

乒乓球正手和反手中远台拉冲技术的 运动学特征对比分析

蒋津君

(天津体育学院, 天津 301617)

摘要: 运用瑞典 Qualisys 三维运动捕捉系统对 11 名优秀男子乒乓球运动员正手中远台拉冲和反手中远台拉冲的技术动作进行测试与分析。结果表明: 正手中远台拉冲提高挥拍速度的主要环节在于转腰和挥大臂, 其次为收前臂和甩腕; 反手中远台拉冲提高挥拍速度的主要环节在于甩腕和伸肘, 转腰的作用较小, 其主流技术动作并没有充分发挥出转腰和挥大臂的作用; 正手中远台拉冲之所以能获得较大的挥拍速度主要在于其肩部的转动(即转腰的发力)和挥大臂这两个环节明显优于反手; 若反手中远台拉冲时稍向非持拍手侧引拍并适当加大肩背部的反转幅度, 其在挥拍击球时能更充分地发挥转腰和挥大臂的作用, 可以进一步提高反手中远台拉冲的击球质量。

关键词: 乒乓球; 中远台; 正手拉冲技术; 反手拉冲技术; 运动学特征

中图分类号: G846

文献标志码: A

文章编号: 1008-3596 (2019) 06-0066-07

正、反手中远台拉冲即站位离台 70—100 cm 用正手、反手进行拉冲(拉来球为上旋球的前冲弧圈球)。前期乒乓球技战术的发展思路着重于正手进攻, 这种思路在当时对发球限制较少、球体也较小的情况下确实可行, 这也是当前绝大多数运动员正手拉冲的质量要高于反手拉冲的重要原因之一。而从乒乓球比赛技战术的发展和运用趋势来看, 随着反手台内“拧”这项技术的不断成熟, 比赛中接发球“拧”起来后就进入了中远台的上旋对峙^[1]。反手中远台拉冲和正手中远台拉冲虽然都是中远台上旋对峙的核心技术, 但由于当前正手拉冲的击球质量稍高于反手拉冲, 使得比赛双方都倾向于将球压至对方的反手位(当前实战中反手位对峙的板数明显增多)^[1-2], 若运动员反手连续拉冲实力弱, 在实战中必然会被对手盯住反手位, 从而导致整个局面的被动。尤其

是在发球改为无遮挡且球体变大、球速下降^[3-4]、正手一板爆冲直接得分越来越难的情况下, 反手中远台拉冲的能力在比赛中的制胜作用也就越来越重要。

此处, 有两个问题必须面对: 一是正手中远台拉冲和反手中远台拉冲这两项技术各有哪些优劣势? 如何在实战中依据实际情况来合理运用? 二是能否通过技术动作的结构调整来进一步提高反手中远台拉冲的击球质量? 本研究拟结合运动学数据和人体解剖学结构对此进行分析, 为后续的技术训练和技战术运用提供参考。

1 研究对象与方法

1.1 研究对象

受试者为 11 名专业乒乓球运动员, 正、反手均为反胶, 具体资料见表 1。

收稿日期: 2019-07-10

基金项目: 天津市哲学社会科学规划项目(TJTY17-005)

作者简介: 蒋津君(1979—), 男, 湖北黄冈人, 副教授, 博士, 研究方向为乒乓球教学与训练。

文本信息: 蒋津君. 乒乓球正手和反手中远台拉冲技术的运动学特征对比分析[J]. 河北体育学院学报, 2019, 33(6): 66-72.

表 1 受试对象基本资料信息表

年龄	性别	身高/cm	持拍手	打法类型	握拍法	运动等级	总人数
22±3	男	182±9	右手 10 人 左手 1 人	弧快	横握	健将 1 人 一级 10 人	11

1.2 实验方法

1.2.1 实验仪器简介及其定位与调试

本研究的测量仪器为瑞典的 Qualisys 三维运动采集与分析系统，对受试者的正手中远台拉冲和反手中远台拉冲技术动作进行数据采集。三维摄像采集的频率为 200 Hz，高速视频摄像放置在

球台左侧上方的 C 点（图 1），高度约为 2 m，距运动中心约为 3 m，完全能抓到拍到球与拍触碰的瞬间。两测力台平行放置并固定，测力台的规格为：0.4 m×0.6 m，两测力台内侧间距为 30 cm，球台端线垂直投影距测力台中心 80 cm，拉冲线路分别为 a、b（图 1）。

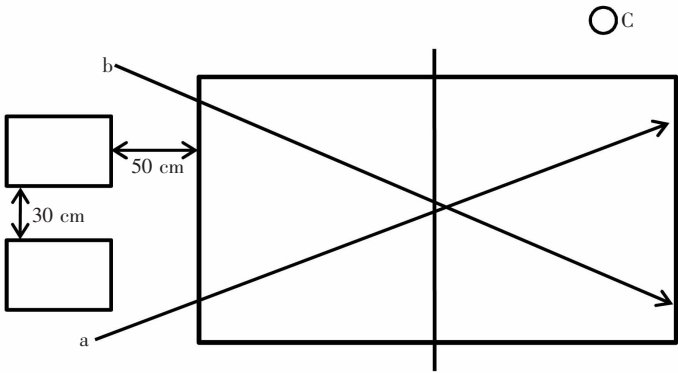


图 1 正、反手中远台拉冲技术动作测量仪器位置及击球线路示意图

1.2.2 测量部位及相关指标的设定与定义

红外三维摄像标志点的粘贴部位及对应的标号见表 2。持拍手腕关节角度： $\angle ABC$ ；持拍手肘关节角度： $\angle BCD$ ；持拍手肩关节角度： $\angle CDE$ ；两肩连线与端线夹角角度（右手持拍为例）：线 MN 与线 DP 空间平移相交后的夹角 $\angle DOM$ 或 $\angle PON$ ，O 为 MN 和 DP 平移后的相交点。主要分析击球动作过程中相关环节的速度、角速度等指标的变化。

表 2 部分三维摄像标志点的编号及其相应部位

标志点部位	标志点编号
球拍拍头顶点处	A
桡骨茎突外下缘（持拍手侧）	B
肱骨外上髁（持拍手侧）	C
肩峰端（持拍手侧）	D
大转子（持拍手侧）	E
球台端线与本方半台右边线夹角处（持拍手侧）	M
肩峰端（非持拍手侧）	P
球台端线与本方半台左边线夹角处（非持拍手侧）	N

注：图 2、图 3 中部分标志点不在本文的研究内容之中，故未在表 2 中标列出

1.2.3 运动方式和测试要求

陪练者以相同的频率连续发定点上旋球，受试者双脚站于测力台上以较大力量连续正手中远台拉冲和反手中远台拉冲，拉冲线路如图 1（斜线 a、斜线 b），测试用球为红双喜牌三星 40+ 乒乓球。保证每人每项技术动作的测试中至少有 3 个连续完整动作。

1.2.4 技术动作的阶段划分与定义

击球动作结构可视为引拍—挥拍击球—随挥—还原四个时期的循环^[5-6]。在分析击球动作的三维摄像后，把正手、反手中远台拉冲技术动作的各时刻定义如下：

正手：①引拍结束时刻：引拍至最左时刻；②击球时刻：球撞拍瞬间；③随挥结束时刻：挥拍至最左时刻；④还原时刻：球拍还原至腹部高度时刻。具体参照技术动作实测结构展示图（图 2）。

反手：①引拍结束时刻：引拍至最后时刻（距腹部最近）；②击球时刻：球撞拍瞬间；③随挥结束时刻：随挥至最左的第一拐点时刻（球拍标志点处于最高点附近）；④还原时刻：球拍还

原至腹前髋部高度位置附近。具体可参见以下技 术动作实测图（图 3 和图 4）。

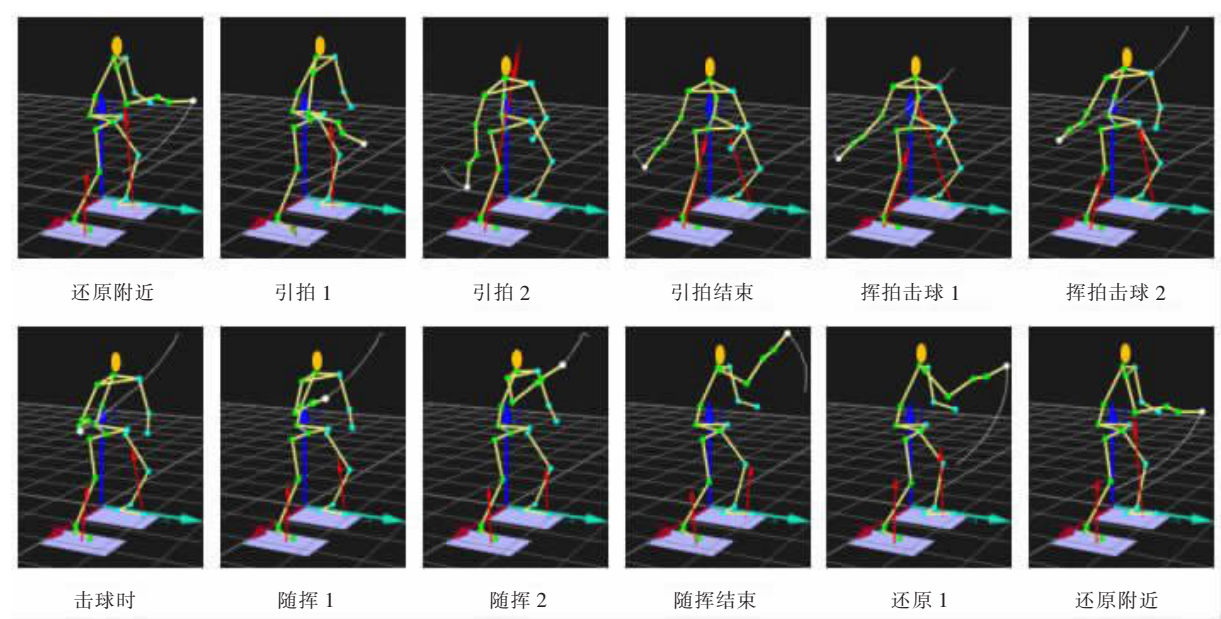


图 2 正手中远台拉冲技术动作各时刻身体支撑结构展示图

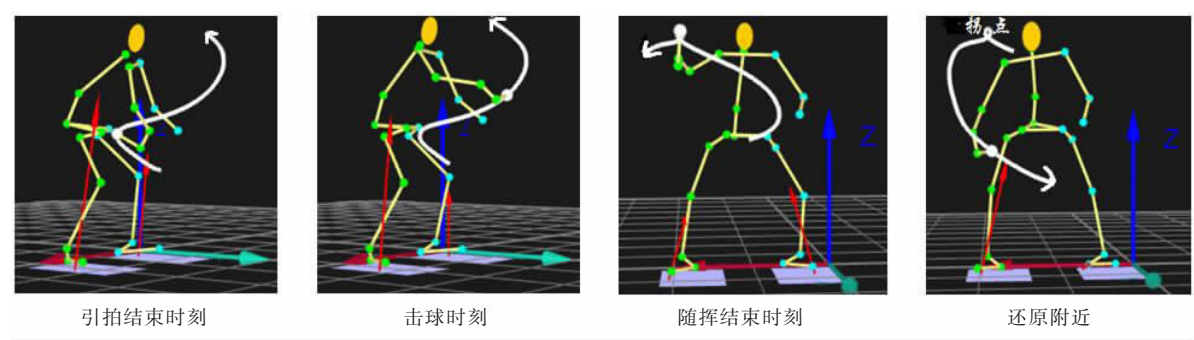


图 3 反手中远台拉冲技术动作各时刻定位示意图

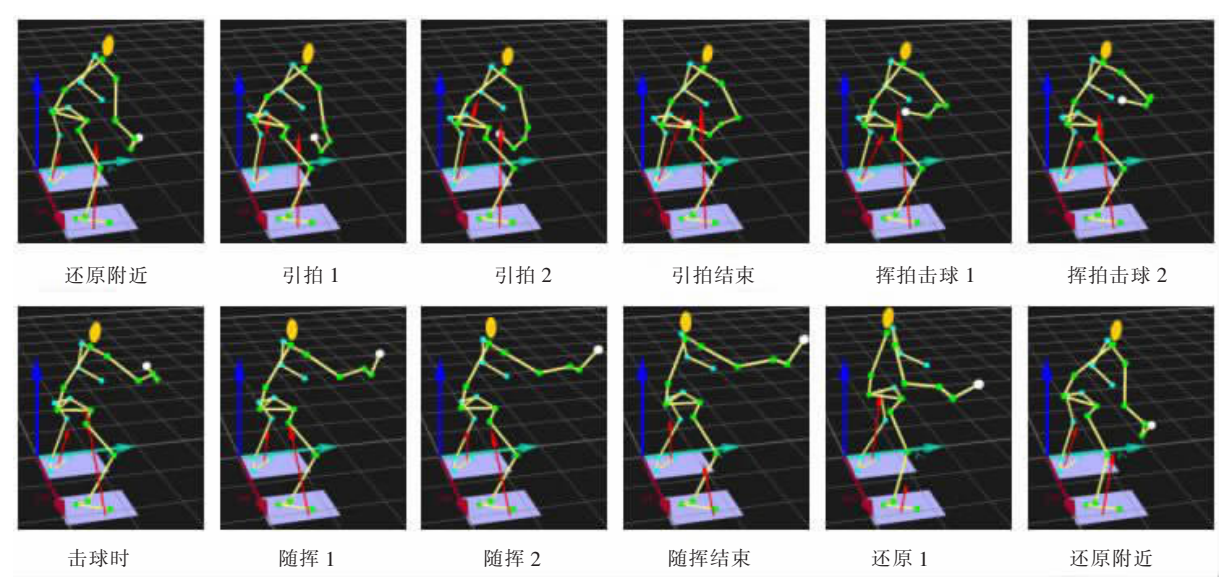


图 4 反手中远台拉冲技术动作各时刻身体支撑结构展示图

虽然还原时刻并不能准确定位，不同运动员还原时刻的球拍位置也不尽相同，但本研究主要分析的数据为引拍结束和击球瞬间这两个节点，不会受还原的影响。

2 结果与分析

2.1 正手和反手中远台拉冲技术击球瞬间球拍顶点的速度对比分析

决定击球速度和旋转的核心点在于击球时球拍的挥动速度、挥动方向及拍面的前倾角度^[5]。在挥拍方向和拍面前倾角度基本相同的情况下，球拍的挥动速度越大，则击出的球速度越快、旋转越强。由此，球拍的挥动速度是决定击球速度与旋转的关键因素。

表 3 为正、反手中远台拉冲技术击球瞬间球拍顶点及腕标志点的速度数据统计表。 $V_{1正}$ 、 $V_{1反}$ 分别为正手中远台拉冲、反手中远台拉冲击球瞬间球拍顶点的速度， $V_{2正}$ 、 $V_{2反}$ 分别为正手中远台拉冲、反手中远台拉冲击球瞬间腕标志点的速度。

表 3 正、反手中远台拉冲击球瞬间球拍顶点与腕部速度数据统计表 m/s

编号	$V_{1正}$	$V_{2正}$	$V_{1反}$	$V_{2反}$
1	15.7	9.3	15.5	6.2
2	14.7	8.4	14.4	5.3
3	12.6	7.8	13.6	4.8
4	14.9	9.7	15.0	7.9
5	15.3	8.5	11.3	6.3
6	16.8	10.3	12.7	5.8
7	14.8	9.9	9.4	4.7
8	13.9	8.3	14.6	5.5
9	11.8	6.8	11.9	4.3
10	15.3	8.3	11.8	5.5
11	13.9	8.7	13.3	6.6
平均值	14.5	8.7	13.0	5.7
标准差	1.3	1.0	1.8	1.0

注：每位受试者的数据均为本人三次单项动作的平均值，而“平均值”为 11 名受试者 33 次动作的平局值。下同

表 3 数据显示：1、2、3、4、8、9、11 号的 $V_{1反}$ 与 $V_{1正}$ 数据差距较小，部分受试者 $V_{1反}$ 甚至还略高于 $V_{1正}$ ；但所有受试者 $V_{2反}$ 都明显要小于 $V_{2正}$ 。

如图 5 所示，击球瞬间，球与拍的撞击点在球拍顶点与腕标志点之间（ L_2 为球拍顶点与碰

撞点挥动方向指示线的垂直距离）。由于腕标志点的挥动速度整体上小于球拍顶点，所以球与拍的碰撞点越靠近球拍顶点（即 L_2 越小），撞击点的速度相对越大。结合正、反手中远台拉冲击球瞬间球拍顶点的速度差值（差距较小）和腕标志点的速度差值（差值较大）来看，若反手中远台拉冲时球与拍的撞击点能更加靠近球拍顶点，同样能拉出与正手中远台拉冲质量相近的球。

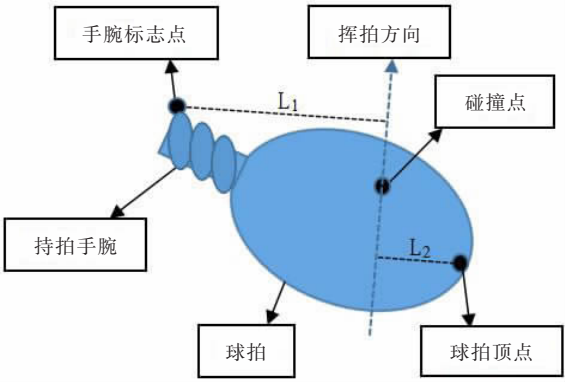


图 5 击球瞬间相关部位空间位置示意图

2.2 正手和反手中远台拉冲技术击球瞬间相关环节的角速度对比分析

击球瞬间相关环节的角速度值是反映其挥拍速度贡献率的关键数据^[7]。表 4 中， $W_{正}$ 、 $Z_{正}$ 、 $J_{正}$ 、 $JL_{正}$ 分别为各受试者正手中远台拉冲击球瞬间持拍手腕关节、肘关节、肩关节和肩连线的角速度值； $W_{反}$ 、 $Z_{反}$ 、 $J_{反}$ 、 $JL_{反}$ 分别为以上关节反手中远台拉冲击球瞬间的角速度值。

表 4 正、反手中远台拉冲击球瞬间相关环节角速度数据统计表 °/s

编号	$W_{正}$	$Z_{正}$	$J_{正}$	$JL_{正}$	$W_{反}$	$Z_{反}$	$J_{反}$	$JL_{反}$
1	222	-218	466	-411	1 242	383	9	-182
2	332	-274	298	-382	1 211	579	-7	25
3	112	-226	451	-287	1 132	638	67	-122
...	...	...	...	...	...	...	...	...
11	114	-165	406	-285	595	180	72	-189
平均值	146	-174	472	-282	967	491	30	-123
标准差	87	90	110	91	212	210	69	68

表 4 数据显示： $JL_{反}$ 和 $J_{反}$ 明显要小于 $JL_{正}$ 和 $J_{正}$ ，而 $W_{反}$ 和 $Z_{反}$ 明显要大于 $W_{正}$ 和 $Z_{正}$ 。即击球瞬间反手中远台拉冲技术转腰和挥大臂的角速度值要明显小于正手，而其甩腕和伸（收）肘的角速度值则明显大于正手。由此来看，正手中远台拉冲在转腰和挥大臂这两个环节上要明显优

于反手，而反手中远台拉冲则在甩腕和伸（收）肘这两个环节上明显优于正手。相比之下，正手中远台拉冲之所以能获得相对较大的挥拍速度主要是充分发挥了转腰和挥大臂的优势。

2.3 正手和反手中远台拉冲技术引拍结束至击球瞬间的用时对比分析

击球过程中各阶段用时的长短是反映技术动作特征的重要指标。为了更好体现正手中远台拉冲和反手中远台拉冲从引拍结束至击球瞬间这一过程的用时特征，本研究对这两项技术的此项指标进行了统计（表 5）。表 5 中正手 A-B、反手 A-B 分别为各受试者正手中远台拉冲、反手中远台拉冲这两项技术从引拍结束至击球瞬间的用时。

表 5 正、反手中远台拉冲技术动作
引拍结束至击球瞬间用时统计表

编号	正手 A-B	反手 A-B
1	190	100
2	165	105
3	215	90
...	...	...
11	195	130
平均值	200	105
标准差	30	20

表 5 数据显示：反手中远台拉冲从引拍结束至击球瞬间的平均用时（105 ms）明显要短于正手中远台拉冲（200 ms）。结合正手和反手中远台拉冲击球瞬间球拍顶点的速度相差不大的情况来看，反手中远台拉冲引拍结束至击球瞬间这一过程中球拍顶点（挥拍）的整体加速度明显要大于正手中远台拉冲。

3 讨论

3.1 反手中远台拉冲击球质量再提高的可行性分析

速度、旋转、落点、弧线等都会影响击球质量。本文在此主要关注回球的速度和旋转这两项“硬性指标”。结合图 4 以及所测受试者的引拍动作来看，当前绝大多数乒乓球运动员反手中远台拉冲技术动作的引拍是在腹前引拍，引拍幅度相对较小，从而使得挥拍击球的加速距离较小，相对较难发挥出转腰和挥大臂的作用，表 4 中的角速度数据也证实了这一点。即当前反手中远台拉冲主流技术的动作特征为：大臂挥动幅度较小，

腰部的横向转动较少，挥拍速度主要依赖于挥前臂和甩腕。

从理论上讲，适当增大引拍幅度就会有较大的挥拍加速距离，能更好地提高挥拍速度。结合当前反手中远台拉冲技术动作的挥拍加速距离小于正手，而挥拍速度却与正手相差不多的实际情况来看，若反手中远台拉冲时能适当加大引拍幅度，其击球质量完全可以不弱于正手。

如何才能较为合理地增大反手的引拍幅度呢？结合人体的解剖学结构来看，反手中远台拉冲时若能稍从非持拍手身侧引拍，大臂稍贴近腹部，持拍手侧脚向前的站位稍增大，形成躯干和肩充分扭转和拉伸，不仅有利于增大引拍幅度，也有利于全身力量的协调发挥^[8-10]，完全可以有效提高击球瞬间的挥拍速度，从而提高反手中远台拉冲的击球质量。同时，以上所表述的反手中远台拉冲技术动作结构，人体非常容易做到。由此来看，反手中远台拉冲的击球质量还有较大提升空间。

在乒乓球运动发展过程中也曾出现过像卡拉克塞维奇、格林卡等反手非常强大的运动员，从他们反手发力拉冲时的动作可以发现（以图 6 格林卡的动作为例）：引拍结束时肘部并没有过大弯曲，且大臂稍向身体贴近，腰背的反向拧转较大，将球拍引至非持拍手身侧；开始向前上方挥拍时，非持拍手侧脚蹬地发力并快速转腰，以背部和肩部的发力来提高挥拍速度（即以背部肌和三角肌中后束发力为主）。他们反手拉冲的发力结构使挥拍以肩背部为“折叠点”，增大了挥拍时的转动半径，可充分发挥背部和肩部的力量，在击球稍前，再转甩前臂和手腕进一步提高挥拍速度，相对于当前常见的腹前引拍的反手拉冲动作，这种反手拉冲必然能获得更大的挥拍速度。



图 6 格林卡反手中远台拉冲动作示意图

3.2 正手和反手中远台拉冲技术在实战中的合理运用分析

“格林卡式”反手中远台拉冲技术的发力虽然能更充分地发挥转腰和挥大臂的力量，但也有弊端，那就是引拍和挥拍的动作都较大，增加了引拍结束至击球瞬间这一过程的用时，还原也相对较慢，其不适合在近台且来球过快的情况下使用。而在中远台的对峙或拉冲对手搓过来的球时“格林卡式”反手拉冲不仅击球质量高，而且可以连续进攻。

不可否认的是，由于身体结构的限制，用反手进攻过高或过低的来球时，持拍手在空间位置的调节上较困难^[11]，即反手拉冲的质量受来球的高低及左右位置的影响较大，其对脚下位置调整到位的要求也更高，而正手连续进攻时其持拍手臂在空间位置的调整上相对容易。尤其是在出现弧线较高的来球时，正手拉冲更容易调节手臂的空间位置，此时用正手拉冲更容易发力。实际比赛中，当来球弧线较高（或放高球）时，其速度一般也会相对较慢，此时完全可以积极侧身用正手来进攻或提前充分引拍在上升期用反手进行拉冲，以弥补反手位较难在高点进行发力进攻的不足。

4 结论与建议

4.1 结论

正手中远台拉冲提高挥拍速度的主要环节在于转腰和挥大臂，其次为收前臂和甩腕，腿部主要提供支撑反作用力；当前反手中远台拉冲主流技术并没有充分发挥出转腰和挥大臂的作用，其提高挥拍速度的主要环节在于甩腕和伸肘（前臂的转甩），转腰的作用相对较小，而大臂则主要是为前臂的转甩提供支撑点。

4.2 建议

反手中远台拉冲时的引拍可稍向非持拍手身侧引拍，并适当增大肩背部的反转幅度，以利于充分发挥转腰和挥大臂的作用；稍向非持拍手身侧引拍的反手中远台拉冲技术动作，在向前挥拍时的起动要以非持拍手侧腿发力支撑为主，以转肩挥大臂来带动前臂，在击球稍前再伸肘甩腕，要注意将肩背部的发力充分利用起来。

反手中远台拉冲的质量受来球的高低及左右位置的影响相对较大，其对脚下位置调整到位的要求也更高，在训练中不仅要注意加强反手中远

台拉冲时的步法调整能力（加强反向侧身训练），以保证击球时身体与击球点处于更合理的空间位置，还要注意提高依据来球的不同特征合理选择进攻技术的能力。

在训练和比赛中，要注意把反手中远台拉冲的引拍动作与反手快带、快拨以及被动防守时的引拍动作区别开来，反手近台快带、快拨和被动防守时引拍动作不宜过大。

追求技术的合理性，没有最好，只有更好。规则的改动或某项新技术的使用都可能会带动整个技战术体系的改变，我们要顺应当前技战术的整体发展趋势，对起关键作用的技术及时进行改进，以提高其击球质量，力争在比赛中取得相对优势。

参考文献：

- [1] 蒋津君,姚家新. 乒乓球单打比赛技战术实力评估体系及其诊断方法的重构与应用[J]. 天津体育学院学报, 2015, 30(5): 432.
- [2] 兰彤. 第12届全运会乒乓球男子单打决赛解析及技、战术前沿动态研究[J]. 中国体育科技, 2014, 50(5): 57.
- [3] 成波锦. 新型无缝塑料乒乓球的特征及对技、战术发展影响的初步研究[J]. 中国体育科技, 2014, 50(5): 68.
- [4] 董声. 乒乓球规则、器材改革的怪圈: 写在塑料球改革之后[J]. 山东体育学院学报, 2015, 31(1): 62.
- [5] 苏丕仁. 乒乓球运动教程[M]. 北京: 高等教育出版社, 2004.
- [6] 肖丹丹, 钟宇静, 苏丕仁. 乒乓球正手快攻和弧圈球技术中球拍的运动学特征[J]. 体育学刊, 2008, 15(4): 82.
- [7] 蒋津君, 姚家新, 孟庆华. 乒乓球正手中远台拉冲技术的生物力学特征分析[J]. 天津体育学院学报, 2016, 31(6): 506.
- [8] IINO Y, KOJIMA T. Mechanical energy generation and transfer in the racket arm during table tennis topspin backhands[J]. Sports Biomechanics, 2016, 15(2): 180.
- [9] IINO Y, KOJIMA T. Kinetics of the upper limb during table tennis topspin forehands in advanced and intermediate players[J]. Sports Biomechanics, 2011, 10(4): 361.
- [10] IINO Y. Hip joint kinetics in the table tennis topspin forehand: relationship to racket velocity[J]. Journal Of Sports Sciences, 2018, 36(7): 834.
- [11] 舒钧. 乒乓球中反手反拉弧圈球技术动作的生物

Comparative Analysis of the Kinematics Characteristics of the Forehand and Backhand Loop-Drive Technique at Mid-far Court of Table Tennis

JIANG Jin-jun

(Tianjin University of Sport, Tianjin 301617, China)

Abstract: Using Swedish Qualisys three-dimensional motion capture system, the technical movements of 11 elite male table tennis players in forehand and backhand loop drive at mid-far court are tested and analyzed. The results show that the main links to improve the swing speed are waist-swinging and arm-swinging, followed by forearm-withdrawal and wrist-swinging. The main links to improve swing speed are wrist-swinging and elbow-stretching. The role of waist-swinging is small, and the main-school technical movements of waist-swinging and arm-swinging are not fully utilized. The main reason why forehand loop drive at mid-far court can achieve greater swing speed is that shoulder rotation (i. e. the power of turning waist) and arm swing are obviously better than backhand. In backhand loop drive at mid-far court, if the player pulls the racket slightly to the side of the non-racket-holding hand and properly enlarges the reverse range of shoulder and back, it can play the role of waist rotation and arm swing more fully when swinging racket and stroke, which can further improve the quality of backhand loop drive at mid-far court.

Key words: table tennis; mid-far court; forehand loop drive technique; backhand loop drive technique; kinematics characteristics