

《塑料 再生塑料 第 13 部分：聚苯醚（PPE）材料》

国家标准

（征求意见稿）

编 制 说 明

《塑料 再生塑料 第 13 部分：聚苯醚（PPE）材料》

国家标准制定工作组

上海聚威新材料股份有限公司

2025 年 2 月

# 《塑料 再生塑料 第 13 部分：聚苯醚（PPE）材料》国家标准 (征求意见稿)

## 编制说明

### 1 任务来源、制修订背景和主要起草过程

#### 1.1 任务来源

根据国标委发【2024】25号文，GB/T 40006.13《塑料 再生塑料 第13部分：聚苯醚（PPE）材料》国家标准制定项目已被列入国家标准化管理委员会2024年第三批推荐性国家标准计划，计划编号：20241698-T-606。标准负责起草单位为上海聚威新材料股份有限公司，由全国塑料标准化技术委员会（SAC/TC15）技术归口，全国塑标委再生塑料工作组（TC15/WG2）具体牵头组织标准制定各阶段工作。

本标准制定的起止时间为2024年5月~2025年11月。

#### 1.2 制修订背景

聚苯醚，简称PPE（Polypheylene ether），是五大工程塑料之一。PPE原粉耐冲击性能差，不经过改性没有实用价值。市场消费的PPE多为经过改性的共混物（MPPE）。PPE纯树脂（又称PPE原粉）通常通过混合、添加聚苯乙烯（PS）、尼龙（PA）等填充物和助剂而得到PPE改性产品，其中市面上产销量最大的为PPE+PS改性产品，本标准的适用对象也为再生PPE+PS改性产品。PPE凭借其优异的性能，在超高频电子元件、光伏面板、印刷电路板、锂离子电池、5G天线罩等诸多新领域得到了应用，现已成为5G通信、新能源汽车、集成电路芯片等国家战略新兴产业的重要材料。在PPE工程塑料应用行业中，汽车产业是最具发展潜力的行业之一。随着汽车轻量化技术的不断突破，发达国家平均每辆轿车各类塑料用量已达到150kg以上。工程塑料在汽车行业中的应用前景十分广阔，主要用于外饰件、发动机周边部件及电子电气系统，而PPE作为比重最轻的工程塑料，将在汽车轻量化进程中扮演越来越重要的角色。

全球PPE产能高度集中，长期被沙特基础工业和日本旭化成两家企业垄断，全球拥有万吨级PPE生产能力的企业较少，主要包括沙特基础工业、日本旭化成、南通星辰、大连中沐、日本三菱工程、上海鑫宝六家企业。此外，江苏京腾昊桦目前处于试生产状态，尚未批量生产。因今年上海鑫宝邯郸工厂工艺改造，全年无量，目前在产的企业仅有南通星辰和大连中沐，月产量在6000吨左右。除去企业例行检修，预计2023年全年产量不到7万吨。但国内MPPE加工企业产能在30万吨以上，按改性比例45%计算，PPE需求量在13.5万吨左右，国内供应有6.5万吨的缺口，依靠进口来填补。

PPE由于其具有尺寸稳定、耐水、耐高低温冲击、电绝缘性好，密度小等优点，最适合应用于车载电池支撑材料和壳体材料，在电动汽车电池、汽车轻量化、光伏电池背板及连接器等领域起到举足轻重的作用，短时期内难以替代。近年来，PPE市场呈现严重供不应求的局面与电动汽车的飞速发展密切相关，预计这种局面仍将维持较长时间。

对废弃PPE塑料回料进行改性使其重复使用，这对为行业提供高性能的再生原料、为社会提供清洁能源循环利用途径以及实现塑料的资源再生利用而言具有重要意义。但是，与原料不同的是，PPE等再生料由于经过多次加工改性，再生料的高分子出现开始降解、分子量下降、分子量分布宽、并且含有多种不相容成分，这导致了利用PPE等再生料会出现粒子质脆，抗冲击强度，拉伸强度和断裂伸长率等力学物理机械性能及耐老化性大幅度下降的问题。目前国内回收市场中多以中小企业为主，PPE回收料以电子电器和汽车零部件、注塑厂水口为主，因此再生PPE的品质也良莠不齐。

随着我国对循环经济的大力倡导，未来塑料循环经济产业也必然将迎来新一轮升级。建立再生循环塑料产品的国家标准，引导再生塑料产业升级，对塑料循环经济产业的健康持续发展具有重要的意义。在此背景下，我国已经陆续出台了一系列再生塑料国家标准，5大工程塑料中的聚碳酸酯（PC），聚酰胺（PA）、聚酯中的聚对苯二甲酸乙二醇酯（PET）已经在2021年发布。然而，其它工程塑料即聚酯中的聚对苯二甲酸丁二醇酯（PBT），聚甲醛（POM），聚苯醚（PPE）还缺乏细化的再生塑料产品标准。PPE市场消费量虽低于聚酰胺（PA）、聚碳酸酯（PC）和聚对苯二甲酸丁二醇酯（PBT），但其在高端领域的不可替代性显著，市场需求呈稳步增长趋势。中国作为消费大国，近年来通过技术引进与自主研发逐步提升产能，但高端PPE原粉及改性产品仍主要依赖进口。随着“双碳”目标推进，工程塑料的轻量化与循环利用需求激增，PPE的再生利用成为行业关注焦点，建立PPE材料的再生产品国家标准已经迫在眉睫。

该产品国家标准制定完成后，将使各生产企业产品的命名规范，分类更加科学，同类产品具有可比性，有助于规范市场，指导使用。产品标准中环保指标的设定将为人体健康和环境保护提供技术保障，标准的实施将有助于再生聚苯醚塑料材料产品标准化，有助于客户在选取再生聚苯醚塑料材料产品时对不同生产企业的产品进行比较，有助于供需双方获取好的经济效益。

### 1.3 主要起草过程

#### 1.3.1 起草阶段

##### 1.3.1.1 国内外标准调研

2024年1月~3月，标准制定工作组对国内外再生塑料标准情况进行了调研，到目前为止，查询到以下现行有效的国内外相关标准，见表1。

表1 国内外团体及以上标准情况

序号	标准号	标准名称	类别
1	GB/T 41874-2022	塑料 聚苯醚（PPE）树脂	产品
2	HG/T 2232-1991	改性聚苯醚工程塑料	产品
3	SJ 52142/2-2003	覆铜箔聚苯醚玻纤布层压板详细规范	产品
4	T/QGCML 4735-2024	导热绝缘聚酰胺聚苯醚合金材料	产品
5	GB/T 26125	电子电气产品六种限用物质（铅、汞、镉、六价铬、多溴联苯和多溴二苯醚）的测定	方法
6	SN/T 0570	进口可用作原料的废物放射性污染检验规程	方法

7	SN/T 3095	初级性状的塑料树脂与回收再生塑料树脂的鉴别方法	方法
8	EN 15347	Plastics — Recycled plastics — Characterisation of plastics wastes	方法
9	GB/T XXXX.1-XXXX 20221922-T-606 (已报批)	塑料 聚苯醚 (PPE) 模塑和挤出材料 第1部分: 命名系统和分类基础	基础
10	GB/T XXXX.2-XXXX 20221922-T-606 (已报批)	塑料 聚苯醚 (PPE) 模塑和挤出材料 第2部分: 试样制备和性能测定	基础
11	ISO 20557-1:2018	Plastics - Poly(phenylene ether) (PPE) moulding and extrusion Materials - Part 1: Designation system and basis for specifications	基础
12	ISO 20557-2:2018	Plastics - Poly(phenylene ether) (PPE) moulding and extrusion materials - Part 2: Preparation of test specimen and determination of properties	基础
13	HJ/T 231-2006	环境标志产品技术要求 再生塑料制品	基础
14	GB/T 40006.1-2021	塑料 再生塑料 第1部分: 通则	基础
15	GB/T 30102-2013	塑料 塑料废弃物的回收和再循环指南 (ISO 15270:2008, IDT)	基础
16	GB/T 26572	电子电气产品中限用物质的限量要求	基础
17	GB 34330-2017	固废鉴别通则	基础
18	HJ/T 298	危险废物鉴别技术规范	基础
19	HJ/T 364	废塑料回收与再生利用污染控制技术规范	基础
20	ISO 15270: 2008	Plastics — Guidelines for the recovery and recycling of plastics waste	基础
21	ASTM D7209-06	Standard Guide for Waste Reduction, Resource Recovery, and Use of Recycled Polymeric Materials and Products	基础
22	EN 15343	Plastics - Recycled Plastics - Plastics recycling traceability and assessment of conformity and recycled content	基础
23	CEN/TR 15353	Plastics — Recycled plastics — Guidelines for the development of standards for recycled plastics	基础
24	EN 17134	Classification and marking of plastics recyclates — General	基础
25	ASTM D4349-22	Classification System and Basis for Specification for Polyphenylene Ether (PPE) Materials	基础

表1列出了目前与聚苯醚(PPE)塑料材料相关的标准共计25项(含2项正在报批PPE相关国家标准),其中产品标准4项,试验方法标准4项,基础标准17项;国家标准8项,行业标准7项,团体标准1项,国外标准9项。在聚苯醚塑料材料相关国际标准或国外先进标准中,ISO 15270:2008 Plastics — Guidelines for the recovery and recycling of plastics waste 我国已等同转化成国家标准GB/T 30102-2013“塑料 塑料废弃物的回收和再循环指南”。在此基础上,我国进一步完善了涉及再生塑料的GB/T 40006系列标准。然而,目前与PPE有关的已发布产品标准虽然有4项(国家标准1项,行业标准2项,团体标准1项),但没有一项产品标准涉及再生PPE。可以看出再生PPE塑料材料相关国内标准产品标准欠缺。

目前，针对再生 PPE 产品标准，尚没有成熟的产品标准可以借鉴。仅有少量的 GB 基础标准、ISO 基础方法标准以及 EN 关于回收塑料的标准系列，可为此次制定标准参考。以上标准为本部分标准及本系列标准的制定提供了参考。

调研了再生聚苯醚塑料材料产品涉及的测试项目主要包括以下几类：

- 1) 表观（外观）：主要包括杂质（金属、木屑、泥沙和纸屑等）、洁净度（含油污、水分等）、颗粒尺寸、性状、颜色、色差、颗粒外观、磁性粒子数量等；
- 2) 材料主体定性：红外定性；
- 3) 环保要求：重金属、危险化学品、气味、放射性等；
- 4) 物性要求：灰分、密度、熔体流动速率、拉伸性能、弯曲性能、冲击性能等。

### 1.3.1.2 国内外行业情况调研

#### 1.3.1.2.1 国外再生聚苯醚（PPE）塑料材料的应用及生产情况

据行业分析，2023 年全球 PPE 市场需求量约 85 万吨，其中主要应用领域包括：光伏和储能行业：光伏连接器、光伏接线盒等；汽车工业：发动机周边部件、连接器、传感器、电子控制单元等；电子电器：用于高频电路板、IC 托盘、5G 通信设备外壳、充电桩组件、电控盒、LED 数码屏套件、电器骨架、充电器外壳等；工业设备：如耐腐蚀泵阀、高温管道、水泵叶片、水阀叶轮、水阀阀芯等。随着新能源汽车对轻量化材料的需求增长，5G 基站和物联网设备的小型化趋势，欧盟、中国等地区对汽车碳排放的严格法规发布，推动了对高性能绝缘材料和轻量化材料的需求。预计到 2028 年全球 PPE 需求量将突破 120 万吨，年复合增长率约 6.5%，其中，新能源汽车和可再生能源设备（如光伏逆变器）将成为主要增长点。

根据全球塑料回收数据，2022 年全球塑料回收率约为 10%，其中 PPE 因技术复杂性和回收成本较高，回收率低于行业平均水平。初步估算，全球再生 PPE 年产量约 5~8 万吨，占 PPE 总消费量的 6%~10%。

SABIC 通过从垃圾填埋场和海洋中转移塑料废物并应用创新技术，开发出具有与原始树脂具备相似的特性和性能的新材料。这种方法有助于延长废弃塑料的有用寿命、增加其价值并扩大其可用的应用类型。SABIC 作为全球 PPE 产能最大的企业（占全球产能近 50%），虽然其公开资料中尚未明确提及再生 PPE 产品，但其在阻燃、耐高温改性 PPE 领域的技术积累为再生材料的开发提供了基础。其开发的 NORYL™ 树脂是一种聚苯醚（PPE）合金，含有最高可达 20% 的机械回收聚苯乙烯（PS）。这种材料具有良好的耐热性、优异的电气和水解性能，以及低比重。此外，SABIC 在可再生 PC、PC/ABS、PBT、PET、PS 等领域已有成熟经验，通过化学回收技术将废弃油脂转化为再生材料，未来可能将类似技术迁移至 PPE 领域。旭化成的 PPE 产品（如 X332V、X603V 等型号）以高耐热性、阻燃性和流动性著称，广泛应用于汽车、电子等领域。目前其公开资料未提及再生 PPE 产品，但其在生物基材料和闭环回收体系（如与汽车厂商合作回收塑料废料）中的探索，可能为未来再生 PPE 开发铺路。

#### 1.3.1.2.2 国内再生聚苯醚（PPE）塑料材料的应用及生产

我国是全球工程塑料生产和消费大国，但聚苯醚（PPE）作为高性能特种工程塑料，其生产和应用规模远小于PBT等通用工程塑料。随着新能源汽车、5G通信等新兴产业对高性能材料需求的增长，PPE的消费量逐年上升，但再生PPE产业仍处于起步阶段。据《中国再生塑料行业发展报告(2023年度)》数据，2022年我国总体废塑料回收总量1900万吨，回收率约30%，处于全球较高水平。但考虑到PPE因技术复杂性和回收成本较高（1. PPE主链含苯环和醚键，需高温加工，回收过程中易发生热氧化降解，导致力学性能显著下降；2. PPE常与PS、PA等塑料共混，废弃后难以通过物理分选获得高纯度再生料），回收率远低于行业平均水平。结合行业数据，预计再生PPE的年回收量在2万吨左右，远低于再生PET（约540万吨/年）、PBT（约22万吨/年）等再生工程塑料回收量。

目前，国内做循环再生PPE的企业主要有三种。第一种是传统的再生PPE回收、造粒企业。这些传统从事再生PPE回收、简单熔融造粒的企业基本都是小微企业，主要将市场回收的PPE废料经过分拣、破碎、熔融造粒等工艺制备成再生粒子，再生粒子纯度、机械性能波动范围较大，且绝大多数企业产能较小。第二种是以再生PPE为原料进一步改性深加工的国内传统中小型企业。这些企业采用再生PPE做原料还停留在以降本为目的的阶段，部分企业为了进一步降低成本，开始向上游回收产业链渗透并建立了自己的原材料回收渠道。近年来随着塑料循环再利用环保理念的推广，多数改性企业开始逐渐转型升级，加大研发投入，开发一定PCR含量的中高端改性PPE产品，但由于企业发展理念、客户群体差异等多种原因影响，这些企业极少有产品获得GRS、UL、SGS等再生塑料来源及含量成分的认证。产品主要有导电PPE、增强PPE、阻燃PPE等，主要用于电子电器和汽车等领域。第三种是近年新入局的大型改性企业。这些企业以国际知名的化工企业为主，从保护环境、降低二氧化碳排放的角度出发，基于社会责任承诺在产品中添加一定比例的再生塑料，不过根据网上公开信息还未有大型企业生产再生PPE产品。

### 1.3.1.3 第一次工作会会议

2024年5月13-15日，由全国塑料标准化技术委员会再生塑料工作组主办的《塑料 再生塑料 第4部分：聚烯烃混合物材料》等15项国行标制定工作会会议在四川成都顺利举办。此次会议近百家企业和机构参与，上海聚威新材料股份有限公司作为《塑料 再生塑料 第13部分：聚苯醚(PPE)材料》标准负责起草单位也参加了本次会议。本次工作会首先就标准研制与编写方法和要求、标准审核方法及案例分析、塑料领域标准审查问题等问题进行了培训，标准负责起草单位上海聚威新材料股份有限公司向与会代表汇报了标准前期调研工作、标准制定工作方案(草案)和标准文本工作组草案，与会代表对验证试验安排、分工、工作进度和要求等工作内容进行了热烈讨论、提出了意见和建议。经讨论，会议同意负责起草单位提出的工作方案，就工作方案提出的样品收集与分发、验证试验工作安排以及标准文本工作组草案等达成以下一致意见：

#### 1) 样品的收集

- a) 样品种类，请参会的生产企业或研究院所尽量提供不同水平的样品，请各海关技术中心按材料进口情况酌情安排有代表性的样品种类和数量；
- b) 样品取样量，5kg/样品。送样包装袋上务必标注好送样单位、样品名称和样品编号等信息。

2) 样品的分发, 样品快递至各参加验证试验单位后, 请于收到样品后 1 个月内尽快按工作方案要求开展试验;

3) 请负责起草单位和工作组相关协会单位会后联系更多的再生 PPE 生产企业及下游企业参与标准制定工作特别是样品收集和验证试验, 工作组秘书处协助开展此项工作;

4) 请再生 PPE 塑料生产企业收集本企业典型产品至少 10 批次产品数据;

5) 关于标准文本工作组草案稿;

a) 聚苯醚标准简写要符合国家标准/国际标准规定, 统一为 PPE;

b) 需要明确 PPE 合金 (PPE+HIPS) 再生料中 PPE 占比 50%以上, 增加再生 PPE 行业规模介绍等;

c) 关于放射性物质检测, 原则上按照 GB/T 40006.1 及已发布的其他各部分标准的编写原则, 但应进一步调研近期相关政策要求。

#### 1.3.1.4 样品收集

本次会议后, 牵头单位收集到本企业 10 个再生 PPE 样品, 之后标准起草工作组通过电话、微信的方式呼吁更多的企业提供样品。至 2024 年 12 月合计完成 11 个样品的收集。

#### 1.3.1.5 多次参加工作组线上会议

2024 年 7 月 8 日, 全国塑标委再生塑料工作组 (TC15/WG2) 以腾讯会议 (会议号: 890-183-356) 形式组织召开了再生塑料工作组会议, 来自全国塑料标准化技术委员会及 WG2 工作组和起草单位的代表参加了会议, 会议再次对标准制定工作进行了督办, 协调了让各相关企业帮忙提供试验样品事宜, 并对收集样品做了具体要求。项目标准起草组向与会代表汇报了第一次工作会后修改的标准文本工作组草案、样品收集情况以及试验方案。与会代表重点讨论了试验方案, 并提出了修改意见和建议。

#### 1.3.1.6 验证试验

2024 年 10 月至 2025 年 1 月, 标准工作组开展验证试验, 按试验方案对样品的“性状及外观”、“材料主体定性”、“环保安全卫生性能” (如重金属含量、多溴联苯及其他有机物含量等)、“物理性能” (如熔体质量流动速率、密度、灰分等) 以及力学性能 (拉伸、弯曲和冲击) 和磁性粒子等测试项目进行了验证。

#### 1.3.1.7 提交征求意见稿

2025 年 2 月, 起草工作组对收集全部验证数据进行汇总, 分析讨论, 根据试验结果, 编写完成了标准文本和编制说明的征求意见稿, 提交 WG2 工作组秘书处。

WG2 秘书处组织专家进行初审并反馈修改意见, 形成征求意见稿, 提交 TC15 秘书处。

### 1.3.2 征求意见阶段

#### 1.3.3 送审阶段

#### 1.3.4 报批阶段

#### 1.3.5 主要起草单位和起草人及主要工作

起草单位: 本文件由上海聚威新材料股份有限公司等单位共同起草。

主要起草人:。

## 2 标准编制原则和主要内容的确定

### 2.1 标准编制原则

2.1.1 本标准以“合理利用现有资源，积极采纳国内优质产品指标和先进技术，促进技术进步，提升产品稳定性，满足用户要求，保护消费者利益，提高我国再生塑料材料的竞争力”为原则，严格按照 GB/T 1.1—2020 的规范要求进行编写。

2.1.2 标准符合国家有关法律法规、强制性标准及相关产业政策要求。

2.1.3 本标准规定的试验方法和检验规则应切实可行，具有可操作性，试验方法尽量采用已有的国家标准或行业标准。

### 2.2 标准主要内容的确定

按本标准制定的基本原则及工作方案，标准制定工作组以调研、验证试验和数据积累为基础，确立了标准各项技术内容设置思路和具体内容。

#### 2.2.1 “范围”的确定

根据前期调研和工作组工作会议讨论，并从与该系列标准的第1部分：通则以及其他部分的协调一致性等方面考虑，确定本文件规定的内容除了对试验方法改用“描述了”以符合GB/T 1.1的要求，其他规定的内容与系列标准的其他部分产品标准规定的内容一致；增加“PPE质量占比50%以上”的内容，最终适用范围确定为：

“本文件规定了聚苯醚（PPE）再生塑料的分类与命名、要求，描述了PPE再生塑料的试验方法，规定了PPE再生塑料的检验规则、标志和随行文件、包装、运输和贮存。

本文件适用于以废弃的聚苯醚（PPE）塑料为原料，经筛选、分类、清洗、挤出熔融造粒等工艺制成的颗粒状聚苯醚再生塑料材料，其中PPE质量占比50%以上。

本文件不适用于来自医疗废物、农药包装等危险废物和放射性废物的聚苯醚（PPE）再生塑料。

本文件不适用于聚苯醚（PPE）和其他塑料材料再加工的混合塑料。

#### 2.2.2 “术语和定义”的确定

为便于对文本的理解，本文件共给出了1个术语。针对再生PPE产品的特点，技术指标中增加了“磁性粒子数量”测试项目，从对产品的洁净度和纯度进行进一步的表征。

#### 2.2.3 “分类与命名”的确定

按照再生塑料标准体系，聚苯醚（PPE）再生塑料的命名和分类按 GB/T 40006.1 规定进行。根据再生 PPE 材料的特点，选择了熔体质量流动速率（MFR）和灰分两项作为其特征性能，特征性能的分类根据市场上产品的应用情况及所验证试验样品的数据，将熔体质量流动速率（MFR）分为 $\leq 10$  g/10min、 $> 10 \sim 20$  g/10min、 $> 20 \sim 40$  g/10min 三档，数字代号分别为 01、02、03。对于聚苯醚/高抗冲聚苯

乙烯合金 (PPE+HIPS) 再生塑料, 将灰分分为 $\leq 1\%$ 、 $> 1\% \sim 5\%$ 两档, 数字代号分别为 01、02, 其中灰分 $\leq 1\%$ 对应了相对纯度较高的高品质再生 PPE 产品。

示例: 来源于工业品 (1) 的聚苯醚/高抗冲聚苯乙烯合金 (PPE+HIPS) 再生塑料, 黑色 (B1), 圆柱状 (C), 不含填料, 用于注塑 (M), 熔体质量流动速率 (MFR 280° C/5kg) 为 15g/10 min (02), 灰分为 0.5% (01), 其命名为 GB/T 40006.1—2021-PPE+HIPS (REC)-B1-C-1,,M,02-01, 简化标识为: PPE+HIPS (REC) B1-C-1。

## 2.2.4 通用性能

### 2.2.4.1 主体材料的确定

聚苯醚再生塑料的材料定性, 采用红外谱图特征峰来确定。

#### 2.2.4.1.1 红外光谱方法

按GB/T 40006.1—2021中附录A规定的测试方法。在测试再生PPE+HIPS前, 先测试使用傅里叶变换红外光谱 (FTIR) 对PPE+HIPS合金进行定量分析: 配制不同质量比的PPE+HIPS合金 (PPE质量占比分别为60%、80%), 基于PPE 1240  $\text{cm}^{-1}$  (C-O-C) 和HIPS 700  $\text{cm}^{-1}$  (苯环) 特征峰, 通过标准曲线法 (峰面积比vs比例) 测定组分, 需基线校正并验证线性 ( $R^2 > 0.99$ )。

### 2.2.4.2 限用物质含量

#### 2.2.4.2.1 重金属含量

实验室进行了全部样品的重金属含量测试。按GB/T 40006.1—2021中6.2.1的规定进行了限用物质 (重金属含量) 试验, 包括铅、汞、镉和六价铬。

实验室测试全部样品的铅、汞和六价铬含量均为 $< 1000\text{mg/kg}$  ( $< 0.1\%$ ), 镉的含量为 $< 100\text{mg/kg}$ 。

以上结果表明验证样品均能够符合GB/T 40006.1铅、汞和六价铬小于0.1%, 镉小于0.01%的要求。因此, 与本系列标准第1部分 (GB/T 40006.1) 规定一致, 采用ROHS 2.0的规定的要求, 即铅 (Pb)  $\leq 0.1\%$ , 汞 (Hg)  $\leq 0.1\%$ , 镉 (Cd)  $\leq 0.01\%$ , 六价铬 (Cr VI)  $\leq 0.1\%$ 是适宜的。

#### 2.2.4.2.2 多溴联苯及其他有机物

实验室进行了全部样品的多溴联苯及其他有机物测试。按GB/T 40006.1—2021中6.2.2规定进行试验, 包括多溴联苯 (PBB)、多溴二苯 (PBDE)、邻苯二甲酸二 (2-乙基己基) 酯 (DEHP)、邻苯二甲酸甲基丁酯 (BBP)、邻苯二甲酸二异丁酯 (DIBP) 和邻苯二甲酸二丁基酯 (DBP) 等六种限用物质, 测试全部样品的含量为 $< 1000\text{mg/kg}$ , 即 $< 0.1\%$ 。

以上结果表明说验证样品均能够符合GB/T 40006.1的表7规定的以上六种限用物质限量均 $< 0.1\%$ 的要求。因此, 与本系列标准第1部分 (GB/T 40006.1) 规定一致, 采用其规定的限量要求是适宜的。

### 2.2.4.3 放射性物质的确定

放射性物质与本系列标准第1部分 (GB/T 40006.1) 规定一致, 本部分未作验证。

### 2.2.4.4 一般要求

根据再生塑料特性, 与其他再生塑料一致, 经会议讨论确定PPE再生塑料的一般要求为:

聚苯醚（PPE）再生塑料无杂质，无油污。颗粒大小应均匀，无明显色差。

#### 2.2.4.5 状态试样状态调节和试验标准环境

除非试验方法中另有规定，试样的状态调节应按 GB/T 2918 的规定进行。状态调节的条件为温度  $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度  $(50 \pm 10)\%$ ，时间至少 16 h。

除非试验方法中另有规定，试验应在 GB/T 2918 规定的标准试验环境下进行，温度  $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度  $(50 \pm 10)\%$ 。

#### 2.2.4.6 试样制备

聚苯醚（PPE）再生塑料按 GB/T 39812-2021 规定，采用注塑进行性能测定试样的制备。

采用 GB/T 17037.1 标准中的 ISO/GB 相关模具制备符合 GB/T 1040.2—2022 中 1A 型试样，以及制备 GB/T 9341 80 mm×10mm×4mm 长条试样。

### 2.2.5 PPE 再生塑料技术要求项目设置和指标的确定

#### 2.2.8.1 项目的确定

根据国内外相关标准及国内行业状况调研，以及工作组会议讨论确定一般检测项目包括颗粒性状及外观、灰分、密度、熔体质量流动速率及其变异系数、拉伸强度、简支梁冲击和弯曲性能等物理性能。根据 PPE 材料的特性，为有效控制产品的洁净度和纯度，增加了“磁性粒子数”指标项目。

#### 2.2.8.2 各项指标的确定

##### (1) 颗粒外观

实验室对全部 PPE 再生塑料样品进行颗粒外观测试。

—颗粒性状：“颗粒性状”目测结果，为 C 圆柱状冷切，颗粒光滑。

—颜色：“颜色”可作为通用要求，为黑色。

—杂质：目测结果，无杂质，无油污，对颗粒外观中杂质的要求可参照 GB/T 40006.1，列入一般要求中。

—大粒和小粒：采用 SH/T 1541.1 方法。验证数据表明 11 个样品中含有大粒和小粒范围为  $0.06\text{g}/\text{kg} \sim 0.1\text{g}/\text{kg}$ ，考虑到我司对于颗粒大小的控制较同行业平均水平要求更高，因此结合行业经验，建议该指标为设为 1 档， $\leq 1\text{g}/\text{kg}$ 。

##### (2) 灰分

灰分是本产品的两个特征性能之一，由实验室按 GB/T 9345.1 的规定进行了灰分测试，直接煅烧；11 个样品的灼烧温度为  $850^{\circ}\text{C}$ ，其灰分结果在  $0.06\% \sim 0.25\%$  的有 7 个样品；其灰分结果在  $>1\%$ ， $\leq 5\%$  的有 4 个。根据以上数据分析，结合实际应用，建议本标准规定灰分  $\leq 1\%$  和灰分  $\leq 5\%$  两个级别要求。

##### (3) 密度

由公司实验室按GB/T 1033.1进行密度试验，测试了11个样品的密度，试验结果为： $1.041\text{g}/\text{cm}^3\sim 1.102\text{g}/\text{cm}^3$ 。

#### (4) 熔体质量流动速率（MFR）和熔体质量流动速率（MFR）变异系数

按GB/T 3682.1测试了11个样品的MFR, 以及MFR变异系数，其中MFR在 $5\text{g}/10\text{min}\sim 10\text{g}/10\text{min}$ 的有三个样品， $10\text{g}/10\text{min}\sim 20\text{g}/10\text{min}$ 的有五个样品， $20\text{g}/10\text{min}\sim 40\text{g}/10\text{min}$ 有三个样品。熔体质量流动速率变异系数，该项指标可以较好评价MPPE再生塑料样品的均匀性；建议报告MFR实测值和MFR变异系数，MFR变异系数为 $\leq 8\%$ 、 $\leq 9\%$ 和 $\leq 10\%$ 三个级别要求。

#### (5) 拉伸性能

由实验室按照GB/T 1040.2 进行了11个样品的拉伸性能测试，拉伸强度为 $40.5\text{MPa}\sim 56.3\text{MPa}$ ；拉伸断裂标称的数据比较分散。

##### a) 拉伸强度

以“拉伸强度”作为反映MPPE再生塑料拉伸性能指标之一。实验室对统一制样的11个MPPE再生塑料进行拉伸强度性能测定，所有MPPE材料均表现出脆性断裂，其拉伸断裂应力即为拉伸强度。试验结果表明样品拉伸强度最高 $56.3\text{MPa}$ , 最低 $40.5\text{MPa}$ , 11个样品中有四个样品低于 $45\text{MPa}$ , 经数据对比分析，建议灰分 $\leq 1\%$ 的样品拉伸强度为： $\geq 35\text{MPa}$ ；灰分 $\leq 5\%$ 的样品拉伸强度 $\geq 30\text{MPa}$ 。

##### b) 拉伸断裂标称应变

所验证11个样品的拉伸均为脆性断裂，应变值均较低。MFR $\leq 10\text{g}/10\text{min}$ 的三个样品的断裂应变平均值为 $17\%$ ；MFR在 $10\text{g}/10\text{min}\sim 20\text{g}/10\text{min}$ 范围的五个样品的断裂应变平均值在 $9\%\sim 26\%$ ，波动较大，MFR $\geq 20\text{g}/10\text{min}$ 的三个样品的断裂应变平均值在 $9\%\sim 19\%$ 。断裂应变值与MFR的关系不明显，对于材料性能表征没有太大意义，因此建议不设置该项指标，作为附加性能列入资料性附录中。

#### (6) 弯曲性能

实验室按照GB/T 9341进行了11个样品的弯曲性能测试，从分析结果看测试结果比较一致。

##### a) 弯曲强度

弯曲强度在 $70.6\text{MPa}\sim 91.1\text{MPa}$ 。建议灰分 $\leq 1\%$ 的样品的弯曲强度指标为 $\geq 60\text{MPa}$ ；灰分 $\geq 5\%$ 的样品的弯曲强度指标为 $\geq 50\text{MPa}$ 。

##### b) 弯曲弹性模量

弯曲弹性模量在 $2110\text{MPa}\sim 2480\text{MPa}$ 。建议不设置该项指标，只作为附加性能列入资料性附录中。

#### (7) 简支梁缺口冲击强度

简支梁缺口冲击强度可以表征材料的韧性，除了与本身材料有关外，与其含填料量有关，本标准适用范围的产品灰分在5%以下，不是填料高的材料。实验室测试的简支梁缺口冲击强度范围5.6kJ/m<sup>2</sup>~11.2kJ/m<sup>2</sup>，没有显著变化趋势，建议不设置该项指标，只作为附加性能列入资料性附录中。

拉伸、弯曲和冲击性能是表征材料刚性和韧性的重要性能。根据上述试验数据分析，建议本部分力学性能建议设置“拉伸强度”和“弯曲强度”表征MPPE再生塑料物理力学性能；将“拉伸断裂标称应变”、“弯曲弹性模量”和“简支梁缺口冲击强度”作为附加性能。

#### (8) 磁性粒子数

在生产过程中，我们对磁性粒子进行了以下控制措施：1) 原材料端采用 12000 高斯磁力架预防金属进入产品；2) 包装前端配置金属分离器，可将含 0.5mm 铁，含 0.8mm 的不锈钢，含 0.8mm 的有色金属粒子分离。采用 12000 高斯磁棒对 11 个样品进行磁性粒子数量测量，其中 10 个样品未检出，一个样品检出 1 个磁性粒子。结合行业数据，磁性粒子数量分别设置≤1 个/kg 和≤3 个/kg 的要求，从验证数据看该设定指标相对合理。

通过大量试验数据，分析了表征PPE再生塑料的颗粒外观、物理性能和机械力学性能等，同时参考相关标准，建议本部分性能设置颗粒外观、灰分、密度、熔体质量流动速率及变异系数、磁性粒子数；力学性能建议设置“拉伸强度”、“弯曲强度”。将“拉伸断裂标称应变”、“弯曲弹性模量”、“简支梁缺口冲击强度”等作为可选检验项目列入资料性附录中。企业提供的6个牌号共11个批次累积的产品数据见附表1-1至1-6。

建议的聚苯醚再生塑料性能要求见表2，聚苯醚再生塑料的其他性能项目见表3。

表2 聚苯醚/高抗冲聚苯乙烯合金（PPE+HIPS）再生塑料的性状和性能要求

序号	项目	要求					
		PPE+HIPS (REC) ,,, 01-01	PPE+HIPS (REC) ,,, 01-02	PPE+HIPS (REC) ,,, 02-01	PPE+HIPS (REC) ,,, 02-02	PPE+HIPS (REC) ,,, 03-01	PPE+HIPS (REC) ,,, 03-02
1.	颗粒外观（大粒和小粒） /(g/kg) ≤	1	1	1	1	1	1
2.	灰分/ % ≤ (850±50℃)	1	5	1	5	1	5
3.	密度/ (g/cm <sup>3</sup> )	1.03~1.11		1.03~1.11		1.03~1.11	
4.	熔体质量流动速率（MFR） (280℃, 5kg) g/10min	≤10		>10~20		>20~40	
5.	MFR 变异系数/% ≤	6	8	7	9	8	10
6.	拉伸强度/MPa ≥	35	30	35	30	35	30
7.	弯曲强度/MPa ≥	60	50	60	50	60	50
8.	磁性粒子数量	1	3	1	3	1	3

序号	项目	要求					
		PPE+HIPS (REC) ,,, 01-01	PPE+HIPS (REC) ,,, 01-02	PPE+HIPS (REC) ,,, 02-01	PPE+HIPS (REC) ,,, 02-02	PPE+HIPS (REC) ,,, 03-01	PPE+HIPS (REC) ,,, 03-02
	≤ 个/kg						

表 3 聚苯醚/高抗冲聚苯乙烯合金 (PPE+HIPS)

序号	项目	试验方法
1.	拉伸断裂标称应变, %	GB/T 1040. 2
2.	弯曲模量/( MPa)	GB/T 9341
3.	简支梁缺口冲击强度/( kJ/m <sup>2</sup> )	GB/T 1043. 1

### 3 验证试验结果分析、预期经济效益、社会效益和生态效益

#### 3.1 验证试验结果分析

3.1.1 收集样品、试样制备和试验方法及条件等具体情况见本文件2.2中相关内容

3.1.2 涉及本部分的其他试验项目情况及结果讨论见本文件2.2中相关内容

验证试验及结果分析见附件试验报告。

#### 3.2 预期的经济效益、社会效益和生态效益

该标准的制定可以规范再生PPE塑料的生产和使用，将提高再生塑料的质量和安全性，提高其市场竞争力，推动其发展壮大，促进再生经济的良性发展，为企业及相关行业带来可观的经济效益。

国家十四五方案要求：增强塑料可回收再生性，实现塑料同级化、高值化利用。再生塑料标准的制定是环保产业发展中的一项重要举措，PPE再生塑料是塑料再生利用领域的一大品种，制定该国家标准有利于保障消费者购买的再生塑料产品符合质量和安全标准，从而保证消费者权益；同时对于提高PPE材料的资源利用效率和再生PPE的质量，延长材料生命周期、减少环境污染将产生重大的社会效益和生态效益。

### 4 与国际、国外同类标准水平的对比情况（与国际、国外同类标准技术内容的对比情况，或者与测试的国外样品、样机的有关数据对比情况）

尚未调研到国外再生 PPE 材料的产品标准，本标准在产品命名方面与 GB/T 40006.1 保持一致。本标准以国内本领域典型产品的数据及进口产品的验证试验数据为依据，对再生 PPE 塑料产品的外观、气味、重金属含量、多溴联苯、理化性能等各项参数指标作了规定。本系列标准对原料来源不适用于来自医疗废物、农药包装等危险废物和放射性废物的再生塑料做了明确规定，本文件不适用于食品接触材料及用于制备食品接触用制品做了明确规定。

与国际标准对比的具体情况，见 2.2.5。

## 5 采用国际、国外标准情况（以国际标准为基础的起草情况，以及是否合规引用或者采用国际国外标准，并说明未采用国际标准的原因）

本标准制定前，国内PPE再生塑料产品没有统一的国家标准和行业标准。国外ISO和欧盟只有表征PPE再生塑料的基础方法标准，因此本标准在调研国内外的相关标准及国内行业状况的基础上，结合我国PPE树脂产品标准及考虑国内PPE再生塑料产品的具体情况而编制。规范性引用的标准均为我国国家标准和行业标准，未涉及引用国外标准。

## 6 与现行相关法律、法规、规章及相关标准，特别是强制性标准的关系

本标准符合现行法律法规的要求，与现行相关法律、法规及相关强制性国家标准是协调一致的。

## 7 重大分歧意见的处理经过和依据

本标准制定过程中，无重大分歧意见。

## 8 标准涉及专利的情况

本标准相关内容不涉及国内外专利和知识产权的问题。

本标准不存在版权风险。

## 9 实施标准的要求、措施及建议（组织措施、技术措施、过渡期和实施日期的建议等）

9.1 建议作为推荐性国家标准。

9.2 建议标准实施日期为：自发布之日起6个月。

9.3 应在实施前保证标准文本的充足供应，使产品上下游企业、科研院所及检测机构等相关方都能及时获得本标准文本。

9.4 本标准不仅与生产企业有关，而且与用户、检测机构等相关。对于标准使用过程中出现的疑问，起草单位有义务进行必要的解释。

9.5 针对标准使用的不同对象，有侧重点地进行标准的培训和宣贯。建议在相关行业会议上介绍该标准的内容，使业内各企业熟悉该标准。

## 10 关于本标准的其他说明

10.1 建议本文件发布后技术归口单位继续组织标准宣贯并引导企业不断积累“特征性能”和其他重要性能的测试数据，提升再生塑料高品质化应用，也为下一次标准修订奠定基础。

10.2 在本文件制定过程中，可以收集到的企业长期积累数据少，绝大部分验证试验数据来自企业主动提供的样品或海关进口产品。建议本标准发布后，相关企业继续开展产品的验证试验，建议技术归口单位继续组织企业与海关和国内有关质检中心定期开展试验比对，不断积累数据，为下一次标准修订奠定基础。

附表1-1：牌号PPE+HIPS(REC)-B1-C-1,,M,01-01的2个批次累积的产品数据

序号	测试项目	试验方法	计量单位	PPE+HIPS (REC)-B1-C-1, M, 01-01	
				PPE-1	PPE-2
1	颗粒外观颜色	目测	-	黑色	黑色
2	大粒和小粒	SH/T 1541.1-2019	个/kg	0.06	0.05
3	灰分	GB/T 9345.2 A法	%	0.06	0.15
4	密度	GB/T 1033.1	g/cm <sup>3</sup>	1.062	1.065
5	熔体质量流动速率	GB/T 3682.1 280℃/5kg	g/10min	5.3	7.7
6	拉伸强度(速度 50mm/min)	GB/T 1040.2	MPa	55.5	56.3
7	拉伸断裂标称应变	GB/T 1040.2	%	26	18
8	弯曲强度	GB/T 9341	MPa	88.6	89.1
9	弯曲模量	GB/T 9341	MPa	2370	2450
10	简支梁缺口冲击强度(23℃)	GB/T 1043.1	kJ/m <sup>2</sup>	9.8	7.4
11	磁性粒子数量	本文本的 6.9.9	℃	0	0

附表1-2：牌号PPE+HIPS (REC)-B1-C-1, , M, 01-02的1个批次累积的产品数据

序号	测试项目	试验方法	计量单位	PPE+HIPS (REC)-B1-C-1, , M, 01-02
				PPE-3
1	颗粒外观颜色	目测	-	黑色
2	大粒和小粒	SH/T 1541.1-2019	个/kg	0.07
3	灰分	GB/T 9345.2 A法	%	1.25
4	密度	GB/T 1033.1	g/cm <sup>3</sup>	1.065
5	熔体质量流动速率	GB/T 3682.1 280℃/5kg	g/10min	8.1
6	拉伸强度(速度 50mm/min)	GB/T 1040.2	MPa	55.3
7	拉伸断裂标称应变	GB/T 1040.2	%	8
8	弯曲强度	GB/T 9341	MPa	91.1
9	弯曲模量	GB/T 9341	MPa	2490
10	简支梁缺口冲击强度(23℃)	GB/T 1043.1	kJ/m <sup>2</sup>	5.6
11	磁性粒子数量	本文本的 6.9.9	℃	0

附表1-3：牌号PPE+HIPS(REC)-B1-C-1,,M,02-01的3个批次累积的产品数据

序号	测试项目	试验方法	计量单位	PPE+HIPS(REC)-B1-C-1,, M, 02-01		
				PPE-4	PPE-5	PPE-6
1	颗粒外观颜色	目测	-	黑色	黑色	黑色
2	大粒和小粒	SH/T 1541.1-2019	个/kg	0.07	0.05	0.08
3	灰分	GB/T 9345.2 A法	%	0.13	0.25	0.14
4	密度	GB/T 1033.1	g/cm <sup>3</sup>	1.057	1.058	1.063
5	熔体质量流动速率	GB/T 3682.1 280℃	g/10min	13.5	14.7	17.1
6	拉伸强度(速度 50mm/min)	GB/T 1040.2	MPa	45.5	46.3	44.5
7	拉伸断裂标称应变	GB/T 1040.2	%	26	18	14
8	弯曲强度	GB/T 9341	MPa	82.6	79.1	78.6
9	弯曲模量	GB/T 9341	MPa	2370	2450	2270
10	简支梁缺口冲击强度(23℃)	GB/T 1043.1	kJ/m <sup>2</sup>	8.8	7.4	10.6
11	磁性粒子数量	本文本的 6.9.9	℃	0	0	0

附表1-4：牌号PPE+HIPS(REC)-B1-C-1,, M, 02-02的1个批次累积的产品数据

序号	测试项目	试验方法	计量单位	PPE+HIPS(REC)-B1-C-1,, M, 02-02	
				PPE-7	PPE-8
1	颗粒外观颜色	目测	-	黑色	黑色
2	大粒和小粒	SH/T 1541.1-2019	个/kg	0.08	0.1
3	灰分	GB/T 9345.2 A法	%	1.36	4.8
4	密度	GB/T 1033.1	g/cm <sup>3</sup>	1.058	1.102
5	熔体质量流动速率	GB/T 3682.1 280℃/5kg	g/10min	18.4	14.8
6	拉伸强度(速度 50mm/min)	GB/T 1040.2	MPa	49.5	55
7	拉伸断裂标称应变	GB/T 1040.2	%	9	13
8	弯曲强度	GB/T 9341	MPa	80.6	82.6
9	弯曲模量	GB/T 9341	MPa	2470	2480
10	简支梁缺口冲击强度(23℃)	GB/T 1043.1	kJ/m <sup>2</sup>	6.6	6.2
11	磁性粒子数量	本文本的 6.9.9	℃	0	0

附表1-5：牌号PPE+HIPS(REC)-B1-C-1,,M,03-01的2个批次累积的产品数据

序号	测试项目	试验方法	计量单位	PPE+HIPS (REC)-B1-C-1,, M, 03-01	
				PPE-9	PPE-10
1	颗粒外观颜色	目测	-	黑色	黑色
2	大粒和小粒	SH/T 1541.1-2019	个/kg	0.04	0.07
3	灰分	GB/T 9345.2 A法	%	0.13	0.25
4	密度	GB/T 1033.1	g/cm <sup>3</sup>	1.043	1.041
5	熔体质量流动速率	GB/T 3682.1 280℃/5kg	g/10min	25.4	32.7
6	拉伸强度(速度 50mm/min)	GB/T 1040.2	MPa	42.5	40.5
7	拉伸断裂标称应变	GB/T 1040.2	%	19	16
8	弯曲强度	GB/T 9341	MPa	71.6	70.6
9	弯曲模量	GB/T 9341	MPa	2170	2110
10	简支梁缺口冲击强度 (23℃)	GB/T 1043.1	kJ/m <sup>2</sup>	9.6	10.5
11	磁性粒子数量	本文本的 6.9.9	℃	0	0

附表1-6：牌号PPE+HIPS (REC)-B1-C-1,,M, 03-02的1个批次累积的产品数据

序号	测试项目	试验方法	计量单位	PPE+HIPS (REC)-B1-C -1,, M, 03-02
				PPE-11
1	颗粒外观颜色	目测	-	黑色
2	大粒和小粒	SH/T 1541.1-2019	个/kg	0.09
3	灰分	GB/T 9345.2 A法	%	1.56
4	密度	GB/T 1033.1	g/cm <sup>3</sup>	1.044
5	熔体质量流动速率	GB/T 3682.1 280℃/5kg	g/10min	35.4
6	拉伸强度(速度 50mm/min)	GB/T 1040.2	MPa	43.3
7	拉伸断裂标称应变	GB/T 1040.2	%	14
8	弯曲强度	GB/T 9341	MPa	71.2
9	弯曲模量	GB/T 9341	MPa	2230
10	简支梁缺口冲击强度 (23℃)	GB/T 1043.1	kJ/m <sup>2</sup>	11.2
11	磁性粒子数量	本文本的 6.9.9	℃	1