

# 深圳市艾滋病病例报告灰色预测

谭京广 杨峥嵘 陈琳 刘少础 罗亦娟 谢炜

基金项目：其它--深圳市艾滋病疫情估计和预测的时空模型研究(JCYJ20130329103949638);

**【摘要】 目的：**预测深圳市 2014~2016 艾滋病病例报告数，为防治工作提供参考依据。**方法：**利用深圳市 2002~2013 年艾滋病新报告疫情资料，建立灰色系统 GM(1,1)模型，预测报告病例数。**结果：**依据 2002~2013 年艾滋病报告疫情数据，建立的灰色预测模型为： $x(t)=3.3482\exp[0.1187(t-1)]-3.1028$  预测精度为优秀（ $C=0.2720$ ， $P=1$ ）。**结论：**灰色预测结果可靠，深圳市艾滋病报告疫情趋于严峻，应加大预防控制力度，遏制流行势头。

**【关键词】** 艾滋病;模型;灰色预测;病例报告

GREY FORCAST TO CASE-REPORTING OF ACQUIRED IMMUNE DEFICIENCY SYNDROME(AIDS)  
IN SHENZHEN

Tan Jingguang, Yang Zhenrong, Chen Lin, et al. Center for Diseases Control and Prevention of Shenzhen 518055

**【Abstract】 Objectives** To forecast trend of AIDS from 2014 to 2016 in Shenzhen; to provide scientific reference for prevention and control policy. **Methods** Reported cases of HIV/AIDS from 2002 to 2013 were analyzed in grey model. **Results** Based on the data, the gray systemic model was set up:  $x(t)=3.3482e^{0.1187*(t-1)}-3.1028$ , the fitting results showed that the model was excellent ( $C=0.2720,P=1$ ). **Conclusion** The results were reliable. The reported cases of HIV/AIDS would increased in the next several years. It should pay more strengthen to control the disease.

**【Key words】** AIDS; model; Grey forecast; case-reporting

艾滋病（acquired immunodeficiency syndrome, AIDS）已成为当前我国乃至世界范围内重要的公共卫生问题和社会问题。艾滋病疫情估计与预测是艾滋病预防控制的重要组成部分，艾滋病预测方法和模型有很多种，亚洲疫情模型(Asian Epidemic Model, AEM)、Workbook 模型、估计

与预测软件包(Estimation and Projection Package, EPP 模型)以及 Spectrum 模型统计预测等都是较为常用的预测模型<sup>[1,2]</sup>。另外,较为常用的还有 Delphi 法、组分法(component model)、疫情模型(epimodel)等<sup>[3]</sup>。灰色模型法(grey model)以其显著特点而被广泛应用于艾滋病等传染病的预测<sup>[4-9]</sup>,而 GM(1,1)模型是灰色动态模型中最基本、应用最广泛的预测模型。

本研究以深圳市 2002~2013 年艾滋病报告疫情数据为基础,利用灰色系统 GM(1, 1)建立模型,预测 2014~2016 年艾滋病病例报告趋势,旨在为该市艾滋病防治工作提供参考依据。现将结果报告如下。

### 1 资料与方法

1.1 资料来源 来自深圳市 2002~2013 年艾滋病报告疫情资料,人口数来自深圳市人口统计年鉴,2015-2016 年人口数据为估计数(按人口平均增长幅度)。

1.2 预测内容与方法 根据深圳市 2002~2013 年艾滋病新报告阳性率资料(见表 1),建立灰色系统 GM(1, 1)模型,预测 2014~2016 年艾滋病新报告疫情数。

1.3 灰色系统 GM(1, 1)模型建立方法 根据文献<sup>[10]</sup>提供的计算公式,建立灰色系统 GM(1, 1)模型的基本步骤(见表 1)及主要公式:

表 1 深圳市 2002~2013 年艾滋病报告阳性率及 y(t)、z(t)计算值

年份	时序 t	阳性率 x(t)(1/万)	y(t)	z(t)	Z <sup>2</sup> (t)	z(t). x(t)
2002	0	0.23037				
2003	1	0.24542	0.476	0.4	0.1	0.1
2004	2	0.43332	0.909	0.7	0.5	0.3
2005	3	0.61250	1.522	1.2	1.5	0.7
2006	4	0.71404	2.236	1.9	3.5	1.3
2007	5	0.65544	2.891	2.6	6.6	1.7
2008	6	0.85405	3.745	3.3	11.0	2.8
2009	7	0.89848	4.643	4.2	17.6	3.8
2010	8	0.88604	5.529	5.1	25.9	4.5
2011	9	0.97254	6.502	6.0	36.2	5.9
2012	10	1.20124	7.703	7.1	50.4	8.5
2013	11	1.42630	9.129	8.4	70.8	12.0
合计	$t=\sum_1^{11}t$	8.89937	—	40.83569	224.11087	41.64741

表 2 模型预测值  $x(t)$ 与  $x(t)$ 实测值比较

年份	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
时序 t	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
$x(t)$	0.2454	0.4333	0.6125	0.7140	0.6554	0.8541	0.8985	0.8860	0.9725	1.2012	1.4263
$x(t)$	0.43	0.49	0.54	0.6	0.68	0.76	0.85	0.95	1.06	1.19	1.33
$x(t)-x(t)$	-0.1846	-0.0567	0.0725	0.114	-0.0246	0.094	0.0485	-0.064	-0.0875	0.0112	0.0963

计算一次累加生成数据  $y(t)$ 及均值生成数据  $z(t)$ : 设原始灰色数列资料为  $x(1), x(2), \dots, x(N)$ , 记为  $X=[x(1), x(2), \dots, x(N)]$ 对之进行一次累加生成弱化其随机性, 强化其规律性。

$$y(t)=\sum_{k=1}^t x(k) \quad k=1, 2 \dots t, \quad t=0, 1, 2, \dots N$$

$$z(t+1)=1/2[y(t+1)+ y(t)], \quad t=1, 2, \dots N$$

按照[5]建立  $y(t)$ 的一阶微分方程,  $dy(t)/dt+ay(t)=\mu$  , 此式即为 GM(1, 1)模型, 其解为

$$y(t+1)=[x(1)-u/a]\exp(-at)+ u/a, \quad t=1, 2, \dots N$$

其中  $a$  ,  $u$  为待定系数, 其计算公式参考[10]。

1.4 预测效果评价(精度检验) 回代误差(残差,  $e$ )及后验差检验——通过实际观察值  $x(t)$ 与理论预测值  $x(t)$ 比较, 计算回代误差及误差率,  $e^{(0)}(k)= x^{(1)}(t)-x^{(1)}(t)$ ;同时, 通过计算后验差比值  $C$  和小概率误差  $P$  评价模型预测效果及精度。后验差检验方法:  $C=S_2/S_1$ , 式中  $S_1$ 、 $S_2$  分别为实测值标准差和回代误差的标准差; $P=P\{|e^{(0)}(i)-\bar{e}^{(0)}|<0.6745S_1\}$ 。  $C=S_2/S_1$ ,  $P=P\{|e^{(0)}(i)-\bar{e}^{(0)}|<0.6745S_1\}$ , 参照表 3 标准判断模型优劣:

表 3 GM(1, 1)模型拟合精度判断

模型精度等级	C	P
1 级 (优秀)	$C\leq 0.35$	$P\geq 0.95$
2 级 (合格)	$0.35<C\leq 0.50$	$0.80\leq P<0.95$
3 级 (勉强)	$0.50<C\leq 0.65$	$0.70\leq P<0.80$
4 级 (不合格)	$C>0.65$	$P<0.70$

## 2 结果

2.1 模型参数 根据资料得出  $a=-0.1187$ ， $u=0.3683$ ，建立灰色系统  $GM(1, 1)$  预测模型为：

$$x(t)=3.3482e^{0.1187*(t-1)}-3.1028 \quad t=1, 2\dots n$$

2.2 精度检验结果及预测结果 预测模型的各年份的理论值见表 2

参照表 3， $C=0.2720$ ， $P=1$ ，表明预测模型为 1 级（优秀）。根据模型，预测 2014~2016 年深圳市艾滋病新报告疫情将上升（结果见表 4、图 1），按新报告阳性率与人口数，预测 2014~2016 年艾滋病报告数分别为 2030,2436,2955 例。

表 4 深圳市 2014-2016 年艾滋病报告病例预测及实际值比较

年份	时序 t	预测值（1/万）	实际值（1/万）
2014	12	1.55	1.55
2015	13	1.74	—
2016	14	1.97	—

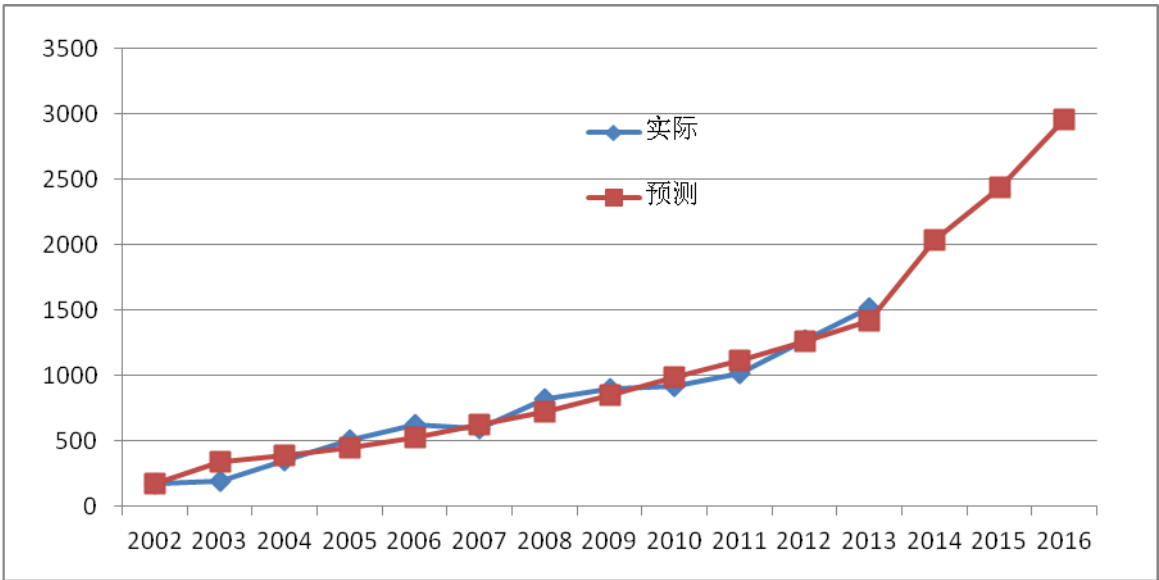


图 1 深圳市艾滋病报告疫情与灰色模型预测疫情图

## 3 讨论

部分信息已知、部分信息未知，即信息不完全的系统称为灰色系统（Grey System）。灰色系

统理论(Grey System Theory)由中国学者邓聚龙教授于 20 世纪 80 年代初创立,灰色系统理论的研究解决灰色系统分析、建模、预测、决策和控制的理论,它把一般系统论、信息论、控制论的观点和方法延伸到社会、经济、生态等抽象系统,结合运用数学方法,发展了一套解决不完备系统即灰色系统的理论和方法<sup>[10]</sup>。该理论广泛应用于工业、农业和生命科学等多个领域。我国多个省市如江苏省、天津市,杭州市、芜湖市、常德市、南宁市等<sup>[4-9]</sup>,应用灰色模型进行了艾滋病的预测。该模型在疾病预测方面具有明显优点:(1)可应用于非典型概率分布的资料;(2)它通过累加生成数列,可增强原始数据的规律性和稳定性,并减少时间序列的随机性;(3)原理、方法和计算简单,且小样本(如 4 个数据)即可建立模型。

GM(1,1)模型也有一定局限性。对于平稳变化的时间序列,适宜利用 GM(1,1)模型进行预测,对于随时间波动较大的序列,GM(1,1)预测精度则不能保证。GM(1,1)模型不宜做长期预测,如果欲进行长期预测,可以利用近年来数据对模型进行修正,生成新的 GM(1,1)预测模型,再对下一年进行预测,以提高精度。

目前,我国对影响传染病发生、发展的各种自然、社会因素监测数据的收集并不充分,这些均影响了数学模型预测传染病疫情的准确度。因此,应全面收集影响传染病发生的相关因素,应综合考虑和使用多种模型预测,选择适合本地区的预测模型进行预测。其次,应不断更新数据对模型进行重新拟合且谨慎使用统计模型的预测结果,才能达到有效预测的目的<sup>[7]</sup>。因此,在使用灰色模型预测的同时,也可以结合使用其他模型,对不同模型预测的结果进行比对,选择更为适合的模型。

本文通过建立灰色系统 GM(1, 1)预测模型,回代误差显示,大多数年份预测值和实际值基本吻合,后验差检验显示建立的预测模型为优。应用该模型能较好地预测深圳市艾滋病的报告疫情的短期趋势。2014 年预测值为 2030 例,与深圳市当年实际报告(2030 例)一致,说明模型可信度较高。艾滋病报告疫情会随着艾滋病的干预措施尤其是检测力度的变化发生较大波动。随着干预覆盖率、治疗覆盖率的加大,一些政策的调整,会造成疫情流行趋势的一些调整或改变。在目前政策调整不大、干预力度保持基本平稳的前提下,灰色预测模型能很好地预测短期疫情。由于操作较为简单,要求参数少,相对其他常用的预测模型,比如 EPP、Spectrum 模型,尽管存在一些局限性,笔

者仍有理由认为，该模型是一种非常适合于地市级及以下行政区域的艾滋病发病或者报告病例数的预测模型，作为短期预测，甚至可以作为首选模型。范引光<sup>[7]</sup>的研究也表明，GM(1, 1)预测效果也较为理想。

灰色预测模型提示，最近几年深圳市的艾滋病报告疫情将有较大幅度增加，有关部门有加大预防控制力度，做好应对。

## [参考文献]

- [1]Karoll JM, SolIg R, Brookmeyer R, et al. Estimating HIV incidence in the United States from Hn, AIDS surveillance data and biomarker HIV test results[J]. Stat Med.2008. 27: 4617-4633.
- [2] 冉莉, 马宁, 刘民.四种常用的艾滋病疫情估计与预测模型的比较[J].中国艾滋病性病, 2012,18(5):347-350.
- [3] 单多, 葛增, 王璐, 等.艾滋病疫情估计和预测方法的研究进展[J].实用预防医学,2009,16(4):1331-1334.
- [4] 梁燕鲜, 王亚菲, 翟林, 等.江苏省艾滋病、淋病和梅毒发病率 GM(1, 1)灰色模型预测研究[J].南通大学学报(医学版), 2013, 33(1); 21-24.
- [5] 周宁, 董笑月, 柏建芸, 等.天津市艾滋病流行趋势灰色模型预测[J].中华预防医学杂志, 2009, 43(8); 742-743.
- [6] 陈卫永, 罗艳, 许珂, 等. 杭州市艾滋病 GM(1, 1)模型灰色预测研究[J].中国艾滋病性病 2006, 12(2): 164-165.
- [7] 范引光, 吕金伟, 戴色莺, 等.ARIMA 模型与灰色预测模型 GM( 1, 1)在 HIV 感染人数预测中的应用[J].中华疾病控制杂志, 2012, 16(12); 1100-1103.
- [8]周应育, 黄道平, 周权等.常德市≥50 岁年龄组人群 HIV/AIDS 流行特征分析与灰色系统 G(1, 1)模型对流行趋势的预测[J].实用预防医学, 2013, 20(9); 1072-1074.
- [9] 艾维莉, 林新勤, 张复新, 等.灰色系统理论预测南宁市 HIV/AIDS 流行趋势的应用研究[J].数

理医药学杂志 2007,20(4): 434-436.

[10]邓聚龙.灰预测与灰决策[M].武汉: 华中科技大学出版社, 2002:1-244.