

我国男子标枪优秀运动员最后用力中 “延缓”动作的运动学研究

董海军¹, 张桃臣², 郁成刚¹, 刘建国³

(1.西安体育学院 田径教研室, 陕西 西安 710068; 2.河北体育学院, 河北 石家庄 050061;
3.河北师范大学 体育学院, 河北 石家庄 050060)

摘 要: 对我国男子标枪优秀运动员 15 人 32 次试掷的最后用力技术进行研究, 结果表明, 我国运动员普遍存在着右肩, 特别是右肘提前加速的现象。没有“延缓”末端环节的用力, 提前对标枪进行了加速, 破坏了“满弓”动作的形成和环节用力的顺序等现象。

关 键 词: 掷标枪; 最后用力; “延缓”动作

中图分类号: G824.3 文献标识码: A 文章编号: 1006-7116(2007)08-0106-05

Kinematical study of the “delayed” move in the final power explosion of excellent male javelin throw athletes in China

DONG Hai-jun¹, ZHANG Tao-chen², YU Cheng-gang¹, LIU Jian-guo³

(1. Teaching Section of Track and Field, Xi'an University of Physical Education, Xi'an 710068, China;
2. Hebei Institute of Physical Education, Shijiazhuang 050041, China;
3. College of Physical Education, Hebei Normal University, Shijiazhuang 050060, China)

Abstract: The authors studied the final power explosion technique used in 32 test throws by 15 excellent male javelin throw athletes in China, and revealed the following findings: the Chinese athletes had such a common problem as advance acceleration of the right shoulder, especially the right elbow, which accelerates the javelin in advance without the power explosion at the end of the “delayed” move, screws up the formation of the “full bow” move, and messes up the order of power explosion in various moves in the process.

Key words: javelin throw; final power explosion; “delayed” move

国内外学者对掷标枪的最后用力进行了大量的研究, 特别是三维高速摄影技术在科研中的运用, 使得人们对于掷标枪最后用力的形式和实质都有了更进一步的认识。但对最后用力动作的理解还存在一些分歧, 没有一个人对掷标枪最后用力中是否存在“延缓”动作进行过论证和研究。大量研究表明现阶段我国运动员一味追求动作的快速性而忽略了各环节依次用力的顺序, 存在着右肘发力过早等用力不合理的现象。研究表明, 我国男子标枪运动员在左脚着地前平均约 0.8 s 就开始加速发力, 这时右髋加速还没有达到峰值, 影响力从髋到投掷臂的传递效果, 违反了从近端环节向远端环节传递的生物力学原理, 不但破坏了“鞭打”的动量依次传递, 而且使最后的用力动

作提前进入^[1]。归根到底我国标枪运动员在“满弓”形成以前并没有做到“延缓”投掷臂的大臂和小臂的动作, 从而才出现用力过早和用力顺序不合理的现象。

1 研究的对象和方法

1.1 研究对象

以 2004 年参加奥运会选拔赛的 12 名、大奖赛总决赛 8 名、2005 年第十届全国运动会预选赛 12 名运动员, 共计 32 人次的试掷作为研究对象。为了便于研究, 我们将奥运会选拔赛用“a”、第十届全国运动会男子预选赛用“s”、大奖赛总决赛用“z”表示。

1.2 研究方法

1) 三维运动分析。

采用“爱捷”运动录像快速分析系统对影片进行解析,硬件采用 EIMG-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),人体模型采用俄罗斯的扎齐奥尔斯基模型,按照模型关节和附加点的方式进行图像采集和数据处理,并采用低滤波方法进行平滑。

2)近景动态立体摄影。

用两部高速摄影机,拍摄频率为 50 格/s,两台摄影机的主光轴相交于跑道中央纵轴线上,镜头中心距离地面 1.20 m,主光轴的夹角约 80°左右。一台摄像机置于助跑道的右侧与跑道垂直的位置,另一台置于助跑道的右前方,拍摄运动员从“交叉步”结束到标枪出手的整个过程。

对所获数据用 office2003 中的 Microsoft-Excel 进行整理。

2 结果与分析

2.1 完成最后用力各个阶段所需时间

从表 1 可知,我国运动员最后用力的用时比世界优秀运动员多 0.04 s,其中陈奇 5 次试掷和李荣祥 4 次试投的平均时间为 0.31 s 和 0.33 s 与世界优秀运动员较为接近。虽然张厚喜和刘小兵的用时为 0.30 s 和 0.29 s 要少与其他运动员,但从解析的技术图片中可以看出,他们所用的时间少是不合理的,是在“满弓”状态没有充分形成的情况下完成的,上肢在提前用力的情况下完成“鞭打”用力动作,造成了对标枪的工作距离缩短(只有 3.35 m、3.45 m)和出手速度的减小。

表 1 我国运动员与世界优秀选手各个技术阶段的持续时间($\bar{x} \pm s$)比较¹⁾

运动员	$t_{\text{单支撑/s}}$	$t_{\text{双支撑/s}}$	$t_{\text{单支撑/t 双支撑}}$	$t_{\text{总/s}}$	成绩/m
中国	0.21±0.04	0.15±0.02	1.49±0.29	0.36±0.05	72.64±4.17
世界	0.19±0.04	0.13±0.01	1.52±0.28	0.32±0.04	81.90±3.50

1)本数据来自 1995 年世锦赛男子标枪运动生物学分析

2.2 最后用力中的“延缓”动作

1)运动员上肢环节和标枪速度。

运动员上肢各个环节的速度反映了运动员在最后用力过程中加速的时机是否合理,直接反映出最后用力的质量,它是由用力过程中各个环节的加速组成,每一个环节的加速都有一定的时间和先后顺序^[2]。优秀运动员髋、肩、肘、腕和标枪的速度变化之间具有明显的先后顺序,即髋、肩、肘、腕和标枪的速度依次达到本环节的最高速度^[3]。

运动员左脚着地后,在右髋的推动下,右肩开始

加速^[2]。从表 2 可知,我国运动员在左脚着地时右肩的速度为 6.89 m/s,右肘、右腕、标枪的速度分别为 6.44、6.85、6.94 m/s。标枪的速度超过了肩和肘、腕,腕速度超过了肘,从环节加速的理论上讲是不合理的。从左脚着地到“满弓”形成瞬间各环节的速度变化是很重要的,对于运动员来说此阶段处于末端的环节即标枪和手腕有一定相对的减速,这就是本课题研究的重中之重——“延缓”末端用力的动作。对运动员此阶段各环节速度变化的研究可以看出运动员是否“延缓”了对末端环节的用力,是否有“延缓”动作的出现^[4]。

表 2 我国运动员最后用力阶段的上肢各环节速度($\bar{x} \pm s$)变化

右肩速度												右肘速度			右腕速度			标枪速度					
左着		满弓		出手		左着		满弓		出手		左着		满弓		出手		左着		满弓		出手	
6.89±0.97		7.68±1.15		4.66±0.97		6.44±1.03		11.53±0.76		6.90±1.10		6.85±0.80		10.70±1.21		14.65±2.09		6.94±0.72		10.98±1.47		26.47±1.22	
右肩达峰值环节速度				右肘达峰值环节速度				右腕达峰值环节速度															
右肩		右肘		右腕		标枪		右肩		右肘		右腕		标枪		右肩		右肘		右腕		标枪	
8.33±0.89		9.06±1.71		8.35±1.19		8.07±1.41		12.41±0.99		6.85±0.95		13.19±1.28		13.77±1.57		16.92±1.55		5.44±0.55		10.30±1.35		21.24±1.91	

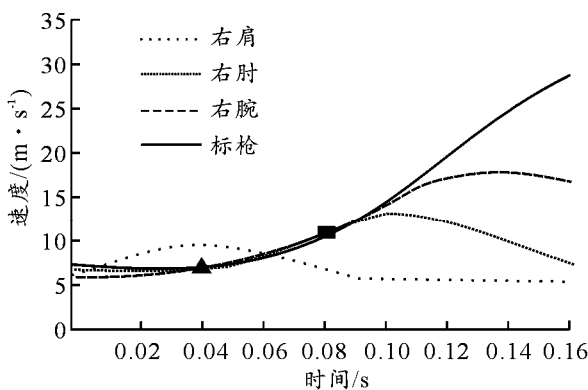
右肩的速度从左脚着地后开始上升,在“满弓”形成瞬间前达到峰值,我国运动员右肩达到峰值 8.33 m/s 时,其它环节右肘、右腕、标枪的速度为 9.06、8.35 和 8.07 m/s,右肘超过了右肩,这表明我国运动员普遍存在着右肘发力过早的现象,更不要说“延缓”末端的用力环节。如我国运动员刘彦红、孙世鹏、高文绪等选手,其中刘彦红(a)右肩速度达到峰值瞬间其

右肘、右腕、标枪的速度已经上升为 11.41、10.56、10.33 m/s。根据力学原理,在这一阶段除右肩以外的上肢各环节速度出现如此高的速度是极为不合理的。李荣祥(a.1)在右肩达到峰值 9.36 m/s 瞬间,其右肘、右腕、标枪的速度分别为 6.30、6.47、6.77 m/s 就较为合理。这表明李荣祥做出了明显的“延缓”用力动作。

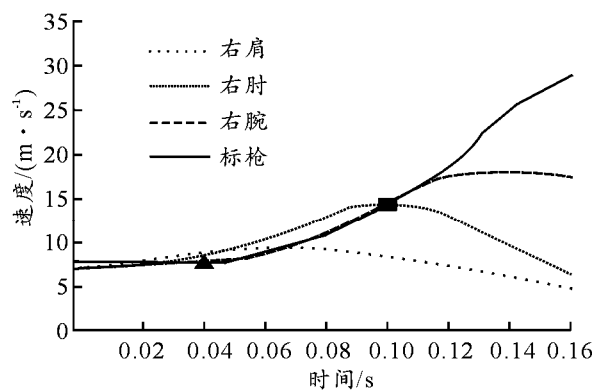
从“满弓”形成瞬间各环节速度可知我国运动员

在此阶段右肩的速度为 7.68 m/s, 右肘、右腕、和标枪的速度为 11.53、10.70 和 10.98 m/s。右肩达到峰值的时机都在左脚着地后“满弓”形成以前, 平均为左脚着地后的 0.06 s。由于在“满弓”形成瞬间前“延缓”动作的出现, 必然会引起上肢各环节速度的减小, 这是形成良好“满弓”状态必不可少的条件。从右肩达到峰值瞬间到“满弓”形成瞬间由于右肩速度的下降, 使得右腕、标枪等末端环节更好的向后再次引伸并相对减速, 使从下肢到上肢所形成的“弓”拉得更紧更大。如果在此时投掷臂主动发力, 也只能是通过右肘的弯曲来完成, 因为此时身体右侧的各个关节处的肌肉已被充分拉紧, 肘关节处于上翻状态, 肩关节已失去再加速的可能, 而在右肘关节处弯曲又是肌肉正常的生理机制, 肘关节的弯曲必然会引起投掷臂末端环节的加速, 从而破坏了理想“满弓”状态的形成。从整个数据可知我国运动员有李荣祥等 9 人次的试掷中上肢环节速度较为合理, 其余 23 人次的试掷都存在着环节加速不合理的现象。

右肘关节各个时相速度变化反映出运动员肘关节在最后用力中的用力情况^[9]。从表 2、图 1、图 2 可知我国运动员在左脚着地瞬间右肘速度为 6.44 m/s, “满弓”形成瞬间为 11.53 m/s, 右肘速度的峰值出现在“满弓”形成后 0.23 s, 在“满弓”形成瞬间我国运动员孙世鹏(a、s、z)3 次试掷的右肘速度分别达到 12.43、12.70、13.50 m/s, 陈奇(a.1)和李荣祥(a.1)在此时只有 10.09 和 10.94 m/s。从右肘速度出现峰值的时机看, 孙世鹏基本上是在“满弓”瞬间就已经达到, 李荣祥和陈奇平均要比他晚出现 0.02、0.01 s。这更进一步说明孙等选手在“满弓”形成瞬间以前没有做出“延缓”动作, 并出现了右肘提前加速和用力的现象。从解析的技术图片中也可以看出他的右肘关节在左脚着地后到“满弓”形成瞬间弯屈得非常严重。我国运动员在右肘达到峰值 12.41 m/s 时, 右肩、右腕、标枪的速度分别为 6.85、13.19 和 13.77 m/s。此时右肩速度的减小是正常的, 但标枪的速度反而高于右肘和右腕是不合理的^[9]。



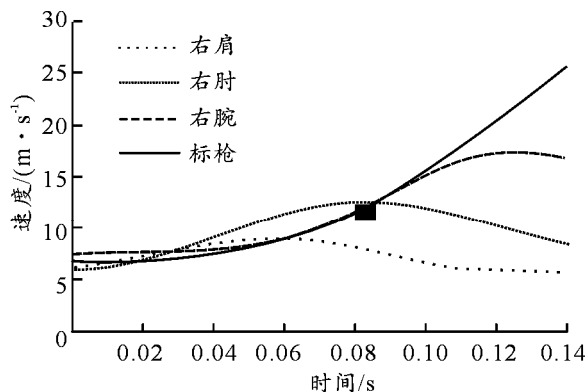
a 李荣祥



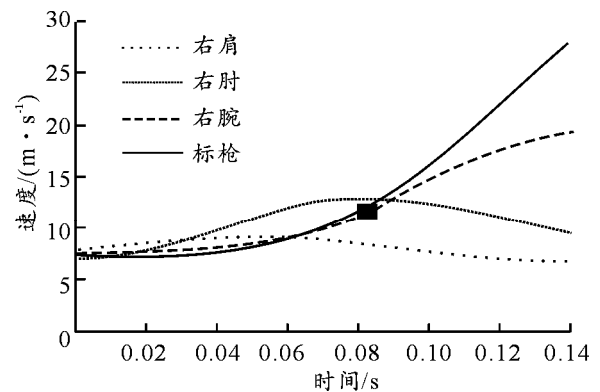
b 陈奇

图中“△”表示满弓形成瞬间“□”表示“延缓”动作阶段

图 1 李荣祥和陈奇投掷 79.06 m 和 81.38 m 时上肢各环节的速度曲线



a 孙世鹏



b 刘小兵

“□”表示满弓形成瞬间

图 2 孙世鹏投掷 73.14 m 和刘小兵投 64.56 m 时的上肢各环节的速度曲线

从图中右肩的速度曲线可以看出李荣祥的峰值出现得较快也较明显,其余3名运动员的较慢,到“满弓”形成前达到峰值。从右肘的曲线来看,李荣祥是唯一一个从左脚着地到“满弓”形成右肘速度小于标枪速度的运动员,其余几名运动员在右肩没有达到峰值时标枪速度就开始上升,超过了其他环节的速度。这也更进一步说明右肘提前用力的现象。从右腕的速度曲线来看刘小兵的右腕和标枪的速度同时达到峰值。李和陈在右腕达到峰值后并没有急剧下降而保持到标枪出手。从标枪的曲线来看,李荣祥、陈奇在左脚着地到“满弓”形成之间有一个共同的特点:标枪速度上升较为平缓并有一个小的波谷,波谷值低于左脚着地时和“满弓”形成以前的标枪速度。图2中孙和刘的标枪曲线从左脚着地开始就上升,并没有出现波谷。这表明了图1中的运动员做出了“延缓”用力的动作,图2中运动员并没有出现。从图1、2还可以看出真正有实质的最后用力是从运动员左脚着地开始的。

2) 运动员右肘角度特征的运动学分析。

“右肘角”在本文的定义为:右肘转动中心与右肩转动中心的连线和右肘转动中心与右腕转动中心的连线在右肘关节处所形成的夹角。它直接反映运动员投掷臂在用力过程中的伸展情况。由于持枪的动作造成了投掷臂的手腕和肘关节处于内旋的状态,必然在肘关节处有一定的弯屈,但弯曲程度不会太大。

从表3可知,我国运动员在右脚着地瞬间右肘角和世界优秀运动员没有差异,但我国选手李荣祥右肘角度达到 166° ,于学宝(s)刘小兵(a)却只有 128° 、 123° ,这表明他们的手臂在右脚着地时就有了加速的趋势,缩短了工作距离。由于右腿的蹬伸推动右髋向投掷方向转动,而且左脚着地前右髋已经达到了峰值,右肩向投掷方向的转动必然会带动右肘关节加速翻转,这势必引起右肘角度的减小。我国运动员左脚着地时的右肘角为 114° ,世界优秀运动员为 124° ^[7],其中刘彦红和孙世鹏下降得较多,达到 65° 和 63° ,这表明我国运动员普遍存在右肘弯曲过早提前用力的现象。

特别是孙世鹏在左脚着地瞬间右肘角已下降到 90° 左右,孙等选手的屈肘现象非常严重,影响了投掷臂的“延缓”动作,同时也影响到完成超越器械的完成和“满弓”形成的质量,造成降肘拉枪等动作,这主要是肘部弯曲过大和提前发力造成的。我国运动员李荣祥在这一阶段表现得较好,平均只减小了 4° ,在左脚着地瞬间右肘角平均为 161° ,这有利于后面“延缓”动作和合理“满弓”状态的完成。运动员在左脚着地后到“满弓”形成瞬间右肘角会进一步的减小,这主要是由于肘关节的上翻和胸部的上挺动作所引起的。在“满弓”形成前运动员还应该尽量向后伸投掷臂,来完成对标枪和手腕的“延缓”达到最大“满弓”的目的。在“满弓”形成瞬间右肘角都会有进一步的减小,但这一阶段的弯曲是被动的,它直接影响到“满弓”的幅度和拉紧的程度。良好的“满弓”状态是完成鞭打用力的前提和保证,“满弓”动作形成后,投掷臂仍然保持在体后,使肩关节和肘关节处于最大伸展的情形。由于肩关节的骨骼结构,使它的伸展程度受到了限制,因此,它的伸展程度主要取决于运动员的各自能力和肩韧带的柔韧性好坏。无论怎样,主动而过早的弯屈投掷臂是不应该的,对整个投掷成绩起到消极作用^[9]。我国运动员在器械出手瞬间右肘角平均为 142° ,世界优秀运动员平均为 154° 。这表明我国选手普遍存在着屈臂投枪的动作,也就是我们通常所说的拉枪,这不但缩短了投掷半径,同时也减小了整个鞭打动作的幅度,降低了“满弓”的作用^[6]。“延缓”动作的生物力学原理必须结合鞭打动作来说明,鞭打是手部游离(或持物),上肢动作类似鞭子急速抽打的摆臂动作。在鞭打之前手向鞭打的反方向移动,右腿在左腿强有力的支撑下积极蹬伸,身体形成“满弓”动作至使鞭打的肌群处于被拉长的状态储备弹性势能^[9]。“延缓”动作的目的正是延迟末端环节用力,符合上述力学原理。同时也符合力学相向运动的原理,由于下肢髋关节向投掷方向运动和末端环节——手的向后延伸,使得“弓”被拉得更紧,进而延长了工作距离和增大了鞭打用力的幅度。

表3 我国与世界标枪优秀运动员右肘关节角度($\bar{x} \pm s$)变化比较 ($^\circ$)

运动员	右脚着地瞬间	左脚着地瞬间	右着 - 左着	满弓形成瞬间	出手瞬间
中国	152 ± 12	114 ± 20	38 ± 18	102 ± 29	142 ± 11
世界	151 ± 10	124 ± 12	28 ± 10		158 ± 8

3 结论

1) 在掷标枪最后用力中存在“延缓”动作,通过

是否有“延缓”动作可以来判断运动员的技术的好坏。

“延缓”动作的出现还可以增大标枪的工作距离及“满

弓”和鞭打用力的幅度，同时克服了投掷环节用力不合理和肘关节弯曲过大等现象。

2)我国运动员有9人次的试掷中上肢环节速度较为合理，其余23人次的试掷都存在着环节加速不合理的现象。

3)我国运动员普遍存在着右肩，特别是右肘提前加速的现象。没有做出“延缓”末端环节的用力，提前对标枪加速，破坏了“满弓”动作的完成和环节用力。

4)我国运动员右肘的角度从右脚着地到左脚着地之间普遍存在着角度减小过大，投掷臂弯曲严重等现象，同时存在着屈臂投枪的动作。

参考文献:

- [1] 李建臣, 赵宪智. 田径技术[M]. 北京: 人民体育出版社, 2002: 340-366.
- [2] 文超. 田径运动高级教程[M]. 北京: 人民体育出版社, 1994: 516-518.
- [3] 卢竟荣. 我国优秀男子标枪运动员“交叉步”和最后

用力投掷技术的生物力学分析[J]. 浙江体育科学, 1994, 16(2): 32-34.

[4] p.伯尔纳[德国]. 最佳标枪技术的特征——最后用力前的“延缓”动作[J]. 田径技术与训练译文专辑, 1998(6): 156-161.

[5] 刘建国, 宫本庄. 田径运动[M]. 北京: 高等教育出版社, 2002: 329-331.

[6] 康利则. 男子标枪运动员张连标投掷技术分析[J]. 西安体育学院学报, 1999, 3(3): 35-37.

[7] 黄毅. 1995年世锦赛男子标枪运动生物力学分析[J]. 田径, 2001(7): 44-48.

[8] 刘大庆. 对我国男子标枪某些运动学特征的初探(二)——投掷步后两步和最后用力技术[J]. 田径指南, 1990, 4(3): 12-16.

[9] 《运动生物力学》编写组. 运动生物力学[M]. 北京: 高等教育出版社, 2000: 301-310.

[编辑: 周威]

值得运动人体科学研究者关注的网站

1. <http://www.acsm.org> 大名鼎鼎的美国运动医学会的官方网站;
2. <http://www.fims.org> 国际运动医学联合会;
3. <http://140.123.226.100/epsport/mainep.asp> 台湾运动生理学网站;
4. <http://www.asep.org> 美国运动生理学家学会;
5. <http://www.csep.cn> 中国运动生理学界运动生理科学工作者组成的全国性的学术团体;
6. <http://www.dxy.cn/bbs/post/page?bid=159&sty=1&age=30> 丁香园【法医学和特种医学讨论版】;
7. <http://www.tiyuol.com/forumdisplay.php?fid=7> 体育在线『运动人体科学』板块;

(体育在线运动人体科学版主 jzhsun)

体育在线学术论坛相关链接: <http://www.tiyuol.com/viewthread.php?tid=2138&pid=16841&page=1&extra=page%3D1#pid16841>