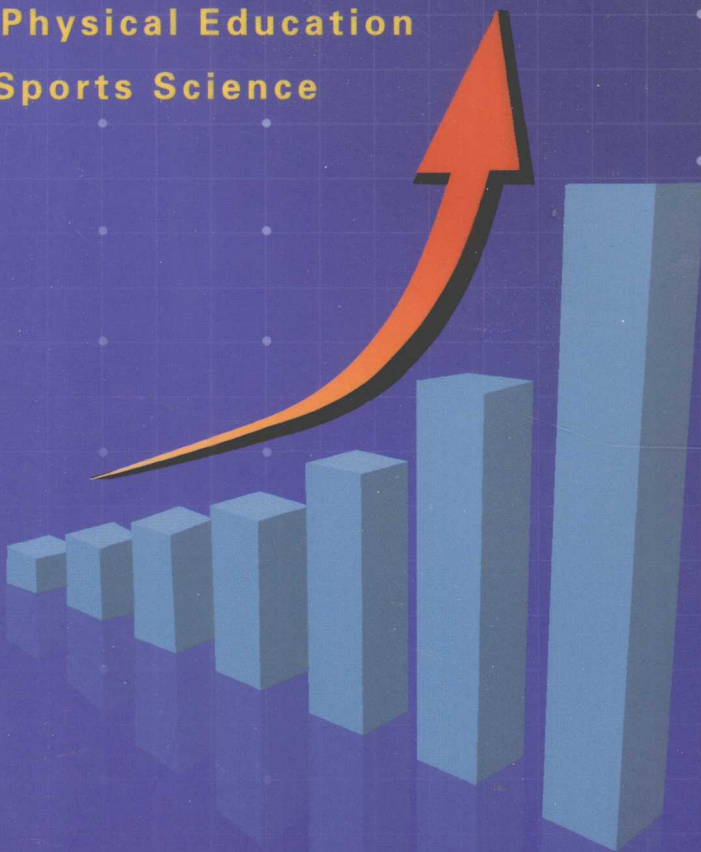




# 体育统计学

郑非 张路 郑凯 著

Statistics  
in Physical Education  
& Sports Science



# 体育统计学

郑 非 张 路 郑 凯 著

辽宁教育出版社

2010年7月

图书在版编目 (CIP) 数据

体育统计学 / 郑非, 张路, 郑凯著. — 沈阳: 辽宁教育出版社, 2010.7

ISBN 978-7-5382-8913-8

I. ①体… II. ①郑… ②张… ③郑… III. ①体育统计  
IV. ①G80-32

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 126779 号

辽宁教育出版社出版、发行  
(沈阳市和平区十一纬路 25 号 邮政编码 110003)  
辽宁彩色图文印刷有限公司印刷

---

开本: 787 毫米×1092 毫米 1/16 字数: 380 千字 印张: 18.75  
2010 年 7 月第 1 版 2010 年 7 月第 1 次印刷

---

责任编辑: 夏兰兰 责任校对: 和 丽  
封面设计: 刘玉琛 版式设计: 熊 飞

---

ISBN 978-7-5382-8913-8

定 价: 29.00 元

# 前 言

随着沈阳体育学院教学计划的修改，从1994年起执行的原教学计划中由《体育统计》和《体育测量与评价》合并的《体育统计与测量评价》课程重新被分开。在新教学计划中开设了《应用统计学》（必修课）和《体育测量与评价》（选修课）。但是，本次教学计划的修改，不仅是简单地将一门课程一分为二，而是由于学院办学内涵的增加，对原有课程提出了新的要求。首先，近几年，学院增加社会体育、体育表演、运动人体科学等新的专业，其中更包含了如管理、外语、新闻、旅游等非体育类专业，原有的《体育统计》课程已经不能适应新专业的培养需要；其次，随着学科自身的发展，统计的内容已经很难在《体育统计与测量评价》课程中所包容，将其独立出来更有利于学科的发展；其三，划小课程规模，增加了课程设置的灵活性，也有利于新教学计划的编定。正是由于以上原因，新教学计划中对统计课程的调整是必然和合理的。

这本《体育统计学》就是为了满足新教学计划的需要而编写的，主要是作为本科各专业《体育统计》《应用统计学》课程的教材。此外，也可作为成人教育本科《体育统计》课程的教材，以及研究生《高等体育统计》课程的基础或参考教材。

在本书的编写过程中，我们经过反复论证，在内容取舍、编排上花费了大量的精力，试图使新教材能够尽可能好地适应各学制、各专业的需要。总括起来，本书具有如下特点：

1. 作为一本统计学的应用基础教材，不可能包含统计学的全部内容。本书包含了统计学中最常用、最基本的内容。同时，为了满足较高层次读者的需要，在多元统计方法上也有所涉及，对常用的多元分析方法进行了原理性的概括介绍，使本书的适用范围有了较大的扩展。

2. 为了适应多专业，尤其是非体育专业的需要，本书增加了部分非体育专业的应用实例，也使本书的适用范围有了较大的扩展。

3. 根据近年来统计应用的实际情况，本书增加了非参数统计的内容，使其更

适应统计应用的发展趋势和现实需要。

4. 对目前较为常用的 Excel 软件在统计分析中的常用方法,进行了较为系统的介绍,这对于统计应用者,特别是大学本科生读者群应该具有较好的参考和实用价值。

参加本书编写的人员为:郑凯(第一、八、九、十章)、张路(第五、六、七章)、郑非(第二、三、四章和附录)。全书内容编纂最后由郑非完成。

虽然在本书的编写过程中我们已经尽了最大的努力,但由于时间紧迫,加之我们的水平有限,因此还有诸多不尽如人意之处,甚至可能还有谬误夹杂其间,诚望各位同行指正。

在本书的编写过程中参阅了大量的统计学、体育统计及其与之相关的著作。在此,谨向这些作者表示衷心的感谢。

作 者

2010年6月6日

# 目 录

## 第一章 绪论

第一节 概述 .....	1
一、统计学及其起源 .....	1
二、统计学的分类 .....	2
三、体育统计 .....	4
思考与讨论 .....	4
第二节 常用基本概念 .....	6
一、总体与样本 .....	6
二、误差 .....	7
三、数据分类 .....	8
思考与讨论 .....	9
习题 .....	17

## 第二章 样本描述

第一节 样本趋势 .....	18
一、频数分布表 .....	19
二、百分位数 .....	22
思考与讨论 .....	23
第二节 统计图表 .....	27
一、统计图 .....	27
二、统计表 .....	32
思考与讨论 .....	35
第三节 集中趋势量 .....	38

一、算术平均数 .....	38
二、中位数 .....	39
三、众数 .....	40
思考与讨论 .....	40
第四节 离散趋势量 .....	43
一、极差与四分位数间距 .....	44
二、方差与标准差 .....	45
三、变异系数 .....	47
思考与讨论 .....	49
习题 .....	53

### 第三章 概率和概率分布

第一节 概率的基本知识 .....	55
一、随机事件与随机变量 .....	55
二、概率的定义与计算 .....	57
三、随机变量的概率分布 .....	58
思考与讨论 .....	60
第二节 正态分布 .....	61
一、正态分布 .....	61
二、标准正态分布 .....	62
三、正态分布表 .....	63
四、正态分布应用 .....	65
思考与讨论 .....	72
第三节 常用随机变量的分布 .....	74
一、 $\chi^2$ 分布 .....	74
二、 $t$ 分布 .....	74
三、 $F$ 分布 .....	75
习题 .....	76

### 第四章 相对数与动态分析

第一节 概述 .....	78
--------------	----

一、相对数的作用和意义 .....	78
二、相对数的种类和计算 .....	79
三、率的标准化 .....	83
思考与讨论 .....	85
第二节 常用体质健康评价指数 .....	88
一、用于评价体型的指数 .....	89
二、用于评价营养状况的指数 .....	89
三、用于评价生理功能水平的指数 .....	91
思考与讨论 .....	92
第三节 动态数列分析 .....	92
一、动态数列基本概念 .....	92
二、动态数列种类与计算 .....	94
思考与讨论 .....	98
习题 .....	100

## 第五章 统计推断

第一节 参数估计 .....	102
一、标准误 .....	103
二、平均数的置信区间 .....	104
三、总体率的置信区间 .....	106
思考与讨论 .....	107
第二节 假设检验的概述 .....	109
一、假设检验的基本思想 .....	109
二、假设检验的步骤 .....	111
思考与讨论 .....	111
第三节 均数的假设检验 .....	114
一、一个总体的均数假设检验 .....	114
二、两个总体的均数假设检验 .....	116
思考与讨论 .....	120
第四节 方差的假设检验 .....	126
一、一个总体的方差假设检验 .....	126



二、两个总体的方差假设检验 .....	127
思考与讨论 .....	128
习题 .....	129
<b>第六章 非参数检验</b>	
第一节 偏度与峰度检验 .....	132
一、正态性检验的概述 .....	133
二、偏度与峰度检验 .....	133
思考与讨论 .....	136
第二节 卡方独立性检验 .....	137
一、单变量的 $\chi^2$ 检验 .....	137
二、双变量的 $\chi^2$ 检验 .....	137
思考与讨论 .....	140
第三节 独立样本秩和检验 .....	143
一、两个独立样本的秩和检验 .....	143
二、多个独立样本的秩和检验 .....	145
第四节 相关样本的秩和检验 .....	146
一、两个相关样本的符号秩和检验 .....	146
二、多个相关样本的分组秩和检验 .....	148
习题 .....	149
<b>第七章 方差分析</b>	
第一节 方差分析概述 .....	152
一、基本思想 .....	152
二、方差分析应用条件 .....	153
思考与讨论 .....	153
第二节 单因素方差分析 .....	154
一、单因素方差分析的步骤 .....	154
二、单因素方差分析的应用举例 .....	155
三、多重比较 .....	158
思考与讨论 .....	161

第三节 双因素方差分析 .....	162
一、双因素无重复试验的方差分析 .....	163
二、有重复试验的方差分析 .....	164
三、使用 Excel 进行双因素方差分析 .....	166
习题 .....	170

## 第八章 相关与回归分析

第一节 相关分析 .....	172
一、相关关系 .....	172
二、积差相关系数 .....	174
三、等级相关系数 .....	176
思考与讨论 .....	179
第二节 一元线性回归 .....	186
一、一元线性回归的基本概念 .....	186
二、一元线性回归方程的计算 .....	187
三、一元线性回归方程效果分析 .....	187
思考与讨论 .....	191
习题 .....	192

## 第九章 多元分析简介

第一节 多元线性回归 .....	196
一、多元线性回归的基本概念 .....	196
二、多元线性回归模型的建立 .....	196
三、多元回归结果的分析运用 .....	197
四、逐步回归分析 .....	199
五、多元线性回归应用案例 .....	200
第二节 判别分析 .....	203
一、判别分析的基本方法 .....	203
二、判别效果分析 .....	203
三、两类逐步判别应用案例 .....	204
第三节 聚类分析 .....	209

一、聚类分析基本思想 .....	209
二、相似性度量 .....	209
三、聚类方法 .....	210
四、 $R$ 聚类分析应用案例 .....	210
五、 $Q$ 聚类分析应用案例 .....	211
第四节 主成分分析与因子分析 .....	213
一、基本思想与方法 .....	213
二、主成分分析结果 .....	214
三、因子分析结果 .....	215
四、因子分析应用案例 .....	215
<b>第十章 抽样方法与样本设计</b>	
第一节 抽样方法 .....	218
一、抽样的基本概念 .....	218
二、抽样方法 .....	221
思考与讨论 .....	224
第二节 样本设计 .....	229
一、样本设计准则 .....	229
二、抽样设计的一般程序 .....	231
三、样本量估计公式 .....	233
思考与讨论 .....	234
习题 .....	235
<b>附表</b> .....	237

# 第一章 绪 论

**内容纲要：**概述统计学的起源、发展及其分类，统计与相关学科的关系，体育统计的学科属性和任务。引入最常用的统计基本概念。

**学习目标：**了解统计学和体育统计学的概况，掌握统计的基本概念。

**学习重点：**体育统计的属性与任务，总体与样本、误差。

## 第一节 概 述

### 一、统计学及其起源

统计学是关于用科学方法收集、整理、描述和分析数据资料，并在此基础上进行推断和决策的科学。

统计学起源于三个方面：国势学派、政治算术学派和概率论。最初的统计学是来源于对国家重大事项的记述，持这种观点的被称为国势学派，其创始人是德国西尔姆斯特大学的海尔曼·康令和哥廷根大学的阿亨瓦尔。1660年，康令在大学里首先开设了国势学课程，内容是关于各国行政、人口、土地、财政等方面的国家显著事项。阿亨瓦尔在1749年出版的著作《近代欧洲各国国势学纲要》中首先提出和使用了统计学这一名词，他把统计学定义为研究各国基本制度的学问。国势学派认为统计学是对政治事项的记述，着重于文字记载，很少使用数字，这与现代统计学的内容相差甚远。

政治算术学派起源于英国，其代表人物有威廉·配第和约翰·格朗特。1661年，约翰·格朗特在其著作《对死亡表的自然观察和政治观察》中对当时英国人口情况的分析揭示出一系列的数量规律关系。如男婴出生多于女婴（14:13），男性死亡多于女性，一切疾病和事故在全部死亡原因中占有稳定的百分比等。随后威廉·配第在著名的《政治算术》一书中，用大量的数字来比较分析英国、法国、荷兰三国的经济实力，用数字、重量和尺度来表达他自己想说的的问题。可见，政治算术学派是以数量分析为特征，以客观现象数量关系为研究对象，在研究内容和方法上可以说是统计学的正统起源。但是它毕竟只是

应用了数据，而并未对数据的收集和分析利用等进行系统论述，因此，它并不是现代意义上的统计学。

统计学的另一个起源是概率论的发展。16世纪以后，随着赌博的盛行，航海运输业的发展，保险事业的兴起，为概率论的萌芽创造了现实的土壤。赌博、航海及保险的赔赚从单个事件看，都具有偶然的性质，但通过对大量现象的观察又可以发现其发生的可能性具有一定的规律。现实需要促使许多数学家从大量的偶然现象中寻找其内在的规律性，逐步形成了概率论。最早由拉普拉斯将概率论方法引入统计学，他在1802年利用抽样调查方法对法国人口进行了调查，估算了全国的人口数，并给出了误差区间。其后，比利时统计学家凯特勒（1796—1874年）融合了国势学派和政治算术学派的已有成果，并把概率论的原理和大量观察法引入了统计研究的领域，使统计方法发生了重大的飞跃，因此有人推崇其为现代统计学之父。在他以后又有许多统计学家如卡尔·皮尔逊、费歇尔等把统计方法应用于自然科学和社会科学领域，并出现了一些有重大影响的学者。他们在实践中进一步发展了统计理论，使统计学逐步形成一门比较成熟的科学。

## 二、统计学的分类

### （一）描述统计学和推论统计学

统计学分为描述统计学和推论统计学，是统计学发展的两个历史阶段，同时在研究方法上也具有不同的侧重点。描述统计学是研究如何对客观现象数量特征进行数字的计量、概括和表示的方法。在客观现象中，有些现象的数字描述是比较简单的，如参加会议人数、单位人员的学历结构等；而在某些领域如社会经济方面就比较复杂，比如要分析可持续发展的程度或进行不同国家国际竞争力的比较，就要涉及多个方面，因此需要确定一些反映现象数量特征的统计指标，对收集来的原始数据进行整理、加工，按各种分组方法整理，综合成一些统计图表简便地表达出来，并对事物数量的离散程度和集中趋势进行分析。以上所述的内容就是描述统计学的主要内容。

推论统计学又称为归纳统计学。在20世纪之前统计学基本上处于描述阶段，进入20世纪后，随着概率论的发展，推论统计学不断发展进步并成为统计学研究的主流。它研究如何根据部分数据去推断总体的情况。由于客观事物范围广泛，数量很多，在对客观现象收集数据时，对所有对象进行观察是不可行的或不现实的。例如，要研究我国某品牌运动服的市场占有率情况，由于我国地域宽广，如果用全面调查的方法，显然不现实。又由于服装的顾客群较难识别，抽样总体无法确定。因而通常采取抽取部分顾客进行研究，从而对总体情况作出推断。当然，由于只调查了部分顾客，包含的信息不全面，而且抽样时是随机抽取的，必然会出现抽样误差，使推断结论的可靠性产生了一定的不确

定性。但是推论统计学根据概率论的原理可以使归纳推断所产生的不确定性得到度量，因而抽样调查也成为推断统计研究的重要内容。

综上所述，描述统计学是统计学的基础，而推论统计学则是近代统计学的核心。

## （二）理论统计学和应用统计学

理论统计学是指扎根于概率论的统计学的数学原理。从广义来说，统计学理论是包括概率论的，另外还包括随机化原则的理论，各种估计的原理，假设检验的原理以及一般决策的原理等一些并不属于传统概率论的内容，这些原理可以看成是概率论公理的拓宽。通常在统计活动实践中遇到一些新问题，用原有的统计方法无法解决时，就需要统计工作者针对新出现的问题去建立一个与实际情况相适应的统计模型，构造新的统计方法去研究分析，这些活动就要靠统计理论来指导。

统计学是应用性很强的一门学科，统计学的基本原理方法应用于不同专业领域就形成各种各样的专业统计学。应用统计学形成了一整套统计分析方法体系，具体内容包括适用于各个领域的如参数估计、假设检验、方差分析、相关与回归等一般性的统计方法，还包括专有分析方法。近些年来，由于统计研究的范围越来越广，统计方法也日趋复杂化和专门化，为适应社会实践发展的需要，既熟悉统计知识又熟悉某一领域业务的应用统计人员就应运而生，同时也产生了相应的应用统计学。这类统计学的特点不侧重于统计数学原理的推导，而是主要侧重于阐明统计的思想，并将理论统计学的结论作为工具广泛应用于各个具体领域。本书所介绍的内容属于应用统计学，并且特别侧重于体育方面的应用。

## （三）统计学与其他专门学科的关系

统计学的应用性很强，其一般的数据分析方法适用于其他科学领域中的随机现象，因此它与很多专业学科都有关系。但是统计方法只是从事物的外在数量表现去推断该事物可能的规律性，它本身并不能说明为何会存在规律性。至于为什么会存在这种规律性，则是各专门学科领域内的任务。例如，我们用统计方法分析一些资料得出结论：吸烟与某些人体疾病有关。这是通过吸烟者的发病率和吸烟者的发病率的对比得出的结论。但它只能揭示出这种关系，并不能解释吸烟何以会增加患病的危险性，如何去解释这种关系则是医学专业学科的任务。所以，统计方法只是一种工具，进行定量分析时必须和定性分析结合起来。统计分析方法虽然是一个强有力的工具，但必须慎重使用，不了解其背景而随意使用统计分析方法是十分危险的做法。例如，近年来我国经济发展水平和刑事案件的数量都在增长，能否由此说明经济发展水平越高，刑事案件发生率越高呢？显然，这样的结论是荒谬的，刑事案件的增加是受多种因素影响的结果，因此，有必要在应用统计方法时全面、周密地考虑有关情况，同时把统计学知识和其他有关专业知识结合起来，定性和定量分析方法相结合，才能更好

地发挥统计工具的作用。

### 三、体育统计

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。

体育统计在我国已经有了六十余年的历史，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，体育统计没有得到应有的重视和发展。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。在我国大多数体育院校都开设了体育统计课程。

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、竞技体育等都有大量应用统计方法的研究。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，都有运用统计分析的实例。体育统计已经成为我国体育现代化、科学化进程中不可缺少的重要工具。

## 思考与讨论

.....

### 一、关于统计的含义

“统计”一词在不同的场合有着不同的含义，分别是统计工作、统计数据、统计学。

统计工作是一种社会实践活动，是对社会、经济、自然现象等的数据进行收集、整理和分析的活动过程，有着悠久的历史。统计数据是统计工作的成果，是统计工作过程中所取得的各种有关数字资料以及与之相关的其他资料的总称，它反映现象的规模、水平、结构、比例、速度及预测的数字和文字信息等，表明现象发展的特征。它的表现形式有各种统计报表、统计图、统计报告、统计年鉴和其他有关的统计数字信息载体等。统计工作的质量直接影响着统计数据的质量。统计学即统计理论，是研究如何收集数据、整理数据和进行数据分析推断的一门方法论科学，其目的是探索事物数据的内在数量规律性，以达到对客观事物的科学认识。它是统计工作的科学总结和理论概括，反之，统

计学又以其理论和方法指导统计工作。统计数据的收集是进行统计分析的基础，如何取得准确、可靠的统计数据是统计学研究的内容之一；统计数据的整理是对数据进行加工处理，使得统计数据系统化、条理化、符合统计分析的需要；统计数据分析是统计学的核心内容，其目的是探索数据的内在规律。

因此，统计工作、统计数据、统计学三者密切联系。统计工作是对社会进行调查研究的过程，统计工作的成果是统计数据。而统计学和统计工作的关系是理论和实践的关系，统计学是统计工作的科学总结和理论概括；反过来，统计学所论述的理论和方法又指导着统计工作的开展。

## 二、统计特点

统计学的研究对象主要是客观现象的数量方面，它具有数量性、总体性、具体性等特征。

### （一）数量性

统计学的研究对象包括客观现象的规模、水平，现象之间的数量关系以及决定现象质量的数量界限。它是运用大量的数据资料来综合反映事物的数量方面的。这主要是由于客观事物中个体与个体之间的差异是普遍存在的。例如：在同一环境下，拥有相同物资、资金等条件的企业，其经营效果各不相同。同时，事物是不断发展的，在其发展过程中，随着各种条件的发展变化，影响其发展的因素也在不断变化。因此，少量的数据并不能充分表现事物的一般特征，不能说明事物发展的规律性，必须收集大量的数据资料进行综合分析，才能消除事物发展过程中偶然因素的影响，得到事物发展的一般规律。

### （二）总体性

由于客观现象错综复杂，个体处在不同的环境之中，它们的发展过程既要受到共同因素的影响，又受到某些个别、偶然因素的影响。因此，只利用个别个体现象的数量特征和变动趋势难以说明客观现象总体的发展规律，必须以客观现象的总体作为研究对象才能消除各种偶然因素的影响，从而正确地反映客观现象的发展规律。可见，统计研究对象不是个体现象的数量方面，而是由多个个体构成的总体现象的数量方面。

总体是由个体组成的，要认识客观现象的总体，就必须从每个个体对象着手，获取数据，然后分析、综合，最后获得总体现象的规律性。

### （三）具体性

统计学所研究对象的量是具体的而不是抽象的数量，这是统计学和数学的重要区别。即统计学的数量是具体的，它反映客观现象在一定时间、地点、条件下的具体的数字表



现；数学则完全撇开研究对象的具体内容和本质的特征，主要研究抽象的数量关系。但是，由于统计是从量的方面研究总体现象，因此，在许多方面要使用数学方法进行统计分析等。统计这一特点，要求统计工作者必须按照具体事物的本来面目进行调查，才能保持调查资料对具体事物的准确反映。

#### （四）变异性

统计的认识对象是在数量上有差别、变化的事物的总体。统计作为一种客观事物的反映过程、认识过程，又具有以下四个特点：

1. 从定性认识到定量认识。也就是说，统计研究客观事物及其过程，首先要对客观事物的性质、特点、运动过程等有一定的认识，而后才能正确地研究事物的量的关系，进行统计活动。

2. 从个体量的认识过渡到对总体量的认识。这是因为总体是由个体组成的，但对个别单位具体事实的调查登记也只是统计研究的必要手段，而不是研究的目的。

3. 从对现象的描述过渡到对现象规律性的认识，这个过渡，使统计对客观事物数量方面的认识从现象开始上升到本质。而对现象规律性的认识才是统计研究的目的。

4. 从对历史和现实统计资料的研究进而达到对未来作预测，这说明统计除了跟踪客观事物的发展变化而进行描述以外，还要预报客观现象未来的发展趋势。

### 三、体育统计在体育中的作用

随着近年来体育科技的飞速发展和体育科学化程度的迅速提高，体育统计已被广泛应用于体育运动各个领域。体育统计的原理、知识和方法已被体育界广泛接受。体育统计的应用范围，可以涵盖体育领域中所有涉及数值分析的应用领域，竞技体育、大众体育、学校体育、体育管理等都有大量应用统计方法的研究成果；运动医学、运动心理学、运动生物力学、运动生物化学、体育测量与评价等诸多相关学科领域都普遍采用体育统计分析方法；在评价运动训练水平，体质发育水平，比较分析教学训练效果、体育人文社会现象的定量比较分析与预测等研究中，都有运用体育统计方法分析的实例。体育统计使我们能以最少的样本含量，达到研究所需要的精确度，进而对总体参数作出推断分析，保证科学研究的可靠性、精确性和经济性。

## 第二节 常用基本概念

### 一、总体与样本

总体是所研究的某一现象的全部数据的集合。例如，辽宁省18岁男生的肺活量值；