

女子链球优秀运动员张文秀技术动作分析

晏韬¹, 晏路明²

(1.北京体育大学 运动人体科学学院, 北京 100084; 2.福建师范大学 体育科学学院, 福建 福州 350007)

摘 要: 采用两台 JVC3000 高速摄像机对中国女子链球优秀运动员张文秀的技术动作进行三维摄影测量, 获得较为全面的人体运动学数据; 运用 SPSS 软件对数据进行筛选和相关分析, 发现该运动员在旋转时间、轨迹和速度等技术参数方面存在着一些制约成绩提高的问题, 诸如双支撑时间短于单支撑时间、各圈(尤其第 1 圈)的轨迹倾角偏大、加速过程太短、单支撑阶段过于强调加速及双支撑阶段旋转过快、持续加速能力不强等。建议采取诸如提高双支撑阶段的加速用力、合理降低各圈的轨迹倾角、注意摆动脚的“晚提早落”、第 1 圈的加速不宜过急及注意调整该圈的单支撑动作等技术改进措施, 以提高持续加速能力。

关 键 词: 运动技术动作; 链球; 张文秀

中图分类号: G824.4 文献标识码: A 文章编号: 1006-7116(2009)01-0077-05

Analysis of the technical moves of ZHANG Wen-xiu as an excellent female hammer thrower

YAN Tao¹, YAN Lu-ming²

(1.Sport Science College, Beijing Sport University, Beijing 100084, China;

2.School of Physical Education, Fujian Normal University, Fuzhou 350007, China)

Abstract: The authors performed 3D photographic measurement on the technical moves of ZHANG Wen-xiu as an excellent female hammer thrower in China to get relatively comprehensive body movement data by using two JVC3000 high-speed cameras, screened and analyzed the data by using SPSS software, and revealed the following findings: in terms of such technical parameters as spinning time, spinning track and spinning speed, there were some problems with this player, which restricted the enhancement of her performance, such as the double leg supporting time was shorter than the single leg supporting time; the angle of inclination of the track of various swirls (especially the first swirl) was somewhat too big; the accelerating process was too short; too much attention was paid to acceleration at the single leg supporting stage; the spinning at the double leg supporting stage was too fast; the sustainable accelerating power was not high. The authors put forward the following technical improvement measures for enhancing her sustainable accelerating capacity: increase the power for the acceleration at the double leg supporting stage; rationally lower the angle of inclination of the track of various swirls; try to lift the swinging leg later and set it down earlier; do not accelerate too much at the first swirl and try to adjust the single leg supporting move for this swirl.

Key words: technical moves; hammer throw; ZHANG Wen-xiu

链球是一项技术复杂的运动项目。我国女子链球运动起步较晚, 针对其训练的科学研究也极为有限。目前国内为数不多的链球研究, 从运动员的身体形态、身体素质、运动技术等各个角度, 对提高运动成绩的

途径进行过积极的探索, 给出过不少有益的启示, 但存在着尚需改进之处。文献检索显示, 早期的链球运动研究多属微观定性分析, 虽然针对性强, 但缺乏有效的数据分析支持。而近年来出现的一些定量研究,

为链球运动研究乃至体育科学研究起到非常积极的促进作用,但也存在着一些不足。这些定量研究所涉及的样本来自不同运动员,其指标又多为宏观素质指标,在样本足够大的前提下虽能在一定程度上把握共性,对链球运动员的群体训练、选材、分类等给出较明确的评判,但由于缺乏针对具体技术动作的微观分析,故难以对运动员个体的训练做出行之有效的具体指导。本研究试图将早期微观定性研究的运动技术思路与近期定量研究的数据分析方法进行有机融合,以中国女子链球优秀运动员张文秀为例,在大样本的支持下对链球技术参数进行理论筛选和统计学处理分析,以期发现运动成绩与运动技术之间的相关关系,进而为该运动员及教练员针对性地整改和科学地设计训练方案提供理论依据,对其他链球运动员及教练员亦有借鉴价值。

张文秀是我国女子链球优秀的运动员,曾打破女子链球亚洲纪录。本研究使用两台 JVC3000 高速摄像机对张文秀的运动技术动作进行三维摄影测量,采集了 72 项动作参数指标,与其相应的运动成绩一道组成

指标集。总共采集了该运动员 28 次的动作源数据,构成专门的数据样本集。数据采集时段为 2003-2006 年,采集地点包括广西南宁、贵州清镇、山东日照、天津、北京、广东中山、重庆、湖南长沙等地。

将所采集的数据输入 EXCEL 工作表,然后导入统计软件 SPSS 11.0 之中,对其进行统计相关分析^[1]。从中筛选出与运动成绩显著相关的因子,这些因子涉及时间参数、轨迹参数、速度参数和出手参数等。现将结果报告如下。

1 时间参数

1)单、双支撑时间及其比例和比率对成绩的影响。

链球的出手是通过运动员的 4 圈旋转加速来完成的。运动员在各圈上所花的时间,以及每一圈中双支撑阶段、单支撑阶段花费的时间及其所占比例和二者间的比率,都可能影响到旋转速度、动作节奏和出手速度,最终将影响到运动成绩。表 1 为张文秀与俄罗斯女子链球运动员库岑科娃在这方面的测量数据对比。

表 1 张文秀与库岑科娃的各圈单、双支撑时间及其所占比例对比

运动员	阶段	各圈时间/s				时间总计/s	不同阶段时间所占比例/%
		第 1 圈	第 2 圈	第 3 圈	第 4 圈		
张文秀	双支撑	0.19	0.30	0.23	0.21	0.93	44.5
	单支撑	0.35	0.28	0.27	0.26	1.16	55.5
库岑科娃	双支撑	0.40	0.33	0.24	0.23	1.2	55.6
	单支撑	0.30	0.22	0.23	0.21	0.96	44.4

由表 1 可见,张文秀在 28 次投掷动作中双支撑时间所占比例平均为 44.5%,明显少于库岑科娃的 55.5%。另据文献[2]报道,中外男子链球运动员双支撑时间所占比例的差异也很明显,诸如中国运动员:从常青为 49.8%,叶奎刚为 47.8%,刘福祥为 46.2%等;外国运动员:谢迪赫为 50.7%,利特文诺夫为 51.2%等。可见,张文秀的这种双支撑时间短于单支撑时间的现象在国内带有一定的普遍性。

根据邦达丘克的研究结果,链球速度的增长主要来自旋转过程中的双脚支撑阶段^[3-4]。为促进链球的持续加速,在旋转过程中就应努力增加双脚支撑时下肢的工作距离,双脚支撑时间就应长于单脚支撑时间。卡尔文等对世界 A 级链球比赛运动员多年的现场统计分析结果表明:运动员在旋转阶段的双支撑(ds)/单支撑(ss)时间比率(d/s ratio),与链球成绩呈显著正相关($r=0.93, P<0.01$)^[5]。这一正相关结果意味着增加双支

撑时间可提高成绩。

然而在对张文秀的 28 次投掷动作进行运动技术统计分析时却发现,该运动员的双支撑与单支撑时间比率和双支撑时间竟然都与其出手速度及成绩呈负相关。从这一负相关结果似乎又有理由认为减少双支撑时间是提高该运动员成绩的一个途径。

出现上述正相关与负相关矛盾的原因何在?表 1 显示,张文秀各圈的双支撑时间均已小于库岑科娃,可见该运动员成绩不高应该不能归咎于其双支撑时间过长,而只能解释为她自身在旋转技术上出现了问题,导致其不能很好地利用双支撑时间来对链球加速。

通过仔细观察张文秀各次投掷动作的视频,并参考陈敏洁^[6]的研究成果和专家函调,发现张文秀及国内其他运动员普遍出现的这种单、双支撑时间比例失调问题,可能均源于这么一种旋转技术定式:强调以下肢超越上肢的方式进行加速旋转,以及在单支撑后半

阶段应积极转扣摆动脚和下降身体来带动球。在这种旋转技术定式下, 身体重心下降过早, 无疑会给本应及早进入双支撑阶段的旋转加速设置障碍。由于旋转加速主要依靠躯干大肌肉群扭转发力, 如在单支撑后半阶段就开始拉球发力, 将因下肢尚未获得较大转动力矩而影响链球的加速效果。此外, 旋转发力过早还将使链球加速的主要动力来源——肩轴和髋轴的扭转程度及下肢蹬伸肌群的势能, 在单支撑阶段就损失了一部分; 而进入双支撑阶段后虽有较好的支撑发力条件, 却因单支撑后半程的过早发力, 使得肩轴和髋轴提前进入平行状态, 失却继续加速的条件, 右脚被迫提前离地, 致使双支撑作用时间缩短, 影响链球的加速效果。因此, 在这种旋转技术定式下, 单纯地刻意延长双支撑时间是没有意义的, 因为即使再多给出时间, 平行状态之下的肩轴和髋轴也无法为躯干大肌肉群提供足够的发力距离, 因而也就无法使链球再作进一步加速, 多出的时间反而会使链球减速。这也就是造成张文秀数据中双支撑与单支撑时间比率和双支撑

总时间均与其速度及成绩呈显著负相关的原因。在这种技术定式下, 运动员为保持较高的旋转速度, 不得不过早地进入下一个单支撑环节, 由此造成双支撑与单支撑时间比率始终小于 1, 即双支撑时间始终低于单支撑时间的现象。受制于这种技术定式, 若刻意去提高双支撑时间或减少单支撑时间, 反而会破坏旋转节奏而引起成绩下降。

2) 时间圈际递减率对成绩的影响。

现代掷链球技术具有高速度、快节奏的特点, 链球出手初速度主要依赖于在各圈旋转中球速的不断提高, 故要求运动员在旋转过程中应具有良好的加速节奏, 逐渐减小每圈的旋转时间^[9]。表 2 显示, 库岑科娃各圈所用的总时间呈逐圈递减态势, 加速节奏明显。这表明欲使链球获得高速, 须逐圈缩短旋转时间, 包括每一圈的总时间和单、双脚支撑时间, 即提高动作速度和加快旋转节奏是创造优异成绩的关键之所在^[7]。而张文秀各圈所用的总时间则先增后减, 节奏较为混乱。

表 2 张文秀与库岑科娃的各圈总时间及时间圈际递减率的对比

运动员	各圈总时间/s				时间圈际递减率/%		
	第 1 圈	第 2 圈	第 3 圈	第 4 圈	1~2 圈	2~3 圈	3~4 圈
张文秀	0.54	0.58	0.50	0.47	-7.14	13.79	6.00
库岑科娃	0.70	0.55	0.47	0.44	21.43	14.55	6.38

分析表 2 可知, 两人差别最大的是第 1 圈总时间。再由表 1 可发现, 张文秀第 1 圈的单、双支撑时间分别为 0.35 s 和 0.19 s, 而库岑科娃的则分别为 0.30 s 和 0.40 s。可见, 两人第 1 圈总时间的差别主要源于双支撑时间的差别。进一步结合轨迹和速度数据后发现, 张文秀第 1 圈的轨迹倾角和速度增量均过大。究其原因, 可能是张文秀过于急促地赶在第 1 圈就发力加速旋转, 以致身体的旋转未能很好地带动链球的旋转。诚然, 第 1 圈发力加速旋转可创造较多的速度增量, 但却因偏离了最佳身体姿势和链球飞行轨迹而影响后续各圈的旋转动作, 最终影响到成绩。

2 轨迹参数

1) 双支撑与单支撑轨迹长度比率对成绩的影响。

吴延禧认为:“双支撑阶段链球运行距离之和占链球总行程百分数大, 链球出手速度 v 也大, 运动成绩相对较好”^[8], 这一观点可以由力学分析得以说明。

链球从静止到获得一定能量达到出手速度的过程, 反映出运动员发出的力(F), 使链球通过一定距离(S)的做功(W)过程。由功的定义表达式 $W=F \cdot S$ 可知,

S 与 W 呈正变关系, 即功将随做功距离的增大而增大。在链球运动中, 双支撑的轨迹长可视作运动员对链球的做功距离 S ; 而单支撑阶段的作用只是维持链球的惯性运行并使运动员获得身体的合理扭转, 链球在此阶段中反而会因能量损失而减速。运动员在每一圈旋转中的双支撑阶段通过锁链的传递对链球做功, 链球正是靠双支撑阶段的轨迹长度内获得运动员所做功转化的能量而增速。各圈双支撑阶段的有用功之和扣除各种能量损失后即为链球出手时所具有的能量。所以, 双支撑与单支撑轨迹长度比率越大, 成绩越好。

然而在张文秀的运动技术统计数据中, 其双支撑与单支撑轨迹长度比率却与成绩呈负相关。这当然不能解释为其成绩不高是因为双支撑轨迹过长, 症结可能仍然出在她的旋转技术上, 使其不能很好地利用双支撑轨迹来对链球加速。

由文献[5]对链球世界纪录保持者谢迪赫和奥运冠军利特文诺夫的研究可知, 谢、利的链球加速距离达到了轨迹全长的 55.3% 和 53.1%, 远远高于国内运动员。其原因除了他们的双支撑时间超过单支撑时间外, 更重要的还在于他们在进入双支撑阶段的瞬间具

有较大的肩髋扭转角和髋足扭转角。他们的肩髋扭转角可达 $30^{\circ} \sim 40^{\circ}$ ，髋足扭转角可达 $64^{\circ} \sim 74^{\circ}$ ，这就为右脚提前落地和延迟离地，延长双支撑阶段链球的加速运行轨迹创造了有利条件。而国内运动员在旋转过程中注重于肩髋之间的扭转，却忽视了髋足之间的扭转，因而虽有个别运动员在旋转时能做到右脚早落，但在双支撑后半阶段却不能做到右脚晚提，以至于不能最大限度地延长双支撑阶段的链球加速运行轨迹。

通常认为，提高双支撑与单支撑时间比率和轨迹长度比率的方法在于摆动脚的“晚提早落”。但由于“晚提早落”意味着减少单支撑时间，这并非每个运动员都能做到。如不顾运动员自身水平或技术特点，而强行要求其在更短的时间内完成单支撑旋转，势必将对此后诸圈的旋转技术动作带来负面影响。因此，尽管提高双支撑与单支撑时间比率和轨迹长度比率应是链球运动员和教练员追求的目标，但由于旋转技术的完善乃是一项系统工程，若身体素质、技术动作特点等因素不能与之相匹配，则单纯靠提高上述两项比率未必就能提高成绩。

2) 轨迹倾角与出手角度和出手速度的关系。

文献[2]指出，现代掷链球技术有一个显著特点，即在转动中不断改变链球运行斜面的角度，随着旋转动作的进行，链球运行的高点逐渐升高，低点逐渐下降，整个运行斜面与水平面的夹角不断增大。合理的链球运行斜面，是运动员保持旋转时正确的身体姿势、

衔接最后用力动作、获得最佳出手角度的关键。这一观点正好被表 3 所显示的张文秀的运动技术统计数据所证实：各圈轨迹倾角与出手角度呈显著正相关。

表 3 张文秀的各圈轨迹倾角与出手角度的相关系数(r)和显著度(P)

圈序	r	P	圈序	r	P
第 1	0.622	0.000	第 4	0.913	0.000
第 2	0.785	0.000	平均倾角	0.854	0.000
第 3	0.905	0.000			

那么，张文秀在这方面是否还存在影响成绩的技术问题呢？表 4 为她与两名外国优秀运动员的数据对比。从中可见，张文秀的轨迹倾角从第 1 圈起就开始偏大，其倾角几乎超出特立文诺夫 1 倍。虽然她此后各圈的倾角仍在逐渐增大，但增幅已减小，这显然是受到第 1 圈倾角过大的制约。此外，张文秀到了第 3、4 圈时倾角已分别为 36.30° 、 39.15° ，均达到业界认为的最佳出手角度但却未出手，而最后其出手角度则达到 41.58° ，这已超出最佳出手角度了，而过大的出手角度又将影响到出手速度及其水平分量。在张文秀的数据中，出手角度与出手速度及其水平分量均呈显著负相关(P 值分别为 0.002、0.000)。可见，第 1 圈轨迹倾角过大所造成的一系列连锁反应，的确给张文秀的成绩带来一定的负面影响。

表 4 张文秀与两名外国优秀运动员各圈的轨迹倾角和出手角对比 ($^{\circ}$)

运动员	第 1 圈	第 2 圈	第 3 圈	第 4 圈	出手角度
特立文诺夫	16	29	34	35	38
谢迪赫 ¹⁾	24	31	38		39
张文秀	30.80	33.39	36.30	39.15	41.58

1) 谢迪赫采用的是 3 圈旋转技术，故没有第 4 圈数据

需要指出的是，因缺乏国际优秀女子运动员的轨迹倾角参数，本研究只得选用特立文诺夫、谢迪赫这样的优秀男子运动员作为技术参照典范。对此可借鉴文献[3]提出的看法：教练员们认为，目前女子链球尚未形成某种专门的“女子技术”（其原因大概在于，目前指导女运动员训练的人都是过去指导男运动员的教练）。前人对女子链球投掷选手节奏结构指标的分析表明，女子链球投掷规律在许多方面与男子的规律十分相似，由此印证了教练员们的看法。

轨迹倾角不仅影响链球的出手角度，还影响链球的出手速度。业界普遍认为，适当增加轨迹倾角，可使运动员在双支撑阶段更多地利用重力对链球加速^[9]。

然而，张文秀的各圈轨迹倾角均与出手速度呈显著负相关。这仍然与张文秀的各圈轨迹倾角和出手角度过大有关系，尤其是与第 1 圈的轨迹倾角过大有关系(表 4)。

由运动生物力学分析可知，轨迹倾角大小必须恰到好处。倾角过小易造成旋转中速度的水平分量过大，运动员将不得不通过后仰来抵抗此分量所产生的离心力，从而导致链球的飞行半径、轨迹长和出手速度都减少。而倾角过大则会造成速度的水平分量过小，运动员虽有多余的力量却不能用以抵抗离心力，速度也就难以加上；同时，倾角过大所造成的过大的速度垂直分量，也使得运动员不得不要靠大幅度升降重心来保持平衡，这既浪费了许多体力，也增加了控制动

作的难度。张文秀轨迹倾角过大的技术问题可能与其第 1 圈加速过于急促有关。

3 速度参数

研究表明,国内外一流链球运动员各圈的速度总增量分布规律均为:第 2 圈>第 3 圈>第 4 圈>第 1 圈^[9]。而张文秀各圈的速度总增量分布规律则为:第 2 圈>第 1 圈>第 3 圈>第 4 圈(见表 5),可见其持续加速的能力不强,尤其在第 4 圈。在张文秀的数据中,第 4 圈的速度及该圈的速度增量均与成绩呈显著正相关(P 值分别为 0.007、0.014),该圈的速度增量太低,将直接影响到该圈的速度及运动成绩。

表 5 张文秀的各圈速度增量 m/圈

圈序	速度总增量	单支撑速度增量	双支撑速度增量
第 1	2.53	1.35	1.18
第 2	2.88	-0.02	2.85
第 3	1.76	-0.31	2.07
第 4	1.11	-0.65	1.76

由表 5 进一步可知,张文秀的双支撑速度增量分布已符合第 2 圈>第 3 圈>第 4 圈>第 1 圈的规律,只是由于单支撑速度增量自身的变化规律,影响到各圈速度总增量的变化,从而破坏了上述规律。

单支撑阶段是链球惯性运行和运动员获得身体合理扭转的阶段,此时由于各种阻力的作用,球速的降低在所难免。该阶段运动员的首要任务应是尽可能减缓球速的降低幅度,同时使身体自然地旋转到下一个双支撑阶段合适的发力位置,而没有必要强行去提高球速。但张文秀第 1 圈单支撑速度的正值增量却表明她已在强行使链球加速,而从第 2 圈开始,单支撑速度则出现减量(负值增量)且减速幅度一圈比一圈大。各圈的单支撑速度减量占双支撑速度增量的比例,第 2 圈仅为 0.69%,第 3 圈就迅速升至 14.98%,而到第 4 圈则高达 36.93%,可见其阻力作用是相当大的。

在张文秀的数据中,成绩与第 1 圈速度的相关性很不显著($P=0.325$),其第 1 圈单支撑速度增量与各圈双支撑速度增量均呈显著负相关。由此可见,第 1 圈单支撑速度过多的增量不仅对提高成绩起不到太大作用,相反却给更为关键的后续阶段的双支撑发力及旋转节奏造成极大的负面影响,以致无法达到最佳的发力状态。

根据对有关张文秀投掷动作视频的观察,并参考文献[10]的研究,发现张文秀第 1 圈单支撑速度出现

正值增量的原因,可能来自她在第 1 圈单支撑后半阶段积极发力转扣摆动脚和身体下降对球施加的作用。而在这一阶段,由于下肢并不具备较大转动力矩的条件,故对球所产生的加速效果较差。同时,过早地旋转发力,将使其肩轴与髋轴的扭转程度及下肢蹬伸肌群的势能,在单支撑阶段就损失了一部份,待进入双支撑阶段后虽迎来较好的支撑发力条件,却因其肩轴与髋轴扭转程度的消失和下肢蹬伸肌群势能的消耗,失却进一步加速的条件,从而削弱了第 1 圈的双支撑加速效果。此时若欲维持该圈的双支撑阶段加速,右脚势必要提前离地而转入下一个单支撑环节,但那时人体已不再具备最佳发力或旋转姿势了,如此将不可避免地造成恶性循环,从而影响到后续各圈的旋转并导致第 3、第 4 圈的速度增量过低。

参考文献:

- [1] 王苏斌,郑海涛,邵谦,等. SPSS 统计分析[M]. 北京:机械工业出版社, 2003.
- [2] 陈洁敏. 对我国优秀男子链球运动员旋转技术特征的分析[J]. 北京体育大学学报, 2004, 27(3): 413-415.
- [3] 同瑞. 女子链球投掷技术的运动学特征[J]. 田径, 1999(4): 23-25.
- [4] 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.
- [5] 车晓波. 我国优秀男子链球运动员投掷技术的运动学特征[J]. 上海体育学院学报, 1999, 23(1): 36-42.
- [6] 陈洁敏. 我国部分优秀男子链球运动员旋转技术的运动学分析[J]. 西安体育学院学报, 2000, 17(2): 49-52.
- [7] 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.
- [8] 刘琴芳. 链球投掷的生物力学分析研究现状[J]. 西安体育学院学报, 2002, 19(3): 93-95.
- [9] 欧喜元,郭晓燕. 顾原链球投掷技术的生物力学特征及分析[J]. 西安体育学院学报, 2000, 17(4): 88-90.
- [10] 车晓波,魏琳. 中外优秀男子链球运动员投掷技术的运动学分析[J]. 广州体育学院学报, 2000, 20(1): 110-115.

[编辑:周威]