

“我想对你说一句话。只有一个词:塑料!”这句话出现在迈克·尼科尔斯 1967 年的电影《毕业生》中。在电影中,“塑料”被视为一种廉价、无菌、丑陋、毫无意义的生活方式。现在,大量的一次性塑料制品对环境造成了严重的影响。此外,这些产品的使用时间明显短于分解时间。因此,有必要设计一个计划,以显著减少,甚至消除一次性塑料产品的浪费。

为此,我们做出以下主要贡献:

- 我们首先提出了 MPMV 模型,该模型估计了可以在不进一步破坏环境的情况下安全地减少一次性或一次性塑料产品废物的最大水平。具体来说,我们将一次性或一次性塑料产品垃圾分为可降解、可回收和不可回收的塑料产品垃圾。前两种塑料产品垃圾可以完全缓解,不会进一步污染环境,而后者则被焚烧,可能会产生二氧化碳等有毒气体。所以,我们考虑环境可以承受的废气量和焚烧厂吸收废气的比例,在此基础上,我们量化了以环境安全的方式缓解的塑料产品垃圾的最大水平。
- 然后,我们设计了一个塑料废物减少能力的三级评估系统 PMC,以调查全球一次性或一次性塑料产品废物的最小可达到水平。具体而言,基于层次分析法(AHP)和熵权法(EWM),我们选取了 6 个表明产生更少和减轻更多一次性或一次性塑料制品废物的指标,并在此基础上构建了三级评价体系。为了验证所设计的三级评价体系的适用性,我们将其应用于日本和越南,并比较日本和越南一次性或一次性塑料制品的最小可实现废物水平。在此基础上,我们重点提出了未来减少一次性或一次性塑料产品浪费的几点建议。
- 此后,我们通过扰动 PMC 模型中的指标,提出了 2030 年全球一次性或一次性塑料产品废物的最低可实现水平的目标。具体而言,我们使用 gray - verhulst 模型对 PMC 曲线和扰动 PMC 曲线进行预测和比较,以评估扰动 PMC 的有效性。然后,在此基础上,我们讨论了达到这样一个水平对法律法规、人类生活、生态环境以及数万亿美元规模的塑料产业的影响。
- 最后,我们对 MPMV 和 PMC 模型进行了深入分析,并在仔细考虑各国塑料垃圾减排潜力和发展现状的基础上提出了 SPMV 模型,以确保各国塑料垃圾减排任务分配的公平性。

综上所述,提出的模型正式确定了一个更公平的全球可实现目标和促进措施,以减轻一次性或一次性塑料产品浪费。更重要的是,它们可以根据(包括但不限于)塑料产品废物的数量、国家发展能力进行动态调整。



关注数学模型
获取更多资讯

内容

1 介绍	2
1.1 背景	2
2 符号表和假设	2
1.2 我们的工作	2
2.1 符号表	2
2.2 假设	3.
	3.
	3.
3 最大塑料缓解量	4
3.1 我们的方法概述.	4
3.2 一次性塑料垃圾的焚烧.	5
3.2.1 公司 ₂ 焚烧量约束.	5
3.2.2 其他有毒气体焚烧量约束。。	5
3.3 一个简单的例子:我们	6
4 .塑料缓解能力评估	6
4.1 指标选择	8
4.2 数据归一化	8
4.3 权重确定.	9
4.4 结果	10
5 .塑料废物水平的目标	11
5.1 大纲.	11
5.2 设定目标的过程....	12
5.2.1 现状.	12
5.2.2 干预思路.	12
5.3 达到这些水平的影响。	12
5.3.1 法律法规.	12
5.3.2 人的生命.	13
5.3.3 生态环境。。	13
5.3.4 塑料行业.	14
	14
6 股权问题	15
6.1 概述	15
6.2 改进的方法	15
6.3 新加坡和意大利的申请	15
7 优势和劣势	16
7.1 优势	16
7.2 缺点	16



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

一次性或一次性塑料制品在给生活带来便利的同时，也对环境造成了严重的威胁，比如截至 20 世纪 50 年代，全球共产生 83 万亿吨塑料制品，造成 63 万亿吨一次性或一次性塑料制品废弃物[1]。根据联合国环境规划署(UNEP)的声明，全球每年使用 5000 亿个塑料袋，至少 800 万吨塑料产品废物被注入海洋[2]。联合国秘书长安东尼奥·古特雷斯(Antonio Guterres)声称，到 2050 年，海洋中的塑料制品废物数量将远远超过鱼类的数量。因此，我们有必要改进我们减轻一次性或一次性塑料产品废物的方式，并制定一项计划，大幅减少全球一次性或一次性塑料产品废物的数量。

1.2 我们的工作

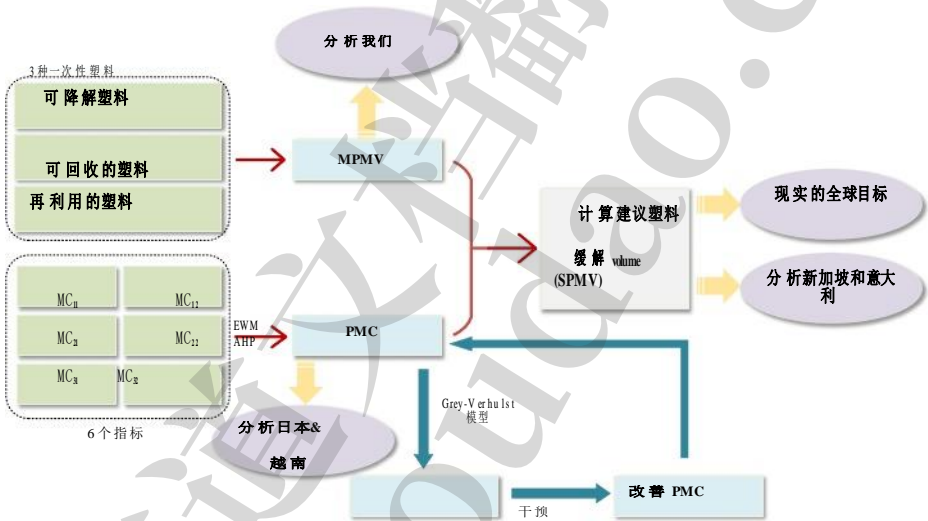


图 1:我们论文的结构。

首先，我们提出了 MPMV 模型，该模型估计了可以在不进一步破坏环境的情况下安全地减少一次性或一次性塑料产品废物的最大水平。具体而言，MPMV 模型考虑了焚烧厂的环境承载能力和废气净化水平，以理想的方式计算出最大的塑料减排量。以美国为例对所提出的 MPMV 模型进行了验证。

其次，我们设计了一个塑料废物减少能力的三级评估体系 PMC，以调查全球一次性或一次性塑料产品废物的最小可实现水平。PMC 模型从生态、经济和政治角度考虑了六个指标，以评估一个国家或地区减少一次性或一次性塑料废物的能力。将所提模型应用于日本和越南，并通过与实际案例的比较，验证了所提模型的适用性。

然后，通过对 PMC 模型中的指标进行扰动，提出了 2030 年全球一次性或一次性塑料制品废物最小可实现水平的目标。具体地说，



关注数学模型
获取更多资讯

采用 gray - verhulst 模型对 PMC 曲线和扰动 PMC 曲线进行预测和比较，评估扰动 PMC 的有效性。与 PMC 曲线相比，到 2030 年，扰动 PMC 曲线预计将增长 21.9%。在此基础上，我们进一步探讨了达到这样一个水平对法律法规、人类生活、生态环境以及数万亿美元规模的塑料产业的影响。

随后，我们讨论了在分配国家塑料垃圾减排责任时可能出现的公平问题。在对 MPMV 和 PMC 模型进行深入分析的基础上，在充分考虑各国塑料垃圾减排潜力和发展现状的基础上，提出了 SPMV 模型，以保证各国塑料垃圾减排任务分配的公平性。

最后，在给 ICM 的备忘录中，我们首先总结了我们的模型，并强调了几个见解。然后，我们介绍了 2030 年全球一次性或一次性塑料产品废物最低可达到水平的细化全球目标，并分析了国家、企业和消费者应该采取的措施。最后，我们提出了实现全球塑料产品废物最低可实现水平目标的时间表，并调查了可能阻碍实现全球最低可实现水平目标的情况。

2 符号表和假设

2.1 符号表

注:符号按文本中第一次出现的顺序排列。

表 1:符号表。

象征	定义
V_1	可降解塑料的体积
V_2	可回收塑料的体积
此外	塑料焚烧量
$MPMV$	最大塑料减排量(Maximum Plastics Mitigation Volume)
PMC	塑料减缓能力
PMC_1	生态指标
PMC_2	经济指标
PMC_3	政治指标
$PMC11$	人均森林面积
$PMC12$	分解塑料的技术能力
$PMC21$	人均国内生产 总值
$PMC22$	人均贸易额
$PMC31$	法律执行
$PMC32$	塑料法规
w_j	第 j 个子指标的权重
$SPMV$	建议的塑料减排量

2.2 假设

•我们假设我们研究的地区关注塑料垃圾污染。

塑料垃圾污染是一个涉及每个地区的全球性问题，因此我们希望当局采取积极主动的方法来解决它。



关注数学模型
获取更多资讯

有道文档翻译
pdf.youdao.com

- 我们假设区域是最小的分析单位。
为了分析方便，我们不考虑区域内的差异，比如城市和森林分布的不同。
- 我们假设所获得的数据是准确可靠的。
我们从可信的网站和论文获得数据。

3 最大塑料缓解量

3.1 方法概述

如图 2 所示，一次性塑料可以分为两类:可降解塑料和不可降解塑料。可降解塑料是一种新型环保塑料，使用后在一定条件下可以降解为无害物质。不可降解塑料又可细分为可回收塑料和不可回收塑料。美国塑料工业协会在 1988 年强制要求对塑料进行可回收标签[6]。这套标志在容器或包装上使用塑料识别码，从 1 到 7。其中#1-PET、#2-HDPE、#5-PP 为可回收塑料材料，其他塑料材料回收难度较大。

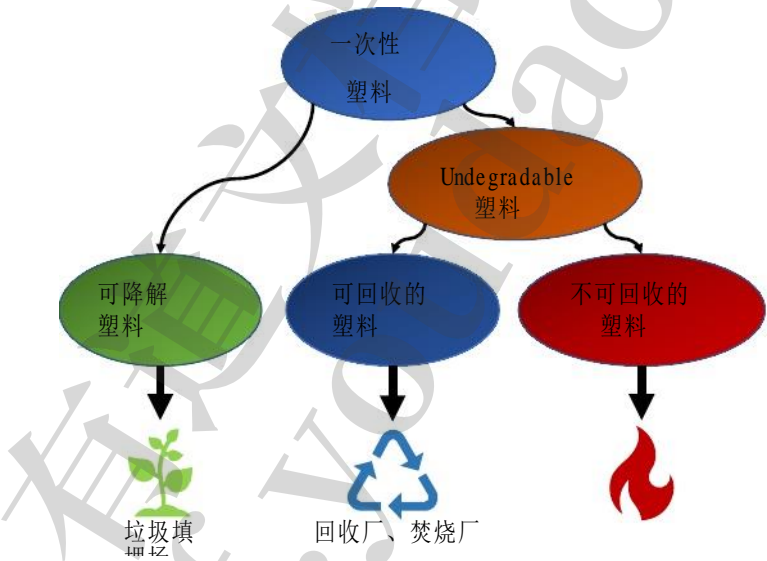


图 2:一次性塑料的分类和处理。

为了最大限度地减轻塑料垃圾，而不对环境造成进一步的破坏，可回收塑料尽可能回收，并继续进入生产活动。剩余的不可回收塑料主要有两种途径:填埋和焚烧。填埋是被动而直接的，塑料需要数千年的时间才能分解，并缓慢释放甲烷，这种温室气体的效力是二氧化碳[7]的 25 倍。因此，焚烧是社会主流中最无害的塑料垃圾处理方式之一;因此，它是我们模型中采用的处理方法。

不可避免的是，焚烧塑料并不能完全规避环境污染的风险。焚烧塑料会产生二氧化碳和一定量含硫或含氮的有毒气体[8]。这些气体需要焚烧厂在焚烧前进行清理



关注数学模型
获取更多资讯

他们可以出院了。然而，我们需要明白，一个地区有毒气体的容量是有限的。

因此，要讨论最大限度地缓解塑料垃圾，我们模型的核心是确定一个区域对焚烧产生的垃圾的最大容量。焚烧在小于限度的情况下可以净化环境;否则，空气污染的加剧将超过塑料污染的减少。需要注意的是，这一地区焚烧的最大容积并不是环境濒临崩溃的阈值，而是环境刚好能够自我净化的平衡状态。

综上所述，在我们的模型中，处理一次性垃圾的方法有三种:自然降解、回收利用和焚烧。可降解塑料可以自行降解，不可降解但可回收的塑料可以回收。对于不可降解、不可回收的塑料，焚烧是唯一的环保处理方式。接下来，我们重点讲一次性塑料垃圾的焚烧。

3.2 一次性塑料废物的焚烧

焚烧一次性废物会产生 CO₂ 和其他有毒气体。因此，评估塑料垃圾减少的最大水平相当于评估 CO 时的塑料焚烧量，而有毒气体达到环境容量的最大值。

3.2.1 CO₂ 焚烧量约束

首先，我们需要确定塑料焚烧时的 CO 量，达到环境的最大容量。我们认为，塑料焚烧量当 CO₂ 排放能否达到环境的最大容量与规划的 CO 密切相关，某一年的排放量和焚烧一吨塑料所产生的二氧化碳，因此我们有方程 1:

$$PIVCO_2 = \frac{M_1 \times P_1}{平方}, \tag{1}$$

其中 M₁ 计划的是 CO₂ 排放,P₁ 是 CO 的比率吗，由焚化炉排放到总 CO₂ 排放量，M₂ 是燃烧一吨塑料产生的二氧化碳。

3.2.2 其他有毒气体对焚烧量的约束

然后我们需要确定有毒气体达到最大环境容量时的塑料焚烧量。燃烧塑料产生的有毒气体等于焚烧产生的有毒气体总量乘以排放比。焚烧塑料的最大限值是用燃烧塑料产生的最大有毒气体量除以燃烧一吨塑料产生的有毒气体质量。我们得到方程 2:

$$PIVtox = \frac{M_3}{(1- p_2) \times m_4}, \tag{2}$$

其中 M₃ 为最大有毒气体排放量，P₂ 为焚烧厂吸收的有毒气体占产生的有毒气体总量的比例，M₄ 是焚烧厂燃烧一吨塑料所产生的有毒气体的质量。

当塑料焚烧量超过环境的最大承载能力时，就超过了一次性塑料垃圾可以安全处理的最大水平

减少，对环境造成进一步的破坏。环境的最大容量



关注数学模型
获取更多资讯

承受塑料焚烧释放的有毒气体是 PIV 的最小值 $_{CO_2}$ 和 $_{PIV_{tox}}$ 。

$$PIV = Min(PIV_{CO_2}, PIV_{tox}). \tag{3}$$

因此，我们可以得到最大的塑料缓解量：

$$MPMV = V_1 + V_2 + PIV, \tag{4}$$

在 V_1 为可降解塑料的体积， V_2 为可回收塑料的体积。

3.3 一个简单的例子:美国

为了更直观地说明我们的模型，我们选择 2010 年的美国作为案例。根据汉娜·里奇 (Hannah Ritchie) 和马克斯·罗瑟 (Max Roser) 关于塑料污染[9]的研究，2010 年美国丢弃了 40580700 吨塑料，其中生物降解塑料约 405807 吨。根据 Rick Lingle 关于塑料回收[10]的报告，2010 年美国有 1179360 吨回收塑料。此外，该研究还显示，美国计划排放 570288 万吨 CO_2 2010 年[11]，焚烧厂排放的二氧化碳占比约为 0.506% [12]。如果不考虑发电潜力，每燃烧 1 吨塑料，二氧化碳净排放量将为 2.9 公吨。我们认为，美国的废气处理能力是世界领先的，其环境承载能力的主要制约因素是 CO_2 排放。根据以上数据和公式 1、2、3， CO 时塑料焚烧量₂ 排放达到环境的最大容量时为

$$\frac{5702880000 \times 0.506\%}{2.9} = 9950542$$

根据公式 4,2010 年美国可安全减少的一次性塑料总量为:

$$MPMV_{US} = V_1 + V_2 + PIV = 405807 + 1179360 + 9950542 = 11535709 \text{ 吨}。$$

4.塑料减缓能力评估

上面的模型讨论了最优情况下不可回收塑料的最大焚烧极限，即所有可回收塑料都被回收，所有可降解塑料都被降解，所有不可回收塑料都在最大值下被焚烧。然而，在现实中，这很难实现。为了使各国或地区对自身的塑料垃圾减缓能力有一个清晰的认识和衡量，我们将层次分析法(AHP)与熵权法(EWM)相结合，建立了塑料垃圾减缓能力评价体系。

4.1 指标选择

每一块塑料垃圾都是先产生，再丢弃。因此，为了将塑料废物减少到最低水平，我们应该同时考虑减少塑料废物产生的能力(以下简称 Cap1)和在不进一步破坏环境的情况下减轻塑料废物的能力(以下简称 Cap2)。因此，我们构建的评价模型将包含上述两个因素。但是，在选择指标的时候，我们发现其中的一些

可同时评估 Cap1 和 Cap2。因此，为了方便起见，我们需要



关注数学模型
获取更多资讯

表 2:指标介绍

目标层	指标层	分区显示层	方向	属于
塑料缓解能力(PMC)	生态指标	人均森林面积(PMC ₁₁)	+	Cap 1, Cap2
	(PMC ₁)	分解的技术能力	+	Cap2
		塑料(PMC ₁₂)		
	经济指标	人均 GDP(PMC ₂₁)	+	Cap 1
	(PMC ₂)	人均贸易(PMC ₂₂)	+	Cap 1
	政治指标	政府贿赂率(PMC ₃₁)	-	Cap 1, Cap2
	(PMC ₃)	管理法律的有效性	+	Cap 1, Cap2
		塑料(PMC ₃₂)		

找出更精确的边界，对各种指标进行分类。塑料缓减能力评价体系分为目标层 A、指标层 B、子指标层 c 三层，结合一次性塑料的来源、塑料替代品的可获得性、对居民生活的影响以及国家政策，选取了研究区域内既方便获取又便于比较的指标，从多角度反映一个地区的塑料缓减能力。最后，将 6 个指标分为生态、经济、政治三类，构建塑料缓减能力三级评价体系，如表 2 所示。

生态指标

-人均森林面积:是指该地区每人拥有的平均森林面积，是反映一个地区森林资源和林地可用性的重要指标。它的意思是:

- 广泛的森林覆盖可以提供大量的塑料替代品，从而从源头上减少塑料产量。
- 人均森林面积大，表明该地区有相当大的生态环境容量，有很强的能力处理燃烧塑料产生的废气。

-分解塑料的技术能力:指利用科技手段分解塑料垃圾的能力。为了量化这一点，我们引入了人类发展指数(HDI)进行评估。

经济指标

-人均 GDP:是最重要的宏观经济指标之一，反映一个地区的经济发展情况。如果人均 GDP 高，那么该地区的经济发展良好，人们更有可能接受价格稍高的可降解材料制成的塑料制品。

-人均贸易量:它既反映了一个地区对外经济交流的繁荣程度，也反映了该地区的经济实力。人均对外贸易越多，就越有可能进口竹子、纸张等可以替代塑料的材料。

政治指标



关注数学模型
获取更多资讯

- 政府贿赂率:反映一个国家政府制度的透明度。我们用该国的腐败指数来评估。腐败程度越高，环境法律的执行力度就越弱。这也间接阻碍了收入增长。
- 塑料相关法律的有效性:反映了一个国家相关法律的健全性。法规越严格，企业和居民使用和丢弃的一次性塑料就越少。

4.2 数据规范化

用于评估指标的数据来自多个数据库，包括世界银行[13]。如果一个地区的数据缺失，我们不会对该地区进行评估，以便得到最准确的结果。我们分别从 162 个国家和地区获得了 4 年的数据。由于评价指标中既有正的，也有负的，而且大多数指标之间存在维度差异，因此我们采用极差归一化方法对数据[14]进行归一化。

在分析所有指标的同时，我们发现它们可以分为两类。符号+表示对于指标来说，越高越好。同样，Symbol- 表示越低越好。因此，对于那些带有 symbol +的指标，方程应该是

$$r_{ij} = \frac{x_{ij} - r_{min}}{r_{max} - r_{min}}.$$

对于那些符号为- 的指标，方程应为

$$r_{ij} = \frac{r_{min} - x_{ij}}{r_{max} - r_{min}},$$

x_{ij} 和 r_{ij} 表示第 i 区域第 j 项的原值和标准化值， r_{min} 和 r_{max} 表示 j 项在历年中的最小值和最大值。

4.3 权重确定

指标权重的确定至关重要，直接影响评价结果的准确性。熵权法(EWM)是一种客观的加权方法;因此我们用它来确定指标的权重。[15]

首先，我们计算第 i 个国家的第 j 个指标的权重。

$$f_{ij} = \frac{r_{ij}}{\sum_{i=1}^n r_{ij}}.$$

根据信息论中的自信息和熵的概念，信息熵 e_j 的每一个评价指标都可以计算出来，从而

$$e_j = -\ln(n)^{-1} \sum_{i=1}^n f_{ij} \ln(f_{ij}).$$

基于信息熵，我们将进一步计算出我们之前定义的每个评价指标的权重。

$$w_j = \frac{1 - e_j}{n - \sum_j e_j}, j = 1, 2, \cdots, n.$$

我们还使用 AHP 来弥补 EWM 下指标权重随样本而变化的不足。



关注数学模型
获取更多资讯

4.4 结果

确定各指标权重后，对各指标进行加权求和，得到 PMC:

$$PMC_i = \sum_{j=1}^n r_{ij}w_j,$$

(5)

PMC 在哪里 iw_j 和 r_{ij} 分别代表第 i 个国家的 PMC 综合指标、第 j 项的权重和第 j 项的归一化值。此外， PMC_i 取值范围为 0 ~ 1，数值越大，塑料缓释能力越高。

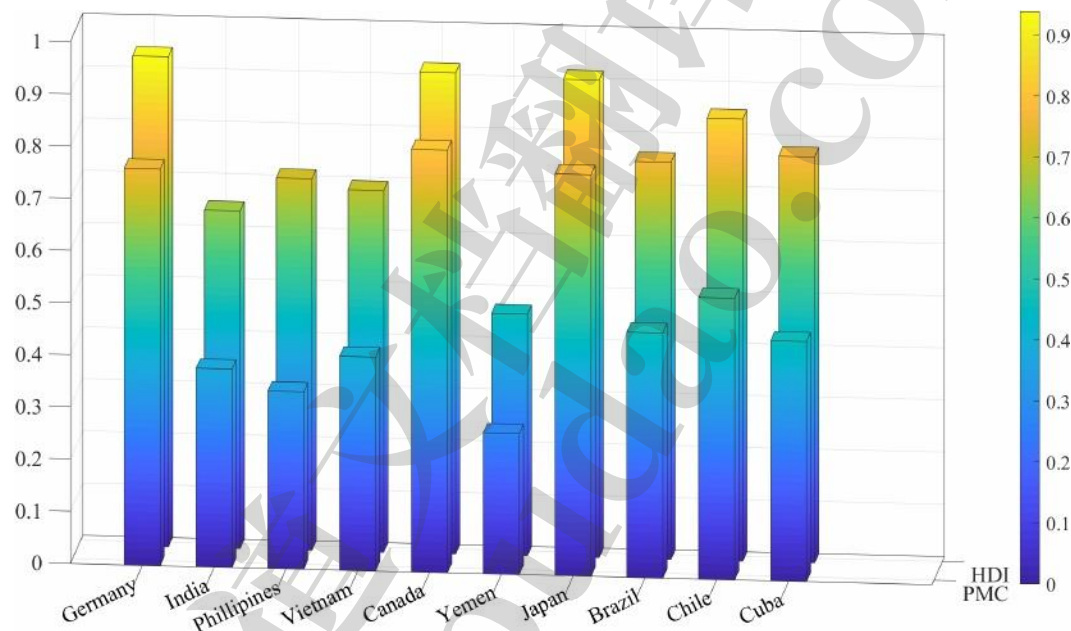


图 3:HDI 对 PMC 综合评分的影响

表 3:10 个国家的 PMC 和 HDI 值

	德国	印度	菲律宾	越南	加拿大	也门	日本	巴西	Chilie	古巴
PMC	0.7653	0.3837	0.3445	0.4167	0.819	0.2739	0.7754	0.4784	0.5487	0.3731
HDI	0.939	0.647	0.712	0.693	0.922	0.463	0.915	0.761	0.847	0.778

然后，我们根据 4.3 和 4.4 的讨论，对每个指标赋予权重，权重结果如下:人均森林面积(0.1524)、分解塑料的技术能力(0.2530)、人均 GDP(0.1734)、人均贸易量(0.1012)、腐败程度(0.1833)和相关法律法规(0.1316)。

我们选取了 2018 年发展水平不同的 10 个国家进行分析。如图 3 所示，这些国家的 HDI 和 PMC 之间存在很强的相关性，表明技术在减少一次性塑料废物水平方面发挥着重要作用。德国、加拿大和日本在 PMC 中得分较高，这与它们作为发达国家的高 HDI 水平是合理的。另一方面，也门的 HDI 水平不足，只有发达国家的一半，这主要影响到其 PMC。在印度，人口增长

菲律宾和越南的 HDI 水平并不差，PMC 仍处于较低水平，



关注数学模型
获取更多资讯

有道文档翻译
pdf.youdao.com

主要是因为发展中国家的腐败指标等指标对 PMC 水平的影响更明显。总体而言，HDI 对 PMC 水平的提升起决定性作用。

4.5 PMC 模型的应用:日本和越南

为了验证模型的适用性，我们应用了两个案例进行分析。基于这 6 个指标，收集并处理了 2018 年日本和越南相关的原始数据。因此，日本的 PMC 为 0.769571，越南为 0.405891。

通过研究柱状图，我们可以直观地分析他们减少塑料垃圾的能力。在 PMC 方面，对 PMC 贡献最大的日本得分远远高于越南，表明日本分解塑料废物的技术能力高于越南。越南在 PMC 衡量腐败的第二大权重指标方面也远远落后于日本，而且由于政治制度效率低下，在减少塑料浪费方面失去了举措。作为亚洲发达国家，日本的人均 GDP 大约是越南的六倍，这意味着越南的居民在经济上难以负担更昂贵的生物降解塑料。此外，越南在人均森林面积方面的得分仅略高于日本，在 PMC 权重中排名第四。显然，越南在这方面的领先对全面 PMC 的贡献不够。因此，我们的模型是有意义的

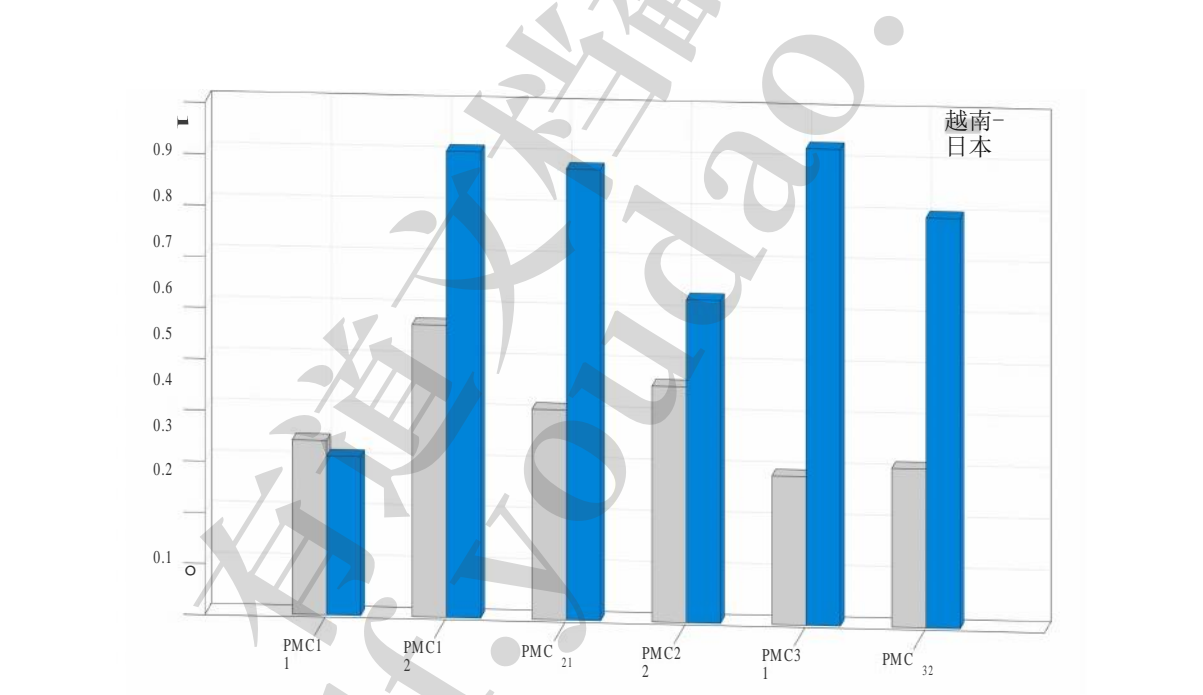


图 4:越南和日本的 PMC 指标比较

表 4:日本和越南的指标值

	<i>Pmc11</i>	<i>pmc12</i>	<i>pmc21</i>	<i>pmc12</i>	<i>pmc31</i>	<i>pmc32</i>	<i>PMC</i>
越南	0.3449	0.5796	0.418	0.4614	0.2992	0.3142	0.4059
日本	0.3155	0.9128	0.8896	0.6396	0.9397	0.8016	0.7696

越南政府提高其塑料废物缓解能力。通过收集越南塑料垃圾的信息，我们了解到该国在东南亚排名第三



关注数学模型
获取更多资讯

就人均塑料垃圾而言，并在过去 30 年里增长了十多倍。根据全球增长战略咨询公司益普索商业咨询公司(Ipsos Business Consulting)的一份报告，越南在 2018 年人均消耗了 41.3 公斤塑料[16]。

造成这一问题局面的原因很复杂。除了当地回收利用率低、垃圾填埋量大之外，老百姓的环保意识不敏锐，国家对塑料的政策和监管体系也不健全。因此，许多国家利用政策差距将塑料垃圾发送到越南[17]。应用我们的模型进行验证，我们发现越南在分解塑料垃圾方面的技术能力较差，导致塑料垃圾的降解率较低。因此大部分只能通过垃圾填埋这种简单而消极的方法来分解。越南的经济水平相对落后。由于一个国家的经济水平对教育有根本性的影响。在薄弱地区，要求人们有敏锐的环保意识并不是一件很容易的事情。越南在政治指标方面的 PMC 评分较低，这与政府在塑料方面的政策和立法不足是一致的。因此，越南政府应继续创新，推动塑料的环保处理。同时，要大力发展绿色经济，避免走“先污染、后处理”的路线。’最后，各国政府应加强立法，禁止塑料垃圾外运，支持生物降解塑料生产，提供补贴，对不可回收和不可生物降解塑料征收更高的税收。

同时，我们的模式也可以对日本政府有所启发。根据《朝日新闻》和联合国[18]的信息，日本是仅次于美国的一次性塑料消费大国。根据在线统计网站[19]Statista 的数据，日本人均塑料产量也超过了中国和亚洲其他国家的总和，达到 106 公斤。此外，根据 CarterJMRN 在 2018 年的一项研究，日本人对塑料产品的态度已经达到了“发烧水平”，日本消费者平均每年要带 400 个塑料购物袋[20]。2018 年，日本甚至拒绝签署七国集团关于减少一次性塑料使用、防止塑料污染的协议。日本的 PMC 评分表明，它具有良好的塑料废物缓解能力。但从长远来看，如果日本不干预塑料的滥用，其生态后果迟早是不可逆转的。因此，从可持续发展的角度出发，日本必须在文化层面改变对塑料的态度，尽可能多地使用可回收、环保的材料。政府也应该呼吁通过政策和更严格的立法来减少一次性塑料的使用。

5.塑料废物水平的目标

5.1 概述

基于我们的模型和讨论，我们可以评估一个国家减少塑料垃圾的能力。毫无疑问，减轻塑料垃圾的过程就是将塑料垃圾降到最低水平的过程。因此，在全球范围内设定塑料垃圾最低水平的目标，即评估全球减少塑料垃圾的目标能力。也就是说，当 $PMC=PMC_{target}$ 时，全球塑料垃圾水平达到最低。



关注数学模型
获取更多资讯

5.2 设定目标的过程

5.2.1 现状

根据世界银行的数据，平均 162 个地区得到了 PMC 的 6 个指标的结果。2018 年全球森林面积人均指标为 0.42，HDI 指标为 0.65，GDP 人均指标为 0.49，贸易人均指标为 0.54，腐败指标为 0.39，相关法律法规指标为 0.38。将 6 个指标乘以相应的权重，得到 2018 年全球总 PMC 为 0.4921。

5.2.2 干预思路

为了最大限度地发挥全球减轻塑料垃圾的能力，同时也符合社会发展的规律，我们计划从几个方面进行干预。各国都在努力发展自己的经济，这与 HDI、人均贸易和人均 GDP 密切相关。因此，我们假设这三个指标将继续以目前的平均速度增长。人均 GDP 年均增长 4.8%，HDI 年均增长 0.72%，人均贸易年均增长 1.56%。人均森林面积水平近年来呈现负增长趋势，年退化率为 0.125%。虽然我们认为，这一指标将对全球减少塑料垃圾的能力产生特别的影响。所以我们决定对这一指标进行干预，并将其设定为未来增长 0.6%。全球腐败指标得分较低，说明还有很大的改善空间。然而，由于政治问题的复杂性和干预的可行性较低，我们假设它将继续以目前 0.4% 的平均速度增长。相关法律法规指标在 2018 年是六个指标中最低的，而塑料垃圾问题现在在联合国的推动下越来越受到全球的关注，因此我们进行干预，并设定其未来以 3.59% 的速度增长。

在我们的干预下，6 项全球指标将在 12 年后，即 2030 年发生如下变化: PMC_{11} 将上升到 0.45， PMC_{12} 至 0.7， PMC_{21} 至 0.76， PMC_{22} 至 0.65， PMC_{31} 至 0.41， PMC_{32} 到 0.58。我们最终的 PMC 为 0.6。与 2018 年相比，PMC 增长了 21.90%，这是我们的目标，意味着全球塑料垃圾可以达到最低水平。

5.3 达到这一水平所带来的影响

为了实现全球塑料垃圾的最低水平，我们讨论了对法律法规、人类生活、生态环境和塑料行业的影响。

5.3.1 法律法规

2019 年，在巴塞尔公约大会上，全球 187 个国家对公约进行了修订，将塑料垃圾列入进出口限制对象，决定将塑料垃圾污染列入全球公认的环境问题之一[21]。2007 年 3 月，旧金山成为美国第一个禁止使用不可生物降解塑料袋的城市，鼓励使用可回收、可生物降解的塑料袋[22]。此后，虽然全球各国开始实施“限塑令”，提出限制和禁止一次性塑料制品的使用，但各国实施效果存在差异。因此，作为全球目标，各国政府应该修订法律法规，将“限塑令”推广到所有行业。此外，我们应该继续加大对生物降解塑料的研发和营销投入，提供税收优惠来鼓励



关注数学模型
获取更多资讯

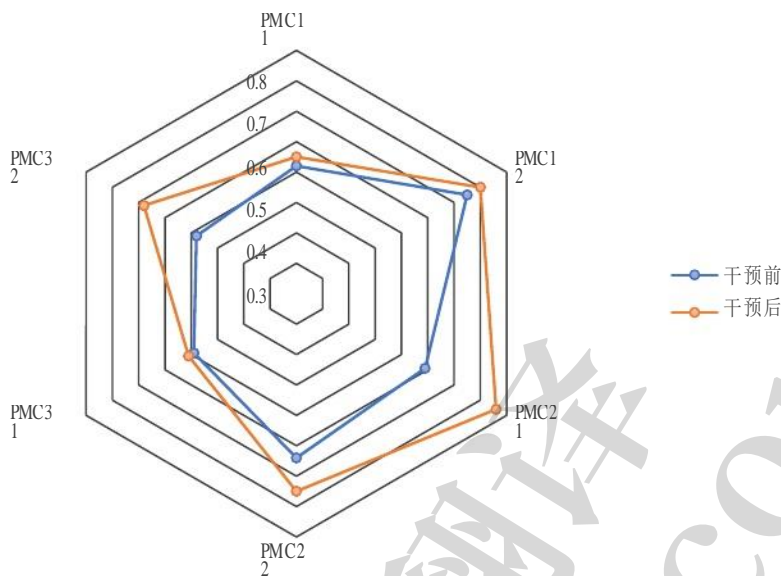


图 5:整体 PMC 干预前后比较

可生物降解塑料的产量。最后，全球各国要加快建设更全面的海洋塑料垃圾监测体系，对重点区域进行实时监测。

5.3.2 人的生命

根据维也纳医科大学和奥地利联邦环境署的报告，初步确认塑料最终会进入人体肠道，这证明塑料垃圾的传播可能会对人类健康产生有害影响。因此，无害化处理塑料垃圾的重要性可见一斑。然而，世界上绝大多数的材料都无法回收，尤其是塑料垃圾，只有 9%左右的塑料垃圾可以回收[24]。究其原因，主要在于对垃圾分类的忽视和对塑料制品的滥用。为了在很大程度上减轻塑料垃圾，人们不得不逐渐用环保材料替代塑料，有意识地做生活垃圾分类。



图 6:塑料垃圾对海洋生物的危害。

5.3.3 生态环境

塑料垃圾的处理方式是加快塑料制品的缓减，控制塑料制品的使用。扩大森林面积将在两方面有所帮助:它将增加环境抵御有害排放的能力，同时也将提供



关注数学模型
获取更多资讯

制造塑料替代品的原材料。政府需要禁止砍伐森林，在生产和环境保护之间取得平衡。政府还应该制定和实施有助于减少灾害的生态工程项目。

5.3.4 塑料工业

当“控塑”的想法出现时，塑料行业不得不进行改革。传统塑料行业如果不积极寻求变革，就会吃亏。不仅这些塑料制造商会受到来自上层的政策和税收的压力，而且随着需求的下降，销售也会受到影响。因此，塑料行业必须积极响应国家对塑料管控的号召，主动创新塑料生产技术。

除了需要变革的塑料工厂，塑料垃圾企业也需要跟上。大部分工作都是由焚化炉来完成的，但它们能否在不造成空气污染的情况下安全处理塑料，仍然存在疑问。焚烧厂需要不断改进处理，以确保废气在排放前能得到最大程度的净化。有关部门需要对焚烧厂的排放渠道进行充分评估，再决定是否批准。

5.4 干预结果

为了显示干预前后 PMC 的变化，我们使用 gray - verhulst 模型预测无干预的 PMC 曲线。gray - verhulst 模型比常用的灰色 GM(1,1)模型更能反映指标的饱和状态。经过计算，最终得到加白后的微分方程:

$$\frac{dx^{(1)}}{dt} - 0.1838x^{(1)} = -0.3084(x^1)^2.$$

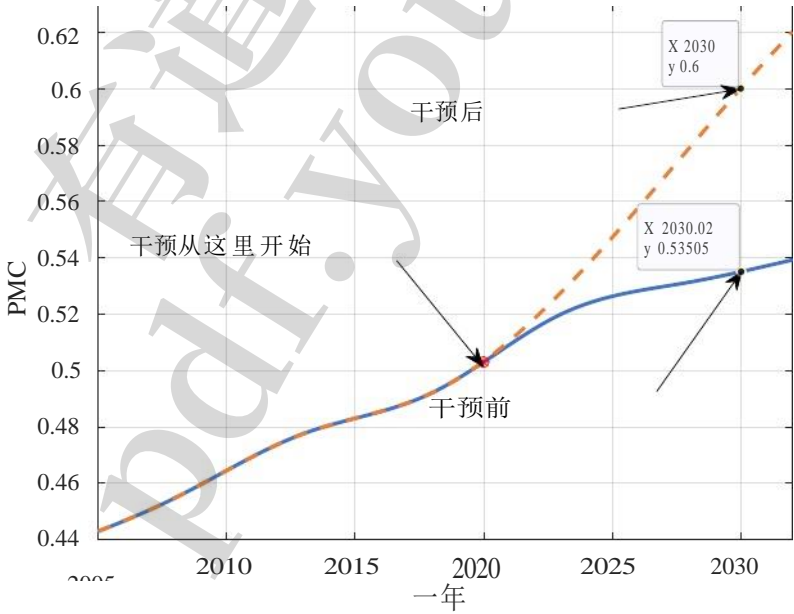


图 7:干预前后总体 PMC 曲线

从图 7 可以看出，无干预的 PMC 曲线较为平缓，2030 年达到 0.535，较 2018 年的 0.4921 增加了 8.7%。人为干预后，



关注数学模型
获取更多资讯

PMC 曲线更陡峭，PMC 增长率更快，2030 年达到 0.6，比 2018 年增长 21.9%。到 2030 年，干预组的 PMC 是未干预组的 1.12 倍。这一结果表明，我们开发的干预措施将对全球塑料垃圾缓解能力产生积极影响，并有助于实现全球塑料垃圾减少的目标。

6 公平问题

6.1 概述

在分配国家对塑料废物的责任方面，一般认为较发达国家应该承担更多的负担，PMC 评分也证明了这一点。然而，PMC 模型设定的目标假设全球处理塑料废物的能力来自 Cap1 和 Cap2 方面的六个指标，没有考虑到每个国家的数量。例如，如果国家 A 的发展水平较低，它的 PMC 分数就很低。但它严重依赖焚烧厂等工业发展，而且人口众多，因此该国的理论 MPMV 更大。B 国的发展水平也很低，但国家整体较小，MPMV 较小。如果我们把塑料垃圾的责任平均分配给他们，就会产生不公平的问题。事实上，A 国应该比 b 国承担更多的责任，因此，我们需要考虑公平，改进我们的方法。

6.2 改进的方法

基于以上讨论，我们决定在推荐一个国家或地区的塑料垃圾缓减量时，考虑最大塑料缓减量和塑料缓减能力。方程如下：

$$SPMV = MPMV \times PMC. \tag{6}$$

这样的考虑不仅考虑了一个国家的工业发展背景、国家规模、人口、环境承载能力等因素，还考虑了该国减少塑料垃圾的能力。由此产生的 SPMV 可以最大限度地减少一个国家承担减少塑料废物的不匹配任务的风险。

6.3 向新加坡和意大利的申请

为了验证模型的有效性，我们将分析两个例子。2018 年新加坡的 PMC 值为 0.7052，意大利的 PMC 值为 0.7049，两国之间的差距较小。从 PMC 的角度和常识的角度来看，人们会认为两国应该承担类似的塑料废物减少任务。但事实上，由于新加坡的国土面积比意大利小，地理位置不同，它可以携带不同的排放，计算出的 MPMV 有很大的不同。将两国的 MPMV 乘以相应的 PMC 得到 SPMV，对两国的相关计划和措施具有借鉴意义。

表 5:新加坡和意大利的指标值

	PMC11	PMC12	PMC21	PMC22	PMC31	PMC32	MPMV	SPMV
	PMC							
新加坡	0.06	0.9	0.93	0.9	0.87	0.43	0.7052	347945
意大利	0.27	0.87	0.81	0.66	0.69	0.83	0.7049	967969



关注数学模型
获取更多资讯

7 优劣势

7.1 优势

•我们的PMC 模型继承了AHP 和EWM 的优势。

在对指标进行加权时，采用了 AHP 与 EWM 相结合的加权平均法。在一定程度上，该方法不仅补充了指标与 EWM 的横向比较，而且弥补了 EWM 下指标权重随样本变化甚至完全依赖样本的不足。此外，该方法降低了 AHP 的主观性。

•我们的模型结合了每个区域的潜力和现实。

在建立 SPMV 模型时，我们纳入了每个区域的最大塑料缓解量和塑料缓解能力，充分考虑到发展潜力和现实。用我们的模型来分配国家责任，更公平、更全面。

•PMC 模型选择的指标涵盖了广泛的领域。

7.2 缺点

•研究时间轴时没有考虑可能的垃圾填埋场。

我们的模型没有考虑可能会对环境造成进一步压力的垃圾填埋场，这在实践中可能会发生。

•由于数据缺失，一些地区没有包括在分析中。

由于时间有限，我们没有对缺失的数据进行插值。



关注数学模型
获取更多资讯

8 备忘录

致:国际塑料废物管理理事会(ICM)

发件人:团队# 2017963

日期:2020/2/16

回复:现实的全球目标及其时间表

针对您关于全球减少塑料废物的问题，我写信告诉您我们的调查结果。

我们首先提出了 MPMV 模型，该模型估计了可以在不进一步破坏环境的情况下安全地减少一次性或一次性塑料产品废物的最大水平。然后，设计了一个塑料废物缓解能力三级评估体系 PMC，以研究全球一次性或一次性塑料制品废物的最小可实现水平。在此基础上，通过对 PMC 模型中的指标进行扰动，提出了 2030 年全球一次性或一次性塑料制品废物可达到的最低水平目标。，到 2030 年将 PMC 曲线提高到 0.6。最后，将 MPMV 和 PMC 模型相结合，提出 SPMV 模型，以保证各国塑料垃圾减排任务分配的公平性。

在对提出的模型进行深入分析的基础上，我们强调了以下几点见解：

- MPMV 模型调查可降解、可回收和不可回收塑料产品废物的缓解情况，并估计可安全缓解的一次性或一次性塑料产品废物的最大水平。
- PMC 模型考虑了表明减少和减少更多一次性或一次性塑料产品废物的六个指标，并发现人类发展指数是减少塑料废物水平的最有效指标。
- 扰动 PMC 模型可用于估计全球一次性或一次性塑料产品废物的最小可达到水平的目标，并可通过使用 gray - verhulst 模型预测 PMC 曲线进行评估。
- 在 PMC 模型中，为塑料产品废物的最小可实现水平建立目标是一个动态循环过程。因此，可以根据实际情况动态调整目标，从而有可能提出更有效的对策。
- MPMV 模型和 PMC 模型都忽略了各国减少塑料垃圾任务分配的公平性。因此，结合 MPMV 和 PMC 模型的 SPMV 模型可以根据国家的大小及其发展现状，更合理地分配全球塑料废物减轻的责任。

拟议的模型细化了 2030 年全球一次性或一次性塑料产品废物最低可实现水平的全球目标。即可降解塑料将占塑料总产量的 10%，而塑料回收率将提高到 50%，塑料产品垃圾的焚烧能力达到最大值。要实现塑料制品废弃物最低可达到水平的目标，需要国家、企业和消费者共同努力。首先，ICM 应倡导全球各国包括



关注数学模型
获取更多资讯

塑料垃圾在其进出口限制中，并将减少一次性塑料的目标纳入国家战略。此外，全球各国应积极合作开发一次性塑料的替代材料，降低可降解塑料的生产成本。同时，各国应制定更严格的法律法规，对一次性塑料征收更多的税，并对生物降解塑料进行补贴。各国还应加强海洋塑料垃圾处理技术的研发。其次，塑料制造商应扩大回收塑料垃圾的责任。就塑料包装厂家而言，应该应用技术，用可降解、可回收的材料生产塑料袋。对于焚烧厂来说，应该改进焚烧技术，尽量减少有毒气体的排放。第三，ICM 需要倡导改善类似于日本消费者“塑料热”的情况。政府应加强塑料回收和垃圾分类的教育，从而减轻回收站的压力。同时，应该鼓励消费者使用更可持续、更环保的材料。2030 年实现全球塑料产品垃圾可达到最低水平目标的时间表如下：

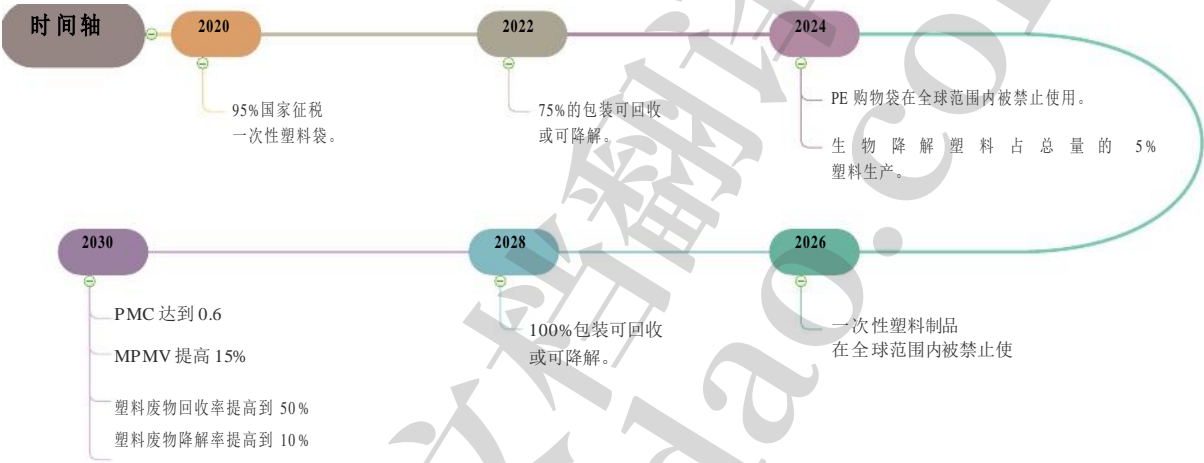


图 8:实现 2030 年目标的时间表。

可能阻碍实现最低可实现水平全球目标的情况如下。

在一些欠发达国家，政府更注重经济发展，而不是环境问题，这导致人们缺乏垃圾分类等环保意识，塑料使用较少。此外，弱势地区的人们无法接受重税或昂贵的塑料替代品，从而催生了利润丰厚的塑料黑市。一些国家可能在塑料垃圾处理上过于激进，比如露天焚烧，会造成二次污染。

虽然很多国家已经发布了塑料禁令，但有些国家并没有完全执行，企业更喜欢使用廉价的塑料。一些企业会钻漏洞，在服装零售等不在政策覆盖范围内的行业仍然使用塑料袋。

不过，作为全球化的结果，各国之间日益增加的经济和技术交流，可能对提高全球塑料垃圾技术的整体水平有好处。



关注数学模型
获取更多资讯

参考文献

[1] 国家地理。高达 91% 的塑料没有被回收。(2017)。检索自 :<https://www.nationalgeographic.com/news/2017/07/plastic-produced-recycling-waste-ocean-trash-debrish-environment/>。

[2] 联合国环境规划署。今年世界环境日，是时候做出改变了。(2018)。检索自:<https://www.unenvironment.org/interactive/beat-plastic-pollution/>。

[3] 联合国。(2018)。“我们在海洋问题上面临全球紧急情况”:联合国秘书长在七国集团峰会上发出警报。检索自:<https://news.un.org/en/story/2018/06/1011811>。

[4] 届时系统。(2020)。2020 ICM 问题 E.pdf。检索自 :https://www.comap.com/undergraduate/competitions/mcm/competitions/2020/problems/2020_ICM_Problem_E.pdf。

[5] 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。

[6] 维基百科。(2018)。树脂识别码。检索自:https://en.wikipedia.org/wiki/Resin_identification_code。

[7] Royer, Sarah-Jeanne & Ferron, Sara & Wilson, Samuel T. & Karl, David M.(2018)。环境中塑料产生甲烷和乙烯的情况。《科学公共图书馆》，13,1 -13。

林库·维尔马, K.S. Vinoda, M. Papireddy, A.N.S. Gowda。(2016)。来自塑料垃圾的有毒污染物-综述，程序环境科学，35,701-708。

[9] Hannah Ritchie 和 Max Roser(2020) -塑料污染。在线发表于 OurWorldIn- Data.org。检索自:“<https://ourworldindata.org/plastic-pollution>”。

[10] 美国化学理事会。(2016)。塑料与可持续性:对环境效益、成本和持续改进机会的评估。检索自:<https://plastics.americanchemistry.com/Plastics-and-Sustainability.pdf>。

[11] WorldBank。(2020)。CO2 排放量 (kt) - 美国。检索自:<https://data.worldbank.org/indicator/EN.ATM.CO2E.KT?locations=US>。

[12] 盖亚。(2018)。隐藏的气候污染者:塑料焚烧。检索自 :<https://www.no-burn.org/hiddencimatepolluter/>。

[13] Worldbank。(2020)。检索自:<https://data.worldbank.org/>。

[14] “。(2016)。规范化。索取 来自:
<https://www.codecademy.com/articles/norm>
实现。

[15] 王、杨、吴、寿荣、王、祖和。(2011)。基于熵权法的矿业项目投资比较选择方法研究。《结构工程进展》，94,1752 -1756。

[16] Vnexpress。(2019)。越南塑料垃圾问题愈演愈烈。检索自 :<https://e.vnexpress.net/news/news/vietnam-plastic-waste-problem-goes-from-bad-to-wor-3978124.html>。



关注数学模型
获取更多资讯

- [17] 。(2018)。越南将限制废物进口，因为货物在港口堆积。检索自:<https://www.reuters.com/article/us-vietnam-waste/vietnam-to-limit-waste-imports-as-shipments-build-up-at-ports-idUSKBN1KG0KL>。
- [18] 《朝日新闻》。(2019)。编者:日本必须跟上计划，停止焚烧塑料垃圾。摘自:<http://www.asahi.com/ajw/articles/AJ201907310028.html>。
- [19] Statista。(2019)。日本 2006 - 2015 年塑料垃圾处理量。调取自:<https://www.statista.com/statistics/695382/japan-plastic-waste-disposal-volume/>。
- [20] Carterjmrn。(2019)。在日本，塑料不再是具有巨大市场潜力的替代品。检索自:<https://www.carterjmrn.com/market-research-blog/plastic-is-no-longer-fantastic-market-potential-for-alternatives-in-japan.php>。
- [21] CNN。(2019)。超过 180 个国家(不包括美国)同意限制全球塑料垃圾贸易。检索自:<https://edition.cnn.com/2019/05/11/world/basel-convention-plastic-waste-trade-intl/index.html>。
- [22] 《纽约时报》。(2007)。旧金山董事会投票禁止使用部分塑料袋。检索自:<https://www.nytimes.com/2007/03/28/us/28plastic.html>。
- [23] Medicalxpress。(2018)。在“首次同类研究”(2018)中，在全球人类粪便中发现了微塑料。检索自 <https://medicalxpress.com/news/2018-10-microplastics-human-stools-global-kind.html>。
- [24] 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。
- [25] 《卫报》。(2019)。“塑料回收是个神话”:你的垃圾到底发生了什么?。检索自:<https://www.theguardian.com/environment/2019/aug/17/plastic-recycling-myth-what-real-happens-your-rubbish>。
- [26] 王正鑫, 党耀国, 刘思峰.(2009)。无偏灰色 Verhulst 模型及其应用, 系统工程-理论与实践, 29,138-144。

有道文档翻译
pdf.youdao.com



关注数学模型
获取更多资讯