

何 彦 吉
何 平 编 著

体育应用数学

辽宁科学技术出版社

236534



体育应用数学

（第二版）

2013.11

体育应用数学

何彦吉 何平 编著

辽宁科学技术出版社

一九八六年

体育应用数学

Yingyong Shuxue

何彦吉 何平 编著

辽宁科学技术出版社出版 大重印刷厂印刷

开本: 787×1092 1/32 印张: 205/8 字数: 440,000

1986年1月第1版 1986年1月第1次印刷

责任编辑: 王玉哲 李传声 插图: 栾传益

封面设计: 栾传益 石果 责任校对: 王莉

印数: 1—10,000

统一书号: 7288·50 定价: 4.90元

序

彦吉同志和何平同志编著的《体育应用数学》一书正式出版，请允许我先说几句题外话。

彦吉同志是年届花甲的体育教授。平生三分之二的岁月是用在体育教育事业上。他以系统的体育理论与长期的教学实践相结合，积累了丰富的教学经验和来自实验的科研资料，使他连续发表了有关体育理论和体育教学的研究文章。《体育应用数学》一书正是在上述的基础上写出来的。

本书系统地介绍了体育科学常用的数学知识和解决教学中所遇到的实际问题的方法，是作者多年来从事田径教学中有关田径运动场地设计的体会，以及运动训练，组织运动竞赛和裁判工作中所积累的大量资料，结合个人的体育统计方法讲义编写而成。它包括了体育运动中的数量关系、运动场地的测画和计算，解决运动竞赛的教学方法、运动技术理论中的教学模型，体育统计的基础知识和统计方法、现代数学在体育中的应用，以及电子计算机在体育教学中的运用等知识。内容充实，知识广泛，观点明确，通俗易懂，具有实用性和鲜明的现代化特色，可作为师范院校体育专业、体育院校学生学习参考书，也可作中学体育教师、教练员和体育工作者自学体育专业理论的工具书。

彦吉同志一直担任体育系主任的行政工作，一直坚持教学和科研。在紧张的教学工作和无边无际的行政事务的压力下，在学术活动和社会体育活动不断邀他参加的繁重负担

中，他仍能挤出时间系统地整理出自己多年来的心血结晶，是应该肯定和值得学习的。何平同志是位年轻的应用数学研究工作者，多年来，他将数学理论和方法应用于体育科学，写出了不少好文章，从《体育应用数学》一书中可以看出他的研究成就和劳动汗水。

当代科学的发展标志着多学科相互交叉，相互渗透，用各方面知识综合研究问题是科学进步的需要，《体育应用数学》正反映出这种时代的特色。我对体育是真正的外行，说不出一句内行的话，没法评价他们这部分的成就。所以只能说几句题外话。因为是老同事、老朋友，在他们的书要出版之际，写几句话以表祝贺，是会得到内行们理解的吧！

于植元

1985年8月·大连

前 言

在当今的科学大花园里，有哪一门科学能离开数学呢？又有哪一个人的生活能离开数学呢？不能。体育科学是一门新兴的、与多种学科有联系的边缘科学，不论是运动技术理论、场地建筑设计、运动训练与竞赛、测定人们体质情况，还是统计体育情报等，数学都起到了很大的作用。

《体育应用数学》以基础知识为主，讲解力求通俗，面向不同程度的读者。本书从体育角度介绍了体育科学中常用的数学知识，有的部分只介绍了结论没有给出证明，读者可参考有关的数学专业书。

我们主观愿望是想让本书能对体育数学及其应用有一个浅显而又保持一定严谨性的教材式的叙述，但限于水平，书中仍有很多缺点，盼望大家批评指正。

本书的许多章节参考了大量的参考书和部分同志的研究成果，选用了一部分同志的论文。凡被引用材料作者的姓名均列在书后，在此并致谢。

本书初稿完成后，大连大学周玉政副教授、辽宁师范大学的佟宇寰副教授以及大连师专周善祥老师，提出了宝贵的意见。大连师专于植元教授进行审阅。在本书定稿前，又请东北工学院王衡教授和俞晋祥教授进行了评审，在此一并致谢。感谢李传声同志为本书出版工作所付出的辛勤劳动。

编 著 者

一九八五年二月于大连

目 录

第一章 数学基础

第一节	变量与函数	(1)
第二节	经验公式	(5)
第三节	介绍几个体育中的经验公式	(7)
第四节	极限的概念与导数的计算	(14)
第五节	不定积分	(40)
第六节	定积分	(48)
第七节	数值积分法	(60)
第八节	集合论的基础知识	(64)
第九节	排列与组合	(72)
第十节	矩阵论初步	(78)
第十一节	线性方程组	(88)
第十二节	对策论基础知识	(95)
第十三节	模糊数学初步知识	(113)
第十四节	电子计算机基本知识介绍	(125)

第二章 体育运动技术与数学模型

第一节	短跑的数理模型	(143)
第二节	对短跑技术中某些动作的数理分析	(146)
第三节	周期性耐力项目中的几个数学公式	(153)
第四节	运动等水平分析及百分强度问题	(158)
第五节	有关跳高的起飞角	(174)
第六节	定量化评定跳高技术	(175)
第七节	背越式跳高三种不同过竿姿势的	

	数学分析	(177)
第 八 节	跳远技术的数学描述	(180)
第 九 节	投掷项目的最优出手高度、地斜角与 出手角度	(183)
第 十 节	游泳接力技术的数学分析	(189)
第 十 一 节	速滑弯道中力学分析的数学计算	(192)
第 十 二 节	篮球的投射角与最小初速度	(196)
第 十 三 节	篮球入射人防守最佳位置的计算	(199)
第 十 四 节	从数学角度谈正脚背踢球偏高的原因	(205)
第 十 五 节	举重运动中的数学模型	(207)
第 十 六 节	太极球的数学模型	(212)

第 三 章 运动竞赛中的数学分析与计算

第 一 节	淘汰制比赛的证明与计算	(223)
第 二 节	关于淘汰制比赛中抽签合理性的证明	(225)
第 三 节	关于运动竞赛中计算名次的方法	(237)

第 四 章 运动场地的设计与计算

第 一 节	运动场地设计的历史过程	(244)
第 二 节	几种田径场地的画法	(249)
第 三 节	有关角度、弧长与田径场中的弯道	(251)
第 四 节	正弦、余弦函数在丈量法中的应用	(254)
第 五 节	怎样计算切入差	(259)
第 六 节	渐开线原理在研究起跑线上的应用	(261)
第 七 节	不标准田径场的设计与画法	(266)
第 八 节	标准、非标准半圆式田径场跑道参数表	(272)
第 九 节	标准田径比赛场地简易弯道算法	(277)
第 十 节	铅球、链球、铁饼投掷区的划法	(281)

第五章 体育统计学基础

- 第一节 统计学中的基本概念 (285)
- 第二节 集中量数 (289)
- 第三节 差异量数 (304)
- 第四节 频率分布 (313)
- 第五节 分布位置百分 (318)

第六章 相对数与指数的基本原理

- 第一节 相对数的种类及计算方法 (323)
- 第二节 指数的计算方法 (326)
- 第三节 体质评定中的指数计算 (332)
- 第四节 计算运动量的指数方法 (335)

第七章 概率论与统计分布

- 第一节 体育中的随机现象 (340)
- 第二节 概率的基本概念及计算 (341)
- 第三节 随机变量的分布 (353)
- 第四节 正态分布曲线在体育中的应用 (366)

第八章 有关参数 μ 和 σ 的讨论

- 第一节 数学期望与方差 (379)
- 第二节 参数估计 (382)
- 第三节 有关区间估计 (385)

第九章 体育统计中假设检验的基本方法

- 第一节 大样本检验法 (394)
- 第二节 有关 t 检验法 (399)
- 第三节 服从正态分布的假设检验 (403)
- 第四节 符号检验及秩合检验法 (406)
- 第五节 样本率差异显著性的检验 (408)

第十章 方差分析

- 第一节 方差分析性质与计算 (414)
- 第二节 用原数据计算方差 (419)
- 第三节 各组平均数的比较 (421)

第十一章 回归分析

- 第一节 相关与回归 (424)
- 第二节 相关系数的计算 (428)
- 第三节 两种类型的相关方法 (432)
- 第四节 一元线性回归 (436)
- 第五节 回归系数的含义及一元回归方程的效果 (440)
- 第六节 非线性回归 (443)
- 第七节 多元线性回归 (452)
- 第八节 回归方程的检验 (467)
- 第九节 逐步回归方法 (470)
- 第十节 回归分析在体育中的应用举例 (474)

第十二章 正交设计方法

第十三章 判别分析

第十四章 主成分分析方法

第十五章 聚类分析

第十六章 模糊聚类

第十七章 模糊数学在体育中的应用

- 第一节 运动训练中某些选材因素的模糊聚类分析 (548)
- 第二节 运动员心理选材的模式识别法 (549)
- 第三节 体育运动技术与训练手段间的

	模糊相关分析	(552)
第 四 节	应用模糊数学对跳跃练习进行定量 分析	(554)
第 五 节	模糊集理论用于百米成绩与步幅的 相关分析	(559)
第 六 节	模糊综合评判在体育中的应用	(567)
第 七 节	运动员气质类型的模糊数学模型	(574)
第 八 节	对少年运动员生长发育趋势预测	(584)
第十八章	体育运动能力的突变理论	
第十九章	电子计算机在体育上的应用	
附 表		(603)

第一章 数学基础

第一节 变量与函数

在体育运动中，我们经常碰到一个基本概念，就是量的概念。例如：距离、时间、速度、力量等等都是量。

在我们所讨论的问题的集合中，可以取不同数值的量叫做变量；而保持同一数值的量叫做常量。例如，在田径比赛中，运动员的人数及比赛的每项距离都是常量，而运动员的速度、时间、步频、脉搏次数等都是变量。应当注意的是在体育运动中，某一量是常量还是变量，是对某一过程来说的，并不是绝对的。例如，在 4×100 米接力比赛中，运动员发生了变化，就某一段距离运动员是常量，而就整个 4×100 米项目的比赛则为变量。为了研究体育运动的各种现象，我们舍去了各种量的具体性质，从数学角度，只抽出它们的数值来讨论，所以变量用变数来代替，常量用常数来代替。在过程中变化很小的量，如无碍于问题的研究时也可看作常量。

在研究体育运动现象时，所注意的不只是某一瞬时的情况，更主要的是某项运动的全过程究竟是怎样进行的，并且它是怎样变化的。换句话说，就是要弄清楚这个过程中的量与量之间有什么关系，并且通过该关系弄清楚这些量是怎样制约的。这样就需要明确数学中函数的概念。

一、函数的定义

在体育运动现象中所出现的几个量，通常是彼此之间有某种关系。先看如下几个例子：

(一) 在某段路程中，跑的速度与时间有关。

(二) 如果用横坐标 t 表示某节课的运动时间，用纵坐标表示学生的脉搏次数，则必有一曲线。

(三) 投掷标枪的距离与投掷角有关。

在(一)中，我们由物理得知 $v = \frac{s}{t}$ ，只要知道时间 t 值，立即可以算出在某段距离中的速度。至于(三)情形就不同了，即使知道标枪投掷角度，我们也还不能完全确定投掷的距离，因为还牵涉到其它很多的复杂因素。我们所要研究的就是(一)(二)问题中那种明确的量与量之间的关系，就是函数关系，可定义为：

在某一问题中有一对变量 x 、 y ，如果对于 x 所取的每一个值， y 恒有一(多)个确定的值与它相对应，我们就说 y 是 x 的函数， x 叫自变量。

在研究具体运动现象函数时，要采用记号，通常用 $f(x)$ 来表示 x 的函数，在讨论一般性的理论时，它代表任何合乎条件的函数，但在具体的问题时，它代表某一确定的函数。

在同一问题中，不同的函数要用不同的记号来表示。例如在研究跑道测画中，圆的面积和圆的弧长是半径的两个不同的函数，如果我们用 x 表示半径，那么这两个函数就要分别用

$$s(x) = \pi x^2 \quad p(x) = 2\pi x$$

来表示。

二、函数关系的表示法

两个变量之间的函数关系，通常有下列三种表示法：

(一) 解析法

用公式表示两个变量间的函数关系的方法叫做解析法，
如 $v = \frac{10}{t}$ 。

(二) 列表法

把自变量的一系列值和函数的对应值列成一个表，表示两个变量间的函数关系的方法，叫做列表法。

例：某校1979年至1982年达标情况如下：

时间	79	80	81	82	
人数	256	301	400	491	

由此可看到人数与时间两个变量的函数关系。

(三) 图象法

利用图象表示两个变量间的函数关系的方法，叫做图象法。

在体育统计中，为了直观地了解运动现象的性质，常常画出函数的图象或者是统计图。为了这个目的，我们在平面上作两条互相垂直的直线 ox 和 oy ，把它们叫做坐标轴，直线 ox 叫做横轴，或 x 轴，规定向右的方向为它的正向， oy 叫做纵轴或 y 轴，规定向上的方向为它的正向。这两条直线的交点 o 叫做坐标原点，然后取定一个长度单位，这样建立一个平面上的直角坐标系。

横轴(x 轴)与纵轴(y 轴)把平面分成四个部分，分别叫做第 I、II、III、IV 象限，体育统计中的图象一般都在第一象限来研究。设 p 为平面内的任意一点，规定： p 点在 x 轴的正投影所表示的数是 x ，叫做 p 点的横坐标， p 点在 y 轴上的正投影所表示的数 y ，叫做 p 点的纵坐标，记作 $p(x, y)$ ，

如图 P_1, P_2 各点的坐标分别是 $P_1(2, 4)$, $P_2(\frac{1}{2}, 2)$ 。

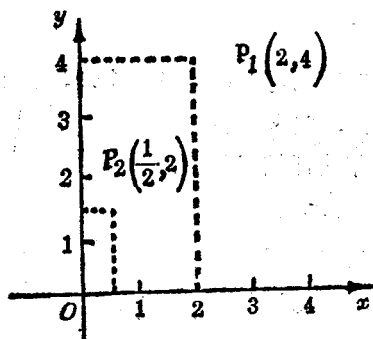


图 1

从图象中容易看出：平面内的任何一点，都有两个有顺序的实数作为它的坐标，反过来，对于任何两个有顺序的实数 x, y ，在平面内总可以作出坐标是 (x, y) 的一个点，如在体育统计中任一对数据，总能在坐标系中找出一一点，即平面上的点与有序的实数对之间建立

了一一对应的关系。

例如某学生经过体育锻炼，体重变化的曲线如图：

从图象中，可看出体重随时间的变化而变化的情况。

以上三种表示法，各有各的优缺点，在体育中如何恰当地使用？这里说明几种方法。

解析法：简单明了，能反映变量间全部

相依的关系，但求对应值，有时需很复杂的计算，同时在具体

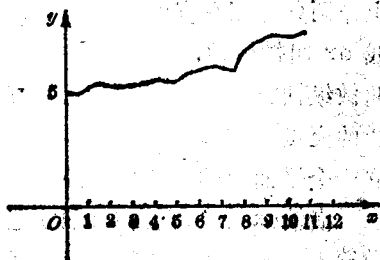


图 2

运动现象中，变量间的函数关系不都是能用解析法表示。

列表法：两变量的对应值一目了然，但对对应值不完全，有局限性。

图象法：直观，便于研究函数性质和变化情况，但不易求出准确的对应值。

在体育中，对具体的现象要做具体的分析，恰当地使用各种表示法。

第二节 经验公式

在体育实际中，经常需要求变量间的函数关系，但建立变量间的函数关系，并不是清晰明了的，而要经过反复试验，求得实验数据，将这些“丰富的感性材料加以去粗取精，去伪存真，由此及彼，由表及里的改造制作工作”，求得变量间的函数关系，为体育运动事业服务。

具体做法是：

1、列出测试数据

2、以这些对应值为坐标，作出点，描出函数的近似图象（叫做经验曲线）

3、观察经验曲线的类型，再根据数据或曲线建立两个变量之间函数的近似表达式（叫做经验公式）

如果经验曲线近似于一条直线，那么它的经验公式就是 $y = kx + b$ 的形式，叫做直线型的经验公式。

直线型经验公式 $y = kx + b$ ，只要求出 k 和 b 的值就可以完全决定了。下面举例说明求体育中直线型经验公式的两种方法。

例：某一运动员在完成一项纵跳动作时要使身体重心上升 S 厘米，需用 F 公斤的力，经测验所得数据如下表：