

• 竞赛与训练 •

我国女子铁饼优秀运动员过渡和最后用力阶段 技术动力学及运动学的特征

董海军, 苏明理, 王琨

(西安体育学院 田径教研室, 陕西 西安 710068)

摘 要: 对目前我国 3 名优秀女子铁饼运动员投掷技术进行同步研究发现, 宋爱民存在腾空时间短、重心高、右脚着地早、上下肢扭紧差, 最后用力阶段重心向投掷方向移动速度快、左右脚在垂直方向和前后方向的力较大、力量的向前行较好; 孙太凤缓冲时间较短、右腿蹬伸充分、垂直方向和向前的力量较大; 李艳凤过渡阶段上下肢扭紧好、身体后倾角度大、右脚着地对地面冲击力大、左右方向的力较大、力量在左右腿之间移动幅度大、没有转化为向前或者垂直方向的力量, 向前性差, 蹬伸不充分。

关 键 词: 竞赛与训练; 女子铁饼运动员; 动力学; 运动学特征; 中国

中图分类号: G824.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006-7116(2010)03-0070-07

Dynamic and kinetic characteristics of the techniques of excellent discus throwers in China at the transition and final power explosion stages

DONG Hai-jun, SU Ming-li, WANG Kun

(Section of Track and Field, Xi'an University of Physical Education, Xi'an 710068, China)

Abstract: By making a synchronous study of the throwing techniques of 3 excellent discus throwers in China, the authors revealed the following findings: SONG Ai-min showed the following technical characteristics: short leaping time, high center of gravity, early right foot landing, poor upper and lower limbs twisting; at the final power explosion stage: a fast speed of moving of the center of gravity towards the throwing direction, a powerful force applied by the left and right feet in the vertical, backward and forward directions, nice forward moving power; SUN Tai-feng showed the following technical characteristics: short cushion time, fully right foot stretching, a powerful force applied in the vertical and forward directions; LI Yan-feng showed the following technical characteristics: at the transition stage: nice upper and lower limbs twisting, a big body backward tilting angle, a powerful force applied by the right foot to the ground as well as in the left and right directions, a big amplitude of moving of power between the left and right foot, failure to turn the power into forward or vertical power, poor forward moving, and insufficient stretching.

Key words: competition and training; female discus thrower; dynamics; dynamic characteristic; China

掷铁饼是属于典型非周期的田径项目^[1], 女子铁饼是我国田径项目中的优势项目, 特别是在 2008 年北京奥运会上我国有 3 名选手进入决赛, 其中宋爱民获第 4 名, 李艳凤获第 7 名, 实现了我国该项目历史性的突破。在以往对于该项目的研究中, 主要是采用了运

动力学的手段, 只讨论运动本身的细节来对人体运动外观进行定量描述, 分析运动特征, 即时空关系特征, 没有涉及到运动发生变化的原因。对于这个项目的动力学特征在国内还没有人进行过研究, 本研究通过运动学和动力学同步的方法, 对铁饼运动员在过渡和最

收稿日期: 2009-06-22

基金项目: 国家体育总局部分田径项目(训练局田径队)备战 2008 奥运会科研攻关与科技服务(06012)。

作者简介: 董海军(1978-), 男, 讲师, 北京体育大学博士研究生, 研究方向: 田径技术理论与实践。

后用力阶段下肢的整个用力情况进行研究,进而根据在测力台的用力曲线分析运动员用力技术的合理性,可以帮助我们进一步认识理解技术,发现运动项目自身的规律。

1 研究对象和方法

1.1 研究对象

研究对象为我国目前女子铁饼优秀运动员宋爱民、李艳凤和孙太凤。3名选手都达到2008年北京奥运会的A标,其中宋爱民取得北京奥运会第4名,李艳凤取得第7名,实现了我国该项目历史性的突破。孙太凤年龄比较小,身体条件好,在2007年世界田径锦标赛上以64.98 m的成绩获得第4名,是我国现阶段最优秀的选手之一(见表1)。

表1 研究对象基本情况

姓名	身高/m	体重/kg	年龄/岁	单位	本次研究成绩/m	运动等级
宋爱民	1.78	87	31	河北	57.20	国际健将
李艳凤	1.79	92	31	黑龙江	54.71	国际健将
孙太凤	1.85	105	22	天津	55.00	国际健将

1.2 研究方法

1)利用2007年10月为备战2008年北京奥运会的国家集训队在成都犀浦训练基地集训期间,采用两台高速摄像机,一部置于投掷方向的正后方,一部置于右侧。拍摄频率为120帧/s,主光轴夹角约90°左右,拍摄距离约10 m,机高1.20 m左右,对运动员整个投掷技术进行了同步拍摄。运用两块Kistler测力台对3名选手进行了动力学测试,获取过渡和最后用力阶段足底力值。

2)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,采用人体模型DLT引导图像测量系统,按照模型关节的方式进行图像采集和数据处理。采用BioWare解析软件对所测得动力学数据进行处理,得出相关的数据和图形资料。

3)对所获数据用Office2003中的Microsoft-Excel进行整理,并绘制出相应的图表。

2 结果与分析

为了便于分析,我们将完整最后用力技术分为2个阶段:1)过渡阶段(右脚着地瞬间—左脚着地瞬间);2)最后用力阶段(左脚着地瞬间—器械出手瞬间)^[2]。

2.1 投掷技术部分运动学参数

1)过渡和最后用力阶段的时间和运动学特征。

肩髋扭转角:两肩横轴的连线和两髋横轴连线交叉在水平面上形成的夹角,以右肩点与右髋点为参照点,正值为髋横轴领先于肩横轴,它反映躯干扭紧程度,正值越大,躯干扭紧效果越好。拉引角:左肩与右肩的连线与右肩至铁饼的连线在体后构成的夹角,反映投掷臂和肩的伸展程度,在一定范围内,此值越小,效果越好^[3]。

过渡阶段宋爱民和孙太凤用时少,宋爱民在旋转

阶段身体重心向前的水平速度小,左脚着地偏早;用力阶段也用时最少,左右脚着地距离较小,但最后用力中转动速度快,能很好地把两个腿的力量集中到一点上,使左右腿之间形成了碾轴,一定程度上弥补了她两脚着地距离短的缺点。李艳凤用时长是因为她身体重心没有移靠到左腿上,左右腿的力量没有集中到一点上,左侧轴不好。

右脚着地瞬间是最后用力的准备阶段,孙太凤肩髋扭转角最小,说明她身体扭紧的程度过多地减小,上体过早的转向投掷方向。李艳凤拉引角最小,说明李艳凤在右脚着地瞬间铁饼很好的留到体后,超越器械效果好。孙太凤拉引角最大,超越器械效果不好。左脚着地瞬间肩髋扭转角的大小直接影响到超越器械的程度,由表2可知,李艳凤肩髋角大,宋爱民和孙太凤肩髋角偏小,说明李艳凤身体扭转程度最好,宋爱民和孙太凤上下肢扭转程度差。由于左脚的着地,上肢会有不同程度向投掷方向转动,拉引角相应的会有一定增大,孙太凤左脚着地瞬间拉引角最大,表明她在左脚着地的时候投掷臂留于体后的幅度不够。最后用力阶段肩髋角变小,拉引角变大,身体呈打开状态,有利于以左侧为轴加速前转,左侧迅速形成强有力的支撑,并在身体重心移到左侧轴上瞬间开始积极蹬伸,右肩、臂加速向前挥摆^[4]。据研究铁饼出手时肩髋扭转角为0°比较合适,但肩超越髋过多是错误的技术。由表2可知,宋爱民肩髋扭转角最大,肩横轴超过髋横轴过多,有左侧回撤的现象。李艳凤为正数,主要因为左侧蹬伸的效果不好,右侧顶不上去,而且在出手瞬间上体有一定程度的后倾现象的原因。

2)左脚着地瞬间和出手瞬间参数分析。

左脚着地瞬间的身体姿势直接影响到最后用力的效果。左脚着地瞬间重心的高度和身体的倾角在一定

程度上反映了运动员超越器械的程度^[4],由表 3 可知,左脚着地瞬间宋爱民和孙太凤的重心较高,是因为在最后用力中右脚着地过于快,两脚着地距离近造成的,而孙太凤是由于上体抬的过高,没有压住上体造成的,也造成了她们两人身体的后倾角过大的缺点。而李艳凤在左脚着地瞬间重心较低,身体后倾角也较小,说明她上体没有过早的抬起。两大腿夹角间接也反映了

运动员两脚着地的距离,宋爱民大腿夹角最小,两脚着地距离短,身体后倾角大,李艳凤的倾角小两大腿的夹角大,着地距离长。器械飞行的远度是由出手角度、高度、速度 3 个因素决定的。其中出手初速度是最重要的影响因素。我国选手出手角度较为合理。出手高度李艳凤最低,这是她用力过程中身体后仰造成的。而孙太凤比较高,这和她的身材较高有关。

表 2 运动员过渡和最后用力阶段时间和运动学特征

运动员	$t_{\text{过渡}}/s$	$t_{\text{出手}}/s$	肩髋角/(°)			拉引角/(°)		
			右脚着地	左脚着地	器械出手	右脚着地	左脚着地	器械出手
孙太凤	0.16	0.196	18	35	-4	147	159	180
宋爱民	0.12	0.130	23	34	-11	135	143	183
李艳凤	0.18	0.162	36	42	3	124	133	171
$\bar{x} \pm s$	0.154±0.03	0.163±0.03	26±11	135±12	36±5	145±13	-4±4	178±1

表 3 运动员左脚着地瞬间和器械出手瞬间参数

运动员	左脚着地瞬间				出手瞬间		
	重心高度 /m	身体倾角 /(°)	大腿夹角 /(°)	两脚距离 /m	出手角度 /(°)	出手高度 /m	出手速度 /(m·s ⁻¹)
孙太凤	1.212	65	36	0.55	40	1.68	23.16
宋爱民	1.201	68	28	0.63	35	1.61	23.35
李艳凤	1.118	56	44	0.92	35	1.58	22.58
$\bar{x} \pm s$	1.277 ±0.08	53 ±23	36 ±8	0.70 ±0.19	37 ±3	1.62 ±0.14	23.03 ±0.40

2.2 投掷过程动力学特征

F_z 曲线表示垂直分力,曲线向上为正值,向下为负值^[5]。右脚的 F_z 力值曲线一般出现两个波峰,第 1 个是右脚着地后给地面的冲击力,然后出现一个波谷,也就是缓冲的阶段,第 2 个波峰是蹬伸阶段的最大力量。左脚的力值曲线同样也会出现 2 个波峰 1 个波谷,第 1 个波峰是左脚着地给地面的冲击力,波谷是左腿的缓冲阶段,但时间很短,第 2 个波峰为左腿的蹬伸阶段。

F_x 为左右方向水平分力,正值向左,负值向右^[5]。理论上在过渡阶段和最后用力阶段右脚 F_x 曲线也要出现两个波峰,右脚着地后左右方向上的分力较小,当右腿经过缓冲后,左右方向的分力开始增加,为第 1 个波峰,当左脚着地形成支撑后,右腿开始推动身体重心急速向两腿之间和投掷方向移动,为第 2 个波峰。左腿 F_x 曲线特征是,左脚着地的位置是在身体重心的左侧,蹬伸的方向是右侧或投掷方向在两腿之间,在左右方向的力始终是负值。曲线应该在左脚完成着地缓冲后出现一个较大的波峰。

F_y 曲线表示前后方向水平分力,正值表示向后的制动力,负值表示向前的动力^[5]。右脚的 F_y 曲线应该也出现两个波峰,一个是正波峰一个是负波峰,右脚着地后主要来自地面向后的反作用力,出现第 1 个波峰,当身体重心移过右脚支撑点瞬间,右脚开始向投掷方向推动右髋,使重心向投掷方向运动,蹬伸右腿,出现第 2 个波峰,这是右腿蹬伸给地面向后的力量,反作用力向前。左脚的 F_y 曲线特征也是出现两个波峰,第 1 个是左脚着地来自地面的反作用力,第 2 个波峰是左腿的蹬伸,地面给左脚向前的反作用力。

1) 过渡和用力阶段各个时相的环节角度和力值特征。

各个时相的环节特征可以反映出运动员的蹬伸情况,也可以根据各个时相的下肢动作形态,来判断运动员整个身体姿势是否合理^[5]。

由图 1 可见,孙太凤右脚在缓冲阶段 F_z 的力值减小, F_z 曲线应该出现波谷现象,右脚没有缓冲就开始了蹬伸,相对增加幅度比较慢, F_z 的波谷值为 98.28 kg。 F_x 值在缓冲阶段继续上升,力的方向由向右转化为向

左,为5.12 kg。 F_y 的力值继续上升,曲线出现第1个波峰,波峰值为23.73 kg。左脚着地瞬间右侧各环节除髋关节角度有些增加外,膝角和踝角减小了(见表4)。左脚着地瞬间 F_z 力值为110.51 kg, F_x 的值为8.90 kg,左脚的着地,使右腿向左的力值减小。 F_y 方向的值下降到2.21 kg,向后的力量减小,直至身体重心移过支撑点后 F_y 方向转换为向前(投掷方向)。当左脚着地后右腿 F_z 方向的值开始急剧上升,出现第2个波峰,峰值达到119.54 kg, F_x 经过波谷后也开始上升,波峰值达到13.88 kg,这是由于急速向投掷方向蹬伸完成最后用力动作的结果。 F_y 也急速上升,出现了第2个波峰,峰值达到-13.58 kg,力值的方向为向前(投掷方向),这表明右腿完成了蹬伸用力。出手瞬间右侧各环节蹬伸都已完成^[9]。由图1右可以看出,孙太凤左腿 F_z 的值曲线在左脚着地后急剧上升,出现第1个波峰,峰值达到160.1 kg,这是左脚着地地面在垂直方向给

的支撑反作用力。在冲击最大时刻,左腿 F_x 的方向主要是向右,由于左脚着地的方式和方向偏左,所以地面给左腿的反作用力是向右,为-33.51 kg。 F_y 方向主要是向后,为0.065 kg。左腿的 F_z 力,经过第1个波峰后出现了波谷,这是左腿的缓冲阶段,孙太凤 F_z 的波谷为156.10 kg,左腿 F_x 和 F_y 的值在缓冲阶段继续下降,分别为-41.07和-6.64 kg, F_x 力的方向是向右, F_y 力的方向已经由向后转换为向前(投掷方向)。左腿经过短暂的缓冲后开始蹬伸, F_z 的值开始急剧上升,在蹬伸阶段出现了第2个波峰,峰值达到了205.87 kg。在 F_z 出现峰值的瞬间, F_x 和 F_y 方向的力开始上升,分别为-40.70和-11.22 kg。在出手瞬间左腿蹬伸完成, F_z 方向的值减小为142.06 kg,此时 F_x 和 F_y 方向分别为-15.06和0.61 kg,这表明左腿的蹬伸方向转换成向上,而向前的力量几乎没有。

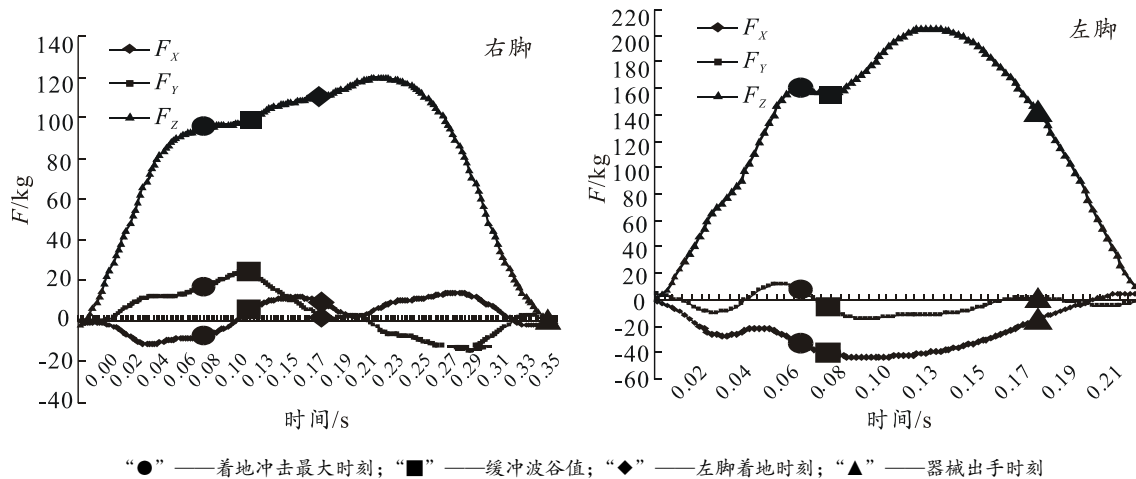


图1 孙太凤左、右脚力值曲线

表4 各环节髋、膝、踝角度情况

(°)

运动员	右脚着地瞬间			左脚着地瞬间						器械出手瞬间					
	右髋	右膝	右踝	右髋	右膝	右踝	左髋	左膝	左踝	右髋	右膝	右踝	左髋	左膝	左踝
孙太凤	145	141	94	156	122	80	168	115	84	160	136	118	164	149	99
宋爱民	148	143	122	151	123	87	146	125	95	167	129	117	179	171	130
李艳凤	121	115	116	130	118	90	177	157	127	153	140	109	159	171	118
$\bar{x} \pm s$	138	133	111	144	121	86	164	132	102	160	135	115	167	164	116
	± 15	± 16	± 15	± 13	± 3	± 5	± 16	± 21	± 22	± 7	± 6	± 5	± 10	± 13	± 16

由表4可知宋爱民在右脚着地瞬间的右侧下肢压紧程度差,上体抬的较高。由图2还可知,他的右脚在垂直方向的最大冲击力为95.03 kg,出现第1个波峰,右脚在垂直方向的力达到第1个峰值瞬间, F_x 和 F_y 同时也出现第1个波峰, F_x 的力主要是向左,为15.19

kg, F_y 方向上的力主要是向后,为33.79 kg。右脚在经过波峰后进入缓冲阶段,3个方向的力值同时减小, F_z 和 F_y 方向上的力出现波谷现象, F_z 的波谷值下降为89.79 kg,而此时 F_x 的波谷为11.66 kg,力的方向向后, F_y 下降为23.55 kg。右腿缓冲后开始蹬伸,推动左脚

尽快着地, F_z 和 F_x 方向的力开始急剧上升。由表 4 可知, 左脚着地瞬间右侧各环节中膝关节角度比右脚着地瞬间有一定程度下降。左脚着地后瞬间即为右脚在 F_z 和 F_x 的第 2 个波峰。宋爱民右脚 F_z 波峰值为 95.71 kg, F_x 峰值为 35.07 kg, 力的方向向左, F_y 继续下降为 9.84 kg, 方向是向后。经过左腿短暂的缓冲后右腿开始蹬伸, F_z 和 F_x 的力开始下降, 直至右腿完成蹬伸和器械出手。 F_y 的力在身体重心经过支撑点瞬间力的方向开始转换为向前, 最大值为 -7.88 kg, 可以看出宋爱民在最后用力中向前的力量不大, 更多的转换成了垂直的力量。宋爱民在器械出手瞬间右侧下肢各环节中膝关节伸展程度不够, 蹬伸不充分。在左脚着地瞬

间左侧下肢各环节膝关节弯曲程度大, 着地距离短, 容易快速进入蹬伸阶段。由图 2 右可以看出, 宋爱民左脚 F_z 曲线在左脚着地后急剧上升, 出现第 1 个波峰, 峰值达到 191.55 kg, 在冲击力最大时刻, 左腿 F_x 的方向主要是向右, 由于左脚着地的方式和方向偏左, 所以地面给左腿的反作用力是向右^[7], 为 -24.83 kg。 F_y 的方向向后, 力为 14.94 kg。左腿 F_z 方向的力, 经过第 1 个波峰后并没有出现波谷的现象, 这说明宋爱民的左腿没有缓冲或者缓冲程度很小, 直接进入蹬伸阶段。 F_z 方向的力在经过峰值后开始减小, 至到左腿完成蹬伸器械出手。

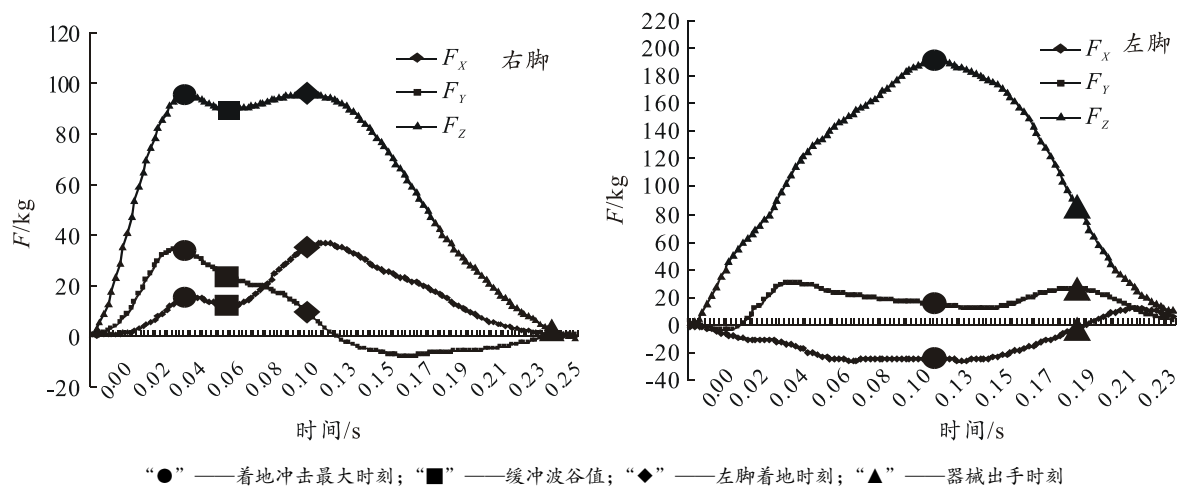


图 2 宋爱民左、右脚力值曲线

李艳凤在右脚着地瞬间右膝角最小, 李艳凤右腿在垂直方向的最大冲击力为 151.7 kg, 出现第 1 个波峰, 在垂直方向的力达到峰值瞬间, F_x 主要是向左, 为 31.74 kg, F_y 是向后的力量, 这是由于右脚着地对地面冲击所造成的, 为 3.3 kg。随后, F_z 的力减小, 左脚着地瞬间左髌、膝、踝的角度比上一个阶段增加不大, 左脚 F_z 为 130.80 kg, F_x 在左脚着地瞬间出现波峰, 为 29.09 kg, 力的方向向左。 F_y 方向这一阶段转化为负值, 说明力的方向变为向前, 为 -12.01 kg。左脚着地后 F_z 继续下降, 出现波谷, 降到 5.36 kg, 随后开始上升, 在出手瞬间达到 13.61 kg。 F_x 在左脚着地下降, 至波谷的出现, 为 -0.32 kg, 说明 F_x 方向开始转为向左。李艳凤向左的力量不够, 身体重心向左侧移动的程度不够, F_y 力的曲线在左脚着地后开始上升, 最大时为 -0.69 kg, 但明显向前的力量不如宋爱民和孙太凤大。随后右腿开始向投掷方向蹬伸, 右腿 F_z 的力上升, 出手瞬间达到 13.60 kg, F_x 和 F_y 在出手瞬间分

别为 -0.24 kg 和 -0.69 kg, 力的方向分别向右和向前, 但力量很小。这也进一步说明李艳凤在最后用力阶段向前的力量不好, 用力效果不好。李艳凤左脚着地瞬间左膝关节伸展程度较大。由图 3 右可以看出, 李艳凤左脚 F_z 的曲线在左脚着地后急剧上升, 出现第 1 个波峰, 峰值达到 160.65 kg, 这是由于左脚着地地面在垂直方向给的支撑反作用力。同时 F_x 出现波峰, 为 -82.32 kg, 说明李艳凤左脚着地对地面的冲击力较大, 着地的距离较长, 由于左脚着地的方式和方向偏左, 所以地面给左腿的反作用力是向右的。 F_y 的力是向后的, 为 6.61 kg。左腿经过一段时间的缓冲后, 开始蹬伸完成用力动作^[8], 但在器械出手瞬间左髌关节的伸展不够, 有屈髌现象。左腿在 F_z 方向的力为 87.35 kg, F_x 和 F_y 方向的力分别为 -41.07 kg 和 16.53 kg, 力的方向分别是向右和向前, 这说明她左腿的力过多转换到了左右的方向, 而没有转换成向前或者向上, 向前的力量很小。

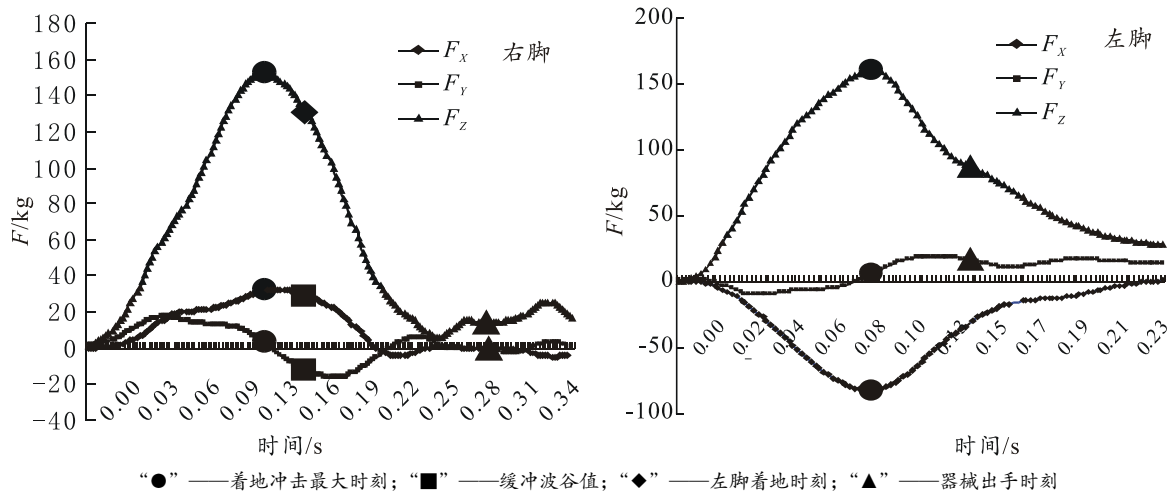


图3 李艳凤左、右脚力值曲线

2)右脚过渡阶段和最后用力阶段平均力值。

3名选手的右脚在过渡阶段3个方向受力情况, F_x 的力李艳凤最大(18.28 kg), 孙太凤最小(-8.5 kg), 说明李艳凤在过渡阶段过多的向左侧蹬伸右腿来移动身体重心。过渡阶段 F_y 的力宋爱民最大(15.5 kg), 李艳凤最小(7.99 kg), 说明宋爱民着地的前后冲击力较大, 重心速度较快; 李艳凤着地的前后冲击力较小, 不利于重心向投掷方向过渡。过渡阶段 F_z 的力, 李艳凤最大(86.39 kg), 宋爱民最小(48.17 kg), 表明李艳凤在垂直方向的冲击力较大。最后用力阶段宋爱民右脚 F_x 最大(15.20 kg), 李艳凤最小(6.19 kg), 表明宋爱民左脚着地和蹬伸积极, 但最后用力阶段左侧的制动不好, 左侧有回撤的现象。 F_y 宋爱民最大(7.04 kg), 而李艳凤和孙太凤为(-4.36 kg和-4.58 kg), 这说明李艳凤和孙太凤注意了向前的蹬伸, 身体重心向投掷方向运动的速度低, 特别是李艳凤上体有后仰的现象。 F_z 孙太凤最大(79.04 kg), 李艳凤最小(45.53 kg), 说明在最后用力过程中李艳凤在垂直方向的力小, 向上蹬伸的效果最差, 而孙太凤和宋爱民蹬伸的效果较好。

3名选手右脚在3个方向上的最大冲击力可以反映运动员在右脚着地瞬间给地面力的情况, 3名选手 F_x 的最大冲击力李艳凤最大(31.74 kg), 孙太凤最小为负值(-7.51 kg), 说明李艳凤向左侧蹬伸的力量较大, 身体重心向前不好, 过多的在左右之间移动。从 F_y 可以看出, 宋爱民重心向投掷方向的移动速度较快。 F_z 的冲击力李艳凤最大(151.75 kg), 说明她在垂直方向的力较大, 这和她右脚着地瞬间身体后倾姿势较大有很大关系。

3)左脚缓冲和蹬伸阶段力值。

李艳凤左脚在缓冲阶段 F_x 的力最大(-38.36 kg), 宋爱民最小(-13.51 kg), 说明李艳凤左腿在缓冲阶段过

多的向右侧蹬伸。缓冲阶段 F_y 的力宋爱民最大(14.94 kg), 李艳凤最小为(-3.84 kg), 说明宋爱民着地的前后冲击力较大, 重心速度较快, 李艳凤着地的前后冲击力较小, 不利于重心向投掷方向过渡。左脚 F_z 的力, 孙太凤最大(92.53 kg), 宋爱民最小(85.27 kg), 表明孙太凤在垂直方向的冲击力较大。左腿的蹬伸阶段, F_x 的力李艳凤最大(-58.76 kg), 宋爱民最小(18.66 kg), 说明李艳凤左腿过多的力量转移向右侧, 不利于向上向前的运动。蹬伸阶段 F_y 的力李艳凤最大(16.56 kg), 孙太凤最小(-8.49 kg), 说明李艳凤左脚着地远离重心, 向前性不好。相反孙太凤蹬伸的方向为投掷方向, 向前性好。蹬伸阶段左脚 F_z 的力, 孙太凤最大(182.39 kg), 李艳凤最小(121.47 kg), 表明在垂直方向蹬伸力量大, 李艳凤蹬伸效果不好, 左腿的力量过多的转换侧成了向右力量, 而向投掷方向和垂直方向转换的少。

3 结论

1)宋爱民腾空时间短, 重心高, 右脚着地早, 过渡阶段和最后用力阶段的时间过短, 减小最后用力两脚之间的距离, 缩短了在最后用力中对铁饼的加速距离, 李艳凤最后用力时间长, 左右腿的力量没有集中到一点上, 有一定的分离, 左侧轴不好。

2)宋爱民右脚着地身体重心高, 向后倾斜不够, 上下肢的扭紧状态也不好, 身体对器械的超越程度不够, 不利于最后用力姿势的形成。李艳凤右脚着地瞬间重心较低, 右腿压的比较紧, 上体没有过高的抬起, 上下肢的扭紧也比较好, 但最后用力蹬伸情况不好。

3)李艳凤右脚着地对地面的冲击力最大, 左右方向的力明显大于其他两名选手, 宋爱民冲击力最小, 但左脚给地面的冲击力最大, 李艳凤最小。李艳凤右腿在过渡阶段缓冲的时间过长, 孙太凤缓冲时间较短,

宋爱民和孙太凤右腿蹬伸比较充分,李艳凤蹬伸效果不好。

4)李艳凤最后用力阶段左右脚向前的力较小,身体向前性不好,宋爱民和孙太凤最后用力阶段力量向前性较好,但宋爱民有左侧回撤的现象,左侧制动不好。

5)李艳凤在过渡阶段过多的向左侧蹬伸右腿来移动身体重心,不利于重心向投掷方向过渡,最后用力过程中李艳凤右脚在垂直方向的力小,向上蹬伸的效果最差,而孙太凤和宋爱民蹬伸的效果较好。宋爱民重心向投掷方向的移动速度较快,右脚在垂直方向和前后方向的力较大。

6)李艳凤左脚在垂直方向的冲击力较小,宋爱民和孙太凤左脚在垂直方向的冲击力较大,向右的力量较小。左腿的蹬伸阶段,李艳凤过多的向右侧蹬伸,左腿过多力量转移向右侧,不利于向上向前的运动。孙太凤和宋爱民左腿蹬伸方向为投掷方向,向前性较好。

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: 533-538.
- [2] 李建臣, 王新, 泽. 对李少杰掷铁饼技术的三维运动学分析[J]. 中国体育科技, 2001, 37(10): 29-31.
- [3] 宗华敬, 刘建国, 李建臣, 等. 国家田径集训队女子铁饼技术诊断[J]. 天津体育学院学报, 2000, 15(2): 35-38.
- [4] 佟贵锋. 对我国优秀男子铁饼运动员投掷技术的运动学分析[J]. 体育科学, 2000, 20(1): 47-54.
- [5] 张英波. 我国6名优秀女子铁饼运动员最后用力技术部分的运动学特征[J]. 北京体育大学学报, 1995, 18(2): 90-93.
- [6] 李建臣, 张秋亚, 赵其林. 对我国优秀铅球运动员过渡与最后用力阶段下肢动作的动力学研究[J]. 中国体育科技, 1998, 34(9): 43-45.
- [7] 王薇薇. 跳深跳远与三级跳远跨步跳起跳的动力学比较研究[J]. 北京体育大学学报, 2005, 28(7): 1001-1006.
- [8] 张英波, 佟海青. 对我国优秀女子铁饼选手最后用力技术的运动学分析[J]. 体育科学, 2000, 20(6): 84-89.