

优秀跳高运动员郑幸娟起跳技术分析

张洁¹, 张桃臣², 孔德佳¹, 张明曦³

(1.西安建筑科技大学 体育系, 陕西 西安 710055; 2.河北体育学院 运动训练系, 河北 石家庄 050041;
3.廊坊师范学院 体育学院, 河北 廊坊 065000)

摘 要: 运用三维运动学分析方法, 对我国优秀跳高运动员郑幸娟的起跳技术进行研究, 发现她存在着 H_1 的数值偏小, H_3 的数值偏大的缺点, 起跳腿的蹬伸和手臂的摆动配合不合理的现象, 认为需改善蹬摆的配合和过杆技术。

关 键 词: 运动生物力学; 女子跳高起跳技术; 郑幸娟

中图分类号: G807 文献标识码: A 文章编号: 1006-7116(2010)11-0097-03

Analysis of the takeoff technique of ZHENG Xin-juan as an excellent female high jumper in China

ZHANG Jie¹, ZHANG Tao-chen², KONG De-jia¹, ZHANG Ming-xi³

(1.Department of Physical Education, Xi'an University of Architecture and Technology, Xi'an 710055, China;

2.Department of Sports training, Hebei Institute of Physical Education, Shijiazhuang 050041, China;

3.School of Physical Education, Langfang Normal University, Langfang 065000, China)

Abstract: By applying the method of 3D kinematical analysis, the authors studied the takeoff technique of ZHENG Xin-juan as an excellent female high jumper in China, found that she had such shortcomings as too small H_1 value and too large H_3 value, and irrational coordination between the stretching of the takeoff leg and the swinging of the arms, and thought that the coordination between stretching and swinging and the technical move of bar clearance are the keys to enhancing her performance.

Key words: sports biomechanics; takeoff technique of female high jumper; ZHENG Xin-juan

自金玲于 1989 年以 1.97 m 的成绩打破亚洲纪录后, 我国女子跳高出现了停滞不前的局面。郑幸娟是近年来我国女子跳高的优秀运动员, 她有着修长苗条的身材, 还有出众的爆发力和惊人的弹跳力, 不仅在国内鲜有对手, 而且在亚洲也是奖牌甚至金牌的有力竞争者, 2009 年在第 11 届全国运动会上创造了 1.95 m 的个人最好成绩, 取得了冠军, 并且在同年举行的济南全国田径大奖赛和肇庆全国田径大奖赛系列赛中也跳出了 1.90、1.92 m 的好成绩, 保持较好的竞技状态, 但与世界优秀运动员的水平还有较大的差距。

本研究用两部高速摄影机, 对郑幸娟参加的济南全国田径大奖赛和肇庆全国田径大奖赛系列赛的女子跳高决赛进行拍摄, 采用美国 ARIEL 公司生产的 APAS 运动录像分析系统, 对影片进行解析, 硬件采用

EIMGPN-70 型图像仪, 软件采用人体模型 DLT 运动图像测量分析系统(HBMDLTA), 人体模型采用日本的松井秀治(女)参数, 首先对框架进行标定, 并根据项目的要求选取身体的 20 个关节, 采取逐副的方法进行解析, 然后对解析数据进行低滤波平滑处理, 平滑系数为 8, 获取所需参数的原始数据, 对所获数据用 office2003 中的 Microsoft-Excel 进行整理; 最后与保加利亚运动员科斯塔迪诺娃取得 2.05 m 成绩时的技术参数^[1]进行比较, 从中找出差距和不足, 并提出建议。

1 助跑技术

我国近几年对运动员助跑速度的训练比较重视, 起跳前的速度有了一定提高^[2-4], 但从助跑水平速度的变化看, 倒数第 1 步至起跳脚落地水平速度的损失较

大。郑幸娟在济南赛时的倒 2 步速度为 $7.03 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ ，肇庆站只有 $6.98 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ ，而科斯塔迪诺娃达到 $7.50 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 。从倒 1 步的速度看，郑幸娟济南站为 $6.58 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ ，比倒 2 步下降了 $0.45 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ ，而科斯塔迪诺娃只减少了 $0.20 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ ，这表明郑幸娟助跑之间的衔接不好和逐渐加速的能力差。相对于济南站，肇庆站倒 1 步速度下降的较少，只有 $0.10 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ ，这和她步长较小有一定关系。

从倒 1 步和倒 2 步的步长看，郑幸娟肇庆站倒 2 步较长，达到了 2.04 m ，但从倒一步看，反而肇庆站的要比济南站的小。总体情况看，和世界优秀运动员科斯塔迪诺娃相比，步长减少的多，这也充分反映了科斯塔迪诺娃的助跑技术好于郑幸娟，能把速度和步长的减小调整到比较合适的程度，郑幸娟应该在以后控制助跑的稳定性，把速度和步长的减小调整好。

2 着地和起跳技术

内倾角是躯干和下肢的连线在助跑道内侧与地平面所形成的夹角；后倾角是躯干和下肢的连线在助跑方向的后侧与地平面所形成的夹角^[1]。郑幸娟在济南站、肇庆站着地瞬间的内倾角分别为 75.1° 、 76.2° ，比科斯塔迪诺娃的 77.0° 小，这说明郑幸娟的身体内倾幅度比科斯塔迪诺娃小，但离地瞬间分别为 90.4° 、 91.1° ，也要小于科斯塔迪诺娃的 93.0° 。从变化的幅度看郑幸娟只有 15.3° 、 14.9° ，小于科斯塔迪诺娃的 17.0° 。这表明了郑幸娟在助跑时水平速度向垂直速度转化能力不如科斯塔迪诺娃好。

从后倾角的变化来看，郑幸娟在济南站、肇庆站着地瞬间的后倾角分别为 82.1° 、 79.1° ，而科斯塔

迪诺娃只有 73.0° 。从变化的幅度看，郑幸娟分别为 7.1° 、 6.9° ，比科斯塔迪诺娃的 11.0° 小。这说明了郑幸娟身体的后倾幅度不够，势必影响到后面的速度向垂直方向的转化。

郑幸娟在起跳蹬伸阶段踝关节角度为 163° ，比科斯塔迪诺娃的 165° 小；膝关节为 180° ，蹬伸较充分，但也小于科斯塔迪诺娃的 182° ；髌关节为 172° ，远远小于科斯塔迪诺娃的 177° ，这说明了郑幸娟髌关节的伸展不充分，要在以后的训练中加强。

由表 1 可见，郑幸娟两次重心速度在着地时分别为 6.55 、 $6.50 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ ，都比科斯塔迪诺娃的 $6.82 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 小，同时在离地瞬间的速度也要比科斯塔迪诺娃的小。从分速度看，郑幸娟在着地瞬间的水平速度分别是 6.19 、 $6.03 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ ，比科斯塔迪诺娃的 $6.79 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 小，这说明了郑幸娟在助跑速度上就没有科斯塔迪诺娃快。郑幸娟在离地瞬间的水平速度济南站、肇庆站分别为 4.01 、 $4.08 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ ，这都要比科斯塔迪诺娃的 $4.00 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 要高，郑幸娟本来助跑速度就不高，离地瞬间水平速度反而高，这说明了她的速度转化能力较差，蹬伸和摆动的配合有待改善。从整个着地和离地瞬间的垂直速度看，郑幸娟在着地时济南站和肇庆站分别为 0.08 、 $0.10 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ ，比科斯塔迪诺娃的 $0.05 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 都高，这表明郑幸娟的助跑不稳定，上下波动过大，身体重心不稳。从离地瞬间看，郑幸娟济南站、肇庆站为 3.77 、 $3.69 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ ，比科斯塔迪诺娃的 $3.97 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 小，这说明了郑幸娟的垂直速度比较小，速度转化能力较差，把过多的速度转化成了水平速度。从起跳时间看，郑幸娟和科斯塔迪诺娃相差不多。

表 1 郑幸娟与科斯塔迪诺娃起跳阶段速度

运动员	$v_{\text{重心}}/(\text{m} \cdot \text{s}^{-1})$		$v_x/(\text{m} \cdot \text{s}^{-1})$		$v_y/(\text{m} \cdot \text{s}^{-1})$		起跳时间 /s	重心腾起方向/ $(^\circ)$
	着地	离地	着地	离地	着地	离地		
郑幸娟(济南)	6.55	5.31	6.19	4.01	0.08	3.77	0.14	44.5
郑幸娟(肇庆)	6.50	5.43	6.03	4.08	0.10	3.69	0.13	43.9
科斯塔迪诺娃	6.82	5.70	6.79	4.00	0.05	3.97	0.14	-

3 3H 分布

20 世纪 60 年代初，美国学者詹姆斯·海首先提出了决定跳高成绩的 3H 公式，即 $H=H_1+H_2-H_3$ ， H_1 ：腾空前身体重心的高度； H_2 ：腾空前身体重心到腾空最高点的垂直距离； H_3 ：腾空最高点时身体重心与横杆的垂直距离。20 世纪 90 年代中期，一些学者对决定跳高成绩的 3H 体系进行深入研究后提出了 4H 体

系，无论采用哪一种理论体系分析问题，起跳技术的质量仍是决定 H_1 值、 H_2 值的重要因素^[4]。

由表 2 可知，郑幸娟的 H_1 值较低，只有 1.28 、 1.30 m ，科斯塔迪诺娃达到了 1.33 m 。 H_1 值主要受运动员的身体条件和起跳结束瞬间的身体姿势影响，从身高情况看，郑幸娟比科斯塔迪诺娃高， H_1 值反而低。 H_2 的值主要受运动员在起跳瞬间的腾起角度和腾起初速

度影响^[5]。从表 2 中看郑幸娟济南站、肇庆站 H_2 的值分别为 0.72、0.69 m，比科斯塔迪诺娃的小，但相差不多。这说明她的腾起角度还比较合理，爆发力较好。 H_3 是身体重心腾起最高点与横杆之间的距离，它体现

了运动员在杆上过杆的动作优劣^[6-7]。从表 2 可知，郑幸娟为 0.10、0.07 m，比科斯塔迪诺娃多，这充分说明了她的技术差的特点。

表 2 郑幸娟与科斯塔迪诺娃 3H 分布情况

运动员	成绩	H_1/m	H_2/m	H_3/m	重心腾起总高度/m	腾起高度利用率/%
郑幸娟(济南)	1.90	1.28	0.72	0.10	2.00	95.00
郑幸娟(肇庆)	1.92	1.30	0.69	0.07	1.99	96.48
科斯塔迪诺娃	2.05	1.33	0.76	0.03	2.09	98.56

从总的重心腾起高度看，郑幸娟达到了 2.00、1.99 m，虽然重心腾起高度并不低，但她有杆上技术不好的缺点，特别是肇庆站过多的速度转化成了水平速度，造成了重心腾起高度降低。从腾起高度利用率看，郑幸娟济南站、肇庆站分别为 95.00%、96.48%，而科斯塔迪诺娃达 98.56%，这也进一步说明了她的杆上技术也有改善的空间。

4 郑幸娟过杆技术

跳高的过杆技术与起跳技术密切相关，是起跳技术的延续。起跳过程中的转动是由角动量产生，角动量在人体起跳放脚-蹬伸过程中起很大作用^[8]，另外摆臂和摆腿也可获得角动量，起跳离地后角动量守恒，从杆上技术来看(解析图片)，郑幸娟助跑时，身体内倾和后倾不够，蹬摆配合不积极。起跳后“放腿”不够，“背弓”较小，过杆时头部后仰不足。

5 建议

1) 郑幸娟应通过改进起跳离地瞬间的身体姿势来加大 H_1 的值。

2) 郑幸娟的 H_3 值偏大，应加大助跑时身体的内倾程度，注意过杆时头部和背弓的动作质量，改进过杆的技术动作，减小 H_3 的值。

3) 郑幸娟存在着踝、膝、髌关节蹬伸不充分的缺点，应改进起跳腿各个关节的伸展情况，特别是髌、膝关节的蹬伸能力，同时加强起跳腿和摆动腿的配合训练。

4) 郑幸娟应适当增加助跑弧度，加大助跑身体内倾，增大起跳水平速度向垂直速度的转化能力，增加过杆放腿意识。

参考文献：

- [1] 王琨, 王慧, 刘秀峰, 等. 中国与世界优秀女子跳高运动员起跳技术生物力学分析[J]. 中国体育科技, 2000, 36(5): 17-19.
- [2] 张玉泉. 中外优秀女子跳高运动员 3 个分高度的比较[J]. 四川体育科学, 1999(4): 23-25.
- [3] 卢钢, 秦永祥. 背越式跳高技术的力学分析[J]. 体育与科学, 1998, 19(4): 63-64.
- [4] 程丽平, 邵崇禧, 李磊. 中外优秀女子跳高运动员起跳技术运动学指标的对比研究[J]. 苏州大学学报: 自然科学版, 2004, 20(1): 87-90.
- [5] 韩慧. 金玲破女子跳高室内亚洲纪录时起跳技术的生物力学分析[J]. 浙江体育科学, 1998, 20(3): 7-9.
- [6] 智勇, 董海军. 中外优秀女子跳高运动员起跳技术的对比分析[J]. 西安体育学院学报, 2007, 24(5): 103-106.
- [7] 杨永辉. 优秀女子跳高运动员起跳技术运动学指标对比分析[J]. 山东师范大学学报: 自然科学版, 2004, 19(4): 119-120.
- [8] 董海军, 张桃臣. 我国现役优秀女子跳高运动员起跳技术的运动学研究[J]. 山东体育学院学报, 2007, 23(5): 78-81.