



# 王一梅强攻扣球技术动作解析

白海波

**摘要:** 采用三维 DLT 录像解析法对中国女排队员王一梅强攻扣球技术动作进行解析。结果表明, 王一梅在助跑阶段的最大水平速度分别为 375 cm/s; 起跳瞬间两足间距离的长短与起跳时间有密切关系, 即两脚间距离越短, 起跳时间也越短, 起跳动作完成的越快; 王一梅空中击球技术特征: 击球点高, 空中击球前合理运用了躯干向后展体扭转, 以加大躯干扭转角度, 击球瞬间有助于快速屈体和加快扭转角速度, 致使躯干连接部胸骨上缘的速度加快, 并依次带动肩、肘、手指掌关节速度的加快, 并达到最高速度峰值。

**关键词:** 王一梅; 强攻扣球技术; 动作解析

中图分类号: G804.6

文献标识码: A

文章编号: 1006-1207(2009)01-0081-04

## Analysis on the Spikes of Wang Yimei

BAI Hai-bo

(Jiang Nan University Institute of Physical Education, Wuxi Jiangsu 214122, China)

**Abstract:** Three-dimensional DLT video analysis was applied to analyze the spikes of Chinese women's volleyball player Wang Yimei. The result shows that the maximal level speed of Wang Yimei in run-up is 375cm/s. The distance between the two feet in takeoff has a close relationship to takeoff time, i.e., the shorter the distance between the two feet, the shorter the takeoff time. And the takeoff movement completes quicker. The technical characteristics of Wang Yimei in jumping spike is that she hits the ball at a high point and twists her body backward reasonably before hitting the ball. Thus the body torsion angle is enlarged so as to help bend the body quickly and speed up the torsion angular velocity in hitting. This accelerates the speed of the upper part of the sternum and the speed of the shoulder, elbow, finger and palm joints so as to reach the maximal speed.

**Key words:** Wang Yimei; spike technique; movement analysis

## 1 前言

王一梅为现役中国女排主力队员, 主攻手。在近年来的国际重大比赛中, 不仅反映出她身材高大弹跳能力强, 具备了世界级女排强攻手的高度优势。而且临场比赛表现出临危不乱、敢打敢拼、体能充沛、毫无倦意、心理素质较稳定, 具有年轻队员的朝气和活力。她的强攻扣球往往给对手以致命的威胁, 是中国女排“前鋒线”上的霹雳战将。尤其是在28届雅典奥运会女排大赛中, 她的凶猛的强攻扣球技术的稳定发挥, 为中国女排重夺奥运会女排冠军立下了汗马功劳。因此, 倍受国内外排球专家的极大关注。为了提高中国女排强攻技术水平, 我们认为, 有必要对王一梅强攻扣球技术全过程进行拍摄与解析, 其目的是客观地诊断其技术动作上的欠缺, 意在挖潜, 发挥优势, 改进不足。本研究, 虽以王一梅为典型范例, 但王一梅既有世界级女排强攻手的个性技术

特征也具有扣球技术的普遍共性特征, 因此, 如能为我国优秀女排球队强攻技术训练提供一些有益的参考。

## 2 研究对象与方法

### 2.1 研究对象

研究对象为中国女排现役主力队员杨昊、王一梅, 研究对象基本情况详见表1。

2003—2004步步高DVD杯全国女子排球联赛中, 辽宁女排与天津女排于2004年12月14日在辽化体育馆进行的一场比赛中, 对研究对象进行了现场拍摄。

### 2.2 研究方法

#### 2.2.1 三维摄像法

本研究摄像采用三维 DLT 摄像法。用三台日本松下 M9000 型摄像机, 对比赛现场进行定点、定焦全场拍摄,

表1 研究对象基本情况

Table 1 Basic Condition of the Subjects

姓名	出生年月	身高(m)	体重(kg)	拦网高度(m)	扣球高度(m)	运动等级
王一梅	1988.4	1.90	80	3.05	3.18	国际运动健将
杨昊	1980.3	1.83	75	3.14	3.19	国际运动健将

收稿日期: 2008-10-16

作者简介: 白海波(1954-), 男, 教授, 主要研究方向: 体育教育训练学、体育社会学研究, E-mail: baihb1158@163.com, TEL: 15852709395.

作者单位: 江南大学体育学院, 江苏 无锡 214122



比赛后用标准的 DLT 框架进行标定。快门速度  $1/1000\text{ s}$ ，拍摄频率为  $50\text{ Hz}$ ，机高为  $1.30\text{ m}$ ，摄像机 1、2 号，2、3 号机夹角均保持为  $80^\circ \sim 90^\circ$ ，每局比赛开始鸣哨时开机，其间除必要的更换电池外，中间不停机。拍摄过程中保持摄像机位置固定和各种参数不变（见图 1）。

### 2.2.2 运动影像分析法

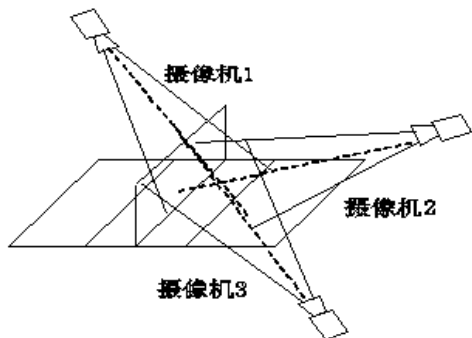


图 1 拍摄现场图

Figure 1 Plan of the Shooting Scene

采用爱捷 7.1 系统进行解析。选用日本松井秀治的标准人体模型，对 20 个环节点和 1 个排球附加点逐幅逐一进行三维标定。标定后，对技术动作进行数字化处理和三维空间坐标转换，解析出 4 号位强攻扣球技术所需要的各种技术参数和量化指标。采用解析系统默认的 5 点 3 次平滑技术对全部空间点和计算后的结果进行平滑处理，点坐标和数据、变量平滑的截断频率均为  $8\text{ Hz}$ 。

### 2.2.3 数理统计法

采用 office2000 软件包进行描述性统计分析和各种图表的绘制等。

## 3 结果与分析

### 3.1 助跑阶段

#### 3.1.1 助跑速度

从表 2 中显示王一梅、杨昊在助跑阶段的最大水平速度分别为  $375\text{ cm/s}$  和  $383\text{ cm/s}$ ，后者大于前者  $8\text{ cm/s}$ 。据日本学者都泽等的研究报道，世界优秀男女排球选手扣球助跑最大速度在  $290\text{ cm/s} \sim 442\text{ cm/s}$  之间，认为最佳速度值为  $400\text{ cm/s}$ <sup>[1]</sup>。王一梅、杨昊助跑阶段最大速度与其比较，均属正常值范围，并已非常接近于前世界级强攻手古巴女排路易斯  $398\text{ cm/s}$  的助跑阶段最大速度水平。表明中国女排强攻手已达到了世界级女排强攻手所具备的速度素质体能条件。

#### 3.1.2 最后一步步幅与后倾角

表 2 数据显示，王一梅助跑阶段最后一步步幅及后倾角分别为  $185\text{ cm}$  和  $21^\circ$ ，高于杨昊的  $158\text{ cm}$  和  $15^\circ$ ，差值为  $27\text{ cm}$  和  $6^\circ$ 。表明王一梅与杨昊比较，王一梅能更有效地利用加大最后一步步幅及着地瞬间的身体后倾角来充分制动身体向前的水平速度，以获得更大的弹跳高度水平。但从二者起落点间距离分别为  $80\text{ cm}$  和  $101\text{ cm}$  的参数分析，均属于“前冲型”助跑起跳技术特征。据 1981 年日本筑波大学科研组对世界一流男女选手扣球技术生物力学研究报道，“高跳型”助跑起跳技术特征的着地瞬间身体后倾角最佳角

度值范围应在  $23^\circ \sim 26^\circ$  之间<sup>[2, 3]</sup>。中国女排主攻手与其比较尚存在一定差距。因此，掌握多样化的助跑起跳技术，在不同位置上的合理运用，提高强攻扣球实效，是中国女排主攻手训练实践中急待改进与挖潜的重要技术课题之一。

表 2 起跳瞬间技术参数

Table II Technical Parameters in Takeoff

	王一梅	杨昊	差值
助跑阶段最大速度 ( $\text{cm/s}$ )	375	383	8
后倾角	21	15	6
起跳瞬间两脚间距 ( $\text{cm}$ )	59	52	7
起跳蹬伸时间 ( $\text{s}$ )	0.28	0.26	0.02
起落点间距离 ( $\text{cm}$ )	80	101	21
最大垂直速度 ( $\text{cm/s}$ )	255	295	40
最大水平加速度 ( $\text{cm/s}^2$ )	-1250	-1750	500
最大垂直加速度 ( $\text{cm/s}^2$ )	2750	2950	200
弹跳高度 ( $\text{cm}$ )	78	83	5

### 3.2 起跳阶段

#### 3.2.1 两脚间距离与起跳时间

表 2 中可见，王一梅、杨昊扣球时起跳瞬间两脚间距离与起跳时间技术参数虽存在着一定差异，但并不明显。都具有起跳瞬间两脚间距离长的技术特征（ $59\text{ cm}$  和  $52\text{ cm}$ ）。正由于起跳瞬间两脚间距离长，身体重心投影点的位置、支撑点及作用力等因素的相互作用，决定了起跳动作必须是左右脚依次蹬伸完成，先右脚蹬伸离地后，左脚才开始完成蹬伸离地动作，因此延长了全部起跳蹬伸动作时间（ $0.28\text{ s}$ ； $0.26\text{ s}$ ）。据日本筑波大学的相关研究报道<sup>[2, 3]</sup>，前世界级女排主攻手路易斯起跳瞬间两脚距离短，仅为  $17.3\text{ cm}$ ，起跳时间为  $0.10\text{ s}$ 。中国女排主攻手与其比较有明显差异。由于起跳瞬间两脚距离短，决定了身体重心投影点与支撑点处于接近与地面垂直的一条直线上，因此左右脚几乎是同时快速蹬伸来完成起跳动作，表现出整个起跳动作快速有力。这说明运动选手在扣球起跳时，两足间距离的长短与起跳时间有密切关系，即两脚间距离越短，起跳时间也越短，起跳动作完成的越快。

#### 3.2.2 水平及垂直加速度

表 2 相关数据显示，王一梅、杨昊在助跑最后一步着地时仍然保持着一定的水平速度（ $210\text{ cm/s}$  和  $190\text{ cm/s}$ ），水平加速度虽降至（ $-1250\text{ cm/s}^2$  和  $-1750\text{ cm/s}^2$ ）水平，但并没有达到最佳值范围。与此同时其垂直加速度上升至（ $2750\text{ cm/s}^2$  和  $2950\text{ cm/s}^2$ ），并分别以  $255\text{ cm/s}$  和  $295\text{ cm/s}$  的起跳垂直速度获得了  $78\text{ cm}$  和  $83\text{ cm}$  的弹跳高度。上述数据分析可以证明，起跳瞬间水平加速度的减小及垂直加速度的增加，其数值越大就越能获得更大的弹跳高度。虽然有关数据还不能更有力地证明“前冲型”起跳的女排强攻手，其弹跳高度就有降低的趋向，但却暗示着起跳时腿部爆发力不能全部作用于起跳垂直面，致使弹跳高度有降低的可能<sup>[1, 4]</sup>。

上述分析结果不仅表明，王一梅、杨昊在助跑起跳阶段的运动学分析结果与国内学者相关研究结果的趋同性，同

时也证明了生物力学研究方法在该研究领域的客观准确性。

### 3.3 空中击球环节

#### 3.3.1 关于空中击球躯干运动特征

空中击球是人体失去支撑点在空中完成的相向运动,人体在空中击球发力主要依靠躯干的力量。是人体运动生物链中的关键起始环节,空中击球时躯干首先开始运动加速,获得一定的动量,然后通过快速挥臂使躯干制动,把躯干的动量传递给手臂,使手臂获得较高的运动速度。因此,通常将躯干扭转角及角速度作为评价扣球空中击球环节的最重要的生物力学指标参数。

关于躯干扭转角的定义:

在躯干移动坐标系X-Y平面,投影的两肩关节点相连接的线段和两股骨关节点相连接线段的面所构成的夹角<sup>[6]</sup>。击球时躯干向后并扭转为负值,向前屈体为正值。空间直角坐标系的构成,是以左右两股骨关节点相连线中心点为空间直角坐标系的圆点O, Y轴为击球前以圆点为起点垂直两股骨关节连线的向量; X轴为圆点到右股骨关节点的向量; Z轴为圆点到胸骨上缘的向量<sup>[5、7]</sup>(见图2)。

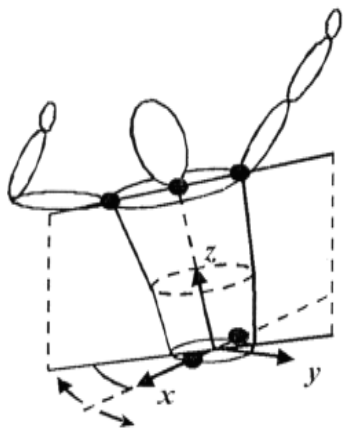


图2 躯干扭转角定义示意图

Figure 2 Definition Schema of Body Reverse Angle

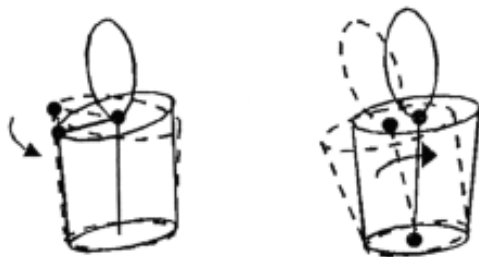
表3 扭转角及角速度、肩关节点速度参数

Table III Parameters of Reverse Angle, Angular Velocity and Shoulder Joint Speed

	王一梅	杨昊	差值
腰扭转角(°)	15	10	5
腰扭转角速度(rad/s)	-55	-44	11
肩关节点速度(m/s)	3.2	1.8	1.4

表3相关数据显示,王一梅空中击球躯干向后展体腰扭转角为15°;击球时向前屈体扭转角速度为-55 rad/s;肩关节点速度为3.2 m/s,高于杨昊的空中击球躯干向后展体腰扭转角10°;击球时向前屈体扭转角速度为-44 rad/s;肩关节点速度为1.8 m/s,差值分别为5°;11 rad/s;1.4 m/s。经反复观察和数据解析,产生上述差异的主要原因(见图3),是由于从躯干连接部位观察肩的相对速度,包含着相对于躯干连接部位的胸骨上缘的相对速度和相对于胸骨上缘肩的相对速度两大要素。当运动员在空中击球时躯干向后展体扭转并使肩关节向后绕身体垂直轴转动,此时表

现为上体躯干扭转角加大,击球时上体躯干向前快速屈体扭转,致使扭转角速度加快,而扭转角速度加快必然导致躯干连接部胸骨上缘的速度加快,同时并依次带动了肩、上臂、前臂、手指掌关节速度的加快,最终使手指掌关节的速度达到最高峰值。这也是王一梅空中击球时肩关节点速度明显高于杨昊空中击球时肩关节点速度的生物力学要素所在。



A 相对胸骨上缘肩的速度 B 躯干连接部胸骨上缘的速度

图3 躯干扭转对肩关节速度贡献模型图

Figure 3 Model of the Contribution of Body Torsion toward Shoulder Joint Velocity

#### 3.3.2 挥臂动作速度特征

表4相关数据表明,王一梅空中击球挥臂动作能充分利用肩、肘、指关节点的速度,分别为3.2 m/s; 6.4 m/s; 14.8 m/s。相对肩、肘的速度,肘、指掌关节点的速度几乎以2倍的速度递增。其原因是空中击球过程中,躯干向后展体和向前屈体动作比较充分,使手臂绕额状轴的转动惯量增大,力矩随之增大,因此肩、肘、指掌关节点的速度也依次增大,使指掌关节点的速度达到最高峰值水平(14.8 m/s),是最终导致击球后球飞行速度快(24.9 m/s)的重要原因之一<sup>[4、6、8~10]</sup>。

而杨昊空中击球挥臂动作是击球手臂肘关节向后平行拉引大致与肩关节点平行,然后以肩关节为轴,向前上方回旋加速作鞭打动作,当肩肘向上运动时,有一个明显的提肩抬肘动作,使肩肘同时受到一个向上的力,这个力与手掌向上方击球的力形成了一个力偶矩,这个力偶矩使肩肘速度有所下降,但却能有效地提高手掌击球瞬时速度(C-B)差值10.1明显高于王一梅的(C-B)差值(8.4),表现为突然、快速、隐蔽性强<sup>[2、3、11、12]</sup>。

#### 3.3.3 击球点相对空间位置 and 高度

扣球是超越球网并突破对手的拦网,将球击入对方场区的攻击性技术。从合理性和经济性的角度分析,在合理的最高点位置上完成击球挥臂动作是最理想的<sup>[9]</sup>。从表5相关参数表明,王一梅空中击球高度H值为293 cm, Y垂直轴方向为61 cm,分别高于杨昊空中击球高度H值281 cm和Y垂直轴方向50 cm,差值分别为12和11 cm。分析其原因,(见图4)主要是王一梅在空中击球时,手臂屈肘并向头后侧上方抬起,使肘关节点始终处于高于肩关节点的状态,挥臂时迅速屈体收腹为发力的起始点,并以肩为轴带动肩、肘、腕关节向前上方作鞭打动作。由于肘关节在空中挥臂击球全过程中能始终保持在较高的位置上,致使肩、上臂、前臂能够向上方充分伸展,是确保在最高点击球的技术关键所在;而杨昊在空中击球时,手臂屈肘向头后侧方拉引,肘关

表4 挥臂速度参数 (m/s)  
Table IV Windup Speed Parameters (m/s)

	肩关节A	肘关节B	指掌关节C	球初速度D	(B-A)差值	(C-B)差值	(D-C)差值
王一梅	3.2	6.4	14.8	24.9	3.2	8.4	10.1
杨 昊	1.8	3.7	13.8	22.7	1.9	10.1	8.9



图4 王一梅4号位全程扣球棒框图  
Figure 4 Stick Diagram of Wang Yimei's Full-Course Spike at Position No.4

表5 击球点位置、高度参数 (cm)  
Table V Parameters of Ball Hitting Positions and Height (cm)

	X	Y	Z	H
王一梅	35	61	3	293
杨 昊	37	50	3	281
差 值	2	11	0	12

节点处于与肩关节平行的状态,击球动作是以肩关节为轴带动上臂、前臂向前上方作回旋加速挥臂,但由于肩关节处于较低的状态且向前挥臂的速度较快,致使肩、上臂、前臂向上方充分伸展受到一定限制,是导致不能在最高点击球的原因。

## 4 结论与建议

4.1 王一梅在助跑阶段的最大水平速度分别为 375 cm/s, 已达到了世界级女排强攻手应具备的速度素质体能条件。

4.2 起跳瞬间两足间距离的长短与起跳时间有密切关系,即两脚间距离越短,起跳时间也越短,起跳动作完成的越快。同时起跳瞬间水平加速度的减小及垂直加速度的增加,其数值越大就越能获得更大的弹跳高度。

4.3 王一梅起跳至落点间距离为 80 cm, 具有“前冲型”助跑起跳技术特征。

4.4 王一梅空中击球技术特征体现在:击球点高(293 cm),空中击球前合理运用了躯干向后展体扭转并使肩关节向后绕身体垂直轴转动,以加大躯干扭转角度,击球瞬间有助于向前快速屈体和加快扭转角速度,从而使躯干连接部胸骨上缘的速度加快,并依次带动肩、肘、手指掌关节速度的加快,使手指掌关节的速度达到最高峰值(14.8 m/s),最终导致击球后球的速度加快(24.9 m/s)。

4.5 肘关节在空中挥臂击球全过程中始终保持在较高的位置上,有利于肩、上臂、前臂能够向上方充分伸展,是确保在最高点击球的技术关键。

4.6虽然王一梅助跑阶段最大速度水平已达到了世界级女排强攻手所具备的速度素质体能条件,但对其助跑起跳阶段的动作解析表明,具有“前冲型”助跑起跳技术特征。因此,掌握多样化的助跑起跳技术,在不同位置上的合理运用,提高强攻扣球高度与力量实效,是中国女排主攻手训练实践中亟待改进与挖潜的重要技术课题之一。

## 参考文献

- [1] 都泽 凡夫. 对世界一流男女选手扣球技术分析[J]. 日本排球月刊, 1983 (4)-1984 (3)
- [2] 白海波. 现代排球扣球技术的理论研究[J]. 中国体育科技, 2001, (37): 87-90
- [3] 郭静如. 排球强攻空中姿态的运动生物力学分析[J]. 天津体育学院学报 1997, 12 (3): 63-66
- [4] 白海波. 世界优秀女排强攻手扣球技术特征[J]. 沈阳体育学院学报, 1997, 6 (1): 27-30
- [5] 体育系通用教材. 运动生物力学[M]. 北京: 人民体育出版社, 2003.
- [6] 全国体育院校教材委员会审定. 排球运动[M]. 北京: 人民体育出版社, 1999. 114-121
- [7] 体育系通用教材. 运动解剖学[M]. 北京: 人民体育出版社, 2000. 78-87
- [8] 体育系通用教材. 排球[M]. 北京: 人民体育出版社, 1983. 95-96 吕品.
- [9] 体育学院专修教材. 排球[M]. 北京: 人民体育出版社, 1991. 119-126
- [10] 白海波. 现代排球教程[M]. 辽宁: 辽宁民族出版社, 2003. 58-74
- [11] 黄尔联. 对中国女排运动员正面扣球两种挥臂动作的研究[J]. 西安体育学院学报, 1989, 4 (1): 36-45
- [12] 杨昊与古巴女排运动员后排扣球空中击球技术动作分析[J]. 中国体育科技, 2004, 40 (2): 48-50

(责任编辑: 何聪)