

乒乓球粘性与涩性套胶对击球影响的对比研究

花启文¹, 班 婵², 张妮灵¹

(1. 集美大学体育学院, 福建 厦门 361021; 2. 福建教育学院附属集美实验学校美山分校, 福建 厦门 361021)

摘要:为了使乒乓球运动员及爱好者深入认识与理解粘性与涩性套胶的差异。通过试验法,从套胶的物理特征、表面摩擦力、击球旋转和击球过网高度等方面对两种套胶进行试验与比较分析。结果表明:反胶胶皮表面摩擦力的大小影响击球时球平行于拍面的平动加速度;击球过网高度一致下,击球时粘性套胶与乒乓球飞行轨迹可形成更小的入射角,还击时产生的旋转转速更大。

关键词:乒乓球;反胶;击球旋转;过网高度

中图分类号:G 846

文献标识码:A

文章编号:1007-7413(2024)04-0081-08

Experimental Study on the Influence of Viscous and Astringent Rubber Influence on Hitting in Table Tennis

HUA Qiwen¹, BAN Chan², ZHANG Niling¹

(1. College of Physical Education, Jimei University, Xiamen 361021, China;

2. Jimei Experimental School Affiliated of Fujian Institute of Education Meishan Branch, Xiamen 361021, China)

Abstract: In order to make the table tennis players and enthusiasts understand the difference between viscous and astringent rubber lining, the physical characteristics, surface friction, rotation of the ball and the height of the ball over the net were tested and compared between the two rubber lining. The results showed that: 1. the size of the surface friction of the rubber lining affects the translational acceleration of the ball parallel to the surface of the bat when playing; 2. under the same height of the ball over the net, the trajectory of the ball formed a smaller incident angle with the viscous rubber lining, and the rotation speed was greater.

Key words: table tennis; inverted rubber; hitting spin; net height

乒乓球拍是运动员驰骋赛场的重要“武器”,球拍上粘贴不同胶皮会影响不同的击球效果,造就不同打法特点。在现代乒乓球运动中,使用两面反胶弧圈结合快攻是当今的主流打法^[1]。乒乓球爱好者纷纷效仿世界顶尖运动员的武器装备,但对同样装备的运用,却因为使用者水平的差异而有所不同。乒乓球爱好者与专业运动员之间是存在明显的差距,无论是对技术动作的稳定性,还是细节的掌握,乃至力量、速度、反应、步法移动等素质,这些差距是显而易见的。因此专业运动员按照他们的动作能够产生非常高的击球质量,爱好者或启蒙的孩子如果只是生搬硬套,击球质量不高的同时,还可能造成击球失误。根据自身打法特点选择合适底板和套胶,对提升球技起到重要的作用。

反胶是颗粒朝内,胶面平整,善于制造旋转的胶

皮,其中粘性与涩性套胶是运动员中使用最多的两种类型,两者同为反胶,但击球的手感是不同的。多数人对于胶皮性能的理解更多停留在主观层面,缺少客观的试验数据对比,因此本文将通过采集试验数据,找出涩性与粘性套胶对击球影响的差异,分析其对击球效果可能带来的影响,从而帮助不同打法风格的人选择更加合适的装备,为其提供理论依据和参考。

1 研究对象与方法

1.1 粘性套胶与涩性套胶物理特性对比

本研究选用的粘性套胶有红双喜 Hurricane 狂飙 8-80,涩性套胶为红双喜 TINARC 天弓 5。粘性套胶与涩性套胶均由海绵与胶皮组成,胶皮差异性主要

收稿日期:2024-02-26

第一作者简介:花启文(1994—),男,福建厦门人,助教,硕士。研究方向:乒乓球教学与训练。

区分粘性与涩性。粘性胶皮与球碰撞,其接触表面上产生的摩擦力 F 为粘附摩擦力和滞后摩擦力之和,粘性摩擦力是分子粘附成分所产生的力;涩性胶皮与球的摩擦由于没有分子粘附成分,只有底皮表面的粗糙程度所产生的滞后摩擦力。分子粘附成分增加胶皮向粘性胶皮转化,分子粘性成分减少胶皮向涩性胶皮转化,当没有分子粘附的胶皮即为涩性胶皮^[2]。按照规则,反胶胶皮不能直接粘在底板上直接使用,需要配合海绵一起使用,为了得到更准确的试验结果,实验选择相同规格的海绵。参数如下:大孔径海绵、厚度 2.1mm、硬度 37(邵氏 A)均为高弹柔性海绵,均运用了 H-EPO 高弹粒子渗透技术。

1.2 击球旋转和过网高度测试(试验 1)

为了解粘性套胶与涩性套胶在击打旋转球和过网高度球方面的差异,采用将两款试验套胶粘贴在反弹板上,分别接上旋球和下旋球,测试击打旋转球和过网高度球数据进行对比分析。试验采用发球机发球,用超高速摄像机测试球的转速,用刻度尺观察乒乓球底部在过网瞬间的高度。仪器和设备的型号与参数如下:(1)超高速摄像机:分辨率为 $720 \times 1280\text{ppi}$,拍摄帧率为 1920fps/s ,视频输出 30 帧/s,视频速度放慢 32 倍。(2)发球机:采用 Y&T 泰德 V-981 型发球机,发上旋球时滚轮速度参数 7 级,出球角度水平上扬 6° ,上旋球第一弧线转速平均值为 85.06r/s ,第二弧线转速平均值为 72.48r/s ;发下旋球时滚轮速度 4 级,角度同上旋球一致,下旋转速平均值为 51.35r/s 。(3)反弹板:反弹板由 5 层纯木制成厚 18mm,用 DHS 红双喜 15 号无机(非 V. O. C)乒乓球拍粘合剂粘上两款套胶,反弹板和套胶各刷胶水 2 遍粘合而成,不使用“膨胀油”等有机挥发处理。击打上旋球时,反弹板中心击球点离地面高 96cm,水平离端线 20cm,反弹板垂直向前倾 25° ;击打下旋球时,中心击球点放至于台面上方离端线 48cm,反弹板垂直向后仰 65° 。(4)测试用球:DHS 红双喜 DJ40 + 三星 WTT 赛事用球。(5)球台:DHS 红双喜 T1223 乒乓球台。

试验方法:由发球机供球,测试上旋球时,反弹板模拟挡球技术,待球弹起后由反弹板上的试验套胶接球,并还击至对方球台;测试下旋球时,反弹板模拟搓球技术,考虑到反弹板固定不动缺少向前的力量,可能导致击球不过网,采用将球直接发到反弹板上进行测试。为了测试两款套胶经过耐候性测试后对击球的影响,分为前、中、后 3 次测试,前测时间为套胶拆

封使用第 1 天,中测为拆封后 1 个月,后测为拆封后 2 个月。每次测试套胶要接上旋球和下旋球各 30 个,粘性与涩性套胶分别测试,共需要完成 360 次击球视频采集。

试验中,用超高速摄像机拍摄球体被反弹板击打后至过网的一段视频,计算乒乓球过网前的转速。为了提高测试结果的可靠性,试验前在每个测试用球的表面用黑色记号笔画上 T 字型标记(见图 1),观察球体上 T 字型标记在击球后旋转一周所需的帧数,并计算出球的旋转转速,计算公式:转速 $\text{r/s} = \text{超高速摄像机每秒拍摄帧率} / \text{T 字标记旋转一周的帧数}$ 。运用三角检验法,由三个人对收集到的视频用视频剪辑软件进行观察,收集击球转速和过网高度数据,对观察结果存在异议的地方采用平均值进行计算,以保证试验数据的精确。并运用 SPSS27.0 软件对归纳的数据进行对比分析,观察粘性与涩性套胶是否存在差异(场地布置与视频数据采集见图 2 和图 3)。



图 1 球体 T 字形标记示意图

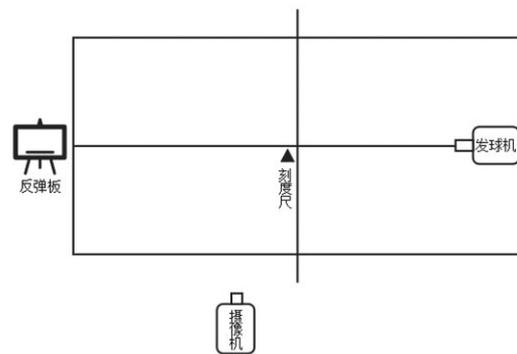


图 2 场地设施布置示意图

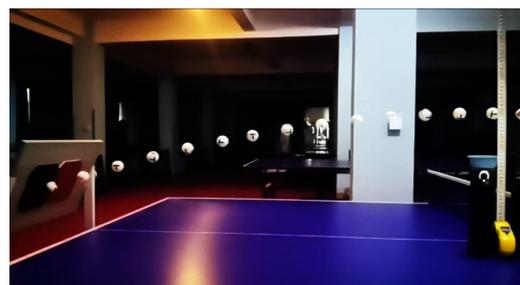


图 3 视频采集乒乓球运动轨迹每 30 帧定格图

1.3 胶皮表面最大静摩擦系数耐候性测试(试验2)

静摩擦力是一个随时间不断变化的力,它随着球拍和球的形变大小以及球的旋转速度的变化而变化。它一方面使球产生平行拍面的平动加速度,另一方面也使球产生绕球心旋转的角加速度^[3]。静摩擦力的大小可以反映过网高度和旋转转速,由于反胶乒乓胶皮的特殊性,目前并无明确统一的表面摩擦力测试标准。本文参照HG/T2729-2012《硫化橡胶与薄片摩擦系数的测定滑动法》和ITTF Technical Leaflet T1 Chapter4.8 相关测试方法^[4],设计以下方法:将三颗乒乓球以间距10mm,用胶水成三角形粘在模具凹槽上制成重量模具,模具总重量约100g(见图4),用数显拉力计(拉力测试范围:0~5N,分度值0.001N,精度误差±0.5%,可峰值保存)测试水平拖动拉力 F 的大小。并根据公式,最大静摩擦系数 $C_0 F_{max} = F_{max}/mg$ (m 代表质量, g 代表重力加速度, mg 是指物体的重力),球对胶皮表面的摩擦力会受到正压力 mg 和切向拉力 F 大小的影响,两者成反比。在正压力相同的情况下,胶皮表面摩擦力越大,要拉动模具所需切向拉力 F 越大,而最大静摩擦力 F_{max} 要大于滑动摩擦力,因此选择通过观察最大静摩擦系数来更好的分析胶皮表面摩擦力差异(测试设计见图5)。



图4 试验2重量模具

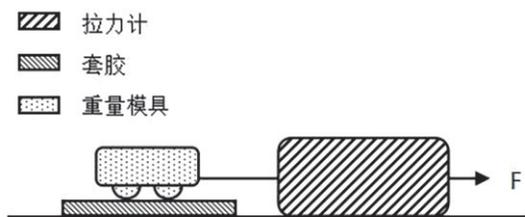


图5 试验2测试平面示意图

采用最大静摩擦系数 $C_0 F_{max}$ 测量方法来测量两款胶皮在室内自然环境下(室内温度 $25^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$,相对湿度 $54\% \pm 4\% \text{RH}$,密闭,避免风吹和阳光直

射)胶皮表面的摩擦系数,与试验1一样分为前中后测,测试两款套胶胶皮表面在自然老化下最大静摩擦系数的数据对比,并结合试验1分析粘性与涩性套胶的差异。

2 研究结果

2.1 对击球旋转影响结果与统计分析

试验过程中,通过反弹板反弹测试的几种指标数据,其中包括每次反弹的旋转种类、过网高度和旋转转速。为了测试套胶氧化损耗对击球效果的影响,将试验分为前测、中测、后测三个阶段进行。反弹板采用两种不同的击球角度,对反弹上旋球和下旋球的转速进行描述统计分析(见表1)。

从反弹上旋球的击球效果来看,前测与中测时粘性套胶的转速平均值和最大值均比涩性套胶要低,其中前测转速的平均值降低了约5.2%、中测降低了约4.1%;后测时粘性与涩性套胶的转速平均值与最大值不相伯仲,两者差距较为不明显。在反弹下旋球时,前测粘性套胶的转速平均值和最大值均比涩性套胶要高,其中转速的平均值增强了约3.1%;中测两者差距较为不明显,粘性比涩性套胶平均转速高约1%;后测粘性套胶的转速平均值和最大值均比涩性套胶要高,其中转速的平均值增加了约4.7%。

2.2 对击球高度影响结果与统计分析

反弹板采用两种不同的击球角度,对反弹上旋球和下旋球的高度进行描述统计分析(见表2)。从反弹上旋球的击球效果来看,前测时粘性套胶的反弹高度平均值和最大值均比涩性套胶要高,其中高度的平均值增加了约15.1%;中测和后测时粘性与涩性套胶反弹高度较为接近,涩性套胶数值略高,反弹高度的平均值分别下降了约2%和4.5%。在反弹下旋球方面,前测时粘性套胶的反弹高度平均值和最大值均比涩性套胶要低,其中高度的平均值降低了约3.9%;中测和后测时粘性比涩性套胶反弹高度要低,但两者差距不明显,其中高度的平均值分别降低了约1.1%。

2.3 胶皮表面最大静摩擦力结果与统计分析

通过最大静摩擦力测试方法测量两款套胶胶皮表面的数据,对两款套胶进行耐候性测试,统计两款胶皮自然老化下最大静摩擦力的变化,摩擦力越大,摩擦系数就越高,套胶胶皮表面初始状态的最大静摩擦系数简称“摩擦系数”。

从两款套胶的数据来看,粘性套胶的最大静摩擦均值与最大值在三次测试当中,比涩性套胶高。其中前测时粘性套胶均值比涩性套胶高约 17.6%,中测

时粘性比涩性套胶平均值高约 19.1%,后测时粘性比涩性套胶平均值高约 19.3%,说明粘性套胶的摩擦系数比涩性套胶要高(见表 3)。

表 1 不同反弹旋转转速数据统计

旋转类型	套胶类型	前测转速/ $r \cdot s^{-1}$		中测转速/ $r \cdot s^{-1}$		后测转速/ $r \cdot s^{-1}$	
		均值	最大值	均值	最大值	均值	最大值
上旋球	粘性	13.81 ± 0.95	16	15.52 ± 1.16	18.29	17.22 ± 1.15	18.82
	涩性	14.53 ± 1.14	17.14	16.16 ± 1.51	19.20	17.17 ± 0.92	19.20
下旋球	粘性	39.47 ± 1.31	41.74	38.47 ± 1.79	40.85	37.92 ± 0.94	39.18
	涩性	38.29 ± 1.31	40	38.08 ± 0.62	40	36.22 ± 0.83	37.65

表 2 反弹不同旋转过网高度的前中后测试数据统计

旋转类型	套胶类型	前测高度/cm		中测高度/cm		后测高度/cm	
		均值	最大值	均值	最大值	均值	最大值
上旋球	粘性	47.63 ± 2.67	54	21.02 ± 1.33	23	21.97 ± 1.65	25
	涩性	41.37 ± 3.03	46	21.43 ± 1.85	26	22.95 ± 2.03	26
下旋球	粘性	26.12 ± 0.81	28	26.92 ± 1.01	29	27.07 ± 1.26	29
	涩性	27.13 ± 0.94	31	27.20 ± 1.03	30	27.37 ± 1.30	30

表 3 胶皮表面摩擦系数的数据统计

套胶类型	前测摩擦系数		中测摩擦系数		后测摩擦系数	
	均值	最大值	均值	最大值	均值	最大值
粘性套胶	1.609 ± 0.057	1.708	1.489 ± 0.087	1.648	1.409 ± 0.044	1.487
涩性套胶	1.368 ± 0.044	1.453	1.250 ± 0.048	1.351	1.181 ± 0.028	1.261

3 击球影响的对比分析

3.1 胶皮表面摩擦系数的对比

对粘性与涩性套胶胶皮摩擦系数进行独立样本 t 检验。结果显示,无论是在前测、中测还是后测,套胶胶皮表面摩擦系数存在极显著差异($P < 0.001$)。粘性套胶的摩擦系数均值高于涩性套胶(见表 4),这是因为两款胶皮在材料配比、表面处理和生产工艺都存在不同。粘性套胶通常采用较多的橡胶成分,而涩性套胶则相对较少使用橡胶,更多采用聚氨酯等材料;表面处理上粘性胶皮的表面有一层盖胶,具有一定的

粘性因子,而涩性套胶的表面细微观察下只有粗糙表面没有粘性。随着耐候性测试,两款套胶胶皮的摩擦系数也在持续下滑,这是因为胶皮暴露在空气中时,橡胶表面与氧气发生氧化反应,导致胶皮颜色变浅;其次由于室内空气湿度大,胶皮在长时间处于潮湿环境下表面会吸收水分,当环境温度降低时,水分会凝结成白色的霜状物,从而影响乒乓球与胶皮接触时的摩擦力。因此拆封使用 1 个月时,胶皮表面发白现象、吐霜现象与初始状态有明显差异,霜可以擦拭掉,但无法回到拆封时的状态;使用 2 个月时,胶皮表面发白与吐霜现象更为严重。

表4 胶皮表面摩擦系数的对比

测试时间	套胶类型	摩擦系数($n=30$)	t	P 值
前测	粘性	1.609 ± 0.057	18.297	<0.001
	涩性	1.368 ± 0.044		
中测	粘性	1.489 ± 0.087	13.220	<0.001
	涩性	1.250 ± 0.048		
后测	粘性	1.409 ± 0.044	23.710	<0.001
	涩性	1.181 ± 0.028		

3.2 上旋球击球影响的对比

对粘性与涩性套胶上旋球击球影响的转速、高度数据进行独立样本 t 检验。结果显示,反弹上旋球的击球转速,在前测时数据存在极显著差异($P=0.010$),中测与后测时数据均不存在显著性差异($P>0.05$)。而反弹上旋球的过网高度结果显示,在前测时数据存在极显著差异($P<0.001$),中测时不存在显著性差异($P>0.05$),后测时存在显著性差异($P<0.05$)。

这是由于两款套胶胶皮表面摩擦系数存在差异,从而使上旋球在接触球拍以后,垂直于拍面的横向力不足,导致涩性比粘性套胶反弹上旋球的过网高度要低,弧线相对较平。并且随着自然氧化,两款套胶反弹上旋球的过网高度持续下降,其中粘性套胶下降幅

度尤为明显。而反弹的旋转全新涩性要显著高于粘性套胶,当球给反弹板一个作用力,反弹板也会给球一个反作用力,使两者发生形变产生弹力,由于两者海绵厚度、硬度、胶皮表面张力相同,因此形变的程度也是相同的。针对旋转的差异提出两点看法:(1)从微观角度观察,粘性因子会让球“黏”在胶皮上,导致球在离开球拍的瞬间会受到拉扯的阻力,从而使旋转转速下降;而涩性套胶的胶皮表面没有粘性因子,因此球在离开球拍的瞬间受到拉扯的阻力要小,旋转转速要比粘性套胶强。(2)随着时间两块胶皮的表面摩擦系数持续降低,胶皮的粘性减小,出球瞬间受到的阻力降低,两种类型的胶皮自然氧化后反弹旋转的转速反而得到提升(见表5)。

表5 上旋球击球影响的对比

测试时间	套胶类型	上旋球($n=30$)	t	P 值
前测转速	粘性	13.81 ± 0.95	-2.657	0.010
	涩性	14.53 ± 1.14		
中测转速	粘性	15.52 ± 1.16	-1.833	0.072
	涩性	16.16 ± 1.51		
后测转速	粘性	17.22 ± 1.15	0.190	0.850
	涩性	17.17 ± 0.92		
前测高度	粘性	47.63 ± 2.67	8.491	<0.001
	涩性	41.37 ± 3.03		
中测高度	粘性	21.02 ± 1.33	-1.001	0.321
	涩性	21.43 ± 1.85		
后测高度	粘性	21.97 ± 1.65	-2.060	0.044
	涩性	22.95 ± 2.03		

3.3 下旋球击球影响的对比

对粘性与涩性套胶下旋球击球影响的转速、高度数据进行独立样本 t 检验。结果显示,反弹下旋球的击球转速,在前测时数据存在极显著差异 ($P < 0.001$),中测时不存在显著性差异 ($P > 0.05$),后测时也存在极显著差异 ($P < 0.001$)。而反弹下旋球的过网高度结果显示,在前测时数据存在极显著差异 ($P < 0.001$),中测与后测时均不存在显著性差异 ($P > 0.05$)。

下旋球的旋转方向不同于上旋球。视频中,当乒乓球从右向左运动,呈逆时针滚动时为上旋球,顺时针滚动时为下旋球。当用垂直角度的拍型来接这两种旋转球时,上旋球接触反弹板后会向上飞,下旋球接触反弹板后会向下掉。因此接上旋与下旋球时,回击球的旋转方向是相反的,但对球的转速影响是一致的。在回球高度方面,为了使球还击到对方球台上,接上旋球板形角度要压,接下旋球板形角度要仰,才

不会出界或下网。因此上旋球时反弹板与球接触瞬间垂直于接触面的正向力朝着前下方向,而下旋球时垂直于接触面的正向力是朝着前上方向。

摩擦系数对反弹高度的影响是相反的。粘性套胶胶皮表面摩擦系数要高于涩性套胶,粘性套胶也更容易受旋转影响,接下旋球回球的过网高度明显较低。而随着自然氧化,两种套胶反弹下旋球的过网高度不存在明显差异。反弹旋转方面,第一次测试中粘性套胶反弹的旋转转速要略高于涩性;在中测时粘性套胶转速下降的更多,略高于涩性套胶但无显著差异;后测时,两种类型的胶皮反弹的转速持续下降,其中涩性胶皮反弹的转速下降较为明显。原因在于球与反弹板的角度过薄,随着自然氧化,原先不会打滑的击球角度,随着摩擦系数下降大大提高了打滑的可能性。由于打滑导致球在接触胶皮表面时,动能转换弹性势能能量损失,从而使套胶形变不充分,弹力下降,降低了反弹的旋转转速(见表 6)。

表 6 下旋球击球影响的对比

测试时间	套胶类型	下旋球($n=30$)	t	P 值
前测转速	粘性	39.47 ± 1.31	3.480	<0.001
	涩性	38.29 ± 1.31		
中测转速	粘性	38.47 ± 1.79	1.109	0.275
	涩性	38.08 ± 0.62		
后测转速	粘性	37.92 ± 0.94	7.351	<0.001
	涩性	36.22 ± 0.83		
前测高度	粘性	26.12 ± 0.81	-4.505	<0.001
	涩性	27.13 ± 0.94		
中测高度	粘性	26.92 ± 1.01	-1.076	0.286
	涩性	27.20 ± 1.03		
后测高度	粘性	27.07 ± 1.26	-0.909	0.367
	涩性	27.37 ± 1.30		

综上所述,静摩擦力对球飞行的方向及旋转转速有着直接的影响,一方面使球产生平行拍面的平动加速度,另一方面也使球产生绕球心旋转的角加速度。

首先,静摩擦力越大平行拍面的平动加速度也会越大。在实际运用中,意味着粘性套胶要比涩性套胶在防守上旋球时由于平动加速度更大,也更容易冒高;而搓下旋球时,则更容易下网。随着自然氧化、磨

损、胶皮表面光滑缺乏粘性等导致摩擦力下降时,这种“吃”旋转球的现象会持续降低。

其次,静摩擦力使球产生绕球心旋转的角加速度,从试验数据来看,静摩擦力对球转速产生的影响还存在其他条件。在试验 1 中,发球机上旋球出球的第二弧线转速平均值为 72.48r/s,粘性套胶反弹的旋转方向相反,平均转速为 13.81r/s,反弹转速下降约

80% ;而发球机下旋球出球的转速平均值为 51.35r/s,反弹的旋转方向相反,平均转速为 39.47r/s,反弹转速下降约 23%。相同性能的胶皮反弹不同旋转的转速差异却如此之大,究其原因,触球时球与反弹板的夹角是转速存在差异的关键。试验中,反弹板接上旋球时为垂直于台面向前倾 25°,反弹板与球飞行轨迹形成几乎垂直的入射角;而接下旋球时反弹板为垂直于台面向后仰 65°,球的飞行轨迹与反弹板形成约 55°的入射角,两种击球角度相差约 35°。当球带着顺时针旋转向球拍运动时,会有两种情况:(1)当球的相对运动垂直于拍面时,会给球拍一个作用力 f ,此时球拍与球的接触点相对静止,作用力使胶皮、颗粒、海绵、胶水层、底板发生垂直于拍面的形变,其动能转化为球拍的弹性势能,随后弹性势能再转化为反弹出去的动能,弹力 f' 的作用线垂直于球心 o ,使球产生平动而不产生旋转。而球顺时针旋转转速 r/s 在接触球时,由于反胶的特性,球与胶皮之间会是静摩擦的状态,球的旋转动能会使胶皮、颗粒产生平行于拍面向下的压缩形变,之后向上恢复形变时,产生弹力 s' 使球旋转方向发生改变,反弹出去的旋转转速受弹力 s' 大小影响(见图6)。(2)当球的相对运动与拍面存在夹角时,球同样给球拍作用力 F ,作用力 F 是合力,可以分成接触点向下的分力 s 和向右的分力 f ,分力 f 使球拍垂直发生形变,恢复垂直形变时产生弹力 f' 经过球心使球产生平动。而平行于拍面的胶皮,会受到分力 s 与转速 r/s 力量之和的影响,产生更大的形变,当恢复形变时,弹力 s' 使球旋转方向与来时相反,并且反弹的旋转转速要大于第一种情况(见图7)。这也就解释了试验1中,反弹下旋球时反弹板与球形成的角度导致转速大于反弹上旋球的原因。

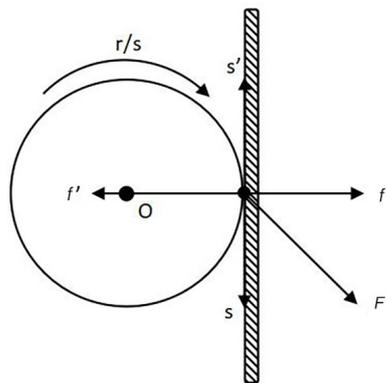


图 6 球的运动轨迹垂直于拍面

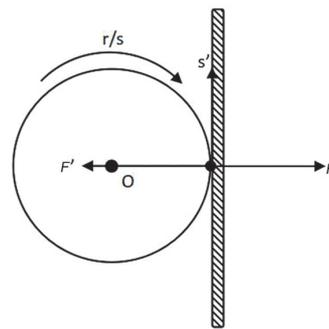


图 7 球的运动轨迹与拍面形成夹角

最后,在实际运用中,高水平运动员使用粘性套胶拉弧圈球的旋转转速要比涩性套胶要转,防守队员需要用更压的拍型角度才能压住弧线。这个旋转差异不是套胶直接造成的,而是由运动员的技术动作调整造成的。粘性套胶与涩性套胶用相同力量、拍型角度,使用拉弧圈球技术向前击打处于高点期的球时,由于两者胶皮表面摩擦力都不会使球在拍面上打滑造成能量损失,当力臂相等,他们制造的旋转差异不明显。提升摩擦力不等于提升旋转转速,但粘性套胶回球的过网高度会明显高于涩性套胶,因此在使用拉弧圈球技术时,可通过调节击球瞬间的拍型角度来调节过网高度,在其相同的情况下从而提高拉球转速。粘性套胶的摩擦力更大,因此在保证击球弧线的同时能比涩性套胶击球的迎球面积更小(见图8),产生平行于拍面的平面加速度更大。一方面使球运动轨迹与球拍形成更大的夹角,使平行于拍面的胶皮能够产生更大的形变,反弹更大的转速;另一方面由于力臂 $OL' > OL$,所以在同等击球力量的条件下,击球的旋转转速会更大^[5]。运用到发球技术中,同样的发下旋球技术,这也是合力发球比规范发球旋转要转的原因之一。但迎球面积越小,擦空或打到球拍边缘的可能性越大,因此对技术动作的稳定性提出非常高的要求。在最高点击球时,若球接触球拍的中心部位,球的飞行轨迹与拍型形成的夹角最小值约为 18°,当胶皮表面摩擦力在用极限入射角度击打球而不会打滑时,提升胶皮表面粘性对提升旋转转速将没有意义。

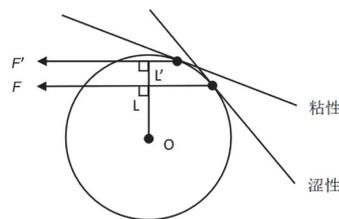


图 8 击球过网高度相同时的力臂差异

4 结论与建议

4.1 结论

(1)反胶胶皮表面摩擦力的大小影响击球时球平行于拍面的平动加速度。全新粘性比涩性套胶胶皮表面摩擦力更大,因此平行于拍面的平动加速度更大,在接上旋球时回球过网高度更高,平均增加约 15.1%;接下旋球时回球过网高度更低,平均下降约 3.9%。而随着自然氧化导致胶皮表面摩擦力下降,击球时两者过网高度的差异逐渐缩小。

(2)同等挥拍力量下,乒乓球飞行轨迹与球拍形成的入射角越小,粘性比涩性套胶回球产生的旋转更大;入射角越接近垂直 90°,则涩性比粘性套胶回球产生的旋转更大。粘性比涩性套胶胶皮表面摩擦力更大,击球过网高度一致的情况下,粘性套胶与乒乓球飞行轨迹可形成更小的入射角,产生的旋转转速更大。

4.2 建议

(1)乒乓球爱好者和初学者在巩固技术阶段,不要频繁更换两种不同性能的反胶。两种不同性能的反胶在练习进攻技术或防守技术时,两者差异会对我们击球的弧线产生影响。在追求质量的极致过程中,这些影响会导致我们击球失误,破坏我们原有的肌肉记忆,降低技术的稳定性,对提升技术水平不利。

(2)粘性套胶适合打法风格上以抢先发力,主动进

攻的人使用。粘性套胶对技术的影响是两面性的。相持过程中,粘性套胶可以使弧圈球技术有更好的弧线,在下降期击球时也能保证上台的命中率及旋转强度,适合加转弧圈球等技术的运用。但粘性套胶也受对方回球旋转影响,对方回球旋转强时更容易出界或下网。

(3)涩性套胶更适合打法风格上以相持多拍为主的爱好者。相持阶段来回球基本上以上旋为主,而涩性套胶相较于粘性套胶受旋转影响较小,在对拉、对攻等情况下也更容易上台,适合喜欢挡、反拉、快带等防守技术的运用,但在弧线上相对较平,因此击球点主要以高点期为主。

参考文献

- [1]梁丽娜,王艳. 世界优秀乒乓球运动员打法类型探析[J]. 中国体育教练员,2014,22(02):52-53.
 - [2]王红梅,张景亮,翟祥国. 乒乓球拍中胶皮的使用性能及其影响因素[J]. 橡塑资源利用,2013(01):15-22.
 - [3]唐东阳,陈乔龙. 乒乓球与球拍之间的摩擦[J]. 武汉体育学院学报,2007(07):56-58.
 - [4]张怡华,王艳,于勇,等. NR/EPDM 并用在粘性乒乓球胶皮中的应用[J]. 橡塑资源利用,2016(05):10-12.
 - [5]《乒乓球运动教程》编写组. 乒乓球运动教程[M]. 北京:北京体育大学出版社,2013:19.
- [责任编辑 江国平]
-
- (上接第 8 页)
- [16]IOC. Olympic Agenda 2020: context and background[M]. Lausanne:International Olympic Committee,2014:16.
 - [17]徐剑,黄尤嘉. 社交媒体之于新闻价值的发现与重构——基于奥运会热搜榜的分析[J]. 现代传播(中国传媒大学学报),2022,44(02):17-24.
 - [18]喻国明,兰美娜,李玮. 智能化:未来传播模式创新的核心逻辑——兼论“人工智能+媒体”的基本运作范式[J]. 新闻与写作,2017(03):41-45.
 - [19]陈晓斌,张玉荣,刘斌. 人工智能、技术创新与效率变革[J]. 生产力研究,2021(08):66-71.
 - [20]THOMAS BACH. Introduction to Olympic Agenda 2020 +5[EB/OL]. (2021-03-12) [2024-04-19]. <https://stillmedab.olympic.org/media/Document%2520Library/OlympicOrg/News/2021/03/IOC-Session-Thomas-Bach-speech-OA2020-plus-5.pdf>.
 - [21]MARWAN HELLAL. Technological fair play: an ethical framework for Olympic sports[D]. London: The University of Western Ontario,2023:145-146.
 - [22]克里斯·达菲. AI 到来[M]. 孙超,译,北京:中国友谊出版公司,2021:XXIV.
 - [23]黄璐. 国际体育组织自治问题审视——以奥林匹克善治改革为背景[J]. 天津体育学院学报,2016,31(01):6-11.
 - [24]王润斌,肖丽斌. 电子竞技进入奥运会的的实践尝试与理论反思[J]. 体育成人教育学刊,2019,35(03):1-5.
 - [25]DUARTE ARAUJO, MICAEL COUCEIRO, LUDOVIC SE-IFERT, et al. Artificial intelligence in sport performance analysis[M]. New York:Routledge,2021:xvii.
 - [26]邓子纲. 人工智能的全球治理与中国的战略选择[J]. 求索,2020(03):182-187.
 - [27]于洪君. 开辟人工智能中国路径 彰显全球治理中国经验[J]. 当代世界,2024(05):4-11.
- [责任编辑 江国平]