

# 现代奥运会田径运动发展的预测

田 广

(西南大学 体育学院, 重庆 400715)

**摘 要:** 利用灰色理论 GM(1, 1)模型分析现代奥运会田径项目的发展并作出预测。结果显示, 径赛项目长距离发展快于短距离, 其中男子马拉松、50 km 竞走, 女子 10 000 m 发展最快。田赛项目投掷项目发展优于跳跃项目, 男子铁饼、链球、撑杆跳高、全能、标枪; 女子标枪、跳高、全能、铅球呈发展态势, 从总体来看, 男子田径项目比女子发展好。在此基础上, 给出了未来几届奥运会最好成绩 95% 置信区间。

**关 键 词:** 运动竞赛; 田径; 奥运会; 灰色理论; GM(1, 1)模型

**中图分类号:** G811.21; G82 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006-7116(2012)01-0102-06

## A prediction of the development of modern Olympic track and field

TIAN Guang

(School of Physical Education, Southwest University, Chongqing 400715, China)

**Abstract:** By utilizing model GM(1,1) in the grey theory, the author analyzed the development of modern Olympic track and field events, made a prediction, and revealed the following findings: in track events, long distance events were developed faster than short distance events; men's marathon and 50km walking race as well as women's 10,000m run were developed the fastest; in field events, throwing events were developed better than jumping events; men's discus throw, weight throw, pole vault, decathlon and javelin as well as women's javelin, high jump, heptathlon and shot put showed a trend of developing; in general, men's track and field events were developed better than women's track and field events. Based on these findings, the author gave out a confidence interval of 95% for best performances in future Olympic Games.

**Key words:** sports competition; track and field; Olympic Games; grey theory; GM(1, 1)

田径运动是体育运动中最古老的项目, 有“运动之母”的美称。从 1896 年开始, 田径就出现在奥林匹克的大家庭中, 100 多年来, 田径成为衡量一个国家体育竞技水平高低的一个很重要的标准。纵观世界体育强国在田径项目上都有不错的成绩, 美国在第 28 届奥运会中田径夺金比例为 20%, 游泳为 34%; 第 29 届田径为 11%, 游泳为 33%。由于美国在田径和游泳两项目中处于绝对优势, 所以保证了金牌榜上的绝对实力。从近几届奥运会来看田径项目金牌的分布已经分散, 获金牌国家数量逐渐增多, 但美国队仍是当之无愧的田径王国, 在田径总共 622 枚金牌中, 美国队百年来获得了其中的 272 枚, 独占 43.7%, 几乎占据了一半。排在金牌第 2 位的不是前苏联也不是德国,

而是北欧的芬兰, 虽然 48 枚金牌与美国的 272 枚相差甚远, 但是一个北欧的小国能力压一些超级大国, 也不得不让人敬佩<sup>[1]</sup>。我国自 1984 年参加奥运会以来, 在田径项目上总共收获了 13 枚奖牌, 其中金牌 5 枚, 银牌 3 枚, 铜牌 5 枚。但是 5 枚金牌中仅有 1 枚为男子所得, 总共 13 枚奖牌中, 男子也仅靠刘翔的 1 金和朱建华的 1 铜尴尬上榜。

根据我国学者任海教授<sup>[2]</sup>对现代奥林匹克运动历史阶段的划分(第 1 阶段: 第 1~5 届; 第 2 阶段: 第 7~11 届; 第 3 阶段: 第 14~21 届; 第 4 阶段: 22~至今)。基于以上分析, 本文着重研究我国 1984 年参加第 23 届奥运会来, 以第 23~29 届奥运会田径比赛各项最好成绩为基础, 分析了第 23~29 届、第 25~29 届两

个阶段奥运会田径项目的发展,利用灰色理论进行分析<sup>[3-5]</sup>。灰色系统理论是我国学者邓聚龙在 1982 年创立的,是一种研究少数据、贫信息、不确定性问题的新方法。奥运会 4 年举办 1 次,受到世界各国高度关注,受时间限制,数据符合灰色系统理论“小样本”、“贫信息”特征,决定了灰色系统理论在体育领域的广泛引用。GM(1, 1)模型  $X^{(0)}(k)+az^{(1)}(k)=b$  的时间响应序列为,  $\hat{x}^{(1)}(k+1)=\left(x^{(0)}(1)-\frac{b}{a}\right)e^{-ak}+\frac{b}{a}$ ,  $k=1, 2, 3, \dots, n$ 。

还原值  $\hat{x}^{(0)}(k+1)=\hat{x}^{(1)}(k+1)-\hat{x}^{(1)}(k)$ ,  $k=1, 2, 3, \dots, n$ 。GM(1, 1)模型中的参数  $-a$  为发展系数,  $b$  为灰色作用量。根据模型中的发展系数  $-a$ , 可方便地判别各个项目的发展趋势,  $-a$  的大小表明系统发展的快慢。我们以田赛和径赛两大类分别进行研究,径赛是以时间计量成绩的运动项目,越小越好,即发展系数  $a$  为负,系统变化的总趋势是在上升,相反,下降;田赛是以高度和远度计量成绩的运动项目,属于越多越好的系统,因此,在田赛中发展系数  $a$  的意义与正、负一样分别表示发展和衰退。

## 1 奥运会径赛、田赛项目竞技水平发展态势

### 1.1 径赛项目竞技水平发展的态势

从第 23~29 届奥运会的发展趋势来看,径赛项目

水平有升有降,起伏不定,杂乱无章,很难由表面数据判断其发展变化情况。为了清楚了解历届奥运会径赛项目的成绩发展趋势,将历届奥运会男、女各径赛项目最好成绩作了灰色分析。然而由于奥运会历时太长,全部数据引入会影响模型运用效果。本文分析近几届奥运会田径项目的发展情况,我们分为 2 种形式讨论,一种是第 23~29 届分为第 1 阶段(7 个数据);第 2 种是第 25~29 届分为第 2 阶段(5 个数据),对两种形式结果作比较,综合分析了奥运会田径项目的发展。

由表 1 可见,从第 23~29 届、第 25~29 届奥运会看,男女在径赛项目上的表现各异,各个项目的发展速度不同,在男子项目中发展较快的项目有马拉松、竞走,退步的有 400 m、800 m,在女子项目中两个阶段成绩提高最快的是 800 m、10 000 m,成绩持续退步的是 400 m。从第 25 届奥运会后开始,男子 5 000 m、100 m、4×100 m 提高的程度在加快,女子成绩提高最快的是 4×400 m,其次是 800 m、200 m、1 500 m,成绩降低较快的有马拉松、4×100 m,在 2 个阶段的发展中男女项目都呈发展趋势,但男子比女子发展快,发展项目多,男子在 2 个阶段中都有 80% 的项目在提高,女子从第 1 阶段的 27% 提升到第 2 阶段的 63%,不管是男子还是女子项目,都呈现长距离发展快于短距离发展。

表 1 两个阶段奥运会男、女子径赛项目发展系数及排序

项目	男子				女子 <sup>1)</sup>			
	第 23~29 届		第 25~29 届		第 23~29 届		第 25~29 届	
	发展系数	序号	发展系数	序号	发展系数	序号	发展系数	序号
100 m	-0.003 319	7	-0.003 739	5	0.003 523	9	-0.002 767	7
200 m	-0.003 133	8	-0.001 862	10	0.003 172	8	-0.004 238	4
400 m	0.000 817	13	0.002 142	14	0.004 034	10	0.005 725	11
800 m	0.002 989	15	0.005 332	15	-0.001 255	4	-0.007 182	2
1 500 m	-0.004 863	3	-0.003 006	7	0.005 155	11	-0.003 728	5
5 000 m	-0.001 296	11	-0.006 418	4	-	-	-	-
10 000 m	-0.003 808	4	-0.001 938	9	-0.009 820	1	-0.010 652	1
3 000 m 障碍	0.001 706	14	-0.001 209	11	-	-	-	-
110/100 m 栏	-0.001 825	10	-0.001 158	12	0.000 136	5	-0.003 196	6
400 m 栏	-0.003 780	5	-0.008 095	3	-0.002 147	3	-0.001 399	8
4×100 接力	-0.002 669	9	-0.003 466	6	0.000 348	6	0.002 054	9
4×400 接力	-0.000 484	12	0.001 272	13	0.002 122	7	-0.005 341	3
马拉松	-0.006 574	1	-0.013 576	1	-0.003 171	2	0.002 865	10
20 km 竞走	-0.003 416	6	-0.002 998	8	-	-	-	-
50 km 竞走	-0.005 377	2	-0.010 162	2	-	-	-	-

1) 女子 5 000 m、3 000 m 障碍、20 km 竞走由于入奥时间较短数据较少没有进行分析, 女子 10 000 m 取 1988~2009 年奥运会数据

## 2.2 田赛项目竞技术水平发展的态势

由表 2 可见,两个阶段中田赛项目男、女各项成绩有升有降,发展各异。在第 1 阶段中男子有 4 项成绩发展系数为正,表明成绩在提高,依次为标枪>全能>撑杆跳高>铁饼;女子项目只有 2 项成绩在提高(标枪、跳高)。在第 2 阶段中男子除了标枪、全能、撑杆跳高、铁饼成绩提高外,链球的成绩也在提高且提高

的速度很快,如第 27 届奥运会男子链球为 80.02 m,到了第 28、29 届成绩达到了 82.91、82.02 m,比第 27 届提高了 2 m 多。女子项目标枪、全能、跳高、铅球也在提高,跳远、铁饼成绩在下降。从 2 个阶段看男女田赛项目与径赛有着同样的规律,即第 2 阶段的发展优于第 1 阶段,男子多于女子项目。

表 2 两个阶段奥运会男、女子径赛项目发展系数及其排序

项目	男子				女子			
	第 23~29 届		第 25~29 届		第 23~29 届		第 25~29 届	
	发展系数	序号	发展系数	序号	发展系数	序号	发展系数	序号
跳高	-0.000 968	5	-0.003 394	7	0.002 529	2	0.002 455	3
撑杆跳高	0.003 538	3	0.002 868	4	-	-	-	-
跳远	-0.006 970	8	-0.005 143	8	-0.008 651	3	-0.002 274	5
三级跳远	-0.001 942	6	-0.006 643	9	-	-	-	-
铅球	-0.008 670	9	-0.001 458	6	-0.011 579	4	0.002 406	4
铁饼	0.003 516	4	0.007 254	1	-0.020 196	6	-0.002 800	6
链球	-0.005 492	7	0.006 418	2	-	-	-	-
标枪	0.007 715	1	0.004 025	3	0.002 564	1	0.018 783	1
全能	0.007 116	2	0.001 744	5	-0.012 112	5	0.003 354	2

## 3 奥运会田径项目成绩模型建立与未来几年预测

### 3.1 奥运会田径项目成绩模型建立

现代奥运会的商业化、职业化、社会化越来越浓,各种生物的、心理的、军事的等学科融入体育,改变了原始的训练方法、膳食结构、心理、管理模式等<sup>[6-7]</sup>,大部分项目成绩有明显的提高,如把全部数据引入模型没有现实意义。灰色系统理论在建模过程中一方面尊重原始数据而不拘于原始数据,并允许以科学的定性分析为基础对研究对象的实验、观测、统计数据进行必要的调整和修正;另一方面,灰色系统理论是解决“小样本,贫信息”问题的有力工具,灰色系统的主要作用是根据系统特点发现系统内部的数学关系。对于随机过程,如果没有大样本很难找到统计规律,尤其对于非平稳、非高斯分布、非白噪音等非典型过程;灰色系统无此限制,将许多原始数据作累加处理后便出现了明显的指数规律<sup>[8]</sup>,只需要 4~5 个数据便可以建模,做出预测。我们用临近 5 届的数据来建模、检验。第 25~29 届奥运会 100 m 最好成绩(9.96、9.84、9.87、9.95、9.69 s)。建模步骤如下:

第 1 步:原始数据,  $x^{(0)}=(9.96, 9.84, 9.87, 9.95, 9.69 \text{ s})$ 。

第 2 步:原始序列的 1-AGO 生成新的数据得  $x^{(1)}=(9.96, 19.80, 29.67, 39.62, 49.31 \text{ s})$ , 其中

$$x^{(1)}(k)=\sum_{i=1}^k x^{(0)}(i)。$$

第 3 步:1-AGO 的紧邻均值生成(14.88, 24.74, 34.65, 44.47)用累加数据生成数列构建矩阵  $B$ , 数列矩阵  $Y_N$

$$B=\begin{bmatrix} -0.5(x^{(1)}(1)+x^{(1)}(2)) & 1 \\ -0.5(x^{(1)}(2)+x^{(1)}(3)) & 1 \\ -0.5(x^{(1)}(3)+x^{(1)}(4)) & 1 \\ -0.5(x^{(1)}(4)+x^{(1)}(5)) & 1 \end{bmatrix}=\begin{bmatrix} -14.88 & 1 \\ -24.74 & 1 \\ -34.65 & 1 \\ -44.47 & 1 \end{bmatrix}, Y_N=\begin{bmatrix} x^{(0)}(2) \\ x^{(0)}(3) \\ x^{(0)}(4) \\ x^{(0)}(5) \end{bmatrix}=\begin{bmatrix} 9.84 \\ 9.87 \\ 9.95 \\ 9.69 \end{bmatrix}$$

第 4 步:按最小二乘法求微分方程  $\frac{dx^{(1)}}{dt}+ax^{(1)}=b$ ;

其白化形式的微分方程的解为:

$$\hat{x}(k+1)=\left(x^{(0)}(1)-\frac{b}{a}\right)e^{-ak}+\frac{b}{a}, \text{ 其中记参数列为 } \hat{a}=\begin{bmatrix} a \\ b \end{bmatrix}, \text{ 且}$$

$$\hat{a}=(B^T B)^{-1}B^T Y$$

第 5 步:建模,将  $a$ 、 $b$  的值代入生成数列模型

$$\hat{x}^{(1)}(k+1)=\left(x^{(0)}(1)-\frac{b}{a}\right)e^{-ak}+\frac{b}{a}, \text{ 得生成预测模型为}$$

$$\hat{x}(k+1)=-2\ 650.750\ 811e^{-0.003\ 739k}+2\ 660.710\ 811$$

第 6 步:数据根据公式  $\hat{x}^{(0)}(k)=\hat{x}^{(1)}(k)-\hat{x}^{(1)}(k-1)$ 还原,

本例得出男子 100 m 还原值  $\hat{x}^{(0)}(1)=9.89$ ,  $\hat{x}^{(0)}(2)=9.85$ ,  $\hat{x}^{(0)}(3)=9.81$ ,  $\hat{x}^{(0)}(4)=9.78$ 。

第 7 步：检验，文献[9]指出后验差检验方法不可取，本文中采用平均相对误差  $\Delta = \frac{1}{4} \sum_{k=2}^5 \Delta_k$ ，精度检验  $= (1 - \Delta_n) \times 100\%$ ，以及实际值与预测值之间的  $T$  检验 (根据公式  $t = \frac{|\bar{x} - \mu|}{S/\sqrt{n}}$ ，男子 100 m 预测成绩为 9.86 s，标准差  $s=0.0685$  s，实际成绩平均值 9.86 s，样本 5，查  $t$  值表双侧得  $t_{0.05/2}(4)=2.776$ ， $|t| 0.000 27 < t_{0.05/2}(4)=2.776 > 0.05$ )。本例中平均相对误差为 0.28%，精度为 99.72%， $T$  检验 ( $P > 0.05$ ) 差异不存在显著性。同样的方法建立男、女田径其他项目模型见表 3、表 4。

从表 3、4 可知奥运会男、女田径各项目的预测模型及第 29 届奥运会预测成绩、实际成绩、平均相对误差、精度、 $T$  检验结果，在男子项目中精度在 97% 以下的只有 1 项，其余各项均达到 97% 以上；女子田径项目中精度最低的 400 m 栏 97.93%，达到 98%~99%

的有 4 项，根据张运亮<sup>[10]</sup>给出的田径最小单位，(400 m 的最小单位为 0.5 s)，以 29 届奥运会女子 400 m 为例，实际成绩为 52.64 s，预测成绩 52.71 s，预测成绩完全在 (52.14~53.14 s) 控制范围内，所以此模型可以作为奥运会田径成绩的预测模型。

### 3.2 奥运会未来田径项目成绩区间预测

根据统计的数据计算未来几届奥运会田径最好成绩 95% 置信区间。奥运会比赛以 4 年周期进行，各国高度关注，再加多学科介入，特别是近几年用“克”衡量的高科技跑鞋、超弹性的撑杆、复合材料的网球拍等使得奥运会的成绩预测更大程度上增加了难度<sup>[11]</sup>，数据选取太久远误差大，选取太近又不够，所以本文结合世界田径锦标赛的最好成绩 (世锦赛两年举办一届反映了当前世界田径的最高水平) 进行区间预测，奥运会选取第 25~29 届奥运会田径最好成绩，世锦赛选取第 5~11 届。

表 3 男子田径成绩预测模型及检验

项目	$x^{(1)}(k+1) = [x^{(1)}(0) + \frac{b}{a}]e^{-ak} + \frac{b}{a}$	第 29 届奥运会实际值	第 29 届奥运会预测值	平均相对误差/%	精度/%	$T$ 检验 $P$ 值
100 m	$\hat{x}(k+1) = -2 650.750 8 e^{-0.003 739k} + 2 660.710 8$	9.74 s	9.71 s	0.73	99.27	>0.05
200 m	$\hat{x}(k+1) = -10 578.994 5 e^{-0.001 862k} + 10 599.004 5$	19.30 s	19.56 s	1.59	98.41	>0.05
400 m	$\hat{x}(k+1) = 20 349.513 7 e^{0.002 142k} - 20 306.013 7$	43.75 s	43.91 s	0.34	99.66	>0.05
800 m	$\hat{x}(k+1) = 19 332.775 4 e^{0.005 332k} - 19 229.115 5$	1 min44.64 s	1 min45.02 s	0.56	99.44	>0.05
1 500 m	$\hat{x}(k+1) = -71 536.477 3 e^{0.003 006k} + 71 756.597 3$	3 min32.94 s	3 min32.77 s	0.46	99.54	>0.05
5 000 m	$\hat{x}(k+1) = -125 301.542 2 e^{-0.006 418k} + 126 094.062 3$	12 min57.82 s	13 min06.28 s	1.38	98.62	>0.05
10 000 m	$\hat{x}(k+1) = -843 200.445 2 e^{-0.001 983k} + 844 868.145 2$	27 min01.17 s	27 min03.22 s	0.26	99.74	>0.05
3 000 m 障碍	$\hat{x}(k+1) = -407 387.015 4 e^{-0.001 209k} + 407 875.855 4$	8 min10.34 s	8 min10.28 s	1.01	98.99	>0.05
110 m 栏	$\hat{x}(k+1) = -11 206.954 0 e^{-0.001 158k} + 11 220.074 0$	12.93 s	12.92 s	0.19	99.81	>0.05
400 m 栏	$\hat{x}(k+1) = -5 866.777 2 e^{-0.008 098k} + 5 913.557 2$	47.25 s	46.16 s	2.07	97.93	>0.05
4×100m 接力	$\hat{x}(k+1) = -10 928.699 0 e^{-0.003 466k} + 10 966.099 0$	37.10 s	37.42 s	0.68	99.32	>0.05
4×400m 接力	$\hat{x}(k+1) = -138 634.740 446 e^{-0.001 272k} + 138 810.480 4$	2 min55.39 s	2 min55.57 s	0.12	99.88	>0.05
马拉松	$\hat{x}(k+1) = -9 825.784 4 e^{-0.013 576k} + 9 959.014 4$	2 min06.32 s	2 min07.02 s	0.62	99.38	>0.05
20 km 竞走	$\hat{x}(k+1) = -26 597.953 1 e^{-0.002 998k} + 26 679.103 1$	1 h19 min1 s	1 h18 min91 s	0.50	99.50	>0.05
50 km 竞走	$\hat{x}(k+1) = -22 118.988 3 e^{-0.010 162k} + 22 349.118 3$	3 h37 min9 s	3 h39 min91 s	0.22	99.78	>0.05
跳高	$\hat{x}(k+1) = -701.531 3 e^{-0.003 394k} + 703.871 3$	2.36 m	2.35 m	0.42	99.58	>0.05
撑杆跳高	$\hat{x}(k+1) = 2 056.337 1 e^{0.002 868k} - 2 050.537 1$	5.96 m	5.95 m	0.20	99.80	>0.05
跳远	$\hat{x}(k+1) = -1 668.772 9 e^{-0.005 143k} + 1 677.442 9$	8.34 m	8.42 m	0.88	99.12	>0.05
三级跳远	$\hat{x}(k+1) = -2 717.558 3 e^{-0.006 643k} + 2 735.728 3$	17.67 m	17.63 m	0.45	99.55	>0.05
铅球	$\hat{x}(k+1) = -14 725.520 6 e^{-0.001 458k} + 14 747.220 6$	21.56 m	21.36 m	0.85	99.15	>0.05
铁饼	$\hat{x}(k+1) = 9 218.447 4 e^{0.007 254k} - 9 153.327 4$	68.82 m	68.59 m	3.24	96.76	>0.05
链球	$\hat{x}(k+1) = 12 542.687 5 e^{0.006 418k} - 12 460.147 5$	82.02 m	82.33 m	0.96	99.04	>0.05
标枪	$\hat{x}(k+1) = 21 805.186 5 e^{0.004 025k} - 21 805.526 5$	90.57 m	89.38 m	1.51	98.49	>0.05
全能	$\hat{x}(k+1) = 5 019 966.888 8 e^{0.001 744k} - 5 011 355.888 8$	8 791 分	8 810 分	0.90	99.10	>0.05

表 4 女子田径成绩预测模型及检验

项目	$x^{(1)}(k+1)=[x^{(1)}(0)+\frac{b}{a}]e^{-ak}+\frac{b}{a}$	第 29 届奥运会实际值	第 29 届奥运会预测值	平均相对误差%	精度/%	T 检验 P 值
100 m	$\hat{x}(k+1)=-3\ 942.928\ 3\ e^{-0.002\ 767k}+3\ 953.748\ 3$	10.78 s	10.80 s	0.64	99.36	>0.05
200 m	$\hat{x}(k+1)=-5\ 220.183\ 763\ e^{-0.004\ 238k}+5\ 241.993\ 7$	21.74 s	21.79 s	0.46	99.54	>0.05
400 m	$\hat{x}(k+1)=8\ 500.441\ 5\ e^{0.005\ 725k}-8\ 451.611\ 6$	49.62 s	49.65 s	0.06	99.94	>0.05
800 m	$\hat{x}(k+1)=-16\ 425.319\ 4e^{-0.007\ 182k}+16\ 540.829\ 4$	1 min54.87 s	1 min55.03 s	0.30	99.70	>0.05
1 500 m	$\hat{x}(k+1)=-65\ 130.434\ 5e^{-0.003\ 728k}+65\ 365.734\ 5$	4 min00.23 s	3 min59.66 s	0.86	99.14	>0.05
10 000 m	$\hat{x}(k+1)=204\ 172.435\ 4e^{-0.009\ 19k}+206\ 077.125\ 4$	29 min54.66 s	29 min17.04 s	0.49	99.51	>0.05
100 m 栏	$\hat{x}(k+1)=-3\ 947.043\ 3e^{-0.003\ 196k}+3\ 959.683\ 2$	12.54 s	12.47 s	0.64	99.36	>0.05
400 m 栏	$\hat{x}(k+1)=-37\ 869.241\ 622e^{-0.001\ 399k}+37\ 922.471\ 6$	52.64 s	52.71 s	0.17	99.83	>0.05
4×100 m 接力	$\hat{x}(k+1)=20\ 356.537\ 7e^{0.002\ 054k}-20\ 314.427\ 7$	42.31 s	42.11 s	0.35	99.65	>0.05
4×400 m 接力	$\hat{x}(k+1)=-37\ 898.052\ 6e^{-0.005\ 341k}+38\ 098.252\ 6$	3 min 8.54 s	3 min18.66 s	0.45	99.55	>0.05
马拉松	$\hat{x}(k+1)=50\ 491.827\ 8e^{-0.002\ 865k}-50\ 339.417\ 8$	2 h 26 min44 s	2 h26 min10 s	0.70	99.30	>0.05
跳高	$\hat{x}(k+1)=827.84e^{-0.002\ 455k}-825.82$	2.05 m	2.05 m	0.73	99.27	>0.05
跳远	$\hat{x}(k+1)=-3\ 116.133\ 1e^{-0.002\ 274k}+3\ 123.27$	7.04 m	7.03 m	0.51	99.49	>0.05
铅球	$\hat{x}(k+1)=8\ 557.572e^{0.002\ 406k}-8\ 536.512$	20.56 m	20.75 m	0.84	99.16	>0.05
铁饼	$\hat{x}(k+1)=-2\ 912.119\ 9e^{-0.024\ 297k}+2\ 982.179\ 9$	64.64 m	64.98 m	0.44	99.56	>0.05
标枪	$\hat{x}(k+1)=3\ 585.407\ 2e^{0.018\ 783k}-3\ 517.067\ 2$	71.42 m	71.92 m	0.66	99.34	>0.05
全能	$\hat{x}(k+1)=2\ 002\ 381.674\ 00e^{0.003\ 354k}-1\ 995\ 337.674\ 0$	6733 m	6796 m	1.70	98.30	>0.05

以男子 100 m 为例, 1992~2009 年间奥运会和世锦赛男子最好成绩的平均数 9.84 s, 标准差  $s=0.12\ s$ , 均数的标准误  $s_x=0.12/\sqrt{11}=0.03\ s$ , 则总体均数的 95%

置信区间是  $9.84 \pm 2.201 \times 0.03$ (样本量 12, 所以查对应  $t$  值 2.201, 下同, 其余各项见表 5)。

表 5 未来几届奥运会男、女子最好各项成绩 95%置信区间

项目	男子		女子	
	上限	下限	上限	下限
100 m	9.76 s	9.93 s	10.79 s	10.91 s
200 m	19.57 s	20.05 s	21.88 s	22.20 s
400 m	43.58 s	44.15 s	49.11 s	49.61 s
800 m	1 min 43.55	1 min 45.11 s	1 min 55.93 s	1 min 57.80 s
1500 m	3 min 31.79 s	3 min 36.20 s	3 min 58.50 s	4 min 02.08 s
5 000 m	12 min 57.66 s	13 min21.1 s	14 min 43.92 s	15 min06.13 s
10 000 m	27 min 01.16 s	27 min 32.95 s	30 min 22.78 s	31 min 17.05 s
3 000 m 障碍	8 min 06.08 s	8 min 13.62 s	—	—
110/100 m 栏	12.96 s	13.07 s	12.45 s	12.60 s
400 m 栏	46.65 s	47.80 s	52.81 s	53.14 s
4×100 m 接力	37.57 s	38.09 s	41.78 s	42.11 s
4×400 m 接力	2 min55.89 s	2 min 57.31 s	3 min 19.80 s	3 min 21.77 s
马拉松	2 h 10 min 14 s	2 h 13 min 7 s	2 h 24 min 21 s	2 h 28 min 50 s
20 km 竞走	1 h 19 min 15 s	1 h 21 min 15 s	1 h 27 min 1 s	1 h 29 min 2 s
50 km 竞走	3 h 39 min 29 s	3 h 45 min 5 s	—	—
跳高	2.36 m	2.33 m	2.04 m	2.01 m
撑杆跳高	5.97 m	5.87 m	4.89 m	4.71 m
跳远	8.60 m	8.43 m	7.08 m	6.99 m
三级跳远	17.91 m	17.67 m	15.32 m	15.09 m
铅球	21.83 m	21.48 m	20.79 m	20.38 m
铁饼	69.97 m	67.13 m	73.72 m	70.86 m
链球	83 m	81.25 m	75.02 m	72.85 m
标枪	90.35 m	87.69 m	70.06 m	67.61 m
全能	8 827 分	8 704 分	6 935 分	6 737 分

需要注意的是:  $|a| < 2$  时, GM(1, 1)模型有意义。但随着  $a$  的不同取值, 预测效果不同, 当发展系数  $-a \leq 0.3$  时, GM(1, 1)模型可以用于中长期预测; 当  $0.3 < -a \leq 0.5$  时, GM(1, 1)模型可以用于短期预测, 中长期预测慎用;  $0.5 < -a \leq 0.8$  时, 用 GM(1, 1)模型做短期预测应该十分谨慎; 当  $0.8 < -a \leq 1$  时, 应采用残差修正 GM(1, 1)模型; 当  $-a > 1$  时, 不宜采用 GM(1, 1)模型。当  $|a| \geq 2$  时, GM(1, 1)模型无意义<sup>[5]</sup>。本文中无论是男子还是女子, 在各个项目上的发展系数都小于 0.3, 所以可以作为未来几年田径项目的发展预测, 不可否认的对于径赛项目, 特别是短距离项目提高 0.1 s 成绩差异会很大, 但对于长距离来说显得微乎其微, 预测模型不可能 100% 正确, 所以在根据模型预测出实际成绩时再结合 95% 的置信区间, 其可信度很高, 可以为备战未来几届奥运会运动员选拔、参赛、训练提供参考数据。

### 3 结论

1) 从径赛项目的发展来看, 长距离发展快于短距离发展, 其中男子径赛项目马拉松、50 km 竞走始终保持较快的发展, 800 m、400 m 有下降趋势, 女子项目 10 000 m 一直呈发展趋势, 400 m、4 × 100 m 在衰退, 男子项目的发展优于女子项目。

2) 从田赛项目的发展来看, 投掷项目发展优于跳跃项目, 标枪是男、女子项目发展最快的一项。其中男子田赛项目发展的有铁饼、链球、撑杆跳高、全能; 女子有跳高, 其次是全能、铅球。同样, 与径赛一样, 男子田赛项目的发展比女子项目的发展好。

3) 运用灰色系统 GM(1,1)建立了奥运会田径各项项目的预测模型, 经检验预测精度很高, 具有一定的参考价值, 并给出了未来几届奥运会最好成绩 95% 置信区间。

### 参考文献:

- [1] 国家体育总局[EB/OL]. <http://www.sport.gov.cn/n16/index.html>.
- [2] 任海. 奥林匹克运动[M]. 北京: 人民体育出版社, 1993.
- [3] 邓聚龙. 灰色系统基本方法[M]. 武汉: 华中理工大学出版社, 1988.
- [4] 刘思峰, 谢乃明. 灰色系统理论及其应用[M]. 4 版. 北京: 科学出版社, 2008: 166-168.
- [5] 刘思峰, 谢乃明. 灰色系统理论及其应用[M]. 5 版. 北京: 科学出版社, 2010.
- [6] 黄香伯. 体育控制理论[M]. 长沙: 湖南科学技术出版社, 1992.
- [7] 刘修武. 奥林匹克大全[M]. 北京: 人民体育出版社, 1998.
- [8] 邓聚龙. 多维灰色规划[M]. 武汉: 华中理工大学出版社, 1989.
- [9] 郭齐胜. 灰色建模原理与方法[M]. 长沙: 国防科技大学出版社, 2003.
- [10] 张运亮, 崔德刚, 刘学明. 第 29 届北京奥运会田径项目成绩预测情况的比较研究[J]. 天津体育学院学报, 2008, 5(23): 430-432.
- [11] 潘志琛. 关于奥运会科研攻关与科技服务工作的认识与对策[J]. 中国体育科技, 2005, 38(5): 3-21.
- [12] 体育学院专修通用教材编写组. 田径运动高级教程[M]. 北京: 人民体育出版社, 1994.
- [13] 杨毅. 对几种奥运成绩预测数模的对比分析及其应用的探讨[J]. 体育科学, 1992, 12(2): 63-67.
- [14] 钱学森. 一个科学新领域——开放的复杂巨系统及其方法论[J]. 自然杂志, 1990, 13(1): 3-10.