

$$B = \begin{bmatrix} -\frac{1}{2}(x^{(1)}(2) + x^{(1)}(1)), & 1 \\ -\frac{1}{2}(x^{(1)}(3) + x^{(1)}(2)), & 1 \\ -\frac{1}{2}(x^{(1)}(4) + x^{(1)}(3)), & 1 \\ -\frac{1}{2}(x^{(1)}(5) + x^{(1)}(4)), & 1 \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} -115343, & 1 \\ -203424, & 1 \\ -294070, & 1 \\ -392859.65, & 1 \end{bmatrix}$$

$$y = [86176, 89986, 91306, 106273.3]^T$$

$$(B^T \cdot B)^{-1} \cdot B^T \cdot y = \hat{a} = [a, u]^T$$

$$= [-0.0674963, 76465.19]^T$$

这样,就得到模型的两个参数:

$$a = -0.0674963, \quad u = 76465.19,$$

$$\frac{u}{a} = -1132880$$

然后令  $x^{(1)}(0) = x^{(0)}(1) = 72255$ , 根据 (4) 式就可以得到时间响应模型:

$$\hat{x}^{(1)}(t+1) = 1205135e^{0.0674963t} - 1132880 \quad (19)$$

模型(19)就是该市年废水排放总量的预测模型。下面检验其精度。

用模型(19)可以求出 1982—1985 年的回代计算值  $\hat{x}^{(1)}(t+1)$ , 再通过(8)式得到还原值(即模拟值)  $\hat{x}^{(0)}(t+1)$ , 与原始数据  $x^{(0)}(t+1)$  比较, 求出相对误差  $q$ :

$$q = \frac{x^{(0)}(t+1) - \hat{x}^{(0)}(t+1)}{x^{(0)}(t+1)} \times 100\% \quad (20)$$

结果见表 3。

从表 3 看出,模型精度是好的。另外,后验差检验结果为  $c = 0.1677$ ,  $P = 1$ 。说明模型精度很好,精度为一级。用关联度检验法得到关联度  $S = 0.7270$ , 也表明模型符合要求。因此,不再需要进行残差辨识,可以用模型(19)进行城市年废水量的预测。另据统计,该市 1986 年的废水排放总量为

表 3 模拟值  $\hat{x}^{(0)}(t+1)$  与实际值  $x^{(0)}(t+1)$  比较

年 份	1982	1983	1984	1985
$\hat{x}^{(0)}(t+1)$	84150.12	90026.12	96312	103037.4
$x^{(0)}(t+1)$	86176	89986	91306	106273.3
$q(\%)$	2.35	-0.05	-5.48	3.05

$107381 \times 10^4 \text{m}^3$ , 而通过预测模型(19)预测的数值为  $110231.9 \times 10^4 \text{m}^3$ , 预测误差为 2.66%, 说明预测效果很好。所以,模型(19)就是我们要建立的城市年废水量的灰系预测模型。

用该模型进行 1990 年、2000 年的废水量预测, 结果是, 1990 年为  $144397.6 \times 10^4 \text{m}^3$ , 2000 年为  $283591.8 \times 10^4 \text{m}^3$ , 都比常规的回归分析方法建立的模型预测结果要高。

#### 四、结 束 语

常规的城市年废水量预测模型, 是通过历年的工业总产值与工业废水量、城市居民人数与生活污水的数据序列, 进行回归分析建立的。但环境系统实质上是一种本征性灰色系统, 每一个环境统计指标(例如城市年废水量), 我们都无法完全确知它与其它诸多因素的复杂关系。环境预测本身是一种灰系预测。灰系预测与常规的多元回归分析方法相比, 所需数据少(一般三个以上数据就可以), 数据也不需要特殊的分布, 而且计算简单, 精度较高。本文只是仅就数列预测方法, 进行 GM(1, 1) 模拟。当采用 GM(n, k) 模型以及更复杂的数据处理方式时, 还会提高预测精度。可以认为, 灰色系统预测方法将会更广泛地应用于环境预测。

#### 参 考 文 献

- [1] 邓聚龙, 灰色控制系统, 华中工学院出版社, 1985 年。

(收稿日期: 1987 年 8 月 13 日)

### · 环境信息 ·

## 防止燃烧高硫煤时形成的化合物的改良新法

这些新法被纽约高硫测试中心发现而被加利福尼亚州电力研究所于 1987 年 9 月 30 日公之于世。该中心的建立和设备配备共耗资 6500 万美元。正在研究的工艺之一是在密封系统内去除  $\text{SO}_2$ , 最后产生出石膏。另外一种试验的技术是联合化学公司

研究出来的 SOXAL 工艺, 它把烟道气中的硫的化合物还原供化学工业用, 这样几乎不产生固体废物。

张 良 摘译自 *ES&T*, 21(12),  
1145(1987)。