

文章编号 1000-5013(2005)02-0217-04

# 外部多水源给水管网水力计算程序的应用

刘 贤 荣      倪   鹏

( 华侨大学材料科学与工程学院, 福建 泉州 362021;    长春工业大学软件技术学院, 吉林 长春 130021 )

**摘要** 基于求解管网恒定流方程组的 Hardy Cross 法(哈代-克罗斯法)及其算法原理, 研究管网图形网络结构与水力计算中数据结构特征. 引入虚节点和虚环, 将外部多水源管网问题转化为单水源问题. 结合某管网规划设计, 以环为主线的编程思路, 用 C 语言编制相应的计算程序并通过调试.  
**关键词** 外部多水源, 给水管网, 程序设计, C 语言  
**中图分类号** TU 821.3; TU 17; TP 312      **文献标识码** A

给水管网水力计算的实质是求解管网稳定方程组, 求出所有管段流量、管径、水头损失、各节点水压、水泵扬程或水塔高度等参数. 随着供水技术的发展, 城市给水管网的规模越来越大, 结构越来越复杂, 管段数和环数不断增多. 要想准确、迅速完成管网水力计算, 满足工程所需, 必须借助电子计算机和程序. 但现行很多程序不能对多泵站或泵与水塔、水塔与水塔联合供水等各种情况进行通用, 对给水管网设计计算, 程序也只能分别处理. 尤其当城市需水量增加时, 城市的供水情况往往由单一的水源供水转化为多水源(包括泵站、水塔和高地水池等)供水时, 需要对程序进行改进<sup>[1]</sup>. 为此, 本文基于哈代-克罗斯法的算法原理, 针对多个水源在给水管网的外部的管网平差计算, 用 C 语言编制了解环方程组的简易程序. 同时, 结合某管网的规划设计任务, 对程序进行验算和应用.

## 1 原理与方法<sup>[2]</sup>

### 1.1 管网水力计算的基础方程

环状管网的水力计算必须满足两个基础方程, 即连续性方程和能量方程.

### 1.2 多水源问题转换为单水源管网问题

在任意位置设定虚节点 0, 虚节点与  $N$  个水源节点连接成各虚管段, 并与相关的实管段构成  $N-1$  个虚环. 虚节点水压假定为零, 从虚节点 0 流向各水源的流量为该水源的供水量, 且该虚管段的水头损失为该水源节点水压的负值. 虚管段的管径和长度均为零.

### 1.3 哈代-克罗斯法解环方程的算法原理

(1) 管径的确定. 给水干管管径通常根据工程经济分析, 由经济流速或界限流量确定. 干管之间的连接管按供水安全可靠考虑, 通常取上游管径下限值或者下游管径上限值. (2) 管段水头损失计算公式. 目前, 国内常用舍维列夫公式和巴甫洛夫斯基公式. 其中舍维列夫公式适用于旧钢管和旧铸铁管, 水温  $10\text{ }^{\circ}\text{C}$  时, 即

$$\begin{cases} v \geqslant 1.2, & i = 0.001\,070 \frac{v^2}{D^{1.3}}, \\ v < 1.2, & i = 0.000\,912 \frac{v^2}{D^{1.3}} \left( 1 + \frac{0.867}{v} \right)^{0.3}. \end{cases}$$

上式中,  $v$  为流速 ( $\text{m/s}$ ),  $D$  为水管的计算内径 ( $\text{m}$ ). 对于任一环中的任一管段, 若该管段为公共管段, 则管段流量调整为  $q_{ij}^{(k+1)} = q_{ij}^{(k)} + \Delta q_s + \Delta q_n$ ; 若该管段为非公共管段, 则管段流量调整为  $q_{ij}^{(k+1)} = q_{ij}^{(k)} +$

$\Delta q_s^{(k)}$ . 其中,  $\Delta q_s$ ,  $\Delta q_n$  为本环和邻环的校正流量.

2 C程序设计

某城市给水管网由两泵站和水塔供水,最高用水量为  $822\text{ L}\cdot\text{s}^{-1}$ ,管长  $L(\text{m})$ 、初次分配流量  $Q(\text{L}\cdot\text{s}^{-1})$  和管径  $D(\text{mm})$ ,如图 1 所示<sup>[3]</sup>. 以此为例,对多水源在给水管网的外部进行管网平差计算. 全城地形平坦,城市地面标高按 15 m 计,要求的最小服务水头为 24 m. 管网平差的程序代码,分别为  $N\_loop$  总环数,  $SR\_loop$  虚环数,  $n\_pp$  环内实际管段数,  $il$  管段误别矩阵,  $hp$  泵的扬程,  $ss$  泵的摩阻,  $q$  流量,  $dq$  校正流量,  $h$  水头损失,  $dh$  闭合差,  $l$  管长,  $d$  管径.

```
do{ k= 0;
for(i= 0;i< N_loop;i+ + ) for(j= 0;j< n_pp[i];j+ + ){ n= ilc[i][j];
if(n!= 0)q[i][j]= q[i][j]+ dq[i]- dq[n- 1]; else q[i][j]= q[i][j]+ dq[i];
}
for(i= 0;i< N_loop;i+ + ){ for(j= 0;j< n_pp[i];j+ + ){
if(i< SR_loop&& j< 2){
if(i!= 0 || j!= 0) h[i][j]= hp[i][j]- ss[i][j]* pow(q[i][j], 2);
else h[i][j]= hp[i][j]- ss[i][j]* pow(q[i][j]/2., 2); sq[i][j]= 0;
}
else{ if(i!= 0 || j!= 6)qq= q[i][j]; else qq= q[i][j]/2;
v= fabs(qq)* .001* 4/( 3. 14159* pow(( double)d[i][j]* .001, 2));
if(v>= 1. 2) h[i][j]= .00107* v* v* qq/fabs(qq)* l[i][j]/pow(( double)d[i][j]* .001, 1.
3);
else h[i][j]= .000912* v* v* pow(1+ .867/v, 0. 3)* qq/fabs(qq)* l[i][j]/pow(( double)d[i][j]* .001, 1. 3);
sq[i][j]= h[i][j]/qq;
}
dhh+= h[i][j]; tsqq+= sq[i][j];
}
if(fabs(dhh)< EPS) k= k+ 1; dq[i]= - .5* dhh/tsqq; dh[i]= dhh; dhh= 0; tsqq= 0;
} } while((k/N_loop)! = 1);
```

表 1 原始数据文件

- 493	263	263	146. 6	- 53. 2	- 160	- 493	- 263	66	66	20	- 80	- 263	0
160	70	- 140	- 296. 8	0	0	0	53. 2	117. 3	- 72. 5	- 70	0	0	0
- 146. 6	80. 0	33. 9	- 117. 3	0	0	0	140	56	- 57. 5	- 108. 1	0	0	0
72. 5	25	- 70. 3	- 56	0	0	0	- 33. 9	- 20	10. 5	- 25	0	0	0
0	0	240	650	1 350	1 270	225	0	0	150	1 510	1 670	240	0
1 270	1 150	760	620	0	0	0	1 350	1 390	1 130	1 150	0	0	0
650	1 670	1 040	1 390	0	0	0	760	480	1 500	1730	0	0	0
1 130	1 140	1 020	480	0	0	0	1 040	1 510	760	1 140	0	0	0
0	0	500	450	300	450	500	0	0	450	350	450	600	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

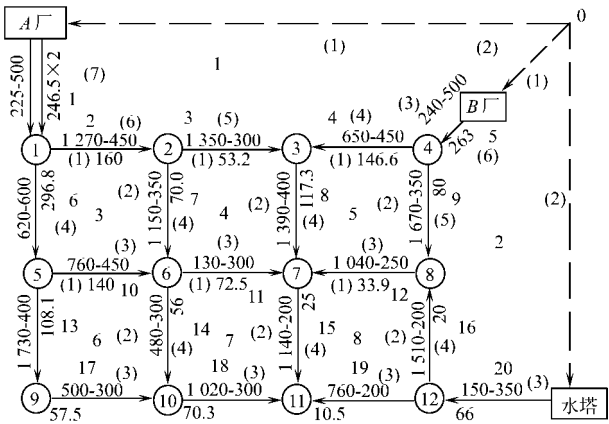


图 1 外部多水源给水管网计算草图

续表																							
300	400	300	350	0	0	0	450	350	250	400	0	0	0	450	300	300	400	0	0	0			
300	200	300	300	0	0	0	250	200	200	200	0	0	0										
0 2 2 5 4 3 0				1 0 0 8 5 1 0				1 4 6 0 0 0 0				1 5 7 3 0 0 0											
1 2 8 4 0 0 0				3 7 0 0 0 0 0				4 8 0 6 0 0 0				5 2 0 7 0 0 0				7 6 4 4 4 4 4 4							
92- 89 0 0 0 0 0				89- 74 0 0 0 0 0				1.17× 10 <sup>-4</sup> - 1.17× 10 <sup>-4</sup> 0 0 0 0 0				1.17× 10 <sup>-4</sup> - 1.17× 10 <sup>-4</sup> 0 0 0 0 0											
0 0 5 4 3 2 1				0 0 20 16 9 5 0				2 7 10 6 0 0 0				3 8 11 7 0 0 0											
4 9 12 8 0 0 0				10 14 17 13 0 0 0				11 15 18 14 0 0 0				12 16 19 15 0 0 0											

表 2 结果数据文件													
<i>I</i>	<i>l</i> /m	<i>d</i> /mm	<i>q</i> /L·s <sup>-1</sup>	<i>h</i> /m	<i>v</i> /m·s <sup>-1</sup>	<i>I</i>	<i>l</i> /m	<i>d</i> /mm	<i>q</i> /L·s <sup>-1</sup>	<i>h</i> /m	<i>v</i> /m·s <sup>-1</sup>		
1	225	500	- 493.334 4	- 0.935 6	2.51	11	1 130	300	74.723 0	6.593 2	1.06		
2	1 270	450	138.248 0	3.041 2	0.87	12	1 040	250	- 17.383 2	- 1.045 5	0.35		
3	1 350	300	49.131 8	3.627 7	0.70	13	1 730	400	- 89.375 1	- 3.336 0	0.71		
4	650	450	- 152.842 0	- 1.874 8	0.96	14	480	300	- 76.904 4	- 2.955 1	1.09		
5	240	500	- 271.828 2	- 1.211 9	1.38	15	1 140	200	- 12.880 1	- 1.991 2	0.41		
6	620	600	- 318.886 4	- 1.658 0	1.13	16	1 510	200	- 0.897 0	- 0.025 6	0.03		
7	1 150	350	- 52.316 2	- 1.616 0	0.54	17	1 500	300	- 38.775 1	- 2.616 9	0.55		
8	1 390	400	- 119.473 8	- 4.580 4	0.95	18	1 020	300	- 72.479 5	- 5.622 7	1.03		
9	1 670	350	82.586 2	5.416 9	0.86	19	760	200	20.440 4	3.065 5	0.65		
10	760	450	180.811 2	2.998 5	1.14	20	150	350	56.837 4	0.245 1	0.59		

3 结束语

本文介绍的水力计算程序是以环为主线,对在给水管网的外部的多水源问题进行求解.它采用数据转换方法,将结果与管段总体编号相关的物理量表示出来.该程序直观、通俗易懂、易编写、简单快捷,有较强的容错能力和可移植性.同时,本文旨在抛砖引玉,希望与业内人士共同努力,使程序功能处理算法技巧上得以进一步提高.

参 考 文 献

1 吴学伟. 给水管网水力计算程序的编制与应用[ J]. 管道技术与设备, 2000, (4): 31~ 34  
2 严煦世, 范瑾初. 给水工程[ M]. 第 3 版. 北京: 中国建筑工业出版社, 1996. 31~ 37  
3 王国明. 城镇给排水工程程序书设计[ M]. 合肥工业大学出版社, 2002. 10~ 131

Application of Programming to Hydraulic Computation for  
Water Supply Pipe Network with  
External Multiple Water Sources

Liu Xianrong Ni Peng

( College of Material Science and Engineering, Huaqiao University, 362021, Quanzhou, China;  
College of Software Technology, Changchun University of Technology, 130021, Changchun, China)

**Abstract** By using Hardy-Cross method and its algorithm principle which are suitable for solving equations of steady flow in pipe network, a study is made on the graphical network structure of pipe network and the characteristic of data structure in hydraulic computation. By leading in virtual node and virtual loop, the problem of pipe network with external multiple water sources will be transformed into problem of single water source. Combining with the planning and the design of certain department concerned as well as the programming thinking with the loop as principle line, C language is applied to compiling corresponding computer program and its debug has been passed.

**Keywords** external multiple water sources, water supply pipe network, programming