



Advanced Cultural Theory

Sports Science: The Quantitative  
Research Methods and Applications

# 体育科学定量研究 方法与应用

范凯斌 著





Mathematical Analysis

Mathematical Analysis: The Foundations  
of Real Analysis and Applications

Mathematical Analysis: The Foundations  
of Real Analysis and Applications

Mathematical Analysis





Advanced Cultural Theory

**Sports Science: The Quantitative  
Research Methods and Applications**

**体育科学定量研究  
方法与应用**

范凯斌 著



上海交通大学出版社  
SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY PRESS

## 内容提要

“数学是最美的语言”“体育是人类伟大的文明”，体育与数学是人类智慧与身体最完美的组合。作者娴熟运用数学统计定量方法，对我国篮球、排球、羽毛球、射箭等多项体育运动的体能、技能、赛事成绩、损伤及康复等进行研究，就前沿体育运动发展过程中出现的各种现象和问题予以剖析，所提建议肯綮合理。

## 图书在版编目(CIP)数据

体育科学定量研究方法与应用 / 范凯斌著. —上海：  
上海交通大学出版社，2017  
ISBN 978 - 7 - 313 - 18574 - 7

I. ①体… II. ①范… III. ①体育科学—研究方法  
IV. ①G80 - 3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 306517 号

## 体育科学定量研究方法与应用

著 者：范凯斌

出版发行：上海交通大学出版社

邮政编码：200030

出 版 人：谈 毅

印 制：常熟市文化印刷有限公司

开 本：710 mm×1000 mm 1/16

字 数：294 千字

版 次：2017 年 12 月第 1 版

书 号：ISBN 978 - 7 - 313 - 18574 - 7/G

定 价：68.00 元

地 址：上海市番禺路 951 号

电 话：021 - 64071208

经 销：全国新华书店

印 张：19.5

印 次：2017 年 12 月第 1 次印刷

版权所有 侵权必究

告读者：如发现本书有印装质量问题请与印刷厂质量科联系

联系电话：0512 - 52219025

## 前言

Preface

“数学是最美的语言”“体育是人类伟大的文明”，体育与数学是人类智慧与身体最完美的组合。本书运用统计学讲述体育科学的“故事”，诠释体育的魅力、体育科学定量研究是一场奇妙的心灵体验。

体育统计是体育科研人员、体育教师最为宝贵的工具。目前编撰的体育统计学偏重于体育统计知识的传授，学习者只能零星地掌握体育统计的基本知识和技能，面对复杂的体育现象，则难以组合地运用体育统计工具来解决问题，尤其是专业体育院校毕业生，数学知识相对匮乏、应用能力差，很难快速、熟练使用并解决难题。他们迫切需要一本内容系统而全面的体育科学应用统计书籍，学习之，掌握之，并应用之。

本书应时而生，经过笔者十余年潜心探索，探究了大量竞技体育项目如射箭、排球、篮球等，以及国民体质、社会体育方面的前沿问题，用通俗的数学统计定量方法，解决现实复杂的体育现象和问题，深入浅出，易于理解和掌握。

限于作者的水平，书中难免有舛误，敬请同仁、读者批评指正。

## 目录

### Contents

#### **第一篇 射箭运动定量研究方法与应用**

- 3 奥运会射箭运动员的年龄、身体形态特征研究
- 18 20年来奥运会射箭项目前三名成绩的动态分析
- 27 国内外顶级射箭赛事成绩比较研究
- 50 我国优秀射箭运动员损伤及康复研究

#### **第二篇 排球、篮球运动定量研究方法与应用**

- 65 世界女排大赛技术排名的位置差异研究
- 80 近三届女排世界杯技术统计动态分析
- 114 近三届奥运会女排运动员的非技术指标与  
比赛成绩的相关分析
- 133 中国男篮国家队体能训练监控与科学设计研究

#### **第三篇 冬季项目定量研究方法与应用**

- 155 冬奥会女子短道速滑项目冠军成绩的动态分析
- 169 我国自由滑雪空中技巧国家队队员体能制胜特征研究
- 178 我国优秀自由滑雪空中技巧运动队体能诊断研究

#### **第四篇 小球项目定量研究方法与应用**

- 191 我国男子网球运动员的专项体能特征研究  
202 浙江省少儿羽毛球运动员身体素质、技能与运动成绩的相关分析

#### **第五篇 国民体质和运动人口结构定量研究方法与应用**

- 227 生态系统理论视域下浙江省留守儿童体质差异研究  
239 大学生体型指数分类适宜方法研究  
250 大学生体质状况相对年龄特征与体育教学改革研究  
268 海岛与内陆地区 60~69 岁老年人体质差异研究  
281 我国竞技体育优秀运动员人口结构研究

#### **后记**

第 一 篇

射箭运动定量研究方法与应用





射箭项目是我国竞技体育“潜”优势项目，研究射箭项目的制胜规律是保持和扩大已有优势的重要突破口。目前，在射箭运动训练中，理论论述多，定量分析少。广大科研工作者缺乏射箭项目定量研究的方法。

本篇聚焦射箭运动领域中的非技术因素和成绩分布，以及运动损伤调查问卷的处理等，揭示射箭运动项目的发展规律及趋势，除为教练员提供借鉴外，还可以为科研人员学习定量分析方法提供参考。

本篇主要综合运用单样本 T 检验、独立样本 T 检验、单因素方差分析、回归分析、熵值法以及组合预测法等定量分析法进行研究。

---

# 奥运会射箭运动员的年龄、 身体形态特征研究

---

本文对 2004 年雅典、2012 年伦敦奥运会参赛的射箭运动员的年龄、身体形态特征进行研究，以增强射箭运动员的选才和训练的科学性。研究认为：奥运会射箭运动员年龄呈现一定规律性，以 18~29 岁为主，极端年龄较少；其身高、体重以及克托莱指数均呈正态分布，形成较为稳定的显著特征；我国奥运参赛男子射箭运动员的体重和克托莱指数偏低；奥运会参赛男子射箭运动员克托莱指数较高。奥运会参赛的射箭运动员年龄有一定规律。因此，建议对极端年龄的运动员要谨慎使用；在选才时应充分考虑年龄和身体形态因素，并增强身体形态训练的针对性和科学性。

年龄反映了运动员成才的最佳运动年龄阶段和比赛经验状况，身高、体重及克托莱指数则反映了运动员的体能水平<sup>①</sup>。作为最重要的基本参数，运动员的年龄和身体形态一度成为学术界研究的热点。从已有的研究成果看，研究的运动项目主要有篮球、排球、足球、游泳、花样游泳等一些奥运项目，也有非奥运项目<sup>②</sup>。这些研究大大地丰富了运动员的年龄和身体

---

① 金川江. 德国世界杯不同位置运动员身高、体重、年龄比较研究 [J]. 体育与科学, 2006, 27(6): 77-80.

② 尹大利. 世界优秀游泳运动员竞技年龄与身体形态分析 [J]. 体育文化导刊, 2014, (3): 111.

韩天明, 萧璿. 相对年龄效应对足球比赛成绩影响的研究——以 2014 年巴西世界杯为例 [J]. 统计与信息论坛, 2015, 30(2): 88-93.

形态的理论体系,为运动员的选才和训练管理提供了实践指导。

作为准确类项目,射箭项目对运动员的比赛经验、心智成熟度要求特别高。在此意义上,研究射箭运动员的年龄特征显得尤为重要。但是这方面的研究成果并不多见。

世界射箭强队的成功经验表明,射箭运动员需特别重视专项体能训练。只有身体形态符合射箭专项发展的要求,才能在以后的射箭训练中适应射箭专项体能训练,逐步提高专项运动成绩。但目前有关我国优秀射箭运动员形态学特征的研究非常少,特别是对高水平射箭运动员形态学方面的研究更少。关于优秀射箭运动员形态学特征还需有更多研究内容来进一步归纳和确定<sup>①</sup>。

研究世界竞技水平最高的比赛——奥运会射箭运动员的基本参数特征,有助于认清和把握当今高水平射箭运动员年龄、身体形态的现实格局和发展规律,不仅可以为运动员的年龄和身体形态的理论体系增添新的内容,也可以为我国射箭运动训练实践提供指导依据。

## 一、研究对象与方法

### (一) 研究对象

2004年雅典、2012年伦敦这两届奥运会男女射箭运动员的年龄、身高、体重与克托莱指数特征。

### (二) 研究方法

#### 1. 数理统计法

本文主要采用描述性分析、正态分布、非参数检验与T检验对所

---

曹庆雷,余德峰.中国优秀短道速滑运动员年龄结构特征与参赛关系研究[J].首都体育学院学报,2013,25(3):151.

李宁,陈志强.我国少年女子排球运动员身体形态的现状与评价[J].中国体育科技,2006,42(5):89-91.

郭立亚,杨锋.世界优秀男子网球运动员年龄、球龄与身体形态特征分析[J].中国体育科技,2009,45(1):71.

陈颇,诸文兵,殷樱,等.2006-2007赛季NBA运动员年龄、球龄与身体形态特征分析[J].中国体育科技,2007,43(4):88-93.

<sup>①</sup> 郭蓓.射箭项目备战重大比赛的训练理论与方法[M].哈尔滨:黑龙江科学技术出版社,2007,8:20.

获的数据进行统计分析。数据全部来自国际箭联官方网站(<http://www.worldarchery.org/>)权威公布的2004年雅典、2012年伦敦奥运会射箭成绩册中运动员报名信息。统计指标有:年龄、身高、体重以及克托莱指数。

## 2. 理论分析法

对数据结果进行比较、归纳,得出研究结论与建议。

## 二、研究结果与分析

### (一) 奥运射箭运动员的平均年龄、身高、体重以及克托莱指数特征

表1 奥运会女子射箭运动员的描述性统计量

	N	平均值	标准差	变异系数	最大值	最小值
年龄/Y	128	25	6.61	0.26	50	17
身高/cm	128	167	6	0.04	183	152
体重/kg	128	62.37	8.24	0.13	95	43
克托莱指数	128	363.7	71.4	0.20	542.86	313.25

表1揭示,女子的平均年龄为25岁,标准差为6.61岁,变异系数为0.26。年龄最大为50岁,最小的17岁,相差33岁。平均身高为167cm,标准差为6.25cm,变异系数0.04。身高最高为183cm,最低为152cm,相差31cm。平均体重为62.37kg,标准差为8.24kg,变异系数为0.13。体重最重为95kg,最轻为43kg,相差52kg。平均克托莱指数为363.70,标准差为71.40,变异系数为0.20,最高为542.86,最低为313.25,相差229.61。

从变异系数的大小看,女子的年龄最大,身高最小。说明,奥运会女子射箭运动员的年龄变化最大,而身高变化最小。

正态检验结果表明,女子的年龄、身高、体重以及克托莱指数的K-S统计量Z值对应的P值结果分别是0.022、0.608、0.304、0.261。检验结果表明,奥运会女子射箭运动员的除了年龄不呈正态分布外,身高、体重以及克托莱指数均呈正态分布。奥运会女子射箭运动员的身高、体重和克

托莱指数相对稳定, 年龄波动范围较大。

表 2 奥运会男子射箭运动员的描述性统计量

	N	平均值	标准差	变异系数	最大值	最小值
年龄/Y	128	26	6.36	0.24	48	15
身高/cm	128	180	6.6	0.04	208	165
体重/kg	128	79.34	12.65	0.16	135	53
克托莱指数	128	440	64.21	0.15	710.53	306.36

表 2 揭示, 男子射箭运动员的平均年龄为 26 岁, 标准差为 6.36 岁, 变异系数为 0.25。年龄最大为 48 岁, 最小的 15 岁, 相差 33 岁。平均身高为 180 cm, 标准差为 6.60 cm, 变异系数 0.04。身高最高为 208 cm, 最低为 165 cm, 相差 43 cm。平均体重为 79.34 kg, 标准差为 12.65 kg, 变异系数为 0.16。体重最重为 135 kg, 最轻为 53 kg, 相差 82 kg。平均克托莱指数为 440, 标准差为 64.21, 变异系数为 0.15, 最高为 710.53, 最低为 306.36。

从变异系数的大小看, 男子年龄最大, 身高最小。这点与女子类似。综合这两点, 可以认为奥运会射箭运动员的年龄变化较大, 而身高变化最小。

正态检验结果表明, 男子的年龄、身高、体重以及克托莱指数的 K-S 统计量 Z 值对应的 P 值结果分别是 0.043、0.144、0.195、0.311。与女子类似, 只有年龄不呈正态分布, 身高、体重以及克托莱指数均呈正态分布。

比较奥运会男女射箭运动员的年龄、身体形态分布结果可知, 除年龄之外, 奥运会射箭运动员身高、体重以及克托莱指数的分布均匀。

## (二) 奥运会射箭运动员的年龄、身高、体重以及克托莱指数的结构分析

### 1. 年龄结构分析

年龄代表着参赛经验和心智成熟度。射箭项目属于准确类项目, 尤其需要具备丰富的参赛经验和很强的临场应变能力。奥运会射箭运动员的年

龄特征是训练和选才的重要参考依据。

从参赛女子运动员的年龄分布看, 21岁、23岁、19岁、20岁、24岁、27岁、28岁、18岁、22岁、25岁、26岁分别占总数的9.4%、9.4%、8.6%、7%、7%、7%、6.3%、5.5%、5.5%、5.5%、4.7%。这几个年龄段的运动员所占比例较高。可见, 奥运会女子射箭运动员的年龄层次以18~28岁居多, 累计占总数75.9%。其中21岁和23岁的女子射箭运动员最多。

从参赛男子运动员的年龄分布看, 26岁、20岁、21岁、23岁、28岁、24岁、18岁、19岁、22岁、25岁、29岁分别占总数的10.6%、8.2%、8.2%、7.4%、7.4%、6.6%、4.9%、4.9%、4.9%、4.9%、4.9%。这些年龄段累计占总数72.9%, 可以认为从19~29岁男子射箭运动员占了绝对大多数。其中26岁最多, 其次是20岁、21岁。

从奥运会男女射箭运动员的年龄结构看, 极端年龄的运动员并不多见。虽然射箭项目对运动员的经验和临场发挥要求较高, 运动员的年龄大些可能会有一些优势。但本研究发现, 男女奥运射箭选手的年龄有一定规律, 30岁以上的很少, 以18~29岁居多。获奖运动员的年龄大多在此区间。比如, 获得2012年伦敦奥运会射箭个人赛项目金牌的韩国女子运动员年龄为24岁, 其队友也是24岁; 获得2004年雅典奥运会射箭项目金银牌的两位韩国女子运动员年龄都是21岁。2012年伦敦奥运会进入男子前三名的我国运动员戴小祥的年龄为21岁, 日本的射箭运动员为27岁。

可以认为, 射箭竞技不仅需要心理稳定性和沉着应变, 还需要足够的体能储备。射箭项目同样是全面竞技能力的较量, 经验并不是唯一。因此, 射箭运动的发展需要加强后备人才的培养, 不应使用过多的极端年龄运动员。

## 2. 奥运会射箭运动员身高的结构分析

身高反映了人体形态结构与生长发育水平, 是评价运动员纵向发育水平的主要形态指标<sup>①</sup>。

依据频数分析表, 可以将奥运会女子射箭运动员的身高分为以下几个

<sup>①</sup> 郭立亚, 杨锋. 世界优秀男子网球运动员年龄、球龄与身体形态特征分析 [J]. 中国体育科技, 2009, 45(1): 71.

区间： $\leq 160$  cm、161~165 cm、166~170 cm、171~175 cm、 $\geq 176$  cm。统计发现，这些区间按顺序分别占总人数的 14.4%、28%、31.2%、18.4%、8%。由此可知，以女子奥运射箭运动员的身高 166~170 cm 的人数最多，其余依次为 161~165 cm、171~175 cm、 $\leq 160$  cm，最少的是  $\geq 176$  cm。可见，女子的射箭运动员的身高呈现较强的规律性。2012 年伦敦奥运会女子的金牌、银牌选手的身高为 168 cm、168 cm；2004 年韩国女子射箭运动员，也是金、银牌得主，其身高分别是 167 cm、170 cm。2012 年伦敦奥运会我国参赛女子射箭运动员的身高分别是 165 cm、170 cm、169 cm；2004 年雅典奥运会我国参赛女子射箭运动员的身高分别是 170 cm、168 cm、170 cm，她们均处在人数最多的区间内，应该说身高不是我国女子射箭运动员与国际优秀女子之间的主要差距。

男子的身高可分为以下区间：身高  $\leq 174$  cm 有 8 人，占总人数的 6.3%；175~179 cm 有 26 人，占 20.3%；180~185 cm 有 44 人，占 34.3%；186~189 cm 有 29 人，占 22.7%； $\geq 190$  cm 有 21 人，占 16.4%。相对而言，180~185 cm 人数最多。可以看出，射箭不似三大球（篮球、足球、排球），也与体操、武术等灵巧类项目不同，射箭运动员多以中等偏上身材为主。

2012 年、2004 年奥运会射箭比赛男子个人赛冠军的身高分别是 182 cm、180 cm。2012 年伦敦奥运会我国参赛的男子射箭运动员的身高分别为 178 cm、179 cm、188 cm；2004 年雅典奥运会我国参赛的男子射箭运动员身高分别是 180 cm、175 cm。可以看出，我国男子射箭运动员的身高与获奖运动员的差距甚微。

### 3. 奥运会射箭运动员的体重结构分析

体重反映了人体形态结构和生长发育水平，是描述人体横向发展水平及重量发展变化的重要指标，同时也是体现运动员身体充实度和力量的主要标准<sup>①</sup>。射箭项目有其独特的力量特征<sup>②</sup>，而体重与力量紧密相关，因此适宜的体重对射箭运动员至关重要。

女子的体重可划分为以下区间： $\leq 55$  kg 有 20 人、56~60 kg 有 26 人、

① 郭立亚，杨锋．世界优秀男子网球运动员年龄、球龄与身体形态特征分析 [J]．中国体育科技，2009，45(1)：71．

② 范凯斌．射箭运动核心竞争力研究 [J]．体育文化导刊，2009，(8)：58．

61~65 kg 有 47 人、66~70 kg 有 18 人、 $\geq 71$  kg 有 18 人。结果表明, 体重 $\leq 55$  kg 占总人数的 15.4%; 56~60 kg 占 20%; 61~65 kg 占 36.4%; 66~70 kg 占 13.8%;  $\geq 71$  kg 占 14.4%。其中 61~65 kg 的女子射箭运动员最多。2012 年伦敦奥运会女子个人赛前三名中有两位的体重均是 61 kg。2008 年北京奥运会女子个人赛冠军的我国运动员张娟娟的体重为 63 kg。

男子的体重可分为以下区间: $\leq 65$  kg 有 16 人, 占总人数的 12.3%; 66~75 kg 有 30 人, 占 23.6%; 76~85 kg 有 41 人, 占 32.1%; 86~95 kg 有 15 人, 占 11.5%;  $\geq 96$  kg 有 14 人, 占 10.7%。总体而言, 体重 76~85 kg 的人数最多。

比对原始数据发现, 奥运会男子前三名的体重均较大, 不处于人数最多的 76~85 kg 区间, 也高于平均值 79 kg。其中 2012 年奥运会韩国参赛选手的体重分别为 100 kg、96 kg、100 kg, 该届奥运会男子个人赛的金、银、铜牌得主的体重分别是 100 kg、81 kg、70 kg, 体重与决赛成绩正相关。2014 年雅典奥运会韩国的参赛选手的体重分别是 80 kg、65 kg、76 kg, 该届男子金、银、铜牌的体重分别是 93 kg、71 kg、84 kg。结果表明, 这两届的冠军的体重均较大。而我国的两届奥运会参赛的男子射箭运动员的体重分别为 70 kg、65 kg、77 kg、75 kg、74 kg, 其体重均低于奥运会男子射箭运动员的平均值, 与冠军的差距更大。

优秀男子射箭运动员的体重与成绩是否存在必然的关联尚待进一步验证。但在理论上, 体重与最大力量密切相关, 射箭对最大力量有较高的要求, 体重越大, 最大力量相应提高。最大力量的提高对射箭技术大有裨益。首先,“挽弓当挽强”, 说明重的弓有利于射箭的准确性, 开重弓需要运动员具备强大的力量, 且力量越大越能轻松自如地完成后续动作, 最大力量有利于完成技术动作。不仅如此, 最大力量又与力量耐力密切相关。力量耐力对射箭运动员同样至关重要。因为, 射箭选手大部分时间处于“引而不发, 跃如也”的状态。对弓箭系统的水平支撑力和对身体站立的垂直支撑力构成“十字形”用力结构,“端身如干, 直臂如枝”。于是, 力量、耐力成为不可忽视的稳定因素<sup>①</sup>。

由此可以推断, 体重不是提高射箭运动成绩的直接因素, 但可以作为

① 范凯斌. 射箭运动核心竞争力研究 [J]. 体育文化导刊, 2009, (8): 58.



评价射箭运动员力量素质的重要参考。现代射箭运动朝着更稳、更准、更快的方向发展,所有这些均需要优良的力量素质作为支撑。男子射箭水平很大程度上代表着射箭运动发展状况,优秀男子射箭运动员的体重偏大,预示着良好的专项力量更能完善射箭技术,更能提高射箭运动成绩。

#### 4. 奥运会射箭运动员的克托莱指数结构分析

克托莱指数是评价人体形态发育水平和匀称度的复合指标,反映运动员身体充实度,是运动员身体质量的基本评价标准,其大小可体现出运动员在发育过程中体重与身高的合理比例关系,从某种意义上也反映了运动员肌肉质量和肌力的优劣<sup>①</sup>。

女子的克托莱指数可划分为以下区间: $\leq 300$ 、 $301\sim 334$ 、 $335\sim 364$ 、 $365\sim 400$ 、 $401\sim 434$ 、 $\geq 435$ 。其中,克托莱指数 $\leq 300$ 有4人,占总人数的3%; $301\sim 334$ 有22人,占17%; $335\sim 364$ 有25人,占20%; $365\sim 400$ 有40人,占31%; $401\sim 434$ 有22人,占17%; $\geq 435$ 有9人,占7%。可见,奥运会女子射箭运动员的克托莱指数以 $365\sim 400$ 为主。2012年伦敦奥运会女子个人赛前三名的克托莱指数分别是357、372、363,有两名在 $364\sim 400$ 区间内;2004年,奥运会女子前三名的克托莱指数分别是400、424、369,也是两名在此区间内。2012年奥运会我国女子参赛射箭运动员的克托莱指数分别是394、365、414;2004年雅典奥运会我国女子参赛射箭运动员的克托莱指数分别是400、387、371,同样处于 $365\sim 400$ 区间。

男子的克托莱指数可分为以下区间: $\leq 390$ 有11人,占总人数的8.6%; $391\sim 420$ 有23人,占18%; $421\sim 450$ 有54人,占42.5%; $451\sim 480$ 有25人,占19.7%; $481\sim 510$ 有12人,占9.5%; $\geq 510$ 有4人,占1.7%。

2012年伦敦奥运会男子冠军、亚军、季军的克托莱指数分别为550、466、393;2014年雅典奥运会男子冠军、亚军、季军的克托莱指数分别是517、417、457。可见,男子个人赛冠军的克托莱指数偏高。我国两届奥运会男子参赛的射箭运动员的克托莱指数分别是:393、363、409、417、

<sup>①</sup> 郭立亚,杨锋.世界优秀男子网球运动员年龄、球龄与身体形态特征分析[J].中国体育科技,2009,45(1):71.