

普通高等学校运动人体科学专业教学用书
2006年北京市教委运动人体科学学科可持续发展项目资助
(pxm 2006-014206-017503)

YUNDONGRENTIKEXUEYANJIUZHONGDE
SHUJUCHULIYUFENXI

运动人体科学研究中的 数据处理与分析

崔玉鹏 编著

北京体育大学出版社

普通高等学校运动人体科学专业教学用书

2006 年北京市教委运动人体科学学科可持续发展项目资助

(pxm 2006 - 014206 - 017503)

运动人体科学研究中的 数据处理与分析

北京体育大学出版社

策划编辑 李 建
责任编辑 曾凡容
审稿编辑 李 飞
责任校对 雷 蕾
责任印制 陈 莎

图书在版编目(CIP)数据

运动人体科学研究中的数据处理与分析/崔玉鹏编著. -
北京:北京体育大学出版社,2009.6
ISBN 978-7-5644-0012-5

I. 运… II. 崔… III. 人体运动-人体学-数据处理
IV. G804

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 158377 号

运动人体科学研究中的数据处理与分析

崔玉鹏 编著

出 版 北京体育大学出版社
地 址 北京海淀区信息路 48 号
邮 编 100084
邮 购 部 北京体育大学出版社读者服务部 010-62989432
发 行 部 010-62989320
网 址 www.bsup.cn
发 行 新华书店总店北京发行所经销
印 刷 北京市昌平阳坊精工印刷厂
开 本 787×1092 毫米 1/16
印 张 23.25

2009 年 6 月第 1 版第 1 次印刷

定 价 46.00 元

(本书因装订质量不合格本社发行部负责调换)

序

科学的数据处理与分析是人类发现自然规律的一把“利剑”，运动人体科学的研究也不例外。为了提高运动人体科学及其相关专业的工作者、学生、教练员或对运动人体科学感兴趣的人员对数据资料的产生和处理过程的认识，增强科学研究中对数据资料的处理与分析能力，满足运动人体科学研究人员的需求，与国际接轨，产出高水平的科学研究成果，以及培养严谨的科研态度与思维方式，编写了《运动人体科学研究中的数据处理与分析》一书。本书可以作为运动人体科学专业的研究生、本科学生的教材或者辅助教材，教练员、运动员以及体育科学研究人员的辅助读物。

本教材突出了以下三个方面的特点：1. 实例丰富，所有重要的概念、方法和理论都通过实例反复说明，形象生动，易于理解；2. 与运动人体科学研究紧密结合，能够将统计学思想与运动人体科学专业的具体研究内容密切结合的书少见，本书突出了这个特点；3. 通俗易懂，深入浅出，以统计思想为主，尽量减少数学相关内容，避免了将数据处理与分析的思想和方法写成“以数学原理为主的数学教科书的翻版”的问题。全书内容包括八章三个部分，基本上是按观察研究或实验研究的程序进行安排的，即第一部分是数据的产生，第二部分是数据资料的组织，第三部分是从数据资料中得出结论。

由于编写时间和水平所限，本书难免有不足之处，敬请使用者提出宝贵的意见和建议，以使本书进一步完善。衷心希望本书能够成为广大运动人体科学专业的同学和工作者的良师益友，并在运动人体科学研究的实践中起到应有的作用。

崔玉鹏

2008年7月28日于北京

目 录

导 论	1
I 数据的产生	4
第1章 抽样方案	5
教学目标	5
相关概念	5
1 抽样的基本要素	5
2 单纯随机抽样 (Simple Random Sampling, SRS)	10
3 一个样本反映出的总体信息	15
4 可信的声明	23
5 现实生活中抽样碰到的问题	28
6 更多抽样设计方案	35
7 数据资料的道德规范	41
本章小结	45
复习题	45
撰写项目	46
参考文献	47
第2章 实验研究	49
教学目标	49
相关概念	49
1 做实验的目的	49
2 随机对照实验设计	55
3 实践中的实验	61
4 其他的实验设计方案	66
5 公共政策实验研究	69
6 伦理观和实验研究	73
本章小结	79
复习题	79
撰写项目	80
参考文献	81
第3章 测量实施	84
教学目标	84

相关概念	84
1 测量的有效性和无效性	85
2 测量的精确与不精确	91
3 测量的比例尺 (刻度尺)	95
4 数字的误导	98
本章小结	105
复习题	105
撰写项目	106
参考文献	107
II 数据资料的组织	109
第4章 描述数据资料的分布	110
教学目标	110
相关概念	110
1 展示数据资料	110
2 显示分布	123
3 测量中心点或者平均值	134
4 测量扩展范围或者是变异性	139
5 正态分布	148
本章小结	158
复习题	159
撰写项目	161
参考文献	161
第5章 理解相关关系	162
教学目标	162
相关概念	162
1 二维表格	163
2 散点图和相关关系	173
3 因果关系问题	185
4 回归和预测	192
本章小结	200
复习题	200
撰写项目	203
参考文献	204
III 从数据资料中得出结论	205
第6章 概率: 机会的语言	206
教学目标	206

相关概念	206
1 什么是概率	207
2 处理机会	215
3 通过模拟发现概率	220
4 彩票抽奖的期望值	226
本章小结	231
复习题	232
撰写项目	234
参考文献	234
第7章 推断：令人信服的结论	235
教学目标	235
相关概念	235
1 有把握的估计	237
2 比率和平均值的置信区间	243
3 统计学上的显著性	250
4 比率和平均值的显著性检验	257
5 对统计学显著性的理解	264
本章小结	268
复习题	268
撰写项目	269
参考文献	270
第8章 统计方法在实验中的应用	272
教学目标	272
相关概念	272
1 实验设计与实验的统计设计	272
2 简单比较实验	281
3 单因素实验设计：方差分析	301
本章小结	331
复习题	331
撰写项目	341
参考文献	342
附录1 随机数字表	344
附录2 正态分布的百分位数	346
附录3 正态分布的临界值	350
附录4 t 分布的百分位数	351
附录5 χ^2 分布的百分位数	353
附录6 F 分布的百分位数	355

导 论

什么是统计学?

统计学就是从数字资料中获得相关信息的科学。统计的目的是为了获得对数据的理解。数据是由一些数字组成的,但是它们并不是“单纯的数字”。数据是有上下文背景的一些数字。例如,单纯的数字8本身并不能够传递任何信息,但是如果我们听到一个朋友的新生儿在出生时体重达到8斤,我们就会向孩子的妈妈祝贺生了一个8斤重的健康宝宝。这种上下文背景将数字与我们的相关知识联系起来,并使我们做出正确的判断。我们都知道一个体重达到8斤的新生儿是相当大的一个婴儿,然而对于一个婴儿来说,体重8两或者是8公斤也都是不太可能的事情。因此,上下文的背景使这个数字拥有了信息意义。

因为数据是具有上下文背景的数字,所以在我们对数据进行统计时就不仅仅意味着对数字的操作。同时,我们也希望读者在阅读本书的过程中,不是仅仅计算,而是有更多的思考。如果人们希望统计学是一个充满秘诀的“又一个数学课程”的话,其结果是令人很不舒服的。这是因为,统计学并不是数学(尽管探寻统计学的奥秘将用到数学的基础知识)。因此,请大家放松并动脑筋去探寻统计学的奥秘。

统计观念和技术是人们长期与不确定数据资料进行斗争的过程中才逐渐出现和形成的。几乎是在两个世纪以前,天文学家和一些观测者面对将许多观测结果结合起来的问题,尽管他们非常细致小心,但是这些结果还是没有准确地相互匹配。于是,他们处理数据资料变异性的能力产生了最早的统计技术。随着社会科学在19世纪的产生,旧的统计观念不断被变革,新的统计观念被创造出来以描述整个自然界、社会和个体的变异性。生命科学中有关遗传学和可变群落的研究进一步推动了统计学的发展。在20世纪的上半个世纪,终于诞生了为了产生数据资料的统计设计和基于概率论的有效推理。到20世纪中期,统计学作为一个新的学科诞生了。由于各个研究领域越来越重视数据资料,并逐渐认识到数据资料的变化是不可避免的,因此统计学就成为解决这一问题的核心智力方法。每一位受过教育的人都应该熟悉统计推理。通过对本书的阅读将使您能够熟悉统计推理过程。

为什么要学习统计学呢?

我们为什么要学习统计学呢?其原因很简单,因为我们需要它,我们使用它。随着人类社会的迅速发展,数字资料的使用在越来越多的行业与工作中变得更加普遍,例如,在国民营养状况的调查、新药品的生产与推广、体育彩票的发行、体重指数与糖尿

病发病率相互关系中等等，可以说数字资料已经渗透到老百姓的日常生活中。运动人体科学作为体育与医学以及生理学、生物化学、解剖学、心理学、生物力学等学科的交叉学科，近年来在我国迅速发展起来。经济的腾飞、生活条件和生活质量的改善使人民更加关注自己的身体健康，如何降低糖尿病、心脑血管疾病等一系列老年性“富贵病”的发病率成为广大人民群众越来越关注的焦点问题；另一方面，随着现代奥林匹克运动的迅速发展，特别是伴随着 2008 年北京奥运会的到来，针对竞技运动员的疲劳、恢复、营养补剂、心理调控、技术动作分析、甚至是运动装备的研究大量涌现。本书将就以下运动人体科学研究中的数据处理与分析的统计学问题进行探讨：

- ▶ 在 2005 年中国第二次国民体质监测公报中，成年人体质优秀率为 15.5%，不合格率为 13.2%。这个数字究竟是什么含义？政府又是如何得到这个信息的？（如果你我咱们都是成年人，那么你的体质是优秀？还是不合格呢？）官方的不合格率有多大的准确性？
- ▶ 研究指出，全球有 45% 以上的运动员在高原训练过程中受益。这些信息来自何方？准确吗？
- ▶ 医学实验研究告诉我们，有规律地补充阿司匹林可以有效地降低心脏病发生的危险性。为什么这些实验研究是令人信服的？补充阿司匹林的效果有多好？
- ▶ 为了缓解孕期恶心而补充药物“镇吐灵（Bendectin）”可以导致婴儿先天缺陷吗？吸烟会导致肺癌吗？在这两个事例中，证据都被称作是“统计学上的证据”。这是一种什么样的证据？为什么统计学上的证据有力地反对吸烟，而在反对药物“镇吐灵”方面却是无力的？
- ▶ 随着国家体育彩票和各种福利彩票的发行以及国外赌场数量的增加，更多的人由于误解了机率而损失金钱。“平均数法则”对于一名赌徒来说意味着什么？有没有一个系统能够在赌场赢钱或者使我们赢得彩票？
- ▶ 实验设计对于一款运动饮料功效的证实有那么重要吗？统计方法是由实验设计决定的吗？

应对不确定性

数据资料的变化。个人、动物和一切事物是变量。即使是针对同一个个体的重复测量也是一个变量。因此，基于数据资料得出的结论也是不确定的。统计学直接面对整个世界的变化和不确定性。统计推理过程产生的数据资料，其使用价值可以免受变异性和不确定性的破坏。它能够通过分析数据资料将系统模式的变化与始终存在的变异区分开来。尽管在现实世界中没有完全确定的事情，但是统计学可以得出不确定性很小的结论。更加重要的是，统计推理能够使我们知道结论存在多大的不确定性。

内容要览及学习指南

为了达到能够理解数据的含义并且恰如其分地处理与分析这些数据，将整个研究过程分为三个组成部分：

I. 数据的产生

II. 数据的组织与统计分析

III. 由数据得出结论

在本书的第一部分，我们将介绍为了能够得到好的数据资料而进行的统计学设计。这是由于，尽管抽样与实验中的许多观点是简单的和非数学的，但是它们却是一些统计学中最重要的概念。本书的第二部分提出为了探索数据资料所需要的一些图形与数字工具和策略。本书的第三部分致力于统计推断，并将进一步讨论实验设计与统计方法问题。推断是利用概率语言从数据资料中得出结论的过程，同时每个结论伴有一个正式的声明，说明我们有多大的把握保证这些结论是正确的。实验设计体现了统计思想，重复性、随机化和区组化是实验设计的三个基本原理。实验设计的基本原理是每个实验的重要组成部分，同时也是实验能够客观、准确并且有效地反映客观规律的基础。

本书上述的框架提纲支撑着有关数据资料、实验设计和机率推理的“血和肉”。本书审视国民体质监测结果、营养与健康调查结果、以人为研究对象的实验研究的道德规范、实验设计的类别及其统计方法、那些用数字误导我们的诡计、有关因果关系证据的微妙问题以及更多其他方面的知识。

阅读本书的目的应该表现在四个方面。第一，理解统计观念本身的内涵。其中关于数据资料和机率推理的思想观念是主要的智力收获，是值得关注的重要问题。第二，获得用钻研眼光对待数字论证的能力。当人们使用数字论据时，许多人会过分地轻信其结果，只是对少数几个外表稳固的数字产生深刻的印象，而不试图透过现象看到其论点的本质。有一些人过分地愤世嫉俗，他们认为数字天生就是骗人的，从不相信数字。数字形式的论点与其他的论点相同，一些是好的，一些是不好的，一些是无关紧要的。适度的强词夺理才能够使你坚持自己的观点而反对那些数字游戏的玩家。第三，能够理解统计观念对公共健康政策的影响，以及其他学术研究领域中的应用。第四，理解实验设计与统计方法的紧密关系。严谨的实验设计是生命科学研究的有力武器，而合理的统计分析是这个“武器”充分发挥威力的保证。

I 数据的产生

你可能想获得自己所感兴趣的事情的数据资料。例如，你可能想知道补充肌酸和蛋白粉，哪一个更能够促进肌肉的壮大；你也可能想知道成年人中肥胖的人有多少，其百分率是多少。那么怎样才能获得有帮助的数据资料呢？

为了回答上述问题，我们若在任何系统的数据资料情况下，就轻易给出答案，则是基于自己的经验或者经历得出了结论。例如，我们可能想（可能并不是真正想），自己在肌肉力量练习过程中补充蛋白粉取得了较好的效果，或者我们会回忆起一件深深埋藏在我们记忆之中的异乎寻常的事件，就是因为它的异乎寻常所以才会印象深刻，例如奥林匹亚健美先生手捧一桶肌酸的照片。但是，我们可能会忽略这样一个事实，那就是所有有关飞行的数据资料表明乘坐飞机相对开车是比较安全的一种交通方式。

回答上述问题一个好的策略就是去图书馆或通过因特网查找答案。在那里，我们可以找到大量的数据资料，尽管它们不是为了回答我们的问题而特意收集的，但是我们可以使用这些数据。例如，在“中国居民营养与健康状况调查报告之——2002 综合报告”中，包括了揭示我国成年人中有关肥胖的数据资料。通过这些数据资料，我们可以获得相关的信息，例如，有 7.1% 的成年人属于肥胖人群，总人数达到 6 000 多万；大城市成年人中肥胖人群所占比例明显高于农村。有时也可以通过发放问卷或者通过做实验来获得数据资料。

不论是使用他人获得的数据资料还是自己的数据资料，所获得的信息的品质好坏取决于数据资料质量的好坏。本部分将介绍如何鉴别数据资料的质量，以及产生好的数据资料的实验设计与统计设计，同时指出那些导致不可信数据资料的陷阱的存在。

第1章 抽样方案

教学目标

掌握调查研究中抽样的基本要素及单纯随机抽样方法；理解从一个抽样样本反映总体信息的统计学思想、样本与总体之间的相互关系和可信声明的内涵；了解现实生活中抽样碰到的问题；学会更多的抽样设计方案。

相关概念

总体 个体 样本 抽样列表 变量 单纯随机抽样 随机数字 参数 统计量
抽样分布 偏性 抽样误差 概率抽样

俗话说，“你不必吃掉整头牛后才知道这肉嚼不动。”这正是抽样的核心思想：通过调查一部分来获得整体的信息。那么，怎样才能够选择一个样本，并且这个样本能够代表整体的呢？

1 抽样的基本要素

下面是统计学家在讨论抽样时所用的一些专业词汇：

抽样专业词汇

总体——研究并从中获得信息的人、动物或事物的所有群体。

个体——总体中的任何一个成员。如果总体是人群组成的，通常将其个体称为受试者。

样本——总体的一个组成部分，也是真正进行研究并收集信息的对象，最终利用这些信息得出关于总体的结论。

抽样列表——个体名单，可以从中选择样本。

变量——个体的一种特性，可以测量样本中的个体特性。

值得注意的是，对总体的定义是从对信息的要求的角度而言。如果想要获得关于所有中国大学生的信息，那么即使只有一所大学的学生可以作为抽样的对象，研究的总体

仍然是所有中国大学生。为了使任何一个抽样样本结果都有意义,必须明确抽样样本是代表什么总体的。例如,国民体质监测监测了所有居民的体质状况,还是仅仅是市民的体质状况?是户口所在地居民的体质状况呢?还是仅仅是学生的体质状况呢?样本中的人群是由我们事实上已经掌握其信息的人构成的。如果体质状况监测没能将其包括在内,就没有成为样本中的一员。

总体与样本之间的差异是统计学的基础。下面的例子说明了这种差异,介绍了抽样的一些主要功能,同时也指出了对样本中每一个个体所检测的变量。但是这些例子中没有说明抽样列表。从理论上讲,抽样列表应该是一个包括总体中所有个体的名单。众所周知,获得这样一个列表是在抽样过程中遇到的众多实际困难中的一个。

例1 国民体质监测。2005年,中国国家体育总局等有关部委在全国开展第二次全国国民体质监测工作,天津市作为全国开展第二次全国国民体质监测的组成单位,于2005年4月~2005年7月在全市范围内开展此次监测工作。此次监测工作在18个区县全部展开,在各区县均建立监测点。监测内容包括体质检测和问卷调查两部分。天津市监测数据的可靠性、客观性和代表性是我国此次监测数据真实、准确、可靠的基础,对于全面科学分析研究我国国民体质现状具有重要意义。对于这个典型的国民体质状况监测:

总体:3~69周岁的天津市市民。

样本:天津市从市区和郊区选取的24 840人的检测对象。

个体:任何一位3~69周岁的天津市市民。

例2 中国居民营养与健康状况如何?国民营养与健康状况是反映一个国家或地区经济与社会发展、卫生保健水平和人口素质的重要指标。良好的营养和健康状况既是社会经济发展的基础,也是社会经济发展的重要目标。我国曾于1959年、1982年和1992年分别进行过三次全国营养调查。近10年来,我国社会经济得到了快速发展,一方面为消除营养缺乏和改善居民健康提供了经济、物质基础,另一方面也带动了膳食结构、生活方式和疾病谱的变化。为及时了解居民膳食结构、营养和健康状况及其变化规律,揭示社会经济发展对居民营养和健康状况的影响,为国家制定相关政策、引导农业及食品产业发展、指导居民采纳健康生活方式提供科学依据,2002年8月~2002年12月,在卫生部、科技部和国家统计局的共同领导下,由卫生部具体组织各省、自治区、直辖市相关部门在全国范围内开展了“中国居民营养与健康状况调查”。该项调查在全国31个省、自治区、直辖市的132个县(区、市)共随机抽取71 971户(城市24 034户、农村47 937户):

总体:所有中国家庭。请注意这里的个体是指家庭,而不是个人或者家人。一个家庭包括了所有分享同一个生活区域的所有的个体成员,而不考虑他们之间是怎样的相互关系。

样本:随机抽取的71 971个家庭。

个体:任何一个中国家庭。

例3 运动饮料市场研究。市场研究是人们设计用来发现消费者对产品的选择和使用情况的研究。市场研究的一个例子是美国可口可乐公司对其产品在北京市超市中销售

情况进行的研究。可口可乐公司在北京市随机选取了100家超市，对其各种运动饮料的销售情况进行调查和统计。根据这个研究结果，可口可乐公司将对其运动饮料的生产和销售策略做出相应的调整。对于可口可乐公司对其产品销售情况的调查研究：

总体：北京市所有的超市。

样本：可口可乐公司在北京市选取的100家超市。

个体：任何一家北京的超市。

例4 青少年儿童体质与健康的调查和研究。目前，关于我国青少年儿童体质与健康的调查和研究很多。由教育部、卫生部、国家体育总局、科技部、国家民委等五部委每5年组织一次青少年儿童体质与健康的调查和研究，1985年~2005年共组织了5次。其中，2005年共调研6~22岁大、中、小学生383 216人。

总体：我国6~22岁所有的大、中、小学生。

样本：2005年参与调研的383 216名6~22岁大、中、小学生。

个体：任何一位我国6~20岁的大、中、小学生。

抽样还有许多用处，其中的一些近乎稀奇古怪。例如，美国一家电台由于播放一首歌曲而欠下歌曲作家的一份版税。一个名为ASCAP的作曲家组织为其所有成员收回了这些版税，ASCAP是通过向电台收取准许费实现这一目的的，也就是购买其组织中成员的歌曲的版权。在ASCAP的目录中有400万首歌曲，因此每年收到的准许使用费就高达4亿2000万美元。ASCAP是如何将这笔收入在它的成员中间进行分配的呢？方法很简单，就是通过抽样。ASCAP每年在全国各地电台播出的5300万小时的歌曲节目中录制大约6万小时的录音带。然后，这些录音带被运送到纽约，在那里专业的琐事专家将对这些录音带进行收听，并记录抽样中每首歌曲播放的频率，当然这些专家都能够迅速识别所有这400万首歌曲。对这个样本中歌曲的计数被用作在作曲家之间分配版税收入的依据，那就是作曲家分配份额的大小取决于他们的歌曲播放的频率高低。尽管抽样（调查）通常是隐藏在背后，但是它已经被广泛地应用于包括运动人体科学等诸多领域的研究中。

为什么要抽样呢？

为什么仅审视整体中的一个部分呢，而不是对整体进行调查？

（人口）普查

一项（人口）普查是一个包括整个人口的样本。

例如，美国的宪法要求美国政府每10年要进行一次人口普查。如果人口数目巨大，那么进行一次人口普查的花费是巨大的，并且需要一段很长的时间。即使是能支付一次人口普查的联邦政府也使用了像CPS（Current Population Survey, CPS）这样的样本，以便能够向人民提供有关就业和许多其他变量的适时数据资料。如果政府向这个国家的每一个成年人询问其就业情况，那么有关该月的失业率的信息不能在下一个个月获得，而是

到明年才能够获得。我国也是大约每隔 10 年进行一次全国人口普查，平时更多的是采用抽样调查数据推算。

还有一些原因说明我们为什么选择一个样本而不是整体调查。假如你在检验烟火或者电源开关的保险丝，样本中的个体将被破坏。显然，不可能将所有的烟火或者保险丝破坏掉以获得相应的数据资料。另外，一个较小的样本通常可以产生相对普查更加准确的数据资料。列出一个细致的样本的零件清单肯定要比要求工作人员逐一清点仓库中 50 万件零件的普查得出一个更加准确的结果。其原因就是当人感到厌烦时不会准确地计数。

事实上，对于人口普查的一个更加严谨的定义是“试图将整个人群作为一个样本。”据美国人口普查局估计，1990 年的美国全国人口普查丢失了 1.8% 的美国人口。这些丢失的人口包括一个估计占黑人人口 4.6% 的人口数，他们绝大部分生活在内地城市中。即使有政府的资源作保障，一次人口普查也可能出现错误。那么究竟为什么要进行人口普查工作呢？这是因为人口普查可以提供关于大到整个国家，小到每一个街道的人口详细信息；可以为国家的经济发展和人口计划提供重要的信息。

如何进行有缺陷的抽样

我们必须进行抽样，并对样本进行研究。进行有缺陷的抽样显然要比完好的抽样容易。例如对几筐桔子进行抽样，可以从每筐中选择一些桔子作为样本进行检查以确定桔子的质量好坏。显然，从每筐的最上面选择几个桔子进行检查是容易的，但是这些桔子并不一定能够代表整筐桔子的质量，那些在筐底的桔子通常在运输中会受到损害。一旦桔子供应商知道了选择样本的方法，一定会将腐烂的桔子放在筐的底部，而将一些好的桔子放在上面。如果仅从上面抽样，那么抽样结果是存在偏性的——样本中的桔子一致地比其所应该代表的整体好。

存在偏性的抽样方法

一个统计研究的设计方案如果只有利于某个特定的结果，那么它就是**存在偏性的设计方案**。

在抽样过程中，对总体中任何一个个体的选择是通过最容易的方法得到的，这种抽样被称为**便利抽样方法**。

一个自愿响应抽样是自愿选择自己作为对一个共同性要求的回应。信函或者电话民意调查是**自愿响应抽样方法**的例子。

便利抽样样本和自愿响应抽样样本通常是存在偏性的。

例 5 健身房里的访问。上面对桔子进行抽样的方法是便利抽样方法的一个例子。健身房里的访问是另外一个例子。一些研究人员和学生常常在健身房通过访问顾客的方式收集与运动健身相关的思想观念和消费观念的信息。在健身房抽取一个健身者样本人群是很快而且不需要花费很多的事情。但是在健身房所接触的人并不是整个国家人口的

代表。他们往往是比较富裕的人群，或者是有积极健身观念的年轻人。另外，调查者也倾向于在健身人群中选择那些看上去穿着比较得体的个体进行调查。健身房抽样样本是存在偏性的，他们过分突出代表了整个人口的某些部分人群（富人、有积极健身观念的年轻人），而不能够代表其他人群。这样一个便利样本中的人群的观点可能与整个人口的观点完全不同。

例6 信函民意调查。美国专栏编辑 Ann Landers 曾经询问她的《建议》栏目的读者一个问题，“假如你不得不再做一次选择的话，你将选择要孩子还是不要孩子？”Ann Landers 收到将近 1 万份答复，几乎有 70% 的人的回答是“不要！”那么目前有 70% 的父母后悔要了孩子是事实吗？完全不是这样。这是一个典型的自愿响应抽样样本。那些对这个问题有深刻感受的人，特别是那些持否定态度的人们更有可能不厌其烦对此作出回应。由此可见，Ann Landers 的调查结果存在了严重的偏差，那就是在她的调查样本中，不愿要孩子的父母所占百分率远远高于在美国所有父母中不愿要孩子父母所占的百分率。

信函和电话民意测验几乎注定将导致严重的偏差结果。事实上，仅仅有大约 15% 的公众曾经对电话访问做出过回应，这些人中间的许多倾向于通过拨打电话的方式来参加电台交谈栏目的节目。这样的抽样样本并不是作为人口总体的一个代表性的样本。

练习 1

1.1 一位运动医学专家想知道在成年女运动员中缺铁性贫血的发生率有多高。她从当地的体育局中获得了 520 名成年女运动员名单，然后从这些女运动员中随机选取了 100 名成员进行检测。结果只有 96 名女运动员参加了检测。在此项研究中，总体是什么？抽样范围是什么？抽样样本是什么？

1.2 不同运动项目的运动员在运动训练和比赛中发生损伤的部位和类型存在着差异。对网球运动感兴趣的一位学生想研究网球运动员在比赛和训练过程中的损伤状况。她从国家青年网球运动队中随机选取了 30 名运动员进行调查研究；记录每一位运动员的伤病情况。在本研究中，总体是什么？抽样样本是什么？检测了哪些指标？

1.3 一家健身俱乐部想在某社区开办一家新的连锁店，但不知道该社区居民对于参加健身俱乐部进行健身的接受程度。于是该健身俱乐部在此社区随机选取了一个由 500 名居民组成的样本，并通过问卷方式对这些居民进行了调查。健身俱乐部的调查有意义吗？其抽样样本是什么？总体是什么？

1.4 美国迈阿密的警察局想知道迈阿密当地的黑人居民对警察服务的态度。一位社会学家准备了几个有关警察的问题。有关组织者从迈阿密主要的黑人居住区中选择一个抽样样本，这个抽样样本由 300 个邮政地址构成。然后调查人员拜访每一个邮政地址上生活的家庭或机构中的一位成年人，并提出相应的问题。本研究中总体是什么？抽样样本是什么？个体是什么？

1.5 女人与爱。1987 年，美国作家 Shere Hite 出版了一本畅销书，书名是《女人与爱》。Hite 在不同的女性人群中发放了 100 000 份调查问卷，询问有关爱、性和男人与女人相互关系的问题。她就是基于返回的这 4.5% 的调查问卷写出了此书。那些回复

的女人都是对男人感到厌烦的，并且急切地想与他们打一仗的女人。例如，91%的离婚女人都说是她们自己引发了离婚。结果女人对男人的愤怒成为了该书的主题。

解释为什么 Hite 的抽样方法是存在偏性的。在所有的离婚女人当中，她们自己引发了离婚的女人所占的百分比 91% 是高或是低？为什么？

2 单纯随机抽样 (Simple Random Sampling, SRS)

存在缺陷的抽样是容易的，完好的抽样要求更加谨慎小心。在便利抽样和自愿响应抽样中存在的偏性是由于人们对个体的选择上有问题。统计学家对这种偏差的补救措施是消除人为的选择过程，让非个人的客观机会代替人为过程来选择样本。这样的抽样结果就是一个单纯随机抽样。单纯随机抽样的本质观点是抽样列表中每一个个体被抽到而成为样本的机率与其他任何一个个体都是相同的。下面就是其完整的定义：

单纯随机抽样

一个容量是 n 个个体的单纯随机抽样是一个含有 n 个个体的样本，其中的 n 个个体的选择是通过以下方式实现的：在抽样列表中 n 个个体中的每一个被选择的机率相同。（我们将使用 n 作为一个样本中个体数目的速记形式。）

将单纯随机抽样缩略为 SRS。由上述内容可以看出，SRS 的定义并没有对任何一个样本进行描述，取而代之的是它描述了选择样本的方法。如果让每一个容量是 n 的可能抽样样本成为实际选择的抽样样本的机率都相同，那么通过这种方法获得的抽样样本就是一个 SRS 样本。这样的抽样方法相对便利抽样方法有一个明显的优点，那就是公平或者说是没有偏性。不论是富人还是穷人、黑人还是白人、年轻人还是老年人，都有相同的机会成为一个 SRS 样本的一部分。我们也许由于运气不好而在一个 SRS 样本中拥有过多的富裕的老年人的黑人，但是这种选取样本的方法本身并不存在任何偏性。这是 SRS 非常重要的一个特性：那就是尽管不能够保证这样的样本代表了整个人口的意愿，但是至少是一种公平的方法来选取样本。

为了能够进一步理解 SRS 的思想观点，我们可以想象从帽子中抽取人名的抓阄过程。在每一张相同的标签上写下抽样列表中每一个个体的名字，将标签放入帽子并充分混合，然后随意从中抽取一个。如果帽子中的标签真正完全混匀了，那么其中任何一个标签被抽中的机率是相同的。抽取的标签上所写名字对应的人就是 SRS 一个个体。抽取的标签不要放回。帽子中每一个剩余的标签被抽到的机率仍然是相等的。抽了 2 个标签，也就有了一个容量为 2 的 SRS。事实上，任何 2 个标签都与现在抽到的这 2 个标签拥有相同的被抽到的机率。要想得到一个容量是 n 的 SRS，就继续抽取标签一直到有了 n 个标签为止。最终标签上所写名字对应的 n 个个体就是一个容量为 n 的 SRS 样本。

上述在帽子里抓阄的例子形象生动地说明了给予每一个个体以及由 n 个个体组成的每一个可能的组合相同的被抽取的机率的含义，这就是 SRS 的思想理念。但若使用从