

佛山市垃圾产生量变化规律及其灰色预测

张淑娟 范常忠 李雁 董天明 熊永达

(中山大学环境科学研究所, 广州 510275)

(香港理工大学)

摘要 运用灰色关联度法,分析了佛山市垃圾产生量的主要因子;利用灰色系统理论建立了垃圾年产生量预测 GM (1, 1) 模型;并通过实测数据阐明了垃圾产生量随季、月及日的变化规律。最后,提出了垃圾控制的具体措施和意见。

关键词 灰色预测, 灰色动态模型, 垃圾产生量, 佛山市

分类号 X 502

城市垃圾通常是指城市居民、人们生活消费过程中产生的垃圾。随着城市经济的快速发展和城市人口的迅速增长,城市垃圾也在迅猛增加,它对环境的影响已成为环境保护研究的重要课题之一。欧美发达国家已对城市垃圾进行了比较深入的研究^[1]。但是,作为发展中国家的中国,这方面的详细研究并不多,对珠江三角洲新兴中等城市垃圾产生量预测至今还未见报导。佛山市地处广东省珠江三角洲北部平原,经济发展及人民生活水平都处于较高水平,是一个典型的亚热带新兴发展城市。市区面积为 77.8 km²,人口 39.05万(1992年底),工业类型繁多,以轻纺、机械、陶瓷等为主。近年来,该市经济发展速度年增长超过 13%,1985~1992年间城市垃圾产生量年均增加约 4.42%。

本文采用灰色关联度法^[2,3],分析了佛山市垃圾产生量的主要因子,建立了灰色动态模型预测佛山市今后几年垃圾的产生量,并提出控制方法和意见。

1 垃圾产生的影响因子

据分析表明,城市垃圾产生量的影响因子主要有城市人口、居民生活水平、城市商业化程度、工业化水平以及城市经济总体实力等。居民的生活水平、城市商业化程度、工业化水平及经济总体实力分别可用国民收入、社会商品零售总额、工业总产值及社会总产值来表征。表 1给出了上述影响因子的 1985~1992年间统计资料。

灰色系统理论所提出的灰色关联度分析方法,是通过一定的方法定量地描述各因子与目标值之间的关联度。两个系统或因素间的关联性大小称为关联度,它描述了系统发展过程中因素间相对变化情况。一般情况下,关联度分析不要太多的数据。这比一般的统计分析方法优越,下面将用灰色关联度分析方法来定量分析各影响因子对垃圾产生量的影响程

度.

1.1 原始数据变换

若原始数据时间序列为: $\{X_i^{(0)}(t)\}$. 将原始数据作均值化处理, 即将各序列的原始元素分别除以各序列原始数据的平均值得: $\{X_i^{(1)}(t)\}$ (因素, $i = 1, 2, \dots, m$; 时间, $t = 1, 2, \dots, n$)

1.2 关联系数计算

若以 $i = 1$ 作为母序列, $i = 2, 3, \dots, m$, 作为子序列, 则: ① 计算各子序列在同一时刻绝对差, 计算公式为

$$\Delta li(t) = |X_i^{(1)}(t) - X_1^{(1)}(t)| \quad (i = 2, 3, \dots, m; \quad t = 1, 2, \dots, n)$$

表1 垃圾年产量及各影响因子统计值

年 份	人 口	社会总产值 (万元)	国民收入 (万元)	工业总产值 (万元)	社会商品零 售总额(万元)	年垃圾总量 (t)
1985	312 680	308 580	100 659	257 346	59 581	87 168.8
1986	322 566	346 087	113 247	282 188	70 982	90 472.8
1987	322 937	458 102	142 659	348 326	87 595	93 901.8
1988	345 300	715 905	220 917	473 866	128 950	97 461
1989	356 782	852 312	240 199	553 026	177 909	101 154.5
1990	365 708	972 384	301 504	656 315	179 685	105 000
1991	376 144	1 326 728	395 248	1 158 215	224 506	108 980
1992	390 460	1 905 175	557 682	1 622 071	314 639	117 927

② 计算关联系数, 计算公式为

$$Lli = (d\Delta_{\min} + d\Delta_{\max}) / (\Delta li(t) + d\Delta_{\max})$$

式中 $d\Delta_{\max}$ $d\Delta_{\min}$ 分别为母序列与子序列各时刻绝对差中的最大值与最小值. 一般因两序列会相交, 所以, 通常可取 $d\Delta_{\min} = 0$; d 为分辨系数, 系为削弱最大绝对差数值太大而失真的影响, 提高关联系数之间的差异显著性. $d \in (0, 1)$, 一般情况下可取 $0.1 \sim 0.5$.

1.3 关联度计算

$$\text{公式为} \quad Rli = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n Lli(t)$$

式中 Rli 为子序列 i ($i = 2, 3, \dots, m$) 与母序列 1 的关联度; n 为两比较序列的长度 (即数据个数).

利用表 1 的数据, 以垃圾年产生量为母序列, 其余 5 个因子作子序列, 设分辨系数为 d , 分别求得在 $d = 0.1$, $d = 0.5$ 时, 母序列与各子序列间的关联度, 结果见表 2.

从分析结果来看, 佛山市垃圾年产生量与城市人口的关联程度最大, 这说明目前近期内年垃圾产生总量主要受人口数量的制约和影响, 而工业、商业、居民生活水平及经济发展对垃圾总量的影响相对较小.

表 2 垃圾产生总量与各影响因子间的关联度

d	人 口	社会总产值	国民收入	工业总产值	社会商品零售总额
0.1	0.946 2	0.409 1	0.426 3	0.462 6	0.396 9
0.5	0.988 4	0.662 3	0.686 5	0.718 3	0.662 7

2 垃圾年产生量变化规律

从 1985~ 1992 年垃圾年产生量来看, 垃圾年平均产生量呈比较均匀的上升趋势, 年均递增率约为 4.42% (图 1). 为了能准确掌握垃圾年产生量的变化规律, 有必要利用已有资料准确地建立预测模型. 一般来讲, 数据量太少, 不宜采用传统的回归或别的时间序列模型来进行预测. 然而, 灰色动态模型 (Grey Dynamic Model, 简记为 GM), 由于对数据采取了灰色处理减少误差, 预测需要的原始数据少, 甚至 4 个数据就可建模预测, 且能得到满意结果. 因此, 本文拟采用 GM(1, 1) 模型来模拟垃圾年产生量变化规律, 具体建模步骤如下:

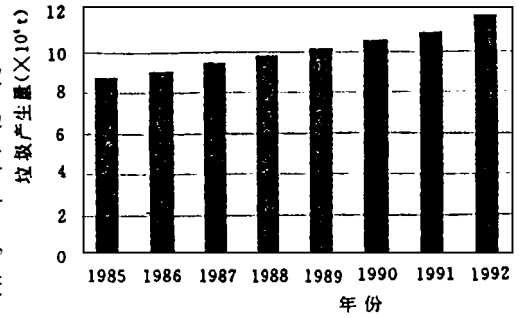


图 1 垃圾年产生量变化图

(1) 建立原始数据序列. 以 1985 年为起点建立原始数据序列 $X^{(0)}(t)$.

(2) 对原始数据序列作一次累加生成序列:

$X^{(1)}(t) = \{87\ 168.8, 177\ 641.6, 271\ 543.4, 369\ 004, 470\ 158.9, 575\ 158.9, 684\ 138.9, 802\ 065\}$

(3) 构造累加矩阵 B 及常数项向量 Y_n

$$B = \begin{bmatrix} -1/2(X^{(1)}(1) + X^{(1)}(2)) \\ -1/2(X^{(1)}(2) + X^{(1)}(3)) \\ -1/2(X^{(1)}(3) + X^{(1)}(4)) \\ -1/2(X^{(1)}(4) + X^{(1)}(5)) \\ -1/2(X^{(1)}(5) + X^{(1)}(6)) \\ -1/2(X^{(1)}(6) + X^{(1)}(7)) \\ -1/2(X^{(1)}(7) + X^{(1)}(8)) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -132404.9 & 1 \\ -224592.8 & 1 \\ -320273.9 & 1 \\ -419581.65 & 1 \\ -522658.9 & 1 \\ -629648.9 & 1 \\ -743101.95 & 1 \end{bmatrix}$$

$$Y_n = [X^{(0)}(2), X^{(0)}(3), X^{(0)}(4), X^{(0)}(5), X^{(0)}(6), X^{(0)}(7), X^{(0)}(8)]^t = [90472.8, 93901.8, 97461, 101154.5, 105000, 108980, 117927]^t$$

(4) 用最小二乘法求灰参数 θ , $\theta = \begin{bmatrix} a \\ u \end{bmatrix} = (B^s B)^{-1} B^t Y_n$

则 $\theta = \begin{bmatrix} a \\ u \end{bmatrix} = (B^t B)^{-1} B^t Y_n = \begin{bmatrix} -0.042\ 347\ 93 \\ 84\ 026.042\ 8 \end{bmatrix}$

(5) 代入拟合微分方程 $dX^{(1)}/dt + aX^{(1)} = u$

求微分方程的解得时间函数:

$$XX^{(1)}(t-1) = 2\,071\,351.753e^{0.042\,349\,31t} - 1\,984\,182.953$$

(6) 回代检验计算误差

通过 $XX^{(1)}(t-1)$ 可以计算 1986~1992 年的各年累加值, 然后递减还原就可得 1986~1992 年各年垃圾产生量的计算 (表 3). 从表 3 可发现, 模拟的误差很小, 相对误差小于 2.100%, 这说明该 GM(1, 1) 模型是值得信赖的, 能比较准确地模拟垃圾年产生量的变化规律, 可以用它来对城市垃圾进行预测.

表 3 模型模拟结果

t- 时间	预测累加值	递减还原	实际值	相对误差 (%)
1- 1986	176 770. 0	89 601. 21	90 472. 8	0. 963 4
2- 1987	270 247. 2	93 477. 16	93 901. 8	0. 452 2
3- 1988	367 768. 2	97 521. 06	97 461. 0	0. 061 6
4- 1989	469 507. 3	101 739. 0	101 154. 5	0. 577 9
5- 1990	575 647. 7	106 140. 4	105 000. 0	1. 086 1
6- 1991	686 379. 2	110 731. 5	108 980. 0	0. 607 1
7- 1992	801 900. 8	115 521. 6	117 927. 0	2. 040 0

(7) 利用上述模式对 2000 年前各年垃圾产生进行预测, 结果见表 4.

表 4 至 2000 年的垃圾产生量预测结果

t- 时间	预测累加值	递减还原*	t- 时间	预测累加值	递减还原*
8- 1993 年	922 419. 6	120 518. 9	12- 199 年	1 458 932. 0	142 764. 8
9- 1994 年	1 048 152. 0	125 731. 9	13- 1998 年	1 607 872. 0	148 940
10- 199 年	1 179 323. 0	131 170. 9	14- 1999 年	1 763 255. 0	155 382. 9
11- 1996 年	1 316 168. 0	136 045. 0	15- 2000 年	1 925 360. 0	162 104. 6

* 注: 递减还原值即为垃圾可能年产生量 (t)

3 垃圾月及季节产生量变化规律

从 1990~1992 年佛山市垃圾月及季节的变化情况来看, 垃圾产生量随季节略有变化, 总的大致规律是冬、春季的产生量较大, 但变化不是很大, 垃圾月产生量变化明显. 1991~1992 年, 2 和 10 月是垃圾产生量的两个高峰期, 11, 12, 1 月是低峰期, 3~8 月是另一个低峰期. 这主要是由于每年的 2 月份是我国传统的春节, 在春节期间, 城市居民的消费量大增, 使得在这个月生活垃圾量大大增加, 这就形成了一个垃圾产生量的高峰期; 春节过后, 在 3~9 月这 7 个月居民的消费相对减少, 城市垃圾的产生量减少, 形成一个垃圾产生量低峰期; 在 10 月份蔬菜、水果等农产品大量上市城市居民消费量增大, 这又使得城市生活垃圾量增大, 出现全年垃圾产生量的另一高峰期; 10 月份后, 随着冬天的来临, 蔬菜、水果等农产品的上市越来越少, 这会使得城市生活垃圾的产生量下降, 于是在 11, 12, 1 月会出现另一个垃圾产生量的低峰期.

4 人均日产垃圾量的变化规律研究

人均日产垃圾量见图 2, 从 1985~ 199 年垃圾的人均日产生量总体呈递增趋势, 而且递增速率较大, 年均递增 $9.1 \text{ g}/\text{人}\cdot\text{日}$, 高于 1974~ 1984 年日本城市人均日产垃圾递增约 $7.0 \text{ g}/\text{人}\cdot\text{日}$ 的水平. 人均日产垃圾量, 1989 年前增加比较缓慢, 但 1989 年后增加速度明显加快, 从总的趋势来看, 人均日产垃圾量增长越来越快. 利用 1985~ 1992 年的人均日产垃圾量数据, 同样可以建立 GM(1, 1) 模型, 方程为:

$$XX^{(1)}(t+1) = 67.82153923e^{0.011137398t} - 67.05773923$$

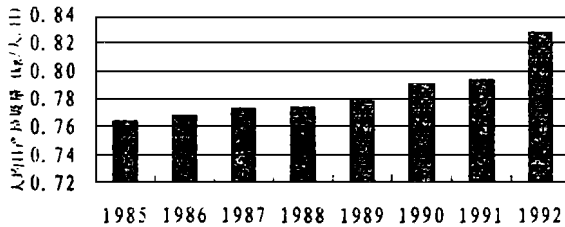


图 2 人均日产垃圾量变化图

经预测, 199 和 200 年的人均日产垃圾量分别将达到 0.8397 , $0.8877 \text{ kg}/\text{人}\cdot\text{日}$. 与发达国家城市人均日产垃圾量比较, 目前, 佛山市人均日产垃圾量已接近或超过部分发达国家城市 80 年代中期的水平. 80 年代中期美国、英国、法国、荷兰、联邦德国、瑞士这些发达国家的城市人均日产垃圾量分别为 2.54 0.88 0.74 0.58 0.96 $0.68 \text{ kg}/\text{人}\cdot\text{日}$. 1983 年, 日本城市垃圾的人均日产量也不过 $0.826 \text{ kg}/\text{人}\cdot\text{日}$. 80 年代中期, 广州市人均日产垃圾达 $0.89 \text{ kg}/\text{人}\cdot\text{日}$ 左右, 佛山市的水平相对广州较低.

5 结 语

(1) 通过灰色关联度分析表明, 佛山市垃圾年产量与城市人口变化最为密切, 今后在控制城市规模时, 应把人口增长对垃圾产生量的影响作为主要考虑因子之一.

(2) 从目前佛山市垃圾年产生量来看, 量越来越大, 通过 GM(1, 1) 模型预测, 到 2000 年垃圾产生量的变化将达 162104.6 t , 在注重城市经济、人口发展的同时, 应密切注意垃圾产生量的变化, 及时有效地组织、规划建设收集清运设施、清运队伍及处理措施、场所, 尽量达到宏观管理的科学化.

(3) 从垃圾产生量的月变化来看, 在一年内, 垃圾产生量的月变化会出现有规律的两个高峰期和两个低峰期. 应根据垃圾产生量的月变化规律, 相应地调节好人力、物力及财力, 搞好垃圾的搬运、处置工作, 以避免环卫工作中的盲目性与被动性.

(4) 目前, 佛山市垃圾人均日产生量已接近或略高于某些发达国家 80 年代中期的水平, 这可能与佛山市经济高速发展, 人民生活水平提高较快, 消费需求量增大, 工业垃圾、生活垃圾的产生量增长较快有关.

参 考 文 献

Management, 1989

- 2 邓聚龙. 灰色控制系统. 武汉: 华中工学院出版社, 1995
- 3 陈涛捷. 灰色预测模型的一种拓广. 系统工程, 1989, (3).

Domestic Refuse Production and Its Prediction with Grey Method in Foshan City

*Zhang Shujuan** *Fan Changzhong* *Li Yan* *Dong Tianming* *Hung Wingtat*

Abstract The main factors influencing domestic refuse production in Foshan city were analyzed by applying the method of grey relativity. GM (1, 1) model was established with the grey system theory to predict annual refuse production. Monthly, seasonal and daily refuse productions were analyzed through the observed results. Finally, specific measures and suggestions for refuse disposal were put forward.

Keywords grey prediction, grey dynamic model, refuse production, Foshan city

* Institute of Environmental Science, Zhongshan University, Guangzhou 510275.