

塑料 电容器膜用聚丙烯（PP）专用料

Polypropylene (PP) materials for capacitor film

（征求意见稿）

（本草案完成时间：2023-05-28）

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

XXXX - XX - XX 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。

请注意本文件的某些内容可能会涉及专利，本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国石油和化学工业联合会及成都技术创新协会提出。

本文件由中国石油和化学工业联合会标准化工作委员会归口。

本文件起草单位：×××

本文件主要起草人：×××、×××。

CPCIF-PSTM团标征求意见稿

塑料 电容器膜用聚丙烯（PP）专用料

1 范围

本文件规定了电容器膜用聚丙烯（PP）专用料的术语和定义、分类与命名、要求、试验方法、检验规则、标志和随行文件、包装、运输和贮存等。

本文件适用于聚合级丙烯在催化剂作用下聚合而得的低灰分含有添加剂的推荐用于加工电容器薄膜的颗粒状丙烯均聚物。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；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 1040.2-2022 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（ISO 527-2:2012, IDT）

GB/T 1409-2006 测量电气绝缘材料在工频、音频、高频（包括米波波长在内）下电容率和介质损耗因数的推荐方法

GB/T 2410 透明塑料透光率和雾度的测定

GB/T 2412 塑料 聚丙烯（PP）和丙烯共聚物热塑性塑料等规指数的测定（GB/T 2412-2008, ISO 9113:1986, MOD）

GB/T 2546.1-2022 塑料 聚丙烯（PP）模塑和挤出材料 第1部分 命名系统和分类基础

GB/T 2546.2-2022 塑料 丙烯（PP）模塑和挤出材料 第2部分：试样制备和性能测定（ISO 19069-2:2016, MOD）

GB/T 2547 塑料 取样方法

GB/T 2914-2008 塑料 氯乙烯均聚和共聚树脂挥发物（包括水）的测定

GB/T 2918 塑料 试样状态调节和试验的标准环境（GB/T 2918-2018, ISO 291:2008, MOD）

GB/T 3682.1-2018 塑料 塑性塑料熔体质量流动速率（MFR）和熔体体积流动速率（MVR）的测定第1部分：标准方法（ISO 1133-1:2011, MOD）

GB/T 6595 聚丙烯树脂“鱼眼”测试方法

GB/T 8170 数值修约规则与极限数值的表示和判定

GB/T 9345.1-2008 塑料 灰分的测定 第1部分：通用方法（ISO 3451-1:1997, IDT）

GB/T 10580-2015 固体绝缘材料在试验前和试验时采用的标准条件

GB/T 17037.1 塑料 热塑性塑料材料注塑试样的制备 第1部分：一般原理及多用途试样和长条试样的制备（ISO 294-1:2017, MOD）

GB/T 17037.3 塑料 热塑性塑料材料注塑试样的制备 第3部分：小方试片（ISO 294-3:2002, IDT）

GB/T 19466.3 塑料 差示扫描量热法（DSC）第3部分：熔融和结晶温度及热焓的测定（GB/T 19466.3-2004, ISO 11357-3:1999, IDT）

GB/T 19466.6 塑料 差示扫描量热法（DSC）第6部分：氧化诱导时间（等温OIT）和氧化诱导温度（动态OIT）的测定（GB/T 19466.6-2009, ISO 11357-6:2008, MOD）

GB/T 31838.2-2019 固体绝缘材料 介电和电阻特性 第2部分：电阻特性（DC方法）体积电阻和体积电阻率（IEC 62631-3-1:2016, IDT）

GB/T 36214.4-2018 塑料 体积排除色谱法测定聚合物的平均分子量和分子量分布 第4部分 高温法（ISO 16014-4:2012, IDT）

GB/T 37197-2018 乙烯-乙酸乙烯酯（EVAC）树脂

HG/T 3862 塑料 黄色指数试验方法

SH/T 1541.1 塑料 颗粒外观试验方法 第1部分：目测法

SH/T 1774 塑料 聚丙烯等规指数的测定 低分辨率脉冲核磁共振法

SH/T 1829 塑料 聚乙烯和聚丙烯树脂中微量元素含量的测定 电感耦合等离子体发射光谱法

3 术语和定义

SH/T 1541.1-2019界定的术语和定义适用于本文件。

4 分类与命名

4.1 总则

电容器膜用聚丙烯（PP）专用料的分类与命名按GB/T2546.1-2006的规定，并按以下方法进行：

命名方式	命名			
	特征项目组			
	字符组1	字符组2	字符组3	字符组4

字符组1：按照GB/T2546.1-2022中4.2规定，聚丙烯均聚物材料以代号“PP-H”表示；

字符组2：参照GB/T2546.1-2022中4.4规定，电容器薄膜用聚丙烯树脂以代号“FC”表示；

字符组3：特征性能（见4.2）；

字符组4：电容器薄膜加工方法，“R”表示推荐用于加工粗化膜，“M”表示推荐用于加工金属化膜。

字符组1和字符组2之间用空格隔开。

4.2 特征性能

电容器膜用聚丙烯（PP）专用料以熔体质量流动速率（MFR）作为特征性能，并以其标称值（见表1）为基础用两个数字03为代号。

示例：某电容器粗化膜（R）用聚丙烯均聚物（PP-H）专用料，熔体质量流动速率的标称值为3.00g/10min（03）。该材料命名如下：

PP-H FC 03 R

字符组1：聚丙烯代号

字符组2：电容器用薄膜类

字符组3：熔体质量流动速率的标称值

字符组4：粗化膜

命名：PP-H FC03R

5 要求

5.1 电容器膜用聚丙烯（PP）专用料为本色颗粒，无杂质。

5.2 电容器膜用聚丙烯（PP）专用料的其他技术要求见表1。

6 试验方法

6.1 试样的状态调节和试验的标准环境

试样的状态调节按 GB/T 2918 的规定进行，状态调节的条件为温度（23±2）℃，相对湿度为（50±10）%，调节时间至少40h但不超过96h。

试验应在 GB/T 2918 规定的标准环境下进行，环境的温度为（23±2）℃、相对湿度为（50±10）%。

表 1 电容器膜用聚丙烯（PP）专用料的技术要求

序号	项目		单位	要求	
				PP-H FC03M	PP-H FC03R
1.1	颗粒外观	黑粒	个/kg	0	
1.2		色粒和黑斑粒	个/kg	≤0	
1.3		大粒和小粒	g/kg	≤10	
1.4		蛇皮粒和拖尾粒	个/kg	≤2	
2.1	熔体质量流动速率（MFR）		g/10min	3.00±0.30	3.20±0.20
2.2	熔体流动速率比（FRR）		-	报告	
3	等规指数		%	≥98.0	≥96.0
4	灰分（质量分数）		mg/kg	≤30	
5.1	金属元素含量	铝（质量分数）	mg/kg	≤6	
5.2		硅（质量分数）	mg/kg	≤3	
5.3		钛（质量分数）	mg/kg	≤3	
5.4		钙（质量分数）	mg/kg	≤6	
6.1	拉伸性能	拉伸弹性模量（ E_t ）	MPa	≥1300	
6.2		拉伸屈服应力（ σ_y ）	MPa	≥34.0	
6.3		拉伸断裂标称应变（ ϵ_{tB} ）	%	报告	
7.1	薄膜鱼眼	≥0.8 mm	个/m ²	≤0	
7.2		0.4 mm~<0.8mm		≤1.0	
7.3		0.2mm~<0.4mm		≤3.0	
8	薄膜雾度		%	<6	
9	黄色指数		-	≤1.0	
10	挥发分（质量分数）		%	≤0.20	
11	熔融温度		℃	167.0±3.0	
12	氧化诱导时间（200℃）		min	≥35	报告
14	体积电阻率		$\Omega \cdot m$	≥ 3.0×10^{15}	
15	介质损耗因数（工频）			≤ 5.0×10^{-4}	

6.2 试样制备

6.2.1 注塑试样的制备

电容器膜用聚丙烯（PP）专用料注塑试样的制备按 GB/T 2546.2-2022 中4.3的规定进行。用 GB/T 17037.1标准中相应的GB/ISO模具制备符合 GB/T 1040.2-2022 中1A型试样。

6.2.2 压塑试样的制备

电容器膜用聚丙烯（PP）专用料压塑试样的制备按 GB/T 2546.2-2022 中4.4的规定进行，采用不溢料式模具压塑厚度为1mm的试样。

6.2.3 流延膜试样的制备

6.2.3.1 流延膜机至少具备以下条件

- 冷却辊温度：（26±2）℃；
- 螺杆长径比：不小于 25；
- 口膜宽度：不小于 250mm；
- 口模狭缝间隙：0.3mm~0.4mm。

6.2.3.2 流延膜制备条件

- a) 熔体温度：(240±5)℃；
- b) 牵引速度：(8.0±0.5) m/min。

6.2.3.3 流延膜制备要求

- a) 每次流延膜制备前，需仔细清理口模狭缝，确保无结焦；
- b) 用于料筒和机头置换的待检样品量不得少于 1.5kg；
- c) 流延膜制备过程中不使用风刀及过滤网。

6.2.4 流延膜厚度

膜厚度：(0.030±0.005) mm。

6.3 颗粒外观

按SH/T 1541.1的规定进行。

6.4 熔体质量流动速率（MFR）和流动速率比（FRR）

熔体质量流动速率（MFR）按GB/T 3682.1—2018中方法A或方法B规定进行，试验条件为M（温度：230℃、负荷：2.16 kg）。仲裁时采用方法A。选用方法B测定熔体质量流动速率时，熔体密度值为0.7386g/cm³。试验时，在装试样前应用氮气吹扫料筒5s~10s，氮气压力为0.05MPa。

流动速率比（FRR）按GB/T 3682.1—2018中方法A或方法B规定进行，试验温度为230℃，试验负荷由供需双方协商确定。

注：试样前，使用相应有证标准样品可保证试验数据的可靠性。

6.5 等规指数

按GB/T 2412规定进行，也可按SH/T 1774规定进行。GB/T 2412为仲裁方法。

6.6 灰分

试验按GB/T 9345.1-2008 规定进行，采用铂金坩埚直接燃烧法（A法），灼烧温度为(850±50)℃。

6.7 金属元素（铝、硅、钛、钙）含量

按照SH/T 1829规定进行。

6.8 拉伸试验

试样为按 6.2.1 制备的1A型试样。

试样状态调节按 6.1 规定进行。

测试按GB/T 1040.2-2022规定进行。测试拉伸弹性模量时，试验速度为 1 mm/min 。其他拉伸性能测试时，试验速度为 50 mm/min 。

6.9 薄膜鱼眼

按 6.2.3 制备流延薄膜试验样品，按GB/T 6595规定进行测试，也可以按照附录A规定进行。结果有争议时，以GB/T 6595为仲裁方法。

6.10 挥发分

按GB/T 2914规定进行，采用烘箱和天平的方法，温度控制在105℃±2℃。

6.11 薄膜雾度

按 6.2.3 制备流延薄膜试验样品，从距膜端大于 1m 处开始裁取试样，试样尺寸符合 GB/T 2410 规定。试验样品的状态调节按 6.1规定进行。测试按 GB/T 2410规定进行。

6.12 黄色指数

试验采用颗粒料。按HG/T 3862规定进行。

6.13 熔融温度

按GB/T 19466.3规定进行。升降温速率为10℃/min。

6.14 氧化诱导时间（200℃）

按GB/T 19466.6规定进行。使用铝坩埚，试验温度为200℃。

6.15 介质损耗因数

按GB/T 1409-2006中的规定进行，采用西林电桥法，试样厚度为1.0mm±0.1mm，测试温度为（23±2）℃，频率为50Hz，场强为1 kV/mm。

6.16 体积电阻率

按GB/T 31838.2-2019中的规定进行，试样厚度为1.0mm±0.1mm，测试电压为1kV。

按GB/T 10580-2015中的规定，测试常温时的体积电阻率，应在标准大气（B）（23℃±2℃/相对湿度50%±10%）中进行。

7 检验规则

7.1 检验分类与检验项目

7.1.1 检验分类

电容器膜用聚丙烯（PP）专用料的检验分为型式检验和出厂检验。

7.1.2 型式检验

本文件第5章规定的所有项目均为型式检验项目。

当有下列情况之一时应进行型式检验：

- a) 新产品试制的定型鉴定时；
- b) 正常生产后原材料、工艺有较大改变并可能影响产品的性能时；
- c) 停产半年以上重新恢复生产时；
- d) 出厂检验结果与前一次型式检验结果有较大差异时；
- e) 装置停工或检修再开工生产时。

7.1.3 出厂检验

出厂检验项目为颗粒外观、熔体质量流动速率、等规指数、灰分、拉伸性能、熔融温度和氧化诱导时间。

7.2 组批与抽样方案

7.2.1 组批规则

电容器膜用聚丙烯（PP）专用料以同一生产线上、相同原料、相同工艺生产的产品组批，可按一个生产周期或储存料仓为一批，产品以批为单位进行检验和验收。

7.2.2 抽样方案

电容器膜用聚丙烯（PP）专用料可在料仓的取样口抽样，也可根据生产周期等实际情况确定具体的抽样方案。包装后产品的取样应按 GB/T 2547规定进行。

7.3 判定规则

电容器膜用聚丙烯（PP）应由生产厂的质量检验部门按照本标准规定的试验方法进行检验，依据检验结果和本标准中的技术要求对产品做出质量判定，并提出证明。所有试验结果的判定按GB/T 8170标准中修约值比较法进行。检验结果若某项指标不符合本标准要求时，可重新取样对该项目进行复验。以复验结果作为该批产品的质量判定依据。

8 标志和随行文件

8.1 标志

电容器膜用聚丙烯（PP）专用料产品的外包装袋上应有明显的标志。标志内容可包括：商标、生产厂家名称和厂址、标准号、产品名称、牌号、批号（生产日期）和净含量等。

8.2 随行文件

电容器膜用聚丙烯（PP）专用料产品出厂时，每批产品应附有产品质量检验合格证。合格证上应注明产品名称、牌号、批号、执行标准，并盖有质检专用章。

9 包装、运输、贮存

9.1 包装

电容器膜用聚丙烯（PP）专用料可用用FFS膜或内衬聚乙烯薄膜袋的聚丙烯编织袋或其他材料包装，用于表面防护的材料不应应对电容器薄膜用聚丙烯（PP）专用料造成污染或损坏。包装材料应保证产品在运输、码放、贮存时不被污染和泄漏。

袋装产品每袋净含量可为25kg或其它。

9.2 运输

电容器膜用聚丙烯（PP）专用料为非危险品。在运输和装卸过程中不应使用铁钩等锐利工具，切忌抛掷。运输工具应保持清洁、干燥并备有厢棚或苫布。运输时不得与沙土、碎金属、煤炭及玻璃等混合装运，更不可与有毒及腐蚀性或易燃物混装。不应在阳光下暴晒或雨淋。

9.3 贮存

电容器膜用聚丙烯（PP）专用料应存放在通风、干燥、清洁的室内，应远离热源并防止阳光直射。电容器膜用聚丙烯（PP）专用料的贮存期一般自生产之日起不超过12个月。

附录A
(规范性附录)
聚丙烯鱼眼的测定 动态图像分析法

A.1 范围

本标准规定了采用动态图像分析法测定聚丙烯树脂“鱼眼”的方法。
本文件适用于以电容器膜用聚丙烯为原料制备薄膜的“鱼眼”的测定。

A.2 术语和定义

本标准采用以下术语规定薄膜“鱼眼”。

A.2.1 鱼眼

薄膜中的透明或半透明树脂形成的球状物。

鱼眼的尺寸以等效圆直径表示。

本标准按鱼眼的尺寸大小分为三类：直径大于等于0.8mm的鱼眼；直径大于等于0.4mm，小于0.8mm的鱼眼；直径大于等于0.2mm，小于0.4mm的鱼眼。

A.3 仪器与设备

A.3.1 光学检测系统：CCD线扫描照相机，像素不少于4096 pixel。

A.4 试验方法

A.4.1 流延膜试样的制备按6.3.2进行。

A.4.2 开启光学检测系统，典型的分析条件见表A1，其他达到同等检测精度的分析条件也可选用。按照A.2.1设置鱼眼规格。

表A.1 光学检测系统典型分析条件

序号	项目	单位	设置条件
1	灰度水平	-	170
2	敏感度	%	50
3	检测精度	um	≤25

A.4.3 检测流延薄膜试样鱼眼，试样距膜端应大于1m，距两侧边缘应大于3cm，检测面积应大于3m²，记录仪器检测的鱼眼数量。

A.5 报告

A.5.1 鱼眼以1m²区域内的平均个数报告，结果保留至小数点后1位，单位为个/m²。

团体标准

《塑料 电容器膜用聚丙烯（PP）专用料》

（征求意见稿）

编制说明

《塑料 电容器膜用聚丙烯（PP）专用料》团标起草组

起草单位 中国石化中原石油化工有限责任公司

2023年5月

《塑料 电容器膜用聚丙烯（PP）专用料》团体标准

（征求意见稿）

编制说明

一、工作简况

1 任务来源

根据中石化联质发【2022】157号文《关于印发2022年第一批石化联合会团体标准项目计划的通知》，由中国石化中原石油化工有限公司承担《塑料 电容器膜用聚丙烯（PP）专用料》团体标准制定的主要起草工作。参加标准起草的单位为国内聚丙烯生产企业、科研院所、薄膜厂家及检验检测机构等。

参照GB/T 20001.10-2014《标准编写规则 第10部分：产品标准》、GB/T 13542.3-2006《电气绝缘用薄膜 第3部分：电容器用双轴定向聚丙烯薄膜》、SJ/T 10464-2015《电容器用金属化聚丙烯薄膜》等规定和术语，2022年9月6日工作组讨论规范标准名称为《塑料 电容器薄膜用聚丙烯（PP）专用料》。

本标准制定的起止时间为2022年至2024年。

本标准由中国石油和化学工业联合会及成都技术创新协会提出，由中国石油和化学工业联合会委员会标准委员会归口。

2 制定本标准的意义

电容器是由正负电极及它们之间的绝缘电介质材料组成，主要用于储存和释放电荷，其在电子电路中常起到隔直、滤波、谐振、退耦、降压、储能、旁路等作用，适用范围广泛，几乎存在于所有的电子、电气产品中，小到电动玩具、节能灯、家用电器，大到新能源汽车、高铁、电网、风能和太阳能，广泛应用于国民经济的各个领域。电容器的分类标准较多，按照所选用的制造材料不同可分为：铝电解电容器、钽电解电容器、陶瓷电容器、薄膜电容器。其中薄膜电容器是以金属箔作为电极、塑料薄膜作为电介质，其结构是将金属箔材料与塑料薄膜重叠，继而卷绕形成电容器。相对于其它材料制成的电容器具有适用温度范围宽、使用寿命长、承受电压高、无极性、具有自愈性等特点。

薄膜是薄膜电容器的主要部件，约占全部原材料总成本的70%，其质量和性能直接决定了薄膜电容器的质量和性能。中研网资料显示，全球现有产能55条，按照7微米规格计算产能17万吨，其中中国有38条产线，产能12万吨。传统行业家电、电网、电机及照明灯市场用膜基本稳定在10-11万吨。随着光伏风电、新能源、工控等新兴应用领域高速崛起，我国薄膜电容市场有望再次进入高速增长期。但受新产能建设周期长、新能源车用薄膜的性能要求较高等影响，电工聚丙烯膜行业产能增加较慢。常见的薄膜电容器的薄膜材质有两种，一种是聚丙烯薄膜、一种是聚脂薄膜。

国内电容器薄膜用聚丙烯原料基本全为进口资源，主要为北欧化工、大韩油化、新加坡TPC产品。其中北欧化工产品在中国市场占有率较高，高端市场几乎是其独家供应，尤其是在国家重点电网工程上使用的“粗化膜”料只有北欧化工一家的产品通过行业资格认

证。2019年电工膜用聚丙烯原料进口量约10万吨，

中国石化中原石油化工有限公司（以下简称中原石化）生产的电容器薄膜用超纯聚丙烯树脂在下游薄膜生产厂家已经实现了规模化工业应用，其所制薄膜产品质量与竞品相当，打破进口垄断，解决了国家重点“卡脖子”项目。截至2023年4月底，已累计生产1800余吨。2022年11月和2023年2月，中原石化公司生产的“电工用聚丙烯粒料”FC03R（粗化膜料）、FC03（金属化膜料）分别通过了中国机械工业联合会组织的新产品技术鉴定。2023年4月，使用中原石化电工膜聚丙烯FC03和FC03R生产的全国产化直流干式电容器和高压油浸式交流电容器分别在南方电网正式挂网投运。



图1 FC03R和FC03鉴定证书

为适应电容器薄膜用聚丙烯专用料市场的发展需求，同时也鼓励国内企业不断加大电容器薄膜用聚丙烯专用料的研发、生产力度，有必要在没有国家标准、行业标准的前提下，制定《塑料 电容器膜用聚丙烯（PP）专用料》团体标准。标准制定完成后，有利于国产电容器薄膜聚丙烯专用料产品性能的持续提升，提高产品市场竞争力、占有率，早日实现对进口产品的替代，从源头上解决制约国产高端薄膜电容器行业发展的“卡脖子”问题。

3 本标准制定的主要工作内容

3.1 国内外产品的应用及生产情况

聚丙烯(PP)是应用广泛的高分子材料，在聚烯烃中以质轻、洁净、刚性高、透明度高而著称，聚丙烯可以用双向拉伸工艺，制造厚度小而物理机械性能很高的薄膜，双向拉伸聚丙烯薄膜电气强度强于电容器纸，聚丙烯是众多材料中介质损耗系数较低的一种。聚丙烯电工膜是一种电性能优异的高频电介质绝缘材料，由于其介电强度高、介质损耗低、合理的粗糙度、成膜率高、价格便宜、防潮吸水等优点，在电容器、电力电子等方面受到广泛应用。聚丙烯电工膜是各种电容器等电子元件的主要成分。目前国内电容器行业都采用进口膜或进口聚丙烯树脂制膜，北欧化工该产品曾经垄断中国市场数十年，价格高昂，后来韩国产品进入中国后，价格有所下降。

国内电容器薄膜用聚丙烯树脂的进口品牌主要包括北欧化工、大韩油化、新加坡TPC等。

北欧化工公司旗下Borealis Polymers NV工厂一套Hercules淤浆法工艺的PP装置，专门开发电气性能优良的电工级PP，产能170 kt/a。该工艺采用5个串联连续搅拌的反应器，溶剂为异构烷烃混合物。该工艺开发的电容器薄膜专用均聚PP Borclean TM系列，等规指数在96%~99%，灰分质量分数小于20PPM。

大韩油化蔚山工厂有2套聚合装置，采用Amoco-Chisso淤浆法聚合工艺，生产电工膜料聚丙烯，合计产能530 kt/a。大韩油化为该工艺单独设计了一套洗涤单元，用于脱除催化剂杂质，开发生产了电容器薄膜专用PP5014L-HPT系列，具有超低灰分含量（质量分数小于20PPM）和高等规指数。

新加坡TPC公司为日本住友化学株式会社控股，其第二联合工厂拥有1套产能50 kt/a的本体法PP装置。由于该工艺采取了脱除无规物及催化剂残留物的措施，生产的PP可用于电子、电气和医学等特殊领域。目前，TPC公司生产的电容器薄膜专用PP的灰分质量分数小于30PPM。

北欧化工、大韩油化和新加坡TPC均采用“聚合+洗涤”工艺，生产高等规度、超洁净聚丙烯树脂。PP电容器膜原料几乎全部依靠进口。其中北欧化工产品“HC300BF”、“HB312BF”品质最好，中国市场占有率约40%，高端市场几乎是其独家供应，价格也最高；其次是大韩油化5014L系列的产品，中国中高端市场占有率超过30%；TPC公司产品目前主要用于中端市场，中国市场占有率约28%

表1为国外电容器薄膜用聚丙烯树脂专用料的主要牌号情况。

表1 国外电容器薄膜用聚丙烯树脂专用料的主要牌号情况

序号	生产企业	牌号	熔指	等规	特点	应用
1	北欧化工	HC300BF	3.3	98	超低灰分、高结晶	金属化膜
		HB300BF	2.5	98	超低灰分、高结晶	金属化膜
		HB311BF	2.2	96	超低灰分	金属化膜
		HC312BF	3.2	96	超低灰分	金属化膜
		HC314BF	3.6	96	超低灰分	粗化膜
		HC318BF	3.2	96	超低灰分	粗化膜
		HC320BF	3.7	98	超低灰分、高结晶	金属化膜
2	大韩油化	5104L-HPT	3.2	96	超低灰分	金属化膜
		5104L-HPT-1	3.2	98	超低灰分、高结晶	金属化膜
		5104L-HPT-H	3.8	96	超低灰分	粗化膜
		5104L-HPT-R	3.2	96	超低灰分	粗化膜
		5104L-HPT-S	3.2	98	超低灰分、高结晶	金属化膜
3	新加坡 TPC	FS3028	3.0	96	超低灰分	金属化膜
		FS3029	3.0	97	超低灰分	粗化膜
		FS3030	3.0	99	超低灰分、高结晶	金属化膜
		FS3031	3.4	98	超低灰分、高结晶	金属化膜

中原石化拥有一套中国石化2代聚丙烯环管工艺聚丙烯装置，设计负荷100kt/a。中原石化使用中国石化自主开发的催化剂，无需洗涤工艺，经过技术改进及一系列优化措施，在该装置上开发了电容器薄膜用聚丙烯专用料系列产品PP-H FC03、PP-H FC03M、PP-H

FC03R, PP粒料总灰分质量分数稳定控制在小于30PPM, 等规指数大于96%, 且相对分子质量分布较宽(5.0~7.0)。截止2023年4月底, 累计生产电容器膜料1800余吨。

中国石油天然气股份有限公司独山子石化分公司(以下简称独山子石化)采用国产第二代环管仿SPHERIPOL-II工艺, 利用新型高活性Ti型生产的均聚聚丙烯HP30CF, 主要用于生产普通电容膜、耐高温电容膜, 具有熔融指数稳定、成膜性好、力学性能好、等规指数高、灰分含量低、耐老化性能优异等特点。截止2023年4月底, 累计生产电容器膜料1140余吨。

2023年4月, 中国石油天然气股份有限公司兰州石化分公司电容膜聚丙烯技术开发及工业示范项目中交。该项目着力开发广泛应用于介电材料、食品医疗卫生等高端领域的高洁净、低灰分电容膜聚丙烯专用料产品。

截止目前, 未见到国内其他企业生产电容器薄膜用聚丙烯工业化应用的报道。

3.1.1 国外标准情况

工作组对国外标准进行了查阅。到目前为止, 在ISO、ASTM、BS、JIS、DIN、IEC标准中均未查询到有关电容器薄膜用聚丙烯树脂的相关标准。

工作组调研了北欧化工电容器薄膜用聚丙烯主要牌号HC300BF(金属化膜料)、HC312BF(粗化膜料)的技术项目、要求或典型值, 见表2。

表2 北欧化工电工膜料技术要求表

序号	项目	HC300BF	HC312BF	试验方法
1	熔体质量流动速率(MFR), g/10min	3.3	3.2	ISO 1133-1
2	催化剂残余 钛(ICP), ppm	<3	<3	企业标准
3	催化剂残余 铝(ICP), ppm	<3	<3	企业标准
4	催化剂残余 氯(XRF), ppm	<3	<3	企业标准
5	总灰分含量, ppm	<20	<20	ISO 3451-1
6	凝胶指数	1.0	1.7	企业标准
7	过滤试验, bar/kg	0.0	-	企业标准
8	二甲苯可溶物, %	1.1	3.7	企业标准
9	多分散性指数, 1/pa	6.3	4.9	ISO 6721-10
10	硬脂酸钙, ppm	74	-	企业标准
11	总挥发分, %	-	0.15	企业标准
12	铁含量, ppm	-	0.1	企业标准
13	AS 110, ppm	-	75	企业标准
14	A0 103GRA, %	-	87.5	企业标准
15	黄色指数	-	-0.4	企业标准

3.1.2 国内标准情况

工作组对国内标准进行了查阅。国内目前尚无电容器薄膜用聚丙烯树脂的国家标准、行业标准、团体标准。

我国 GB/T 12670—2008《聚丙烯(PP)树脂》标准根据聚丙烯的用途将聚丙烯分为五

大类：注塑类、挤出类、窄带类、纤维类、挤出薄膜类，每类聚丙烯都根据不同用途产品的要求规定了不同的测试项目和指标，各项的指标则选择最低要求。电容器薄膜用聚丙烯树脂质量尚不能在 GB/T 12670—2008 标准中完全体现。

中原石化公司以 GB/T 12670-2008《聚丙烯（PP）树脂》为基础，制定了电容器薄膜用聚丙烯树脂专用料企业暂行标准 Q/SH 3495 T01.05—2021，其主要技术要求见表 3。

CPCIF-PSTM团标征求意见稿编制说明

表 3 中原石化电容器薄膜用聚丙烯树脂技术要求

序号	项目		单位	PPH-FC03			PPH-FC03R (粗化膜料)			PPH-FC03M (金属化膜料)		
				要求			要求			要求		
				优级品	一级品	合格品	优级品	一级品	合格品	优级品	一级品	合格品
1.1	颗 粒 外 观	黑粒	个/kg	0			0			0		
1.2		色粒	个/kg	≤5		≤10	≤5		≤10	≤5		≤10
1.3		大粒和小粒	g/kg	≤50			≤10			≤10		
1.4		蛇皮粒和拖尾粒	个/kg	≤5			≤5			≤5		
2	熔体质量流动速率 (MFR)		g/10 min	3.10±0.30	3.10±0.40	3.10±0.50	3.00±0.10	3.00±0.30	3.00±0.50	3.30±0.20	3.30±0.30	3.30±0.40
3	等规指数		%	97.0±3.0			≥96.0			98.5±0.5		
4	灰分		%	≤0.002	≤0.004	≤0.005	≤0.003		≤0.005	≤0.003		≤0.005
5.1	拉 伸 性 能	拉伸弹性模量 (E_t)	MPa	≥900			≥1100			≥1100		
5.2		拉伸屈服应力 (σ_y)	MPa	≥20.0			≥30.0			≥30.0		
5.3		拉伸断裂标称应变 (ϵ_{tB})	%	报告			报告			报告		
6	黄色指数		—	报告			≤1.0			≤1.0		
7	薄膜雾度		%	报告			<6.0			<6.0		
8.1	鱼 眼	0.8 mm	报告	报告			≤2			≤2		
8.2		0.4 mm		报告			报告			报告		

本企业标准与 GB/T 12670-2008 挤出薄膜类聚丙烯的技术要求相比，细化了颗粒外观，除了黑粒、大粒和小粒、蛇皮和拖尾粒，增加了色粒和黑斑粒，即保证电容器薄膜用聚丙烯产品的颗粒清洁性，又满足用户的感官要求。灰分和等规指数的指标高于国标。该标准将产品牌号分为电容器普通膜料 PPH-FC03、粗化膜料 PPH-FC03R、金属化膜料 PPH-FC03M。

独山子石化聚丙烯树脂 HP30CF 暂行技术要求见表 4。HP30CF 主要用于生产普通电容膜、耐高温电容膜。

表 4 聚丙烯树脂 HP30CF 技术要求

序号	项目		技术指标	试验方法
1	颗粒外观	黑斑粒和色粒，个/kg	≤10	SH/T 1541.1-2006
		大粒和小粒，g/kg	≤10	
2	熔体质量流动速率 (MFR)		2.4~3.6	GB/T 3682-2000
3	等规指数		≥96.0%	GB/T 2412、SH/T1774
4	粒料灰分 (质量分数)，%		≤0.005	GB/T 9345.1-2008
5	拉伸屈服应力 (σ_y)，Mpa		≥30.0	GB/T 1040.2-2006
6	拉伸断裂标称应变 (ϵ_{tB})，%		≥300	
7	黄色指数		≤4.0	HG/T 3862-2006

调研国内其他企业，未查询到电容器薄膜用聚丙烯的企业标准。

工作组查询到了一些有关聚丙烯薄膜的国家标准、行业标准。标准调研具体情况见表 5。

表 5 相关聚丙烯薄膜的标准一览表

序号	标准号	标准名称
1.	GB/T 13542.3-2006	电气绝缘用薄膜 第 3 部分：电容器用双轴定向聚丙烯薄膜
2.	GB/T 24123-2009	电容器用金属化薄膜
3.	JB/T 11051-2010	电力电容器用双轴定向聚丙烯薄膜技术条件
4.	SJ/T 10464-2015	电容器用金属化聚丙烯薄膜

GB/T 13542.3-2006 规定了电容器用双轴定向聚丙烯薄膜的技术要求；GB/T 24123-2009 规定了电容器用金属化聚丙烯薄膜的术语、产品分类、技术要求等；JB/T 11051-2010 规定了电力电容器用双轴定向聚丙烯薄膜粗化膜的技术要求；SJ/T 10464-2015 规定了电容器用金属化聚丙烯薄膜的术语和定义、分类、要求等。以上国行标均未涉及聚丙烯树脂相关技术要求。

4 制定本标准的简要工作过程

4.1 起草阶段

4.1.1 成立起草组：2022年7月25日下达项目计划，起草单位成立标准起草工作组，在已有立项材料的基础上开展进一步的行业领域生产和相关标准调研。

4.1.2 第一次工作会：2022年9月6日工作组利用腾讯会议召开工作组会议，讨论了本文件技术项目的设置，规范了标准名称为《塑料 电容器膜用聚丙烯（PP）专用料》，确定了试验验证工作方案。下一步牵头起草单位收集试验验证样品，分发各试验验证参加单位，开展验证试验。

4.1.3 2022年9月~12月，收集企业生产的不同牌号多批次产品数据；同时对收集到的国内外产品分发到参加单位开展验证试验。在此基础上，初步确定了本标准测试项目和指标，形成了标准征求意见稿草案等文件。

4.1.4 2023年3月~5月，工作组对锂电池隔膜用聚丙烯专用料国内外产品应用及市场情况和国内外标准情况进行了查新。收集独山子石化产品信息和质检数据并开展补充验证试验。

4.2 征求意见阶段

4.2.1 2023年5月，完成征求意见稿的编制，提交技术归口，由秘书处组织初审并反馈修改意见，经修改后由标委会发起公开征求意见。

5 标准起草单位、主要起草人及其所做工作

起草单位：

本文件主要起草人：

主要起草人分工工作：

二、 标准编制原则和确定标准主要内容

1 标准编制原则

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，提高我国新材料的竞争力”为原则，严格按照 GB/T 1.1-2020 的规范要求进行编写。本标准在编制过程中，参照了国内外相关技术标准、企业标准和技术文件等。

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。

本标准的编制借鉴参考了外国相关产品的技术要求，与国际接轨，又充分考虑我国实际国情，以利于该行业的健康发展。在此基础上，对产品性能进行了从严要求。

2 标准技术内容的确定

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（具体见本编制说明的附表），确立了标准各项技术内容设置思路和具体内容，主要情况如下：

2.1 适用范围的确定

经调研，电容器薄膜用聚丙烯树脂主要有两种生产方式，一种是聚合加溶剂洗涤单元，一种是聚合使用高活性催化剂，目的都是生产低灰分、高等规度和低析出物的超洁净电容膜聚丙烯产品。适用范围是这两种生产工艺方式的聚丙烯树脂。

因此确定本标准适用于聚合级丙烯在催化剂作用下聚合而得的低灰分的含有添加剂的颗粒状锂电池隔膜用聚丙烯，技术内容包括命名、要求、试验方法、检验规则、标志和随行文件、包装、运输和贮存等。

2.2 规范性引用文件

根据要求、试样制备与试验方法等章节的需求编制规范性引用文件，并尽量避免了带年代号引用。

2.3 术语和定义

本文件没有需要界定的术语和定义。

2.4 分类与命名

2.4.1 分类

根据标准的使用范围，按照制成电容器薄膜使用用途不同，聚丙烯专用料分为粗化膜料和金属化膜料两类。

2.4.2 命名

电容器薄膜用聚丙烯专用料的命名参照GB/T 2546.1-2006，以4个字符组表示，字符组1：以代号“PP-H”表示聚丙烯均聚物材料；字符组2：以代号“FC”表示电容器薄膜用聚丙烯树脂；字符组3：表示特征性能，电容器薄膜用聚丙烯专用料以熔体质量流动速率（MFR）作为特征性能，并以其标称值为基础用两个数字03为代号；字符组4：表示电容器薄膜用聚丙烯加工用途，“R”表示推荐用于加工粗化膜，“M”表示推荐用于加工金属化膜。

本标准电容器薄膜用聚丙烯专用料分为PP-H FC03R（粗化膜料）和PP-H FC03M（金属化膜料）。

2.5 技术要求

2.5.1 项目及指标的确认

2.5.1.1 颗粒外观

聚丙烯树脂外观用户能够最直观判断产品质量的指标之一，颗粒状树脂外观包括黑粒、大粒和小粒、色粒和黑斑粒、蛇皮粒和拖尾粒等项目。黑粒是指本体呈黑色的粒子，主要是因为树脂高温碳化或混入黑色杂质所造成的；黑斑粒是除黑粒外目视可见黑色或深褐色斑点的颗粒；色粒是除黑粒、黑斑粒和树脂应有的颜色外其他颜色的粒子。黑粒、色粒和黑斑粒会直接导致薄膜生产拉膜过程中破膜影响而工艺稳定和薄膜质量；大粒和小粒是指任意方向尺寸过大或过小的粒子，例如连粒和碎粒，反映了造粒工艺的不适，甚至反映了树脂流变行为的不稳定性。蛇皮粒是形似蛇皮的带状树脂，拖尾粒是指因切粒不良产生的带锥角或毛刺的颗粒。蛇皮粒和拖尾粒反映造粒或包装过程异常，同时对拉膜工艺也造成

影响。本标准编制时（目前）国内电容器薄膜生产企业所使用的聚丙烯树脂均为粒料。

中原石化产品19批质量统计结果为：黑粒均为0；色粒和黑斑粒均为0；大粒和小粒最大值为13.4 g/kg，最小值为0.1 g/kg，平均值为2.8 g/kg；蛇皮粒和拖尾粒最大值为7个/kg，最小值为0，平均值1.2个/kg。独山子石化产品6批次质量统计结果为：色粒和黑斑粒均为0；大粒和小粒最大值为18.2g/kg，最小值为0.2g/kg，平均值为4.2g/kg；蛇皮粒和拖尾粒均为0。为此拟定颗粒外观指标为“黑粒为0；色粒和黑斑粒 \leq 0；大粒和小粒 \leq 10 g/kg；蛇皮粒和拖尾粒 \leq 2个/kg”。

验证试验样品均能满足拟定指标的要求。

2.5.1.2 熔体质量流动速率

熔体流动速率是一种表示塑胶材料加工时的流动性的数值，是锂电池隔膜用聚丙烯的关键技术指标，是拉膜工艺的决定性指标。树脂生产厂家、薄膜厂家、贸易商首先关注树脂的熔体流动速率指标，同时，熔体流动速率也是聚丙烯树脂命名的特征性能。

本文件熔体流动速率只设置熔体质量流动速率。

薄膜厂家生产粗化膜和金属化膜时，对聚丙烯树脂熔体质量流动速率有不同的要求。树脂生产厂家应满足薄膜厂家熔体质量流动速率要求，并保证批次内和批次间质量稳定，确保薄膜加工稳定性。

中原石化FC03M产品12批次质量统计结果为：最小值2.6g/10min，最大值3.4g/10min，平均值3.03g/10min。独山子石化6批次FC03M产品质量统计结果为：最小值3.03g/10min，最大值3.37g/10min，平均值3.19g/10min。为此拟定FC03M熔体质量流动速率指标为“ (3.00 ± 0.30) g/10min”。

中原石化FC03R产品7批次质量统计结果为：最小值2.9g/10min，最大值3.4g/10min，平均值3.14g/10min。为此拟定FC03R熔体质量流动速率指标为“ (3.20 ± 0.30) g/10min”。

验证试验样品均能满足拟定指标的要求。

2.5.1.3 等规指数

聚丙烯的等规指数反应其空间结构的规整程度，直接影响隔膜的加工和产品质量。等规指数对隔膜拉膜工艺和隔膜质量有很大影响，等规指数越高，弯曲模量、拉伸强度就高，隔膜耐温性能越好，但是等规指数太高，薄膜过脆不利于加工。

中原石化FC03M产品12批次等规指数统计结果为：最小值97.4%，最大值98.7%，平均值98.1%。独山子石化6批次FC03M产品质量统计结果为：最小值98.2%，最大值98.3%，平均值98.2%。为此拟定FC03M等规指数指标为“ $\geq 98.0\%$ ”。

中原石化FC03R产品7批次等规指数统计结果为：最小值97.2%，最大值98.6%，平均值97.8%。考察北欧化工HC312BF多批次质检数据，其等规指数中心值为96.3%。为此拟定FC03R等规指数指标为“ $\geq 96.0\%$ ”。

验证试验样品均能满足拟定指标的要求。

2.5.1.4 灰分和金属含量

灰分是指树脂产品经高温灼烧(850±25)℃后仍然不能挥发而残留下来的杂质，主要来源为催化剂体系在聚合反应结束后的残渣、原料丙烯中的杂质、造粒过程添加剂残留，此外系统混入的少量机械杂质也是灰分的来源。灰分主要元素是钛、铝、硅、钙等。

灰分是电工材料重要指标，聚丙烯的灰分含量主要影响BOPP薄膜的晶点、雾度和电绝缘性能等。灰分含量越低，BOPP薄膜的综合性能越好。灰分造成薄膜内部电场畸形，影响材料电气性能，制作电容器薄膜要求使用超洁净聚丙烯树脂，要求超低灰分同时，金属含量也要低。

中原石化本产品19批灰分质量统计结果为：最小值为8mg/kg，最大值为30mg/kg，平均值为21mg/kg。独山子石化6批次FC03M产品质量统计结果为：最小值为24mg/kg，最大值为26mg/kg，平均值为25mg/kg。为此拟定灰分指标为“≤30mg/kg”。

验证试验样品均能满足拟定指标的要求。

对于金属元素含量，中原石化公司的批次产品数据无该项数据积累数据。验证试验中，中原石化外委实验室对该项性能进行了测试。

FC03M结果为：铝3.9~4.1 mg/kg，钛0.26~0.45 mg/kg，钙1.48~1.23mg/kg。因此，拟定FC03M金属元素指标为“铝≤6mg/kg，钛≤3mg/kg，钙≤6mg/kg。”

FC03R结果为：铝3.9~4.1 mg/kg，钛0.26~0.45 mg/kg，钙1.48~1.23mg/kg。因此，拟定FC03M金属元素指标为“铝≤6mg/kg，钛≤3mg/kg，钙≤6mg/kg。”

2.5.1.5 挥发分

聚丙烯产品的挥发分主要来源于未闪蒸干净的挥发性物质，如烃类(主要是丙烯和丙烷)，另外在闪蒸脱除催化剂活性时也会带来一些水分。在“聚合+洗涤”工艺生产电容器薄膜用聚丙烯时，树脂会残留有机溶剂。有机溶剂和烃类气体属于挥发性有机化合物，拉膜工艺制铸片时会产生异味或凝结物，水分在高温时气化容易发生破膜现象，对薄膜加工造成不良影响。

对于挥发分含量，中原石化公司的批次产品数据无该项数据积累数据。验证试验中，中原石化对多批次产品该项性能进行了测试，结果为0.043-0.049%。考察北欧化工多批次HC312BF产品质检数据，挥发分最大值为0.18%，最小值为0.07%，平均值为0.13%，拟定挥发分指标为“≤0.20%”。

验证试验样品均能满足拟定指标的要求。

2.5.1.6 拉伸性能

拉伸性能是塑料最基本的力学性能之一，试验基本原理是：沿试样纵向主轴方向恒速拉伸，直到试样断裂或其应力（负荷）或应变（伸长）达到某一预定值，测量在这一过程中试验承受的负荷及其伸长。

拉伸屈服应力：在材料拉伸过程中，当应力达到一定值时，应力有微小的增加，而应变却急剧增长的现象，称为屈服，使材料发生屈服时的正应力就是材料的屈服应力。

拉伸断裂标称应变：试验中两夹具之间距离(夹具间距)单位原始长度的增量，断裂标称应变可以更加客观地评判塑料的韧性。

拉伸弹性模量是指塑料在外力拉伸作用下产生单位弹性变形所需要的应力。弹性模量可视为衡量材料产生弹性变形难易程度的指标，其值越大，使材料发生一定弹性变形的应力也越大，即材料刚度越大，亦即在一定应力作用下，发生弹性变形越小。

树脂的拉伸性能为薄膜厂拉膜工艺提供重要参考。

中原石化本产品多批次质量统计结果为：拉伸弹性模量最小值1318MPa，最大值2785MPa，平均值1615MPa；拉伸屈服应力最小值32.7 MPa，最大值33.4 MPa，平均值35.7MPa；拉伸断裂标称应变最小值19%，最大值545%，平均值334%。独山子石化6批次FC03M产品质量统计结果为：拉伸屈服应力最小值34.2 MPa，最大值36.5 MPa，平均值33.0MPa；拉伸断裂标称应变最小值521%，最大值607%，平均值584%。为此拟定拉伸性能指标为“拉伸弹性模量 $\geq 1300\text{MPa}$ ，拉伸屈服应力 $\geq 33.0\text{MPa}$ ，拉伸断裂标称应变为报告”。

验证试验样品均能满足拟定指标的要求。

2.5.1.7 薄膜鱼眼

“鱼眼”又称为“晶点”、“凝胶”，是在聚丙烯树脂制备成薄膜后，在薄膜中的小粒子，因其形状和鱼眼(fisheyes)相似，故根据其形状命名为“鱼眼”。鱼眼的存在对于聚丙烯树脂的下游加工的影响是降低加工效率和降低成品率，如在薄膜制备过程中鱼眼是关键缺陷点，将导致破膜致使装置停产或产品不合格，使得电容器薄膜的电性能不足和易于击穿。

聚丙烯树脂“鱼眼”是薄膜类聚丙烯树脂的重要技术指标，电容器薄膜对聚丙烯树脂材料要求更高。在树脂出厂检测中，流延膜质量直接影响“鱼眼”测试结果。

利用光学动态图像分析法测定薄膜鱼眼可以减少人为检测误差，且具有更高的检测灵敏度和精度。测试产品10批统计结果为：鱼眼1($\geq 0.8\text{ mm}$)最小值0个/ m^2 ，最大值0个/ m^2 ，平均值0个/ m^2 。鱼眼2(0.4mm-0.8 mm)最小值0个/ m^2 ，最大值0.2个/ m^2 ，平均值0.1个/ m^2 ；鱼眼3(0.2mm-0.4 mm)最小值0.3个/ m^2 ，最大值2.2个/ m^2 ，平均值1.0个/ m^2 ；为此拟定鱼眼指标为“鱼眼1($\geq 0.8\text{ mm}$)为0个/ m^2 、鱼眼2.0(0.4mm-0.8 mm) ≤ 1.0 个/ m^2 、鱼眼3(0.2mm-0.4 mm) ≤ 3.0 个/ m^2 ”。

2.5.1.8 薄膜雾度

雾度(haze)是偏离入射光 2.5° 角以上的透射光强占总透射光强的百分数，雾度越大意味着薄膜光泽以及透明度尤其成像度下降。

中原石化本产品多批次薄膜雾度质量统计结果为：最小值2%，最大值6%，平均值3.8%。为此拟定薄膜雾度指标为“ $<6\%$ ”。

验证试验样品均能满足拟定指标的要求。

2.5.1.9 黄色指数

黄色指数是指塑料对国际照明委员会（CIE）标准C光源，以氧化镁为基准的黄色值。按照标准方法测得的黄色指数和在日光照射下观察到的黄色程度能较好地吻合，因而能用来评价塑料质量和老化程度。黄色指数是正值表示材料呈现黄色，负值则表示材料呈现蓝色。

中原石化本产品多批次黄色指数统计结果为：最小值-3，最大值-0.4，平均值-2.2。独山子石化6批次FC03M产品质量统计结果为：最小值-8.4，最大值-7.4，平均值-7.9。为此拟定薄膜雾度指标为“<1.0”。

验证试验样品均能满足拟定指标的要求。

2.5.1.10 熔融峰温度

熔融，是指随着温度的升高，分子热运动的动能增大，导致结晶被破坏，物质由结晶态变为熔融态的过程。发生熔融的温度叫熔点或熔融温度。小分子晶体的熔点温度范围很窄（一般小于1℃），而聚合物由于结晶不完全，其熔融温度往往是一个较宽的范围（一般为10~20℃）。通常采用差示扫描量热法（DSC）进行测量。DSC法是在温度程序控制下测量样品相对于参比物的热流速度随温度变化的一种技术，在DSC熔融曲线上峰值温度称作熔融峰温度。熔融温度为聚合物材料成型加工温度的下限，制品使用温度的上限。熔融峰温度表征聚丙烯树脂热性能的重要指标，是指薄膜厂家加工工艺的重要参数。

中原石化FC03M 12批次检测统计结果为：最大值为168.7℃，最小值未166.1℃，平均值为167.1℃。为此拟定颗粒外观指标为“167.0±3.0”。

中原石化FC03R 7批次检测统计结果为：最大值为168.7℃，最小值为164.7℃，平均值为166.2℃。为此拟定颗粒外观指标为“167.0±3.0”。

验证试验样品均能满足拟定指标的要求。

2.5.1.11 氧化诱导时间

氧化诱导时间是稳定化材料耐氧化分解的一种相对度量。在常压、氧气气氛及规定温度（200℃）下通过量热法测定材料出现氧化放热的时间。

电容器薄膜在加工中，挤出、拉伸、镀膜等过程都消耗抗氧化剂，以防止材料氧化降解。薄膜制品也需要一定的抗氧化性能。氧化诱导时间是评价聚丙烯树脂和电容器薄膜抗氧化性能的关键指标。

在200℃、铝杯测试条件下，中原石化FC03M的氧化诱导时间是33.1~57.0min，独山子石化6批次FC03M产品质量结果均为38min。拟定本标准FC03M、FC03R的氧化诱导时间分别为≥35min。

中原石化FC03R的氧化诱导时间是13.3~63.0min；拟定本标准FC03R的氧化诱导时间分别为“报告”。

验证试验样品均能满足拟定指标的要求。

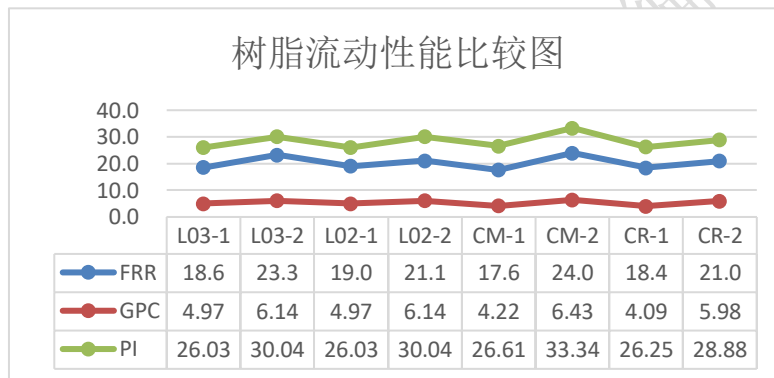
2.5.1.12 熔体流动速率比

分子量分布是表示分子量分散程度的指数，常以聚合物的重均分子量 (Mw) 与数均分子量 (Mn) 的比值 (Mw/Mn) 来衡量。通常分子量分布宽的专用料的加工性能比较好，有利于薄膜的高速加工。

北欧化工用 polydispersity index (ISO 6721-10) 表征聚丙烯树脂的流变性能, 数值范围为 4.5~5.5。多分散性是聚合物分子量分布宽度的度量。

流动速率比 (FRR) 一般用来表征材料分子量分布对热塑性塑料流变行为的影响。在生产中，中原石化使用 FRR (试验条件为 230°C/2.16kg、230°C/10kg) 监控锂电池膜料分子量分布。调研部分薄膜生产企业用 FRR (试验条件为 230°C/2.16kg、230°C/10kg) 或 FRR (试验条件为 230°C/2.16kg、230°C/5kg) 作为验收原料粒子的技术要求。

工作组利用 GPC、FRR、PI 三种方法比较了样品的流动性能。三种方法数据趋势一致，而 FRR 方法方便快捷，仪器普及，便于树脂生产企业质量检验和薄膜厂原料验收，工作组建议使用 FRR 表征专用料流变性能。FRR 试验条件由供需双方协商确定，技术指标为“报告”。



2.5.1.13 介质损耗因数

介质损耗指的是绝缘材料在电场作用下，由于介质电导和介质极化的滞后效应，在其内部引起的能量损耗。介质损耗因数指的是衡量介质损耗程度的参数。

中原石化公司的批次产品数据无该项数据积累数据。验证试验中，西安交大和四川大学实验室对该项性能进行了测试，FC03M 结果在 0.0031~0.0005 之间，FC03R 结果在 0.0037~0.0007 之间。拟定本标准介质损耗因数指标为“ $\leq 5 \times 10^{-4}$ ”。

2.5.1.14 体积电阻率

隔膜作为绝缘材料用于将锂电池正负极之间进行电气隔离。因此，期望聚丙烯隔膜具有尽可能高的绝缘电阻。体积电阻是材料绝缘电阻的一部分，体积电阻率通常被视为单位体积内的体积电阻。

验证试验中，工作组测定了专用料的体积电阻率，FC03M 结果为 $3.5 \times 10^{15} \Omega \cdot m \sim 4.5 \times 10^{16} \Omega \cdot m$ ，FC03R 结果为 $4.5 \times 10^{15} \Omega \cdot m \sim 8.1 \times 10^{16} \Omega \cdot m$ 。为此拟定体积电阻率指标为“ $\geq 3.0 \times 10^{15} \Omega \cdot m$ ”。

2.5.2 本标准确定的主要技术要求

综上，经调研研究，验证试验和数据积累情况的分析，本标准确定的技术要求见表6。

表6 电容器薄膜用聚丙烯技术要求

序号	项目		单位	要求	
				PP-H FC03M	PP-H FC03R
1.1	颗粒外观	黑粒	个/kg	0	
1.2		色粒和黑斑粒	个/kg	≤0	
1.3		大粒和小粒	g/kg	≤10	
1.4		蛇皮粒和拖尾粒	个/kg	≤2	
2.1	熔体质量流动速率（MFR）		g/10min	3.00±0.30	3.20±0.20
2.2	熔体流动速率比（FRR）		-	报告	
3	等规指数		%	≥98.0	≥96.0
4	灰分（质量分数）		mg/kg	≤30	
5.1	金属元素含量	铝（质量分数）	mg/kg	≤6	
5.2		硅（质量分数）	mg/kg	≤3	
5.3		钛（质量分数）	mg/kg	≤3	
5.4		钙（质量分数）	mg/kg	≤6	
6.1	拉伸性能	拉伸弹性模量（ E_t ）	MPa	≥1300	
6.2		拉伸屈服应力（ σ_y ）	MPa	≥34.0	
6.3		拉伸断裂标称应变（ ϵ_{tb} ）	%	报告	
7.1	薄膜鱼眼	≥0.8 mm	个/m ²	≤0	
7.2		0.4 mm~<0.8mm		≤1.0	
7.3		0.2mm~<0.4mm		≤3.0	
8	薄膜雾度		%	<6	
9	黄色指数		-	≤1.0	
10	挥发分（质量分数）		%	≤0.20	
11	熔融温度		℃	167.0±3.0	
12	氧化诱导时间（200℃）		min	≥35	报告
14	体积电阻率		$\Omega \cdot m$	≥ 3.0×10^{15}	
15	介质损耗因数（工频）			≤ 5.0×10^{-4}	

2.6 试验方法

按照国家标准和行业标准试验方法对收集到的试验样品各项物理性能进行了试验验证，试验结果表明，各项性能指标可较好地反映专用料的性能。确定测试方法和试验条件如下。

2.6.1 试验结果的修约

按GB/T 8170的规定，采用修约值比较法对试验结果进行修约，修约后的有效位数与技术要求表的要求一致。

2.6.2 试验的状态调节和试验的标准环境

试样的状态调节按GB/T 2918的规定进行，状态调节的条件为温度 $23\text{℃} \pm 2\text{℃}$ ，环境的相对湿度为 $50\% \pm 10\%$ ，调节时间至少40h但不超过96h。。

所有试验都应在GB/T 2918规定的标准环境下进行，环境温度为 $23\text{℃} \pm 2\text{℃}$ ，环境的相对湿度为 $50\% \pm 10\%$ 。

2.6.3 注塑试样的制备

试样的制备按 GB/T 2546.2-2022中4.3的规定进行。

用GB/T 17037.1-2019标准中相应的GB/ISO模具体备符合 GB/T 1040.2-2022 中1A型试样。

2.6.4 压塑试样的制备

压塑试样的制备按 GB/T 2546.2-2022 中4.4的规定进行，采用不溢料式模具压塑厚度为1mm的试样。

2.6.5 薄膜试样的制备

2.6.5.1 流延膜机至少具备以下条件

- a) 冷却辊温度：26℃±2℃；
- b) 螺杆长径比：不小于25；
- c) 口模宽度：不小于250mm；
- d) 口模狭缝间隙：0.3mm~0.4mm。

2.6.5.2 流延膜制备条件

- a) 熔体温度：240℃±5℃；
- b) 牵引速度：8m/min±0.5m/min。

2.6.5.3 流延膜制备要求

- a) 每次流延膜制备前，需仔细清理口模狭缝，确保无结焦；
- b) 用于料筒和机头置换的待检样品量不得少于1.5kg；
- c) 流延膜制备过程中不使用风刀及过滤网。

2.6.5.4 流延膜厚度

膜厚度：0.030mm±0.005mm。

2.6.6 颗粒外观

按照SH/T 1541.1-2019规定进行。

2.6.7 熔体质量流动速率和熔体质量流动速率比

熔体质量流动速率按GB/T 3682.1—2018中方法A或方法B规定进行，试验温度为230℃，负荷为2.16kg。仲裁时采用方法A。选用方法B测定熔体质量流动速率时，熔体密度值为0.7386g/cm³。试验时，在装试样前应用氮气吹扫料筒5s~10s，氮气压力为0.05MPa。

流动速率比（FRR）按GB/T 3682.1—2018中方法A或方法B规定进行，试验温度为230℃，试验负荷由供需双方协商确定。

试验前，使用相应有证标准样品可保证试验数据的可靠性。

2.6.8 等规指数

按GB/T 2412-2008规定进行，也可按SH/T 1774-2012规定进行。GB/T 2412-2008为仲裁方法。

2.6.9 灰分

试验按GB/T 9345.1-2008 规定进行,采用铂金坩埚直接煅烧法(A法),灼烧温度为 $850^{\circ}\text{C}\pm 50^{\circ}\text{C}$ 。

2.6.10 金属元素(铝、硅、钛、钙)含量

按照SH/T 1829-2020规定进行。

2.6.11 拉伸性能

试样为按2.6.3制备的1A型试样。

试样的状态调节按2.6.2规定进行。

试验按GB/T 1040.2-2006规定进行,测定拉伸弹性模量时,试验速度为 $1\text{mm}/\text{min}$;测定其它拉伸性能时,试验速度为 $50\text{mm}/\text{min}$ 。

2.6.12 薄膜鱼眼

按GB/T 6595-1986规定进行,也可以按照附录A规定进行。结果有争议时,以GB/T 6595-1986为仲裁方法。

2.6.13 薄膜雾度

试样尺寸符合 GB/T 2410-2008 规定。试验样品的状态调节按3.6.2的规定进行。测试按 GB/T 2410-2008 规定进行。

2.6.14 黄色指数

按HG/T 3862-2006规定进行。

2.6.15 挥发分

按GB/T 2914规定进行,采用烘箱和天平的方法,温度控制在 $105^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$ 。

2.6.16 熔融峰温度

按GB/T 19466.3-2004规定进行。升降温速率为 $10^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 。

2.6.17 氧化诱导时间

按GB/T 19466.6-2009规定进行。使用铝坩埚,试验温度为 200°C ,程序升温速率为 $20^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 。

2.6.18 体积电阻率

按GB/T 31838.2-2019中的规定进行,试样厚度为 $1.0\text{mm}\pm 0.1\text{mm}$,测试电压为 1kV 。

按GB/T 10580-2015中的规定,测试常温时的体积电阻率,应在标准大气(B)($23^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$ /相对湿度 $50\%\pm 10\%$)中进行。

2.6.19 介质损耗因数

按GB/T 1409-2006中的规定进行,采用西林电桥法,试样厚度为 $1.0\text{mm}\pm 0.1\text{mm}$,测试温度为 $(23\pm 2)^{\circ}\text{C}$,频率为 50Hz ,场强为 $1\text{kV}/\text{mm}$ 。

三、 主要试验(或验证)情况分析

本标准的试验工作主要包括两个方面:一是生产企业的产品积累数据,由生产企业中原石化提供本企业产品两个牌号共计19个批次数据,独山子石化提供本企业6个批次数据,为确定产品技术指标提供必要的支撑。二是起草单位组织收集典型产品,在工作组内进行

技术指标的验证试验，同时和相关院所和检测机构进行检测，确保数据准确可靠、指标科学合理。

1 企业产品批次积累数据

收集了中原石化生产的12批FC03、9批FC03R质检数据，见附件1《中原石化电容器薄膜用聚丙烯专用料质检数据统计分析表》；收集了独山子石化生产的6批次HP30CF质检数据，见附件2《独山子石化电容器薄膜用聚丙烯专用料质检数据统计分析表》。

2 比对验证试验

2.1 试验参加单位情况

表 7 参加单位一览表

序号	单位名称	备注
1	中国石化中原石油化工有限公司	
2	中国石化北京化工研究院燕山分院	
3	北京燕山石化高科技术有限责任公司	
4	中国石油天然气股份有限公司独山子石化分公司	
5	四川大学	
6	西安交通大学	

2.2 试验样品

收集 5 个样品进行实验室间比对的验证，样品情况见表 8。

表 8 试验样品情况

序号	试验编号	试验样品			提供试验样品的单位
		现牌号	原牌号	批号	
1	CM03-1	PP-H FC03M	PP-H FC03	YY12251321	中原石化
2	CM03-2	PP-H FC03M	HC300BF	B1-220220	市售
3	CR03-1	PP-H FC03R	PP-H FC03R	YY12251521	中原石化
4	CR03-2	PP-H FC03R	HC312BF	B1-210455	市售
5	CM03-3	PP-H FC03M	HP30CF		独山子石化

2.3 比对结果分析讨论

验证试验结果见附件3《验证试验数据累积汇总表》（略）。数据统计分析见2.5.1。）

四、标准涉及专利的情况

本标准相关内容不涉及国内外专利及知识产权问题。

五、预期达到的社会效益等情况

本标准的实施将构建国产高端电工级材料的评价体系，实现我国电容器薄膜用聚丙烯树脂替代进口，解决“卡脖子”技术难题，促进我国经济可持续发展具有重要战略意义。

六、与国际国外和国内同类标准水平的对比情况

ISO 塑料标准无该产品标准，ASTM 标准中无该产品标准。国内无该类材料国家、行业和团体各层面的产品标准。

由本标准产品 FC03M、FC03R 生产的直流干式电容器、油浸式电容器，已在南方电网正式投运，电容器从材料、设计、研发到生产实现了全链条自主可控，对于打破国外技术垄断、扩充关键电力技术装备国产化序列、保障电网设备产业链供应链安全具有重大意义。

本标准推荐为国内先进水平。

七、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协调性

本标准不涉及生产安全、环境保护、节约能源等方面的法律法规要求，也不属于食品卫生安全、人身安全等强制性国家标准，所以本标准与国家现行法律法规和强制性国家标准规定没有相违背的地方。

八、重大分歧意见的处理经过和依据

在本标准的制修订过程中，无重大分歧意见。

九、标准性质的建议说明

本标准属产品标准，不是通用性的安全规范或标准。根据标准化法和有关规定，建议本标准作为团体标准发布实施。

十、贯彻实施标准的要求和措施建议

1. 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。

2. 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。

3. 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。

4. 建议标准实施日期为：自发布起 6 个月。

十一、废止现行相关标准的建议

本标准为首次制定。

十二、其它应予说明的事项

无