



中华人民共和国国家标准

GB/T 31124-202X

聚碳酸亚丙酯（PPC）

Poly(Propylene Carbonate)(PPC)

征求意见稿

2025-07-25

XXXX-XX-XX 发布

国家市场监督管理总局
国家标准化管理委员会

发布

XXXX-XX-XX 实施

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件代替 GB/T 31124-2014《聚碳酸亚丙酯（PPC）》，与GB/T 31124-2014相比，除结构调整和编辑性改动外，主要技术变化如下：

- 修改了术语和定义中PPC树脂的描述；
- 修改了感官要求；
- 修改了熔体流动速率、挥发份、灰分、密度、相对生物分解率、热分解温度、玻璃化转变温度、数均分子量、多分散指数的指标；
- 增加了醚段含量、环状碳酸酯含量的要求及试验方法。

本标准由全国生物基材料及降解制品标准化技术委员会（SAC/TC380）提出并归口。

本标准起草单位：……

本标准主要起草人：……

聚碳酸亚丙酯（PPC）

1 范围

本标准规定了聚碳酸亚丙酯[poly(propylene carbonate)，以下缩写为PPC]产品的要求、试验方法、检验规则、标志、包装、运输和贮存。

本标准适用于以二氧化碳与环氧丙烷为原料经催化聚合制得的聚碳酸亚丙酯（PPC）树脂和PPC多元醇。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅所注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 1033.3-2010 塑料 非泡沫塑料密度的测定 第3部分：气体比重瓶法

GB/T 1040.2-2006 塑料 拉伸性能的测定 第2部分：模塑和挤塑塑料的试验条件

GB/T 1043.1-2008 塑料 简支梁冲击性能的测定 第1部分：非仪器化冲击试验

GB/T 2547-2008 塑料 取样方法

GB/T 2918-2018 塑料试样状态调节和试验的标准环境

GB/T 3682.1-2018 热塑性塑料熔体质量流动速率和熔体体积流动速率的测定

GB/T 6680-2003 液体化工产品采样通则

GB/T 9345.1-2008 塑料 灰分的测定 第1部分：通用方法

GB/T 9352-2008 塑料 热塑性塑料材料试样的压塑

GB/T 12008.3-2009 塑料 聚醚多元醇 第3部分：羟值的测定

GB/T 12008.5-2010 塑料 聚醚多元醇 第5部分：酸值的测定

GB/T 12008.7-2010 塑料 聚醚多元醇 第7部分：粘度的测定

GB/T 19276.1-2003 水性培养液中材料最终需氧生物分解能力的测定 采用测定密闭呼吸计中需氧量的方法

GB/T 19276.2-2003 水性培养液中材料最终需氧生物分解能力的测定 采用测定释放的二氧化碳的方法

GB/T 19277.1-2011 受控堆肥条件下材料最终需氧生物分解能力的测定 采用测定释放的二氧化碳的方法 第1部分：通用方法

GB/T 19277.2-2013 受控堆肥条件下材料最终需氧生物分解能力的测定 采用测定释放的二氧化碳的方法 第2部分：用重量分析法测定实验室条件下二氧化碳的释放量

GB/T 19466.1-2004 塑料 差示扫描量热法（DSC） 第1部分：通则；

GB/T 19466.2-2004 塑料 差示扫描量热法（DSC） 第2部分：玻璃化转变温度的测定

GB/T 22313-2008 塑料 用于聚氨酯生产的多元醇 水含量的测定

GB/T 28206-2011 可堆肥塑料技术要求

SN/T 3003-2011 塑料 聚合物的热重分析法(TG) 一般原则

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

PPC 树脂 PPC resins

以二氧化碳与环氧丙烷为原料经催化聚合制得的白色、半透明颗粒料。

3.2

PPC 多元醇 PPC polyols

以二氧化碳与环氧丙烷为原料经催化聚合制得的无色透明或微黄色液体。

4 技术要求

4.1 感观

PPC树脂为白色、半透明颗粒料。无异嗅。
PPC多元醇为无色透明或微黄色粘性液体。无异嗅。

4.2 理化指标

4.2.1 PPC树脂性能应符合表1的规定，测试方法见5.3～5.15。

表1 PPC 树脂理化指标

项 目	指 标
熔体流动速率（2.16kg，g/10min，170℃）≤	3
挥发份（60℃，%），≤	0.2～0.5
灰分（850℃，%），≤	0.02～1
密度（g/cm³）	1.20～1.26
生物分解率（180d，%） ^a ，≥	60
热分解温度（℃）（T _{5%} ），≥	220
玻璃化转变温度（℃），≥	30
数均分子量（g/mol），≥	100,000
多分散性指数，≤	3
醚段含量≤	8
环状碳酸酯（PC）含量≤	0.5
重金属含量（%） ^b	符合附录 A 表 A.1 规定
^{a,b} 此项为产品声明是可堆肥塑料或生物分解塑料时要求。	

PPC树脂的拉伸与冲击性能要求本标准不作具体规定，由供需双方协定，试验方法见5.16、5.17。

4.2.2 PPC多元醇理化指标应符合表2的规定。

表2 PPC 多元醇理化指标

项 目	指 标
旋转粘度 (mPa·s, 40℃),	5000-130000
羟值 (mgKOH/g)	14~112 (f=2); 18~168 (f=3)
酸值 (mgKOH/g), ≤	0.5
水 (%), ≤	0.05
重金属含量 (%) ^a	符合附录A表A.1规定
^a 此项为产品声明是可堆肥塑料或生物分解塑料时要求。	

5 试验方法

5.1 感官

采用目测、鼻嗅方法评定。

5.2 试样制备

5.2.1 力学试样制备

压塑试样的制备按GB/T 9352-2008进行, 并按如下条件制备;

- a) 模塑温度: $160 \pm 20^{\circ}\text{C}$;
- b) 模塑压力: 5~15 MPa;
- c) 平均冷却速率: $15 \pm 5^{\circ}\text{C}/\text{min}$;
- d) 制片模具: 采用溢料式模具。

5.2.2 试样的状态调节

试样的状态调节和试验环境按GB/T 2918-1998 进行, 并采用如下条件:

- a) 温度 (23 ± 2) $^{\circ}\text{C}$;
- b) 相对湿度 (45~55) %;
- c) 试样状态调节时间在24h以上。

5.3 熔体流动速率

按 GB/T 3682-2000 规定进行, 测试温度为 170°C , 负荷为 2.16kg, 口模直径为 $2.095 \pm 0.005\text{mm}$ 。

5.4 挥发份

5.4.1 实验仪器

试验仪器包括:

- a) 称量皿: 直径90mm, 高度大于15mm的称量皿;
- b) 电热鼓风干燥箱: ($60 \pm 1^{\circ}\text{C}$);
- c) 分析天平: 0.0001g。

5.4.2 测定方法

称取5~10g PPC树脂样品, 放入烘干至恒重的称量皿内, 在 60°C 电热鼓风干燥箱内烘8h后, 在干燥皿中放至室温, 称重, 记录结果。计算质量差值占原始重量的百分比。

5.4.3 计算结果

按公式(1)计算:

$$X_1 = \frac{M - (M_1 - M_2)}{M} \times 100 \dots\dots\dots(1)$$

式中:

X_1 —挥发份, %;

M —称取PPC的质量, 单位为克(g);

M_1 —烘干后已恒重PPC和称量皿的共同质量, 单位为克(g);

M_2 —已恒重称量皿的质量, 单位为克(g)。

5.5 灰分

按GB/T 9345.1-2008中第一部分试验方法进行, 并采用其中方法A—直接煅烧, 煅烧温度850℃。

5.6 密度

按GB/T 1033.3-2010 塑料密度和相对密度的试验方法的规定进行。

5.7 相对生物分解率

按GB/T 19277.1的规定进行。

5.8 热分解温度

按SN/T 3003-2011 方法测定。称取1~10mg试样, 选择氮气为保护气体, 气流速度为50mL/min, 按20℃/min升温速率程序升温, 以质量损失为5%的温度为指标。

5.9 玻璃化转变温度

按GB/T 19466.1-2004和GB/T 19466.2-2004的规定进行。升温速率为20℃/min。

5.10 分子量测定

用凝胶渗透色谱法(GPC)测定PPC树脂的数均分子量、多分散性指数, 方法见附录B。

5.11 醚段含量及环状碳酸酯含量测定

采用核磁共振氢谱($^1\text{H-NMR}$)测定二氧化碳与环氧丙烷共聚物(PPC)中醚段含量和环状碳酸酯(PC)含量, 方法见附录C。

5.12 重金属含量

按GB/T 28206-2011规定进行, 符合附录A表A.1规定。

5.13 粘度

按照GB/T 12008.7-2010的规定进行。

5.14 羟值

按GB/T 12008.3-2009中规定的方法进行。

5.15 酸值

按照GB/T 12008.5-2010中规定的方法进行。

5.16 水分

按GB/T 22313-2008的规定进行。

5.17 拉伸强度和断裂伸长率

按 GB/T 1040.2-2006 中试验方法进行，并采用如下条件：

- a) 试样为 I 型试样。
- b) 拉伸试验速率：50mm/min.

5.18 简支梁强度

按 GB/T 1843.1-2008 塑料简支梁冲击试验方法进行。

6 检验规则

6.1 组批

按同一生产线上、相同原料、相同配方、相同工艺生产的产品为一批次，每批次不超过100吨。

6.2 抽样

6.2.1 PPC 树脂

按表3抽取样品。

表 3 取样数量

批量范围，包或袋	样本大小，包或袋
1~3	全部样本
4~25	3
26~150	5
151~500	8
>500	13

按GB/T 2547—2008 规定进行，每包取样300g~400g，混匀后分成三份，一份进行分析，另二份装入铝箔袋，真空密封，贴上标签，留样备查。

6.2.2 PPC 多元醇

按GB/T 6680的规定进行抽样。

6.3 出厂检验

PPC树脂出厂检验项目为感观、挥发份、灰份、熔体流动速率。

PPC 多元醇出厂检验项目为感观、旋转粘度、羟值、酸值、水分。

6.4 型式检验

型式检验为全部项目，下列情况下进行型式检验：

- a) 初次投产时；
- b) 正常情况下，型式检验至少一年进行一次；
- c) 原料及生产工艺改变时；
- d) 停产半年以上恢复生产时；
- e) 出厂检验和上次型式检验有较大差异时；
- f) 国家质量技术监督部门有要求时。

备注：型式检验不包括生物降解测试。

6.5 判定规则

当检验结果中，有一项检验项目不合格时，应重新从同批产品中抽取两倍量的样本复验不合格项，以复验结果为准。复检有一项不合格，则判整批为不合格产品。

7 标志，包装，运输和贮存

包装袋/桶上应注明生产厂名、产品名称、批号或生产日期、净重、商标、本标准号、并附有质量检验合格证。

在装卸过程中不得使用铁勾等锐利工具，不得抛掷以免损坏包装袋/桶。运输时，不得在阳光下曝晒或雨淋；不得与沙土，碎金属，煤炭等混合装运；不得与有毒物品、腐蚀性物品以及易燃物混装。

应放置于通风，干燥的仓库内；应远离火源，防止阳光直接照射；不得露天堆放。

(规范性附录)

重金属的最大含量

表A.1 重金属的最大含量

数值以mg/kg干重为单位

元素	美国 ^a	加拿大 ^b	欧盟 ^c	日本 ^d	中国 ^e
Zn	1400	463	150	180	150 ^f
Pd	150	125	50	10	50
Hg	8.5	1	0.5	0.2	2.5
Cr	—	265	50	50	150
^a 此处给出的美国最大金属浓度值为40 CFR 503.13, 表3 (ASTM D 6400中要求) 的50%。 ^b 加拿大的最大金属浓度为BNQ 9011-911-I/2007中的规定值。 ^c 欧盟的最大金属浓度为EN 13432中的规定值。 ^d 日本的最大金属浓度为化肥控制法 (农林渔业部) 和堆肥控制规范 (农业) ^e 中国的最大金属浓度为CJ/T 3059-1996规定的堆肥质量的50%。 ^f 该数值在GB/T 28206-2011没有明确规定, 本标准中规定锌含量为1400mg/kg。					

附 录 B

(规范性附录)

凝胶渗透色谱法 (GPC) 测定 PPC 的数均分子量

B.1 原理

不同分子量的聚合物通过多孔性物质为填料的色谱柱时,由于分子体积大小不同而在色谱柱中保留时间也不同,从而不同分子量聚合物就按分子量从大到小的次序随着溶离液的流出而得到分离。

B.2 仪器

凝胶渗透色谱仪。

B.3 试剂和标准样

B.3.1 四氢呋喃 (THF) 或三氯甲烷 (CHCl_3)

色谱级。

B.3.2 聚苯乙烯标准样

M_p 分子量范围1200—2850000。

B.4 仪器基本组成及检测条件

B.4.1 色谱柱组成

THF或 CHCl_3 三根色谱柱串联,可检测相对分子量范围100—4000000。

B.4.2 流动相

THF或 CHCl_3 ,检测流速为 1ml/min。

B.4.3 检测器

示差检测器,检测温度35℃。

B.4.4 柱箱温度

柱箱温度35℃。

B.4.5 进样体积

自动进样40 μL 。

B.4.6 样品采集时间

样品采集时间28min。

B.4.7 其它

样品过滤头为0.45 μ m以及标准样品瓶。

B.5 检测步骤

B.5.1 开机

B.5.2 标准样溶液的制备

选取6个聚苯乙烯窄分布标样，每个称取约0.01g置于10mL容量瓶中，使标准样品在色谱级四氢呋喃或三氯甲烷中充分溶解，配成浓度约为1mg/mL的溶液，已知6个聚苯乙烯窄分布标样的 M_p 值分别为:3070、7210、19600、55100、133000、275000。

B.5.3 PPC样品制备

用四氢呋喃（THF）或三氯甲烷（CHCl₃）作溶剂配制待测样PPC溶液浓度为1mg/mL。

注：若此浓度在检测时仪器响应值较低，须适当增大溶液浓度重新配制。

B.5.4 制作标准工作曲线，建立处理方法

按 B.4 色谱条件，将 B.5.2 中所制 6 个聚苯乙烯标样溶液用 0.45 μ m 的滤嘴过滤溶液，并用针头依次注射进行实验，得到一系列 GPC 色谱图，将这一系列数据用四阶方程拟合出一条校正曲线，命名建立处理方法，用于校正待测宽分布样品的相对分子质量及分布。

B.5.5 待测样分析

将配制好的待测样用 0.45 μ m 过滤头过滤后装入标准样品瓶，置入凝胶色谱仪，用同样检测标准样的色谱条件检测，记录谱图，并用 B.5.4 已经建立的处理方法处理谱图，计算出待测样品的数均分子量、多分散性指数。

附录 C

（规范性附录）

核磁共振氢谱（ $^1\text{H-NMR}$ ）测定 PPC 中醚段含量和环状碳酸酯（PC）含量

C 1 目的

在于阐述核磁共振氢谱（ $^1\text{H-NMR}$ ）检测对于规范二氧化碳与环氧丙烷共聚物（PPC）的重要意义，以及分析 $^1\text{H-NMR}$ 结果中醚段含量和环状碳酸酯（PC）含量在 PPC 产品中的具体影响，从而对 PPC 生产标准给出具体的指导建议。

C2 仪器与试剂

以氘代氯仿（ CDCl_3 ）为溶剂，四甲基硅烷（TMS）为内标，用 NMR 仪记录共聚物的核磁共振氢谱图。

C3 结论与建议

C3.1 PPC 作为二氧化碳与环氧丙烷的交替共聚物，虽然全部应由碳酸盐键构成，但是由于环氧化物与二氧化碳共聚过程存在区域选择性，通常形成一定的醚键。PPC 的 $^1\text{H-NMR}$ 谱如图 1 所示。

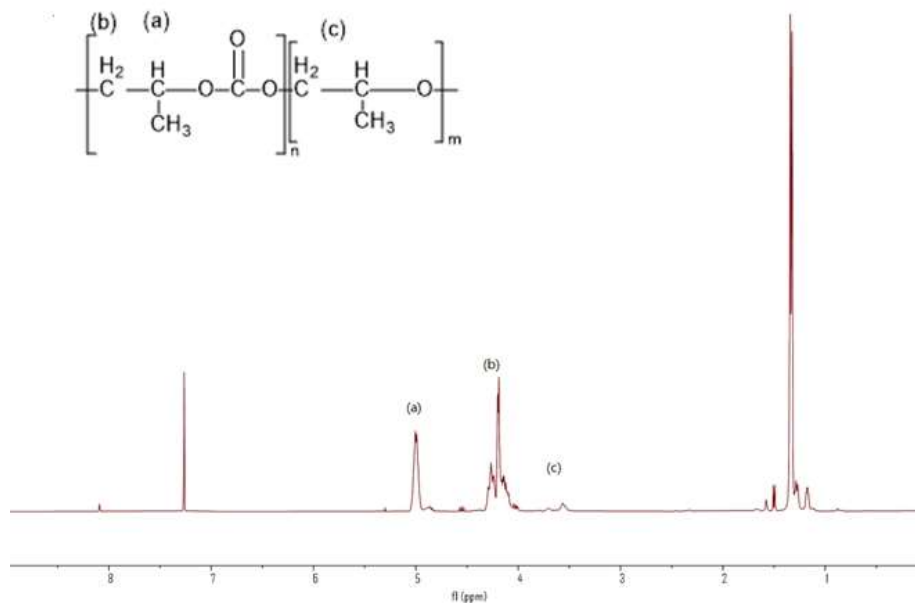


图 1 PPC 的 $^1\text{H-NMR}$ 谱

由图 1 可知 PPC 的 $^1\text{H-NMR}$ 谱主要有三个峰，峰（a）在 5.0ppm，峰（b）在 4.2ppm，

峰(c)为醚键在 3.4-3.6ppm。醚段含量的计算方式如下所示。

$$f(\text{ether linkages}) = \frac{A_{3.4-3.6}}{A_{4.9-5.0} + A_{4.2} + A_{3.4-3.6}} \times 100\%$$

醚段含量对 PPC 的性能有着较大影响,随着醚段含量的增加,氧气阻隔性、透明性和拉伸强度会变差,但是随着醚段含量增加,相应的热稳定性和断裂伸长率会有所提高,所以建议 PPC 中的醚段含量应小于 8%为宜。PPC 中醚段含量对其结构性能起着至关重要的作用,由此可见利用 $^1\text{H-NMR}$ 重点检测 PPC 中醚段含量的重要性。

C3.2 二氧化碳和环氧丙烷合成 PPC 时由于环氧丙烷的连续插入,不得已会因为竞争反应生成热力学更加稳定的副产物环状碳酸酯(PC),所以合成时抑制副产物或者后续提纯消除副产物是生产合格 PPC 的重要环节。环状碳酸酯(PC)同样可以通过 $^1\text{H-NMR}$ 进行检测,谱图如下所示。

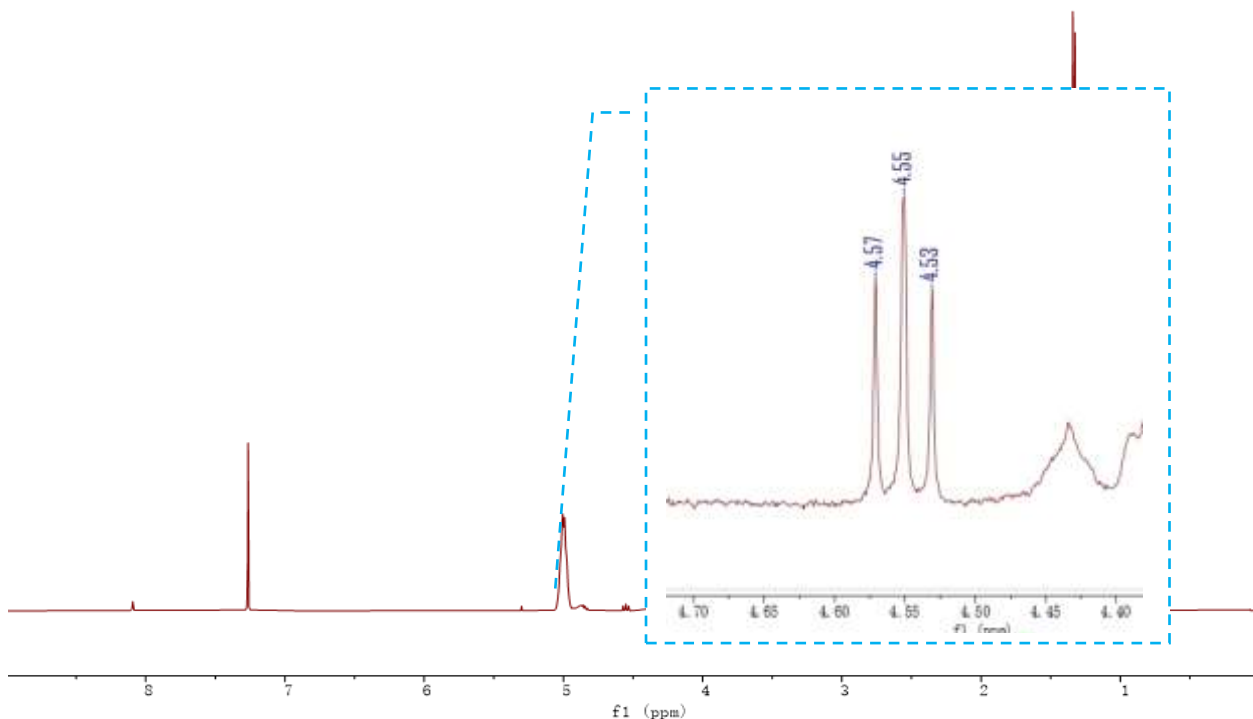


图 2 PPC 中环状碳酸酯 (PC) 的 $^1\text{H-NMR}$ 谱

由图 2 可知环状碳酸酯 (PC) 的 $^1\text{H-NMR}$ 谱有三个峰,分别在 4.53ppm、4.55ppm 和 4.57ppm。醚段含量的计算方式如下所示。

$$f(\text{PC}_{\text{wt}\%}) = \frac{306 \times A_{4.5}}{(A_{5.0} + A_{4.5} + A_{4.2}) + 58 \times A_{3.6}} \times 100\%$$

聚碳酸酯 (PC) 小分子含量过多会析出,导致 PPC 制品印刷油墨发花、耐老化性能下降、水蒸气阻隔性和氧气阻隔性变差等诸多问题,并且环状碳酸酯 (PC) 含量还与 PPC 熔融加工产生刺激气味正相关,所以建议应小于 0.5%甚至未检出为最佳。
