

以流域为单元的城镇生活污水排放量估算方法

么 旺¹, 赵红莉², 王 力³

(1. 河海大学水文水资源学院, 江苏 南京 210098; 2. 中国水利水电科学研究院水资源研究所, 北京 100038;
3. 中国水利水电科学研究院 水利史研究所, 北京 100038)

摘要: 以北运河流域为研究对象, 借助 GIS 工具, 采用网格单元面积权重内插法空间展布研究范围内的人口, 获得水流汇集单元内的人口分布, 汇总得到研究区域内非农业人口数为 1 726 万, 将其乘以城镇生活污水排放系数, 计算得到以流域为单元的城镇生活污水排放量, 汇总得到研究区域内城镇生活污水总排放量为 8.99 亿 t/a。经统计数据验证, 计算结果合理, 表明以流域为单元的城镇生活污水排放量估算是可行的。

关键词: 城镇生活污水排放量; GCAWI; 空间平滑; 人口空间展布

中图分类号: TV214 文献标识码: B 文章编号: 1006-7647(2011)S1-0066-03

城镇生活污水排放量的估算通常采用“供~用~耗~排”4 个环节分别估算^[1], 常用的计算方法是系数法。根据行政区划、城市和社会经济等统计资料, 调查研究区域内的城镇数量、城镇总人口、城镇非农业人口、城镇用水量、城镇排水体系、城市(镇)建成区面积等, 通过城镇生活用水定额、耗水率估算城镇生活污水排放量。该方法的缺点是流域人口难以直接统计获得。随着遥感和 GIS 技术的发展, 更准确地获得流域人口成为可能。笔者引入已有的、较为先进的社会经济指标空间展布技术, 改进城镇生活污水排放量计算中流域人口的估算精度, 从而提高城镇生活污水排放量估算的准确性。

此外, 传统方法用到的人口数据往往是以行政区为单元统计获得的, 与污水的排放或汇集途径不一致, 而污水的汇集与水流的汇集相一致, 因此需要获得水流汇集单元的人口分布。本文以北运河流域为研究对象, 借助 GIS 工具, 采用网格单元面积权重内插法(GCAWI 法)空间展布研究区域内的人口, 获得水流汇集单元内的人口分布, 再乘以城镇生活污水排放系数计算得到以流域为单元的城镇的生活污水排放量, 解决了以行政区为单元统计获得的人口数据与污水的排放或汇集途径不一致的问题。

1 研究方法

以流域为单元的城镇生活污水排放量估算总体上包括两部分内容: 一是流域城镇人口的估算; 二是

流域城镇生活污水排放量的估算。在流域城镇人口的估算中, 笔者采用 GCAWI 法将按行政单元统计的人口进行空间展布, 用移动搜索法对展布结果进行改善, 按子流域范围对展布结果进行统计, 得到子流域内的人口分布。基于流域人口分布, 采用城市分类系数法计算得到流域城镇污水排放量。计算流程见图 1。

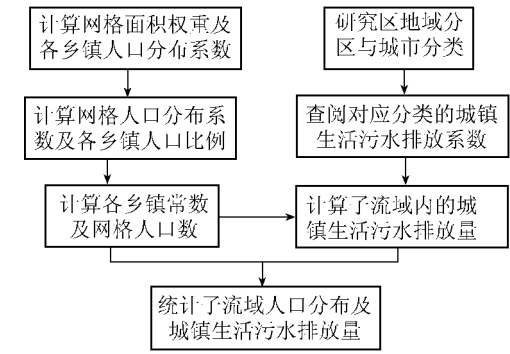


图 1 以流域为单元的城镇生活污水排放量方法的计算流程

1.1 子流域人口估算方法

GCAWI 法是闫庆武等^[2]在 2005 年提出, 该方法制作的人口密度 Grid 专题地图能够很好地反映人口密度的平均性。2007 年闫庆武等^[3]又将 GCAWI 法引入到社会统计数据空间化的工作中, 以徐州市人均 GDP 数据空间化为研究实例, 提出了确定网格单元大小的原则和采用图像平滑技术改进空间化结果的方法, 得到了比较满意的结果。

GCAWI 法的核心思想是假设研究区域和目标

区域的人口统计数据均匀分布,先在研究区域上划分规则网格,将其定为目标区域,计算规则网格占研究区域的面积权重,按照该值分配研究区域的属性值,最终确定规则网格的属性值。在计算过程中,由于相邻网格间的属性值相差很大,几乎为离散状态,需要将结果进行空间平滑处理,以减弱相邻网格间属性值的突变性,最后得到均匀分布的目标区域结果。

空间平滑是将网格某点周围地区(定义为一个空间窗口)的平均值作为该点的平滑值,以减少空间变异。空间平滑的方法有很多,如移动搜索法(FCA)、核密度估计法、经验贝叶斯估计法等,本文采用移动搜索法。移动搜索法是以网格某点为中心,画一个圆或正方形作为滤波窗口,用窗口内的平均值作为该点的值。将窗口在网格内移动,直至得到所有位置的平均值。由于平均值的变动性较小,实现了空间上的平滑效果。

1.2 城镇生活污水排放量

《第一次全国污染源普查城镇生活源产排污系数手册》^[4]第一分册按照地域分区和城市类别给出了对应城镇的生活污水排放系数,可用于估算城镇生活污水排放量。计算公式如下:

$$G_p = 3650NF_p \quad (1)$$

式中: G_p 为城镇生活污水年排放量,t/a; N 为城镇非农业人口,万人; F_p 为城镇生活污水排放系数,L/(人·d)

2 研究区域概况与数据预处理

2.1 研究区域概况

研究区域为北运河沙河水库出口断面(沙河闸)至天津市武清区老米店节制闸区间,面积为4977.225 km²,涉及北京市15个区县(东城、西城、崇文、宣武、朝阳、丰台、石景山、海淀、门头沟、通州、顺义、昌平、大兴、怀柔、延庆),天津市武清区,河北省廊坊市(市辖区、安次区、广阳区),河北省香河县。

北运河作为北京市最重要的排水河道,承担着中心城区90%的排水任务。全流域污染主要来自生活污染、工业排放废水和农业面源污染,日产生污水近300万t。随着城市规模的扩大,人口密度集中,大量生活污水排入北运河,这使得准确估算城镇生活污水排放量变得格外重要。

2.2 数据预处理

基于全国1:50000DLG数据中的等高线和高程点生成流域DEM,并基于DEM提取子流域边界。由于1:50000DLG数据中没有乡镇边界数据,本文参考相关文献^[5]根据乡镇驻地位置点构造Voronoi图来替代乡镇边界。与2008年各区县统计年鉴上的乡镇边界对比发现,Voronoi图构造的乡镇边界与实际乡镇边

界虽然在细节上有一定差距,但两者所覆盖的区域面积吻合较好,能够实现乡镇人口的空间展布。

3 应用实例

3.1 确定子流域人口

采用GCAWI法空间展布研究区域内人口的步骤如下:

第1步 创建乡镇居住区200 m×200 m网格图。图2为东城区200 m×200 m网格图。

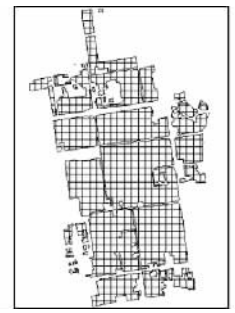


图2 东城区200 m×200 m网格图

第2步 统计每个网格面积 $L_j(j=1\sim n,n$ 为各乡镇内网格总数)占该乡镇面积 $A_i(i=1\sim m,m$ 为乡镇总数)的百分比 L_j/A_i 。将各乡镇总人口与居住区总面积的比值作为各乡镇人口分布系数 $K^{[6]}$,按照面积权重确定每个网格的人口分布系数,即 $V_{ij}=K(L_j/A_i)$,计算每个网格人口数量 $P_{ij},P_{ij}=\omega V_{ij}P_{\text{总}}$,其中 ω 为单位换算系数, $P_{\text{总}}$ 为所有乡镇的人口。由于计算过程中对乡镇边界处的网格进行了分割,需要将每个网格的人口进行统计合并,以保证其完整性。

第3步 统计点距小于或等于300 m的网格点数据的人口数平均值,作为每个网格最终的人口属性值,并生成乡镇人口栅格图,见图3。最后按照子流域范围对展布结果进行统计,得到子流域内的人口分布,汇总得到研究区域内非农业人口为1726万人。

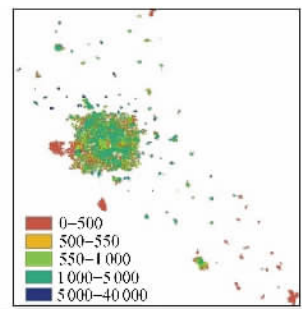


图3 乡镇人口栅格图

3.2 确定城镇生活污水排放量

按照《第一次全国污染源普查城镇生活源产排污系数手册》^[4]第一分册中的地域分区和城市类别划分可知,研究区域位于地域一区。北京市城八区(东城、西城、崇文、宣武、朝阳、丰台、石景山、海淀)

属于 1 类城市 ,北京市市辖县(门头沟、通州、顺义、昌平、大兴、怀柔、延庆)以及天津市武清区属于 2 类城市 ,河北省廊坊市属于 3 类城市 ,河北省香河县属于 5 类城市。这 4 类城市所对应的城镇居民生活污水排放系数分别为 145 L/(人·d) ,135 L/(人·d) , 125 L/(人·d) ,105 L/(人·d)。

应用式(1) ,将城镇生活污水排放系数与空间展布后水流汇集单元内的非农业人口相乘 ,得到以流域为单元的城镇生活污水排放量 ,经汇总得到研究区域内城镇生活污水总排放量为 8.99 亿 t/a ,见表 1。

表 1 城镇生活污水排放量

区域范围	统计年鉴 人口数/ 万人	空间展布 人口数/ 万人	排放系数/ (L·人 ⁻¹ ·d ⁻¹)	生活污水 排放量/ (亿 t·a ⁻¹)
北京市城八区	1361	1362	145	7.21
北京市市辖县和 天津市武清区	343	341	135	1.68
河北省廊坊市	23	23	125	1.05
河北省香河县	0	0	105	0
合 计	1727	1726		8.99

3.3 结果分析

查阅 2008 年北京市城八区、北京市市辖县、天津市武清区、河北省廊坊市以及河北省香河县统计年鉴 ,汇总得研究区域内非农业人口数为 1 727 万 ;而本文采用 GCAWI 空间展布研究区域内人口数为 1 726 万 ,两者相差不大。又根据北京市、天津市、河北省 2000 年城镇生活污水污染源调查统计可知 ,研究区域内城镇生活污水总排放量为 7.26 亿 t/a ,人口数为 1300 多万 ,而本文计算所用数据基于 2008 年 ,得到的城镇生活污水总排放量为 8.99 亿 t/a ,人口数为 1700 多万。人口数后者是前者的 1.31 倍 ,而城镇生活污水总排放量后者是前者的 1.24 倍 ,表明随着人口的增加 ,城镇生活污水总排放量也在增加 ,但增加幅度没有人口增加的快 ,可能是由于居民素质的提高以及相关部门的大力控制与处理产生的结果。

4 结 语

以北运河流域为研究对象 ,借助 GIS 工具 ,采用网格单元面积权重内插法空间展布研究区域内的人口 ,获得水流汇集单元内的人口分布 ,解决了以行政区为单元统计获得的人口数据与污水的排放或汇集途径不一致的问题。本文首先根据乡镇驻地理位置点构造 Voronoi 图来替代乡镇边界 ,并从全国 1 50 000DLG 数据中提取非农业居住区地块 ,划分 200 m×200 m 规则网格 ,把乡镇非农业人口按照一定原则展布到每个规则格网上 ,最后采用移动搜索法将网格属性值进行空间平滑 ,生成人口栅格图 ,获得水流汇集单元内的人口分布 ,经汇总得到研究区域内非农业人口数为 1 726 万 ,再乘以城镇生活污水

排放系数 ,计算得到以流域为单元的城镇生活污水排放量。研究区域内城镇生活污水总排放量为 8.99 亿 t/a ,经统计数据验证 ,该成果合理 ,表明以流域为单元的城镇生活污水排放量估算方法可行。

参考文献 :

[1] 牛存稳.流域水资源水环境综合模拟及其应用[D].北京:中国水利水电科学研究院,2008.
[2] 闫庆武,卞正富,赵华.人口密度空间化的一种方法[J].地理与地理信息科学,2005,21(5):45-48.
[3] 闫庆武,卞正富.基于 GIS 的社会统计数据空间化处理方法[J].云南地理环境研究,2007,19(2):92-97.
[4] 环境保护部华南环境科学研究所.第一次全国污染源普查城镇生活源产排污系数手册[M].北京:国务院第一次全国污染源普查领导小组办公室,2008.
[5] 刘业森,杨小映.基于边界替代的人口数据空间化方法研究[J].地球信息科学,2005,7(7):54-58.
[6] 尹京苑,张桂芳,单新建.基于 TM 影像的人口密度数字模拟:以北京地区为例[J].灾害学,2007,22(1):31-35.

(收稿日期 2010-12-07 编辑 骆超)

(上接第 58 页)

b. 施工期通过管袋的变形分析 ,有利于更加准确地总结出结构的变形规律 ,及时调整工程的施工方案 ,采取必要的工程措施 ,减小损失。同时 ,根据变形计算 ,施工过程可以预留一定的变形空间 ,结构经过后期发展可自身达到设计标准。

c. 对于已建管袋工程 ,通过变形计算 ,可以比较准确地掌握管袋的工作状况 ,对管袋实施及时有效的安全监测 ,确保结构的整体稳定。

参考文献 :

[1] 《土工合成材料工程应用手册》编写委员会.土工合成材料工程应用手册[M].2 版.北京:中国建筑工业出版社,2000:67.
[2] PLATUTR H, KLUSMAN C R. Two-dimensional analysis of stacked geosynthetic tubes on deformable foundations[J]. Thin-Walled Structures, 1999, 34: 179-194.
[3] 张文斌,谭家华.土工布充砂袋的应用及其研究进展[J].海洋工程,2004,22(2):98-104.
[4] RECIO J, OUMERACI H. Effect of deformations on the hydraulic stability of coastal structures made of geotextile sand containers[J]. Geotextiles and Geomembranes, 2007, 25: 278-292.
[5] RECIO J, OUMERACI H. Process based stability formulae for coastal strutures made of geotextile sand containers[J]. Coastal Engineering, 2009, 56: 632-658.
[6] 朱朝荣,束一鸣,汪军,等.扁平管袋堤坝在波浪作用下稳定性试验研究[J].人民长江,2008,39(1):94-96.
[7] 林刚.土工管袋结构坝体在波浪作用下的试验研究[D].南京:河海大学,2005.
[8] 朱朝荣.管袋堤坝施工期稳定性试验研究[D].南京:河海大学,2006.

(收稿日期 2011-01-19 编辑 高建群)