《聚烯烃类降解塑料降解性能快速评价技术规范》山东质量检验协会团体标准编制说明

（征求意见稿）

一、工作简况

（一）任务来源

按照《山东质量检验协会关于下达2021年第三批团体标准制修订计划的通知》安排，制定团体标准《PE生态降解塑料降解性能快速评价技术规范》（立项编号：SDAQI2021005），该标准由山东质量检验协会归口管理，山东省产品质量检验研究院负责牵头制订。

（二）起草单位、起草人

标准起草单位：山东省产品质量检验研究院等

标准起草人：李林林等。

（三）起草过程

1. **成立标准起草工作组（2020年12月）**

为了推动标准制定，山东省产品质量检验研究院作为牵头单位成立了《PE生态降解塑料降解性能快速评价技术规范》标准起草工作组，筹备标准研究工作。工作组在查阅国内外相关政策法规、检测方法和标准以及安全风险评估情况，并收集了相关标准信息后，确定了整体工作方案。

1. **标准预研（2021年1月-2021年6月）**

标准起草工作组开展了标准调研和草案编制工作,通过查阅文献资料、企业调研、专家咨询等方式，开展标准需求调研，形成标准起草工作组讨论稿和团体标准项目建议书。

1. **标准立项（2021年7月）**

2021年7月1日，山东质量检验协会组织专家对该团体标准进行了立项论证，专家听取了项目汇报，审阅了申报材料，一致同意该标准作为山东质量检验协会团体标准予以立项。

2021年7月30日，山东质量检验协会印发了《关于下达2021年第三批团体标准制修订计划的通知》，标准正式获得立项。

1. **形成标准草案（2021年8月-2022年12月）**

2021年8月至12月，标准起草工作组根据PE、PP等聚烯烃降解材料和制品的降解原理，进行了大量的方法研究试验，将PE生态降解塑料扩展至PP、PE两种聚烯烃材料，确定了标准的关键技术参数；

2022年1月至5月，对所建立的检测方法参数进行了确认，确认内容包括：适用范围、老化条件、准确度、精密度等；

2022年6月至9月，形成汇总研究结果，撰写了标准文本草案、编制说明草案；

2022年10月至12月，组织外部实验室间验证工作，外部实验室包括：山东省基本化工产品质量监督检验站、青岛市产品质量监督检测院、安徽省包装印刷产品质量监督检验中心，采用本方法进行了生物基降解塑料聚乳酸（PLA）的快速评价技术规范法的检测，并对验证数据进行了全面的总结分析。

1. **形成征求意见稿（2023年1月-2024年9月）**

多次召开工作组讨论会，对标准文本草案和编制说明进行修改完善，形成了征求意见稿。

1. **开展标准征求意见工作（20XX年X月-X月）**

为了确保标准征求意见的广泛性，一方面由山东质量检验协会在全国团体标准信息平台和协会公众号面向社会公众公开征求意见，另一方面由标准起草工作组向生产者、经营者、使用者、消费者、教育科研机构、检测及认证机构、政府部门等相关方发送征求意见函,定向邀请相关方代表针对标准内容提出宝贵意见，以期标准能充分反映各方的共同需求。

1. **形成标准送审稿（20XX年X月-X月）**
2. **形成标准报批稿（20XX年X月-X月）**

二、标准制定背景、目的和意义

2020年底，我国将禁止生产和销售一次性发泡塑料餐具、一次性塑料棉签。针对当前塑料制品带来的“白色污染”，今年以来，国家和地方层面均出台了一揽子新政，生态环境部发布了《关于进一步加强塑料污染治理的意见》（以下简称《意见》），《意见》明确指出，推广使用可降解购物袋、可降解包装膜（袋），在餐饮外卖领域推广使用可降解塑料袋等替代产品；加强可降解替代材料和产品研发；加大可循环、可降解材料关键核心技术攻关和成果转化，可降解塑料已经被世界各个国家视为实现环境可持续发展的重要途径之一。

降解塑料根据降解机理主要分为光降解塑料、热氧降解塑料、生物降解塑料以及环境降解塑料等。根据原料来源分为生物基降解塑料和聚烯烃降解塑料（通过添加催化剂实现降解）。通过研究现有的可降解塑料标准体系发现，除了现有GB/T 20197-2006《降解塑料定义、分类、标志和降解性能要求》和一系列生物基降解塑料标准外，其他降解塑料制品的标准几乎为零，但目前由于使用性能和成本的优势，市场上聚烯烃降解塑料占据较大的份额；这类可降解塑料不同于生物基降解塑料降解机理，它是通过传统塑料PE、PP中添加少量的催化剂制成，降解后得到PE、PP氧化小分子（醇酮酯类化合物），由疏水性变成亲水性物质之后，在自然环境中被微生物分解为二氧化碳和水，被自然环境接纳。目前市场上很多聚烯烃类降解塑料产品虽然按照GB/T 20197-2006标准检测断裂拉伸强度保留率和重均相对分子量的下降率符合要求，但不能进一步被微生物分解，引发微塑料对环境造成更大的危害。目前的生物基降解塑料的降解性能均采用生物分解率或相对生物分解率进行判定，也有相应的方法标准，2020年，英国发布实施的PAS 9017《塑料—聚烯烃在露天陆地环境中的生物降解规范》中通过对聚烯烃类的薄膜和刚性材料老化后进行分子量、羰基指数测试，满足技术要求后进而测试730天土壤环境降解产物相对生物分解率达到 90%。因此无论是生物基降解塑料还是聚烯烃降解塑料，生物分解率是判定能否彻底降解的关键指标。而聚烯烃降解塑料现有标准缺少对生物分解率等降解性能要求的标准规范，导致市场上聚烯烃类降解塑料质量参差补齐，鱼龙混杂，可降解塑料制品市场恶性循环。英国的检测标准虽然能够证明聚烯烃类降解塑料能够降解彻底，但检测周期过长，不利于政府监管和指导企业生产及健康发展。因此亟需出台关于快速评价聚烯烃类降解塑料降解性能的标准规范。

三、标准编制原则、主要技术内容和确定依据

（一）标准编制原则

**1.合规性：**严格遵循国家相关法律法规、行业规范、以及强制性标准要求，确保标准内容合法合规，保证标准的实施不会引发法律风险。

**2.科学性：**以科学理论和实践经验为基础，通过广泛的调研和深入的分析，确保标准中的技术指标、方法和流程具有科学依据。采用先进的科学技术和测试手段，对标准中的关键参数进行验证和优化，确保标准的科学性和可靠性。本标准通过生物分解率指标和独立实验室间的方法验证，证明了聚烯烃类降解塑料降解性能快速评价方法的可行性和准确性。

**3.先进性**：积极借鉴国内外先进的标准和技术成果，结合行业发展趋势和市场需求，摒弃了现有的二氧化碳的累积释放量的测试方法，首次提出采用容量分析方法测试聚烯烃类材料降解产物中生物同化碳含量，生物同化碳作为有机质的一种，在土壤环境中起到固碳，增碳的效果，减少了人为因素造成的温室气体排放。从原来的180天的堆肥环境，730天的土壤环境检测方法变为2小时的容量分析方法，方法简便，准确、重现性好。使标准具有一定的前瞻性和先进性。本标准的建立有效地解决了行业内标准缺失问题。

**4.实用性：**充分考虑标准的可操作性和实用性，使标准内容易于理解和执行。标准中的条款和要求应具体明确，避免模糊不清和歧义。同时，结合实际应用场景，提供详细的操作指南和示例，方便用户使用。

**5.协调性：**标准起草过程中注重与相关标准的协调统一，避免标准之间的冲突和矛盾。在编制过程中，充分参考已有的国家标准、行业标准和地方标准，确保本标准与其他标准相互衔接、相互补充，形成一个完整的标准体系。

**6.规范性：**根据山东质量检验协会团体标准管理办法规定的程序制定，按照GB/T 1“标准化工作导则”系列标准、GB/T 20001“标准编写规则”系列标准、GB/T 20002“标准中特定内容的起草”系列标准、GB/T 20003.1《标准制定的特殊程序 第1部分：涉及专利的标准》、GB/T 20004.1《团体标准化 第1部分：良好行为指南》相关规定规范起草。

**7.开放性：**标准的编制过程应保持开放透明，广泛征求各方面的意见和建议。鼓励行业内的企业、科研机构、专家学者等积极参与标准的制修订工作，充分发挥各方的智慧和力量，提高标准的质量和水平。

（二）主要技术内容

本标准主要内容包括：范围、规范性引用文件、术语和定义、原理、试剂与材料、仪器和设备、分析步骤、分析结果表示、精密度、检出限和定量限等内容。标准结构完整、内容全面，层次分明、合理。

（三）确定依据

本标准为聚烯烃生态降解塑料产业系列开拓性标准之一。旨在快速评价PE、PP降解塑料的降解性能。本标准顺应降解塑料在自然环境降解的发展趋势，基于国际标准、国家标准对分子量、羰基指数的已有技术要求，结合国情对两项指标提出更高的要求，采用生物碳测试方法替代国外的生物分解率测试。该标准既能够准确鉴定PE、PP生态降解塑料降解性能，又能解决生物分解率测试周期长，能耗高，重复性差的缺点。本标准的生物碳评价指标和方法作为评价PE、PP生态降解塑料制品降解性能的快速评价方法均为首次提出，涉及专利《一种可降解塑料降解性能的快速检测方法》（202111094366.6），该方法可量化评价降解产物生物同化能力和生态降解过程的特征物变化量。实现在自然条件或实验室加速老化降解（5天、14天、28天、90天均可选择）处理后即获评价结果，大大提高了检测效率，有利于市场监管。以下具体对标准主要技术条款内容进行说明以及证明其可行性、科学性、准确性和普适性。

**2.1、范围**

本标准规定了PE、PP降解塑料（聚烯烃树脂类）老化试验处理规范，老化后要达到的技术指标及降解试验方法。该部分内容根据不同PE降解塑料制品的使用寿命、加工工艺及降解机理，将老化试验分为四种方式：自然环境曝晒、氙灯老化试验、紫外老化试验及热氧老化试验。老化后的技术指标，具体项目包括拉伸断裂伸长率保留率，数均分子量、重均分子量下降率、重均分子量小于10000以下的百分含量，羰基指数及生物碳转化率，除生物碳转化率外，其余技术要求均与国际、国家标准保持一致或高于国家标准，具有一定的先进性和创新性。

本标准适用于经过露天环境老化后满足生物降解的要求PE降解塑料（聚烯烃树脂类）地膜、保鲜膜、购物袋、快递袋、垃圾袋等膜袋类塑料制品，具有普适性。

**2.2、术语和定义**

标准采用测试土壤或肥料中有机质的方法原理，对PE生态降解塑料降解产物中的能被微生物分解利用的具有生物活性的有机碳进行容量分析，针对PE生态塑料降解过程中首次出现的生物碳和传统意义上的有机碳进行了重新诠释：有机碳通常是指自然界中存在于有机物中的碳。它不包括碳酸盐岩、石墨中的碳等无机碳。根据微生物可利用程度分为易分解有机碳，难分解有机碳和惰性有机碳。生物碳指有机碳中易于发生生物同化作用的部分，具有亲水性，易被微生物分解利用的有机碳。在本标准中特指能被重铬酸钾-硫酸氧化的有机碳。羰基指数是国内降解塑料标准中首次使用，是用来衡量PE塑料的氧化程度，可以通过ATR红外来测定。

**2.3 要求**

针对PE、PP降解塑料制品作为一次性使用的特殊性，在完成使用寿命后，在自然环境中受光，氧，水等外力作用，一般在1～2年左右即可实现减量化、无害化、资源化过程，促使石化材料分子量在自然环境中大幅降低、羰基指数增大至结构变化转变为带羰基、羧基的小分子生物碳物质，实现塑料到各种低分子量蜡材料质的变化。目前按照GB/T 20197-2006《降解塑料定义分类标志和降解性能要求》和美国ASTM 6954 《氧化和生物降解组合的环境中暴露和测试塑料降解的标准指南》和英国的9017标准《聚烯烃塑料在露天陆地环境中的生物降解规范》对降解性能指标的技术要求如下：

|  |  |
| --- | --- |
| 老化方式 | 降解性能评价要求 |
| GB/T20197 | 拉伸断裂伸长率保留率（纵/横）≤5%Mw下降率≥70%且Mw≤10000的比例≥10% |
| PAS9017 | Mn≤5000，Mz≤30000，Mw下降率≥90%羰基指数≥1,土壤环境730天相对生物分解率≥90% |
| ASTM 6954 | 拉伸断裂伸长率保留率（纵/横）≤5%Mw≤5000,堆肥环境180天生物分解率≥60% |

根据以上标准的技术要求，结合文献资料得出塑料降解特性的几个关键判别：（1）当重均分子量达到1万以下，则塑料演变为硬质和软质的蜡，而非高分子塑料；（2）羰基指数是代表PE、PP氧化程度的一项指标，在老化过程中，C=C被C=O取代，羰基指数逐渐增大，至大于1.0，PE、PP逐渐由疏水材料变为亲水材料，最终能够被微生物分解利用。为突出标准中PE、PP降解材料的降解特性将降解性能指标分为环境试验降解要求和生物降解要求，具体指标如下：

|  |  |
| --- | --- |
| 项目 | 指标 |
| 薄膜类 | 片材类 |
| 拉伸断裂伸长率保留率a（纵/横）% | ≤5 |
| 羰基指数 | ≥1 |
| 分子量 | 数均分子量b（Mn） | ≤5000 |
| 重均分子量(Mw)下降率，% | ≥70% |
| 重均分子量＜10000的分子百分含量，% | ≥20% |
| 生物碳转化率，% | ≥70 | ≥60 |
| 备注 | a,仅薄膜类材料及制品测试拉伸断裂伸长率保留率b,Mn为老化后试样的数均分子量 |

**3 试验方法**

降解测试根据具体的降解环境和现有的标准方法先进行老化测试，老化测试方法按照表2规定进行，执行时选择其一即可，但老化后的降解性能指标应满足标准要求，尤其是生物碳转化率的技术要求。具体检测方法如下：

1. 降解性能测试方法

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 方式 | 方法 | 依据标准 | 备注 |
| 自然曝晒 | 采用B暴露架 | GB/T 17603 | 累计辐照能量510MJ/m2 |
| 氙灯人工加速箱内曝晒 | 采用方法A，循环序号1，使用日光滤光器的暴露（人工气候法） | GB/T 16422.2 | 累计辐照能量a：26MJ/m2 |
| 紫外线加速箱曝晒 | 采用方法A，人工气候法 | GB/T 16422.3 | 允许的最大总测试时间b：14天 |
| 热氧老化 | 采用方法A（重力对流恒温箱） | ASTM D5510 | 60℃，90天 |
| 备注 | a,厚度≥0.25mm的片材累计辐照量104 MJ/m2；b,厚度≥0.25mm的片材允许的最大总测试时间28天 |

3.1拉伸断裂伸长率保留率（纵/横）测试

待测样品经5.2方式后，按照GB/T 1040.3规定进行拉伸断裂伸长率保留率（纵/横）测试。

3.2分子量

待测样品经5.2老化方式后，按照GB/T 36214.2、GB/T 36214.4方法进行,Mn及Mw下降率的测试。

3.3羰基指数

待测样品经5.2老化方式后，按照 PAS 9017 附录D方法进行测试。

3.4生物碳转化率测定

方法原理

用定量的重铬酸钾—硫酸溶液，在加热条件下，将降解塑料产物中的的生物活性碳氧化，多余的重铬酸钾溶液用硫酸亚铁标准溶液滴定，同时以二氧化硅作空白试验。根据氧化前后消耗的氧化剂消耗量，计算生物活性碳含量，用该含量与降解产物的总有机碳含量的比值作为降解产物中生物碳含量转化率。

实验步骤

称取老化后降解产物0.03～0.05g（精确至0.01mg）左右，置于300mL三角瓶中，准确加入10.00mL 0.8mol/L重铬酸钾标准溶液，加入10mL硫酸溶液，三角瓶加一弯颈漏斗，置于沸水浴中60min后，取出冷却，加水至80mL左右，加入2～3滴邻菲啰啉指示剂，用硫酸亚铁标准滴定溶液滴定近终点时，溶液由绿色变为暗绿色，再逐滴加入至变成砖红色。同时，称取二氧化硅0.04g左右代替试样，采取同样的分析步骤，进行空白试验。

同时测试降解产物的总有机碳含量X0。

**4 方法验证过程**

以上生态降解塑料降解性能测试方法中拉伸断裂伸长率保留率（纵/横）测试、分子量、羰基指数均引用现行有效的方法标准，生物碳转化率测试方法在降解塑料检测领域为首次提出应用，首先对该测试方法进行优化，确定测试样品量为0.03～0.05g，非降解试样可适当增加称样量；重铬酸钾和浓硫酸用量和比例（10mL:10mL）,消解方式：沸水浴60min；为保证样品具有代表性，增加平行样检测至少3次，取三次平均值作为最终测试结果。

**5 方法精密度**

采用优化后的方法测试了具有代表性PE生态降解薄膜、PP生态降解餐盒和降解产物的生物碳转化率，具体数值见表 3，从数据可以看出，不同转化率水平的测试结果的平行性良好，相对标准偏差均小于10%，精密度较好。

表3、生态降解薄膜、片材降解前后生物碳转化率测试结果及相对标准偏差（RSD）

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 试样结果（%）（）% | 平行1 | 平行2 | 平行3 | 平行4 | 平行5 | 平行6 | 平行7 | 平行8 | 平行9 | 平行10 | 相对标准偏差（RSD） |
| PE生态降解薄膜 | 16.9 | 17.5 | 17.2 | 17.7 | 17 | 17.1 | 17.4 | 17.6 | 17.1 | 16.9 | 1.7 |
| 降解产物 | 82.1 | 83.0 | 82.4 | 82.2 | 83.1 | 82.6 | 82.2 | 83.1 | 82.1 | 82.8 | 0.5 |
| PP生态降解餐盒 | 6.96 | 7.52 | 8.43 | 7.39 | 8.23 | 6.79 | 7.24 | 7.92 | 7.46 | 8.29 | 4.71 |
| 降解产物 | 62.1 | 63.2 | 62.4 | 62.1 | 63.1 | 62.6 | 62.2 | 63.5 | 61.9 | 62.6 | 0.9 |

为验证方法的可行性和科学性，将普通PE购物袋-1号，PE地膜-2号、PE食品接触类膜袋-3号、PE生态降解购物袋-4号、PE生态降解地膜-5号、PP生态降解餐盒-6号分别在氙灯老化箱、紫外老化箱、热氧重力老化箱及自然曝晒条件下中按照标准老化条件进行测试，在老化过程中不间断的取样测试试样老化产物生物碳转化率的变化情况：具体数据见表4～7。

表4、氙灯老化条件下各类样品不同时间生物碳转化率测试结果（%）

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 试样时间（h）（）% | 0h | 24h | 48h | 72h | 96h | 120h | 240h | 480h |
| 1号 | 21.3 | 21.9 | 25.2 | 27.7 | 29.8 | 33.9 | / | / |
| 2号 | 18.1 | 19.0 | 22.4 | 28.0 | 33.1 | 36.2 | / | / |
| 3号 | 12.5 | 14.3 | 16.8 | 23.9 | 26.4 | 31.0 | / | / |
| 4号 | 24.7 | 25.0 | 30.3 | 44.9 | 68.2 | 78.8 | / | / |
| 5号 | 26.2 | 28.8 | 31.7 | 48.9 | 69.7 | 83.1 | / | / |
| 6号 | 20.5 | 23.9 | 33.0 | 41.4 | 45.0 | 54.2 | 57.8 | 64.5 |

表5、紫外灯老化条件下各类样品不同时间生物碳转化率测试结果（%）

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 试样时间（h）（）% | 0h | 48h | 96h | 144h | 192h | 240h | 336h | 504h | 672h |
| 1号 | 21.3 | 22.0 | 27.2 | 32.4 | 35.9 | 38.6 | 40.4 | / | / |
| 2号 | 18.1 | 21.8 | 26.9 | 30.2 | 38.1 | 42.6 | 45.0 | / | / |
| 3号 | 12.5 | 14.6 | 17.8 | 26.9 | 29.0 | 32.5 | 37.9 | / | / |
| 4号 | 24.7 | 30.4 | 36.8 | 40.6 | 47.5 | 66.8 | 80.6 | / | / |
| 5号 | 24.2 | 29.2 | 34.9 | 44.1 | 54.3 | 62.7 | 83.5 | / | / |
| 6号 | 20.1 | 24.1 | 29.0 | 35.6 | 42.1 | 49.1 | 54.6 | 59.3 | 62.9 |

表6、热氧老化条件下各类样品不同时间生物碳转化率测试结果（%）

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 试样时间（h）（）% | 0d | 20d | 45d | 60h | 75h | 90d |
| 1号 | 21.3 | 22.4 | 28.0 | 30.5 | 32.6 | 39.9 |
| 2号 | 18.1 | 19.9 | 23.6 | 30.4 | 37.9 | 43.8 |
| 3号 | 12.5 | 13.2 | 16.5 | 19.9 | 25.4 | 40.6 |
| 4号 | 24.3 | 25.5 | 37.9 | 47.9 | 62.7 | 76.3 |
| 5号 | 27.0 | 30.4 | 36.8 | 52.2 | 68.5 | 79.0 |
| 6号 | 17.5 | 23.4 | 32.8 | 49.6 | 57.1 | 62.3 |

表7、自然曝晒条件下各类样品不同时间生物碳转化率测试结果（%）

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 试样时间（h）（）% | 0d | 10d | 20d | 30d | 40d | 50d | 60d |
| 1号 | 21.3 | 26.5 | 30.4 | 36.7 | 39.0 | 42.1 | 46.6 |
| 2号 | 18.1 | 19.4 | 23.5 | 29.0 | 30.1 | 35.2 | 39.5 |
| 3号 | 12.5 | 13.2 | 16.7 | 19.4 | 22.6 | 26.7 | 35.8 |
| 4号 | 21.5 | 24.9 | 27.8 | 39.9 | 56.2 | 70.5 | 88.9 |
| 5号 | 20.6 | 22.6 | 27.8 | 34.8 | 39.2 | 60.3 | 77.1 |
| 6号 | 19.3 | 20.3 | 28.9 | 38.1 | 43.9 | 57.1 | 65.4 |

通过以上数据能够看出，不同的样品处理条件，生物转化率的测定值都有不同程度的变化，随着老化时间的加长，生物转化率在持续的增长，PE生态降解薄膜类制品在氙灯老化条件120小时，紫外灯老化条件14天，热氧老化处理90天，自然曝晒（累计辐照达510MJ/m2）2个月左右后生物分解率均达到70%以上，后续试验验证，随着时间的进一步增加，生物碳转化率还会持续增长，但考虑样品收集难度增加及检测效率，我们将生物碳转化率指标定为不低于70%，而普通的PE塑料薄膜制品和PP片材尽管生物碳转化率有所增长，但增长较PE生态降解塑料缓慢，最大值为46.6%。另外为了验证方法的科学性和准确性，我们还设计了两个试验：（1）测试了纯PE粉末（重均分子量Mw:22.8万）和微晶纤维素的生物碳转化率，测得值分别为0.1%和91%；该测试结果证明了PE塑料中的有机碳均为惰性有机碳，无生物同化能力；微晶纤维素为堆肥试验中测试生物分解率的参比样品，为公认的全生物降解材料，其生物碳转化率和生物分解率测试结果基本吻合。（2）将生物碳转化率达到70%的PE生态降解塑料降解产物进行堆肥试验测试：157天，降解产物的生物分解率达到60%。173天，降解产物的生物分解率达到90.2%，相对生物分解率92.3%。该测试结果进一步证明了PE降解产物生物碳转化率和生物分解率的一致性，该降解产物生物分解率测试基本数据及样品的二氧化碳释放曲线和生物分解率曲线图见表8，图1～2，。另外验证了生物碳60%以上的降解餐盒降解产物的生物分解率和相对生物分解率，在201d生物分解率和相对生物分解率分别达到了84.7%，90.3%，具体数据见附件1。

表8 PE降解产物堆肥试验数据

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 空白试验CO2释放量，g | 试验样品CO2释放量，（实际）g | 参比材料CO2释放量，（实际）g | 试验样品CO2释放量，（理论）g | 参比材料CO2释放量，（理论）g |
| 天数 | 空白1 | 空白2 | 空白3 | 试样1 | 试样2 | 试样3 | 纤维素1 | 纤维素2 | 纤维素3 | 136.14 | 80.54 |
| 45 | 14.72  | 14.92  | 14.91  | 45.78  | 45.63  | 45.89  | 75.56  | 75.76  | 76.81  |
| 151 | 24.25  | 24.36  | 24.31  | 107.13  | 107.02  | 107.51  | 93.58  | 93.52  | 93.89  |



图1 PE降解产物堆肥试验二氧化碳释放曲线图



图2 PE降解产物堆肥试验生物分解率曲线图

为测试标准的普适性，分别收集了由山东天壮环保科技有限公司，潍坊华南环保科技有限公司、宿州妙顺环保科技有限公司、山东胜洋新型材料有限公司、青岛百家塑胶有限公司提供的PE降解薄膜袋20批次，PP降解餐盒10批次。按照四种老化条件（A：自然曝晒（累计辐照能量510MJ/m2）B:累计辐照能量26/78MJ/m2；C:紫外线加速箱曝晒14/28天；D：热氧老化，具体方法见标准6.8.1）处理后对其拉伸断裂伸长率保留率（纵/横）、Mn、Mw下降率、且Mw＜10000的百分含量、羰基指数及生物碳转化率进行了测试，测试结果见表9，五家企业提供的样品检测结果表明聚烯烃降解塑料制品采用不同老化方式降解性能均满足了标准规定的技术指标。

表9 30批次PE降解塑料袋检测检测结果

|  |  |
| --- | --- |
| 老化方式 | 降解性能评价要求 |
| 拉伸断裂伸长率保留率（纵/横）% | 数均分子量Mn | Mw下降率，% | Mw≤10000的比例，% | 羰基指数 | 生物碳转化率，% |
| A | 试样为碎片，无拉伸强度 | 2368 | 86.2 | 57.5 | 2.38 | 79.2 |
| A | 试样为碎片，无拉伸强度 | 947 | 89.9 | 63.4 | 3.75 | 88.9 |
| A | 1.66 | 3745 | 79.3 | 44.8 | 2.60 | 76.3 |
| A | 2.34 | 3998 | 77.6 | 35.2 | 1.49 | 71.3 |
| A | 3.15 | 4539 | 75.8 | 25.6 | 1.98 | 73.4 |
| A | 3.49 | 4742 | 71.8 | 20.4 | 1.67 | 64.9 |
| A | 3.09 | 3987 | 78.6 | 26.9 | 1.79 | 63.2 |
| B | 3.02 | 4986 | 82.1 | 29.7 | 2.03 | 70.9 |
| B | 试样为碎片，无拉伸强度 | 3214 | 86.1 | 41.6 | 2.89 | 81.3 |
| B | 4.07 | 3868 | 76.2 | 37.5 | 1.38 | 79.2 |
| B | 4.58 | 4940 | 70.9 | 23.4 | 1.15 | 70.1 |
| B | 试样为碎片，无拉伸强度 | 3745 | 79.3 | 44.8 | 2.60 | 76.3 |
| B | 试样为碎片，无拉伸强度 | 2298 | 77.6 | 35.2 | 1.49 | 61.3 |
| B | 4.00 | 4039 | 75.8 | 25.5 | 1.98 | 63.4 |
| B | 4.17 | 4638 | 70.3 | 28.6 | 1.25 | 61.2 |
| C | 3.75 | 4331 | 80.5 | 31.7 | 1.83 | 73.9 |
| C | 2.76 | 4006 | 81.1 | 35.2 | 1.47 | 73.4 |
| C | 1.75 | 3086 | 82.1 | 39.7 | 2.03 | 72.9 |
| C | 3.35 | 3985 | 75.4 | 26.4 | 2.27 | 71.4 |
| C | 2.06 | 2968 | 80.1 | 39.5 | 1.89 | 64.3 |
| C | 试样为碎片，无拉伸强度 | 3368 | 86.2 | 57.5 | 2.08 | 67.2 |
| C | 试样为碎片，无拉伸强度 | 4023 | 89.9 | 63.4 | 2.85 | 68.5 |
| C | 2.96 | 3745 | 79.3 | 44.8 | 2.60 | 76.3 |
| D | 1.02 | 1018 | 77.6 | 35.2 | 1.49 | 71.3 |
| D | 4.21 | 4539 | 75.7 | 25.6 | 1.68 | 74.4 |
| D | 4.35 | 4986 | 72.1 | 39.3 | 2.71 | 70.0 |
| D | 4.21 | 4503 | 75.8 | 25.6 | 1.52 | 70.8 |
| D | 4.35 | 4476 | 72.1 | 21.3 | 2.74 | 75.1 |
| D | 4.21 | 4129 | 73.2 | 35.6 | 1.60 | 70.6 |
| D | 试样为碎片，无拉伸强度 | 3815 | 84.9 | 52.3 | 2.27 | 63.3 |
| D | 试样为碎片，无拉伸强度 | 3023 | 81.5 | 50.1 | 2.00 | 65.2 |

1.

四、预期达到的经济社会效益、对产业发展情况的作用

随着限塑令实施，可降解塑料产品检验市场需求增大，预期的经济效益会很好，同时国家对食品相关产品质量安全的重视力度加大，所以在新的监管形势下，需要对可降解塑料制品的合规性进行监测，并对风险进行评价。成果将应用于监管部门、质检机构及生产企业。

五、以国际标准为基础的起草情况，以及引用或采用国际国外标准情况

本标准部分采用国外标准PAS 9017:2020 《Plastics-Biodegradation of polyoleﬁns in an open-air terrestrial environment-Speciﬁcation塑料-聚烯烃在露天陆地环境中的生物降解规范》。

六、与有关法律、法规及相关标准的关系

本标准与我国有关法律、法规、规章及相关标准无冲突。是对国家相关标准的有效补充。

七、重大分歧意见的处理经过和依据

无

八、涉及专利的有关说明

本标准适用的产品涉及发明专利《一种可降解塑料降解性能的快速检测方法》(专利号ZL 202111094366.6，已授权)，专利权人山东省产品质量检验研究院，专利申请日是2021年9月17日。现已确定该标准主要起草单位为山东省产品质量检验研究院。

九、实施团体标准的要求和措施建议

建议面向用户及潜在用户进行团体标准宣贯。

十、其它应予说明的事项

无。