

滑行姿势和功率对速滑成绩的影响

侯广庆¹, 邹晓峰², 陈民盛³

(1. 长春师范学院 体育学院, 吉林 长春 130032; 2. 吉林大学 体育学院, 吉林 长春 130012;
3. 东北师范大学 体育学院, 吉林 长春 130024)

摘要:通过影像测量方法,探讨了速滑姿势与能量输出之间的关系。结果认为:功率与步频和滑行姿势密切相关;在滑行同一距离项目中,输出功率总量决定水平相近的运动员之间成绩上的微小差异;绝对意义的低姿势只能是躯干保持水平位置,而相对意义的低姿势以发挥下肢蹬伸力量为前提;高的能量输出主要是通过大量的蹬伸做功而产生。

关键词:滑行姿势;功率;输出功率总量;速度滑冰运动

中图分类号:G862 **文献标识码:**A **文章编号:**1006-7116(2006)01-0111-03

The effect of sliding posture and power on speed skating performance

HOU Guang-qing¹, ZOU Xiao-feng², CHEN Min-sheng³

(1. College of Physical Education, Changchun Normal Institute, Changchun 130032, China;
2. College of Physical Education, Jilin University, Changchun 130012, China;
3. College of Physical Education, Northeast Normal University, Changchun 130024, China)

Abstract: By means of video measurement, the authors probed into the relation between speed skating posture and energy output, and revealed the following findings: The power was closely related to stride frequency and sliding posture; in an event in which the athletes skate over the same distance, the parameter of total output power decided the slight difference of performance between athletes whose capabilities were very close; an absolutely low posture could only be the one in which the trunk maintains a level position, while a relatively low posture was used only to exert the striding power of lower limbs; high energy output was produced mainly by making a lot of strides to produce power.

Key words: sliding posture; power; total output power; speed skating

速滑运动的最佳成绩取决于摩擦损耗最小化和能量输出最大化。关于摩擦中最重要的因素是身体姿势;高能量输出主要是通过运动员的蹬伸做功而产生。因此,在滑行中躯干必须几乎保持水平以减少空气阻力的影响^[1];在传统的蹬冰技术中还必须抑制强力的趾屈动作,以阻止刀刃前端刮冰所产生的摩擦及对身体平衡所产生的影响^[2];躯干和足环节转动的缺乏,导致蹬伸主要是通过大小腿的转动而产生^[3]。这意味着合理的滑行技术必须解决低姿势与高能量输出之间的矛盾。

基于能量的描述方法,人们最感兴趣的问题之一是成绩与哪些技术参数的变化有关。虽然先前的研究证实:滑行姿势和输出功率对成绩有很强的影响之外^[1,3,4],环境因素^[1]、冰质状况^[5]对成绩也有很强的影响,但是应该承认蹬伸所获得的输出功率是提高运动成绩的核心问题^[6]。本文通过对滑行姿势与重心输出功率之间相关因素的分析,阐明速滑运

动中低姿势与高能量输出之间的关系。

1 研究对象与方法

1.1 研究对象

选择参加2002~2004赛季国际滑冰联合会(ISU)举办的世界杯(哈尔滨站)A组1000m比赛中的优秀女子速滑运动员为研究对象,包括多名世界纪录保持者(表1见第112页)。为了便于比较将运动成绩靠前的10名选手定义为优秀组,而将运动成绩靠后的10名选手定义为一般组。

1.2 研究方法

按照Kwon3d三维分析系统的拍摄要求,采用4台数码相机,从弯道的内侧定点拍摄了运动员弯道蹬冰技术动作的一个复步动作。摄像机取景的有效范围为15m,拍摄频率为50Hz;采用Kwon3d三维分析系统进行数字化处理。数据平滑采用低通滤波方法,截断频率为6Hz。

依据 Van Ingen Schenau 等^[7]所提出的公式

$$b_0 = 0.17 + L \cdot \sqrt{2(1 - \cos\theta)}/4$$

$$P_0 = g \cdot b_0 \cdot 1/2 \tan^2 \varphi \cdot f$$

计算了蹬冰阶段人体重心的输出功率。其中： $g(m/s^2)$

为重力加速度， $L(m)$ 为身高， $f(步/s)$ 为步频， $\theta(^{\circ})$ 为膝关节角度， $P_0(W)$ 为蹬冰时的输出功率， $b_0(m)$ 为蹬冰开始时冰刀与大转子间的距离， $\varphi(^{\circ})$ 为蹬冰结束时冰刀与大转子连线在垂直面上的夹角，0.17为冰刀鞋与冰面之间的距离。

表 1 研究对象概况

优秀组	性别	国别	成绩	一般组运动员	性别	国别	成绩
ENFELDT	女	德国	1 min 17.01 s	塞娜	女	中国	1 min 19.20 s
TIMMER	女	荷兰	1 min 17.49 s	SHINYA	女	日本	1 min 19.27 s
G-ENFELDT	女	德国	1 min 18.21 s	TIMMER	女	荷兰	1 min 19.36 s
WITTY	女	美国	1 min 18.32 s	NUYT	女	荷兰	1 min 19.37 s
王曼丽	女	中国	1 min 18.78 s	TONOIKE	女	日本	1 min 19.38 s
SIMIONATO	女	意大利	1 min 18.86 s	OSUGA	女	日本	1 min 19.46 s
TONOIKE	女	日本	1 min 18.90 s	WIJSMAN	女	荷兰	1 min 19.48 s
ZOELLNER	女	德国	1 min 18.91 s	VOLEKER	女	德国	1 min 19.71 s
SIMPSON	女	加拿大	1 min 18.93 s	OKAZAKI	女	日本	1 min 19.79 s
KOTYUGA	女	波兰	1 min 19.10 s	OCHOWICZ	女	美国	1 min 20.14 s

2 结果与分析

2.1 蹬冰阶段身体姿势的变化

图 1 所示的是优秀组蹬伸过程中髌、膝、踝关节角度随时间变化曲线。

蹬冰腿踝关节自蹬伸开始就逐渐减小，在相当于整个单步的 75% 处达到缓冲最小值，此时左右踝角分别为 $70.8^{\circ} \pm 9.17^{\circ}$ 和 $73.9^{\circ} \pm 8.52^{\circ}$ ，而后转为迅速伸展。

在滑行阶段膝角几乎不变，蹬伸期间快速伸展，在双支撑蹬冰结束时相达到最大值，并且左右单步中膝角的最大值具有均衡性 ($154.1^{\circ} \pm 5.95^{\circ}$; $155.1^{\circ} \pm 7.65^{\circ}$)。

髌关节在蹬伸动作初期分别为 $49.5^{\circ} \pm 6.40^{\circ}$ 和 $49.1^{\circ} \pm$

9.07° ，而后持续增大，至蹬冰结束瞬间可达 $109.3^{\circ} \pm 11.81^{\circ}$ 和 $112.2^{\circ} \pm 12.69^{\circ}$ 。

速滑技术的难点在于把侧向的蹬伸转化成向前的速度。其中有效成分的大小取决于合力矢量与水平分量之间的夹角，通常定义为蹬冰角。从本次测试结果来看，右单步的起始蹬冰角略小于 ($64.4^{\circ} \pm 5.70^{\circ}$) 左单步 ($67.6^{\circ} \pm 5.06^{\circ}$)，到达双支撑蹬冰结束时相分别为 $38.0^{\circ} \pm 5.60^{\circ}$ 和 $39.9^{\circ} \pm 4.55^{\circ}$ 。

从躯干与水平线夹角来看，由单支撑阶段向双支撑阶段过度中，伴随着下肢的蹬伸，上体有一个明显的下压动作，在双支撑蹬冰开始时相达到最小值，而后渐渐增大，其波动范围在 $22.0^{\circ} \pm 3.92^{\circ}$ 至 $12.3^{\circ} \pm 5.14^{\circ}$ 之间。

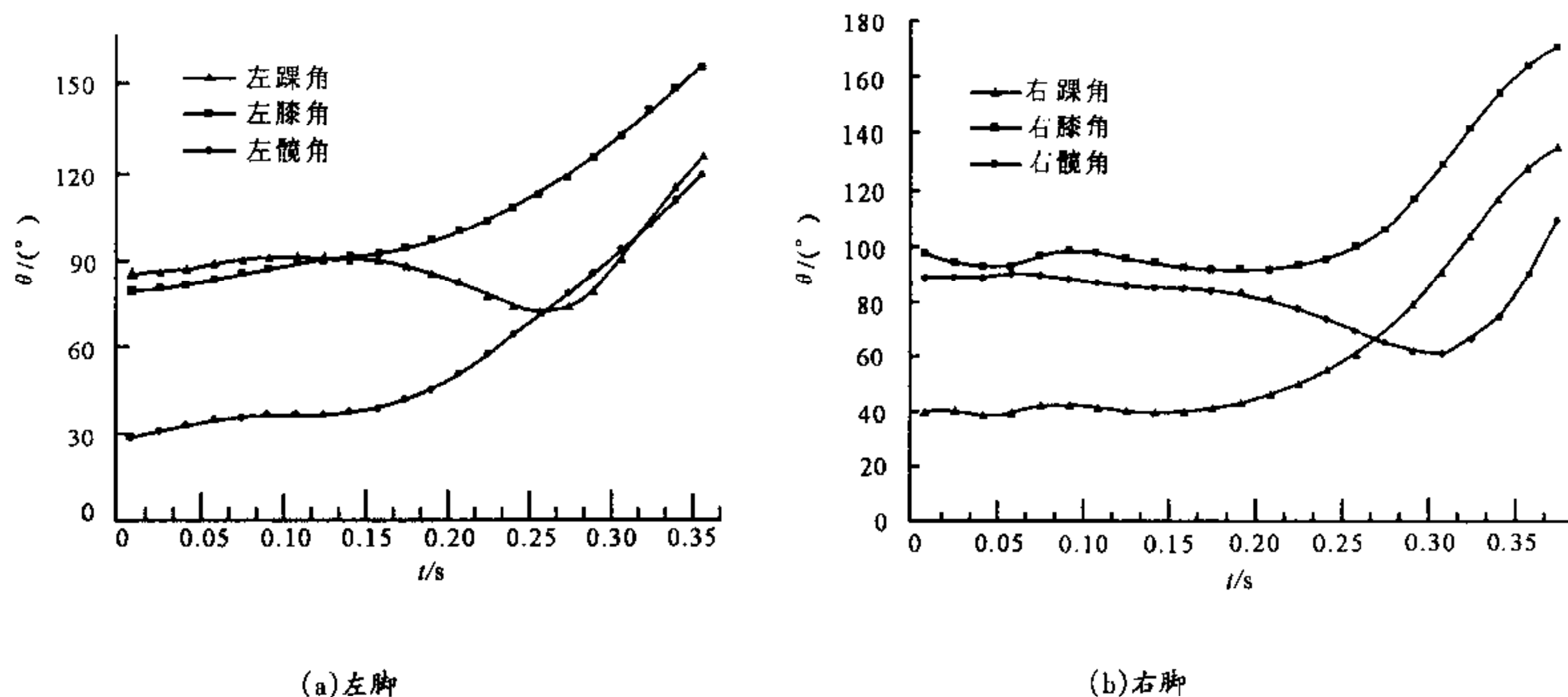


图 1 下肢关节角度变化

2.2 影响人体重心输出功率的相关因素

依据 Van Ingen Schenau 提出的计算输出功率的公式，计

算结果表明，弯道滑行中左单步的输出功率 (13.83 ± 4.76) W 略大于右单步 (12.70 ± 4.91) W，并且优秀组大于一般组，但

无显著性差异。

为了便于判断哪些具体的技术指标与输出功率之间具有显著性相关关系,首先分别计算出左右单步中所选择的 80 多项指标与输出功率之间的相关系数;其次,确定在左右单步中具有—致性并且该项指标统计检验显著水平达到 $P < 0.05$ 以上的因素。从计算结果来看,功率与支撑时间(t)($r = -0.517, P < 0.01$)、步频(f)($r = 0.567, P < 0.01$)、结束蹬冰时刻的蹬冰角(φ)($r = -0.963, P < 0.01$)、膝关节伸展角速度最大值(φ/t)($r = 0.807, P < 0.01$)和髌关节伸展角速度最大值(φ/t)($r = 0.672, P < 0.01$)显著相关,说明加快步频、提高髌、膝关节的伸展速率、缩短一个单步的支撑时间以及减小蹬冰角均可有效提高输出功率。考虑到缩短支撑时间,加快髌、膝关节伸展速率的主要作用是提高步频,并且它们之间存在着很大的关联性,因此,在探讨影响输出功率因素时选择步频作为评价指标。另外,从影响蹬冰角的下位因素看,蹬冰角与“起蹬条件”^[8]密切相关。决定起蹬条件的因素受踝关节最大缓冲角($r = 0.578, P < 0.01$)、起蹬时刻踝关节的角度($r = 0.537, P < 0.05$)、起蹬时刻膝关节的角度($r = 0.449, P < 0.05$)和起蹬时刻躯干与水平线夹角($r = 0.547, P < 0.05$)等参数影响,而上述参数所反映的正是滑行姿势。因此,滑行姿势被定为影响输出功率的另一个重要指标。

本次测试结果表明,在步频与输出功率的关系上,由于优秀组左(13.83 ± 4.76)W;右(12.70 ± 4.91)W 与一般组左(11.07 ± 3.08)W;右(9.90 ± 2.84)W 在一个单步上的输出功率无显著性差异,依此可以推测水平相近的运动员成绩上的微小差异不是由每步蹬冰的外部输出功率所造成,考虑到优秀组步频左(2.21 ± 0.09)Hz;右(2.13 ± 0.09)Hz 与一般组步频左(2.09 ± 0.07)Hz;右(1.96 ± 0.12)Hz 的差异($P < 0.01$),意味着成绩的不同取决于输出功率总量间的差异。因此,通过加快步频来增大输出功率总量,最终达到提高运动成绩的目的是优秀运动员取得优异成绩的重要途径。如果上述推测成立的话,可以得出:在滑跑同一距离项目中,输出功率总量参数决定水平相近的运动员之间成绩上的微小差异。

从影响外部输出功率的滑行姿势因素来看,优秀组与一般组在“起蹬时刻”的蹬冰角为(左 $63.9^\circ \pm 5.10^\circ$;右 $62.1^\circ \pm 8.13^\circ$)、踝关节角(左 $93.7^\circ \pm 10.13^\circ$;右 $93.7^\circ \pm 10.31^\circ$)、膝关节角(左 $103.2^\circ \pm 9.52^\circ$;右 $101.7^\circ \pm 8.56^\circ$)以及躯干与水平线夹角(左 $26.1^\circ \pm 7.20^\circ$;右 $24.3^\circ \pm 6.15^\circ$)等参数间无显著性差异。但在右单步中膝关节伸展角速度优秀组为(518.86 ± 153.71)^(°)/s,与一般组(396.39 ± 63.48)^(°)/s 相比差异显著($P < 0.05$);在左单步中踝关节最大缓冲角优秀组($70.8^\circ \pm 9.17^\circ$)与一般组($77.7^\circ \pm 8.07^\circ$)之间差异显著($P < 0.05$)。就滑行姿势与蹬冰输出功率而言,可以认为目前世界优秀运动员所采用的滑行姿势趋于合理。从影响输出功率的滑行姿势细节上看,在左单步中踝关节最大缓冲角度越小且缓冲时间越短,越有利于提高外部输出功率值;而在右单步中提

高髌、膝关节伸展速率,无疑对提高外部输出功率大有益处。另外,本次测试还发现,尽管人们普遍认为 clap 式冰刀技术解放了踝关节,提高了踝关节伸展的角速度,但在提高外部输出功率的作用上并没有显示出来,相反与传统技术相比,髌关节的伸展作用却明显增强了。这提示 clap 式冰刀技术的作用原理更倾向于通过提高踝关节的灵活性来达到增大髌、膝关节作用效果的目的。从这个意义上看,速滑技术中的低姿势在绝对意义上是控制躯干姿势尽可能水平,膝关节角尽可能小,以减小空气阻力的影响;从相对意义上讲是为蹬伸创造有利的条件,由于髌和膝关节的伸肌力量水平很大程度是由大腿的姿势所决定的,因此下肢的低姿势以有利于发挥蹬伸力量和减少疲劳程度为前提。如果要绝对的低姿势只能是躯干保持水平位置。

3 小结

(1)在低姿势与高能量输出之间,重心的输出功率与步频和滑行姿势密切相关。

(2)在滑行同一距离项目中,输出功率总量决定水平相近的运动员之间成绩上的微小差异。

(3)绝对意义的低姿势只能是躯干保持水平位置,而相对意义的低姿势以发挥下肢蹬伸力量为前提;高的能量输出主要是通过大量的蹬伸做功而产生。

参考文献:

- [1] Van Ingen Schenau G J. The influence of air friction in speed skating[J]. Biomechanics, 1982(15):449-458.
- [2] Van Ingen Schenau G J, Groot G, De Boer R W. The control of speed in elite female speed skaters[J]. Biomechanics, 1985, 18(2): 91-96.
- [3] 陈民盛,冯维斗,曾伟.从蹬冰腿关节角度的变化看两种蹬冰技术的差异性[J].冰雪运动,2001(2):1-2.
- [4] De Boer R W, Paul Schermerhorn, De Groot G, et al. Characteristic stroke mechanics of elite and trained male speed skaters[J]. Sport Biomechanics, 1986(2):175-185.
- [5] Koning J J, de Groot G, Van Ingen Schenau G J. Ice friction during speed skating[J]. Biomechanics, 1992(25):565-571.
- [6] Van Ingen schenau G J, De Groot G, Scheurs A W, et al. A new skate allowing powerful plantar flexions improves performance [J]. Sports Exerc, 1996(28):531-535.
- [7] Van Ingen Schenau G J, Bakker K. A biomechanical model of speed skating[J]. Human Movement Studies, 1980(6):1-18.
- [8] 陈民盛,张云,邹晓峰.优秀速滑运动员弯道蹬冰技术动作结构的模式特征研究[J].中国体育科技,2004,40(4):31-35,41.

[编辑:周威]