

## 男子铅球旋转技术最后用力阶段的 身体重心速度与铅球速度分析

张瞻铭<sup>1</sup>, 王倩<sup>2</sup>

(1.华南理工大学 体育学院, 广东 广州 510640; 2.广州体育学院 教务处, 广东 广州 510500)

**摘 要:** 对第 18 届亚洲田径锦标赛男子铅球决赛中采用旋转技术的运动员最后用力阶段的身体重心和铅球速度进行研究, 结果发现, 采用旋转技术的运动员左脚着地后身体重心合速度在加速准备部分大于铅球合速度, 有利于形成以身体重心为起点的鞭打动作; 身体重心垂直速度为负值, 说明有降重心的过程; 在加速部分铅球垂直速度与水平速度和合速度的峰值呈负相关; 在最后用力阶段铅球水平速度与铅球合速度的峰值呈正相关, 因此与比赛成绩显著相关。

**关 键 词:** 运动生物力学; 男子铅球; 旋转技术; 最后用力; 身体重心速度; 铅球速度

**中图分类号:** G824.1 **文献标志码:** A **文章编号:** 1006-7116(2013)04-0116-04

### An analysis of the body gravity center speed and the shot-put speed produced by applying men's shot-put swiveling technique at the final stage of power explosion

ZHANG Zhan-ming<sup>1</sup>, WANG Qian<sup>2</sup>

(1.School of Physical Education, South China University of Technology, Guangzhou 510640, China;

2.Office of Academic Affairs, Guangzhou Sport University, Guangzhou 510500, China)

**Abstract:** The authors studied the body gravity center speed and the shot-put speed produced by athletes applying swiveling technique at the final stage of power explosion in the men's shot-put final of the 18<sup>th</sup> Asian Track and Field Championships, and revealed the following findings: at the acceleration preparation stage, the resultant speed of the body gravity center produced by athletes applying swiveling technique after their left foot was landed was greater than the resultant speed of the shot-put, which is conducive to forming a whipping action which bases its starting point on the body gravity center; the vertical speed of the body gravity center was a negative value, which means that there was a process of gravity center descending; at the acceleration stage, the vertical speed and horizontal speed of the shot-put was negatively correlative with the resultant speed; at the final stage of power explosion, the peak horizontal speed of the shot-put was positively correlative with the peak resultant speed of the shot-put, therefore it was significantly correlative with the competition result.

**Key words:** sports biomechanics; men's shot-put; swiveling technology; final power explosion; body gravity center speed; shot-put speed

推铅球技术在发展过程中不断演变、不断完善, 经历了由正面原地推铅球、侧向原地推铅球、上步推铅球、垫步推铅球、侧向滑步推铅球、背向滑步推铅球、旋转推铅球的发展过程<sup>[1]</sup>。现在男子铅球旋转技术在各类洲际以上的比赛中被广泛采用。对第 26 届奥运会上男子铅球决赛分析发现, 前 8 名运动员中有 5 名

采用旋转推铅球技术, 第 27 届奥运会男子铅球决赛中, 前 8 名运动员中有 4 名采用旋转推铅球技术<sup>[2]</sup>, 而我国在全国赛事中仅有个别运动员采用。

推铅球最后用力阶段是左脚落地瞬间至铅球离手, 是整个技术的关键环节<sup>[3]</sup>, 使铅球运动方向发生改变, 并产生最大加速度的过程, 也就是在技术合理运

用的基础上,使身体和器械获得预先速度,并将身体各环节的力量有序且快速地作用于器械,并产生最大专项速度的过程。从力学角度来讲,国内外学者对铅球的出手速度、出手角度、出手高度研究较多,但是如何在投掷过程中达到理想的速度、角度、高度,却很少涉及。虽然已有学者认为铅球加速度的产生和速度的变化是力量的积累作用,是人体整体用力效果的综合表现<sup>[4]</sup>,但是哪个技术环节,哪个技术动作是形成理想投掷技术的关键呢?有学者从旋转技术可以加长用力距离、提高速度、更有利于肌肉用力、对运动员身体形态要求不高<sup>[5]</sup>等方面进行研究,但仍然没有涉及形成理想技术的关键因素。为此,本研究对第18届亚洲田径锦标赛前3名的运动员进行最后用力阶段身体重心和铅球速度的技术分析,尝试论证采用旋转技术的运动员左脚着地瞬间身体重心合速度在加速准备部分是否大于铅球合速度,是形成理想投掷技术的关键,从而为我国男子铅球旋转技术的发展提供适合亚洲型运动员的数据支持。

## 1 研究对象与方法

### 1.1 研究对象

第18届亚洲田径锦标赛男子铅球决赛中采用旋转技术的前3名运动员(印度运动员 Karhana ops、台湾运动员张铭煌、中国运动员张俊,成绩均超过19 m)。

### 1.2 研究指标、阶段划分依据

研究指标的获得是根据 APAS System 设置的环节参数,以人体绕关节瞬时转动中心为原理,获取身体重心、铅球速度等数据<sup>[6]</sup>,本研究的人体模型是美国 Dempster 人体数字模型。

阶段划分依据:《田径运动高级教程》中把推铅球动作划分为助跑、转换和最后用力3个阶段,最后用力阶段是指“从左脚落地到铅球离手”<sup>[3]</sup>;国内大部分学者为了研究方便也将左脚着地瞬间至铅球出手瞬间定为最后用力阶段<sup>[7]</sup>。

### 1.3 研究方法

1)采用日本松下摄像机,以50帧/s的拍摄频率进行平面定点定焦拍摄,确定机位在面向投掷方向的正右侧面,距离抵趾板内沿延长线20 m处,机高1.2 m,确定两维坐标 X轴指向投掷方向, Y轴垂直向上。

2)采用 APAS System 软件进行图像解析,截取研究对象旋转后左脚着地前5幅至铅球出手后5幅的技术图像,每一幅画面解析1次,平均每人解析30幅画面。解析时测量了人体21个关节点、1个器械点和1个参考点(投掷圈内沿延长线,在抵趾板上),设置环节参数。

3)使用 Excel 数字滤波功能对拍摄的人体各关节

和器械的原始数据进行数据平滑,频率为10 Hz,绘制图表及运用 Spss11.0 统计软件进行数据处理。

## 2 结果与讨论

### 2.1 结果

1)印度运动员 Karhana ops 的技术参数。

由图1中可见 Karhana ops 在左脚着地瞬间铅球与身体重心垂直速度都为负值,铅球垂直速度大于身体重心垂直速度,铅球水平速度小于身体重心水平速度,虽然之后身体重心水平速度略降,但仍大于铅球的水平速度,身体重心合速度在左脚着地后有0.04 s大于铅球合速度。

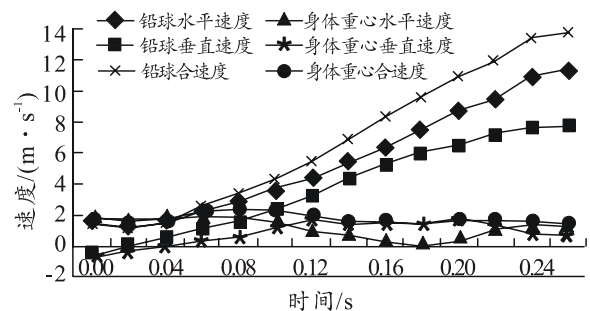


图1 Karhana Ops 的技术参数

身体重心合速度在左脚着地后逐渐增大,身体重心水平速度在0.06 s时形成峰值1.94 m/s,此时身体重心垂直速度已呈正值,至0.12 s时形成峰值1.73 m/s,身体重心水平与垂直速度使重心合速度在0.08 s达到峰值2.41 m/s;然后下降,至0.18 s时身体重心水平速度仅有0.02 m/s,而身体重心垂直速度在形成峰值后略降,到0.2 s时身体重心合速度又回到1.71 m/s;身体重心垂直速度在0.2 s时开始下降,但身体重心水平速度在0.18 s时开始回升,身体重心合速度至铅球出手时仍有1.49 m/s。

铅球水平速度至0.02 s后开始逐渐增大,至铅球出手瞬间达到峰值11.39 m/s;铅球合速度也在此时达到峰值13.69 m/s;铅球垂直速度呈正值后也是逐渐增大,至铅球出手时达到峰值7.77 m/s。

身体重心水平速度在0.06 s时达到峰值,与此同时铅球水平速度开始大于身体重心水平速度,开始加速;身体重心垂直速度在0.12 s时形成次峰值,但是铅球垂直速度在左脚着地后即大于身体重心垂直速度;身体重心合速度在0.08 s时达到最大值,而铅球合速度却在0.06 s时已经开始大于身体重心合速度,开始加速。

Karhana ops 身体重心水平速度在左脚着地后0.06 s时达到最大值,此时之前大于铅球水平速度,由此可

见该运动员最后用力阶段的特点是超越器械好, 重心加速积极。

### 2) 台湾运动员张铭煌的技术参数。

由图 2 可见张铭煌在左脚着地瞬间铅球与身体重心垂直速度都在负值, 铅球垂直速度小于身体重心垂直速度, 铅球水平速度小于身体重心水平速度, 虽然之后身体重心的水平速度略降, 却仍大于铅球水平速度, 身体重心合速度在左脚着地后有 0.02 s 大于铅球水平速度。

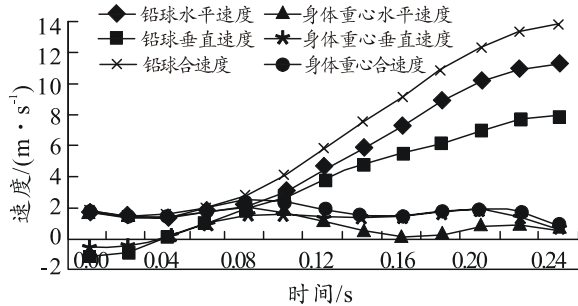


图 2 张铭煌的技术参数

身体重心合速度在左脚着地后逐渐增大, 身体重心水平速度在 0.08 s 时形成峰值 1.99 m/s, 身体重心垂直速度在 0.04 s 已呈正值, 至 0.10 s 时形成次峰值 1.61 m/s, 身体重心水平与垂直速度使重心合速度在 0.08 s 后达到峰值 2.49 m/s, 然后下降, 至 0.16 s 时身体重心水平速度仅有 0.09 m/s, 而身体重心垂直速度在形成次峰值后略降, 到 0.20 s 时达到峰值 1.84 m/s, 同时身体重心合速度又回到 2.00 m/s; 身体重心垂直速度在 0.20 s 后开始下降, 但身体重心水平速度在 0.16 s 后开始回升, 身体重心合速度至铅球出手时仍有 0.89 m/s。

铅球水平速度 0.04 s 后开始逐渐增大, 至铅球出手时达到峰值 11.21 m/s; 铅球合速度也在此时达到峰值 13.70 m/s; 铅球垂直速度在 0.04 s 呈正值后逐渐上升, 0.06 s 后上穿重心垂直速度逐渐增大, 至铅球出手时达到峰值 7.87 m/s。

身体重心水平速度在 0.08 s 时达到峰值, 与此同时铅球水平速度开始大于身体重心水平速度, 开始加速; 身体重心垂直速度在 0.10 s 形成次峰值至 0.20 s 时达到最大值, 但是铅球垂直速度在 0.06 s 时即大于身体重心垂直速度, 开始加速; 身体重心合速度在 0.08 s 时达到最大值, 此时铅球合速度也开始大于身体重心合速度, 开始加速。

张铭煌身体重心水平速度在左脚着地后 0.08 s 时达到最大值, 在此之前均大于铅球水平速度, 由此说明该运动员最后用力阶段也较好地完成超越器械, 但重心加速时机略逊于 Karhana ops。

### 3) 中国运动员张俊的技术参数。

由图 3 中可见张俊在左脚着地瞬间铅球与身体重心垂直速度都为负值, 铅球垂直速度大于身体重心垂直速度, 铅球水平速度大于身体重心水平速度, 虽然之后铅球水平速度出现明显下降, 至 0.04 s 时只有 0.41 m/s, 但身体重心水平速度在左脚着地后有将近 0.06 s 大于铅球水平速度。

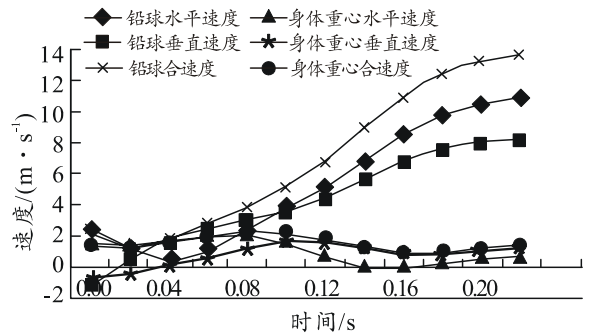


图 3 张俊的技术参数

身体重心合速度在左脚着地后逐渐增大, 身体重心水平速度在 0.08 s 时形成峰值 2.04 m/s, 身体重心垂直速度在 0.04 s 已呈正值, 至 0.12 s 时形成峰值 1.69 m/s, 身体重心水平与垂直速度使身体重心合速度在 0.08 s 后达到峰值 2.36 m/s, 然后下降, 至 0.16 s 时水平速度仅有 -0.03 m/s, 而身体重心垂直速度在形成峰值后略降, 身体重心水平速度在 0.16 s 后开始回升, 到铅球出手时身体重心合速度又回到 1.44 m/s。

铅球水平速度 0.02 s 后开始逐渐增大, 至铅球出手时达到峰值 10.88 m/s; 铅球合速度也在此时达到峰值 13.64 m/s; 铅球垂直速度在 0.02 s 前呈正值后逐渐上升, 至铅球出手时达到峰值 8.24 m/s。

身体重心水平速度在 0.08 s 时达到峰值, 与此同时铅球水平速度开始大于身体重心水平速度, 开始加速; 身体重心垂直速度在 0.12 s 时形成峰值, 但是铅球垂直速度在左脚着地 0.02 s 后即大于身体重心垂直速度, 开始加速; 身体重心合速度在 0.08 s 时达到最大值, 而铅球合速度却在 0.04 s 时已经开始大于身体重心合速度, 开始加速。

张俊是在 0.08 s 时重心水平速度达到最大值, 但在左脚着地后却出现了 0.06 s 铅球水平速度大于身体重心水平速度, 由此可见张俊在此阶段有俗语“甩头”的问题。

## 2.2 讨论

通过以上 3 名运动员在左脚着地瞬间身体重心垂直速度均出现负值, 本研究认为运动员由转换阶段进入最后用力阶段身体重心垂直速度的下降表明出现降重心的过程, 而最大值出现在 0.10~0.12 s, 说明此技术

特点是形成合理技术的重要环节; Karhana ops 身体重心水平速度早于张铭煌和张俊, 由此说明 Karhana ops 最后用力阶段重心加速更积极, 虽然张俊也是在 0.08 s 时重心水平速度达到最大值, 但其左脚着地后却出现了 0.06 s 铅球水平速度大于身体重心水平速度, 可见张俊在此阶段超越器械出现问题, 重心移动不稳, 由此可见铅球水平速度慢于身体重心水平速度有利于形成较好的最后用力姿势, 有利于成绩的发挥。

当研究对象的铅球水平速度在身体重心水平速度达到最大值时开始大于身体重心水平速度, 并在铅球出手时达到峰值, 同时铅球合速度达到峰值。身体重心垂直速度 Karhana ops 和张铭煌都形成两个峰值, 在 0.10 s 和 0.20 s 左右, 而张俊仅有一次在 0.12 s。有学者认为在最后用力阶段下肢首先发力, 右腿积极蹬伸, 随即左侧支撑腿主动支撑制动, 使人体助跑获得的动量传向躯干<sup>[8]</sup>, 所以 Karhana ops 和张铭煌的身体重心垂直速度形成两个峰值, 而张俊可以认为其右腿蹬伸或左侧支撑都没很好的完成。因此右腿积极蹬伸, 随即左侧支撑腿主动支撑制动的时机掌握及蹬伸和支撑的主动性也是最后用力技术好坏的影响因素。

本研究对象均出现了身体重心合速度大于铅球合速度的滞后现象, 只是出现铅球合速度大于身体重心合速度的时间不同。Karhana ops 是 0.06 s, 张铭煌是 0.08 s, 张俊是 0.04 s, 因此 3 名运动员在最后用力的加速准备部分均有明显的超越器械。

综上所述, 运动员由加速准备部分到加速部分的最后用力, 通过身体的扭紧和“超越器械”等方式将其“储备”起来, 在最后用力中加上双腿的用力, 躯干和投掷臂的迅猛推掷动作, 再将动能“释放”并作用于铅球上<sup>[9]</sup>, 也就是说通过身体重心垂直速度和水平速度的变化, 将力进行传递, 是形成旋转技术的良好最后用力的关键。

进一步对 3 名运动的技术参数统计分析可见, 3 位运动员在身体重心水平速度峰值平均为 1.99 m/s, 身体重心垂直速度峰值为 1.75 m/s, 身体重心合速度为 2.42 m/s, 铅球水平速度峰值为 11.16 m/s, 铅球垂直速度峰值为 7.96 m/s, 铅球合速度为 13.68 m/s, 出手速度在 13.68 m/s。

铅球水平速度与垂直速度的峰值呈负相关( $r=-0.88$ ,  $P<0.01$ ), 即铅球水平速度峰值越大, 垂直速度就越小; 铅球垂直速度与铅球合速度的峰值呈负相关( $r=-0.74$ ,  $P<0.10$ ), 即铅球垂直速度越大, 铅球合速度就越小; 铅球水平速度与铅球合速度的峰值呈正相关( $r=0.97$ ,  $P<0.001$ ), 即铅球的峰值水平速度增加对铅球的最大合速度提高有决定性作用。

因此对于采用旋转技术的运动员, 要处理好垂直速度与水平速度的关系, 在保持适宜的出手高度的情况下, 积极提高铅球出手的水平速度, 从而达到更高的铅球出手合速度。而出手速度是当前被认为三要素中对铅球飞行距离影响最大因素<sup>[10]</sup>, 所以有效地提高铅球出手速度对运动成绩有显著的影响。

### 3 结论

1) 运动员左脚着地瞬间身体重心合速度在加速准备部分大于铅球合速度, 有利于形成以身体重心为起点的鞭打动作。

2) 身体重心垂直速度在最后用力的加速准备部分呈负值, 说明在此阶段有降重心的过程, 为加速做准备。

3) 铅球垂直速度与水平速度和合速度的峰值呈负相关, 所以训练中应处理好垂直速度与水平速度的关系, 在保持适宜的出手高度的情况下, 大力发展水平速度。

4) 运动员最后用力阶段铅球水平速度与铅球合速度的峰值呈正相关, 因此与比赛成绩显著相关, 实践中应重点训练。

### 参考文献:

- [1] 单信海. 铅球飞行参数即时反馈系统的研制及铅球技术的理论研究[D]. 北京: 北京体育大学, 2001.
- [2] 张怀金, 胡金平. 对男子旋转推铅球技术优点的研究[J]. 山东教育学院学报, 2003(3): 105-106.
- [3] 文超. 田径运动高级教程[M]. 北京: 人民体育出版社, 1999: 487-500.
- [4] 王保成, 周志雄. 铅球最后用力的理论与训练[J]. 体育与科学, 2000, 21(3): 39-42.
- [5] 张宝峰, 李风雷. 旋转推铅球技术优势的生物力学分析[J]. 首都体育学院学报, 2006, 18(2): 76-78.
- [6] 李世明. 人体环节重量参数测量研究的历史回顾与发展趋势[J]. 北京体育大学学报, 2004, 27(5): 625-627.
- [7] 王倩, 周华锋, 刘茂辉, 等. 对两名不同水平男子铅球选手投掷技术的生物力学分析[J]. 北京体育大学学报, 2007, 30(2): 404-406.
- [8] 余章彪, 郭宾. 我国男子铅球优秀运动员背向滑步最后用力时躯干动作的运动学分析[J]. 体育学刊, 2010, 17(2): 108-114.
- [9] 张英波. 旋转推铅球技术及其与背向滑步推铅球技术生物力学参数对照[J]. 田径, 1999(6): 20-24.
- [10] 徐建荣. 我国部分女子优秀运动员滑步和最后用力技术的三维运动学分析[D]. 南京: 南京师范大学, 2008: 27-28.