

国内外女子链球优秀运动员旋转技术的运动学分析

邓罗平¹, 许占鸣²

(1.湖南科技大学 体育学院, 湖南 湘潭 411201; 2.北京体育大学 竞技体育学院, 北京 100084)

摘 要: 对获得第 29 届奥运会女子链球冠军的米安科娃和季军的张文秀的旋转技术进行拍摄, 运用德国 SIMI-motion 录像解析系统对两位选手的技术进行解析。结果表明: 两位选手在旋转阶段各时相的重心高度无显著性差异; 但米安科娃的旋转速度显著高于张文秀, 且单、双腿支持的时间及其比例、链球运行的斜面角、肩髋和肩链的角度等均优于张文秀。

关 键 词: 运动学分析; 女子链球运动员; 旋转技术; 北京奥运会

中图分类号: G824.4 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006-7116(2009)01-0073-04

Kinematical analysis of the spinning techniques of excellent female hammer throwers at home and abroad

DENG Luo-ping¹, XU Zhan-ming²

(1.School of Physical Education, Hunan University of Science and Technology, Xiangtan 411201, China;

2.School of Sports, Beijing Sports University, Beijing 100084, China)

Abstract: The authors shot the spinning techniques of Miankewa and ZHANG Wen-xiu, respectively the champion and bronze medalist of women's hammer throw in the 29th Olympic Games, analyzed their techniques by using SIMI-motion video analysis system made in Germany, and revealed the following findings: there is no significant difference between the two players in terms of the height of the center of gravity at various time intervals at the spinning stage; however, the spinning speed of Miankewa was significantly higher than that of ZHANG Wen-xiu, and the time and proportion of single and double leg support, the bevel angle of hammer movement, and the angle between the chain and shoulder, of Miankewa, were all superior to the same of ZHANG Wen-xiu.

Key words: kinematics analysis; female hammer throwers; spinning technique; Beijing Olympic Games

自 1997 年国际田联确定将女子链球列为 1999 年世界田径锦标赛和 2000 年奥运会的正式比赛项目以来, 世界女子链球项目运动成绩开始迅猛增长。我国女子链球项目起步较晚, 但发展极为迅速。自 1998 年以来, 我国涌现了一大批女子链球优秀运动员, 如顾原、张文秀、赵巍、刘瑛慧、李晓雪、赵文江等, 在刚刚结束的北京奥运会上, 张文秀以 74.32 m 的赛季最好成绩实现了我国奥运会女子链球项目奖牌“零”的突破, 但她与冠军获得者白俄罗斯选手米安科娃的成绩仍相差 2.02 m, 可见, 我国女子链球与国际水平仍有一定差距。因此, 有必要研究国内外优秀选手的投掷技术以促进我国女子链球运动的发展。

旋转作为投掷技术的重要环节, 在掷链球技术中

占有很重要的地位。研究表明, 世界优秀运动员旋转结束时链球运动速度可达最后出手速度的 70% 左右^[1]。同时, 旋转是掷链球最复杂的技术环节, 在旋转过程中, 运动员既要克服链球高速运行所产生的离心力, 又要保持技术和运动方向的正确性。因此, 找出国内外优秀选手在旋转技术中的差异, 对提高我国女子链球水平有重要的指导意义。

本研究采用 2 台 JVC9800 高速摄影机, 其中 1 台位于投掷圈正后方 20.3 m 处, 另 1 台位于投掷圈右侧 23.7 m 处, 机高 1.25 m, 拍摄频率为 100 f/s。拍摄从链球预摆到出手的全程技术动作。采用 Peak 三维标定框架, 三维框架的 X 轴正向平行于投掷方向, 三维框架的重心垂直于投掷圈的中心点。

影片解析采用德国 SIMI-motion 录像解析系统,解析图片总计 512 幅,采用汉纳范人体数学模型,经低通滤波法对原始数据进行平滑处理,取得有关的运动学数据。

1 结果与分析

由于链球的预摆和旋转衔接比较紧密,因此有必要对第 1 圈旋转开始进行界定,它的界定对下面特殊时相的选择和第 1 圈旋转技术的研究有重要意义;而且由于旋转技术比较复杂,运动结构特殊,必须对它的运动结构进行分解。选择特殊时相,根据特殊时相,把掷链球技术分为以下几个时相^[2]。预摆结束后的右脚脚跟开始转动(即链球位于最低点右侧)时确定为第 1 圈旋转的开始。完整的旋转技术分为 10 个时相: t_0 为预摆结束后的旋转开始; t_1 为右脚第 1 次离地瞬间; t_2 为右脚进行旋转后首次着地瞬间(第 1 圈); t_3 为右脚第 2 次离地瞬间; t_4 为右脚第 2 次着地瞬间(第 2 圈); t_5 为右脚第 3 次离地瞬间; t_6 为右脚第 3 次着地瞬间(第

3 圈); t_7 为右脚第 4 次离地瞬间, t_8 为右脚第 4 次着地瞬间(第 4 圈); t_9 为链球出手瞬间。

1.1 旋转速度

表 1 表明:米安科娃在 t_0 、 t_2 、 t_4 、 t_6 、 t_8 、 t_9 的速度增量分别为:1.4、2.5、3.4、3.1、3.5 m/s,其速度增量较为平缓且呈持续上升趋势;而张文秀在 t_0 、 t_2 、 t_4 、 t_6 、 t_8 、 t_9 的速度增量分别为 1.7、2.1、3.2、2.7、2.4 m/s,其速度增量呈现出先升后降的趋势,速度增量的减少限制了张文秀出手速度的提高。经检验,两人的旋转速度差异有显著性。研究表明:预摆速度过慢会造成在旋转阶段急剧加速,增加旋转过程的负担并且很容易破坏节奏;而预摆速度过快则会由于运动员本身能力的限制,在旋转过程中把握不了与链球的平衡,造成减速或不能完成投掷动作。合适的预摆速度使随后的旋转节奏紧凑,有利于动作顺利完成^[3]。另外,优秀运动员要保持在预摆、旋转、出手阶段有明显而较平均的速度增量。

表 1 各圈结束时旋转速度

运动员	t_0	t_2	t_4	t_6	t_8	t_9	\bar{X}	s	T
米安科娃	14.8	16.2	18.7	22.1	25.2	28.7	20.9	5.38	3.714 1
张文秀	14.1	15.8	17.9	21.1	23.8	26.2	19.8	4.71	

1.2 旋转阶段单、双脚支撑时间及比率

链球速度增长主要来自于旋转的双脚支撑阶段。为了促进链球的持续加速,在旋转过程中运动员应努力增加双脚支撑时下肢的工作距离,双脚支撑时间应长于单脚支撑时间^[4-5]。当双脚支撑时间与单脚支撑时间的比率大于 1 时,链球将获得一定加速度^[6]。表 2 表明:两名运动员双脚支撑总时间均高于单脚支撑的时间,这为链球的速度增长提供了动力。米安科娃双脚支撑时间与单脚支撑时间的比率均大于 1,且旋转

各圈结束时均大于张文秀;另外,张文秀旋转总时间(2.26 s)大于米安科娃(2.15 s),而单、双脚支撑时间占旋转总时间的百分比:张文秀分别为 46.5%和 53.5%,米安科娃分别为 40.5%和 59.5%,这表明张文秀在旋转过程中单、双脚支撑时间配合方面略低于米安科娃。米安科娃不仅旋转总时间短,而且在整个旋转过程中,双脚支撑时间始终超过单脚支撑时间,有利于加快旋转动作节奏。

表 2 旋转阶段单、双脚支撑时间及比率¹⁾

运动员	t_2			t_4			t_6			t_8			总时间/s		
	ss/s	ds/s	d/s	ss/s	ds/s	d/s	ss/s	ds/s	d/s	ss/s	ds/s	d/s	ss	ds	$t_{总}$
米安科娃	0.22	0.37	1.68	0.21	0.32	1.52	0.22	0.28	1.27	0.23	0.31	1.35	0.87	1.28	2.15
张文秀	0.27	0.33	1.22	0.24	0.29	1.21	0.28	0.25	0.89	0.26	0.34	1.31	1.05	1.21	2.26

1) ss: 单脚支撑时间; ds: 双脚支撑时间; d/s: 双支撑与单支撑的比值; $t_{总}$: 旋转总时间

1.3 链球运行斜面角

合理增大链球运行斜面,是实现旋转与最后用力衔接、获得适宜出手角度的关键^[7]。由于较小的斜面角

会使运行中的链球产生较大的水平方向的离心分力。为此,运动员必须依靠上体后仰来抵抗这种过大的水平离心分力;较小的斜面角还会使链球在运行中产生

的垂直离心分力过小，导致运动员身体重心下降幅度较小。两种分力作用的结果，使运动员在旋转过程中难以保持支撑的稳定性^[8]。张文秀在整个旋转过程中，链球运行斜面角均低于米安科娃，较大的链球运行斜面角使得米安科娃保持了较好的技术衔接并获得了适宜的出手角度。

旋转最后一圈链球运行斜面角越接近出手角度，可使旋转与最后用力衔接更连贯，有利于提高最后用力的效果^[3]。研究表明，在 t_6 和 t_9 之间，米安科娃的链球运行斜面角分别为 37.8° 和 38.6° ，仅相差 0.8° ，而张文秀则相差 3.6° 。为了保证较合理的出手角度，张文秀只有在最后用力阶段采用上体大幅后仰来完成掷球动作，影响了技术的连贯性和实效性。

表 3 旋转阶段各个时相左膝角变化 (°)

运动员	t_0	t_2	t_4	t_6	t_8	t_9	\bar{X}	s	T
米安科娃	155	137	135	121	109	146	133.8	16.67	0.265 4
张文秀	151	140	132	124	111	147	134.2	15.01	

1.5 旋转阶段各时相身体主要关节角度参量变化特征
1) 旋转阶段各时相肩髋角。

肩髋角为肩横轴和髋横轴在水平面所形成的夹角，它反映的是运动员躯干扭转的状况。主要通过肩横轴和髋横轴在旋转的单、双支撑阶段相互超越运动下完成的，二者之间的角度表示躯干在使链球加速运动的作用。一般肩髋角最大值出现在着地之时或着地之前，最小值出现在离地之时或离地前。这表明在单支撑阶段运动员躯干处于最大扭曲状态，躯干肌群处于最大程度拉伸状态，为双支撑阶段躯干的发力创造良好的工作条件，在进入单支撑阶段躯干扭曲的程度最小，有利于骨盆及时进入单支撑阶段的快速扭转运动^[2]。由于双支撑阶段是对链球加速的主要阶段，所以我们着重对运动员此阶段进行分析。

图 1 表明：米安科娃在双支撑阶段不同时相的扭转角呈逐渐上升的趋势，到 t_6 时，肩髋角达到 96° ，这说明她能在最后用力时把整个身体扭紧，为达到最佳的最后用力效果打下基础。张文秀前 3 圈的扭转角与米安科娃接近一致，但到 t_6 时，肩髋角只有 78° ，出现用力过早现象，影响最后用力。

2) 旋转阶段各个时相肩链角。

肩链角为手和第 7 颈椎棘突连线与右肩之间的夹角，它主要反映肩关节超越器械的状态。在整个旋转过程中，如果手与两肩中线的角度为 90° ，说明运动员手与肩中心点在一条直线上，是一种高效的超越器

1.4 旋转阶段各个时相身体重心变化

膝角为大腿轴线和小腿轴线之间的夹角，它分为左膝角和右膝角，由于左膝角在旋转过程中始终是支撑脚，所以，本研究主要以分析左膝角的变化来反映运动员身体重心的上下起伏的程度。

由表 3 可知：两位选手随着旋转圈数的增加，运动员左膝关节屈度不断增加。说明她们在旋转过程中身体重心逐渐下降，而这种技术特点正好与现代掷链球技术发展趋势相吻合，符合右脚晚抬早落的特点和链球旋转技术的规律^[9]。经检验，米安科娃和张文秀在旋转阶段各时相的左膝关节角度差异无显著性，说明两位选手在旋转过程中，身体重心的起伏程度控制水平基本接近。

械动作，而低于 90° 的说明手在肩的中线右边，降低了超越器械动作效果。

图 2 表明：米安科娃在旋转过程中，肩链角基本维持在 90° 左右，这说明她的肩关节超越器械较好，有利于在最后 1 圈的加速和用力。与肩髋角类似，张文秀前 3 圈与米安科娃的肩链角基本趋于一致，但从第 4 圈开始，肩链角逐渐开始下降，影响肩关节的超越器械动作。

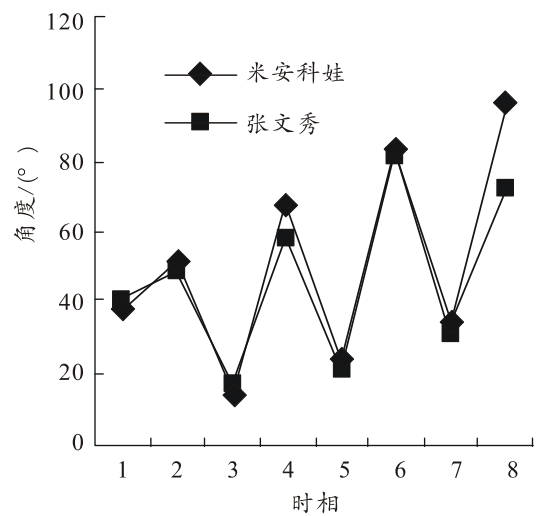


图 1 旋转阶段各个时相肩髋角参数

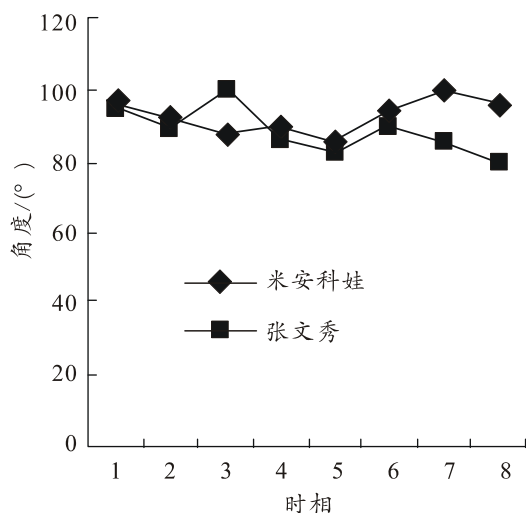


图2 旋转阶段各个时相肩链角参数

2 结论与建议

1)两位选手在旋转全过程中,旋转速度均呈上升趋势。米安科娃旋转过程中的速度增量平稳且呈持续上升趋势,保证了链球良好的出手速度。张文秀旋转过程中的速度增量呈现先升后降的趋势,导致最后链球的出手速度低于米安科娃。经一致性检验,两人旋转速度呈显著性差异。

2)米安科娃单腿支持和双腿支持的时间分别占40.5%和59.5%,高于张文秀的46.5%和53.5%,较长的双腿支撑时间保证了她对链球的持续用力,且旋转的总时间低于张文秀,保证了较快的旋转速度。

3)张文秀的链球运行斜面角在整个旋转过程中均低于米安科娃,较大的链球运行斜面角使得米安科娃保持了较好的技术衔接并获得了适宜的出手角度。

4)两位选手在旋转过程中,身体重心的起伏程度基本相同。经一致性检验,两人在旋转阶段各时相的左膝关节角度无显著性差异。

5)旋转过程中,米安科娃的肩髋角不断增加,最后用力前达到 96° ,且肩链角基本维持在 90° 左右,其超越器械技术较好;张文秀的肩髋角和肩链角均呈先升后降趋势,最后用力前只有 78° 和 81° ,影响最后用力效果。

参考文献:

- [1] 文超. 田径运动高级教程[M]. 北京: 人民体育出版社, 1994.
- [2] 智勇, 冯海涛, 董海军. 我国优秀女子链球选手投掷技术运动学特征的研究[J]. 广州体育学院学报, 2007, 27(5): 27-32.
- [3] 陈老虎. 我国优秀女子链球运动员旋转速度的比较研究[J]. 西安体育学院学报, 2007, 24(3): 98-101.
- [4] 同瑞. 女子链球投掷技术的运动学特征[J]. 田径, 1999(4): 23-25.
- [5] 康利则. 优秀女子链球运动员投掷技术的运动学分析[C]//第七届全国体育科学大会摘要汇编(二), 2004: 118.
- [6] 邵崇禧, 刘昌亚, 汪康乐, 等. 我国优秀女子链球运动员顾原旋转技术的运动学分析[J]. 成都体育学院学报, 2005, 31(5): 67-69.
- [7] Giggs W H. Biomechanical analysis of the hammer throw[M]. American Track and field, 1990.
- [8] 徐勤儿, 刘昌亚, 赵军. 江苏省优秀女子链球运动员旋转技术的运动学分析[J]. 成都体育学院学报, 2007, 33(5): 80-84.
- [9] 室伏重信[日]. 链球[M]. 李鸿江等, 译. 北京: 人民体育出版社, 2001.

[编辑: 周威]