

基于 GIS 与 EPANET 的昌平新城再生水管网规划

马洪涛, 王军, 张卫红

(北京市城市规划设计研究院, 北京 100045)

摘要: 再生水回用管网规划是再生水回用规划中的重要组成部分。以昌平新城为例详细介绍了再生水回用管网的规划流程, 包括数据库设计、管网几何网络构建、节点规划水量计算, 并应用 GIS 与 EPANET 的耦合平台进行了再生水规划管网平差计算, 且对平差结果进行了分析。

关键词: 再生水管网; 规划; GIS; EPANET

中图分类号: X703 **文献标识码:** C **文章编号:** 1000 - 4602(2008)24 - 0032 - 04

Recycled Water Network Planning for Changping New Town Based on GIS and EPANET

MA Hong-tao, WANG Jun, ZHANG Wei-hong

(Beijing Municipal Institute of City Planning and Design, Beijing 100045, China)

Abstract: Recycled water network planning is one of the most important parts of recycled water planning. Demonstrated by Changping New Town, the method to make this planning is presented, including geo-database design, recycled water network building and node planned flow rate calculation. The adjustment calculation of recycled water network is performed based on GIS and EPANET, and the calculation results are analyzed.

Key words: recycled water network; planning; GIS; EPANET

北京市十分重视再生水回用设施的建设, 在新的《北京城市总体规划》中明确了再生水回用的重要性, 同时在各新城规划的基础上, 要求编制再生水回用专项规划, 以指导城市再生水设施的建设。笔者利用 GIS 强大的空间分析能力, 且耦合 EPANET 管网模型, 预测了昌平新城再生水节点水量, 进行了管网平差计算, 完成了再生水回用管网规划, 对昌平新城的再生水回用起到了指导作用。

1 昌平新城概况

昌平新城是北京市西部发展带上的重要节点, 在北京市区县功能定位中, 昌平新城属于城市发展新区。昌平新城规划范围为: 北邻十三陵水库, 南接清河集团, 东邻小汤山镇、崔村镇, 西面与阳坊镇、南口镇相邻, 包含昌平、沙河两个组团, 总占地约 220 km², 总建设用地规划控制规模约 65 km² (不包括 1.98 km² 二级备用地)。规划昌平新城集中建成区

人口规模规划控制在 60.3 万人左右 (同时预留一定的发展空间), 其中昌平组团规划控制人口为 36.9 万人, 沙河组团规划控制人口为 23.4 万人。

2 技术路线

昌平新城再生水回用管网规划技术路线见图 1。

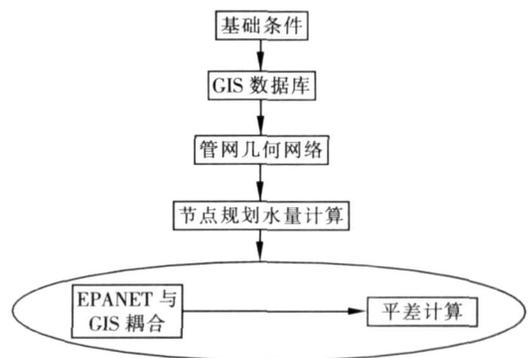


图 1 技术路线示意图

Fig 1 Schematic diagram of technical route

在明确再生水回用对象及再生水厂空间布局的基础上,建立辅助 GIS数据库;

在数据库的基础上,构建再生水回用管网几何网络;

基于数据库及管网几何网络计算节点规划水量;

将 EPANET管网模型与 GIS平台耦合后用于再生水管网平差计算。

3 辅助 GIS数据库

利用 GIS环境辅助进行再生水回用管网规划的基础,就是构建一个合理的辅助 GIS数据库,以便于各类数据的存储、表达和分析。结合再生水回用规划要求,确定基于 GIS的辅助规划数据库系统所要实现的功能如下:土地功能规划分类表达;街区分区及街区各类土地利用类型平均容积率表达;再生水分区表达及分区用水量计算;再生水管网节点、管段表述;再生水管网节点流量计算;再生水管网平差数据资料的生成;管网平差结果表达;管网平差结果的分析及管网规划方案调整。

依据辅助数据所要实现的功能,将数据库系统图层分为:基础图层集、管网网络图层集和分区管网图层集。其中基础图层集包括边界、地块土地利用类型、街区划分及街区容积率等图层;管网网络图层集包括管网节点、管网管段、规划再生水厂等图层;分区管网图层集包括各再生水供水分区图层。

4 构建再生水回用管网几何网络

再生水回用管网的几何结构是决定水力计算的重要基础,研究中通过 GIS的空间分析功能,提出了构建再生水回用管网几何网络的方法。几何网络是由边要素和连接要素构成的,边必须通过连接与其他边相连,这些要素被限制于网络内, GIS将自动维护几何网络内网络要素之间的基于几何的一致性拓扑关系。在再生水回用管网中,各个管段即为几何网络中的边要素,各个节点即为连接要素。节点选取遵循的原则有:不同管径和不同使用年限管道的连接点;管道相交的点;用水量较大的用户与管网相交的点;水源与管网的连接点^[1]。在建立管网几何网络之前,要根据以上节点选取原则,在 GIS中对回用管网图层建立相应的拓扑关系,并进行检查,对不符合拓扑规则的要素进行修正。

5 再生水回用管网节点水量计算

为了进行管网平差,要将总用水量分配至再生

水管网的各个节点。

5.1 地块建筑量计算

由于街区规划仅确定街区内不同用地的建筑量,没有确定单块用地的建筑量,因此为了计算每块用地的用水量,必须对地块建筑量进行估算。首先,根据街区规划确定的街区各类用地总建筑量,确定街区内各类用地的平均容积率;然后,假设同一街区内同类用地的容积率一致,利用 GIS将地块图层与街区容积率图层进行叠加分析,得到各地块的容积率;最后,计算出各地块的建筑量。

5.2 节点服务范围划分

由于该规划仅对昌平新城主干管网进行规划,因此为了便于分析计算,对抽象的再生水回用管网有一个基本假设,即所有流量只允许从节点处流出或流入,管段沿线不允许有流量进出。由于节点流量是按供水面积分配计算的,因此各节点供水面积划分的合理性直接关系到节点流量计算的准确程度。

由于在规划阶段无法确定地块在管网上的取水点,因此本着就近取水的原则,应用泰森多边形分析方法来完成节点服务范围的划分(每个多边形中只有一个节点,而每个多边形内所有点到该节点距离最短,所以该多边形即为满足规划要求的该节点服务范围),根据泰森多边形划分的服务范围(见图 2)即可统计计算各节点用水量。

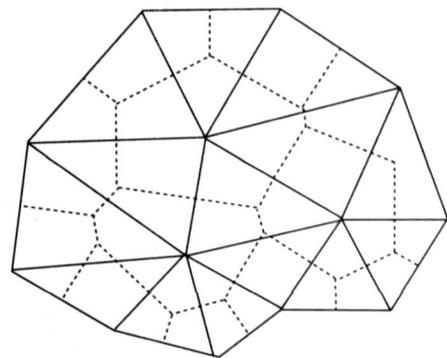


图 2 泰森多边形示意图

Fig 2 Schematic diagram of Thiessen polygon

5.3 确定各种再生水利用对象的用水定额

根据相关研究成果,城市再生水利用的对象主要为:冲厕用水、道路洒水压尘用水、绿化用水、河湖生态用水,其他利用对象还有洗车、农业灌溉等。

冲厕用水定额

在确定地块建筑面积及节点服务范围后,需要

确定不同用地类型单位建筑面积的用水量,以便于计算。在进行用水定额指标选取时,首先需要将对已有土地类型按照用水情况进行适度合并,以提高计算效率,根据北京市城市规划设计研究院的研究成果,一般可将土地利用类型分为以下几类:行政办公用地、商业服务设施用地、文化娱乐用地、体育用地、医疗卫生用地、教育科研用地、文物古迹用地、其他公共服务设施用地、一类住宅用地、二类居住用地、配套教育用地、工业用地、仓储用地、多功能用地、市政设施用地。

对于不同用地类型单位建筑面积用水量的选取,首先需要参照国家和地方相关规范,此外,在可能的条件下应进行必要的实际调查以确定合理的本地用水定额指标。

道路浇洒压尘用水定额

对于道路浇洒压尘用水,需要结合当地市政环卫部门的实际操作情况确定。

绿化用水定额

对于绿化用水,需要结合当地园林绿化部门的实际操作情况确定。

河湖生态用水定额

对于河湖生态用水,需要在进行城市河湖生态需水量计算的基础上确定。

其他用水定额

城市其他再生水利用(如洗车、农业灌溉等),需要结合城市实际及行业发展规划确定。

5.4 节点用水量计算

在以上数据整理完备后,可以利用 GIS 空间数据叠加分析功能对土地利用类型图层(经过建筑量分析后)及再生水节点泰森多边形图层进行空间数据叠加求交。这样便可以统计出每个节点服务范围,即每一个泰森多边形内的各种土地利用类型的建筑量以及道路、绿地和河湖等的占地面积。然后,结合用水定额指标,即可计算出不同节点的水量(见表 1)。

表 1 昌平新城节点水量计算结果(部分)

Tab 1 Calculation of flow rate at different nodes

$m^3 \cdot d^{-1}$

节点编号	道路浇洒用水量	道路压尘用水量	公建冲厕用水量	住宅冲厕用水量	绿化用水量
1	36.49	18.24	71.53	1.89	21.83
2	39.28	19.64	0.93	159.58	57.69
3	62.64	31.32	247.36	0.00	79.91

6 基于 GIS 与 EPANET 的管网模型建立

6.1 EPANET 管网平差原理

EPANET 是由美国环保署开发的用于有压管网水力、水质分析的程序,其管网平差是基于解节点方程方法,即以节点水压或节点集中输入(或输出)流量为未知数,根据节点集中流量已知与否,列出并解 $J-1$ 或 J 个独立方程,并根据水头损失计算公式,求解未知数^[2]。

对于有压供水管网,平衡的前提均为:节点流量平衡和能量平衡。以此为基础,对于任一管网,其节点数 J 、管段数 P 和环数 L 间的关系为: $P = J + L - 1$, 可以列出 J (或 $J-1$) 个独立的节点流量方程和 L 个独立的能量方程进行计算。此外,EPANET 所采用的水头损失公式为海曾-威廉(Hazen-Williams)公式,采用 Todini-Pilati 的梯度算法(Gradient Method)作为标准算法。该算法通过联立压降方程和流量连续性方程,求得满足两方程的节点水头和管段流量:

$$H_i - H_j = h_{ij} = r Q_{ij}^n + m Q_{ij}^2 \quad (1)$$

$$Q_{ij} - D_i = 0 \quad i = 1, \dots, n \quad (2)$$

式中 H_i, H_j ——分别代表 i, j 点压力

h_{ij} ——连接节点 i, j 管段的水头损失

r ——阻力系数

n ——与沿程水头损失有关的系数

m ——局部水头损失系数

D_i ——节点 i 的需水量

Q_{ij} ——与节点 i 相连管段的流量,流入为正,流出为负

6.2 GIS 环境下建立 EPANET 管网模型

在 EPANET 管网建模的过程中,需要的数据包括节点高程、节点流量、节点坐标、管段起止点、管长、管径。

在 GIS 环境下,通过前述计算步骤,可以得到节点流量、节点坐标、管段起止点、管长,此外可以通过对地形图的分析得到各节点的高程。在建模中所需要的管径,需要规划人员根据经验和现状情况进行初始设定,因此在 GIS 环境下可以提供进行 EPANET 管网建模的绝大部分数据,但由于 GIS 和 EPANET 之间没有直接的数据接口,因此目前将两者相联结通常采用的方式是集成二次开发。由于 GIS 的空间数据库是 Access 数据库,与 Excel 同为 Microsoft office 组件,有良好的兼容性,Access 数据库

数据可以直接导入 Excel数据表格;同时, Excel数据表格可以直接转换成 EPANET存储格式的数据。因此,在具体研究中,如果不具备编程的二次开发能力或无编程需求,可以应用 Excel数据表格将 GIS与 EPANET相结合。研究中就采用了这种形式进行了 EPANET供水管网建模。

6.3 EPANET管网模型的平差计算及结果调整

将 EPANET管网模型构建完成后,即可以利用 EPANET进行管网平差。由于 EPANET提供的平差结果包括节点自由水头、管道流速、管道沿程损失系数等信息,规划设计人员可根据这些信息对管网进行调整和优化,以使管网满足规范要求,并达到管网效益最大化。

7 结果分析

通过以上步骤,可以得到昌平新城再生水回用管网的计算结果。

以昌平组团的老城与西扩地区为例,计算结果如图 3所示。通过对老城与西扩地区管网模型的调整,使得山前平原区节点全部满足 280 kPa的自由水头要求。此外,规划考虑,由于老城加西扩地区西北角规划为绿地和商业用地,220 kPa左右的自由水头基本可以满足要求,同时,北部山前地区规划为二类居住用地,240~250 kPa的自由水头基本也可满足要求。综上,可认为此再生水回用管网满足规划要求。



图 3 再生水管网计算结果(部分)

Fig 3 Node pressure of recycled water network

8 结论

采用基于 GIS与 EPANET的耦合平台对昌平新城再生水管网进行规划,可满足规划要求。

参考文献:

- [1] 魏炜,贾海峰,苏保林. 水力平差模型在供水规划中的应用[J]. 北京水务, 2006, (3): 31 - 34.
- [2] Lewis A Rossman EPANET2 Users Manual[M]. USA: Environmental Protection Agency, 2000.

E - mail:mht00@mails. thu. edu. cn

收稿日期: 2008 - 07 - 30

· 企业动态 ·

GE向中国河北东光县捐赠水处理设备

2008年 11月 18日 GE水处理及工艺过程处理集团向中国水利部捐赠的两套先进的水处理系统正式移交给河北省东光县。这两套系统可为河北省东光县及其周边村庄的 6万多名居民提供清洁饮用水。

GE还为东光县周边的村庄提供了一套移动式水处理系统,这将使周边约 20 000名村民从此喝上安全的饮用水。这是中国首次采用移动水处理系统为市政集中水处理设施无法覆盖到的地区提供清洁用水。

GE“绿色创想”水处理解决方案为北京国家体育场(鸟巢)提供了中国首个纳滤膜雨洪回用系统。该系统能持续供应可回用水,用于景观绿化、设施维护以及消防系统;同时为国家体育场(鸟巢)提供了高效能的饮用水净化系统。

有关 GE水处理及工艺过程处理的更多信息,请登陆 www. gewater. com. cn.

(GE水处理及工艺过程处理集团 供稿)