

速度滑冰运动 生物力学

SUDU HUABING
YUNDONG
SHENGWULIXUE

国家体委体育科技成果专辑

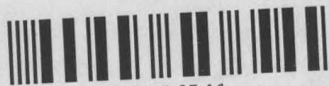
1990

国家体委科教司



620549

速度滑冰运动生物力学



00356541



国家体委科教司

前 言

我国冰雪项目开展较晚，目前整体水平还比较落后。速度滑冰是我国的传统项目，又是优势项目。从科研的角度来看，目前国外对速滑项目的技术研究虽有一些定量的测试数据，但有关动力学的测试数据还比较少见，而国内基本上还局限在定性分析的水平上，有关我国速滑运动员的定量技术参数几乎为空白。

为使我国速滑运动技术水平迅速提高，早日走向世界，东北师范大学体育系生物力学研究定于1986年4月承担了国家体委科教司下达的《速度滑冰的生物力学研究》课题。聘请国家速滑队高级教练员焦永田为技术顾问。在1986~1990年的研究过程中，对国内优秀男、女运动员的直道滑行技术、弯道滑行技术及点冰式起跑和蛙式起跑技术从高速摄影和“跟踪测力系统”两方面进行了多次测试和技术诊断，并使用影片解析系统采集数据，提取了大量可供分析和研究的参数。同时课题组成员还参阅了大量国内外速滑技术文献资料，通过与教练员及运动员的多次座谈，最后确定了两个阶段的研究任务。一个阶段的周期为两年。第一阶段以获取我国优秀运动员共性技术参数和技术现状为主体，在此基础上转入第二阶段，即优秀运动员的技术诊断。整个研究坚持以技术诊断为主，以提高运动成绩为目的。

本课题的研究，分析了我国速滑选手的技术现状和特点，提供了较为完整的优秀运动员的速滑技术资料。通过对国内外优秀选手的技术比较，发现了一些影响我国速滑成绩提高的原因，并提出了相应的问题和解决措施，阐述了速滑最佳模式特点和技术水平评价指标，对各环节的技术作了进一步的研究，得出了自己的见解和论点，对丰富速滑技术理论，为教学与训练的科学化和技术动作规范化，提供了科学依据，具有明显的理论价值。

我们将《速度滑冰的生物力学研究》课题的全部论文汇编成册，供全国速滑界的教练员、运动员、教师、科研人员及业务干部参考。由于我们经验不足，时间仓促，在编辑和校对中难免有疏漏之处，请广大读者谅解。

编 者

1990年9月

目 录

前 言

《速度滑冰的生物力学研究》总结报告·····	程国庆 等	(1)
------------------------	-------	-------

一. 基本技术研究

速滑直道滑行技术

——滑跑姿势的生物力学·····	陈民盛 程国庆	(9)
------------------	---------	-------

速滑直道滑行技术

——滑跑时间的生物力学·····	陈民盛 程国庆	(15)
------------------	---------	--------

速滑直道滑行技术

——滑跑速度的生物力学·····	程国庆 陈民盛	(20)
------------------	---------	--------

从步长、步频的关系看我国

速滑选手的直道滑行技术·····	程国庆 陈民盛 王小虹	(29)
------------------	-------------	--------

我国男子速滑运动员弯道技术的运动学分析·····	纪仲秋	(34)
--------------------------	-----	--------

我国女子速滑运动员弯道技术的运动学分析·····	王小虹	(38)
--------------------------	-----	--------

从动作结构的差异

探讨弯道速滑动作的最佳模式·····	王小虹 程国庆	(50)
--------------------	---------	--------

速度滑冰F—t曲线分析·····	王小虹 程国庆	(58)
------------------	---------	--------

从身体重心位置变化看弯道滑行技术·····	陈民盛 程国庆	(67)
-----------------------	---------	--------

蛙式起跑与点冰式起跑运动生物力学对比分析···	程国庆 纪仲秋	(72)
-------------------------	---------	--------

二. 仪器研制

跟踪测力系统的研制·····	王小虹 陈民盛 程国庆	(77)
----------------	-------------	--------

国产高速摄影机用内时标的研制·····	王小虹	(80)
---------------------	-----	--------

三. 优秀运动员的技术诊断

王秀丽弯道滑行技术的生物力学诊断·····	陈民盛 程国庆	(82)
-----------------------	---------	--------

叶乔波弯道滑行技术的诊断报告·····	陈民盛 程国庆	(89)
---------------------	---------	--------

速滑直道滑行浮腿动作的生物力学诊断·····	陈民盛 程国庆	(94)
------------------------	---------	--------

从人体各环节动量的变化规律看速度

滑冰技术动作的特点·····	王小虹 程国庆	(98)
----------------	---------	--------

《速度滑冰的生物力学研究》总结报告

东北师范大学 程国庆 王小虹 陈民盛 纪仲秋 朱天旗

课题组顾问 国家速滑队高级教练员 焦永田

一、本科研课题的来源与设想

目前,我国速度滑冰运动水平与国际先进水平相比,还有很大差距。分析其原因是多方面的,既有运动技术方面的落后,又有科研方面的不足。特别是在科研方面,冰雪两项更是比较薄弱。针对这一现状,结合东北地区的特点和我们的现有力量,决定以速度滑冰技术研究为先导,对我国优秀速滑运动员的技术现状与世界优秀运动员比较存在哪些差距;当代速滑技术的科学模式如何;直、弯道滑行的时间节律具有哪些特征、不同滑行距离项目中运动员如何控制其速度变化、同一滑行距离中哪些因素限制成绩的发展、滑行姿势在不同阶段发生哪些变化,他们具有什么规律和特点;速度滑冰中蹬冰力的变化规律如何,它所反映的技术特征与运动员的技术现状具有哪些联系;从能量的角度如何评价运动员技术的合理性;点冰式起跑与蛙式起跑的差异等等,用运动生物力学的方法,从多方面大角度逐个专题的加以全面展开。

冰雪是我国开展较晚也比较落后的一个体育项目。由于项目本身的特点决定了它要求具有比较寒冷的地理条件。因而训练周期短。目前国家队的运动员又主要集中在吉林和黑龙江两省,而且在吉林的长白山设有天然高山冰场,长春市和吉林市建有人造标准比赛用滑冰场,在吉林市还建有高山滑雪场和高台跳雪场地等设施。并且国家队的运动员大约有7个月左右的时间在这里进行训练和比赛。所以从事该项目的研究具有得天独厚的条件。

从科研的角度来看,目前对速滑项目的技术研究水平国外虽有一些定量的测试数据,但一般还都局限在测速上,有关动力学的测试数据还比较少见。而国内基本上还局限在定性分析的水平上,有关我国运动员的定量技术参数几乎为空白。训练以及对运动技术的改进,往往凭借教练员的长期实践经验,缺乏科学指导的依据,因而对很多问题的认识,看法也不尽一致,直接影响技术的改进和成绩的提高。

基于上述的看法,为使我国冰上项目尽快摆脱这一状况,早日冲出亚洲走向世界,我们东北师大体育系生物力学室于1986年4月承担了国家体委科教司组织的冰上项目研究,并成立了《速度滑冰的生物力学研究》课题组,聘请国家速滑队高级教练员焦永田为技术顾问,制定了统一的研究计划和严格的科学要求,从1986年~1990年中,对国内优秀男、女运动员的直道滑行技术、弯道滑行技术及点冰式起跑和蛙式起跑技术从高速摄影和“跟踪测力系统”两方面进行了多次测试和技术诊断,并

使用影片解折系统采集数据,提取了大量可供分析和研究的参数。同时课题组成员还参阅了大量国外速滑技术文献资料,通过与教练员及运动员的多次座谈,最后确定了两个阶段的研究任务。第一阶段以获取我国优秀运动员共性技术参数和技术现状为主体,在此基础上转入第二阶段,即优秀运动员的技术诊断。整个研究坚持以技术诊断为始终,以提高运动成绩为目的的指导思想展开。

二、工作时间

本课题从1986年4月~1990年6月,在四年的研究过程中,基本上以前两年为第一阶段,着重解决我国男、女优秀速滑运动员基本技术参数和共性规律的技术研究,从大量的测试结果中掌握我国选手的技术现状和存在的主要技术问题,为下阶段研究奠定基础。第二阶段针对面临冬季亚运会和奥运会的比赛任务,根据国家速滑队领队及教练员的要求,对优秀速滑运动员进行了重点问题的技术诊断,采用了边诊断、边训练及时反馈的环循方式,以利于问题的及时发现与及早解决。

三、仪器设备条件和仪器研制

课题组在承担《速度滑冰的生物力学研究》课题时已具备国产sx—16k型16mm高速摄影机一台,三维测力装置一套(BDR—3型“向东”)两套,光电分段计时装置一套,小型数字式测力装置一套(携带式)频闪摄影装置一套,美能达高级相机一台,富士卡、里光、海鸥相机各一台,影片分析工具显微镜一台 IBM—PC电子计算机一台,摄相机,录放机及其附属装置一套。于1988年初购进一套运动生物力学用的ST—87型影片解析仪并与IBM—pc计算机配套成系统,并具有一个可供运动生物力学分析和实验用的实验室。在课题研究过程中,我们不但向校电教中心借了一台“红旗”摄影机,以实现从正、侧面对运动技术的多维摄影。此外,还根据速滑运动项目的特点,即步幅大,测力台无法实现完整测力的特点,研制了一套具有多功能的“跟踪测力系统”,并成功地实现了对速滑运动员蹬冰力曲线的描记。该系统已于1988年通过了国家体委科教司所主持的技术鉴定会。它不但克服了长期以来人们总是通过高速摄影进行生物力学研究的方法学问题,而且在国内首次给出了我国优秀速滑运动员的蹬冰力曲线,为进一步深入研究打下了基础,深得教练员及运动员的欢迎。

四、研究对象与研究方法

研究对象以国家速度滑冰队的全体男、女运动员为主体,同时对部分省级优秀运动员的技术特性进行了大量的分析。并对部分来华访问比赛的国外优秀运动员的技术进行了对比研究。除了在大型比赛中获取运动学参数外,还在专门组织的实验条件下从运动学和动力学两方面提取有益参数,以丰富研究内容。课题组不但对直道和弯道滑行技术进行了几百人次的高速摄影拍摄,而且还对不同起跑动作进行了100人次以上和高速摄影拍摄,并有重点地对全程技术特别是弯道技术进行了录像拍摄。所得数据均经ST—85型和ST—87型影片解析仪解折,录相资料采用YLI—

1型进行解析,从而获得有关参数。为速滑技术的生物力学研究从方法学上摸索了经验,提供了方法,为进一步从微观上研究进行了有益的尝试。

五、研究概况

(一)关于直道滑行技术

1. 滑行时间的生物力学

速滑直道滑行不同阶段的时间变化,是随着滑行距离的变化而变化的。随着滑行距离的加长(短、中、长),一个单步所用的时间也加长。但各阶段表现出不同的特点,即在单支撑蹬冰阶段,男选手随着滑行距离的加长而加长,而女选手却未反映出这一规律。在一个单步中蹬冰时间随滑行距离的变化特点是:男选手依靠单支撑和双支撑蹬冰时间的共同延长而达到增大有效作用的时间;女选手却是依靠增加双支撑蹬冰时间来达到增大有效作用时间。

从不同阶段时间的百分比看,无论短、中、长,其单支撑蹬冰的比例均大于双支撑蹬冰时间的比例,但三者的比例却具有相对的恒定趋势。

优秀运动员除双支撑蹬冰时间与自由滑进时间之比近似1:1以外,单支撑蹬冰时间与自由滑进时间,单支撑蹬冰时间与双支撑蹬冰时间之比均近似为1:0.5。

我国优秀选手在单支撑蹬冰时间方面与世界优秀选手相比,存在着较大的差距。表现为单支撑蹬冰时间的比例偏小,而且自由滑行时间的比例却偏大。

2. 滑行速度的生物力学

有关速度滑冰中的速度问题,基本上可以概括为两大方面。(1)在滑跑同一距离项目中,哪些参数来决定水平相近的运动员之间成绩上的微小差异。(2)在滑跑不同距离项目中,运动员如何控制速度。

在速滑运动中,成绩的不同与蹬冰动作结构上的差异有相互关系。成绩与用以克服空气阻力和冰面摩擦阻力的作用功率密切相关。过去的研究中发现,与膝关节伸展幅度有关的蹬冰力量和滑跑频率是速度滑冰的两大技术要素。每公斤体重所表现的功率是衡量速滑成绩的一个精确指标。不同的成绩是由每步蹬冰力量所决定外部输出功的差异造成。如果保持每步蹬冰力量相同,则可通过改变滑跑频率来控制功率的大小。在不同功率的输出方面,每次蹬冰所完成的数量表示较小的差异,但是在高功率的输出方面,功更趋于降低,高功率水平似乎是通过高频率蹬冰而不是依靠每次蹬冰所作功的数量来达到。因而可以断定,运动员在不同距离上的速度控制主要是依靠改变其蹬冰频率来加以实现;而在同一距离项目中,成绩上的微小差异完全是由每步蹬冰力量的差异所造成。

我国选手的技术不足首先是在不同项目上,速度控制的主体是以步长,而不是步频。由于在一个单步时间内,步长的增加是依赖于步频的降低而获得的。而速度的增加又是依靠下肢的蹬冰力量所获得。那么要想提高速度,只有提高单位时间内的蹬冰次数,才能换取有益的蹬冰力量,而以加大步长从而牺牲步频的方法,正是

反映了得少失多的特点。

其次,从同一滑行距离上速度的差异可以看出,每步的蹬冰力量是决定成绩的重要因素,而蹬冰力量又是通过蹬冰动作参数所反映出来的。我国选手的突出问题是蹬冰无力,它制约了成绩的发展。其中反映蹬冰无力现象的主要特点是:蹬冰时间长,用力不集中,膝关节伸展角速度慢,方向不侧而偏后蹬等。

解决的核心是蹬冰力量问题。但这种力量决非仅指绝对力量和相对力量的大小,更重要的是指这种力量如何在技术中所表现出来的外部输出量。只有在合理技术中所表现出来的力量,才能产生对成绩提高有益的输出功,否则力量再大也只能是无用消耗。如果一谓强调提高蹬冰频率,而每步蹬冰力量不提高的话,不但同一距离上成绩不能提高,在不同距离上的速度控制也将成为泡影。因为速度控制的前提条件是保持每步蹬冰的力量相同,离开这个条件,也就无从谈起速度控制了。可见,两者以力量为主体,只有力量提高了,才能真正实现对速度的控制。

3. 滑跑姿势的生物力学

在大多数耐力性运动项目中,由运动员本身所产生的绝大部分外力,常常被用来克服外界阻力,在速度滑冰项目中,稳定的速度全部由外力和由于摩擦而引起的损耗间的平衡所决定,如果速度达到 10m/s 时,外部阻力的70%来自于空气阻力。

滑行姿势合理性程度,主要在于既能保持合理的流线型,减少空气阻力的影响,又能充分发挥人体下肢迅猛蹬伸的特点。世界优秀运动员一般上体基本上呈水平位,膝角在滑行阶段为 90° 左右,踝关节前压,特别是在膝关节爆发式蹬伸前都有一个较为明显的前压动作,踝角一般保持在 70° 左右。在弯道滑行中还有 65° 的选手出现。蹬冰阶段膝关节伸展迅速,爆发性强。

从我国选手的现状看,目前的滑行姿势仍属于高姿势型,表现为男、女选手随着距离的改变(短、中、长),只是躯干与水平线的夹角减小,但下肢各关节如膝和踝却随着滑行距离的加长而增大。因此,可以说我国选手的滑行姿势虽然从外观上看给人一种低姿势的感觉,但实质上只是限于上体的前倾,下肢却比较高,并不是真正的低姿势,仍属于高姿势型,不利于蹬冰力量的发挥。

解决问题的关键是对踝关节角度的控制,它是目前下肢支撑高的主要原因。而“伸膝压踝”现象是正确蹬冰技术的反映。

4. 浮腿动作的生物力学

根据我国选手单支撑蹬冰时间的比例偏小,而自由滑行时间的比例偏大(1:1),与世界优秀速滑选手(0.5:1)形成很大差距的现状,我们对浮腿的收摆腿技术进行了研究。从环节相对运动的角度看出,在收腿阶段浮腿大腿迅速前摆上提,小腿屈曲折叠,对增加浮腿向前水平速度,缩短支撑腿的自由滑行时间起着重要作用。在摆腿阶段,小腿迅速打开将成为浮腿向前水平速度增加的主要动力。

浮腿的生物力学特点是:大腿前收时间与前摆时间差不多相同,但小腿折叠时

间却长于打开时间。大腿前摆速度大于前收速度，小腿折叠与打开速度近似相等。大腿前摆速度的最大值与小腿最大折叠几乎同时出现，而小腿的最大速度分别处于收腿阶段的中期和摆腿阶段的末期。

造成我国选手两者比例分配失调的主要原因是：在收腿阶段，大腿前收不够积极，而是出现以小腿最大屈曲折叠在单支撑蹬冰阶段（摆腿阶段）才完成的现象，从而加大了自由滑行时间。从技术上看，大腿在收腿与摆腿交接处有脱节现象，也直接影响了浮腿的前收水平速度。

5. 从步长与步频的关系看直道滑行技术

以1987年中日速滑对抗赛男子1500米的中国运动员为对象，从步长、步频的关系上对我国速滑选手的直道滑行技术从（1）一个单步构成的比较，（2）步频及一个单步各时相的比较，（3）步长及一步构成的比较三个方面与国外优秀运动员的相应指标进行了比较，结果看出，在途中滑跑阶段，我国运动员的步长、步频及其构成都存在着不同程度的差异。原因是多方面的，但从技术角度来看有以下主要原因：（1）单支撑蹬冰阶段蹬冰用力方式过于突然，蹬冰时机偏晚；（2）自由滑进阶段浮腿收腿路线长，收摆方式不正确；（3）下刀时冰刀外扭角偏大。这些都是影响我国选手成绩提高的重要原因。

（二）关于弯道滑行技术

1. 速度滑冰F—t曲线特点

（1）蹬冰力——时间曲线反映了速滑运动员的个人特点，这些特点不仅体现在曲线的形状上，也体现在时间特征上。从曲线形状上看有双峰型、单峰型，左右脚曲线的组合也各不相同，有的两脚的曲线均为双峰型；有的一脚为双峰型，另一脚为单峰型；有的双峰的第一峰较高，有的双峰的第二峰值较高；从时间特征看，每个运动员的单支撑时间、双支撑时间，两脚交替时的过渡时间，复苏时间及步频都不相同。曲线波型不同，反映了不同运动员动作的细微差别。

（2）最佳的蹬冰力——时间曲线应是双峰型，后一峰较高，并且曲线中部下降不大的类型。它符合速滑蹬冰理论，即蹬冰过程应是逐渐加大用力的特点。

（3）两脚交替时，一只脚蹬力下降不大时，另一脚蹬力由0上升，这样的蹬冰技术是有利的。因为它可以使人体对冰面的蹬力始终保持较大值，这对高速滑进是必要的。而当A曲线下降至0时，B曲线达到峰值的百分比并不很高，这也是合理的。因为蹬冰过程中，最大力应出现在曲线的后部，因此，当A曲线下降为0时，B曲线的幅度并不很大。

2. 弯道技术动作的最佳模式

体育运动的动作结构反映了动作的固有特点和各动作成分之间的固定的内在联系，它包含运动学特征和动力学特征。通过对优秀速滑运动员弯道滑行技术动作结构差异的比较，得出在最佳模式下，右膝、右髋角——时间曲线在达到峰值前和达

到峰值后的两段都应具有单调函数的特征。即达到峰值之前角度随时间递增,达到峰值之后,角度随时间递减,其间无反复,且峰值出现在双支2期;而左膝、左髌角——时间曲线应为凹形,凹形底部平坦,即右单支,双支2、左单支期间角度几乎无变化;速度——时间曲线以波动小为好,理想波形为一条平行于时间轴的直线;力——时间曲线为单峰形,波峰在后,以波峰为界的两段曲线应具有单调函数特征。

3. 弯道技术的运动学特点

随着滑行距离的加长步,步幅增加,但步频降低,使人体质心速度,每步速度降低。短距离(500米)与中距离(1000米、1500米)速度差大于中距离(1000米、1500米)之间的速度差。我国选手弯道滑行过程中,500米、1000米左腿双支撑阶段(交叉步),1000米右腿的单支撑阶段,1500米左、右单支撑末时刻的速度有所下降。我国运动员步频与世界优秀运动员步频相比存在差距、表现为步频偏低。说明我国运动员在增加步幅的训练同时,还应重视步频的提高。

从蹬冰阶段各关节角度变化看出,曲线形状基本可分两类,即山峰形和凹形,虽然不同的运动员的曲线变化较大,但离这两种基本形都相去不远,还发现越是成绩好的运动员,其关节角——时间曲线越接近标准型。他们的速度曲线波动也越小,越符合最佳模式下的曲线特征。

(三) 关于点冰式起跑与蛙式起跑的对比

在整个起跑阶段,两者均以第7步开始向衔接技术过渡,而蛙式在此时的速度大于点冰式速度。因此,蛙式起跑能够在最短的时间内,以大于点冰式的速度结束疾跑。

1. 预备姿势

蛙式腿部所承受负担(37.08%)小于点冰式(100%)。前者腿部肌张力主要用于蹬冰,并且蛙式起跑预备姿势易于完成。

2. 起动阶段

(1) 蛙式后蹬角(47.91°)小于点冰式(53.91°),以致蛙式的前进动力大于点冰式。

(2) 蛙式身体前倾(36.36°)小于点冰式的值(43.91°),使蛙式所受的空气阻力减小。

3. 疾跑阶段

(1) 蛙式前膝角小于点冰式前膝角,使蛙式的后蹬冰幅度大于点冰式,以致蛙式的动量增量。

(2) 蛙式身体姿势低,所受空气阻力小,运动员利于保持流线型。同时容易维持动态平衡。

(3) 蛙式后蹬角小于点冰式,因此蛙式获得较大的前进动力。

但是蛙式起跑也存在一些明显不足之处:在预备姿势阶段,蛙式重心(58.04cm)

低于点冰式(72.06cm),蛙式比点冰式较迟进入起动阶段。比例系数蛙式(3.55)小于点冰式(4.18)使同一身高运动员做蛙式,后支撑点到起跑线距离大于点冰式。在起动阶段垂直方向上速度蛙式大于点冰式,说明垂直方向能量损失蛙式大于点冰式。

(四)优秀运动员滑行技术的诊断

由于整个研究过程中始终坚持以技术诊断为始终,以提高运动成绩为目的的指导思想,所以对优秀运动员的技术诊断贯穿于4年之中。发现了大量问题,也提出了相应改进措施,经与教练员及运动员的密切合作,取得了一定积极的效果。

1. 关于浮腿动作的技术诊断是建立在我国选手单支撑蹬冰阶段比例偏小而自由滑行阶段比例偏大基础之上的。由于收腿动作过程所经历的时间恰好与自由滑行阶段时间相对应。摆腿动作过程所经历时间恰好与单支撑蹬冰阶段相对应。而我国选手两者比例分配失调,影响成绩的进一步提高。

经诊断后认为,造成上述的原因除与蹬冰技术有关外,还与大腿在收腿阶段前收不够积极,而是出现以小腿积极后摆带动大腿前收的现象。大腿收摆阶段有脱节,甚至出现二次加速收腿现象。

2. 从蹬冰力量和滑跑频率是速度滑冰的两大技术要素着手,通过对每步蹬冰力所做功与蹬冰频率对速度影响的角度,提出了蹬冰力量是解决我国选手成绩提高的核心因素。

3. 从对我国运动员滑行姿势现状的分析为着眼点,指出我国选手目前的滑行姿势仍属于高姿势型,表现为随距离变化,只是躯干与水平线的夹角减小,但下肢各关节却比较高的现状。它不但不利于保持合理的流线型和减小空气阻力,而且对蹬冰条件也不利。提出解决问题的关键是踝关节角度的控制,并认为在蹬冰过程中“伸膝压踝”现象是正确技术的反映。

4. 通过“跟踪测力系统”在国内首次给出了我国优秀运动员蹬冰力——时间曲线。经研究认为:蹬冰力曲线反映了运动员蹬冰技术的个人特点。最佳的蹬冰力曲线应是双峰型,后一峰较高,并且曲线中部下降不大的类型。两脚交替时一只脚蹬力下降不大时,另一脚蹬力由0上升,这样的蹬冰技术是有利的。

5. 通过对运动学与动力学同步对比研究,提出了技术动作最佳模式的设计。

6. 通过对点冰式与蛙式起跑的对比研究,阐述了两种姿势的各自规律和特点,特别是对蛙式起跑这种新技术从生物力学角度给出了定量参数,对教练员及运动员正确认识和合理选择提供了依据。

(五)仪器研制

单纯用摄影测量的方法,可以得到各项运动学参数,但比较全面地运动生物力学研究,不仅要测试运动学指标,还要测试动力学指标,要将两类参数综合起来进行分析。要测量速滑中的动力学指标用现有仪器难以实现,为此研制了一套“跟踪测力系统”来测试速滑运动中两脚的蹬冰力及其变化。这种装置既不同于有线测量

又不同于遥测，它是一种微机系统。其原理是力传感器装在冰鞋的鞋垫里，检测出的力信号经放大、模数转换后变为数字信号暂存在存储器中待运动完毕后，再将其取出。传感器、放大器、模数转换器、存储器及其管理部分由运动员携带。最后测得结果由微机打印以数字形式（左、右脚力值公斤数）分两列打出，采样频率为100赫之。由打印的数据，可得到左、右脚力值及力值随时间变化的特征。该系统与摄影方法结合起来使用，揭示出了一些单纯用摄影测量方法难以发现的问题。

六、工作成果

课题组在四年的研究过程中，共完成论文15篇，其中三篇论文在第二届全国体育科学论文报告会上报告，另有三篇在第六届运动生物力学学术会议上报告。

我们所研究的结论与看法及其对技术现状的分析，基本上反映了我国优秀速滑运动员的状况和实际。所得结论为国家速滑队领队、教练员、运动员所接受，对有效改进技术，丰富速滑理论，提高运动成绩起到了积极作用。

我们认为本课题的特点、实践意义与理论价值如下：

1. 特点

（1）采用高速摄影与影片解折及“跟踪测力系统”等先进的运动生物力学研究方法；

（2）数据采集除在重大比赛现场进行外，还通过专门组织的实际训练获得。它不仅能真实地反映比赛时的情况，还能准确地反映出训练中的情况。

（3）研究对象基本上都是我国优秀运动员，它代表了我国速滑技术的水平。

（4）数据采集量大，研究内容较广。既有纵向的跟踪，又有横向的比较。

（5）理论与实践结合密切，所有问题都来自于速滑运动的第一线。并且研究周期短，反馈快，及时向运动队提供资料，研究结果能从理论上深入分析，并提出自己的看法。

2. 实践意义

课题组在研究过程中及时向国家速滑队的教练员提供技术资料，并多次作技术诊断报告，及时发现问题，多次反复研究，为运动训练第一线做了一些技术服务工作。特别是通过“跟踪测力系统”所反映的力——时间曲线，深受教练员及运动员的欢迎，对速滑成绩的提高有一定的贡献。

3. 理论价值

通过本课题的研究，分析了我国速滑选手的技术现状和特点，提供了较为完整的优秀运动员的速滑技术资料，通过对国内外优秀选手的技术比较，发现了一些影响我国速滑成绩提高的原因，并提出了相应的问题关键和解决措施，阐述速滑最佳模式特点和技术评价指标，对各环节的技术作了进一步的深入研究，得出了自己的见解与论点，对丰富速滑技术理论，为教学与训练科学化和技术动作规范化，提供了科学依据，具有明显的理论价值。

速滑直道滑行技术

——滑跑姿势的生物力学

陈民盛 程国庆

摘要 本文通过高速摄影的方法,对国家速滑队优秀运动员直道滑行中的滑跑姿势进行了生物力学分析。分别从不同滑行距离关节角度的变化及不同滑行阶段关节角度的变化、质心横向位移、蹬伸幅度及蹬冰角的变化角度,阐述了我国选手的技术现状及存在的技术不足之处。最后对不同姿势对阻力影响的差异性进行了探讨。

在大多数耐力性运动项目中,由运动员本身产生的绝大部分外力常常被用来克服外界阻力。在速度滑冰项目中,稳定的速度全部由外力和由于摩擦而引起的损耗间的平衡决定的。据Thoman的研究表明,在速滑中如果速度达到 10m/s 时,外部阻力的70%来自于空气阻力。可见,选择适宜的滑行姿势,保持合理的流线型,对速滑成绩提高具有重要意义。评价一种滑行姿势的优劣,通常与w体的几个主要关节角度有关。一般采用:躯干与水平线的夹角;支撑腿膝关节的弯屈角度;支撑腿小腿与足尖连线的夹角和蹬冰腿轴线与冰面夹角等。通过它们来探讨速滑运动员不同的姿势对阻力影响的差异及其支撑腿下一步蹬冰的能力和蹬冰过程中,姿势变化的规律和特点。本文也试图从这些方面阐述正确技术条件下的姿势特点及我国运动员的技术现状,试图为教学和训练提供依据。

一、研究对象与方法

研究对象和方法与《速滑直道滑行技术——滑跑时间和生物力学》一文相同。

二、结果与分析

1. 不同滑行距离关节角度的变化

在直道滑行中,由于滑行的距离不同,其滑行姿势也势必发生相应的变化。表1、2所示的是我国优秀速滑选手直道滑行姿势的主要关节角度值。从中可以看出无论男、女运动员,随着滑行距离的变化(短、中、长距离),各关节角度均发生了不同程度的变化。表现为躯干与水平线的夹角逐渐减小。在自由滑行阶段男子分别为 20.9° 、 18.5° 和 16.1° ;女子分别为 14.6° 、 12.3° 和 11.1° 。从膝关节角变化来看,具有随着滑行距离的加长而出现增大的趋势。在自由滑进阶段,男子短、中、

表1 我国男选手滑行姿势角的平均值 (S、D)

滑 距	关节角	自由滑行 I	单支撑蹬冰 II	双支撑蹬冰 III
短	躯干	20.9° (3.90)	20.7° (5.51)	22.2° (6.02)
	髌	58.4° (8.25)	67.6° (10.21)	98.9° (17.26)
	膝	98.7° (8.94)	119.3° (8.27)	158.7° (6.20)
	踝	79.7° (10.26)	87.2° (9.61)	88.1° (15.02)
中	躯干	18.5° (4.42)	19.2° (4.20)	19.2° (4.72)
	髌	50.1° (4.83)	57.8° (6.37)	76.8° (18.44)
	膝	102.9° (7.55)	112.3° (5.54)	151.6° (8.92)
	踝	79.7° (6.68)	92.4° (6.73)	96.3° (9.44)
长	躯干	16.1° (3.73)	17.4° (2.87)	19.5° (4.87)
	髌	50.7° (6.07)	61.6° (5.08)	85.4° (13.08)
	膝	104.7° (8.80)	115.7° (7.16)	157.4° (4.17)
	踝	86.5° (5.70)	95.9° (5.30)	93.7° (4.58)

表2 我国女选手滑行姿势角的平均值 (S、D)

滑 距	关节角	自由滑行 I	单支撑蹬冰 II	双支撑蹬冰 III
短	躯干	14.6° (4.21)	14.6° (4.20)	15.2° (4.36)
	髌	48.7° (5.06)	59.9° (15.35)	79.4° (20.95)
	膝	101.2° (9.71)	111.7° (8.60)	158.3° (6.64)
	踝	84.9° (5.98)	93.7° (5.67)	96.5° (16.36)
中	躯干	12.3° (4.89)	13.8° (4.48)	15.2° (3.28)
	髌	43.7° (7.50)	52.6° (11.88)	79.3° (9.12)
	膝	101.9° (6.68)	105.2° (5.63)	158.4° (4.91)
	踝	83.6° (7.87)	94.2° (7.10)	96.1° (10.63)
长	躯干	11.1° (3.73)	14.9° (3.43)	13.3° (3.50)
	髌	44.8° (11.37)	54.9° (7.05)	80.30° (12.55)
	膝	101.0° (5.02)	109.2° (3.88)	153.1° (8.84)
	踝	85.9° (5.51)	95.5° (1.28)	97.1° (7.01)

长分别为 98.7° 、 102.9° 和 104.6° ；而女子分别为 101.2° 、 101.9° 和 101.0° 。从踝关节的角度变化看，不呈现出明显的规律，但随滑行距离的变化，从短距离到中距离踝角均有减小，但中距离到长距离却又增大。仔细观察踝角我们就会发现，无论男、女选手，其踝角的范围均在 $79.7^{\circ} \sim 85.9^{\circ}$ 之间，它表明在滑行其间重心偏后，下肢支撑状况高的现象。为了维持动态平衡，只好压低上体（见躯干与水平线夹角）的现状。同时，也表明在蹬冰其间大角度的踝角支撑，不利于重心在水平方向的前移。

2. 不同滑行阶段关节角度的变化

蹬冰腿各关节角度的变化反映了在蹬冰过程中蹬冰腿动作的特征。通过比较可以发现在不同距离的蹬冰中。它们的相似之处和不同之处。图1显示了在不同距离条件下，各个动作阶段蹬冰腿各关节角度的变化。从膝关节看、由于滑行距离的不同，在自由滑行阶段的膝角有所增大，在单支撑蹬冰结束瞬间表现出较大的差异，即滑行距离越长，膝角伸展幅度越大。髋关节也具有同样的变化规律。所不同的是踝角，在自由滑行阶段与单支撑蹬冰阶段的交接处，随着滑行距离的变化，其减小的幅度越来越小。在单支撑蹬冰阶段。踝角发生两种不同性质的变化，在短距离项目中，踝角和膝角几乎同时进行爆发式伸展，但中、长距离项目中膝和踝却发生不同的变化，当膝角做快速伸展时，踝却进行进一步的屈曲压缩，在单支撑蹬冰阶段的末期，踝与膝产生同步伸展的现象。由此可以判定，随着滑行距离的改变，动作节奏也发生明显的变化，其表现特点之一就是蹬冰的时机不同。在短距离项目中，由于动作节奏快，因而蹬冰的时机也超前，表现为髋、膝、踝用力特点的一致性。从动作节奏的另一个特点我们还可以看出，在中、长距离项目中，由于一个单步的绝对时间比短距离项目明显加长，为了有效加强蹬冰的作用效果，运动员自觉不自觉地改变了蹬冰腿各环节的作用特点，我们认为这是正确技术的体现。其原因是，速度控制的主体的蹬冰频率，而蹬冰频率改变的前提条件是每步蹬冰的力量所决定的外部输出功保持不变，由于项目的特点决定了中、长距离滑跑时蹬冰频率的节奏，因而有效发挥每步的蹬冰力量和作用时间就显得尤为重要。而中、长距离项目上运动

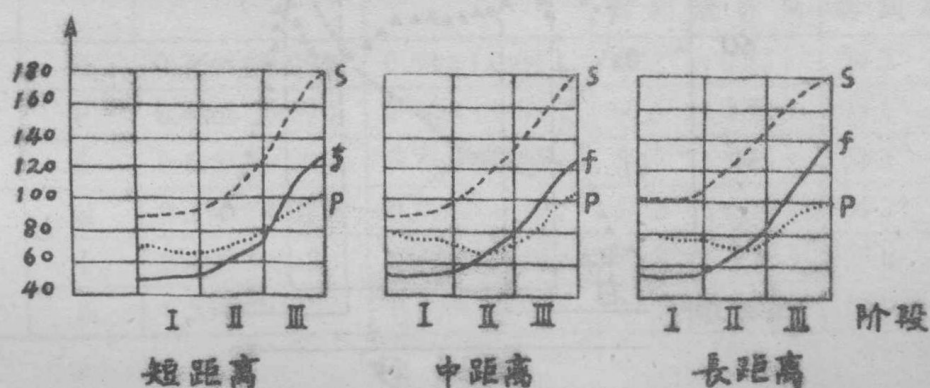


图1 不同距离（I、II、III）中，蹬冰腿各关节角度（f：髋、s：膝和p：踝）的变化

员在伸膝倾倒过程中, 主动压缩踝关节, 正是保证力量不变的条件下, 延长作用时间的表现。

另外，从伸膝压踝过程对质心水平移动的作用来看，它一方面有利于质心平稳移动，避免由于下肢的伸展所造成的人体上下波动；同时从另一个方面也为合理的蹬冰创造了条件。由于蹬冰过程就是下肢的伸展过程，而伸展过程势必带来重心的上移。由于伸膝压踝现象的出现，不但能有效克服这一技术状况，而且有利于全部重量都保持在蹬冰腿上，以利于力量的发挥。世界优秀速滑运动员黑岩彰就是这种技术的典范（见图2）。

从我国优秀运动员的技术现状来看,其外部表现就是在单支撑蹬冰阶段膝关节积极蹬伸的程度不够,在某种程度上可以说主要是依靠重力(体重)蹬冰,而通过肌肉的主动积极性蹬冰程度不够,因而表现出在单支撑蹬冰阶段速度提高不明显的现象。同时,踝角大,重心偏后,蹬冰时机晚等都是技术上不足的表现。从滑行姿势的角度看,目前的滑行姿势仍属于高姿势型,表现为男、女选手随距离的改变(短——中——长)时,只是躯干与水平线的夹角减小,但下肢各关节如膝和踝却随着滑行距离的加长而增大。因此,可以说我国选手的滑行姿势虽然从外观上看给人一种低姿势的感觉,但实质上只是限于上体的前倾,下肢却比较高,并不是真正的低姿势,仍属于高姿势型,不利于蹬冰力量的发挥。

3. 不同滑行距离质心横向位移及下肢横向蹬伸幅度、蹬冰角的变化

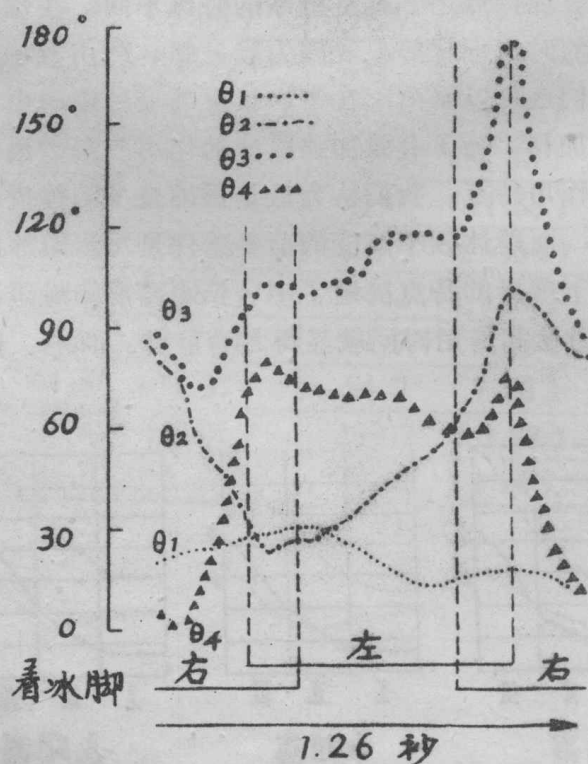


图2 身体各部位的角度变化

表3所示的是我国运动员不同滑行距离质心的横向位移, 下肢横向蹬冰幅度及蹬冰角的数值。从中可以看出, 质心横向位移和横向蹬冰幅度, 男、女选手随着滑行距离的变化具有一致的规律, 即随着滑行距离的加长, 两者均有逐渐增大的变化趋势。比较两者的数值我们可以看出, 我国选手的重心横向移动幅度是不够的, 它与横向蹬冰幅度产生一定的差异。它说明, 一方面我国选手蹬冰后重心移动不够彻底; 没能完全移动至支撑腿上, 从而造成跨着滑的现象, 减弱了蹬冰力量。另一方面也反映出我国选手下刀时冰刀外扭角偏大的技术原因。由于速滑的滑行速度一般都在10m/s以上, 当下刀时外扭角稍偏大, 随着滑行时间的短暂延续, 其滑步宽度却明显加大, 而人体肢体的形态决定了人体下肢所能伸展的幅度是有限的, 所以也势必减弱蹬冰力量造成“脱滑”的现象, 也难保证滑行直线性的要求。我国选手所表现出来的步长与步速的密切关系, 也与此原因有关。

从蹬冰角的变化来看, 在单支撑蹬冰阶段结束瞬间, 男、女运动员随滑行距离的变化, 均表现出逐渐下降的趋势, 但变化幅度不大。双支撑蹬冰结束瞬间其蹬冰角也具有同样的规律。但我们也发现, 有相当数量的运动员没有看到支撑刀直立滑行的时刻, 它也反映了上述的重心移动不彻底的问题。

4. 不同姿势对阻力影响的差异

正如前面所阐述的那样, 外部阻力的70%来自于空气阻力, 而空气阻力通常都是用下式表示的: $F = 1/2 A \rho C_D V^2 = K_1 V^2$ 。在公式中, C_D 表示阻力系数, A 表示身体正面的投影面积, ρ 是空气密度, V 是人体的运动速度。有关各参数之间的关系, 以前有少量的实验性论述, 但在涉及到空气阻力的绝大多数研究中, 都假设 C_D 与 V 无关。然而在皮尤详述有关这方面课题的讨论中, 他的论述引起了人们对这

表3 质心横向位移、蹬冰幅度及蹬冰角的变化值 (单位: 度、米)

性 别	滑 距	质心横向位移	横向蹬冰幅度	单支撑蹬冰结束 瞬 间 蹬 冰 角	双支撑蹬冰结束 瞬 间 蹬 冰 角
男 子	短	0.36m (0.09)	0.58m (0.04)	62.1° (0.15)	54.2° (0.11)
	中	0.49m (0.09)	0.74m (0.05)	60.5° (0.21)	55.1° (0.23)
	长	0.51m (0.09)	0.75m (0.06)	58.7° (0.19)	54.1° (0.14)
女 子	短	0.33m (0.15)	0.53m (0.10)	64.5° (0.17)	56.1° (0.21)
	中	0.45m (0.13)	0.58m (0.13)	63.8° (0.22)	55.6° (0.22)
	长	0.53m (0.12)	0.69m (0.18)	63.2° (0.19)	55.5° (0.13)