

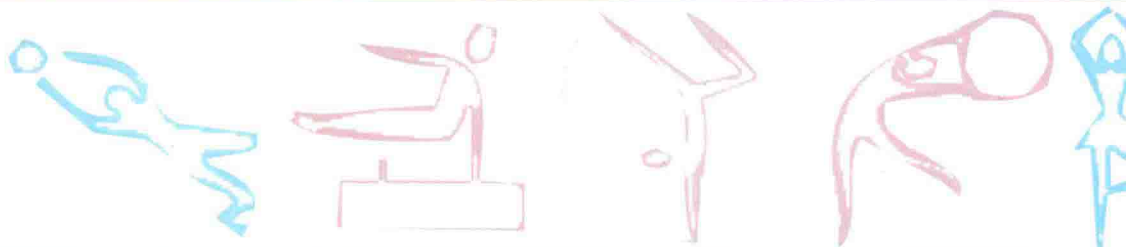


“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材
全国高等学校体育教学指导委员会审定

体育统计学

(第三版)

丛湖平 主编



高等教育出版社

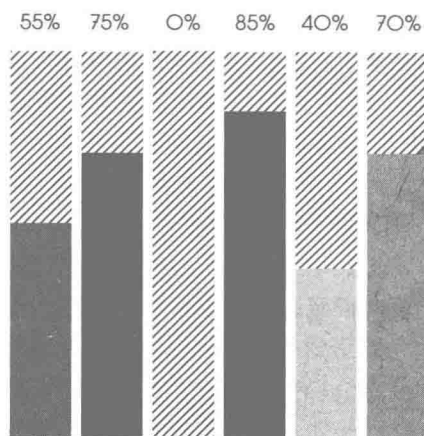
（第三版）

体育统计学

Tiyu Tongjixue

从湖平 主编

“十二五”普通高等
教育本科国家级规划教材
全国高等学校体育教
学指导委员会审定



高等教育出版社·北京

内容提要

本书为“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材,是在2007年第二版基础上进行的修订。全书以体育统计学的基本原理、方法和应用案例为主要框架体系,具体包括统计学的常用基本概念、统计资料的收集与整理、相对数与动态分析、正态分布及其应用、统计推断、方差分析、相关分析、回归分析、 R 型聚类和 Q 型聚类分析等内容。在编写过程中,本书除突出强调统计学知识系统性的特点外,还采用学习重点提示、研究案例辅助性引导和SPSS分析软件应用等内容设计,使教材更具针对性和实用性。

图书在版编目(CIP)数据

体育统计学 / 丛湖平主编. --3版. --北京:高等教育出版社, 2015.4

ISBN 978-7-04-042335-8

I. ①体… II. ①丛… III. ①体育统计-高等学校-教材 IV. ①G80-32

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第047573号

策划编辑 范峰

责任编辑 范峰

封面设计 王琰

版式设计 余杨

责任校对 杨凤玲

责任印制 刘思涵

出版发行 高等教育出版社

社址 北京市西城区德外大街4号

邮政编码 100120

印刷 北京人卫印刷厂

开本 787 mm×960 mm 1/16

印张 17.25

字数 310千字

购书热线 010-58581118

咨询电话 400-810-0598

网 址 <http://www.hep.edu.cn>

<http://www.hep.com.cn>

网上订购 <http://www.landrac.com>

<http://www.landrac.com.cn>

版 次 1998年7月第1版

2015年4月第3版

印 次 2015年4月第1次印刷

定 价 29.50元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换

版权所有 侵权必究

物料号 42335-00

前言

以客观的视角观察我国体育科学发展的历程，我们会获得一个最基本的事实判断：体育科学研究水平的整体进步，除了与体育科学研究人才培养体系和机制的转型所释放的人才梯队质量优势有关外，还与研究者方法论和方法学知识建构与运用的有效性密切关联。如果说在 20 世纪 90 年代前，我国大多数体育科学研究工作者源于各类资源限制而未能形成完善的方法论知识体系，由此造就了以经验类描述为主的成果形态的话，那么，在这之后，越来越多的研究者逐渐认识到方法论知识体系在提升科研成果水平上的重要性，并在实际的研究中逐渐体现研究范式的多样性特征，由此获得了大量的高水平研究成果。实证研究的方法论体系是当今体育科学研究中的重要部分，基于事物所呈现的数据信息的分析方法也越来越成为“实证研究”的主要手段。体育统计学就是基于概率论的揭示随机变量规律性的分析方法知识体系，是体育科学研究的主要定量分析手段之一。

为使本教材能够适应新时期高等体育专业学生的培养要求，在内容安排上，既根据学生认知时序由易到难予以设置，又从该学科的属性出发有意安排了大量的研究案例作为辅助内容，并专门介绍 SPSS 统计计算程序。在表述方式上，我们尽可能采用深入浅出的陈述形式予以说明，其目的在于：① 较好地理解体育统计学的知识体系和思想方法；② 在案例教育的基础上，提升学生分析问题和解决问题的能力；③ 在统计软件的支持下，使学生较好地运用统计方法。

本教材的最早版本是 1998 年的全国统编教材——《体育统计》，该书于 2002 年获得了浙江省教学成果二等奖。经过近 10 年的使用，2007 年修订出版了《体育统计学（第二版）》，该书于 2012 年被评为首批“十二五”高等教育本科国家级规划教材。

本教材可作为高等院校体育专业本科生的教材，也可作为大、中学教师、研究生和体育科学研究者的参考书。教材中注有“*”号的内容供研究生参考使用。本教材在修订过程中，得到了高等教育出版社体育分社的大力支持，在此表示感谢。

丛湖平

2015 年 1 月

目 录

1 第一章 绪论

第一节	体育统计及其研究对象	2
第二节	体育统计在体育活动中的作用	4
第三节	体育统计中的若干基本概念	6

第二章 统计资料的收集与整理 2

第一节	统计资料的收集	11
第二节	统计资料的整理	14

3 第三章 样本特征数

第一节	集中位置量数	21
第二节	离中位置量数	28
第三节	$\bar{x}$ 的合成计算与 S 的合成计算	34
第四节	平均数和标准差在体育中的应用	37

第四章 相对数与动态分析 4

第一节	相对数	44
第二节	动态分析	48
第三节	动态分析方法在体育中的应用	57

5 第五章 正态分布

第一节	正态分布的概念与性质	63
第二节	正态分布表的使用	66
第三节	正态分布理论在体育中的应用	70

第六章 统计推断

6

第一节	参数估计	85
第二节	假设检验的基本思想及步骤	91
第三节	几种常用的检验方法	94
第四节	假设检验方法在体育中的应用	107

7 第七章 方差分析

第一节	方差分析的基本概念	115
第二节	单因素方差分析	116
第三节	平均数的多重比较	122
第四节	双因素方差分析	125
第五节	方差分析法在体育中的应用	132

第八章 相关分析

8

第一节	相关分析的概念与性质	137
第二节	相关系数的计算与检验	139
第三节	等级相关	143
第四节	偏相关与复相关	145
第五节	相关分析在体育中的应用	148

9 第九章 回归分析

第一节	回归分析的概念与功能	154
第二节	一元线性回归方程	155
第三节	多元线性回归方程	163
第四节	逐步回归	168
第五节	回归分析方法在体育中的应用	180

第十章 聚类分析

10

第一节	R 型聚类分析	184
第二节	Q 型聚类分析	190

11 第十一章 统计表与统计图

第一节 统计表	198
第二节 统计图	202

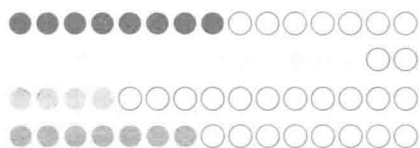
附表 常用数理统计分析表

附表 1 正态分布表	207
附表 2 χ^2 分布上侧临界值表	208
附表 3 t 检验临界值表	210
附表 4 F 检验临界值表	212
附表 5 多重比较 q 值表(一)	216
附表 6 多重比较 q 值表(二)	217
附表 7 相关系数临界值表	218
附表 8 等级相关系数临界值表	221
附表 9 随机数表(一)	223
附表 10 随机数表(二)	226

附录 SPSS 简介

附录 1 常规统计量计算	229
附录 2 假设检验	230
附录 3 单因素方差分析	239
附录 4 相关分析	242
附录 5 回归分析	247
附录 6 聚类分析	253
附录 7 统计图	257

参考文献



第一章 绪 论

学习重点提示：

1. 明确体育统计的基本属性和研究对象。
2. 了解体育统计方法的应用价值。
3. 掌握体育统计学常用的基本概念。

随着体育科学的发展，体育统计这门新兴学科在这些年得到了蓬勃发展。无论是体育统计知识的普及，还是体育统计研究的深度和广度均有长足的进步。

统计活动是人们认识客观世界的一种认识活动。人们要改造世界首先要认识世界。客观世界的任何事物都有质和量两个方面的特征，统计活动就是在占有大量统计材料的基础上，从量的方面研究社会现象和自然现象及其规律的认识活动。当我们在运用统计学原理、方法来研究体育领域里的各类问题时，就会面临一个如何将统计思想和方法与实际研究的内容恰当联系的问题。由于体育现象的多重性和复杂性以及多学科的综合性，在很大程度上决定了体育统计方法及其应用的自身特点。



第一节 体育统计及其研究对象

一、体育统计的概念

人们进行统计工作的目的是研究大量事物、现象数量方面（包括数量多少，现象之间的数量关系、数量的分布特征以及质与量互变的数量界限等）的某些规律。从性质上看，统计可分为两类：一类是描述性统计，另一类是推断性统计。前者主要是对事物的某些特征及状态进行实际的数量描述，后者则是通过样本的数量特征以一定方式估计、推断总体的特征。体育统计从其学科性质来看，主要包括描述性统计和推断性统计两部分内容。

由于体育统计的发展时间较短，有关体育统计的定义尚未达成共识。有的人认为体育统计是适应体育事业的发展，训练科学化、现代化而发展起来的学科，且由于体育研究中涉及很多随机现象，许多问题往往需要进行调查研究，因而，体育统计是揭示体育科研中大量随机现象的规律性的学科。另有一些人认为体育统计是在辩证唯物论的指导下，运用数理统计和其他数学方法来研究体育教学、训练、科研和管理中的各类问题的学科。迄今为止，对体育统计较一致的观点是：体育统计是运用数理统计的原理和方法对体育领域里各种随机现象规律性进行研究的一门基础应用学科，属方法论学科范畴。

二、体育统计工作的基本过程

体育统计工作是一项复杂的、整体性的工作，其基本工作过程是：统计资料的收集→统计资料的整理→统计资料的分析。

统计资料的收集是指根据研究设计的要求获取有关数据资料的过程。

统计资料的整理是指按照分析的要求对数据资料进行审核和分类的过程。

统计资料的分析是指按照研究目的对整理后的数据进行统计学处理的过程。

上述三个过程上一个环节衔接下一个环节，每一个环节对整个统计工作和研究结果均会产生直接的影响。它们各自的任务如下：

统计资料的收集：根据事先确定的调查或实验纲要，测量研究所需的事物的数据资料。这一阶段的工作是认识事物的起点，同时也是进一步进行资料整理和分析的基础环节。

统计资料的整理：对调查或实验所获取的数据资料加以合理汇总，使之条理化、系统化，使经过加工的数据资料便于进一步分析。所以，这一阶段是统

计认识活动的中间环节。

统计资料的分析：对加工汇总的数据资料计算各项分析指标，揭示体育中各类事物的关系和发展趋势等，阐明体育教学、训练等方面的现象、过程的特征和规律性，并根据分析作出科学的结论。这一阶段是理性认识阶段，也是整个统计工作的决定性阶段。

三、体育统计的研究对象及其特征

（一）体育统计的研究对象

随着体育科学的发展，体育研究的内容在不断扩大，体育统计的研究对象也相应扩展。体育统计的研究对象除了体育领域里的各种可量化的随机现象之外，还应包括非体育领域但对体育的发展有关的各种随机现象。

尽管体育中的各种事物千差万别，但无不具有质和量两个方面的特征。换言之，体育中任何事物的规律性均表现为质和量的规律性。通过对事物量的规律性的研究，能较准确地揭示事物的状态及发展的规律。体育统计就是从量的角度认识体育的各种随机现象的发生规律。体育系统在整个大系统中不是孤立存在着的，它是与其他系统，诸如社会系统、经济系统、自然系统等系统并存，且互为联系、互相影响和制约的。因此，体育统计的研究对象除了体育系统内部的随机事物外，有时还可将外延扩大至凡与体育有联系、有影响的其他系统的随机事物。例如，当要考察国家或地区的经济发展水平和人们的文化素质对学校体育发展的影响时，就不得不采用体育统计的手段、方法来研究经济、文化素质等方面的内容。可以想象，随着体育科学的进一步发展，所涉及的研究领域会有更大的延伸，相应的研究对象所覆盖的范围也会越来越大。基于此，体育统计的研究对象除了体育领域的随机现象外，还包括非体育领域但与体育有着一定联系的其他系统的随机现象。

（二）体育统计研究对象的特征

应该看到，体育有其自身的特点，体育统计在所研究的数量方面也有自身的特征。

1. 运动性特征

体育最基本的要素是运动，而运动又是由人的生物体活动所表现出来的。在运动过程中，人体的各种生理、心理等方面的参数会得到动态的变化和发展。人的运动能力、心理素质又是通过运动体现出来的。换言之，很多反映运动能力、心理能力等方面的数量指标都是具有运动性特征的。

2. 综合性特征

体育学科属综合性科学，它兼具自然科学和社会科学属性。在体育科学的

大型研究中,其研究的对象和研究目的也具有综合性特征。例如,要研究某省竞技体育发展战略,就会涉及各运动项目的运动水平的评价、运动训练管理体制和人们的体育价值观念等方面的问题。在运动水平的评价过程中,要通过运动员的生理、生化等自然科学类的大量指标予以衡量;而在研究人们体育价值观念方面,又必然要考察社会环境、文化背景等因素的影响,这又涉及社会科学范畴的内容。由于体育本身的综合学科属性,决定了它的研究也具有综合性特征。

3. 客观性特征

统计的数量是客观事物的反映,它表明客观现象在具体时间、地点、具体条件作用下实际已达到的水平和程度。体育统计的数据资料虽经过人们有意识的获取、整理、加工,但必须保证数据资料的客观性,使统计结果有较高的可靠性。

第二节 体育统计在体育活动中的作用

一、体育统计是体育教育科研活动的基础

随着体育科学的飞速发展,在体育教育科研中仅仅以定性的描述或是凭借教师的经验来描述事物的规律已显不足。所以,要求体育教师都能运用科学的方法,研究体育教育过程中所遇到的实际问题,并采取相应的对策。诸如制订合理的教学计划,探索新的教学方法以达到优化教学,制订运动项目的考核标准,估计达标人数,研究青少年儿童的生长发育情况,探讨和把握体育课的运动负荷及其规律,在众多因素中找出主要因素,以已知的、易测量的指标去推断未知的、难以测量的指标的水平等。所有这些均要求体育教师掌握一定的统计知识,如若不然,就很难进行教学科研工作,难以适应时代发展的需要。从这个意义上讲,体育统计的知识是体育教育研究工作的基础。

二、体育统计有助于训练工作的科学化

体育运动训练是一项复杂的工作。它涉及不同类型运动员在不同运动项目中的相互关系,也涉及在整个训练过程中如何有效地施加量和强度的影响以及有效地进行运动调节和监控,以获得最佳训练效应的问题。要做到这些,仅仅凭借教练员的经验予以操作已远远不能满足现代化训练的要求,而应以运动员的生理、心理、素质等方面的数量指标为依据,采用统计学的定量处理方法进行科学的分析和研究。这样,才能有效地把握住训练过程中的各种矛盾和各种

关系,以便及时调整训练方案,达到科学训练的目的。

三、体育统计能帮助研究者制定研究设计

发现问题(或提出问题)和解决问题是研究工作中最重要的两个方面。发现问题的能力往往体现在研究者掌握基础知识的广度和深度上,而解决问题的能力则往往表现在研究者掌握各种研究手段、方法以及应用方面的能力上。在制订研究设计时,若已对所研究的问题进行了界定,此时整个研究设计的重点则是整体研究的框架和相应的研究方法的设计问题,这里包括以何种方式搜集资料,有哪些要求必须满足,变量的性质和变量的分布以及资料的处理和处理结果的解释等。这一切都与研究者掌握研究方法的程度有密切的关系。

体育统计作为定量研究的“工具”,不仅为研究者提供了多种解决实际问题的研究方法,而且还为研究者提供了一种较为高效的研究思路,如以样本推断总体、统计检验等,且能使研究者节约人、财、物的投入量,使研究工作得以经济、顺利地进行。

四、体育统计能帮助研究者有效地获取文献资料

体育科学工作者需随时获取新的知识,在进行研究工作时尤其如此。可以设想,如果一个研究人员缺乏必要的统计知识,就难以理解统计学中的专用术语以及各种符号所表示的意义。这样,也就无法理解和引用以统计方法为分析手段所得到的一些研究成果,自然也就难以获取部分知识。当今社会是信息社会,各种论文、专著大量涌现,在任何一项研究中,研究者都可寻到大量的文献资料,由于这些研究资料可能是以不同的实验方案或调查方法、不同的仪器、对不同的对象予以研究的,故在研究结果方面可能不尽相同,此时我们必然会面对选择什么资料、如何选择资料等问题。那么,怎样鉴别研究结果的可靠性、参考价值的大小呢?除了相应专业的知识判定外,体育统计原理和方法是判别真伪的有效工具之一。

第一,体育统计是建立在数理逻辑的基础上寻找事物内在规律的基本方法,各种调查或实验所获取的数据是否经过统计学处理,是判定研究结果可靠性大小的重要标志之一。

第二,体育统计方法对实验或调查等研究方式有一定的要求。如果存在抽样方法、对照方法等不符合要求或样本含量过少的情况时,就可判定其结论的可靠性程度不高。

第三,任何一种统计方法均基于相应的概率分布。也就是说,只有在基本认定总体数据的分布符合某种特征的前提下,样本的数据资料才能采用某种统

计方法予以处理。如若不然,盲目套用公式,则很可能导致错误的结论。我们也可以从这个角度来判定参考资料的价值高低。

总之,正确掌握和运用统计学的原理和方法,能帮助我们获取有效的资料。

第三节 体育统计中的若干基本概念

一、总体

根据统计研究的具体研究目的而确定的同质对象的全体称为总体。组成总体的每个基本单位为个体。总体可分为假想总体和现存总体两种形式。本节仅介绍现存总体。现存总体又可分为有限总体和无限总体。所谓有限总体是指基本研究单位的边界是明晰的,并且基本研究单位的数量是有限的总体;所谓无限总体是指基本研究单位的数量是无限多的总体。如对某市初中三年级男生的体质状况进行调查,在确定时间后,那么该市该时初中三年级在册男生所组成的集合(集体)便构成该研究课题下的一个统计总体,而且这个统计总体的基本研究单位(人)及总量(学生数)的边界清晰,数量有限,故称它为有限总体。如果时间不确定,要调查研究该市初中三年级男生的体质状况,虽然研究的基本单位(人)是明确的,但它的总量就无法界定,因为三年级的初中男生是逐年变化的,总量无限递增。所以,该课题下的统计研究总体是无限总体。

二、样本

根据需要与可能从总体中抽取的部分研究对象所形成的子集为样本。样本又可分为随机样本和非随机样本两种形式。所谓随机样本是指采用随机取样方法获得的样本。如若要在某市随机抽取 100 名初中三年级男生作为研究样本,那么,可采用一定的随机抽样方法获取该样本,并且在抽样前保证该市的每一位初中三年级男生被抽取的可能性是相等的,这样所得到的样本是随机样本。所谓非随机样本是指研究者根据研究的需要,寻找具备一定条件的对象所形成的样本。

在任何抽样研究中,对样本含量 n (样本中研究单位的个数) 是有一定要求的。一般认为, $n \geq 45$ 为大样本, $n < 45$ 为小样本。

若一项研究的样本含量小于 30, 一般情况下要对样本含量的推断效果进行估计。读者要了解这一点,在研究具体问题时,尽可能取大样本。

三、随机事件

客观世界中有许多现象,在一定条件下人们是可以预言它们的出现与否。例如,物体被抛起后必然下落;在标准大气压下,水温达到 $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时会沸腾。这类现象和实验结果必然产生,事先能够预言一定会发生的事件,我们称它们为必然事件。除此之外,还有大量的事件事先是无法明确确定的。例如,运动员某次投篮,在投篮之前,我们无法明确确定一定投中,还是一定投不中;再如球类比赛的挑边器,它有正面和反面,在抛掷以前是无法确定哪一面一定会发生,正面出现和反面出现的可能性均存在。对这类事件我们称它们为随机事件。随机事件的定义可以这样表示:在一定的实验条件下,有可能发生也有可能不发生的事件为随机事件。在体育领域里存在大量的随机事件,研究这些随机事件的变化规律是非常有意义的。

四、随机变量

在统计研究中随机事件需由数值来表示,我们把随机事件的数量表现称为随机变量。换言之,随机事件所对应的随机变化量就是随机变量,用 X 表示。例如,打靶的“打中”与“打不中”是随机事件。若以 1 表示“打中”,以 0 表示“打不中”,这样,就将随机事件赋予数量特征,其结果就成了随机变量。

随机变量有两种类型:一是连续型变量,二是离散型变量。前者在一定的范围里,变量的所有的可能取值不能一一列举出来;后者则是变量所有的可能取值能一一列举出来的。

在统计分析中,了解变量的类型是非常重要的,它决定了我们采用不同的统计方法去解决问题。这是因为不同类型的变量有其不同的分布特征。

五、总体参数与样本统计量

在统计学中,对总体和样本的数字特征的提法是有区别的,一般来说,反映总体的一些数量特征称为总体参数,如总体平均数 μ 和总体方差 σ^2 等;而由样本所获得的一些数量特征称为样本统计量,如样本的算术平均数 $\bar{x}$ 和样本的方差 S^2 等。

六、概率

随机变量的规律主要体现在它的概率和分布两个方面。在此主要介绍概率及其性质。

(一) 古典概率

设在实验中全部等可能的独立的基本结果有 n 个, 其中有 m 个属于事件 A , 则在实验中称事件 A 出现的概率 P 等于 m 与 n 的比, 它是反映事件 A 出现可能性大小的指标。其公式为:

$$P(A) = \frac{m}{n} \quad (1.1)$$

例 1.1 某校学生共 300 人, 其中患近视眼的有 58 人, 若随机抽取一名学生, 此学生患近视眼的概率是多少?

由于全部对象是有限的, 每个人抽到的机会是等可能的, 且又是独立的, 因此可根据古典概率进行求解。此时 $n=300$ 人, $m=58$ 人。

$$P(\text{近视眼}) = \frac{m}{n} = \frac{58}{300} = 0.19$$

由上可知, 在该校随机抽测一人时, 抽到患近视眼学生的概率为 0.19。

(二) 统计概率

在很多的统计研究中, 由于总体状况不清, 古典概率的定义不再适用, 因而产生了概率的统计定义。设在一定条件下, 重复进行某随机实验且能保证该实验完全重复、独立的性质。如果该实验重复进行 n 次, 事件 A 出现 m 次, 则称 m 与 n 的比为事件 A 在 n 次实验中的频率, 记 $f(A) = m/n$; 当 n 很大时, 频率 $f(A)$ 逐渐稳定在某常数 P 附近摆动, 则称事件 A 有概率 P , 且定义为:

$$P(A) = \frac{m}{n} \quad (1.2)$$

也即概率的统计定义。

例 1.2 历史上曾有不少人做过抛硬币的试验。如皮尔逊抛掷了 24 000 次, 有 12 012 次正面向上, 则正面向上的频率为:

$$P(\text{正面向上}) = \frac{12\,012}{24\,000} = 0.500\,50$$

由于抛硬币试验每次抛掷都是独立的, 且可重复。若抛硬币的试验再重复进行下去, 其频率会逐渐趋于 0.5。我们就用 0.5 作为硬币正面向上发生的概率。

概率的主要性质有:

1. 概率 P 为非负值, 因 $m \geq 0$, 故任何随机事件的概率 $P \geq 0$ 。

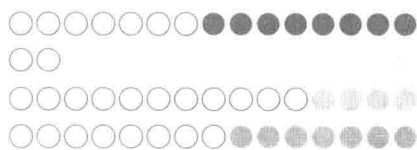
2. 当 $m=n$ 时, $P(A)=1$, 事件 A 为必然事件; 当 $m=0$ 时, $P(A)=0$, 则事件 A 为不可能发生的事件。
3. 若 A 、 B 两事件相互排斥, 则有: $P(A)+P(B)=P(A+B)$ 。



复习题

1. 简述体育统计的研究对象及其在体育研究中的作用。
2. 用实例说明总体、样本的含义。
3. 体育统计工作的基本过程有哪三个步骤? 每步工作的主要任务是什么?
4. 什么是随机事件和随机变量? 它们之间有什么联系?
5. 试用实例说明概率的含义。

第二章 统计资料的 收集与整理



学习重点提示：

1. 了解体育统计工作的基本步骤。
2. 掌握简单随机抽样、分层抽样和整群抽样方法。
3. 掌握频数分布的数据整理方法。

任何工作都离不开资料。资料是统计分析中最基本的条件。资料的收集、资料的整理和资料的分析是体育统计工作中三个最基本的步骤。

