

全球一次性塑料垃圾危机

总结

塑料垃圾污染，正在对全球生态系统和人类健康造成巨大威胁，同时引发全球公平问题，而一次性塑料的兴起更是雪上加霜。为了更好地理解和解决这些问题，本文着重测量一次性塑料垃圾的影响，预测其趋势，并给出一些合理的建议。

为了估算在不进一步破坏环境的情况下，可安全地减轻一次性塑料废物的最大水平，我们创建了环境承载率模型(Environment Bearing Rate Model, EBRM)。首先，通过分析塑料垃圾的来源和处理方式，给出了一次性塑料垃圾与环境承载量(Environmental Bearing Quantity, EBQ)的关系;其次，推导 EBQ 与环境承载力(Environmental Bearing Capacity, EBC)的相互作用关系，得到 $EBQ=EBC$ 的环境自恢复阈值条件;最后，推导出一次性塑料垃圾的最大水平。

为了探讨一次性塑料垃圾可以减少到什么程度，我们建立了一个一次性塑料①垃圾预测模型(DPWPM)。首先，选取了影响一次性塑料垃圾产生和管理的 11 个可量化指标。然后，我们根据发展程度、污染程度和是否沿海对区域进行分类。接下来，我们用这些指标做主成分分析(Principal Component Analysis)来降维。最后，使用多元时间序列模型得到一次性塑料废弃物占比与这些指标之间的关系，并预测其将降低到什么程度。为了验证该模型，我们将其应用于爱尔兰，结果是一次性塑料垃圾占总垃圾的比例将下降到 0.3%，接近官方统计数据。同时，利用 EBRM 和人类友好度指标，分析了不同区域的政策有效性，并衡量了减排对生态系统和人类健康的影响。

为了给出全球一次性塑料垃圾的最小可达到水平，我们首先使用二次指数平滑模型来预测全球塑料总产量。然后，利用 DPWPM 预测其在不同国家组塑料垃圾中的比例。结合熵权法(EWM)，得到了其在塑料中所占比例的全局曲线。最后，我们得到的结果是，到 2030 年，全球一次性塑料垃圾的最小可实现水平为 1588 万吨。此外，我们还得出这一目标将如何影响人类生活、环境和塑料行业的结论。

全球塑料垃圾危机的不公平问题，主要体现在塑料垃圾生产和污染的分布不均匀，以及不同国家在塑料垃圾处理上的经济投入不同。我们提出了四种有意的解决方案，包括为塑料垃圾分配许可证(permit)和澄清国家间产权。

最后，我们使用旋转估计和高斯噪声来测试模型的鲁棒性，并就全球塑料垃圾的最小可达到水平向 ICM 写了一份备忘录。

关键词:一次性塑料，多元时间序列，EWM，PCA



关注数学模型
获取更多资讯

内容

1.介绍	2
1.1 背景	2
1.2 重述的问题	2
1.3 概述我们的工作	2
2.假设和理由	3
3.符号	3
4.一次性塑料废物的最高水平	
4.1 废弃物的来源	3
4.2 废弃物管理	4
4.2.1 回收准备	4
4.2.2 焚烧	4
4.2.3 垃圾填埋场	4
4.2.4 不受控制的存款在海洋	5
4.3 环境承载率模型	5
4.3.1 环境承载率	6
4.3.2 环境测量轴承数量	7
4.3.3 环境承载力测量	8
4.4 最高水平的一次性塑料产品浪费	8
4.4.1 当前数量和容量的浪费	8
5.减少塑料废物和减少后的环境安全水平	8
5.1 影响因素减少塑料垃圾	9
5.1.1 因素浪费生产一次性塑料	9
5.1.2 一次性塑料废弃物管理的因素	11
5.2 分类	12
5.3 一次性塑料垃圾预测模型	13
5.3.1 影响指标的主成分分析	13
5.3.2 主成分多元时间序列分析	14
5.3.3 模型应用程序	14
5.4 环境安全水平	15
5.4.1 塑料垃圾减少后的环境承载量	16
5.4.2 人性化指示器	16
6.实现全球废物可达到的最低水平的目标和影响	16
6.1 最小目标实现程度的全球浪费	17
但是全球塑料产量的预测	17
6.1.2 预测一次性塑料垃圾的比例	17
6.1.3 实现水平的一次性塑料垃圾造成的	18
6.2 对实现全球废物可达到的最低水平的影响	18
6.2.1 对人类生活的影响	19
6.2.2 对环境的影响	19
6.2.3 对塑料行业的影响	19
7.股票发行和解决方案	19
7.1 股票发行	20

7.2 解决股权问题	20
8.敏感性分析	20
8.1 旋转估计多元时间序列模型	20
8.2 高斯噪声	21
9.模型的评价	21
9.1 强度	21
9.2 缺点	21



关注数学模型
获取更多资讯

有道文档翻译
pdf.youdao.com

1.介绍

1.1 背景

一次性塑料制品，指的是在扔掉之前只使用一次的物品，在我们的生活中几乎无处不在，包括购物袋、食品包装、瓶子、吸管、容器、杯子、餐具等。^[2] 然而，随着一次性塑料制品的大规模生产，如今由其造成的白色污染十分严重。根据联合国环境规划署的一份报告^[2]在国际沿海清理过程中，一次性塑料占据了十大最常见发现物的大部分位置。更糟糕的是，糟糕的废物管理系统将加剧污染的程度。目前，人们处理垃圾的方法有几种，包括焚烧、倾倒、回收、填埋和丢弃在自然环境中^[1]。

由于塑料垃圾甚至需要几百年才能分解，它对生态系统和人类健康构成了巨大的威胁^[2] 特别是，随着大部分塑料垃圾流入海洋，海洋生态系统受到了严重的打击。每年流入海洋的塑料垃圾约有 400 万吨至 1200 万吨，可见其影响^[1]。塑料垃圾造成的经济损失是巨大的。仅亚太地区的塑料垃圾每年就给旅游业、渔业和航运业造成 13 亿美元的损失^[3]。

近年来，许多政府采取了积极的干预措施来解决这一问题，主要是通过改善废物管理做法，引入财政激励，为更多的替代材料研发提供资金，提高消费者的意识等等^[3]。然而，关于一次性塑料垃圾的预测研究很少。

1.2 重述问题

为了解决塑料垃圾问题，我们需要制定一个计划，通过减缓塑料生产和提高废物利用率来减少甚至淘汰一次性塑料产品。考虑到塑料大多是一次性使用，我们特别关注一次性塑料制品。

我们需要做的是：

- 建立一个模型，在垃圾可以安全减轻而不进一步污染环境的前提下，估计一次性塑料产品废物的最大水平。
- 研究可以减少多少塑料垃圾才能达到环境安全的水平。
- 在上述研究的基础上，设定全球一次性塑料垃圾可达到的最低水平的目标，并探索实现该目标对许多方面的影响。
- 考虑到各地一次性塑料问题的原因和后果各不相同，讨论相关的公平问题，并提出解决方案。

1.3 我们的工作概述

我们利用环境承载率理论建立了一个确定一次性塑料垃圾最大水平的模型。此外，根据许多影响因素和历史数据，可以将预测一次性塑料垃圾水平程度的模型简化为。利用这两个模型，我们评估了不同类型地区不同政策的有效性，并为全球一次性塑料垃圾给出了合理的最低目标可达到水平，并提出了一些解决全球塑料垃圾危机带来的平等问题的解决方案。整个建模过程如图 1 所示。



关注数学模型
获取更多资讯

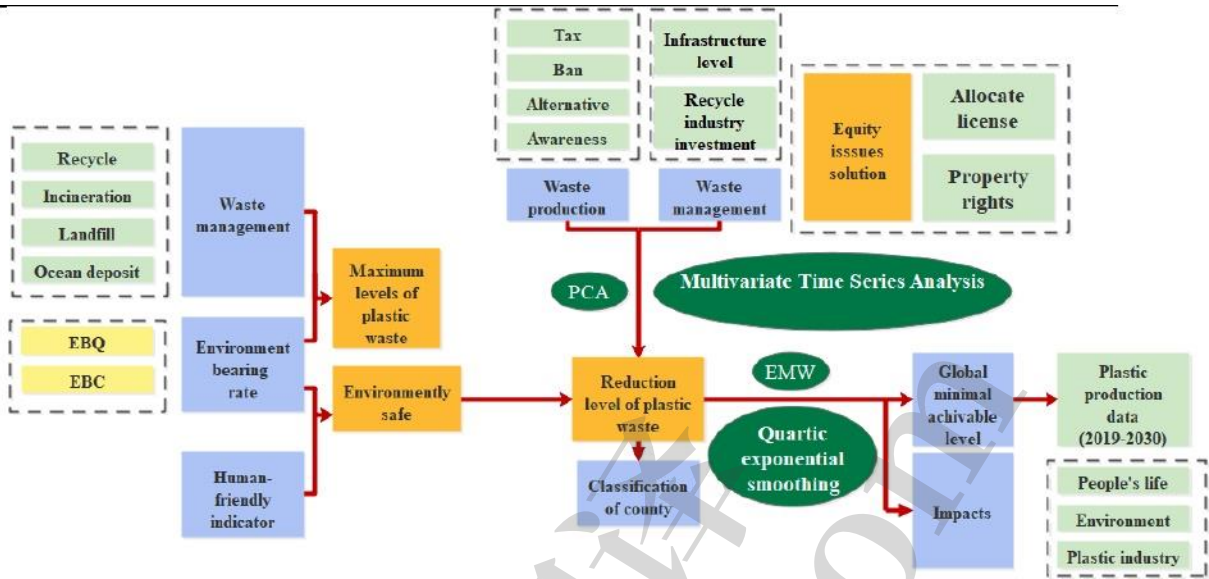


图 1:论文的整个建模过程

2.假设和理由

- 为了简化成本效益分析模型，本文做了以下基本假设，每个假设都是合理的。
- 我们假设环境承载力的增加可以忽略，因为生态系统的进化是一个长期的过程。
- 环境的突然变化可以忽略不计，因为它的罕见性。
 - 我们假设所有地区都会积极应对一次性塑料垃圾日益恶化的问题，并采取适当的措施加以改善。这一假设是根据大多数国家的反应得出的。

3.符号

我们在表 1 中列出了本文中使用的符号和表示法。

表 1:符号和定义

符号	含义	单位	$C(t)$ t 年环境承载力	$Q(t)$ t 年环境承载量	EBR 环境承载率	HFI 人性化指标
----	----	----	-----------------	-----------------	-----------	-----------

4.一次性塑料垃圾的最高水平

如果塑料垃圾造成的污染量在可控范围内，就不会对环境造成破坏。但是，当一次性塑料产品垃圾达到一定水平时，就会超过环境自身的修复能力，使环境变得更糟，难以恢复。因此，我们希望开发一个模型，来估计一次性或一次性塑料产品垃圾的最大水平，在不进一步破坏环境的情况下，可以安全地减轻。

4.1 垃圾的来源

在大多数情况下，一次性塑料被用于包装，如购物袋、包装纸和瓶子。这些产品使用后，会被丢弃，成为塑料垃圾。在这些废弃物中，如 UNEP 报告中所述^[2]塑料袋和泡沫塑料制品被认为是塑料废物的最大问题来源。这是因为一次性塑料袋是生活中最常见的用来装物品的一次性塑料制品^[1]。而对于泡沫塑料来说，它的轻巧、强度和保温性能，非常适合做饭盒等一次性餐具。在中国，随着外卖行业的兴起，

泡沫的使用也不受控制地增加^[1]。



关注数学模型
获取更多资讯

为了简化我们的模型，只考虑了上面提到的浪费的两个来源。此外, P_b 和 P_f ，分别代表塑料袋和发泡塑料制品的年产量。

4.2 废弃物管理

目前塑料垃圾的消费量很大，这使得以环保的方式管理它们的报废变得更加重要。从科学上讲，“能量回收过程比填埋或不恰当的处理方式更可取^[2]”。为了更清楚地展示这一点，一个反映塑料垃圾在不同过程中对环境影响程度的废物管理层级如图 2 所示。

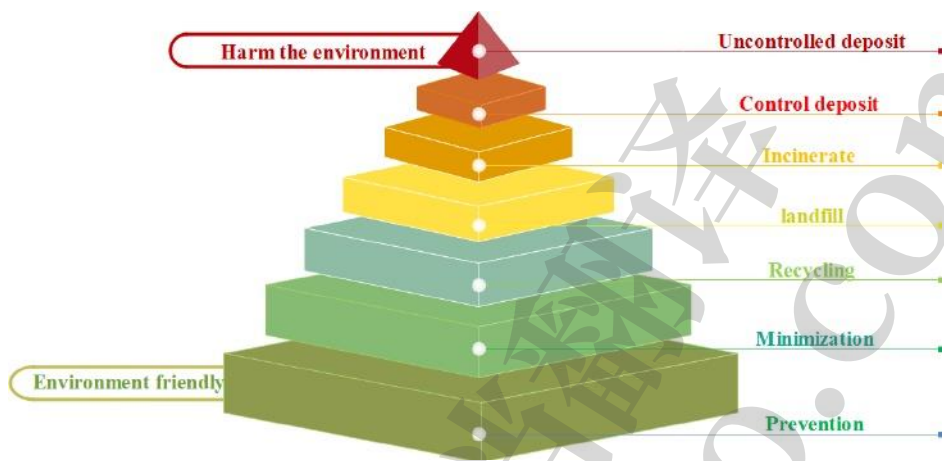


图 2:不同的塑料垃圾处理方式和对环境的影响程度。

对于垃圾管理层级的各个层次:回收是相当环保的，因为它减少了一次性塑料的产量。垃圾填埋对环境有不良影响，因为塑料需要数千年才能分解。焚烧则因为塑料燃烧过程中产生的有毒气体而危害环境。在海洋等地不受控制的沉积对环境极其有害，因为它会伤害海洋野生动物。

因此，我们主要关注其中的四种。它们是回收、焚烧、填埋和不受控制的海洋沉积物。

4.2.1 回收准备

一些一次性塑料制品，通常由热塑性材料制成，可以通过工厂加工回收。这样不仅减少了资源的消耗，塑料垃圾也减少了，从而大大减少了环境污染。

为了衡量回收垃圾的资源的可可用性，塑料垃圾回收的百分比 $p_r(t)$ 引入。 p 的值越大 $r(t)$ 越大，说明可回收资源越多。

4.2.2 焚烧

虽然塑料垃圾可以通过焚烧进行分解，但大量排放的废气会破坏大气，对环境产生负面影响

为了衡量垃圾焚烧资源的可可用性，塑料垃圾焚烧的百分比 $p_i(t)$ 引入。 p 的值越大 $i(t)$ 越大，表示焚烧资源可用性越强。

4.2.3 垃圾填埋场

填埋是指将塑料垃圾埋在土壤中。由于成本低、卫生条件好，垃圾填埋在中国被广泛使用。然而，分解的化学物质也会对土壤造成危害。



关注数学模型
获取更多资讯

为了衡量填埋垃圾的资源的可利用性，塑料垃圾填埋的百分比 $p_l(t)$ 引入。 p 的值越大， $i(t)$ 越大，填埋场资源可用性越强。

4.2.4 海洋非受控沉积物

每年都有大量的塑料制品垃圾以各种方式进入海洋。而科学家估计，2010 年进入海洋的塑料垃圾量高达 480 - 1270 万吨^[3]。

在风化和生物过程中，进入海洋的塑料垃圾会逐渐变成塑料碎片，容易被海洋野生动物摄入。这对海洋生态是极其有害的。此外，还有大型塑料，会干扰船只的航行。而且塑料中的有毒化学物质也会污染海水，使海洋生物面临中毒的危险

为了衡量在海洋中不受控制地沉积废物的资源的可利用性，塑料废物沉积到海洋的百分比 $p_o(t)$ 引入。 p 的值越大， $i(t)$ 越大，则流入海洋的塑料垃圾越多。

4.3 环境承载率模型

众所周知，生态系统具有自我调节的能力。当它们遭受一定的破坏时，比如环境污染、物种数量减少，只要这些影响不超过生态系统自我调节的阈值，环境就能在一定时间内自我恢复。

在生态学上，采用环境承载力(EBC)和环境承载量(EBQ)等术语来描述上述过程。

当与 EBQ 有关的塑料废物小于 EBC 时，可以在不进一步损害环境的情况下安全地减少一次性塑料产品废物。EBC 和 EBQ 的定义和性质如下：

环境承载量(EBQ)；这是指人类活动在一段时间内对环境造成的影响。例如，人类活动如排放废气，将塑料垃圾排放到海洋中，会对自然环境造成破坏。有害影响包括但不限于废气的增加、物种的减少等。所有这些对自然的影响在一个时期内都属于 EBQ。这可以通过第 5.3.2 节中描述的一些指标来衡量。

环境承载力(EBC)；这是指人类活动对环境造成的最大影响，否则环境将遭受不可逆的破坏。换句话说，EBC 就是 EBQ 的阈值。比如，当排放的废气量超过了环境的承受能力，生态系统就会受到破坏。

EBQ 与 EBC 关系 2 例。当 EBQ 小于 EBC，即两者的差值 $\Delta < 0$ 时，由于生态稳定，EBC 在近期内不会发生变化。而当 EBQ 大于 EBC，即 $\Delta > 0$ 时，由于不可逆损伤，EBC 在不久的将来会降低，损伤率 $f(\Delta)$ 类似于 Sigmoid 函数。这样，我们有

$$\begin{cases} C(t+1) = C(t)[1 - f(\Delta)] \\ \Delta = C(t) - Q(t) \end{cases} \tag{1}$$

其中， $C(t)$ 和 $Q(t)$ 分别表示 t 年的 EBC 和 EBQ 量， $f(\Delta)$ 的表达式如下：

$$f(\Delta) = \begin{cases} \frac{1}{1 + e^{-\Delta/5}}, & \Delta > 0 \\ 0, & 0 \end{cases}$$



关注数学模型
获取更多资讯

而 $f(\Delta)$ 的图如图 3 所示。

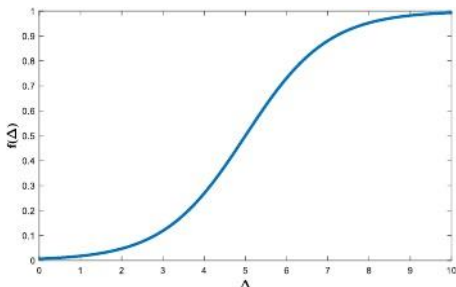


图 3: $f(\Delta)$ 的形状

4.3.1 环境承载率

考虑到 EBC 和 EBQ 之间的关系可以作为 EBR 判断生态系统是否受到破坏的标准，引入环境承载率(Environmental Bearing Rate, EBR)来简化分析。

EBR 定义为 EBQ 和 EBC 的比值，如式 3 所示。

$$EBR = \frac{EBQ}{EBC}$$

(3)

正如第 5.3.2 节将提到的，EBC 和 EBQ 可以分为水、大气和土壤等几个类别。因此，整体 EBR 是比率的加权和，可以表示为等式 4。

$$EBR = \sum_{i=1}^n W_i \cdot \frac{EBQ_i}{EBC_i}$$

(4)

其中 W_i ， EBQ_i 和 EBC_i 分别表示第 i 类的权重、EBQ 值和 EBC 值。

- 当 $EBR \ll 1$: 这是指 EBQ 远小于 EBC 的情况。
生态系统不会被破坏，所以 EBC 也不会改变。此时 EBQ 与时间 t 的关系如图图 4 所示。
- 当 $EBR \sim 1$: 这是指 EBQ 小于 EBC 的情况。生态系统会受到轻微的破坏，所以 EBC 会波动但也可以恢复正常。此时 EBQ 与时间 t 的关系如图图 4 所示。
- 当 $EBR > 1$: 这是指 EBQ 大于 EBC 的情况。生态系统将受到破坏，因此 EBC 将不断下降。然后，虽然人们可能会采取行动减少污染，但随着 EBC 的下降， EBR 的值仍然大于 1，这就会造成恶性循环。此时 EBQ 、 EBC 与时间 t 的关系如图 4 所示。

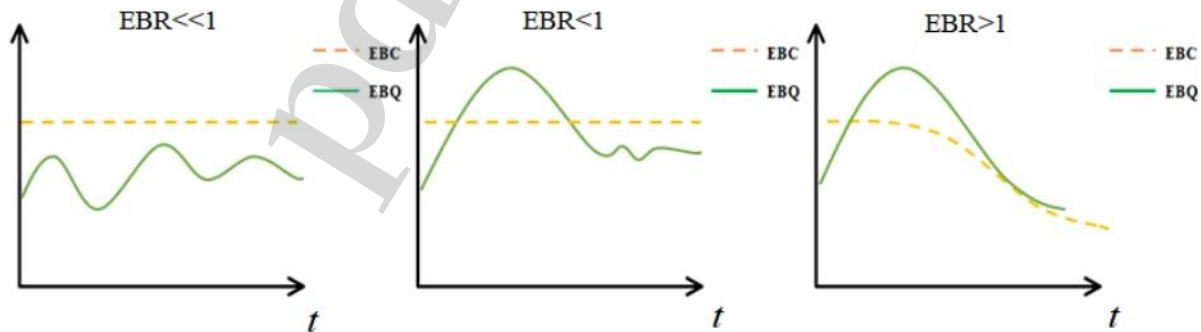


图 4:EBR 不同时，EBQ、EBC 与时间 t 的关系

综上所述，为了在不进一步破坏环境的情况下安全地减少塑料废物，EBR 的值必须控制在 1 以下。塑料废物的最大水平是指 EBR 等于 1 的情况。



关注数学模型
获取更多资讯

4.3.2 环境承载量测量

基于 5.2 节的分析，我们根据塑料废物的处理方式开发了一些 EBQ 指标，以衡量处理废物对环境的影响。

为了更详细地描述 EBQ 的测量方法，请注意

微型
计算
机体
积很
小。

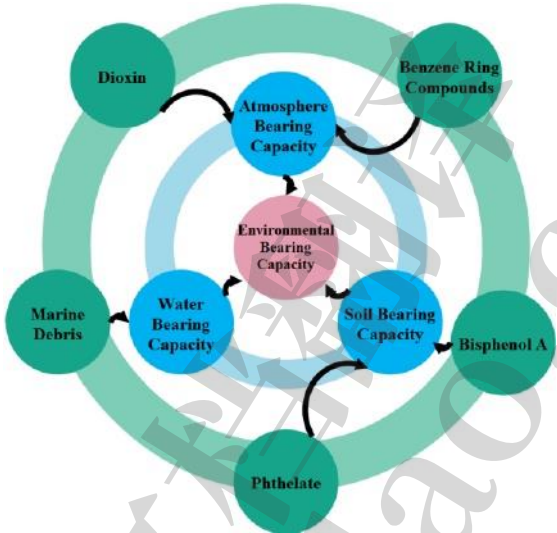


图 5:EBQ 的测量

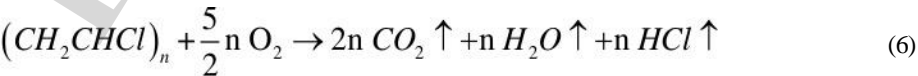
含水量(Water Bearing Quantity, WBQ)。指的是一段时间内海洋塑料垃圾的数量。研究表明，塑料污染正威胁着海洋野生动物^[5]。据联合国环境规划署估计，海洋垃圾危害了 600 多个海洋物种，约 15%因吞食和纠缠海洋垃圾而受到影响的物种濒临灭绝。而海洋塑料垃圾是由排入海洋的塑料垃圾产生的^[5]cf. Eq.5。

$$WBQ = p_o \cdot (P_b + P_f)$$

(5)

其中 p_o (t)为塑料垃圾沉积到海洋的百分比， P_b 和 P_f 分别代表塑料袋和泡沫塑料制品的年产量。

大气承载量(Atmosphere Bearing Quantity, ABQ)。指在一段时间内燃烧塑料垃圾产生的二恶英和苯环化合物的量。塑料制品的主要化合物是 PVC(聚氯乙烯)。该过程中的化学方程可以表示为等式 6。



聚氯乙烯在燃烧过程中还会释放出二恶英、苯环化合物等剧毒气体，破坏动物免疫系统，干扰激素，还会致癌[6]。更重要的是，二恶英和苯环化合物是由焚烧的塑料垃圾产生的，参见等式 7。

$$ABQ = (q_d + q_b) \cdot p_i \cdot (P_b + P_f)$$

(7)

问在哪里 a 和问 b 指塑料焚烧过程中产生的二恶英和苯环化合物的量， p_i 表示塑料垃圾焚烧的百分比。

土壤承重量(Soil Bearing Quantity, SBQ)。指垃圾填埋场中塑料垃圾分解产生的邻苯二甲酸酯和双酚 A 在一段时间内的量。当塑料颗粒分解时，邻苯二甲酸盐和双酚 A (BPA) 等添加剂会浸出，这会破坏动物的激素系统^[7]。此外，邻苯二甲酸盐和双酚 A 是由填埋的塑料废物产生的，参见公式 8。

$$SBQ = (q_p + q_a) \cdot p_l \cdot (P_b + P_f)$$



关注数学模型
获取更多资讯

有道文档翻译
pdf.youdao.com

问在哪里， p_i 和 q_i 指塑料填埋过程中产生的邻苯二甲酸盐和双酚 A 的量， p_i 表示塑料垃圾填埋的百分比。

4.3.3 环境承载力测量

在计算生态系统自我恢复能力的基础上，确定了与第 3.3 节测量值相对应的 EBC 值

水承载能力(WBC);它指的是人们在一段时间内可以从海洋中打捞出塑料海洋垃圾的数量。考虑到海洋野生动物不能消化和分解塑料垃圾，我们假设任何数量的塑料海洋垃圾超过 WBC 都会破坏生态系统。

大气承载能力(ABC);指微生物在一段时间内能够分解的二恶英和苯环化合物的量。研究表明，真菌和细菌中存在的一些酶能够有效地分解这些有毒气体^[8]。虽然在环境中可能有其他的方法来分解它们，但我们只考虑微生物来简化我们的模型。因此，我们假设 ABC 上任何数量的二恶英和苯环化合物都会破坏生态系统。

土壤承载力(SBC);指微生物在一段时间内可分解的邻苯二甲酸酯和双酚 A 的量。这与上面描述的情况类似。我们假设任何数量的二恶英和苯环化合物在 SBC 上都会破坏生态系统。

4.4 一次性塑料产品废物的最高水平

4.4.1 当前废物数量和容量

考虑到浪费情况是随着时间积累的，未来的总浪费肯定等于当前的浪费加上一段时间内将增加的浪费。因此，为了更好地反映废物的累积性质，引入了当前废物量(Current waste Quantity, CWQ)和当前废物容量(Current waste Capacity, CWC)。CWQ 和 CWC 的计算可以类比 4.3.2 节和 4.3.3 节中的公式，唯一不同的是，上述公式中的值不是未来的值，而是现在的值。同时，我们可以将前面的方程(Eq.9)修改为如下格式：

$$EBR = \sum_{i=1}^n W_i \cdot \frac{EBQ_i + CWQ_i}{EBC_i + CWC_i} \tag{9}$$

式中 I (I =1,2,3)表示在水、大气或土壤中的测量值，

为了对塑料垃圾的数量和 EBR 之间的关系有一个具体的看法，请注意等式 10。

$$EBR = \sum_{i=1}^3 W_i \cdot \frac{EBQ_i + CWQ_i}{EBC_i + CWC_i} \tag{10}$$

当 EBR 等于 1 时，我们可以在不进一步破坏环境的情况下安全地减少一次性塑料产品的最大水平。

5.塑料垃圾的减少和减少后的环境安全水平

研究表明，塑料垃圾对生态环境和人类健康都造成了巨大的压力，其中一次性垃圾使问题更加严重^{[2][9]}。由于时间限制，我们主要关注一次性塑料。同时，人们在限制一次性塑料的生产和消费方面做出了很大的努力，比如出台相关的法律和替代品。然而，在这些试验之后，一次性塑料能减少多少，以及对环境和人类的影响，仍然是一个问题。



关注数学模型
获取更多资讯

5.1 影响塑料垃圾减少的因素

近几十年来，由于人们环保意识的提高和政府立法的推进，一次性塑料垃圾的水平呈下降趋势。然而，一次性垃圾能减少多少，仍然是一个复杂的问题，这与政策、市场等因素密切相关。

影响因素根据其在塑料垃圾减量中的作用，分为废物产生和废物管理两类。具体来说，废物生产中的因素影响一次性塑料的产生量和进入市场的数量;而垃圾管理方面的因素则影响塑料垃圾处理方面的污染量。

更重要的是，根据调查^[15]，如果政策有效，一次性塑料垃圾的减少将在短期内大幅下降，之后，减少趋势也可能反弹。

5.1.1 一次性塑料产生垃圾的因素

在本节中，将介绍有关垃圾产生的因素，包括当地禁令或税收等政策的有效性、塑料的替代品、公民的环保意识、一次性塑料市场的供需关系等。更值得注意的是，需求、政策甚至政策的有效性等大多数条件可能会因当地的发展程度、地理条件和其他一些区域性限制而有所不同。

禁售政策

禁令政策通常针对不可生物降解塑料袋的生产、进口、营销和分销，是减少塑料垃圾最有效的方法^[2]。不幸的是，并非所有国家都适合这种做法。以卢旺达和中国为例。卢旺达实施禁令政策后，虽然一开始出现了走私塑料的现象，但从长远来看，塑料垃圾明显减少。但中国在 1999 年就这样做了，对一次性塑料垃圾影响不大。国家禁令的影响(基于 60 多个国家的经验)^[2]表明各国禁令政策的影响差异很大。也就是说，有些国家适合通过禁令来控制一次性塑料垃圾，而有些国家则不适合。而详细的讨论将在 4.2 节中呈现。这里我们介绍一个 0-1 变量 x_1 cf.表 2.;

表 2:禁令政策方面的选定指标

指标	简要说明
x_1	当 $x_1 = 0$ ，表示该国不适合实行禁令政策
	当 $x_1 = 1$ 时，国家适合禁止政策

替代品

塑料的替代品，作为一种环保替代品，与目标商品的价格和需求量的相关^[10]。它们包括纸和布等材料。虽然由于制造成本较高，在某些情况下也不方便，无法完美替代塑料，但在适当的政策引导下，它们仍然会对一次性塑料的减少起到积极的推动作用。

在经济学上，交叉价格需求弹性(Cross-Price Elasticity of Demand)被用来描述竞争过程^[11]cf. Eq.11。

$$E_{ab} = \frac{\Delta Q_a / Q_a}{\Delta P_b / P_b} \tag{11}$$

其中 E_{ab} 表示需求的交叉价格弹性， ΔQ_a 表示 a 产品的需求变化， P_b 表示 b 产品的价格。因此，供需关系图如下图所示。



关注数学模型
获取更多资讯

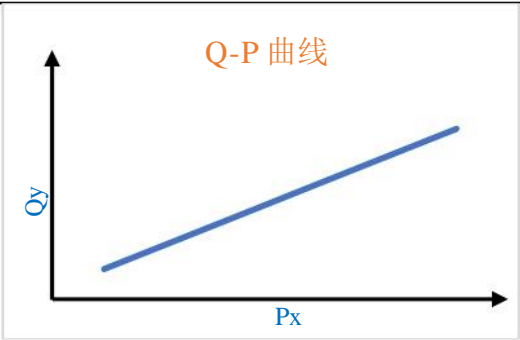


图 6:一次性塑料制品及其代用品的 Q-P 曲线

显然，一次性塑料制品的需求会随着替代品价格的下降而减少。为了量化一个地区替代品的竞争力，政府的财政投入也会被考虑在内。

综上所述，选择了两个指标来衡量替代品的竞争力，参见表 3。

表 3:选择替代品方面的选定指标

指标	简要说明
x_1	一次性塑料产品的替代品价格
x_2	政府对替代性产业的财政投资

环保意识

环保意识对塑料政策的有效性和消费行为起着重要的作用。研究表明，公民的一般环保意识可能受到受教育程度、政府倡导程度、社会福利组织所做努力等[12]的影响。考虑到其他因素的不确定性，这里只讨论前两个因素。分别是公民平均受教育程度和政府对环境保护的倡导率。

公民平均受教育程度之所以重要，是因为在大学、学院、小学都开展了环境教育课程，这将有效提高公民的生态环境保护意识[12]。另外，政府对环保的倡导率很重要，因为如果政府致力于普及环保知识，引导市民进行生态消费[12]，人们就会更容易有环保意识。

综上所述，我们选取了两个指标来衡量人们的环境保护意识水平，参见表 4。

表 4:环保意识方面的选定指标

指标	简要说明
x_1	公民平均受教育程度
x_2	政府对环境保护的倡导率

税收政策

税收政策是最常用的经济激励手段[13]解决浪费问题。截至 2019 年 6 月，世界上已有 60 多个国家采取了对一次性塑料制品实施禁令和征税等不同措施，以减少塑料垃圾[14]。现在，税收制度和收费有很多种，各地区各不相同。一般考虑的税制有三种。分别是生产税、填埋税和手提袋税[13]。

生产税针对制造层面，对生产塑料制品数量超过规定值的工厂征税。填埋税则集中在垃圾管理层面，对填埋塑料垃圾的工厂数量征税。垃圾袋税则集中在消费水平和一次性塑料包装的征税上。

从经济学的角度，我们以手提袋收费的效果为例。我们假设在没有塑料袋收费的情况下，人们只要买了一件物品，就会使用一次性塑料袋。



关注数学模型
获取更多资讯

有道文档翻译
pdf.youdao.com

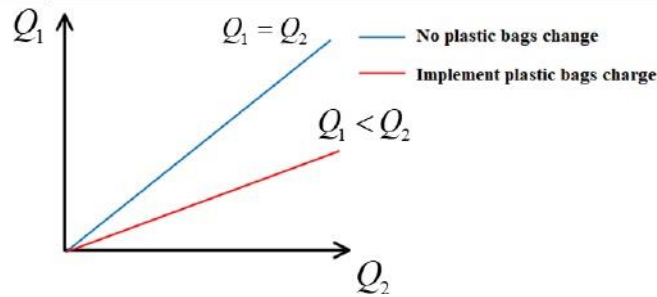


图 7:一次性塑料袋数量与售出物品的关系。

问在哪里， Q_1 为一次性塑料袋的体积， Q_2 表示超市商品的销售量。
当塑料袋收费时，人们可能会重复使用塑料袋，这样塑料袋的数量就会减少。
综上所述，我们选取三个指标来衡量税收政策，参见表 5。

表 5:从税收政策角度选取的指标

指标	简要说明
x_6	生产税
x_7	垃圾填埋税
x_8	手提袋费用

5.1.2 一次性塑料垃圾管理的因素

在本节中，将介绍有关垃圾管理的因素，包括地方政策的有效性，如鼓励回收塑料垃圾，增加对环保工厂的补贴，以及垃圾箱，塑料焚烧厂等基础设施。

回收产业投资

基础设施会影响公民的行为，这将间接影响一次性塑料的回收率。为了衡量和简化这一关系，本文用垃圾桶数量来代表塑料相对的基础设施水平。为了验证猜想，我们通过调查一系列地区或城市的垃圾桶数量及其一次性垃圾的回收率，分析了数据之间的相关性。

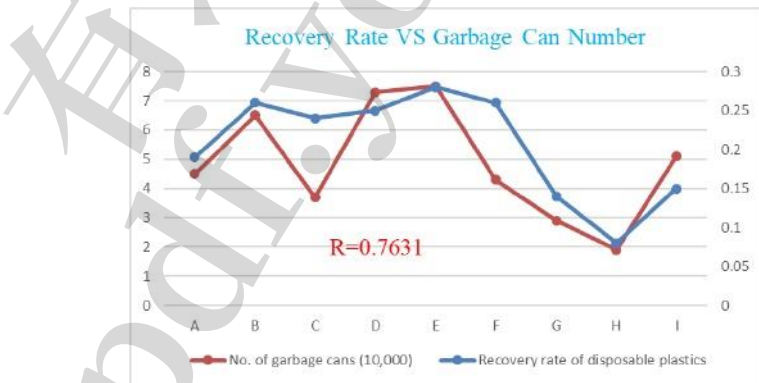


图 8:十个城市的回收率与垃圾桶数量的相关性。

从图 8 中我们可以了解到，垃圾桶数量与一次性垃圾回收率之间的 Pearson 相关系数为 0.7631，说明两者之间存在较强的线性关系。更重要的是，政府的投资是应该考虑的，因为这将决定未来基础设施水平的提高^[11]。

综上所述，选取了两个指标来衡量回收基础设施水平，cf。

表 6 所示。

表 6:回收行业投资方面的选定指标

指标	简要说明
x_9	垃圾桶数量
x_{θ}^I	政府对回收产业的财政投入



关注数学模型
获取更多资讯

有道文档翻译
pdf.youdao.com

基础设施级别

据科学估计，产生的塑料垃圾中，近 79%位于垃圾填埋场或海洋等自然环境中，约 12%被焚烧，只有 9%被回收^[2]。虽然焚烧塑料会产生大量的有毒气体，但我们可以用化学方法将其分解，这使得焚烧造成的危害远远小于填埋和不受控制的沉积造成的危害。

如第 4.2.4 节所述，海洋中不受控制的沉积对环境有害，尤其是海洋环境。根据 UNEP 公布的一项调查^[2]，不同的塑料垃圾管理方式所占比例不均衡，部分原因在于塑料垃圾焚烧基础设施的缺乏，通常以塑料垃圾焚烧厂的数量来衡量。

UNEP 做了如下的预测，即如果塑料垃圾焚烧厂的数量增加 50%，那么塑料垃圾填埋或沉积在环境中的比例将大大降低^[2]。为了直观理解，百分比数据以图 9 的饼图形式呈现。

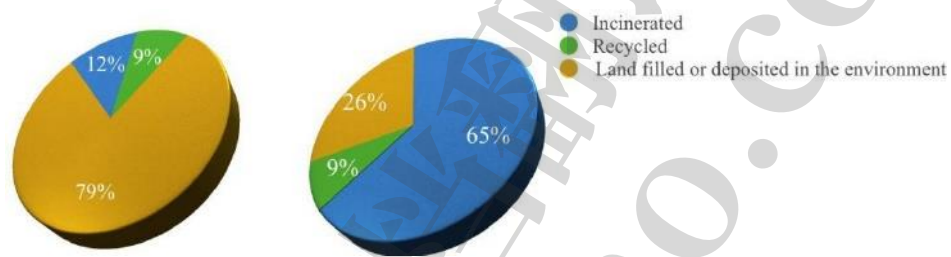


图 9:2015 年全球塑料包装垃圾流量和 2030 年塑料垃圾焚烧厂数量增长 50%时的预测

因此，通过增加塑料垃圾焚烧厂的数量，海洋塑料垃圾可能会大幅下降，这对海洋环境是有利的。

综上所述，选择一个指标来衡量焚烧厂的基础设施水平，参见表 7。

表 7:根据焚烧基础设施水平选定的指标

指标		简要说明			
x_l^I	数量的	塑料	浪费	焚烧	植物

5.2 国家分类

虽然塑料垃圾是一个全球性问题，但由于一些区域特有的限制，其背后的原因可能因国家而异。在本节中，我们将考虑三个类别。分别是经济发展程度、海陆位置和塑料垃圾造成的环境污染程度。

而就经济发展程度而言，则与禁令政策能否在全国落地密切相关。对于丹麦、比利时等发达国家，禁止使用一次性塑料袋等禁令政策已经生效，参见附录 2。然而，在一些发展中国家或不发达国家，如中国和孟加拉国，情况就不同了。这是因为塑料因其便利性和低成本而成为必需品，禁用塑料肯定需要替代品，而替代品的成本很可能高于塑料。政府只有对替代品提供补贴，才能使其价格下降，从而导致禁令政策的成功。因此，我们很容易想到，越是富裕的国家，禁产政策的成功概率就越大。

就海陆位置而言，这与塑料垃圾焚烧厂的数量是否比其他更重要密切相关。对于沿海地区来说，没有被回收或焚烧的塑料垃圾更容易被丢弃到海洋中，对海洋环境造成不可逆转的影响。然而，对于内陆地区来说，塑料垃圾很难沉积在海洋中。

至于塑料垃圾对环境的污染程度，也与禁令政策能否在全国，特别是在



关注数学模型
获取更多资讯

不发达的国家。如果该国的环境污染极其严重，相应的执法会更加严格，这使得政策更加有效。例如，卢旺达虽然不发达，但仍然成功地将所有塑料袋都换成了纸袋，参见附录 1。

国家分类的图形视图如图 10 所示。

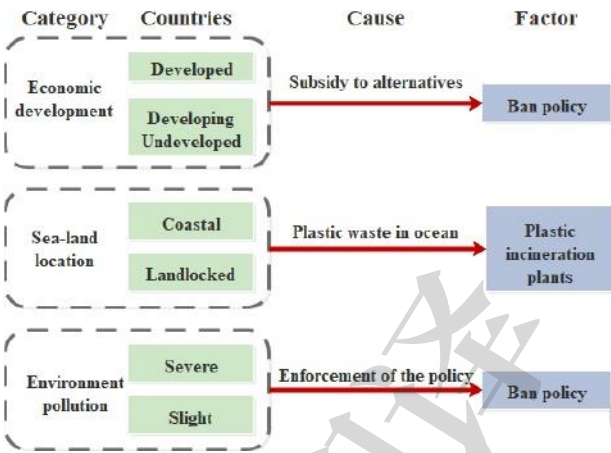


图 10:国家分类的前因后果

5.3 一次性塑料垃圾预测模型

在 6.1 节定性分析的基础上，提取了影响塑料垃圾数量的指标。然后，在本节中，将相应确定指标与塑料垃圾量之间的定量关系。首先，应用主成分分析(PCA, principal Components Analysis)来降低内部相关性。然后，为了预测一次性塑料垃圾在总垃圾中的比例，使用 MTSA(多元时间序列分析)。最后，通过比较不同国家影响因素的权重，分析具有区域特定约束的政策的有效性。

5.3.1 影响指标的主成分分析

由于 11 个指标之间可能存在较强的内在相关性，我们首先对这些指标进行主成分分析，实现数据的降维，消除变量之间的共线性。分析步骤如下。

由于不同指标的单位 and 数量级差异很大，为了消除这种影响，首先进行数据归一化，即将所有数据的值转换为 0 到 1 之间没有单位的数字。

设 x_{ij} 表示 i 区域的 j 影响指标^[6]，参见公式 12。

$$x_{ij} = \frac{x_{ij} - x_{jmean}}{s_j} \tag{12}$$

其中 $i = 1, 2, \dots, n$ ， $j = 1, 2, \dots, m$ 。 n 和 m 是指标和样本区域的数量

分别为 $x_{jmean} = \sum_{i=1}^n x_{ij} / n$, $s_j = \sqrt{\sum_{i=1}^n (x_{ij} - x_{jmean})^2 / (n-1)}$

主成分确定

- 步骤 1:计算矩阵 $[x_{ij}]_{n \times m}$ 的协方差矩阵。
- 步骤 2:计算协方差矩阵的特征值和归一化特征向量。
- 步骤 3:所有主成分都是从计算得到的特征值和特征向量推导出来的。

$$Z_i = \sum_{j=1}^m C_{ij} x_{ij} \tag{13}$$

其中 $k=1,2,\cdots,h$ ， α_k 是 α_k 主成分， c_{ij} 是协方差的 (i,j) 个元素

矩



关注数学模型
获取更多资讯

有道文档翻译
pdf.youdao.com

第 4 步:通过判断累积贡献率是否大于 85%，选择主成分个数。我们假设这个数是 $\square^{[17]}$ 。

5.3.2 主成分多元时间序列分析

多元时间序列分析不仅可以预测目标变量的趋势，还可以给出不同变量之间水平关系的关系^[18]。它的正常表达如下。

$$\begin{cases} y_t = \mu + \sum_{k=1}^p \frac{\Theta_i(B)}{\Phi_i(B)} \varepsilon_t^{(k)} \\ \varepsilon_t = \frac{\Theta_i(B)}{\Phi_i(B)} a_t \end{cases} \tag{14}$$

其中 $\Theta_i(B)$ 是第 i 个输入变量的自回归系数的多项式， $\Phi_i(B)$ 是第 i 个输入变量的移动平均系数的多项式， li 是第 i 个输入变量的延迟阶数， ε_t 是回归残差序列， a_t 是零均值白噪声序列。

这些参数可以通过最大似然法估计，但过程相当复杂，需要大量的计算量。因此，我们选择多元线性回归和最小二乘差分方法对其进行简化，其中多元线性回归可以得到 y 的关系 t 和 x_{it} ，参见公式 15。

$$y_t = \mu_t + \sum_{i=1}^p \omega_{it} x_{it} \tag{15}$$

然后，使用 y_t 在约束条件下估计 ω_{it} (16)

$$\min\{\sum_{t=1}^Q (y_t - \hat{y}_t)^2\}$$

式中 \square 为当年， Q 为统计时段长度。最后得到 y 之间的最小二乘差分关系 t 和 x_{it} 。

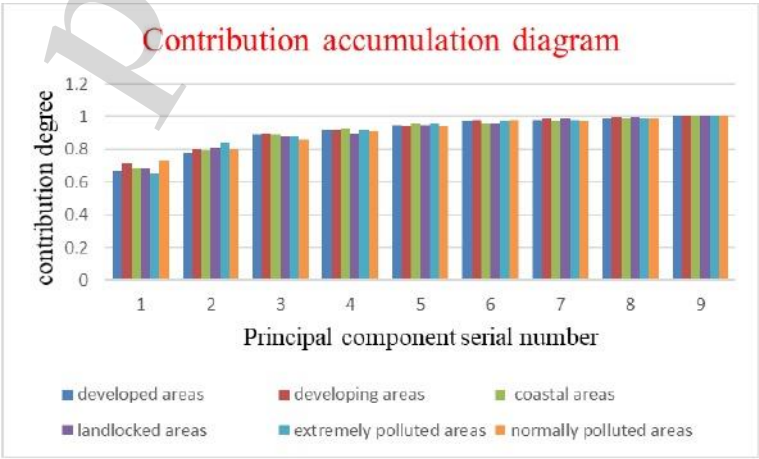
$$y_t = \mu_t + \sum_{i=1}^p \omega_{it} x_{it} \tag{17}$$

所以，如果我们能预测未来的影响因子 x_{it} ，我们就可以预测目标变量 y_t 。

5.3.3 模型应用

● 主成分分析结果

对按不同标准划分的 6 个区域，选取不同类别 10 个区域的 9 个指标进行主成分分析，主成分贡献的累积曲线如图 11 所示。



关注数学模型
获取更多资讯

图 11:主成分贡献曲线

从图中可以看出，在所有情况下，前三个主成分的贡献之和都大于 85%，因此我们选取了前三个主成分进行后续分析。

爱尔兰一次性塑料垃圾减少的预测

因为一次性塑料袋占爱尔兰一次性塑料垃圾的大部分^[20]。我们用 MTSA 来预测一次性塑料袋在全国垃圾总量中的比例。采用多元时间序列分析方法，对 2000—2010 年的数据进行调整^[20]，并给出了 2011 - 2015 年的预测。结果如图 12 所示。

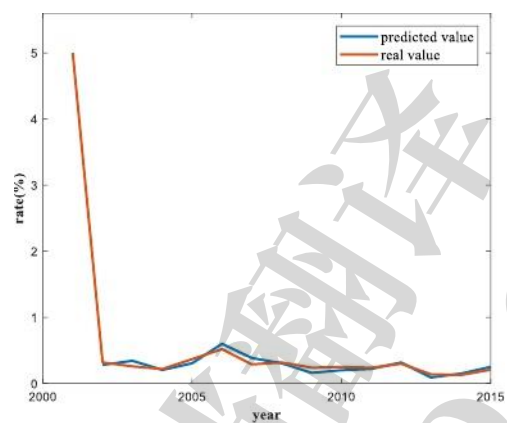


图 12:一次性塑料袋占全国垃圾总量比重的预测

如图 12 所示，预测数据与官方数据相似。事实上，相对均方偏差(Relative Mean Square Deviation)仅为 4.2%，这说明了模型的有效性。● 政策有效性(Effectiveness of Policy)

政策的有效性可以通过各指标的系数来衡量。如果政策有效，塑料产量的减少将是明显的，体现在较大的系数上。我们根据 5.2 节的分类，对一些典型国家的系数进行了预测。对应的雷达图如图 13 所示。

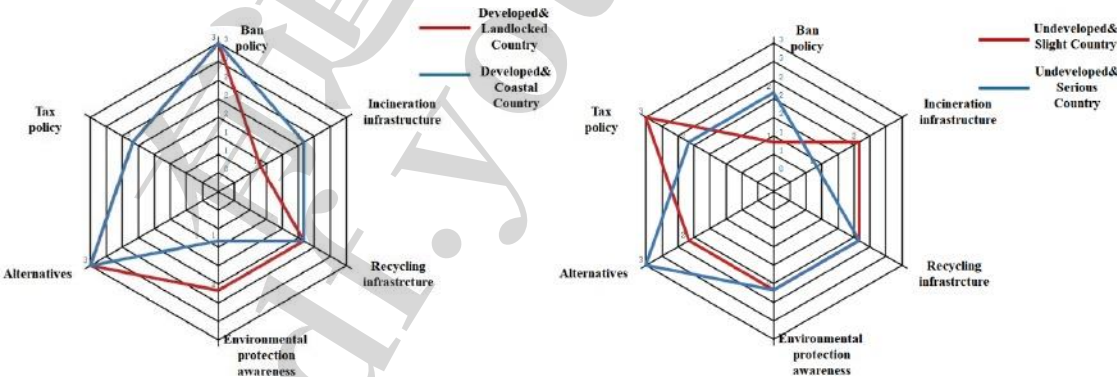


图 13:不同类型国家指标系数比较

如上所示，从焚烧指标来看，政策在沿海国家比内陆国家更有效。就禁令政策指标而言，政策在发达国家比不发达国家有效，在污染严重国家比污染轻微国家有效，与 5.2 节的分析相吻合。

5.4 环境安全水平(environmental safety Level)

为了衡量减少后的塑料垃圾水平是否环境安全，要考虑两个方面。一个方面是 5.4 节提到的环境承载率(EBR)，用于衡量塑料废物对环境的损害。另一个是对人类友好的指标，用于衡量塑料垃圾对人类健康的威胁。



关注数学模型
获取更多资讯

有道文档翻译
pdf.youdao.com

5.4.1 减少塑料废物后的环境承载率

EBR 的计算基于方程 10。为了得到塑料垃圾减少后的 EBR，塑料年产量的预测量必须替换方程 10 中的相关变量。接下来，根据 5.4 节的分析，如果 EBR 的值小于 1，那么它达到了环境安全水平。

5.4.2 Human-friendly Indicator

塑料垃圾对人类健康也有直接和间接的危害。在直接的方面，人们会吸收被塑料垃圾污染的水或空气。而在间接的方式中，人们可能通过食物链摄入塑料中的有毒化学物质。更重要的是，由于人类处于食物链的顶端，与其他动物相比，有毒物质的积累是相当高的，这可能会对人类健康造成极大的危害。图 14 显示了两种途径。

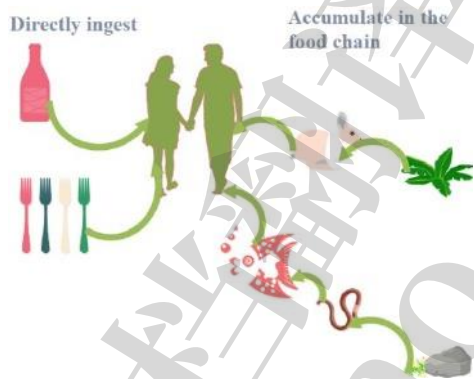


图 14:塑料垃圾危害人体健康的直接和间接方式

在这一节中，我们主要关注的是间接方式的影响，因为直接方式造成的危害可以通过之前在 6.4.1 节环境中的分析来计算。本文提出了人类风险指数(Human Risk Index, HRI)来衡量塑料废物对人类健康的威胁。

更具体地说，我们认为人类处于 n 个食物链的顶端，拥有 m_i 食品级。而塑料垃圾的重量是 W 公斤。考虑到食物链的差异，我们捐出 u_i 作为底层物种吸收的塑料垃圾， R_{ij} 为食物链中不同阶段的转移效率。HRI 的表达式可表示为式 18。

$$HRI = \ln(W \sum_{i=1}^n \prod_{j=1}^{m_i} u_i R_{ij}) \tag{18}$$

如果通过预测可以减少一个%的塑料垃圾，则等式 19 可以修改如下。

$$HRI = \ln \left((1 - a\%) W \sum_{i=1}^n \prod_{j=1}^{m_i} u_i R_{ij} \right) \tag{19}$$

因此，随着塑料废物的减少，HRI 将得到改善，人们受到塑料废物伤害的风险将降低。

6.实现全球废物可达到的最低水平的目标和影响

塑料垃圾问题已经成为一个全球性问题。根据联合国环境规划署^[2]，2010 年，全球塑料垃圾为 2.75 亿吨，而管理不善的垃圾量高达 3190 万吨，正面临向环境泄漏的重大风险^[2]。因此，为了保护我们的地球母亲，必须为全球一次性塑料制品的浪费设定目标。同时，我们也期待目标达成后，人类生活、环境和塑料行业的变化。



关注数学模型
获取更多资讯

6.1 全球废物可达到最低水平的目标

塑料垃圾问题已经成为一个全球性问题。为了设定一个现实的目标来解决这个问题，我们计划在一些政策实施后，预测未来一次性塑料垃圾的数量。

首先，我们将使用二次指数平滑法(SES_M)预测到 2030 年全球塑料生产。然后，根据章节 5.2 中的区域分类标准，将所有国家分为 6 个类别，然后，估计每个类别的一次性塑料垃圾的比例和回收率。最后，将得到一次性塑料垃圾的最低可达到水平。

6.1.1 全球塑料生产预测

根据联合国开发计划署的研究，预计全球塑料产量在很长一段时间内都将增加。因此，我们使用二次指数平滑法建立全球塑料生产预测模型，cf. 20。

$$Y_{t+T} = at + bTt$$
$$S_t^{(2)} = aS_t^{(1)} + (1-a)S_{t-1}^{(2)}$$
$$\begin{cases} a_t = 2S_t^{(1)} + S_t^{(2)} \\ b_t = \frac{a}{1-a} (S_t^{(1)} - S_t^{(2)}) \end{cases}$$

(20)

其中 St(1)是第一个指标的平滑值，St(2)是第二个指标和 Y 的平滑值 _{t+T} 预测的全球塑料产量是 t_h 的一年。结果如图 15 所示。

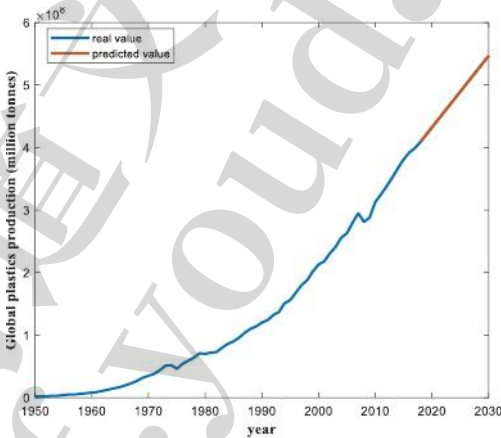
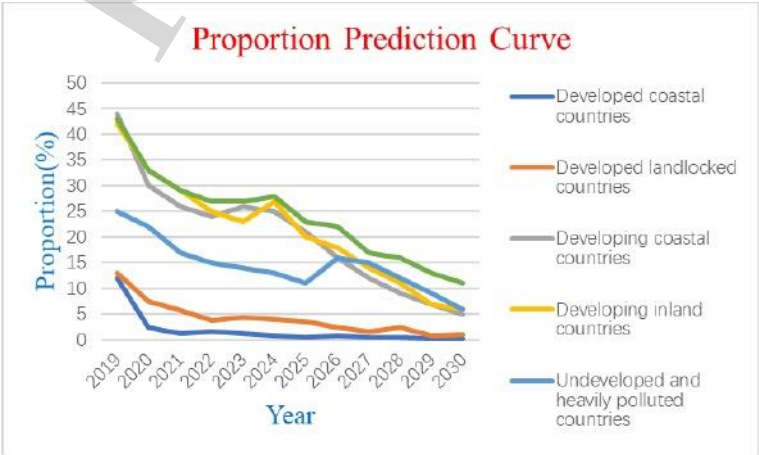


图 15:全球塑料产量预测

6.1.2 一次性塑料垃圾占比预测

根据 6.2 节，国家被分为 6 类。利用多元时间序列模型，我们得到了图 16 中一次性塑料占比的预测。



关注数学模型
获取更多资讯

图 16:不同地区一次性塑料垃圾的预测比例

然后将它们结合熵权法进行预测。**6.1.3 一次性塑料垃圾可达水平的结果**

一次性塑料垃圾年产生量图 17 显示了一次性塑料垃圾的产生量。

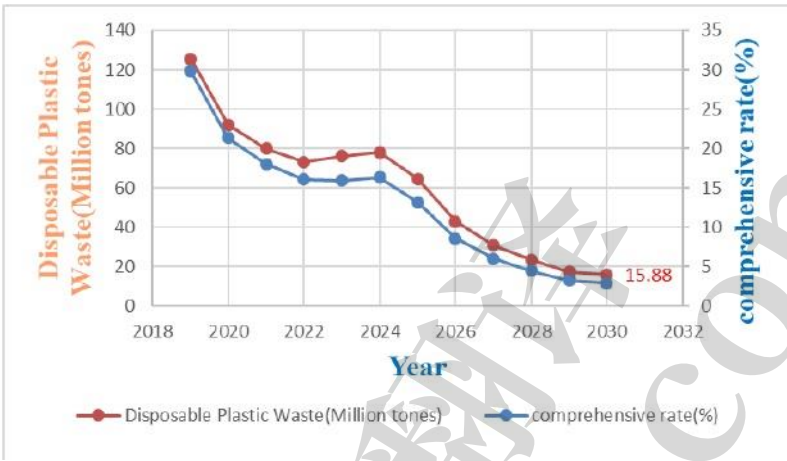


图 17:全球一次性塑料垃圾预测及其在全球垃圾中的占比

因此，我们将目标水平设定为 1588 万吨，这是基于限制一次性塑料的政策在未来十年不会改变的假设。塑料垃圾管理方式百分比

由于增加塑料垃圾焚烧厂数量的政策，未来两种垃圾管理方式的百分比将发生变化，cf.Fig18

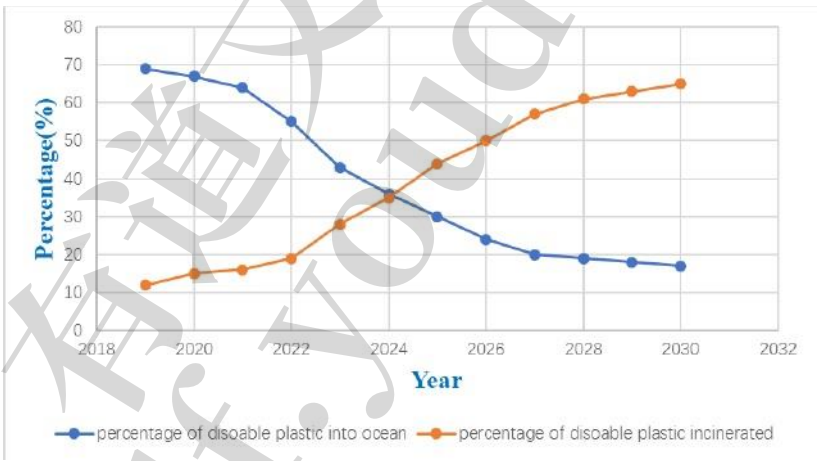


图 18:塑料垃圾两种管理方式的占比

因此，我们将塑料进入海洋的目标百分比降低到 18%，塑料焚烧的比例提高到 65%。

6.2 对达到全球废物可达到的最低水平的影响

如果达到 1588 万吨的目标，将对人类生活、环境和塑料工业等广泛领域产生深远影响。

为了更好地理解这些影响，参见图 19。



关注数学模型
获取更多资讯

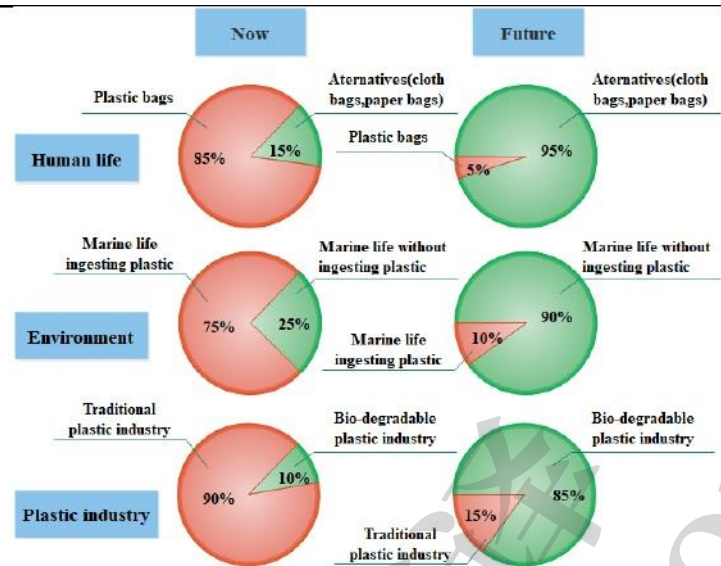


图 19:对 人类生活、环境和塑料工业的影响

6.2.1 对 人类生活的影响

根据 6.1 节，可以将影响因素分为两类。从塑料垃圾生产方面，对替代产业的财政投入(x_3)将导致替代品(x_4)价格的下降。同时，一次性塑料制品的价格将因购物袋收费而上涨(x_8)和生产上的生产税(x_6)的生产税。因此，根据图 6 中的 Q-P 曲线，一次性产品的消费将会下降，这也是由于政府对环保的倡导(x_5)。据估计，到那时，大多数人将使用纸袋或布袋而不是塑料袋。

6.2.2 对 环境的影响

类比第 7.2.1 节的分析，从塑料垃圾产生的方面来看，如果这些禁令、税收、替代品等政策(因素 x_1, x_9)均有效，产量将减少 55%。从塑料垃圾管理方面来看，回收利用的财政投入(x_{10})将提高回收的比例，从而导致有毒废气下降 47%。更重要的是，随着焚烧厂(x_{11})，在海洋中沉积废物的比例将下降到 12%，这对海洋生物是有好处的。

6.2.3 对 塑料行业的影响

虽然政府对企业的政策在短期内不尽相同，但从长期来看，都将导致一次性塑料产量的减少。此外，随着人们环保意识的增强和政府监管力度的加大，一次性塑料的生产也会逐渐减少，很多企业可能面临破产和转型。

7.股权问题与解决方案

一次性塑料造成的污染是一个全球性问题，但管理不善的垃圾在各国的分布差异很大，参见图 20。



关注数学模型
获取更多资讯

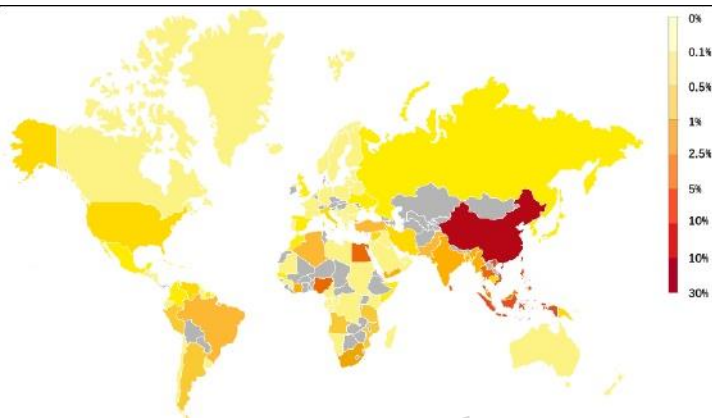


图 20:2010 年全球垃圾管理不善的分布情况

如上图所示，中国的垃圾管理不善比例为 27.7%，而部分国家的垃圾管理不善比例不到 0.1%，可见塑料垃圾的不平等。这是一个直观的描述。

7.1 股权问题

导致股权问题的原因可以分为两个方面^[19]。一是产生废物或污染的不同。另一个是一次性垃圾经济支出的差异。而相应的解决方案，接下来就会介绍。

7.2 股权问题的解决方案

在分析了一次性塑料垃圾带来的公平性问题后，提出了以下方案。

● 塑料垃圾许可证

第一个解决方案是引入许可证，根据国家人口和经济水平，只允许一定数量的塑料垃圾。

该许可证不仅可以调节塑料垃圾的总量，还可以作为商品在国家之间流通。能够减少塑料垃圾产量的国家，可以在短期内将许可证卖给那些不能减少塑料垃圾产量的国家。这样，垃圾管理不善比例高的国家就可以补偿垃圾管理不善比例低的国家。更重要的是。考虑到生产过量的塑料垃圾可能会增加成本，各国都会考虑减少垃圾生产。

● 澄清国家间产权

第二种解决方案是明确环境资源的产权。

从经济上看，权益问题部分是环境资源产权归属模糊造成的。根据科斯定理^[19]，没有谈判成本，只要资源配置清晰，市场就会达到最有效的配置。因此，明确环境资源的产权，有助于问题的解决。

● 寻求国际合作

第三个解决方案是联合全球各领域的专家和专业组织，制定更切实可行的环境保护方案^[19]。

● 加强国际立法

第四种解决方案是增强全球政策的有效性，可以帮助解决公平问题，考虑到政策执行的力度会在一定程度上影响政策的有效性。

8. 敏感性分析

8.1 多元时间序列模型的旋转估计

由于我们使用不同区域的数据来构建基于主成分分析的多元时间序列模型，因此将使用旋转估计来确定
即该模型具有良好的适应性。因为 10 倍交叉验证是最常用的



关注数学模型
获取更多资讯

方法。我们将 10 个区域的数据随机划分为十分之一，对于每十分之一，剩余的 9 个用于计算其均方误差。



图 21:误差对比图 22:高斯噪声曲线

如图 21 所示，交叉验证误差(Cross-Validation Error)仅略高于测试集误差(Testing Set Error)，显示了模型的鲁棒性。

8.2 高斯噪声

在为全球一次性塑料垃圾设定最低目标时，我们使用了全球垃圾的历史产量。然而，我们发现数据略有不同，因为它来自不同的来源，这可能会导致输入数据的不准确性。而这可能会给我们模型的结果带来一些偏差。因此，为了验证我们的全球垃圾预测模型(Global Garbage Forecasting Model)的稳定性，我们在输入数据中加入了一些高斯噪声，看看结果的相对偏差是如何随着标准差的增加而变化的，参见图 22。

可以看到，当高斯噪声的标准差不大于 0.6 时，结果的相对偏差不超过 20%，显示了我们模型的鲁棒性。

9.模型评估

9.1 强度

- 数据来自官网和官方期刊，比较严谨。
- 考虑到环境的变化，我们的模型是可扩展的，可以添加新的环境变量来得到准确的结果。
- 通过将所建立的数学模型与经济学知识相结合，针对一次性塑料制品所带来的公平问题，我们提出了可行的解决方案。
- 从经济学到社会行为，我们考虑了很多因素，因此，我们得到了一个可靠的结果。

9.2 缺点

- 虽然我们尝试使用适当的方法来处理缺失值，但真实数据的缺乏仍然会影响模型。
- 我们的模型没有考虑到自然灾害，因此我们的分析存在偏差。

有道文档翻译
pdf.youdao.com



关注数学模型
获取更多资讯

备忘录

来自:2016287 团队， ICM 2020

致:国际塑料废物管理理事会(ICM)日期:2020 年 2 月 17 日

主题:现实的一次性塑料垃圾全球目标

亲爱的 ICM，我们很荣幸为您描述一下现实的一次性塑料垃圾全球目标。

经过对全球一次性塑料产品垃圾和政策的仔细研究，我们得到了以下结果。首先，2030 年全球一次性塑料年产量的现实目标是 1588 万吨，塑料进入海洋的比例下降到 18%，塑料焚烧的比例增加到 65%。为实现这一目标，考虑到区域局限性，不同国家应实施不同的政策。

我们将这些国家分为 6 类。在这里，我们为其中三个国家提供建议。

- 对于发达国家和沿海国家，我们建议他们关注塑料袋、塑料替代品的禁令政策，以及建设更多的塑料焚烧厂，以减少塑料流入海洋的数量。
- 对于发展中国家和沿海国家，建议重点关注垃圾填埋税、生产税、携带袋税等税收政策。此外，他们还应该关注塑料焚烧厂。
- 对于不发达和污染严重的国家，我们建议重点关注禁令政策、塑料替代品和人们环保意识的提高。

第二，我们设定的目标是环境安全的。2030 年，减少塑料垃圾将对我们的世界产生广泛的深远影响，包括人类生活、环境和塑料行业。到那时，随着环保意识的提高，人们会更频繁地使用布袋或纸袋，而不是塑料袋。由于禁令政策的出台，很多传统塑料企业可能面临转型或破产的命运。相反，一些生产生物降解塑料的高科技企业将崛起，并取代大部分传统企业。所有这些都对环境和人类都有好处。随着海洋中塑料垃圾的减少，海龟和海鸥等海洋野生动物将无法消化塑料，这对海洋生态系统是有益的。对于人类来说，我们可以摄入食物链中塑料中积累的化学物质更少的食物，这将延长人类的寿命。

第三，虽然目标的愿景是美好的，但在这个过程中可能会有一些障碍。我们目标的时间轴是 10 年。根据之前的数据和我们模型的预测，前 2 年，政策的效果可能没有我们预期的那么好。由于一次性塑料产品成本低，使用不便，大多数人在购物袋充电或不得不使用纸袋或布袋时都会感到不舒服。人们可能会产生抵触情绪，这可能会阻碍政策的执行。然而，在 3rd 到 8th 年，情况开始发生变化。随着的嵌入

环保意识的植入，人们开始意识到地球母亲的重要性和一次性塑料垃圾带来的危害，他们开始遵守这些政策，尝试更环保的生活方式。这是一次性塑料制品的产量 关注数学模型



获取更多资讯

下降最快。环境得到了很大程度的改善。最近两年，大多数人习惯了绿色生活，一次性塑料和替代品的市场份额相对固定。因此，一次性塑料的产量缓慢下降，最终在 2030 年底达到 1588 万吨的目标。

尽管上面提到了这些，但我们的团队不得不提醒大家，还有一些其他情况可能会加速或阻碍目标的实现。

其他可能加速目标实现的情况如下：

- 原油价格正在上涨。这是因为原油是一次性塑料的原材料。而塑料的价格也会随之上涨。根据经济供求理论，塑料将变得不具有替代品的竞争力，从而加速目标的实现。
- 生物可降解材料等替代品在技术上取得了重大突破。这将促进大规模生产，并导致成本的下降，使其在市场上更具竞争力，并更快地取代一次性塑料。

其他可能阻碍目标实现的情况如下：

- 一个国家的执法力度不够。如果是这样，即使制定了严格的法律，也很难控制塑料的生产。以国家孟加拉国为例，虽然对塑料已经发布了严格的限制，但一次性塑料垃圾并没有明显下降。
- 各国不承担自己的国际责任，也不加入减少一次性塑料生产的协议。如果这样，这些国家的塑料行业可能会不受控制地蓬勃发展，从而使其极难实现全球目标。更重要的是，这也对国家间的公平问题造成了伤害。

希望我们的分析能够帮助大家在未来解决塑料垃圾问题。我们还画了一张海报，向全世界表达我们的祝福。



你真诚的，#
2016287 团队



关注数学模型
获取更多资讯

有道文档翻译
pdf.youdao.com

参考文献

- [1]盖尔,R Jambeck, j. R. &法律,k .l.(2017)。所有塑料制品的生产、使用和命运。科学进展, 3(7), e1700782。
- [2]联合国环境, 一次性塑料可持续发展路线图
- [3]卡拉·拉文德·劳, 海洋环境中的塑料, 海洋教育协会, 伍兹霍尔, 马萨诸塞州 02543;
- [4] Jianwu, T., & Wenhui, Y.(1998)。环境承载力及其量化研究。[J].;《中国环境科学》, 3。
- [5]李文昌, 谢海峰, &霍启明(2016).;海洋环境中的塑料垃圾:来源、发生和影响综述。《全环境科学》, 566,333-349。
- [6] Ahlborg、U. G.、Becking、G. C.、Birnbaum、L. S.、Brouwer、A. A.、Derks、H. J. G.M.、Feeley、M.、……& Safe, s.h.(1994)。类二恶英的毒性等效因子多氯联苯。《化学osphere》, 28(6), 1049-1068。
- [7] Forschungsverbund Berlin。(2018年2月5日)。一个被低估的威胁:微塑料造成的陆地污染。《科学日报》。检索自2020年2月14日
www.sciencedaily.com/releases/2018/02/180205125728.htm
- [8], Y.,张,P. ,,,,B. ,J. ,x & Li w(2012)。城市生活垃圾焚烧飞灰水热处理二恶英分解。《有害物质学报》, 207,79-85。
- [9] Galloway T.S. (2015) Micro- and - nano 塑料与人类健康。见:Bergmann M., Gutow L., Klages M. (eds)海洋人为垃圾。
- [10] https://en.wikipedia.org/wiki/Substitute_good
- [11] [https://en.wikipedia.org/wiki/Market_\(经济学\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Market_(经济学))
- [12]王薇薇。生态文化视角下中国公民生态环保意识的培养[D] .渤海大学, 2017。
- [13]财政部, h.m.(2018年)。解决塑料问题。利用税收系统或收费来解决一次性塑料垃圾问题。
- [14] <https://www.azocleantech.com/article.aspx?ArticleID=928>
- 国际一次性塑料污染控制政策及其对中国的启示[J].;全球经济展望, 2018,33(07):63-71。
- [16]徐卫祥, 张全寿。基于灰色和模糊数学的一个[J]。系统工程理论与实践, 2001, (4):114-119
- [17] Westerhuis J A, Kourti T, Macgregor J F .;多块分层 PCA 与 PLS 模型分析[J]。化学计量学报, 1998,12(5):301-321。
- [18] Chan, N. H.:(1973)。多元时间序列(Multivariate Time Series)。时间序列:R 和 S-Plus 的金融应用, 第二版。John Wiley & Sons, Inc.;
- [19]何大伟、陈景生效率与公平视角下跨国污染的国际法解决方案(北京大学城市与环境科学系, 北京 100871)
- [20]垃圾监测机构。全国垃圾污染监测系统:系统调查报告 2015[R/OL].(2016-04-26)[2017-11-16].。

附录

附录 1:部分国家的禁令政策

附录 2:部分国家的禁令政策

国家	一年	政策	影响
比利时	2016	禁止使用一次性物品 瓦隆尼亚的塑料袋。 薄的例外 可堆肥的食物袋 这可以是潮湿的，直到 2018 年底 (Surfrider .	随着时间的推移，塑料袋被取代了 被纸袋取代。



关注数学模型
获取更多资讯

有道文档翻译
pdf.youdao.com

中国	2008	禁止使用<25 μ 的非生物降解塑料袋	禁令在食品市场和小型零售商中执行不力。(Xanthos, 2017)。
孟加拉国	2002	禁止使用聚乙烯塑料袋。	初步得到公众积极响应。由于缺乏执法和缺乏具有成本效益的替代品，塑料袋的使用在几年后有所增加(IRIN, 2011)。
卢旺达	2008	禁止生产、使用、进口和销售所有聚乙烯袋。	在第一阶段，禁令导致了塑料袋的黑市。随着时间的推移，塑料袋被纸袋所取代(Clavel, 2014;朝圣者,2016)。

有道文档翻译
pdf.youdao.com



关注数学模型
获取更多资讯

附录 2:主代码

```
 $\alpha = 0.3;$   
 $\beta = 0.3;$   
 $\gamma = 0.5;$   
 $fc = 12;$   
 $k = 12;$   
% %  
X =负载  
( “ passengers.txt” );  
S =重塑(X,[1] 144 年);  
情节(年  
代, “r” );  
n =长度(S);  
一(1)=(S (1: k)) / k;  
b(1)=(和(S (k + 1:2 * k))和(S (1: k))) / k ^  
2;s =年代(1);  
y = (1) + b (1) + s  
(1);  
  
f = 0 (144 1);因  
为我= 1:n + fc  
    if i==length(S)  
        S(i+1)=a(end)+b(end)+s(end-k+1);  
    结束  
a(i+1)=alpha*(S(i)-s(i))+(1-alpha)*(a(i)+b(i));  
b(i+1)=beta*(a(i+1)-a(i))+(1-beta)*b(i); %  
s(i+1)=gamma*(S(i)-a(i)-b(i))+(1-gamma)*s(i); %  
y(i+1)=a(i+1)+b(i+1)+s(i+1);  
  
结束
```

按住 `plot(y,`
`'b');`

推迟



关注数学模型
获取更多资讯

有道文档翻译
pdf.youdao.com