.3
40~	54910	55	100.2
50~	41970	151	359.8
60~	25060	163	650.4
70~	10780	70	649.4
合计	575133	452	78.6

表 2 某医院急、慢性白血病患者血型构成

血型	急性组		慢性组	
	例数	百分比	例数	百分比
O	59	32.07	33	29.73
A	58	31.52	43	38.74
B	49	26.63	27	24.32
AB	18	9.78	8	7.21
合计	184	100.00	111	100.00

(3) 线条:表内线条除顶线、底线、纵标目下边以及合计上边的横线外,其余线条一般均省去,表的左上角不宜用斜线。

(4) 数字:表内一律用阿拉伯数字。同一指标的小数位数要一致,上下对齐,数字暂缺或无数字可用“…”或“—”表示。一般应将计算相对数的绝对数同时列出,以便读者了解和核算。

(5) 备注:一般不列入表内,必要时可用“*”标出,注在表下。

2. 制表要求:①简单明了,每表最好只有一个中心内容,表格的结构要简单,使人一目了然。②合理安排主语和谓语的位置。通常把主语——分析的事物,置于横标目,如表 1 内各“年龄组”;把谓语——所用的指标,置于纵标目,如表 1 内“人口数”等。将主语和谓语连起来,能读成一句话,如“0~岁组人口数为 378977,死亡数为 2,死亡率为 10 万分之 0.5”。

3. 统计表的种类:只按一个特征(亦称标志或标识)分组的统计表称简单表,如表 1 是按年龄一个标志分组的。按两个或两个以上标志结合起来分组的称复合表或组合表,如表 2 将血型和病型两个标志结合起来分组,可以分析不同病型患者的血型构成。

(凌瑞珠)

统计图

统计图是用点的位置、线段的升降、直条的长短或面积的大小等来表达统计资料的一种形式。它可以把资料所反映的趋势、多少、分布、动态和现象之间的数量关系等形象地表现出来,便于分析和比较。常用的统计图有条图、百分条图、圆图、线图、半对数线图、散点图、直方图、多边图和统计地图等。

绘制统计图须注意以下各点:①图形应适合资料的性质;②有简明扼要的标题;③有纵、横标目,需要时注明单位;④标明尺度,纵轴尺度自下而上、横轴尺度自左至右,一律由小到大;⑤需要时用图例注明;⑥除圆图外,图形长宽之比一般以 7:5(或 5:7)左右为宜。

条图 以等宽长条的长短来表示指标数量的大小,用于性质相似的不间断性资料的比较。有单式条图如图 1,复式条图如图 2,分段条图如图 3。可以绘直式,如图 2、图 3,也可绘横式,如图 1。绘制时,各长条要有共同的基线,不能用圆弧作基线。表示指标数量的尺度必须从零