

城市生活垃圾中各成分的权重模型的建立及验证

曾现来¹, 张增强¹, 刘晓红²

(1. 西北农林科技大学生命科学院环境工程, 陕西 杨凌 712100; 2. 延安大学化学与化工学院, 陕西 延安 716000)

摘要: 为确定城市生活垃圾不同成分污染环境的程度, 根据其程度(即权重)不仅与其本质有关, 也与其数量有关的原理, 建立了数学模型 $w_i = m_i c_i$, 并且合理确定第 i 种成分的质量 m_i 和单位质量第种 i 成分的污染程度参数 C_i 。将模型运用到洛阳市城市生活垃圾状况分析中, 得出该模型计算结果与当地的经济环境状况完全相符, 从而验证了模型的合理性。

关键词: 城市生活垃圾; 权重; 数学模型; 层次分析法

中图分类号: X705 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672-2043(2004)04-0774-03

Building and Verifying the Weight Model for Different Components of Urban Domestic Garbage

ZENG Xian-lai¹, ZHANG Zeng-qiang¹, LIU Xiao-hong²

(1. Environmental Engineering, College of Life Sciences in Northwest Sci-Tech University of Agriculture & Forestry, Yangling 712100, China; 2. College of Chemistry and Industry in Yan'an University, Yan'an 716000, China)

Abstract: Urban domestic garbage is a tremendous danger for our environment. But different components of urban domestic garbage play different roles or have different weights. The weight not only depended on the character of the component, but also depended on the amount. The model “ $w_i = m_i c_i$ ” was built and the parameters (m_i and c_i) were determined reasonably for measuring the weight, in which stood for the mass of No. I-factor, and was the degree of pollution per unit mass of No. I-factor. m_i was usually measured by percentage of No. I-factor’s mass without eco-toxicological effects between factors, and was determined by three-scale and two-step analytic hierarchy process. The model was used to study the urban domestic garbage in Luoyang, China, among which the weight of inorganic waste (including waste slag ($w = 94.24\%$) and brick ($w = 1.10\%$) was up to 95.34% , much more than one of the other factors, the weight of organic waste (including kitchen garbage, animals and plants) was 3.60% , and that of recovery materials (including paper, plastic, metal, rubber, glass, and cloth) was 1.06% . The computing results using the model corresponded with the economic and environmental conditions of Luoyang and the model “ $w_i = m_i c_i$ ” was verified.

Keywords: urban domestic garbage (UDG); weight; mathematical model; analytic hierarchy process (AHP)

目前, 我国城市生活垃圾历史累计积存量高达 6×10^9 t, 侵占土地面积多达 5×10^8 m², 约有 2/3 的城市处于垃圾包围之中, 且有 1/4 的城市已无适合场所堆放垃圾^[1-3]。生活垃圾的处理和利用显得尤为重要, 但是全国上马的堆肥厂或焚烧炉中, 却有大部分停滞运转。其原因是对本地的实际情况不考虑或考虑不周, 盲目套搬其它地区的垃圾处理方式。实际上, 在城市生活垃圾中, 不同污染物对环境污染的程度不同, 即使相同的污染物在不同地区对环境污染程度也

不同, 即权重不同。

目前, 国内外利用数学模型研究城市生活垃圾文献大多集中于管理的优化^[4-6]、预测评价^[7, 8]、分类处理^[9, 10]等, 而对于其内在的成分对环境的影响尚没有先例, 因此本研究试着建立该方面的数学模型并对此进行了验证。

1 数学模型的建立

为了更好地解释和理解该模型, 先说明两个概念: (1) 成分是指 UDG(城市生活垃圾)的各污染因子(如玻璃, 金属等); (2) 权重是指一种成分在因 UDG 环境污染中所占的程度。

1.1 模型的假设

收稿日期: 2003-11-14

作者简介: 曾现来(1980—), 男, 硕士, 山东东平人, 主要研究固体废物控制及资源化。E-mail: xianlzeng@hotmail.com

- (1) 垃圾不同成分之间是独立的,忽略它们之间因为联合、拮抗而对环境影响的放大及缩小;
- (2) 同一种成分的本质和数量对权重影响是等同的;
- (3) 忽略不同成分的生态毒理学因素的差异。

1.2 模型的建立

我们认为,污染物的权重不仅与污染物的质有关,还与其量有关,它应该是二者的函数。即:

$$w_i = m_i c_i \tag{1}$$

经归一化后得:

$$\hat{w}_i = \frac{w_i}{\sum_{i=1}^n w_i} \tag{2}$$

式中: w_i 为第 i 种成分的权重 ($i = 1, 2, \cdots, n$);

$\hat{w}_i$ 为处理后第 i 种成分的权重 ($i = 1, 2, \cdots, n$);

m_i 为分别指第 i 种成分的质量 ($i = 1, 2, \cdots, n$),单位为 kg;

c_i 为单位质量第种成分的污染程度 ($i = 1, 2, \cdots, n$),单位为 kg;

n 为垃圾中不同成分的种数。

1.3 模型参数的确定

1.3.1 m_i 的确定

忽略不同成分的生态毒理学因素的差异,可用质量百分含量代替。

1.3.2 c_i 的确定

利用成熟的层次分析法进行确定。层次分析法^[11]是1971年美国著名的运筹学家匹兹堡大学的托马斯·L·萨迪提出来的,它是一种定性与定量相结合,以系统化、层次化对问题进行分析的方法,使人们的思维过程层次化,逐层比较其间的相关因素并逐层检验比较结果是否合理,从而为分析决策提供具有说服力的定量依据。本文采取三标度两步层次分析法,它比九标度层次分析法更易于比较两因子的权重^[12],具体可参考文献[12]中的步骤。

2 数学模型的验证

以洛阳市的城市生活垃圾^[13]为例,对模型进行检验。

2.1 m_i 的确定

以百分含量代替质量,下表^[13]为洛阳市生活垃圾不同成分的百分含量。

2.2 c_i 的确定

2.2.1 层次的确定

生活垃圾的层次如图1所示。

2.3.2 比较矩阵的确定,如表2所示。

表 1 洛阳市 2000—2001 年城市生活垃圾平均成份构成表(%)

Table 1 Percentage of various components of UDG in Luoyang (%)

有机类		废品类						无机类	
厨余	动植物	纸类	塑料	金属	橡胶	玻璃	布类	灰渣	砖瓦
26.92	0.83	3.4	2.9	0.17	0.02	0.24	0.61	62.45	2.2

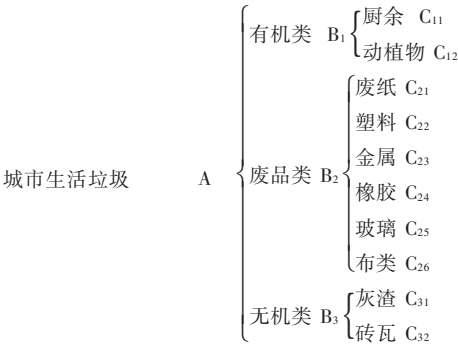


图 1 城市生活垃圾的分类

Figure 1 Sorting of UDG

2.3.3 判断矩阵的构造和 c_i 的确定

表3表4中的T代表矩阵最大特征值对应的特征向量归一化后的结果。

以厨余为例, $c_i = T_{B1} \times T_{C11} = 0.088\ 0 \times 0.500\ 0 = 4.40\%$,得下表5。

表 2 不同层次间的比较矩阵
Table 2 Comparing matrixes of different hierarchies

A	B ₁	B ₂	B ₃	$\sum_{i=1}^3 K_i$	B ₁	C ₁₁	C ₁₂	$\sum_{i=1}^2 K_i$	B ₂	C ₂₁	C ₂₂	C ₂₃	C ₂₄	C ₂₅	C ₂₆	$\sum_{i=1}^6 K_i$	B ₃	C ₃₁	C ₃₂	$\sum_{i=1}^2 K_i$
B ₁	1	0	0	1	C ₁₁	1	1	2	C ₂₁	1	0	0	0	1	1	3	C ₃₁	1	2	3
									C ₂₂	2	1	2	1	2	2	10				
									C ₂₃	2	0	1	0	1	2	6				
B ₂	2	1	0	3	C ₁₂	1	1	2	C ₂₄	2	1	2	1	2	2	10	C ₃₂	0	1	1
B ₃	2	2	1	5					C ₂₅	1	0	0	0	1	1	3				
									C ₂₆	1	0	0	0	1	1	3				

表 4 不同层次间的判断矩阵
Table 4 Judging matrixes of different hierarchies

B_2	C_{21}	C_{22}	C_{23}	C_{24}	C_{25}	C_{26}	T	B_3	C_{31}	C_{32}	T
C_{21}	1	1/13	7/43	1/13	1	1	0.025 2	C_{31}	1	3	0.750 0
C_{22}	13	1	55/7	1	13	13	0.426 2				
C_{23}	43/7	7/55	1	7/55	43/7	73/4	0.111 1				
C_{24}	13	1	55/7	1	55/7	55/7	0.381 3	C_{32}	1/3	1	0.250 0
C_{25}	1	1/13	7/43	7/55	1	1	0.028 1				
C_{26}	1	1/13	7/43	7/55	1	1	0.028 1				
$\lambda_{\max} = 6.4262; CR = 0.0687 < 0.1$								$\lambda_{\max} = 2; CR = 0 < 0.1$			

表 3 不同层次间的判断矩阵
Table 3 Judging matrixes of different hierarchies

A	B_1	B_2	B_3	T	B_1	C_{11}	C_{12}	T
B_1	1	2/7	1/6	0.088 0	C_{11}	1	1	0.500 0
B_2	7/2	1	2/7	0.242 6				
B_3	6	7/2	1	0.669 4	C_{12}	1	1	0.500 0
$\lambda_{\max} = 3.0569; CR = 0.049 < 0.1$					$\lambda_{\max} = 2; CR = 0 < 0.1$			

表 5 城市生活垃圾确定 (%)
Table 5 Determination of in UDG (%)

类别	有机类			废品类					无机类		
	厨余	动植物	纸类	塑料	金属	橡胶	玻璃	布类	灰渣	砖瓦	
C_i	4.40	4.40	0.61110	34.2	69	9.25	0.6810	681	50.25	16.73	

表 6 城市生活垃圾不同成分权重确定 (%)
Table 6 Determination of in UDG (%)

类别	有机类			废品类					无机类		
	厨余	动植物	纸类	塑料	金属	橡胶	玻璃	布类	灰渣	砖瓦	
w_i	3.49	0.11	0.062	0.9	0.01	0.004	0.004	0.01	94.24	1.10	

3 结论

根据表 1、表 5 和公式(1)、(2)计算得:
从表 6 中我们可以看到,无机类对环境的污染最大(权重为 95.34),有机类次之(权重为 3.60),废品类最小(权重为 1.06)。
这与事实是相符的,洛阳地处河南的西部,为中等发达城市,该类城市的特点为:①无机类数量大,难处理,回收价值小,在环境中存在的时间长;②有机类如厨余、动植物在环境中存留时间比灰渣和砖瓦短的多,而且易降解,因而对环境的影响不大;③废品类回收价值大,在环境中的存在时间短,对环境的影响甚微。
根据该数学模型计算的结果和现实,得出该模型

基本上是合理的。

参考文献:

[1] 王伟,袁光钰. 我国的固体废物处理处置现状与发展[J]. 环境科学, 1997, 18(2): 87-90.

[2] 殷兴军,许桂珍. 论述我国城市固体废弃物[J]. 辽宁城乡环境科技, 1999, 9(4): 54-58.

[3] 宋晓岚. 城市垃圾处理与可持续发展[J]. 长沙大学学报, 2001, 15(4): 36-40.

[4] 李天威,严刚,王业耀,等. 中国中小城市生活垃圾优化管理模型的应用[J]. 环境科学, 2003, 24(3): 136-139.

[5] Berger C, Savard G, Wizere A. EUGENE: an optimization model for integrated regional solid waste management planning[J]. *International Journal of Environment and Pollution*, 1999, 12(2-3): 280-307.

[6] Bhat V N. Model for the optimal allocation of trucks for solid waste management[J]. *Waste Management & Research*. 1996, 14(1): 87-96.

[7] Li X M, Zeng G M, Wang M, et al. Prediction the amount of urban waste solids by applying a gray theoretical model[J]. *Journal of Environmental Sciences*, 2003, 15(1): 43-46.

[8] 陈绍伟,郭广寨,陆正明. 模糊数学决策法的改进及在生活垃圾处理方式评价中的应用[J]. 上海环境科学, 2002, 21(7): 426-428.

[9] Chang Shouou - Yuh, Li Zhi. Use of a computer model to generate solid waste disposal alternatives[J]. *Journal of Solid Waste Technology and Management*, 1997, 24(1): 9-18.

[10] Kenneth W Harrison, Robert D Dumas, Morton A. Barlaz. A Life - Cycle Inventory Model of Municipal Solid Waste Combustion[J]. *Journal of the Air & Waste Management Association*, 2000, 50(6): 993-1003.

[11] 叶雯. 层次分析法在环境评价中的应用. 珠江现代建设[J], 2002, (6): 26-28.

[12] 徐肇忠. 城市环境规划[M]. 武汉大学出版社, 2002. 154-155.

[13] 苏玉江,骆良孟,刘建英,等. 洛阳市城市生活垃圾成分分析[J]. 城市环境与城市生态, 2002, 15(5): 8-10.