

“降解塑料”距离环境保护的要求有多远？

发明合成树脂而加工塑料至今，已有 100 多年历史了。尤其近几十年来，塑料加工行业形成独立经济门类，有非常完善工业体系，构建了商业社会的价值链、产业链、利益链、生态链，处于国民经济发展有着举足轻重的地位。根据联合国对现在社会工业产业区分了 41 大类 191 中类 525 小类中，在 525 个小类中几乎离不开塑料应用。

塑料特性，由于质量轻、耐腐蚀、可塑性强、老化期长、一般塑料的比重小于水（如：浮在水面）、尤其一次性使用的塑料，不能在自然环境里自行分解消失而参与自然界的碳循环、造成垃圾后难处理等困境。若人们对塑料属性类型区分不清，概念混乱，定位不准，则被别有用心的人偷换环保概念误导人们，必将引领塑料行业往错误方向发展，阻碍经济发展和科技进步。为此，塑料领域一些名词，有必要概述和甄别，这对塑料产业发展起到及其重要的作用。

由于塑料（一般指石化塑料）具有独特的性质，分子结构非常稳定，弃置后存在自然环境中，上百年也不会被自然界的微生物利用降解（分解）消失，造成视觉污染、破坏生态平衡、也占用垃圾堆埋场的体积。随着社会进步，加上生活节奏加快，以最大限度地满足人们日益增长的物质和精神文化需求，对塑料包装的要求量激增。人们期望一种以植物为原料，替代化石衍生物为原料，最好不用或少用石油（如：石油、煤炭、天然气）的矿物资源为原料而生产塑料。从而促使塑料生命周期达到减少碳量的排放，遏制全球气候变化的目的。也符合《京都协议书》、《巴黎协定》等国际公约的精神。

现在，全球塑料产销量已超过 3 亿吨，几乎以石化树脂加工而成。随着科学技术发展，已成功开发了新型热塑生物材料，替代石化塑料，同时也出现了许多类型具有降解功能的塑料，人们称之为“降解塑料”。

当“降解塑料”一词出现至今，有的人将“降”读（xiáng），有人将“降”读（jiàng），其实这些人不了解“降解塑料”真正的含义和意义。在现实的塑料属性表述中，应该将“降”读（jiàng）较为准确，表明这种塑料本身具有特定的功效，指它存在自然环境中，可以快速（相对传统塑料）降低物理强度、降低分子量、降低（缩短）其回归大自然的续存时间，降解后参与大自然界的碳循环。因此，“降解塑料”读为“降（jiàng）解塑料”。

为了实现“塑料降解”的愿望，既有利于经济发展，又符合环保的要求，并同时存在无限的商机，先知的各国政府、科研机构、企业和民间团体等科研人员不遗余力地投资、研发和生产。经近 30 多年的努力，塑料（石化塑料）领域增加了新的成员，那就是生物塑料。目前，塑料领域存在两大阵营：石化塑料、生物塑料。

无论是石化塑料，还是生物塑料，都具有可降解性和不可降解性的特性。利用这两种聚合物的特性，就可直接加工分为：降解塑料、不可降解塑料；这两种特性树脂有的可以混合一起使用，但其植物碳含量也随之改变，将会改变塑料在一定时间内的降解速率。

“降解塑料”必须在特定的环境里，塑料才能引起微生物（如：细菌、藻类等）对塑料敏感性，方可成为“降解塑料”，否则，“降解塑料”仅是徒有虚名，是一种“偷梁换柱”做法，导致说话方与聆听方误为谈论是一件事，其实是两码事，希望实事求是表述“降解塑料”基本概念。例如：社会上有些从事“降解塑料”经营者，已符合欧洲 EN13432、OK-COMPOST、美国 ASTM 6400 的标准，180 天就能 100%降解，这是一种偷换概念做法，其实忽略了在实验室的前置条件（必须满足塑料标件与土壤混合一起，在微生物、氧气、水分、湿度等充分的情况下，且在 28 天内连续保持温度 45℃—70℃之间，第 29 天开始至 84 天内，保持温度 38℃以上等条件下，在 180 天塑料降解率达到 90%以上，即是塑料物质损失率，才符合上述标准，可称之为可全生物降解塑料，俗称为“全降解塑料”），隐藏在实验室的真相。在自然天候环境下，不可能达到实验室上述的环境条件。因此，“全降解塑料”具有科学研究价值，与社会环境不相称，与人们期望值相差甚远。鼓吹塑料在 180 天全部降解的谬论，借助这种宣传“全降解塑料”误导了决策层、消费者，是一种欺世惑众做法，也妨碍了新材料发展和科技进步。在城市或乡村，

塑料最终统统地进入垃圾焚烧厂、或垃圾堆埋场，不过，“降解塑料”进入堆埋场更容易实现了环保要求的减量化愿望，减少堆田区的体积。

塑料属性及其分子式结构是内因，其存在环境（如：微生物、氧、水、微生物、温度等）条件是外因。内因受到外因作用，塑料在一定时间内将发生物理和化学变化。生物塑料与石化塑料的降解机理不相同：

生物塑料（如：淀粉接枝技术的塑料 SBC、生物发酵技术的塑料 PLA 等）的降解机理：当生物塑料弃置大自然后，能被微生物（如：霉菌、细菌等蚕食）利用而转化为糖类，塑料产生霉变丧失物理状态而逐渐降解或视觉中消失，降解过程会发生物理和化学反应，塑料最终快速回归大自然，参与大自然碳循环。无毒，对土壤无害，且对改良土壤水肥输送系统起到微量改良的作用。

石化塑料（如：PBS、PBAT、PCL 等）的降解机理：当塑料弃置大自然的环境后，由于塑料材质本身的分子结构，或在酸碱度的作用下，经过一段时间，使其物质的高分子的分子键断裂，由大分子变成小分子，分子量降低，当其小分子达到一定微量级后，塑料可被微生物利用而消失，降解过程是一个物理变化，无毒，对土壤无害，也无益。

“降解塑料”的成本比传统石化塑料要高，这是一个错觉、也是使人难以信服无解命题。“降解塑料”属于高科技产品，应该应用在高端市场或奢侈品等高附加值的领域，可是，为了环境保护而发明了“降解塑料”高科技产品，无奈应用在消费链最低端的市场上（如：垃圾袋等），这与商业客观规律相悖的，注定“降解塑料”投放市场摩擦力极大，推广起来极不容易。“降解塑料”在产业链、产能规模、商业模式、盈利趋向、价值观形成等多种因素中，均具有不可比性的情况下，不同类型塑料（如：垃圾袋）价格，当然不具有可比性，主要是“降解塑料”不可以回收再生，“降解塑料”价格高是必然的。

对于任何商品来说，它既有商品属性，同时存在社会属性。因“降解塑料”将社会属性价值叠加在商品价值上，理论上，就是比不可降解的石化塑料要高。因此，各国政府相继出台倾斜和扶持的政策，促进“降解塑料”产业发展，以致平衡生态、平衡业态、促使公共利益的最大化。这一原理，引起了各国政府的高度重视，全球有 86 个国家已行动起来，采用立法及行政手段颁布“禁塑”、“限塑”措施，遏制不可降解塑料的生产、消费和使用。对于具有社会责任感的商人，若从事经营“降解塑料”的产业，应该争取当地政府支持方能可为，否则，就会出现蜡烛精神，“燃烧自己，照亮社会”，与商人获利的宗旨相悖的，也许会变得“一穷二白”。

目前“降解塑料”应用种类繁多，已有 15 种类之众^{【注 1】}。由于各类“降解塑料”的技术路线、使用原料、生产方式、商业模式等都不同，对社会、经济、环境、生态效益的贡献率也各有千秋，各类型的“降解塑料”成本差异较大，产品质量也不同。因而，政府的政策鼓励“降解塑料”产业发展，应采用共性标准给予引导，共性标准就是对社会、经济、环境、生态的综合效益的贡献率给予评价，尤其在低碳经济和可持续发展的浪潮推动下，其产品生命周期，对节约能耗，减少碳排放量、平衡生态、平衡业态应列为共性公认的评价标准，以致符合或接近环保核心要求，即是达到资源化、无害化、减量化放在第一位。环保塑料必定包含“降解塑料”，“降解塑料”不一定符合环保的要求，在某一地方达到环保要求，而在另一地方造成环境污染，是一种污染转移，整体来说，是不环保的。

因此，鼓励发展替代不可降解石化塑料各种类型的“降解塑料”，应符合低碳绿色经济和可持续发展的路径。政府制定“降解塑料”的产业政策，不能忽略制造“降解塑料”过程中，存在污染转移的问题，虽然我国颁布了许多关于“降解塑料”国家标准，但是，不表示“降解塑料”不会产生污染转移的问题。

目前“降解塑料”技术路线可分为：高分子接枝法、化学合成法、生物发酵法，大部分均有专利权的保护，无论采用那一种技术路线，其在产品生命周期中，在产业链的各个环节里，都存在不同程度对环境污染的问题，严格执行共性公认的标准，才是正确发展的道路和方向。发展“降解塑料”产业是大势所趋，要将“降解塑料”产业普及性发展起来，也受到一定的局限性，因知识产权保护所致，小规模生产成不了气候，大规模生产受到知识产权所限。

塑料——指以合成树脂或天然树脂为基础原料，在一定温度、压力下，加工塑制成型制品。按其原料性质区分为：石化塑料、生物塑料；按其功能区分为：不可降解塑料、可降解塑料；按其外观区分：硬性塑料，软性塑料。按其加工方法区分：薄膜类、吸塑类、注塑类、发泡类、纺丝类、吹塑类等。**塑料**是生产生活的必需品，又是消费品。塑料是继金属、水泥、木材成为国民经济发展四大支柱材料之一。

树脂——指受热后有软化或熔融范围，作为加工塑料的原料任何聚合物。按其原料性质分为：化石树脂、生物树脂。

母料——指在树脂加工塑料制品过程中，为了达到设定产品性能的目的，而需添加的填充物材料。按其原料性质分为：石化类母料、生物类母料。

石化树脂——指以石油、天然气、煤炭等矿物为原料炼化衍生合成的聚合物，通过设计不同的高分子式，分为化石类可降解树脂（如：PBS、PBAT、PCL 等）与化石类不可降解树脂（如：PE、PP、PVC、PS 等）。

石化塑料——指石化合成树脂为原料进行加工的成型品。分为：可降解塑料、不可降解塑料。

生物树脂——指以年生植物果实（一般指淀粉、糖类）等为原料，通过高技术手段而制备的热塑性生物材料（如：SBC、PLA、PHA 等）。分为：可降解树脂、不可降解树脂（如：生物基 PE、PP 等）。

生物塑料——指生物树脂为原料进行加工的成型品。分为：低碳塑料、可降解塑料、不可降解塑料。

降解塑料——指塑料弃置后，在特定的环境（如：光、热、水、氧、微生物、试剂等）的条件下，促使塑料分子量降低，或分子键断裂，物理性能降低，或化学反应使之改变性质，最后改变其原有的形状，丧失塑料的物理性能，最后从视觉消失，或转化为大自然友好的物质，参与大自然碳循环。其降解方式：如：光降解、氧化降解、光—生物降解，生物降解，老化降解、溶解等。

低碳塑料——指以植物为原料制备的塑料，塑料在产品生命周期中，相对石化塑料比较低的碳排放，称为低碳塑料。碳的排放量与塑料植物碳含量有直接关系。

全降解塑料——常指符合欧洲 EN13432、美国 ASTM6400 检测标准（中国引用以上两个检测标准），称为可完全降解塑料。欧美颁发符合这个标准的证书，在行业具有权威性，许多国家政府给予认可。主要核心内容是：在实验室的虚拟环境下，温度保持较高温的环境里，与泥土混合堆埋 180 天，使塑料减量化达到 90%以上，则称为可完全降解塑料。不过，在天候情况下，达到实验室虚拟的环境条件是很难的，因而其科学理论价值，远远大于社会实用价值。

目前，开发的全降解塑料种类 15 种等，均比水重（比重大于 1mg/cm³），按其原料来源分为：化石类（如：石油、天然气、煤炭等）、生物类（如：植物果实、根茎等）两种。技术路线分为：高分子接枝法、生化合成、化学合成；应用领域：高分子接枝法可覆盖全部塑料品种，生化合成与化学合成，主要代替某一类型的塑料品种【注 1】

序号	合成物的名称	代码表示	主要原料	技术路线	基本单元投资	主要应用领域	成本相对	产品生命周期对环境的影响		
								污染程度	主要污染物	碳源排放量
1	淀粉接枝聚合物	SBC	生物	高分子接枝	百万元级	硬塑、软塑	低	轻	水、渣	低
2	天然高分子纤维素	Ce	生物	生化合成	百万元级	填充物	低	较轻	水、渣	低
3	醋酸纤维素	CA	生物	生化合成	百万元级	填充物	低	较轻	气、水、渣	低

4	淀粉	St	生物	生化合成	千万级	填充物	低	较轻	气、水、渣	低
5	(羟基丁酸/羟基己酸)共聚酯	PHA	生物	生化合成	千万级	硬塑	高	较轻	气、水、渣	低
6	聚羟基丁酸酯	PHB	生物	生化合成	千万级	硬塑	高	较轻	气、水、渣	低
7	聚羟基戊酸酯	PHV	生物	生化合成	千万级	硬塑	高	较轻	气、水、渣	低
8	(羟基丁酸/羟基戊酸)共聚酯	PHBV	生物	生化合成	千万级	硬塑	高	较轻	气、水、渣	低
9	聚乳酸	PLA	生物	生化合成	亿级	硬塑	高	重	气、水、渣	高
10	聚丁二酸丁二醇酯	PBS	化石	化学合成	亿级	软塑	高	严重	气、水、渣	最高
11	(丁二酸/己二酸/丁二醇酯)共聚酯	PBSA	化石	化学合成	亿级	软塑	高	严重	气、水、渣	最高
12	对苯二甲酸/己二酸/丁二醇酯)共聚酯	PBAT	化石	化学合成	亿级	软塑	很高	严重	气、水、渣	最高
13	(二氧化碳/环氧丙烷)共聚酯	PPC	化石	化学合成	亿级	软塑	较高	严重	气、水、渣	最高
14	聚己内酯	PCL	化石	化学合成	亿级	软塑	很高	严重	气、水、渣	最高
15	改性聚乙烯醇	PVA	化石	化学合成	亿级	软塑	高	严重	气、水、渣	最高

——来自国家高技术研究计划（863 计划）研究课题的成果