

世界优秀女子 10000m 项目速度节奏研究分析

赵寅宇,仇新元,马祥海

(鲁东大学体育学院,山东烟台 264000)

[摘要]为探寻世界优秀女子长跑 10000m 项目的全程速度分配规律,需通过数据分析出她们比赛时所采用的速度节奏策略与竞技方式。本文采用准实验设计,运动员全程速度分配数据均下载于 World Athletics。本文采用 RSR 秩和比综合评价法将获取速度数据的运动员按照比赛表现进行等级分档;数理统计法计算相关速度变量找出各数据之间内在联系;灰色关联分析法将比赛全程划分为不同的四个比赛区域。结果:第四区域速度差异显著且与总成绩紧密相关;第四区域的速度变异系数最大;第三档次运动员与其余两个档次相比在第三区域的速度差距最小,最大差距在第四区域;同时在前三个区域要保持速度的稳定,不能过早发力。结论:运动员要具有优秀的速度保持能力与体能分配。

[关键词]女子 10000m;速度节奏;分段速度;变量

[作者简介]赵寅宇(1998—),男,山东烟台人,硕士在读,研究方向:运动训练。仇新元(2000—),男,山东淄博人,硕士在读,研究方向:体育教育。马祥海(1975—),男,山东烟台人,鲁东大学体育学院副教授,博士,研究方向:体育社会学。

[DOI]https://doi.org/10.62662/kxwxz0108012

[本刊网址]www.oacj.net

世界女子 10000m 长跑项目在近几年不断被其他国家运动员霸榜,究其原因,除了自身训练之外,合理的速度节奏也是其一,这成为各国教练员一直研究的重点。

相关研究表明,10000m 长跑的能量消耗大,因此尽量减少能量消耗、保持均匀较高运动速度是取得良好成绩的保障。由此总结出,运动员在比赛时速度节奏的稳定以及对对手战术的干扰才是取得优异名次的关键。

因此,科学地分析该项目的成绩对于客观了解其发展态势、制定相应的调控政策、更好的科学训练和可持续发展具有重要的理论价值和实践意义。

一、研究方案

(一)研究对象

以 2023 年世锦赛女子 10000m 决赛中前十名运动员全程速度节奏变化的特点为研究对象,研究依据为运动员在各分段的时间与速度参数指标。

目前对该项目,世锦赛通常采用每 400m 分段

距离分析法透视运动员全程速度的分配情况,用分段平均速度反映运动员的全程速度节奏。速度节奏对体能类竞速项目运动成绩有重要影响,优秀运动员的全程速度节奏变化是一种战术选择,也是重要的参赛能力。

(二)研究方法

1. 准实验设计

采用准实验设计方法,并且使用准自变量,其中:2023 年世锦赛女子 10000m 的比赛结果、分析表等数据均下载于 World Athletics。

2. 数理统计

针对研究所需的比赛数据,使用 Microsoft Excel 2019 计算衍生数据并制作相关速度指标变化曲线图;运用灰色建模软件将比赛全程进行区域划分;使用 SPSS 25.0 对研究指标进行统计学处理。

3. RSR 秩和比综合评价

借助秩和比法的相关统计学优势,将整理统计的比赛数据按照秩和比法的计算公式,计算出女子

10000m 前十名的 RSR 值,并将计算所得 RSR 值进行分档,对她们所采取的速度节奏战术进行综合评价。例如表 1:

表 1 2023 年世锦赛女子 10000m 前十名运动员分档等级

RSR 排名	Probit	RSR 拟合值	分档等级
第一名(1)	6.2815515655446	0.7445603561062344	3
第二名(2)	5.841621233572914	0.6606600241967666	3
第三名(3)	6.959963984540054	0.8739422672604915	2
第四名(4)	5.5244005127080404	0.6001619820412274	2
第五名(5)	5.2533471031358	0.5484686356734494	2
第六名(6)	5	0.5001521080402427	2
第七名(7)	4.614679533592432	0.4266665748236185	2
第八名(8)	4.158378766427086	0.3396441918837187	2
第九名(9)	4.614679533592432	0.4266665748236185	2
第十名(10)	3.7184484344553996	0.2557438599742508	1

根据拟合的 RSR 值排序,并且进行分档等级,分档等级数字越大表示等级水平越高,即效应越好。因此通过计算,可将前十名运动员分成三个等级。

4. 灰色关联分析

灰色关联分析是对系统态势发展变化进行量化分析的方法,作为一种因素分析方法,它采用量化方式获得灰色关联度,区分系统变量之间关系的密切程度。在女子 10000m 长跑项目中,把运动员的最终用时看作母序列(对比序列),每 2000m 的用时看作特征序列,不同特征序列对母序列的影响程度不同,在不同赛段采用不同速度战术会对运动员最终成绩产生不一样的影响。通过每 2km 分段间的清晰值,判断前后分段之间速度变化趋势,清晰值相差较大的两个连续子系统不存在同步变化趋势,不同分段间采取了不同的速度变化,因此清晰值相接近的子系统间可以划分为全程的一个区域。例如表 2:

表 2 女子 10km 每 2km 成绩之间的关联度和清晰值一览表

分段(km)	0~2	2~4	4~6	6~8	8~10
关联度	0.705	0.725	0.714	0.824	0.516
清晰值		0.02	0.011	0.11	0.308
区域	第一区域	第二区域	第三区域	第四区域	

如表 2 所示,清晰值最大的为 0.308,是 6~8km 和 8~10km 之间的清晰值,与 4~6km 和 6~8km 之间的清晰值 0.11 相差较大,说明二者紧密程度较低,分段之间关联程度不强,因此可将 4~10km 分为 4~6km 一个区域,6~8km 一个区域,8~10km 一个区域。其次 0~2km、2~4km 之间的清晰值和 2~4km、4~6km 之间的清晰值相差较小,分别为 0.02 和 0.011,说明 0~4km 这两个分段之间关联程度紧密,因此将 0~4km 划分为一个区域。综上所述,将女子 10km 全程划分为四个区域:第一区域(0~4km)、第二区域(4~6km)、第三区域(6~8km)、第四区域(8~10km)。

二、研究设计统计变量与分析

(一)速度变量

利用上述十名运动员在比赛中的全程平均速度、全程区域系数、速度波动差、每区域速度差值率、速度变异系数来分析不同档次运动员速度变量之间的变化。

(二)变量分析

利用 Microsoft Excel 2019、SPSS 25.0 统计软件对上述各项变量进行相关统计分析如下:

1. 描述性统计分析。

2. 相关性分析:利用皮尔逊相关性(Pearson Correlation Coefficient)分析运动员的分段成绩同总成绩的相关性。

三、研究结果与分析

(一)女子 10000m 速度节奏类型与全程区域系数

如图 1 所示,本次世锦赛女子 10000m 比赛中,运动员出发速度较慢,在第一区域(0~4km)处呈加速趋势,速度达到一个顶点,随后在第二区域,速度有所下降,直到第三区域和第四区域,速度开始上升,第三区域为加速阶段,第四区域开始进入冲刺阶段,速度明显上扬。整体来看,所有运动员水平几乎持平,没有太大差别,只在起步阶段与冲刺阶段有稍许差别,速度节奏类型都为消极性速度节奏,即低速度启动,逐渐加速到一定水平,在途中跑阶段,尽量维持这一速度,随后在冲刺阶段不断加速至终点。

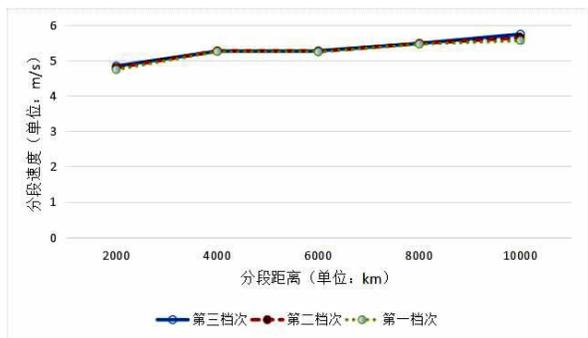


图1 2023年世锦赛女子10000m前十名运动员分段平均速度折线图

表3所示为每区域速度相对于全程平均速度的速度系数。当各区域速度相对于全程平均速度的速度系数大于0时,说明此时的分段速度大于全程平均速度;当各区域速度相对于全程平均速度的速度系数小于0时,说明此时的区域速度小于全程平均速度。

表3 不同档次运动员各区域分段速度相对于全程平均速度的速度系数

分段区域/km	第三档次	第二档次	第一档次
第一区域	-6.22	-5.98	-5.93
第二区域	-2.14	-1.87	-1.41
第三区域	1.76	2.43	2.73
第四区域	6.59	5.42	4.61

注:速度系数 $[Cv = (v1-v2)/v2 \times 100\%$ (v1 相对于 v2 的速度系数)]

由图1和表3所示,第三档次的运动员在第一区域(0~4km)处完成了第一次加速,且在第二区域到第三区域之间速度系数由负值逐渐增加到正值,并在不断增大,表明第三档次的运动员比赛速度缓慢增加,峰值速度出现在第四区域最后冲刺阶段。

第一档次运动员与第三档次运动员的速度趋势相同,速度系数的变化相近,峰值速度都出现在第四区域冲刺阶段,且在速度系数差方面第二、第一档次运动员不管是在第一区域到第二区域,还是第二区域到第三区域均高于第三档次,说明第二、第一档次运动员在这两个区域之间的加速度要好于第三档次的运动员。

三个档次的运动员以低于平均速度的比赛速度开始,并逐渐加速,采用消极性速度节奏,以变换性速度节奏完成比赛。第二、第一档次的运动员发力较早,在前三个区域的加速度超过第三档次运动

员,这也导致最后冲刺阶段爆发力下降、增速幅度不够。第三档次的运动员发力较晚,但在第三区域到第四区域冲刺阶段,冲刺速度呈指数式爆发,速度系数差为4.83,远大于第二档次的2.99和第一档次的1.88,同时在前三个区域保持了速度的增减幅度,有较强的速度保持能力,这也是第三档次的运动员能够反超其余两个档次取得好成绩的原因之一。

(二) 全程速度参数分析

1. 各区域速度分析

速度波动差可以清晰体现出三个档次运动员在比赛过程中不同区域速度的变化。结合表4和图2,可以看出第三档次运动员相较于第二、第一档次运动员速度波动较大,最大波动差0.69m/s,第二、第一档次选手的速度波差为0.61m/s、0.56m/s,同时根据折线图可以看出三个档次运动员在第一区域与第三区域到第四区域的速度变化较大,第二区域速度变化较小。但速度波动差折线图(图2)的整体走向是下滑的折线,说明三个档次运动员在速度变化上整体呈加速的趋势。

表4 各档次运动员各分段速度对比(单位:m/s)

组别	第一区域	第二区域	第三区域	第四区域
第三档次	5.05	5.27	5.48	5.74
速度波动	0.69	0.47	0.26	0
第二档次	5.03	5.25	5.48	5.64
速度波动	0.61	0.39	0.16	0
第一档次	5	5.24	5.46	5.56
速度波动	0.56	0.32	0.1	0

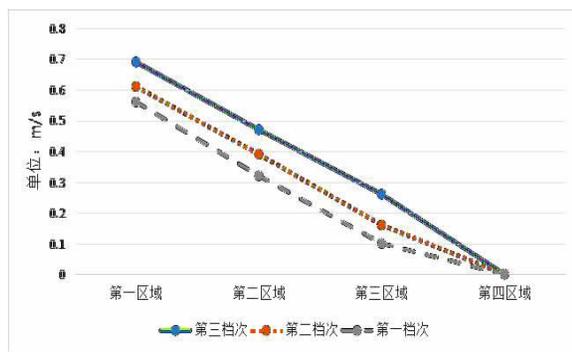


图2 不同档次运动员速度波动差折线图

同时,三个档次运动员在四个区域的速度波动差最大值分别为0.13m/s、0.15m/s、0.16m/s,结合

图2可以发现,所有运动员整体上的速度变化随着比赛的进行不断加快,第三档次与其余两个档次相比在第三区域的速度差距最小,第一区域和第四区域的速度差距大,最大差距在第四区域。

综上,在各区域的速度变化上,三个档次运动员在第一区域和第四区域变化较大,第二区域和第三区域速度变化较小,第一区域慢速启动速度逐渐加快,中间段落速度保持稳定留存体力,不被拉开距离,随后阶段速度明显上升,将速度爆发在冲刺阶段。

2. 女子 10000m 每区域速度差值率与总成绩之间相关性

结合表5,通过相邻两个区域之间平均速度的差值率,可以看出相邻两个区域之间平均速度的变化。所以当差值率 >0 时,运动员在加速;当差值率 <0 时,运动员在减速;差值率 $=0$ 时,运动员速度不变;同时差值率的绝对值越大,相邻区域之间速度变化越大。

表5 不同档次运动员相邻区域的区域速度差值率(%)

组别	第一、二区域 速度差值率	第二、三区域 速度差值率	第三、四区域 速度差值率
第三档次	4.356	3.985	4.745
第二档次	4.374	4.381	2.92
第一档次	4.8	4.198	1.832

(区域速度差值率=后一区域-前一区域/前一区域)

从表中可以看出三个档次运动员四个区域之间的速度差值率全部大于零,因此三个档次运动员从起步阶段一直是加速过程,为了让四个区域之间速度的变化更清晰,利用数据的绝对值来分析相邻区域之间速度的变化。第三档次: $4.745\% > 4.356\% > 3.985\%$,数值越大代表相邻区域之间平均速度的差值越大。第二、三区域之间速度变化最小,其次是第一、二区域,第三、四区域之间速度变化最大,第四区域相较于第三区域速度增幅达到 4.745% ,从而获取比赛优胜的速度节奏。

第二档次: $4.381\% > 4.374\% > 2.92\%$,第三、四区域之间速度变化最小,最大值在第二、三区域,说明第二档次运动员速度提升较早,相对导致后程速度增幅不及第三档次。

第一档次: $4.8\% > 4.198\% > 1.832\%$,第一档次运动员在起步阶段速度提升较大,速度差值率达到 4.8% ,随后赛程的速度增幅一直在减小,最小值在第三、四区域,这也间接导致名次落后于前两个档次。

第三档次运动员在比赛的最后一区域进行大幅度的速度提升,说明第三档次运动员在比赛前三个区域保留了充足的体能,对速度的把控较为合理,整体呈现加速状态。反观剩下两个档次运动员整体的速度增幅趋势一直在减小,整体呈现“前快后慢”的速度模式。运动员只有维持较高速度的持续跑才是决定比赛成绩的关键因素。

为了更好地分析区域速度差值率与总成绩的关系,对运动员区域速度差值率与总成绩之间进行相关性分析,如表6。通过表6可以看出三个档次运动员总成绩与第三、四区域速度差值率之间存在显著相关($p < 0.1$)。同时相邻区域之间的速度差值率越大,代表两个区域之间速度变化越快,最后总成绩越好。第三、四区域速度差值率与总成绩之间存在显著相关($p < 0.1$),意味着第四区域的速度相比于第三区域的速度提升得越大,那么相对来说运动员的总成绩将会越好。因此结合两个表可以看出,第三档次的运动员因为第四区域的速度幅度提升要大于其他两个档次,所以总成绩较好。

表6 运动员 10000m 成绩与各区域速度差值率的相关系数矩阵

区域速度差值率	第一、二区域 速度差值率	第二、三区域 速度差值率	第三、四区域 速度差值率	总成绩
第一、二区域 速度差值率	1(0.000 ***)			
第二、三区域 速度差值率	0.079(0.949)	1(0.000 ***)		
第三、四区域 速度差值率	-0.806(0.403)	-0.654(0.547)	1(0.000 ***)	
总成绩	0.887(0.305)	0.53(0.644)	-0.988(0.098 *)	1(0.000 ***)

注: ***, **, * 分别代表 1%、5%、10% 的显著性水平

3. 女子 10000m 全程速度波动分析

全程区域变异系数体现出运动员比赛时全程速度变化幅度,数值的大小体现出运动员对于速度

的把控,即运动员匀速跑的能力。为分析三个档次运动员全程速度波动情况,计算出三个档次运动员全程速度变异系数(速度变异系数 CV:标准差/平均值 $\times 100\%$)。

根据表7可以看出,三个档次运动员速度变异系数依次为0.055%、0.05%、0.047%,第三档次运动员在比赛过程中速度的变化要高于其余两个档次,同时也说明第一档次运动员的0.047%相比其余两个档次在全程的速度变化上相对稳定一些。

表7 不同档次运动员全程速度变异系数

组别	全程平均速度(m/s)	速度变异系数(%)
第三档次	5.385	0.055
第二档次	5.35	0.05
第一档次	5.315	0.047

为了分析出运动员各区域之间的速度波动,需计算出运动员区域速度变异系数,以此来反映出此区域运动员的速度变化。

根据表8,三组运动员在前三个区域速度变化幅度较小,在0.002%~0.004%之间波动,可以看出在前三个区域他们的能量消耗与匀速跑的能量非常接近,同时能够发现在第四区域的速度变异系数最大,前三个区域表现出高水平10000m运动员的匀速跑能力,第四区域速度变异系数的增大体现出运动员后期速度的持续加快。

表8 运动员各区域速度变异系数(%)

第一区域	第二区域	第三区域	第四区域
速度变异系数	速度变异系数	速度变异系数	速度变异系数
0.004	0.006	0.002	0.012

运动员四个区域速度变异系数探寻的是运动员本场比赛的速度变化,是为了击败对手所采取的战术,并以此来提高本场比赛的名次。

四、结论

1. 世界高水平女子10000m运动员普遍以低于平均速度的比赛速度开始,采用消极性速度节奏,在逐渐加速的同时保持节奏以及速度的增减幅度。

2. 在各区域的速度变化上,三个档次运动员速

度趋势变化相同,第一区域慢速启动速度逐渐加快,第三档次运动员在比赛前三个区域保留了充足的体能,对速度的把控较为合理,第四区域的速度差值率最大且与总成绩密切相关,整体呈现加速状态,这也为最后的冲刺阶段做好了准备。其余两个档次运动员整体呈现“前快后慢”的速度模式。

3. 运动员在训练时要注意提高比赛中间段落的速度耐力,比赛开始时可以留存体力,采取跟随跑战略,跟对手之间保证相对距离,通过每区域速度差值率与总成绩之间相关性可以知道,在保证距离不被拉开的前提下,速度爆发得越高,提速越快,越能取得优异名次。

参考文献:

- [1]全国体育学院教材委员会. 田径运动高级教程[M]. 北京:人民体育出版社,2000:302.
- [2]翟琼. 中国女子10000m跑成绩的灰色马尔科夫模型预测的研究[D]. 大连:辽宁师范大学,2015.
- [3]高玉花. 伦敦奥运会男子20km竞走运动员的战术节奏分析[J]. 广州体育学院学报,2013,33(3):65-69,77.
- [4]李军,许磊,邹吉玲. 我国男子速度滑冰1500m运动员冬奥会成绩瓶颈与突破策略[J]. 冰雪运动,2021,43(3):14-17.
- [5]刘松. 不同水平女子20km竞走运动员速度节奏研究[D]. 济南:山东师范大学,2022.
- [6]初士睿. 基于RSR法2020-2021赛季CBA总决赛双方攻防能力比较研究[J]. 当代体育科技,2022,12(15):55-59.
- [7]付雅芳,杨任农,刘晓东,等. 基于灰色关联分析的软件工作量估算方法[J]. 系统工程与电子技术,2012,34(11):2384-2389.
- [8]姚天祥,巩在武. 灰色预测理论及其应用[M]. 北京:科学出版社,2014.
- [9]马俊驰,原君,王逸冰. 东京奥运会女子20km竞走选手速度节奏的实证研究[J]. 首都体育学院学报,2022,34(2):152-160.
- [10]郑庆洋. 优秀男子10000m运动员速度节奏特点研究[D]. 济南:山东师范大学,2022.
- [11]Foster C., Schrager M., Snyder A. C., Thompson N. N. Pacing Strategy and Athletic Performance[J]. Sport Med., 1994, 17(2): 77-85.

Research and Analysis on the Speed Rhythm of the World Women's 10000m Long-distance Running

ZHAO Yin-yu, QIU Xin-yuan, MA Xiang-hai

(School of Physical Education, Ludong University, Yantai Shandong 264000, China)

Abstract: In order to find out the speed distribution rule of the world excellent women's 10000m long-distance running events, the speed rhythm strategy and the competitive mode should be analyzed through the data. This paper uses quasi-experimental design, with the data of speed distribution downloading from World Athletics. It also uses the RSR comprehensive evaluation method to grade the athletes according to their performance; the mathematical statistics method to calculate the relevant speed variables to find the internal relations among the data; and the gray correlation analysis method to divide the whole course of the competition into four different competition regions. Results: the speed difference in the fourth region was significant and closely related to the total score; the speed coefficient of variation in the fourth region was the largest; and the speed difference in the third region was the smallest compared with the other two grades, with the largest gap in the fourth region; in the first three regions, athletes should maintain speed stability rather than speed up too early. Conclusion: athletes should have excellent speed maintenance ability and physical distribution.

Key words: women's 10000m; speed rhythm; piecewise speed; variable