

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2022.02.016

汽车用低气味聚丙烯复合材料生产工艺

廖雄兵¹, 姚晨光¹, 朱敏¹, 计娉婷¹, 赵鑫¹, 王淑芬²

(1. 合肥杰事杰新材料股份有限公司, 合肥 230601; 2. 合肥学院, 能源材料与化工学院, 绿色助剂创新技术中心, 合肥 230601)

摘要: 从生产工艺出发, 探讨原材料、双螺杆挤出机长径比、挤出机真空、注水、挤出机造粒温度、熔体在双螺杆中停留时间等因素对聚丙烯(PP)复合材料气味和总挥发性有机化合物(TVOC)的影响。按照上海大众标准PV3900“汽车车厢内零部件气味试验”和PV3341“车厢内部非金属材料对有机化合物散射性的测定”进行数据分析。结果显示, 与过氧化物降解法PP相比, 氢调法PP制得的PP复合材料气味等级低1~1.5级, 同时TVOC含量也明显降低。采用有效的二级真空、注入5%的蒸馏水、延长物料在双螺杆中停留时间至60 s以上, PP复合材料气味等级分别降低0.3~0.5级、0.3~0.5级、0~0.5级, TVOC最高分别降低约15%、22%、72%。而提高造粒温度, PP复合材料的气味及TVOC会明显升高, 其中气味等级升高约0.5~1级, TVOC升高42%~50%。

关键词: 聚丙烯; 低气味; 低VOC; 注水; 造粒温度; 停留时间

中图分类号: TQ325.14 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3539(2022)02-0096-05

Production Technology of Low Odor Polypropylene Composite for Vehicles

Liao Xiongbing¹, Yao Chenguang¹, Zhu Min¹, Ji Pingting¹, Zhao xin¹, Wang Shufen²

(1. Hefei Genius Advanced Material Co., Ltd, Hefei 230601, China; 2. Innovation Center for Green Additives Technology, School of Energy Materials and Chemical Engineering, Hefei University, Hefei 230601, China)

Abstract: The effects of raw materials, length diameter ratio of twin-screw extruder, vacuum of extruder, water injection, granulation temperature of extruder and residence time of melt in twin-screw on the odor and total volatile organic compounds (TVOC) of polypropylene(PP) composites were discussed. The data was analyzed according to Shanghai Volkswagen standard PV3900 odor test of parts in car compartment and PV3341 determination of scattering of non-metallic materials in car compartment to organic compounds. The results show that the odor grade of PP composites prepared by hydrogen modified PP is 1-1.5 level lower than that of PP by peroxide degradation, and TVOC content is also significantly reduced. Using effective two-stage vacuum, injecting 5wt% distilled water and prolonging the residence time of materials in the twin-screw to more than 60 s, the odor grade of PP composite is reduced by 0.3-0.5, 0.3-0.5 and 0-0.5 level respectively, and the maximum TVOC is reduced by about 15%, 22% and 72% respectively. With the increase of granulation temperature, the odor and TVOC of PP composites will increase significantly, the odor grade will increase by about 0.5-1 level and TVOC will increase by 42%-50%.

Keywords: polypropylene; low odor; low VOC; water flooding; granulation temperature; residence time

聚丙烯(PP)复合材料因其良好的综合性能广泛应用于汽车内、外饰件和结构功能件^[1-2]。然而PP复合材料在合成、加工过程中由于自身降解, 催化剂等助剂的残留等原因会不同程度地释放出有害的易挥发有机化合物(VOC), 产生刺激性气味, 造成车内空气质量下降, 危害人体健康^[3-4]。随着人们环

保健康意识的增强以及国家对车内空气质量强制标准的出现, 车内气味的控制问题尤为凸显^[5-7]。PP复合材料作为车内使用的主要材料, 其气味的控制对于改善车内空气质量具有重要的意义^[8]。目前, 无论是PP树脂生产企业还是改性企业, 都在不断加强对PP气味问题的关注和研究^[9]。

通信作者: 王淑芬, 讲师, 主要研究方向为高性能树脂的合成与应用

收稿日期: 2021-12-02

引用格式: 廖雄兵, 姚晨光, 朱敏, 等. 汽车用低气味聚丙烯复合材料生产工艺[J]. 工程塑料应用, 2022, 50(2):96-100.

Liao Xiongbing, Yao Chenguang, Zhu Min, et al. Production technology of low odor polypropylene composite for vehicles[J]. Engineering Plastics Application, 2022, 50(2):96-100.

PP 复合材料的气味来源较为复杂,一方面由于 PP 原料合成过程中存在己烷、乙醇、庚烷等溶剂和部分小分子聚合物的残留,另一方面由于 PP 复合材料加工过程中添加的催化剂、助剂等小分子化合物,导致其从合成、改性及后续注塑制件过程中都可能会释放出 VOC,并形成一定的气味性^[10-13]。为降低 PP 复合材料 VOC 含量,改善其气味性,近年来国内外研究人员在助剂选择、无机吸附剂、化学除味剂等方面进行了大量研究,并取得一定成果^[11-14]。然而,关于 PP 复合材料加工过程中的生产工艺对气味影响的研究却鲜见报道。这无疑限制了低气味 PP 复合材料的研发进度。

笔者从 PP 的改性工艺出发,探讨了原材料、双螺杆挤出机长径比、挤出机真空、注水、挤出机造粒温度、停留时间等工艺参数对 PP 复合材料气味和总挥发性有机化合物 (TVOC) 的影响。本研究将为科学地选择除味方法,高效地控制气味释放,促进 PP 复合材料低气味改性技术的发展提供参考。

1 实验部分

1.1 主要原材料

氢调高流动抗冲击共聚 PP: BX3800, 韩国 SK 株式会社;

氢调高流动高抗冲击共聚 PP: K9829H, 中国石化燕山石化公司;

降解中流动高抗冲击共聚 PP: YPJ1215C, 中国石化扬子石油化工有限公司;

降解高流动抗冲击共聚 PP: K7926, 上海赛科石油化工有限公司;

滑石粉: AH51210, 工业级, 粒径 5 μm , 辽宁威海滑石有限公司;

乙烯-辛烯共聚物 (POE): 8150, 陶氏化学 (中国) 有限公司;

抗氧剂: 1010, 天津利安隆新材料股份有限公司;

抗氧剂: 168, 北京极易控股集团有限公司;

光稳定剂: 3808PP5, 氰特化工上海有限公司;

润滑剂乙撑双硬脂酸酰胺 (EBS): 上海星贝达化工材料有限公司;

润滑剂: TR451, 美国 Struktol 公司。

1.2 主要设备及仪器

高速混合机: SHR-500A 型, 张家港市永利机械有限公司;

双螺杆挤出机: SJ-42 型, 长径比 40 : 1, 南京

杰亚挤出机装备有限公司;

双螺杆挤出机: SJ-42 型, 长径比 44 : 1, 南京杰亚挤出机装备有限公司;

双螺杆挤出机: SJ-42 型, 长径比 56 : 1, 南京杰亚挤出机装备有限公司;

液体失重秤: LW-LF-10W 型, 常州传力称重科技有限公司;

鼓风干燥箱: DHG-9070A 型, 上海慧泰仪器制造有限公司;

电子天平: TE214S 型, 赛多利斯科学仪器 (北京) 有限公司;

气相-质谱联用仪: 7890B-5977B 型, 安捷伦科技 (中国) 有限公司。

1.3 样品制备

称量 PP 70 份, POE 9 份, 滑石粉 20 份, 加工助剂 1 份 (质量比抗氧剂 1010 : 抗氧剂 168 : 光稳定剂 3808PP5 : 润滑剂 EBS : 润滑剂 TR451=1 : 1 : 1 : 1 : 1), 在高速混合机中混合 5 min, 然后分别经长径比 40 : 1, 44 : 1, 56 : 1 的双螺杆挤出后造粒。其中长径比 40 : 1 的挤出机各区挤出温度为 160, 190, 210, 220, 220, 220, 220, 210, 200 $^{\circ}\text{C}$ 。长径比 44 : 1 的挤出机各区挤出温度为 160, 190, 210, 220, 220, 220, 220, 220, 220, 210, 200 $^{\circ}\text{C}$ 。长径比 56 : 1 的挤出机各区挤出温度为 160, 190, 210, 220, 220, 220, 220, 220, 220, 220, 220, 210, 200 $^{\circ}\text{C}$ 。挤出机螺杆直径均为 42 mm, 一级抽真空处理, 真空度为 -0.06 MPa。其中各配方中 PP 材料具体牌号见表 1。

表 1 改性 PP 复合材料中 PP 牌号

改性 PP 编号	PP 牌号	螺杆长径比
1-1 [#]	BX3800	40 : 1
2-1 [#]	K9829H	40 : 1
3-1 [#]	YPJ1215C	40 : 1
4-1 [#]	K7926	40 : 1
1-2 [#]	BX3800	44 : 1
2-2 [#]	K9829H	44 : 1
3-2 [#]	YPJ1215C	44 : 1
4-2 [#]	K7926	44 : 1
1-3 [#]	BX3800	56 : 1
2-3 [#]	K9829H	56 : 1
3-3 [#]	YPJ1215C	56 : 1
4-3 [#]	K7926	56 : 1

按 1-3[#]~4-3[#] 的配方、混料工艺、挤出工艺条件, 在长径比 56 : 1 的双螺杆挤出机中挤出造粒, 但与 1-3[#]~4-3[#] 不同的是, 采取二级抽真空处理, 真空度均为 -0.06 MPa, 分别制得 1-3-2[#]~4-3-2[#] 四个样料。

按 1-3-2[#]~4-3-2[#] 的配方、混料工艺、挤出工艺条件、二级抽真空条件等, 在长径比 56 : 1 的双螺杆挤出机中挤出造粒, 但是与 1-3-2[#]~4-3-2[#] 不同的

是,使用液体失重秤从第 7 区注入 5% 含量的蒸馏水,分别制得 1-3-2[#]-A~4-3-2[#]-A 四个样料。

按 1-3-2[#]-A~4-3-2[#]-A 的配方、混料工艺、二级抽真空条件、注水量等,在长径比 56 : 1 的双螺杆挤出机中挤出造粒,但是与 1-3-2[#]-A~4-3-2[#]-A 不同的是,挤出工艺中各加热温区的温度设置较原来都分别提高 20℃,分别制得 1-3-2[#]-A-H~4-3-2[#]-A-H 四个样料。

按 1-3-2[#]-A~4-3-2[#]-A 的配方、混料工艺、挤出温度、二级抽真空条件、注水量等,在长径比 56 : 1 的双螺杆挤出机中挤出造粒,但是与 1-3-2[#]-A~4-3-2[#]-A 不同的是,通过调整螺杆组合如改变啮合块数量、增加反螺纹等,以及调整具体挤出工艺中的喂料[额定电流(68A) 30%~80%]及转速(100~500 r/min)来调整物料在螺杆中的停留时间及充满度,将物料在双螺杆中停留时间小于 20 s 的分别记为 1-3-2[#]-A-S~4-3-2[#]-A-S,将物料在双螺杆中停留时间大于 60 s 的分别记为 1-3-2[#]-A-L~4-3-2[#]-A-L,共制得 8 个样料。

1.4 气味及 VOC 测试

(1) 气味测试。

气味按上海大众标准 PV3900“汽车车厢内零部件气味试验”测试;称取(20±2) g 经双螺杆挤出造粒的粒子,置于 1 L 的玻璃瓶中,于鼓风干燥箱中(80±2)℃烘 2 h±10 min,取出后在室温下冷却至(60±5)℃,由至少 3 位试验员评判,如果不能确定时可取中间分数,如 3.5 级,最终结果取所有试验员评判结果的平均值。其中气味气味评判等级分为 1~6 级,具体评判标准见表 2。

表 2 气味评判标准

气味等级 / 级	评判标准
1	不易察觉到
2	可感觉到,但无干扰性因素
3	可明显感觉到,但无干扰性因素
4	有干扰性因素
5	无强烈的干扰性因素
6	不可忍受

(2) TVOC 测试。

VOC 散发特性按上海大众标准 PV 3341“车厢内部非金属材料对有机化合物散射性的测定”测试。

2 结果与讨论

2.1 PP 牌号及螺杆长径比对 PP 复合材料气味及 TVOC 的影响

样品 1-1[#]~4-3[#]测试气味等级及 TVOC,结果见表 3。从表 3 数据可以看出,不同牌号的 PP 以同

样的配方及生产工艺,在同样的机台生产出的 PP 复合材料,其气味及 VOC 有较大差异。其中氢调法 PP BX3800, K9829H 为基材生产出的 PP 复合材料,其气味等级比降解法 PP YPJ1215C, K7926 生产的 PP 复合材料要低 1~1.5 级,同时 TVOC 含量也远低于降解法生产的 PP 复合材料。由于氢调法是在合成 PP 时,采用的催化体系与聚合工艺能够在反应釜内直接合成高流动性 PP,而降解法则是在造粒过程中向 PP 树脂中添加有机过氧化物,通过可控流变提高熔体流动速率而得到的 PP。因此,一般情况下采用氢调法 PP 的 TVOC 数值普遍较低,而过氧化物降解法 PP 的 TVOC 普遍偏高,气味也有类似规律。由于过氧化物降解过程中会产生叔丁醇等低沸点挥发性物质,残留较多,可控性差,而残留的有机过氧化物及降解剂碎片等可能会进一步与分子链端反应,产生更多的甲醛、乙醛、丙酮等,从而进一步提高 TVOC 和气味。氢调法通过氢气来做为分子量调节剂来控制熔体流动速率,不额外增加物质,合成过程可控性行强,合成结束后,体系中成分单一,所以 TVOC 和气味低。同时,双螺杆挤出机的长径比对气味及 VOC 有一定影响,在常规 PP 增韧填充改性类螺杆组合下,与短长径比双螺杆相比,高长径比双螺杆生产出的 PP 复合材料气味及 VOC 都略低,主要因为高长径比双螺杆其螺杆组合裕量更充足,在保证充分混合的同时有更好的散发渠道。

表 3 PP 牌号与螺杆长径比对 PP 复合材料气味及 TVOC 的影响

改性 PP 编号	PP 牌号	螺杆长径比	真空级数	气味等级 / 级	TVOC / (μgC · g ⁻¹)
1-1 [#]	BX3800	40 : 1	—级	3.7	125
2-1 [#]	K9829H	40 : 1	—级	4.0	141
3-1 [#]	YPJ1215C	40 : 1	—级	5.5	1 121
4-1 [#]	K7926	40 : 1	—级	5.0	892
1-2 [#]	BX3800	44 : 1	—级	3.5	112
2-2 [#]	K9829H	44 : 1	—级	3.7	152
3-2 [#]	YPJ1215C	44 : 1	—级	5.5	987
4-2 [#]	K7926	44 : 1	—级	5.0	811
1-3 [#]	BX3800	56 : 1	—级	3.5	79
2-3 [#]	K9829H	56 : 1	—级	3.7	87
3-3 [#]	YPJ1215C	56 : 1	—级	5.0	866
4-3 [#]	K7926	56 : 1	—级	4.5	799

2.2 真空级数对 PP 复合材料气味及 TVOC 的影响

考察真空级数对 PP 复合材料气味及 TVOC 的影响因素,结果见表 4。从表 3 及表 4 可看出,采用二级真空生产的 PP 复合材料,其气味及 TVOC 均比采用单真空生产的 PP 复合材料低。二者相比,降解法 PP 制得的复合材料气味等级约低 0.5 级,氢调法 PP 制得的复合材料气味等级约低 0.2 级,TVOC 均降低约 15%。这是因为增加真空级数,原 PP 中挥发性组分,如有机过氧化物分解产物、丙烯

低聚物、其他挥发性碳氢组分与惰性气体(蒸汽、氮气)等以及在双螺杆前段受强剪切而断裂分解的低分子可再一次被强排出。此外,可预见的是三级真空或者增加真空度对气味和TVOC都会产生正影响,但需综合考虑螺杆组合余地及生产能耗及效果。

表4 真空级数对PP复合材料气味及TVOC的影响

改性PP 编号	PP 牌号	螺杆 长径比	真空 级数	气味等级/ 级	TVOC/ ($\mu\text{gC}\cdot\text{g}^{-1}$)
1-3-2 [#]	BX3800	56:1	二级	3.3	65
2-3-2 [#]	K9829H	56:1	二级	3.5	72
3-3-2 [#]	YPJ1215C	56:1	二级	4.5	725
4-3-2 [#]	K7926	56:1	二级	4.0	678

2.3 注水对PP复合材料气味及TVOC的影响

在挤出造粒过程,通过液体失重秤,向双螺杆筒体中注入5%(质量百分数)的蒸馏水,考察其对气味及TVOC的影响,结果见表5。从表5可看出,在双螺杆改性造粒过程中,注入5%的蒸馏水,所制得PP复合材料气味等级及TVOC会明显降低。与未注水PP复合材料相比,降解法PP复合材料气味等级低0.5级左右,TVOC降低可达55%,而氢调法PP复合材料注入5%的蒸馏水后,其气味等级低0.3~0.5级左右,TVOC降低约22%。气味等级及TVOC都明显降低主要是因为蒸馏水通过失重秤以计量泵强制注入螺杆,在密闭筒体中与熔融PP混合物接触混炼,可以溶解一部分小分子,同时,物料及筒体的高温使得水汽化,能从前端自然排气和强制排气孔排除,而大量的排气又同时带走更多低分子物质,最终会使得PP复合材料有更低的TVOC及气味等级。而氢调法PP生产的复合材料其气味性及TVOC的下降比例低于降解法PP生产的复合材料,这是因为降解法PP生产的复合材料,其中有机类过氧化物、醛类、酮类低分子本身含量较高,相同接触面积下溶解更充分,从而导致挥发更完全。

表5 注水对PP复合材料气味及TVOC的影响

改性PP 编号	PP 牌号	螺杆长 径比	真空 级数	注水量/ %	气味等 级/级	TVOC/ ($\mu\text{gC}\cdot\text{g}^{-1}$)
1-3-2 [#] -A	BX3800	56:1	二级	5	3.0	48
2-3-2 [#] -A	K9829H	56:1	二级	5	3.0	56
3-3-2 [#] -A	YPJ1215C	56:1	二级	5	4.0	322
4-3-2 [#] -A	K7926	56:1	二级	5	3.7	289

2.4 温度对PP复合材料气味及TVOC的影响

考察在挤出造粒过程,挤出温度对气味及TVOC的影响,即挤出机各区温度在原基础上都分别增加20℃,分别为180,210,230,240,240,240,240,240,240,240,240,230,220℃,测试制得的PP复合材料的气味等级及TVOC结果见表6。

表6 温度对PP复合材料气味及TVOC的影响

改性PP 编号	PP 牌号	螺杆长 径比	真空 级数	注水 量/%	各区 温度/℃	气味 等级/ 级	TVOC/ ($\mu\text{gC}\cdot\text{g}^{-1}$)
1-3-2 [#] -A-H	BX3800	56:1	二级	5	+20	3.7	89
2-3-2 [#] -A-H	K9829H	56:1	二级	5	+20	4.0	111
3-3-2 [#] -A-H	YPJ1215C	56:1	二级	5	+20	5.0	556
4-3-2 [#] -A-H	K7926	56:1	二级	5	+20	4.5	589

从表6及表5对比可以得出,各区温度都增加20℃后,其气味等级及TVOC会明显降低,其气味等级增高0.5~1级,TVOC增加到42%~50%。这主要是由于双螺杆本身具有强剪切,会导致PP分子链的断裂而产生活性基团,正常温度范围下,体系中添加的抗氧化剂等加工助剂能够平衡这一部分活性基团及其影响,而升高温度后,体系中其他因素固定不变的情况下,活性基团会导致PP分子链更多的断裂从而产生更多的小分子物质,从而导致最终的复合材料的气味及TVOC升高。

2.5 物料在螺杆中停留时间对PP复合材料气味及TVOC的影响

考察物料在双螺杆挤出机中停留时间对PP复合材料气味等级及TVOC的影响,结果见表7。

表7 物料在螺杆中停留时间对PP复合材料气味及TVOC的影响

改性PP 编号	PP 牌号	螺杆长 径比	真空 级数	注水 量/%	停留 时间/s	气味 等级/ 级	TVOC/ ($\mu\text{gC}\cdot\text{g}^{-1}$)
1-3-2 [#] -A-S	BX3800	56:1	二级	5	<20	3.0	67
2-3-2 [#] -A-S	K9829H	56:1	二级	5	<20	3.3	75
3-3-2 [#] -A-S	YPJ1215C	56:1	二级	5	<20	4.3	412
4-3-2 [#] -A-S	K7926	56:1	二级	5	<20	4.0	325
1-3-2 [#] -A-L	BX3800	56:1	二级	5	>60	2.8	24
2-3-2 [#] -A-L	K9829H	56:1	二级	5	>60	3.0	49
3-3-2 [#] -A-L	YPJ1215C	56:1	二级	5	>60	3.5	89
4-3-2 [#] -A-L	K7926	56:1	二级	5	>60	3.5	92

对比表7和表5可以得出,通过调整物料在螺杆中的停留时间及充满度(裕量),最终所制得的PP复合材料气味等级及TVOC有较大的差异。总体来说,停留时间短的其气味增加0~0.3级,停留时间较正常挤出工艺时长,复合材料气味等级降低0~0.5级,TVOC方面也有同样的趋势。特别指出的是,YPJ1215C经大于60s的停留时间后,TVOC降低比例达到72.4%。这是因为在双螺杆中停留时间长的,其自然排气口以及二级真空脱挥排气口能够有更长的时间作用于熔融的物料,具有气味性的醛酮类低分子物质有更加充裕的时间脱除。同时低电流带来的低螺槽充满度,使得熔体有更大面积与注入的蒸馏水接触,更有利于低分子物质充分释放,在同等的真空条件下能排除更多的醛酮类小分子。

3 结论

分析了原材料、双螺杆挤出机长径比、挤出机

真空、注水、挤出机温度、停留时间等因素对 PP 材料气味和 TVOC 的影响因素,结论如下:

(1) 氢调法 PP 比过氧化物降解法 PP 制得的 PP 复合材料气味等级要低 1~1.5 级;

(2) 高长径比的双螺杆生产出的 PP 复合材料比短长径比双螺杆生产出的 PP 复合材料气味及 VOC 都略低;

(3) 采用有效的二级真空方案比一级真空方案气味等级要低 0.5 级左右,TVOC 有明显降低;

(4) 造粒过程中从第 7 区注入 5% 的蒸馏水,其气味能降低 0.3~0.5 级,TVOC 有明显降低;

(5) 超过 PP 正常造粒温度 20℃,气味及 TVOC 会明显升高,其中气味升高 0.5~1 级;

(6) 物料在双螺杆中停留时间长、螺槽裕量高有利于气味及 TVOC 的降低。

综上所述,通过对原材料、双螺杆挤出机长径比、挤出机真空、注水、挤出机造粒温度、停留时间等因素对 PP 材料气味和 TVOC 的影响,开发出的低散发 PP 复合材料气味和 TVOC 分别可以达到较好的水平,可以满足现在大部分汽车主机厂的要求。同时此生产工艺可以作为同行参照及技术储备。

参考文献

- [1] 余鹏,郝源增,郝建鑫.汽车内饰件用低 VOC 聚丙烯复合材料的制备及性能研究[J].精细石油化工进展,2009(12):24-26.
Yu Peng, Hao Yuanzeng, Hao Jianxin. Preparation and properties of polypropylene composite with low VOC for automobile interior parts[J]. Advances in Fine Petrochemicals, 2009(12):24-26.
- [2] 余林华.低散发耐刮擦汽车内饰用聚丙烯复合材料的研制[J].工程塑料应用,2012(9):9-12.
Yu Linhua. Polypropylene composite with low emission and scratch resistant used for automobile interior trim[J]. Engineering Plastics Application, 2012(9):9-12.
- [3] 庄梦梦,徐耀宗,刘雪峰,等.车用内饰塑料发展趋势及低 VOC 改进方法[J].绿色科技,2015(9):320-321.
Zhuang Mengmeng, Xu Yaozong, Liu Xuefeng, et al. Development trend and low VOC improvement method for automotive interior plastics[J]. Journal of Green Science and Technology, 2015(9):320-321.
- [4] 李峰,康鹏,金滢.加工技术对聚丙烯中 VOC 含量的影响[J].合成树脂及塑料,2013,30(3):55-57,65.
Li Feng, Kang Peng, Jin Yan. Effect of processing technology on VOC content in polypropylene[J]. China Synthetic Resin and Plastics, 2013, 30(3):55-57, 65.
- [5] 李应平,郑化安,王小宪,等.车用聚丙烯改性材料气味控制技术进展[J].工程塑料应用,2016,44(6):124-127.
Li Yingping, Zheng Huaan, Wang Xiaoxian, et al. Advances in odor control technology for modified polypropylene materials for automotive applications[J]. Engineering Plastics Applications, 2016, 44(6):124-127.
- [6] 刘小林.低气味、低 VOC 聚丙烯共混物的研究[J].塑料科技,2017,45(6):21-25.
Liu Xiaolin. Study on polypropylene blend with low odor and low VOC[J]. Plastic Science and Technology, 2017, 45(6):21-25.
- [7] 梁晓亮.汽车内饰中聚丙烯塑料的应用[J].塑料工业,2019,47(6):162-165.
Liang Xiaoliang. Application of polypropylene plastics in automotive interior[J]. China Plastics Industry, 2019, 47(6):162-165.
- [8] 韩筱.车用低气味抗冲共聚聚丙烯的研究与开发[D].兰州:兰州理工大学,2021.
Han Xiao. Research and development of low odor impact-resistant copolymer polypropylene for automobile[D]. Lanzhou: Lanzhou University of Technology, 2021.
- [9] 程发祥,陈浩然,付鑫,等.汽车用低 VOC、低气味聚丙烯复合材料的研究[J].汽车零部件,2021(3):43-47.
Cheng Faxiang, Chen Haoran, Fu Xin, et al. Investigation on low VOC and low odour polypropylene composites for vehicle using[J]. Automobile Parts, 2021(3):43-47.
- [10] 范开鑫,金江彬,陈江明.汽车用低气味、低 VOC 聚丙烯复合材料的制备及性能[J].工程塑料应用,2019,47(8):23-28.
Fan Kaixin, Jin Jiangbin, Chen Jiangming. Preparation and properties of low odor and low VOC polypropylene composites for automotive[J]. Engineering Plastics Application, 2019, 47(8):23-28.
- [11] 赵福,庞院,任明辉,等.车用聚丙烯复合材料气味控制技术综述[J].工程塑料应用,2021,49(1):146-151.
Zhao Fu, Pang Yuan, Ren Minghui, et al. Review on odor control technology of polypropylene composites for vehicles[J]. Engineering Plastics Application, 2021, 49(1):146-151.
- [12] 褚松茂.低 VOC 含量塑料制备与加工技术及其在汽车内饰中的应用[J].合成树脂及塑料,2017(5):102-105.
Chu Songmao. Preparation and processing of low VOC plastics and its application in automotive interior[J]. China Synthetic Resin And Plastics, 2017(5):102-105.
- [13] 孙亚光,康蕾,陈湊喜,等.浅论聚丙烯材料的气味来源及控制手段[J].广东化工,2012(6):109-110.
Sun Yaguang, Kang Lei, Chen Couxi, et al. The original sources of polypropylene materials' s odors and methods to control[J]. Guangdong Chemical Industry, 2012(6):109-110.
- [14] 刘玉善.聚丙烯粉料异味产生的原因分析及对策[J].石化技术与应用,2013(5):434-436.
Liu Yushan. Cause analysis and countermeasures for the odour diffused from polypropylene powders[J]. Petrochemical Technology & Application, 2013(5):434-436.