

第 11 届全运会女子三级跳远运动员三跳技术的运动学分析

刘生杰, 王国祥

(山西大学 体育学院, 山西 太原 030006)

摘 要: 对参加第 11 届全运会田径比赛女子三级跳远决赛前 8 名运动员三跳技术的相关运动学参数进行研究, 结果表明: 我国女子三级跳远运动员助跑绝对速度和起跳速度利用率较差, 只有 8.96 m/s 和 95.5%, 与世界女子三级跳远运动员的 9.41 m/s 和 98.2% 相比, 差异具有显著性 ($P < 0.01$); 起跳脚着地与离地瞬间身体重心水平速度较差, 只有 8.71 m/s, 与世界选手的 9.33 m/s 相比, 差异有非常显著性 ($P < 0.01$); 单足跳与跨步跳时的身体重心腾起角度适宜, 分别为 $(17.19 \pm 4.37)^\circ$ 、 $(15.07 \pm 4.12)^\circ$, 但最后跳跃的身体重心腾起角过大 $(23.57 \pm 4.12)^\circ$, 超过世界运动员的 $16^\circ \sim 20^\circ$; 三跳的支撑总时间较长, 起跳效果不理想。

关 键 词: 运动学; 女子三级跳远; 三跳技术; 第 11 届全运会

中图分类号: G823.4 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006-7116(2011)02-0106-06

Kinematic analysis of triple jump techniques of women triple jumpers in the 11th National Games

LIU Sheng-jie, WANG Guo-xiang

(School of Physical Education, Shanxi University, Taiyuan 030006, China)

Abstract: The authors studied kinematic parameters relating to triple jump techniques of top 8 triple jumpers participating in women triple jump final in track and field competition in the 11th National Games, and revealed the following findings: women triple jumpers in China had a poor absolute run-up speed and a poor take-off speed utilization rate, which were respectively 8.96 m/s and 95.5%, significantly different from 9.41 m/s and 98.2% achieved by world triple jumpers ($P < 0.01$); at the moment the take-off leg lands and takes off, their body center of gravity had a poor horizontal speed, which was only 8.71 m/s, very significantly different from world 9.33 m/s ($P < 0.01$); during hopping and striding, their body center of gravity had appropriate lift-off angles, which were respectively $(17.19 \pm 4.37)^\circ$ and $(15.07 \pm 4.12)^\circ$, but at the last leap, their body center of gravity had a too big lift-off angle, which was $(23.57 \pm 4.12)^\circ$, bigger than $16^\circ \sim 20^\circ$ achieved by world triple jumpers; their triple jump duration was relatively long, and their take-off effect was not ideal.

Key words: kinematics; women triple jump; three jump technique; 11th National Games in China

女子三级跳远是一个较新的运动项目, 1990 年国际田联才确定其为正式比赛项目。女子三级跳远曾是中国的优势项目, 第一个女子三级跳远世界纪录就是由我国运动员李惠荣创造的 14.54 m。然而, 随着世界女子三级跳远运动的发展, 我国女子三级跳远水平逐渐落后于世界水平。如何提高我国女子三级跳远运动水平, 缩小与世界水平的差距, 是我们每个教练员和体育科技人员所共同关注的问题。本研究以参加 2009

年第 11 届全运会女子三级跳远决赛前 8 名运动员作为研究对象, 就其三跳技术的相关运动学参数作为研究内容, 试图找出我国女子三级跳远运动员基本技术的运动学特征, 为教练员提供一些科学的参考依据, 以便寻求我国女子三级跳远的技术问题所在, 实施科学的运动训练。

在比赛现场采用一台星高钛高速摄像采集系统对女子三级跳远决赛 12 名运动员进行现场技术录像。摄

像机置于助跑道的右侧,距主跑道垂直距离为8 m,摄像机高度为1.20 m,拍摄频率为200 Hz,分辨率为640×480,主光轴对准第2跳的位置,采用平面定点扫描拍摄,拍摄范围从助跑最后10 m到落地过程。为了在数据处理时便于对影片的缩放比例系数进行换算,在助跑道侧放置一个比例尺,比例尺每间隔1 m有一个标志(图1)。

采用SIMI Motion 3D运动图像解析分析系统,对前8名运动员最好一次试跳成绩进行技术解析,获取必要的技术参数,并对所得数据采用数字滤波法进行平滑处理,截断频率 $F_c=8$ 。

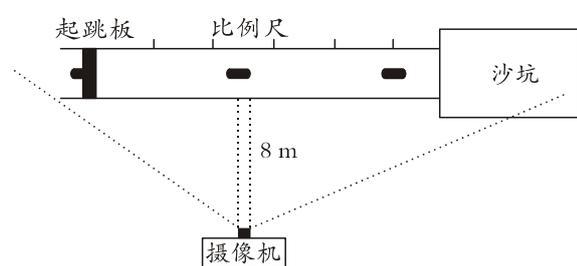


图1 拍摄现声平面示意图

用Excel2003软件对获得的原始数据进行统计,并对结果进行统计学分析和处理。

1 三级跳远运动员助跑速度

研究表明,三级跳远运动员要想创造好的成绩,就必须将快速的助跑与有力的起跳很好地结合起来,以获得较大的腾起初速度和适宜的腾起角。前苏联专家格·乌兹夫认为,三级跳远的成绩60%取决于助跑速度,40%取决于三跳速度^[1];原世界男子世界纪录创

造者美国的康利教练D·布斯曾说“要保持助跑速度进行起跳。”^[2]因此,三级跳远助跑技术的核心是“速度”,三级跳远运动员能否保持高速助跑进行起跳,是助跑成功与否的主要标志,也是运动员在三跳中速度利用之根本。

由表1可知,第11届全运会女子三级跳远运动员助跑的最大速度平均值为8.96 m/s,世界选手的最大速度为9.41 m/s,二者差异有显著性($P<0.05$)。同时,我国女子三级跳远运动员的起跳前瞬间速度为8.71 m/s,世界选手为9.33 m/s,二者差异有非常显著性($P<0.01$)。这说明起跳前瞬间的水平速度小是造成我国女子三级跳远运动员成绩差的主要原因之一。造成这种原因可能有两个方面:一是我国女子三级跳远与世界选手在绝对速度方面存在一定的差距;二是我国女子三级跳远运动员起跳能力差,从而限制了助跑速度的发挥。

波兰著名三级跳远教练斯塔琴斯基曾指出:“三级跳远最重要的是减少水平速度的损失,将其减少到最小程度,无论什么时候,助跑速度与每一次跳跃(水平)速度是决定成绩的关键因素。”^[3]因此,助跑速度利用率与起跳速度利用率可作为评定三级跳远运动员速度发挥与利用的重要指标。助跑速度的利用率是指三级跳远运动员在助跑起跳瞬间速度与助跑的最大速度之比。助跑速度的利用率反映了运动员利用助跑速度的情况。从表1中可知,我国与世界选手三级跳远运动员的助跑速度利用率分别为97.2%与99.1%,二者差异没有显著性($P>0.05$)。说明我国与世界女子三级跳远优秀运动员都能较好地利用助跑速度,保持助跑速度的能力较强。

表1 助跑最后两个5 m分段的助跑速度比较^[1]

姓名	助跑最大速度 $/(m \cdot s^{-1})$	起跳瞬间速度 $/(m \cdot s^{-1})$	最后5 m平均 速度 $/(m \cdot s^{-1})$	离地瞬间速度 $/(m \cdot s^{-1})$	助跑速度 利用率/%	起跳速度 利用率/%
陈玉飞	9.13	8.95	9.08	8.67	98.0	96.8
谢荔梅	9.08	8.83	9.05	8.56	97.2	96.9
刘亚男	8.97	8.68	8.86	8.25	96.7	95.0
李艳梅	8.93	8.66	8.87	8.23	96.9	95.0
徐婷婷	8.89	8.59	8.83	8.21	96.6	95.6
胡倩	8.92	8.63	8.71	8.19	96.7	94.9
林女爱	8.96	8.77	8.85	8.27	97.8	94.3
邱惠晶	8.78	8.55	8.73	8.18	97.3	95.6
$\bar{x} \pm s$ 中国	8.96±0.321	8.71±0.28	8.87±0.29	8.32±0.18	97.2±1.35	95.5±1.24
世界 ^[10]	9.41±0.347	9.33±0.31	9.29±0.43	8.98±0.23	99.1±2.01	98.2±1.32

1)助跑速度利用率=起跳瞬间速度/最大助跑速度,起跳速度利用率=离地瞬间速度/起跳瞬间速度

但是,从起跳瞬间开始到起跳离地瞬间水平速度的损失量反映了运动员保持速度的能力,它是评判运动员起跳能力的重要标志。起跳速度利用率就是反映运动员在起跳离地过程中,身体重心水平速度的变化情况,它与三级跳远成绩有着极为密切的关系。我国与世界女子三级跳远运动员的起跳速度利用率分别为 95.5%、98.2%,二者差异有非常显著性($P<0.01$)。说明我国优秀女子三级跳远运动员的起跳能力比较差。这种差异可能体现在两个方面:一方面是将她们的助跑速度限制在其能够有效地控制后二次起跳时支撑腿所能承受相对较大的支撑反作用力范围之内,在随后的跨步跳和腾空跳跃阶段能够保持身体的平衡;另一方面是如果助跑速度过快可能使运动员无法进行有效的起跳,在技术上对速度的利用率减少,导致最终成绩不理想。因此,必须进一步加强我国女子三级跳远运动员下肢肌群的退让工作能力,提高其助跑速度的利用率,增强起跳效果。

2 运动员三跳距离及其比例

研究表明,三级跳远三跳之间的比例关系与其最终的运动成绩有着至关重要的联系^[4]。三级跳远的三跳距离及其比例,在一定程度上体现了运动员专项运动素质与专项运动技术结合的综合能力。因此,建立合理、科学的三跳距离比例显得尤为重要。

从表 2 可知,陈玉飞、谢荔梅与刘亚男 3 名运动员的三跳距离比例分别为 36%、28%、36%; 36%、30%、34%和 35%、28%、37%。与世界选手的三跳距离比例 35%、29%、36%十分相似,属于“平跳型”技术特点。李艳梅与徐婷婷三跳距离比例分别为 39%、28%、33%和 39%、27%、34%,介于“平跳型”与“高跳型”之间。其他 3 名运动员胡倩、林女爱与邱惠晶的三跳距离比例分别为 40%、27%、33%, 40%、26%、34%和 41%、26%、33%,属于“高跳型”技术特点。可见,我国女子三级跳远运动员三跳距离的表现特点是:单足跳比例较大,跨步跳比例较小,最后跳跃远度过小。产生这种原因可能是:第 1,我国女子三级跳远运动员绝对速度与速度能力比较差,不能形成“速度型”的技术类型;第 2,我国女子三级跳远运动员单足跳与跨步跳的技术衔接不完善,以致水平速度损失较大;第 3,我国女子三级跳远运动员下肢力量相对较弱,导致跨步跳的支撑能力和快速用力能力不足,以致不能准确、有效地完成跨步跳起跳技术。因此,对于我国女子三级跳远运动员应该适当减小单足跳的远度,增加跨步跳与最后跳跃的远度。当然,对于三级跳远运动员采用“平跳型”技术,还是“高跳型”技术,应该根据运动员的专项素质与专项技术特点来决定。

表 2 第 11 届全运会女子三级跳远运动员的三跳距离及其比例比较

姓名	成绩/m	单足跳		跨步跳		跳跃		技术类型
		距离/m	比例/%	距离/m	比例/%	距离/m	比例/%	
陈玉飞	14.11	5.07	36	3.95	28	5.09	36	平跳型
谢荔梅	14.08	5.12	36	4.22	30	4.74	34	平跳型
刘亚男	14.04	4.91	35	3.93	28	5.20	37	平跳型
李艳梅	13.70	5.34	39	3.84	28	4.52	33	——
徐婷婷	13.69	5.34	39	3.70	27	4.65	34	——
胡倩	13.59	5.44	40	3.67	27	4.48	33	高跳型
林女爱	13.58	5.43	40	3.53	26	4.62	34	高跳型
邱惠晶	13.58	5.57	41	3.53	26	4.48	33	高跳型
世界选手 ^[10]	14.78	5.17	35	4.29	29	5.32	36	平跳型

3 运动员身体重心在三跳阶段着地与离地瞬间的水平速度

从表 3 可以看出,我国运动员起跳脚着地瞬间身体重心水平速度平均值为 8.71 m/s,世界选手为 9.33 m/s,二者差异有非常显著性($P<0.01$)。这可能与其绝对速度差有着密切的关系。但是,从单足跳起跳脚着

地瞬间与离地瞬间身体重心的水平速度之差来看,我国女子三级跳远运动员与世界选手比较差异没有显著性($P>0.05$)。说明单足跳起跳过程中身体重心的水平速度损失是必然的,其目的是为了获得一定的腾起垂直速度与适宜的腾起角度;同时,由于支撑缓冲的作用,也必然会造成一定水平速度的损失。而如何把握好水

平速度损失,以获得更适宜的腾起垂直速度与适宜的腾起角度,为快速连续的后续技术动作提供更好的条件。

从跨步跳阶段来看,第11届全运会女子三级跳远运动员起跳脚着地瞬间身体重心水平速度(平均值为7.46 m/s)与世界选手(8.66 m/s)比较差异有显著性($P<0.05$)。从运动员跨步跳离地瞬间的水平速度损失程度来看,我国与世界女子三级跳远运动员速度损失率分别为8.71%与5.7%,我国运动员在跨步跳阶段的水

平速度损失比较大,这可能是由于着地缓冲时间比较长,蹬伸速度较慢造成的。

在跳跃阶段的起跳时,我国运动员起跳脚着地瞬间身体重心的水平速度平均值为6.19 m/s,与世界选手(6.85 m/s)比较差异有显著性($P<0.05$)。表明我国女子三级跳远运动员水平速度的损失更多地消耗于着地支撑阶段,世界优秀运动员水平速度的损失更多地体现在速度的转化上。

表3 第11届全运会女子三级跳远运动员三跳阶段着地与离地瞬间身体重心水平速度比较¹⁾ $m \cdot s^{-1}$

姓名	单足跳			跨步跳			跳跃			
	V_1	V_2	损失程度	V_1	V_2	损失程度	V_1	V_2	损失程度	
陈玉飞	8.95	8.67	0.28	7.89	7.27	0.62	6.87	6.00	0.87	
谢荔梅	8.80	8.56	0.27	7.86	7.14	0.72	6.64	5.73	0.91	
刘亚男	8.68	8.25	0.43	7.5	6.72	0.78	6.25	5.37	0.98	
李艳梅	8.66	8.23	0.43	7.41	6.85	0.56	6.20	5.14	1.06	
徐婷婷	8.59	8.21	0.38	7.32	6.72	0.60	5.87	4.74	1.13	
胡倩	8.63	8.19	0.44	7.26	6.66	0.60	5.91	4.94	0.97	
林女爱	8.77	8.27	0.50	7.29	6.73	0.56	6.02	4.93	1.09	
邱惠晶	8.55	8.18	0.37	7.19	6.56	0.63	5.78	4.76	1.02	
$\bar{x} \pm s$	中国	8.71±0.28	8.27±0.18	0.44±0.13	7.46±0.21	6.83±0.34	0.65±0.28	6.19±0.24	5.19±0.21	1.00±0.03
	世界 ^[10]	9.33±0.32	8.89±0.25	0.44±0.11	8.66±0.29	8.17±0.23	0.49±0.12	6.85±0.18	5.66±0.22	1.19±0.07

1) V_1 :起跳脚着地瞬间身体重心水平速度; V_2 :起跳脚离地瞬间身体重心水平速度

4 运动员三跳阶段离地瞬间垂直速度与腾起角度

身体重心腾起角是指起跳脚蹬离地面瞬间,身体重心的腾起方向与水平线之间的夹角,腾起角的大小与腾起时的身体重心水平速度与垂直速度有关^[4]。在三级跳远技术中,单足跳的腾起角非常重要,损失适当的水平速度以换取必要的垂直速度和腾起角是十分必要的。但是,不能过多地加大腾起角,否则会损失更多的水平速度,不利于后续技术动作的完成。世界优秀运动员的身体重心腾起角为 $16^\circ \sim 18^\circ$ ^[5]。

从表4可以看出,我国运动员的身体重心腾起角度在世界优秀运动员的范围之内。说明我国女子三级跳远运动员在单足跳时比较注重垂直速度的获得。但是,由于我国女子三级跳远运动员的绝对速度较低以及单足跳时起跳脚着地时所承受负荷能力差等原因,从而导致我国女子三级跳远运动员垂直速度的获得是以牺牲更多的水平速度为代价。

研究表明,跨步跳的腾起角理想值在 $13^\circ \sim 15^\circ$

范围^[5]。从表4可知,陈玉飞的腾起角为 12.71° ,比理想的范围还要小,说明陈玉飞的向前的水平速度保持得好;谢荔梅与刘亚男的腾起角分别为 13.85° 与 14.56° ,均在理想的范围之内,其他5名运动员的腾起角都偏大。世界运动员的腾起角平均值为 13.30° 明显小于我国女子三级跳远运动员。说明世界选手能够很好利用的蹬伸效果,合理把握水平速度与垂直速度的分配。研究表明,腾起角的大小与运动员的起跳腿蹬伸力量和对蹬伸时机的把握有较大的关系^[6]。因此,应该对我国女子三级跳远运动员在跨步跳中的腾起角度严格控制,保证以最理想的腾起角进入腾空跳跃阶段。

在最后跳跃阶段,我国女子三级跳远运动员的腾起角都偏大,都超过了世界选手的适宜范围 $16^\circ \sim 20^\circ$ ^[5]。最后跳跃起跳瞬间身体重心腾起角过大,可能会增加运动员身体重心的垂直速度,使运动员的身体重心出现“见高不见远”的现象。同时,最后的跳跃身体重心腾起角过大,可能是由于起跳时身体重心前移速度较慢,造成腾起瞬间的水平速度慢的缘故。

表 4 第 11 届全运会女子三级跳远运动员三跳起跳离地瞬间身体重心垂直速度与腾起角比较¹⁾

姓名	单足跳		跨步跳		跳跃	
	$V_y/(m \cdot s^{-1})$	$a/(^\circ)$	$V_y/(m \cdot s^{-1})$	$a/(^\circ)$	$V_y/(m \cdot s^{-1})$	$a/(^\circ)$
陈玉飞	2.16	18.69	1.45	12.71	2.46	23.45
谢荔梅	2.03	16.87	1.23	13.85	2.47	24.56
刘亚男	1.98	19.54	1.17	14.56	2.54	22.39
李艳梅	2.17	15.67	1.25	15.89	2.31	22.87
徐婷婷	2.03	15.46	1.16	15.45	2.24	23.56
胡倩	2.09	15.23	1.09	15.53	2.51	24.12
林女爱	2.14	17.45	1.16	15.94	2.43	23.59
邱惠晶	2.12	18.64	1.18	16.67	2.36	24.01
$\bar{x} \pm s$	2.09±0.12	17.19±4.37	1.21±0.09	15.07±4.12	2.41±1.26	23.57±4.12

1) V_y : 起跳脚离地瞬间垂直速度; a : 身体重心腾起角

5 运动员三跳起跳时间

研究表明,起跳时间与三级跳远距离之间存在密切的负相关关系^[7]。从运动生物力学来讲,运动员的起跳脚在着地瞬间会受到地面巨大的支撑反作用力冲击,反作用力又会使运动员受到水平方向的制动冲量,以减小水平速度。如果运动员的着地缓冲时间过长,就会加大水平速度的损失,延误蹬伸的时机。同时,三级跳远中“三跳的起跳时间是依次增加的,其中第一跳起跳时间相对要短,最后的腾空跳跃起跳时间相对较长,说明二者在起跳过程中的缓冲与蹬伸方面存

在着差异。一般来讲,水平速度越高,则踏跳的时间就短;反之,越长”^[7]。

从表 5 可以看出,我国运动员在单足跳和跨步跳阶段的缓冲时间分别为 0.060 5 与 0.061 6 s,世界选手分别为 0.051 0 与 0.053 1 s,二者差异均有显著性($P<0.05$)。说明我国女子三级跳远运动员的下肢肌群让性支撑力量差,造成下肢膝关节过度弯曲,延长了缓冲时间。我国与世界女子三级跳远运动员在跳跃阶段的缓冲时间平均值分别为 0.063 与 0.060 s,二者差异没有显著性($P>0.05$)。

表 5 第 11 届全运会女子三级跳运动员三跳起跳时间比较¹⁾

姓名	单足跳			跨步跳			跳跃		
	t_1	t_2	t_3	t_1	t_2	t_3	t_1	t_2	t_3
陈玉飞	0.046	0.057	0.103	0.050	0.077	0.127	0.050	0.087	0.137
谢荔梅	0.052	0.056	0.108	0.056	0.079	0.135	0.061	0.091	0.152
刘亚男	0.053	0.067	0.120	0.058	0.081	0.139	0.065	0.097	0.162
李艳梅	0.069	0.064	0.133	0.059	0.081	0.140	0.058	0.095	0.153
徐婷婷	0.068	0.062	0.130	0.069	0.080	0.149	0.071	0.096	0.167
胡倩	0.067	0.062	0.129	0.068	0.082	0.150	0.067	0.089	0.156
林女爱	0.065	0.058	0.123	0.066	0.079	0.145	0.068	0.102	0.170
邱惠晶	0.064	0.062	0.126	0.066	0.080	0.144	0.065	0.091	0.156
$\bar{x} \pm s$	0.060 5±	0.061 0±	0.121 5±	0.061 5±	0.079 8±	0.141 3±	0.063 1±	0.093 5±	0.156 6±
	0.011	0.013	0.001	0.011	0.008	0.001	0.011	0.004	0.003

1) t_1 : 缓冲时间; t_2 : 蹬伸时间; t_3 : 支撑总时间

在单足跳阶段,第 11 届全运会女子三级跳远运动员与世界选手的蹬伸时间相差不大(0.061、0.059 s),二者没有显著性差异($P>0.05$),说明我国三级跳远运动员在蹬伸阶段所产生的蹬伸效果比较好。但是,在跨

步跳和跳跃阶段,第 11 届全运会女子三级跳远运动员的蹬伸时间平均值分别为 0.079 8、0.093 s,世界选手的蹬伸时间平均值分别为 0.069、0.089 s,二者差异有显著性($P<0.05$),说明我国女子三级跳远运动员在跨步

跳和跳跃起跳过程中的蹬伸时间较长,表现出蹬伸速度过慢,蹬伸力量不足。起跳时间过长,水平速度损失较大,最后蹬伸不充分,最终导致运动成绩不理想。因此,加强我国女子三级跳远运动员下肢的快速力量训练,以提高支撑腿的蹬伸速度和摆动腿的摆动速度与幅度。

从三跳的支撑总时间看,第11届全运会女子三级跳远运动员与世界选手均有一定的差异,这种差异主要表现在我国女子三级跳远运动员的缓冲时间较长,起跳蹬伸效果不理想。

6 结论

1)我国女子三级跳远运动员助跑绝对速度和起跳速度利用率与世界选手有较大的差距。尽快提高我国女子三级跳远运动员的助跑速度和下肢肌群的退让工作能力。

2)我国女子三级跳远运动员多数属于“高跳型”技术,已不适应世界三级跳远运动技术的发展需要。因此,对于我国女子三级跳远运动员应该小幅度减小单足跳的远度,中幅度增加跨步跳的远度,大幅度增长最后跳跃的远度,以形成“平跳型”技术特点。

3)我国女子三级跳远运动员起跳脚着地与离地瞬间身体重心水平速度与世界选手均有差异。因此,进一步加强对我国优秀女子三级跳远运动员下肢退让离心收缩与蹬伸向心收缩能力的练习。

4)我国女子三级跳远运动员在单足跳与跨步跳时的身体重心腾起角度在世界选手的范围之内;而最后跳跃时的身体重心腾起角过大。因此,对我国女子三级跳远运动员在跨步跳与最后跳跃中的腾起角度严格控制,保证以最理想的腾起角进入腾空跳跃阶段。

5)从三跳阶段的支撑总时间看,我国女子三级跳远运动员与世界选手有一定的差异。因此,加强我国女子三级跳远运动员下肢的快速力量训练,以提高支

撑腿的蹬伸速度和摆动腿的摆动速度与幅度,以提高起跳的蹬伸效果。

参考文献:

- [1] 余丁友. 我国优秀男子三级跳远运动员水平速度损失原因的运动学分析[J]. 中国体育科技, 2003, 39(6): 28-31.
- [2] 许滨,许晶. 对影响我国男子三级跳远运动成绩主要因素的分析[J]. 成都体育学院学报, 2009, 35(10): 52-56.
- [3] 卓建南. 影响男子三级跳远成绩的几个关键因素[J]. 体育学刊, 2007, 14(6): 107-109.
- [4] 李老民. 田径运动教程[M]. 北京:北京体育大学出版社, 2007: 257.
- [5] 刘生杰,刘虎平. 中外优秀男子三级跳远运动员跨步跳技术的比较[J]. 首都体育学院学报, 2008, 20(1): 114-116.
- [6] 杨爱华. 三级跳远中速度与三跳比例关系的研究[J]. 北京体育大学学报, 2004, 27(6): 112-114.
- [7] 卢刚,王宗平. 爱德华滋三级跳远技术的生物力学分析[J]. 南京体育学院学报:自然科学版,2003,32(2): 41-43.
- [8] 王亚军. 我国部分优秀女子三级跳远运动员三跳技术的运动学分析[D]. 苏州:苏州大学, 2006.
- [9] BYU. Effects of placation the performance in the triple jump[J]. Journal of Biomechanics, 2006(39): 184-191.
- [10] Vassilios Panoutsakopoulos. 女子三级跳远技术的基本参数[J]. 国际田联田径运动新研究, 2008, 4: 53-60.
- [11] Kyrolainen H, Komi P V, Virravirta M, et al. Biomechanics analysis of the triple jump [J]. Jyvaskyla: University of Jyvaskyla.A Review, 2007(10): 36-39.

