

给水管网微观模型中节点流量在线预测计算方法研究

陶建科 信昆仑 刘遂庆

提要 阐述了研究区域时总用水量数据整理、时总用水量预测、制作用水模式曲线、节点流量预测值计算,建立了给水管网微观模型中节点流量在线预测计算方法,并在实践中加以验证。

关键词 给水管网 微观模型 节点流量 预测 计算方法 实例

0 前言

利用给水管网微观模型作为供水系统日常管理工具是实现供水系统科学现代化管理必不可少的,已经被国外发达国家水司广泛采用。在利用给水管网微观模型过程中,节点流量计算总体分为两类:一类是历史用水量节点流量计算,另一类是未来用水量节点流量计算,文献[1~3]只是解决了给水管网微观模型在检验日的节点流量计算方法,属于第一类,没有解决未来用水量节点流量的计算。本文提出的给水管网微观模型中节点流量在线预测计算方法较好地解决了这一问题。这一方法能用于给水管网微观模型在线实时模拟和给水管网微观模型优化调度过程中。

1 给水管网微观模型中节点流量在线预测计算方法

1.1 研究区域历史时总用水量数据整理

1.1.1 原始数据的处理

供水系统历史数据采集一般是通过 SCADA 系统完成,SCADA 系统采集数据的准确性受到多种因素(如:仪表的精度、通信条件和通信质量等)的影响,有时管网中水锤也会产生“不合格”的数据,原始数据需经过处理,见图 1。

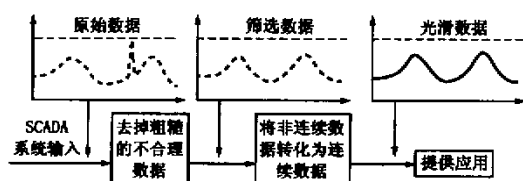


图1 原始数据处理流程

去掉粗糙的“不合理”数据后,原始的数据就转化为筛选数据,筛选掉了由于外界因素或管网中非

恒定流产生的“不合理”数据,导致筛选数据比原始数据少,而供水系统中所有的水力或水质数据是连续的,筛选数据需经光滑处理,转化为光滑数据,筛选数据转化为光滑数据,减少了由于仪器、仪表的精度而引起的误差,同时使得数据具有连续性。对 SCADA 系统采集的所有其它需应用的水力或水质数据都要经这一处理过程,方可应用。

SCADA 系统中某仪器因被损坏或其它原因,未采集到数据,计算机软件可用邻近相似天的数据来替代,后经过原始数据处理过程。

1.1.2 研究区域历史时总用水量计算

对于大规模复杂的城市供水系统而言,一般分割成许多小的供水区域或压力区,区域供水系统间的联络管上都安装有双向远传流量计;对于中小城市供水系统而言,可直接看作一个研究区域。

研究区域历史时总用水量的计算公式:

$$D_h = W_h - R_h + M_h - F_h \quad (1)$$

式中 D_h ——区域历史时总用水量;

W_h ——水厂历史时总出水量;

R_h ——水库历史时总净进水量;

M_h ——邻近供水区域净流入研究区域时净总用水量;

F_h ——“三定”冲水量和事故损失水量。

式(1)中的 W_h 、 R_h 和 M_h 数据需经过原始数据处理,计算出的研究区域历史时总用水量数据用于时总用水量预测。

1.2 时总用水量预测

常用的用水量预测方法分为两类:一类是解释性预测方法,另一类为时间系列分析法。本文时总用水量预测采用时间序列分析方法,在研究的过程中,

作者发现求和自回归滑动平均过程[ARIMA($p, d, 0$)]模型较适合预测时总用水量。

1.2.1 自回归滑动平均过程 ARIMA($p, d, 0$)模型

$$\nabla^d X_t = \phi_1 \nabla^d X_{t-1} + \phi_2 \nabla^d X_{t-2} + \dots + \phi_p \nabla^d X_{t-p} + a_t \quad (2)$$

式中 $\nabla^d = (1 - B)^d$;

当 $d = 1$, $\nabla^1 X_t = X_t - X_{t-1}$;

当 $d = 2$, $\nabla^2 X_t = X_t - 2X_{t-1} + X_{t-2}$ 等;

X_t —— t 时刻用水量;

B ——后移差分算子;

ϕ_i ——自回归系数;

a_t ——在 t 时刻的残差, a_t 是白噪音残差序列;

p ——模型的阶数。

令 $W_t = \nabla^d X_t = (1 - B)^d X_t$

代入方程(2)得:

$$W_t = \phi_1 W_{t-1} + \phi_2 W_{t-2} + \dots + \phi_p W_{t-p} + a_t \quad (3)$$

方程(3)为 p 阶自回归 AR(p)模型。

1.2.2 求解系数 $\phi = (\phi_1, \phi_2, \dots, \phi_p)$

用最小二乘法求解。

$$\begin{aligned} \text{令 } S(\phi) &= \sum_{t=p+1}^N a_t^2 \\ &= \sum_{t=p+1}^N (W_t - \phi_1 W_{t-1} - \dots - \phi_p W_{t-p})^2 \\ &= \min \end{aligned} \quad (4)$$

式中 N ——样品的长度。

方程(4)对系数 $\phi = (\phi_1, \phi_2, \dots, \phi_p)$ 求导, 得:

$$\left. \frac{\partial S(\phi)}{\partial \phi} \right|_{\phi = \phi_L} = 0$$

式中 $\phi_L = (\phi_1^L, \phi_2^L, \dots, \phi_p^L)$

$$\begin{aligned} \text{于是: } \frac{\phi_1^L}{N} \sum_{t=p+1}^N W_{t-1} \cdot W_{t-j} + \frac{\phi_2^L}{N} \sum_{t=p+1}^N W_{t-2} \cdot W_{t-j} + \\ \dots + \frac{\phi_p^L}{N} \sum_{t=p+1}^N W_{t-p} \cdot W_{t-j} \\ = \frac{1}{N} \sum_{t=p+1}^N W_t \cdot W_{t-j} \end{aligned}$$

$$\text{或 } \sum_{t=p+1}^N W_{t-j} \cdot (W_t - \phi_1^L W_{t-1} - \dots - \phi_p^L W_{t-p}) = 0 \quad (5)$$

式中 $j = 1, 2, 3, \dots, p$ 。

$$\text{令 } T_{ij}^L = \frac{1}{N} \sum_{t=p+1}^N W_{t-i} \cdot W_{t-j} = T_{ji}^L$$

$$A = [T_{ij}^L]$$

$$B = [T_{0j}^L]$$

于是方程(5)可写为

$$\sum_{i=1}^p T_{ij}^L \phi_i^L = T_{0j}^L \quad j = 1, 2, 3, \dots, p; \text{ 或 } A \phi_L^T = B \quad (6)$$

方程(6)可化为:

$$\phi_L^T = [\phi_1^L, \phi_2^L, \dots, \phi_p^L]^T = A^{-1} B \quad (7)$$

$$\text{即 } \phi_L^T = \begin{pmatrix} \phi_1^L \\ \phi_2^L \\ \vdots \\ \phi_p^L \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} T_{11}^L & T_{12}^L & T_{13}^L & \dots & T_{1p}^L \\ T_{21}^L & T_{22}^L & T_{23}^L & \dots & T_{2p}^L \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ T_{p1}^L & T_{p2}^L & T_{p3}^L & \dots & T_{pp}^L \end{pmatrix} \begin{pmatrix} T_{01}^L \\ T_{02}^L \\ \vdots \\ T_{0p}^L \end{pmatrix}$$

1.2.3 阶数 p 的选择

采用多元线性回归模型的假设校验^[5], 能求得 p 的个数是否满足要求。

假设 $\phi_{p+1} = 0$

$$F = \frac{A_1 - A_0}{1} / \frac{A_0}{N - (p + 1)} \quad (8)$$

式中 A_0 ——AR($p+1$)的残差的平方和, 即

$$S(\phi) |_{\text{AR}(p+1)};$$

A_1 ——AR(p)的残差的平方和, 即

$$S(\phi) |_{\text{AR}(p)};$$

1 和 $N - (p + 1)$ 为自由度, 对于一个显著水平 α (一般 α 取 0.05 或 0.01), 从 F 分布表能够得到 $F_\alpha(1, N - (p + 1))$ 的值, 如果 $F > F_\alpha$, 表示 p 值应增加, 反之 AR(p) 为合适的模型; 考虑到用户用水量具有周期性, p 值取为 24, 一般能满足要求。

1.2.4 预测

采用逐步向前预测, 方程式如下:

$$W_t(1) = \phi_1 W_{t-1} + \phi_2 W_{t-2} + \dots + \phi_p W_{t-p} \quad (9)$$

1.2.5 算法

时总用水量预测算法结构见图 2。

1.3 制作用水模式曲线

建立给水管网模型阶段, 制作用水模式曲线是针对模型校验, 寻求模型校验天 24 h 不同用水结构的节点流量变化规律, 这里制作用水模式曲线则要求寻求一年 365 天当中每天的不同用水结构用水模式曲线。城市用水量呈现日、周、月及年变化规律。可将一年 365 天分成很多类: 周一至周五、周六、周

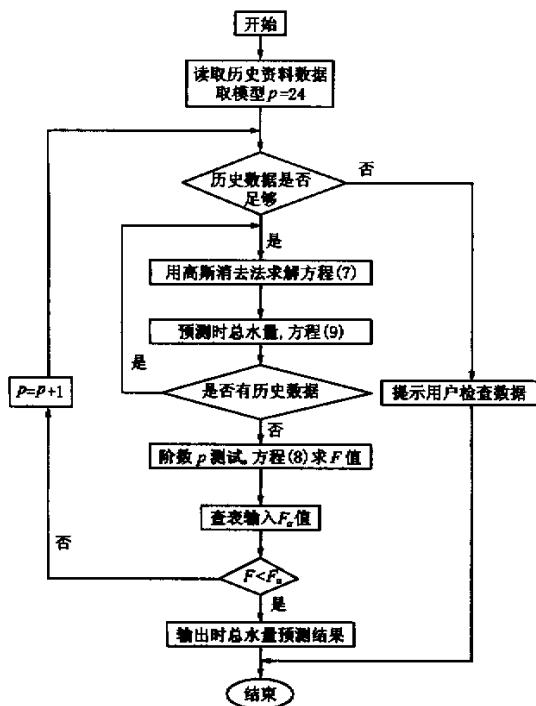


图2 时总用水量预测算法

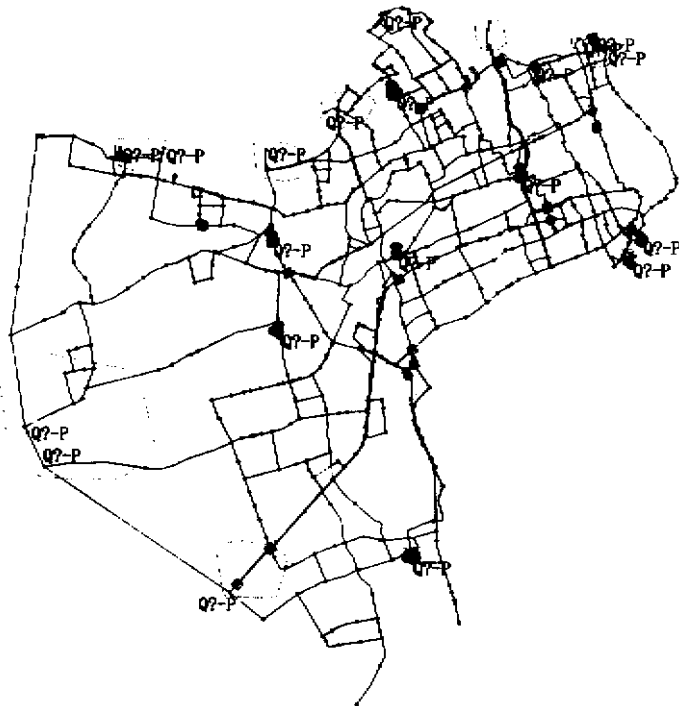


图3 南部供水区域微观模型

日、国定节假日(如:国庆节、五一劳动节、春节等)及部分地区民俗节日等,建立每一类用水模式曲线,认为周一至周五的不同用水结构各自的用水模式不变,其它类推。

建立每一类各自用水模式曲线要求进行大量的长期现场测试,各类用水模式曲线的计算方法见文献[1~3]。

1.4 计算节点流量预测值

按文献[2]方法,将原检验天时总用水量改为时总预测水量,结合历史的节点用水量数据库及新制作的用水模式曲线,可求得节点流量预测值。

2 实例

节点流量预测计算与验证供水区域选定为上海市浦西供水系统南部供水区域(微观模型见图3,供水系统中含有2座水厂、11座泵站、79台水泵、1526个节点和1828个元素)。

2.1 时总用水量预测

所有原始历史数据经过原始数据、筛选数据及光滑数据处理过程,形成南部供水区域时总用水量数据。研究区域历史(2000年11月6日至8日)时总用水量数据见表1。采用 $ARIMA(p, d, 0)$ 模型求解,用VC++6.0编制了计算机程序,进行水量预测,预测结果及误差分析见表1。

计算过程中模型要求最少阶数 $p=9$,取 $p=24$ 。从表1中可以看出最大误差小于5%,绝大部分误差小于3%,所有误差之和为-0.0012,说明数据的平稳性较好。

2.2 南部供水区域用水量节点的计算

采用2000年11月7日预测时总用水量计算,节点流量计算结果(00:00时)见表2。

2.3 验证

现场测试数据为SCADA系统传回测压点压力、水库水位及水厂进入管网供水量,部分典型的现场测试值与模型模拟值比较见图4至图6。校验结果分析见表3。

3 结论

计算值和现场测试值吻合很好,容许误差均在英国水研究中心(WRC)^[4]提出的校验标准误差范围之内,验证了该节点流量预测计算方法是有效的,在实践中具有广阔的应用前景。



表1 研究区域历史及预测时总用水量数据

6日	实际值/m ³ /s	预测值/m ³ /s	误差	7日	实际值/m ³ /s	预测值/m ³ /s	误差	8日	实际值/m ³ /s	预测值/m ³ /s	误差
1时	15.394 44	15.394 44	0	1时	15.027 78	14.650 88	0.025 08	1时	15.236 11	14.814 5	0.027 672
2时	14.925	14.925	0	2时	15.322 22	15.123	0.013 002	2时	15.227 78	15.625 6	-0.026 12
3时	15.144 44	15.144 44	0	3时	15.044 44	15.743	-0.046 43	3时	15.163 89	15.710 1	-0.036 02
4时	15.052 78	15.052 78	0	4时	15.125	15.618 8	-0.032 65	4时	14.958 33	15.207 1	-0.016 63
5时	15.208 33	15.208 33	0	5时	15.272 22	15.231 1	0.002 693	5时	15.313 89	15.513 2	-0.013 02
6时	15.766 67	15.766 67	0	6时	15.705 56	15.988	-0.017 98	6时	15.672 22	16.088 2	-0.026 54
7时	16.997 22	16.997 22	0	7时	17.052 78	16.877 8	0.010 261	7时	16.966 67	16.312 4	0.038 562
8时	19.722 22	19.722 22	0	8时	18.625	18.152	0.025 396	8时	18.855 56	18.177 5	0.035 961
9时	20.622 22	20.622 22	0	9时	19.975	19.622 22	0.017 661	9时	20.6	19.961 5	0.030 995
10时	20.672 22	20.672 22	0	10时	20.891 67	20.586 7	0.014 598	10时	20.572 22	21	-0.020 79
11时	20.536 11	20.536 11	0	11时	20.658 33	21.300 4	-0.031 08	11时	20.619 44	20.888 6	-0.013 05
12时	20.830 56	20.830 56	0	12时	20.978 33	20.934 5	0.002 089	12时	20.994 44	20.623 9	0.017 65
13时	20.966 67	20.966 67	0	13时	21.197 22	20.954	0.011 474	13时	20.961 11	20.838 1	0.005 869
14时	20.075	20.075	0	14时	20.177 78	20.599 6	-0.020 91	14时	20.075	20.985 4	-0.045 35
15时	20.027 78	20.027 78	0	15时	20.036 11	20.189 2	-0.007 64	15时	20.236 11	19.622	0.030 347
16时	19.844 44	19.844 44	0	16时	19.766 67	20.145 6	-0.019 17	16时	19.65	19.884 6	-0.011 94
17时	20.675	20.675	0	17时	19.95	19.278 5	0.033 659	17时	20.244 44	19.956 9	0.014 204
18时	20.766 67	20.766 67	0	18时	20.575	20.529 5	0.002 211	18时	20.699 72	20.316 2	0.018 528
19时	20.916 67	20.916 67	0	19时	20.788 89	20.499 6	0.013 916	19时	20.7111 11	20.210 6	0.024 166
20时	20.586 11	20.586 11	0	20时	19.975	19.366 2	0.030 478	20时	20.358 33	20.079 6	0.013 691
21时	17.244 44	17.244 44	0	21时	19.038 89	19.990 8	0.002 526	21时	18.855 56	19.198 5	-0.018 19
22时	16.138 89	16.138 89	0	22时	17.277 78	17.779 2	-0.029 02	22时	16.655 56	17.057 3	-0.024 12
23时	15.733 33	15.733 33	0	23时	15.255 56	15.788 9	-0.034 96	23时	15.538 89	15.443 6	0.006 132
24时	14.280 56	14.280 56	0	24时	14.747 22	14.752 4	-0.000 35	24时	14.452 78	14.948 9	-0.034 33

表2 节点流量计算结果

节点号码	节点流量/m ³ /s	节点号码	节点流量/m ³ /s	节点号码	节点流量/m ³ /s	节点号码	节点流量/m ³ /s	节点号码	节点流量/m ³ /s
10102	-0.007	14702	-0.071	19503	-0.035	13705	-0.029	13103	-0.017
10150	-0.487	14703	-0.001	19504	-0.007	13706	-0.006	13104	-0.03
10151	-0.193	14704	-0.005	19505	-0.006	13707	-0.023	13105	-0.009
10301	-0.032	14801	-0.013	19506	-0.005	13801	-0.046	13106	-0.026
10302	-0.026	14802	-0.025	19507	-0.009	13802	-0.036	13107	-0.022
10303	-0.004	14803	-0.02	19508	-0.006	13803	-0.01	13201	-0.015
10304	-0.027	14804	-0.009	19509	-0.007	13804	-0.042	13202	-0.016
10305	-0.015	14901	-0.022	19510	-0.014	13805	-0.008	13203	-0.02
10306	-0.005	14902	-0.024	19511	-0.013	13806	-0.012	13301	-0.069
10307	-0.013	14903	-0.05	19512	-0.004	13901	-0.047	13302	-0.024
10308	-0.012	14904	-0.007	19601	-0.05	13902	-0.073	13303	-0.012
10309	-0.015	14905	-0.022	19701	-0.064	13903	-0.01	13304	-0.008
10310	-0.01	15001	-0.027	19702	-0.007	14002	-0.141	13305	-0.016
10311	-0.019	15002	-0.021	19703	-0.017	14101	-0.037	13306	-0.038
10312	-0.008	15003	-0.031	19704	-0.009	14102	-0.033	13307	-0.016
10401	-0.02	15004	-0.014	19706	-0.005	14103	-0.018	13401	-0.002

续表 2

节点号码	节点流量/m ³ /s	节点号码	节点流量/m ³ /s	节点号码	节点流量/m ³ /s	节点号码	节点流量/m ³ /s	节点号码	节点流量/m ³ /s
10402	-0.031	15005	-0.026	19801	-0.052	14104	-0.004	13402	-0.052
10403	-0.03	15006	-0.004	19802	-0.019	14105	-0.041	13501	-0.011
10404	-0.02	15007	-0.007	19803	-0.046	14106	-0.012	13502	-0.069
10405	-0.025	15008	-0.006	19804	-0.029	14201	-0.022	27702	-0.004
10601	-0.015	15009	-0.01	20101	-0.086	14202	-0.069	17603	-0.012
10702	-0.025	15010	-0.009	20102	-0.003	14203	-0.014	17604	-0.021
10703	-0.009	15011	-0.013	20201	-0.032	14204	-0.019	17605	-0.017
10706	-0.018	15012	-0.014	20202	-0.017	14301	-0.042	17606	-0.025
10707	-0.038	15101	-0.042	20301	-0.01	14302	-0.021	17608	-0.03
10708	-0.013	15102	-0.03	20701	-0.008	14303	-0.012	17609	-0.003
10801	-0.006	15103	-0.02	20702	-0.007	14304	-0.036	17610	-0.046
10802	-0.006	15104	-0.011	20703	-0.007	14305	-0.005	17611	-0.028
10804	-0.011	15105	-0.009	20801	-0.028	14306	-0.007	17612	-0.043
10805	-0.008	15107	-0.004	20802	-0.021	14307	-0.004	17613	-0.007
10806	-0.002	15108	-0.007	20803	-0.046	14308	-0.005	17614	-0.007
10821	-0.025	15201	-0.044	20804	-0.079	14309	-0.004	17615	-0.004
10902	-0.012	15202	-0.072	20805	-0.012	14401	-0.031	17616	-0.002
10903	-0.02	15203	-0.054	20806	-0.004	14402	-0.009	17701	-0.063
10904	-0.006	15204	-0.028	20901	-0.014	14403	-0.034	17702	-0.046
10905	-0.004	15205	-0.029	20902	-0.021	14404	-0.002	17703	-0.045
10906	-0.026	15206	-0.001	20903	-0.01	14405	-0.009	17704	-0.015
10907	-0.009	15207	-0.009	20904	-0.007	19306	-0.003	17705	-0.026
10908	-0.006	15208	-0.005	20905	-0.023	19307	-0.008	17706	-0.002
10909	-0.004	15209	-0.009	20906	-0.009	18003	-0.017	17801	-0.018
10910	-0.009	15210	-0.004	20907	-0.004	18004	-0.01	17802	-0.006
10911	-0.008	15302	-0.011	21001	-0.041	18005	-0.066	17803	-0.039
10912	-0.004	15303	-0.001	21002	-0.006	18006	-0.006	26001	-0.009
10913	-0.004	15304	-0.002	21101	-0.01	18008	-0.013	26002	-0.015
10914	-0.005	15307	-0.011	21601	-0.007	18009	-0.005	26201	-0.036
10915	-0.004	15321	-0.151	21602	-0.016	18101	-0.046	26202	-0.037
10918	-0.004	15402	-0.103	21603	-0.016	18102	-0.02	26301	-0.049
10919	-0.011	15405	-0.057	21801	-0.004	18103	-0.024	26401	-0.026
11101	-0.012	15501	-0.019	21802	-0.007	18104	-0.023	26501	-0.074
11102	-0.004	15502	-0.012	21803	-0.037	18105	-0.001	26502	-0.012
11201	-0.02	15503	-0.023	21804	-0.081	18106	-0.006	26503	-0.013
11202	-0.014	15504	-0.003	21805	-0.006	18107	-0.016	26504	-0.011
11203	-0.038	15505	-0.037	21806	-0.005	18108	-0.009	26601	-0.006
11204	-0.011	15506	-0.001	21807	-0.008	18109	-0.006	26701	-0.075
11205	-0.002	15507	-0.004	21901	-0.007	18201	-0.082	26801	-0.075
11206	-0.005	15508	-0.002	21902	-0.015	18202	-0.03	26901	-0.062
11207	-0.009	15509	-0.01	21903	-0.001	18203	-0.023	26902	-0.023
11208	-0.012	15601	-0.019	21904	-0.009	18204	-0.009	27001	-0.108
11209	-0.001	15602	-0.026	22001	-0.011	18205	-0.01	27101	-0.01
11210	-0.06	15603	-0.024	22002	-0.042	18206	-0.013	27501	-0.04
11301	-0.018	15604	-0.034	22003	-0.034	18207	-0.013	27502	-0.003



续表 2

节点号码	节点流量/m ³ /s	节点号码	节点流量/m ³ /s	节点号码	节点流量/m ³ /s	节点号码	节点流量/m ³ /s	节点号码	节点流量/m ³ /s
11302	-0.004	15605	-0.011	22004	-0.078	18301	-0.026	27503	-0.007
11303	-0.01	15606	-0.009	22005	-0.019	18401	-0.037	27504	-0.017
11304	-0.011	15607	-0.066	22006	-0.006	18402	-0.031	27701	-0.001
11305	-0.04	15608	-0.014	22007	-0.007	18404	-0.002	17908	-0.003
11306	-0.011	15609	-0.014	22008	-0.004	18405	-0.006	18001	-0.019
11307	-0.006	15611	-0.017	22009	-0.016	18501	-0.044	18002	-0.031
11308	-0.009	15612	-0.02	22010	-0.008	18502	-0.014	27901	-0.156
11309	-0.013	15613	-0.002	22301	-0.002	18701	-0.025	27902	-0.018
11311	-0.013	15614	-0.021	22302	-0.117	18801	-0.002	28050	-0.769
11312	-0.003	15615	-0.036	22303	-0.007	19201	-0.031	28301	-0.06
11313	-0.002	15616	-0.001	22401	-0.004	19202	-0.01	28701	-0.009
11314	-0.01	15701	-0.041	22501	-0.008	19301	-0.059	28702	-0.007
11315	-0.004	15702	-0.009	22502	-0.025	19302	-0.049	28703	-0.01
11316	-0.028	15703	-0.01	22503	-0.052	19303	-0.039	28704	-0.01
11317	-0.021	15704	-0.01	22701	-0.04	19304	-0.021	28801	-0.004
11601	-0.007	15705	-0.016	22702	-0.06	19305	-0.008	28802	-0.055
11602	-0.018	15801	-0.015	22703	-0.006	19404	-0.05	28803	-0.001
11603	-0.009	15802	-0.075	22801	-0.016	30553	-0.184	28804	-0.004
11606	-0.007	15803	-0.014	22802	-0.024	31150	-0.074	29201	-0.06
11607	-0.014	15804	-0.003	22803	-0.016	32421	-0.42	30150	-0.234
11609	-0.002	15901	-0.009	22805	-0.002	32450	-2.444	13503	-0.032
11610	-0.003	15902	-0.002	22901	-0.1	109A1	-0.004	13504	-0.036
11611	-0.001	15903	-0.034	23001	-0.001	109A2	-0.001	17804	-0.03
11612	-0.007	16001	-0.02	23002	-0.014	109A3	-0.01	17805	-0.029
11613	-0.005	16003	-0.017	23003	-0.032	109A4	-0.003	27703	-0.006
11615	-0.058	16004	-0.017	23004	-0.006	109A5	-0.006	12610	-0.003
11616	-0.026	16005	-0.007	23005	-0.004	156A3	-0.006	12611	-0.01
11617	-0.023	16006	-0.021	23006	-0.009	BB172	-0.06	12612	-0.019
11650	-0.511	16007	-0.018	23007	-0.013	BB222	-0.07	12613	-0.005
11701	-0.053	16101	-0.047	23008	-0.009	BB226	-0.02	13001	-0.001
11950	-0.569	16102	-0.051	23102	-0.043	BB278	-0.06	13002	-0.018
12101	-0.024	16103	-0.014	23103	-0.03	CQ147	-0.28	13003	-0.008
12201	-0.01	16104	-0.009	23201	-0.063	CQ235	-0.14	13004	-0.02
12202	-0.011	16105	-0.001	23401	-0.001	CQ347	-0.18	13005	-0.018
12203	-0.027	16106	-0.004	23701	-0.005	CQ447	-0.02	13006	-0.012
12204	-0.035	16107	-0.005	23702	-0.006	nb178	-0.02	13007	-0.005
12205	-0.007	16108	-0.003	23703	-0.044	14406	-0.008	13008	-0.025
12206	-0.016	16201	-0.037	23801	-0.031	14407	-0.008	13009	-0.026
12207	-0.012	16202	-0.005	23802	-0.024	14501	-0.034	13010	-0.011
12208	-0.022	16203	-0.001	23803	-0.047	14502	-0.019	13101	-0.024
12209	-0.002	16204	-0.013	23804	-0.034	14503	-0.022	13102	-0.025
12210	-0.021	16205	-0.06	23805	-0.009	14504	-0.05	17402	-0.012
12211	-0.028	16206	-0.007	23806	-0.008	14505	-0.033	17403	-0.01
12212	-0.014	16207	-0.012	23901	-0.032	14601	-0.034	17404	-0.028

续表 2

节点号码	节点流量/m ³ /s	节点号码	节点流量/m ³ /s	节点号码	节点流量/m ³ /s	节点号码	节点流量/m ³ /s	节点号码	节点流量/m ³ /s
12213	-0.027	16209	-0.01	23903	-0.008	14602	-0.026	17405	-0.007
12214	-0.017	16210	-0.003	24001	-0.002	14603	-0.091	17406	-0.048
12215	-0.008	16211	-0.013	24002	-0.001	14701	-0.031	17502	-0.007
12216	-0.007	16212	-0.011	24003	-0.034	19405	-0.01	17503	-0.019
12217	-0.005	16301	-0.028	24004	-0.013	19406	-0.012	17504	-0.018
12218	-0.017	16302	-0.013	24101	-0.002	19407	-0.004	17505	-0.018
12219	-0.013	16303	-0.037	24102	-0.003	19501	-0.023	17506	-0.002
12301	-0.006	16304	-0.019	24103	-0.001	19502	-0.031	17507	-0.007
12302	-0.009	16305	-0.079	24105	-0.017	19401	-0.075	17601	-0.029
12304	-0.008	16306	-0.012	24201	-0.046	19402	-0.036	17602	-0.11
12305	-0.01	16307	-0.041	24202	-0.062	13601	-0.007	24902	-0.013
12306	-0.042	16308	-0.017	24203	-0.035	13602	-0.02	24903	-0.037
12307	-0.008	16309	-0.011	24350	-0.195	13603	-0.005	24904	-0.015
12308	-0.002	16410	-0.148	24701	-0.028	13604	-0.071	24905	-0.005
12309	-0.003	16501	-0.132	24702	-0.022	13605	-0.002	24906	-0.012
12311	-0.007	16705	-0.057	24801	-0.001	13606	-0.015	25001	-0.085
12501	-0.036	17101	-0.013	24901	-0.018	13607	-0.003	25101	-0.006
12504	-0.012	17102	-0.041	17806	-0.01	13608	-0.01	25102	-0.044
12528	-0.018	17201	-0.083	17807	-0.005	13609	-0.017	25501	-0.001
12602	-0.018	17202	-0.016	17808	-0.001	13610	-0.031	25502	-0.042
12603	-0.001	17203	-0.042	17809	-0.004	13701	-0.015	25701	-0.011
12604	-0.003	17301	-0.027	17902	-0.012	13702	-0.052	25801	-0.03
12605	-0.045	17401	-0.029	17903	-0.012	13703	-0.011	25802	-0.002
17905	-0.011	17901	-0.05	17904	-0.009	13704	-0.01	17907	-0.008
17906	-0.007								

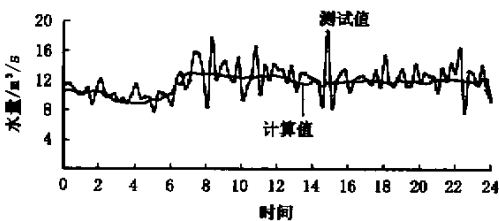


图 4 长桥水厂供水量

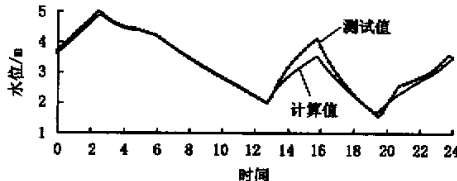


图 6 胶州水库水位

表 3 校验结果

参 数	名 称	校 验 结 果	名 称	校 验 结 果
水厂供水量	长桥	实测值 0.36%	南市	实测值 1.54%
	电力	实测值 -1.3kPa	威海	实测值 -0.8kPa
测压点压力	邮电	实测值 -2.7kPa	南浦	实测值 -1.3kPa
	五联	实测值 +0.4kPa	本部	实测值 +4.1kPa
	复消	实测值 -5.3kPa	宜桂	实测值 +1.7kPa
	公用	实测值 +2.4kPa	龙喜	实测值 -0.98kPa
	金陵	实测值 +0.2kPa	高安	实测值 -0.26kPa
水 库	胶州	实测值 0.21%	中山西	实测值 3.6%
	复兴	实测值 1.84%	吴中	实测值 0.08%

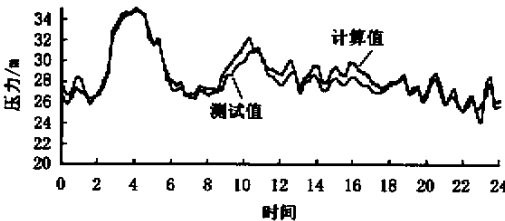


图 5 某一测压点压力

暴雨径流人工湿地处理系统设计的几个问题

徐丽花 周 琪

提要 暴雨径流人工湿地处理系统与其他人工湿地系统有很大区别。从设计的角度,详细论述了水文因素、水力因素、湿地容积、水生植物和填料等几个问题。

关键词 暴雨径流 人工湿地 填料 水生植物

0 引言

大部分人工湿地被用来处理城市污水和工业废水,集中于有机物的去除,然而处理暴雨径流的系统的目标是处理氮磷和重金属。虽然许多基本理论是相同的,但是在几个重要的方面不同于处理城市污水,在设计时必须考虑。

(1)在处理暴雨径流和城市污水的湿地系统中,进水的化学特性和水文学特性是不同的。城市污水一般有稳定的流量和水质,可根据生物降解过程,确定并维持最佳处理效率。然而,暴雨径流是完全不同的,在降雨期间或降雨之后,会产生很大的流量,水质也有很大的变化。同时,暴雨径流还可能携带大量对生物有害的物质,对处理系统造成冲击。因此,处理暴雨径流的湿地中的生物群应具有较强的对多变情况的适应能力。

(2)在处理城市污水的湿地系统中,污染物的降解速率等于输入速率。在处理暴雨径流的湿地系统中,污染物的输入是偶然发生的。水中夹带的污染物不可能完全被去除。污染物必须首先被捕集,大部分降解发生在后期流量少或没有时^[1]。因此,设计暴雨径流处理湿地比污水处理湿地更多地强调保留污染物再后续降解。

(3)暴雨湿地系统实质上是作为一个间歇反应器运行的。湿地的水位在降雨前后发生变化。水位

的变化导致湿地水位周期性的下降,使积累的有机物自然氧化,还可使氧气向填料中扩散,加强湿地内的硝化作用。

(4)总氮、水溶态氮、总磷、水溶态磷的输入浓度随降雨径流过程减小。总氮、总磷与径流量对地表的侵蚀能力成正相关,其输入浓度的递减规律多呈抛物线型,递减速度快。水溶态氮输入浓度基本上是线性分布,与总氮、总磷比较其递减变化幅度小。氮磷输入还与降水强度有关,强度大的降水侵蚀作用强烈,氮磷随水土流失量大^[2]。

由上可知,暴雨径流与城市污水、工业废水相比,在水文特性、化学特性等方面有很大差别,并且人工湿地的运行方式也不同。因此,暴雨径流人工湿地的设计与其他人工湿地也有所不同,本文将对其不同点进行论述。

1 水文因素

为保证湿地的长期效果,在设计中应考虑水文因素和湿地生态特点之间的关系^[3]。水的来源、速度、体积以及洪水发生的频率都影响着湿地介质的物理、化学特性。反过来,介质影响着生物种类的多样性、初级生产能力、有机物的沉积和通量、营养物的循环。水文条件也影响污染物的沉积、氧化、生物转化和土壤吸附过程。因此必须对一些关键因素进行评价,如水的流速、深度和水位的涨落、停留时间、

参考文献

- 1 陶建科,等.建立计算机给水管网图形和在地形图上划定节点流量区域的方法.给水排水,1997,23(6):5~8
- 2 陶建科.建立给水管网动态模型中的水量分析方法.给水排水,1998,24(1):26~30
- 3 陶建科,等.建立给水管网微观动态水力模型标准方法研究.给水排水,2000,26(5):4~8

4 Water Authorities Associates/WRC. Network Analysis - A Code Practice. 1989

5 藤素珍编著.数理统计.大连:大连理工大学出版社,1990

○作者通讯处 200093 上海市杨浦区水丰路 125 弄 3 号 603 室
电话 (0)13601779169

信昆仑 刘遂庆 200092 同济大学环境科学与工程学院

收稿日期 2001-1-8