

•竞赛与训练•

## 中、外优秀男子 20 km 竞走运动员技术动作对比分析

周浩祥<sup>1</sup>, 王国伟<sup>2</sup>, 魏良忠<sup>1</sup>, 强武<sup>3</sup>, 郭子渊<sup>1</sup>, 张树林<sup>3</sup>

(1.安徽省体科所 运动医学室, 安徽 合肥 230001; 2.郑州大学 体育学院, 河南 郑州 410100;  
3.安徽省田径游泳运动管理中心, 安徽 合肥 230001)

**摘 要:**运用高速摄像与影片解析等方法,对 2014 年国际田径联合会竞走世界杯赛男子 20 km 中、外参赛优秀运动员的技术动作进行了分析诊断,研究发现:1)中国男子运动员重心移动速度偏慢,表现在步频偏小、大腿夹角偏小,说明步幅还有待提高。2)中国男子运动员头顶点上、下起伏较大,腾空时间较长,被判罚犯规的可能性较大。3)中国男子竞走运动员踝关节蹬伸幅度偏小,上、下肢摆动角度左右不平衡,上、下肢摆动速度偏慢。建议:中国男子竞走运动员在具有充分步幅的前提下,要适当提高步频,增大踝关节的蹬伸力量,加大上、下肢的摆动速度,形成左右平衡、摆动充分的合理技术动作。

**关 键 词:**运动生物力学; 20 km 竞走; 优秀运动员

中图分类号: G804.6 文献标志码: A 文章编号: 1006-7116(2015)06-0099-07

### A comparative analysis of technical movements of excellent domestic and foreign men's 20km race walkers

ZHOU Hao-xiang<sup>1</sup>, WANG Guo-wei<sup>2</sup>, WEI Liang-zhong<sup>1</sup>, QIANG Wu<sup>3</sup>,  
GUO Zi-yuan<sup>1</sup>, ZHANG Shu-lin<sup>3</sup>

(1.Sports Medicine Section, Anhui Sports Science Research Institute, Hefei 230001, China;  
2.School of Physical Education, Zhengzhou University, Zhengzhou 410100, China;  
3.Anhui Track and Fields Swimming Sports Management Center, Hefei 230001, China)

**Abstract:** By applying methods such as high-speed video recording and analyzing, the authors analyzed and diagnosed technical movements of domestic and foreign men's 20 km race walkers who participated in IAAF Race Walking World Cup 2014, and revealed the following findings: 1)the Chinese male athletes' center of gravity moving speed was on the slow side, which was embodied in lower pace frequency, and smaller thigh included angle, meaning that pace frequency still needs to be improved; 2)the Chinese male athletes' head vertex fluctuation was relatively big, their hang time was kind of long, thus the possibility of being judged as foul was high; 3)the Chinese male race walkers' ankle joint stretching amplitude was on the small side, their upper and lower limb swinging angles were not left and right balanced, their upper and lower limb swinging speeds were on the slow side. The author suggested that Chinese male race walkers appropriately increase pace frequency, ankle joint stretching power, as well as upper and lower limb swinging speeds, under the condition of having an adequate stride, and form left and right balanced, swinging sufficient rational technical movements.

**Key words:** sports biomechanics; 20 km race walking; excellent athlete

竞走作为中国田径的优势项目,在奥运会上共获得 3 枚金牌,其中一枚为男子运动员陈定所得。但是,

我国男子竞走项目整体实力与世界强队相比还存在着差距。竞走项目对体能、技能、战术等要求比较高,

收稿日期: 2015-05-07

基金项目: 国家体育总局重点领域研究“我国优秀青少年竞走运动员‘速度-技术’关系及规范技术模式研究”(2014B079); 国家体育总局奥运会公关课题“竞走项目成功训练经验与制胜规律研究”(2013A078)。

作者简介: 周浩祥(1981-),男,助理研究员,硕士,研究方向:技术动作分析与训练监控和评定。E-mail: zhouhaoxiang1981@163.com

但是国际田联是通过人眼来判断竞走运动员是否腾空或者屈膝,这就要求我们对运动员的技术进行详细的分析,诊断技术上的优缺点,从而保证在比赛时不会出现腾空或者屈膝。本研究以 2014 年国际田联竞走世界杯赛 5 名中国男子 20 km 参赛运动员为研究对象,与同场竞技条件下国外优秀竞走运动员进行对比,希望找出中国男子竞走技术方面存在的真正问题,为中国男子竞走提升实力提供参考。

表 1 研究对象基本信息

国别	运动员	名次	级别	成绩	注释
乌克兰	Ruslan Dmytrenko	1	世界杯冠军	1 h 18 min 37 s	个人最好
	蔡泽林	2	世界杯亚军	1 h 18 min 52 s	赛季最好
	王镇	6	挑战赛冠军	1 h 19 min 40 s	赛季最好
中国	陈定	15	奥运会冠军	1 h 20 min 28 s	赛季最好
	于伟	21	国际健将	1 h 20 min 47 s	赛季最好
	边通达	45	国际健将	1 h 23 min 00 s	

## 1.2 研究方法

### 1) 平面定点拍摄。

#### (1) 采用经过处理的平面标定方法。

由于竞走比赛,不同研究对象运动轨迹不在同一个运动平面,为了减小误差有必要对传统的比例尺进行重新标定,本研究比例尺现场标定如下(图 1):选取标定距离为 2.5 m,接近运动员一个复步的距离;标定线之间 30 cm,标定线和运动平面平行、与摄像机主光轴垂直,标定区域大小为运动员可能通过的区域,对不在标定线上的研究对象,通过标定区域两端的线结合运动平面,标出运动员所在的标定线(图 1 虚线所示)这样的标定能最大程度减小误差,提高解析的准确程度<sup>[1]</sup>。

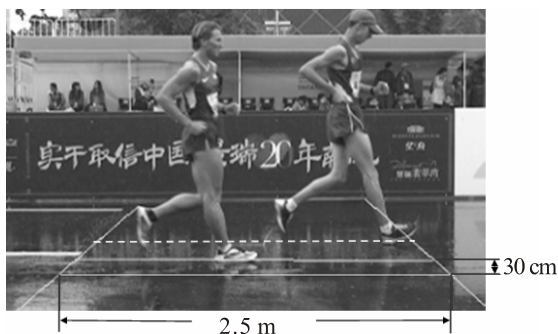


图 1 本研究对传统比例尺的处理示意图

### (2) 平面定点拍摄。

使用 1 台 CASIO-EX-FH 25 高速摄像机对比赛现场进行定点定焦拍摄,拍摄的位置距离终点 150 m 处(图 2)<sup>[2]</sup>,设定拍摄频率为  $120 \text{ fs}^{-1}$ ,机高 1.20 m,拍摄距离约 15 m 左右,快门速度为  $1/600 \text{ s}$ ,摄像机主光

## 1 研究对象和方法

### 1.1 研究对象

2014 年国际田径联合会竞走世界杯赛男子 20 km 5 名中国参赛运动员,以及本次比赛的冠军 Ruslan Dmytrenko(见表 1)。蔡泽林、王镇、陈定参加了 2012 年伦敦奥运会,于伟、边通达为国际级运动健将,他们基本能够代表中国男子 20 km 竞走的最高水平。

轴与运动平面垂直,拍摄研究对象录像技术的同时拍摄比例尺,采用经过处理的标定方法在地面进行标定,使用 1 台 SONY-HDR-1E 常速摄像机对比赛进行扫描拍摄。

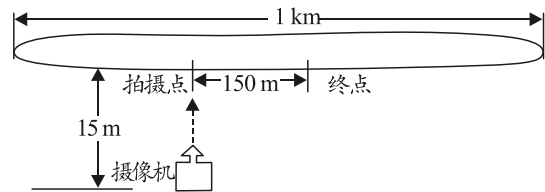


图 2 本研究比赛现场拍摄示意图

### 2) 影片解析。

使用视讯影片解析系统对比赛录像进行人工数字化处理,解析时使用松井秀治人体惯性参数模型,并选取 20 个解析关节点,采用低通数字滤波法对数据进行数据平滑,平滑系数为 7 Hz。选取运动员一个复步的动作视频录像进行分析,在对动作进行解析时,视频两端多选取 6 帧图片进行分析。所有解析工作均由同一个人、一整段时间完成,避免了不同人解析带来的误差,保证了数据的真实性、准确性。

使用 Dartfish4.0 动作技术分析软件对关键时相动作图片进行定量描述。使用 Microsoft Excel 2007 软件对解析数据进行统计处理和计算。

### 3) 选取阶段的依据。

表 2 显示,前 5 km 中国运动员和国外优秀运动员用时基本一样,到 10 km 蔡则林、王镇、陈定和冠军速度一致,于伟和边通达则逐渐掉队,到 15 km 处前

者还基本能够跟上国外优秀运动员，15 km 之后，差距慢慢拉开，也就是说，最终造成成绩的差距在最后 15~20 km，而通过对研究对象 15~20 km 之间的重心移动速度进行录像解析，发现在 20 km 最后冲刺阶段研究对象的重心移动速度处于较高的水平，在最后冲刺

体能下降时候，较高的重心移动速度需要发挥身体的潜力更多，参赛运动员的特点和缺点也表现得最明显，因此，本研究选取第 20 km 为研究点，对中外优秀竞走运动员技术进行量化分析，希望能够找出冲刺阶段中、外优秀男子 20 km 竞走运动员的技术差距。

表 2 运动员 5 km 分段计时时间<sup>1)</sup>

运动员	5 km	10 km	15 km	20 km
Ruslan Dmytrenko	20 min 22 s	40 min 10 s	59 min 45 s	1 h 18 min 37 s
蔡泽林	20 min 22 s	40 min 10 s	59 min 45 s	1 h 18 min 52 s
王镇	20 min 22 s	40 min 10 s	59 min 46 s	1 h 19 min 40 s
陈定	20 min 23 s	40 min 10 s	59 min 48 s	1 h 20 min 28 s
于伟	20 min 23 s	40 min 36 s	1 h 00 min 42 s	1 h 20 min 47 s
边通达	20 min 25 s	40 min 44 s	1 h 01 min 41 s	1 h 23 min 00 s

1)资料来源：<http://www.iaaf.org/home>.

4)动作阶段的划分。

竞走阶段的划分是多种多样的，研究者可以根据需要来选取一个阶段的开始点和结束点，整个周期的时间长度不变。现代竞走比赛是由左、右双腿的左腿

支撑阶段和右腿腾空阶段-右腿支撑阶段和左腿腾空阶段交替完成的。因此，本研究把左单步周期(左着地-左垂直-左离地)、右单步周期(右着地-右垂直-右离地)作为一个复步的技术图像分析样本(图 3)。

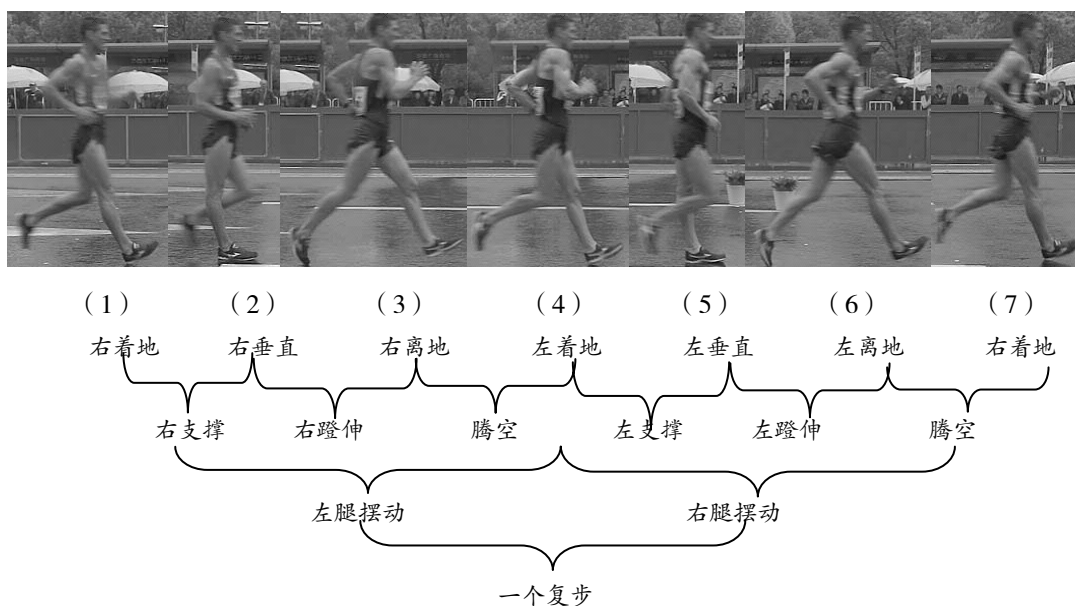


图 3 竞走复步各动作阶段划分示意图

2 结果及讨论

2.1 步长、步频与重心移动速度

步长和步频是决定竞走成绩的最重要两个因素，两者是相互依存、相互制约的关系<sup>[2-6]</sup>，过大的步长和较慢的频率不能够产生足够的重心移动速度，较快的步频和较小的步长会形成中国传统的“小步、快频”的竞走技术风格，但这种竞走技术特点已经被多次判罚。

表 3 显示，5 名中国参赛运动员左、右步长均值为(1.27 ± 0.05) m、(1.25 ± 0.08) m，这与敬龙军等<sup>[7]</sup>的研

究结果是一致的，除王镇两侧 6 cm 的步长差距，中国运动员的左、右步长基本是均衡的，左、右均衡的技术动作有利于裁判的整体视觉效果，该场比赛中国参赛运动员无一人被判罚就说明了这点，也有利于动作的合理性、经济性、实效性。

5 人当中步长步幅最充分的是蔡泽林，左、右步长达到了 1.35、1.36 m，比伦敦奥运会冠军陈定的步长整整多出了 15、17 cm，在所有研究对象中蔡泽林的步长也是最长的，再加上蔡泽林没有被判罚犯规，

这也是其在 5 名参赛运动员当中名次最好的重要原因, 因此, 充分的步长不仅可以提高裁判的印象分, 也是获得足够重心移动速度的关键指标。

建议在平时的训练中, 中国男子竞走运动员要增加柔韧性、力量的练习, 增加肩髋扭转幅度, 为形成充分步幅打下基础。王镇要注意发展左右均衡的步长技术, 增加右脚着地缓冲后的蹬伸用力, 提高左腿摆动动作技术, 并最终形成左右均衡的合理步长; 陈定和边通达两侧步幅均需有一定程度的提高。

表 3 还显示, 5 名中国运动员的步频为 $(199 \pm 5)$ 步/min, 有资料表明我国男子竞走运动员的步频一般为 212 步/min<sup>[8]</sup>, 显然现役优秀中国男子竞走运动员的步频是偏慢的, 步频当中最慢的为陈定和王镇都是 195 步/min, 对应的重心移动速度也小, 步频最快的是蔡泽林为 206 步/min, 对应的重心移动速度也最快, 因此, 足够的步频也是提高重心移动速度的重要因素之一。

表 3 运动员步长、步频及重心移动速度

运动员	重心移动速度/(m·s <sup>-1</sup> )	步长/m		步频/(步·min <sup>-1</sup> )
		左着地-右着地	右着地-左着地	
蔡泽林	4.63	1.35	1.36	206
王镇	4.24	1.29	1.23	195
陈定	4.20	1.20	1.19	195
于伟	4.30	1.28	1.30	200
边通达	4.21	1.22	1.18	200
$\bar{x} \pm s$	4.32 ± 0.18	1.27 ± 0.06	1.25 ± 0.08	199 ± 5
Ruslan Dmytrenko	4.51	1.28	1.26	212

步长和步频的乘积决定了重心移动速度的快慢, 本次比赛的冠军 Ruslan Dmytrenko 和中国竞技成绩最好的运动员蔡泽林都有较快的重心移动, Ruslan Dmytrenko 的特点是充分的步长加上快速的步频, 而蔡泽林则是最大的步长和合适的步频, 两人都实现了

快速的重心移动, 而这是实现成绩突破的重要保证。

## 2.2 腾空时间及头顶点位移

竞走的特殊性就在于参赛运动员技术动作要符合规则的要求, 否则就有被判罚的危险, 甚至被罚出场, 直接失去了参赛资格, 竞走规则要求不能腾空, 实际上在高水平比赛中, 没有腾空的竞走是不存在的, 通过高速录像都能够观察到腾空现象, 因此, 在实际运用当中, 只要不超过一定的临界值, 裁判现场就看不到犯规, 依据人肉眼看到物体生理时限为 1/24 s, 目前国内很多学者和研究人员将裁判员判罚腾空的时限分为: 42 ms 以下为合理腾空时限; 42~70 ms 为模糊腾空时限; 70 ms 以上为犯规腾空时限<sup>[9]</sup>。

高水平的竞走运动员很少出现屈腿犯规的情况<sup>[7]</sup>, 腾空犯规就成了制约其继续提高的重要因素, 腾空时间几乎是所有学者研究腾空犯规的参数指标, 也有不少学者认为头顶点上下位移及重心波动位移也能够说明腾空犯规的情况<sup>[3, 5, 7-9]</sup>, 更有研究人员指出, 步长的大小也是判罚是否腾空的重要参考指标<sup>[10]</sup>。因为裁判现场是看不到身体重心的, 因此, 本研究就以腾空时间和头顶点位移作为是否腾空的参考指标。表 4 显示, 中国男子竞走运动员腾空时间均值为 $(63.89 \pm 6.80)$  ms 处在模糊腾空时限以内, 不会被判罚腾空犯规, 符合赛后的犯规统计, 即 5 名参赛中国运动员没有人被判罚腾空犯规。蔡泽林的腾空时间为 75 ms, 处在犯规腾空时限, 有被判罚腾空的危险, 在平时的训练当中, 要注意在快速的重心移动情况下避免过长的腾空时间, 摆动腿离地后加快摆动速度, 尽量以“直腿方式”完成摆动过程<sup>[7]</sup>。Ruslan Dmytrenko 腾空时间为 58.33 ms, 处在模糊腾空时限, 相比蔡泽林, Ruslan Dmytrenko 的腾空时间更值得学习, 在重心快移动速度的前提下, 还能够保持较短的腾空时间。这是顶尖竞走运动员具有的显著特点。

表 4 运动员腾空时间和头顶点位移结果

运动员	腾空时间/ms	头顶点位移/cm	运动员	腾空时间/ms	头顶点位移/cm
蔡泽林	75.00	6.22	边通达	58.33	5.69
王镇	66.67	8.06	$\bar{x} \pm s$	63.86 ± 6.80	6.61 ± 1.23
陈定	58.33	6.91	Ruslan Dmytrenko	58.33	4.92
于伟	66.67	7.85			

头顶点位移, 5 名中国男子竞走运动员的波动均值为 $(6.61 \pm 1.23)$  cm, 相比冠军 Ruslan Dmytrenko 4.92 cm 的波动。中国男子运动员波动最大的是王镇 8.06 cm, 波动最小的是边通达 5.69 cm, 王镇波动较大的原因

可能与左、右步幅不平衡有关。总体上, 中国男子竞走运动员还需要在控制头顶点波动上下功夫, 保持身体重心在合理的波动范围。

## 2.3 膝关节相关角度

在竞走比赛中,对膝关节有明确的规则要求,“前腿从着地瞬间至垂直阶段应该伸直,即膝关节不得弯曲”<sup>[1]</sup>。由于人体解剖生理结构因素的影响,在解析的过程中,直腿不会出现180°,有资料表明膝关节只要不小于175°,在人肉眼看来就处于伸直状态<sup>[2]</sup>。表5显示,着地瞬间,5名中国男子竞走运动员左、右膝关节的角度均值为(177.72±1.53)°、(177.60±0.61)°,均大于175°,符合直腿的规则要求;垂直支撑时相,5名中国男子竞走运动员左、右膝关节角度值分别为(190.02±2.00)°、(193.73±5.88)°,中国男子竞走运动员都呈现“反弓”特点,结合录像和图片,王镇的垂直“反弓”现象更明显,国外优秀男子竞走运动员 Ruslan Dmytrenko 也呈现明显的“反弓”特点,左、右膝关节角度达到了189.7°、200.6°,中、外优秀男子竞走运动员在着地瞬间、垂直支撑膝关节角度呈现一致的特点。

离地瞬间角度越小就会给裁判以“跑”的感觉,表5显示,5名中国运动员离地瞬间左、右摆动腿膝角为(160.08±4.79)°、(159.78±5.28)°,左、右基本平衡,且都在150°以上,大于敬龙军等<sup>[7]</sup>的研究结果,

最终中国男子竞走运动员没有被判罚腾空犯规就证明了这一点,说明中国男子竞走运动员离地瞬间摆动腿膝角有所改善。角度最大的为蔡泽林167.5°、165.2°,国外优秀运动员 Ruslan Dmytrenko 角度为158.3°、155.0°,小于我国运动员的均值,这也可能是其在比赛中受到腾空判罚的重要原因。

有资料表明,膝关节在着地瞬间至垂直支撑阶段保持180°的时间必须超过70ms,这样才能够给裁判留下直腿的表象<sup>[7-8]</sup>,表5显示,5名中国运动员左、右直腿时间为(68.33±6.97)ms、(73.33±9.13)ms,其中左腿直腿时间小于70ms,但在赛后的犯规统计中,中国运动员是没有屈腿犯规的,而整个动作过程大于180°的时间,5名中国运动员左、右腿分别为(236.67±18.26)ms和(241.67±24.30)ms,远大于160ms的直腿时间,说明单个指标并不能准确描述犯规状态,蔡泽林左、右着地至垂直大于180°的时间均为58ms,远小于70ms的时间,但是,左、右整个动作过程大于180°的时间均为250ms,也远大于160ms,因此,两个参数指标的有机结合才能更好说明犯规情况。

表5 运动员膝关节角度及直腿时间<sup>1)</sup>

运动员	着地瞬间膝关节 角度/(°)		垂直支撑膝关节 角度/(°)		离地瞬间膝关节 角度/(°)		着地至垂直大于 180°的时间/ms		整个过程大于 180°时间/ms	
	左	右	左	右	左	右	左	右	左	右
蔡泽林	178.6	178.4	187.5	192.4	167.5	165.2	58	58	250	250
王镇	176.4	176.6	190.3	200.1	154.3	163.8	67	75	250	275
陈定	179.3	177.4	190.2	185.6	158.3	152	75	75	250	208
于伟	175.3	177.6	188.9	189.6	160.4	157.5	75	75	217	233
边通达	178.2	178.0	193.5	194.1	159.9	160.4	67	83	217	242
$\bar{x} \pm s$	177.72 ± 1.53	177.60 ± 0.61	190.02 ± 2.00	193.73 ± 5.88	160.08 ± 4.79	159.78 ± 5.28	68.33 ± 6.97	73.33 ± 9.13	236.67 ± 18.26	241.67 ± 24.30
Ruslan Dmytrenko	178.5	177.6	189.7	200.6	158.3	155	75	67	217	217

1)垂直支撑膝关节角度为反关节角度值

## 2.4 踝关节的相关角度

由于规则的约束,膝关节在竞走过程中蹬伸的作用在下降,竞走动力的主要来源于踝关节的跖屈蹬地<sup>[9]</sup>,蹬伸幅度更能说明踝关节力量的大小,表6显示,5名中国运动员的左、右蹬伸幅度均值为(24.00±4.39)°、(24.88±9.09)°,左、右基本平衡,但相比世界优秀运动员35°的蹬伸幅度<sup>[3]</sup>,中国男子竞走运动员还需要改进很多;相比之下,蔡泽林的蹬伸更符合优秀竞走运动员的要求,左、右蹬伸幅度分别为31.4°、39.3°。

离地瞬间踝关节角度的分析,国外优秀运动员 Ruslan Dmytrenko 和中国竞技成绩较好的蔡泽林角度值基本在120°以上,而竞技成绩较差的中国运动员基本都在120°以下,因此,离地瞬间踝关节角度的大小也能够说明蹬伸效果的好坏。因此,建议中国男子竞走运动员在平时的训练中,注意发展踝关节的柔韧性、灵活性和力量练习,加强踝关节的蹬伸,增加蹬伸的幅度,增加前进的动力。

表 6 运动员不同时相踝关节角度

(°)

运动员	着地瞬间		最小角度		离地瞬间		蹬伸幅度	
	左	右	左	右	左	右	左	右
蔡泽林	110.4	112.9	94.9	90.3	126.3	129.6	31.4	39.3
王镇	108.4	109.8	95.1	100.6	118.5	119.2	23.4	18.6
陈定	106.1	103.7	97.4	97.1	117.9	123.8	20.5	26.7
于伟	102.7	108.5	90.9	88.8	111.8	112.6	20.9	23.8
边通达	104.5	107.9	90.2	94.4	114.0	110.4	23.8	16.0
$\bar{x} \pm s$	106.42± 3.06	108.56± 3.33	93.70± 3.05	94.24± 4.84	117.70± 5.55	119.12± 7.91	24.00± 4.39	24.88± 9.09
Ruslan Dmytrenko	105.1	99.3	92.8	88.9	126.1	111.9	33.3	23

有资料表明, 当在保证踝关节合理蹬伸角的情况下, 蹬伸的时间越短, 则蹬伸的效果越好<sup>[3]</sup>, 表 7 显示, 蔡泽林左、右蹬伸时间为 158、167 ms, 王镇左、右蹬伸时间均为 167 ms, 陈定左、右蹬伸时间均为 175 ms, 总体上, 3 名竞技成绩最好的运动员蔡泽林、王镇、陈定符合这样的结论, 重心移动速度不断降低, 而蹬伸时间逐渐增加。因此, 建议我国男子竞走运动员需要增加踝关节的力量练习, 在缓冲结束后, 减少蹬伸时间, 增加蹬伸的实效性, 蹬伸的方向尽量朝水平分量, 并逐渐形成合理、科学的蹬伸效果。

表 7 运动员缓冲、蹬伸时间 ms

运动员	左支撑		右支撑	
	缓冲	蹬伸	缓冲	蹬伸
蔡泽林	58	158	50	167
王镇	67	167	75	167
陈定	75	175	75	175
于伟	75	158	75	158
边通达	67	158	83	158
$\bar{x} \pm s$	68.33± 6.97	163.33± 7.45	71.67± 12.64	165.00± 6.97
Ruslan Dmytrenko	67	167	67	158

## 2.5 摆动角度

有资料表明合理的最小摆动角为 100° ~110°<sup>[3]</sup>, 表 8 显示, 5 名中国优秀男子竞走运动员的摆动腿左右角度均值为(97.64±4.57)° 和(89.86±6.44)°, 均不在此膝关节摆动合理范围之内, 究其原因, 可能跟不断加大竞走重心移动速度有关, 随着记录不断被刷新,

不断提高的重心移动使得减小摆动膝关节角度成了必然。蔡泽林左、右摆动膝角分别为 95.7° 和 95.2°, 跟国外优秀运动员 Ruslan Dmytrenko 基本一致, 王镇左、右摆动膝关节角分别为 90.7° 和 94.7°, 右膝关节摆动要优于左膝关节, 陈定、于伟、边通达均为左膝关节摆动效果好于右膝关节, 中国男子竞走运动员左、右摆动有一定程度的不平衡。

摆臂角度的分析。国外优秀选手 Ruslan Dmytrenko 左、右摆臂角为 94.01° 和 90.70°, 两侧有 3.31° 差距, 5 名中国男子竞走运动员左、右摆臂角均值为(93.30±6.79)° 和(88.71±7.55)°, 左右存在一定程度不平衡, 蔡泽林左、右相差 3.58°, 于伟相差最多, 达到了 17.61°, 奥运会冠军陈定也达到了 13.08°。因此, 在平时的训练中, 发展左右均衡的蹬伸、摆动力量很有必要, 左、右平衡的技术动作不仅能够产生合理的动作规范, 更重要能够产生足够的前进动力, 能够给现场裁判留下好的印象, 一些轻微的犯规动作就有可能被裁判忽略掉。

大腿夹角的分析。大腿夹角是衡量运动员步幅是否开阔和获得有效步长的重要依据<sup>[8]</sup>, 步长的大小需要考虑运动员的身高、下肢长等因素, 而大腿夹角可以避免这些因素的影响, 5 名中国男子竞走运动员左、右支撑大腿夹角分别为 72.58° 和 69.52°, 而国外优秀运动员 Ruslan Dmytrenko 为 78.4° 和 76.0°, 显然外国优秀竞走运动员要大于中国运动员。因此, 建议我国男子运动员要针对性加强柔韧性的练习, 为形成开阔的步幅打下基础。

表 8 运动员摆动角度及大腿夹角<sup>1)</sup>

(°)

运动员	摆动腿膝角		摆臂角度		大腿夹角	
	左	右	左	右	左支撑	右支撑
蔡泽林	95.7	95.2	90.20	86.62	69.7	70.7
王镇	90.7	94.7	95.24	89.72	69.8	79.5
陈定	99.0	79.8	94.24	81.16	79.9	63
于伟	102.3	87.3	102.63	85.02	68.4	64.6
边通达	100.5	92.3	84.17	101.04	75.1	69.8
$\bar{x} \pm s$	97.64±4.57	89.86±6.44	93.30±6.79	88.71±7.55	72.58±4.83	69.52±6.48
Ruslan Dmytrenko	94.0	95.4	94.01	90.70	78.4	76.0

1)摆动腿膝角为支撑过程中摆动腿膝关节夹角的最小值; 摆臂角为摆动过程中肘关节角度的平均值; 大腿夹角为两侧髌膝关节连线的夹角

## 2.6 摆动速度

有资料表明,在高速走时摆动的动作和速度比蹬地的用力程度更重要<sup>[13]</sup>,表9显示,5名中国男子竞走运动员左、右膝关节速度摆动均值为 $(4.29 \pm 0.15)$  m/s和 $(4.34 \pm 0.22)$  m/s,与国外优秀运动员相差0.22和0.18 m/s,左、右肘关节摆动速度均值为 $(4.35 \pm 0.19)$  m/s和 $(4.65 \pm 0.24)$  m/s,与国外优秀运动员相差0.13和0.18 m/s,中、外男子竞走运动员在摆动速度上差距明显。建议在平时的训练中,特别是后程体能下降时,加强摆动速度的练习,注重积极的摆动动作给重心移动和身体协调以帮助。

表9 运动员膝关节和肘关节的摆动速度 m/s

运动员	膝关节		肘关节	
	左	右	左	右
蔡泽林	4.52	4.70	4.63	5.05
王镇	4.27	4.23	4.22	4.49
陈定	4.09	4.17	4.15	4.50
于伟	4.29	4.40	4.36	4.50
边通达	4.27	4.19	4.39	4.73
$\bar{x} \pm s$	$4.29 \pm 0.15$	$4.34 \pm 0.22$	$4.35 \pm 0.19$	$4.65 \pm 0.24$
Ruslan Dmytrenko	4.51	4.52	4.48	4.84

## 3 结论

1)步长和步频是决定竞走成绩的最关键两个因素,中国男子竞走运动员重心移动速度较国外优秀运动员偏慢,主要表现在步频偏小,两大腿夹角较小,说明中国运动员步幅与国外优秀运动员有一定差距。王镇要注意发展两侧均衡的步幅技术,陈定和边通达两侧步幅均需要有一定程度的提高。

2)中国运动员的腾空时间和头顶点位移均大于国外优秀运动员,说明中国男子竞走运动员在高速行走当中,控制身体上、下起伏的能力还需要提高。蔡泽林腾空时间处在犯规腾空时限,要注意在快速行走情况下,避免过大的腾空时间;王镇的上、下波动最大,可能跟两侧不平衡的步幅有关;于伟和陈定也有一定程度的上、下波动,一方面造成速度无谓损失,另一方面还有被判罚的可能性。建议,在着地缓冲后,蹬伸的力更多倾向于水平分量。

3)中国运动员着地瞬间膝关节角度均符合直腿着地的要求,垂直支撑时相呈现“反弓”特点,王镇更明显。中国运动员整个动作直腿时间明显大于临界值,均符合着地至垂直支撑的规则要求。

4)中国运动员的踝关节左、右蹬伸基本均衡,但

踝关节蹬伸幅度与国外优秀选手相比还需要提高,蔡泽林的蹬伸更接近国外优秀运动员,王镇、陈定、于伟、边通达等还需要在踝关节蹬伸方面下功夫,注意发展踝关节的柔韧性、灵活性、力量的练习,增大蹬伸的幅度,加强前进的动力。

5)中国运动员上、下肢摆动不平衡,两侧摆臂角度的分析发现,中国运动员均有不同程度的不均衡,于伟两侧摆臂角度左、右相差最大,达到了 $17.61^\circ$ ,王镇右膝关节摆动要优于左膝关节,陈定、于伟、边通达均为左膝关节摆动效果好于右膝关节。中国运动员摆动速度与国外优秀运动员有差距。

## 参考文献:

- [1] 周浩祥. 女子20 km竞走全运会冠军吕秀芝技术动作特征研究[J]. 中国体育科技, 2014, 50(5): 12-18.
- [2] 田中原, 赛庆彬, 陆仲元. 对我国男子竞走运动员竞走技术诊断及未来发展的探讨[J]. 中国体育科技, 2002, 38(3): 24-26.
- [3] 宗华敬. 对世界冠军、亚军刘宏宇、王妍竞走技术的研究[J]. 体育科学, 2000, 20(6): 38-40.
- [4] 文超. 田径运动高级教程[M]. 北京: 人民体育出版社, 1994: 258-261.
- [5] 郎雪梅, 纪仲秋. 我国优秀女子竞走运动员竞走技术的生物力学分析[J]. 中国体育科技, 2003, 39(4): 31-35.
- [6] 李建臣, 吴玲敏. 我国优秀女子20 km竞走运动员后半程技术的运动学研究[J]. 中国体育科技, 2007, 43(4): 53-59.
- [7] 敬龙军, 王鹏, 苑廷刚, 等. 中、外优秀20 km竞走运动员运动技术分析[J]. 中国体育科技, 2011, 47(1): 21-28.
- [8] 贾谊. 对中、外优秀竞走运动员关键动作技术特征的运动学分析[J]. 中国体育科技, 2011, 47(4): 8-13.
- [9] 王林. 我国高水平20 km竞走运动员技术的研究[J]. 北京体育大学学报, 2007, 30(7): 981.
- [10] 李厚林. “复合钟摆”运动生物力学原理在竞走技术创新中的应用研究[J]. 西安体育学院学报, 2013, 30(2): 196-203.
- [11] 孙兴岱. 竞走裁判员判罚依据探讨[J]. 吉林体育学院学报, 1997, 13(1): 25-27.
- [12] 苏明理, 严波涛, 许崇高. 我国部分田径优势项目专项技术生物力学分析与诊断[M]. 北京: 北京体育大学出版社, 2011, 06: 54.
- [13] 聂东风, 高中玲. 对我国优秀竞走运动员高速走技术速度特征的分析[J]. 中国体育科技, 2001, 37(6): 42-44.