

# 网球比赛技战术效能评估模型构建与应用

郭文霞<sup>1</sup>, 赵广涛<sup>2</sup>

(1.北京体育大学 教育学院,北京 100084;2.河南财政金融学院 体育系,郑州 450046)

**摘要:**运用文献资料法、录像观察法确立硬地网球男子单打比赛技战术效能评估指标体系,运用熵权灰色关联度综合评价方法,构建技战术效能评估模型,以费德勒为例进行实证应用。结果表明,2012—2017年费德勒硬地赛技战术效能呈3个阶段的特征:2012—2014年技战术效能呈缓慢下降趋势;2015—2016年技战术效能呈波浪式变化态势;2017赛季技战术效能呈逐步回升趋势。2017赛季费德勒竞技状态的回升,反映该阶段其训练、参赛的科学性和合理性。所构建的网球技战术效能评估指标体系和评估模型具有一定的实用性和可行性。

**关键词:**网球;熵权;灰色关联度;比赛质量;技战术效能;评估模型

**中图分类号:**G845

**文献标志码:**A

网球比赛技战术诊断与分析研究多以通过对运动员比赛中的各种技术统计指标进行对比分析,以为训练与制订比赛战略战术提供参考<sup>[1-5]</sup>;另有学者提出了进攻成功率评价法<sup>[6]</sup>,以对网球比赛质量高低进行评价;还有学者运用数据挖掘技术(关联规则)对运动员某一战术环节的技战术运用进行综合对比分析<sup>[7-8]</sup>。上述文献对运动员技战术诊断与评估的研究方法较为丰富,但是笔者认为当前研究仍存在如下不足:1)网球技战术统计指标分类不合理,如以主动得分和网前得分率作为两项不同指标进行诊断分析<sup>[9]</sup>,存在指标不独立的问题<sup>[10]</sup>。2)目前的研究多以整个赛事或某个赛事前几名运动员的技战术特征进行数据分析<sup>[11]</sup>,但运动竞技的表现受制于运动员比赛期的竞技状态、比赛中的环境因素、比赛中的偶然因素(误判、争执、干扰等),且竞技体育自身也具有比赛结果的不可预见性、偶然性等特点,研究所得网球技战术制胜规律难以对其他选手进行参照评价。3)前人在对运动员的技战术进行比较分析时,各场比赛的技战术数据仅作为孤立的个体,没有系统地比较和评估各场比赛之间的质量差异,缺少纵贯性分析,不能直观反映出运动员阶段性竞技状态的起伏和各项技战术运用效果的波动性。

随着现代计算方法的快速发展,如人工神经网络、数据挖掘、遗传算法等,大量复杂非线性难题找到了较好的解决方法<sup>[12]</sup>。灰色系统理论提供了一种新的统计分析方法,即灰色关联分析(GRA),可实现对评价对象的动态量化分析。基于上述优势,灰色系统理论已在效能评估、决策支持和知识发现等领域得到广泛应用<sup>[13-15]</sup>。鉴于此,本研究旨在通过对2012—2017年硬地场3大赛(澳网、美网、年终总决赛)男子单打半决赛、决赛共计92场比赛运动员(TOP20)技战术运用特征进行分析,以提高样本的代表性和研究的效度,并基于运动员技战术运用规律制定网球技战术效能评估指标体系;尝试引入熵权灰色关联度构建网球技战术效能评估模型,对网球比赛技战术效能进行评估。

## 1 研究对象与方法

### 1.1 研究对象

本研究以网球比赛技战术效能评估模型为研究对象。

收稿日期:2017-09-26;修回日期:2017-12-02.

基金项目:中央高校基本科研业务费专项资金资助课题(2017XS007)

作者简介(通信作者):郭文霞(1989—),女,河南济源人,北京体育大学博士研究生,研究方向为体育教育训练学,E-mail:

wenxianguo1569@126.com.

1.2 研究方法

1.2.1 文献资料法

查阅有关持拍隔网对抗项目比赛技战术指标评估方法及运用熵权、灰色关联分析法进行评价研究的相关论文,为本研究技战术指标确定和方法的应用提供理论基础.

1.2.2 录像观察法

以一方运动员为观察对象,比赛中每一个基本单元竞技过程为观察单位,记录一方运动员每个基本单元竞技过程拍数及其得分或失分方法见表 1.

本研究数据观察记录均由本人独立完成,为确保录像观察结果的客观性和准确性,另由一名网球专项的研究生随机选取 10 场比赛进行独立观察和记录,两组数据进行组内相关系数检验(ICC),ICC 值为 0.99,表明数据的准确度高<sup>[16]</sup>,可在研究中使用.

表 1 网球比赛记分方法

| 拍序          | 得分               | 失分               |
|-------------|------------------|------------------|
| 第 1 拍(本方发球) | 对方接发球失误或未触及球     | 本方发球双误           |
| 第 2 拍(对方发球) | 对方第 3 拍击球失误或未触及球 | 本方接发球失误或未触及球     |
| 第 3 拍(本方发球) | 对方第 4 拍击球失误或未触及球 | 本方第 3 拍击球失误或未触及球 |
| 第 4 拍(对方发球) | 对方第 5 拍击球失误或未触及球 | 本方第 4 拍击球失误或未触及球 |
| 第 5 拍及以上    | 以此类推             | 以此类推             |

1.2.3 数理统计法

本研究统计指标为:得失分拍数和得失分;评价参数为指标的使用率、得分率和贡献率.运用 EXCEL 统计软件,汇总每场比赛各拍技战术得分、失分,并计算使用率、得分率和贡献率.具体计算方法如下:得分率=各拍得分/(各拍得分+各拍失分);使用率=(各拍得分+各拍失分)/(总得分+总失分);贡献率=[各拍得分/(总得分+总失分)]×2.

2 网球技战术效能评估模型

2.1 构建网球技战术效能评估指标体系

基本单元竞技过程是指运动员在每一分的争夺中攻防对抗的过程,它是构成网球项目比赛过程最基本的单元<sup>[17]</sup>.每一基本单元竞技过程产生的“得失分拍数”,既是运动员技战术运用的表现形式(如得失分拍数为第 3 拍是指第 1、3 拍组合的技战术运用),又能体现网球比赛基本单元竞技过程的阶段性特征.得分率和使用率是持拍隔网对抗项目技战术分析最基本的评价参数<sup>[18]</sup>.因此,对世界优秀男子网球选手硬地比赛中基本单元竞技过程各得失分拍数的平均使用率、平均得分率进行分析,可从整体上把握男子选手基本单元竞技过程阶段性特征和技战术运用特征,进而有助于对网球项目技战术效能评估指标体系的构建.

图 1 是对 92 场世界优秀男子网球选手硬地比赛基本单元竞技过程各拍技战术运用的平均使用率和平均得分率示意图,因第 15 拍之后各拍的平均使用率均低于 1.00%,累积平均使用率仅占 4.62%,样本量较小,故本研究仅对前 15 拍技战术运用特征及运用效果进行研究,以为技战术指标体系的构建提供依据.由图 1 中平均使用率可知,世界优秀男子网球选手硬地比赛各拍技战术运用整体上呈现 3 个阶段的特征.第一阶段包括第 1 拍和第 2 拍,使用率最高且呈急剧上升趋势,在第 2 拍达到峰值,使用率分别为 14.47%和 19.53%;第 2 阶段为 3~6 拍,使用率呈急剧下降趋势,由使用率最高的 12.01%降至 7.15%;第 3 阶段为 7 拍及其以后各拍(简称第 7 拍…),使用率呈缓慢下降趋势,由 5.38%降至 1.00%.由图 1 中平均得分率可知,各拍得分率同样呈现 3 个阶段的特征:第 1 阶段为第 1、2 拍,得分率急剧下降,由第 1 拍的 90.35%下降至第 2 拍的 33.06%;第 2 阶段为 3~6 拍,得分率呈现先上升后下降的波浪式变化特点,发球局得分率(3、5 拍)明显高于接发球局(4、6 拍);第 3 阶段为第 7 拍后,得分率变化趋势平缓,在 40.00%以上平稳波动,发球局各拍(7、9…)与接发球局各拍(8、10…)得分率差异不大.

基本单元竞技过程各拍技战术运用平均使用率和平均得分率所表现出的差异,说明 3 个阶段技战术运

用特征及得分效果的不同,如表 2 所示.

1)第 1 阶段(第 1、2 拍)平均得分率为 57.44%,累计平均使用率为 33.99%,贡献率为 36.05%.持拍隔网对抗项目比赛技战术的得分率大于 0.5 的时,使用率越大对比赛获胜产生的积极影响越大<sup>[19]</sup>.因此,若要为比赛的获胜发挥积极的影响,第 1 阶段技战术(发球战术和接发球战术)的运用最为关键.2)第 1 阶段和第 2 阶段(前 6 拍)贡献率合计为 74.95%,对比赛得失分贡献超过 60%,说明前 6 拍技战术的运用在决定男子网球硬地场比赛胜负中发挥着第一位的作用.3)发球局前三拍(第 1、3、5 拍)得分率明显高于接发球局前三拍(第 2、4、6 拍),第 7 拍以后发球局各拍与接发球局各拍差异不大.

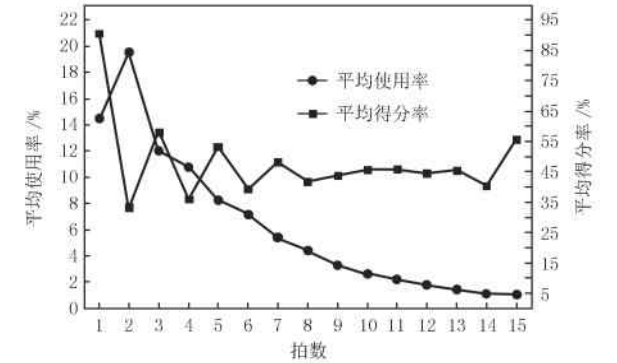


图1 世界优秀男子网球选手硬地比赛各拍平均使用率、平均得分率示意图

表 2 3 个阶段评价参数一览表 (%)

|       | 第 1、2 拍 | 第 3~6 拍 | 第 7 拍及以上 |
|-------|---------|---------|----------|
| 平均得分率 | 57.44   | 47.03   | 44.98    |
| 累计使用率 | 33.99   | 38.16   | 27.85    |
| 折合贡献率 | 39.05   | 35.90   | 25.05    |

竞技网球运动制胜规律是:把握关键,努力保发与破发[20].通过对世界优秀男子网球硬地比赛基本单元竞技过程阶段性特征和技战术运用特征分析可知,发球局保发的关键在于 3 个战术环节的比赛质量,分别是发球战术环节(第 1 拍)、发抢衔接战术环节(第 3、5 拍)和相持Ⅰ战术环节(第 7 拍及以上);接发球局破发的关键在于 3 个战术环节的比赛质量,分别是接发战术环节(第 2 拍)、接抢衔接战术环节(第 4、6 拍)和相持Ⅱ战术环节(第 8 拍及以上).得分率体现网球比赛“质”的特征.本研究确立的竞技网球比赛质量评估指标体系见表 3.

表 3 网球比赛技战术效能评估指标体系

| 指标                 | 指标定义                   |
|--------------------|------------------------|
| 发球战术得分率( $I_1$ )   | 发球得分/(发球得分+发球失分)       |
| 发抢衔接战术得分率( $I_2$ ) | 发抢衔接得分/(发抢衔接得分+发抢衔接失分) |
| 相持Ⅰ战术得分率( $I_3$ )  | 相持Ⅰ得分/(相持Ⅰ得分+相持Ⅰ失分)    |
| 接发战术得分率( $I_4$ )   | 接发得分/(接发得分+接发失分)       |
| 接抢衔接战术得分率( $I_5$ ) | 接抢衔接得分/(接抢衔接得分+接抢衔接失分) |
| 相持Ⅱ战术得分率( $I_6$ )  | 相持Ⅱ得分/(相持Ⅱ得分+相持Ⅱ失分)    |

2.2 技战术效能评估模型构建

2.2.1 灰色关联度基本原理

灰色关联度是灰色系统理论的重要组成部分.它是分析灰色系统中各因素间关联程度的一种度量方法,其基本思想是根据序列曲线几何形状的相似程度来判断灰色过程发展态势的关联程度.如果序列曲线的几何形状越接近,则它们之间的关联度就越大,反之就越小<sup>[21]</sup>.关联度是事物之间、因素之间关联性的度量,是灰色关联分析的基础和工具.在运用灰色关联度进行评价时,是将参与评价的所有对象看作一个灰色系统,每个对象看作系统的一个因素.

2.2.2 熵权法基本原理

熵值法是客观赋值法的一种,即利用指标本身数值的大小确定其权重.熵的概念最早来源于热力学,后来在信息论中加以利用,用熵来反映系统的无序程度:熵值越小,信息量就越大,确定性就越大,有序程度越高;反之,熵值越大,信息量就越小,确定性越小,无序程度越高.作为权数的熵权,并不是在决策或评估问题

中某指标的实际意义上的重要性系数,而是在给定被评价对象集后,在各种评价指标值确定的情况下,各指标在竞争意义上的相对激烈程度系数<sup>[22]</sup>.

2.2.3 评估模型的设计

2.2.3.1 熵权确定技战术效能评估指标权重

2.2.3.1.1 建立原始数据矩阵

设有  $m$  个评估对象, $n$  个评估指标,建立原始数据矩阵  $\mathbf{X}_{ij}'$ . $\mathbf{X}_{ij}'$  为第  $i$  个评价对象的第  $j$  个指标的数值.其中, $i=1,2,\cdots,m;j=1,2,\cdots,n$ .

$$\mathbf{X}_{ij}' = \begin{bmatrix} x_{11}' & x_{12}' & \cdots & x_{1n}' \\ x_{21}' & x_{22}' & \cdots & x_{2n}' \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ x_{m1}' & x_{m2}' & \cdots & x_{mn}' \end{bmatrix}.$$

2.2.3.1.2 数据的标准化处理

由于指标所反映的内容各不相同,不具有可比性,需要对原始数据进行标准化处理,消除量纲的影响,使得指标之间能够进行数量运算.对于正向指标而言,数值越大越好.本研究指标均为正向指标,采用极差标准化法,公式如下:

$$x_{ij} = \frac{x_{ij}' - \min(x_{ij}')}{\max(x_{ij}') - \min(x_{ij}')}. \tag{1}$$

2.2.3.1.3 计算指标占评价指标的权重

$$y_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sum_{i=1}^m x_{ij}}, j = 1, 2, \cdots, n. \tag{2}$$

2.2.3.1.4 求出信息熵

根据信息论中有关信息熵的定义,一组数据的信息熵为

$$E_j = -\ln(n)^{-1} \sum_{i=1}^m y_{ij} \ln y_{ij}. \tag{3}$$

得到  $j$  个指标的信息熵  $E_1, E_2, \cdots, E_n$ .

2.2.3.1.5 确定各指标权重

根据信息熵可计算出网球技战术评估指标体系中第  $i$  个指标所占的权重

$$\omega_i = \frac{1 - E_i}{\sum (1 - E_i)}, i = 1, 2, \dots, n. \tag{4}$$

2.2.3.2 网球技战术效能灰色关联度综合评估模型

灰色关联度评估模型:  $\mathbf{R} = \mathbf{E}\mathbf{W}$ .其中, $\mathbf{R} = (r_1, r_2, \cdots, r_m)^T$ , $r_i$  为  $m$  评价对象的评判结果向量; $\mathbf{W} = (\omega_1, \omega_2, \cdots, \omega_n)^T$  各指标的评判矩阵

$$\mathbf{E} = \begin{bmatrix} \xi_1(1) & \xi_1(2) & \cdots & \xi_1(n) \\ \xi_2(1) & \xi_2(2) & \cdots & \xi_2(n) \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ \xi_m(1) & \xi_m(2) & \cdots & \xi_m(n) \end{bmatrix}.$$

$\xi_i(k)$  即第  $i$  个评价对象第  $k$  个指标与第  $k$  个最优指标的关联系数.依据求得  $R$  的数值,对评价对象技战术效能进行排序,具体步骤如下.

2.2.3.2.1 确定参考序列和比较序列

$$\mathbf{X}_0 = [x_0(1), x_0(2), \cdots, x_0(n)],$$
$$\mathbf{X}_i = [x_i(1), x_i(2), \cdots, x_i(n)].$$

式中  $x_0(k)$  表示第  $k$  个指标的最佳值, $x_i(k)$  表示第  $i$  个评价对象在第  $k$  个指标上的实际值.

2.2.3.2.2 对序列进行无量纲化

评价指标包括效益型、成本型和适度型指标.效益型指标值越大越好,成本型指标值越小越好,适度型指标需要取一个合适的值.由于 3 类指标的性质不同,需要对其进行无量纲化.效益型指标无量纲化: $x_i(k) = \nu_i(k)/\max \nu_i(k)$ ;适度型指标无量纲化: $x_i(k) = \nu_i(k)/\text{optimum}(\nu_i(k))$ ;成本型指标无量纲化: $x_i(k) = \nu_i(K)/\min \nu_i(k)$ .

2.2.3.2.3 计算关联系数

分别计算每个比较序列与参考序列对应元素的关联系数

$$\xi_i(k) = \left\{ \frac{\min_i \min_k |x_0(k) - x_i(k)| + \sigma \max_i \max_k |x_0(k) - x_i(k)|}{|x_0(k) - x_i(k)| + \sigma \max_i \max_k |x_0(k) - x_i(k)|}, i \neq 0, k = 1, 2, \dots, n. \right. \quad (5)$$

$\sigma$  称为分辨系数,  $\sigma \in \{0, 1\}$ , 一般取  $\sigma = 0.5$  较为合适.显然,  $0 < r(x_0, x_i) \leq 1, 0 < \xi_i(k) \leq 1$ .得到评判矩阵  $E$ .

2.2.3.2.4 计算加权灰色关联度

根据信息熵确定的权重,可得关联度  $r_i = \sum_{k=1}^n W_k \xi_i(k)$ . (6)

关联度  $r_i$  越大,表明比较数列与参考数列越接近,即该评价对象技战术效能优于其他评价对象技战术效能.

3 技战术效能评估模型的实证应用

对网球运动员单一技战术指标的分析,只能反映运动员比赛中某一局部的问题,若要整体反映比赛的质量,则需要对各个技战术指标效能进行综合评价.费德勒 2012—2017 年硬地场比赛技战术运用效果数据结果见表 4.

表 4 费德勒硬地比赛技战术运用效果一览表

| 赛事             | $I_1$   | $I_2$   | $I_3$   | $I_4$   | $I_5$   | $I_6$   |
|----------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 2017 年澳网决赛     | 0.937 5 | 0.542 4 | 0.451 6 | 0.333 3 | 0.375 0 | 0.500 0 |
| 2017 年澳网半决赛    | 0.937 5 | 0.573 5 | 0.407 4 | 0.305 1 | 0.321 4 | 0.550 0 |
| 2016 年澳网半决赛    | 0.965 5 | 0.452 4 | 0.310 3 | 0.186 0 | 0.294 1 | 0.400 0 |
| 2015 年年终总决赛决赛  | 0.888 9 | 0.636 4 | 0.315 8 | 0.105 3 | 0.347 8 | 0.500 0 |
| 2015 年年终总决赛半决赛 | 0.833 3 | 0.657 9 | 0.750 0 | 0.310 3 | 0.500 0 | 0.500 0 |
| 2015 年美网决赛     | 0.880 0 | 0.525 4 | 0.357 1 | 0.340 4 | 0.453 1 | 0.333 3 |
| 2015 年美网半决赛    | 0.928 6 | 0.702 7 | 0.416 7 | 0.333 3 | 0.666 7 | 0.583 3 |
| 2014 年年终总决赛半决赛 | 0.973 7 | 0.568 2 | 0.307 7 | 0.333 3 | 0.368 4 | 0.548 4 |
| 2014 年美网半决赛    | 0.965 5 | 0.465 1 | 0.333 3 | 0.239 1 | 0.333 3 | 0.285 7 |
| 2014 年澳网半决赛    | 0.960 0 | 0.490 9 | 0.480 0 | 0.250 0 | 0.272 7 | 0.280 0 |
| 2013 年年终总决赛半决赛 | 0.950 0 | 0.541 7 | 0.200 0 | 0.238 1 | 0.250 0 | 0.363 6 |
| 2013 年澳网半决赛    | 0.954 5 | 0.625 0 | 0.276 6 | 0.209 0 | 0.300 0 | 0.425 0 |
| 2012 年年终总决赛决赛  | 0.916 7 | 0.500 0 | 0.413 8 | 0.275 9 | 0.444 4 | 0.515 2 |
| 2012 年年终总决赛半决赛 | 1.000 0 | 0.685 7 | 0.200 0 | 0.391 3 | 0.458 3 | 0.315 8 |
| 2012 年澳网半决赛    | 0.868 4 | 0.475 4 | 0.611 1 | 0.229 2 | 0.366 7 | 0.393 9 |

3.1 确定指标的权重

根据(1)式对原始数据进行标准化处理(表 5),根据(2)式求得比重,并根据(3)式求得信息熵  $E_i$  (见表 6);根据(4)式求得 6 个技战术指标的权重  $\omega_i$ ,见表 6.

3.2 确定加权灰色关联度

根据原始数据确定参考序列和比较序列. $\{1.000\ 0, 0.702\ 7, 0.750\ 0, 0.391\ 3, 0.666\ 7, 0.583\ 3\}$ .由于所选用的指标量纲不统一,需要对评价指标的数值进行规范化处理.6 项技战术指标均为效益型指标,故通过公



式,进行无量纲化.并通过(5)式得出: $\min_i \min_k |x_0(k) - x_i(k)| = 0.000\ 0; \max_i \max_k |x_0(k) - x_i(k)| = 0.731\ 0$ .关联系数 $\xi_i(k) = \frac{0.731\ 0\sigma}{|x_0(k) - x_i(k)| + 0.731\ 0\sigma}$ ,取分辨率系数 $\sigma = 0.5$ .利用(6)式求得各指标加权灰色关联度见表 7.

表 5 标准化数据一览表

| 赛事          | $I_1$   | $I_2$   | $I_3$   | $I_4$   | $I_5$   | $I_6$   |
|-------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 2017 澳网决赛   | 0.625 0 | 0.359 5 | 0.457 5 | 0.797 3 | 0.300 0 | 0.725 3 |
| 2017 澳网半决赛  | 0.625 0 | 0.484 0 | 0.377 1 | 0.698 6 | 0.171 4 | 0.890 1 |
| 2016 澳网半决赛  | 0.793 1 | 0.000 0 | 0.200 6 | 0.282 4 | 0.105 9 | 0.395 6 |
| 2015ATP 决赛  | 0.333 3 | 0.735 0 | 0.210 5 | 0.000 0 | 0.234 8 | 0.725 3 |
| 2015ATP 半决赛 | 0.000 0 | 0.821 0 | 1.000 0 | 0.717 0 | 0.600 0 | 0.725 3 |
| 2015 美网决赛   | 0.280 0 | 0.291 8 | 0.285 7 | 0.822 1 | 0.487 5 | 0.175 8 |
| 2015 美网半决赛  | 0.571 4 | 1.000 0 | 0.393 9 | 0.797 3 | 1.000 0 | 1.000 0 |
| 2014ATP 半决赛 | 0.842 1 | 0.462 6 | 0.195 8 | 0.797 3 | 0.284 2 | 0.884 8 |
| 2014 美网半决赛  | 0.793 1 | 0.050 9 | 0.242 4 | 0.468 0 | 0.200 0 | 0.018 8 |
| 2014 澳网半决赛  | 0.760 0 | 0.153 9 | 0.509 1 | 0.506 0 | 0.054 5 | 0.000 0 |
| 2013ATP 半决赛 | 0.700 0 | 0.356 7 | 0.000 0 | 0.464 4 | 0.000 0 | 0.275 7 |
| 2013 澳网半决赛  | 0.727 3 | 0.689 6 | 0.139 3 | 0.362 5 | 0.120 0 | 0.478 0 |
| 2012ATP 决赛  | 0.500 0 | 0.190 2 | 0.388 7 | 0.596 4 | 0.466 7 | 0.775 2 |
| 2012ATP 半决赛 | 1.000 0 | 0.932 1 | 0.000 0 | 1.000 0 | 0.500 0 | 0.118 0 |
| 2012 澳网半决赛  | 0.210 5 | 0.092 0 | 0.747 5 | 0.433 2 | 0.280 0 | 0.375 6 |

表 6 各评价指标权重

| 变量         | $i=1$   | $i=2$   | $i=3$   | $i=4$   | $i=5$   | $i=6$   |
|------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| $E_i$      | 0.949 6 | 0.892 8 | 0.890 3 | 0.954 9 | 0.891 2 | 0.902 9 |
| $\omega_i$ | 0.097 3 | 0.206 8 | 0.211 6 | 0.087 0 | 0.210 0 | 0.187 3 |

表 7 费德勒技战术效能评估一览表

| 年份   | 比赛    | 对手  | 胜负 | 比分    | 加权灰色关联度值 | 排序 |
|------|-------|-----|----|-------|----------|----|
| 2017 | 澳网决赛  | 纳达尔 | 胜  | 3 ∶ 2 | 0.603 9  | 6  |
| 2017 | 澳网半决赛 | 瓦林卡 | 胜  | 3 ∶ 2 | 0.617 9  | 5  |
| 2016 | 澳网半决赛 | 德约  | 负  | 1 ∶ 3 | 0.494 4  | 14 |
| 2015 | 年终决赛  | 德约  | 负  | 0 ∶ 2 | 0.575 5  | 8  |
| 2015 | 年终半决赛 | 瓦林卡 | 胜  | 2 ∶ 0 | 0.769 4  | 2  |
| 2015 | 美网决赛  | 德约  | 负  | 1 ∶ 3 | 0.544 9  | 11 |
| 2015 | 美网半决赛 | 瓦林卡 | 胜  | 3 ∶ 0 | 0.842 9  | 1  |
| 2014 | 年终半决赛 | 瓦林卡 | 胜  | 2 ∶ 1 | 0.624 7  | 4  |
| 2014 | 美网半决赛 | 西里奇 | 负  | 0 ∶ 3 | 0.489 3  | 15 |
| 2014 | 澳网半决赛 | 纳达尔 | 负  | 0 ∶ 3 | 0.509 0  | 12 |
| 2013 | 年终半决赛 | 纳达尔 | 负  | 0 ∶ 2 | 0.494 8  | 13 |
| 2013 | 澳网半决赛 | 穆雷  | 负  | 2 ∶ 3 | 0.552 5  | 10 |
| 2012 | 年终决赛  | 德约  | 负  | 0 ∶ 2 | 0.589 7  | 7  |
| 2012 | 年终半决赛 | 穆雷  | 胜  | 2 ∶ 0 | 0.644 9  | 3  |
| 2012 | 澳网半决赛 | 纳达尔 | 负  | 1 ∶ 3 | 0.555 8  | 9  |

3.3 费德勒比赛技战术效能综合评估

费德勒 2012—2017 年 3 个大赛对阵世界优秀选手 15 场比赛的技战术效能评估结果见表 7。费德勒 2015 年美网半决赛对阵瓦林卡比赛质量最高,技战术效能评估最佳,为 0.842 9。2014 年美网半决赛对阵西里奇比赛质量最低,技战术效能仅为 0.489 3。6 年间,费德勒硬地大赛技战术效能 在 0.600 0 上下波动,均值为 0.594 0。进一步观察图 2 可知,2012—2017 年费德勒 3 个硬地大赛 15 场比赛,负 9 胜 6,技战术效能呈现 3 个阶段的特征。

第 1 阶段:2012 年澳网半决赛至 2014 年美网半决赛,费德勒 1 胜 6 负,比赛质量呈缓慢下降趋势,2014 年美网半决赛降至最低谷,此阶段技战术效能发挥不佳。就费德勒自身而言,随着年龄的增长,体能下降以及伤病的困扰是这一时期费德勒技战术效能不佳的主要原因;对阵对手而言,3 次对阵纳达尔(负);2 次对阵穆雷(1 胜 1 负),1 次对阵德约科维奇(简称“德约”,负),1 次对阵西里奇(负)。该阶段对阵同一时代的纳达尔,费德勒相对较弱的单反技术受到纳达尔上旋的制约,仍未能实现突破,3 战 3 败;而对阵新时代选手德约、穆雷以及西里奇,费德勒的技战术优势也随着年龄的增长而减弱,4 战 1 胜。

第 2 阶段:自 2014 年年终总决赛半决赛至 2016 年澳网半决赛,费德勒比赛质量呈现先升后降的波浪式动态变化状态,这一阶段对手为德约(3 负)和瓦林卡(3 胜)。就费德勒自身条件而,这一时期,费德勒改用大拍面球拍(90~97),发球速度提升,单反技术也有所改善,防守与控球的稳定性提高(精准度下降),对阵瓦林卡作用明显,3 战 3 胜,基本把握瓦林卡的弱势;而面对处于巅峰状态的德约,费德勒技战术的改善仍不能对其造成任何威胁,3 战 3 负。

第 3 阶段:进入 2017 赛季,费德勒技战术效能呈逐步提升的趋势。除了 17 年澳网决赛战胜纳达尔获得澳网冠军,费德勒在随后的两站硬地 ATP1000(印第安维尔斯大师赛和迈阿密大师赛)赛事以及温布尔登网球公开赛均获得冠军,成就大满贯 19 冠。这一阶段技战术效能的提升,有 3 个方面的原因:1)自身技术的不断完善。近两年来,费德勒进一步完善自身技战术能力,打法变得更为节省与高效,成功率与攻击性更强,尤其是增强了反手的进攻能力与自信心,完胜对手。2)心态更为平和,接连 4 年的“冠军荒”练就费德勒更为从容、平和的心理状态。心态的变化必将带给费德勒更高的成就。3)科学参赛。2016 赛季以来,费德勒有选择性的参赛战略,有效地保证了体能的恢复,提高了比赛的效率。

综上所述:费德勒 2012 年以来参加的硬地 3 个大赛,技战术效能呈现 3 个阶段的特征。但总体来看,以 2014 年美网半决赛为“界点”,技战术效能总体上呈逐步回升之势头。费德勒对自身技术的不断丰富完善、心态的调整以及科学、合理的参赛选择是其至今仍驰骋网坛并一次次实现突破的关键。

4 结 论

本文根据世界优秀男子选手硬地比赛技战术运用的阶段性特征,构建硬地网球男子单打比赛技战术效能评估指标体系,分别为体现发球局保发能力的发球战术环节、发抢衔接战术环节、相持Ⅰ战术环节;体现接发球局破发能力的接发战术环节、接抢衔接战术环节、相持Ⅱ战术环节。

本文应用熵权灰色关联度模型,基于制定的评估指标体系,以费德勒 2012—2017 年 15 场硬地大赛为例,按照时序对费德勒技战术效能进行评估,得出:2012—2017 年费德勒对阵世界优秀选手技战术效能呈现 3 个阶段的特征:2012—2014 年技战术效能呈缓慢下降趋势;2015—2016 年技战术效能呈波浪式变化态势;2017 年技战术效能呈逐步回升趋势。费德勒 2017 年竞技状态的回升,反映该阶段其训练、参赛的科学性和合理性。

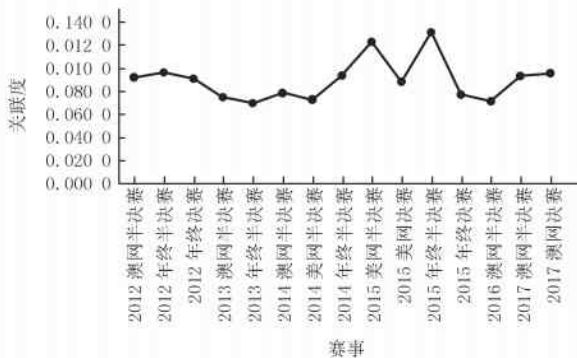


图 2 费德勒 VS 纳达尔技战术效能评估走势示意图

网球项目比赛质量评价指标较多,因此,应选用代表性强、能够客观反映实际情况的指标,才能比较全面地反映比赛质量的高低.熵权灰色关联度模型能够定量反映不同时期运动员技战术效能的优劣程度,在网球比赛技战术评估中具有一定的实用价值.

参 考 文 献

[1] 陶志翔,祁兵,林建健.费德勒与纳达尔对阵时发球阶段技战术特点的对比分析[J].北京体育大学学报,2008,31(11):1560-1562.  
[2] 周建梅,张志华,陶志翔.第 29 届奥运会我国女子网球运动员李娜单打比赛的优劣势分析[J].中国体育科技,2009,45(2):39-43.  
[3] 杨君,彭丹.2011 年澳网李娜与对手技战术对比研究[J].体育文化导刊,2011(7):43-45.  
[4] 张志华,曹宇,周建梅,等.美国网球公开赛李娜单打竞技能力分析研究[J].北京体育大学学报,2011,34(5):141-145.  
[5] 刘保华.我国女子网球运动员彭帅与世界优秀女子网球运动员发球技术速度特征的对比如分析[J].广州体育学院学报,2008,28(5):65-68.  
[6] 杨旭东.对网球比赛质量高低评价方法的探究[J].北京体育大学学报,2010,33(6):137-138.  
[7] 刘文明,黎禾,梁名洋.李娜、莎拉波娃战术特点比较研究—发球阶段关联规则分析[J].中国体育科技,2014,50(4):43-48.  
[8] 楼恒阳,梁名洋,刘文明.基于关联规则的李娜、莎拉波娃相持阶段战术特征比较研究[J].北京体育大学学报,2016,39(10):141-145.  
[9] 张银满.世界优秀男子网球单打选手硬地赛制胜因素[J].北京体育大学学报,2010,32(10):135-137.  
[10] 何文盛,张力为,张连成.世界前 3 名男子网球运动员比赛制胜因素技术分析[J].武汉体育学院学报,2016,45(9):67-73.  
[11] 王伟,周曙,张春合,等.德约科维奇 2016 澳网公开赛关键分技战术运用研究——基于角度、线路、区域视角[J].河南师范大学学报(自然科学版),2016,44(05):182-188.  
[12] 张辉.球类比赛计算机诊断与分析[M].哈尔滨:黑龙江科技出版社,2006:50-73.  
[13] 胡大立.应用灰色系统理论评价企业竞争力[J].科技进步与对策,2003,20(1):159-160.  
[14] 李国良.基于熵权的灰色关联分析模型及其应用[J].水资源与水工程学报,2006,17(6):15-18.  
[15] 梅虎,朱金福,汪佚.基于灰色关联分析的旅游景区顾客满意度测评研究[J].旅游科学,2005,19(5):27-32.  
[16] HOPKINS W G.Measures of reliability in sports medicine and science[J].Sports Medicine,2000,30(1):1-15.  
[17] 陶志翔.持拍隔网对抗项群男子单人项目基本单元竞技过程的研究[D].北京:北京体育大学,2002:15.  
[18] 虞丽娟,张辉,戴金彪,等.隔网对抗项目比赛技战术分析的理论与方法[J].上海体育学院学报,2007,31(1):48-53.  
[19] 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.  
[20] 李庆有.网球战术研究-以单打为例[D].上海:上海体育学院,2007:57.  
[21] 王庚,王敏生.现代数学建模方法[M].北京:科学出版社,2008.  
[22] 邱苑华.管理决策与应用熵学[M].北京:机械工业出版社,2002.

Research on construction and application of tennis technical and tactical effectiveness evaluation model

Guo Wenxia<sup>1</sup>, Zhao Guangtao<sup>2</sup>

(1.College of Education, Beijing Sport University, Beijing 100084, China;

2.Physical Education Department, Henan Finance University, Zhengzhou 450046, China)

**Abstract:**Based on the research methods of literature review and video observation, this paper established an evaluation index system of tennis technical and tactical effectiveness. At the same time, by using the entropy-weighted gray relational analysis, this paper constructed an evaluation model and made an empirical application with specific examples. The results showed that the technical and tactical performance of Federer manifests three obvious stages 2012—2017:a slowly downward trend in 2012—2014, wave changing situation in 2015—2016 and a gradual upward trend in 2017 match seasons. Federer’s comeback in the 2017 season reflected the scientific and rationality of his training and competition. The evaluation index system and evaluation model we’ve established showed a certain practicality.

**Keywords:**tennis; weighted entropy; grey relational analysis; match quality; technical and tactical effectiveness; evaluation model