



## 总序

统计学是有关如何测定、收集和分析反映客观总体数量的数据，以便给出正确认识的方法论科学。随着社会经济的发展和科学技术的进步，统计应用的领域越来越广，统计已经成为人们认识世界不可或缺的重要工具。

现代统计学可以分为两大类：一类是以抽象的数量为研究对象，研究一般的收集数据、分析数据方法的理论统计学；另一类是以各个不同领域的具体数量为研究对象的应用统计学。前一类统计学具有通用方法论的理学性质，其特点是计量不计质；后一类统计学则与各不同领域的实质性学科有着非常密切的联系，是有具体对象的方法论，因而具有复合性学科和边缘学科的性质。所谓应用，既包括一般统计方法的应用，也包括各自领域实质性科学理论的应用。经济与管理统计学是以社会经济数量为对象的应用统计学。要在经济和管理领域应用统计方法，必须解决如何科学地测定经济现象即如何科学地设置指标的问题，这就离不开对有关经济现象的质的研究。要对经济和管理问题进行统计分析，也必须以有关经济和管理的理论为指导。因此，经济与管理统计学的特点是在质与量的紧密联系中，研究事物的数量特征和数量表现。不仅如此，由于社会经济现象所具有的复杂性和特殊性，经济与管理统计学除了要应用一般的统计方法外，还需要研究自己独特的方法，如核算的方法、综合评价的方法等。

从历史和现状看，我国统计学专业的办学也有两种模式：一是强调各类统计学所具有的共性。这种模式主要培养学生掌握通用的统计方法和理论。它肯定统计学的“理学性质”，按照理学类学科的特点设置课程，概率论和各种数理统计方法等通用的统计方法论在课程中占有较大分量。其培养目标是具有良好的数学基础、熟练掌握统计学基本理论与各种方法，同时有一定的专门领域的知识，能够适应各个不同领域的统计工作和统计研究的统计人才。二是强调各类统计学的个性，对于经济与管理类统计学来说，就是强调其与经济学和管理学等其他学科的密切联系，按照经济与管理类学科的特点设置课程，除统计学本身的专业课外，经济管理类的课程占相当大的比重。其培养目标是所谓的“复合型人才”，即具有坚实的经济与管理理论功底，既懂数理统计方法又懂经济统计方法，并能熟练掌握现代计算手段的经济与管理统计人才。这种人才既是统计人才又

是经济管理人才，不仅能胜任基层企事业单位和政府部门的日常统计业务，而且能从事市场调查、经济预测、信息分析和其他经济管理工作。上述两种办学模式，各有特色，同时也各有一定的社会需求。从我国的国情看，现阶段后一种模式培养的人才市场需求要更大一些。应该根据“百花齐放，百家争鸣”的方针，允许多种办学模式同时并存，由各院校根据自己的特色和市场对有关人才需求的大小，自主选择合适的办学模式。

为了更好地满足新世纪对统计人才的需要，无论是理学类统计学专业还是经济管理类统计学专业都有一个如何面向未来、面向世界、加强自身建设、更好地与国际接轨的问题。但是，这两类专业培养目标不同，知识体系也有相当大的差异，难以完全统一或互相取代。2003年11月，教育部高等学校统计学专业教学指导分委员会在厦门召开年会，会上各方面的专家达成共识，为了促进统计学的学科建设和发展，有必要按授予学位的不同，分别制定指导性的教学规范。2004年1月，全国经济与管理类统计学专业的部分专家和学者在天津财经学院讨论了《统计学专业教学规范（授经济学学士学位）》征求意见稿，对初稿进行修改与补充，又经过教育部高等学校统计学专业教学指导分委员会研究和审定，最终形成了正式的教学规范（以下简称新规范），并已上报国家教育部。

根据新规范的设计，经济管理类统计学专业应开设的统计学专业主干课程包括以下10门：①统计学导论；②数理统计学；③应用多元统计分析；④应用时间序列分析；⑤应用抽样技术；⑥计量经济学；⑦国民经济统计学；⑧企业经营统计学；⑨证券投资分析；⑩货币与金融统计学。为了进一步提高统计教材的质量，更好地满足新世纪培养经济管理类统计人才的需要，我们成立了经济与管理类统计学系列教材编委会，组织全国高校同行分工协作，根据新规范设计的课程体系和教学内容，编辑出版一套经济与管理类统计学系列教材。本系列教材比较适合作为高等院校经济与管理类统计学专业的教材，其中《统计学导论》和《计量经济学》还可作为一般经济与管理类专业的核心课程教材。

参加本系列教材建设的有厦门大学、西南财经大学、天津财经大学、上海财经大学、浙江工商大学、山西财经大学、湖南大学、西安财经学院、南开大学、东北财经大学、中南财经政法大学、暨南大学、华东师范大学、江西财经大学、山东工商学院、复旦大学等10多所院校的教师。本系列教材实行主编负责制，担任主编和主审的老师都是曾经主编和出版过相关统计教材的国内知名教授，不仅具有一线教学的经验，而且对相关学科的发展趋势和学科前沿也比较熟悉。本系列教材的编写，力求体现以下特点：

（一）与时俱进，构建与培养目标相适应的教学内容体系。

教材建设的关键在于构建与培养目标相适应的教学内容体系。为此，要根据时代的发展，不断补充和引进新的教学内容。作为新世纪经济管理类统计专业的教材，不能只是简单地向理学类统计专业的教学内容靠拢，而应该根据自身的特点，努力贯彻“少而精”和“学以致用”的原则。在大胆吸收国外优秀教材特点的基础上，对原有的体系重新进行整理和完善，既适当增加一些在经济社会分析中有良好应用前景的数理统计理论与方法的内容，又适当增补经济社会统计方面的最新进展。同时删除过时的和不再适用的内容。尽可能做到既反映本门学科的先进水平，又比较简明易懂，便于教学。

(二) 统筹兼顾, 防止低水平重复, 发挥系列教材的整体功能。

适应未来需要的经济管理类统计人才必须掌握多方面的知识和能力, 各种知识是相互联系的, 各门课程在内容上难免有所交叉。为了提高学习的效率, 更好地发挥系列教材的整体功能, 在编写本系列教材的过程中, 我们作了必要的协调和适当的分工, 尽可能做到统筹兼顾, 防止低水平重复。同时, 本系列教材采用相同的版式、体例和统一规范的学术用语。

(三) 与计算机结合, 培养学生的动手能力。

为了提高学生运用统计方法解决实际问题的能力, 本系列教材的编写注意与计算机的紧密结合。本系列教材中统计方法类的教材均根据教材的内容, 结合常用的计算机统计软件, 并给出相应的案例和数据。从而使学生不仅可以从中学习统计学理论和方法, 而且可以实际上机操作, 培养实际动手的能力。

(四) 编写体例新颖, 提高学生学习的兴趣和效率。

为了便于师生教学互动, 提高学生学习的兴趣和学习效率, 本系列教材在编写体例上也作了一些新的尝试。各章开篇有内容要点和教学要求提示, 章末附有小结, 对有关教学内容和计算公式作扼要的总结。教材中尽可能使用本国的真实数据作为案例。各教材的“思考与练习”部分不设一般常见的名词解释型的简答题和论述题, 而是通过判断题、选择题、计算题和有趣味的思考题, 来帮助学生掌握有关概念和计算方法。为便于学生自学, 同时又为其留有独立思考和独立完成作业的余地, 各教材均给出编号为奇数的习题的详解。

(五) 配套出版教学课件和光盘, 便于教师组织教学。

本系列教材在出版纸质出版物的同时配套出版相应的光盘。内容包括: 用 Power Point 制作的教学课件, 教材中有关案例的数据, 常用的统计表, 编号为奇数的习题的详解等。

经济与管理类统计学专业系列教材的建设是一个复杂艰巨的系统工程, 完成这一工程需要全国统计教育工作者的共同努力。感谢参与本系列教材编写的全国各高校的专家和学者, 感谢为本系列教材的出版提供帮助的科学出版社的领导和编辑。衷心祝愿大家的辛勤劳动能够结出丰硕的果实, 能够为我国统计学的普及和提高做出更大的贡献。

曾五一

2006年1月于厦门





# 第三版前言

作为普通高等教育“十一五”国家级规划教材,《应用抽样技术》于2007年8月由科学出版社首次出版发行,于2010年8月再版,以其“内容全面、体系完整、条理清晰、简明扼要、易教易学”的特点而深受全国众多高校选用者的欢迎和肯定。为了更好地满足教学需要,现对第二版教材进行了适当的修订并补充了习题,作为第三版予以发行。

抽样技术(或者称为抽样调查、抽样法等)是本科统计学专业的核心课程之一,也是经济管理类专业的重要课程之一,目前开设这门课程的高校越来越多。然而,抽样技术课程由于内容丰富、概念繁多、数学基础要求较高而有点“令人生畏”,其教学难度显然比其他统计学课程大,因此学生普遍反映比较难学,有些教师也觉得难教。因此,如何编写一部易教易学的教材成了问题的关键。我们认为,一部好的教材一定要有清晰的架构,紧扣要点,层次分明,全而不乱。正是基于这样一个目的,我们按照“一个主题概念、两条基本主线、三个主要关系、四方面关键技术和五点补充内容”的架构来安排《应用抽样技术》的内容。

所谓一个主题概念就是“什么是抽样技术”,包括抽样技术和抽样调查的定义、分类、特点和作用等,重点是抽样调查与其他统计调查、概率抽样与非概率抽样的区别。所谓两条基本主线就是如何获取样本和如何估计总体,前者突出各种抽样方法和抽样方式的特点,后者强调估计量的性质和选择原则。所谓三个主要关系就是总体、样本与单位的关系,调查变量与辅助变量的关系,抽样精度与概率保证程度的关系,理清这三方面的关系对于科学设计抽样方案十分重要。所谓四方面关键技术就是抽样设计技术、误差分析技术、估计量构造技术和方差估计技术,它们构成了抽样技术的基础,也成为了教材的主要内容。所谓五点补充内容就是交叉子样技术、双重抽样技术、样本轮换技术、敏感性调查技术和非抽样误差分析,它们是对抽样技术的进一步拓展和深化。可以说,本教材的十一章内容比较好地体现了上述意图,通过有限的篇幅准确、清晰地阐述

了抽样技术的完整内容。

为了增加教材的趣味性和可读性，本教材每一章后面都对某一位世界著名的抽样专家作了简介，读者也可以从中更好地了解抽样技术的发展历程。

李金昌

2014年10月



## 第一章

抽样技术概述 .....	1
第一节 什么是抽样技术 .....	1
第二节 抽样技术的产生与发展 .....	7
第三节 抽样技术的应用 .....	12
本章小结 .....	14
思考与练习 .....	15
著名抽样专家简介 .....	17

## 第二章

抽样技术基本概念 .....	18
第一节 总体与样本 .....	18
第二节 估计量与抽样分布 .....	23
第三节 抽样误差与置信区间 .....	27
第四节 样本设计 .....	31
本章小结 .....	33
思考与练习 .....	34
著名抽样专家简介 .....	36

## 第三章

简单随机抽样	37
第一节 抽样方式	37
第二节 总体均值与总体总值的简单估计	42
第三节 总体比例的简单估计	47
第四节 样本量的确定	50
第五节 子总体估计	55
本章小结	58
思考与练习	59
著名抽样专家简介	61

## 第四章

分层抽样	62
第一节 抽样方式	62
第二节 简单估计量及其性质	64
第三节 样本量的分配	68
第四节 样本量的确定	72
第五节 分层抽样设计效果分析	77
第六节 进一步讨论的问题	78
本章小结	85
思考与练习	86
著名抽样专家简介	89

## 第五章

比率估计与回归估计	90
第一节 问题的提出	90
第二节 比率估计	91
第三节 回归估计	99
第四节 分层比率估计与分层回归估计	103
本章小结	109
思考与练习	110
著名抽样专家简介	112

## 第六章

不等概率抽样 .....	113
第一节 问题的提出 .....	113
第二节 放回不等概率抽样 .....	115
第三节 不放回不等概率抽样 .....	120
本章小结 .....	132
思考与练习 .....	132
著名抽样专家简介 .....	134

## 第七章

整群抽样 .....	135
第一节 抽样方式 .....	135
第二节 群大小相等的整群抽样 .....	137
第三节 群大小不等的整群抽样 .....	142
第四节 估计总体比例的整群抽样 .....	147
本章小结 .....	150
思考与练习 .....	150
著名抽样专家简介 .....	153

## 第八章

系统抽样 .....	154
第一节 抽样方式 .....	154
第二节 等概率系统抽样的估计量及其方差 .....	161
第三节 估计量方差的样本估计 .....	164
第四节 进一步讨论的问题 .....	167
本章小结 .....	169
思考与练习 .....	169
著名抽样专家简介 .....	171

## 第九章

多阶段抽样 .....	172
第一节 抽样方式 .....	172

第二节	初级单位大小相等的二阶段抽样	174
第三节	初级单位大小不等的二阶段抽样	180
第四节	进一步讨论的问题	183
	本章小结	185
	思考与练习	186
	著名抽样专家简介	187

## 第十章

	其他抽样方法技术	188
第一节	样本轮换	188
第二节	双重抽样	192
第三节	随机化装置	195
第四节	交叉子样本	200
	本章小结	202
	思考与练习	203
	著名抽样专家简介	205

## 第十一章

	非抽样误差	206
第一节	非抽样误差构成	206
第二节	抽样框误差分析	208
第三节	无回答误差分析	218
第四节	计量误差分析	224
	本章小结	229
	思考与练习	229
	著名抽样专家简介	231

	主要参考文献	232
--	--------	-----



# 第一章

## 抽样技术概述

### 本章教学目的与要求

本章对抽样技术的含义、作用、产生历史和实际应用等作简要介绍，为以后各章的学习奠定基础。具体要求：①正确理解抽样技术的科学含义、基本分类和特点，对抽样调查的基本程序和作用有初步的认识；②对抽样技术产生与发展的历史有一般的了解；③对抽样技术的实际应用有大致的认识。

### 第一节 什么是抽样技术

#### 一、抽样技术的含义

众所周知，统计认识活动的一个重要环节是通过统计调查获取统计数据，然后再据以进行科学的统计分析。统计调查的技术有多种，其中应用最为广泛的技术就是抽样技术（sampling technique）。面对复杂的统计调查对象，抽样技术已广泛应用于社会、经济、科技、自然等各个领域，成为获取统计数据的最重要手段。抽样技术也早已成为现代统计学的重要组成部分，是 20 世纪人类最伟大的科学成就之一。

那么什么是抽样技术呢？最通俗的理解就是从统计调查总体（population）中抽取样本（sample）进行调查，获取数据，然后对总体数量特征作出推断的技术。很显然，抽样技术是一种非全面统计调查的技术。运用抽样技术所进行的调查称为抽样调查（survey sampling），从广义上说，一切非全面的统计调查都是抽样调查。例如，顾客买米时抓一把看看以判断是否干燥、饱满、洁白，学校通过召开部分同学的座谈会来了解教学情况，统计部门通过部分工业企业的产值资料来估计整个地区的工业增加值等，都属于抽样调查。在抽样调查中，抽样技术的运用主要有两个方面：抽取样本和估计总体。

根据样本抽取的方式不同，抽样可以分为两类：非概率抽样（nonprobability sampling）和概率抽样（probability sampling）。

### （一）非概率抽样

非概率抽样没有严格的定义，也称非随机抽样，是一种不按照随机原则、总体中各单位被抽中概率事先未知或难以确定的抽样，样本的抽取主要根据人们的主观判断或简便性原则来进行。非概率抽样主要有以下几种形式：

（1）随意抽样（haphazard sampling），也称任意抽样，即抽样者（通常是遵循简便性原则）随意地或任意地从总体中抽取样本。例如，实验人员从笼子里抓取最靠近笼门的小白鼠（而不是先对所有的小白鼠编号，然后随机抽取若干号码，再抓取相同编号的小白鼠）做试验，节目主持人从放在玻璃缸里的观众来信中信手抽取若干来信（而不是先对所有的观众来信编号，然后随机抽取若干号码，再挑出相同编号的来信）以选定获奖观众等，都属于随意抽样。利用已有的、但不完整的名册或号簿确定调查单位，在街口向过往行人进行调查，样本由自愿参加调查的人组成等，也属于这类情况。这种抽样的优点是简便易行、成本低，缺点是调查范围有时难以真正涵盖所有总体单位，样本的偏差有时会比较大会比较大，调查或推断的结论不具有一般意义。

（2）判断抽样（judgment sampling），也称有目的抽样（purposive sampling）或有代表性抽样（representative sampling），即抽样者根据自己的知识、经验和判断从总体中挑选出“典型的”或“有代表性”的单位来组成样本。例如，从所在区域抽取几家“规模中等、生产经营比较稳定”的企业来了解其能源消费状况，从社区中抽取几户“收入中等”的住户来了解其对某种产品的购买意向等，都属于判断抽样。这种抽样的优点是可以发挥有关人员的主观能动性和利用已有的有关信息，缺点是对于什么是选择有代表性单位的最好办法或如何决定哪些单位最具有代表性，没有统一的客观标准。

（3）定额抽样（quota sampling），也称配额抽样，即抽样者按照规定的定额获得一个在某些特征上与总体结构大致成比例的样本。它是先对总体按一定标志分类，并按比例分配每类应调查单位的定额，然后由抽样者在每类进行判断抽样。这种抽样最先由美国盖洛普咨询公司发明使用，目的是增进判断抽样的样本代表性。由于这种抽样有一定的科学性，因而在市场调查、民意测验等方面有较广泛的应用，但判断抽样存在的缺点它也同样难以克服。

（4）流动总体抽样（sampling of mobile population），也称“捕获—标记—再捕获”（capture-tag-recapture）抽样，即抽样者先从总体（如水库中的鱼）获取部分单位（如300尾鱼），加以标记后放回总体，过一段时间后再获取部分单位（如1000尾鱼），然后根据再获取单位中有标记单位的比例来推算总体的数量。这种抽样适用于事先对总体缺乏认识而调查单位又处于流动状态的研究对象。

如果运用得当，非概率抽样能发挥积极的作用。但非概率抽样有一个共同的致命缺点，那就是难以计算和控制抽样误差，难以保证推断的准确性和可靠性。

### （二）概率抽样

概率抽样也称随机抽样（random sampling），是一种以概率论和随机原则为依据来抽取样本的抽样，是使总体中的每个单位都有一个事先已知的非零概率（nonzero

probability) 被抽中的抽样。总体各单位被抽中的概率可以通过样本设计 (sample design) 来规定, 通过某种随机化 (randomization) 操作来实现。通常所说的、狭义上的抽样就是指概率抽样, 狭义上的抽样技术就是指概率抽样技术。常用的概率抽样方式有简单随机抽样 (simple random sampling)、分层抽样 (stratified sampling)、系统抽样 (systematic sampling)、整群抽样 (cluster sampling)、多阶段抽样 (multistage sampling), 将在以后各章分别介绍。

与非概率抽样相比, 概率抽样有以下一些特点:

(1) 样本的抽取遵循随机原则。所谓随机原则 (random principle) 就是样本的抽取排除了人的主观随意性或目的性, 调查对象总体中的每个单位都按照一定的、事先已知的概率被抽选, 也就是说总体中的任何一个单位都有机会被抽中。因此, 随机抽样的根本特点是总体中每个单位的入样概率事先已知或可以计算。它具有这样一些性质: 一是当把抽样方法应用于一个具体总体时, 能够被抽取的各个不同的样本集合是可以加以确定的。例如, 用简单随机抽样方式从由 A、B、C 三个单位组成的总体中抽取容量为 2 的样本, 三个可能的备选样本是 (A、B), (A、C) 和 (B、C); 二是每个可能被抽取的样本都被确定一个已知的被抽中的概率; 三是用一种随机的方法抽选所有可能备选样本中的一个时, 每个备选样本都有一个适当的被抽中的概率; 四是根据样本来估计总体时, 必须选择合适的估计量并加以说明, 对于任何一个具体的样本只能得到唯一的估计值。这里需要强调的是随机与随意 (或随便) 的区别, 随机有科学的含义, “随机”的结果可以用概率来描述, 而随意则更多地带有人的主观性, “随意”的结果难以用概率来表示, 两者的根本区别在于能否确保总体中的每个单位有事先可以计算和确定的非零概率被抽中, 这也是随机抽样 (概率抽样) 与非随机抽样 (非概率抽样) 的根本区别所在。例如在前述的抽取观众来信的例子中, 若事先对所有的观众来信进行编号, 然后通过随机化操作产生的号码来确定抽中的观众来信, 就属于随机抽样, 而由主持人直接从玻璃缸中抽取观众来信就属于随意抽样, 因为信封的大小、质感和在玻璃缸中的位置, 会影响到主持人的判断或偏好, 从而事实上不能使每封来信都有均等被抽中的机会, 每封信被抽中的概率也难以确定。

(2) 可以运用概率估计的方法对总体数量特征进行推断。抽样的目的是想通过样本提供的信息对总体数量特征 (或总体目标量) 进行估计或做出假设检验, 虽然样本的抽取是随机的, 样本是非唯一确定的, 以样本估计总体时并不存在确定的函数关系, 但样本与总体的关系可以通过抽样分布规律来描述。例如, 只要样本容量足够大, 样本均值就会充分接近总体均值, 样本均值的频率分布就会充分接近正态分布, 这就是通常所说的大数定律 (law of large numbers) 和中心极限定理 (central limit theorem)。因此, 我们可以根据样本与总体的这种内在联系关系, 运用概率估计的方法, 对总体数量特征做出具有一定概率保证程度的推断。例如, 我们经常以 95% 的概率保证对某市居民人均年收入的范围做出估计。当然, 这种推断是有风险的, 即有一定的可能性 (如 5% 的概率) 所做的推断是错误的。

(3) 抽样误差 (sampling error) 可以计算并加以控制。以样本统计值去估计总体数量特征, 不可能做到分毫不差, 必然会存在着估计误差, 即抽样误差, 这是由抽样调

查的非全面性和样本抽取的随机性所引起的。抽样误差的大小，反映了抽样调查效果的好坏，因此，我们总是希望能够知道抽样误差的大小并根据需要加以控制。概率抽样完全具备这一特点，因为运用同一方法反复从总体中抽取同样容量的样本，就能计算出由此产生的样本统计值的频率分布即抽样分布，就可以以该频率分布的方差或标准差作为衡量抽样误差大小的依据，就可以在以一定的概率保证估计总体数量特征的同时也可以控制抽样误差的范围。这一点是非概率抽样难以具备的，因为非概率抽样虽然也可以在一定条件下对总体进行估计，但样本与总体的内在关系难以描述，抽样误差当然也就难以计算和控制了。

还需要说明的是，概率抽样不同于等概率抽样（sampling with equal probability）。如前所述，概率抽样是指总体中的各单位都有非零概率被抽中，各单位被抽中的概率可以相等，也可以不相等。在实践中，绝大多数情况都以采用等概率抽样为主，当抽样单位大小不等时可能会采用不等概率抽样（sampling with unequal probability），要根据具体情况而定。

## 二、抽样调查的基本程序

抽样调查作为统计调查活动，有其一般的操作程序。一个完整的抽样调查过程，大致包括以下七个基本步骤：

(1) 设计抽样方案。这是抽样调查的开始阶段，也是影响抽样调查全局的重要阶段。抽样方案是抽样调查的指导纲领和总体思路，必须认真对待，精心设计。在抽样方案中，首先需要明确调查的背景、主题和目的，然后对调查对象总体与调查单位、调查内容、抽样方式、估计方法、调查时间、样本资料收集方法、样本容量、精度要求、概率保证程度、经费预算、人员安排、实施方法等逐一加以明确规定，需要对抽样调查的各个方面进行统一协调和总体考虑。

(2) 编制抽样框（sampling frame）和设计调查表（inquiry form）。编制抽样框和设计调查表（或问卷）（questionnaire）是抽样调查得以开展的两个必不可少的前提，是把抽样方案转化为具体实施的两项基础工作。一个完善的抽样框是保证抽样的随机性和对总体推断有效性的重要条件，并且能有效预防非抽样误差（nonsampling error）中的抽样框偏差，因此根据调查目的，把调查对象总体转化为一个合适的、完善的抽样框，需要做认真细致的工作。调查表（或问卷）则是把调查内容具体化的、用以收集个体资料的重要工具，一份科学的调查表（或问卷）能使被调查者正确理解调查的内容和要求，能够愿意并正确填写调查表或回答所提的问题，能够便于进行统计处理（计算机处理）和有效地利用调查资料进行统计分析。调查表（问卷）的设计既是科学也是艺术，需要有与调查内容有关的专业知识，以及统计学、社会学、心理学和计算机科学等知识，往往需要多方征求意见和反复修改。

(3) 试抽样调查。这是抽样方案设计后、正式抽样调查开始前的一个重要环节。试抽样调查就是根据抽样方案，先从调查对象总体（抽样框）中抽取一个小样本（通常比正式样本小很多）进行试调查，以便通过试抽样调查来发现各个方面可能存在的不完善之处，检验所设计抽样方案及其抽样框、调查表的科学性和可操作性，以免在正式调查

中产生各种不可弥补的差错和造成浪费。如果试抽样调查暴露出来的问题很多、很严重,就应该考虑修改甚至重新设计抽样方案(或者抽样框、调查表)。当然,对于一些较简单的抽样调查,或调查组织者的经验十分丰富、各方面准备工作非常充分,有很大的把握保证抽样方案设计的完善性,那么这一步可以省却。

(4) 正式抽样调查。这是抽样方案全面组织实施的正式开始,是获取样本调查数据的实质性阶段。在这一阶段,先要按照抽样方案规定的抽样方式,从调查对象总体中抽取所规定容量的样本,然后发放调查表,或派员上门调查,或直接观察计量,获取样本调查资料。在样本的抽取过程中,必须严格遵循随机原则;在样本资料的收集过程中,必须确保真实准确。

(5) 数据处理。这是在对总体数量特征作出推断前必须做的一项工作,是起承上启下作用的阶段。在这一阶段,要检查样本资料是否完整,有无缺损值和异常值,如果发现问题要及时补救。在检查通过后,要根据抽样调查的目的和所设计的变量要求,对样本资料进行分类和汇总,计算样本统计量和抽样误差,得出有关样本统计值,为推断总体数量特征做好准备。

(6) 推断分析。这是抽样调查得出推断结论、达到认识总体数量特征的阶段,是抽样调查的目的所在。在这一阶段,要根据样本数据的处理结果,根据给定的概率保证程度,对总体目标量进行估计或对总体的某些假设进行检验,得出最后的结论,并对抽样推断结论进行必要的统计分析和说明,必要时应该形成抽样调查分析报告。

(7) 总结评估。这是在抽样调查工作基本完成后进行经验总结和质量评估的环节,主要是总结有没有值得吸取的教训和值得保留的经验,抽样调查的目的是否完全达到,误差控制(精度)是否符合要求,经费开支有没有浪费等,以便为今后的抽样调查工作提供帮助。

以上各步骤是紧密联系的,只有做好每一个阶段、每一个环节的工作,才能最终高质量完成抽样调查任务。在不同的步骤,要根据实际情况和需要运用不同的抽样技术。

### 三、抽样技术的作用

在实践中,运用抽样技术进行抽样调查具有很多明显的优点和独特的作用,概括起来有以下几个方面:

(1) 节省调查费用。抽样调查由于只调查总体中的一小部分单位,因而与全面调查(普查)相比,可以大大节约调查的人力、物力和财力,明显节省调查费用,有效提高调查效率。

(2) 增强调查的时效性。统计调查是有时效性的,尤其是有些信息灵敏度很高的调查(如市场需求调查、季节性作物产量调查、重大事件新闻舆论调查等)往往要求在短期内完成,否则就会事过境迁,失去作用。如果采用全面调查,往往会耗时过长而不能迅速提供决策所需要的调查结果。这时,抽样调查由于调查单位少、数据采集和加工整理工作量小而显示出快速及时的优越性。

(3) 有助于提高调查数据的质量。从理论上讲,抽样调查是非全面调查,存在着抽样误差,其准确性不如全面调查,但实际上这只是问题的一个方面。在统计调查中,误

差的来源是多方面的，所有统计调查都可能存在的误差叫调查性误差，包括记录、测量、计算误差，有意或无意错答、漏答误差，人为干扰造成的误差等，其根本特征是调查资料与实际情况不符。这类误差与统计调查的范围、规模有关，虽然全面调查不存在抽样误差，但由于工作量大、涉及面广、中间环节多、调查力量分散、易受人为因素干扰等原因而更容易产生调查性误差，并且实际的调查性误差可能比抽样调查的抽样误差还要大，因此统计调查并非调查范围越广、调查规模越大越好。抽样调查由于调查规模较小，调查力量相对集中，调查人员更为精干，调查工作做得更细致，可以有效控制调查性误差的产生，从而提高调查数据的质量，使总的误差可能比全面调查更小，使抽样推断的结果可能比全面调查更为准确。

(4) 承担全面调查难以胜任的调查任务。有些统计调查是难以进行全面调查的。例如，对无限总体的调查（如大气污染情况调查），对动态总体的调查（如连续生产的产品性能检验和生产质量控制），具有破坏性的检测（如灯泡使用寿命检测、人体血液检验）等，都只能通过运用抽样技术、开展抽样调查来掌握情况。对于范围过大、分布过散的有限总体的调查（如人口变动调查、家计调查），通常也采用抽样调查的方法。对于一些规律特征明显、变化幅度不大而不必进行全面调查的现象（如人体身高变化调查、人均食物消费支出调查），更是只需抽样调查即可。

(5) 用以与其他统计调查相互结合，相互补充。一是抽样技术与普查（census）相结合，可以使周期性普查的短表（调查项目相对较少）与经常性抽样调查的长表在内容上相互补充，在时间上相互衔接。在全面调查的基础上，再对某些重要问题进行专题抽样调查，可以使分析更加深入。有时，我们还运用抽样技术来验证普查的质量，以发现和纠正普查中存在的调查性误差，例如我国历次人口普查后都运用抽样调查的方法来检查和发现其重登率和漏登率，并据以纠正初次汇总的普查数据。此外，我们还可以利用抽样技术提前获得普查的某些主要目标量的估计。二是抽样技术与重点调查相结合，即对一定标志值以上的单位作为重点单位进行全面调查，对其他单位进行抽样调查，就成为了一种很常用的目录抽样（list sampling）技术，可以吸取两者的优点，更好地认识总体的数量特征。

(6) 用以对总体特征的某种假设（hypothesis）进行检验，为方案的取舍和决策的决定提供依据。例如，某项新工艺或新配方是否具有显著的推广价值，某项新政策或新措施是否会得到公众的支持等，就可以通过抽样调查来进行统计检验，然后做出决定。

抽样技术在应用上具有很强的灵活性，既可以在大范围内应用，也可以在小范围应用，既可以用于专题调查，也可以用于经常性调查；调查内容可多也可少，调查精度可高也可低。总之，我们可以根据需要开展各种形式、各种目的的抽样调查。

当然，抽样技术也并非十全十美：一是由于技术性强而不易理解和掌握；二是抽样推断的结果有时也会产生差错；三是对于总体未被调查的部分很难提供有价值的信息；四是有些理论方法问题还没有得到完全解决。

## 第二节 抽样技术的产生与发展

### 一、抽样技术的历史概况

抽样技术是在人类认识社会的实践中产生、应用、发展并不断完善的。人类认识事物的一个重要途径就是通过统计调查获取资料，然后汇总计算出一些有用的数据，最后进行分析得出结论。因此，统计调查是人类认识的起点。在抽样技术产生以前，人类统计调查的方法手段十分有限，往往只能采用全面观察计量，即普查，对于庞大总体的调查也是如此。美国最早在 1790 年开始每隔十年进行一次人口普查，英国（1801 年）、德国（1805 年）也相继开始人口普查。以后，普查的对象扩展到农业和工业等领域。但普查毕竟工作量很大，费时费力，不可能经常进行。在非普查年份，如何获得数据，仍然是一个难题。在这样的背景下，人们开始了运用非全面调查方法来获得数据的尝试，逐步产生了抽样调查的设想。

其实，人类较早就懂得利用部分数据来对总体进行一些简单的推算。1776 年，法国经济学家麦桑斯在其所著的《法国人口论》一书中，以部分地区的人口清查数来推算全国人口。1786 年，法国著名数学家拉普拉斯（P. S. Laplace）建议用某些地区的出生率来推算整个法国人口，并对推算误差进行了研究。1802 年，拉普拉斯在政府支持下，在全国挑选了 30 个县，对连续三年内出生的人数进行了调查，得出人口出生率为 35.27‰。1812 年，拉普拉斯出版了《概率分析理论》一书。1853 年，曾提出统计结果稳定性的“平均人”理论的比利时统计学家凯特莱（L. A. J. Quetelet）主持召开了第一次国际统计会议，提出在家庭收支调查方面采用“代表性”调查。1861 年，英国的威廉·法尔（W. Farr）在人口普查中利用了部分抽样。19 世纪末，美国联邦劳动委员会委员赖特（C. D. Wright），在国家工业和劳动统计中曾提到使用“代表性”的样本。所有这些，为抽样技术的产生、发展和应用提供了一定的基础，积累了一定的经验，但缺乏理论依据和实践验证。总的来说，19 世纪下半叶，统计学家的注意力主要集中在描述统计上，如平均数、众数、中位数、平均差、四分位差、标准差、相关系数和回归系数等，都是在这一时期提出的。

抽样技术产生的真正历史起点很难加以考证，但 1895 年无疑是一个转折点。挪威首任中央统计局局长凯尔（A. N. Kiaer）是竭力提出并推广抽样技术的先驱者，他在 1895 年于瑞士伯尔尼召开的第 5 届国际统计学会会议上，根据 1894 年由他自己亲自组织进行的关于挪威退休金和疾病保险金抽样调查（调查项目 60 多个，样本人数 8 万人）的经验，提出了所谓“代表性调查”的抽样方法，首次引入了抽样的概念。他将“代表性调查”定义为“根据抽样设计，从总体的正常‘代表’中合理地收集数据”，认为“调查结果的准确性，不是取决于观察数量的多少，而是取决于正确的代表性方法”，主张“按照一个以过去统计调查为基础的合理方法来选取样本单位”，也就是按照调查者的主观判断来取样，这就是我们所说的有目的抽样。由于凯尔没有提出完善的推断理论和解决如何检验“代表性”的问题，因此他的观点引起了激烈的争论，尤其是遭到了普

查拥护者的坚决反对，使得这一方法在相当长的一段时间里没有得到应用。但正是这种争论，使“抽样”的概念被更多的人所认知，推进了抽样技术的完善和发展。

1899年，在俄国彼得堡召开的第7届国际统计学会会议上，凯尔继续捍卫“代表性调查”的方法，并且强调该方法不仅适用于社会经济调查，也适用于农业和林业，还提出了分层的思想和控制调查结论、便于统计分析的主张，呼吁研究和发展这一方法的实际和理论的各个方面。国际统计学会任命一个分委员会来充分讨论这个问题，并且要求提出研究报告。

1903年，第9届国际统计学会会议在柏林召开，代表性方法的分委员会达成了以下结论：“考察了代表性方法在一系列案例中正确使用后，能提供真实的和详细的观察结果，并能在此基础上将结论推广，委员会推荐它在适当的约束下使用，假定观察单位的选择的条件是完全确定的，结论可以发表。这一问题仍留在会议议程上，使下一届会上可以提出一个报告谈谈这个方法的实际应用和这些结论的价值何在。”在此后的一段时期里，相继出现了随意抽样、判断抽样、定额抽样等非概率抽样形式，并在相当长的时期里得到应用。但非概率抽样毕竟不够科学和完善，例如，1936年美国《文学摘要》杂志用随意抽样方式和1948年美国盖洛普（Gallup）咨询公司用定额抽样方式对总统选举所作的推断预测都失败了。

随着代表性方法逐步被接受，争论的焦点开始集中在了如何保证样本的代表性上，产生了随机抽样与有目的抽样的讨论。早在1901年，德国统计学家波特基维茨（L. V. Bortkiewicz）就曾指出凯尔的代表性调查缺乏数理基础，认为应该运用概率理论来计算样本与总体之间的差异究竟在多大程度上属于由偶然因素引起的。1906年，英国统计学家鲍莱（A. L. Bowley）提出：中心极限定理可以作为抽样的概率理论基础，可以用于估计总体参数。他强调了把概率抽样应用到统计调查的必要性，并指出：“用概率抽样方法能得到我们满意的结果，并且通常只要很小的样本就够了。唯一的难点就是保证被考察的对象（每个人或事）都有同等的机会被抽中。”他在1909年出版的《统计学基础教程》中首次增加“抽样法”一章，介绍抽样技术在商业、采矿业和工业中的应用。1912年，他对英国雷亭地区贫困状况的研究就采用了随机抽样，运用了系统抽样方式，出版了《生活与贫困》一书。1908年，英国的戈塞特（W. S. Gosset）提出了小样本思想和 $t$ 分布理论。1923年，费希尔（R. A. Fisher）提出了方差分析法，完善了小样本理论，阐述了著名的实验设计原理，把抽样技术的应用从社会经济领域扩展到了生物和农业领域。费希尔也是区间估计理论的倡导者之一，他还提出了抽样的随机化、重复和区组三个原则，采用了多阶抽样以提高效率。英国统计学家蒂配特（L. H. Tippett）编制了历史上第一张《随机数字表》，解决了随机取样问题。

1924年，国际统计学会成立抽样方法应用研究委员会。1925年，在罗马举行的第16届国际统计学会会议上，抽样方法应用研究委员会发布了鲍莱的《抽样精确度的测定》和丹麦统计学家詹森（A. Jensen）的《代表性方法的实践》两个报告，第一次对随机抽样和有目的抽样进行了比较研究，提出了随机抽样要按照概率原理给每个单位都有被抽中机会的观点，从理论和实践上充分肯定了抽样方法的科学性。

波兰统计学家尼曼（J. S. Neyman）对抽样技术的完善和抽样理论的发展做出了巨

大贡献。1934年,尼曼根据概率论的原理提出了置信区间的推断理论,此后又提出了分层抽样的样本最优分配原理和方法,改进了整群抽样设计,探讨了比率估计方法和双重抽样技术,研究了不等概率抽样方法,并从对比研究中进一步肯定了随机抽样的优越性。

印度著名统计学家马哈拉诺比斯(D. C. Mahalanobis)也从1931年开始在他创办的印度统计学院中进行了一系列抽样调查实践和研究工作,他提出了“费用函数”和“方差函数”的概念以设计最优抽样方案,创立了估计复杂样本方差的“交叉子样本”技术,在农作物产量抽样调查方面取得了许多重要成果。印度的另一统计学家苏克哈特米(P. V. Sukhatme)对分层抽样和非抽样误差控制的研究也取得了突出成绩。在他们的带领下,印度的抽样技术、尤其是农业抽样技术处于世界领先水平。

美国也是世界上最早推广应用抽样技术的国家之一。例如,美国劳工部在1937年采用比率估计和置信区间的方法进行了全国失业情况抽样调查,在1938年采用了多阶段抽样方法,在1942年对各阶段抽样进一步采用了非等概率抽样和比率估计方法,并且进行了控制非抽样误差的设计。1935年,美国进行了消费品购买量抽样调查。不久,美国农业部开展了农业抽样调查。1943年,美国进行了劳动力月报抽样调查,后来发展成为美国最重要的一项调查——现时人口调查(current population survey)。在美国抽样技术的推广应用和发展中,产生了一批著名的抽样专家和许多重要的抽样学术成果。例如,戴明(W. E. Deming)(1950),汉森(M. H. Hansen)、赫维茨(W. N. Hurwitz)、麦多(W. G. Madow)(1953),基什(L. Kish)(1965),科克伦(W. G. Cochran)(1977),耶茨(F. Yates)(1981)等在抽样框理论、不等概率抽样理论(尤其是PPS技术)、非抽样误差估计和控制等方面取得了重要进展。

休哈特(W. Shewhart)、戴明和朱兰(J. Juran)等把抽样技术推广应用到了统计过程控制和全面质量管理,对第二次世界大战后日本重建和当今世界工商业管理起到了很大的作用。

苏联从1925年开始在农业经济、雇佣劳动力、作物面积、牲畜、农产量、集市农庄市场价格、农民和职工家庭收支、工业产品质量检查等方面,广泛采用抽样调查,但随机抽样方法的普遍采用则主要从20世纪50年代开始。

联合国统计处(Statistical Office)对抽样调查技术的发展和推广应用作出了积极的努力和贡献。1947年,联合国专门设立了统计委员会抽样分会,以宣传普及和推动抽样调查在各国的应用。1950年,联合国统计处发行了《当前各国抽样调查要况》,介绍了印度抽样调查的实践和经验。1960年,联合国统计处出版了《抽样调查理论基础》一书,向各国政府推荐了22种社会经济抽样调查方法,并于1972年进行了修订,推荐的方法增加至32种。此后又出版了《抽样设计的计算机程序》。20世纪80年代后,联合国统计处还推广抽样技术在普查中的应用,编制了《工业普查实用抽样技术》一书。

从20世纪30年代开始,随机抽样的概念和原则得到了确立,系统的抽样理论和方法开始形成和发展。经过一个多世纪的发展,抽样技术已经相当成熟和完善。

## 二、我国对抽样技术的研究与推广

我国对抽样技术的研究与推广始于20世纪三四十年代，杰出人物是北京大学的许宝騄教授（1910~1970年）。1938~1945年，他发表了一系列有关抽样推断和多元分析的论文，达到了当时的世界先进水平，由他编著的讲义《抽样论》（1982年由北京大学出版社正式出版）为指导大规模抽样调查提供了方法依据。1943~1944年，清华大学陈达教授主持了云南户籍示范人口普查，并用抽样方法抽取部分人口以核对普查结果。这是我国第一次抽样调查。1946年，上海曾进行工人生活状况抽样调查。

新中国诞生后，为了适应大规模经济建设的需要，于1952年8月成立了国家统计局，建立了全面的定期统计报表制度。但面对全国人口众多、经济复杂的情况，也注意到运用多种方法来收集资料。李富春同志在1952年的全国财经统计工作会议上就曾强调“中国经济情况复杂，统计的武器要多”，其中包括了抽样调查方法的应用。1955年1月，国家统计局颁布了《1954年农民家计调查方案》，进行了新中国第一次在全国范围内按统一方案、统一计划进行的农民家计抽样调查，先以等距抽样的方式抽取调查乡，再按类型比例与等距抽样相结合的方式在全国抽取了15 000~20 000户调查农户，调查了解个体农户合作化后转变为社员户的生产情况。1957年开始在全国范围内建立经常性的农民家庭调查。人民公社化后这项工作暂停了一段时间，1962年又恢复社员家计调查。

1956年，国家统计局制定了《全国职工家计调查方案》，运用类型比例与等距抽样相结合的方式，对10个工业部门的国营和公私合营的6000名职工进行了家计调查。1957年，职工家计调查扩大到商业、教育、机关团体等部门，并改变由全国统一抽选调查单位为各地自行抽选，并提出应用双重抽样方法。

1956年12月，以王思华为团长的国家统计局代表团到印度考察农产量抽样调查工作。1957年6月，《统计工作通讯》发表社论《积极在全国范围开展抽样调查，广泛收集统计资料》：“为反映我国这种复杂的经济发展过程及其变化情况，我们就不能完全依靠全面的定期统计报表，如果这样做势必劳民伤财，不能以少量的人力和财力而收到更大的效果，只有组织科学的抽样调查，才能事半功倍。”统计学界、院校和有关学术团体也逐步开展抽样调查的研究和学术交流，发表了不少这方面的论文。与此同时，前苏联和西方国家的抽样调查文献也介绍引进到国内。1957年6月，印度政府统计顾问和联合国统计委员会主席马哈拉诺比斯教授到中国访问讲学，除了做学术报告外还介绍了印度抽样调查的经验。

1963年，国务院发布《统计工作试行条例》，强调指出：“统计部门要根据不同情况和要求，灵活运用各种统计调查方法，包括全面调查、重点调查、抽样调查、典型调查，等等。”同年，国务院批准成立第一支专业抽样调查队伍——全国农产量调查队，国家设总队，各省设分队，实行集中统一管理。国家统计局在总结几年农产量抽样调查经验的基础上颁布了《农作物产量抽样调查方案》（草案）并试点，规定在群众估产的基础上，分层排队，等距抽样。以省（区）为总体采用四阶段抽样方式，即省抽县，县抽大队，大队抽地块，地块抽实割实测样本点。1964年，各省（区）正式进行了主要