

# 降低全球一次性塑料垃圾排放量的路径探析

晁张强 胡凯悦 郭姣阳

西安外国语大学商学院

DOI:10.12238/eep.v3i8.938

**[摘要]** 随着一次性塑料的使用率逐渐增多,其带来的负面影响也日益增强。世界各国已经从塑料生产、排放、处理和回收的各个方面提出了补救措施,以减少由一次性塑料废料造成的损害。本文通过对综合塑料生产流程以及处理塑料废物方式综合分析可以明确衡量一次性塑料垃圾的六个因素,选取中国具有代表性的三个省份为例,利用层次分析法得出保持环境安全状态下最小的塑料废物量的具有代表性指标(以某城市为例)。最后,借助兰彻斯特方程思维方式,依据世界不同地区人口密度,受教育水平和技术发展程度之间的相互制约关系,采用最小二乘法与ODE45函数参数得出三个国家发展预测图,明确全球塑料浪费问题无法绝对公平地解决,应该国家自身每年排放的塑料垃圾量的所占比例来进行规划,以此提出合理建议。

**[关键词]** 一次性塑料垃圾; 降低排放量; 治理建议

**中图分类号:** F205 **文献标识码:** A

## 1 理论基础

### 1.1 一次性塑料垃圾浪费的主要影响因素

目前各个地区为保护环境资源,实现生态可持续性发展问题,不断采取相应措施为达到减少最大数量废物的目的。由于所处地理位置、科技发展水平以及公民意识有所差别,所以各个地区为实施生态可持续发展方案都采取不同程度,不同方面的决策。通过对中国的三大省份(北京、陕西、内蒙古)一次性塑料垃圾数据分析,就各地区实际水平合理划分的范围,具有针对性的高效解决,更好的提出解决方案以及更为准确的治理目标。

(1) 各省份人均GDP用来衡量省市综合发展程度,社会发展程度越高,环保意识越强,对于一次性塑料的抵制力也就越大。

(2) 社会商品零售情况作为判断消费者消费方式与消费水平与环保意识之间的相互联系,易知消费层次越高,消费力度越大,其自身环保理念就越强。

(3) 塑料制品回收利用率反映了对于塑料使用最后一个环节的处理,这个总量不仅依赖于各省份生产的塑料的总

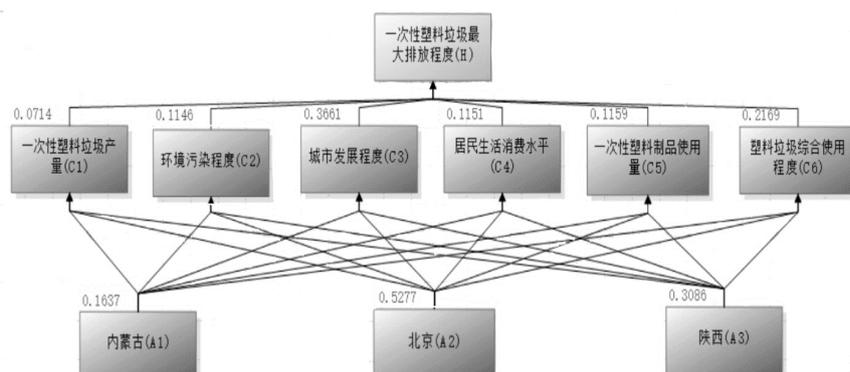


图 1 与发达程度成反比。

量,拥有高技术的处理水平和统一的回收利用体系,也可以在生产塑料的情况下达到对资源的最大化利用。

(4) 环境污染程度主要作为衡量塑料废物严重程度的指标。研究结果显示,环境污染水平与一次性塑料产出量成正比,虽然其中可能包含一些其他环境污染因素,但不可避免的是承认一次性塑料对于环境不可逆的恶性损害。

(5) 一次性塑料制品的使用量是针对生活中以及工业中对于塑料需求量的研究依据。

(6) 一次性塑料产出量可以衡量出各个地区不同程度的一次性塑料消费量,对比三个省份的数据,可以看出产出量

## 2 模型构建

### 2.1 基于层次分析法对一次性塑料垃圾排放影响分析

在明确数据调查对象之后,可以根据选定的三大省份实际情况以及一次性塑料在各个省份间的实际使用情况,设定统一指标,包含一次性塑料垃圾产量,环境污染程度,城市发展程度,居民生活消费水平,一次性塑料制品使用量以及塑料垃圾综合使用程度等六个方面作为衡量标准进行评价。

(1) 将决策问题分解为3个层次,最上层为目标层,即最大化减少塑料废物问题,最下方为方案层,有  $A_1, A_2, A_3$

分别代表内蒙古,北京,陕西三个供选择的省份,中间层为准则层,有  $A_1, A_2, A_3, A_4, A_5, A_6$  分别代表一次性塑料产量,环境污染程度,城市GDP,居民生活满意度,社会商品零售情况以及综合利用一次性塑料产量六个准则,各层间的联系用相连的直线表示。(见图1)

(2)通过互相比确定各准则对于目标的权重,及个个方案对于每一准则的权重。首先比较准则层六个因素  $C_1, C_2, C_3, C_4, C_5, C_6$  对于目标层一个因素H的影响,每次取两个因素  $C_i$  和  $C_j$ ,用  $a_{ij}$  表示  $C_i$  和  $C_j$  对H的影响之比,全部比较结果可用成对比较矩阵

$$A = (a_{ij})_{n \times n}, a_{ij} > 0, a_{ij} = \frac{1}{a_{ji}} \quad (i)$$

表示。

在进行定性的成对比较时,一般采用1-9尺度,进行权重的准确测评,将定性转为定量。由于(i)式给出的特点,A称为正互反矩阵,再根据1-9尺度表带入相应的权重比较可得:

$$A = \begin{pmatrix} 1 & \frac{1}{2} & \frac{1}{3} & \frac{1}{2} & 1 & \frac{1}{3} \\ 2 & 1 & \frac{1}{3} & 1 & 1 & \frac{1}{2} \\ 5 & 3 & 1 & 2 & 3 & 3 \\ 2 & 1 & \frac{1}{2} & 1 & \frac{1}{3} & \frac{1}{2} \\ 1 & 1 & \frac{1}{3} & 2 & 1 & \frac{1}{3} \\ 3 & 2 & \frac{1}{3} & 2 & 2 & 1 \end{pmatrix} \quad (ii)$$

(3)为了能够用矩阵的对应特征根的特征向量作为被比较因素的权向量,应该对成对比较矩阵(ii)进行一致性检验,并且使其不一致程度在容许的范围内。根据连续的依赖于的事实可知,比n大得多,A的不一致程度越严重,用特征向量作为权向量引起的误差越大。因此可以使用-n数值大小衡量A的不一致程度。将

$$CI = \frac{\lambda - n}{n - 1} \quad (iii)$$

定义为一致性指标。为确定A的不一致程度允许范围,需要找出衡量A的一致性指标CI的标准,即所谓的随即一致性指标RI:

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
R	0	0	0.0	0.0	1.0	1.0	1.0	1.4	1.0	1.0	1.0
I			58	90	12	24	32	41	5	49	51

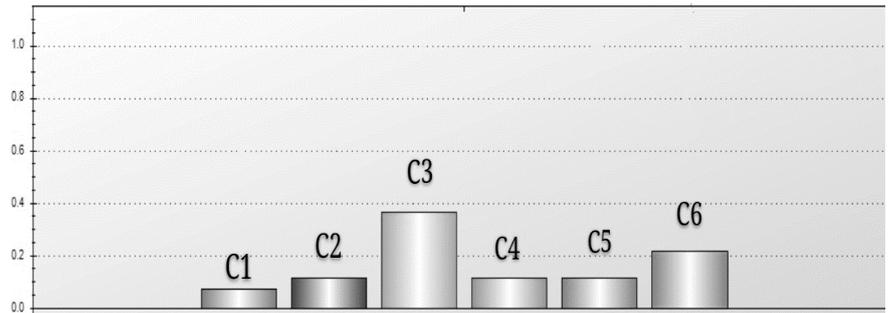


图 2

表 1

k	1	2	3	4	5	6
$w_k^{(3)}$	0.250	0.136	0.539	0.122	0.200	
$\lambda_k$	0.648	0.250	0.625	0.297	0.648	0.400
$CI_k$	0.229	0.500	0.238	0.163	0.229	0.400
	3.005	3.002	3	3.009	3	3.001
	0.0					
018	0.0000	0.0091	0.0046	0.0018	0.000	

对于  $n \geq 3$  的成对矩阵A,将它的一致性指标CI与同阶的随机性指标RI之比成为一致性比率CR,当

$$CR = \frac{CI}{RI} < 0.1$$

时认为A的不一致性在容许的范围内,可用其特征向量作为权向量。最终结果如图2:

(4)在得到第二层对第一层的权向量,记作  $w^{(2)} = (w_1^{(2)}, \dots, w_5^{(2)})^T$ . 用同样的方法构造第三层对第二层的每一个准则的成对比较阵,不妨设他们为

$$A_1 = \begin{bmatrix} 1 & 1/5 & 1/2 \\ 5 & 1 & 3 \\ 2 & 1/3 & 1 \end{bmatrix}, A_2 = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1/2 \\ 1 & 1 & 1/2 \\ 2 & 2 & 1 \end{bmatrix}$$

$$A_3 = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1/2 \\ 1 & 1 & 1/2 \\ 2 & 2 & 1 \end{bmatrix}, A_4 = \begin{bmatrix} 1 & 1/4 & 1/2 \\ 4 & 1 & 3 \\ 2 & 1/3 & 1 \end{bmatrix}$$

$$A_5 = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 3 \\ 1/2 & 1 & 2 \\ 1/3 & 1/2 & 1 \end{bmatrix}$$

这里矩阵  $B_k(k=1, \dots, 5)$  中元素  $b_{ij}^{(k)}$

是方案  $P_i$  与  $P_j$  对于准则  $C_k$  的优越的尺度比较。

由第三层的成对比较阵  $A_k$  计算出

权向量  $w_k^{(3)}$ , 最大特征根  $\lambda_k$  和一致性指标  $CI_k$ , 结果列入表1:

不难看出,由于  $n=3$  时随机性指标  $RI=0.003$ , 所以上面的  $CI_k$  均可通过一致性检验。

(5)对于省份  $A_1$ , 它的一次性塑料生产量等六个准则中的权重用  $w_k^{(3)}$  和第一个分量表示,所以省份  $A_1$  在目标中组合权重应为他们相应项的两两乘积之和,即

$$0.112 \times 0.0018 + 0.025 \times 0.00 + 0.136 \times 0.0091 + 0.539 \times 0.0046 + 0.122 \times 0.0018 + 0.2 \times 0.00 = 0.1637$$

同样可以算出  $A_2, A_3$  在目标中的组合权重为0.5277和0.3066, 于是组合权向量

$$w^{(3)} = (0.1637, 0.5277, 0.3066)^T$$

结果表明省份  $A_2$  在有关于最大化减少塑料废物问题选择中占权重近于1/2, 远大于其他两个城市, 由上述的模型结合北京市的实际塑料废物水平分析可得最终最大化减少塑料问题的代表省份的结果为三个省份里最为发达, 占地面积最小, 人口密度最大的北京市指标(如下图3所示)。

2.2基于兰彻斯特方程原理不同地区应对一次性塑料垃圾治理方案

(1)兰彻斯特方程最初适用于评估

作战双方兵力伤亡情况的模型。它是一非线性微分方程,可以在不同作战策略下获得系统的动态变化情况,方程的基本形式如下:

$$\begin{cases} \frac{dx}{dt} = -ay - \alpha x + u(t) \\ \frac{dy}{dt} = -bx - \beta y + v(t) \end{cases}$$

其中a和b分别是一方对于另一方的攻击强度,和分别是双方兵力由于非战争而损伤的系数,u(t)和v(t)分别表示双方兵力的补充数量。

(2)借助兰彻斯特方程模型,我们将对国家的外部影响因素记为  $U_i(t)$ ,与原兰彻斯特方程中的兵力补充因子相对应,并用拟合方法获得协同系数  $\beta_i$ 。因此,可以得到反应生态环境可持续发展的兰彻斯特方程:

$$\begin{cases} \frac{dF_{GDP}(t)}{dt} = \alpha_{11}F_{GDP}(t) + \alpha_{12}F_{edu}(t) + \alpha_{13}F_{Gov}(t) + \beta_1 U_1(t) \\ \frac{dF_{edu}(t)}{dt} = \alpha_{21}F_{GDP}(t) + \alpha_{22}F_{edu}(t) + \alpha_{23}F_{Gov}(t) + U_2(t) \\ \frac{dF_{Gov}(t)}{dt} = \alpha_{31}F_{GDP}(t) + \alpha_{32}F_{edu}(t) + \alpha_{33}F_{Gov}(t) + \beta_3 U_3(t) \end{cases}$$

利用状态空间理论演变方法,得到生态环境可持续发展状态方程:

$$\frac{dF}{dt} = A \cdot F + B \cdot U$$

$$F = \begin{bmatrix} F_{GDP} \\ F_{edu} \\ F_{Gov} \end{bmatrix}, A = \begin{bmatrix} \alpha_{11} & \alpha_{12} & \alpha_{13} \\ \alpha_{21} & \alpha_{22} & \alpha_{23} \\ \alpha_{31} & \alpha_{32} & \alpha_{33} \end{bmatrix},$$

$$B = \begin{bmatrix} \beta_1 & 0 & 0 \\ 0 & \beta_2 & 0 \\ 0 & 0 & \beta_3 \end{bmatrix}, U = \begin{bmatrix} U_1 \\ U_2 \\ U_3 \end{bmatrix}$$

在上述式子中,  $F_x$  表示一个国家在  $x(x=GDP, EDU, GOV)$  方面的效能。F用来衡量一个国家的综合效能;A用来描述GDP,国民教育程度,政府支持三个方面的相互支持关系的系统矩阵;U中元素表示国家外部因素影响;B是一个国家调整外部因素影响中的控制能力输入矩阵。

在运用方程时,将离散时间T转化为连续时间t,即

$$t=kT, \quad k=1, 2, \dots, n$$

通过输入的离散数据得到连续数据。这样,就可以得到在发展水平,国民

决策目标: 一次性塑料垃圾最大排放程度(H)

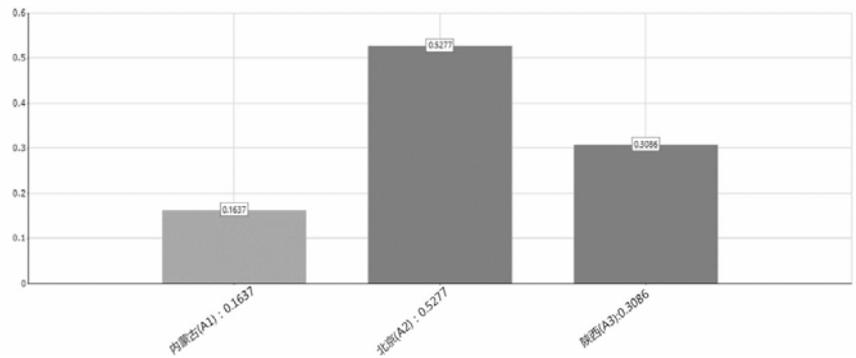


图 3

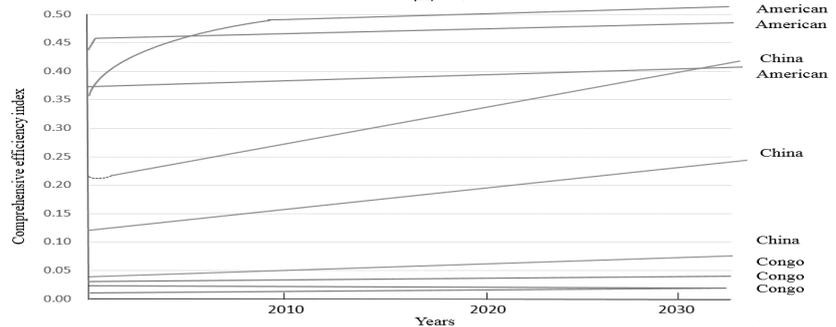


图 4

教育度和政府支持方面的综合效能的未来预测值和可持续性的动态变化情况。

(3) 20年预测结果

我们在预测模型中使用最小二乘法函数ODE45来确定相关系数。这里选择三个国家(美国,中国,刚果)作为三个方面都有区别的不同程度的国家代表,其结果分别代表已有环境技术支持且一次性塑料利用度不大的国家,重视环保力度但仍然对一次性塑料存在依赖的国家,环保力度不重视且一次性塑料使用量未普及的国家。这三个国家的预测图(见图4):

3 结论与建议

从图中可以看出美国,中国,刚果三个国家的环境生态政策推行力度预测。由三个国家推及全世界的国家,世界存在区域分配不平等等问题。高度发达国际已经拥有一次性塑料回收环保的高技术支持,并且在持续20年中稳定进步,拥有一套属于自己的塑料环保方案,其国民受教育程度也决定了有关环保政策的下放可以更高程度的实施;发展中国家仍然处于探索高科技,高水平发展的阶段,不能避免其为达到高效发展进行对环境资源的破坏,但其处于上升阶段的教育

水平和政府逐渐提高的对环保的重视程度都可以帮助国家建立最小化破坏生态的方案,更好实行联合国的统一标准;不发达国家的整体水平都处于劣势,缺乏高科技产品,自然资源较为丰富,可是欠缺的国民素质和政府缺少环保政策支持现状会导致资源得不到最大程度的利用,无法保证对于一次性塑料的回收利用,可能会形成恶性循环。对比来看,一次性塑料在世界范围内的政治无法达到统一标准,不存在绝对的公平,只有依据国家自身的情况,调整政策保证核心目标的一致性,达到相对统一的状态。

[参考文献]

[1]王燕萍,邓义祥,张承龙,等.我国一次性塑料污染管理对策研究[J].环境科学研究,2020,33(04):1062-1068.  
 [2]王玉英.数学建模及其软件实现[M].清华大学出版社,2015.  
 [3]方胜杰.中国塑料再生行业发展现状及未来展望[J].中国石油和化工经济分析,2019,(04):30-34.  
 [4]廖琴,王金平,王芳.国际一次性塑料污染控制政策及其启示[J].全球科技经济瞭望,2018,33(07):63-71.