

我国乒乓球比赛技战术统计研究热点述评

赵喜迎¹, 唐建军²

(1. 南京晓庄学院体育学院, 南京 211171; 2. 北京体育大学, 北京 100084)

摘要: 运用文献资料法和逻辑分析法, 对国内乒乓球比赛技战术统计研究的相关成果进行梳理和探讨。发现, 乒乓球比赛技战术统计研究的热点主要有乒乓球比赛常规技战术统计、乒乓球比赛技战术评价模型构建和乒乓球比赛技战术诊断方法三个方面的内容。指出, 未来乒乓球比赛技战术统计研究将在原有经典三段评估模型的基础上进行评估标准的修订和评估指标的细化研究; 将利用其他领域比较成熟的技术、模型和方法, 建立技战术数学评价模型。

关键词: 乒乓球; 技战术诊断; 技战术统计; 评价模型; 诊断方法

中图分类号: G846

文献标志码: A

文章编号: 1008-3596 (2017) 01-0033-09

影响乒乓球比赛成绩的因素是多方面的, 其中, 运动员的技战术水平无疑是最重要的影响因素。对乒乓球比赛临场技战术的数据进行统计和分析, 可以了解比赛双方的技战术特征, 也可以掌握运动员的竞技状态, 为教练员制订合理的训练对策和战术方案提供科学依据, 也可以为教练员调整临场战术运用提供科学依据; 此外, 还有助于了解和预测技战术发展的方向。因此, 有必要对乒乓球比赛技战术统计研究的热点问题进行梳理和探析, 为更有效地认识乒乓球比赛的技战术运用特点和制胜规律提供帮助。

1 乒乓球比赛常规技战术统计研究

统计是将事物的表象以数字或其他形式记录下来, 是一个被动、手动的过程。常规技战术统计是针对比赛具体技战术运用数据的收集、整理、计算, 是进行技战术研究必不可少的步骤^[1]。

尽管各运动项目不同, 但是在技战术统计中常常使用得分率、使用率、失误率等描述性统计指标, 利用平均数、标准差、假设检验、非参数检验等方法。如曹海波 (2009)^[2]以中国乒乓球男队主力队员比赛时战术运用情况为研究对象,

运用卡方检验的统计学方法找出了不同战术运用效果之间的差异性。杨青 (2010)^[3]细致地分析了世界优秀男子乒乓球运动员主要比赛技术的得分率和使用率情况。何哲贊 (2010)^[4]分别对优秀男子和女子乒乓球进攻型打法运动员发球轮第一拍及一三拍、接发球轮第二拍及二四拍的技术、旋转、线路、落点, 以及相持中攻防转换特点等进行了详细的描述。杨雷 (2013)^[5]通过对国内外优秀双打选手中前场技战术特征的比较分析, 从发球、接发球、相持段的技术、落点、区域等方面发现了国外选手的技战术优势及我国选手的不足。高明 (2014)^[6]对优秀直拍和横拍运动员比赛中的技战术组合得分率和使用率进行描述和对比分析, 发现了两种握拍类型运动员之间的共同特点及差异。

该类战术统计分析一直在乒乓球运动项目战术研究中占据主导地位, 因为这类统计方法操作相对简单, 可以对乒乓球比赛中各战术运用细节特征进行描述分析, 为进一步理解乒乓球比赛的规律做了很好的铺垫, 研究结果易于解释, 并且能够直观地呈现给教练员和管理人员加以借鉴。当然也存在一定的局限性, 大部分是对指标进行的是描述性统计, 较少对指标

进行相关性及因果关系的推断性统计。因此，所反映的信息量也较少，无法解释更深层次的技战术运用规律。

2 乒乓球比赛技战术评价研究

随着现代先进的科学技术与理论的快速发展和逐渐融入体育领域，训练的科学化已成为竞技体育训练的风向标。对于乒乓球项目来说，科学化的技战术评价是整个科学化训练体系的重要环节。当前，对竞技体育的评价分为定性评价和统计评价，前者是依据教练员、专家的主观经验对运动队、运动员的竞技表现进行评价的方法，后者是依据比赛、训练中的数据，对整个运动队或运动员的竞技状态进行准确而有效的记录分析。两种评价方式都有其优缺点，定性评价可以在训练比赛的宏观层次上给予评价，但只是一种经验性的概况；统计评价则相对在训练比赛的“微观”层次以及训练比赛监控的具体细节给予较好的反映，但也往往会出现注重细节过多、忽略“整体性”的问题。

虽然现代竞技乒乓球的科学化训练和管理很大程度上依赖于统计化的评价，但统计评价在球类项目研究中也饱受诟病，这是由于，竞技体育比赛具有很强的偶然性，且运动成绩不仅受运动员自身发挥的影响，还受对手比赛发挥及裁判、场地环境等诸多因素的干扰，要想如实客观反映影响比赛胜负的问题是很难的。因此，比较理想的方式是将选手的技术、战术、心理、身体素质、比赛环境等因素综合起来进行分析，这样得出的结论最为接近比赛的实际。但是以上诸因素中，只有技战术的得分率、失分率、使用率的统计与测量较为方便，但这恰恰是运动员诸因素综合作用的结果，在对技战术进行分析时，须假设运动员的身体、心理、比赛环境是相同的、理想的，这样的统计评价才能客观。

因此，对技战术的统计研究只是尽可能地对可以掌控的因素进行科学化的数理分析。马克思曾经说过：“没有运用数学的科学就不能够称其为科学”。同样，为了提高技战术训练的科学化水平，使用详细的数据进行数理统计分析来反映运动员在竞技比赛中的技战术表现，并能够构建科学的评价标准和结果分类模型理应成为实施科学化训练的必要基础。

对乒乓球比赛技战术水平进行评价，需要选

择一定的技战术指标体系，需要有合理的、可以客观反映乒乓球比赛实际情况的技战术评价模型，同时还需要有相应的评价方法，这样才能对比赛数据进行科学的评价。因此，笔者通过查阅分析相关文献，发现关于乒乓球技战术评价的研究主要包含乒乓球比赛技战术评价模型的构建和乒乓球比赛技战术评价模型的完善与修订研究两部分。

2.1 乒乓球比赛技战术评价模型的构建研究

2.1.1 三段指标评估模型

乒乓球技战术诊断与评估的研究最早开始于中国乒乓球队备战第24届奥运会的科技服务，吴焕群教授等人（1988）结合专家意见和教练员的实践经验，从运动员比赛能力的整体观出发，把24项技术内容划分为三段：每一分球的争夺取决于发抢（包含发球、发球抢攻、发球被攻）、接抢（包含接发球、接球后被攻、接发球抢攻、接球后抢攻）和相持（包含主动进攻、被动防御及其相互转换）能力的强弱；同时，以得分率和使用率为评价指标，便于对某选手的比赛能力进行分段评估与评价，也便于进行纵向及横向比较；使以往比较模糊的观察定性方法向比较准确的统计方法过渡。得分率和使用率的计算公式分别为：得分率=段得分之和/（段得分+段失分）*100%，使用率=段得失分之和/全局得失分之和*100%。并提出了乒乓球比赛制胜的经验模式^[7]（表1）。

表1 单打战术评价标准 %

指标	发球抢攻	接发球	相持段
优秀得分率	>65	>50	>55
良好得分率	>60	>40	>50
及格得分率	>55	>35	>40
使用率	30±5	30±5	40±5

这一制胜评估模型的建立成为后来乒乓球技战术评价与比赛评估分析的一个经典范式，对持拍隔网类的其他项目的战术分析也具有借鉴意义。三段指标评估模型是从比赛的整体出发，分析运动员比赛中“三段”的运用情况，可以比较简捷、直观地分析运动员每一段的技战术运用情况，这是其优势所在。实际上“三段”中的每一段又包含了若干子指标，子指标的运用情况在三段评估中是无法反映的，也就意味着该模型不能对细节的技战术形式进行评估。

2.1.2 十项指标评估法

表2 优秀男子进攻型选手技术实力评估标准 %

等级	优秀	良好	及格	不及格
发球使用率	18	14	11	<11
发抢使用率	62	55	48	<48
发抢命中率	86	81	77	<77
发抢得分率	43	39	34	<34
发球反攻使用率	51	39	27	<27
接抢使用率	35	30	25	<25
接抢命中率	84	78	71	<71
接抢得分率	40	30	21	<21
控接攻使用率	31	23	14	<14
相持得分率	46	41	36	<36

李今亮(1998)对运动员前四板技术采用连续统计的方法,结合进攻、相持、防御三方面确立了十项指标,分别为发球得分率、发球抢攻使用率、发球抢攻命中率、发球抢攻得分率、发球反攻使用率、接发球抢攻使用率、接发球抢攻命中率、接发球抢攻得分率、控接攻使用率、相持得分率。各指标的评估标准分为优秀、良好、及格和不及格4个等级,各等级所占的比例分别是20%、30%、30%和20%。根据该比例,将各项指标的平均值按T分布计算,得出了十项指标评估标准(表2)^[8],并对部分优秀运动员进

行了技战术水平评价和实力评估,反映了乒乓球比赛技战术运用的规律,也揭示了部分运动员个体的技战术运用特点。

十项指标评估法可以对乒乓球进攻性运动员的技术实力给予较为详细的评价,也可以反映出各运动员的不同特点。其值得质疑的地方是作者筛选评估指标的方法采用的是特尔斐法(定性);同时各项指标对比赛影响力即权重是不同的,而作者在评估每位运动员整体实力的时候,假设每个指标的权重是相等的。

2.1.3 技术效率值评估法

张辉等(2013)^[9]在原有三段的基础上,提出了利用技术效率值(technique effectiveness,简称TE)来对运动员比赛的技术效能进行评估,技术效率值受得分率和使用率两个因素的影响。当得分率大于50%时,使用率越高,该项技术对比赛所发挥的积极作用越大;当得分率小于50%,使用率越高,则消极作用越大。并制定了乒乓球运动员比赛中的技术能力TE值的评估标准。作者结合得分率和使用率研制了一个计算公式: $TE = A + B [(1+y)x - 0.5] - C [(1+y)^2(x-0.5)]$ 。其中, x 为技术得分率($0 \leq x \leq 1$), y 为技术使用率($0 \leq y \leq 1$), A 、 B 、 C 为常数。运用百分位数法,制定优秀运动员的技术效率值评估标准(表3)。

表3 优秀男子乒乓球运动员技术能力TE值评估标准

	优秀	良好	合格	不合格
1、3拍	$TE \geq 0.565$	$0.565 > TE \geq 0.543$	$0.543 > TE \geq 0.520$	$TE < 0.520$
2、4拍	$TE \geq 0.533$	$0.533 > TE \geq 0.506$	$0.506 > TE \geq 0.477$	$TE < 0.477$
4拍后	$TE \geq 0.477$	$0.477 > TE \geq 0.454$	$0.454 > TE \geq 0.423$	$TE < 0.423$

在实际比赛中,当某项技术的得分率和使用率出现较大差距时(如当某项技术得分率很高,但使用率却较低,或者得分率不太高,但使用率却较高),就可以利用TE值对运动员进行评估。

2.1.4 四段指标评估法

杨青(2014)在原有三段评估法的基础上,根据乒乓球比赛规则及战术的逻辑关系,构建了四段指标评估法^[10]。将一场比赛以发球轮与接发球轮为单位,分为发球抢攻段(发抢段)、发球轮相持段(相持I段)、接发球抢攻段(接抢段)和接发球轮相持段(相持II段)四个击球段,利用四段的得分率、使用率来评估运动员在

比赛中的技战术发挥。分别对男女单打比赛制定了四段指标评估标准。该文为了能够较好地解决传统三段指标评估法中双方运动员各段数据不对应的问题,在数据统计的过程中,与吴飞等人的统计方法类似,将运动员的第5拍得分归为相持段,第5拍失分归为发球抢攻段。四段指标评估法的优势是可以对运动员的发球轮相持和接发球轮的相持能力进行直接比较,同时还可以间接反映运动员发球抢攻段和接发球抢攻段对相持段的影响,四段指标评估法是对乒乓球比赛战术评价方法的又一丰富。但是,本文没有对发球抢攻段和接发球抢攻段包含的细节指标进行评价。

2.1.5 双系五段分析评估体系

蒋津君（2015）通过专家咨询，并对男、女运动员参加的多场高水平比赛进行技战术统计，构建了双系五段分析评价体系及评价标准^[11]。“双系”即发球系统和接发球系统。发球系统指的是一、三、五、七板及以后；接发球系统指的是二、四、六、八板及以后。“五段”是指一三板的发球抢攻段、第五板、接发球抢攻段、第六板、相持段。把六板以后统一归为相持段，所有指标共分五段统计。把第五板和第六板作为独立的指标进行设置的特点，在某种程度上也是对“三段”指标的细化和创新，可以满足运动员个体技战术评价的需要，同时在建立评价标准时考虑到了男女运动员之间的差异，因此该评价体系在对运动员个体技战术水平进行诊断时较三段指标评估更具针对性。与四段指标评估法类似，该文没有再把一、三板和二、四板战术指标的内容进行进一步细分。

2.2 乒乓球比赛技战术评价模型的完善与修订研究

随着乒乓球技战术的创新和比赛实践的发展，不同的研究者从研究需要出发，对三段指标评估法进行了不断的丰富和改进，以便得出对乒乓球比赛技战术分析更有效的评估结果。主要体现在评价指标的丰富和评估标准的修订两方面。

2.2.1 三段评估模型评价指标的丰富

张晓蓬、吴焕群等人在第26届奥运会的科研攻关与科技服务研究报告中，在原有比赛效果的评价参数——得分率和使用率的基础上，增加了上手率和有效率^[12]，使得乒乓球战术的诊断更具有专门化特点，也使对乒乓球比赛战术分析更加深入。

在第27届奥运会科研攻关与科技服务中，张晓蓬、吴焕群等人根据当时世界乒乓球竞技运动的发展状况，特别是当代乒乓球战术更加注重攻防转换作用的特点，通过近百场的数据统计处理，发抢段在原有“前三板”的基础上，添加了前五板内容的战术评价（表4）^[12]。

这一改变主要体现在两个方面：第一，原来发球抢攻段指的是一、三板的内容，改进后把第五板也归类到发球抢攻段里面，从板数上说是一、三、五板属于发球抢攻段内容。第二，增加了抢攻后被攻和抢攻后进攻两个指标。抢攻后被攻一般是指抢攻后被打回头，而抢攻后进攻多指

抢攻后出现机会球攻一板决定胜负的情况。

表4 评价内容的改进

	改进前	改进后
发抢段	发球	发球
	发球抢攻	发球抢攻
	发球被攻	发球后控制
		发球被攻
		抢攻后被攻
		抢攻后进攻得分
板数	前三板	前五板

董扬（2005）^[13]在对德国男双选手半决赛和决赛中的技战术进行分析时，在运用三段评估法的基础上，将相持段分为发球后的相持段和接发球后的相持段，并分别进行分析。这样做的优点是能够更加明确地反映运动员相持优势或劣势所属的击球轮次，有利于教练员和运动员对不同的相持情况进行区别对待。同时，还有利于反映发抢段与发球后相持段之间、接抢段和接发球相持段之间的动态变化关系，便于在临场比赛中及时调整得分点的分布^[10]。

杨李丽（2006）^[14]在对王励勤的各项技术统计中，将比赛进程分为了前三板段和相持段，分别对发球、发球后的第三板、第二板接发球抢攻和相持段的技术特点进行了分析。章司路（2006）^[15]在三段评估法的基础上，将技战术环节分成了进攻和防守两大体系，分别对波尔和王励勤进攻体系和防守体系中的技战术环节进行了对比分析，同时还对两人关键分、关键局的技战术运用效果进行了分析。

郝哲等（2007）^[16]运用三段指标评估法对柳承敏的技战术特点进行分析，全面、客观地剖析了柳承敏技战术的“特长”和“短板”。此外，作者在运用得分率、使用率等指标的基础上，还增加了失分率和净得分率的两项指标。该文采取的技战术分析方式充实了三段指标评估法的内容，对技战术特点分析更加细致全面，但是由于设置指标较多，也增加了数据统计分析的复杂性。

吴飞等（2014）^[17]立足于实战需要，为解决本方发球抢攻段不能对应另一方接发球抢攻段的数据，双方相持段数据也不能一一对应的问题，提出了改变原有三段统计的思路，统计方法变为侧重第3板和第5板的技术关系。作者在文中总

结到: 第3板为上旋球(发球方采用发抢战术), 第5板得分归为发球方相持得分, 接发球方也归于相持段; 发球方第3板为下旋球(发球方使用回摆、劈长技术), 第5板防守或进攻失误, 统计为第5板失分, 属于发球抢攻段失分, 接发球方此球归为接抢段得分; 发球方第3板为下旋球, 第5板抢攻、反拉(转攻)得分, 此球对于发球方归于相持得分, 接发球方归于相持失分。第4板的归纳划分类似于第5板, 取决于第2板(接发球)与第4板的关系。可见, 该方法的统计过程较为复杂, 若要解决发球方与接发球方数据对应的问题, 对录像统计人员的专业知识要求较高, 如果统计人员缺乏对乒乓球专项技术的认识和理解, 则在统计所得的数据上会有较大的误差。

2.2.2 三段指标评估标准的修订

张晓蓬(2004)利用统计学离差法, 根据当时乒乓球技战术发展和比赛实际、教练员和科研人员的经验及以往的研究结果, 对原有三段指标评估的标准进行了修订, 制定出了新的战术训练水平评价标准(表5)^[12]。

表5 比赛效果评价标准 %

阶段	优秀		良好		合格	
	得分率	使用率	得分率	使用率	得分率	使用率
发球抢攻	68	30	62	30	56	30
接发球	55	31	48	31	42	31
相持	51	37	44	37	37	37

该比赛效果的评估标准与1988年的三段评估标准相比, 发球抢攻以及接发球抢攻得分率和使用率的标准都有所提高, 而相持得分率和使用率的评估标准有所下降。这与实行无遮挡发球以及改革使用大球后, 接发球容易上手抢攻和强调接发球抢攻一体化的理念有关, 也与实行11分赛制后更加注重乒乓球比赛中前三板能力的培养有关, 还有一个客观因素是, 与把原有第5板属于相持的球归属到了发球抢攻段有关。

李今亮等人(2004)^[18]运用三段指标评估法对当时中国乒乓球男队主要竞争对手波尔、萨姆索诺夫、吴尚垠、塞弗、柳承敏和庄智渊等, 从微观角度进行了技术剖析, 提出了针对不同对手的应对策略; 并且提出在实行了11分新赛制和乒乓球改为大球后, 传统的三段指标评估法有必

要进行下一步的和大样本的深入性研究, 对各段的评估标准也需要进行修正, 以便于继续保持这一传统科研方法的准确性和客观性。作者之所以提出对三段指标评估标准进行修正, 正是由于11分制增加了比赛的偶然性, 必然促使运动员在开局抢先发动进攻, 在球的争夺上更加注重前三板; 使用大球造成球的旋转、速度有所下降; 无遮挡发球降低了接发球的难度, 以及与反手拧技术的出现导致接发球直接抢攻占据比赛主动和得分机会有所增多等等有关。

李振彪等(2009)^[19]通过对当时三名现役主力运动员的30场比赛进行三段指标的技术统计, 通过与原有三段指标的对比分析得出: 2000年以来, 乒乓球项目的改革对比赛的发抢段及相持段的技术指标影响不大, 在统计学上没有显著性差异; 接球段的指标产生了变化, 接球段的得分率和使用率都较原有指标有较大提高; 此外, 直拍运动员和横拍运动员在相持段的使用率上也有区别, 直拍运动员比分的争夺更多是在前四拍结束, 横拍运动员相持的比例高于直拍选手。该文的研究结果说明, 随着乒乓球运动的不断发展及规则的改变, 比赛中的战术运用也较以往出现了变化。与李今亮一样, 作者也指出三段评估指标标准需要重新修订。

3 乒乓球比赛技战术诊断方法研究

三段指标评估模型的构建, 使乒乓球比赛技战术分析有了依循的框架。同时, 部分专家和学者在三段指标评估法的基础上, 通过设定技战术观测指标, 尝试运用不同的工具、手段、统计技术进行了技战术诊断。

3.1 贡献率统计法

李强(2011)^[20]将乒乓球比赛双方作为一个整体来分析研究, 在三段指标评估法的基础上引入了“贡献率”和“快速诊断”公式两个概念。其中, 贡献率=段得分/(全场比赛总得分+总失分)*100%, 快速诊断公式是:(甲发抢段贡献率-乙接发球段的贡献率)+(甲接发球段的贡献率-乙发抢段的贡献率)+(甲相持段的贡献率-乙相持段的贡献率)。快速诊断公式的依据是, 一场比赛中, 一方的发抢段对应的是另一方的接发球段。利用贡献率和快速诊断公式对乒乓球比赛技战术进行分析, 避免了得分率和使用

率的双重评估，这是文章有别于以往研究的地方，但是直接比较双方运动员三段指标的得分率同样可以得出二者的差别，且这样做更简便。

3.2 基于计算机模拟的乒乓球比赛技战术诊断与分析

随着计算机和数据库技术的发展，国内外科研机构相继开发了多种比赛统计分析软件，如排球比赛中，国际排联应用的由意大利 Date Project 公司开发的 Date Volleyball 软件进行比赛同步数据分析。SIMI Reality Motion Systems 公司的 SIMIO Scout 软件和上海体育学院与同济大学共同研制的“乒乓球比赛战术数据采集系统”，使得对乒乓球比赛中的技战术数据采集和运算变得简单快捷。这些技术也使乒乓球技战术诊断的方法有了较大改进。过去采集的统计比赛的指标较少，是为了减少手动统计的工作量，而利用计算机软件可采集比赛中各个技战术数据。自 2004 年开始，乒乓球比赛数据采集和多媒体技战术分析的方法就被用于国家乒乓球队的世乒赛和奥运会比赛备战中，并取得了不错的效果。

张辉等（2005）^[21]结合实验法对备战雅典奥运会和 48 届世乒赛的部分比赛录像进行分析，来检验计算机视频分析技术的一些优势，通过计算机视频技术对运动员的技战术特点进行演示，具有生动直观、清晰有序的优点，有助于教练员和运动员更细致地观察对手，提高备战和训练的科学性和针对性。张辉（2009）^[22]指出，计算机辅助技战术诊断系统具有诸多优势，如可以在比赛结束后立即导出，为教练员和运动员演示对手的技战术特点；可以对比赛进行系统分析，数据采集更为详细（以拍/板为单位采集数据，与过去以分为单位相比，更利于采集到最详细、最底层的信息）；在采集每板数据时，后台软件还保留了完整的比赛时间序列；而且数据挖掘算法不仅为进行比赛的分段评估和数据分析提供了较大的方便，还能算出每一名运动员获胜概率较高的技战术模式。但是计算机辅助软件的比赛分析原理、思路与常规战术评价一致，所得到的结果还是各项技战术的成功率、失误率和使用率等，其区别仅在操作手段上，运用计算机能简便、快速、省时省力^[23]；并且所采集数据的准确性和完整性与采集人员的专业素质具有较高的相关性；同时对该软件的熟练操作，也需要一定时间

的技能培训。

3.3 基于数学模型的乒乓球比赛技战术诊断

数学模拟竞技诊断的基本思想与方法是由德国学者拉姆斯（Lames, 1988）提出来的，即用比赛状态（技术或战术）的转移概率概括地描述一场比赛，在此基础上通过马尔科夫链计算比赛获胜概率并进一步确定各种比赛状态的竞技效率值。与传统的球类评价方法相比，数学模型方法提出采用竞技效率值来描述某项技术或战术的作用，用比赛获胜概率的概念来描述比赛双方的实力对比，这使得比赛评估的指标体系中可以包含更多的信息，而且对于比赛的刻画更加细腻。其主要思路为：选用某种数学方法，利用现有的数据输入训练数学模型使其与输出高度拟合；将测试数据集输入训练好的神经网络并以该模型仿真实际比赛；改变某项诊断指标的输入且保持其他输入指标值不变，观察该指标对比赛获胜概率的影响；按照获胜概率变化量的大小对输入指标进行排序，即完成了比赛模拟诊断^[24]。

张辉（2004）^[25]通过战术行为、击球位置、击球方向和击球技术 4 个转移概率矩阵模型和竞技效率值，对高水平乒乓球比赛进行模拟诊断。得出影响乒乓球比赛获胜概率的两个最重要的战术行为是进攻和相持；运动员在正手位和反手位的击球效果比在侧身位置的击球效果差；击球方向上表现为从“本方反手长球到对方反手长球”的竞技效率值最大；弧圈球技术在乒乓球比赛中起着决定性作用，横握球拍的运动员优势更加明显。该文对乒乓球比赛技战术的诊断涉及数据采集、指标选取、计算分析方法，开辟了乒乓球技战术分析新的路径，也为后来的研究者进行技战术分析提供了新的理论基础。张辉（2005）^[26]对数学模拟竞技评价的理论进行了详细介绍，并利用战术转移概率矩阵计算出乒乓球各项技术的竞技效率值，得出各项技术和战术行为对比赛获胜概率的贡献大小，以此对运动员的战术行为进行评价。张晓萍（2009）^[27]运用乒乓球数学模拟诊断理论，以战术行为、击球位置、击球落点、击球技术为观察指标，对中外优秀女子运动员的技战术特征进行了详细、完整的描述与分析。

数学模拟诊断的优势在于可以从大量的数据中发掘隐藏的信息，采集的指标更为具体细致，缺点是只是从数据的角度来分析，如果对模型的

参数选择不当或者训练数据较少, 则可能不会出现数理统计那样的客观结果。由于数学模拟评价要求对比赛中的技术、战术、击球位置等评价指标进行独立讨论, 得出对比赛获胜有较大影响力的结果, 还需要结合其他评价方法进行验证。

3.4 基于数据挖掘技术的乒乓球技战术研究

数据挖掘 (Data Mining) 又称为基于数据库的知识发现 (KDD), 就是从大量的不完全的、模糊、随机的实际应用中, 提取隐含其中的有用信息的过程, 是一种深层次的数据分析方法。其过程主要有数据准备、规律寻找和规律表示 3 个阶段。数据准备是从相关的数据源中选取所需的数据并整合成用于数据挖掘的数据集; 规律寻找是用某种方法将数据集合所包含的规律找出来; 规律表示是以用户可以理解的方式把找出的规律表示出来。数据挖掘技术有关联分析、聚类分析、分类分析、异常分析、特异群组分析和演变分析等。

我国体育科研工作者运用该方法对不同运动项目的技战术特点进行了分析。高洪歌等 (2006)^[28]采用计算机脚本描述的方法对比赛数据进行采集, 利用关联规则挖掘中的 Apriori 算法, 以王皓和柳承敏为研究对象, 寻找乒乓球比赛中技战术之间的关联关系, 算出两位运动员每一种发球技术动作得分的概率。高洪歌 (2006)^[29]对数据挖掘的基本理论进行了分析, 对数据挖掘技术的关联规则、聚类分析和马尔科夫过程的算法在乒乓球比赛技战术分析中的应用和实现过程进行了介绍。重点运用马尔科夫链的数据挖掘算法对 2004 年雅典奥运会王皓对阵柳承敏的决赛进行战术分析, 并且提出了一套适用于乒乓球技战术数据采集的脚本描述语言。

3.5 基于人工智能的乒乓球比赛技战术诊断方法

人工神经网络方法是利用仿真技术、模仿生物神经传递通道和生物反射弧原理进行的一种模拟诊断方法。其特点表现在与传统的预测、决策、规划、调度等方法相比, 不需要任何数学模型。只需要根据输入和输出的数据建立模型, 网络的统计信息存储在数量巨大的加权矩阵中。神经网络的这种自组织、自学习、超强的容错性及信息分布存储的能力, 在解决复杂非线性问题上

有着较大的优势。此外, 当运动员战术水平发生变化时, 只要在原来的基础上输入最新的数据, 对现有的神经网络模型重新训练, 即可以获得反映当前运动员战术水平的神经网络连接权值, 进而可以得到修正的战术诊断模型。王永梅 (2006)^[30]运用人工神经网络建立我国优秀女子乒乓球运动员技战术诊断模型, 对于运动员技战术诊断准确度较高。

粗糙集理论的主要贡献在于给出不确定和不完备系统的近似描述, 即根据属性集分类能力的不同对其进行约简, 直至得到决策集的最简描述。粗糙集理论中对分类能力的描述采用属性重要性这一概念, 对决策集进行描述。若将乒乓球比赛的技战术属性与比赛结果构成决策表, 则属性重要性可以表示各项技战术指标对比赛结果的贡献程度, 对属性重要性排序便可以完成对比赛技战术的诊断, 对技战术决策表进行约简得到的核便是比赛制胜的核心因素, 从得到的核提取决策规则可以为比赛提供决策支持^[31]。王杰 (2009)^[32]选取发球、正手弧圈 (快攻)、反手弧圈 (快攻)、挑打、劈长、摆短、推 (挡) 等技术的得分率和使用率指标, 采用主要技术和落点相结合的技术诊断指标, 运用粗糙集属性重要性方法, 对国外优秀乒乓球运动员技术特征的重要性进行了区别分析, 比较全面地反映了运动员的技术特征。

决策树算法借鉴了信息论的观点, 在建树的每个递归过程均在寻找包含最大信息量的属性, 并精化出一棵决策树。建树过程中已经包括了属性筛选过程, 利用这一思想, 若能从建树过程获取筛选后的属性类别, 则可对技战术属性集进行筛选, 以此数据集为结果即得到比赛的技战术诊断结果^[33]。将该原理移植到乒乓球比赛技战术诊断中的目的是对指定的诊断指标集合进行排序, 找出影响比赛胜负的关键因素。该算法的优点是对诊断属性结果进行量化, 可以求出诊断指标的重要性并算出重要指标的权重, 以此对乒乓球比赛技战术实力进行综合评价。

4 结语

从以上文献内容以及主要相关文献发表的时间进行分析, 可以将乒乓球比赛战术统计研究的发展过程分为三个阶段。

第一，吴焕群教授等人1988年构建的三段指标评估模型，为乒乓球比赛技战术的诊断与评价建立了一个经典范式，为随后的乒乓球比赛技战术诊断与评价提供了框架和参照标准。

第二，1988—2004年，随着乒乓球竞技的发展和分析比赛的需要，在三段评估法的基础上，研究者从比赛的不同角度对评估指标体系、评估标准进行了改进和完善。每一个奥运周期，乒乓球科研工作者都会对乒乓球比赛的制胜模式进行验证和修订，以探寻更真实的制胜规律。经典三段评估理论侧重于从整体出发对运动员的技术发挥进行评价，之后再具体分析哪一环节出现了问题。但是直到2004年张晓蓬等人对其进行了重新统计和完善之后，对比赛制胜模式进行验证和修订的相关研究就少了，虽有研究偶尔提及，但并没有对之进行切实的论证，或许这与我国乒乓球竞技的发展已完全领先于世界及已摸索出一套乒乓球竞技制胜的训练比赛模式有关。事实上，乒乓球运动项目的竞技比赛发展规律是与时俱进的，这点是毋庸置疑的。

第三，2004年以后，以张辉为代表的研究者将计算机视频技术和数学模拟诊断方法引入到乒乓球比赛技战术诊断与评估中来，这样就形成了计算机技术与数学模拟诊断和三段指标评估方法两大分析思路。利用计算机以及数据挖掘理论对乒乓球比赛技战术进行分析，可以相对细致地反映比赛中技战术运用特点，在服务奥运竞技实践的过程中也取得了一定的成效。数学模拟诊断把观测指标独立开来进行细致分析以求对比赛技战术的评价更加细致，探索隐含在数据背后的信息，比如心理因素的影响等，但是对比赛技战术评价分析的细节关注较多，而整体关注不足。

未来对乒乓球比赛技战术统计的研究将主要集中在以下两个方面：一是根据分析比赛的实际需要，在原有经典三段评估理论的基础上进行评估标准的修订和评估指标的细化；二是利用其他领域比较成熟的技术、模型和方法，如数据挖掘技术等，建立技战术数学模型评价方法，数学模型方法的使用则可从数据挖掘的角度发现诸多数理统计方法无法发现的隐藏信息，这无疑会对乒乓球比赛技战术的诊断评价发挥重要作用，比如对落点和线路的关联分析^[24]等，这些在常规统计中操作起来是相当繁

琐的，而在数据挖掘中利用计算机算法却可以快速简便地操作完成。

参考文献：

- [1] 曾亮.中国国家女子排球队进攻战术的结构模型及其评价模型的研究[D].北京:北京体育大学,2007.
- [2] 曹海波.中国乒乓球队男队主力队员战术运用的分析[D].北京:北京体育大学,2009.
- [3] 杨青.世界优秀男子乒乓球运动员主要比赛技术运用特征研究[D].上海:上海体育学院,2010.
- [4] 何哲贊.世界优秀乒乓球进攻型打法运动员比赛战术行为研究[D].上海:上海体育学院,2010.
- [5] 杨雷.中外优秀女子网球双打选手中前场技战术特征研究[D].上海:上海体育学院,2013.
- [6] 高明.对优秀男子乒乓球直横拍运动员在比赛中技战术组合的研究[D].北京:北京体育大学,2014.
- [7] 国家体育总局《乒乓长胜考》研究课题组.乒乓长胜的训练学探索[M].北京:北京体育大学出版社,2002.
- [8] 李今亮,苏丕仁.对部分世界优秀男子乒乓球进攻型选手技术实力的评估——兼谈十项指标评估法的建立[J].北京体育大学学报,1998,21(4):71-75.
- [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.
- [10] 杨青,张辉.乒乓球比赛战术“四段指标评估法”的构建与应用[J].天津体育学院学报,2014,29(5):439-432.
- [11] 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):432-437.
- [12] 张晓蓬.中国乒乓球队战术训练水平统计诊断方法及实践效用[D].北京:北京体育大学,2004.
- [13] 董扬,朱凤军,顾剑平.第48届世乒赛许斯/波尔半决赛、决赛技战术分析[J].成都体育学院学报,2005,31(4):73-75.
- [14] 杨李丽.第48届世乒赛王励勤各项技术统计分析与研究[J].哈尔滨体育学院学报,2006,24(1):92-94.
- [15] 章司路.第26届世界杯波尔与王励勤主要技术指标的比较分析[J].浙江体育科学,2006,28(3):313-315.
- [16] 郝哲,蔡学玲,郝玉娇.第28届奥运会乒乓球男单决赛半决赛柳承敏技战术分析[J].北京体育大学学报,2007,30(2):258-260.
- [17] 吴飞,刘国兵,华承健.关于改进乒乓球3段技、战术统计方法的研究[J].中国体育科技,2014,50

- (1):71-73.
- [18] 李今亮, 杨辉, 赵霞. 中国乒乓球男队主要竞争对手技术剖析及应对策略[J]. 北京体育大学学报, 2004, 27(6):830-833.
- [19] 李振彪, 单颖, 李浩松, 等. 对乒乓球技术评估标准的再研究[J]. 北京体育大学学报, 2009, 32(10): 126-128.
- [20] 李强. 对乒乓球技战术分析统计方法的新探讨——贡献率统计法[D]. 上海: 上海体育学院, 2011.
- [21] 张辉, 李晓东, 傅悦. 计算机视频技术在乒乓球比赛分析中的应用[J]. 上海体育学院学报, 2005, 29(6):47-50.
- [22] 张辉. 计算机辅助技战术诊断与分析及其在北京奥运会中的应用科学训练——以乒乓球项目为例[J]. 中国体育教练员, 2009(4):21-22.
- [23] 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(3):48-53.
- [24] 王杰. 基于人工智能的乒乓球比赛技战术诊断与评估研究[D]. 上海: 上海体育学院, 2010.
- [25] 张辉, 霍赫曼·安德烈亚斯. 乒乓球比赛的数学模拟诊断[J]. 上海体育学院学报, 2004, 28(2): 68-72.
- [26] 张辉, 霍赫曼·安德烈亚斯. 球类比赛数学模拟竞技诊断的理论与实践——以乒乓球比赛分析为例[J]. 体育科学, 2005, 25(8):39-44.
- [27] 张晓萍. 基于数学模拟诊断理论的中外女子优秀乒乓球运动员技战术特征研究[D]. 上海: 上海体育学院, 2009.
- [28] 高洪歌, 赵会群. 关联规则挖掘在乒乓球比赛技战术分析中的应用[J]. 北方工业大学学报, 2006, 18(1):15-20.
- [29] 高洪歌. 数据挖掘技术在乒乓球比赛战术分析中的应用研究[D]. 北京: 北方工业大学, 2006.
- [30] 王永梅. 神经网络的乒乓球技术诊断模型研究[D]. 上海: 上海体育学院, 2006.
- [31] 王庆东. 基于粗糙集的数据挖掘方法研究[D]. 杭州: 浙江大学, 2005.
- [32] 王杰, 虞丽娟, 张辉. 基于属性重要性的乒乓球比赛技术诊断[J]. 上海体育学院学报, 2009, 33(6): 87-90.
- [33] 杨学兵, 张俊. 决策树算法及其核心技术[J]. 计算机技术与发展, 2007(1):43-45.

Review of Statistical Studies on Technique and Tactics of Table Tennis Matches in China

ZHAO Xi-ying¹, TANG Jian-jun²

1. School of Physical Education, Nanjing Xiaozhuang University, Nanjing 211171, China;

2. Beijing Sport University, Beijing 100084, China)

Abstract: By using the method of literature and logical analysis, this article combs and discusses the relevant achievements of statistical research on technique and tactics in table tennis matches in China. It is found that statistical researches on table tennis techniques and tactics mainly include the statistical research on techniques and tactics, the construction of technical and tactical evaluation model, and technical and tactical diagnosis in competitions. The above three fields are the hot research topics in statistical researches on technique and tactics in table tennis matches in China. It is pointed out that in the future statistical researches on technique and tactics in table tennis matches shall make revision about the evaluation standards and specified subdivision of the evaluation indicators, on the basis of the previous three-sectional evaluation models. And the mathematical evaluation model of techniques and tactics shall be established using mature technology, models and methods in other fields.

Key words: table tennis; technical and tactical diagnosis; technical and tactical statistics; evaluation model; diagnostic method