

产品·设计

高层建筑外窗嵌缝用硅酮密封胶的保温性能研究

张 恺

(枣庄市政务服务中心, 山东 枣庄 277000)

摘要:对高层建筑外窗嵌缝用硅酮密封胶的保温性能进行研究。以密度、热导率和含水率3个指标作为硅酮密封胶保温性能的衡量标准,考察养护时间和养护条件对硅酮密封胶保温性能的影响。试验结果表明,外窗嵌缝基材底处理、合适的养护时间(≥ 12 d)和水光热养护条件可以提高硅酮密封胶的保温性能。

关键词:硅酮密封胶;高层建筑;外窗嵌缝;粘结强度;保温性能

中图分类号:TQ333.93

文献标志码:A

文章编号:1000-890X(2023)08-0609-06

DOI:10.12136/j.issn.1000-890X.2023.08.0609



OSID开放科学标识码
(扫码与作者交流)

装配式建筑是将预制构件在施工现场组装并局部浇筑而成,其保温的重点在于拼接处的密封、防水和防风性能^[1]。外窗嵌缝用密封材料的好坏直接关系到装配式建筑的保温效果,如果密封材料的性能降低,不但会对装配式建筑的美观与品质造成很大的影响,还会影响人们的生活与工作^[2],并且后期的维护成本很有可能比一开始的养护成本还要高出数倍。当前,虽然已有相关的工业标准对装配式建筑的施工和设计提出了相应的规定,但是对于装配式建筑外窗嵌缝用的密封材料性能还没有明确的要求^[3]。硅酮密封胶是一种重要的密封材料,由于其具备对大部分基材的粘结强度高、抗位移变形能力强等优点,在各个行业中得到了广泛的应用,所以对建筑外窗嵌缝用硅酮密封胶的保温性能进行了深入的研究。

赵新胜^[4]采用硅氧烷改性聚醚S810(MS)作为主体材料,将其与抗氧化剂、气相法白炭黑和其他填料以及增塑剂和触变剂混合制成主要试剂,将增塑剂与催化剂和月桂氨混合制成固化剂,按

照10份主要试剂与1份固化剂的配比将两者混合并加入适当的颜料,制得改性硅酮密封胶,并研究其使用特性。结果表明,选择D680作为触变剂时,当填料和MS预聚体的质量分数分别为29%和30%时,所制得的改性硅树脂密封胶具有良好的消粘性、触变性和挤出性,较高的位移能力,较低的模量,满足建筑外墙填缝线的实际使用要求。张茗涵^[5]以107号硅橡胶交联季铵盐改性硅油作为基质,以多聚磷酸铵/高硼酸钙作为阻燃剂体系,制得阻燃型硅酮密封胶,并对其进行研究。结果表明,当107号硅橡胶与阻燃体系的质量分数分别为60%和9%时,阻燃型硅酮密封胶的着火时间是48 s,整个着火时间是397 s,最大热释放率较不阻燃硅酮密封胶下降70.7%,平均释放率下降34.7%,热力学方程式的关联度为0.964 1,具有很好的抗氧化退化能力。

基于以上研究背景,本工作以高层建筑外窗嵌缝用硅酮密封胶为试验材料,研究外窗嵌缝密封材料的保温性能,以期满足人们对居住环境密封性的需求。

基金项目:山东省自然科学基金资助项目(052L520014)

作者简介:张恺(1979—),女,枣庄市政务服务中心高级工程师,主要从事建设工程资质管理、投资建设项目管理、工程施工工艺和施工质量的研究。

E-mail:zaozhuangzizhi@163.com

引用本文:张恺.高层建筑外窗嵌缝用硅酮密封胶的保温性能研究[J].橡胶工业,2023,70(8):609-614.

Citation: ZHANG Kai. Thermal insulation performance of silicone sealant for external window caulking in high-rise building[J]. China Rubber Industry, 2023, 70(8): 609-614.

1 实验

1.1 主要原材料

107号硅橡胶,工业级,济南有清新材料有限公司产品;纳米碳酸钙,工业级,苏州迈克朗纳米材料科技有限公司产品;重质碳酸钙和乙烯基三甲氧基硅烷,工业级,大连博润瑞美化工有限公司产品;二氧化钛,工业级,江苏福特宏晔化工有限公司产品;甲基三丙酮肟基硅烷(纯度97%)、乙烯基三丙酮肟基硅烷(纯度97%)、 γ -氨丙基三乙氧基硅烷(纯度98%),金华市蓝天新材料有限公司产品;二丁基二月桂酸锡,工业级,山东泰畅石化科技有限公司产品。

1.2 主要设备和仪器

DLH-7型实验型动力混合机,申银机械制造有限公司产品;CP-60型冲片机,纽斯特检测设备有限公司(扬州)有限公司产品;DRL-III-P型导热系数测定仪,湘潭湘仪仪器有限公司产品;HP-360型电热恒温培养箱,上海一恒科学仪器有限公司产品。

1.3 外窗嵌缝用硅酮密封胶的制备

在实验型动力混合机中,先将50份107号硅橡胶和一定量的增塑剂加入并在真空干燥条件下搅拌^[6-7];然后加入30份重质碳酸钙、60份纳米碳酸钙和2份二氧化钛,继续搅拌均匀^[8];再添加3份甲基三丙酮肟基硅烷、2份乙烯基三丙酮肟基硅烷和0.5份乙烯基三甲氧基硅烷,充分搅拌0.5 h;最后加入0.5份 γ -氨丙基三乙氧基硅烷和0.2份二丁基二月桂酸锡,继续搅拌20 min,即在真空干燥条件下^[9]制备得到建筑外窗嵌缝用硅酮密封胶。

1.4 外窗嵌缝硅酮密封胶粘结试件

试验使用高层建筑外窗嵌缝基材作为粘结基材,如图1所示。

粘结基材的长度为50 cm,硅酮密封胶与建筑外窗嵌缝基材之间的粘结面积为50 cm $\times$ 0.3 cm,粘结基材的硅酮密封胶体积为50 cm $\times$ 0.3 cm $\times$ 0.2 cm。

1.5 性能测试

1.5.1 外窗嵌缝基材底涂处理

由于高层建筑外窗嵌缝基材通常是一种泡沫橡胶,在长期的暴晒、潮湿环境中,硅酮密封胶与粘结基材之间的粘结性能会下降,从而影响硅酮密封胶的保温性能,因此需要对建筑外窗嵌缝基材



图1 粘结基材

Fig. 1 Bonding substrate

进行底涂^[10]。试验过程中,选取10组外窗嵌缝与硅酮密封胶粘结试件为试验对象,其中5组基材的表面不做底涂,直接在外窗嵌缝中注入硅酮密封胶;另外5组利用润湿丙酮的抹布擦拭基材,待基材表面干燥之后,涂抹底涂并干燥^[11],最后在外窗嵌缝中注入硅酮密封胶,通过对比两组硅酮密封胶粘结试件的粘结性能,分析其保温性能。

1.5.2 硅酮密封胶的密度

硅酮密封胶在外窗嵌缝中会发生一定的位移形变^[12],在固化过程中其密度变化会影响保温性能,因此硅酮密封胶与嵌缝粘结的养护对其保温性能的影响非常大。

按照GB/T 6343—2009《泡沫塑料及橡胶 表观密度的测定》测试硅酮密封胶粘结试件的密度。硅酮密封胶与嵌缝粘结的养护时间会影响硅酮密封胶的密度,从而影响硅酮密封胶粘结试件的保温性能。将外窗嵌缝与硅酮密封胶粘结试件在温度和湿度恒定的条件下,在培养箱内分别养护2,4,6,8,10,12,14和21 d。

1.5.3 硅酮密封胶的热导率

热导率指的是硅酮密封胶保温材料传递热量的能力^[13],硅酮密封胶的热导率越大,说明其保温效果越好。将基材经过底涂处理的外窗嵌缝与硅酮密封胶粘结试件在温度恒定的条件下,按照GB/T 10296—2008《绝热层稳态传热性质的测定 圆管法》测试硅酮密封胶的热导率。

1.5.4 硅酮密封胶的含水率

硅酮密封胶的含水率会影响其保温效果,这在于硅酮密封胶吸收的水蒸气在较低的温度下会

凝结成冰^[14],导致固化之后的硅酮密封胶开裂,破坏其保温结构。将基材经过底涂处理的外窗嵌缝与硅酮密封胶粘结试件在温度恒定的条件下,按照GB/T 8810—2005《硬质泡沫塑料吸水率的测定》测试硅酮密封胶的含水率,衡量硅酮密封胶的保温性能。

1.5.5 养护条件影响

硅酮密封胶的粘结强度、密度、热导率越大,含水率越小,其保温性能越好^[15],因此分析水、热、光等因素对硅酮密封胶保温性能的影响。

将27个基材经过底涂处理的外窗嵌缝与硅酮密封胶粘结试件划分为3组,第1组粘接试件在23℃标准温度下养护14 d用于试验,第2组粘接试件在23℃的水环境中养护7 d用于试验,第3组试件在40℃的水光试验箱内养护10 d用于试验。

2 结果与讨论

2.1 外窗嵌缝基材底涂处理对硅酮密封胶粘结性能的影响

由于高层建筑外窗长期处于风吹日晒的环境中,会降低外窗嵌缝硅酮密封胶的粘结性能。外窗嵌缝基材底涂处理对硅酮密封胶粘结强度的影响如表1所示。

表1 外窗嵌缝基材底涂处理对硅酮密封胶
粘结强度的影响

Tab. 1 Effect of substrate primer treatment of external window
caulking on bonding strengths of silicone sealants MPa

外窗嵌缝基 材底涂处理	粘接试件编号				
	1	2	3	4	5
未处理	0.71	0.72	0.70	0.71	0.72
处理	0.74	0.76	0.77	0.76	0.75

从表1可以看出,外窗嵌缝基材经过底涂处理之后,硅酮密封胶的粘结强度比未经底涂处理的基材高,即粘接基材经底涂处理后硅酮密封胶与其更好地粘结,从而提高了硅酮密封胶的保温性能。

2.2 硅酮密封胶保温性能的影响因素

2.2.1 硅酮密封胶的密度

硅酮密封胶的固化程度不同,保温性能不同。养护时间对硅酮密封胶密度的影响如图2所示。

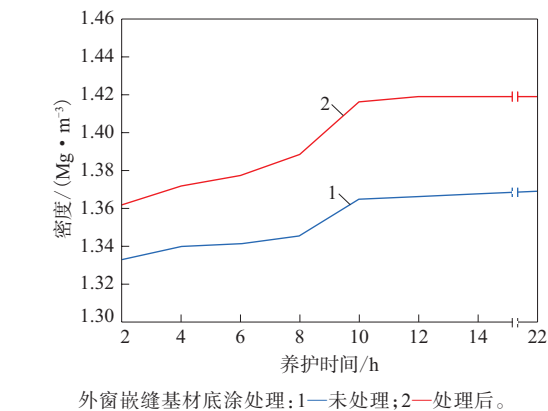


图2 养护时间对硅酮密封胶密度的影响
Fig. 2 Effect of curing time on densities of silicone sealants

从图2可以看出,对于外窗嵌缝基材未经过底涂处理的硅酮密封胶,随着养护时间的延长,其密度增大,当养护时间由2 d延长到8 d时,硅酮密封胶的密度增大0.016 Mg·m⁻³,当养护时间延长到10 d时,硅酮密封胶的密度增大0.021 Mg·m⁻³,继续延长养护时间,硅酮密封胶的密度基本趋于稳定。对于外窗嵌缝基材经过底涂处理的硅酮密封胶,随着养护时间的延长,其密度也增大,而且明显大于未经处理的硅酮密封胶,但是密度变化规律与外窗嵌缝基材未经底涂处理的硅酮密封胶一致,说明至少养护10 d,硅酮密封胶的保温性能才可以满足要求。

2.2.2 硅酮密封胶的热导率

养护时间对硅酮密封胶热导率的影响如表2所示。

从表2可以看出,随着养护时间的延长,外窗嵌缝基材硅酮密封胶的热导率增大,当养护时间从2 d延长到10 d时,硅酮密封胶的热导率增大比

表2 养护时间对硅酮密封胶热导率的影响

Tab. 2 Effect of curing time on thermal conductivities of
silicone sealants W·(m·K)⁻¹

养护时 间/d	粘接试件编号				
	1	2	3	4	5
2	67.50	69.00	68.00	69.50	72.50
4	69.00	72.50	69.50	73.00	73.50
6	72.00	76.00	75.00	75.50	74.50
8	76.00	77.00	79.50	77.50	78.00
10	83.00	81.20	80.50	81.00	80.00
12	85.50	84.50	86.00	85.00	80.00
14	86.20	87.00	87.50	87.00	83.50
21	87.00	87.50	88.20	88.00	89.00

较明显,当养护时间从12 d延长到21 d时,硅酮密封胶的热导率增幅不大,说明养护时间不短于12 d时,硅酮密封胶的热导率较高,保温性能较好。

2.2.3 硅酮密封胶的含水率

养护时间对硅酮密封胶含水率的影响如表3所示。

表3 养护时间对硅酮密封胶含水率的影响
Tab.3 Effect of curing time on water contents of silicone sealants

养护时间/d	粘接试件编号				
	1	2	3	4	5
2	67.00	61.00	66.00	59.00	59.30
4	63.00	58.50	60.00	52.50	55.00
6	57.50	49.00	50.00	47.80	49.50
8	49.00	42.00	44.50	44.00	41.00
10	33.50	32.50	30.00	32.50	30.00
12	30.00	29.50	26.50	29.50	28.70
14	29.50	25.50	25.20	25.00	24.50
21	26.00	25.00	22.50	24.00	22.00

从表3可以看出,硅酮密封胶的含水率随着养护时间的延长而逐渐减小,当养护时间从2 d延长到8 d时,硅酮密封胶的含水率逐渐减小,当养护时间从8 d延长到10 d时,硅酮密封胶的含水率明显减小,而养护时间从10 d延长到21 d时,硅酮密封胶的含水率仍有一定减小,但能够避免硅酮密封胶的保温结构被破坏,说明当养护时间不短于10 d时,硅酮密封胶的含水率较小,保温性能较好。

2.3 养护条件对硅酮密封胶保温性能的影响

2.3.1 对硅酮密封胶密度的影响

养护条件对硅酮密封胶密度的影响如图3所示。

从图3可以看出,在水光热条件下养护的硅酮密封胶的密度与在标准条件下养护的硅酮密封胶接近,而在浸水条件下养护的硅酮密封胶会被水解,导致其内部结构被破坏,从而减小其密度。因此,利用硅酮密封胶填充高层建筑外窗嵌缝时,要尽量避免潮湿或者雨淋。

2.3.2 对硅酮密封胶热导率的影响

养护条件对硅酮密封胶热导率的影响如图4所示。

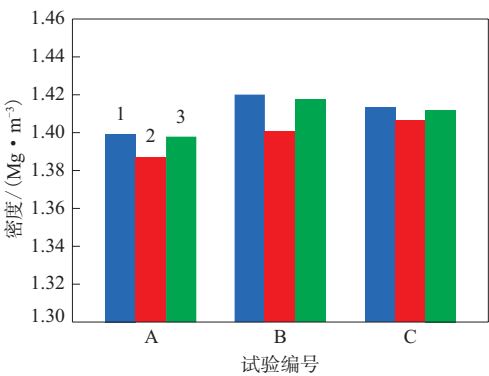


图3 养护条件对硅酮密封胶密度的影响
Fig.3 Effect of curing conditions on densities of silicone sealants

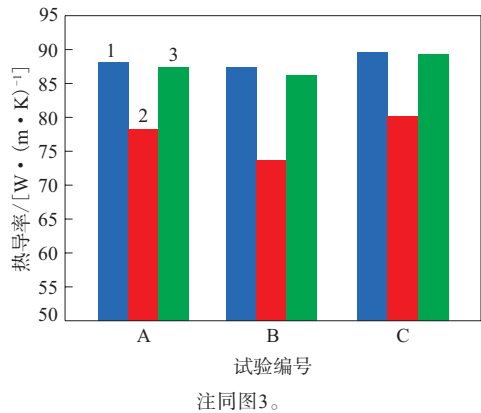


图4 养护条件对硅酮密封胶热导率的影响
Fig.4 Effect of curing conditions on thermal conductivities of silicone sealants

从图4可以看出,虽然在浸水条件和水光热条件下养护的硅酮密封胶的热导率都比标准条件下养护的硅酮密封胶小,但是浸水条件下养护的硅酮密封胶的热导率比标准条件下养护的小10%以上,说明在水光热条件下养护的硅酮密封胶的保温效果相对较好。

2.3.3 对硅酮密封胶含水率的影响

养护条件对硅酮密封胶含水率的影响如图5所示。

从图5可以看出,与在标准条件下养护的硅酮密封胶相比,在浸水条件和水光热条件下养护的硅酮密封胶的含水率都有所提高,说明在浸水条件下养护的硅酮密封胶的结构会被破坏,而在水光热联合作用下养护的硅酮密封胶的结构会被修复,因此其保温性能相对较好。

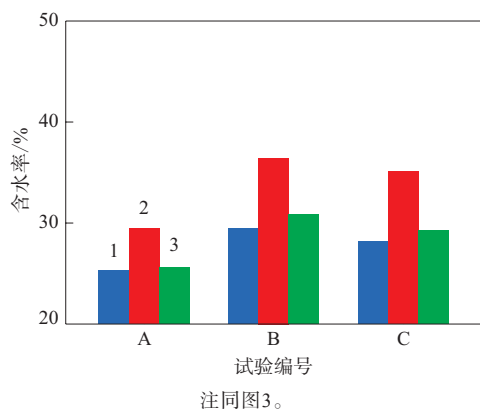


图5 养护条件对硅酮密封胶含水率的影响
Fig. 5 Effect of curing conditions on water contents of silicone sealants

3 结论

以密度、热导率和含水率3个指标作为高层建筑外窗嵌缝硅酮密封胶保温性能的衡量标准,考察养护时间和养护条件对硅酮密封胶保温性能的影响。结果表明,外窗嵌缝基材底涂处理、合适的养护时间和水光热养护条件可以提高硅酮密封胶的保温性能。

参考文献:

- [1] 苟智,郭建华. 膨胀型阻燃剂对陶瓷化硅酮密封胶阻燃防火性能的影响[J]. 高分子材料科学与工程,2022,38(1):67-74.
- [2] 古栋列. 纳米碳酸钙对建筑用硅酮密封胶粘接性能的影响研究[J]. 中国胶粘剂,2021,30(6):46-50.
- [3] 刘长健,刘洪丽,韩雪,等. 埃洛石改性聚醚密封胶的制备及性能研究[J]. 化工新型材料,2021,49(3):252-255,260.
- [4] 赵新胜. 建筑外墙填缝改性硅酮密封胶应用研究[J]. 新型建筑材料,2021,48(6):148-151.
- [5] 张茗涵. 建筑幕墙用阻燃型硅酮密封胶的热性能[J]. 合成树脂及塑料,2022,39(1):39-42.
- [6] ZHANG M H. Thermal properties of flame retardant silicone sealant for building curtain wall[J]. China Synthetic Resin and Plastics, 2022,39(1):39-42.
- [7] 谢佳钦,闵召辉,王祺昌,等. CRTSⅢ型板式无砟轨道底座伸缩缝用环氧沥青填缝密封胶性能研究[J]. 铁道建筑,2021,61(7):127-130.
- [8] XIE J Q, MIN Z H, WANG Q C, et al. Study on performance of epoxy asphalt sealant for base expansion joint of CRTSⅢ slab ballastless track[J]. Railway Engineering,2021,61(7):127-130.
- [9] 韩建军,仲小亮,杨霞,等. 装配式建筑外墙嵌缝用密封胶耐老化性能研究[J]. 新型建筑材料,2020,47(12):118-121.
- [10] HAN J J, ZHONG X L, YANG X, et al. Research of aging properties of sealants for prefabricated building facade panel[J]. New Building Materials,2020,47(12):118-121.
- [11] 李瑶,陆瑜琳,蔡耀武,等. 空心玻璃微珠在有机硅密封胶中的应用研究[J]. 有机硅材料,2023,37(1):30-37.
- [12] LI Y, LU Y C, CAI Y W, et al. Research on application of hollow glass microspheres in silicone sealant[J]. Silicone Material,2023,37(1):30-37.
- [13] 刘则轩,王兵,徐珊,等. 车载激光雷达用有机硅RTV密封胶的化学负荷兼容性研究[J]. 中国胶粘剂,2022,31(8):22-26.
- [14] LIU Z X, WANG B, XU S, et al. Study on chemical load compatibility of silicone RTV sealant for vehicle LiDAR[J]. China Adhesives,2022,31(8):22-26.
- [15] 李维丽,祝秀琴. 基于光热效应的建筑自然通风外窗保温性仿真[J]. 计算机仿真,2021,38(4):376-380.
- [16] LI W L, ZHU X Q. Thermal insulation simulation of building natural ventilation window based on light and heat effect[J]. Computer Simulation,2021,38(4):376-380.
- [17] 刘佳,董楠,杜明强,等. 硅烷封端聚醚密封胶的制备与性能研究[J]. 化工新型材料,2020,48(9):155-158.
- [18] LIU J, DONG N, DU M Q, et al. Study on preparation and property of silane terminated PE sealant[J]. New Chemical Materials,2020,48(9):155-158.
- [19] 韦代东,曾娟娟,许一梅,等. 低模量水固化双组分聚氨酯密封胶的制备和性能[J]. 聚氨酯工业,2021,36(2):28-31.
- [20] WEI D D, ZENG J J, XU Y M, et al. Preparation and properties of low modulus water-cured two-component polyurethane sealant[J]. Polyurethane Industry,2021,36(2):28-31.
- [21] 张佳庆,柯艳国,黄玉彪,等. 升温模式对防火密封胶燃烧及理化性能的影响[J]. 消防科学与技术,2023,42(1):9-12.
- [22] ZHANG J Q, KE Y G, HUANG Y B, et al. The influence of fire heating modes on the combustion and physicochemical properties of fireproof sealant[J]. Fire Science and Technology, 2023, 42(1):9-12.
- [23] 郭飞,黄毅杰,宋炜,等. 基于Ansys的封隔器密封胶简性能优化[J]. 润滑与密封,2020,45(8):12-18.
- [24] GUO F, HUANG Y J, SONG W, et al. Performance optimization of

packer sealing rubber based on Ansys[J]. Lubrication Engineering, 2020, 45(8): 12-18.

- [15] 肖春霞, 黄昆, 沈培良, 等. 硅烷偶联剂对硅烷改性聚醚防水密封胶性能的影响[J]. 新型建筑材料, 2021, 48(10): 148-150.

XIAO C X, HUANG K, SHEN P L, et al. Effect of silane coupling agent on properties of silane modified polyether waterproof sealant[J]. New Building Materials, 2021, 48(10): 148-150.

收稿日期: 2023-06-02

Thermal Insulation Performance of Silicone Sealant for External Window Caulking in High-rise Building

ZHANG Kai

(Zaozhuang Government Affairs Service Center, Zaozhuang 277000, China)

Abstract: The thermal insulation performance of silicone sealant for the external window caulking in high-rise building was studied, and the effects of curing time and curing conditions on the insulation performance of the silicone sealant were investigated by using density, thermal conductivity and moisture content as three indicators. The test results showed that the insulation performance of silicone sealant could be improved by using a primer treatment of the external window caulking, controlling the curing time (≥ 12 d) and setting up appropriate hydrothermal curing conditions.

Key words: silicone sealant; high-rise building; external window caulking; bonding strength; thermal insulation performance

专利3则

由河北恒源线缆有限公司申请的专利(公布号 CN 115819995A, 公布日期 2023-03-21)

“一种耐电穿透强化电缆及其制备方法”, 公开了一种耐电穿透强化电缆及制备方法。电缆包括线芯导体、绝缘层和护套层, 线芯导体外表面包覆有绝缘层, 绝缘层外表面包覆有护套层, 其中绝缘层胶料的主要组分有25~30份弹性体、15~20份复合填料和1~3.5份氯化石蜡, 护套层的主体材料为三元乙丙橡胶(EPDM)。电缆制备过程中通过在线芯导体表面绕包绝缘层形成一种绝缘线芯导体, 赋予该电缆优异的防电穿透绝缘性能, 之后绕包EPDM护套层, 防止绝缘层受到环境腐蚀导致老化、损伤的现象。

由南京中超新材料股份有限公司申请的专利(公布号 CN 115850869A, 公布日期 2023-03-28) “一种聚丙烯改性热塑性屏蔽料及其制备方法”, 涉及的聚丙烯改性热塑性屏蔽料配方(用量/份)为: 共聚聚丙烯A 30~60, 共聚聚丙烯B 20~40, 聚烯烃弹性体 10~30, 改性树脂

5~10, 导电填料 40~50, 润滑剂 5~10, 抗氧剂 1~3, 加工助剂 1~5。该材料以聚丙烯、聚烯烃弹性体和改性树脂为基体, 通过添加导电填料、抗氧剂、润滑剂、加工助剂共混制备, 具有良好的加工性能、导电性能和物理性能, 适用于聚丙烯绝缘电缆的制造, 是一种热塑性屏蔽料产品。

由河北华密新材料科技股份有限公司申请的专利(公布号 CN 115926436A, 公布日期 2023-04-07) “一种超耐磨橡塑材料及其制备方法和应用”, 涉及的超耐磨橡塑材料配方(用量/份)为: 热塑性聚氨酯弹性体 50~70, 聚丙烯 20~40, 硫化胶粉 25~35, 相容剂(马来酸酐和/或巯基丁二酸) 2~4, 填料 15~25, 光稳定剂 0.1~0.5, 抗氧剂 0.1~0.5。该橡塑材料的制备方法为: 将硫化胶粉与相容剂混合均匀后加入剩余组分熔融共混、成型, 制得橡塑材料。将该橡塑材料用于密封制品, 可以解决相关技术中提高橡塑材料耐磨性能的同时会导致力学性能下降的问题。

(信息来源于国家知识产权局)