



## 基于二次移动平均法的乒乓球 运动员张继科比赛态势分析

### The Analysis on Zhang Jike's Competition Tendency Based on Double Moving Average Method

黄文文, 肖毅

HUANG Wen-wen, XIAO Yi

**摘要:** 为对比分析张继科与世界优秀乒乓球运动员比赛发球轮和接发球轮的发挥状态, 观察其在比赛中各个阶段技、战术的运用效果, 基于二次移动平均法对张继科在2013—2016年的34场国际比赛进行了优势期、胶着期和劣势期3个时期的比赛态势分析。结果表明: 1) 张继科与世界排名前20名的运动员比赛时, 发球轮胶着期出现比例与比赛水平无显著相关性; 接发球轮胶着期出现比例与比赛水平呈负相关, 提示, 张继科在接发球轮应尽量避免与对手形成胶着。2) 张继科与世界排名20名以后的运动员比赛时, 接发球轮胶着期出现比例与比赛水平呈正相关; 发球轮胶着期出现比例与比赛水平呈负相关, 提示, 张继科在发球轮应尽量避免与对手形成胶着。3) 张继科与世界排名前20的运动员比赛时, 整体上优势期与比赛水平呈现非常显著的正相关, 胶着期和劣势期与比赛水平呈现非常显著的负相关。

**关键词:** 乒乓球; 二次移动平均法; 张继科; 比赛态势

**Abstract:** This paper adopted the method of double moving average to analyze ZHANG Ji-ke's competition state in the 34 international matches during 2013-2016. The purpose is to compare ZHANG Ji-ke's service and receive turns with world top 20 and after top 20 players, describe his competition state and his technique application during different stages of the match, that is, the favorable stage, stalemate stage and unfavorable stage. The results show that 1) there is no significant correlation between the stalemate stage and his competition performance in ZHANG Ji-ke's service turn for his matches with world top 20 players. In the meanwhile, there is negative correlation between stalemate stage and his competition performance in ZHANG Ji-ke's receive turn for his matches with world top 20 players, which indicates that ZHANG Ji-ke should try to avoid the occurrences of stalemate stage during his receives. 2) Compared with the players after top 20, there is no advantage in his service turn, and the negative correlation between the appearance of the stalemate stage and his competition performance. In the meanwhile, with the advantage to some extent at the receive turn; there is positive correlation between the appearance of the stalemate stage and his competition performance, which indicates that ZHANG Ji-ke should try to avoid the occurrences of stalemate stage during his services. 3) As a whole, there is significantly positive correlation between the favorable stage and competition performance, and significantly negative correlations between both the stalemate and unfavorable stages and competition performance for ZHANG Ji-ke's matches with world top 20 players.

**Key words:** table tennis; double moving average method; Zhang Jike; competition dynamics

中图分类号: G846 文献标识码: A

#### 1 前言

乒乓球技、战术特征分析是中国乒乓球队备战国际大赛不可或缺的科研工作。历年来乒乓球技、战术研究都是建立在吴焕群、张晓蓬、李振彪等(1989年)提出的3段指标评估法的基础上, 研究运动员比赛中发抢段、接抢段

和相持段的技、战术特征, 并取得了很好的效果<sup>[6-8]</sup>。

但在备战2016年里约奥运会期间, 张继科状态不佳, 仅100天内连续输了5场外战, 其中, 3名对手都不是世界排名前20名的运动员, 国家乒乓球男队教练组提出新的思路: 能否对张继科与世界排名前20名和20名以后的运动员

比赛在发球轮和接发球轮进行对比分析,并用曲线和数据来描述张继科在一场比赛中的发挥状态,从而进一步挖掘张继科在各个时期中技、战术的运用效果。科研团队根据教练组的需求,在长期跟随国家乒乓球队备战世界大赛技、战术科研工作的基础上使用二次移动平均法,对张继科在2013—2016年的34场国际比赛进行优势期、胶着期和劣势期3个时期的比赛态势分析。

## 2 研究对象与方法

### 2.1 研究对象

张继科,中国男子乒乓球队运动员,右手横板两面反胶弧圈结合快攻,用时445天成为乒坛史上用时最短实现大满贯的运动员。他获得了2014年德国杜塞尔多夫世界杯男单冠军;2013年第52届巴黎世界乒乓球锦标赛男子单打冠军;2012年第51届多特蒙德世界乒乓球锦标赛男子团体冠军;2012年第30届伦敦奥林匹克运动会乒乓球男子团体、单打冠军;2011年鹿特丹世界乒乓球锦标赛男子单打冠军。

收集张继科2013—2016年与世界排名前20的对手19场(胜13场,负6场)和与排名20以后的对手15场(胜12场,负3场),共34场国际比赛视频录像,对其优势期、胶着期和劣势期3个时期的比赛态势进行分析。具体对手见表1。

表1 张继科对阵世界排名前20名及20名以后对手列表

Table 1 The Rival List of Zhang Jike with World Top 20 and After-top-20 Table Tennis Players

世界排名	运动员
前20名	奥恰洛夫、波尔、弗雷塔斯、高宁、黄镇廷、李相秀、马龙、萨姆索诺夫、水谷隼、大岛佑哉、方博
20名以后	加西纳、扬卡里克、陈建安、村松雄斗、大岛祐哉、菲戈尔、吉奥尼斯、加尔多斯、金钟铉、张宇镇、卡拉卡塞维奇、伦德奎斯特、菲格尔

注:世界排名前20名与20名以后是指本文所选取的比赛当时张继科对手所在的世界排名,下同。

### 2.2 研究方法

#### 2.2.1 二次移动平均法(Double Moving Average)

##### 1. 一次移动平均法

一次移动平均法是指对由移动期数的连续移动所形成的各组数据,使用算术平均法计算各组数据的移动平均值,并将其作为下一期预测值<sup>[3-5]</sup>。设时间数列为 $Y_t$ ,  $t=1, 2, 3, \dots$ ;  $Y_t$ 为第 $t$ 期的观察值;  $N$ 为移动平均的时期个数;  $M_t^{(1)}$ 为第 $t$ 期的移动平均值。移动平均数的计算公式如下:

$$M_t^{(1)} = \frac{Y_t + Y_{t-1} + Y_{t-2} + Y_{t-3}}{N} \quad (1)$$

##### 2. 乒乓球比赛二次移动平均法观察指标

二次移动平均法,是对时间序列的一次移动平均值结果再进行第二次移动平均,利用一次移动平均值和二次移动平均值构成时间序列的最后一个数据为依据建立线性预测模型进行预测<sup>[6]</sup>。在乒乓比赛中,以“分”为单位,当运动员得1分,记为1;当运动员失分,记为0;以“4分”为一个步长,计算其移动获胜概率,以寻找运动员整场比赛态势变化的特征。

#### 3. 乒乓球二次移动平均法计算公式

二次移动平均预测法解决了预测值滞后于实际观察值的矛盾,适用于有明显趋势变动的市场现象时间序列的预测,同时还保留了一次移动平均法的优点。二次移动平均法适用于时间序列,呈现线性趋势变化的预测<sup>[5]</sup>。设 $M_t^{(2)}$ 为第 $t$ 期的二次移动平均值;  $N$ 为计算移动平均值的跨越期,即拟定的移动平均的项数。乒乓球二次移动平均值计算公式如下:

$$M_t^{(2)} = \frac{M_t^{(1)} + M_{t-1}^{(1)} + M_{t-2}^{(1)} + M_{t-3}^{(1)}}{N} \quad (2)$$

#### 4. 乒乓球二次移动平均值的比赛态势划分标准

在乒乓球比赛中,假定运动员在4分球中,连续胜3分时,二次移动平均值 $\geq 0.625$ ,说明该运动员发挥很好,将这种态势定义为优势期;假定运动员在4分球中,胜1分负1分,再胜1分负1分,二次移动平均值 $0.625 > \text{DMA} > 0.375$ ,说明运动员竞争很激烈,将这种态势定义为胶着期;假定运动员在4分球中,连续负3分,二次移动平均值 $\leq 0.375$ ,说明该运动员发挥很差,将这种态势定义为劣势期(表2)<sup>[3]</sup>。

表2 乒乓球二次移动平均值的比赛态势划分标准

Table 2 The Division Criteria of Competition Dynamics for Table Tennis Double Moving Average Value

二次移动平均值(DMA)	比赛态势
$0.625 \leq \text{DMA} \leq 1$	优势期
$0.375 < \text{DMA} < 0.625$	胶着期
$0 \leq \text{DMA} \leq 0.375$	劣势期

#### 5. 基于二次移动平均法的乒乓球比赛态势分析模型

通过计算运动员比赛时得分率的移动平均数,发现运动员比赛态势变化规律,以张继科与奥恰洛夫2016年科威特的一场比赛为例,运用二次移动平均法进行比赛态势分

收稿日期:2017-03-17;修订日期:2017-09-30

项目基金:上海市浦江人才计划资助项目(17PJC085);上海市教育科学基金项目(C160030)

第一作者简介:黄文文,女,讲师,硕士,主要研究方向为乒乓球训练理论与方法,E-mail:124557347@qq.com。

通讯作者简介:肖毅,男,副教授,博士,主要研究方向为体育信息管理、乒乓球技战术分析,E-mail:cutexxx@163.com。

作者单位:上海体育学院 中国乒乓球学院,上海 200438

Shanghai University of Sport, Shanghai 200438, China.

析 (图1)。图中上面的深灰色区域为运动员处于比赛的优势期, 浅灰色区域为运动员处于胶着期, 下面白色区域为运动员处于劣势期。通过计算能够较清晰的得知, 运动员在比赛中出现优势期、胶着期和劣势期的时段、次数、程度和持续时间等, 同时, 还可以进一步挖掘运动员在各个时期中技、战术运用的特征。

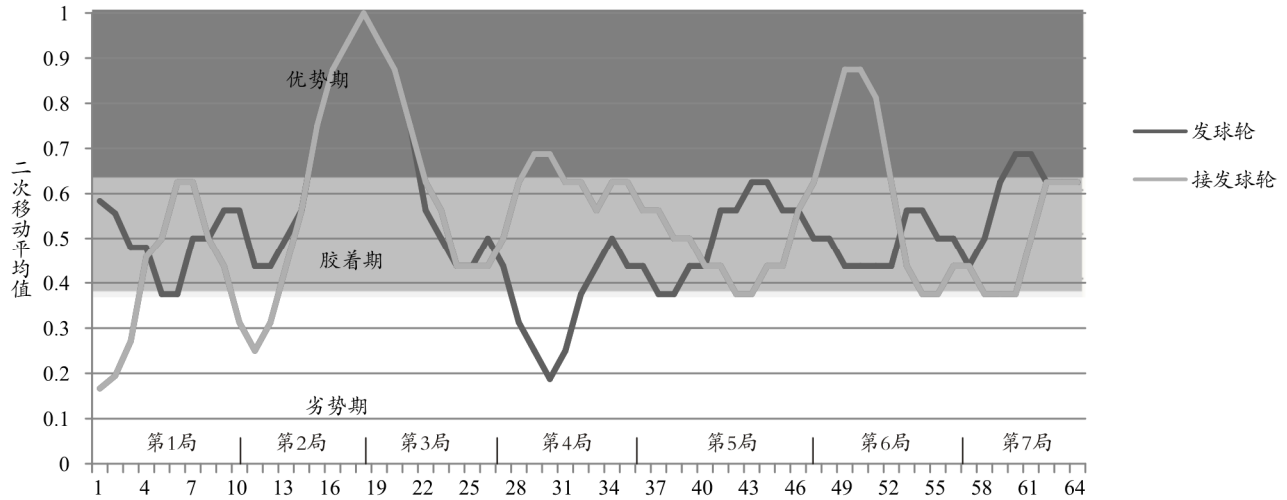


图1 张继科与奥恰洛夫 2016 年科威特比赛态势分析图

Figure 1. The analysis of The Competition Tendency Between Zhang Jike and Ovtcharov Dimitrij in Seamaster 2016 ITTF World Tour Platinum, Qatar Open

注: 横坐标(比赛的局数)下面的数字 1、4、7、10……代表该局张继科发球轮及接发球轮的次数之和。

### 2.2.2 乒乓球比赛水平计算公式

比分是乒乓球运动员比赛水平的重要表现, 乒乓球比赛一局胜与负的最大分差值为 22 分, 乒乓球比赛水平 (CP)<sup>[1]</sup>通过计算运动员一场比赛中每局获胜分与净胜分的差距来反映其一场比赛的发挥水平。乒乓球比赛水平 (CP) 计算公式 (3) 如下。其中,  $x_i$  为每局的比分差值,  $n$  为局数<sup>[9]</sup>。

$$CP = 22 - \sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - 11)^2 / n} \quad (3)$$

表 3 当一方运动员以最大、最小、正常比分获胜时胜、负方的比赛水平 (CP) 值

Table 3 CP Values Under Three Types of Score Difference: Maximum, Minimum and Normal

比分	胜方 CP 值	负方 CP 值
11:0, 11:0, 11:0, 11:0	22	0
11:9, 11:9, 11:9, 9:11, 9:11, 9:11, 11:9	11.104	10.896
11:9, 11:9, 11:9, 11:9	13	9

### 2.2.3 数理统计法

运用 SPSS 22.0 软件对张继科与世界排名前 20 及 20 名以后的运动员胜、负场发球轮和接发球轮的比赛态势数据分别进行优势期、胶着期和劣势期 3 个时期的独立样本非参数 Mann-Whitney U 检验; 比较结果以  $P < 0.05$  作为差异具有显著性的标准, 以  $P < 0.01$  作为差异具有非常显著性的标准; 运动员在比赛中出现优势期、胶着期和劣势期的

如图1所示, 黑线代表发球轮的比赛态势, 灰线代表接发球轮的比赛态势, 从中可以发现, 在张继科与奥恰洛夫的比赛中, 张继科发球轮和接发球大多数处于胶着期, 只有第2局尾局、第3局开局以及第6局的接发球轮处于优势期。

表3是当一方运动员以最大、最小、正常比分获胜时, 胜负方的比赛水平 (CP) 值。比赛发挥水平 (CP) 的取值范围为 0~22, 比赛发挥水平 (CP) 值越高, 说明比赛的发挥越好; 比赛发挥水平 (CP) 值越低, 说明比赛发挥得越差。由于 CP 公式是根据每局获胜分与净胜分进行计算的, 相关研究表明, 运动员赢得比赛, 但总分却少于对手, 负方 CP 值大于胜方的情况, 这种发生概率在国际男子比赛中为 5%。

时段、次数和持续时间等会影响其比赛水平。本研究对张继科与世界排名前 20 名和 20 名以后的运动员每场比赛态势的 3 个阶段与比赛水平做相关性分析, 进一步探讨比赛态势对比赛水平的影响。

## 3 结果与分析

### 3.1 张继科与世界排名前 20 名的运动员比赛态势分析

### 3.1.1 发球轮

通过对张继科与世界排名前20名的运动员发球轮胜、负场的3种比赛态势进行独立样本的非参数Mann-Whitney U检验(表4), 可以看出, 张继科发球轮胜、负场的优势期、胶着期和劣势期差异都非常显著( $P<0.01$ ), 且胜场的优势期明显高于负场, 胶着期和劣势期明显低于负场。

表 4 张继科与世界排名前 20 的运动员比赛时胜、负场发球轮态势的对比分析

比赛态势	World Top 20 Players (%)		P
	胜场 (n=13)	负场 (n=6)	
优势期	51.1±15.6	31.0±3.8	0.000**
胶着期	30.7±12.5	40.7±5.1	0.001**
劣势期	18.2±10.9	28.2±5.0	0.000**

注: \*\*表示在 0.01 水平(双侧)上显著相关, 下同。

通过对张继科与世界排名前20的乒乓球运动员发球轮比赛态势与比赛水平的相关性做Pearson相关性检验, (表5)。从表中可以看出, 张继科与世界排名前20的运动员比赛时, 发球轮优势期和劣势期均与比赛水平(CP)呈现非常显著的相关性, 其中, 优势期与CP正相关( $R=0.487$ ), 劣势期与CP负相关( $R=-0.694$ ), 胶着期与CP无显著相关性。这表明张继科与世界排名前20名运动员的比赛中, 发球轮的优势期出现比例越高和劣势期出现比例越低对比赛的取胜有着至关重要的意义, 而发球轮胶着期出现比例的高低与获胜无关。

表 5 张继科与世界排名前 20 的名运动员比赛态势与比赛水平 (CP) 的 Pearson 相关矩阵

前 20 名	相关系数 $r$		
	优势期 CP	胶着期 CP	劣势期 CP
发球轮	0.487**	-0.038	-0.694**
接发球轮	0.378**	-0.437**	-0.039

### 3.1.2 接发球轮

通过对张继科与世界排名前20名运动员接发球轮胜、负场的3种比赛态势进行独立样本的非参数Mann-Whitney U检验(表6), 结果显示: 张继科接发球轮胜场的优势期( $40.2 \pm 11.2$ )所占的比例明显高于负场( $28.0 \pm 8.5$ ), 差异非常显著( $P<0.01$ ); 接发球轮胜、负场的胶着期和劣势期也分别达到非常显著性水平( $P<0.01$ ), 且都是胜场低于负场。

表 6 张继科与世界排名前 20 的运动员胜、负场

接发球轮态势的对比分析

Table 6 The Comparative Analysis of Competition Dynamics in Receive Turn of Winning and Losing Matches for Zhang Jike and

比赛态势	World Top 20 Players (%)		P
	胜场 (n=13)	负场 (n=6)	
优势期	40.2±11.2	28.0±8.5	0.000**
胶着期	33.9±8.4	36.3±10.2	0.002**
劣势期	25.8±13.2	35.7±15.1	0.000**

通过对张继科与世界排名前20乒乓球运动员接发球轮比赛态势与比赛水平的相关性做Pearson相关性检验(表5, 图2), 可以看出, 张继科与世界排名前20的运动员比赛时, 接发球轮优势期和胶着期均与比赛水平(CP)呈现非常显著的相关性, 其中, 优势期与CP正相关( $R=0.378$ ), 胶着期与CP负相关( $R=-0.437$ ), 劣势期与CP无显著相关性。这表明张继科与世界排名前20的运动员比赛时, 接发球轮与对手形成胶着期的比例越高, 对比赛的获胜越不利。这提示, 与2009—2012年伦敦奥运周期相比<sup>[7]</sup>, 张继科接发球轮并不占优势。因此, 张继科需要加强接发球轮2、4拍及相持衔接技术的训练, 并提高接发球轮胶着期的能力。

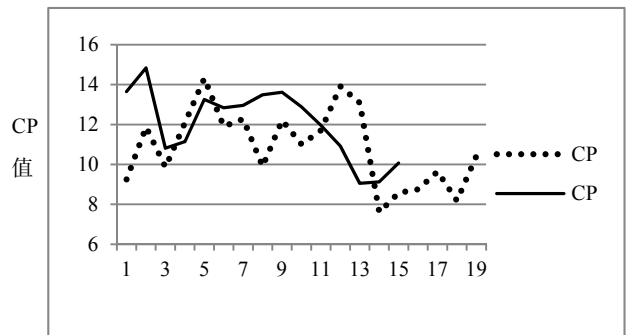


图 2 张继科与世界排名前 20 名和 20 名以后选手比赛 CP  
Figure 2. The CP Values of Zhang Jike's Matches with World Top20 and After-top-20 Players

注: 横坐标为比赛序号, 虚线代表张继科与世界排名前 20 的运动员 19 场比赛的 CP, 实线代表张继科与世界排名 20 名以后的运动员 15 场比赛的 CP。

## 3.2 张继科与世界排名 20 以后的运动员比赛态势分析

### 3.2.1 发球轮

通过对张继科与世界排名20名以后运动员发球轮的胜、负场3种比赛态势进行独立样本的非参数Mann-Whitney U检验(表7), 可以看到, 张继科发球轮胜、负场的优势期、胶着期和劣势期的差异均非常显著( $P<0.01$ ), 且胜场的优势期明显高于负场, 胶着期和劣势期都明显低于负场。

表 7 张继科与世界排名 20 以后对手胜负场  
发球轮态势的对比分析

Table 7 The Comparative Analysis of Competition Dynamics in Service Turn of Winning and Losing Matches for Zhang Jike and

	World After-top-20 Players (%)		P
	胜场 (n=12)	负场 (n=3)	
优势期	51.0±13.7	31.0±5.4	0.003**
胶着期	29.5±9.6	38.8±5.5	0.002**
劣势期	19.5±10.4	30.2±1.0	0.001**

通过对张继科与世界排名20名以后选手发球轮比赛态势与比赛水平的相关性做Pearson相关性检验,结果如表8所示。从表中可以发现,张继科与世界排名20名以后选手比赛时,发球轮的优势期、胶着期和劣势期均与比赛水平(CP)呈现非常显著的相关性,其中,优势期与CP正相关( $r=0.484$ ),胶着期和劣势期与CP负相关( $r$ 分别为 $-0.375$ 和 $-0.330$ )。这表明,张继科与世界排名20名以后选手的比赛中,发球轮的优势期出现比例越高和胶着期、劣势期出现比例越低对比赛的取胜有着至关重要的意义。这提示,与2009—2012年伦敦奥运周期相比<sup>[7]</sup>,张继科发球轮并不占优势,特别是与对手形成胶着期出现比例越高,获胜概率越低。因此,张继科与世界排名20名以后选手的比赛时,需要加强发球轮1、3拍及相持衔接技术的训练,并提高发球轮胶着期的能力。

表 8 张继科与世界排名 20 名以后的运动员比赛态势  
与比赛水平 (CP) 的 Pearson 相关矩阵

Table 8 The Pearson Correlation Matrix of Competition Dynamics and Competition Performance for Zhang Jike and World After-top-20 Players

	相关系数 $r$		
	优势期 CP	胶着期 CP	劣势期 CP
发球轮	0.484**	-0.375**	-0.330**
接发球轮	0.241**	0.588**	-0.540**

### 3.2.2 接发球轮

通过对张继科与世界排名20以后的运动员接发球轮的胜、负场3种比赛态势进行独立样本的非参数Mann-Whitney U检验(表9),可以看到,张继科接发球轮胜、负场的优势期和劣势期的差异均非常显著( $P<0.01$ ),胶着期的差异也呈现显著( $P<0.05$ )且胜场的优势期和胶着期明显高于负场,劣势期明显低于负场。

通过对张继科与世界排名20名以后的运动员接发球轮比赛态势与比赛水平的相关性做Pearson相关性检验(表8,图2),可以发现,张继科与世界排名20名以后的运动员比赛时,接发球轮的优势期、胶着期和劣势期均与比赛水平(CP)呈现非常显著的相关性,其中,优势期和胶着期与CP正相关( $r$ 分别为0.241和0.588),劣势期与

CP负相关( $r=-0.540$ )。这表明,张继科与世界排名20名以后的运动员比赛时,接发球轮的优势期、胶着期出现比例高和劣势期出现比例低对比赛的取胜有着至关重要的意义。这提示,张继科在与世界排名20名以后的运动员比赛时,接发球轮还是占有一定的优势,只要与对手形成胶着期,获胜的概率比较高。

表 9 张继科与世界排名 20 以后的运动员接发球轮胜、负场  
态势的对比分析

Table 9 The Comparative Analysis of Competition Dynamics in Receive Turn of Winning and Losing Matches for Zhang Jike

	and World After-top-20 Players (%)		P
	胜场 (n=12)	负场 (n=3)	
优势期	43.0±10.2	34.8±9.8	0.000**
胶着期	33.7±5.1	29.1±10.2	0.016*
劣势期	23.4±11.6	36.1±3.7	0.000**

注: \*表示在 0.05 水平(双侧)上显著相关,下同。

### 3.3 张继科与世界排名前 20 和 20 名以后的运动员比赛态势对比分析

#### 3.3.1 发球轮

通过对张继科与世界排名前20和20名以后的运动员发球轮的比赛态势进行独立样本的非参数Mann-Whitney U检验(表10),可以看到:胶着期的差异非常显著( $P<0.01$ ),且前20名高于20名以后;优势期也呈现显著性差异,且20名以后出现比例高于前20名;劣势期的差异不显著。

表 10 张继科与世界排名前 20 和 20 名以后运动员发球轮  
比赛态势的对比分析

Table 10 The Comparative Analysis of Competition Dynamics in Service Turn of Zhang Jike's Matches with World Top 20 and

	After-top-20 Players (%)		P
	前 20 名 (n=19)	20 名以后 (n=15)	
优势期	46.3±16.2	48.2±14.6	0.020*
胶着期	33.1±11.9	30.8±9.7	0.000**
劣势期	20.6±10.7	21.0±10.4	0.750

#### 3.3.2 接发球轮

通过对张继科与世界排名前20和20名以后运动员接发球轮的比赛态势进行独立样本的非参数Mann-Whitney U检验(表11),可以看到,优势期和胶着期的差异均非常显著( $P<0.01$ ),劣势期的差异不显著。与20名以后的优势期出现比例高于前20名,与前20名的胶着期和劣势期出现比例均高于20名以后。

#### 3.3.3 比赛态势与比赛水平 (CP) 的相关性分析

通过对张继科与世界排名前20和20名以后乒乓球运动员的比赛态势与比赛水平的相关性做Pearson相关性检

验(表12,图2),可以看出,张继科与世界排名前20的运动员比赛时,优势期、胶着期和劣势期均与比赛水平(CP)呈现非常显著的相关性( $r=0.424$ ),其中,优势期与CP正相关,胶着期和劣势期与CP负相关( $R$ 分别为 $-0.181$ 和 $-0.341$ )。张继科与世界排名20名以后的运动员比赛时,优势期和劣势期与比赛水平(CP)分别呈现非常显著的正相关性( $r=0.376$ )和负相关性( $r=-0.436$ ),胶着期与CP无显著相关性( $P=0.736$ )。

表 11 张继科与世界排名前 20 和 20 名以后运动员  
接发球轮比赛态势的对比分析

Table 11 The Comparative Analysis of Competition Dynamics  
in Receive Turn of Zhang Jike's Matches with World top 20 and

	After-top-20 Players (%)		<i>P</i>
	前 20 名 ( <i>n</i> =19)	20 名以后 ( <i>n</i> =15)	
优势期	37.3±11.8	41.6±10.6	0.000**
胶着期	34.5±8.9	32.9±6.4	0.001**
劣势期	28.2±14.3	25.5±11.7	0.115

表 12 比赛态势与比赛水平的 Pearson 相关系数  
与比赛水平(CP)的 Pearson 相关矩阵

Table 12 The Pearson Correlation Matrix of Competition  
Dynamics and Competition Performance

	相关系数 <i>r</i>		
	优势期 CP	胶着期 CP	劣势期 CP
前 20 名	0.424**	-0.181**	-0.341**
20 名以后	0.376**	-0.010	-0.436**

#### 4 结论

1. 张继科与世界排名前20运动员的比赛中,发球轮胶着期出现比例与比赛水平无显著相关性;接发球轮胶着期出现比例与比赛水平呈负相关,提示,张继科在接发球

轮应尽量避免与对手形成胶着。

2. 张继科与世界排名20名以后运动员的比赛中,接发球轮胶着期出现比例与比赛水平呈正相关;发球轮胶着期出现比例与比赛水平呈负相关,提示,张继科在发球轮应尽量避免与对手形成胶着。

3. 张继科与世界排名前20的运动员比赛时,整体上优势期与比赛水平呈现非常显著的正相关,胶着期和劣势期与比赛水平呈现非常显著的负相关。

#### 参考文献:

- [1] 黄文文,张辉,刘炜.乒乓球奥运冠军张继科技术使用效能的评估[J].中国体育科技,2014,50(3):31-34,39.
- [2] 华伯泉.统计预测中的二次移动平均法[J].统计研究,1995,12(2):70,73.
- [3] 上海体育学院.中国乒乓球队封闭训练资料汇编[R],2013.
- [4] 唐小峰.基于二次移动平均法的阜阳市劳动力资源预测分析[J].中国西部科技,2013,(5):76,81.
- [5] 王新萍.二次移动平均预测模型的建立方法[J].内蒙古统计,2004,(6):105-106.
- [6] 吴焕群,李振彪,陶志翔,等.乒乓球比赛中实力与技术诊断的方法及其应用效果[C]//乒乓长盛的训练学探索.北京:北京体育大学出版社,2002:207-211.
- [7] 吴焕群,李振彪.对乒乓球运动员技术诊断方法的研究[J].乒乓世界,1990,(1).
- [8] 张晓蓬,蔡振华,陆元盛,等.对第27届奥运会(2000)中外乒乓球主力队员技战术特点的比较研究[C]//乒乓长盛的训练学探索.北京:北京体育大学出版社,2002:219-235.
- [9] Zhang H, Liu W, Hu J, et al. Evaluation of elite table tennis players' technique effectiveness[J]. J Sports Sci,2013,31(14):1526-1534.

