



# 江苏运动员刘鼎赫单杠直体特卡切夫腾越的运动学分析

宋雅伟<sup>1</sup>, 钱竟光<sup>2</sup>, 叶强<sup>2</sup>

**摘要:** 直体特卡切夫腾越是单杠最有代表性的技术动作, 运用 SONY PC330 高速摄影机, 拍摄了江苏省体操队刘鼎赫完成该动作的成功与失败动作, 运用 Ariel 运动分析软件从运动生物力学角度, 对其动作技术的各个环节进行研究讨论, 找出各个动作技术环节的关键因素, 以期对运动员的训练提供一些参考。

**关键词:** 单杠; 直体特卡切夫; 运动学分析

中图分类号: G804.6 文献标识码: A 文章编号: 1006-1207(2007)01-0068-03

## Kinematic Analysis on Tkatchev Stretched Jump-over on the Horizontal Bar of Liu Ding he, a Gymnast in Jiangsu Province

SONG Ya-wei, QIAN Jing-guang, YE Qiang

(Shanghai Institute of P.E., Shanghai 200438, China)

**Abstract:** Tkatchev stretched jump-over is the most representative movement in horizontal bar. With Sony PC330 high-speed video camera, both the successful and failed movements of Liu Dinghe were taken and were studied with Ariel sport analysis software from the angle of sport biomechanics. The aim is to find out the key factors of each technical link so as to offer some reference to the training of gymnastics.

**Key words:** horizontal bar; Tkatchev stretched jump-over; kinematic analysis

## 1 前言

从70年代原苏联优秀体操运动员特卡切夫创立前摆屈体分腿特卡切夫后腾越成悬垂动作开始, 便开辟了这种新技术的高难动作领域。特卡切夫类的动作近年来发展较快, 主要有屈体特卡切夫腾越(分腿、并腿)、直体特卡切夫腾越及直体转体360°特卡切夫腾越。在此类动作中, 最有代表性技术就是直体特卡切夫腾越。直体特卡切夫腾越是在特卡切夫动作基础上变屈体为直体的创新动作且此动作已被编入成套动作中。在国际体操规则难度表中规定, 该动作属于D组动作, 直体特卡切夫腾越是连接性的动作, 该动作的好坏将直接影响后续技术动作的发挥, 它的稳定性对后续动作有不可逆转的作用, 而且它是D组难度中较易完成的动作, 因此它成为运动员首选的创造优异成绩的重要动作。

直体特卡切夫腾越主要包括振浪、脱手、腾越和再握4个技术环节, 本文旨在通过对运动员成功和失败的动作进行理论分析, 描述该技术动作的各个环节, 找出影响该动作的主要运动学参数, 根据研究的结果对他们的动作进行技术诊断并提出改进意见, 给运动实践提供理论参考。

## 2 研究对象与方法

### 2.1 研究对象

以江苏省体操队2005年3月21日队内测试中刘鼎赫完成该动作的成功和失败动作为例。

### 2.2 研究方法

#### 2.2.1 运动学方法

实验过程: 采用SONYPC330摄像机在测试现场侧面(二

维)以每秒50帧的速度拍摄, 架机高度与单杠纵轴同高, 摄像机的主光轴与运动平面垂直。

模型的建立: 采用郑秀媛的中国成年男子模型(2005年依据CT扫描得出的模型), 把人体分为21个点的多刚体模型。

#### 2.2.2 统计分析法

对原始数据采用最小二乘法曲线拟合进行平滑处理, 平滑后的数据用Ariel运动分析软件解析, 来获得所需的运动学参数。

#### 2.2.3 文献资料法

查阅和收集有关文献, 并结合研究对象进行比较与分析。

#### 2.2.4 调查访问法

走访运动员(刘鼎赫、吕博、王哲)和教练员(高树君、周圭圣等), 了解直体特卡切夫的动作过程与技术特征。

## 3 结果与分析

结合影片解析所得的动作过程, 根据振浪、脱手、腾空和再握这几个技术环节的有关数据, 对其动作过程的不稳定因素及失败原因等问题进行分析讨论。

### 3.1 振浪技术测试结果与讨论

直体特卡切夫的振浪(图中1~5阶段)是由下摆和兜腿两部分组成, 也是使人体获得最大动能的阶段。

下摆阶段(图1、2中1~2阶段)是由倒立位开始, 下摆时身体并不过分向后远伸, 而是脚快速向下, 稍屈体, 犹如向下扣, 以便做好鞭打振浪的准备, 摆到一定位置时, 伸展身体充分沉肩, 髋快速前送, 小腿协调放松。

兜腿阶段(图1、2中3~4阶段)是摆过杠垂直位置, 快

收稿日期: 2007-01-08

第一作者简介: 宋雅伟(1970~), 男, 副教授, 主要研究方向: 运动生物力学

作者单位: 1.上海体育学院, 上海, 200438; 2.南京体育学院, 南京, 210014

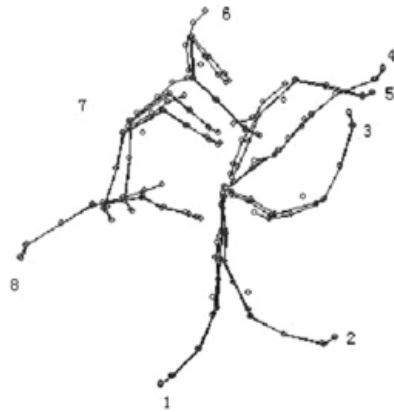


图1 刘鼎赫直体特卡切夫失败动作

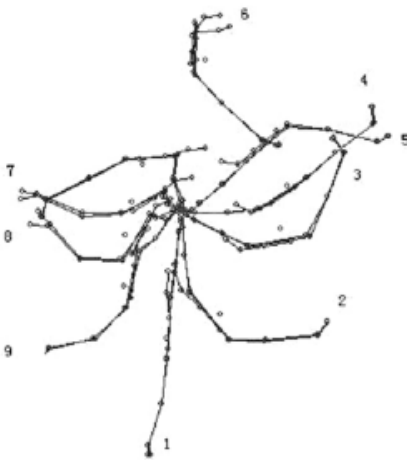


图2 刘鼎赫直体特卡切夫成功动作

速向上兜腿、含胸、留肩，髋角急剧变小，上摆到一定角度时，两腿迅速制动，同时充分展髋挺身，快速急剧地向上振胸顶肩，形成最大背弓，随即放手进入腾空过杠，准备握杠（其中兜腿时机是指鞭打式屈髋动作开始时人体重心与单杠连线与杠平面所成的夹角）。

数据表明两组运动员在下摆阶段都采用了“盖浪”技术，在成功和失败动作中，其屈髋幅度分别为11.2°和13.57°，在成功动作中髋关节的屈伸的时机与失败动作相比明显推迟，整个屈髋下摆幅度成功动作比失败动作要少（成功为102°，失败为120°）；从上表的数据同时可以看出，下摆至杠垂线时，整个兜腿技术符合爆发式兜腿动作特征，这对整个动作完成是有利的，成功动作其运动的速度小于失败的动作，这为快速兜腿鞭打创造了有利条件。失败动作的兜腿过程太匆忙，这就使得脱手、腾空时的水平速度过大，从而影响脱手及腾空过程。

由于在兜腿结束后人体要有完成梗头，含胸，抬上体，立腰形成直体过杠的姿势，因而在兜腿结束时有更大的重心腾起速度，在此重心要具有较大的垂直速度，这就是要保证腾空的时间，与此同时重心也要有适当的水平速度，这点成功动作与失败动作差别不大，但是重心的水平速度是有限的，由于在腾空过程中人体要前翻，如果水平速度过大，则会影响下面再握技术，在失败的动作中由于兜腿结束后重心的水平速度过大，以致在再握时，人体偏离杠太远以致动作失败。

3.2 脱手技术的测试结果与讨论

脱手（图1、2中5阶段）是保证人体以最佳腾起条件和最大向前翻转动量矩进入腾空的关键技术，由于脱手后要制腿振肩来减慢腿的速度，加速肩的立起，从而使人体产生向

表1 波浪技术下摆过程数据

	下摆过程			下摆过杠垂线时			
	髋角 (°)	幅度 (°)	时机(°)	足的速度 (m/s)	足的水平速度 (m/s)	足的垂直速度 (m/s)	髋角 (°)
成功	168.8	11.12	70	19.46	18.53	5.94	175.78
失败	166.4	13.57	70	26.68	25.78	6.65	170.19

表2 波浪技术兜腿过程数据

动作	兜腿过程					兜腿结束时					
	开始时机 (°)	开始髋角 (°)	结束时机 (°)	结束髋角 (°)	时间 (s)	幅度 (°)	最大髋角速度 (°/s)	足的速度 (m/s)	足的水平速度 (m/s)	足的垂直速度 (m/s)	髋角 (°)
成功	130	126	232	109	0.3	102	479	8.67	0.98	8.62	111.9
失败	114	131	234	123	0.4	120	585	11.3	1.25	10.3	123.8

表3 脱手技术数据

动作	脱手时机 (°)	脱手时髋角 (°)	脱手时重心的垂直速度 (m/s)	脱手时重心的水平速度 (m/s)	脱手时重心速度 (m/s)	脱手时重心角速度 (°/s)
成功	47	140.76	2.96	1.83	3.48	4.64
失败	46	149.59	3.38	2.23	4.05	4.09

前及与回环方向相反的翻转动量矩。考虑到直体特卡切夫动作腾空过程中需要更大的向前翻转的动量矩，而在保持水平方向位移的前提下，需要最佳的腾起初速度和腾起角度进入腾空阶段的同时，合理地改变人体的相对位置，重新调节各部分的运动速度，来实现动量矩方向的改变是脱手技术的关键。

根据动量矩的传递规律，在脱手过程中，下肢反方向急剧制动，能使原回环运动中腿部的动量矩传递到上体，加速上体的回环，造成人体相对于重心的反向转动，这时腿的反

向制动越猛烈，传到上体的动量就越大，再通过爆发式的振胸带臂动作，进一步增大了反向动量矩，确保人体反向翻转（其中脱手角是脱手离杠瞬间，人体重心与单杠平面的夹角）。

在脱手技术中，成功运动员的动作相对把握的较合理。由于腾空过程中要保持一定的水平位移，在增加腾空高度的同时其时间也必然会加长，如果在这种情况下水平速度过大则会产生脱手的危险。由数据可知，在脱手时刻，成功和失败两组



动作的脱手角相差不大但是重心的垂直速度（成功为2.957m/s，失败为3.385 m/s）和腾起初速度（成功为3.235 m/s，失败为3.639m/s），失败动作在数值上有很大的优势，可以说为腾空提供了很好的条件，但由于脱手时水平速度过大，致使在腾空过程中重心水平方向上走得过多，最终导致动作的失败。

### 3.3 腾空和再握技术的测试结果与讨论

腾越和再握阶段（图1、2中6~7阶段）是腾空瞬间，积极主动立肩，稍含胸拱背、提气、向前梗头、目视单杠，向后分腿腾越过杠并在身体下落时主动伸手握杠，下摆完成动作。在直体特卡切夫动作的腾越阶段人体重心的运动可看作抛体运动，再握后的回环阶段可视为圆周运动，我们把再握瞬

间人体重心与单杠连线的长度称为再握半径；连线与水平线的夹角称为再握角。显然在两曲线运动速度方向一致时再握，其再握角最佳，如果这时两曲线的曲率半径也就是再握半径和回环半径相等，则再握后就能由抛体运动平衡过渡到圆周运动而且人体重心的速度损失最小，这就是最佳再握的条件，当然这些再握条件能够实现还依赖于最佳的腾起条件。

最佳再握条件的实现，不但要有最佳的腾起条件，还要有合理的空中飞行技术。离杠后，手臂后绕，以及从远端小关节到近端大关节快速而顺序地弯曲，都有利于空中加速人体向前的翻转。再握前的伸臂动作，不但能使人体获得最佳的再握半径，而且，能减慢手再握杠前相对于单杠的运动速度，甚至达到相对静止，这时完成再握，就能使人体再握时手与单杠的撞击力减小到最小。

表4 腾空技术数据

动作	腾起角 ( $^{\circ}$ )	腾起时重心速度 (m/s)	腾起时重心水平速度 (m/s)	腾起时重心垂直速度 (m/s)	腾起时髋角 ( $^{\circ}$ )	重心的最大高度 (m)
成功	53	3.24	1.99	2.55	123.97	0.98
失败	51	3.64	2.20	2.89	128.83	1.12

表5 再握技术数据

动作	再握角 ( $^{\circ}$ )	再握时重心高度 m	再握时重心速度 (m/s)	再握半径 (m)	再握时髋角 ( $^{\circ}$ )	腾空时间 (s)	再握时足的速度 (m/s)
成功	25	0.32	4.39	0.688	163.18	0.72	5.17
失败	13	0.25	5.23	0.949	144.42	0.79	6.19

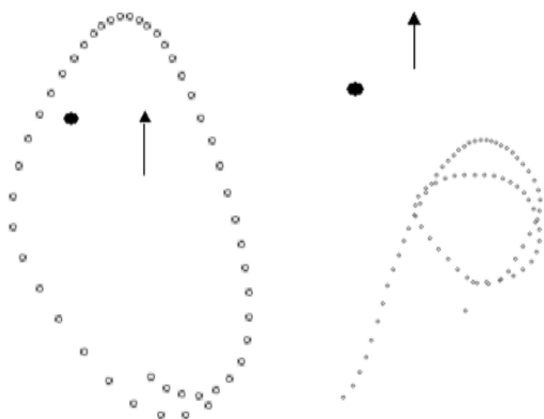


图3 刘鼎赫成功动作重心轨迹

图4 刘鼎赫失败动作重心轨迹

由于脱手技术的不完善，尽管他的腾起角度，初速度已处于很有利的条件，但这种腾起条件决定了他不可能在最佳位置再握，造成这种原因的主要因素是脱手时重心的水平速度过大（成功为1.83m/s，失败为2.23 m/s），使人体难以控制自身速度，致使再握时半径过大超过实际能力以及在再握时身体还来不及握杠，最终导致脱杠。

### 3.4 该动作向连续“飞行”动作方向发展的可行性

提高该动作的完成质量，争取把它发展成为连接性动作，即用直体特卡切夫越杠再握来连接其它“飞行”动作，实现连接上的创新，是该动作发展的方向之一。而实现这种创新，关键就在于能否以最佳的再握条件完成再握。

要想发展“飞行”接“飞行”的动作，就要改进动作技术。首先要改进下摆的振浪技术，既要有爆发式的兜腿，又要有合理的下摆速度；其次要改进脱手技术，如果他脱手技

术改进也比较好，脱手时人体能获得更大的翻转动量矩和最佳的腾起条件，那么最佳再握条件的实现也是完全可能的。因此，直体特卡切夫越杠再握动作是可以发展成为连接性动作，在“飞行”接“飞行”方面实现新的突破。

## 4 结论

4.1 在下摆过程中如果用力太大，这会导致身体下摆过杠时的水平速度过大，造成兜腿时间过短，急于进入腾空阶段，进而使人体难以控制自身速度，最终导致动作失败。

4.2 脱手时屈髋太大，这会加大身体制振的难度，影响后续动作的完成。

4.3 该动作可以发展成为连接性动作，以在直体特卡切夫越杠再握与其它“飞行”动作的连接上实现创新，而通过技术改进，使其达到最佳的再握条件是实现这种创新的关键。

## 参考文献：

- [1] 钱竞光. 直体特卡切夫腾越创新动作的研究. 硕士研究论文.
- [2] 钱竞光, 周力行. 单杠“特卡切夫”腾越动作的运动生物力学分析(四)—振浪技术[J]. 上海体育学院学报, 1989, (1): 39~45.
- [3] 周力行, 钱竞光. 单杠“特卡切夫”腾越动作的运动生物学分析(二)[J]. 上海体育学院学报, 1988, (3): 14~16.
- [4] 周力行, 钱竞光. 体育运动技术影片解析系统软件的研制[J]. 上海体育学院学报, 1987 (1): 6~9.

(责任编辑: 何 聪)