

## 蹦床网上动作腾空技术的时空协同及训练应用

朱礼金

(菏泽学院 体育系, 山东 菏泽 274015)

**摘 要:** 对蹦床网上动作腾空技术的时空协同及训练应用进行了探讨, 结果表明: 蹦床网上动作腾空技术的时空结构主要是基于器械属性和人体运动轨迹的变化两个方面实现的, 其中空间结构主要表现在水平位移和纵向位移两个部分, 时间结构则体现在腾空、压网(包括着网时间、蹬伸时间)和起网 3 个时间要素。起网角度、压网深度、最佳蹬伸时机和立臂时机是影响时空结构的主要动力因素, 腾空技术的训练应从合理起网角的选择、动作连接、上下肢力量、起跳协调性以及着网姿势等方面加强训练。

**关 键 词:** 竞赛与训练; 蹦床; 腾空技术; 时空结构; 时空协同

中图分类号: G812.5 文献标识码: A 文章编号: 1006-7116(2012)04-0111-05

### Time and space coordination of leaping technology for moves made on a trampoline and its application in training

ZHU Li-jin

(School of Physical Education, Heze University, Heze 274015, China)

**Abstract:** The author probed into the time and space structures of leaping technology for moves made on a trampoline and their affecting factors, analyzed the significance of and method for training with leaping technology in trampoline based on the theory of time and space coordination, and revealed the following findings: the time and space structures of leaping technology for moves made on a trampoline are realized based mainly on such two aspects as instrument attributes and body movement locus changes, in which the space structure is mainly embodied in such two parts as horizontal displacement and vertical displacement, while the time structure is embodied in such three time elements as leaping, canvas pressing (including canvas landing time, striding time) and canvas leaving; canvas leaving angle, canvas pressing depth, optimal striding moment and arms stretching up moment are primary dynamic factors which affect the time and space structures; training with leaping technology should be strengthened in such aspects as the selection of a rational canvas leaving angle, move connection, upper and lower limb strength, takeoff harmony and canvas landing posture.

**Key words:** competition and training; trampoline; leaping technology; space and time structures; space and time coordination

“高、难、准、稳、美”体现了当前蹦床运动的项目特点和发展方向, 同时, 也反映了蹦床运动的训练规律, 它们之间相互影响、相互促进。其中, “高”主要指单个动作的腾空高度以及成套动作高度的一致性。没有足够的腾起高度, 高难度动作就会因不具备时空条件而无法准确完成, 即使勉强完成, 也会因着网仓促而使后继动作的连接变得更加困难, 从而造成

动作不稳定。2011 年实施的最新国际蹦床评分规则中增加了“飞行时间”评分指标, 用于评判运动员成套动作腾空高度, 这更说明了蹦床运动腾起高度的重要性。要想获得足够高的腾空, 必须正确理解并把握蹦床动作的腾空技术。时间和空间是一切运动着的物质存在的基本形式, 蹦床腾空技术也是以一定的时间和空间形式而存在的, 依据系统科学理论, 腾空技术中

收稿日期: 2011-08-24

基金项目: 菏泽学院科学研究基金项目(XYJJSK-06)。

作者简介: 朱礼金 (1978-), 男, 讲师, 硕士, 研究方向: 体操类项目教学与训练。

的时间因素和空间因素不仅能独立地影响运动员在网上的运动效果,同时还通过相互协同,获得  $1+1>2$  的协同效应<sup>[1]</sup>。因此,本研究将从腾空技术的时空协同方面入手,探讨提高蹦床成套动作腾起高度的动力因素,并有针对性地提出训练方法,为备战 2012 年伦敦奥运会提供参考。

### 1 蹦床网上动作腾空技术的时空界定

蹦床网上成套动作是由 10 个单个动作组成,从时间和空间的角度,每个动作的技术环节又可以分为腾起的最高点、着网瞬间、网面的最低点、离网瞬间 4 个时相和空中下落、压网、蹬伸、起网 4 个空间阶段(如图 1 所示, A 为最高点, B 为着网瞬间, C 为网面最低点, D 为离网瞬间)。运动中人体之所以能够腾空,主要是通过下落、压网、蹬伸以及起网 4 个过程中合理的技术,实现网面做功,将人体抛起。所以,腾空技术不是一个单纯概念的技术,而是多个基本技术的集合体,由于这些基本技术的性质和作用的差异性,很难将它们放在一起进行研究,但从这些技术目的的趋同性分析,它们还是具有一定的共性,即通过这些基本技术协同作用,为人体腾空提供合理的时空条件。因此,以体育运动的时空效能为切入点研究这些技术的共性及相互关系具有可行性。每个基本技术的存在都具有时空因素,所有基本技术的时空因素又构成了人体腾空的时空条件,这也是我们研究腾空技术的依据。

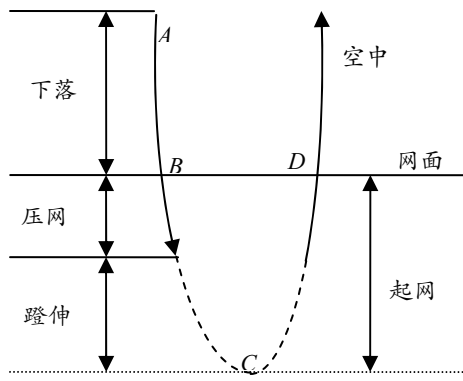


图 1 单个动作各技术环节划分

## 2 蹦床网上动作腾空技术的时空结构及影响因素

### 2.1 蹦床网上动作腾空技术的空间结构及影响因素

#### 1) 蹦床网上动作腾空技术的空间结构。

蹦床网上动作腾空技术的空间结构包括蹦床器械属性的变化和人体运动轨迹两个部分:首先,通过外力作用蹦床网面高度和形状会发生变化,与网面相连的弹

簧长度也随之发生变化而产生弹性势能;其次,在网面弹性和人体内力的作用下,人体会做上下运动,同时完成难度动作。由此可以推测,理想状态下,蹦床网上动作中人体的运动轨迹应该是垂直方向的上下运动。然而,由于蹦床网面、弹簧的空间伸张性和蹦床动作的特殊性(空中绕横轴的向前、向后空翻和绕纵轴的转体),决定了完成动作时人体重心运动轨迹呈现抛物线状,即会发生水平方向和纵向的位移,相邻单个动作的纵向位移还会产生高度差,这也就是我们平时所说的水平位移、腾起的纵向高度和腾空高度一致性(如图 2、图 3)。

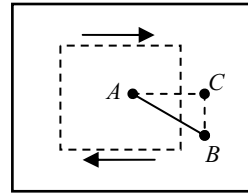


图 2 水平位移示意图

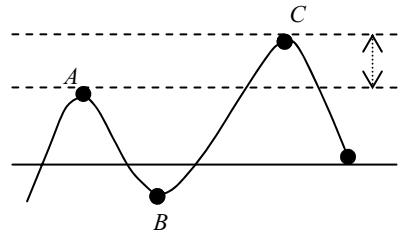


图 3 重心高度及一致性模拟图

图 2 中 A、B 分别代表完成一个动作时的起跳点和落点, AC 表示水平方向的前后位移, BC 表示水平方向的左右位移,虚线框代表规则允许的位移区域;图 3 中显示了成套动作中相邻两个动作完成后人体重心纵向位移情况, AB 和 BC 分别代表了人体在纵向的位移大小,其垂直距离就是两个动作的腾空高度, A 点与 C 点间的垂直距离则为两个动作的高度损失,这也是判断成套动作腾空高度的一致性的重要指标。

通过以上分析可知,蹦床单个动作的腾空技术的空间结构主要包括水平方向的位移和纵向的位移(腾空高度),而对于成套动作的腾空技术的空间结构来说,水平方向位移又分左右位移和前后位移;纵向位移又会产生高度的损失,也就是腾空高度的一致性。

#### 2) 影响蹦床网上动作腾空技术空间结构的因素。

蹦床成套动作连接过程中,每个动作的运动轨迹呈现抛物线,而根据蹦床项目的特点和比赛规则要求,在完成成套动作时,要尽可能地减少水平位移,确保稳定性,同时又要尽可能地增加纵向位移,也就是要有足够高的腾空,来确保完成空中难度动作的空间,这就需要腾空技术的空间结构适时地做出调整以满足

动作完成的要求,所以,找出影响腾空技术空间结构的动力性因素对技术训练有重要意义。

### (1)起网角。

起网角是指起跳后离网瞬间人体的运动方向与水平方向的夹角,如图4所示,角 $\alpha$ 与角 $\gamma$ 分别代表了向前空翻类动作和向后空翻类动作的起网角。由于蹦床运动要在空中完成翻转动作,需要动量矩的存在,根据运动生物学原理,当人体处于腾空状态,其运动轨迹是由运动初始所获得的参数决定,所以动量矩的产生主要是通过离网时身体前倾或后仰使网面对人体产生偏心力实现的,这也就决定了腾空后人体的运动轨迹为抛物线,根据 $X_{\max}=v_0^2 \sin 2\alpha/g$ ( $v_0$ 为离网瞬间人体初速度, $\alpha$ 为起网角, $g$ 为自由落体加速度)可知,人体腾空后水平位移和纵向位移取决于腾空瞬时重心速度和方向(起网角)。所以,在初速度一定的情况下,连接向前类空翻动作时,起网角越小水平位移就会越大,腾空高度就会越低;连接向后类空翻动作时,起网角越大水平位移就会越大,腾空高度就会越低。因此,要想减少水平位移,增加腾空高度,就要把握好起网角。研究表明,连接向前类动作时起网角一般在 $87^\circ \sim 88^\circ$ 之间,而连接向后类动作时起网角一般在 $97^\circ \sim 103^\circ$ 范围内<sup>[2]</sup>。

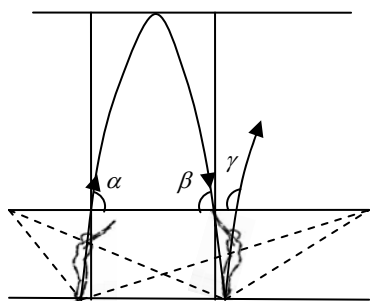


图4 单个空翻动作作用力示意图

### (2)压网深度。

压网深度主要指人体空中下落至网面后随网面下沉到最低点的距离。蹦床运动中,人体之所以能够腾空,主要是人体通过动力性做功使网面发生形变,产生弹性势能,当停止动力性做功时,网面积聚的弹性势能大于 $H$ 高度的重力势能,人体就能被抛至 $H$ 高度。所以,压网深度是人体腾空高度的直接原因。根据人体对网面做功的动力来源,可将压网深度分为两个部分:一是着网深度,是由人体从前驱动作完成后的最高点至网面的重力势能对人和网产生的冲量,使人和网面下沉的距离;二是蹬伸幅度,当人体的重力势能完全转化为网面的弹性势能后(人网下沉速度为零时),人体通过内力使网面继续下沉至最低点的距离。

因此,要想增加腾空高度,就要增加着网深度和蹬伸的幅度。首先,增加着网深度就是要保证重力势能尽可能完全转化为网面的弹性势能,要求人体入网时要固定身体姿势,能使身体近似于刚体入网,减少能量的损失,同时要调整好入网角,避免前驱动作转动惯量的不足或剩余的影响;其次,增加蹬伸幅度除了增强运动员的力量素质外,把握好最佳蹬伸时刻是关键,过早、过晚蹬伸均会造成能量的损失。

## 2.2 蹦床网上动作腾空技术的时间结构及影响因素

### 1)蹦床网上动作腾空技术的时间结构。

按照空间的顺序分析,单个蹦床动作腾空技术的时间结构应包括腾空时间、压网时间(包括着网时间、蹬伸时间)和起网时间,图5是完成单个蹦床动作时按照空间阶段划分的时间结构示意图,其中, $H$ 表示腾空的高度, $h$ 表示压网的深度, $t_1$ 、 $t_4$ 表示完成一个动作的腾空时间, $t_2$ 表示压网时间, $t_3$ 表示起网时间。

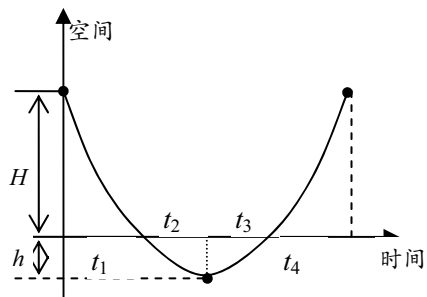


图5 腾空技术时间顺序

首先,腾空时间主要是指运动员离网完成难度动作后下落至网面的时间段,即网上的时间,包括上升时间和下落时间。它是完成动作的主要时间区域,同时也是蹦床规则中重要的评分指标,2011年实施的最新国际蹦床规则中增加了飞行时间评分指标<sup>[3]</sup>,就是将10个蹦床动作的腾空时间相加之和。为了准确记录和表达运动员的飞行时间,国际蹦床技术委员会专门推出了飞行时间计时设备,该设备只对运动员网面之上完成的动作进行计时,通过计算,最后得出成套动作的飞行时间<sup>[4]</sup>。规则中的飞行时间以秒(s)来计算,精确到千分位(0.001),对于飞行时间成绩的表达则是按照5/1 000的原则直接将“秒数”转化为“分数”,由此可以看出,腾空时间要想获得成套动作较长的飞行时间就必须保证每一个动作的腾空高度,腾空越高,人体在空中停留的时间越长,飞行时间成绩就越好。

其次,压网时间是指人体空中下落着网后与网面一同下沉至最低点的时间,包括着网时间和蹬伸时间,着网时间是由人体空中下落的速度对网面的冲量而获得,也是人体重力势能转化成弹性势能的时间,所以

着网时间又叫等待时间。蹬伸时间是人体通过内力迫使网面继续下沉至最低点的时间。压网时间虽然不能算作腾空时间,但它是腾空时间获得的直接动因,压网的时间直接决定了人体离网的初速度,而初速度又是腾空高度的直接因素,腾空高度越高,腾空的时间也就越长。换句话说,压网的时间越长,网面弹性形变越充足,弹性势能越大,人体被抛起得越高,腾空的时间也就越长。所以,如何增加压网的时间是提高腾空技术的关键。

最后,起网时间是人体和网面从最低点回升至水平的时间,此时间段目的就是如何高效率地将网面的弹性势能完全转换成人体离网瞬时的动能。所以,该过程的技术也是腾空高度的一个关键技术。

#### 2) 影响蹦床网上动作腾空技术时间结构的因素。

##### (1) 最佳蹬伸时机。

在腾空技术动作中,蹬伸网的时机是运动员比较难以掌握的,如何充分利用网的反弹力,达到“人网合一”的境界,是教练员、运动员需要解决的主要技术关键。根据力学原理,在网静止状态下,给网施加一定的力,网就会下降相应的幅度,达到一个平衡位置,如果在此基础上再增加一定的力,网也相应地再下降一定的幅度,再达到一个新的平衡。如果运动员每次在网处于平衡的位置时都能再给予相应的力,那么作用力就能完全的施加于网面,这样就能到达“人网合一”的境界<sup>[9]</sup>。所以,在压网过程中,最佳蹬伸时机应该是在着网后人和网共同下沉的速度为零的时刻开始蹬伸。如果运动员在网面上升阶段或者在网面还没有完全下降阶段就蹬伸,蹬伸的力量与网的反弹力方向不一致,就会大大减少两者的合力,从而造成起网动力不足,达不到动作要求的腾空高度,甚至会造成危险。

##### (2) 立臂时机。

立臂技术是蹦床项目特有的一项运动技术,又叫两臂上举技术,是在蹬伸网结束后起网前,两臂迅速上举至尽可能与身体成一直线,并保持这一姿势到起网结束离网开始做动作时。立臂技术的作用是保证运动员在起网过程中尽可能减少位移,并利用身体的惯性帮助完成蹬伸动作。所以,立臂技术的作用能否发挥出来,除了立臂技术要领正确外,关键是掌握好立臂的时机,这也是腾空技术中的一个关键环节,根据动作原理和技术要求,应该是蹬伸结束后瞬时立臂。

### 3 蹦床网上动作腾空技术时空协同的应用

#### 3.1 蹦床网上动作腾空技术的时空一体化

时空一体化即指任何活动都是时间和空间的有机结合,蹦床腾空技术同样也是时间和空间高度统一的。

理论上蹦床腾空后的运动轨迹应该是垂直上下的,但由于项目的特殊性决定了实际的路线呈抛物线,根据力学原理,腾空高度越高,空中滞留的时间也就越长,水平方向的位移也就越大,而规则又要求不能有太大的水平位移,所以这是一对矛盾,解决这一矛盾必须弄清腾空技术时空一体的原理;另外,新规则中增加飞行时间这一评价指标,旨在衡量运动员的腾空高度,由于实际中不好丈量出成套 10 个动作的总体高度,所以只能运用所有完成动作的腾空时间来表达,这也是时空一体化的应用。在训练中掌握并有效利用这一原理对熟练腾空技术提高腾空高度有重要意义。

##### 1) 选择合理的起网角。

起网角的大小直接影响到人体腾起后的运动轨迹,是腾起高度的重要因素,同时也是解决腾空过程中高度越高水平位移越大这一矛盾重要途径。选择适宜的起网角要考虑两个方面的问题:一是要完成动作的类型,在连接向前类空翻和向后类空翻时的起网角是不同的,即前小后大,而目前成套动作一般是按照向前类翻转动作-向后类翻转动作-向前类翻转动作的规律进行编排的,所以,准确把握 10 个动作的起网角是非常重要的。训练时可以运用垂直跳+向前(后)类难度动作、向前(后)类难度动作+向后(前)类难度动作的模式强化运动员对不同类型动作起网角的空间感觉。二是运动员的动作习惯,在符合规则要求的前提下,运动员的个体特点如肌肉力量、身高体重、神经类型等的不同决定了完成动作的特点不同,所以选择起网角的方式也会有所区别,教练员强化运动员起网角选择时应充分考虑这一点。

##### 2) 提高成套动作腾空高度的一致性。

蹦床腾空技术不仅要保证单个动作腾空的高度,还要尽可能地保持成套动作的腾空高度一致性。蹦床运动员普遍存在成套动作高度前高后低的问题,这种现象不仅会影响成套动作的稳定,而且对提高整体的飞行时间也会不利,解决这一问题的方法除了提高运动员体能分配的能力外,更重要的是加强连接技术训练<sup>[6]</sup>。训练方法可以采用单周 1 个动作的连接,也可以过渡到 2 个动作、3 个动作或更多动作的连接;在练习分段动作的时候,可以在最后一个动作之后连接一个起跳动作。

#### 3.2 蹦床网上动作腾空技术的时空交叉

两个或两个以上的物体运动路线交叉的现象称之为时空交叉。在蹦床网上项目中,人和蹦床共同组成了一个运动系统,在这个系统内,人与网面通过时空交叉的作用,人体被抛起至空中完成难度动作。这一点在压网过程中比较明显,人由于重力和网面的弹力的作用向下做减速运动,网面受人体的冲力和自身的

弹力也向下做减速运动, 最终两者的交叉点就是速度同时为零的时刻, 由前面分析我们知道这一时刻就是最佳蹬伸时刻, 即从这一刻起运动员要通过内力作用越过交叉点继续克服网的弹性做正功, 使网面储存更大的弹性势能。当人体蹬伸网结束后, 人与网面又重新达到一个平衡点, 即压网过程中的第2个时空交叉点, 其意义在于人体还可以继续作用网面, 也就是前面分析的立臂动作, 通过立臂动作, 使网面继续下沉至最低点。如图6所示, 从1号位到2号位的过程是人与网的第1个时空交叉, 2号位的时刻就是交叉点, 即最佳蹬伸时刻; 从3号位到4号位是人与网的第2个时空交叉, 3号位的时刻即是最佳立臂时刻。据此, 在腾空技术训练时要注意以下几点:

1) 加强“空跳”练习, 增强下肢力量。

空跳也叫垂直跳, 只是单一的起跳, 要求垂直, 没有翻转, 也没有力矩存在的起跳动作, 是人体在中枢神经系统的控制下, 依靠身体各环节的协调配合, 发挥下肢肌群最大爆发力, 充分结合蹦床弹力, 使运动员自身体能与网的弹性相结合, 以达到最佳纵向往起跳效果的技术动作。在训练课前后分别安排空跳练习不但能加强运动员下肢力量, 而且能使运动员熟悉网性, 体会与网相互作用的各个环节原理。所以, 在训练中可以考虑提高下肢力量与空跳练习结合进行。

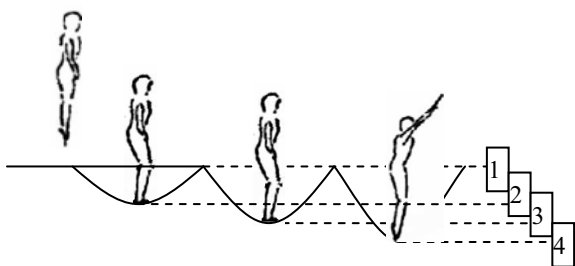


图6 压网阶段时空交叉示意图

2) 增强肩关节力量, 提高运动员压网和摆臂的协调性。

蹬伸网结束后的立臂技术的作用有3点: 一是维持身体的平衡, 避免身体过早倾斜, 减少位移; 二是协调全身有效肌肉群完成压网动作作为起网做准备; 三是进一步增加压网的力量, 使身体弹起得更高。而立臂动作效果如何取决于运动员肩关节的力量和压网动作与摆臂的协调性, 实验研究也表明, 蹦床网上运动员在起跳过程中手臂上摆有利于运动员增加腾起高度, 并且在排除下肢力量与网起作用的情况下, 运动员肩关节力量与腾起高度存在正相关关系, 相关度的大小决定于每个运动员肩关节力量的大小和肩关节的

利用率<sup>[7]</sup>。所以, 训练过程中应重视运动员肩关节力量练习和摆臂的协调性。

### 3.3 蹦床网上动作腾空技术的时空互换

时空互换也称时空转换, 是指时间和空间的相互转换, 时间可以换取空间, 而空间也可以换取时间, 这是蹦床腾空技术中典型的时空协同关系, 几乎贯穿了腾空技术的各个环节。国际蹦床新规则增加了飞行时间评价指标, 要想获得更长的飞行时间, 可以通过增加腾空的高度或增大下落空间以延缓下落时间来实现, 对于前者, 可以通过调整起网角、压网、蹬伸以及立臂等途径来实现, 前面已经分析过; 对于后者可以通过入网瞬时固定蹬伸姿势来实现。规则要求, 空中完成翻转动作后身体要保持直体姿势下落, 但如果一直保持这样的姿势着网并下压势必会影响蹬伸动作, 根据时空互换原理, 人体在下落至网面前可采用屈髋屈膝固定身体的姿势着网, 经过短暂的固定姿势下压网后进行蹬伸动作, 这样较直体姿势, 既可延缓着网时间(相当于增加了空中飞行时间), 又能使身体近似于一个刚体压网, 使网面获得更大的弹性势能, 还有利于蹬伸动作的完成。所以, 把握着网前的身体固定姿势也是提高腾空高度的一个重要方法。

运用屈体固定姿势着网时应注意屈体的时机和程度, 屈体过早, 幅度过大则会影响动作完成质量, 造成规则扣分; 屈体过晚, 幅度过小则会影响压网过程中力的传递, 引起能量的损耗。

### 参考文献:

- [1] 唐时虎. 体育时空导论[M]. 长沙: 国防科技大学出版社, 2006.
- [2] 刘海元. 蹦床网上男子单人两周类空翻基本难度动作连接技术运动学特征的研究[J]. 西安体育学院学报, 2002, 19(1): 79-81.
- [3] 2010 code of points trampoline gymnastics[S]. fig, 2010.
- [4] 冯本余. 第27届世界蹦床锦标赛中、外优秀男子运动员网上个人飞行时间特征研究[J]. 中国体育科技, 2011, 47(3): 46-49.
- [5] 杨亚红. 竞技蹦床弹性性能以及起跳技术的生物力学分析[J]. 四川体育科学, 2007(3): 79-80.
- [6] 朱礼金. 蹦床网上成套动作连接技术的运动学分析及诊断[J]. 山东体育学院学报, 2011, 27(4): 65-69.
- [7] 王延丽. 蹦床运动员下肢肌肉力量与网上跳跃高度之间的关系研究[J]. 北京体育大学学报, 2005, 28(2): 197-199.