

添加个人信息



北京体育大学博士（毕业）学位论文

中国优秀女子沙滩排球运动员体 能特征及其评价体系研究

Study on Physical Ability Characteristic and Evaluation System for Chinese Elite
Female Beach Volleyball Athletes

培养单位：北京体育大学

一级学科：体育学

二级学科：体育教育训练学

研究方向：排球

研究生：张晓丹

指导教师：葛春林 教授

二〇〇七年五月五日

北京体育大学 学位论文版权使用授权书

本人完全了解学校有关保留、使用学位论文的规定，同意学校对本人递交的学位论文《中国优秀女子沙滩排球运动员体能特征及其评价体系研究》保留并向国家有关部门或机构送交论文的复印件和电子版，允许在校内和与学校有协议的部门公布论文并被查阅和借阅。

本人授权北京体育大学可以将本学位论文的全部或部分内容编入有关数据库进行检索，可以采用影印、缩印或扫描等复制手段保存和汇编本学位论文。

保密，在3年解密后适用本授权书。

本学位论文属于

不保密。

(请在以上方框内打“√”)

学位论文作者签名： 张晓丹



日期：二〇〇七年五月五日

北京体育大学学位论文原创性声明

本人郑重声明：本人所呈交《中国优秀女子沙滩排球运动员体能特征及其评价体系研究》是本人在导师的指导下，独立进行研究工作所取得的成果。除文中已经注明引用的内容外，本论文不包含任何其他个人或集体已经发表或撰写过的作品成果。对本文的研究做出重要贡献的个人和集体，均已在文中以明确方式标明并致谢。本人完全意识到本声明的法律结果由本人承担。

学位论文作者签名： 张晓丹



日期：二〇〇七年五月五日

摘要

本研究募集了 2006 年在中国排协注册的全部现役 79 名女子沙滩排球运动员中的 70 名进行体能测试, 通过数据主成分分析等统计方法和计算机软件开发建立中国优秀女子沙滩排球运动员体能特征及评价体系。主要得出以下结论:

1. 与中国一般女子沙滩排球运动员相比, 中国优秀女子沙滩排球运动员的身体形态特征表现为身高臂长、体型匀称、体重高和肌肉含量高; 身体机能特征表现为有氧和无氧能力强; 运动素质则以动作速度快、爆发力大、柔韧性好、协调能力强和专项耐力好为特征。与世界顶级女子沙滩排球运动员相比, 中国优秀女子沙滩排球运动员的快速动作和爆发力相对较弱。

2. 中国优秀女子沙滩排球运动员体能评价三级指标体系中, 身体形态代表性指标包括去脂体重、手足间距、上臂围差和踝围 $\times 100$ / 跟腱长; 运动素质的代表性指标包括 X 字移动、助跑摸高、掷实心球、坐位体前屈和渐进式折回跑; 身体机能的代表性指标主要为最大摄氧量和最大无氧功率。

3. 中国优秀女子沙滩排球体能评价综合得分前 10 名运动员的身体形态以身高臂长、踝小和肌肉含量高为特征; 其弹跳和挥臂能力等运动素质突出, 但沙地移动较慢, 柔韧性相对较差; 心肺功能和糖酵解供能能力相对较高。

4. 大部分中国国家女子沙滩排球队员体能综合得分在所有优秀女子沙滩排球运动员中排名位于前 10 位, 其体能一级指标水平与理想成绩的差距以运动素质最为显著, 身体机能其次, 身体形态最小。

5. 体能评价三级指标体系中, 大部分中国国家女子沙滩排球队员的心肺功能、沙地移动和弹跳能力应该进一步提高, 绝大部分国家队运动员的上臂围差和去脂体重也有提升空间。

6. 中国优秀女子沙滩排球运动员体能评价体系能够简便、准确地展示中国女子沙滩排球运动员的体能水平等级和优劣势, 可以为教练员客观、针对性的制定体能训练计划提供参照标准。其内容主要包括评价指标、评价模型、评分表和计算机评价系统等。

关键词: 沙滩排球; 优秀女子运动员; 体能特征; 评价体系

ABSTRACT

All of the 79 female beach volleyball athletes who enrolled in Chinese Volleyball Association in 2006 were recruited in this study. Anthropometric characteristic, physiological ability and skill-related performance were tested by normal methods. The data collected were processed by descriptive statistics, t-test, one-way ANOVA and main ingredient analysis. On the basis of aforementioned work, a computer system which to evaluate the physical ability characteristic of Chinese female elite beach volleyball athletes was set up. We concluded that:

1. Compared with general Chinese beach volleyball athlete, the anthropometric characteristics of the elite one is predominantly ectomorphic shape, longer arms, smaller ankles, longer calves and a higher body weight. The physiological ability characteristics of the elite one is higher glycolytic and aerobic capacity, and the skill-related performance tests showed that the elite Chinese beach volleyball athlete has quicker action speed, higher anaerobic power, better flexibility, coordination, and event-related endurance. However, the Chinese elite female beach volleyball athlete has less rapid movement speed and lower anaerobic power when compared with world-class one.

2. For the first time we proposed the 3rd level evaluation index system of physical ability for Chinese female elite beach volleyball player. The main anthropometric indexes in the system included fat free mass, stretching height, contracted and relaxed upper arm circumference and girth $\times 100$ /length of Achilles' tendon. Typical skill-related performance indexes included X moving, approach jumping, medicine ball throwing, sit-and-reach and beep test. And physiological ability indexes included maximal oxygen uptake and anaerobic power.

3. The 10 highest overall score players in the evaluation index system has tall height, long arms and low fat-free mass anthropometric characteristic compared with the general ones. They have predominant jump and arm swing performance, higher glycolytic capacity and

cardio-pulmonary function, but comparatively lower sand moving speed and flexibility.

4. The overall score of most national female beach volleyball players ranked 1st-10th among all the excellent beach volleyball players, but the gap and disparity still exist successively to varying degrees in skill-related performance, physiological ability, and goodish morphology when compared with ideal model. The first is at the most degree.

5. As in the 3rd level indexes, most of national female beach volleyball team players' sand moving speed, bounce and endurance capacity, contracted and relaxed upper arm circumference, and fat free mass should be improved.

6. The evaluation index system of physical ability for Chinese female elite composed of evaluation indexes, evaluation model, evaluation schedule and software for computers. It can reveal athlete physiology fitness characteristic truly and conveniently and thus can provide a consult reference for coach to establish training program objectively and pertinently.

Key Words: Beach volleyball; elite female athlete; physical ability characteristic; evaluation system

目录

1 前言	- 3 -
1.1 当今世界沙滩排球运动的竞争格局	- 3 -
1.2 当今世界沙滩排球运动发展趋势	- 4 -
1.3 中国沙滩排球运动简史及其在世界沙滩排球竞争格局中的地位	- 4 -
1.4 本研究的目的和意义	- 5 -
2 文献综述	- 5 -
2.1 体能的构成	- 6 -
2.2 沙滩排球运动员体能研究状况	- 6 -
2.2.1 身体形态	- 6 -
2.2.2 身体机能	- 8 -
2.2.3 运动素质	- 10 -
2.3 运动损伤	- 15 -
2.4 研究展望	- 19 -
3 研究对象与方法	- 20 -
3.1 研究对象	- 20 -
3.2 研究方法	- 20 -
3.2.1 文献资料法	- 20 -
3.2.2 问卷调查法	- 20 -
3.2.3 访谈法	- 22 -
3.2.4 测试法	- 22 -
3.2.5 数理统计法	- 23 -
3.3 本研究的技术路线	- 24 -
4 研究结果与讨论	- 24 -
4.1 中国女子沙滩排球运动员基本情况	- 25 -
4.1.1 年龄及训练年限	- 25 -
4.1.2 学历	- 26 -
4.1.3 日常运动训练	- 27 -
4.1.4 运动技术等级分布	- 27 -
4.1.5 地域来源分布	- 28 -
4.2 中国优秀女子沙滩排球运动员体能特征	- 29 -
4.2.1 确立中国优秀女子沙滩排球运动员体能特征的意义	- 29 -
4.2.2 中国优秀女子沙滩排球运动员体能特征分析	- 30 -

4.3	中国优秀女子沙滩排球运动员体能特征模型	- 48 -
4.3.1	中国女子沙滩排球运动员体能特征的一般模型	- 48 -
4.3.2	中国优秀女子沙滩排球运动员体能特征的理想模型	- 49 -
4.4	中国优秀女子沙滩排球运动员体能评价体系的建立	- 50 -
4.4.1	建立中国优秀女子沙滩排球运动员体能评价体系的指导思想	- 50 -
4.4.2	建立中国优秀女子沙滩排球运动员体能评价体系的原则	- 50 -
4.4.3	中国优秀女子沙滩排球运动员体能评价指标的确定	- 51 -
4.4.4	中国优秀女子沙滩排球运动员体能评价指标贡献率的确定	- 57 -
4.4.5	中国优秀女子沙滩排球运动员体能评价标准及评价模型的确定	- 58 -
4.4.6	中国优秀女子沙滩排球运动员体能评价模型的检验	- 61 -
4.5	中国优秀女子沙滩排球运动员体能中存在的问题	- 62 -
4.5.1	中国优秀女子沙滩排球运动员体能水平总体分析	- 62 -
4.5.2	中国优秀女子沙滩排球运动员体能强项和弱项分析	- 65 -
4.5.3	中国优秀女子沙滩排球运动员实际体能水平与理想水平的差距分析	- 68 -
4.5.4	国内外沙滩排球运动员体能差距原因探析	- 70 -
4.6	中国优秀女子沙滩排球运动员体能评价的计算机系统的研制	- 72 -
4.6.1	系统的研制目的	- 72 -
4.6.2	系统简介	- 72 -
4.6.3	系统的结构与模块功能	- 73 -
4.6.3.2	模块功能	- 73 -
5	结论与建议	- 78 -
5.1	结论	- 78 -
5.2	建议	- 79 -
	参考文献	- 81 -
	附件 1 主要体能指标的测试细则	- 85 -
	附件 2 十运会沙滩排球运动训练情况调查表（教练员、专家问卷）	- 87 -
	附件 3 十运会沙滩排球运动员损伤及训练情况调查表	- 89 -
	附件 4 沙滩排球运动员体能选材初选指标及重要性调查问卷	- 92 -
	附件 5 沙滩排球运动员体能选材复选指标及权重调查问卷	- 96 -
	附件 6 沙滩排球运动员体能结构访谈纲要	- 98 -
	个人简历 在读期间发表的学术论文与研究成果	- 99 -

1 前言

中国代表团在 2004 年第 28 届雅典奥运会上取得了空前出色的战绩,以金牌 32 枚、奖牌总数 63 枚的优异成绩,一举登上奖牌榜第二位;奖牌夺金面增至 13 个大项,达到历史新高。更令人鼓舞的是,在阔别亚洲 20 年后,奥林匹克运动会将于 2008 年首次在中国举行。然而,我们也清醒地认识到,被视为中国竞技体育优势项目的乒乓球、羽毛球、跳水、体操、举重、射击和柔道等在雅典受到不同程度的挑战,仅有其中的部分单项真正占据优势地位,甚至部分单项与世界一流水平已出现不同程度的差距^[1]。在此背景下,开掘新的金牌增长点已成为我国竞技体育重点思考的问题。

1996 年进入奥运会的沙滩排球在我国也只有 10 年多的发展时间。10 年来,我国沙滩排球尤其是女队取得了长足的进步,国家体育总局排管中心对其寄予厚望,并提出女队 2008 年“必须进入前 8,死拚奖牌,力争金牌”的目标。

遗憾的是,中国女队与世界优秀选手之间还存在一定的差距,其中,体能差距对比赛成绩的影响越来越引起体育科研工作者的关注^[2]。尽管长期以来中国女子沙滩排球逐步形成了体现中国运动员特点的具有中国特色的训练体系并在此基础上取得优异成绩,但是中国女子沙滩排球体能训练在全部训练内容内所占的比重仍远远低于世界一流强队^[3]。为了弥补中国女子沙滩排球各方面的不足,缩短与世界强队的差距,国家体育总局排管中心提出了“体能为本、意识当先、攻防均衡、技术全面、配合默契、快准巧变”的指导原则^[4]。这一原则更加强调了体能在沙滩排球训练、比赛中的重要性。

尽管如此,目前国内还没有一套可以对专业沙滩排球运动员体能进行评定的标准和操作系统,体能训练及选材仍多依赖于感性认识和经验。如何尽快解决这些问题,为沙滩排球项目 2008 奥运目标的实现提供坚实的科研保障已成为迫切需要解决的问题。

1.1 当今世界沙滩排球运动的竞争格局

诞生于上世纪 20 年代美国的沙滩排球集娱乐、表演和健美于一身,它的出现给人们带来了一种全新的消闲娱乐方式并迅速在全球普及。同时,经国际排

联及 212 个会员协会不懈努力，沙滩排球运动技术水平逐渐竞技化，竞赛呈现职业化趋势，并最终于 1996 年成为奥运会正式比赛项目。

综观历届奥运及世界沙滩排球巡回赛，男子沙滩排球的竞争格局已经由美国“一支独秀”转变为诸强队“百花齐放”，世界强队行列逐渐加入了巴西、澳大利亚、德国、加拿大、西班牙、瑞士等队伍。这些强队除努力缩小与美国队的技战术差距外，重视和加强体能训练也是其比赛成绩迅速提高的主要原因。在注意到男子沙滩排球重视体能、诸强并列的同时，我们也发现世界女子沙滩排球的格局基本没有大的变化，第一集团依然由实力雄厚的美国、巴西和澳大利亚等国占据，其他国家女子沙滩排球体能水平与这些女子强队间仍有较大差距。

1.2 当今世界沙滩排球运动发展趋势

王建平^[5]对影响我国沙滩排球发展的因素进行了分析，他注意到在体能与个人综合能力方面，现代沙滩排球对弹跳高度、滞空能力、专项耐力以及连续转化作战能力等方面的综合运动素质要求更高；在技战术变化方面，沙滩排球更强调在突出网上实力的基础上进攻形式多样化；在强调技术全面、实用的基础上，要求拦防专位化但又提倡打破沙滩排球队员的左右界限，形成一专多能。这些特点体现了现代沙滩排球运动正朝着技术全面、能力均衡和突出网上的方向发展，这就要求沙滩排球应更加重视体能，其训练内容应更加科研现代化。对于女子沙滩排球，其竞技能力的男子化趋势已不可避免。

1.3 中国沙滩排球运动简史及其在世界沙滩排球竞争格局中的地位

中国沙滩排球活动起步较晚。1994 年，原国家体委批准沙滩排球为第 8 届全运会正式比赛项目并于当年首次推出了全国沙滩排球巡回赛。10 余年来，随着改革开放和经济的迅速增长，沙滩排球广大教练员、运动员、裁判员和专家学者不懈努力，对沙滩排球运动规律进行了不懈的探索。在此基础上，中国沙滩排球特别是中国女子沙滩排球取得了巨大的进步。中国女子沙滩排球队在和世界一流强队的比赛中，已经具备了冲击和抗衡能力。

2000 年悉尼奥运会和 2004 年雅典奥运会中中国女子沙滩排球队在均获第 9。2006 年，新一代中国女子沙滩排球队经过不断磨合，陆续给国人乃至世界带来

了更大惊喜。在同年国际排联世界沙滩排球巡回赛 13 站的赛事中，中国女队取得了 4 站冠军、5 站亚军和 4 站季军的优异成绩。其中，田佳/王洁、张希/薛晨两对选手的世界排名分别位居第 2、3 位。这是中国女子沙滩排球队在世界排名史上的最好成绩。随后，在 2006 年的多哈亚运会上，张希/薛晨和田佳/王洁不负众望，分别取得了冠军和季军。

尽管十多年来中国女子沙滩排球队取得的骄人战绩举世瞩目，但是我们应清醒地认识到，目前中国女子沙滩排球队与世界女子沙滩排球强队相比仍然存在一定差距，如比赛中的连续转换能力，爆发力、灵活性等等^[2]，这些都与运动员的体能密切相关。在最短时间内采取针对性训练克服这些缺陷无疑会对我国女子沙滩排球缩小与世界强队差距，取得更好成绩做出贡献。

1.4 本研究的目的和意义

本研究的目的在于探索中国优秀女子沙滩排球运动员的体能特征，建立中国优秀女子沙滩排球运动员的体能评价体系。具体内容包括：

- (1) 探索中国优秀女子沙滩排球项目的体能特征及模型；
- (2) 对中国优秀女子沙滩排球运动员体能评价指标体系进行优选和论证；
- (3) 建立中国优秀女子沙滩排球运动员的体能评价标准及模型；
- (4) 制作中国优秀女子沙滩排球运动员的体能模型的计算机评价系统。

这些目的的完成，必将为我国优秀女子沙滩排球运动员运动能力水平监测标准和保障体系的最终建立、我国竞技体育人才体系建设与可持续发展前景评估提供有效参数；为我国女子沙滩排球队在奥运会上取得更好的成绩提供重要的科研支持。

2 文献综述

自 1996 年成为奥运会项目以来，沙滩排球在世界范围内得到了迅速的发展。随着训练水平的提高和职业化进程的推进，沙滩排球比赛日益激烈，对体能的要求日渐突出。沙滩排球强调技战术的重要性，属技能类项目。但是众所周知，良好的体能不仅是技战术得以充分发挥的基础，也可在一定程度上弥补技战术

的不足，甚至决定比赛的胜负。自 2001 年实施新规则以来，沙滩排球更加强调体能的重要性，要求其训练目标主要转向实战技战术训练和综合体能训练两方面。

遗憾的是，目前国内外对于沙滩排球运动员的体能研究仍涉及较少。国内仅有我们对中国与世界顶级女子沙滩排球运动员的比较研究^[2]。在该项调查中我们发现，我国顶级女子沙滩排球运动员在快速力量和爆发力等方面与国外同水平队员相比存在着一定的差距。而对于我国女子沙滩排球运动员体能的整体现状研究目前仍然是空白。本文综述了国内外沙滩排球运动员体能研究的状况，希望在加深对该项目更深认识的基础上，引起大家对沙滩排球体能研究的重视。也希望本文能为我国沙滩排球体能训练和实现 2008 年北京奥运会奋斗目标提供一定的理论参考。

2.1 体能的构成

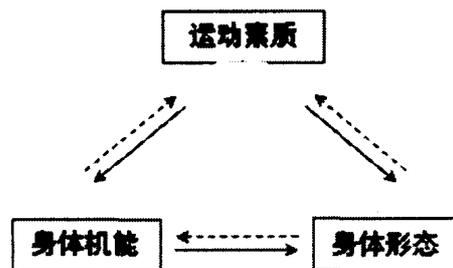


图 1 体能组成及相互的关系

(---> 表示基础作用，——> 表示影响作用)

(根据体育院校通用教材《运动训练学》^[7]改编)

作为竞技能力的重要组成部分，体能是指运动员机体的运动能力，是运动员为提高技战术水平和创造优异成绩所必需的各种身体运动能力的综合，包括身体形态、身体机能和运动素质三个部分^[6]。其中，身体形态、身体机能是形成运动素质的必要基础，而运动素质是体能的最重要决定因素^[7]（图 1）。随着训练水平和职业化进程的发展，运动损伤越来越成为影响运动员体能的重要因素。因此，本文也对运动损伤给予一定的关注。

2.2 沙滩排球运动员体能研究状况

2.2.1 身体形态

身体形态是指机体的内外部形状，包括长度、宽度、围度、充实度等。身体形态为运动员提供运动的力学条件，是身体机能和运动素质的外在表现形式和基础，与身体机能一起构成体能的基础结构。

身高、上肢长等是身体长度的重要组成部分，而下肢长度及四肢比例是否适当，也是身体长度中不可缺少的指标。如下肢长(cm)×100 / 身高(cm)，该指数表示躯体与下肢之间的比例。由于既要在前排扣球和拦网，又要在后排防守，下肢过长重心过高，对防守时的下蹲和移动时重心的变换不利；但下肢过短，重心过低，则会影响弹跳高度，故沙滩排球运动员的该比例应适中为宜。

在运动员的身体宽度的指标中，肩宽和骨盆宽是两项尤其重要指标。从生物力学角度看，骨盆宽度会对以下肢运动为主的运动项目的成绩产生更大影响^[8]。若骨盆较宽，骨盆各处至转动轴的半径就大，根据动量矩守恒定律，转动惯量与转动半径的平方成正比，因此，转动惯量相应地增加，从而使转体角速度下降，影响转体的灵活性和速度。一般来说，髌宽(cm)×100 / 肩宽(cm)这个指数越小，运动员的背部和腰部肌力就越大。

身体围度的各项指标分别从不同的部位反映肌肉的发育状况和体型特征。如对于弹跳要求较高的项目，常选取踝围(cm)×100 / 跟腱长(cm)来反映踝关节灵活性。该指数越小，说明踝关节灵活性好，越有利于起跳和移动时快速变换方向。

身体充实度是指体型的匀称、结实和胖瘦情况。我们常用克托莱指数（体重(kg)×1000 / 身高(cm)）来反映运动员的身体充实度^[9-10]。其合理性在于身高主要受遗传的控制，而体重更多受环境、营养、运动训练的影响^[11]。结合BMI、体脂百分比、去脂体重等指标，我们可以了解运动员骨骼和肌肉的发展程度。

由此可见，身体形态的各组成部分从不同的角度为运动员提供运动的力学条件。一定的力学结构可以为机体的身体机能和运动素质提供良好的物质基础。由于身体形态是身体机能、运动素质等体能要素的基础，采用科学的方法塑造出适合该项目特点的身体形态无疑会为创造优异专项成绩打好基础。

目前，国外对沙滩排球运动员身体形态的零散研究仅仅停留在对少量形态学指标的简单定量描述上^[11-14]（表1）。如 Fuchslocher 等^[11]测量了来自北美洲、南美洲、欧洲、亚洲和澳洲的 38 名优秀沙滩排球运动员（男子 17 名，女子 21 名）的部分生理学指标，这些队员中有 14 名排名世界前 32 位，形态学指标仅包括身高、手足间距、手臂长、体重、和体脂百分比等。Davies^[12-14]对 13 名南

非优秀沙滩排球运动员的形态学描述也仅包括身高、体重和体脂%。而国内对沙滩排球运动员身体形态的少量研究则更停留在教练员多年带队经验的定性描述上^[15]。对这些研究的分析我们发现，目前报道的关于沙滩排球运动员身体形态的指标除身高以外，仅涉及上肢长度^[11]。对于下肢长度及上下肢比例、以及身体形态的其他组成，如身体宽度、围度均未见报道。在身体充实度的研究方面，也主要侧重体重和体脂百分比。对于身体形态与体能的关系的研究则更没有涉及。

表1 国外沙滩排球运动员身体形态研究

样本量 (性别)	身高 (cm)	体重 (kg)	体脂%	手臂长 (cm)	手足间 距(cm)	参考文献
13(M)	185.28±7.2	82.01±9.7	13.12±2.4	—	—	Davies, 2000 ^[12-14]
17(M)	191±4	85.5±6.3	13.9±1.9	96±4	247±6	Fuchslocher, 2004 ^[11]
21(F)	178±6	68.2±5.6	—	79±8	226±10	

2.2.2 身体机能

身体机能指机体各器官系统的功能。一方面，身体机能对运动素质起基础作用，某种运动素质的高低往往由多器官系统的机能水平决定，如心、肺机能相对于耐力素质，快肌纤维百分比相对于爆发力。另一方面，身体机能也受运动素质的影响，如在最大运动条件下，高有氧耐力素质的人会出现心、肺机能的节省化。由于机体各器官系统的发育状况决定相应器官系统的机能，决定了身体机能的绝大多数指标主要由遗传决定，如最大心率、最大摄氧量的遗传度分别为 85.9%、93.4%^[16]。但是我们也应该注意到，适宜的运动训练又可在不同程度上对身体机能产生良性影响。对于高水平运动员，身体机能的微小差距在某种程度上就可对体能产生决定性影响，提示科学训练对于体能的重要性。

目前国内外多从能量代谢角度对沙滩排球运动员的肌肉、心、肺机能进行分析，并多以室内排球作为项目参照加以研究。事实上早期就有研究证明，沙地较硬地运动能够消耗更多的能量。这些研究多通过某一动作下的摄氧量改变水平进行能量消耗的换算，其量化结果表明沙地行走所消耗的能量至少是硬地的 1.8 倍^[17-18]，跑动^[17-19]和跳跃^[20]所消耗的能量均约为硬地的 1.2 倍。Lejeune^[18]更通过公式换算证明沙地较硬地相同动作条件下的高能耗来源与前者在沙地上消耗的额外机械功以及肌肉维持沙地动作姿势所消耗的额外能量。

事实上与室内排球相比沙滩排球具备自身鲜明的项目特点。沙滩排球场上队员人数少、场地相对较大，因而跑动、跳跃以及击球次数相对增多，要求队员具备较高的快速移动能力和灵活性；在训练、比赛场地方面，由于沙滩排球场地松软，在完成相同动作如相同起跳高度下要求运动员克服更大阻力因而要求更高的能量输出功率，加之运动员单位时间消耗的能量相对较多，因而更容易产生疲劳；由于多在室外进行训练和比赛，沙滩排球还常受环境影响，特别是高温、风雨气候条件下运动员的能量消耗更加增多；沙滩排球新规则的实施使比赛的偶然性和激烈程度增加，运动员心理压力的加大也对其能量消耗产生不利影响。上述因素加上沙滩排球赛程相对长且集中，在要求运动员具备更高的无氧、有氧运动能力的前提下还要求运动员具备较高的恢复能力。

无氧运动能力与沙滩排球中的扣球、拦网、跳发等主要技术动作质量有关，其代表指标爆发力是保证这些高频率、高强度的技术动作快速准确完成的前提。目前的多数相关研究均支持沙滩排球运动员较室内排球运动员具备更高的无氧功率。Davies^[12]甚至发现优秀男子沙滩排球运动员的下肢无氧功率与同性别的某些田径项目运动员相当。

对于沙滩排球有氧能力的评价则存在研究偏差。Davies^[12]和丁世聪等^[21]都在跑台力竭运动后观察到沙滩排球运动员的血乳酸水平高于室内排球运动员，提示在最大运动条件下沙滩排球运动员较室内排球运动员具备更大的耐酸能力。但是国内外研究^[12,21-22]又多报道优秀沙滩排球运动员与室内排球运动员运动后的最大心率并不存在显著性差异，提示这两项运动的有氧能力相当。更有趣的是对于沙滩排球与室内排球运动员最大摄氧量的比较研究。Davies^[12]观察到南非优秀男子沙滩排球运动员在跑台力竭运动后的最大摄氧量绝对值和相对值均高于室内排球运动员。而丁世聪等^[21]在跑台力竭运动后的观察结果却与 Davies 完全相反。即丁世聪等发现我国男子沙滩排球运动员的最大摄氧量绝对值、相对值和无氧阈均显著低于室内排球运动员。国内外针对沙滩排球运动员最大摄氧量水平高低评价的相反结果可能与不同研究下运动模式、测试方法的差异有关。但是我们注意到，丁世聪等^[21]还将中国沙滩排球运动员的有氧运动能力与国外沙滩排球以及室内排球运动员进行了比较。他们发现中国沙滩排球运动员的最大摄氧量绝对值、相对值和无氧阈均低于国外沙滩排球及室内排球运动员。这一观察结果提示国内沙滩排球相对于室内排球的低有氧运动能力水平很可能与国内沙滩排球较低的有氧训练水平有关。

不管国内外文献对沙滩排球运动员有氧运动能力评价结果差异的原因如

何, 这种差异的存在肯定会影响到沙滩排球有氧运动能力变化规律的揭示。特别是采用新规则以后, 沙滩排球比赛时间从原来的平均每场半小时左右延长到平均每场 40 多分钟, 2001 年世界巡回赛更出现了单场比赛用时达 75 分钟的最高纪录。沙滩排球比赛的实际用时^[23]和间歇时间的延长^[23-24]和改变必然伴随机体能量消耗系统的相应变化, 因此, 对新规则下沙滩排球运动员能量代谢的研究更显必要。

综上所述, 目前国内外有关沙滩排球运动员有氧和无氧运动能力的少量研究结果离整体、系统地揭示沙滩排球运动的能量代谢特征还有很大的距离, 更不能从本质上揭示沙滩排球运动员的身体机能。我们相信, 随着研究的深入, 将会有更多成果为有针对性进行沙滩排球训练, 提高训练的实效性提供依据。

2.2.3 运动素质

运动素质是体能组成的核心部分, 是身体机能的外在表现形式。国内外对沙滩排球运动员体能的研究中, 更关注运动素质。尤其是国内, 这可能是由于在以往的训练理论中, 只是把单一的运动素质作为体能, 而没有整体地、全局性地来研究运动员的体能, 因此, 对运动员的体能主要局限于运动素质的训练这一单层次的理解上^[25]。

2.2.3.1 沙滩排球运动员应具备的运动素质

徐国红等^[26]对参加第八届全国运动会的 18 支女子沙滩排球代表队的 24 名运动员和 15 名教练员进行了女子沙滩排球运动员专项运动素质的问卷调查。这些运动员和教练员分别来自全国 11 个省市。调查结果显示, 国内运动员和教练员对沙滩排球运动员重要运动素质及运动素质重要性程度的认识具有一致倾向性, 即认为灵敏协调性、速度耐力、短距离移动速度、爆发力及弹跳耐力是沙滩排球运动员应具备的重要运动素质。这一研究结果也在国内其他研究中^[27-28]得以验证。

沙滩排球运动员重要运动素质中的灵敏协调性是指运动员迅速改变体位、转换动作和随机应变的能力, 是运动员各种技能和各种运动素质在运动中的综合表现, 是一种复杂的综合能力。沙滩排球比赛中, 各种情况瞬息万变, 变幻莫测, 这就要求运动员能在各种条件下迅速改变体位、转换动作、对外界刺激做出快速、准确、协调的反应。因此, 沙滩排球对运动员的灵敏协调性要求比较突出。

速度耐力是运动员在无氧情况下保持快速移动或快速挥臂的耐久力。沙滩

排球正式比赛上场人数少，来回球次数多，不仅要求运动员能快速移动或快速挥臂，而且要运动员能保持快速移动或快速挥臂的能力。如果运动员的速度耐力差，体能消耗就大，就不利于运动员后半程比赛中各种技战术的发挥。

由于场地限制，沙滩排球对速度的要求主要是短距离移动速度，包括短距离起动速度、制动和转换方向的速度。比赛意识、预判能力、反应速度、移动步法、下肢爆发力等都是影响短距离移动速度的因素，其中比赛意识、预判能力对短距离移动速度的影响最为重要。

沙滩排球运动员的爆发力主要体现在上肢、肩带、腰腹和下肢等部位的肌肉爆发力。前三者主要与运动员的挥臂速度有关。出色的上肢、肩带、腰腹等肌肉爆发力可以为运动员创造力量更大、更有威力的挥臂击球；强大的下肢爆发力可以为运动员提供更高的弹跳、更快的起动、移动等。

沙滩排球比赛的日趋激烈，网上争夺日趋白热化，不仅需要运动员的弹跳高度，更需要运动员的弹跳耐力。Giatsis^[29]的研究证明，一场正式沙滩排球比赛中运动员最大跳跃的次数达30次之多，可见弹跳耐力对沙滩排球运动员争取空中优势，寻求制空权的重要性。

2.2.3.2 沙滩排球爆发、弹跳力研究现状

尽管灵敏协调性、速度耐力和短距离移动速度三种专项运动素质对于沙滩排球的重要性有目共睹，但是我们并未发现涉及沙滩排球这三种专项运动素质特征的公开研究资料发表。国内外涉及沙滩排球运动员运动素质的研究多集中于对爆发力和弹跳素质的研究上。爆发力是沙滩排球运动员的核心素质，体现在移动速度、弹跳力和挥臂速度等方面。尽管研究证明在进行相同的下肢蹬伸动作时沙地下肢伸肌群的爆发力显著低于硬地^[30-31]但是，大量的研究^[22,33-35]也证实，沙地训练可以通过提高运动员膝、踝关节伸、屈肌群的等速向心收缩力来显著提高膝伸肌快肌的最大肌力和爆发力、膝屈肌快肌纤维的爆发力以及踝关节跖屈肌快、慢肌群的最大肌力和爆发力。提示长期进行沙地训练、比赛的沙滩排球运动员的这些运动素质相对高于室内排球，但是目前也无对这两种排球运动中爆发力素质进行对比研究的报道。

目前国内外对下肢爆发力的研究主要通过运动员的弹跳力来反映^[13-14,22,31,34-43]，其主要测试指标包括扣球高度、拦网高度、直膝垂直跳（预备时，腿部先采直立姿势，然后弯曲膝关节，身体迅速下蹲，最后向上跃起。即 countermovement jump, CMJ）拦网高度、直膝垂直跳和屈膝垂直跳（预备时，先曲膝下蹲，然后向上跃起。即 squat jump, SQJ）等五种（表2）。这些指标的

大小都和下肢无氧功率间的关系密切,到底哪种指标最能反映运动员下肢无氧功率也是研究者比较关注的话题。Tompos^[43]分析由于直膝垂直跳可以预先拉长肌肉,因而通过牵张反射可以获得更多的弹性势能。据此, Tompos 认为用 CMJ 测得的弹跳高度最能反映运动员下肢无氧功率。Davies^[13-14]发现沙滩排球运动员的下肢无氧功率高于室内排球运动员,但同时又观察到沙滩排球运动员弹跳高度与室内排球运动员相当。其原因可能就因为在 Davies^[13-14]的研究中运动员采用的是屈膝垂直跳,并非直膝垂直跳。

表 2 国外对沙滩排球运动员弹跳力的研究

样本量 (性别)	扣球高度 (cm)	拦网高度 (cm)	CMJ 拦网 高度(cm)	CMJ (cm)	SQJ (cm)	参考文献
13(M)	—	—	—	—	61.73	Davies, 2002 ^[31]
17(M)	313±10	301±10	68±6	59±5	54±4	Fuchslocher,2004 ^[13]
21(F)	272±9	263±9	53±7	45±5	42±5	

为了更好地理解沙地与硬地弹跳高度差异的原因,我们检索了国内外对沙地与硬地弹跳高度的比较研究^[20,31,36,37,39](表 3)。不论什么项目的运动员,不论采用哪种测试方法,绝大多数的研究证明沙地弹跳高度一般低于硬地测试结果的 10-12%^[36]。从能量守恒的角度而言,这主要是由于弹跳过程中人体部分能量被松软的沙地吸收,致使人体运动的动能减少,做功效率降低^[18]所致;从生物力学角度分析,由于沙的流体特性和不稳定性,导致髌、膝、踝关节动力肌群蹬伸过程形成的对地面的垂直反作用力和蹬伸肌力的收缩速度低于硬地,造成下肢弹跳肌力的发挥水平低于硬地^[31,34]。此外,为了维持和补偿身体的平衡,髌关节前屈的角度更大^[32,41],运动员在沙滩上更要依靠髌、膝关节动力肌群收缩力来完成后继蹬伸动作^[36],这也在一定程度上影响了沙地弹跳的高度。尽管如此,对于优秀运动员而言,由于在预跳阶段(下蹲),身体重心离地面的距离在沙地和硬地没有显著性差异,且与地面松软程度无关,因此,可以用硬地测试结果反映优秀沙滩排球运动员的弹跳素质^[39]。

表 3 国内外对不同地形条件下运动员弹跳力的比较研究

受试者 运动项目	样本量 (性别)	扣球高 度(cm)	拦网高度 (cm)	CMJ 拦网 高度(cm)	CMJ (cm)	SQJ (cm)	参考文献
沙滩排球、	12(F)	沙地	—	—	—	20±3*	徐国红, 2001

中国优秀女子沙滩排球运动员体能特征及其评价体系研究

室内排球		硬地	—	—	—	25±6	
非排球项目	41(M)	沙地	—	—	—	49.0±5.3**	Davies, 2002
		硬地	—	—	—	55.11±5.5	
沙滩排球	10(M), 8(F)	沙地	55.3±11.4*	46.9±8.8*	53.1±10.5*	51.3±9.3	Bishop, 2003
		硬地	64.9±11.1*	49.8±8.2*	56.3±8.8*	55.1±8.1	
沙滩排球	15(M)	沙地	—	—	—	明显低于	Giatsis, 2004
		硬地	—	—	—	硬地**	
室内排球	8(M)	沙地	—	—	硬地成绩的		Muramatsu, 2006
		硬地	—	—	64.0 ± 4.4%		

与硬地测试结果相比, * $P < 0.05$, ** $P < 0.01$; 注: Bishop 的研究结果中男女为一个整体研究对象。

不同质地地形条件下运动员弹跳高度差异比较研究的意义在于可以为运动员从沙地(硬地)转到硬地(沙地)条件下从事类似运动提供借鉴, 尤其是对于室内排球运动员转型为沙滩排球运动员后, 重新建立新的弹跳动力定型提供了理论依据^[42]。由于沙滩质地松软, 具有流动性和可压缩性, 不利于踏跳过程中人体保持平衡, 因而扣球起跳时优势侧膝、踝角速度峰值均出现在同侧髋角速度峰值之前, 且该侧踝在该侧膝之前, 加上肩关节发力过早影响了上、下肢动作的协调性。如果沙滩排球运动员在扣球起跳时延迟摆臂将会促进上、下肢协调地运动, 从而有利于运动员完成起跳扣球动作。

2.2.3.3 中外优秀女子沙滩排球运动员主要运动素质及技术动作比较

对沙滩排球运动员下肢爆发力和弹跳高度的相关研究仅揭示了沙滩排球单一专项运动素质的某些特点, 对于沙滩排球运动员的综合体能特征描述及比较并未涉及。为了分析中国优秀女子沙滩排球运动员在体能与技战术方面与国外顶级运动员的差异, 2005 年我们^[2]对世界沙滩排球巡回赛中国金山站实际比赛中中外优秀女子沙滩排球运动员的体能分配特征进行了比较研究。

我们发现中外优秀女子沙滩排球运动员在场上的基本技术动作运动距离分配大体相当, 按照从大到小的方式排列, 实际比赛中沙滩排球的基本技术动作运动距离分配依次是走动、向前运动、向侧运动和向后运动。同时我们也发现中外两对顶尖选手在快速动作和跳发球、扣球、拦网等方面存在技术动作运动距离分布上的差异(表 4)。快速动作可部分反映运动员的爆发力和灵敏性, 而跳发球、扣球、拦网等技术动作是比赛中得分的主要手段。这些技术动作在比赛距离分配上的差异可能是影响甚至决定比赛胜负的关键因素之一。

表 4 中外女子优秀沙滩排球运动员主要得分技术动作在单场比赛
运动距离（持续时间）中的分配百分比（%）

	快速动作	跳发球	扣球	拦网
田佳	1 (1)	2 (2)	2 (2)	0.1 (0.5)
王菲	2 (1)	5 (3)	2 (2)	1 (2)
阿德里安娜	2 (1)	1 (0.5)	4 (2.5)	1 (3)
谢尔达	4 (3)	3 (3)	4 (3)	0.2 (1)

数值为运动距离（持续时间），所有数据来自 2005 年世界沙滩排球巡回赛中国金山站

与运动员在场上技术动作运动距离分配比例顺序相类似，中外优秀女子沙滩排球运动员各自在单场比赛中的基本技术动作时间分配大体相当，其基本技术动作时间分配比例从大到小依次为走动、向前运动、向侧运动、向后运动。在快速动作和主要得分的跳发球、扣球、拦网等技术动作运动时间分配上，中国运动员和巴西优秀选手之间也存在与技术动作运动距离分配类似的差异（表 4），除跳发球以外，巴西运动员在单场比赛中的快速动作、扣球和拦网的持续时间分配百分比均高于中国运动员。如中国田佳在实际比赛中，快速动作和拦网的移动距离只占单场比赛运动距离的 1%和 0.5%，明显低于阿德里安娜和谢尔达。

尽管在单场技术动作的距离和时间分配比例顺序上国内外优秀女子沙滩排球运动员相当，但我们发现在单场比赛中中国两名运动员除在跳发球的移动距离上高于巴西队员外，在反映无氧运动能力及灵敏素质的快速移动和主要得分手段的扣球、拦网移动距离等方面，均明显低于两名巴西运动员。总体上两名巴西队员在比赛中表现出较好的体能，其技术动作体能分配也较中国选手更为合理。我们发现中国两名队员在跳发球移动距离方面优于两名巴西队员。其中，中国的王菲明显较其他三名队员为高（分别是田佳、阿德里安娜和谢尔达的 2.4、7 和 1.5 倍），主要原因可能与她身高腿长、下肢力量大等有关；比赛中阿德里安娜基本上没有采用跳发球，故其跳发球的移动距离最低。但是，巴西两名队员在单场比赛时间内的扣球移动距离明显高于中国的两名选手，均为中国队员的 2 倍以上。提示巴西队员在进攻上更有准备，更有攻击性；巴西队员的快速移动距离也较中国队员高（为中国运动员的 2-4 倍）；阿德里安娜的拦网距离为中国运动员的 2-6 倍，该队员基本上包揽了本对巴西组合的所有拦网，拦网移动距离居四人之首。值得关注的是，中国和巴西两对选手的年龄分别为 24、24 和

32、37 岁，国外选手在大国内选手 10 岁的条件下仍能保持超水平的体能及合理分配，提示其训练、比赛方面应该有独到之处。

我们最终比较了中外优秀女子沙滩排球运动员单场比赛中的技术动作次数。除巴西队谢尔达在单位比赛中快速运动次数是中国两名队员的 2 倍外，中国队员在单场比赛的走动以及向前、向侧、向后运动、跳发球、扣球和拦网的次数等方面多高于巴西两名队员。如前所述，国内运动员在走动以及向前、向侧和向后运动等实际比赛基本技术动作运动距离分配比例上与国外运动员相当，但在快速移动和主要得分手段的扣球、拦网的移动距离等方面明显低于国外运动员。在此前提下，两名中国队员似乎依靠增加单场比赛的技术动作次数来缩小与国外优秀运动员在实际比赛体能分配上的差距，提示中国运动员在实际比赛中的技术动作有效性低于国外优秀运动员。

综上所述，我国优秀女子沙滩排球运动员与国外优秀沙滩排球运动员的体能差距主要表现在反映无氧运动能力及灵敏素质的快速移动和主要得分手段的扣球、拦网移动距离上。快速动作可部分反映运动员的爆发力和灵敏性，而跳发球、扣球、拦网等技术动作是比赛中得分的主要手段。这些技术动作在比赛距离分配上的差异可能是影响甚至决定比赛胜负的关键因素之一^[2]。可见，爆发力、短距离快速移动和灵敏性对于沙滩排球运动员尤其重要。沙滩排球比赛参赛队员较少，每个队员必须防守更大的范围，这就要求运动员必须具备更快的速度和更高的灵活性^[25]。

2.2.3.4 沙滩排球运动素质研究现状小结

运动素质作为体能的的核心组成部分，受到国内外的广泛关注。一般认为灵敏协调性、速度耐力、短距离移动速度、爆发力及弹跳耐力是沙滩排球运动员应具备的重要运动素质。但是目前对沙滩排球专项素质的研究仅局限在爆发力和弹跳力方面，对于沙滩排球运动员灵敏协调性、速度耐力、短距离移动速度等其它重要运动素质的定量研究基本没有涉及。对实际比赛中中外优秀女子沙滩排球运动员的体能比较研究表明爆发力、短距离快速移动和灵敏性正是中外优秀女子沙滩排球运动员体能差距之一，对沙滩排球运动员这几个运动素质的系统研究必然能尽快缩短中外优秀女子沙滩排球运动员的体能差距，为实现 2008 年沙滩排球奥运会目标打下坚实的基础。

2.3 运动损伤

沙滩排球比赛场地松软，队员肢体与场地间的作用力与反作用力均相对较小，身体各环节承受的应力也因此较小。尽管隶属集体项目，由于参赛双方各两名队员隔网对抗，在 $8\text{m} \times 8\text{m}$ 的场地上彼此冲撞的机率也降低。这些因素均决定了沙滩排球的运动损伤发生率相对较低。如我们^[44]对参加第 10 届全运会沙滩排球比赛的全部运动员的调查中发现，我国优秀沙滩排球运动员的总体运动损伤发生率为 47.7%，明显低于田得祥等^[45]2003 年发表的其他球类项目的运动损伤发生率。此外，Bahr 等^[46]报道职业沙滩排球运动员比赛和训练中的急性损伤暴露分别为 3.1 例/（1000 小时）和 0.8 例/（1000 小时）。Aagaard^[47]报道沙滩排球和室内排球的总体损伤暴露没有显著差异且均低于其他绝大多数集体项目。我们发现沙滩排球的运动损伤发生率不受性别、运动年限和运动级别的影响，急性损伤的性质多为拉伤、扭伤和挫伤等软组织损伤，且因沙滩排球运动损伤造成的停训和 / 或停赛时间有 58.1%集中在 1 天以内、近 80%集中在 1 周以内。这些研究也各从一个侧面说明了沙滩排球是一个相对安全的运动^[48]。

与国际排联公布的数据相似^[46]，我国优秀沙滩排球运动员的急性运动损伤部位主要集中在足踝、指和腕部，并呈现由肢体近端向远端逐渐增高的趋势；慢性损伤发生部位则似呈相反趋势，以腰背、膝、肩多见（表 5）。指、腕、足踝等肢体远端部位的骨骼、肌肉等解剖结构相对近端肢体细小。手、腕主要完成精细动作；足踝部则承受躯体重量，是人体多数躯体动作的支点。沙滩排球远端肢体的技术动作灵活多变，如轻扣技术具搓、推、敲、捅、扣等手法。由于比赛双方各仅有两名队员，尽管队员间的撞击几率较低，但同时运动员的触球次数、跑动距离则相对提高，造成远端肢体承受较大的应力，导致手指、腕部和足踝等部位急性损伤机率增加；对于慢性损伤部位，由于沙滩排球场地松软，很多技术动作如扣球、拦网，要求增加腰部肌群的协调和稳定性以保证动作的完成。沙滩排球训练和比赛多存在腰背部的反复过屈（如弓步接吊球，跨步接、垫球）和过伸（如扣球、跳发球等）。尽管腰背肌肉、韧带等保护支持组织发达，反复应力刺激也容易造成该部位的软组织慢性损伤。由于训练、比赛中挥臂动作较多，如长期在不当位置对飞行轨迹多变的来球扣、接，极易引起肩部的慢性劳损^[49]。此外，沙滩排球上旋球较多，且垫出的球多与网平行，如果双臂回旋肌力较弱，也易造成肩部慢性损伤^[50]。对于膝关节来讲，沙滩排球的基本技术动作如起跳、扣球和拦网等多要求膝关节在半屈曲位（ 30° ）屈伸和扭转，此时内、外侧和十字交叉韧带以及两侧肌肉均处于松弛状态，难以有效保护膝关节的稳定性，是沙滩排球运动员易患髌腱炎（跳跃膝）的主要原因之

—^[51-52]。在运动实践中, 队员往往忽视轻微的远端肢体急性损伤。事实上对远端肢体损伤部位的反复刺激除造成损伤部位病程迁延以外, 还会使运动员在训练、比赛中不自觉的将运动量集中于对侧和近端肢体。由于人体骨架类似链锁结构, 远端肢体的急性损伤易通过改变对侧和相邻关节的应力而造成其他部位关节的逐一损伤。因此在治疗近端肢体慢性损伤时注意对远端肢体运动损伤的防护不容忽视。

表 5 中国和国外^[47]优秀沙滩排球运动员急、慢性运动损伤部位发生率比较[†]

	急性损伤		慢性损伤	
	中国	国外	中国	国外
足踝	23.3%(20)	6.7%(12)*	7.0%(6)	1.7%(3)*
手指	7.0%(6)	5.1%(9)	0(0)	0.6%(1)*
腕部	4.7%(4)	0(0)*	4.7%(4)	0(0)*
膝部	4.7%(4)	4.5%(8)	15.1%(13)	11.8%(21)
肘部	3.5%(3)	0(0)*	1.2%(1)	0(0)*
髋部	2.3%(2)	1.1%(2)	1.2%(1)	1.1%(2)
腰背部	3.5%(3)	3.4%(6)	17.4%(15)	13.5%(24)
肩部	2.3%(2)	1.1%(2)	7.0%(6)	10.1%(18)

[†] 数据用部位损伤发生率% (损伤人数) 表示; 中国和国外优秀运动员总体分别为 86 人和 178 人; * vs 中国 $P < 0.01$

尽管沙滩排球急、慢性运动损伤发生率的解剖学分布呈现相似趋势, 但与国外优秀沙滩排球运动员相比, 我国运动员的足踝部急、慢性损伤发生率均显著高于国外。除训练、比赛的科学性外, 我国沙滩排球的选材仍多来源于室内排球, 而踝关节损伤正是室内排球运动损伤发生率最高的解剖学部位^[53-54]。众所周知, 存在踝关节损伤史的运动员在后来的训练和比赛中再次发生踝关节损伤的机率将大大增加^[55]。

中国优秀沙滩排球运动员在进攻、防守与拦网时的运动损伤发生率彼此无统计学差异 (表 6)。有趣的是, 丹麦职业沙滩排球运动员在进攻、防守时的运动损伤发生率均显著高于拦网。尽管中国和丹麦选手在进攻与防守时的运动损伤发生率彼此无显著差异, 但是中国沙滩排球运动员拦网时的运动损伤发生率显著高于丹麦。对十运会沙滩排球比赛进行的另一项调查 (未发表资料) 表明, 十运会沙滩排球比赛中男、女运动员拦网的空跳均超过 50%, 女子问题更加突出。表现为过早起跳与取位不合理, 拦网后落地转身救球的意识与能力较差,

提示我国沙滩排球运动员的下肢、腰部力量及柔韧性不足，被动救球时增加了拦网的运动损伤机率。

表 6 国内外^[47]沙滩排球运动员运动损伤的技术动作诱因比较

	进攻	防守	拦网
中国	20.9% (18)	31.4% (27)	26.7% (23)
国外	25.1% (74) [#]	31.9% (94) [#]	9.2% (27) [*]

数据用损伤发生率% (损伤人数) 表示; 中国和国外优秀运动员总体分别为 86 人和 295 人; ^{*} vs 中国 $P < 0.01$, [#] vs 拦网 $P < 0.01$ 。

表 7 中国优秀沙滩排球运动员急、慢性运动损伤的运动训练诱因 (选取百分比)

	准备活动 不充分	带病带 伤训练	训练水 平不足	心理状 况不好	身体机 能欠佳	长期动 作重复	场地设 施不佳	技术动作 不规范	其他
急性损伤	26.0%	—	5.2%	6.5%	36.4%	29.9%	18.2%	26.0%	3.9%
慢性损伤	—	73.5%	2.9%	2.9%	19.1%	44.1%	4.4%	—	4.4%

导致沙滩排球运动损伤的运动训练诱因见表 7。身体机能欠佳、长期动作重复、准备活动不充分和技术动作不规范等是导致运动员急性损伤的主要运动训练诱因。我们在对第十届全运会沙滩排球比赛运动损伤调查中发现了一例沙滩排球罕见的指骨青枝骨折病例。通过追踪调查, 发现该队员存在前述提及的急性运动损伤的所有训练诱因。因此, 根据身体状态及时调整运动负荷 (如运动负荷的突增会大大增加膝痛的风险; 减少肩部训练量可以降低肩部过度负荷, 为组织的恢复提供更多机会^[56])、积极创新多样有效的训练方法、进一步提高准备活动质量、以及完善技术动作^[57-58]等手段均可在一定程度上减少沙滩排球急性运动损伤的发生。对于慢性损伤, 运动训练诱因主要集中在带伤带病训练和长期动作重复等方面。因此积极预防和治疗急性损伤、创造多样有效的训练方法、提高训练的科学性和趣味性是减少慢性损伤的主要手段。值得关注的是, 分别有 18.2%和 4.4%的运动员认为场地设施不佳是导致沙滩排球急性和慢性运动损伤的原因之一。如果连运动员的训练条件都不能保证, 实现我国沙滩排球质的飞跃将会有很大难度。

综上所述, 尽管沙滩排球是一项相对安全的运动, 仍有近一半的我国优秀沙滩排球运动员存在伤病, 反映了职业化进程以来训练、比赛强度和密度的明显提高。我国优秀沙滩排球运动员急性运动损伤的解剖学部位呈现由肢体近端向远端逐渐增高的趋势, 而慢性损伤则呈相反趋势。我国优秀沙滩排球运动员

的足踝部急、慢性损伤以及拦网时的运动损伤发生率显著高于国外。及时根据运动员的机能状态调整运动负荷、提高训练的科学性和趣味性、改进准备活动质量、完善技术动作等手段可以在一定程度上预防运动员的运动损伤。此外，我们应该清醒的认识到，目前国内外对沙滩排球运动损伤的研究方法多停留于流行病学调查，对于沙滩排球运动损伤机制、运动损伤与体能、运动损伤与技战术的相互关系很少涉及。这些问题的揭示无疑会对沙滩排球运动损伤的理解与防治产生重大影响。

2.4 研究展望

综上所述，国内外对沙滩排球运动员体能的初步研究涉及了沙滩排运动员部分身体形态，个别沙地动作的能量消耗以及部分核心运动素质等，对影响沙滩排球体能的运动损伤也进行了一定的流行病学调查。这些研究多从单纬度出发，甚至仍有研究依然停留在定性水平。研究对象的选取上多限于男子沙滩排球运动员，对于女子和青少年运动员的相关研究仍然缺乏，不利于整个沙滩排球运动的发展。研究方法上缺乏运动生理生化、计算机技术、统计学等多种学科多手段的结合使用。由于缺乏对沙滩排球体能系统全面的研究，对于沙滩排球运动员体能组成及其相互之间的关系揭示不够。尤其值得一提的是，在国内至今仍缺乏一套具有沙滩排球项目特色的较为完善的运动员体能监测评价体系，在一定程度上制约了我国沙滩排球运动水平质的飞跃。

关于沙滩排球运动员专项体能还有很多领域值得我们进一步地探索，尤其是有关训练和比赛的应用研究。例如：沙滩排球对运动员的专项身体形态、身体机能和运动素质的要求；新规则下运动时间/休息时间的变化对运动员能量代谢的影响；如何在提高速度、弹跳力的同时，提高运动员的速度耐力、弹跳耐力；沙滩排球运动员与室内排球运动员的生理学特点、运动素质等之间存在着哪些差别？如何对沙滩排球运动员的体能进行评价和监控；随着职业化进程和训练比赛强度的增大，如何预防运动员的伤病；运动损伤后的康复等。总之，沙滩排球的体能研究前景广阔，伴随沙滩排球在全世界的迅猛发展，人们对沙滩排球的相关研究必然逐渐深入，对沙滩排球项目的自身规律及发展趋势的认识也将越来越清晰。

3 研究对象与方法

3.1 研究对象

本研究募集了截止至 2006 年在中国排协正式注册的全部现役 79 名女子沙滩排球运动员进行测试，其中 9 人因伤病或训练没有参加，实际测试人数 70 名。

我们将中国优秀女子沙滩排球运动员界定为运动成绩在国家一级以上（包括国家一级）的现役运动员，其他现役运动员界定为一般女子沙滩排球运动员。

根据这一标准，本研究中的中国优秀女子沙滩排球运动员有 30 名（年龄 21.8 ± 2.8 ，训练年限 5.4 ± 2.1 ），中国一般女子沙滩排球运动员有 40 名（年龄 17.1 ± 2.4 ，训练年限 2.6 ± 1.4 ）。

3.2 研究方法

3.2.1 文献资料法

查阅国内外体能、排球和沙滩排球有关文献。收集反映沙滩排球运动员身体形态、身体机能及运动素质的指标。

3.2.2 问卷调查法

对国内一线沙滩排球教练员、运动员及相关专家就沙滩排球运动员身体形态、身体机能及运动素质指标进行两次问卷。第一次进行体能初选指标问卷，第二次对体能复选指标及权重进行问卷（附件 4，附件 5）。

（1）调查对象情况：

教练员包括我国沙滩排球国家队和各省市教练员 25 人，其年龄、执教沙滩排球年限、职称和学历分布见表 8 和图 2-3。

表 8 我国女子沙滩排球教练员年龄与执教年限

	N	Mean	Median	SD	Variance	Min	Max
年龄	23	41.3	41.0	9.9	98.1	21.0	58.0
带队年限	22	7.5	8.0	5.9	35.2	1.0	23.0

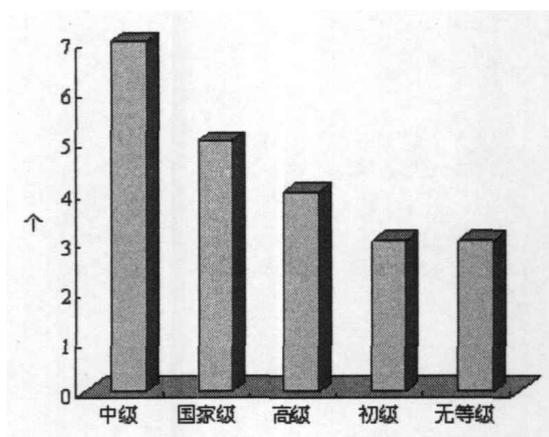


图 2 我国沙滩排球女队教练员职称分

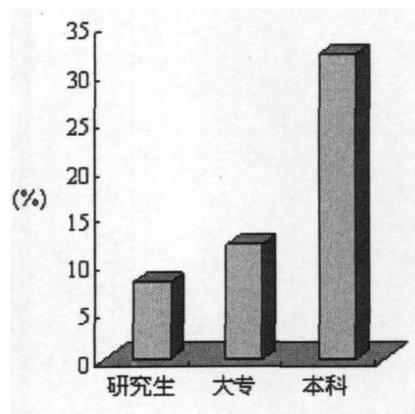


图 3 我国沙滩排球女队教练员学历分布

运动员情况见 4.1 中国女子沙滩排球运动员基本情况。

专家为多年从事室内排球或沙滩排球训练或教学、科研人士（表 9）。

表 9 专家基本情况

姓名	性别	职称	学历	工作单位	年龄	研究领域
葛春林	男	教授	博士	北京体育大学教育学院	52	排球
周典明	男	教授	硕士	北京体育大学竞技体校	57	排球
钟秉枢	男	教授	博士	北京体育大学	47	排球
王卫星	男	教授	硕士	北京体育大学体能训练与恢复重点实验室	48	体能训练

(2) 问卷调查的主要内容:

教练员问卷: 沙滩排球项目体能各组成结构的主要指标及权重（附件 4），国内外沙滩排球运动员体能的主要差距，影响运动员成材的训练学和社会学因素（附件 2）。

运动员问卷: 日常训练情况、运动损伤、国内外沙滩排球运动员体能的主要差距，制约成材的主要训练学因素和社学因素调查（附件 5）。

专家问卷: 沙滩排球运动员与室内排球运动员在身体形态、身体机能、运动素质等方面的主要区别（附件 4，附件 5）。

(3) 问卷信、效度检验及发放:

本研究发放问卷前，曾专门请 5 名具有高级以上运动成绩并在国家队工作（过）或输送运动员入国家队的教练员对问卷进行了内容效度评估，表明问卷内容与欲了解内容间具有较高的一致性（问卷内容满意率为 90.8%）；信度检验

为重测信度,即利用2005年10月十运会赛前动员大会和2006年4月北海集训进行2轮问卷发放,然后计算主要调查内容2次调查间的相关系数。结果表明,问卷具有较高的信度($\alpha=0.901$)。共发放教练员问卷25份,回收23份,回收率为92.0%。发放运动员问卷90份,回收86份,回收率为95.6%。

3.2.3 访谈法

对国内一线沙滩排球教练员及运动员、专家就排球就沙滩排球运动员身体形态、身体机能及运动素质相关内容进行访谈,了解国内两种排球运动员主要体能指标区别(附件6)。

3.2.4 测试法

3.2.4.1 初选指标的确定

利用清华同方CNKI数字图书馆全文数据库、北京体育大学图书馆的体育科技文献检索数据库、Google等搜索,查阅10年来国内外关于室内排球和沙滩排球运动员体能研究的相关文献,收集和整理反映沙滩排球运动员体能水平的身体形态、身体机能、运动素质指标。

为使研究更加与实际训练贴近,我们在收集、整理体能指标的基础上,访谈了国家女子沙滩排球队的教练员和一线沙滩排球教练员及运动员、专家,利用他们的专项经验,剔除在实际训练或比赛中根本不采用或很少采用的指标,最后确定初选指标68项,其中身体形态指标40项、运动素质指标17项、身体机能指标11项(表10)。

表10 中国优秀女子沙滩排球运动员初选指标

一级指标	三级指标
形态类	身高、手足间距、指间距、指间距-身高、手足间距-身高、手足间距/身高、上肢长、下肢长a、上肢长/身高、下肢长a/身高、上臂长、前臂长、大腿长、小腿长、手长、足长、跟腱长、踝围 $\times 100$ /跟腱长、胸围、腰围、臀围、上臂围差、前臂围、大腿围、小腿围、踝围、腕围、肩宽、髌宽、髌宽 $\times 100$ /肩宽、体重、体脂%、去脂体重、维尔维克指数、胸围指数、腰围指数、臀围指数、胸腰指数、腰臀指数、BMI、克托莱指数
素质类	转肩、屈膝触墙、纵向劈叉、横向劈叉、坐位体前屈、摇板平衡测试 移动速度、助跑摸高、灵活性测试、30秒十字跳、掷实心球、掷羽毛球 深蹲、卧推、立定二级跳远、Beep测试、X字移动
机能类	安静心率、最高心率、最大摄氧量、肺活量、血红蛋白、最大无氧功率 平均无氧功率、血清睾酮、血尿素氮、磷酸激酶、反应时

表 11 中国优秀女子沙滩排球运动员体能复选指标

一级指标	三级指标
形态类	身高、手足间距、指间距—身高、手足间距 / 身高、上肢长、下肢长 a、上肢长 / 身高、下肢长 a / 身高、跟腱长、踝围×100 / 跟腱长、胸围、腰围、臀围、上臂围差、踝围、肩宽、髌宽、髌宽×100 / 肩宽、体重、体脂%、BMI、克托莱指数、去脂体重、维尔维克指数、胸围指数、腰围指数、臀围指数、胸腰指数、腰臀指数
素质类	转肩、屈膝触墙（左）、屈膝触墙（右）、坐位体前屈、助跑摸高、沙地摸高、掷实心球、羽毛球掷远、X 字移动、网前移动、硬地二级跳远、沙地二级跳远、渐进式折回跑
机能类	最高心率、最大摄氧量相对值和绝对值、血红蛋白、最大无氧功率相对值和绝对值、选择反应时

3.2.4.3 复选指标的测试

本研究的测试工作得到国家体育总局排管中心沙排部的大力支持，并得以顺利完成。

由于本研究测试指标较多，为保证测试的可靠性和有效性，本研究对测试进行了严格的测试质量控制和管理。

身体形态测试严格按照《运动员科学选材》^[58]测试细则的要求进行；

运动素质测试绝大部分严格按照《运动员科学选材》^[58]测试细则的要求进行。

另外，网前移动、X 字移动和 20m 渐进式折回跑在相关专家指导下完成；

身体机能测试严格按照《优秀运动员机能评定方法》^[59]的要求进行。

3.2.4.4 测试的时间、地点

本研究的测试工作于 2006 年 4 月 4—4 月 14 日在广西北海沙滩排球训练基地进行。

3.2.5 数理统计法

数理统计由 SPSS 10.0 软件包处理。主要数理统计方法包括：

3.2.5.1 T 检验

对运动员按优秀与一般运动员两个组别比较 50 项复选指标，采用 T 检验。显著性水平为 $P < 0.05$ 。

3.2.5.2 单因素方差分析

对运动员按运动成绩和运动运动成绩进行 50 项指标的分组分析，均采用单因素方差分析，显著性水平为 $P < 0.05$ 。

3.2.5.3 主成分分析法

在选择体能评价指标体系时采用因子分析方法，用 SPSS 的 Factor 过程，以 Principal Components 法。为了使分类集中，对因子载荷矩阵采用了方差极大法进行正交旋转，根据特征值 $\lambda > 1$ 、累计贡献率大于 75%，得出反映女子沙滩排球运动员体能水平的几个主成分，并根据指标的贡献率和专项经验确定体能每个维度中的代表性指标。

关于指标贡献率的确定：在确定一级指标贡献率时，主要根据教练员问卷进行。在确定三级指标的贡献率时主要依据统计学结果。

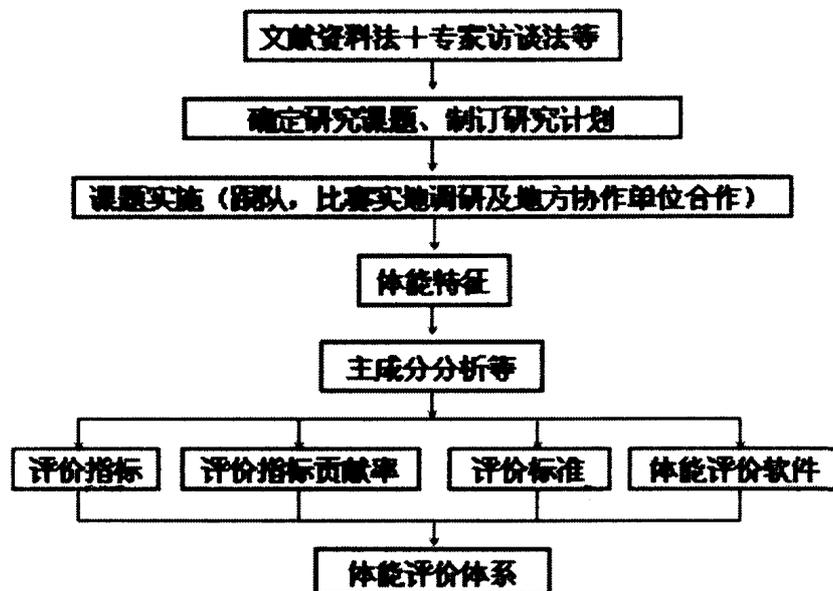
3.2.5.4 百分位数法

评价标准的建立采用百分位数法确定。百分位数法是观测值在群体中所处位置的值，该方法对观测数据的分布没有要求，对于正态分布或非正态分布的数据均可使用，对各评价等级分界点是在排序得到的位置百分比后直接确定^[59]。

评价标准分为单项评价标准和综合评价标准，具体见 4.4.5 我国优秀女子沙滩排球运动员体能评价标准的确定。

3.3 本研究的技术路线

本研究的技术路线见图 4。



4 研究结果与讨论

4.1 中国女子沙滩排球运动员基本情况

4.1.1 年龄及训练年限

中国优秀女子沙滩排球运动员、高运动级别女子沙滩排球运动员和优秀运动成绩女子沙滩排球运动员的年龄和运动年限分别显著高于一般女子沙滩排球运动员、低运动级别女子沙滩排球运动员和一般运动成绩女子沙滩排球运动员（表 12-14）。我们将中国优秀女子沙滩排球运动员的年龄与参加 26-28 届奥运会女子沙滩排球比赛前 8 名的运动员年龄进行了比较。历届奥运会国际优秀女子沙滩排球运动员参赛年龄分别为 26.7±5.7 岁（1996 年）、29.5±4.5 岁（2000 年）和 29.9±3.7 岁（2004 年），明显高于中国现役优秀女子沙滩排球运动员的年龄（21.8±2.8 岁）。

以上有关中国女子沙滩排球运动员年龄、训练年限的比较结果说明了运动经历、比赛经验对运动成绩的重要影响，这也是本研究界定中国女子优秀、一般沙滩排球运动员的主要依据之一。为了在较短的时间内积累运动员的比赛经验，国家体育总局排管中心一方面将优秀运动员送出国门学习国外先进训练理念、方法，另一方面，在社会各界人士及各级地方排协的大力支持下，举办全国甚至国际大型沙滩排球赛事。从而使我国沙滩排球健儿在短期内有快速成长，在国际大赛中也有不俗的表现。

表 12 不同组别中国女子沙滩排球运动员的年龄和训练年限

指标	组别	N	Mean	Median	SD	Variance	Range
年龄(yr)	优秀	30	21.8**	22.0	2.8	7.6	17.0-27.0
	一般	40	17.1	17.0	2.4	5.7	12.0-22.0
训练年限(yr)	优秀	30	5.4**	5.0	2.1	4.5	2.0-11.0
	一般	25	2.6	2.0	1.4	1.9	1.0-5.0

与一般组相比 * $P < 0.05$, ** $P < 0.01$

表 13 不同组别中国女子沙滩排球运动员的年龄和训练年限

指标	运动成绩	N	Mean	Median	SD	Variance	Range
年龄(yr)	国际/家健将	22	22.1**	22.0	2.6	6.7	17.0-27.0
	一、二级	10	20.9**	20.5	3.2	10.4	17.0-25.0
	无级别	38	17.1	17.0	2.4	5.7	12.0-22.0

中国优秀女子沙滩排球运动员体能特征及其评价体系研究

训练年限 (yr)	国际/家健将	22	6.1**	6.0	2.0	3.9	4.0-11.0
	一、二级	10	3.5 [‡]	3.0	1.1	1.1	2.0-5.0
	无级别	25	2.6 [‡]	2.0	1.4	1.9	1.0-5.0

与无级别相比 * $P < 0.05$, $P < 0.01$; 与国际/家健将相比 [†] $P < 0.05$, [‡] $P < 0.01$

表 14 不同运动成绩中国女子沙滩排球运动员的年龄和训练年限

指标	运动成绩	N	Mean	Median	SD	Variance	Range
年龄 (yr)	国家队	8	22.1 ^{b aa}	23.0	2.6	7.0	17.0-25.0
	前 8 名	12	23.3 ^{c bb aa}	23.5	1.7	3.0	20.0-26.0
	9-16 名	10	21.1 ^{aa}	20.5	3.1	9.4	17.0-27.0
	17-24 名	9	19.9 ^{c aa}	19.0	2.6	6.6	16.0-24.0
	参赛无名次	9	18.1 ^{f ee}	18.0	1.8	3.1	16.0-22.0
	未参赛	30	16.7 ^{ff ee dd c}	17.0	2.6	6.7	12.0-24.0
训练 年限 (yr)	国家队	8	6.5	6.5	1.9	3.4	4.0-9.0
	前 8 名	12	7.3 ^{dd}	7.5	1.8	3.3	4.0-11.0
	9-16 名	10	4.6 ^{ee}	4.0	1.4	2.0	3.0-7.0
	17-24 名	9	3.9 ^{f ee}	4.0	0.8	0.6	3.0-5.0
	参赛无名次	9	2.9 ^{ff ee}	3.0	1.2	1.4	1.0-4.0
	未参赛	15	2.2 ^{ff ee dd}	2.0	1.5	2.2	1.0-5.0

与未参赛相比 ^a $P < 0.05$, ^{aa} $P < 0.01$; 与参赛无名次相比 ^b $P < 0.05$, ^{bb} $P < 0.01$; 与 17-24 名相比 ^c $P < 0.05$, ^{cc} $P < 0.01$; 与 9-16 名相比 ^d $P < 0.05$, ^{dd} $P < 0.01$; 前 8 名相比 ^e $P < 0.05$, ^{ee} $P < 0.01$; 与国家队相比 ^f $P < 0.05$, ^{ff} $P < 0.01$

4.1.2 学历

本研究中国女子沙滩排球运动员的学历分布由高到低分别为本科、高中、大专、中专和初中（图 5），其中学历为大学本科的运动员约占受试者总数的 45.5%。一方面，说明我国的学历激励机制比较好，沙滩排球运动员获得较高级别的途径逐渐增加；另一方面，与我国室内男排大学本科率在 35% 相比，我国沙滩排球运动员的文化程度较高。但与其他诸如乒乓球、跳水等个别项目运动员在攻读硕士学位研究生而言，我国沙滩排球运动员的学历还有待提高。由于在比赛中不能有场外教练指导，因此，沙滩排球运动员更需要知识结构的化，从而有利于沙滩排球运动员对本项目的进一步理解和成绩的提高。

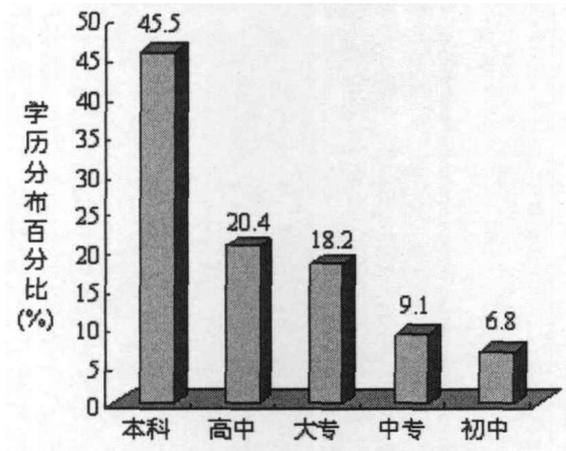


图 5 我国女子沙滩排球运动员学历分布

4.1.3 日常运动训练

目前我国沙滩排球女队中有 85% 的球队的训练频率是一周六或七天(图 6)。

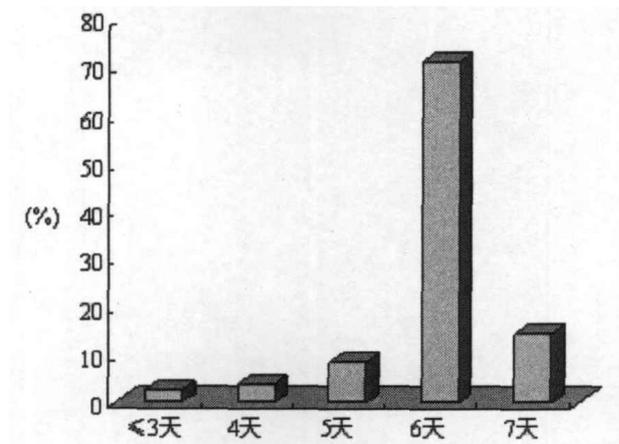


图 6 日常运动训练频率

4.1.4 运动技术等级分布

在有级别的女子沙滩排球运动员范围内运动技术等级主要分布在国家健将及国家一级(图 7)。

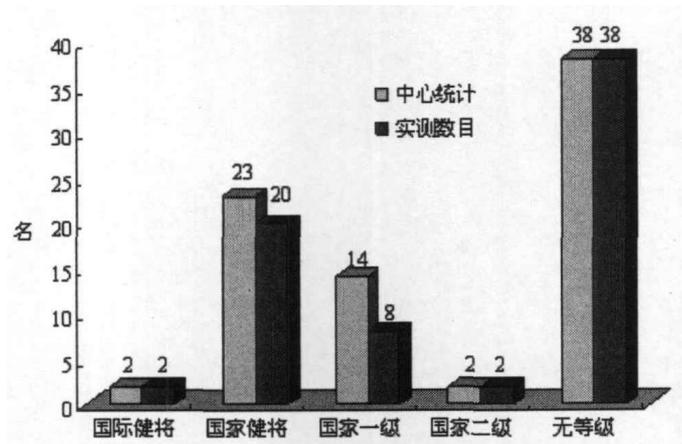


图7 中国女子沙滩排球运动员运动技术等级分布

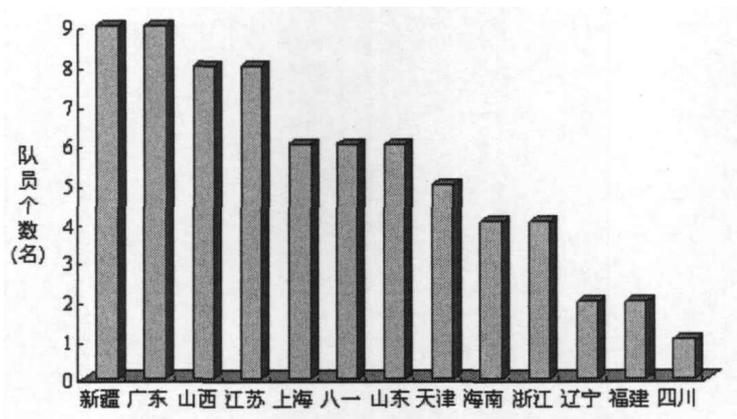


图8 中国女子沙滩排球运动员地域来源分布

4.1.5 地域来源分布

中国女子沙滩排球运动员的地域来源分布已经不再仅限于沿海省市，呈现由原来的绝大部分来自沿海省市逐步向内地发展的趋势（图8）。与此相对应，内陆地区沙滩排球队伍的运动水平也稳步上升，初步形成了与沿海城市队伍分庭抗争的竞争局面。如八一女队和山西女队。当然，从参赛队伍的总体数量来看，开展沙滩排球运动的内陆地区还比较少，具有更大的发展空间。因此，打破传统观念，大力推广内陆地区的沙滩排球运动，通过普及来促进竞技水平的提高；同时，用提高成绩来进一步带动普及，吸引更多的人参与其中，从而形成良性循环。

4.2 中国优秀女子沙滩排球运动员体能特征

4.2.1 确立中国优秀女子沙滩排球运动员体能特征的意义

4.2.1.1 体能特征的建立有助于对沙滩排球项目特征进行一定的解释和概括

尽管从项群划分^[60]的角度来看,沙滩排球隶属于技能类项群,但鉴于我国沙滩排球运动员体能与国外优秀运动员的差距以及体能本身对于沙滩排球运动员的重要性,有专家建议将沙滩排球列入体能类项目^[61],这与2008奥运周期工作计划中也提出“体能为本、意识当先、攻防均衡、技术全面、配合默契、快准巧变”^[4]的指导思想完全一致。

沙滩排球项目的“快、准、巧、变”都与体能有一定的关系。建立我国优秀女子沙滩排球运动员的体能特征,有助于我们进一步深刻揭示我国优秀沙滩排球运动员体能的共性和特征,进而为高级运动员的体能训练建立靶目标。

4.2.1.2 体能特征的建立有助于对我国优秀沙滩排球后备力量进行体能状况评价并为多年体能训练发展规划提供理论基础

建立我国优秀沙滩排球运动员的体能特征,可以为我们对目前我国优秀沙滩排球后备力量的体能进行诊断和评价提供参照。根据这个客观基准,通过比较使我们从更深的层次发现目前制约我国优秀沙滩排球后备力量体能发展的因素,在此前提下制定的训练计划可以有针对性地纠正和预防训练中存在的问题,使训练更加具有目的性和方向性。

4.2.1.3 体能作为竞技能力的基础,可以服务于更高层的技战术

在了解运动员的体能特征的基础上,一方面,我们可以根据每个运动员的不同特点,在训练或比赛中选择不同的技战术。由于正式比赛场上人数仅两名队员,场上空当相对较多,因此,可以根据自身的体能特点,选择擅长的技战术。如轻扣、各种搓、顶、磕、拍等动作,不但可以达到与重扣相同的效果,还能节省体力且减少失误。另一方面,根据不同运动员的特点,选择不同的运动员进行搭配。如在第14届釜山亚运会上,身高1.79米的尤文慧,下肢爆发力好、灵活性高、技术细腻、心理稳定。尽管临时调入国家队仅3个月,但她与身高1.88米,扣球的击球点高,力量大,线路变化多的王露搭档,相互取长补短,一路过关斩将,先后淘汰了上届冠军和季军,并与中国的另一对选手在决赛中会师,确保了这个项目的金牌和银牌。由于沙滩排球正式比赛过程中教练员不能临场指挥,这对沙滩排球运动员的自主意识提出了更高的要求。如何根据自身的体能特征,扬长避短,合理运用技战术成为考验一名优秀运动员的条

件之一。

4.2.2 中国优秀女子沙滩排球运动员体能特征分析

我们从体能构成的三个组成部分对沙滩排球运动员的相关指标分别进行比较和分析,以探讨沙滩排球运动员体能特征。其中每个组成部分均按照指标的测试结果、典型指标的讨论和小结三个板块进行。

本研究将整个运动员群体分为优秀与一般两个组别对中国女子沙滩排球运动员的测试结果进行比较。在此基础上,为了寻找运动员体能的敏感指标,为制订体能标准奠定基础,本研究在数据比较分析的过程中,还根据运动成绩对相关数据进行了比较分析,即运动成绩分为国家队、十运会前八名、第九至十六名、第十七至二十四名、参加十运会没有获得名次、没有参加十运会六个组别,分别简称为国家队、前8名、9—16名、17—24名、无名次、未参赛。

4.2.2.1 身体形态指标

4.2.2.1.1 身体形态指标测试结果

对中国沙滩排球教练员及相关专家的问卷结果显示,一般认为沙滩排球运动员的身体形态为瘦长型,表现为:身材修长、体重较轻、骨骼细长、皮下脂肪少、胸肩部扁平、肢体围度较小、躯干稍短、肩稍窄、上肢较细、臀部窄小且向上收、其肌肉向上紧缩、骨盆小、跟腱清晰且较长、足弓明显等特征。

因此,在长度方面,我们选择了身高、手足间距、指间距—身高、手足间距/身高、上肢长、上肢长/身高、下肢长a、下肢a/身高、跟腱长等指标(表15,表16)。在宽度方面,我们选取了髌宽、肩宽、髌宽、髌宽 $\times 100$ /肩宽等指标(表17,18)。在围度方面,我们选取了上臂围差、胸围、腰围、臀围、踝围、踝围 $\times 100$ /跟腱长(比踝围)、维尔维克指数、胸围指数、腰围指数、臀围指数、胸腰指数、腰臀指数等指标(表19,表20)。在充实度方面,我们选择了体重、体脂%、BMI、克托莱指数和去脂体重等指标(表21,22)。

本研究不同组别和不同运动成绩的中国女子沙滩排球运动员长度指标(表15,表16)和宽度指标(表17,表18)组间均没有显著性差异。

中国优秀女子沙滩排球运动员的胸围($P < 0.05$)、维尔维克指数($P < 0.05$)、胸围指数($P < 0.05$)均明显大于中国一般女子沙滩排球运动员,其它围度指标优秀与一般女子沙滩排球运动员无组间差异(表19)。

不同运动成绩的中国女子沙滩排球运动员身体围度比较中,所有指标均没有显著性差异(表20)。

中国优秀沙滩排球运动员的体脂百分比明显低于一般运动员($P < 0.05$),而

体重 ($P<0.05$)、BMI ($P<0.05$)、克托莱指数 ($P<0.05$) 和去脂体重 ($P<0.01$) 均高于中国一般女子沙滩排球运动员 (表 21)。

不同运动成绩运动员的身体充实度指标均有显著性差异。其中, 体重平均值的大小顺序是: 国家队>前 8 名>参赛无名次>9-16 名>17-24 名>未参赛; 体脂 % 平均值的大小顺序是: 未参赛>9-16 名>参赛无名次>17-24 名>国家队>前 8 名; BMI 平均值的大小顺序是: 国家队>前 8 名>未参赛>17-24 名>9-16 名>参赛无名次; 克托莱指数平均值的大小顺序是国家队>前 8 名>参赛无名次>9-16 名>17-24 名>未参赛; 去脂体重平均值的大小顺序是国家队>前 8 名>9-16 名>参赛无名次>17-24 名>未参赛 (表 22)。

表 15 不同组别中国女子沙滩排球运动员的长度比较

指标	组别	N	Mean	Median	SD	Variance	Range	Min	Max
身高(cm)	优秀组	30	181.1	181.5	4.0	15.8	17.0	172.0	189.0
	一般组	40	180.8	181.3	4.0	16.4	17.0	172.0	189.0
手足间距 (cm)	优秀组	18	230.7	231.3	5.1	26.3	16.4	220.5	236.9
	一般组	35	232.6	232.5	6.3	39.3	30.0	217.0	247.0
指间距一 身高(cm)	优秀组	16	1.7	0.9	3.6	13.2	12.5	(4.7)	7.8
	一般组	35	0.3	0.2	4.2	17.4	19.6	(9.5)	10.1
手足间距 / 身高	优秀组	17	1.28	1.28	0.02	0.00	0.06	1.25	1.31
	一般组	35	1.29	1.28	0.02	0.00	0.09	1.25	1.34
上肢长 (cm)	优秀组	8	77.8	77.6	1.9	3.6	5.2	75.6	80.8
	一般组	19	77.5	76.8	2.7	7.1	10.0	74.0	84.0
上肢长 / 身高	优秀组	8	43.0	42.9	1.0	0.9	2.7	41.7	44.4
	一般组	19	42.9	42.9	1.2	1.5	5.4	40.2	45.7
下肢长 a	优秀组	8	107.1	107.3	3.4	11.5	8.2	103.3	111.5
	一般组	19	107.1	106.5	4.3	18.5	16.0	100.0	116.0
下肢长 / 身高	优秀组	8	59.2	59.0	1.7	2.8	4.8	57.1	61.9
	一般组	19	59.3	59.1	1.6	2.5	5.5	56.6	62.0
跟腱长 (cm)	优秀组	15	29.6	29.0	2.2	4.8	8.8	26.2	35.0
	一般组	33	29.1	29.0	2.2	4.7	9.6	24.0	33.6

表 16 不同运动成绩中国女子沙滩排球运动员长度比较

指标	运动成绩	N	Mean	Median	SD	Variance	Range	Min	Max
身高(cm)	国家队	8	183.8	182.5	4.2	17.9	12.0	177.0	189.0
	前 8 名	12	181.6	182.0	4.5	19.9	17.0	172.0	189.0

中国优秀女子沙滩排球运动员体能特征及其评价体系研究

	9-16 名	10	181.0	181.0	4.5	20.6	17.0	172.0	189.0
	17-24 名	9	179.4	180.1	4.0	16.1	13.0	172.0	185.0
	参赛无名次	9	181.4	182.0	2.8	7.9	9.0	176.0	185.0
	未参赛	30	180.9	180.6	4.0	16.3	16.0	173.0	189.0
	国家队	0							
	前 8 名	2	225.0	225.0	4.9	23.8	6.9	221.5	228.4
手足间距 (cm)	9-16 名	8	231.9	234.8	5.7	32.5	16.4	220.5	236.9
	17-24 名	9	230.9	231.5	5.8	33.1	20.2	221.4	241.6
	参赛无名次	9	233.3	233.5	5.3	27.6	18.0	224.5	242.5
	未参赛	24	232.3	231.3	6.4	41.4	30.0	217.0	247.0
	国家队	0							
	前 8 名	1	3.9	3.9			0.0	3.9	3.9
指间距 - 身高(cm)	9-16 名	8	1.5	1.3	4.5	20.5	12.5	(4.7)	7.8
	17-24 名	9	1.8	0.9	3.2	10.1	8.4	(2.5)	5.9
	参赛无名次	9	1.0	0.5	2.8	7.7	8.6	(2.6)	6.0
	未参赛	24	(0.1)	0.2	4.6	20.9	19.6	(9.5)	10.1
	国家队	0							
	前 8 名	2	1.29	1.29	0.00	0.00	0.00	1.28	1.29
手足间距 / 身高	9-16 名	8	1.28	1.28	0.01	0.00	0.04	1.27	1.31
	17-24 名	9	1.29	1.29	0.02	0.00	0.05	1.26	1.31
	参赛无名次	9	1.29	1.28	0.01	0.00	0.04	1.27	1.31
	未参赛	24	1.28	1.28	0.02	0.00	0.09	1.25	1.34
	国家队	0							
	前 8 名	0							
上肢长 (cm)	9-16 名	6	78.1	77.8	2.0	3.8	4.9	75.9	80.8
	17-24 名	3	76.7	76.3	1.6	2.7	3.2	75.3	78.5
	参赛无名次	5	77.8	77.6	2.7	7.2	6.8	74.7	81.5
	未参赛	13	77.5	76.8	2.8	8.0	10.0	74.0	84.0
	国家队	0							
	前 8 名	0							
上肢长 / 身高	9-16 名	6	43.1	42.9	1.1	1.2	2.7	41.7	44.4
	17-24 名	3	43.0	43.1	0.4	0.2	0.9	42.5	43.4
	参赛无名次	5	42.9	42.6	1.0	0.9	2.3	41.8	44.1
	未参赛	13	42.9	42.9	1.4	2.0	5.4	40.2	45.7
	国家队	0							
	前 8 名	0							
下肢长 a (cm)	9-16 名	6	108.3	109.2	3.0	9.0	8.1	103.4	111.5
	17-24 名	3	103.6	103.5	0.4	0.2	0.8	103.3	104.1
	参赛无名次	5	109.0	110.9	4.0	16.0	9.8	102.5	112.3

中国优秀女子沙滩排球运动员体能特征及其评价体系研究

	未参赛	13	106.6	106.0	4.4	19.8	16.0	100.0	116.0
	国家队	0							
	前 8 名	0							
下肢长 a / 身高	9-16 名	6	59.7	59.7	1.5	2.3	4.3	57.6	61.9
	17-24 名	3	58.1	58.5	0.9	0.8	1.7	57.1	58.8
	参赛无名次	5	60.2	60.7	1.3	1.8	3.0	58.2	61.3
	未参赛	13	59.0	59.0	1.7	2.8	5.5	56.6	62.0
	国家队	0							
	前 8 名	2	28.9	28.9	0.7	0.5	1.0	28.4	29.4
跟腱长 (cm)	9-16 名	7	29.7	29.0	2.5	6.3	7.4	27.6	35.0
	17-24 名	9	29.4	29.0	1.9	3.6	5.8	26.4	32.2
	参赛无名次	9	29.8	30.0	2.1	4.6	7.8	25.4	33.2
	未参赛	21	28.9	28.6	2.3	5.5	9.6	24.0	33.6

表 17 不同组别中国女子沙滩排球运动员宽度比较

指标	组别	N	Mean	Median	SD	Variance	Range	Min	Max
肩宽(cm)	优秀组	10	38.9	39.0	0.7	0.5	2.0	38.0	40.0
	一般组	19	37.9	38.5	1.7	2.7	5.5	35.0	40.5
髌宽(cm)	优秀组	10	28.8	29.0	1.7	3.0	5.0	26.0	31.0
	一般组	19	27.9	28.0	1.6	2.7	5.0	25.0	30.0
髌宽×100 / 肩宽	优秀组	10	74.1	74.5	5.2	27.3	14.1	67.5	81.6
	一般组	19	73.6	74.4	4.6	20.8	18.1	63.0	81.1
髌宽(cm)	优秀组	10	31.7	31.5	1.7	2.8	5.5	29.0	34.5
	一般组	12	31.8	31.5	1.7	2.7	5.0	29.5	34.5

表 18 不同运动成绩中国女子沙滩排球运动员宽度比较

指标	运动成绩	N	Mean	Median	SD	Variance	Range	Min	Max
	国家队	0							
	前 8 名	2	38.3	38.3	0.4	0.1	0.5	38.0	38.5
肩宽 (cm)	9-16 名	2	38.5	38.5	0.7	0.5	1.0	38.0	39.0
	17-24 名	4	38.4	38.8	1.8	3.2	4.0	36.0	40.0
	参赛无名次	6	38.3	39.0	1.6	2.7	4.0	35.5	39.5
	未参赛	15	38.1	38.5	1.6	2.6	5.5	35.0	40.5
	国家队	0							
髌宽 (cm)	前 8 名	2	27.5	27.5	2.1	4.5	3.0	26.0	29.0
	9-16 名	2	30.5	30.5	0.7	0.5	1.0	30.0	31.0
	17-24 名	4	28.5	28.0	1.7	3.0	4.0	27.0	31.0
	参赛无名次	6	28.4	29.0	1.1	1.2	2.5	27.0	29.5

中国优秀女子沙滩排球运动员体能特征及其评价体系研究

	未参赛	15	27.8	28.0	1.8	3.2	5.0	25.0	30.0
	国家队	0							
髌宽×100 / 肩宽	前8名	2	71.9	71.9	6.2	38.6	8.8	67.5	76.3
	9-16名	2	79.3	79.3	3.3	10.8	4.7	76.9	81.6
	17-24名	4	74.4	74.3	6.4	41.0	14.1	67.5	81.6
	参赛无名次	6	74.4	74.5	3.0	9.3	9.1	69.2	78.4
	未参赛	15	72.9	74.3	4.8	22.9	18.1	63.0	81.1
	国家队	0							
髌宽(cm)	前8名	2	31.8	31.8	1.1	1.1	1.5	31.0	32.5
	9-16名	2	30.5	30.5	0.7	0.5	1.0	30.0	31.0
	17-24名	4	30.8	31.0	1.5	2.3	3.0	29.0	32.0
	参赛无名次	4	32.8	32.8	1.8	3.1	3.5	31.0	34.5
	未参赛	10	32.0	31.8	1.7	2.9	5.0	29.5	34.5

表 19 不同组别中国女子沙滩排球运动员围度比较

指标	组别	N	Mean	Median	SD	Variance	Range	Min	Max
上臂围差(cm)	优秀组	17	2.2	2.1	0.5	0.3	1.9	1.3	3.2
	一般组	35	2.6	2.6	0.7	0.5	3.3	0.9	4.2
胸围(cm)	优秀组	17	88.0*	87.6	3.7	13.7	13.6	82.0	95.6
	一般组	35	85.4	86.0	4.2	17.7	18.6	78.0	96.6
腰围(cm)	优秀组	17	77.9	75.0	6.9	47.9	24.8	70.8	95.6
	一般组	35	76.2	74.0	8.0	63.2	27.0	66.0	93.0
臀围(cm)	优秀组	17	90.8	96.0	11.3	128.2	31.0	71.0	102.0
	一般组	35	89.7	94.2	11.2	126.4	34.6	70.4	105.0
踝围(cm)	优秀组	17	22.0	22.0	0.9	0.8	3.8	20.0	23.8
	一般组	34	22.1	22.0	1.1	1.3	5.0	20.2	25.2
踝围×100 / 跟腱长	优秀组	15	74.7	76.8	6.0	36.1	20.0	61.7	81.7
	一般组	33	76.3	75.9	7.3	52.9	38.1	61.9	100.0
维尔维克指数	优秀组	17	86.6*	86.1	3.3	10.6	11.6	82.3	93.9
	一般组	35	83.8	84.0	4.4	19.5	23.2	73.3	96.5
胸围指数	优秀组	17	49.0*	48.3	2.0	4.2	7.9	45.6	53.5
	一般组	35	47.2	47.3	2.5	6.2	10.7	42.4	53.1
腰围指数	优秀组	17	43.4	42.1	3.7	13.9	12.8	39.8	52.5
	一般组	35	42.1	40.7	4.4	19.2	15.0	36.4	51.4
臀围指数	优秀组	17	50.6	53.6	6.3	39.6	17.1	39.4	56.5
	一般组	35	49.6	51.8	6.3	40.2	20.5	37.6	58.1
胸腰指数	优秀组	17	113.8	116.6	9.9	97.8	26.9	100.0	126.9
	一般组	35	112.9	116.5	9.6	93.0	24.7	100.0	124.7
腰臀指数	优秀组	17	88.1	77.4	19.9	394.1	54.7	72.4	127.1

论文随机验证编号: BT200752824917. 7055475

中国优秀女子沙滩排球运动员体能特征及其评价体系研究

一般组	35	87.3	77.1	20.3	411.3	55.6	68.3	123.9
-----	----	------	------	------	-------	------	------	-------

与一般组相比 * $P < 0.05$, ** $P < 0.01$

表 20 不同运动成绩中国女子沙滩排球运动员身体围度比较

指标	运动成绩	N	Mean	Median	SD	Variance	Range	Min	Max
上臂围差 (cm)	国家队	0							
	前 8 名	2	2.2	2.2	0.3	0.1	0.4	2.0	2.4
	9-16 名	8	2.4	2.3	0.6	0.3	1.4	1.8	3.2
	17-24 名	9	2.6	2.4	0.8	0.6	2.5	1.7	4.2
	参赛无名次	9	2.3	2.4	0.7	0.5	2.1	0.9	3.0
	未参赛	24	2.5	2.6	0.7	0.5	2.6	1.2	3.8
胸围(cm)	国家队	0							
	前 8 名	2	86.0	86.0	1.1	1.3	1.6	85.2	86.8
	9-16 名	8	88.3	88.3	3.8	14.4	13.4	82.2	95.6
	17-24 名	9	88.3	89.0	2.0	4.2	5.6	85.0	90.6
	参赛无名次	9	87.4	86.6	3.7	13.6	12.2	83.0	95.2
	未参赛	24	84.4	84.4	4.6	21.3	18.6	78.0	96.6
腰围(cm)	国家队	0							
	前 8 名	2	72.6	72.6	2.5	6.5	3.6	70.8	74.4
	9-16 名	8	81.5	80.3	8.2	67.8	22.6	73.0	95.6
	17-24 名	9	81.8	85.0	7.2	51.5	18.6	71.6	90.2
	参赛无名次	9	73.7	73.0	5.5	29.8	19.4	67.2	86.6
	未参赛	24	74.7	72.4	7.2	51.6	27.0	66.0	93.0
臀围(cm)	国家队	0							
	前 8 名	2	96.8	96.8	1.4	2.0	2.0	95.8	97.8
	9-16 名	8	86.0	87.9	12.8	164.1	28.0	71.0	99.0
	17-24 名	9	84.9	78.6	11.7	136.7	29.2	72.8	102.0
	参赛无名次	9	95.2	98.2	9.7	93.2	31.6	71.4	103.0
	未参赛	24	90.8	94.1	10.8	115.7	34.6	70.4	105.0
踝围(cm)	国家队	0							
	前 8 名	2	21.7	21.7	0.4	0.2	0.6	21.4	22.0
	9-16 名	8	22.3	22.0	0.8	0.7	2.2	21.6	23.8
	17-24 名	9	21.8	21.4	1.2	1.4	3.4	20.0	23.4
	参赛无名次	9	21.9	22.0	0.7	0.4	2.0	21.2	23.2
	未参赛	23	22.1	22.0	1.2	1.5	5.0	20.2	25.2
踝围× 100 / 跟腱 长	国家队	0							
	前 8 名	2	75.1	75.1	3.3	10.9	4.7	72.8	77.5
	9-16 名	7	75.8	78.3	6.6	43.0	19.8	61.7	81.5
	17-24 名	9	74.4	75.2	5.0	24.5	14.0	67.1	81.1

论文随机验证编号: BT200752824917. 7055475

中国优秀女子沙滩排球运动员体能特征及其评价体系研究

	参赛无名次	9	74.0	74.2	5.1	25.6	16.6	66.9	83.5
	未参赛	21	77.2	78.1	8.6	73.4	38.1	61.9	100.0
维尔维克 指数	国家队	0							
	前 8 名	2	85.4	85.4	1.5	2.3	2.1	84.4	86.5
	9-16 名	8	87.0	86.5	2.7	7.4	8.4	83.7	92.1
	17-24 名	9	86.6	87.2	2.2	4.9	6.7	82.3	88.9
	参赛无名次	9	85.9	86.1	4.0	15.6	13.7	80.2	93.9
	未参赛	24	82.7	82.8	4.8	22.7	23.2	73.3	96.5
	国家队	0							
胸围指数	前 8 名	2	49.2	49.2	1.8	3.4	2.6	47.9	50.5
	9-16 名	8	48.9	48.5	1.8	3.2	5.8	46.7	52.5
	17-24 名	9	49.2	49.4	1.4	2.1	3.8	47.3	51.1
	参赛无名次	9	48.2	47.8	2.3	5.5	7.9	45.6	53.5
	未参赛	24	46.6	45.9	2.7	7.2	10.7	42.4	53.1
	国家队	0							
	腰围指数	前 8 名	2	41.5	41.5	2.5	6.1	3.5	39.8
9-16 名		8	45.2	45.4	4.6	20.9	12.0	40.5	52.5
17-24 名		9	45.6	47.3	3.9	15.2	10.6	40.4	51.0
参赛无名次		9	40.6	40.1	3.0	9.2	10.9	36.9	47.8
未参赛		24	41.3	40.5	3.8	14.4	15.0	36.4	51.4
国家队		0							
臀围指数		前 8 名	2	55.3	55.3	0.5	0.3	0.8	54.9
	9-16 名	8	47.6	47.8	6.8	46.2	15.6	39.4	55.0
	17-24 名	9	47.4	43.6	6.6	43.5	15.5	40.9	56.4
	参赛无名次	9	52.5	54.0	5.4	29.5	17.8	39.4	57.3
	未参赛	24	50.2	52.2	6.2	38.4	20.5	37.6	58.1
	国家队	0							
	胸腰指数	前 8 名	2	118.5	118.5	2.6	6.7	3.7	116.7
9-16 名		8	109.2	106.5	10.4	107.5	23.3	100.0	123.3
17-24 名		9	108.7	100.0	10.8	115.6	26.5	100.0	126.5
参赛无名次		9	119.0	121.0	7.9	62.9	26.9	100.0	126.9
未参赛		24	113.6	116.5	9.0	81.4	24.3	100.0	124.3
国家队		0							
腰臀指数		前 8 名	2	75.0	75.0	3.7	13.9	5.3	72.4
	9-16 名	8	97.6	95.8	23.2	540.5	53.4	73.7	127.1
	17-24 名	9	98.9	113.2	21.1	444.3	48.5	75.4	123.9
	参赛无名次	9	78.8	74.3	16.2	263.0	52.8	68.5	121.3
	未参赛	24	84.2	76.3	18.2	329.8	52.4	68.3	120.8
	国家队	0							

与未参赛相比 ^a $P < 0.05$, ^{aa} $P < 0.01$; 与参赛无名次相比 ^b $P < 0.05$, ^{bb} $P < 0.01$; 与 17-24 名相比 ^c $P < 0.05$, ^{cc}

中国优秀女子沙滩排球运动员体能特征及其评价体系研究

$P < 0.01$; ^l与 9-16 名相比 ^d $P < 0.05$, ^{dd} $P < 0.01$; 前 8 名相比 ^e $P < 0.05$, ^{ee} $P < 0.01$; 与国家队相比 ^f $P < 0.05$, ^{ff} $P < 0.01$

表 21 不同组别中国女子沙滩排球运动员充实度比较

指标	组别	N	Mean	Median	SD	Variance	Range	Min	Max
体重(kg)	优秀组	30	69.2*	70.0	5.2	26.8	22.9	57.0	79.9
	一般组	39	66.5	66.0	5.1	26.0	25.0	54.0	79.0
体脂%	优秀组	24	20.9*	20.9	3.6	12.6	13.7	14.1	27.8
	一般组	35	22.8	22.4	3.0	9.1	15.2	17.3	32.5
BMI(kg/m ²)	优秀组	30	21.1*	21.3	1.3	1.6	5.7	18.2	23.9
	一般组	39	20.3	20.3	1.4	1.9	7.2	16.7	23.8
克托莱指数 (kg/cm)	优秀组	30	382.2*	382.4	24.5	601.6	114.6	322.0	436.6
	一般组	39	367.6	370.2	25.2	632.9	134.1	300.0	434.1
去脂体重 (kg)	优秀组	24	54.8**	53.5	4.2	17.4	16.2	47.2	63.4
	一般组	35	51.1	51.0	3.9	15.5	17.4	40.5	57.9

与一般组相比 * $P < 0.05$, ** $P < 0.01$

表 22 不同运动成绩中国女子沙滩排球运动员充实度比较

指标	运动成绩	N	Mean	Median	SD	Variance	Range	Min	Max
体重(kg)	国家队	8	73.7 ^{aa}	75.3	5.2	26.9	17.4	62.5	79.9
	前 8 名	12	71.2 ^{aa}	72.2	5.6	30.8	17.9	62.0	79.9
	9-16 名	10	68.2	69.0	5.3	28.4	19.4	57.0	76.4
	17-24 名	9	67.1	65.0	4.0	16.1	12.0	62.0	74.0
	参赛无名次	9	68.4	70.0	4.0	15.8	11.0	63.0	74.0
	未参赛	29	65.9	67.0	5.3	28.4	25.0	54.0	79.0
体脂%	国家队	7	19.1 ^a	19.8	3.3	11.0	9.1	14.9	24.0
	前 8 名	8	18.2 ^{aa}	17.7	3.4	11.6	9.9	14.1	24.0
	9-16 名	9	22.3	21.1	2.9	8.1	8.9	18.9	27.8
	17-24 名	9	21.7	21.7	2.7	7.5	10.0	17.3	27.3
	参赛无名次	9	22.2	21.7	2.2	5.0	6.0	19.8	25.8
	未参赛	24	23.4	22.7	3.2	10.6	14.7	17.8	32.5
BMI(kg/m ²)	国家队	8	21.8 ^a	22.0	1.6	2.5	4.8	19.1	23.9
	前 8 名	12	21.6 ^a	21.5	1.4	1.9	4.8	19.1	23.9
	9-16 名	10	20.8	21.5	1.2	1.4	3.5	18.2	21.7
	17-24 名	9	20.9	21.3	0.9	0.8	2.8	19.1	22.0
	参赛无名次	9	20.8	21.0	1.3	1.6	3.7	19.0	22.7
	未参赛	29	20.1	19.8	1.4	2.0	7.2	16.7	23.8
克托莱指数 (kg/cm)	国家队	8	400.9 ^a	406.6	27.1	732.0	91.3	345.3	436.6
	前 8 名	12	392.0 ^a	398.4	26.3	690.1	91.3	345.3	436.6

论文随机验证编号: BT200752824917. 7055475

中国优秀女子沙滩排球运动员体能特征及其评价体系研究

	9-16 名	10	376.8	380.5	23.8	564.2	82.2	322.0	404.2
	17-24 名	9	374.1	377.9	17.6	310.2	55.7	344.3	400.0
	参赛无名次	9	377.3	384.6	21.7	471.2	58.3	346.2	404.5
	未参赛	29	364.4	370.2	26.4	695.0	134.1	300.0	434.1
	国家队	7	59.3 ^{aa b c}	60.1	3.1	9.9	10.2	53.2	63.4
	前 8 名	8	58.1 ^{aa}	59.7	4.3	18.2	13.0	50.4	63.4
去脂体重 (kg)	9-16 名	9	53.9	53.1	2.8	8.0	9.7	50.7	60.4
	17-24 名	9	52.5 ^f	50.9	3.2	9.9	8.9	49.1	57.9
	参赛无名次	9	53.2 ^f	52.9	3.3	10.6	8.5	49.1	57.6
	未参赛	24	50.0 ^{ee ff}	50.7	3.9	15.1	16.2	40.5	56.7

与未参赛相比 ^a $P < 0.05$, ^{aa} $P < 0.01$; 与参赛无名次相比 ^b $P < 0.05$, ^{bb} $P < 0.01$; 与 17-24 名相比 ^c $P < 0.05$, ^{cc} $P < 0.01$; 与 9-16 名相比 ^d $P < 0.05$, ^{dd} $P < 0.01$; 前 8 名相比 ^e $P < 0.05$, ^{ee} $P < 0.01$; 与国家队相比 ^f $P < 0.05$, ^{ff} $P < 0.01$

4.2.2.1.2 身体形态典型性指标的讨论

◆ 从不同组别和不同运动成绩的中国女子沙滩排球运动员身体形态指标的测试结果比较中可以看出, 中国优秀沙滩排球运动员和中国一般沙滩排球运动员的部分形态指标有显著性差异。这说明中国女子沙滩排球运动员具有较明显的形态特征。

◆ 中国优秀女子沙滩排球运动员在身体长度与宽度方面与中国一般女子沙滩排球运动员之间没有显著差异。说明身体长度和宽度对于优秀女子沙滩排球运动员而言, 不是影响其运动成绩的重要因素。

◆ 身体围度方面, 中国优秀女子沙滩排球运动员与中国一般女子沙滩排球运动员之间存在一定的差异, 主要表现在优秀运动员的胸围、维尔维克指数、胸围指数均明显大于一般运动员。胸围、维尔维克指数、胸围指数等均可反映人体胸部围度, 与心肺呼吸机能有关。中国优秀女子运动员的上述指标明显高于中国一般女子沙滩排球运动员, 提示心肺呼吸机能等在一定程度上影响中国女子沙滩排球运动员的运动成绩。

◆ 中国优秀女子沙滩排球运动员与中国一般女子沙滩排球运动员在身体充实度各指标上的差异最显著。具体表现在优秀运动员的体脂百分比明显低于一般运动员, 而体重、BMI、克托莱指数和去脂体重均明显高于一般运动员。身体充实度反映人体肌肉发达程度, 与肌体力量密切相关。除体脂百分比外, 优秀女子沙滩排球运动员的身体充实度全面高于一般运动员, 说明力量对于中国女子沙滩排球运动员而言尤其重要, 受到优秀运动员的重视。

4.2.2.1.3 身体形态小结

论文随机验证编号: BT200752824917. 7055475

上述分析显示,中国优秀女子沙滩排球运动员的身体形态特点是身材高大、体型匀称、体脂含量低、去脂体重大,这与沙滩排球的项目特点决定了运动员身体形态上更要符合移动快,灵活性高、挥臂动作快的要求相一致。

4.2.2.2 运动素质指标

4.2.2.2.1 运动素质的测试结果

运动素质是指人体在中枢神经系统的统一调配下,机体运动系统所表现出来的各种动作的活动能力。通常包括力量、速度、耐力、柔韧等基本素质,还包括灵敏、协调等复合素质。沙滩排球运动对运动素质有着较高地要求,尤其是在弹跳高度、滞空能力、专项耐力和连续转化作战的能力等方面。具体表现在:沙地移动动作速度敏捷,跳发、扣球等快速击打力量大,扣球、拦网弹跳力强,转体、转髋柔韧性好等。因此,我们在众多素质指标中选择了转肩、坐位体前屈、屈膝触墙左、屈膝触墙右、掷实心球、沙地助跑摸高、硬地助跑摸高(下文中没有特别说明的均为硬地助跑摸高)、沙地二级跳、硬地二级跳、渐进式折回跑、网前移动、X字移动、羽球掷远等13项作为运动员运动素质的测试指标。

中国优秀女子沙滩排球运动员柔韧性指标中的坐位体前屈优于中国一般女子沙滩排球运动员(表23)。不同运动成绩的女子沙滩排球运动员柔韧性指标均没有显著性差异(表24)。

我们还比较了中国优秀女子沙滩排球运动员和中国体育专业女大学生的柔韧性。结果显示,中国优秀女子沙滩排球运动员坐位体前屈均值约位于中国体育专业女大学生的柔韧性的中等水平,转肩则处于中国体育专业女大学生的柔韧性“差”的等级(表25)。

尽管柔韧性不是沙滩排球运动员的主要运动素质,但是良好的柔韧性对于优秀运动员而言,也具有重要作用:首先,良好的柔韧性有利于减少运动损伤的机率和损伤程度。其次,良好的柔韧性有利于使运动成绩最佳化,因为它能促进平衡能力的发展。而这三项素质是该项运动的关键。另外,良好的柔韧性有利于延长运动寿命^[63]。因此,对于中国女子沙滩排球运动员柔韧性普遍较差的现状,应引起相关部门的足够重视,并力争在最短时间内加以有针对性训练,在最大程度上予以解决。

中国优秀女子沙滩排球运动员沙地二级跳成绩优于中国一般女子沙滩排球运动员($P<0.05$)(表26)。

不同运动成绩中国女子沙滩排球运动员弹跳能力指标有显著性差异。其中,

沙地二级跳平均值的大小顺序均是国家队>前8名>9-16名>17-24名>参赛无名次>未参赛(表27)。

中国优秀女子沙滩排球运动员掷实心球($P<0.01$)、羽球掷远($P<0.05$)的成绩均高于中国一般女子沙滩排球运动员(表28)。

不同运动成绩运动员的中国女子沙滩排球运动员挥臂能力指标也均有显著性差异。其中,掷实心球平均值的大小顺序均是国家队>前8名>9-16名>17-24名>参赛无名次>未参赛;羽球掷远平均值的大小顺序均是9-16名>前8名>17-24名>参赛无名次>未参赛(表29)。

中国优秀女子沙滩排球运动员网前移动($P<0.05$)和X字移动($P<0.01$)均快于中国一般女子沙滩排球运动员(表30)。

不同运动成绩中国女子沙滩排球运动员耐力、速度、灵敏性指标均没有显著性差异(表31)。

表23 不同组别中国女子沙滩排球运动员柔韧性比较

指标	组别	N	Mean	Median	SD	Variance	Range	Min	Max
转肩(cm)	优秀组	23	81.3	81.0	16.9	287.1	60.0	60.0	120.0
	一般组	35	77.6	79.0	13.3	175.8	47.0	53.0	100.0
坐位体前屈(cm)	优秀组	25	18.6*	19.0	5.4	29.5	19.9	10.0	29.9
	一般组	35	15.2	15.8	6.9	47.4	28.2	0.8	29.0
屈膝触墙左(cm)	优秀组	17	15.4	15.0	2.2	4.8	8.0	12.0	20.0
	一般组	35	15.9	16.5	2.6	6.6	10.2	10.3	20.5
屈膝触墙右(cm)	优秀组	16	15.0	14.9	3.1	9.8	13.3	6.0	19.3
	一般组	35	16.3	16.5	2.9	8.6	11.5	10.0	21.5

与一般组相比 * $P<0.05$, ** $P<0.01$

表24 不同运动成绩中国女子沙滩排球运动员柔韧性运动素质较

指标	运动成绩	N	Mean	Median	SD	Variance	Range	Min	Max
转肩(cm)	国家队	7	87.0	87.0	21.9	477.7	59.0	61.0	120.0
	前8名	9	85.7	87.0	20.3	412.0	56.0	64.0	120.0
	9-16名	7	74.0	70.0	15.3	232.7	40.0	60.0	100.0
	17-24名	9	81.7	85.0	12.8	163.3	40.0	65.0	105.0
	参赛无名次	9	78.4	80.0	14.7	216.5	43.0	57.0	100.0
	未参赛	24	77.3	79.5	13.3	176.1	47.0	53.0	100.0
坐位体前屈(cm)	国家队	7	21.6	22.9	5.7	32.8	14.8	15.1	29.9
	前8名	9	20.2	17.1	7.3	52.7	19.9	10.0	29.9

中国优秀女子沙滩排球运动员体能特征及其评价体系研究

	9-16 名	9	18.0	19.0	4.4	19.6	11.0	12.0	23.0
	17-24 名	9	16.9	18.0	5.6	31.8	19.5	5.5	25.0
	参赛无名次	9	15.4	14.5	7.6	58.3	22.5	6.5	29.0
	未参赛	24	15.2	16.2	6.6	42.9	25.2	0.8	26.0
	国家队	0							
	前 8 名	2	12.8	12.8	1.1	1.1	1.5	12.0	13.5
屈膝触墙左 (cm)	9-16 名	8	15.6	15.0	2.2	4.9	7.0	13.0	20.0
	17-24 名	9	14.8	16.0	2.8	7.6	7.7	10.3	18.0
	参赛无名次	9	16.4	16.5	2.8	7.8	9.5	10.5	20.0
	未参赛	24	16.1	16.4	2.2	5.0	9.6	10.9	20.5
	国家队	0							
	前 8 名	2	10.5	10.5	6.4	40.5	9.0	6.0	15.0
屈膝触墙右 (cm)	9-16 名	7	15.6	15.0	2.6	6.7	7.8	11.5	19.3
	17-24 名	9	14.3	14.8	2.2	5.0	7.0	10.0	17.0
	参赛无名次	9	17.1	17.5	2.1	4.2	7.2	13.3	20.5
	未参赛	24	16.6	17.1	2.9	8.4	10.7	10.8	21.5
	国家队	0							

表 25 中国体育专业女大学生柔韧性等级划分

等级	转肩 (cm)	坐位体前屈 (cm)
上等	13 以下	28 以上
上中等	13.1-20	23-27
中等	20.1-30.5	19-22
中下等	30.6-45.5	13-18
差	45.6 以上	12 以下

(根据《体育测量与评价》^[62]编制)

表 26 不同组别中国女子沙滩排球运动员弹跳能力比较

指标	组别	N	Mean	Median	SD	Variance	Range	Min	Max
沙地助跑	优秀组	13	2.78	2.80	0.06	0.00	0.18	2.67	2.85
摸高(cm)	一般组	33	2.76	2.78	0.08	0.01	0.30	2.60	2.90
助跑	优秀组	9	2.92	2.89	0.08	0.01	0.23	2.80	3.03
摸高(cm)	一般组	11	2.88	2.88	0.06	0.00	0.18	2.82	3.00
沙地二级跳 (m)	优秀组	19	4.1*	4.2	0.3	0.1	1.2	3.6	4.8
	一般组	33	3.9	4.0	0.3	0.1	1.1	3.3	4.4
硬地二级跳 (m)	优秀组	13	4.3	4.3	0.2	0.1	1.0	3.9	4.9
	一般组	33	4.2	4.2	0.3	0.1	1.4	3.4	4.9

与一般组相比 * $P < 0.05$, ** $P < 0.01$

表 27 不同运动成绩中国女子沙滩排球运动员弹跳能力比较

指标	运动成绩	N	Mean	Median	SD	Variance	Range	Min	Max
沙地助跑 摸高(m)	国家队	0							
	前 8 名	1	2.7	2.7			0.0	2.7	2.7
	9-16 名	5	2.8	2.8	0.0	0.0	0.1	2.8	2.9
	17-24 名	9	2.8	2.8	0.1	0.0	0.2	2.7	2.9
	参赛无名次 未参赛	9 22	2.8 2.7	2.8 2.7	0.1 0.1	0.0 0.0	0.2 0.3	2.7 2.6	2.9 2.9
助跑摸高 (m)	国家队	6	2.9	2.9	0.1	0.0	0.2	2.8	3.0
	前 8 名	5	2.9	2.9	0.1	0.0	0.2	2.8	3.0
	9-16 名	4	2.9	2.9	0.1	0.0	0.1	2.9	3.0
	17-24 名	5	2.9	2.9	0.1	0.0	0.2	2.8	3.0
	参赛无名次 未参赛	1 5	2.8 2.9	2.8 2.9			0.0 0.1	2.8 2.8	2.8 3.0
沙地二级 跳(m)	国家队	6	4.5 ^c	4.5	0.2	0.0	0.6	4.2	4.8
	前 8 名	7	4.3	4.5	0.4	0.2	1.2	3.6	4.8
	9-16 名	5	4.2	4.2	0.1	0.0	0.3	4.0	4.3
	17-24 名	9	4.1 ^f	4.1	0.2	0.0	0.6	3.8	4.4
	参赛无名次 未参赛	9 22	4.0 ^f 3.8 ^{ffddc}	3.9 3.9	0.3 0.3	0.1 0.1	0.7 0.9	3.7 3.3	4.4 4.2
硬地二级 跳(m)	国家队	0							
	前 8 名	1	4.2	4.2			0.0	4.2	4.2
	9-16 名	5	4.4	4.4	0.3	0.1	0.7	4.2	4.9
	17-24 名	9	4.3	4.3	0.2	0.1	0.9	3.9	4.7
	参赛无名次 未参赛	9 22	4.2 4.2	4.2 4.2	0.2 0.4	0.0 0.1	0.7 1.4	4.0 3.4	4.7 4.9

与未参赛相比 ^a $P < 0.05$, ^{aa} $P < 0.01$; 与参赛无名次相比 ^b $P < 0.05$, ^{bb} $P < 0.01$; 与 17-24 名相比 ^c $P < 0.05$, ^{cc} $P < 0.01$; 与 9-16 名相比 ^d $P < 0.05$, ^{dd} $P < 0.01$; 前 8 名相比 ^e $P < 0.05$, ^{ee} $P < 0.01$; 与国家队相比 ^f $P < 0.05$, ^{ff} $P < 0.01$

表 28 不同组别中国女子沙滩排球运动员挥臂能力比较

指标	组别	N	Mean	Median	SD	Variance	Range	Min	Max
掷实心球 (m)	优秀组	17	13.2 **	12.1	3.5	11.9	9.1	8.9	18.0
	一般组	33	10.0	10.1	1.1	1.3	4.6	7.7	12.3
羽球掷远 (m)	优秀组	16	7.0 *	6.9	0.8	0.6	3.1	5.3	8.4
	一般组	35	6.5	6.5	0.6	0.4	2.6	5.3	7.9

与一般组相比 * $P < 0.05$, ** $P < 0.01$

表 29 不同运动成绩中国女子沙滩排球运动员挥臂能力比较

指标	运动成绩	N	Mean	Median	SD	Variance	Range	Min	Max
掷实心球 (m)	国家队	6	17.6 ^{ee}	17.7	0.4	0.2	1.1	16.9	18.0
	前 8 名	6	16.1	17.5	3.4	11.5	8.5	9.2	17.7
	9-16 名	4	13.3	11.9	3.2	9.9	6.6	11.4	18.0
	17-24 名	9	11.1 ^{ff}	11.2	1.0	1.1	3.5	8.9	12.4
	参赛无名次	9	10.8 ^{ff}	10.8	0.9	0.8	2.8	9.5	12.3
	未参赛	22	9.5 ^{eff}	9.6	1.0	1.0	3.7	7.7	11.4
羽毛球掷远 (m)	国家队								
	前 8 名	2	6.980	6.980	1.202	1.445	1.700	6.130	7.830
	9-16 名	7	7.017	6.980	0.490	0.240	1.480	6.430	7.910
	17-24 名	9	6.901	7.040	0.898	0.806	3.100	5.260	8.360
	参赛无名次	9	6.644	6.750	0.490	0.240	1.630	5.740	7.370
未参赛	24	6.479	6.420	0.646	0.418	2.590	5.320	7.910	

与未参赛相比 ^a $P < 0.05$, ^{aa} $P < 0.01$; 与参赛无名次相比 ^b $P < 0.05$, ^{bb} $P < 0.01$; 与 17-24 名相比 ^c $P < 0.05$, ^{cc} $P < 0.01$; 与 9-16 名相比 ^d $P < 0.05$, ^{dd} $P < 0.01$; 前 8 名相比 ^e $P < 0.05$, ^{ee} $P < 0.01$; 与国家队相比 ^f $P < 0.05$, ^{ff} $P < 0.01$

表 30 不同组别中国女子沙滩排球运动员耐力、速度、灵敏性比较

指标	组别	N	Mean	Median	SD	Variance	Range	Min	Max
渐进式折 回跑(级)	优秀组	13	10.1	9.1	1.4	2.0	4.0	8.1	12.1
	一般组	33	10.4	11.0	1.3	1.6	5.1	8.1	13.1
网前移动(s)	优秀组	11	3.8*	3.8	0.6	0.4	2.2	2.8	5.1
	一般组	32	4.2	4.2	0.4	0.1	2.0	3.0	5.0
X 字移动(s)	优秀组	10	17.8**	17.6	1.6	2.6	4.3	15.6	20.0
	一般组	32	20.4	20.5	1.8	3.2	6.8	17.1	23.9

!j-一般组相比 * $P < 0.05$, ** $P < 0.01$

表 31 不同运动成绩中国女子沙滩排球运动员耐力、速度、灵敏性比较

指标	运动成绩	N	Mean	Median	SD	Variance	Range	Min	Max
渐进式折 回跑(级)	国家队	0							
	前 8 名	1	9.1	9.1			0.0	9.1	9.1
	9-16 名	5	10.7	11.1	1.7	2.8	4.0	8.1	12.1
	17-24 名	9	11.1	11.1	1.7	2.8	4.1	9.0	13.1
	参赛无名次	9	10.1	9.1	1.2	1.5	3.0	9.1	12.1
	未参赛	22	10.1	10.1	1.0	1.0	3.0	8.1	11.1
网前移	国家队	0							

中国优秀女子沙滩排球运动员体能特征及其评价体系研究

动(s)	前 8 名	1	3.820	3.820			0.000	3.820	3.820
	9-16 名	3	3.960	4.090	0.557	0.310	1.090	3.350	4.440
	17-24 名	8	3.920	4.035	0.592	0.351	1.630	2.990	4.620
	参赛无名次	9	3.876	3.870	0.240	0.058	0.830	3.390	4.220
	未参赛	22	4.227	4.230	0.455	0.207	2.220	2.830	5.050
X 字移动(s)	国家队	0							
	前 8 名	1	18.230	18.230			0.000	18.230	18.230
	9-16 名	2	17.790	17.790	3.069	9.418	4.340	15.620	19.960
	17-24 名	8	19.113	19.030	2.219	4.925	5.900	16.830	22.730
	参赛无名次	9	19.556	19.480	1.839	3.382	6.320	17.260	23.580
未参赛	22	20.331	20.540	1.993	3.973	8.160	15.690	23.850	

与未参赛相比 ^a $P < 0.05$, ^{aa} $P < 0.01$; 与参赛无名次相比 ^b $P < 0.05$, ^{bb} $P < 0.01$; 与 17-24 名相比 ^c $P < 0.05$, ^{cc} $P < 0.01$; 与 9-16 名相比 ^d $P < 0.05$, ^{dd} $P < 0.01$; 前 8 名相比 ^e $P < 0.05$, ^{ee} $P < 0.01$; 与国家队相比 ^f $P < 0.05$, ^{ff} $P < 0.01$

4.2.2.2.2 运动素质的代表性指标分析

◆ 沙滩排球运动对不同运动成绩和不同运动成绩的运动员体能要求基本一致，区别在于程度的不同。对不同组别和不同运动成绩中国女子沙滩排球运动员运动素质测试结果的比较显示，优秀运动员的速度灵敏性、弹跳能力、挥臂能力等均优于一般运动员，说明这几种运动素质是沙滩排球运动员的核心素质，这与一线教练员的问卷结果一致。

◆ 中国优秀女子沙滩排球运动员柔韧性成绩优于中国一般女子沙滩排球运动员，但与体育专业女大学生相比，仍然比较差。这说明柔韧性还没有受到女子沙滩排球运动员的足够重视，还有很大的提升空间。

◆ 中国优秀女子沙滩排球运动员弹跳成绩优于中国一般女子沙滩排球运动员。随着沙滩排球的快速发展，网上争夺日趋激烈。一方面，要求沙滩排球运动员尤其是拦网队员的身高会进一步提高，以增加拦网高度，减少防守压力；另一方面，对运动员的弹跳能力也提出更高的要求，以进一步增加击球点，取得制空权。中国优秀女子沙滩排球运动员较中国一般女子沙滩排球运动员有更好的弹跳能力，反映了沙滩排球的发展趋势。

◆ 中国优秀女子沙滩排球运动员的挥臂能力强于中国一般女子沙滩排球运动员。随着沙滩排球的迅猛发展，女子沙滩排球运动逐渐显现男子沙滩排球特点。世界大赛中，越来越多的女子沙滩排球运动员发球采用跳发球技术，在世界优秀女子沙滩排球运动员中更为常见。过人的挥臂能力，超强的体能，突出的身体协调性为成功的采用跳发球技术奠定了基础。

◆ 中国优秀运动员的速度、灵敏性优于中国一般女子沙滩排球运动员。新规则下的沙滩排球运动，速度依然是核心。反应速度快、移动速度快、动作速度快是取胜的前提和条件。与此同时，沙滩排球比赛中的变化多端，需要运动员在各种复杂变换的条件下迅速、准确、协调地改变身体运动的空间位置和运动方向，轻松、协调完成符合战术需要的动作、速率、幅度等。运动员的运动成绩越好，其速度、灵敏性体现得越明显。

4.2.2.2.3 运动素质小结

体能的核心组成部分——运动素质，是隔网对抗类项群竞技能力的一项重要因素，其原因不仅是因为运动素质是掌握各项技术的基础，而且因为运动素质是比赛中运用技术和完成战术的前提。从技术动作来看，沙滩排球主要依靠脚步移动和手臂挥动。由于沙滩排球相对较轻（260—280g），要想打出有威胁的球，就要依靠挥击的速度，因而要求肌肉有爆发力，特别是挥臂需要的上肢、肩带及腰腹的肌肉爆发力。球的速度很快，进攻的节奏也快，又有多种变化来攻击空档，就要求以更快的起动、移动速度来控制自己较大的防守区域，以更加灵活的动作应付对方的各种变化。

沙滩排球的比赛时间不定，势均力敌的队，比赛时间往往很长，2001 年世界巡回赛最长时间达 75 分钟。有时候运动员一天要进行 3—4 场比赛，因此耐力也是必不可少的，主要体现在快速移动和快速挥臂的耐力上。

沙滩排球对弹跳的要求很高，而且不仅需要弹跳高度，还需要弹跳耐力和弹跳速度。

4.2.2.3 身体机能指标

4.2.2.3.1 身体机能指标测试结果

我们主要选择有氧能力、无氧能力和神经—肌肉系统灵敏性等指标来反映女子沙滩排球运动员身体机能。这些指标包括：最大摄氧量相对值、最大摄氧量绝对值、血红蛋白、最高心率、无氧功率相对值、无氧功率绝对值、选择反应时等。

优秀运动员的选择反应时明显比一般运动员短（ $P < 0.01$ ）；最大摄氧量绝对值、最高心率、无氧功率绝对值均明显优于一般运动员（ $P < 0.05$ ）（表 32）。

不同运动成绩运动员身体机能指标有显著性差异。其中，最高心率平均值的大小顺序均是前 8 名 > 未参赛 > 参赛无名次 > 17-24 名 > 9-16 名 > 国家队。血红蛋白平均值的大小顺序均是 9-16 名 > 国家队 > 参赛无名次 > 未参赛 > 前 8 名 > 17-24 名。选择反应时平均值的大小顺序均是前 8 名 > 国家队 > 9-16 名 > 未参赛 > 17-24

名>参赛无名次(表33)。

表32 不同运动级别沙滩排球运动员身体机能指标比较

指标	组别	N	Mean	Median	SD	Variance	Range
最大摄氧量 (ml/kg/min)	优秀组	21	42.5	42.1	3.2	10.3	37.1-47.3
	一般组	33	41.5	41.1	2.8	7.9	37.8-46.8
最大摄氧量 (ml/min)	优秀组	21	3.0*	2.9	0.3	0.1	2.4-3.6
	一般组	32	2.8	2.8	0.3	0.1	2-3.4
最高心率 (b/min)	优秀组	25	189.1*	189.1	3.4	11.3	178-199
	一般组	30	190.5	190.5	1.4	1.9	188-193
血红蛋白 (mg/ml)	优秀组	25	14.6	14.8	0.9	0.7	13.1-15.8
	一般组	30	14.4	14.4	0.8	0.6	13.2-16.0
选择反应 时(s)	优秀组	25	0.345 **	0.354	0.045	0.002	0.249-0.424
	一般组	35	0.379	0.374	0.038	0.001	0.312-0.479
无氧功率 (W/kg)	优秀组	20	11.3	11.4	0.9	0.8	9.4-12.5
	一般组	32	10.8	10.8	1.2	1.3	8.4-12.3
无氧功率 (W)	优秀组	20	787.4*	804.1	96.0	9211.8	589.4-933.8
	一般组	32	723.6	737.8	105.0	11014.9	456.3-879.3

与一般组相比 * $P < 0.05$, ** $P < 0.01$

表33 不同运动成绩沙滩排球运动员身体机能指标比较

指标	运动成绩	N	Mean	Median	SD	Variance	Range
最大摄氧量 (ml/kg/min)	国家队	8	42.7	41.5	3.1	9.4	39.8-47.3
	前8名	1	43.3	43.3			43.3-43.3
	9-16名	5	44.1	45.8	4.0	15.9	37.1-46.5
	17-24名	9	42.7	43.3	3.9	14.9	37.8-46.8
	参赛无名次	9	41.3	39.9	2.5	6.2	38.5-46.1
	未参赛	22	40.9	39.9	2.3	5.2	37.8-46.5
最大摄氧量 (ml/min)	国家队	8	3.1	3.1	0.3	0.1	2.6-3.6
	前8名	1	2.7	2.7			2.7-2.7
	9-16名	5	3.1	3.2	0.3	0.1	2.5-3.3
	17-24名	9	2.9	2.8	0.4	0.1	2.5-3.4
	参赛无名次	9	2.8	2.9	0.2	0.1	2.5-3.2
	未参赛	21	2.7	2.8	0.3	0.1	2-3.2
最高心率 (b/min)	国家队	6	187.0	189.0	5.7	32.8	178-192
	前8名	5	191.3	190.0	4.5	20.0	188.1-199
	9-16名	9	188.8 ^{aa}	188.7	0.8	0.6	188-190.7

中国优秀女子沙滩排球运动员体能特征及其评价体系研究

	17-24 名	9	189.9	189.8	0.8	0.6	188.8-191.2
	参赛无名次	9	190.0	189.1	1.8	3.1	188.4-192.8
	未参赛	30	190.6 ^{dd}	190.6	1.3	1.7	188.1-192.9
血红蛋白 (mg/ml)	国家队	8	14.5	14.5	1.0	1.0	13.2-15.8
	前 8 名	5	14.2	13.8	1.2	1.3	13.1-15.8
	9-16 名	9	15.1 ^{ac}	15.2	0.4	0.1	14.4-15.6
	17-24 名	9	14.1 ^d	14.0	0.7	0.5	13.1-15.3
	参赛无名次	9	14.5	14.5	0.7	0.5	13.3-15.4
	未参赛	30	14.4 ^d	14.3	0.8	0.7	13.2-16
选择反应 时(s)	国家队	7	0.313 ^{cda}	0.316	0.030	0.001	0.267-0.354
	前 8 名	3	0.306	0.292	0.065	0.004	0.249-0.377
	9-16 名	8	0.364	0.355	0.038	0.001	0.314-0.419
	17-24 名	9	0.387 ^f	0.376	0.041	0.002	0.333-0.451
	参赛无名次	9	0.394 ^f	0.375	0.055	0.003	0.325-0.479
	未参赛	24	0.368 ^f	0.369	0.022	0.000	0.312-0.405
无氧功率 (W/kg)	国家队	7	11.4	11.4	1.1	1.3	9.4-12.5
	前 8 名	1	12.2	12.2			12.2-12.2
	9-16 名	5	11.7	11.7	0.4	0.2	11.2-12.2
	17-24 名	9	10.8	10.5	1.0	0.9	9.6-12.3
	参赛无名次	9	11.1	11.0	0.9	0.8	10.1-12.3
	未参赛	21	10.7	11.0	1.2	1.5	8.4-12.3
无氧功率 (W)	国家队	7	835.5	861.1	116.6	13586.6	589.4-933.8
	前 8 名	1	756.4	756.4			756.4-756.4
	9-16 名	5	808.8	819.7	67.7	4584.9	716.8-876.2
	17-24 名	9	724.1	697.5	76.4	5838.0	620.8-868
	参赛无名次	9	760.1	764.4	53.5	2866.8	675.4-835
	未参赛	21	709.3	731.0	119.8	14350.0	456.3-879.3

与未参赛相比 ^a $P<0.05$, ^{aa} $P<0.01$; 与参赛无名次相比 ^b $P<0.05$, ^{bb} $P<0.01$; 与 17-24 名相比 ^c $P<0.05$, ^{cc} $P<0.01$; 与 9-16 名相比 ^d $P<0.05$, ^{dd} $P<0.01$; 前 8 名相比 ^e $P<0.05$, ^{ee} $P<0.01$; 与国家队相比 ^f $P<0.05$, ^{ff} $P<0.01$

4.2.2.3.2 身体机能典型性指标分析

◆ 对不同组别和不同运动成绩沙滩排球运动员身体机能测试结果的比较显示, 中国优秀女子沙滩排球运动员主要身体机能强于中国一般女子沙滩排球运动员。身体机能作为体能的基础结构, 在一定程度上直接影响体能水平。沙滩排球运动员的身体机能越好, 越有利于发挥其体能水平。

◆ 中国优秀女子沙滩排球运动员的有氧能力优于中国一般女子沙滩排球运动员。最大摄氧量是反映有氧代谢运动能力的有效指标, 它反映了机体运输

氧及利用氧的综合能力，即呼吸系统、心血管系统及线粒体的功能能力。随着沙滩排球运动的普及和发展，沙滩排球比赛的竞争越来越激烈，且比赛之间越来越长，因此有氧代谢能力是沙滩排球运动员比赛时长时间维持高强度运动能力的基础，优秀沙滩排球运动员应该具备较高的最大摄氧量水平。

◆ 中国优秀女子沙滩排球运动员的无氧能力优于中国一般女子沙滩排球运动员。无氧功率代表运动员短时间内全力做功的能力，与运动员的绝对力量、速度力量和力量耐力均呈正相关关系。沙滩排球项目强调运动员爆发力（最典型的是下肢弹跳和上肢挥臂），因此对运动员的无氧功率峰值的要求较高。

◆ 中国优秀女子沙滩排球运动员的神经—肌肉的灵敏协调性优于中国一般女子沙滩排球运动员。神经—肌肉的灵敏协调性越高，运动员的反应越快。在体现速度为核心的现代沙滩排球运动中，快速的反应能使运动员提前准备或起动机以争抢最高、最前的击球点，从而让自身争取更多的主动权，使对手回击的难度最大。

4.2.2.3.3 身体机能小结

尽管沙滩排球属于技能主导类项目，但是对身体机能的要求也较高。沙滩排球运动竞赛时间短、总运动时间长。随着运动水平的提高，机能对比赛成绩的影响也越来越大。尤其是参加巡回赛等系列赛事，对身体机能的要求会更高。当在连续参加大赛又无修整机会的情况下，经常是机能满足不了技战术的需要而影响比赛成绩。

对不同组别和运动成绩中国女子沙滩排球运动员身体机能指标的测试结果比较显示，中国优秀沙滩排球运动员具有一定水平的有氧代谢能力，并且无氧能力也较强。

4.3 中国优秀女子沙滩排球运动员体能特征模型

“优秀运动员特征模型反映着训练目的的状态结构，我们所选拔的训练对象，应该是在未来有可能发展至这一要求的训练素材”^[64]。对此，本研究对中国女子沙滩排球运动员体能特征进行研究，并分别探讨其体能特征的一般模型和理想模型。

4.3.1 中国女子沙滩排球运动员体能特征的一般模型

我们以 70 名运动员为对象，构建中国女子沙滩排球运动员体能特征的一般

模型。其中，身体形态的基本特征为身高臂长，体重高，肌肉含量高；运动素质的基本特征为动作速度快，爆发力大，柔韧性好，协调能力强，有一定的专项耐力；身体机能的基本特征为无氧能力和有氧能力强（表 34）。

4.3.2 中国优秀女子沙滩排球运动员体能特征的理想模型

我们以 30 名运动员中运动成绩在国家健将以上（包括国家健将）的运动员为对象，并以其构建优秀女子沙滩排球运动员理想模型。方法是取各指标的第 90 百分位数进行计算，并汇总得到了我国优秀女子沙滩排球运动员体能特征的理想模型（表 35）。

表 34 中国女子沙滩排球运动员体能结构一般模型参考值

一级指标	二级指标	三级指标	$\bar{X} \pm S$	Rang	95%置信区间	
					下限	上限
身体形态	充实度	去脂体重(kg)	52.6±4.4	40.5~63.4	51.4	53.7
	高度	手足间距(cm)	232.4±6.1	217~247	230.8	234.0
	围度	上臂围差(cm)	2.5±0.7	0.9~4.2	2.4	2.7
	长度	比踝围	74.9±7	61.7~100	72.9	76.8
运动素质	柔韧类	坐位体前屈(cm)	16.7±6.5	0.8~29.9	15.0	18.4
	挥臂类	掷实心球(m)	11.1±2.7	7.7~18	10.3	11.9
	弹跳类	助跑摸高(m)	2.9±0.1	2.7~3.03	2.9	2.9
	耐力类	渐进式折回跑(级)	8±0.9	7.03~10.03	7.07	8.02
	速度灵敏类	X 字移动(s)	19.1±2.2	15.2~23.9	18.5	19.7
身体机能	无氧能力	无氧功(W/kg)	11±1	8.4~12.5	10.7	11.3
	有氧能力	最大摄氧量(ml/kg/min)	42±3	37.1~47.3	41.1	42.8

表 35 中国优秀女子沙滩排球运动员体能结构理想模型参考值

一级指标	二级指标	三级指标	参考值
身体形态	充实度	去脂体重(kg)	≥60.6
	高度	手足间距(cm)	≥239.4
	围度	上臂围差(cm)	≥3.4
	长度	比踝围	≤65.5
运动素质	柔韧类	坐位体前屈(cm)	≥28
	挥臂类	掷实心球(m)	≥17.8
	弹跳类	助跑摸高(m)	≥3
	耐力类	渐进式折回跑(级)	≥9.11

	速度灵敏类	X 字移动(s)	≤15.6
身体机能	无氧能力	无氧功(W/kg)	≥12.4
	有氧能力	最大摄氧量(ml/kg/min)	≥46.5

4.4 中国优秀女子沙滩排球运动员体能评价体系的建立

建立中国优秀女子沙滩排球运动员体能评价模型流程图（图 9）。

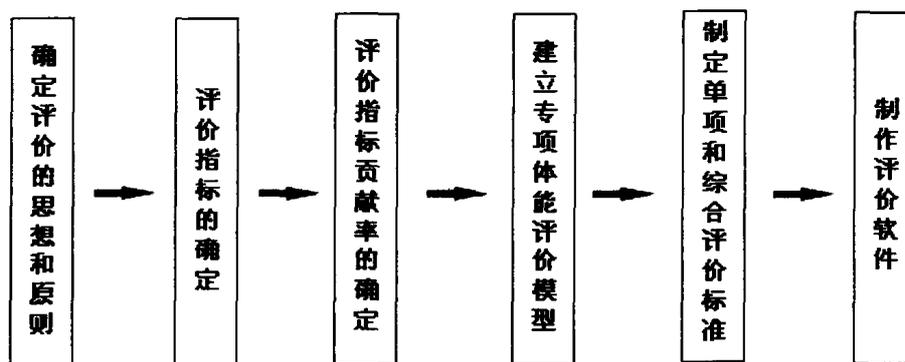


图 9 中国优秀女子沙滩排球运动员体能评价模型

4.4.1 建立中国优秀女子沙滩排球运动员体能评价体系的指导思想

专项体能是运动员比赛能力的重要组成部分。客观地评价沙滩排球运动员专项体能水平是评价运动员综合比赛能力的基础。因此，设计一个专项体能评价体系就可以对运动员的专项体能状况做出比较全面的了解，一方面，为从整个运动员群体中选拔优秀运动员提供体能参考；另一方面，对于同一个运动员可以明确其体能优势和劣势，从而为体能训练提供科学的依据。根据课题的研究需要，我们确定选择评价指标的指导思想为：评价指标必须有典型性，能够反映沙滩排球专项体能的特点和本质；评价方法简便、易行，尽量少运用仪器或运用较简单的仪器，尽量排除操作技巧因素；指标的测试符合测量学有效、可靠、客观的“三性原则”。

4.4.2 建立中国优秀女子沙滩排球运动员体能评价体系的原则

根据上述指导思想，本研究形成建立我国优秀女子沙滩排球运动员体能评价模型的原则主要有：

◆ 科学性原则

指标体系一定要建立在科学基础上，指标概念必须明确，并有一定的科学内涵，能反映出沙滩排球运动的特点和专项体能的本质。因此，要以评价的目的和要求为准绳，以专家咨询和调查的结果为依据，建立全面、客观的指标评价体系和科学易行的评价方法。

◆ 可行性原则

中国优秀沙滩排球运动员体能水平综合评价指标的基本特性之一是把统计理论和实际操作结合起来，它既应以理论分析为基础，必须兼顾到统计的可操作性和现实数据资料支持的可行性以及全国比赛的时间安排和人力、物力条件。评价方案要简单易行，方案中的指标体系、贡献率分值具有很强的可操作性，容易被人们接受并能够在较大范围内推广运用。

◆ 可比性原则

明确综合指标体系中每个指标的含义，统计口径和范围，以保证时空上的可比性。在选择指标时根据目前我国优秀沙滩排球运动员体能的状况和存在问题注意选取较精确的、易于控制实验条件的指标。评价的内容应根据沙滩排球专项体能的构成、特点以及表现形式，力求全面、客观地反映其本质和内在的规律，能够真实地体现出专项体能水平的优劣。评价指标的内容应该标准化、客观化，使之能在广泛的范围内取得通用性的效果。

◆ 相对独立性原则

描述复合系统状况的指标体系中，其各指标间往往存在着重叠，尽管这是不可避免的，但在选择指标时，应尽可能选择具有相对独立的指标，从而增加评价的准确性和科学性。

◆ 相对完整性原则

沙滩排球运动员的体能水平有深刻而丰富的内涵，这就要求描述和刻画的指标体系具有足够的涵盖面，能较全面、概括地反映各个侧面，对其主要内容不应有遗漏，反映的信息量既有必要又应充分，应能比较全面地反映和测量评价目前我国优秀沙滩排球运动员体能的状况和存在问题。

4.4.3 中国优秀女子沙滩排球运动员体能评价指标的确定

体能评价指标的确定经过三轮筛选：

◆ 初选

见测试法部分之表 10。

◆ 复选

见测试法部分之表 11。

◆ 精选

将 30 名优秀运动员的原始数据分为形态指数、运动素质和身体机能指标 3 大模块分别进行主成分分析，确定体能评价的敏感指标。

主成分分析^[65] (principal component analysis) 是将分散在一组变量上的信息集中到某几个综合指标 (主成分) 上的探索性统计分析方法。这样就将原来众多具有一定相关性 (比如 P 个指标), 重新组合成了一组新的互相无关的综合指标来代替原来的指标, 以便利用主成分描述数据集内部结构, 实际上也起着数据降维的作用。

进行主成分分析主要步骤如下:

1. 指标数据标准化 (SPSS 软件自动执行);
2. 指标之间的相关性判定: 即计算相关矩阵 R。以主成分分析法并配合最大变异法行正交转轴, 得出旋转后的因子载荷矩阵。
3. 确定主成分个数 m: 取特征值大于 1 的因子数为共同因子数。
4. 选取主成分 F_i 的代表性指标: 选取指标时, 除首要考虑因子载荷数值和相对独立性因素外, 经验与教练员问卷的重要性不可忽视。
5. 主成分 F_i 命名: 为各主成分命名, 原则上取各主成分中因子载荷最大的指标作为此因子的代表, 如若需要取其它指标时, 应考虑彼此之间的相关系数值, 以保证选取指标的相对独立性。

4.4.3.1 身体形态指标的主成分分析

对构成沙滩排球运动员身体形态的 30 项指标进行主成分分析。

为了使分类集中, 对因子载荷矩阵采用了方差极大法进行正交旋转, 根据特征值 $\lambda > 1$ 、累计贡献率大于 75%, 得出反映中国女子沙滩排球运动员身体形态的 4 个主成分 (表 36), 各成分中的高载荷指标及其因子载荷, 并对每个主成分给予适当的命名。(表 37)。

表 36 中国女子沙滩排球运动员身体形态特征值

主成分	特征值	累计贡献率(%)
1	9.4532	39.30
2	3.9334	55.69
3	2.9677	67.46
4	2.6861	76.16
KMO 值	0.782	

表 37 中国女子沙滩排球运动员身体形态主成分分类及命名

主成分	高载荷指标	主成分命名	因子载荷
1	去脂体重	充实度因子	0.9301
	BMI		0.9201
	维尔维克指数		0.8848
	克托莱指数		0.8301
	体重		0.8064
2	手足间距	高度因子	0.9343
	身高		0.9148
3	上臂围差	围度因子	0.7170
	腰臀指数		0.7110
	体脂%		0.6096
4	踝围×100 / 跟腱长	长度因子	-0.6819
	指间距-身高		0.6445
	跟腱长		0.5293

因为上述 4 个主成分涉及的指标数量较多,因此本研究从每一个主成分中挑选 1—2 项指标作为代表。挑选指标的依据有三个:一是与沙滩排球专项关系密切并在实际训练中较常采用的指标;二是能够比较简便地进行测试;三是因子分析的因子载荷大小。

第一个主成分包括 5 个高载荷指标。去脂体重在不同级别、不同等级与不同组别的沙滩排球运动员中都是越高越好。而 BMI、维尔维克指数、克托莱指数和体重都应该保持适当才能更好地发挥运动员的体能和技战术水平。因此,第一主成分我们选择了去脂体重作为代表性指标。

第二主成分包含 3 个高载荷指标,这三个指标对于沙滩排球而言,都是越大越好。而其中手足间距的载荷最大,因此选择手足间距作为第二主成分的代表性指标。

第三主成分中的三个指标都与身体组成有关,其中腰臀指数和体脂%应保证在一定范围,而上臂围差是越大说明上臂肌肉越发达,越有利于发挥上臂的爆发力,加上上臂围差的载荷最大,因此选择上臂围差作为第三主成分的代表性指标。

第四主成分中也含有三指标。其中踝围×100 / 跟腱长与下肢爆发力有关,其值越小,说明下肢爆发力越好。指间距-身高与运动员的上臂长度有关,该

值越大,说明运动员的上臂越长。考虑到第三主成分中已经选择了反映运动员手臂长度的指标——手足间距,因此在此我们不再重复考虑这类指标。跟腱长主要反映运动员的下肢爆发力,一般该值越小,运动员的下肢爆发力越好。而相比较而言,复合性指标踝围 $\times 100 /$ 跟腱长比单纯性指标跟腱长更能反映运动员的下肢爆发力。因此我们选择踝围 $\times 100 /$ 跟腱长作为第四主成分的代表性指标。

根据表 37 中各主成分的特征值,我们确定女子沙滩排球运动员身体形态四个代表性指标的贡献率,即贡献率以各主成分的特征值分别除以 4 个主成分特征值之和来确定(表 38)。

表 38 女子沙滩排球运动员身体形态指标的贡献率分布

指标	贡献率
去脂体重	0.496
手足间距	0.207
上臂围差	0.156
踝围 $\times 100 /$ 跟腱长	0.141

4.4.3.2 运动素质指标的主成分分析

对构成沙滩排球运动员运动素质的 13 项指标进行主成分分析。为了使分类集中,同样对因子载荷矩阵采用了方差极大法进行正交旋转,根据特征值 $\lambda_i > 1$ 、累计贡献率大于 76%,得出反映女子沙滩排球运动员运动素质的 4 个主成分(表 39),各成分中的高载荷指标及其因子载荷,并对每个主成分给予适当的命名。(表 40)。

表 39 女子沙滩排球运动员运动素质特征值

主成分	特征值	累计贡献率(%)
1	3.2655	39.30
2	1.7797	55.69
3	1.5776	67.46
4	1.2698	76.16
KMO 值	0.790	

表 40 女子沙滩排球运动员运动素质主成分分类及命名

主成分	高载荷指标	主成分命名	因子载荷
1	助跑摸高	爆发力因子	0.8404
	沙地助跑摸高		0.8300
	二级跳		0.8304
	沙地二级跳		0.7972
	实心球掷		0.7697
	羽球掷远		0.6698
2	X 字移动	速度灵敏因子	0.8768
	网前移动		0.8695
3	坐位体前屈	柔韧性因子	0.7655
	转肩		-0.7495
4	渐进式折回跑	心肺耐力	0.7648

以上 4 个主成分中涉及运动素质的指标共 13 项，同样根据沙滩排球“专项性”原则和“简便性”原则从每个主成分中选取 1—2 个典型性指标。

第一个主成分为爆发力类，主要包括下肢弹跳和上肢挥臂两类指标。下肢弹跳中又包含 4 个高载荷指标，其中助跑摸高和沙地摸高主要反映运动员纵向移动爆发力，二级跳和沙地二级跳主要反映运动员横向移动爆发力。由于在沙滩排球运动中，跳跃动作较多，因此我们选择能反映纵向移动爆发力的指标，即助跑摸高或者沙地摸高。相比较而言，助跑摸高比沙地摸高测试更方便，且有研究表明，可以用硬地助跑摸高反映优秀沙滩排球运动员的弹跳能力^[40]，因此，我们选择助跑摸高作为下肢弹跳的代表性指标。在上肢挥臂类指标中，与羽球掷远相比，掷实心球对测试场地、外界环境的要求更低些，且载荷高于羽球掷远，因此我们选择掷实心球作为上肢挥臂类指标的代表。综上所述，第一主成分有 2 个典型指标：助跑摸高和掷实心球。

第二主成分包含 2 个高载荷指标，这两个指标主要反映运动员的速度灵敏素质。其中，X 字移动反映运动员各个方向的变向移动能力，网前移动反映运动员横向移动能力。在沙滩排球项目中，由于场地较大，场上每边仅两人，因此对运动员各方向的变向移动能力（包括横向移动能力）都较高。另外，X 字移动的因子载荷较网前移动高，因此我们选择 X 字移动作为第二主成分的代表性指标。

第三主成分中的两个指标都反映运动员的柔韧性，其中坐位体前屈反映下肢和腰部柔韧性，转肩反映肩部柔韧性。二者中坐位体前屈的载荷更高，因此

选择坐位体前屈作为第三主成分的代表性指标。

第四主成分中只含有渐进式折回跑一个指标。该指标反映运动员的心肺耐力，其值越高，说明运动员的心肺耐力越好。

根据表 39 中各主成分的特征值，我们确定女子沙滩排球运动员运动素质五个代表性指标的贡献率，即贡献率以各主成分的特征值分别除以 4 个主成分特征值之和来确定（表 41）。需要特别说明的是，由于第一主成分选择了助跑摸高和掷实心球两个代表性指标，因此，这两个指标的贡献率各为第一主成分贡献率的一半。

表 41 女子沙滩排球运动员运动素质指标的贡献率分布

指标	贡献率
X 字移动	0.225
助跑摸高	0.207
掷实心球	0.207
坐位体前屈	0.200
渐进式折回跑	0.161

4.4.3.3 身体机能指标的主成分分析

对构成沙滩排球运动员身体机能的 7 项指标进行主成分分析。为了使分类集中，同样对因子载荷矩阵采用了方差极大法进行正交旋转，根据特征值 $\lambda_i > 1$ 、累计贡献率大于 70.3%，得出反映女子沙滩排球运动员运动素质的 2 个主成分（表 42），各成分中的高载荷指标及其因子载荷，并对每个主成分给予适当的命名。（表 43）。

表 44 中 2 个主成分中涉及身体机能的指标共 5 项，同样根据沙滩排球专项性、测试的简便性和因子载荷大小等原则从每个主成分中选取 1—2 个典型性指标。

第一个主成分为无氧能力因子，主要包括最大无氧功率 / 体重和最大无氧功率。这两个指标都能很好地反映运动员的力量和爆发力。由于最大无氧功的载荷高于最大无氧功率 / 体重，因此选取最大无氧功率 / 体重为第一主成分代表性指标。

第二主成分包含 3 个高载荷指标，这三个指标都与运动员的有氧能力有关。三个指标中最大摄氧量 / 体重的载荷最大，因此选择最大摄氧量 / 体重作为第二主成分的代表性指标。

根据表 43 中各主成分的特征值，我们确定女子沙滩排球运动员身体机能两个代表性指标的贡献率，即贡献率以各主成分的特征值分别除以 2 个主成分特征值之和来确定（表 44）。

表 42 女子沙滩排球运动员身体机能特征值

主成分	特征值	累计贡献率(%)
1	1.2321	45.35
2	1.0031	78.71
KMO 值	0.508	

表 43 女子沙滩排球运动员身体机能主成分分类及命名

主成分	高载荷指标	主成分命名	因子载荷
1	最大无氧功 / 体重	无氧能力代谢因子	0.8263
	最大无氧功		0.8132
2	最大摄氧量 / 体重	有氧能力代谢因子	0.8218
	最大摄氧量		0.8139
	最高心率		0.7851

表 44 女子沙滩排球运动员身体机能指标的贡献率分布

指标	贡献率
最大无氧功 / 体重	0.551
最大摄氧量 / 体重	0.453

4.4.4 中国优秀女子沙滩排球运动员体能评价指标贡献率的确定

体能评价指标分为一级指标和三级指标两类，不同级别指标的贡献率根据不同的方法确定。三级指标贡献率主要以统计学方法确定（表 45）；一级指标贡献率主要根据一线教练员和专家问卷确定。方法是采用五级评分法，根据公式（1）计算：

$$S = \sum_{i=1}^n X_i W_i \quad (1, 2, 3, \dots, n) \quad (1)$$

其中 S 为贡献率； X_i 为各项指标经加权量化后的分值； W_i 为第 i 项指标的组组合加权系数；n 为一线教练员和专家个数。

表 45 中国优秀女子沙滩排球运动员体能评价指标及贡献率 (%)

一级指标	贡献率	三级指标	贡献率
身体形态	15	去脂体重	7.4
		手足间距	3.1
		上臂围差	2.3
		踝围×100 / 跟腱长	2.2
		X 字移动	11.4
运动素质	50	助跑摸高	10.3
		掷实心球	10.3
		坐位体前屈	10.0
		渐进式折回跑	8.0
		最大摄氧量	15.7
身体机能	35	无氧功率	19.3

4.4.5 中国优秀女子沙滩排球运动员体能评价标准及评价模型的确定

4.4.5.1 体能单项指标评价标准的制订

单项评价标准的制订依照百分位数法来确定。主要步骤为：

(1) 分别找出所有 70 名运动员各单项成绩的 P_{10} 、 P_{30} 、 P_{70} 和 P_{90} 4 个百分位点；

(2) 根据上述 4 个百分位点划分不同的成绩区间 (P_{10} 以下、 $P_{10} \sim P_{30}$ 、 $P_{30} \sim P_{70}$ 、 $P_{70} \sim P_{90}$ 、 P_{90} 以上)；

(3) 依据不同区间界定不同等级，即上述各百分位点对应的等级分别为五级、四级、三级、二级和一级。

(4) 根据各指标的贡献率，计算各指标的得分。需要说明的是，表 45 中的三级指标的贡献率即五级制中最高等级所对应的得分，各指标等级对应的得分遵循“一级：二级：三级：四级：五级=1：0.8：0.6：0.4：0.2”的原则，因此，可以推算其他等级对应的得分。由于踝围×100 / 跟腱长、X 字移动两个指标属于低优指标，因此其最高等级及对应的得分位于 P_{10} 处，最低等级及对应的得分位于 P_{90} 处。各等级对应得分的比例分配见表 46。

(5) 据此，确定我国优秀女子沙滩排球运动员体能结构的单项评分表（表 47，表 48）。

中国优秀女子沙滩排球运动员体能特征及其评价体系研究

表 46 单项评分标准各等级对应得分的比例分配

等级	百分位数	高优指标	等级	百分位数	低优指标
一等	P ₉₀ 以上	1	一等	P ₁₀ 以下	0.2
二等	P ₇₀ ~P ₉₀ -△	0.8	二等	P ₁₀ ~P ₃₀ -△	0.4
三等	P ₃₀ ~P ₇₀ -△	0.6	三等	P ₃₀ ~P ₇₀ -△	0.6
四等	P ₁₀ ~P ₃₀ -△	0.4	四等	P ₇₀ ~P ₉₀ -△	0.8
五等	P ₁₀ -△以下	0.2	五等	P ₉₀ -△以上	1

表 47 我国优秀女子沙滩排球运动员体能结构的单项评分表

指标	一等	二等	三等	四等	五等
	P ₉₀ 以上	P ₇₀ ~P ₉₀ -△	P ₃₀ ~P ₇₀ -△	P ₁₀ ~P ₃₀ -△	P ₁₀ -△以下
去脂体重	≥59.5	59.4~53.8	53.7~50.4	50.3~47.3	≤47.2
得分	7.4	5.9	4.4	3.0	1.5
手足间距	≥240.2	240.1~235.5	235.4~228.7	228.6~224.3	≤224.2
得分	3.1	2.5	1.9	1.2	0.6
上臂围差	≥3.4	3.3~2.8	2.7~2	1.9~1.6	≤1.5
得分	2.3	1.8	1.4	0.9	0.5
助跑摸高	≥3	2.99~2.94	2.93~2.85	2.84~2.82	≤2.81
得分	10.3	8.2	6.2	4.1	2.1
掷实心球	≥16.5	16.4~11.2	11.1~9.7	9.6~8.8	≤8.7
得分	10.3	8.2	6.2	4.1	2.1
坐位体前屈	≥24.9	24.8~20	19.9~12.7	12.6~7	≤6.9
得分	10	8.0	6.0	4.0	2.0
渐进式折回跑	≥9.10	9.09~8.10	8.09~7.09	7.08~7.02	≤7.01
得分	8	6.4	4.8	3.2	1.6
最大摄氧量	≥47.3	47.2~45.5	45.4~40.2	40.1~38	≤37.9
得分	15.7	12.6	9.4	6.3	3.1
无氧功率	≥12.34	12.33~11.44	11.43~10.50	10.49~9.35	≤9.34
得分	19.3	15.4	11.6	7.7	3.9

注：△为各指标最小单位

表 48 我国优秀女子沙滩排球运动员体能结构的单项评分表

指标	一等	二等	三等	四等	五等
	P ₁₀ 以下	P ₁₀ +△~P ₃₀	P ₃₀ +△~P ₇₀	P ₇₀ +△~P ₉₀	P ₉₀ +△以上
踝围×100 / 跟腱长	≤65.8	65.9~70.6	70.7~78.3	78.4~82	≥82.1
得分	2.5	2.0	1.5	1.0	0.5
X 字移动	≤16.70	16.71~18.05	18.06~20.52	20.53~22	≥22.01
得分	9	7.2	5.4	3.6	1.8

注：△为各指标最小单位

4.4.5.2 体能综合评价标准的确定

体能综合评价标准的制定主要是根据运动员的体能总分来划分。体能总分的计算采用加权求和法计算，其步骤是：

(1) 对照单项评价标准，根据每项指标的实际测试结果，得出对应的定性等级；

(2) 按评定等级的对应的得分折算每项指标的实际测试结果，由定性转为定量；

(3) 然后将此分值与各指标的权数相乘，得到每项指标的评价分值，完成了“二次量化”；

(4) 最后将量化的各项指标分值相加，就得到了该项指标评价的总评价值，从而求出每位运动员的体能总分值。

由于这种方法经过两次加权（等级加权和指标加权），故该方法也被称为“双权法”。

二次量化法（加权求和法）根据为公式（1）计算。

根据公式（1）和表 45 中各指标的贡献率，我们可以计算我国优秀女子沙滩排球运动员体能总分，并根据总分对所有运动员进行等级评价，因此，该公式也可以称为体能评价模型。即**体能评价模型=7.4×去脂体重+3.1×手足间距+2.3×上臂围差+2.2×踝围×100 / 跟腱长+11.4×X 字移动+10.3×助跑摸高+10.3×掷实心球+10.0×坐位体前屈+8.0×渐进式折回跑+15.7×最大摄氧量+19.3×无氧功率。**

根据该体能评价模型计算出运动员的体能总分后，我们就可以制定体能综合评价标准，方法类似于单项评价标准的制定。即找出 70 名运动员体能总分的 P_{10} 、 P_{30} 、 P_{70} 和 P_{90} 4 个百分位点；根据上述 4 个百分位点划分不同的成绩区间（ P_{10} 以下、 $P_{10}\sim P_{30}$ 、 $P_{30}\sim P_{70}$ 、 $P_{70}\sim P_{90}$ 、 P_{90} 以上）；依据上述不同区间界定不同等级，即上述各百分位点对应的等级分别为不及格、及格、中等、良好和优秀。据此，确定我国优秀沙滩排球运动员体能评价的综合评分表（表 49）。

表 49 我国优秀女子沙滩排球运动员体能综合评分表

指标	优秀	良好	中等	及格	不及格
	P_{90} 以上	$P_{70}\sim P_{90}-\Delta$	$P_{30}\sim P_{70}-\Delta$	$P_{10}\sim P_{30}-\Delta$	$P_{10}-\Delta$ 以下
体能总分	≥ 88	87.9~80	79.9~70	69.9~60	≤ 59.9

注： Δ 为得分最小单位

4.4.6 中国优秀女子沙滩排球运动员体能评价模型的检验

要证明我国女子沙滩排球运动员体能评价模型是否具有普遍适应性,对其它具有发展潜力且适合该评价标准前提条件的女子沙滩排球运动员同样有效,以此为我国所有适龄阶段的女子沙滩排球运动员的体能评价提供一个参照标准,就需要对该评价模型进行验证。

本研究中,我们采用结构公式模型对我国优秀女子沙滩排球运动员体能模型进行检验。

结构公式模型(structural equation modeling, SEM)是根据因果关系假设,同时求解由多元变量构成的一组线性方程的方法^[66]。结构公式模型包括两个基本部分:验证性因子模型(验证性因子分析)和因果模型(路径分析),因子模型又称为测量模型(measurement model),其中的方程称为测量方程(measurement equation),描述了潜变量与观察变量之间的关系;所包含的因果模型又称为潜变量模型(latent variable model),也称为结构模型,其中的方程称为结构方程(structural equation),描述了潜变量之间的关系。

结构方程模型的分析步骤主要有:

1、确定初始模型

利用结构方程模型分析变量(包括观察变量和潜变量)的关系,关键一步是根据专业知识和研究目的,构建出理论模型,然后用测得的数据去验证这个理论模型的合理性。

2、模型拟合

模型拟合就是通常所说的参数估计,所要做的是使模型隐含的协方差矩阵(即再生协方差矩阵)与样本协方差矩阵之间的“距离”最小。这个“距离”称为拟合函数。两个矩阵之间的“距离”有多种不同的定义方法,因而产生了不同的拟合函数,即不同的参数估计方法。

3、模型评价

参数估计出来之后,就得到了拟合模型。要知道模型拟合的好坏,还应对模型进行评价。大致从以下三个方面讨论:一是参数合理性和参数检验的显著性;二是决定系数的大小;三是拟合指数^[67]。

4、模型修正

对模型进行评价的目的,是根据评价的结果来寻求一个理论上和统计上都有意义的相对较好的模型。一个好的模型应具备的条件有:(1)测量模型中的因

子负荷和因果模型中的结构系数的估计值都有实际意义和统计学意义；(2)模型中所有固定参数的修正指数不要过高；(3)几种主要的拟合指数达到了一般要求；(4)测量模型和因果模型中的主要方程的决定系数 R 应足够大；(5)所有的标准拟合残差都小于 1.96^[68]。

通过结构公式模型对体能评价模型的检验。统计软件为 AMOS 4.0 for Windows，输入数据类型为原始数据。

表 50 体能评价模型的结构方程模型拟合情况

	χ^2	df	χ^2/df	CFI	TLI	RMSEA
指数值	689.74	298.3	2.312	0.903	0.902	0.076
拟合情况			可接受	较好	较好	较好

本次证实性因素分析选取单位卡方值 χ^2/df 、比较拟合指数 CFI (Comparative Fit Index)、Tucker-Lewis 指数 (Tucker-Lewis Index) 以及近似误差均方根 RMSEA (Root Mean Square Error of Approximation) 作为判断模型拟合度好坏的指标^[69] (表 50)。

一般认为， χ^2/df 的值在 5 以内时模型的拟合度可以被接受，在 2 以内时模型的拟合度较好；CFI 与 TLI 的值等于或大于 0.9 时表示模型的拟合度可以被接受，等于或大于 0.95 时表示模型的拟合度较好；RMSEA 的值等于或小于 0.08 时表示模型的拟合度较好，等于或小于 0.05 时表示模型的拟合度非常好^[70]。

表 50 中 χ^2/df 为 2.012，CFI 和 TLI 均大于 0.95，RMSEA 为 0.076，拟合都较好。说明整体的拟合指标比较令人满意，假设模型较好地拟合了观察数据。因此，本研究开始提出的体能评价模型可以成立。

4.5 中国优秀女子沙滩排球运动员体能中存在的问题

根据前述的体能评价模型，我们对所有参加测试的女子沙滩排球运动员的体能综合得分进行统计。结果显示，国家队队员的体能综合得分主要分布在前 10 名，因此我们在此部分主要讨论前 10 名运动员的体能概况，并对国家队队员的体能进行重点分析。

4.5.1 中国优秀女子沙滩排球运动员体能水平总体分析

为了探讨我国优秀女子沙滩排球运动员总体体能水平，我们对体能综合得分前 10 名运动员的所有 11 项指标的最高分出现次数进行了统计。这些运动员包括 6 名现役国家队队员，另两名因伤没有参加所有的测试，因此在此不予分析。前 10 名运动员体能各指标及体能综合等级如下（表 51）：

表 51 体能综合得分前 10 名运动员各项成绩及综合等级分布

姓名	各项得分											等级	代表队
	手足间距	去脂体重	上臂围差	比踝围	体前屈	掷实心球	助跑摸高	折回跑	X 字移动	最大摄氧量	无氧功率		
王洁	3.1	7.4	1.4	2.2	10	10.3	10.3	6.4	9.1	12.6	19.3	优秀	国家队
张希	2.5	7.4	1.8	2.2	6	10.3	10.3	8	9.1	15.7	15.4	优秀	国家队
刘畅	3.1	5.9	1.8	1.3	4	8.2	10.3	8	6.8	15.7	19.3	优秀	八一队
张静婷	2.5	4.4	0.9	2.2	8	8.2	8.2	6.4	11.4	12.6	15.4	优秀	天津队
田佳	1.2	5.9	1.8	1.8	6	10.3	6.2	6.4	11.4	12.6	15.4	优秀	国家队
左曼	2.5	4.4	0.9	2.2	8	10.3	6.2	4.8	9.1	9.4	19.3	良好	国家队
岳园	2.5	5.9	1.4	1.3	6	伤	10.3	8	9.1	15.7	15.4	良好	山东队
李扬	2.5	4.4	1.4	1.8	6	8.2	6.2	8	9.1	15.7	11.6	良好	山西队
薛晨	3.1	7.4	1.8	1.8	8	10.3	10.3	4.8	9.1	9.41	7.7	良好	国家队
金洁琼	3.1	5.9	1.4	1.8	6	8.2	10.3	3.2	6.8	6.3	19.3	良好	上海队

为了更好地了解我国优秀女子沙滩排球运动员体能各单项成绩的好坏，我们对这 10 名运动员各项成绩达满分的次数进行了统计（图 10），结果显示：

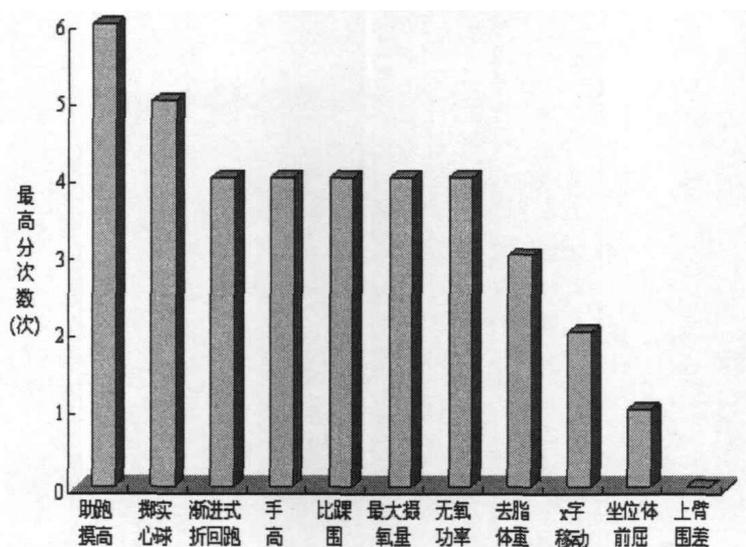


图 10 体能总分前 10 名运动员各指标满分出现频率分布

(1) 助跑摸高和掷实心球两项指标满分出现次数高。助跑摸高和掷实心球分别反映运动员的弹跳力和挥臂能力。由于沙滩排球上场人数少，运动员的击球次数、弹跳次数等相应增加，因此，对运动员的弹跳力和挥臂能力要求均较高。前 10 名运动员在 11 项指标的最高分出现次数中，助跑摸高和掷实心球两项指标最高分频率出现较多，分别为 6 次和 5 次，各占每项总数的 60% 和 50%。表明，教练员注重优秀女子沙滩排球运动员的力量和爆发力等运动素质；也说明上下肢力量和爆发力是决定女子沙滩排球水平的重要因素。

(2) 手足间距、比踝围、渐进式折回跑、最大摄氧量、无氧功率等项目满分次数较高。手足间距可以反映运动员手臂的长短。手臂越长，越有利于拥有制空权，就越能发挥出击球点高、落点深的特点，从而缩短对手回动时间，增加对手移动距离而体现“快”^[7]。比踝围主要与运动员的下肢爆发力有关。在一定范围内，该值越小，说明下肢爆发力越好。渐进式折回跑主要体现运动员的心肺耐力，与最大摄氧量密切相关。尽管沙滩排球对运动员的无氧能力要求较高，但随着比赛激烈程度的增强和新规则的实行，沙滩排球对运动员的有氧能力要求也更高。良好的有氧能力是运动员长时间发挥无氧能力的基础，也有效促进运动员疲劳的消除。最大摄氧量主要反映人体心肺耐力，遗传度较高，可达 93.4%。无氧功率主要反映人体 ATP-CP 和糖酵解能力，与扣球、弹跳等高功率、快速动作密切相关。手足间距、比踝围等项目满分较高，说明各队都注重对身高臂长、比踝围小的队员的选拔，这些基本形态指标在初级选材阶段已受到高度重视。渐进式折回跑、最大摄氧量、无氧功率等满分较高，提示良好的心肺耐力和无氧能力是影响运动成绩的重要因素。

(3) 沙地移动慢、柔韧性普遍较差。正式的沙滩排球比赛场上人数少，每人要顾及的面积较大，速度依然是沙滩排球运动的核心。反应速度快、移动速度快、动作速度快是胜利的前提和条件，更是战术配合、创造获胜机会的前提和条件。遗憾的是，在前 10 名运动员中仅有 2 名队员的 X 字移动（主要反映运动员的速度灵敏性）得满分。说明对于运动员的专项速度灵敏性还应大力加强。坐位体前屈体现下肢和腰部的柔韧性，柔韧性好有利于增加动作幅度并减少运动损伤的机率。前 10 名运动员中仅 1 名运动员的坐位体前屈得满分，说明运动员的柔韧性还有待提高。

(4) 去脂体重、上臂围差等身体形态需进一步改善。前 10 名中只有 3 名运动员的去脂体重得满分，更有甚者，没有一名运动员的上臂围差得满分。这两个指标均能反映运动员肌肉含量的高低。对优秀沙滩排球运动员而言，在其

他条件相同的情况下，肌肉含量越高，越有利于运动成绩的发挥。去脂体重轻、上臂围差偏小，说明一方面要适当控制运动员的体脂百分比，另一方面，应适当加强力量训练，增加肌肉含量。

4.5.2 中国优秀女子沙滩排球运动员体能强项和弱项分析

为了直观对了解我国女子沙滩排球运动员的体能状况，我们选择雷达图分析法对运动员体能一级和三级指标进行分析，以发现我国女子沙滩排球运动员的体能强项和弱项，为实际训练和比赛提供依据。

雷达图分析法是将主要体能指标进行分类汇总绘制成一个直观的体能分析雷达图，从而达到综合反映运动员体能状况的一种方法。它是常见的统计图之一。该方法具有全面、清晰、直观、易判断等特点，广泛受到各领域的青睐。

进行雷达图分析法之前，我们需要先找出各指标的强项值和弱项值。本研究中，我们分别以所有运动员各指标两次加权后实际得分的（平均数+标准差）和（平均数-标准差）代表各指标的强项值和弱项值（表 52 和表 53）。然后和每名运动员每项指标的实际得分一起，绘制雷达图。

表 52 体能一级指标的强项值和弱项值 (n=70)

指标	强项值($\bar{x}+s$)	弱项值($\bar{x}-s$)
身体形态	11.8	4.5
运动素质	36.5	11.7
身体机能	27.8	6.4

表 53 体能三级指标的强项值和弱项值 (n=70)

指标	强项值($\bar{x}+s$)	弱项值($\bar{x}-s$)
手足间距	2.9	1.4
去脂体重	6.1	2.9
上臂围差	1.8	0.8
比踝围	1.9	0.9
坐位体前屈	8.3	3.8
掷实心球	8.6	3.7
助跑摸高	8.6	4.1
渐进式折回跑	6.6	3.7
X 字移动	9.6	4.4
最大摄氧量	13.3	6.5
无氧功率	16.3	7.9

4.5.2.1 我国优秀女子沙滩排球运动员体能一级指标的强弱项分析

根据表 52，我们对女子沙滩排球运动员体能一级指标的强弱项进行雷达图分析。限于篇幅有限，我们仅显示部分现役国家队队员的体能状况（图 11—图 16）。

采用雷达图对运动员的体能一级指标强项和弱项进行分析，可以使运动员的体能强项和弱点一目了然，6 名国家队队员的体能综合等级均在良好以上，没有明显弱项。如王×身体形态、身体机能和运动素质的实际得分均明显超过各指标的强项值，说明该队员体能综合素质突出；田×除身体形态实际得分略低于强项值外，身体机能和运动素质也略高于强项值；张×各体能一级指标的得分也均明显超过各指标的强项值；薛×的身体形态和运动素质均稍高于强项值，而身体机能明显有待进一步提高；左×除身体形态实际得分略低于强项值外，身体机能和运动素质也略高于强项值；季××除身体形态实际得分略高于强项外，运动素质略低于强项值，身体机能与强项值的差距稍大。

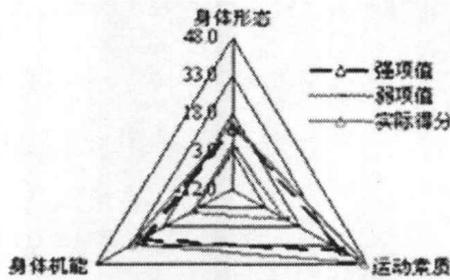


图 11 王×体能一级指标强弱分布

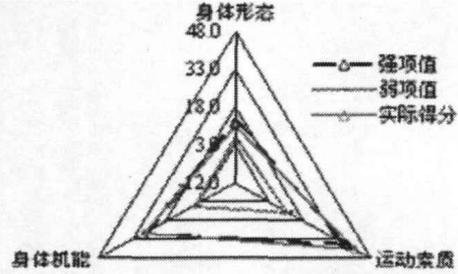


图 12 田×体能一级指标强弱分布

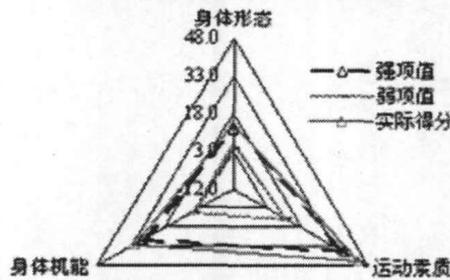


图 13 张×体能一级指标强弱分布

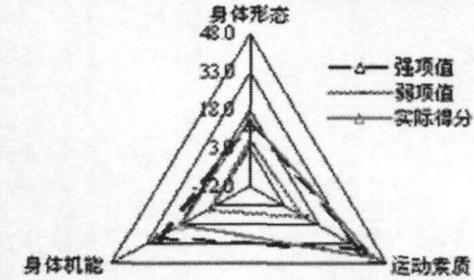


图 14 薛×体能一级指标强弱分布

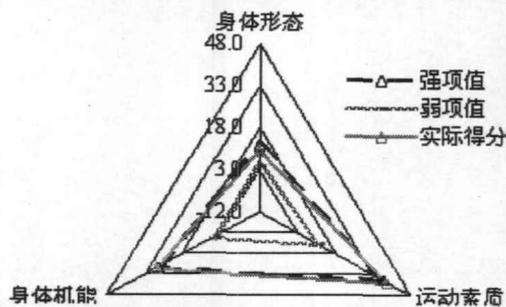


图 15 左×体能一级指标强弱项分布

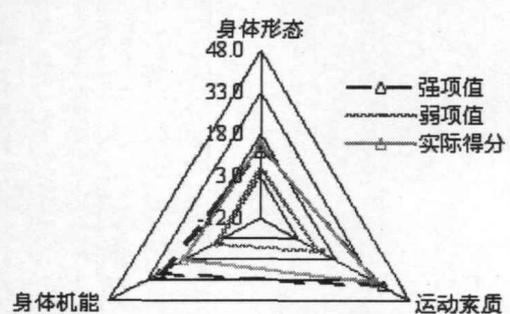


图 16 季××体能一级指标强弱项分布

4.5.2.2 我国优秀女子沙滩排球运动员体能三级指标的强弱项分析

根据表 54，我们对女子沙滩排球运动员体能三级指标的强弱项进行雷达图分析。同样，我们在此显示几名现役国家队队员的雷达图分析（图 17—图 22）。如图所示，王×的体能均均衡，没有明显的弱项。该队员的身材较高，助跑摸高、掷实心球和去脂体重等成绩突出。坐位体前屈、X 字移动、渐进式折回跑较好；上臂围差等成绩一般。说明该队员肌肉含量高、弹跳和挥臂能力等爆发力突出。相对于爆发力而言，王×的柔韧性素质、速度灵敏性、心肺耐力和挥臂能力略差，且上臂围差偏小。因此建议进一步加强王×的柔韧性、速度灵敏性、心肺耐力和挥臂能力，另外，对其上臂肌肉进行针对性训练。薛×也没有明显的弱势项目。该队员身高、助跑摸高、掷实心球、去脂体重等成绩均较突出；X 字移动、坐位体前屈、上臂围差等成绩较好；渐进式折回跑一般。说明该队员虽然身材高大，但速度灵敏性较好；弹跳和挥臂能力突出；柔韧性也较好；心肺功能较差。因此，对薛×应重点发展其心肺功能，其次是速度灵敏性、柔韧性和上臂肌肉力量。由于薛×目前年仅 17 岁，身体还没有完全停止生长发育，考虑到未成年运动员心肺功能等一般都较成人稍差，因此，在进行训练时，宜多采用发展有氧代谢能力的练习，突出以强度为主的间歇性训练，避免强度较大且持续时间较长的练习。训练强度应循序渐进。同时，要培养该阶段的运动员加大呼吸深度和使呼吸与动作配合的能力，尽量减少屏气活动。

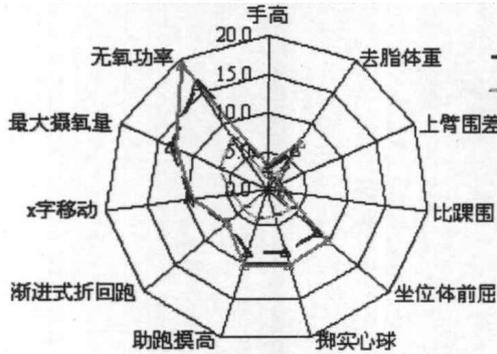


图 17 王× 体能三级指标强弱项分布

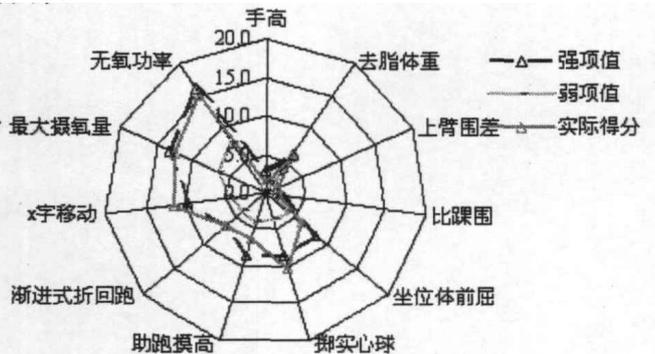


图 18 田× 体能三级指标强弱项分布

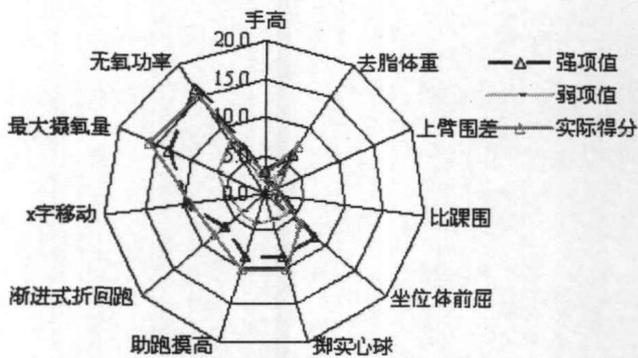


图 19 张× 体能三级指标强弱项分布

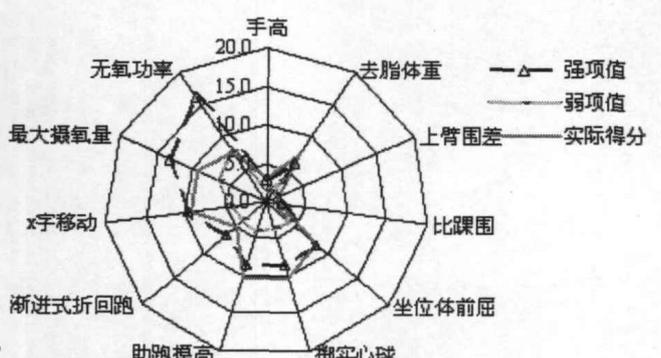


图 20 薛× 体能三级指标强弱项分布

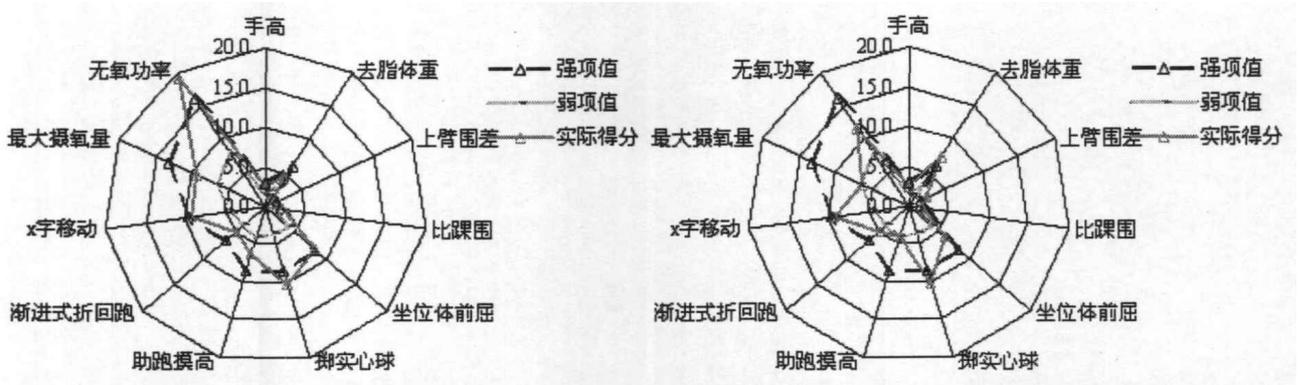


图 21 左× 体能三级指标强弱项分布

图 22 季×× 体能三级指标强弱项分布

4.5.3 中国优秀女子沙滩排球运动员实际体能水平与理想水平的差距分析

运动员体能的优弱项的分析，为运动员实际训练和比赛中“练什么”提供了依据。除此之外，“练多少”也受到我们的关注。如果找到运动员每项指标的实际水平与理想水平的差距，就能帮我们有效地分析并解决这个问题。

我们根据公式“差距 = (每项指标的满分 - 每项指标的实际得分)”分别计算出我国女子沙滩排球运动员体能一级指标、三级指标与理想水平中对应指标的差距，并以柱状图直观显示每名运动员的差距大小。其中，每项指标满分即理想水平，亦为经过两次加权后各指标的贡献率（表 45）。限于篇幅有限，我们在此对体能综合得分前 10 名的运动员进行报表分析，其中包括 6 名国家队队员。

4.5.3.1 体能一级指标的实际水平与理想水平差距分析

根据上述差距公式和运动员体能一级指标实际得分，我们对体能综合得分前 10 名的运动员的体能一级指标实际得分与理想水平的差距进行了统计（图 23）。结果显示，部分现役国家队队员体能一级指标实际得分与理想水平之间仍有较大差距，且一级指标差距程度不同。其中，王×、张×、田×和左×一级指标差距的程度由大到小均为运动素质>身体机能>身体形态；而薛×和季××一级指标差距程度由大到小均为身体机能>运动素质>身体形态。

4.5.3.2 体能三级指标的实际水平与理想水平差距分析

同样根据上述差距公式和运动员体能三级指标实际得分，我们对体能综合得分前 10 名的运动员的体能三级指标实际得分与理想水平的差距进行了统计，在此仅对国家部分队员进行图示分析（图 24—26）。

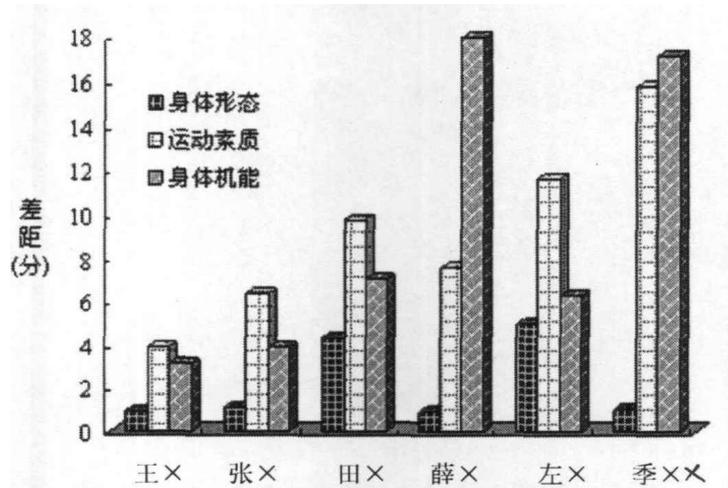


图 23 部分国家队队员体能一级指标与理想水平的差距比较

图 24 为部分现役国家队队员身体形态得分与理想水平差距比较。从该图可看出，绝大部分运动员上臂围差和去脂体重等受一定后天影响的身体形态指标均有提升空间，提示日常训练中可针对性进行体能训练，从而提高体能水平

图 25 显示，绝大部分现役国家队队队员的沙地移动、弹跳和心肺耐力可以进一步提高。沙地移动、弹跳是沙滩排球运动员的核心素质，这些运动素质的加强对于提高体能水平有直接的影响。

有氧能力是无氧能力的基础，且能有效促进疲劳的消除。随着新赛制的实行，比赛时间的延长，有氧能力将发挥更大的作用。但与无氧能力相比，现役国家队大部分队员的有氧能力稍差（图 26）。

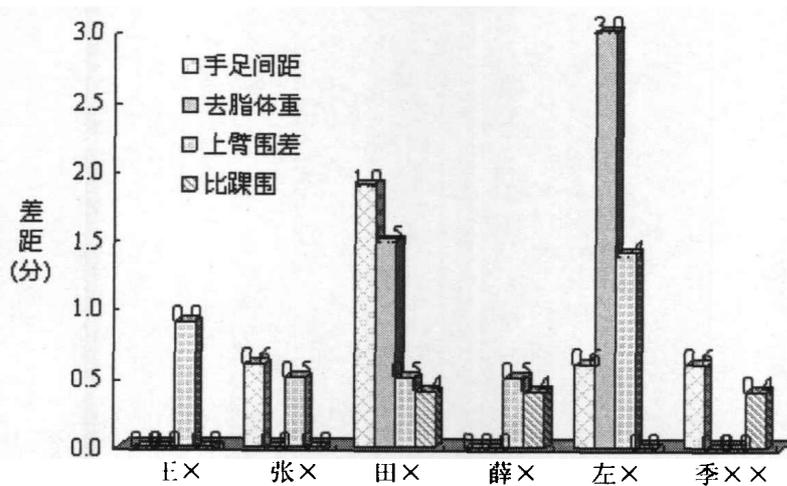


图 24 部分国家队队员实际形态得分与理想水平的差距比较

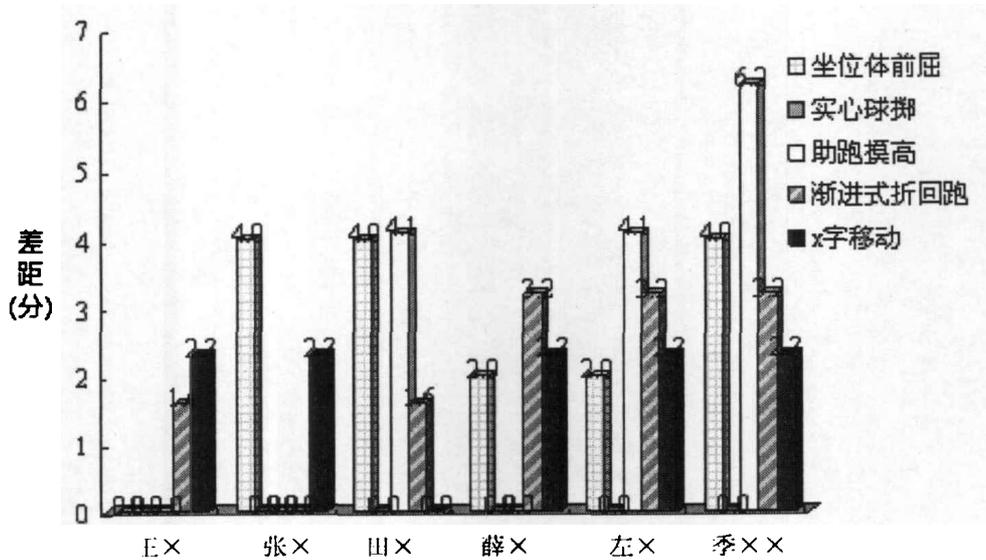


图 25 部分国家队队员实际素质得分与理想水平的差距比较

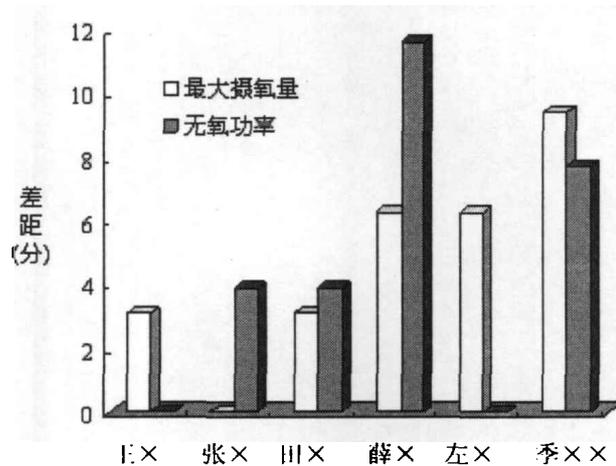


图 26 部分国家队队员实际机能得分与理想水平的差距比较

4.5.4 国内外沙滩排球运动员体能差距原因探析

4.5.4.1 中国与世界强队的主要差距认识分析

由于以往对于世界强队的总体与细致分析研究成果较少，本研究主要以调查问卷中教练员与运动员的主观感觉的认识比较来描述这种差距（附件 2，附件 3）。

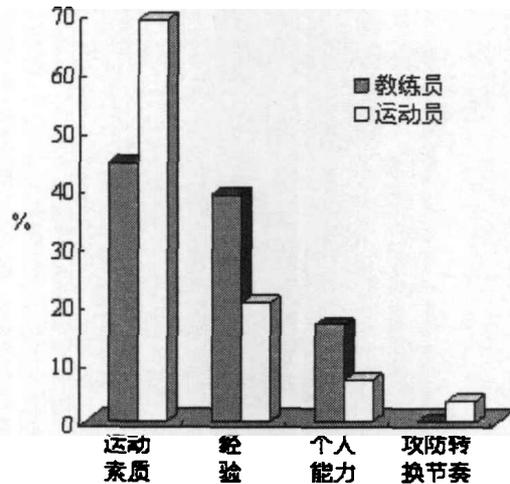


图 27 对中国与世界强队主要差距看法的比较

图 27 为运动员与教练员对我国与世界强队最主要差距看法的比较。经过卡方检验，运动员和教练员对中外沙滩排球运动员差距的认识有显著性差异 ($P < 0.001$)，但教练员和运动员均认为主要差距的前三位依次为运动素质、经验和队员个人能力。

这说明教练员和运动员对队员运动素质、经验和个人能力都很重视，有利于训练计划和训练目标的实施。教练员和运动员对上述差距的大小程度有较大分歧，特别是对中外沙滩排球运动员在运动素质和攻防转换节奏差距的看法上，也应该引起相关部门的注意。在运动素质方面，近 70% 的运动员认为国内外沙滩排球运动员的差距最大，而仅 40% 有余的教练员认为中外运动员最大差距在于运动素质。这样运动员在平时的训练中必然会加强地运动素质的训练和提高。同时，过分强调运动素质的重要性，在与国外优秀选手交锋时首先在心理上会产生弱项，不利于比赛成绩的发挥。在攻防转换节奏上，有 3.6% 的运动员认为国内运动员差于国外优秀运动员，而所有的教练员并不认为中外运动员在攻防转换节奏上有差距。如何学习和借鉴巴西、美国等优秀沙滩排球运动员科学、有效的训练体系来提高代表亚洲特点的中国运动员的运动成绩，争取在 2008 年奥运会上夺取沙滩排球女子项目的奖牌，甚至金牌，将是广大沙滩排球工作者面临的一个很重要的、根本的问题。

4.5.4.2 教练员执教过程中所遇的主要困难

教练员在执教过程中的主要困难见图 28。选材来源少是我国所有沙滩排球

教练员面临的最大困难。在与教练员的访谈中得知，目前，由于各种因素导致我国沙滩排球运动员绝大部分来源于室内排球运动员。与国外很多优秀的沙滩排球运动员从小就接触沙滩排球运动相比，我国沙滩排球运动员的选材范围过于狭窄，这样在很大程度上阻碍了我国沙滩排球运动成绩更快地提高。在本次调查中，我们还注意到信息交流不足也是影响教练员执教的主要困难。我们从国家队的总结报告中也发现，目前国家队已经开始建立了例会制度，通过教练员之间的信息互补机制加强信息交流。不过我们认为要解决这一问题还可以从多种途径入手，建立起一个可供教练员获得更多信息的交流平台。

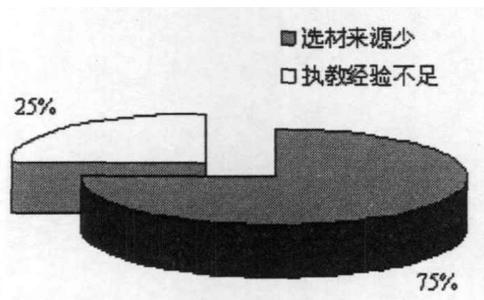


图 28 执教过程中的主要困难

4.6 中国优秀女子沙滩排球运动员体能评价的计算机系统的研制

4.6.1 系统的研制目的

在制定我国优秀女子沙滩排球运动员体能单项和综合评价标准的基础上，本研究将评价标准编制成交互性强、使用方便快捷的软件系统。将大量繁琐复杂的计算工作交给计算机处理，为教练员及相关人员节省大量人力、物力和精力，并在最短时间内向教练员及相关人员提供有关运动员体能的各种信息，实现体能评价的自动化。

4.6.2 系统简介

中国优秀女子沙滩排球运动员体能评价是通过本系统对采集的运动员体能成绩进行分析和价值判断、并对运动员的体能水平进行综合评价的软件。它基于目前被广泛使用的 Visual Basic 语言开发，可以适用于所有基于 Windows 操作系统平台的计算机。

在 VB 编程中通常要与数据库打交道，对于数据量较小的应用，已有越来越多的人开始采用 Access。它是一个功能强大的数据库管理系统和 MIS 系统开发

工具，具有界面友好、易学易用、开发简单、接口灵活，功能也比较齐全，数据的备份、拷贝都很方便，且程序发布时不需要额外单独安装其它的数据库管理软件。利用 Access 中的各种向导和对话框，创建和设置数据库的难度比其他数据库（如 SQL SERVER）小得多。因此，在功能能够满足要求的条件下，Access 数据库往往成为一些小型数据库软件的首选。

4.6.3 系统的结构与模块功能

4.6.3.1 系统结构

中国优秀女子沙滩排球运动员体能的计算机评价系统主要有四大模块（图 29）。

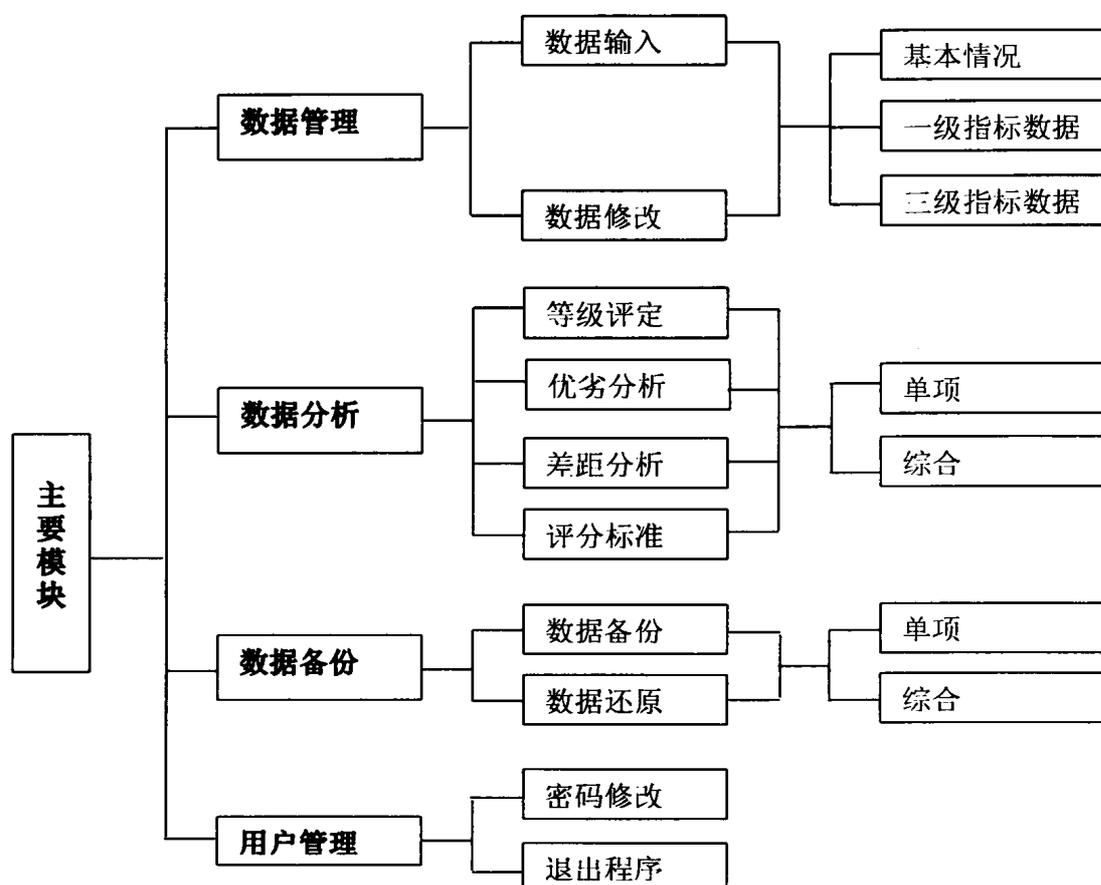


图 29 计算机评价系统主控结构

4.6.3.2 模块功能

系统登录后（图 30），可进入以下主要模块：

- ◆ 数据管理模块：在“数据管理”菜单中分别录入运动员基本信息、测试数据，输入界面如图 31 所示。在此界面下，可进行自动翻记录、数据添加、删除、

修改、查找等工作。

◆ 数据分析模块：该模块主要根据一定的公式计算运动员的得分和等级，并利用统计图对运动员的体能进行等级划分，并对体能优弱项和与理想模型的差距进行直观演示，包括等级划分（图 32）、优劣分析（图 33）、差距分析（图 34）和评分标准（图 35）四个部分。

◆ 数据备份模块：主要完成对相关数据的备份和恢复（图 36）。

◆ 用户管理模块：主要完成对系统权限的保护（登录密码的输入、修改）（图 37）。

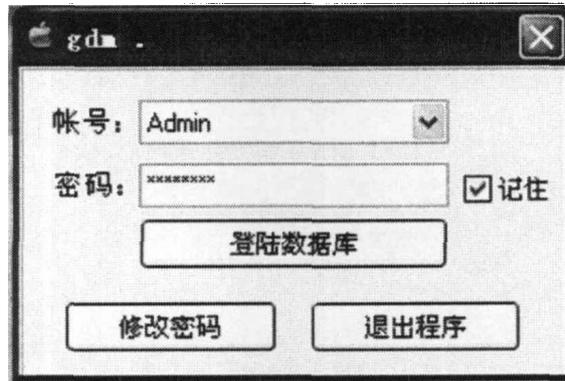
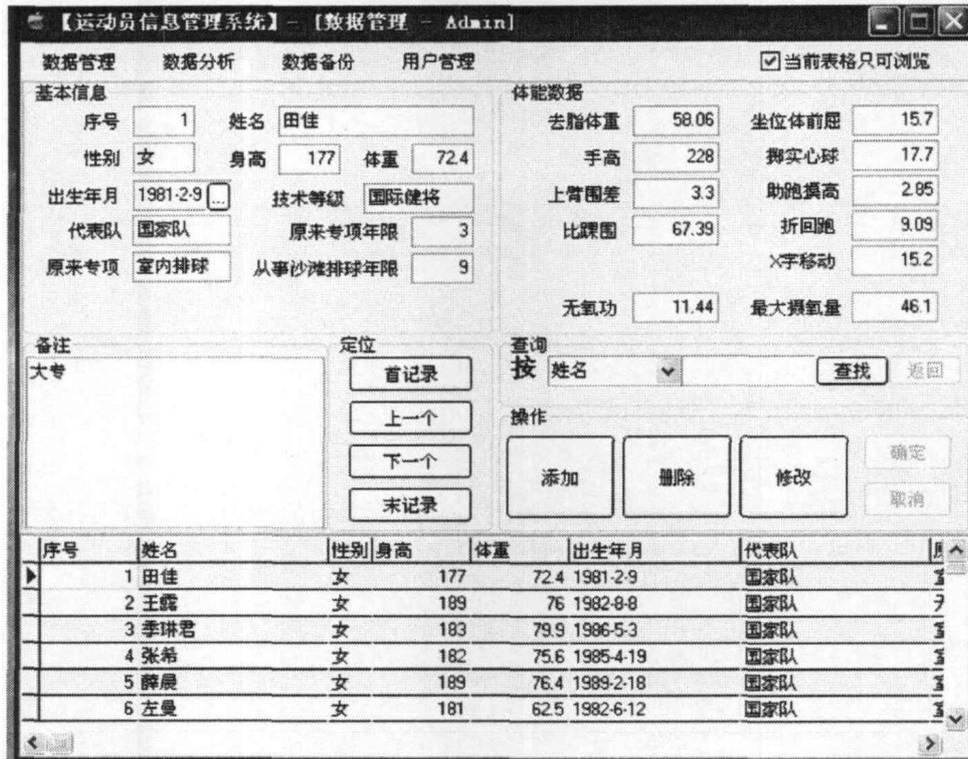


图 30 登录界面



论文随机验证编号：BT2

图 31 数据管理模块

数据分析												
等级划分	优劣分析	差距分析	评分标准									
综合得分		身体形态		运动素质				身体机能				
姓名	去脂体重	手高	上臂围差	踝围/跟腱	坐位体前屈	掷实心球	助跑摸高	渐进式折返	X字移动	无氧功	最大摄氧量	得分(%)
仇明珠	①-47.18	①-224.2	①-1.3	②-81.68	④-20	②-9.4	③-2.85	②-7.06	⑤-15.69	②-10.31	②-38.5	48.86
高璐	②-49.09	③-229.5	②-1.7	②-81.06	④-21	③-10.9	③-2.85	②-7.06	④-17.08	③-10.48	②-38.5	55.64
王丛	①-46.13	②-226	①-1.2	⑤-0	⑤-13.5	②-8.8	①-2.7	②-7.04	①-23.85	②-9.55	①-37.8	34.14
张丹	④-53.76	②-226.5	③-2.2	③-77.94	⑤-25	④-11.2	②-2.84	⑤-10.03	④-16.7	③-10.41	④-46.7	74.88
史净	④-57.02	④-236.1	④-3	③-72.67	①-5.5	③-10.4	③-2.89	④-9.08	②-20.8	④-11.73	④-45.8	65.4
刘畅	④-57.94	⑤-241.6	⑤-3.4	③-75.65	②-12	④-11.8	⑤-3	⑤-10.01	③-20.15	⑤-12.34	④-46.8	81.68
丁晶晶	③-50.9	③-231.6	⑤-4.2	④-69.93	③-19.8	④-11.2	③-2.92	④-8.11	①-22.73	④-11.57	③-43.3	65.36
王丹妮	③-50.44	①-221.4	③-2.5	③-75.17	③-18	③-10.9	②-2.82	③-8.08	③-20.48	②-10.1	③-42.4	53.56
孙冰	④-55.59	④-235.9	④-3	③-77.33	④-23.5	③-10	③-2.88	③-8.09	④-17.92	④-11.5	③-42.7	69.58
魏兆晨	②-49.33	④-235.9	④-2.8	③-75.85	⑤-29	③-10.8	③-2.85	②-7.06	③-18.44	②-10.39	②-38.5	55.16
马圆圆	②-49.14	③-233.5	④-2.9	④-69.03	①-6.5	③-10.1	②-2.84	④-9.09	③-20.5	③-10.41	④-46.1	58.66
王甜	③-51.94	③-232.5	①-0.9	③-77.14	③-14.5	③-10.1	④-2.94	④-8.11	③-20.45	④-12.28	③-43.3	66.28
王玲	④-54.54	②-224.5	③-2	①-83.46	②-11.5	②-9.5	②-2.82	③-7.09	③-19.48	②-10.33	②-39.6	46.58
金洁琼	④-57.42	⑤-242.5	③-2.4	③-71.9	⑤-17.5	④-12.3	⑤-3	②-7.08	③-20.33	⑤-12.34	②-39.2	69.32
廖晨晨	③-50.53	③-230.7	③-2.5	④-70.67	①-6.8	③-11.1	④-2.95	③-8.07	①-23.58	④-11.79	④-46.5	61.74

图 32 等级划分

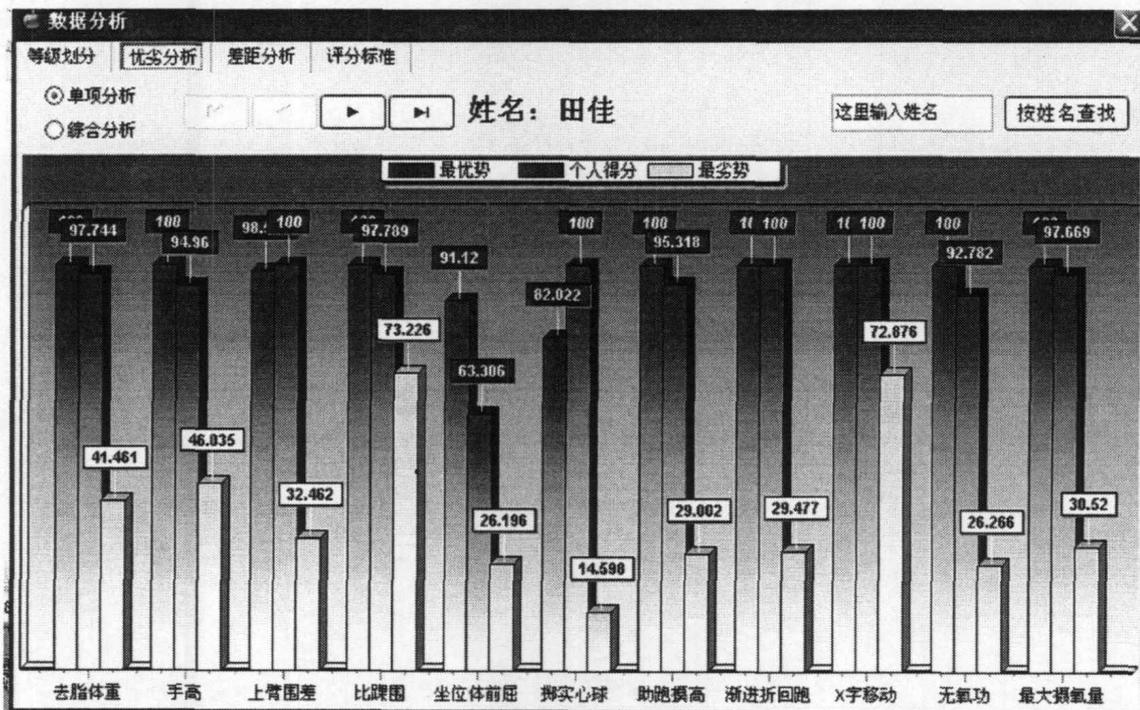


图 33 优劣分析

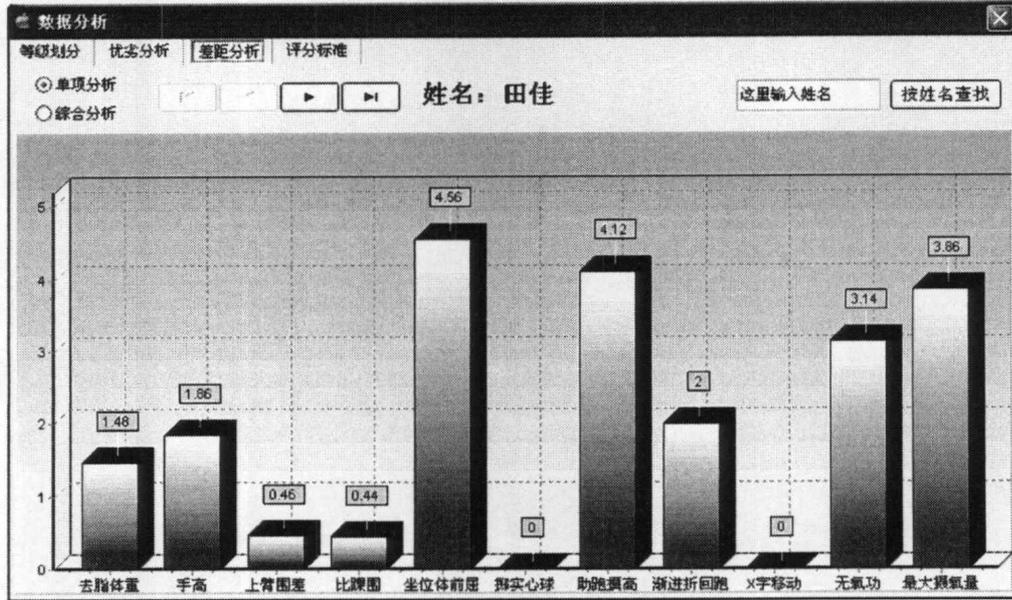


图 34 差距分析

项目	类别	A	B	C	D	得分比例	总贡献率	越大越好
去脂体重	身体形态	47.2	50.3	53.7	59.4	15	7.4	True
手高	身体形态	224.2	228.6	235.4	240.1	15	3.1	True
上臂围差	身体形态	1.5	1.9	2.7	3.3	15	2.3	True
比踝围	身体形态	82.1	78.4	70.7	65.9	15	2.2	False
坐位体前屈	运动素质	6.9	12.6	19.9	24.8	50	11.4	True
掷实心球	运动素质	8.7	9.6	11.1	16.4	50	10.3	True
助跑摸高	运动素质	2.81	2.84	2.93	2.99	50	10.3	True
折回跑	运动素质	7.01	7.08	8.09	9.09	50	10	True
X字移动	运动素质	22.01	20.53	18.04	16.69	50	8	False
无氧功	身体机能	9.34	10.4	11.43	12.33	35	15.7	True
最大摄氧量	身体机能	37.9	40.1	45.4	47.2	35	19.3	True

论文随机验证编号: BT2 图 35 评分标准

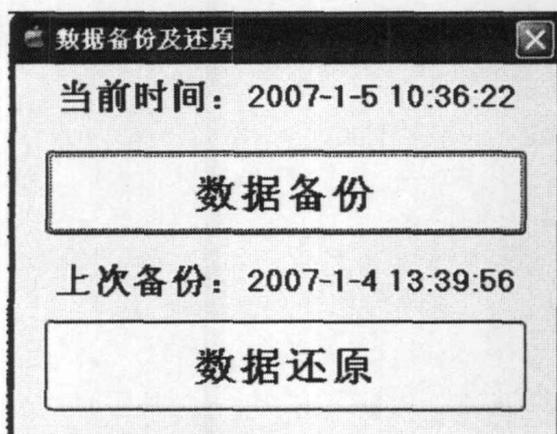


图 36 数据备份与还原

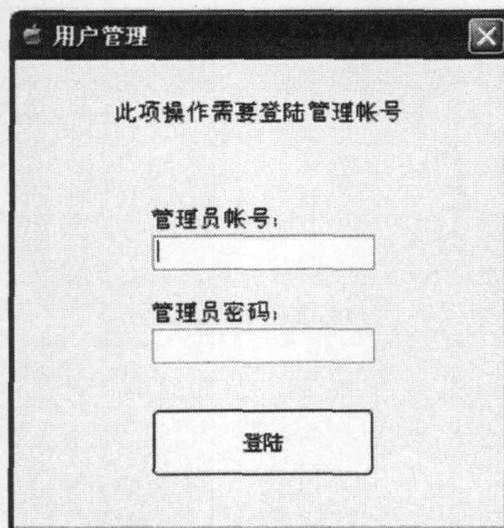


图 37 用户管理

5 结论与建议

5.1 结论

本研究募集了 2006 年在中国排协注册的全部现役 79 名女子沙滩排球运动员中的 70 名进行体能测试, 通过数据主成分分析等统计方法和计算机软件开发建立中国优秀女子沙滩排球运动员体能特征及评价体系。主要得出以下结论:

1. 与中国一般女子沙滩排球运动员相比, 中国优秀女子沙滩排球运动员的身体形态特征表现为身高臂长、体型匀称、体重高和肌肉含量高; 身体机能特征表现为有氧和无氧能力强; 运动素质则以动作速度快、爆发力大、柔韧性好、协调能力强和专项耐力好为特征。与世界顶级女子沙滩排球运动员相比, 中国优秀女子沙滩排球运动员的快速动作和爆发力相对较弱。

2. 中国优秀女子沙滩排球运动员体能评价三级指标体系中, 身体形态代表性指标包括去脂体重、手足间距、上臂围差和踝围 $\times 100$ / 跟腱长; 运动素质的代表性指标包括 X 字移动、助跑摸高、掷实心球、坐位体前屈和渐进式折回跑; 身体机能的代表性指标主要为最大摄氧量和最大无氧功率。

3. 中国优秀女子沙滩排球体能评价综合得分前 10 名运动员的身体形态以身高臂长、踝小和肌肉含量高为特征; 其弹跳和挥臂能力等运动素质突出, 但沙地移动较慢, 柔韧性相对较差; 心肺功能和糖酵解供能能力相对较高。

4. 大部分中国国家女子沙滩排球队员体能综合得分在所有优秀女子沙滩排球运动员中排名位于前 10 位, 其体能一级指标水平与理想成绩的差距以运动素质最为显著, 身体机能其次, 身体形态最小。

5. 体能评价三级指标体系中, 大部分中国国家女子沙滩排球队员的心肺功能、沙地移动和弹跳能力应该进一步提高, 绝大部分国家队运动员的上臂围差和去脂体重也有提升空间。

6. 中国优秀女子沙滩排球运动员体能评价体系能够简便、准确地展示中国女子沙滩排球运动员的体能水平等级和优劣势, 可以为教练员客观、针对性的制定体能训练计划提供参照标准。其内容主要包括评价指标、评价模型、评分表和计算机评价系统等。

5.2 建议

1. 有的放矢，尽快弥补体能不足

优异的体能水平是现代沙滩排球运动的项目特点和发展趋势。应对中国女子沙滩排球运动员进行有针对性的体能训练，力争在短时间内弥补体能弱项，为技战术和心理训练等打下坚实基础。

2. 与地方医院、科研所合作，定期跟踪进行相关测试

定期跟踪测试可以更为详尽的了解运动员的体能变化状况，更为真实、科学地反映运动员的实际体能水平，为合理搭配运动员以及在训练和比赛中合理安排技战术提供参考依据，也有利于做好运动员建档工作，便于沙滩排球运动员培养的衔接。可以利用集训或全国巡回赛等机会，与当地有实力的地方医院、科研所合作，定期进行相关测试。

3. 建立俱乐部，形成沙滩排球自身后备人才的培养体系

我国女子沙滩排球运动员选材起点低、选材面较窄，仍然主要依靠室内排球输送后备人才。沙滩排球俱乐部的建立不仅可以取得一定的社会和经济效益，还可以提高沙滩排球的知名度和普及率，吸引更多的青少年参加沙滩排球运动，是培养沙滩排球运动员的一条可行之路。

致谢

本研究得以完成，必须要感谢许多人。

首先要感谢我的导师。

感谢我的导师葛春林教授。您严谨求实的态度，踏踏实实的精神，不仅授我以文，而且教我做人，虽历时三载，却给以终生受益无穷之道。您的学术声誉，使我满怀憧憬和向往来到了北京；您挥洒汗水执著追求的言行，让我懂得了很多的道理；您公正不阿的精神，是我人生的榜样……对葛老师的感激之情是无法用言语表达的。

感谢国家体育总局排管中心沙排部的各位领导对本研究的支持和关心。

一路走来，还要感谢给与我无私帮助和支持的排球和沙滩排球一线教练员、专家和运动员。是你们的反馈和意见让我更顺利地完成本研究，也让我对本研究有更深入的认识。

感谢我身边领导和师友，你们的鼓励和支持，才使得我有不断向前迈进的勇气和可能。衷心地感谢王卫星教授、周典明教授、钟秉枢教授、祁国鹰教授、张一民教授。

感谢一直给我帮助和鼓励的巴义名、解缤、叶鸣、孙月霞、吕品、曹庆雷、刘冰等同窗。

感谢我身边的同事、感谢师弟师妹们，你们的友爱让我感到快乐。

特别感谢江西的蒋龙平先生对本研究计算机软件开发的无私帮助……

感谢我的家人，让我工作的时候无牵无挂，不断给我前进的动力……

请让我衷心地向这些人说声：谢谢！

参考文献

- [1] 王进. 雅典奥运会后世界体坛格局及备战 2008 年北京奥运会的思考[J]. 体育科学研究. 2005(2):30-34.
- [2] 张晓丹, 赵凤萍, 曹庆雷, 等. 实际比赛中田佳/王菲与阿德里安娜/谢尔达的体能分配比较[J]. 天津体育学院学报, 2005(5):87-89.
- [3] 叶千. 一次全新体验——中国沙滩排球美国之行[J]. 中国排球, 2006(4):8-10.
- [4] 缪志红, 薛刚. 沙滩排球 08 奥运周期工作计划, 2005(内部资料).
- [5] 王建平. 关于进一步推动我国沙滩排球运动发展的思考[M]. In: 国家体育总局干部培训中心 ed. 坚持科学发展观, 促进体育改革发展. 北京: 北京体育大学出版社. 2006:139-149.
- [6] 杨世勇, 李遵, 唐照华, 等. 体能训练学[M]. 成都: 四川科学技术出版社, 2002.
- [7] 体育院校通用教材. 运动训练学[M]. 北京人民体育出版社, 1999.
- [8] 何键. 体型选材学. In 刘献武, 林文弢, 胡亦海等 ed. 运动选材学[M]. 北京: 人民体育出版社, 1991:116-164.
- [9] 李龙, 杜翠娟. 对我国田径项群类项目优秀男子运动员身体形态的比较研究[J]. 体育科学, 2004(6):29-42.
- [10] 于军, 李颂华, 钟霖. 对中外优秀七项全能运动员身体形态、运动素质及成绩模式的研究[J]. 北京体育大学学报, 2001(3):405-407.
- [11] Fuchslocher Jorg, Praz Manu, Flaction Patrick, et al. Physiological characteristics of elite male and female beach volleyball players[A]. Annual Report, 2004:11-12.
- [12] Davies S.E.H. Morphological and physiological characteristics of elite south african beach volleyball players[J]. Br J Sports Med, 2002, 36:e2.
- [13] Davies S.E.H., Coetsee M.F. Strength and power (vertical jump performance) characteristics of elite south African beach volleyball players[J]. Br J Sports Med. 2002; 36:e2-e2.
- [14] Davies S.E.H. Strength and power characteristics of elite South African beach volleyball players[J]. S. African J. for Research in Sport, Physical Ed. and Recreation: 2002; 24(1): 29-40.
- [15] 薛刚. 我国沙滩女排运动员形体特点和肌力锻炼探讨[J]. 南京体育学院学报(自然科学版), 2004(1):47-49.
- [16] 杨锡让. 实用运动生理学[M]. 北京: 北京体育大学出版社, 2003.
- [17] Zamparo P., Perini R., Orizio C., et al. The energy cost of walking or running on sand[J]. European Journal of Applied Physiology. 1992; 65(2):183-187.
- [18] Lejeune T.M., Willems PA, Heglund N.C. Mechanics and energetics of human locomotion on sand[J]. The Journal of Experimental Biology. 1998; 201:2071-2080.
- [19] Pinnington H.C., Dawson B. The energy cost of running on grass compared to soft dry beach sand[J]. J Sci Med Sport. 2001; 4: 416-430.
- [20] Muramatsu Shigeru, Fukudome Akinori, Miyama Motoyoshi, et al. Energy Expenditure in

- Maximal Jumps on Sand[J]. *J Physiol Anthropol*, 2006;25: 59-61.
- [21] 丁世聪.国内外优秀男子沙滩排球与室内排球运动员心肺功能指标的比较研究[J].广州体育学院学报,2006(5):92-94.
- [22] 徐国红,葛春林,尹洪满.沙滩排球训练对女排运动员弹跳肌群等速向心收缩肌力影响的比较研究[J].浙江体育科学,2000(5):52-55.
- [23] Perez Turpin J.A. Suarez Llorca, C., Andreu, E., et al. Analysis of real playing time for elite beach volleyball players: European Championships (Spain 2005)[A]. 11th Annual Congress of ECSS, Lausanne. 2006,8.
- [24] Giatsis, George, Papadopoulou, Sofia. Effect of the reduction in the dimensions of the courts on timing characteristics for men's beach volleyball matches[J]. *The International Journal of Volleyball Research*. 2004
- [25] 袁运平.运动员体能与专项体能特征的研究[J].体育科学. 2004(9):48-53.
- [26] 徐国红,葛春林,马爱军.我国女子沙滩排球运动员专项运动素质特征[J].上海体育学院学报,1998(3):47-51.
- [27] 邬燕红,杨天潮.对我国沙滩排球男子运动员体能训练的研究[J].成都体育学院学报.2005(6):91-94.
- [28] 高伟.沙滩排球运动员运动素质训练法[J].中国排球,2001(5):46.
- [29] Giatsis G. Jumping quality and quantitative analysis of beach volleyball game[M]. In: Tokmakidis S. ed. Special topics in team sports. 9th Int Congr Phys Educ Sport. Komotini, Greece, 2001;28(Suppl):95.
- [30] 李世明,刘学贞.沙地力学传递特性的实验研究及沙滩排球扣球起跳的动力学特征[J].北京体育大学学报,2001(2):260-263.
- [31] 徐国红,金健秋,尹洪满.沙滩原地纵跳与硬地原地纵跳动力学机制的比较研究[J].中国体育科技.2001(6):39-41.
- [32] 王红英.优秀男排运动员沙滩排球扣球技术的运动学比较研究[J].上海体育学院学报. 1996(2):60-65.
- [33] 徐国红,葛春林,尹红满.沙滩排球训练对运动员膝踝关节肌群肌力影响的比较研究[J].体育学刊,2000(2):42-45.
- [34] 徐国红,葛春林,尹红满.沙滩排球训练对我国女排运动员弹跳力影响机制的研究[J].体育科学,2001(6):41-45.
- [35] 徐国红,吴晓农.沙滩排球训练对女排运动员弹跳力动力学指标影响的比较研究[J].南京体育学院学报,2000(3):94-97.
- [36] Davies S.E.H. Effects of two different terrains on vertical jump performance[J]. *African Journal for Physical, Health Education, Recreation and Dance*. 2004; 10(2):133-140.
- [37] Giatsis G., Kollias I., Panoutsakopoulos V., et al. Biomechanical differences in elite beach-volleyball players in vertical squat jump on rigid and sand surface[J]. *Sports Biomech*, 2004;3(1):145-158.
- [38] 高伟.沙滩排球运动员运动素质训练法[J].中国排球,2001(5):46.
- [39] Bishop D. A comparison between land and sand-based tests for beach volleyball assessment[J]. *J Sports Med Phys Fitness*. 2003;43(4):418-23.

- [40] 李世明,刘学贞.沙地力学传递特性的实验研究及沙滩排球扣球起跳的动力学特征[J].北京体育大学学报,2001(2):260-263.
- [41] 李世明.沙滩排球上步扣球踏跳阶段的时相特征[J].北京体育大学学报,2004(9):1264-1265,1290.
- [42] 李世明,刘学贞.沙滩排球扣球起跳动作协调性特征的运动生物力学研究[J].西安体育学院学报,2002(1):62-67.
- [43] Tompos Greg. Predicting power and rate of force development of vertical jumps in high-performance volleyball players[A].University of Canberra Center for sports Studies,2003.
- [44] 张晓丹,葛春林,周典明.中国优秀沙滩排球运动员运动损伤发生率及预防对策研究[J].中国体育科技,2007;43(1):61-63.
- [45] 田得祥,曲绵域,任玉衡.运动损伤总论[M].In:曲绵域,于长隆,高云秋 ed.实用运动医学(第四版).北京:北京大学医学出版社,2003: 545-551.
- [46] Roald Bahr,. Reeser J.C. Federation Internationale de Volleyball. Injuries among world-class professional beach volleyball players. The Federation Internationale de Volleyball beach volleyball injury study[J]. Am J Sports Med.,2003;31(1):119-125.
- [47] Aagaard H., Scavenius M., Jorgensen U. An epidemiological analysis of the injury pattern in indoor and in beach volleyball[J]. Int J Sports Med.,1997;18(3):217-221.
- [48] Reeser J.C. Volleyball injury. In: Reeser JC, Bahr R ed. Volleyball: Handbook of Sports Medicine and Science[M]. Oxford Boston: Blackwell Scientific Publications, 2003:81-86.
- [49] Kugler A, Kruger-Franke M, Reininger S, et al. Muscular and shoulder pain in volleyball attackers. Br J Sports Med. 1996;30:256-259.
- [50] Wang HK, Macfarlane A, Cochrane T. Isokinetic performance and shoulder mobility in elite volleyball athletes from the United Kingdom. Br J Sports Med. 2000 Feb;34(1):39-43.
- [51] Martel GF, Harmer ML, Logan JM, et al. Aquatic plyometric training increases vertical jump in female volleyball athletes[J]. Med Sci Sports Exerc. 2005, 37(10):1814-1819.
- [52] Gisslen K, Gyulai C, Soderman K, et al. High prevalence of jumper's knee and sonographic changes in Swedish elite junior volleyball athletes compared to matched controls[J].Br J Sports Med. 2005, 39(5):298-301.
- [53] Lian OB, Engebretsen L, Bahr R. Prevalence of jumper's knee among elite athletes from different sports: a cross-sectional study[J]. Am J Sports Med. 2005, 33(4):561-567.
- [54] Erin Cassell. Spiking injuries out of volleyball: a review of injury countermeasures[R]. Monash University Accident Research Centre, 2001.
- [55] Verhagen EA, Van der Beek AJ, Bouter LM, et al. A one season prospective cohort study of volleyball injuries[J].Br J Sports Med. 2004, 38(4):477-481.
- [56] Bhairo NH, Nijsten MWN, van Dalen KC, et al. Hand injuries in volleyball[J]. Int. J. Sports Med. 1992; 13(4):351-354.
- [57] Ytterstad B. The Harstad injury prevention study: the epidemiology year study. Br J Sports Med. 1996;30:64-68.
- [58] Reeser J.C., Verhagen E., Briner W.W., et al. Strategies for the prevention of volleyball

- related injuries[J]. *Br J Sports Med*.2006;40:594-600.
- [59] 曾凡辉,王路德,邢文华,等.《运动员科学选材》[M].人民体育出版社,1992.
- [60] 冯连世,冯美云,冯炜权.《优秀运动员机能评定方法》[M].人民体育出版社,2003.
- [61] 祁国鹰,张路,黄凤娟,等.体育统计应用案例[M].北京:北京体育大学出版社,2006:62.
- [62] 田麦久.项群训练理论[M].北京:人民体育出版社,1998:20.
- [63] 戴廷斌.沙滩排球项目备战2008奥运会工作汇报提纲, In 国家体育总局 ed. 2008奥运争光行动计划[M].北京.2004:67(内部资料).
- [64] 刘星亮,罗飞虹,张金春,等.体育测量与评价[M].北京体育大学出版社,2006:98.
- [65] Karch Kiraly, Byron Shewman. Beach Volleyball[M]. Champaign, IL: Human Kinetics. 1999:84.
- [66] Newcomb M D. What structural equation modeling can tell us about social support[M]. In: Samson B R, Samson I G. Pierce G R ed. Social support: An interactional view. New York: John Wiley , Sons. 1990,26-63.
- 田麦久, 武福全.《运动训练科学化探索》[M].北京:人民体育出版社,1988.
- [67] 卢纹帛.Spss for windows 统计分析[M].北京:电子工业出版社.2000:409.
- [68] Newcomb M D. What structural equation modeling can tell us about social support[M]. In: Samson B R, Samson I G. Pierce G R ed. Social support: An interactional view. New York: John Wiley, Sons. 1990,26-63.
- [69] 秦浩,陈景武.结构方程模型原理及其应用注意事项[J].中国卫生统计,2006年(4):367-369.
- [70] 张家放.医用多元统计方法[M].武汉:华中科技大学出版社.2002:4.
- [71] 钟伯光,姒刚彦,李庆珠,等.“中国运动员应激应对量表”的编制及检验[J].中国运动医学杂志,2004,23(4):356-362.
- [72] 魏俊民.体质测试受试者动机模型的假设与检验[J].中国体育科技 2006; 42(3):78-80.
- [73] 梁承谋,程勇民.优秀羽毛球运动员科学选材的研究[R].奥运优秀运动员科学选材的研究成果报告(国家科技攻关计划课题)(内部资料)
- [74] 宋为平,李开刚,谢敏豪.排球[M].In:冯连世,冯美云,冯炜权 ed.优秀运动员身体可能评定方法.北京:人民体育出版社,2003.
- [75] William J. Kraemer, Ana L. Gomez. 基础体能训练[M]. In 袁守龙,刘爱杰 译.高水平竞技体能训练.北京:北京体育大学出版社,2006.

附件 1 主要体能指标的测试细则

◆ 身体形态测试方法:

- 手足间距（手足间距）受试者赤足，以立正姿势站于底板上。足跟、骶骨部和肩胛间靠拢墙，人体自然挺直，头部挺直、两眼平视，保持耳屏上缘和眼窝下缘呈水平。测试人员站在凳子上于受试者右侧，用带有游标的直钢板尺，测量底板平面至受试者中指指尖点间的直线距离。记录单位以厘米为单位，精确到一位小数。

- 跟腱长：用皮尺测量小腿腓肠肌内侧肌腹下缘至跟点的垂直距离。受试者面向墙，两脚自然分开，扶墙提踵，小腿三头肌充分收缩。测试人员在受试者左腿腓肠肌内侧肌腹下缘画一标志，然后令受试者还原成自然站立姿势，再在跟点做一标志，测量内侧肌腹腔下缘到跟点的垂直距离。记录时以厘米为单位，保留一位小数。测试误差不超过 0.2 厘米。注意事项：在画腓肠肌内侧下缘标志时，小腿三头肌必须充分收缩，使腓肠肌外形充分显露。此外，在画标志点时不得移动皮肤。

- 上臂围差：用力屈肘时在肱二头肌最高处测量（紧张围），然后伸直肘（放松围），仍在原地测量。取一位小数记录。

- 踝围：受试者姿势同上。皮尺放在胫骨内踝上方小腿最细处水平环绕一周测量。

◆ 运动素质测试方法:

1) 柔韧性

- 坐位体前屈：受试者两腿伸直，两脚平蹬板凳坐在平地上，两脚分开 10~15 厘米，上体前屈，两臂伸直向前，用两手中指尖逐渐板凳边缘向前推动，直到不能向前为止。脚蹬板凳最前缘内沿平面为 0 点，向内为负值，向前为正值。记录以厘米为单位，保留一位小数，测试 2 次，取最好成绩。注意受试者测试过程中不能振动身体。

2) 弹跳类

- 助跑摸高：助跑距离和方向不限，采用助跑方式，双脚起跳单手摸高，每人连续做 3 次，取最好成绩。精确到厘米，保留一位小数。

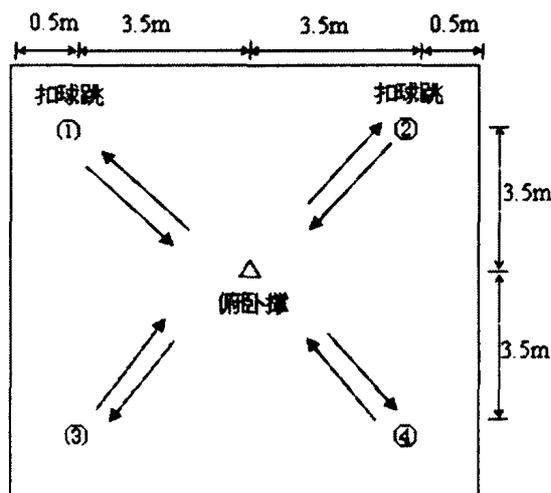
3) 挥臂类

- 实心球掷远：助跑 3 米双手头上投掷。投掷时一脚可以离地但不许踩线、过线（包括投掷后）。每人连续投 2 次，以最远 1 次计算成绩。2 次犯规以该赛

区该项测验最低成绩计算。单位为米，保留一位小数。

4) 灵敏、移动类

“X”移动：在场地中央位置起动，从俯卧撑开始（要求每次俯卧撑下的过程中必须整个身体触地），然后冲向①，进行徒手扣球跳，着地后变向，返回起始位置，重新俯卧撑，再到②徒手扣球跳，再返回、俯卧撑，再到③，返回起始点俯卧撑，再到④，最后回到起点。（见下图）记录全过程时间，单位为秒，保留一位小数。



灵敏测试：X 移动

5) 耐力

20m 的渐进式折回跑：该测试反映心肺耐力，并且和最大摄氧量高度相关。它以声音节奏控制每个 20 米跑的时间。从约 10 秒渐缩短，每个大的级别的总时间约一分钟。在一个小的级别的时间内跑完 20 米并踩线者原地等待，听到“嘟”声后立即折返回跑，跑完 20 米后等待下一个“嘟”的声音。不能按时跑完 20 米并踩线者，第一次警告，第二次出局。测试过程中运动员必须跟上声音节奏，跑太快浪费体力，跑太慢会提前出局，不能测得真实成绩。

◆ 身体机能测试方法

1) 最大摄氧量

最大摄氧量的测试采用直接法测定，具体步骤如下：

- 进入实验室静坐 30 分钟，测定安静心率；
- 在跑台上以 5000 的速度跑步 3 分钟，作为准备活动；
- 开始递增跑台运动，起始速度为 8000，坡度为 0%；
- 每 2 分钟增加 25% 的起始速度；
- 运动持续至力竭。

2) 无氧功率：

受试者准备活动；受试者尽可能快蹬，在 3—4 秒内调整到规定的阻力负荷，

论文随机验证编号：BT200752824917.7055475

同时开始计时进行 30 秒全力蹬车运动；记录 30 秒平均功率和 5 秒最大功率。

附件 2 十运会沙滩排球运动训练情况调查表

(教练员、专家问卷)

尊敬的教练员、专家：

您好！运动训练直接影响到运动成绩的发挥。为了解我国沙滩排球运动训练现状，希望您对本调查表做出客观、真实的填写，对您的支持和帮助在此深表感谢！

国家体育总局排球运动管理中心沙滩排球部

2005-10-15

性 别 _____ 年 龄 _____ 职 称 _____
工作单位 _____ 带队年限 _____ 学 历 _____
您的队员中参加国家集训队的人数 _____ 您带队参加国际大赛的次数 _____
您执教的沙滩排球队取得的最好成绩是 _____ (可多写)

问卷填写说明：

- (1) 对有备选答案的问题，请您在答案编号上划“√”；
- (2) 如果没有备选答案，请在问题后的横线上写上简单的文字或数字。

- 1、您是否进行过专业**排球**训练？起止年限和运动成绩如何？
(1)否 (2)是，从 _____ 年至 _____ 年，成绩： _____
- 2、您是否进行过专业**沙滩排球**训练？起止年限和成绩如何？
(1)否 (2)是，从 _____ 年至 _____ 年，成绩： _____
- 3、您认为下列几项对沙滩排球比赛成绩影响的重要性由大到小依次是 _____
(1)技术 (2)战术 (3)体能 (4)心理 (5)对手成绩 (6)其他
- 4、对于沙滩排球运动员的身体素质请按重要由大到小性排序 _____
(1)爆发力 (2)短距离移动速度 (3)协调性 (4)灵敏性 (5)速度耐力

(6)平衡性 (7)柔韧性

5、在沙滩排球的训练和比赛中，您是否采用**心率**的即时监控？

(1)是 (2)否

6、如果采用了，您是否给队员佩戴过 **polar 表**？

(1)是 (2)否

7、如果您没有给队员佩戴过 polar 表，原因是什么？

(1)经费不足 (2)没有必要 (3)了解不多 (4)其他_____

8、您认为导致您队员**受伤**的最主要**原因**是？（可多选）

(1)准备活动不充分 (2)队员机能状态不好 (3)防护措施不当 (4)治疗不及时
(5)队员注意力不集中 (6)技术动作不规范 (7)运动负荷太大 (8)其它_____

9、您在执教过程中所遇的**主要困难**是什么？（可多选）

(1)选材来源少 (2)执教经验不足 (3)缺乏训练经费 (4)信息交流不足
(5)教练间、教练与队员间缺乏沟通 (6)训练场地无保障 (7)其它_____

10、您认为我国沙滩排球和世界强队**最主要的差距**是什么？（可多选）

(1)身体素质 (2)经验 (3)队员个人能力 (4)拦防配合 (5)攻防转换的节奏
(6)心理素质 (7)自身失误 (8)战术 (9)防守技术动作 (10)科技投入 (11)其他_____

11、您认为未来的沙滩排球队员间的配合趋势将会是？

(1)明确分工负责 (2)分工不明确

12、您选择该趋势是因为该配合？

(1)便于训练 (2)有利于发挥队员的强项 (3)便于选队员 (4)_____

13、您认为哪种模式更能发挥教练员的强项和积极性？

(1)地方和国家共建 (2)保留原来的管理模式，设立专职的国家队

14、您认为**阻碍**我国有潜力运动员从事沙滩排球训练的因素有哪些？

(1)训练环境艰苦 (2)收入少、待遇低 (3)比赛少、奖金低 (4)退役后出路少
(5)获得优异成绩的几率较低 (6)选不到好苗子 (7)其它_____

15、您如何评价一个运动员在比赛中的表现？

(1)经验和印象 (2)运用统计数据说话
(3)印象和利用统计数据证明 (4)其他_____

16、您认为科研工作对训练和比赛中是否有必要？

(1)有必要，但执教经验更重要 (2)很有必要，科学的数据更能说明问题

再次衷心感谢您的支持与帮助！

附件3 十运会沙滩排球运动员损伤及训练情况调查表

尊敬的运动员：

您好！运动损伤直接影响到运动训练的开展和运动成绩的发挥。为了解我国沙滩排球运动员的运动损伤状况，有效预防伤病，希望您对本调查表做出客观、真实的填写，对您的支持和帮助在此深表感谢！

国家体育总局排球运动管理中心沙滩排球部

2005-10-15

性 别_____ 出 生 日 期 _____ 身 高_____ 体 重_____
沙地助跑摸高_____ 沙地原地拦网高度_____ 学 历_____
沙滩排球运动年限____年, 运动等级_____；从事沙滩排球运动前的专项_____, 有____年
参加的最高级别的沙滩排球比赛是_____
获得的最好沙滩排球运动成绩有_____（可多写）

问卷填写说明：

- (1) 对有备选答案的问题，请您在答案编号上划“√”；
- (2) 如果没有备选答案，请在问题后的横线上写上简单的文字或数字。
- (3) 问卷中所指的运动损伤是指在沙滩排球训练或比赛中发生的，妨碍运动员运动和 / 或为了继续运动而需要特殊处理（如绷带等医护措施）的伤病。

一、2005年运动损伤情况

1、您的急性运动损伤（突发性运动损伤）发生部位主要在哪里：

(1)肩 (2)肘 (3)腕 (4)手指 (5)腰背部 (6)膝 (7)踝 (8)足 (9)髌 (10)其他_____

2、您的急性运动损伤性质是什么：

(1)扭伤 (2)挫伤 (3)拉伤 (4)脱位 (5)骨折 (6)其他_____

3、您认为您的急性运动损伤原因是：

(1)准备活动不充分 (2)训练水平不足 (3)心理状况不好 (4)身体机能欠佳

(5)长期动作重复 (6)场地设施不佳 (7)技术动作不规范 (8)其他_____

- 4、这次损伤导致您今年停止**身体训练**多久？
(1)没有停止 (2)1-3天 (3)3-7天 (4)7-15天 (5)15-30天 (6)30天以上
- 5、这次损伤导致您今年停止**技术训练**多久？
(1)没有停止 (2)1-3天 (3)3-7天 (4)7-15天 (5)15-30天 (6)30天以上
- 6、这次损伤导致您**错过几次国内外正式比赛**？
(1)0次 (2)1次 (3)2次 (4)3次 (5)4次 (6)5次
- 7、这次损伤发生在：
(1)训练的准备活动 (2)一般身体训练 (3)专项身体训练 (4)比赛的准备活动 (5)比赛中
- 8、如果这次损伤发生在比赛中，当时您正在：
(1)发球 (2)拦网 (3)进攻 (4)防守
- 9、您现在是否还有长期疼痛或不适（慢性运动损伤）的部位：
(1)肩 (2)肘 (3)腕 (4)手指 (5)腰背部 (6)膝 (7)踝 (8)足 (9)髌 (10)其他____ (11)无
- 10、您认为这些疼痛或不适是什么原因造成的：
(1)带病带伤训练 (2)治疗不及时 (3)训练缺乏科学性 (4)训练水平不足
(5)心理状况不好 (6)身体机能欠佳 (7)长期动作重复 (8)场地、设施不佳
(9)其他_____
- 11、这些疼痛或不适导致您今年停止**身体训练**多久？
(1)没有停止 (2)1-3天 (3)3-7天 (4)7-15天 (5)15-30天 (6)30天以上
- 12、这次损伤导致您今年停止**技术训练**多久？
(1)没有停止 (2)1-3天 (3)3-7天 (4)7-15天 (5)15-30天 (6)30天以上
- 13、这次损伤导致您**错过几次国内外正式比赛**？
(1)0次 (2)1次 (3)2次 (4)3次 (5)4次 (6)5次

二、2005年训练及比赛情况

- 1、今年您参加了____次全国比赛，____次国际大赛。
- 2、一般您一周训练几天：
(1)3天以内 (2)4天 (3)5天 (4)6天 (5)7天
- 3、一般您平均每天训练几次：
(1)1 (2)2 (3)3
- 4、在每次训练中，准备活动一般占：
(1)10-15分钟 (2)15-20分钟 (3)20-25分钟 (4)25-30分钟 (5)30分钟以上

5、您每次的身体素质训练大约多久：

- (1)1-1.5 小时 (2)1.5-2 小时 (3)2-2.5 小时 (4)2.5-3 小时 (5)3 小时以上

6、您每次的专项素质训练大约多久：

- (1)1-1.5 小时 (2)1.5-2 小时 (3)2-2.5 小时 (4)2.5-3 小时 (5)3 小时以上

7、您认为下列几项对沙滩排球比赛成绩影响的重要性由大到小依次是_____

- (1)技术 (2)战术 (3)体能 (4)心理 (5)对手成绩 (6)其他

8、您认为我国男女沙滩排球和世界强队相比**最主要的差距**在哪里？（可多选）

- (1)身体素质 (2)经验 (3)队员个人能力 (4)拦防配合 (5)攻防转换的节奏 (6)心理素质
(7)自身失误 (8)战术 (9)防守技术动作 (10)科技投入 (11)其他_____

9、您认为**阻碍**我国有潜力运动员从事沙滩排球训练的因素有哪些？

- (1)训练环境艰苦 (2)收入少、待遇低 (3)比赛少、奖金低 (4)退役后出路少
(5)获得优异成绩的几率较低 (6)选不到好苗子 (7)其它_____

再次衷心感谢您的支持与帮助！

附件 4 沙滩排球运动员体能选材初选指标及重要性

调查问卷

尊敬的_____：

您好！我国竞技体育若要在奥运会上取得成功，则必须从选材入手做好精心准备。您是沙滩排球运动方面的专家，对本项目的选材有着丰富的经验。本问卷主要想了解您对中国优秀女子沙滩排球运动员体能选材指标及权重的意见。对于您的帮助和支持表示真诚的谢意！

北京体育大学博士生 张晓丹

指导老师 葛春林 教授

2005-10-15

年龄_____ 职称_____ 职务_____

您执教沙滩排球的年限_____ 学历_____

您的队员中参加国家集训队的人数_____ 您带队参加国际大赛的次数_____

您执教的沙滩排球队取得的最好成绩是_____（可多写）

问卷填写说明：

我们以身体形态、身体机能和运动素质作为体能的三个组成部分。每日各组成部分包括一些具体指标。每个指标的重要性由大到小依次是 5、4、3、2、1。

(1) 请您根据每个指标的重要性在其对应的空白处直接划“√”。

(2) 如果您认为还有重要指标没有列出，请在其它指标填写该指标，并同样在对应得分下划“√”。

表 1 中国女子沙滩排球运动员体能初选选材指标及重要性

一级指标	二级指标	三级指标	重要性				
			5	4	3	2	1
素	柔韧性	转肩					

中国优秀女子沙滩排球运动员体能特征及其评价体系研究

质 类		屈膝触墙					
		纵向劈叉					
		横向劈叉					
		坐位体前屈					
		其他指标_____					
	平衡性	摇板平衡测试					
		其他指标_____					
	移动	反应时					
		移动速度					
		其他指标_____					
	弹跳	纵跳高度					
		扣球高度					
		拦网高度					
		其他指标_____					
	灵活性	灵活性测试					
	协调性	30 秒十字跳					
	力量	掷实心球					
		羽毛球掷远					
		卧推					
		深蹲					
立定二级跳远							
其他指标_____							
耐力	渐进式折回跑* (Yo-Yo)						
机 能 类	有氧能力	最大摄氧量					
		肺活量					
		血色素					
		最大心率					
	无氧能力	最大无氧功率					
		平均无氧功率					
	神经-肌	反应时					

中国优秀女子沙滩排球运动员体能特征及其评价体系研究

	肉系统						
形态类	长度	身高					
		手足间距					
		指间距—身高					
		上肢全长					
		下肢全长					
		上臂长					
		前臂长					
		大腿长					
		小腿长					
		手长					
		足长					
		跟腱长					
		其他指标_____					
		围度	胸围				
	腰围						
	腹围						
	上臂围差						
	前臂围						
	大腿围						
	小腿围						
	踝围						
	腕围						
	其他指标_____						
	宽度	肩宽					
		髌宽					
		髌宽					
		其他指标_____					
	充实度	体重					
		体脂%					

		皮褶厚度					
		其他指标_____					

***渐进式折回跑：**以声音节奏控制每个 20 米跑的时间，随着级别的提高，每个 20 米的时间越来越短。该测试主要反映运动员心肺耐力。

衷心感谢您的支持与帮助！

附件 5 沙滩排球运动员体能选材复选指标及权重调查问卷

尊敬的_____：

您好！我国竞技体育若要在奥运会上取得成功，则必须从选材入手做好精心准备。您是沙滩排球运动方面的专家，对本项目的选材有着丰富的经验。本问卷主要想了解您对中国优秀女子沙滩排球运动员体能选材指标及权重的意见。对于您的帮助和支持表示真诚的谢意！

北京体育大学博士生 张晓丹

指导老师 葛春林 教授

2006-4-15

年龄_____ 职称_____ 职务_____

您执教沙滩排球的年限_____ 学历_____

您的队员中参加国家集训队的人数_____ 您带队参加国际大赛的次数_____

您执教的沙滩排球队取得的最好成绩是_____（可多写）

问卷填写说明：

我们以身体形态、身体机能和运动素质作为体能的三个组成部分。通过对沙滩排球国家队和今年北海集训运动员的测试统计结果，得出中国优秀女子沙滩排球运动员体能结构、指标的相对重要性（表 1、表 2）。由于测试过程中部分指标的数据不全，统计结果可能有偏差，故特此征求您对该结果的意见。

(1) 对于表 1，您是否同意 3 个结构的**重要性百分比**？

(2) 对于表 2，您认为选取的各**指标**是否合适？各指标的**重要性百分比**是否合适？

对于以上问题，如果您同意我们的结果，请直接划“√”，如不同意则划“X”，并在修改意见或其他处填写您认为的百分比或指标。

表 1 体能结构及其重要性

结构	重要性(%)	同意(√)	不同意(×)	修改意见
身体形态	15%			
运动素质	50%			
身体机能	35%			
重要性合计	100%			

表 2 体能指标及其重要性

结构	内容	指标	重要性(%)	同意(√)	不同意(×)	修改意见
身体形态	充实度	去脂体重	48%			
	高度	手足间距	27%			
	围度	上臂紧张围-放松围	25%			
	长度	踝围×100 / 跟腱长				
	其他					
	重要性合计			100%		
运动素质	速度灵敏类	X 字移动	35%			
	弹跳类	助跑摸高	26%			
	挥臂类	掷实心球	23%			
	耐力类	渐进式折回跑	10%			
	柔韧类	坐位体前屈	6%			
	其他					
	重要性合计			100%		
身体机能	有氧能力	最大摄氧量	45%			
	无氧能力	无氧功率	55%			
	其他					
	重要性合计			100%		

再次衷心感谢您的支持与帮助!

附件 6 沙滩排球运动员体能结构访谈纲要

1. 你认为沙滩排球项目对运动员能力有哪些要求？
2. 该要求与室内排球对运动员的要求的区别主要有哪些？
3. 中国沙滩排球运动员一般始训年龄、成材年限和一般退役年龄各是多少？
4. 请您描述优秀沙滩排球运动员的理想形态特点？
5. 您认为优秀沙滩排球运动员应具备哪些运动素质？
6. 这些运动素质通常用哪些指标反映？
7. 您认为优秀沙滩排球运动员应具备哪些机能特点？
8. 这些机能特点通常用哪些指标反映？
9. 优秀沙滩排球与室内排球运动员在身体形态、运动素质和身体机能上的主要区别有哪些？
10. 国内优秀沙滩排球与国外优秀沙滩排球运动员在身体形态、运动素质和身体机能上的主要区别有哪些？
11. 哪些负荷承受能力在沙滩排球训练中最重要？
12. 如何评价运动员承受负荷的能力？

个人简历 在读期间发表的学术论文与研究成果

个人简历:

张晓丹, 女, 1974 年 11 月出生。

1997 年 7 月毕业于湖北武汉华中师范大学体育系体育教育专业, 获学士学位。

2000 年 7 月毕业于湖北武汉华中师范大学体育系体育教育训练学专业, 获硕士学位。

2004 年 9 月入北京体育大学读博士研究生, 体育教育训练学专业。

在读期间发表论文:

[1] 张晓丹,葛春林,周典明.中国优秀沙滩排球运动员运动损伤发生率及预防对策研究,中国体育科技,2007,43(1):61-63.

[2] Zhang Xiaodan, Gao Shenyang, Ge Chunlin, et al. Sports injury incidence of Chinese elite beach volleyball players. XXIX FIMS World Congress of Sports Medicine,2006:213. (分会场报告)

[3] 张晓丹,赵凤萍,曹庆雷,等.实际比赛中田佳/王菲与 Adriana Behar/ Shelda 的体能分配特征比较.天津体育学院学报,2005,20(5):87-89.

研究成果:

[1] 国家体育总局课题:沙滩排球项目备战 2008 奥运会攻关研究(2006—2008)。负责中国女子沙滩排球队体能监测与评价;

[2] 国家体育总局课题:我国国家男女排比赛临场技战术信息的采集与处理(2004—2005)。参与测试,已结项;

[3] 国家体育总局课题:大型企业转制下社区体育发展模式研究(2004—2005)。负责资料的收集、整理与分析,已结项;

[4] 北京市教育科学规划课题:“三自”教学在高师公共体育课程中的实验研究(2003—2005)。负责资料的收集、整理与分析,已结项。