



谢文骏与刘翔 110 m 栏分段成绩与总成绩的灰色关联度对比分析

王乐军¹,殷静²,许以诚³,龚铭新¹,李瑞杰¹

摘要:以刘翔在 2003—2007 年处于巅峰状态期间的 7 次国内外重大比赛中的成绩及谢文骏在 2008—2014 年期间的 11 次国内外重大比赛中的成绩作为研究对象,对刘翔与谢文骏的分段成绩、分段成绩与总成绩的灰色关联度进行了对比分析。研究发现,与刘翔相比,谢文骏全程 10 个分栏阶段和冲刺阶段的分段成绩都与刘翔有一定的差距,其中从均值看,第三栏、第四栏、第六栏的差距尤为明显。灰色关联分析发现,第五、六、八栏的分栏时间对刘翔的专项成绩影响最大,而对谢文骏专项成绩影响最大的前三栏则分别是第八、九、十栏。研究结果表明,刘翔各分段成绩对总成绩的影响具有与世界优秀 110 m 跨栏运动员非常相似的特征,而谢文骏则在后程跑阶段体现出一定的优势。

关键词: 110 m 栏;分段成绩;灰色关联度;谢文骏

中图分类号: G808 文献标志码: A 文章编号: 1006-1207(2016)05-0096-04

Comparative Analysis of the Grey Relational Grade of the Segment Time and Final Results of the 110m Hurdle Race of Xie Wenjun and Liu Xiang

WANG Lejun¹, YIN Jing², XU Yicheng³, GONG Mingxin¹, LI Ruijie¹

(1.Sport and Health Research Center, Physical Education Department,Tongji University, Shanghai 200092, China; 2. Cultural and Sports Bureau, Baoying County, Jiangsu 225800, China; 3. Physical Education and Sports Science institute of Shanghai, Shanghai 200030, China)

Abstract: With the competition results of Liu Xiang in the 7 domestic and international major events during his peak condition in 2003-2007 and those of Xie Wenjun in the 11 domestic and international major events in 2008-2014 as the research subjects, the paper makes a comparative analysis of the gray relational grade of the segment time and final results of Liu Xiang and Xie Wenjun. The conclusion shows that there is a certain gap between Xie Wenjun's results of 10 segments and in the sprint phase and those of Liu Xiang. As to the average value, the gap is distinct in the results of the 3rd, 4th and 6th hurdles. Gray relational analysis reveals that the segment time of the 5th, 6th and 8th hurdles affects greatly on Liu Xiang's final result, while the segment time of the 8th, 9th and 10th hurdles plays a significant role in the final result of Xie Wenjun. The research results demonstrate that the influence of Liu Xiang's segment time on his final result has the very similar characteristics as the world's top 110m hurdlers, whereas Xie Wenjun's advantage can be seen in his latter half running.

Key Words: 110m hurdle race; segment result; gray relational grade; Xie Wenjun

跨栏项目以其特有的观赏性和激烈的竞争性,成为了现代竞技体育最受欢迎的运动项目之一。特别是刘翔获得 2004 年雅典奥运会金牌以后,我国对 110 m 栏的关注程度达到了历史新高^[1]。但刘翔已宣布退役,目前中国现役 110 m 栏运动员鲜有在国际大赛摘金夺银的实力。如何从整体上提高我国 110 m 栏竞技水平仍是需要认真探讨的问题。

谢文骏作为刘翔的同门师弟,其在最近几年的 110 m 栏成绩喜人,堪称当前国内男子 110 m 栏项目第一人。2008 年在北京奥运会测试赛跑出 13.51 s 的成绩;2012 年

伦敦奥运会男子 110 m 栏半决赛中的成绩为 13.34 s;2013 年上海国际田径钻石联赛中成绩达到了 13.28 s,创造了个人的最好成绩,并跻身当年田径世锦赛的“A”标。但也应该看到,目前谢文骏跟国际一流 110 m 栏运动员的成绩仍有不小差距^[2-4]。

110 m 栏是一项短距离竞速类项目,其最终的运动成绩是由各分栏时间组成的。各分段成绩不仅是构成总成绩的组成要素,而且也是反映运动员专项能力的重要参考指标^[5-7]。因此,本研究通过对谢文骏与刘翔在重大比赛中的分段成绩、分段成绩与总成绩的灰色关联度对比分析,从

收稿日期: 2016-03-09

基金项目:上海市体育局科技综合计划项目(14ZH019)。

第一作者简介:王乐军,男,实验师,博士。主要研究方向:运动人体科学。E-mail:wlj0523@163.com。

作者单位:1.同济大学体育部运动与健康研究中心,上海 200092;2.江苏省宝应县文体局,江苏 225800;3.上海体育科学研究所,上海 200030。



中寻找谢文骏与刘翔专项能力的差异性及不足之处,为谢文骏的后期运动训练提供参考。

1 研究对象与方法

1.1 研究对象

以刘翔在2003—2007年处于巅峰状态期间的7次国内外重大比赛中的成绩及谢文骏在2008—2015年期间的11次国内外重大比赛中的成绩作为研究对象。其中第一、二、三……十栏分段成绩分别为从比赛开始或跨过上一栏落地时刻至跨过当前栏落地时刻所经历的时间,冲刺分段成绩为跨过第十栏落地时刻至到达终点时刻所经历的时间。所分析数据与相关文献资料所列同一比赛的分段时间成绩进行了部分对比,保证了分段成绩数据的科学性和一致性^[3, 8-12]。

1.2 研究方法

1.2.1 文献资料法

综述国内外有关110 m栏项目运动员分段成绩与总成绩相关关系、分段成绩与总成绩灰色关联度分析的相关文献资料,为课题研究提供思路和方法参考。

1.2.2 专家咨询法

对上海市110 m栏教练员、上海体育科学研究所科研人员、上海体育学院和同济大学等高校运动训练专家进行访谈,以更深入认识110 m栏项目分段成绩的特点、各分段成绩与总成绩、分段成绩与竞技能力的关系。

1.2.3 视频分析法

以上海体育科学研究所110 m栏科研保障团队多年来跟队比赛现场高速拍摄的比赛视频为素材,分别计算所分析每场比赛中刘翔或谢文骏第一、二、三……十栏和冲刺阶段的分段成绩。

1.2.4 对比分析法

通过对刘翔与谢文骏总成绩及不同分段成绩的大小关系进行对比分析,了解刘翔与谢文骏110 m栏全程分段成绩的差异性,以更深入认识刘翔与谢文骏的竞技表现特点。

1.2.5 灰色关联分析法

采用灰色系统理论中的关联度分析法,对刘翔和谢文

骏所研究比赛的各分段成绩与运动总成绩的灰色关联度进行计算,按各分段成绩对总成绩的影响程度进行关联度排序,在此基础上对刘翔和谢文骏各分段成绩对总成绩的关联度进行对比分析。灰色关联分析度参照相关文献资料进行计算^[13-15]。其基本步骤简述如下。

(1)根据刘翔和谢文骏各次比赛分段成绩与总成绩,建立母子序列函数,其中各分段成绩指标为子序列。

(2)均值化:对原始数据进行标准化处理,标准化公式为 $X_i' = \frac{X_i}{\bar{X}}$ 。

其中, X_i' 为标准化后的值, X_i 为原始数据, \bar{X} 为 X_i 序列数据的平均值。

(3)计算各子序列(各分段成绩)与母序列(总成绩)在同一时刻的绝对差值,并列对应数列表。

(4)求关联系数。将(3)中所列的对应数列表中的相应差数($\Delta X'$)、最小差数(Δ_{\min})和最大差数(Δ_{\max})代入灰色关联系数计算公式,即

$$\text{corr} = \frac{\Delta_{\min} + p\Delta_{\max}}{\Delta X' + p\Delta_{\max}}$$

其中,参考相关研究文献,此处P取0.5。

2 研究结果

表1和表2分别为本文所研究的刘翔7次比赛全程分栏时间与成绩一览表和谢文骏11次比赛全程分栏时间与成绩一览表。图1分别对刘翔和谢文骏各次比赛分段成绩进行统计计算,获取各分段成绩的平均值及标准差。从图1可以看出,刘翔从第一栏至第十栏的分段成绩分别为(2.581 ± 0.025) s、(1.052 ± 0.025) s、(1.009 ± 0.008) s、(1.009 ± 0.022) s、(1.012 ± 0.012) s、(1.006 ± 0.015) s、(1.023 ± 0.017) s、(1.029 ± 0.016) s、(1.039 ± 0.018) s、(1.056 ± 0.016) s,冲刺阶段成绩为(1.382 ± 0.032) s。谢文骏从第一栏至第十栏的分段成绩分别为(2.603 ± 0.041) s、(1.064 ± 0.011) s、(1.040 ± 0.011) s、(1.037 ± 0.022) s、(1.027 ± 0.015) s、(1.033 ± 0.010) s、(1.040 ± 0.015) s、(1.038 ± 0.008) s、(1.055 ± 0.016) s、(1.072 ± 0.013) s,冲刺阶段成绩为(1.388 ± 0.019) s。与刘翔相比,谢文骏全程10个分栏阶段和冲刺阶段的分段成绩都与刘翔有一定的差距,其中从均值看,第三栏、第四栏、第六栏的差距尤为明显。

表1 刘翔全程分栏时间与成绩一览表(单位:s)
Table I Liu Xiang's Segment Time and Final Results(s)

成绩	一栏	二栏	三栏	四栏	五栏	六栏	七栏	八栏	九栏	十栏	冲刺
13.36	2.59	1.04	1.01	1.05	1.02	1.02	1.03	1.04	1.04	1.07	1.45
13.34	2.59	1.08	1.01	1.03	1.02	1.02	1.04	1.04	1.06	1.08	1.40
13.32	2.63	1.10	1.00	1.00	1.02	1.02	1.05	1.05	1.05	1.06	1.34
13.23	2.58	1.05	1.02	1.00	1.02	1.01	1.02	1.04	1.06	1.05	1.38
13.17	2.57	1.04	1.02	1.00	1.02	1.00	1.02	1.02	1.04	1.06	1.38
13.06	2.57	1.04	1.01	1.00	1.00	1.01	1.00	1.02	1.02	1.05	1.36
12.91	2.55	1.02	1.00	0.98	0.99	0.98	1.00	1.00	1.01	1.03	1.37



表 2 谢文骏全程分栏时间与成绩一览表(单位:s)
Table II Xie Wenjun's Segment Time and Final Results(s)

成绩	一栏	二栏	三栏	四栏	五栏	六栏	七栏	八栏	九栏	十栏	冲刺
13.36	2.60	1.06	1.04	1.04	1.02	1.04	1.02	1.03	1.05	1.06	1.40
13.23	2.54	1.06	1.02	1.00	1.00	1.02	1.02	1.04	1.04	1.08	1.41
13.28	2.54	1.06	1.03	1.01	1.04	1.02	1.04	1.03	1.04	1.06	1.41
13.34	2.60	1.08	1.04	1.01	1.01	1.04	1.02	1.04	1.05	1.07	1.38
13.43	2.55	1.06	1.04	1.05	1.05	1.04	1.06	1.04	1.06	1.08	1.40
13.44	2.60	1.06	1.03	1.06	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.08	1.41
13.48	2.64	1.08	1.04	1.06	1.04	1.02	1.04	1.03	1.05	1.08	1.36
13.42	2.64	1.06	1.06	1.02	1.02	1.04	1.04	1.04	1.06	1.08	1.36
13.48	2.64	1.08	1.04	1.06	1.04	1.02	1.04	1.03	1.05	1.08	1.36
13.51	2.62	1.06	1.06	1.06	1.02	1.04	1.06	1.06	1.06	1.08	1.39
13.47	2.66	1.04	1.04	1.04	1.02	1.04	1.06	1.04	1.10	1.04	1.39

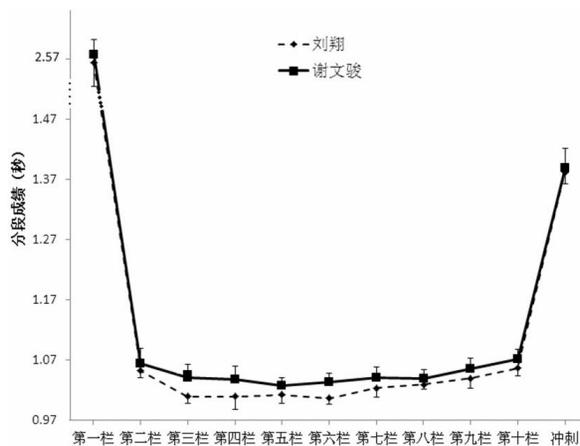


图 1 刘翔与谢文骏各分段成绩比较

Figure 1 Comparison between the Segment Time of Liu Xiang and That of Xie Wenjun

表 3 刘翔与谢文骏分栏时间关联度及排序一览表(单位:s)

Table III Relational Grade and Sequence of Liu Xiang and Xie Wenjun's Segment Time(s)

		一栏	二栏	三栏	四栏	五栏	六栏	七栏	八栏	九栏	十栏	冲刺
关 联 度	刘翔	0.76	0.64	0.61	0.65	0.82	0.82	0.77	0.77	0.71	0.76	0.67
	谢文骏	0.38	0.38	0.46	0.26	0.29	0.48	0.37	0.53	0.51	0.50	0.30
排 序	刘翔	5	10	11	9	1	2	4	3	7	6	8
	谢文骏	6	7	5	11	10	4	8	1	2	3	9

表 3 是刘翔与谢文骏分栏时间关联度及排序一览表。由表 3 可知, 在刘翔各分段成绩与总成绩的灰色关联度上, 排在第一位的是第五栏, 第二、三、四位分别为第六、八、七栏, 而排在最后几位的分别是第二、三、四栏。而从谢文骏看, 排在第一位的是第八栏, 第二、三、四位分别为第九、十、六栏, 第五~八位分别是第三、一、二、七栏, 第九~十一位分别是冲刺、第五栏和第四栏。

3 分析与讨论

灰色关联分析法通过比较所分析数据序列所构成曲线与标准序列所构成曲线几何形状的相似程度来判断所分析序列数据与标准序列数据之间的灰色关联度, 该灰色关联度与曲线几何形状的接近程度成正比。灰色关联分析在判别和评价事物主要影响因素和次要影响因素方面有

着广泛的应用, 可揭示出各个子因素对主因素的影响大小规律^[13-15]。在运动训练的相关研究中, 已有众多研究文献采用灰色关联分析理论, 从运动员竞技能力结构分析^[16, 17]、身体素质评价^[18, 19]、分段成绩贡献等不同角度开展了研究。

110 m 栏是一项短距离竞速类项目, 其最终的运动成绩是由各分栏时间组成的。基于 110 m 栏项目的中分段成绩与竞技能力结构之间的密切和清晰的联系, 前期有众多研究基于灰色关联分析理论对 110 m 栏各分段时间与总成绩的关系进行了分析与探讨。在这些研究中, 程晖等采用灰色关联度分析法对中外优秀 110 m 跨栏跑运动员主要技术指标与成绩的关系进行量化分析^[20]; 张正红和刘志兰通过对刘翔跨栏分段成绩与总成绩灰色关联度的分析, 分析了各分段成绩与总成绩贡献度, 并据此建立了刘翔跨栏分段成绩与总成绩关系的预测模型^[10]; 徐树礼和闫之朴



采用灰色关联分析法对刘翔7次重大比赛的分段速度与全程成绩进行了研究,找出了影响总成绩的主要因素,并建立了刘翔专项成绩与分段成绩的预测模型^[9];王阳春等对世界优秀男子110 m跨栏运动员的分栏时间与专项成绩的灰色关联度进行了计算与分析,总结出了世界优秀男子110 m跨栏运动员各分栏时间与专项成绩关联度的总体规律^[10]。这些研究为深入认识110 m栏运动员分段成绩与专项成绩的关系及个性化地制定运动训练方案提供了科学化的建议,并为后期相关研究提供了思路和借鉴。通过综述这些文献发现,不同运动员分段成绩与总成绩的关系具有个性化的特征,因此对运动员进行个性化的分段成绩评价对于运动训练仍具有重要参考价值。但目前尚未见有研究对谢文骏分段成绩与总成绩的关系进行过分析与探讨。

从本文的研究结果看,谢文骏全程10个分栏阶段和冲刺阶段的分段成绩都与刘翔有一定的差距,其中第三栏、第四栏、第六栏的差距尤为明显。分段成绩与总成绩的灰色关联分析结果则显示,刘翔与谢文骏各分段成绩对总成绩的影响存在差异,其中对刘翔110 m栏总成绩影响最大的是第五栏,其次分别为第六、八、七栏,而第二、三、四栏的分栏时间对刘翔的总成绩影响最小。而从谢文骏看,对总成绩影响最大的分别为第八、九、十、六栏,影响最小的分别为第四、五栏和冲刺阶段。

张玉泉等采用相关分析研究了110 m栏运动员从起跑至第三栏(D1)时间、第四栏至第七栏(D2)时间、第八栏至终点(D3)时间与跨栏成绩的关系,发现跨栏运动员D2和D3跑段是决定成绩的关键区域^[21]。由于D1、D2、D3的分段成绩分别与运动员的专项加速能力、专项保持高速能力和专项速度耐力密切相关,因此该研究结果反映出最大栏间速度、保持速度以及冲刺能力是取胜的关键因素^[22]。王阳春等对世界优秀男子110 m跨栏运动员分栏时间与专项成绩的灰色关联分析结发现,对专项成绩影响最大的是第六栏,其次分别为第八、五、四栏,提示在110 m栏运动中,与世界优秀男子110 m跨栏运动员专项成绩关系最为密切的竞技能力是达到最高速度和保持高速度跨栏跑的能力^[14]。

因此,通过以上分析可以看出,刘翔各分段成绩对总成绩的影响具有与世界优秀110 m跨栏运动员非常相似的特征,即跨栏区域的D2段分段成绩对最终成绩的影响最大,说明达到最高速度和保持高速度跨栏跑的能力对刘翔的专项成绩的影响作用是最大的。在这一点上,谢文骏与世界优秀跨栏运动员尚有一定的差距,提示对谢文骏起跑后的快速加速能力和达到最高速度能力的训练与提升,仍是今后训练的重点之一。

前期研究发现,世界优秀110 m栏运动员在跨过第六栏后速度开始下降,第六~七栏是跨栏速度的调整阶段,之后进入第二次加速和冲刺阶段,而第八栏是第二次加速的关键^[14, 23]。从谢文骏各分段成绩对总成绩的影响看,排在前三位的分别是第八、九、十栏,说明第二次加速后的D3段分段成绩对谢文骏总成绩的影响是最大的,提示谢文骏在110 m栏后程的加速及速度保持方面具有一定优势。

通过以上的分析研究可以看出,在后期的训练中,谢文骏在保持后程速度耐力优势和保障相关竞技能力训练的同时,应重点加强其达到最高速度和保持高速度跨栏跑方面的能力,提高D2段分段成绩对其最终成绩的贡献度。

此外需要强调的是,灰色关联分析只是从总成绩与分段成绩变化曲线几何形状的接近程度角度探讨了不同分段成绩对总成绩的影响的大小,为运动员在现有成绩基础上进行更有针对性的训练与成绩提升提供参考意见。由于总成绩是由各分段成绩共同组成的,且某分段成绩的改变与提升,也从一定程度上会促使其他分段成绩的改变。因此,在重点提高某分段成绩及专项竞技能力的同时,绝不能忽视其他分段成绩及专项竞技能力对运动总成绩的影响。

4 结论

与刘翔相比,谢文骏全程10个分栏阶段和冲刺阶段的分段成绩都与刘翔有一定的差距,其中第三栏、第四栏、第六栏的差距尤为明显。刘翔在起跑后的第一次快速加速和达到最高速度的能力在专项成绩中贡献最大,而谢文骏则在第二次的加速及在专项成绩中有最大的贡献率。刘翔各分段成绩对总成绩的影响具有与世界优秀110 m跨栏运动员非常相似的特征,而谢文骏则在后程跑阶段体现出一定的优势。在后期的训练中,谢文骏在保持后程速度耐力优势和保障相关竞技能力训练的同时,应重点加强其达到最高速度和保持高速度跨栏跑方面的能力,提高D2段分段成绩对其最终成绩的贡献度。

参考文献:

- [1] 唐华. 110m 栏运动员竞技能力结构特征及训练趋势研究[D]. 陕西师范大学, 2012.
- [2] 许以诚, 郭家宽. 我国优秀110 m 栏运动员谢文骏跨栏技术运动学分析: 中华人民共和国第十一届运动会科学大会[Z]. 中国山东济南: 2009, 2.
- [3] 诸文兵. 我国优秀110m 栏运动员谢文骏跨栏技术分析[J]. 上海体育学院学报, 2015(03): 68-70.
- [4] 许以诚, 米卫国, 张蒙汉. 对雅典奥运会决赛中刘翔跨栏技术的分析[J]. 体育科研, 2004(06): 26-28.
- [5] 郭素华. 跨栏项目特点与专项力量训练[J]. 田径, 1997(06): 12-14.
- [6] 郭雪奇, 黄勇, 王乐军, 等. 刘翔110米栏分段时间与总成绩的相关关系研究[J]. 成都体育学院学报, 2009(07): 37-39.
- [7] 戴勇. 世界优秀跨栏运动员全程速度变化分析[J]. 北京体育大学学报, 2000(03): 418-419.
- [8] 管庆超. 对刘翔110m 栏分段成绩与专项成绩的分析与探讨[J]. 体育科技, 2014(01): 66-68.
- [9] 徐树礼, 闫之朴. 刘翔备战伦敦奥运会的科学化训练研究——分栏速度与全程成绩的离散灰色关联分析及模式化训练途径[J]. 山东体育科技, 2011(04): 1-3.
- [10] 张正红, 刘志兰. 刘翔分段成绩与专项成绩的灰色关联分析及模式化训练途径[J]. 武汉体育学院学报, 2008(04): 90-92.
- [11] 诸文兵. 我国优秀110m 栏运动员谢文骏跨栏技术分析[J].

(下转第103页)



- 分的研究[J]. 中国体育科技,2001(04):22-24.
- [32] Dowson M N, Nevill M E, Lakomy H K, et al. Modelling the relationship between isokinetic muscle strength and sprint running performance[J]. J Sports Sci,1998,16(3):257-265.
- [33] Mayhew J L, Hancock K, Rollison L, et al. Contributions of strength and body composition to the gender difference in anaerobic power[J]. J Sports Med Phys Fitness,2001,41(1):33-38.
- [34] Young W, Mclean B, Ardagna J. Relationship between strength qualities and sprinting performance[J]. J Sports Med Phys Fitness,1995,35(1):13-19.
- [35] Jacobs I, Esbjornsson M, Sylven C, et al. Sprint training effects on muscle myoglobin, enzymes, fiber types, and blood lactate [J]. Med Sci Sports Exerc,1987,19(4):368-374.
- [36] Moura T, Costa M, Oliveira S, et al. Height and body composition determine arm propulsive force in youth swimmers independent of a maturation stage[J]. J Hum Kinet,2014,42:277-284.
- [37] Cochrane K C, Housh T J, Smith C M, et al. Relative contributions of strength, anthropometric, and body composition characteristics to estimated propulsive force in young male swimmers [J]. J Strength Cond Res,2015,29(6):1473-1479.
- [38] Widerman P M, Hagan R D. Body weight loss in a wrestler preparing for competition: a case report[J]. Med Sci Sports Exerc,1982,14(6):413-418.
- [39] Moura T, Costa M, Oliveira S, et al. Height and body composition determine arm propulsive force in youth swimmers independent of a maturation stage[J]. J Hum Kinet,2014,42:277-284.

(责任编辑:何聪)

(上接第99页)

- 上海体育学院学报, 2015(03): 68-70.
- [12] 何斌,郭小林. 谢文骏跨栏技术的运动学分析[J]. 湖南第一师范学院学报, 2014(03): 121-124.
- [13] 张正红,王阳春,刘志兰. 刘翔备战奥运会科学化训练研究——分栏时间与专项成绩灰色关联分析及模式训练途径[J]. 西安体育学院学报, 2008(04): 53-55.
- [14] 王阳春,张正红,刘志兰. 世界优秀跨栏运动员分栏时间与专项成绩灰色关联分析[J]. 天津体育学院学报, 2008(03): 275-276.
- [15] 邓聚龙. 灰理论基础[M]. 武汉: 华中科技大学出版社, 2002.
- [16] 徐明欣,王童,潘新铭. 灰色关联分析在运动员竞技能力诊断中的应用[J]. 青岛大学学报(自然科学版), 2001(03): 85-90.
- [17] 徐明欣,王童,王秉彝,等. 运动成绩与竞技能力内在关系灰色关联分析[J]. 首都体育学院学报, 2001(01): 93-96.
- [18] 及化娟,梁月红,魏孟田,等. 对速度素质敏感期 11 岁男生身体素质灰色关联分析[J]. 北京体育大学学报, 2006(06): 804-806.
- [19] 朱泳. 不同水平男子百米运动员的身体素质与运动成绩的灰色关联度分析[J]. 广州体育学院学报, 2004(04): 57-59.
- [20] 程晖,王麒麟,张亚平,等. 中外优秀 110m 栏运动员主要技术指标与成绩的灰色关联分析[J]. 体育科技文献通报, 2009(10).
- [21] 张玉泉,张荃,田坤. 影响我国男子 110m 栏运动成绩的技术因素分析[J]. 体育与科学, 2004(03): 55-57.
- [22] 李汀,李爱东,钱风雷,等. 对刘翔备战第 28 届奥运会的综合攻关与服务[J]. 体育科学, 2006: 26-32.
- [23] 徐勤儿. 中外优秀 110m 跨栏跑运动员速度特征分析[J]. 西安体育学院学报, 2007(06): 90-92.

(责任编辑:何聪)