

# 基于 MATLAB 的供水管网平差模型的建立与应用

徐先伯,白 丹,关祥飞,任培琦

(西安理工大学 水利水电学院, 陕西 西安 710048)

**摘 要:**以克拉玛依市供水管网系统为例,结合工程项目的实践经验,利用 MATLAB 语言编写相关程序,介绍了管网平差模型的建立与应用,包括目标设立、管网简化、节点流量分配等,为模型的应用奠定了基础。

**关键词:**城市供水管网;管网平差;MATLAB

中图分类号: TU 991

文献标志码: B

文章编号: 1009-7767(2017)01-0133-03

## Establishment and Application of Adjustment Model of Water Supply Pipeline Network Based on MATLAB

Xu Xianbo, Bai Dan, Guan Xiangfei, Ren Peiqi

城市供水是城市发展的命脉,直接关系到整个城市的经济与民生,而供水管网是城市基础设施的重要组成部分,是人民日常生活中不可缺少的网络系统,其投资占整个给水系统总投资的 50%~80%,而且还涉及庞大的电能消耗和运行管理费用。管网平差模型是城市供水管网系统的基础,随着城市供水管网系统建设进程的加快,以及当地管理部门科学管理意识的增强,建立准确的供水管网平差模型便成为迫切需要解决的问题。笔者通过 MATLAB 语言程序建立了克拉玛依市供水管网平差模型,并通过校验检查满足工程项目预期的精度,为克拉玛依市整个项目后期的用水量预测、宏观调度等模型的建立提供了基础保障。

### 1 管网平差的原理<sup>[1-2]</sup>

#### 1.1 管网水力计算的基础方程

管网水力计算的任务是在流量已分配和管径已确定的基础上,求出各管段的实际流量  $q_{ij}$ ,确定配水源的流量  $Q$  和水压  $H$ ,以及各节点的水压。

设  $P$  为管网中的管段总数, $S$  为配水源数, $J$  为节点数(包括配水源节点), $L$  为环数,则未知量为  $P$  个管段的流量  $q_{ij}$  和水头损失  $h_{ij}$ , $S$  个配水源的供水量和  $J$  个节点的水压  $H_i$ ,共计  $P+J+S$  个未知量。求解上述未知量的基础方程有节点方程(连续性方程)、回路方程(能量方程)和压降方程。

##### 1.1.1 节点方程(连续性方程)

对于任意节点,流向该节点的流量等于从该节点

流出的流量(假定流出节点为正,流向节点为负),即:

$$\sum \pm q_{ij} + Q_i = 0。$$

式中: $Q_i$  为节点  $i$  的流量; $q_{ij}$  为该节点上的各管段流量, $i, j$  为其起、止节点编号。

##### 1.1.2 回路方程(能量方程)

管网中任一环内,各管段的水头损失之和为零,即任意 2 个节点之间各管段的水头损失相等(假定水流顺时针方向的水头损失为正,水流逆时针方向的水头损失为负):

$$\sum_1^L h_{ij} - \Delta H_k = 0。$$

式中: $h_{ij}$  为基环  $k$  的管段的水头损失; $\Delta H_k$  为基环  $k$  的闭合差或增压和减压装置产生的水压差。

##### 1.1.3 压降方程

进行管网水力计算时一般不计局部水头损失,必要时可适当增大摩阻系数或当量长度而将局部水头损失估计在内。如只计沿程水头损失,则流量  $q$  和水头损失  $h$  的关系可用指数型公式表示:

$$h_{ij} = H_i - H_j = S_{ij} q_{ij}^n。$$

式中: $H_i, H_j$  分别为管段两端节点  $i, j$  的水压高程; $h_{ij}$  为管段水头损失; $S_{ij}$  为管段摩阻; $q_{ij}$  为管段流量; $n=1.852 \sim 2$ ,根据所采用的水头公式不同而定。

### 1.2 管网计算的方法

按解水力方程的变量分类,环状管网计算可分为

解环方程法(管网依次满足连续性方程和能量方程)、解节点方程法(管网依次满足连续性方程和压降方程)、解管段方程法(管网需同时满足连续性方程和能量方程)。由于解环方程法涉及方程数量最少,因此多采用该方法进行管网平差计算,并且通常采用哈代-克罗斯法对其进行求解计算。

## 2 克拉玛依市供水管网概况

克拉玛依市的供水公司为克拉玛依市新疆油田公司下属的唯一一家集引、蓄、产、转、验、销为一体的供水企业,该公司除了承担着油田及城市工农业生产、居民生活和环境绿化等供水任务外,同时还担负着向引水干渠沿线途经的阿勒泰地区福海县、塔城地区和布克赛尔蒙古自治县、兵团农十师 184 团、兵团农七师 137 团乌尔禾垦区供水的任务。该公司服务地区多,供水战线长,主营业务是原水、自来水的供应。

克拉玛依市现有水厂 6 座,年设计产水能力  $21\ 717.5 \times 10^4 \text{ m}^3$ ,日产水能力  $59.5 \times 10^4 \text{ m}^3$ ,其中第一净化水厂已停用,三坪净化水厂和第五净化水厂为主要供水水厂,其供水能力占到整个城区的 70%~80%。主要供水设施包括:6 座中型水库,设计总蓄水能力  $2.776 \times 10^8 \text{ m}^3$ ;3 条主渠道;8 座输转水泵站;800 余 km 输水主干线。城区配水管网呈环状结合形式,以枝状管居多。管径最大为  $DN500 \text{ mm}$ ,最小为  $DN100 \text{ mm}$ 。旧城区的供水管网多数建于 20 世纪 50 年代和 70 年代,管材多为灰铁管,而南部新城区的供水管网为新近敷设。

## 3 MATLAB 管网平差编程举例

### 3.1 工程概况<sup>[3]</sup>

某管网设计流量为  $50\ 000 \text{ m}^3/\text{d}$ ,最高时用水量占最高日用水量的 5.92%,即 822 L/s,管网其他基本数据见表 1,环状供水管网布置见图 1。

### 3.2 程序设计

MATLAB 编程代码片段如下<sup>[4-5]</sup>:

```
s=zeros(1,n);
for j=1:n
s(1,j)=10.67*L(1,j)*C^(-1.852)*(D(1,j)/1000)^(-4.87);
end
dc=877;
h=zeros(dc,n);
Q=zeros(dc,n);
tempQ=zeros(dc,n);
```

表 1 管网基本数据

管段编号	上游节点	下游节点	管长/m	管径/mm	流量/(L/s)
1	13	1	225	500	493.00
2	14	4	240	500	263.00
3	1	2	1 270	500	152.07
4	2	3	1 350	300	52.85
5	4	3	650	500	135.18
6	1	5	620	600	304.72
7	2	6	1 150	400	62.42
8	3	7	1 390	400	105.53
9	4	8	1 670	400	91.42
10	5	6	760	500	171.32
11	6	7	1 130	300	73.74
12	8	7	1 040	300	32.65
13	5	9	1 730	400	84.71
14	6	10	480	300	78.51
15	7	11	1 140	200	13.22
16	8	12	1 510	200	7.33
17	9	10	1 500	300	34.11
18	10	11	1 020	300	69.41
19	12	11	760	200	23.17
20	15	12	150	400	66.00

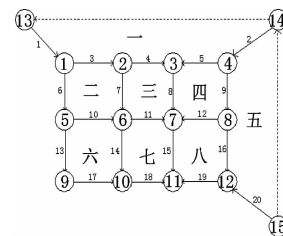


图 1 环状供水管网布置图

```
tempA=zeros(m,n);
sq=zeros(dc,n);
dh=zeros(m,dc);
dsq=zeros(m,dc);
dQ=zeros(m,dc);
Q(1,:)=Qc;
for k=1:dc
h(k,1)=s(1,1)*(Q(k,1)/2000)^1.852;
sq(k,1)=s(1,1)*(Q(k,1)/2000)^0.852;
for j=2:n
h(k,j)=s(1,j)*(Q(k,j)/1000)^1.852;
sq(k,j)=s(1,j)*(Q(k,j)/1000)^0.852;
end
```

```

dh(:,k)=A*h(k,:);
dsq(:,k)=abs(A)*sq(k,:);
dh(1,k)=dh(1,k)+(33+(39-0.000117*(Q(k,1)/
3)^2)-(30+(39-0.000117*(Q(k,2)/2)^2));
dh(5,k)=dh(5,k)+(30+(39-0.000117*(Q(k,2)/
2)^2))-95;
dh(1,k)=dh(1,k)+(33+(39-0.000117*(Q(k,1)/
3)^2)-(30+(39-0.000117*(Q(k,2)/2)^2));
dh(5,k)=dh(5,k)+(30+(39-0.000117*(Q(k,2)/
2)^2))-95;
if max(abs(dh(:,k)))<jd
ddcs=k;
break
else
dQ(:,k)=-dh(:,k)./dsq(:,k)/1.852*1000;
for i=1:m
tempA(i,1)=A(i,1);
for j=1:n
if A(i,j)==0
tempA(i,j)=0;
continue
else
if A(i,j)==1
tempQ(k,j)=A(i,j)*Q(k,j)+dQ(:,k)*A(:,j);
else
tempQ(k,j)=A(i,j)*Q(k,j)-dQ(:,k)*A(:,j);
end
Q(k+1,j)=abs(tempQ(k,j));
tempA(i,j)=sign(tempQ(k,j));
end
end
end
end
A=tempA;
end

```

### 3.3 运行结果


管网平差运行结果见表 2,从中可以看出各管段的实际数据。

## 4 结语

目前, MATLAB 语言程序已经在管网模拟仿真中得到了广泛的应用,该程序具有直观、简明的特点,适合多类人群使用,并且极大地减少了管网平差所需的时间。

表 2 管网平差运行结果

管段 编号	流量/ (L/s)	水头损失/ m	节点 编号	节点水压/ m
1	423.037 3	0.480 7	1	69.192 8
2	213.690 8	0.522 6	2	68.136 2
3	127.109 1	1.056 6	3	66.593 7
4	39.360 2	1.541 5	4	67.141 8
5	128.031 3	0.548 1	5	68.395 5
6	259.718 2	0.797 3	6	67.614 8
7	50.949 0	0.521 7	7	66.987 1
8	84.891 5	1.623 2	8	66.421 3
9	49.259 4	0.711 7	9	67.034 5
10	142.441 0	0.780 7	10	66.625 9
11	57.978 4	2.643 7	11	65.977 1
12	44.012 8	1.460 5	12	94.256 7
13	68.587 2	1.361 1	13	69.673 5
14	53.921 5	0.981 8	14	67.664 3
15	11.817 3	1.010 0	15	95.000 0
16	60.853 4	27.835 4		
17	17.987 2	0.401 6		
18	28.698 7	0.648 8		
19	88.918 5	28.279 6		
20	185.271 9	0.743 3		

克拉玛依市的给水系统为多水源给水系统,根据管网简化原则对规划后的管网进行简化,形成包含 64 个环、173 条管段、108 个节点的管网系统。笔者虽然只是以某一管网为例进行编写,但只要将基础数据进行修改,同样适用于整个克拉玛依市的管网平差。 

### 参考文献:

- [1] 赵树立. 给水管网工程技术[M]. 北京:化学工业出版社,2009:109-129.
- [2] 赵洪宾. 给水管网系统理论与分析[M]. 北京:中国建筑工业出版社,2003:55-57.
- [3] 严煦世,范瑾初. 给水工程[M]. 北京:中国建筑工业出版社,1999:53-65.
- [4] 飞思科技产品研发中心. MATLAB 6.5 辅助优化计算与设计[M]. 北京:电子工业出版社,2003:13-29.
- [5] 徐得潜. 多水源空间给水管网平差计算通用程序设计[J]. 给水排水,1994(2):9-11.

收稿日期:2016-08-31

基金项目:国家自然科学基金资助项目(E050302)

作者简介:徐先伯,男,在读硕士研究生,主要研究方向为给水排水工程优化设计与管理。