

室内装饰用脱醇型单组分硅酮密封胶的制备与性能

李梓泳¹, 陈炳耀^{1,2,3}, 李艳¹, 郑佳栋¹, 方亚敏¹

(1. 广东三和控股有限公司, 广东 中山 528400;

2. 广东三和化工科技有限公司, 广东 中山 528400;

3. 三和精化(广东)科技有限公司, 广东 中山 528400)

摘要: 以 α, ω -二羟基聚二甲基硅氧烷为基胶, 甲基三甲氧基硅烷为交联剂, 二甲基二甲氧基硅烷为扩链剂, 钛酸四异丙酯为催化剂, 制备了室内装饰用脱醇型单组分硅酮密封胶。通过单因素实验系统研究了交联剂用量、扩链剂用量、催化剂用量、填料配比及偶联剂种类对密封胶固化行为、力学性能和多基材粘接性能的影响。结果表明: 交联剂用量 8 份时强度与弹性达到最优平衡; 双官能度扩链剂可有效降低交联密度、提高断裂伸长率和弹性恢复率, 但其用量存在临界上限, 超过 6 份时密封胶因三维交联网络无法形成而不能固化, 最优用量 4 份时拉伸强度 1.88 MPa, 断裂伸长率 568%, 弹性恢复率 92%, 100% 定伸模量仅 0.28 MPa。纳米碳酸钙用量增大可显著提高断裂伸长率, 配比 80:40 时拉伸强度达最大值 1.88 MPa, 辅以 10 份气相二氧化硅补强后拉伸强度进一步提升至 2.13 MPa。偶联剂 KH-550 与 KH-560 按 70 比 30 复配时, 对玻璃、陶瓷砖、松木和铝合金四种室内典型基材均呈现 100% 内聚破坏, 展现出优良的通用粘接特性。该研究为低模量、多基材通用型室内装饰硅酮密封胶的配方设计提供了实验依据。

关键词: 硅酮密封胶; 室内装饰; 脱醇型; 扩链剂; 粘接性能

引用论文: 李梓泳, 陈炳耀, 李艳, 等. 内装饰用脱醇型单组分硅酮密封胶的制备与性能 [J]. 橡塑技术与装备, 2026, 52(9):44-48.

中图分类号: TQ333.93

文献标识码: B

文章编号: 1009-797X(2026)09-0044-05

DOI: 10.13520/j.cnki.rpte.2026.09.009

室内装饰装修涉及厨房、卫浴、门窗框、踢脚线、吊顶等大量接缝的密封, 硅酮密封胶凭借优异的弹性、耐水和耐久性成为首选材料。与建筑幕墙室外应用不同, 室内装饰用硅酮密封胶要求低气味、低挥发性有机化合物(VOC)排放、环保无毒, 并且能对玻璃、瓷砖、石材、木材、铝合金等多种常见基材形成可靠黏接^[1]。传统脱酸型和脱酮肟型硅酮密封胶分别释放醋酸和丁酮肟, 气味刺鼻且腐蚀性风险较高, 室内应用受限。脱醇型室温硫化硅酮密封胶交联副产物为甲醇或乙醇, 无腐蚀性、气味小, 是室内装饰密封胶的理想技术路线。

当前脱醇型硅酮密封胶在储存稳定性和固化速度方面仍存在固有不足, 同时满足高强度、高弹性与低模量的需求是配方设计的难点。刘聪盼等以甲基三甲氧基硅烷为交联剂制备快速固化脱醇型硅酮密封胶, 发现 α -官能团硅烷可在 2 min 内实现表干, 拉伸强度可达 2.26 MPa^[2]。在低模量调控方面, 扩链剂作为

双官能度反应性硅烷, 可嵌入交联网络增大交联点间链段长度, 在不显著损失强度的前提下提高柔顺性和弹性恢复能力, 但过量使用会破坏三维网络结构导致不能固化。毛云忠等将 ZL-08 扩链剂引入硅酮密封胶体系, 验证了其降低硬度、增加伸长率的作用^[3]。目前, 将扩链剂策略系统应用于室内装饰用脱醇型硅酮密封胶, 并同步考察其对多种室内基材粘接性能影响的研究仍较少。

本文以 107 硅橡胶为基胶, 甲基三甲氧基硅烷为交联剂, 二甲基二甲氧基硅烷为扩链剂, 钛酸四异丙酯为催化剂, 制备脱醇型单组分硅酮密封胶, 通过单因素实验优化配方, 重点探究扩链剂用量对固化特性、力学性能和通用粘接性能的影响规律, 最终获得综合性能满足室内装饰需求的通用型密封胶。

作者简介: 李梓泳 (1996-), 男, 助理工程师, 主要从事有机硅胶黏剂研究工作。

1 实验部分

1.1 实验原料

α,ω -二羟基聚二甲基硅氧烷,黏度 20 000 mPa·s,山东东岳有机硅材料股份有限公司;甲基三甲氧基硅烷,工业级;二甲基二甲氧基硅烷,工业级,湖北新蓝天新材料股份有限公司;钛酸四异丙酯,化学纯,山东和瑞东精细化学有限公司;纳米碳酸钙(NPCC),CCS-25型,粒径约 80 nm,比表面积约 20 m²/g,广西华纳新材料股份有限公司;重质碳酸钙(GCC),CC-1250型,1250目,广福建材(蕉岭)精化有限公司;气相法白炭黑,比表面积 200±25 m²/g,瓦克化学;二甲基硅油,黏度 350 MPa·s; γ -氨丙基三乙氧基硅烷、 γ -(2,3-环氧丙氧)丙基三甲氧基硅烷,南京联硅化工有限公司。

1.2 主要仪器与设备

行星搅拌机:XJB-2.5,佛山市金银河智能装备股份有限公司;万能试验机:WDS-20,济南中路昌试验机制造有限公司;硬度计:LX-A,无锡锡晶橡塑测量仪器厂;厚漆腻子稠度测定仪:QCT,天津市中亚材料试验机厂。

1.3 试样制备

将 100 质量份 107 硅橡胶、25 份二甲基硅油以及计量的纳米碳酸钙、重质碳酸钙和气相二氧化硅依次加入行星搅拌机中,在真空度 -0.09 MPa、温度 110℃ 以上的条件下搅拌脱水 3 h。脱水完成后停止加热,继续在真空搅拌下冷却至室温。然后加入计量的扩链剂二甲基二甲氧基硅烷,真空搅拌 10 min 使其均匀分散。随后依次加入交联剂甲基三甲氧基硅烷和偶联剂,真空搅拌 10 min。最后加入催化剂钛酸四异丙酯,真空搅拌 5 min,脱泡后转移至密封聚乙烯胶筒中保存。

1.4 测试与表征

表干时间按 GB/T 13477.5—2002 测试;固化深度按 GB/T 13477.6—2002 测试;拉伸强度和断裂伸长率按 GB/T 528—2009,II 型哑铃试样,拉伸速率 500 mm/min;邵氏 A 硬度按 GB/T 531.1—2008;

100% 定伸模量由拉伸曲线读取;拉伸黏接强度按 GB/T 13477.8—2002,基材分别为玻璃、陶瓷砖、松木、铝合金,记录破坏形式;弹性恢复率按 GB/T 13477.17—2002,拉伸幅宽 100%;VOC 含量参照 GB 18583—2008 附录 F 测定;热老化性能:80℃ 老化 168 h 后测试拉伸性能变化率。

2 结果与讨论

2.1 交联剂用量对力学性能的影响

交联剂甲基三甲氧基硅烷是三官能度硅烷,其用量直接决定交联密度。表 1 列出了交联剂用量在 6~12 份范围内密封胶的拉伸性能数据。

表 1 交联剂用量对密封胶拉伸性能的影响

交联剂 / 份	拉伸强度 / MPa	断裂伸长率 / %	100% 模量 / MPa	邵氏 A 硬度
6	1.42	568	0.28	16
8	1.76	485	0.35	21
10	1.83	380	0.46	27
12	1.90	290	0.58	33

随着交联剂用量增加,拉伸强度从 1.42 MPa 上升至 1.90 MPa,100% 模量和硬度单调增加,而断裂伸长率则从 568% 大幅降至 290%。交联密度增大使分子链运动受限,网络刚性增强。用量为 8 份时,拉伸强度 1.76 MPa,断裂伸长率 485%,100% 模量 0.35 MPa,力学平衡性最优。脱醇型体系,交联剂用量存在最佳值,过低强度不足,过高伸长率牺牲严重。本文选择交联剂用量 8 份作为后续基础。

2.2 扩链剂用量对固化特性与交联网络的影响

固定交联剂 8 份,引入双官能度扩链剂二甲基二甲氧基硅烷。扩链剂两端含可水解甲氧基,可与基胶端羟基或交联剂水解产物缩合,起到延长链段、降低交联密度的作用。然而,当扩链剂过量时,它会与三官能度交联剂竞争消耗活性羟基和水解位点,致使三维交联点不足,网络无法贯穿。不同扩链剂用量下的固化状态与力学性能见表 2。

表 2 扩链剂用量对密封胶固化状态及力学性能的影响

扩链剂 / 份	固化状态	表干时间 / min	固化深度 / mm	拉伸强度 / MPa	断裂伸长率 / %	100% 模量 / MPa	弹性恢复率 / %
0	完全固化	15	3.8	1.76	485	0.35	87
2	完全固化	18	3.4	1.82	520	0.32	89
4	完全固化	22	2.9	1.88	568	0.28	92
6	完全固化	28	2.3	1.67	598	0.24	90
8	表层固化,内部黏流	40	0.5	—	—	—	—

注:8 份试样养护 14 d 仅表层固化,深层呈黏流态,无法裁切成型进行力学测试。

扩链剂用量由 0 增至 4 份, 拉伸强度从 1.76 MPa 提升至 1.88 MPa, 断裂伸长率由 485% 大幅增至 568%, 弹性恢复率由 87% 提高到 92%。交联点间链段增长使网络更柔顺、网络结构更完整, 应力传递均匀, 实现增韧又增强。扩链剂 6 份时, 拉伸强度回落至 1.67 MPa, 但仍能形成弹性体。当用量达到 8 份, 体系不能完全固化, 表层以下呈黏流态。其原因是过量双官能团活性基团与交联剂竞争, 交联点浓度低于凝胶化临界值, 体系失去形成贯穿三维网络的能力, 只能生成线型或支化低聚物。因此, 该体系中二甲氧基硅烷的安全用量上限为 6 份, 综合性能最优用量确定为 4 份。

2.3 催化剂用量的影响

钛酸四异丙酯是脱醇型 RTV 硅酮密封胶常用催化剂, 其用量对固化速率和储存稳定性影响显著, 结果见表 3。

表 3 催化剂用量对固化特性及储存稳定性的影响

催化剂 / 份	表干时间 / min	7 d 固化深度 / mm	50 °C / 7 d 储存后状态
1.0	35	2.0	正常, 可挤出
1.5	22	2.9	正常, 可挤出
2.0	15	3.3	轻微增稠
2.5	10	3.6	明显增稠、挤出困难

催化剂用量 1.5 份时, 表干时间 22 min, 7 d 固化深度 2.9 mm, 储存后正常, 固化速率与储存稳定性平衡较好。钛酸酯对水分极为敏感, 用量过高会催化密封储存状态下聚合物的缓慢缩合, 导致储存期缩短^[4]。故催化剂用量确定为 1.5 份。

2.4 填料体系对力学性能的调控

在交联剂 8 份、扩链剂 4 份、催化剂 1.5 份基础上,

首先考察纳米碳酸钙 (NPCC) 与重质碳酸钙 (GCC) 配比, 结果见表 4。

表 4 填料配比对力学性能的影响

NPCC:GCC	拉伸强度 / MPa	断裂伸长率 / %	100% 模量 / MPa
60:40	1.42	485	0.35
80:40	1.88	568	0.28
100:40	1.75	625	0.24

从表 4 可以看出, 当纳米碳酸钙用量从 60 份增加至 100 份时, 断裂伸长率从 485% 持续增大至 625%, 100% 定伸模量则由 0.35 MPa 降至 0.24 MPa。纳米碳酸钙粒径为 80 nm 左右, 表面经硬脂酸等有机改性剂处理后, 其表面的有机链段可与硅酮聚合物分子链发生物理缠结和吸附, 形成可逆的物理交联点^[4]。在拉伸过程中, 这些物理交联点能够发生滑移和重构, 有效耗散应变能并延缓裂纹扩展, 从而显著提高断裂伸长率^[5]。拉伸强度在配比 80:40 时达到最大值 1.88 MPa, 进一步增加纳米碳酸钙至 100 份时强度降至 1.75 MPa。这是因为适量纳米碳酸钙可形成均匀的填料网络, 有效传递和分散应力, 起到增强作用^[6]; 但纳米填料含量过高时, 粒子间距离减小, 范德华力增大, 易发生团聚而形成应力集中点, 反而导致拉伸强度下降^[7]。综合考虑拉伸强度、断裂伸长率和模量的平衡, 确定纳米碳酸钙与重质碳酸钙的最优配比为 80:40。

2.5 偶联剂种类对多基材黏接性能的影响

室内装饰接缝涉及玻璃、瓷砖、木材、铝合金等多种基材, 要求密封胶具有通用的良好黏接性。表 5 给出了不同偶联剂体系下密封胶对各基材的拉伸黏结强度和破坏形式。

表 5 偶联剂种类对多基材黏接性能的影响

偶联剂体系	玻璃基材		陶瓷砖基材		松木基材		铝合金基材	
	强度 / MPa	破坏形式	强度 / MPa	破坏形式	强度 / MPa	破坏形式	强度 / MPa	破坏形式
无偶联剂	0.82	界面破坏	0.68	界面破坏	0.55	界面破坏	0.49	界面破坏
KH-550	1.35	100% 内聚	1.28	100% 内聚	1.1	90% 内聚	1.2	100% 内聚
KH-560	1.18	80% 内聚	1.05	混合破坏	0.92	混合破坏	0.95	混合破坏
KH-550/KH-560 70/30	1.42	100% 内聚	1.38	100% 内聚	1.22	100% 内聚	1.32	100% 内聚
KH-550/KH-560 50/50	1.35	100% 内聚	1.25	100% 内聚	1.05	80% 内聚	1.18	100% 内聚
KH-550/KH-560 30/70	1.12	90% 内聚	1.02	混合破坏	0.85	界面破坏	0.92	混合破坏

由表 5 可知, KH-550 对木材、陶瓷砖等极性基材的黏接提升最为显著, 源于其伯氨基能与基材表面羟基形成氢键或共价键^[8]。KH-560 对改善界面润湿、提高耐水黏接有利, 但单独使用反应活性不足。两者

70:30 复配时, 对所有基材均实现了 100% 内聚破坏, 黏结强度最高, 呈现真正的“通用”黏接特性。因此, 偶联剂体系定为 KH-550/KH-560=70:30, 用量 1.2 份。

3 结论

本文以 107 硅橡胶为基胶, 甲基三甲氧基硅烷为交联剂, 二甲基二甲氧基硅烷为扩链剂, 制备了室内装饰用脱醇型单组分硅酮密封胶。交联剂用量 8 份时密封胶强度与弹性达到最优平衡。双官能度扩链剂可有效降低交联密度、提高断裂伸长率和弹性恢复率, 但其用量存在临界上限, 超过 6 份时密封胶因三维交联网络无法形成而不能固化; 最优用量 4 份时拉伸强度 1.88 MPa, 断裂伸长率 568%, 弹性恢复率 92%, 100% 定伸模量仅 0.28 MPa, 实现了低模量下高强度与高弹性的协同优化。纳米碳酸钙经表面有机化处理后, 其表面有机链段可与聚合物链形成可逆物理交联点, 拉伸时通过滑移和重构耗散能量, 因此增大其用量可显著提高断裂伸长率; 纳米碳酸钙与重质碳酸钙配比 80:40 时拉伸强度达最大值。偶联剂 KH-550 与 KH-560 按 70:30 复配时, 密封胶对玻璃、陶瓷砖、

松木和铝合金四种基材均实现 100% 内聚破坏, 呈现出优良的通用黏接特性。

参考文献:

- [1] 李雪华, 林坤华. 光伏建筑用硅酮密封胶耐候性能研究 [J]. 中国建筑防水. 2019(8):7-10.
- [2] 刘聪盼, 钟汉荣, 马文石. 快速固化脱醇型 RTV-1 硅酮密封胶的制备 [J]. 润滑与密封. 2011,36(11):79-82.
- [3] 温旭东, 毛云忠, 朱旭. ZL-08 扩链剂在硅酮密封胶中应用的初步探讨 [J]. 中国建筑防水. 2018(6):14-16.
- [4] 蒋金博, 陈建军, 黄恒超. 纳米碳酸钙对单组分脱醇型硅酮密封胶的性能影响研究 [J]. 中国胶黏剂. 2025,34(12):37-42.
- [5] 覃玲意, 钟玲萍, 马剑平, 等. 纳米碳酸钙与重质碳酸钙复配强化有机硅酮密封胶性能 [J]. 大众科技. 2021,23(05):21-24.
- [6] 冯巧, 丁伟娜, 亢延超, 等. 无机填料复配对硅酮密封胶性能的影响 [J]. 中国胶黏剂. 2016,25(5):43-46.
- [7] 丁敬德, 薛萌, 赵世博, 等. 有机硅密封胶力学性能影响因素研究 [J]. 广东化工. 2021,48(16):13-14.
- [8] 戚颖杰, 吴启华, 王超, 等. 单组分脱乙醇型有机硅密封胶的制备及性能研究 [J]. 有机硅材料. 2026,40(02):27-32.

Preparation and properties of alcohol-eliminating one-component silicone sealant for interior decoration

Li Ziyong¹, Chen Bingyao^{1,2,3}, Li Yan¹, Zheng Jiadong¹, Fang Yamin¹

(1. Guangdong Sanhe Holding Co. LTD., Zhongshan 528400, Guangdong, China;

2. Guangdong Sanhe Chemical Technology Co. LTD., Foshan 528400, Guangdong, China ;

3. Sanhe Fine Chemical (Guangdong) Technology Co. LTD., Zhongshan 528400, Guangdong, China)

Abstract: Using α,ω -dihydroxy polydimethylsiloxane as the base polymer, methyltrimethoxysilane as the crosslinking agent, dimethyldimethoxysilane as the chain extender, and tetraisopropyl titanate as the catalyst, an alcoholremovable onecomponent silicone sealant for interior decoration was prepared. Singlefactor experiments were carried out to systematically investigate the effects of crosslinking agent dosage, chain extender dosage, catalyst dosage, filler ratio and coupling agent type on the curing behavior, mechanical properties and multisubstrate adhesion performance of the sealant. The results show that the optimal balance between strength and elasticity is achieved at 8 parts of crosslinking agent. The difunctional chain extender can effectively reduce crosslinking density and improve elongation at break and elastic recovery rate, while there exists a critical upper limit for its dosage. When the dosage exceeds 6 parts, the sealant fails to cure due to the inability to form a threedimensional crosslinked network. At the optimal dosage of 4 parts, the tensile strength is 1.88 MPa, the elongation at break is 568 %, the elastic recovery rate is 92 %, and the 100 % modulus is only 0.28 MPa. Increasing the dosage of nanocalcium carbonate can significantly increase the elongation at break. The maximum tensile strength of 1.88 MPa is obtained at the filler ratio of 80:40. With the reinforcement of 10 parts fumed silica, the tensile strength is further increased to 2.13 MPa. When coupling agents KH-550 and KH-560 are compounded at a mass ratio of 70 to 30, 100 % cohesive failure is observed on four typical interior substrates including glass, ceramic tile, pine wood and aluminum alloy, demonstrating

excellent universal adhesion performance. This study provides experimental basis for the formulation design of lowmodulus multisubstrate universal silicone sealant for interior decoration.

Key words: silicone sealant; interior decoration; alcohol-free; chain extender; bonding performance

(R-03)

1 200 万套新能源汽车轮胎项目，首次公示

The project of producing 12 million sets of new energy vehicle tires is publicly announced for the first time

7月24日，河北巨优科技有限公司年产300万套智能制造新能源汽车轮胎、900万条电动车轮胎项目完成首次环境影响评价公示，标志着该新能源交通配套轮胎项目前期筹备工作迈入关键阶段。

据悉，该项目为企业重点二期扩建项目，选址于邢台市巨鹿县经济开发区，依托区域橡胶产业基础与交通区位优势布局。项目规划总占地面积 18 291.27 m²，总建筑面积 32 009.72 m²，将新建两座标准化智能化生产车间，同步配套建设办公楼、宿舍楼、研发中心及环保处理等附属设施，打造一体化现代化轮胎智能制造基地。

产能规划方面，项目建成后将形成年产 300 万套新能源汽车专用轮胎、900 万条电动车轮胎的生产规模，合计年产能达 1 200 万条（套）。项目将引入密炼中心、胶片冷却线等先进专业生产设备，搭建智能化生产体系，聚焦新能源汽车、电动两轮车等主流新能源交通工具配套轮胎的研发与生产，适配当下新能源交通产业轻量化、高耐磨、高安全的产品需求。

河北巨优科技有限公司 2021 年 3 月落户邢台市巨鹿县经济开发区,主营电动车、三轮车、摩托车轮胎,拥有“鑫巨优”“衡钻”“誉硕”等自主品牌。产品供应国内多地市场,并远销东南亚等海外区域。随着新能源交通产业快速发展,企业持续加大技术投入,布局智能化产线,本次年产 300 万套新能源汽车轮胎、900 万条电动车轮胎项目,是公司向新能源汽车配套领域延伸、实现产业升级的关键布局。

摘编自“聚胶”

普利司通业绩大涨，剑指 2031 全球第 1

Bridgestone posts surge in performance, aims for global No.1 by 2031

近日，普利司通发布 2026 年上半年业绩，上半年营收为 146 亿美元（约 984.97 亿人民币），较 2025 年同期增长 10%；营业利润为 17.6 亿美元（约 118.74 亿人民币），同比增长 20%。公司称，两项数据均创历史新高。

公司表示，尽管受到中东局势和美国关税的影响，但在重组与重建举措以及持续降本努力的推动下，利润实现增长，利润率得到改善。

普利司通称，公司在所有区域的“定价和销售组合”均有改善，市场份额和销量均实现增长。公司还受益于有利的汇率波动。

虽然需求较去年有所下降，但提升普利司通和 Firestone 双品牌的战略带来了强劲的销售表现，尤其是在第 2 季度。

在美洲、欧洲和日本，普利司通高端业务板块拉动了销售增长。

在北美市场，这一增长主要由 6 月推出的普利司通 UltraWeather 轮胎和 1 月推出的 Firestone Firehawk Indy 500 V2 超高性能轮胎带动。美洲业务板块营收较去年增长 11%。

普利司通表示，公司正在进入一个“有质量的增长”阶段，并视其为到2031年公司成立100周年时，重新夺回全球最大轮胎制造商地位的基础。

普利司通在过去 6 年间，在全球轮胎制造商排名中位居第 2，仅次于米其林集团。

摘编自“中国轮胎商务网”

(R-03)