

文章编号:1674-6139(2010)03-0054-04

应用层次分析法确定 城市生活污水排放量影响因素的权值

张伟,朱明琪,黄丹丹,李新

(苏州科技学院,江苏苏州215011)

摘要:影响城市生活污水排放量的因素众多,这些因素对城市生活污水排放量影响的权重是进行生活污水排放量预测和处理设施规模的关键。本研究结合相关影响因素分析并运用层次分析法对影响城市生活污水排放量的主要因素进行加权,以定量的形式确定了影响因素的相对重要性,为预测城市生活污水处理量提供了参考依据。

关键词:层次分析法;生活污水排放量;影响因素;权重

中图分类号:X799.3

文献标识码:A

Using Analytic Hierarchy Process to Determine the Weight of Influence Factors of Urban Domestic Wastewater Discharge

Zhang Wei, Zhu Mingqi, Huang Dandan Li Xin

(University of Science and Technology of Suzhou School, Suzhou 215011, China)

Abstract: There are many influence factors of urban domestic wastewater discharge, the weight of these factors is a key for discharge prediction and the size of treatment facilities. This paper based on analyzing the influence factors and using analytic hierarchy process (AHP), calculated the weights of various influencing factors, which quantitatively showed the relative importance of different factors, and provided a reference basis for predicting the volume of urban domestic wastewater treatment.

Key words: analytic hierarchy process; domestic wastewater discharge; influence factors; weight

城市生活污水主要包括居民生活污水、公共设施污水、第三产业污水以及雨污^[1]。因此,根据城市生活污水的范畴,可以确定影响城市生活污水排放量的影响因素主要有气候和区域自然环境特征、城市基础设施、城市发展水平等。

1 主要影响因素选取及依据

1.1 气候和区域因素

生活污水排放量受气候和区域差别的影响较大,其中降水量和水资源储量起主要影响作用。

1.1.1 降水量

中国降水量的地区分布极不均匀,从东南沿海向西北内陆递减。降水是雨污形成的主要原因,因

此,降水量的大小在一定程度上影响着城市生活污水排放量的大小。

1.1.2 水资源储量

水资源储量直接影响着居民生活用水情况,一般情况下,水资源储量丰富的地区如长江流域及其以南地区年用水量要比水资源相对缺乏的地区用水量大多^[2-3]。

1.2 城市基础设施

城市基础设施因素主要包括人均居住面积、住宅供排水配套设施、绿地面积、道路面积等。

1.2.1 人均居住面积

一方面,人均居住面积的提高与之伴随的是生活设施的改善,尤其是卫生设施的改善;另一方面,人均居住面积的增加也是人民经济水平上升的标志,相应地第三产业用水消费也将增加,所以人均居住面积的增加必将导致人均用水定额的上升^[4]。最终生活污水排放量也相应增加。

收稿日期:2009-09-07

作者简介:张伟(1985-),男,江苏泰兴人,硕士研究生,研究方向为环境规划与管理。

1.2.2 绿地面积

城市在绿化过程中,灌溉绿地时也会产生一定量的生活污水。随着城市的发展,绿地覆盖率将不断增加,故这部分用水不能忽略。

1.2.3 道路面积

与绿地灌溉相同,城市在浇洒道路时也会产生一定量的生活污水。对于道路用水量比较大的城市,这个因素应该重点考虑。

1.3 城市发展水平

城市发展水平因素包括人口数量、第三产业产值、人均收入、城市人口用水设施完善程度。

1.3.1 人口数量

2000年-2006年,中国城市人口增加了25.7%,而生活污水排放量也从2000年的220.9亿立方米增加到2006年的296.6亿立方米,增长了34.3%^[5]。人口增长对城市生活用水的影响十分显著,是导致城市生活污水排放量增长的重要原因。

1.3.2 第三产业产值

第三产业产值的增加是人民经济水平上升的标志,相应地用水量和排水量也将增加。

1.3.3 人均收入

居民的经济状况决定了用水器具的拥有率和使用率,人均收入高的家庭一定程度上会在用水量和排水量方面比收入低的家庭多。

1.3.4 城市人口用水设施普及率

城市居民的用水量与用水普及率有着重要的关系,用水设施普及率越高的城市,居民生活用水量越高,相应的生活污水排放量就越高。

2 层次分析法及应用

2.1 基本原理

层次分析法 (Analytical Hierarchy Process, 简称 AHP) 是美国运筹学家 T. L. Saaty 于 20 世纪 70 年代提出的,用于处理那些难于完全用定量方法来分析的、结构较为复杂、决策准则较多而且不易量化的决策问题^[6]。它能够合理地把定性与定量的决策结合起来,按照思维和心理的规律把决策过程层次化、数量化。在本质上是一种决策思维方式,具有人的思维的分析、判断和综合的特征。其核心思想是:首先根据问题的性质和要求提出一个总的目标,然后将问题按层次分解,对同一层次内的各个因素通过两两比较确定出相对于上一层目标的各自权系数,依次分析直到最后一层,便可得到所有因素相对于总目标重要性程度的排序。

2.2 层次分析模型建立的基本步骤

在运用层次分析法进行评价或决策时,大体可分为以下四个步骤^[7-8]:

(1) 建立层次结构模型。

(2) 构造出各因素两两相互比较的判断矩阵,并进行一致性检验。

首先,对各个因素进行两两比较,为了使决策判断定量化,形成判断矩阵, Saaty 引用了表 1 中的 1~9 标度方法。

表 1 层次分析法中的标度方法

标度	含 义
1	表示两个因素相比,具有同样重要性
3	表示两个因素相比,一个因素比另一个因素稍微重要
5	表示两个因素相比,一个因素比另一个因素明显重要
7	表示两个因素相比,一个因素比另一个因素强烈重要
9	表示两个因素相比,一个因素比另一个因素极端重要
2,4,6,8	上述两相邻判断的中值
倒数	因素 i 与 j 比较得判断 c_{ij} , 则因素 j 与因素 i 比较的判断 $c_{ji} = 1/c_{ij}$

然后,计算判断矩阵的最大特征根及其对应的特征向量。矩阵的特征向量和特征根的计算方法通常有三种:方根法、正规化求和法、求和法。本论文采用正规化求和法计算特征根 (λ_{max}) 和特征向量 (W), 计算原理为:

① 列向量标准化:

$$\bar{C}_j = \frac{C_{ij}}{\sum_{i=1}^n C_{ij}} \quad (i, j = 1, 2, 3 \dots n)$$

② 按行求和:

$$\bar{W}_i = \sum_{j=1}^n \bar{C}_{ij} \quad (i, j = 1, 2, 3 \dots n)$$

③ 对向量 \bar{W} 正规化:

$$\bar{W}_i = \frac{\bar{W}_i}{\sum_{i=1}^n \bar{W}_i} \quad (i, j = 1, 2, 3 \dots n)$$

④ 计算判断矩阵的最大特征根 λ_{max} :

$$\lambda_{max} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{(CW)_i}{\bar{W}_i}$$

其中 $(CW)_i$ 是向量 CW 的第 i 个分量,最后,对判断矩阵进行一致性检验。计算

一致性指标的公式为: $CI = (\lambda_{max} - n) / (n - 1)$ 。当完全一致时, $CI = 0$ 。 CI 愈大,矩阵的一致性愈差。对 1~9 阶矩阵,平均随机一致性指标 RI 见表 2。

表 2 平均随机一致性指标

阶数	1	2	3	4	5	6	7	8	9
RI	0	0	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45

当阶数 ≤ 2 时,矩阵总有完全一致性;当阶数 > 2 时,称为矩阵的随机一致性比例。当 $CR < 0.1$ 或在 0.1 左右时,矩阵具有满意的一致性,否则需重新调整矩阵。矩阵的不一致性可接受时, W 即为权重。

(4)层次总排序。它是指在层次模型中,某层的每一指标相对于总目标的权重。总排序的计算从目标层开始,由上而下逐层排序直到要素层为止。

3 运用 AHP 分析影响城市生活污水排放量的因素指标

3.1 建立层次结构模型

影响城市生活污水排放量的因素很多,在选择指

标时不可能面面俱到。在建立层次结构模型时,尽量选择一些有代表性的、相对独立的对城市生活污水排放量影响比较大的因素(或指标)。根据研究,将这些因素初步分成如图 1 所示的层次结构模型。

3.2 构造判断矩阵并求解模型

根据相关文献[9]和咨询有关专家,并根据各层因素指标相对应上一层准则层指标的影响程度大小建立判断矩阵,然后按照 AHP 建模的步骤确定每层各影响因素的权重 W ,检验是否具有满意的一致性,如果 $CR < 0.1$,则矩阵具有令人满意的一致性。否则,需要对矩阵进行修正。最后进行总体排序。计算结果如表 3 ~ 7 所示。

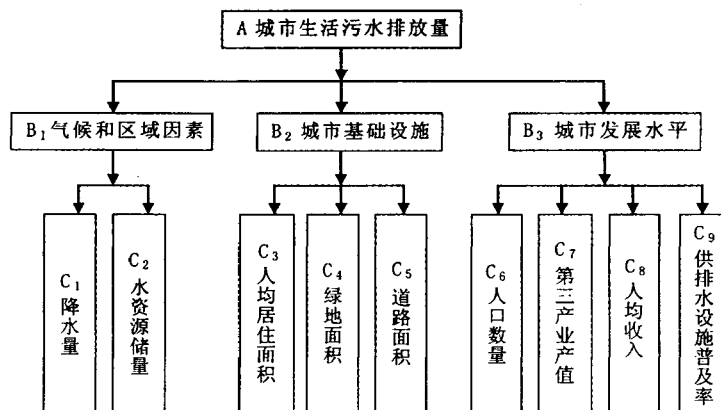


图 1 层次结构图

表 3 准则层(B)指标对目标(A)的判断矩阵

A	B ₁	B ₂	B ₃	权重
B ₁	1	1/3	1/7	0.088 2
B ₂	3	1	1/3	0.243 1
B ₃	7	3	1	0.668 7

$\lambda_{max} = 3.007 2, CI = 0.003 6, RI = 0.58, CR = 0.062 < 0.1$

表 4 因素层指标相对准则层 B1 的判断矩阵

B ₁	C ₁	C ₂	权重
C ₁	1	1/3	0.25
C ₂	3	1	0.75

$\lambda_{max} = 2, CI = 0, RI = 0$

表 5 因素层指标相对准则层 B2 的判断矩阵

B ₂	C ₃	C ₄	C ₅	权重
C ₃	1	5	3	0.6341
C ₄	1/5	1	1/3	0.1109
C ₅	1/3	3	1	0.2550

$\lambda_{max} = 3.075 4, CI = 0.037 7, RI = 0.58, CR = 0.065 0 < 0.1$

表 6 因素层指标相对准则层 B3 的判断矩阵

B ₃	C ₆	C ₇	C ₈	C ₉	权重
C ₆	1	2	3	5	0.549 9
C ₇	1/2	1	2	3	0.242 1
C ₈	1/3	1/2	1	2	0.134 4
C ₉	1/5	1/3	1/2	1	0.073 6

$\lambda_{max} = 4.076 1, CI = 0.025 4, RI = 0.90, CR = 0.028 2 < 0.1$

由表 7 可知,各影响因素对城市生活污水排放量的权重按照从大到小的顺序排列为:人口数量 $>$ 第三产业产值 $>$ 人均居住面积 $>$ 人均收入 $>$ 水资源储量 $>$ 道路面积 $>$ 城市用水设施普及率 $>$ 绿地面积 $>$ 降水量。

由于各地的自然条件不同,导致降水量存在很大差别,影响了上述权重大小的排列。如降水量丰沛的地区,道路和绿地用水要比干旱地区少。本研究主要选取年降水量大于 1 000 mm 的地区进行研究分析。

表7 层次总排序表

项目	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
权重	0.022 1	0.066 2	0.154 1	0.027 0	0.062 0	0.367 8	0.161 9	0.089 9	0.049 2
排序	9	5	3	8	6	1	2	4	7

4 结果讨论

在层次分析法的运用过程中,表3~6中判断矩阵的数值是根据2000年~2008年中国统计年鉴中生活污水排放量和各影响因素变化趋势以及咨询有关专家确定的,然后经过计算检验都得到令人满意的一致性。表7的计算结果很大程度上取决于表3~6中判断矩阵的数值的准确性。因此,为了提高层次分析法的可靠性,在以后的工作中应尽可能咨询更多专家的意见,以取得更多的数据样本。

通过运用层次分析法定量地得到了影响城市生活污水排放量的各因素在城市生活污水排放过程中所起的作用的大小。由此可见,人口数量、第三产业产值、人均居住面积的影响程度相对较大,分析原因主要是因为这三者在实际生活中对城市用水量的影响较大。由于对城市生活污水排放量的影响因素的作用做出了界定,这将为今后的生活污水排放量预测、生活污水治理决策提供计算的定量依据。

参考文献:

[1]曹连海,宋刚福,等.城市生活污水排放量的影响因素分析及关联性研究[J].环境科学与技术,2009,32(1):102-106.

[2]广州统计局编.广州统计年鉴2008[M].北京:中国统计出版社,2008.

[3]兰州统计局编.兰州统计年鉴2008[M].北京:中国统计出版社,2008.

[4]张军,夏训峰,等.中国城镇生活废水排放量影响因素及情景分析[J].资源开发与市场,2009,25(5):397-399.

[5]赵焕臣,许树柏,和金生.层次分析法[M].北京:科学出版社,1996.

[6]李天政,贾子超.层次分析法原理及应用举例[J].内江职业技术学院学报,2008,2(4):52-55.

[7]赵学芬,姚安林,等.二氧化碳腐蚀影响因素的层次分析法[J].腐蚀与防护,2006,27(4):191-193.

[8]国家统计局城市社会经济调查总队.中国城市统计年鉴2008卷[M].北京:中国统计出版社,2008.

(上接第49页)

[3]史坚,徐鸿.杭州市大气总悬浮颗粒物中酞酸酯的污染[J].环境污染与防治,2000,22(6):44-45.

[4]Monaci F, Moni F, Lanciotti E, et al. Bio-monitoring of airborne metals in urban environments; new tracers of vehicle emission, in place of lead[J]. Environmental Pollution, 2000,107(3):321-327.

[5]Bilos C, Colombo JC, Skorupka CN, et al. Sources, distribution and variability of airborne trace metals in La Plata City area, Argentina[J]. Environmental Pollution, 2001,111(1):149-158.

[6]Ruhling ?. A European survey of atmospheric heavy metal deposition in 2000-2001[J]. Environmental Pollution, 2002,120(1):23-25.

[7]Azimi S, Rocher V, Muller M, et al. Sources, distribution and variability of hydrocarbons and metals in atmospheric deposition in an urban area(Paris, France)[J]. Science of The Total Environment,2005,337(1-3):223-239.

[8]Tessier A, Campbell PG., Bisson M. Sequential extraction procedure for the speciation of particulate trace metals[J]. Analytical Chemistry,1979,51(7):844-851.

[9]柴之芳.微量元素化学概论[M].北京:原子能出版社,1994.

[10]Wilkins RG.. The study of kinetics and mechanism of reactions of transition metal complexes[M]. Boston: Allyn & Bacon,1974.