

体育院校通用教材

tiyuyuanxiaotongyongjiaocai

TIYUTONGJI

quanguotiyuyuanxiao

jiaocaiweiyuanhuishending

全国体育院校教材委员会审定

体育统计

人民体育出版社

体育统计

HYUJONGJIL

HYUJONGJIL

HYUJONGJIL

HYUJONGJIL



体育院校通用教材

体 育 统 计

全国体育院校教材委员会审定

人民体育出版社

体育统计

全国体育院校教材委员会审定

*

人民体育出版社出版发行

中国科学院印刷厂印刷

新华书店经销

*

787×1092 16开本 20.25印张 462千字

2002年6月第1版 2002年8月第1次印刷

印数: 1—10,100册

*

ISBN 7-5009-2306-6/G·2205

定价:29.00元

社址:北京市崇文区体育馆路8号(天坛公园东门)

电话:67151482(发行部) 邮编:100061

传真:67151483 电挂:9474

(购买本社图书,如遇有缺损页可与发行部联系)

前 言

统计方法能帮助我们认识自然现象和社会现象,以至发现这些现象的规律,它已经广泛应用于自然科学和社会科学的各个领域。近二十年,体育统计方法已成为我国体育科研的主要研究方法之一。现在体育院校的生理学、心理学、运动医学、体育测量评价和教育学等教材中,都有统计方法的足迹,所以它又是学习其他课程的基础,成为体育院校重要的专业基础课。

统计方法内容极为丰富,限于体育院校本科的课时,本教材仅选择最为常用的方法。通过本课程的学习,我们期望学生能了解体育统计的基本原理和方法,提高他们的科学思维能力与阅读体育科技资料的能力,同时初步掌握收集、描述与分析体育统计资料的方法。

十年前我国出版了第一本体育学院通用教材《体育统计》。随着学科的发展,特别是计算工具的改进,有必要推陈出新,介绍当前通用的方法和统计软件。因此,在全国体育院校教材委员会的领导下,在人民体育出版社的支持下,由体育院校《体育统计》教材小组组织了教材的编写。经全国体育院校教材委员会审定,作为体育院校通用教材使用。教材小组成员有陈及治(组长)、刘慧泉、祁国鹰、权德庆、郑凯和邬华德(秘书)。

本教材虽然经过几次修改,但是限于条件与水平,谬误难免,敬希读者指正。为了便于联系,每个章节后都注明了撰稿人的姓名。

《体育统计》教材小组

2002.3.17

目 录

第一章 绪论	1
第一节 体育统计简介	1
一、研究对象与作用	1
二、体育统计的学习方法	4
三、统计分析的过程	5
第二节 基本概念与预备知识	6
一、总体和样本	6
二、统计误差	7
三、统计量和参数	7
四、指标与变量	7
五、有效数字	8
六、连加符号 Σ	9
第三节 体育统计学发展趋势	9
一、统计学科面临着挑战	9
二、高维、不完全数据的处理增多	10
三、统计学与其他数学方法的结合前景广阔	10
四、计算机的普及将使统计方法应用更为广泛	10
五、社会科学统计分析方法在体育中的应用将明显增加	10
练习与思考	11
第二章 资料的收集与整理	12
第一节 资料的收集	12
一、体育统计资料的来源	12
二、变量及其分类	13
三、收集资料时应注意的问题	14
第二节 资料的整理	14
一、原始资料的审核与复查	14
二、资料的编码和录入	14
三、数据清理和汇总	15
第三节 用 SPSS 作数据整理	17

一、SPSS for Windows 的启动与退出	17
二、数据文件的建立及存储	19
三、数据清理	23
四、频数统计	24
练习与思考	24
第三章 样本特征数	26
第一节 集中量数	26
一、算术平均数	26
二、中位数	27
三、众数	28
第二节 离散量数	28
一、方差与标准差	28
二、变异系数	31
第三节 偏态度与峰态度	32
一、偏态度	32
二、峰态度	33
第四节 用 SPSS 求样本统计量	33
一、Frequencies 频数统计	33
二、Descriptives 描述统计	37
练习与思考	39
第四章 概率和概率分布	41
第一节 随机事件	41
一、随机事件的基本概念	41
二、几类随机事件	41
三、事件之间的相互关系及运算	42
第二节 随机事件的概率	43
一、频率与概率	43
二、古典型概率的计算	43
三、概率的加法	44
四、概率的乘法	45
五、独立重复试验的概率	46
第三节 小概率事件	48
第四节 随机变量及其概率分布	48
一、随机变量	48
二、概率分布概念	49
三、离散型随机变量的概率分布	49

四、连续型随机变量的概率分布	50
五、概率分布的两个性质	51
第五节 二项分布	51
第六节 正态分布与标准正态分布	52
一、正态分布	52
二、标准正态分布	53
三、标准正态分布表的使用	53
第七节 非标准正态分布	56
一、标准化公式	56
二、非标准正态分布概率的计算	56
第八节 正态分布在体育中的应用	59
一、利用正态分布估计实际分布情况	59
二、利用正态分布制定考核、考试标准	60
三、用正态分布比较不同运动项目成绩的优劣	62
练习与思考	62
第五章 体育评分	65
第一节 体育评分概述	65
第二节 标准 Z 分	65
第三节 标准 T 分	67
一、以均数为 5 分,10 个标准差作为评分范围	67
二、标准百分	68
三、以均数为 50 分,均数加减 a 个标准差为 0 分和 100 分的标准百分	70
四、改变均数得分点的标准百分	71
五、讨论	71
第四节 位置百分	72
一、连续型资料的位置百分	72
二、离散型资料的位置百分	78
三、讨论	79
第五节 名次百分	80
第六节 评定等级的数量化	80
一、以均数为 50 分,以加减 5 个标准差为评分范围,把评定等级转化为 标准百分	81
二、以均数为 50 分,以加减 a 个标准差为评分范围,把评定等级转化为 标准百分	82
第七节 累进评分法	82
练习与思考	86

第六章 参数估计	89
第一节 抽样误差	89
一、抽样误差的含义	89
二、抽样误差的计算	89
三、影响抽样误差的因素	91
四、抽样误差(标准误)与标准差的区别	92
第二节 参数估计概述	92
一、抽样分布	92
二、平均数抽样分布的几个定理	93
三、参数估计的含义	93
四、估计量的标准	94
第三节 参数的点估计	96
一、平均数的点估计	96
二、方差的点估计	96
三、率的点估计	97
四、讨论	97
第四节 均数的区间估计	97
一、一个总体均数的区间估计	98
二、两个总体均值之差的区间估计	100
第五节 正态总体方差的区间估计	102
第六节 总体率的区间估计	103
练习与思考	104
第七章 假设检验	105
第一节 假设检验概述	105
一、什么是假设检验	105
二、假设检验的基本原理	105
三、假设检验的步骤	106
第二节 假设检验的两类错误与单双侧检验	107
一、假设检验的两类错误	107
二、单双侧检验	108
第三节 均数的假设检验	108
一、 $\mu = \mu_0$ 的假设检验	108
二、 $\mu_1 = \mu_2$ 的假设检验	111
第四节 标准差的假设检验	115
一、 $\sigma = \sigma_0$ 的假设检验	115
二、 $\sigma_1 = \sigma_2$ 的假设检验	116
第五节 率的假设检验	117

一、率的 u 检验	117
二、率的 χ^2 检验	118
第六节 正态性检验	120
一、 χ^2 检验	120
二、Kolmogorov-Smirnov 检验	122
第七节 用 SPSS 作假设检验	123
一、均数检验	123
二、率的 χ^2 检验	130
三、正态性检验(Kolmogorov-Smirnov Test)	133
练习与思考	135
第八章 非参数检验	137
第一节 两相关样本的显著性检验	137
一、符号检验法	137
二、符号秩和检验法	138
三、用 SPSS 对两相关样本进行非参数检验	139
第二节 两独立样本的显著性检验	142
一、秩和检验法	142
二、中位数检验法	143
三、用 SPSS 对两独立样本进行非参数检验	144
第三节 多个相关样本的显著性检验	147
一、多个相关样本的非参数检验方法	147
二、用 SPSS 对多个相关样本进行非参数检验	147
第四节 多个独立样本的显著性检验	152
一、多个独立样本的非参数检验方法	152
二、用 SPSS 对多个独立样本进行非参数检验	152
练习与思考	155
第九章 方差分析	157
第一节 单因素多水平的方差分析	157
一、基本原理	157
二、一般计算程式	159
第二节 多重比较法	161
第三节 单因素方差分析小结	163
一、单因素方差分析应用条件	163
二、一般方差分析的程序	163
第四节 用 SPSS 作单因素方差分析	163
练习与思考	168

第十章 回归分析	170
第一节 相关与回归的基本概念.....	170
一、变量间的两种关系.....	170
二、相关与回归的基本概念.....	171
第二节 相关系数的计算与检验.....	171
一、相关系数.....	171
二、相关系数的计算.....	172
三、相关系数的检验.....	173
四、等级相关系数.....	174
第三节 一元线性回归.....	176
一、一元线性回归的基本概念.....	176
二、一元线性回归方程的计算.....	177
三、一元线性回归方程效果分析.....	177
第四节 相关系数与回归方程的应用.....	182
一、相关系数与回归方程的应用.....	182
二、进行相关与回归分析时应注意的问题.....	183
第五节 多元回归方法初步.....	184
一、多元线性回归的基本概念.....	184
二、多元线性回归模型的建立.....	184
三、多元回归结果的分析运用.....	185
四、逐步回归分析.....	187
第六节 非线性回归.....	188
一、概述.....	188
二、非线性回归方程的建立方法.....	189
三、拟合优度分析.....	190
第七节 用 SPSS 作相关与回归分析.....	191
一、相关分析.....	191
二、回归分析.....	193
三、曲线拟合.....	200
练习与思考.....	204
第十一章 主成分分析	206
第一节 主成分分析概述.....	206
一、主成分分析问题.....	206
二、主成分的数学模型描述.....	207
三、主成分分析所需的原始数据.....	208
第二节 主要统计结果及解释.....	209

一、相关阵的特征值、贡献率、累计贡献率	209
二、单位特征向量	210
第三节 主成分分析应用举例	210
第四节 用 SPSS 作主成分分析	211
练习与思考	212
第十二章 因子分析	213
第一节 因子分析概述	213
一、因子分析问题	213
二、因子分析的数学模型	214
三、因子分析所需的原始数据	214
第二节 主要统计结果及解释	215
一、相关阵、KMO 取样适当性度量和巴特莱特球度检验	215
二、(初始)因子载荷矩阵	215
三、因子的方差贡献	215
四、变量的共同度(共性方差)	216
五、旋转的因子载荷矩阵	216
六、因子得分	217
第三节 因子分析例题	217
第四节 用 SPSS 作因子分析	221
一、用默认方法作因子分析	221
二、选项的设置简介	222
练习与思考	224
第十三章 聚类分析	226
第一节 聚类分析概述	226
一、聚类问题	226
二、聚类分析的原始数据	226
三、聚类方法	227
四、相似系数和距离	227
第二节 系统聚类	228
一、系统聚类法的基本步骤	228
二、类与类之间的相似系数(或距离)的计算	228
三、系统聚类法的主要统计结果和例题	228
第三节 动态聚类	230
一、动态聚类法的基本步骤	231
二、动态聚类法中的一些常见选择	231
三、动态聚类的主要统计结果和例题	232

第四节 用 SPSS 作聚类分析	234
一、用 SPSS 作系统聚类	234
二、用 SPSS 作动态聚类	237
练习与思考	240
第十四章 判别分析	241
第一节 判别分析方法概述	241
一、判别分析问题	241
二、判别分析的原始数据	241
三、判别准则	242
第二节 判别方法	242
一、分类判别分析	242
二、典型判别分析	243
三、判别变量的筛选	245
第三节 例题及主要统计结果解释	246
第四节 用 SPSS 进行判别分析	249
一、用默认方法作判别分析	249
二、选项的设置简介	250
练习与思考	251
第十五章 研究设计	253
第一节 调查设计	253
一、调查计划	253
二、资料整理与分析计划	255
三、样本含量的估计	257
第二节 实验设计	257
一、实验设计的基本内容	258
二、实验设计的基本原则	259
三、几种随机化实验设计	259
第三节 样本含量的估计	264
一、参数估计时样本容量的估计	264
二、假设检验时样本容量的估计	266
练习与思考	267
第十六章 统计图表	268
第一节 统计表	268
一、统计表的结构	268
二、统计表的种类	269

三、制作统计表的注意事项	270
第二节 统计图	270
一、统计图的结构及绘制规则	271
二、常用统计图的类型	271
三、用 SPSS 制作统计图	274
练习与思考	285
附表 1 (1)标准正态分布表	287
(2)标准正态分布表	288
附表 2 t 值表	289
附表 3 F 值表(方差齐性检验用)	290
附表 4 (1) F 值表(方差分析用)	291
(2) F 值表(方差分析用)	292
(3) F 值表(方差分析用)	293
(4) F 值表(方差分析用)	294
附表 5 q 值表	295
附表 6 χ^2 值表	296
附表 7 符号检验表	297
附表 8 成对资料的秩和检验临界值表	298
附表 9 (1)两组比较的秩和检验界值表	299
(2)两组比较的秩和检验界值表	300
附表 10 三组比较的秩和检验界值表	301
附表 11 (1)相关系数界值表	302
(2)相关系数界值表	303
附表 12 等级相关系数界值表	304
附表 13 (1) $D-W$ 检验表($P=0.05$)	305
(2) $D-W$ 检验表($P=0.01$)	306
附表 14 (1)随机数字表	307
(2)随机数字表	308

第一章 绪论

第一节 体育统计简介

一、研究对象与作用

什么是体育统计？我们可以先看一些实例：

众多市民参加健身活动，抽样调查市民的体育行为。它包括参加体育锻炼的人数、每周参加体育活动的平均时间、活动地点（如在公园、居民小区等等）、活动项目的分布、活动的组织及影响参加锻炼的原因等等，从而为市、区政府体育设施的布局、市民体育活动项目的设置、市民健身组织等的决策等提供依据。

要教会小学生游泳，去年平均用了 20 学时，今年有位体育教师提出了新的教学方案，在他学校试验的结果，平均时间缩短为 18 学时。经统计假设检验，差别具显著性，说明新教法可能会缩短平均学习时间，从而判断新教法有推广的价值。

是什么影响了学生短跑速度？归结许多专家意见，影响因素居然有十几个。把这些因素中性质相近的聚类分析后，可能是三四类，使改进教学有了头绪。

A 运动员要在 5 月底参加跳远比赛，教练员从 3 月份起经常给他测定模拟比赛的成绩，在 5 月初预测了他的比赛成绩，说 A 将有 78% 的可能会打破纪录，对参加比赛的结果大体有数。

以上这些例子都是通过收集数据、整理分析数据，由体育现象外在数量表现，探讨体育现象的规律，它们都是体育统计的应用。

统计学属于收集、分析和提取数据的知识领域。推测性的数理统计是概率论的一个应用领域，它“研究如何以有效的方式收集、整理和分析受到随机性影响的数据，以对所考察的问题，作出推断、预测，直至为采取决策及行动提供依据或建议。”^①

统计学的雏形可以追溯到古代，当时是统治者用以治国的方法。对于人口、土地、物产、贡赋、士兵与战车等都需应用统计。这类统计是记录或描述已经发生的各种现象，可以称为描述性统计。13 世纪欧洲有国势调查，17 世纪英国配第发表《政治算术》。1790

① 夏征农：《辞海》，1999 年版，4192 页，上海，上海辞书出版社。

年美国第一次进行人口普查,同时进行农业普查。随着科学进步,近百年来,在概率论基础上逐步形成了推测性的数理统计。19世纪中期奠定了概率论的理论基础。19世纪中叶起,数理经济学、生物计量学和应用数学促进了数理统计的形成和发展。社会统计学、社会经济统计学和数理统计学构成了现代统计学的枝叶。现代数理统计学可以把它分为两个侧面:一是理论数理统计学。它研究抽样理论、实验设计、估计理论、假设检验、决策理论、非参数统计、序贯分析、多元分析、时间数列与博弈论等。二是应用数理统计学。高尔顿、K.皮尔逊应用于生物学,埃奇沃思、鲍利应用于经济学,R.A.费希尔应用于遗传学、农学。在数理统计的形成过程中,有不少杰出的代表人物,如A.隶美弗(1667~1754)、拉普拉斯(1749~1827)与高斯(1777~1855)曾各自推导出正态曲线的方程;F.高尔顿(1822~1911)与他的后继者K.皮尔逊(1857~1936)发展了回归与相关的概念;K.皮尔逊和C.E.斯皮尔曼(1863~1945)又把回归与相关引入社会科学研究;皮尔逊还发展了卡方检验法;W.S.高赛特(1876~1937)对小样本的研究提出了应用广泛的t分布;R.A.费歇(1890~1962)为数理统计的应用,特别是在农业、生物和遗传中的应用,作了大量的而且是重要的贡献;J.纽曼和E.S.皮尔逊在20世纪40年代提出了假设检验的理论;A.瓦尔特(1902~1950)提出了序贯分析等等。现在绝大多数的科学领域,都有数理统计的足迹,诸如天文、水文、地理、气象、军事、公用事业、物理、化学、医学、卫生、工程设计、通讯、教育、心理、管理等等都在应用数理统计方法。

宏观层次上科学的发展主要表现为整体化、高度数学化和科学技术一体化。数学的应用已突破传统的范围而向人类一切知识领域渗透。第二次世界大战以后,统计学的巨大进展已使它成为数学科学的重要而独特的组成部分。

近代科学具有四个主要特征:知识抽象性的增长;知识的互相渗透;数学化;科学、技术和生产结合成统一的体系^①。数学化是自然科学成熟的标志。体育科学也必然会向数学化的方向发展,而体育统计就是用数学方法研究体育运动的重要工具。

“现代数理统计包含抽样调查、抽样检验、统计质量管理、实验设计、回归分析、参数估计、假设检验、相关分析、多元分析、序贯分析、随机模拟、时间序列分析、非参数统计、可靠性统计、贝叶斯统计等统计方法。”^②应用数理统计的原理研究各种自然现象与社会现象,又形成了众多应用统计学科,例如气象统计、水文统计、公用事业统计、生物统计、医用统计、卫生统计、教育统计、心理统计及社会统计等等。体育统计也是应用统计学科之一,它主要是数理统计方法在体育领域中的应用,它以体育运动中随机现象的规律性为研究对象,为我们提供实验设计方法和收集、整理与分析数据资料的方法。

体育统计已被广泛应用于体育运动的各个领域以及体育的相关学科,如大众体育、学校体育、竞技体育都有大量应用统计方法的研究。与体育相关的学科,诸如运动生理、运动心理、体育测量与评价、运动医学等领域都必须应用统计分析方法,诸如评价运动训练水平、运动技术水平、身体生长发育水平的研究,比较分析不同教学方法、训练方法效果的研究,不同运动密度、强度和负荷对掌握运动技术与增强体质关系的研究,教学与训练过

① 王维:《科学基础论》,51页,北京,中国社会科学出版社,1996。

② 夏征农:《辞海》,1999年版,4192页,上海,上海辞书出版社。

程的控制以及对教学训练效果的预测,体育人文社会现象的研究等等,都有运用统计分析的实例。

体育统计还将帮助我们提高阅读体育科技资料的能力。在体育科学由定性向定量分析发展的今天,国内外体育书刊和体育科技资料都已大量运用统计方法,文章的表述和论文的结论都经常出现统计符号、统计术语。作为体育专业的学生,如果不了解体育统计,就难以吸收体育科研的新知识、新信息,无法了解本专业及相关学科的前沿情况。

体育统计之所以能被体育界接受,其根本原因是体育运动中的教学训练等都存在大量的随机现象。研究随机现象的统计方法已被不同国家,包括体育在内的不同学科的研究成果所证实。体育统计使我们能以最少的样本含量,达到我们所需的精确度,对总体的有关参数等作出判断,同时又给出发生错误的可能性。它保证了科学研究的精确性、可靠性和经济性。

随着体育社会科学和体育人文科学研究的兴起,体育和社会人文现象的相关研究逐年增加。社会科学统计分析方法在体育中应用已逐步受到重视。许多研究者以此分析体育人文社会调查等方面的资料。它给体育统计学科又一个发展的天地。

体育统计在我国六十余年的发展过程中,几经波折。20世纪40年代前后,我国体育师范学校曾开设体育测验与统计课程。由于历史的原因,在20世纪80年代前,体育科学研究的重要工具——体育统计没有得到应有的重视。80年代的改革开放,使体育统计有了较快的发展。1981年成立了全国体育统计研究会,1984年中国体育科学学会成立了体育统计专业委员会。为重新建立体育统计学科,教育部于80年代举办了两期体育统计教师学习班和讲习班,同时也为体育统计的普及与研究做了人才的准备。随后各地举办了大量的不同层次的培训班和学习班,不少大中小学体育教师、体育科研工作者、体育行政管理人员参加培训。于是,体育统计已不再是少数学者涉足的研究领域,成为广大体育科研人员、教师、教练员从事科研、教学的常用工具。现在我国体育院校大多已开设了体育统计课程,无论是教材建设还是实际应用都已初具规模。80年代个人微型计算机在我国开始普及,计算工具的革命使体育统计应用的瓶颈得以解决。以前需要计算几天的工作,现在只需几分钟。然而,我国从80年代开始重新普及体育统计,与20世纪初已经发表因子分析应用研究的美国,或70年代发表《行动科学的因子分析》专著的日本相比,尚显基础薄弱。正如著名社会学家费孝通教授所说:“一个学科,可以挥之即去,却不可能招之即来。”^①

20世纪90年代由于体育测量学在我国的兴起,也曾对体育统计产生过误解,例如有的师范院校及个别体育学院曾把体育统计并入体育测量学之中。但随着时间的推移和实践的检验,再次证实体育统计是一门具有广泛应用价值的独立学科,它不能由体育测量或其他任何学科替代。测量评价与统计的应用遍及人文社会科学和自然科学。虽然测量评价与统计两学科相关,但是未见有诸如工程、农业、生物、医学、教育等非体育系科,用测量评价课程包容统计的课程设置^②。因此,近年来大部分体育系科又陆续把体育统计从体

① [美]阿尔·巴比:《社会研究方法(上)》,总序1页,北京,华夏出版社,2000。

② 陈及治等:《体育统计与体育科研方法》,全国第6届体育科学大会,2000。