

文章编号:1000-2367(2013)02-0024-03

# 基于线性回归动态模型的中国第 31 届奥运会奖牌数预测

张玉华

(黄河科技学院, 郑州 450067)

**摘 要:**构建奥运奖牌动态模型,指出了奥运奖牌数的内禀增长率和最大容纳量,根据 1984—2012 年中国奥运会的成绩,采用线性回归对中国第 31 届奥运会的奖牌进行预测,得出金牌数为 40 枚,奖牌总数为 95 枚,奖牌数为 203 枚,通过  $F$  检验数据表明,回归方程是合理的、有意义的,这些数据将对我国体育训练起到参考作用。

**关键词:**预测;奥运会;奥运奖牌;线性回归;动态模型

**中图分类号:**G812.8

**文献标志码:**A

随着现代社会体育运动的发展,参加奥林匹克运动竞赛的国家越来越多,2012 年伦敦奥运会达 204 个代表团参赛,几乎涵盖了世界各地.所以现代的奥运会不仅仅是体育的顶级盛会,更是全球的一大盛会,因此一个国家奖牌数的多少和排名就不仅仅是一个国家体育竞技水平的高低,更是一个国家国际政治地位、经济实力等的综合体现.建国前我国曾 3 次参加奥运会,都以伤残兵败而告终,新中国成立后,在 1984 年全面参加了美国洛杉矶奥运会,许海峰得到了新中国建国以来第一枚金牌,全国上下一片沸腾.2008 年中国以东道主的身份参加了 29 届奥运会,我国以 51 金的好成绩名列榜首,2012 年的伦敦奥运会,我国以 38 金、27 银、23 铜的成绩位居第 2 位,这些成绩标志着我国体育实力和综合国力已经是世界强国<sup>[1]</sup>.4 年后的第 31 届巴西里约热内卢奥运会我国的成绩如何是现在所关心的问题.

## 1 奥运奖牌动态模型的构建

最简单的奖牌数增长模型就是马尔萨斯的指数增长模型,设今年奖牌数为  $x^0$ , $k$  年后奖牌数为  $x^k$ ,年增长率为常数  $r$ ,则有模型

$$x^k = x^0(1+r)^k, \quad (1)$$

虽然模型(1)对奥运会初期参赛国家特别少时短期预报比较准确,但不适合中长期的奖牌数预测.这是因为增长率  $r$  是常数,没有考虑各种自然、社会因素和国家间的激烈竞争对奖牌数增长的制约作用.

在奖牌数的增长变化过程中,各种因素对奖牌数的阻滞作用体现在对奖牌增长率  $r$  的影响上,使得  $r$  随着奖牌数量  $x$  的增加而降低.若将  $r$  表示为关于  $x$  的函数  $r(x)$ ,则它应是减函数

$$\frac{dx}{dt} = r(x)x, \quad x(0) = x_0, \quad (2)$$

其中  $x(0) = x_0$  表明:把某年定为初始时刻 0,当  $t = 0$  时奖牌数是  $x_0$ .为了使模型简单化,假定  $r(x)$  为  $x$  的线性函数

$$r(x) = r - sx \quad (r > 0, s > 0), \quad (3)$$

这里  $r$  称为内禀增长率,表示参赛国家很少时奥运初期奖牌数的增长率.为了确定系数  $s$  的意义,引入国家之间的竞争力、综合国力、人种文化、国家体制等因素影响下所能容纳的最大奖牌数量  $x_m$  为奖牌最大容纳量. $x = x_m$  表示奖牌不再增长,即增长率  $r(x_m) = 0$ ,代入(3)式得

$$s = \frac{r}{x_m}, \text{ 即 } r(x) = r\left(1 - \frac{x}{x_m}\right). \quad (4)$$

由(2)得

$$\frac{dx}{dt} = rx\left(1 - \frac{x}{x_m}\right), \quad x(0) = x_0. \quad (5)$$

对模型(5)求解可得

收稿日期:2012-09-25

基金项目:国家体育总局体育哲学社会科学研究重点课题(1493SS10047)

作者简介:张玉华(1977—),男,河南民权人,黄河科技学院讲师,研究方向:体育统计学等.

$$x(t) = \frac{x_m}{1 + \left(\frac{x_m}{x_0} - 1\right)e^{-rt}}.$$

(6)

通过(3)式,根据相应年份奖牌的增长率和奖牌数,由奖牌增长率 $r(x)$ 和奖牌数 $x$ 的简单线性回归,得到系数 $r$ 和 $s$ 值,且由(4)的第1个式子计算出奖牌最大容纳量 $x_m$ .由已求出的内禀增长率 $r$ 和最大容纳量 $x_m$ 的值及(6)式,就可以预测出奖牌数.

2 线性回归模型对奥运金牌数与奖牌总数、奖牌数的预测

引用Lui Hon-Kwong的奖牌数的计算法,1枚金牌相当于3枚奖牌,1枚银牌相当于2枚奖牌,1枚铜牌相当于1枚奖牌<sup>[2]</sup>,即奖牌数=金牌数×3+银牌数×2+铜牌数,奖牌总数=金牌数+银牌数+铜牌数.在这一部分中用线性回归拟合来预测2016年的金牌数、奖牌总数和奖牌数.

2.1 奥运金牌数预测

先给出1984—2012年中国在奥运会上的奖牌情况表(表1),由这些已知离散的数据点找出其内在的规律性,利用最小二乘法、多项式函数来生成1个新的多项式函数逼近这些点,从而预测出2016年中国奥运会的奖牌数<sup>[3]</sup>.

表 1 1984—2012 年中国奥运会奖牌数(枚)

年份	金牌数	银牌数	铜牌数	奖牌总数	奖牌数
1984	15	8	9	32	70
1988	5	11	12	28	49
1992	16	22	16	54	108
1996	16	22	12	50	104
2000	28	16	15	59	131
2004	32	17	14	63	144
2008	51	21	28	100	223
2012	38	27	23	88	191

表 2 金牌线性回归结果

回归系数	回归系数估计值	回归系数置信区间
$\beta_0$	$-2.6567 \times 10^3$	$[-4.1057 \times 10^3, -1.2078 \times 10^3]$
$\beta_1$	$0.0013 \times 10^3$	$[0.0006 \times 10^3, 0.0021 \times 10^3]$
$R^2 = 0.7737, F = 20.5117, \rho = 0.0040$		

表 3 金牌线性回归结果(去掉异常点后)

回归系数	回归系数估计值	回归系数置信区间
$\beta_0$	$-2.7185 \times 10^3$	$[-3.7271 \times 10^3, -1.7100 \times 10^3]$
$\beta_1$	$0.0014 \times 10^3$	$[0.0009 \times 10^3, 0.0019 \times 10^3]$
$R^2 = 0.9344, F = 56.9383, \rho = 0.0017$		

奥运奖牌数和时间之间的一元线性总体回归模型为:

$$y = \beta_0 + \beta_1 x + u,$$

(7)

其中 $x$ 为时间, $y$ 为奥运奖牌数; $\beta_0, \beta_1$ 为两个待定的参数; $u$ 为随机变量.用Matlab线性回归拟合后得到的图1为奥运金牌拟合曲线,图2为金牌残差杠杆图<sup>[4]</sup>.

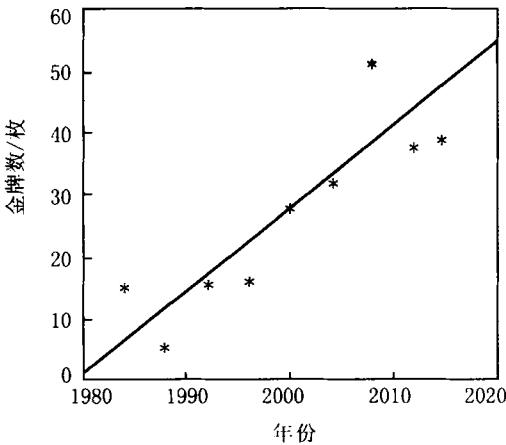


图1 金牌线性回归拟合曲线

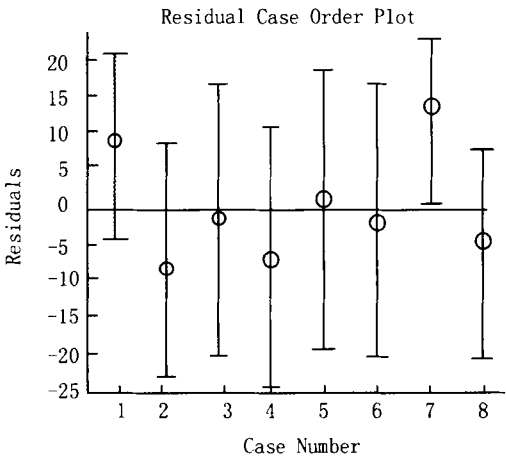


图2 金牌残差杠杆图

从表2和模型(7)可得,2016年时的金牌数为49枚.从残差杠杆图2可看出有一个异常点(2008,51),这是由于2008年奥运会中国是主办国,存在着东道主效应,使得2008年的奥运金牌数和其他届相比,变化比较大.去掉(2008,51)异常点,继续分析发现新的残差图还有一个异常点(1984,15),首先是因为1984年洛杉矶奥运会是中国阔别奥运会32年之后第一次重返国际大家庭,是新中国成立后,中国第一次派大型代表团正式参加奥运会<sup>[5]</sup>,和以前相比这时中国人民的物质生活得到了

很大的提高,体育文化艺术开始全面发展,经济和综合国力已经得到了一定的发展,并且国内的制度采取的是举国体制,竞技体育水平得到了很大的提高;其次美国为首的国家联合抵制 1980 年莫斯科奥运会之后,1984 年以苏联为首 14 个国家联合参与抵制洛杉矶奥运会,而这些国家在 1976 年奥运会占据了金牌总数的 58%<sup>[6]</sup>,这些国家的抵制使中国对手减少,竞争力变弱,所以中国在这次的奥运会上取得了优异的成绩.再去掉(1984,15)后的线性回归拟合曲线,如图 3.

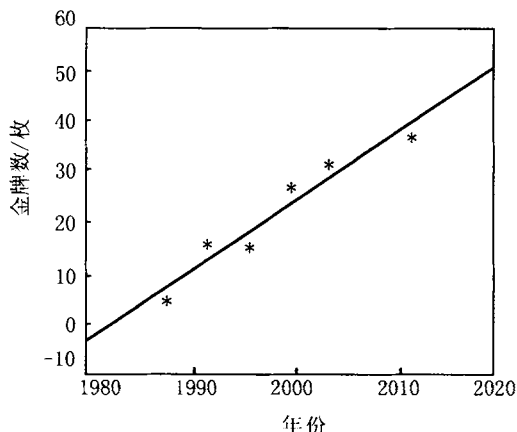


图3 金牌线性回归拟合曲线(去掉异常点后)

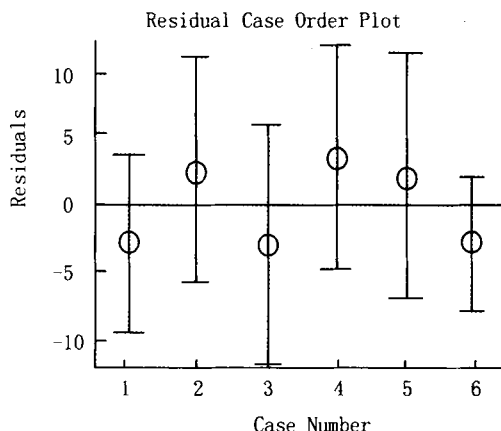


图4 金牌残差杠杆图(去掉异常点后)

图 3 和图 1 相比,拟合曲线和原来的数据点相差不是太大,拟合效果有很大提高,得到的回归结果见表 3. 这时  $F$  值由 20.511 7 到 56.938 3 增大,可决系数  $R^2$  从 0.773 7 增大到 0.934 4,  $F$  值对应的概率  $p$  也由原来的 0.004 0 减少到 0.001 7,均明显小于显著性水平 0.05. 且从残差杠杆图 4 可以看出,所有的残差都在 0 附近均匀分布,没有发现高杠杆点,也就是说,数据中无强影响点、异常观测点. 以上这些表明本文的回归模型是成立的,回归方程是有意义的. 由(7)式和表 3 可预测出 2016 年的奥运金牌数为 46 枚.

从图 3 上看,当  $n=1$  作为阶数时拟合曲线和原来的数据点虽然很好,但拟合精度可以再提高. 选择  $n=2$  作为阶数,就得到一个 2 阶多项式拟合曲线图 5.

把自变量  $x=2016$  代入后即可得  $y=40.414 3$ ,即预测 2016 年的金牌数为 40 枚. 拟合的阶数由原来的一阶变为二阶,从图 5 上可以看出每个原始数据点都在曲线上,比图 3 预测的更精确,且多项式公式历来被认为是最好的逼近工具之一,所以选用 40 作为 2016 年奥运金牌预测的最终数据.

## 2.2 奥运奖牌总数和奖牌数预测

由金牌预测的经验,按照 2.1 的步骤,去掉两点后就可以预测奥运奖牌总数和奥运奖牌数,预测结果为:  $x=2016, y=94.671 4$ ,即预测 2016 年的奖牌总数为 95 枚. 按同样方式进行奖牌数预测,预测结果:  $x=2016, y=202.885 7$ ,即预测 2016 年的奖牌数为 203 枚.

## 3 结 语

现代的奥运会虽然一直在淡化金牌观念,提倡重在参与,但是在人们的潜意识里,还是比较看重金牌,认为奥运会的金牌数量和排名是一个国家综合国力的体现. 本文分析了奥运奖牌的增长系统,由指数增长模型到阻滞增长的动态模型,丰富了奥运奖牌的预测模型理论. 并对新中国从参加 1984 年正式参加美国洛杉矶奥运会到 2012 年英国伦敦奥运会的成绩进行分析,建立了线性回归模型,对 2016 年第 31 届巴西里约热内卢奥运会进行预测,得知金牌数约为 40 枚,奖牌总数为 95 枚,奖牌数为 203 枚,并由  $F$  检验得到的数据表明:此回归方程是合理的、有意义的. 这些数据对我国体育健儿以后的训练和计划也起到参考作用.

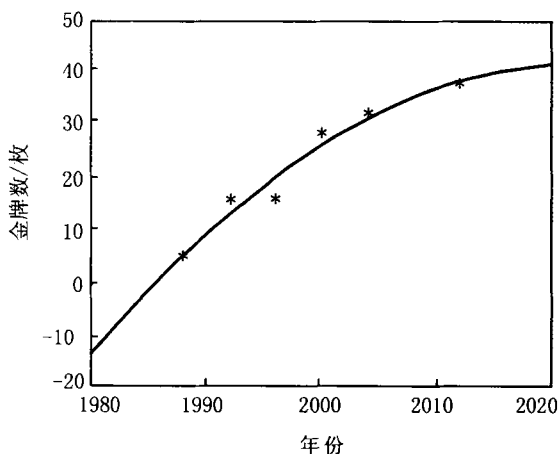


图5 二阶最小多项式拟合(去掉异常点后)

(下转第 60 页)

- [12] Yoo H, Kim J. Growth of  $\text{Cu}_2\text{ZnSnS}_4$  thin films using sulfurization of stacked metallic films[J]. Thin Solid Films, 2010, 518: 6567-6572.
- [13] Wibowo R A, Kim W S, Lee E S, et al. Single step preparation of quaternary  $\text{Cu}_2\text{ZnSnSe}_4$  thin films by RF magnetron sputtering from binary chalcogenide targets[J]. Journal of Physics and Chemistry of Solids, 2007, 68: 1908-1913.
- [14] Jiang F, Shen H, Wang W, et al. Preparation and properties of  $\text{Cu}_2\text{ZnSnS}_4$  absorber and  $\text{Cu}_2\text{ZnSnS}_4$ /amorphous silicon thin-film solar cell[J]. Applied Physics Express, 2011, 4: 074101.
- [15] Moriya K, Tanaka K, Uchiki H.  $\text{Cu}_2\text{ZnSnS}_4$  Thin Films Annealed in  $\text{H}_2\text{S}$  Atmosphere for Solar Cell Absorber Prepared by Pulsed Laser Deposition[J]. Japanese Journal of Applied Physics, 2008, 47: 602-604.

## Prepared $\text{Cu}_2\text{ZnSnS}_4$ Powder Material by Solid State Reaction Method

ZHANG Jidong<sup>1</sup>, YANG Haigang<sup>1,2</sup>, HAO Ruiting<sup>3</sup>, SONG Guilin<sup>1</sup>, WANG Tianxing<sup>1</sup>, CHANG Fanggao<sup>1</sup>

(1. College of Physics and Electronic Engineering, Photovoltaic Materials Laboratory of Henan Province, Henan Normal University, Xinxiang 453007, China; 2. Renewable Energy School, North China electric power university, Beijing 102206, China; 3. Solar Institute Yunnan Normal University, Kunming 650092, China)

**Abstract:**  $\text{Cu}_2\text{ZnSnS}_4$  powder was prepared by solid phase reaction method. The powder samples' Crystal structure and micro morphology were characterized with SEM and XRD, and the optical properties of samples was tested by UV-Vis-NIR spectrophotometer. The relationship among of heat treatment temperature with CZTS powder's crystal structure, optical absorption coefficient and the band gap effect was studied. The result shows that the Kesterite structure CZTS powder was succeeded prepared by ing solid phase method while annealing temperature exceed 500 °C. The CZTS power is formed with 50  $\mu\text{m}$  little particles, and the band gap width of CZTS power is 1.45 eV. The CZTS power can be used to prepare the CZTS target.

**Key words:**  $\text{Cu}_2\text{ZnSnS}_4$  (CZTS); solid state reaction method; Spectroscopy; powder materia

(上接第 26 页)

## 参 考 文 献

- [1] 陶武超, 阮会芹. 伦敦奥运会中国男子体操比赛金牌预测[J]. 三峡大学学报, 2012(6): 161-162.
- [2] Lui Hon-Kwong, Suen Wing. Men, money, and medals: an econometric analysis of the Olympic games[J]. Pacific Economic Review, 2008, 13(1): 1-16.
- [3] 薛毅. 数学建模基础[M]. 北京: 科学出版社, 2011, : 361-389.
- [4] 张志涌. 精通 MATLAB 6.5 版[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2003: 149-152.
- [5] 国际日报. 1984——天使之城的奥运往事 8. 2[EB/OL]. [2012-09-18]. <http://www.chinesetoday.com/zh/article/87982>.
- [6] 搜狐体育. 1984 年洛杉矶奥运会: 记忆碎片[EB/OL]. [2012-09-20]. <http://sports.sohu.com/2004/06/20/27/news220622720.shtml>.

## Prediction of Chinese Delegation Medal Number in the Thirty-first session of Olympic Games by Linear Regression Dynamic Model

ZHANG Yuhua

(Huanghe Science and Technology College, Zhengzhou 450067, China)

**Abstract:** In this paper we constructs the dynamic model of Olympic medal, points out the intrinsic growth rate and maximum capacity of Olympic medal numbers. Using the results of Chinese Olympic from 1984 to 2012 and linear regression, we forecast and analyze the result of Chinese Olympic Games in thirty-first session, and the gold medal number is 40, the total number of medals is 95, 203 is the total medal number, further F test data show that the regression equation is reasonable and meaningful. These data can play a reference role to future training plans of our country sports athletes.

**Key words:** Prediction; Olympic Games; Olympic medals; linear regression; dynamic model