

绕图形显示、图形作为文字的背景显示。这两种参数可以结合以达到预期的效果,如 `setAlignment (Image. RIGHT | Image. TEXTWRAP)` 显示的效果为图像右对齐,文字围绕图像显示。

如果图像在文档中不按原尺寸显示,可以通过下面的函数进行设定:

```
public void scaleAbsolute(int newWidth, int newHeight)
```

```
public void scalePercent(int percent)
```

```
public void scalePercent(int percentX, int percentY)
```

函数 `public void scaleAbsolute (int newWidth, int newHeight)` 直接设定显示尺寸;函数 `public void scalePercent (int percent)` 设定显示比例,如 `scalePercent (50)` 表示显示的大小为原尺寸的 50%;而函数 `scalePercent (int percentX, int percentY)` 则图像高宽的显示比例。

如果图像需要旋转一定角度之后在文档中显示,可以通过函数 `public void setRotation (double r)`

设定,参数  $r$  为弧度,如果旋转角度为 30 度,则参数  $r = \text{Math. PI} / 6$ 。

```
headerImage = Image. getInstance ("logo. gif");  
cb. addImage (headerImage, headerImage. width  
(), 0, 0, headerImage. height (), 480, 80);
```

## 4 结束语

在计量管理信息系统中,报表处理一直占比较重要的作用,通过利用 Java 组件—iText API 技术,能够生成计量管理信息系统中所需的各种 PDF 格式的报表文件。通过在服务器端使用 Jsp、Servlet 或 JavaBean 生成 PDF 报表,客户端采用超级连接显示或下载得到生成的报表,这样就很好的解决了 B/S 系统的报表处理问题。

### 参考文献

- [1] 孙中泉,陈振林编. 军事计量基础. 海军航空工程学院出版社, 2005
- [2] <http://www.lowagie.com/iText/>

# 城市用水量调查与数据处理技术研究

段焕丰 方永忠 俞国平

(同济大学国家污染控制与资源化研究重点实验室,上海 200092)

**摘要** 介绍了城市用水量调查方法和调查数据的处理方法。根据用水用户的特点和性质进行用户分类调查,采用时间序列和三角函数级数结合的方法对用水量数据进行拟合,在规定的误差范围内进行阶梯化处理,得到各类用户的用水量模式。并通过实例验证了该处理方法的有效性和实用性。

**关键词** 用水量调查;数据处理;模式;时间序列;三角函数

## 0 引言

在城市供水管理或者水力模拟中,通过调查监测来获取用户用水量的规律是一个非常重要的环节。从实践经验来看,用水量数据模式的处理对整个供水系统的预测或建模的精度具有决定性影响。它不仅仅要求对现阶段的用水变化特性与实际吻合,而且要保证在一定的时期内在一定的误差范围内。本文提出用水量调查方法,并在此基础上对用水量调查数据技术处理进行研究,来掌握用水量变化规律。

## 1 用水量调查方法

### 1.1 用户特征分类

掌握管网用水量及其变化规律,是进行流量分配的一个基本前提。虽然城市用水量的变化受气候、生活习惯、生产和生活条件等诸多因素的影响,变化情况也较为复杂<sup>[1]</sup>,但通过分析不难发现:城市用水量变化在其周期内仍有规律可循。

考虑到诸多因素的影响,对用户和用水量进行了与传统方法不同的分类,将用户类型分为 3 类:集中用户、分散用户(沿线用户)和随机用户;而每个用户的用水类型又分成两部分:固定用水和比例用水。

但是鉴于分散用户和随机用户的用水随机特性较集中用户大很多,很难区分它们本身组成的固定用水量 and 比例用水量,因此这两种用户则只是考虑了比例用水,见表 1。

表 1 用户分类表

	集中用户	分散用户	随机用户
固定用水		x	x
比例用水			

将分散(沿线)用水和随机用水分别当作一个集中用户来处理,主要是方便采用程序化技术处理,特别是在水力建模和模拟中,不仅大大降低了计算机处理的难度,也使模型更趋可靠。同时将每一种用户分为固定用水和比例用水两部分:固定用水是指用水量不随管网总供水量变化的部分,这个主要是对具有固定生产班制的工业企业具有更大的意义;比例用水是指用水量随管网总供水量成比例变化的部分,体现出整个供水系统高峰和低峰用水特性。这样的划分可以使用水量分配与实际更加接近,也更加具有实际的意义,同时模型的适用性会得到相应增强。

1.2 用水量调查

用水量调查主要任务就是进行现场数据监测,并汇集现场数据及用水量历史数据,构造数学模型,去除随机性的高斯白噪声信号并拟合用水量变化的周期性规律曲线<sup>[2-3]</sup>。

大用户被分成了 11 类(见表 2)。根据用水量

表 2 集中用户分类表

用户类型	类型定义
工业类	工业一类:无污染或者轻污染型工业
	工业二类:污染型工业
	工业三类:建筑施工型工业
服务类	服务一类:非寄宿学校等服务单位
	服务二类:寄宿学校、医院及宾馆等服务单位
	服务三类:餐饮食宿等服务单位
机关类	国家或地方的机关及事业单位等
生活类	城镇居民的生活小区及农村居民的自然村
商贸类	零售百货及贸易办公等单位
综合类	同时存在商贸、生活区、酒店等场所综合性单位
水池调节类	持续进水并以调节水池调节用水量的单位

变化的规律,春夏工作日、春夏周末、春夏节假日、秋冬工作日、秋冬周末和秋冬节假日等 6 种模式也被分出。这样划分的目的是为了分别调查掌握各类别的用水量规律,尽量消除不确定因素,力求用水量分配真实可靠。根据工作日、周末、假期、季度等的不同用水阶段对各个集中用户的用水量特性进行周期性的调查,基本上做到每隔 15min 记录数据一次,得到完整数据记录。

2 模式处理方法

用水量调查数据分为历史数据及现场测试数据两大部分。根据历史数据以及用水量规律,取城镇总用水量的 40%~80% 的大用户进行分类,并挑选各类中的典型用户,进行连续数天以一定时间为单位的不间断的读表实测。实测结果即为现场水量测试数据。

现场水量测试数据根据时间序列<sup>[4]</sup>的基本特征,利用三角函数级数<sup>[5]</sup>、卡尔曼滤波<sup>[6]</sup>、BP 神经网络及遗传算法<sup>[7]</sup>等优化算法构造数学模型,根据最佳参数值(一般采用最小均方差),拟合出去除白噪声信号后的变化曲线,并在历史数据或动态水力模拟下检验模型的有效性。

物理学上,把一个比较复杂的周期运动看成是许多不同频率的简谐振动的叠加,并把这种对周期运动的展开称为谐波分析<sup>[8]</sup>。我们以式(1)构造数学模型,去除用水量数据中的白噪声信号。其中: $a_n \sin(nwt + b_n)$ 称为第  $n$  次谐波。

$$y(t) = a_0 + \sum_{n=1}^n a_n \sin(nwt + b_n) \quad (1)$$

式中: $a_0$ 为常数,取 15min 用水量的平均值; $a_n$ 为幅值,其范围根据 15min 用水量的最大值与最小值确定; $w$ 为角频率,本文取  $w = \frac{2}{1440}$ ,以保证周期为一天; $t$ 为积累时间,假设一天为一个工作周期,并以 min 为计量单位,则  $t$ 的取值范围为 $[0, 1440]$ ; $b_n$ 为初相,为了保证一天为一个周期, $b_n$ 取值范围为 $[0, 2\pi]$ 。

模型的评价指标包括:

1) 均方差  $s$ :

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{n - 1}} \quad (2)$$

式中: $n$ 为一个周期内的监测值的数目; $y_i$ 、 $\hat{y}_i$ 分别

为拟合值与实测值。

2) 拟合吻合系数  $R^2$  :

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2} \quad (3)$$

式中:  $\bar{y}$  为实测值的平均值, 其他同上, 并且  $R^2$  越接近 1, 吻合程度越好。

式(1)中, 未知数包括  $y(t)$ 、 $a_n$ 、 $b_n$ , 因此对  $a_n$  和  $b_n$  要进行二维搜索计算。搜索计算中, 只有常数  $a_0$  及一阶谐波的公式首先生成。对  $a_1$  和  $b_1$  范围大致分格, 从最小值出发, 通过局部搜索法遍历  $a_1$  和  $b_1$  值, 寻找能得到最小  $s$  (如式 2) 的  $a_1$  和  $b_1$ , 然后比较拟定的  $a_1$  和  $b_1$  值计算得到的  $s$  与其邻域的  $s$ , 看是否满足  $s$  误差值小于  $p$  的条件 ( $p$  为设定的最大相对误差, 如取  $p = \pm 5\%$ )。若不满足条件, 在拟定的  $a_1$  和  $b_1$  值及其邻域中再次进行分格搜索。若满足条件, 则计算出平滑后的用水量数据并比较  $s$  是否满足参数要求。若不满足参数要求, 添加谐波项数并从对  $a_{n+1}$  和  $b_{n+1}$  分格重新算起, 否则输出数据。

### 3 实例应用

以广东省某市供水系统为具体实例。对集中用户根据表 2 分成 11 类, 并且在工作日和周末分别对

各类用户的用水量进行监测, 采用上述模式处理方法可以分别得到相应的模式。

如表 3 所示, 工业一类的春夏用水量数据在时间三角函数序列法的平滑下, 主要参数  $s$  及  $R^2$  的值收敛于最佳拟合值 0 和 1, 并在谐波项数第十阶时达到了稳定。因此, 得到第 10 次谐波公式(式 4)作为数学模型公式。

$$y(t) = -15.684\sin(0.661 + 0.004t) - 11.944\sin(5.777 + 0.009t) - 3.272\sin(4.051 + 0.013t) - 1.0790\sin(0.423 + 0.017t) - 2.9940\sin(0.234 + 0.22t) - 2.928\sin(4.626 + 0.026t) - 1.7210\sin(6.041 + 0.031t) + 3.585\sin(3.894 + 0.035t) - 2.267\sin(5.882 + 0.039t) + 1.942\sin(0.613 + 0.044t) + 55.68 \quad (4)$$

根据数学模型, 绘制出数据平滑前后的曲线图, 如图 1、图 2 所示, 经过时间三角函数序列法拟合后的数据与原数据基本重合。从表 3、表 4 的拟合参数看, 拟合误差与拟合相对误差小, 基本在  $\pm 3\text{m}^3/\text{h}$ 、 $\pm 5\%$  以内。根据所列的数据及表格, 可见通过时间三角函数法对工业所占比例少而用水量

表 3 工业一类工作日用水量拟合参数

项数	1	2	3	4	5	6
$s$	0.953	0.848	0.704	0.642	0.631	0.557
$R^2$	0.201	0.858	0.889	0.892	0.917	0.939
项数	7	8	9	10	11	25
$s$	0.345	0.169	0.111	0.034	0.033	0.017
$R^2$	0.947	0.978	0.99	0.999	0.999	1

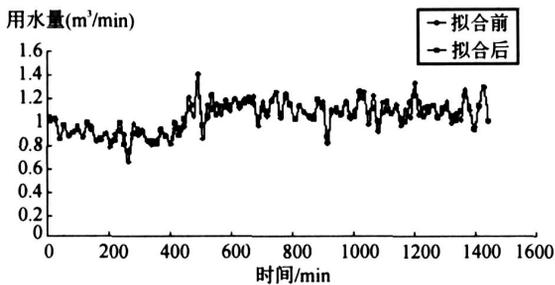


图 1 工业一类工作日用水量模式拟合曲线

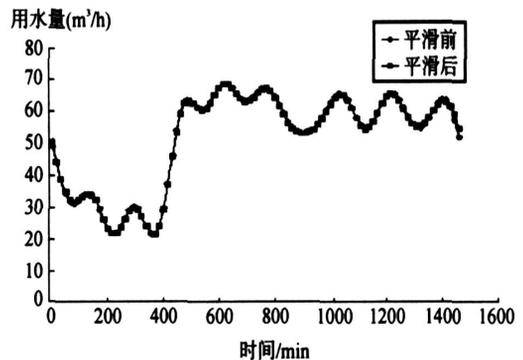


图 2 工业一类工作日用水量模式平滑曲线

表 4 工业一类工作日用水量拟合结果

时间 (min)	$P_i$ (%)	$E_i$ (m <sup>3</sup> /h)									
7.5	- 2.2	- 1.22	367.5	0.4	0.106	727.5	- 0.3	- 0.194	1087.5	- 0.2	- 0.147
22.5	- 1.3	- 0.609	382.5	- 0.1	- 0.025	742.5	- 0.2	- 0.119	1102.5	- 0.3	- 0.165
37.5	0	- 0.012	397.5	- 0.5	- 0.175	757.5	- 0.1	- 0.061	1117.5	- 0.2	- 0.106
52.5	1.1	0.419	412.5	- 0.7	- 0.294	772.5	- 0.1	- 0.044	1132.5	0	0.017
67.5	1.7	0.607	427.5	- 0.7	- 0.346	787.5	- 0.1	- 0.075	1147.5	0.2	0.157
82.5	1.6	0.565	442.5	- 0.6	- 0.322	802.5	- 0.2	- 0.136	1162.5	0.4	0.246
97.5	1	0.372	457.5	- 0.4	- 0.241	817.5	- 0.3	- 0.198	1177.5	0.3	0.234
112.5	0.4	0.139	472.5	- 0.2	- 0.14	832.5	- 0.4	- 0.226	1192.5	0.2	0.11
127.5	- 0.1	- 0.037	487.5	- 0.1	- 0.06	847.5	- 0.3	- 0.204	1207.5	- 0.1	- 0.08
142.5	- 0.3	- 0.102	502.5	0	- 0.028	862.5	- 0.2	- 0.138	1222.5	- 0.4	- 0.252
157.5	- 0.2	- 0.058	517.5	- 0.1	- 0.049	877.5	- 0.1	- 0.056	1237.5	- 0.5	- 0.313
172.5	0.2	0.052	532.5	- 0.2	- 0.103	892.5	0	0.002	1252.5	- 0.3	- 0.212
187.5	0.5	0.16	547.5	- 0.2	- 0.158	907.5	0	0.008	1267.5	0.1	0.033
202.5	0.8	0.211	562.5	- 0.3	- 0.187	922.5	- 0.1	- 0.048	1282.5	0.6	0.33
217.5	0.7	0.177	577.5	- 0.3	- 0.173	937.5	- 0.2	- 0.146	1297.5	0.9	0.549
232.5	0.3	0.071	592.5	- 0.2	- 0.125	952.5	- 0.4	- 0.245	1312.5	1	0.571
247.5	- 0.2	- 0.063	607.5	- 0.1	- 0.067	967.5	- 0.5	- 0.304	1327.5	0.6	0.355
262.5	- 0.6	- 0.17	622.5	0	- 0.03	982.5	- 0.4	- 0.295	1342.5	0	- 0.028
277.5	- 0.6	- 0.208	637.5	0	- 0.034	997.5	- 0.3	- 0.223	1357.5	- 0.6	- 0.403
292.5	- 0.5	- 0.163	652.5	- 0.1	- 0.083	1012.5	- 0.2	- 0.117	1372.5	- 0.8	- 0.547
307.5	- 0.2	- 0.055	667.5	- 0.2	- 0.158	1027.5	0	- 0.025	1387.5	- 0.4	- 0.275
322.5	0.2	0.069	682.5	- 0.3	- 0.228	1042.5	0	0.015	1402.5	0.7	0.472
337.5	0.6	0.159	697.5	- 0.4	- 0.264	1057.5	0	- 0.01	1417.5	2.6	1.581
352.5	0.7	0.175	712.5	- 0.4	- 0.25	1072.5	- 0.1	- 0.079	1432.5	5	2.777

注： $P_i$ ——拟合相对误差； $E_i$ ——拟合绝对误差。

变化大的城镇而言,数据拟合的效果良好,有效地去除了白噪音的影响。相对拟合误差都控制在  $\pm 5\%$  以内,95%的数据的拟合相对误差更是在  $\pm 1\%$  以内。

为了减少预存于数据库的数据量,进行 10 次谐波的平滑后,对数据进行阶梯化处理。选取一个误差值,沿拟合后曲线进行遍历,当时间  $t+i$  的拟合后数值与时间  $t$  的拟合后数值的误差达到所选取的误差值时,时间  $t$  至  $t+i$  作一阶梯,并取这个时间段的平均值为阶梯值。结果见图 3。经过阶梯化后,在保证

精度的前提下,可以形成不同时段的用水量模式。

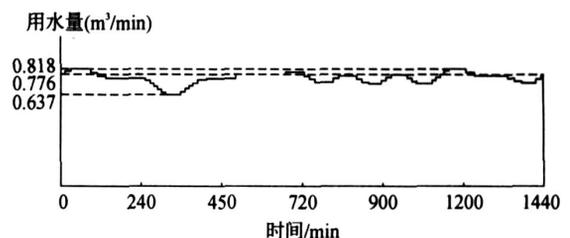


图 3 工业一类工作日用水量模式阶梯化曲线

同理,其他类型用户模式处理结果参数值如表 5 和表 6,并且在拟合计算过程中模型(1)中均取 10 项时,各参数值基本达到稳定收敛。

表 5 各类用户拟合计算主要参数值(工作日)

用户类型	工业一类	工业二类	工业三类	服务一类	服务二类	服务三类
$s$	0.034	0.021	0.042	0.052	0.046	0.015
$R^2$	0.999	0.996	0.999	0.978	0.989	0.993
用户类型	商贸类	生活类	机关类	综合类	水池调节类	
$s$	0.073	0.053	0.023	0.089	0.011	
$R^2$	0.957	0.978	0.908	0.921	0.999	

表 6 各类用户拟合计算主要参数值(周末)

用户类型	工业一类	工业二类	工业三类	服务一类	服务二类	服务三类
$s$	0.023	0.029	0.041	0.064	0.041	0.032
$R^2$	0.997	0.999	0.999	0.992	0.973	0.939
用户类型	商贸类	生活类	机关类	综合类	水池调节类	
$s$	0.045	0.069	0.051	0.094	0.032	
$R^2$	0.947	0.978	0.990	0.942	0.998	

#### 4 结论

从上述城市供水系统计算实例可以看出,本文采用的用水量调查方法和时间序列三角函数处理数据模式的方法能够获得较准确的结果,而且计算过程易于运用模块化程序处理,在可行性和实用性上均能够满足要求。同时,该处理方法在与城市供水动态建模结合实现实时动态调整和稳定性方面仍需进一步研究。

#### 参考文献

[1]严煦世,范瑾初. 给水工程(第四版)[M]. 北京:中国建筑工业出版社,1999

[2] B Coulbeck. Computer application in water supply [M]. New York: Research Studies Press. John and Sons, N. Y. 1988  
 [3] Gyergrek L. Computer Application in Distribution System Operation [J]. AWWA, 1973, 65(2): 632 ~ 644  
 [4]杨位钦,顾岚. 时间序列分析与动态数据建模[M]. 北京:北京理工大学出版社,1988  
 [5] W Rudin. Principles of Mathematical Analysis[M]. New York: Research Studies Press, 2000  
 [6]钟秋海. 现代控制理论[M]. 北京:高等教育出版社,2004  
 [7]陈念贻. 模式识别优化技术及其应用[M]. 北京:中国石化出版社,1997  
 [8]亚里夫[美]. 陈鹤鸣译. 现代通讯光电子学(第五版)[M]. 北京:电子工业出版社,2004