

吴森纪 编著
龚守贤 审校

有机硅及其应用

科学技术文献出版社

T063441

1954

有机硅及其应用

吴森纪 编著

英守贤 审校

科学技术文献出版社

内 容 简 介

本书是一本介绍化工新型材料——有机硅的性能及用途的入门书。内容详实，文字浅显，具有实用性、知识性和手册性。全书共十八章，分两个部分：第一部分叙述各种类型有机硅品种的结构、性能、用途、生产方法和产品牌号；第二部分介绍有机硅在国民经济十三个重点领域的推广应用情况以及所取得的经济效益。应用部分，在着重介绍其应用原理、配方、处理工艺的同时，还分别介绍了近年来国内外有机硅应用研究的最新成果以及出现的有机硅新品种。

本书可供从事有机硅生产、应用有机硅产品的企业、科研以及管理部门的科技人员、干部和工人阅读；也可供化工院校师生参考。

有机硅及其应用

吴森纪 编著

龚守贤 审校

科学技术文献出版社出版

(北京复兴路15号)

北京京辉印刷厂印刷

新华书店科技发行所发行 各地新华书店经售

787×1092毫米 32开本 21印张 470千字

1990年5月第1版 1990年5月第1次印刷

印数：1—1500册

科技新书目：215—090

ISBN 7-5023-0992-6/TQ·8

定 价：12.80元

前 言

有机硅是分子结构中含有元素硅的高分子合成材料，一般系指聚硅氧烷而言，包括硅油、硅橡胶、硅树脂、硅烷偶联剂四大门类几千个品种牌号。有机硅是第二次世界大战期间作为飞机、火箭的特殊材料使用而发展起来的，经过四十多年的开发研究，现在已成为一类几乎到处都可使用的材料，其原因盖出于其独特的结构和优异的性能。

有机硅聚合物的主链是一条由硅原子和氧原子交替组成的稳定骨架，侧链通过硅原子与有机基如甲基、苯基、乙烯基等相连。由于其分子的这种特殊的结构和组成使它集无机物的特性与有机物的功能于一身，不但具有无机物二氧化硅的耐高低温、耐气候老化、耐臭氧、电绝缘、耐燃、无毒无腐蚀和生理惰性优异性能，而且具有有机高分子材料易加工的特点，可根据不同要求制成能满足各种用途的产品：从油状液体到弹性体，从柔性树脂到刚性塑料，或再二次加工成各种制品。有机硅产品具有这些卓越的性能，因而在国民经济以及日常生活各个领域中得到广泛的应用。

目前已研制出各种不同性能和用途的有机硅产品有：耐高温的和耐超低温的，高绝缘的和高导热、导电的，高粘接强度的和高润滑（或高脱模性能）的，发泡的和消泡的，高弹性的和高刚性的，疏水的和水溶性的，耐气候老化的和易被分解吸收的，密封的和透气的，热收缩的和防缩的，抗菌防霉的和无毒无臭的，高强度的或高抗应变能力的，耐油的

或耐溶剂的，耐辐照的或阻燃的。有机硅产品往往能够解决其它材料长期无法解决的难题，它对改进工艺、提高生产率 and 产品质量、增加花色品种、节省能源、减少公害、美化生活环境、救死扶伤、化妆整容等方面起着极其重要的作用。

那么，有机硅是如何在被处理物上起作用的，目前有哪些有机硅品种，它们有哪些独特的性能和用途，经济效益如何，发展趋势怎样，怎样使用各种有机硅，怎样利用有机硅提高产品的档次和增加花色品种，有机硅在各个领域中的应用情况如何。为了使读者了解上述问题，本人参阅了近年来的国内外有关书刊、文献、专利说明书与专利文摘、国内外技术交流会资料、国内技术鉴定会资料、产品样本与说明书，编写了这本书。本书介绍了硅油、硅橡胶、硅树脂、硅烷偶联剂四大门类五百八十多个品种牌号的有机硅产品的性能和用途，并在有关章节中穿插介绍了二百多个配方和处理工艺，以供参考。

有机硅作为一种化工新型材料，目前在各个领域中的应用仍在不断深入，同时，为了满足各种新的特殊用途的需要，又涌现出各种新品种和新牌号，由于受作者收集资料的时间所限，所以本书只是介绍了有机硅的一鳞半爪，错漏之处在所难免，诚恳希望各位专家、学者、科研生产单位给予补充指正。此外，限于篇幅，本书各章章末的参考文献全部略去，希见谅。

本书的出版得到江门市农药厂、江门市精细化工厂、南京造漆厂、华东工学院软科学研究所和南京智达经济科学研究所等单位的热情支持，在此致以感谢。

吴森纪

1988年8月于深圳

目 录

| | |
|-----------------------------|----|
| 第一篇 有机硅产品及其性能用途 | 1 |
| 第一章 概述 | 1 |
| 第一节 硅·硅石·有机硅 | 1 |
| 一、第二石器时代 | 1 |
| 二、从有机物到有机硅 | 3 |
| 三、有机硅产品的命名 | 7 |
| 四、有机硅产品的商业化发展史 | 9 |
| 第二节 有机硅的性能及用途 | 14 |
| 第三节 有机硅单体的制备 | 23 |
| 一、甲基氯硅烷的合成 | 25 |
| 二、苯基氯硅烷的合成 | 29 |
| 第四节 国内外有机硅工业发展概况及技术开 发方向 | 33 |
| 第二章 硅油 | 41 |
| 第一节 硅油的性能 | 41 |
| 第二节 一般用途类硅油 | 52 |
| 一、二甲基硅油 | 52 |
| 二、甲基苯基硅油 | 60 |
| 三、甲基含氢硅油 | 63 |
| 四、乙基硅油 | 66 |
| 五、氯苯基甲基硅油 | 69 |

| | |
|-----------------|-----|
| 六、甲基羟基硅油 | 70 |
| 七、含氟硅油 | 71 |
| 第三节 特殊用途类硅油 | 72 |
| 一、高真空扩散泵油 | 72 |
| 二、变压器油 | 76 |
| 三、特种润滑油 | 77 |
| 四、热传递油 | 78 |
| 五、刹车油 | 79 |
| 第四节 有机改性硅油 | 81 |
| 一、氨基改性硅油 | 81 |
| 二、环氧改性硅油 | 83 |
| 三、羧酸改性硅油 | 83 |
| 四、巯基改性硅油 | 84 |
| 五、醇改性硅油 | 85 |
| 六、聚醚改性硅油 | 86 |
| 七、其它有机基改性硅油 | 86 |
| 第五节 硅脂 | 87 |
| 第六节 硅油织物柔软整理剂 | 89 |
| 一、阳离子型羟基硅油乳液 | 92 |
| 二、阴离子型羟基硅油乳液 | 93 |
| 三、复合离子型羟基硅油乳液 | 96 |
| 四、非离子型羟基硅油乳液 | 98 |
| 五、其它活性基团的有机硅整理剂 | 99 |
| 第七节 有机硅消泡剂 | 104 |
| 第八节 硅油脱模剂 | 115 |
| 第三章 硅橡胶 | 118 |
| 第一节 硅橡胶的性能 | 118 |

| | | |
|-----|---------------|-----|
| 第二节 | 高温硫化硅橡胶 | 133 |
| 一、 | 二甲基硅橡胶 | 134 |
| 二、 | 甲基乙烯基硅橡胶 | 137 |
| 三、 | 甲基苯基乙烯基硅橡胶 | 140 |
| 四、 | 氟硅橡胶 | 141 |
| 五、 | 腈硅橡胶 | 146 |
| 六、 | 苯撑硅橡胶 | 149 |
| 七、 | 乙基硅橡胶 | 150 |
| 八、 | 硅氮橡胶 | 151 |
| 第三节 | 室温硫化硅橡胶 | 152 |
| 一、 | 单组分室温硫化硅橡胶 | 155 |
| 二、 | 双组分缩合型室温硫化硅橡胶 | 157 |
| 三、 | 加成型室温硫化硅橡胶 | 172 |
| 第四节 | 特殊用途硅橡胶 | 178 |
| 一、 | 导电硅橡胶 | 178 |
| 二、 | 医用硅橡胶 | 181 |
| 三、 | 泡沫硅橡胶 | 184 |
| 四、 | 制模硅橡胶 | 190 |
| 五、 | 热收缩硅橡胶 | 198 |
| 第五节 | 硅橡胶密封/粘合剂 | 202 |
| 第四章 | 硅树脂 | 212 |
| 第一节 | 硅树脂的性能 | 212 |
| 第二节 | 有机硅绝缘漆 | 216 |
| 一、 | 线圈浸渍漆 | 216 |
| 二、 | 粘接云母用的有机硅绝缘漆 | 218 |
| 三、 | 玻璃布(石棉布等)浸渍漆 | 219 |
| 四、 | 低温干燥漆 | 221 |

| | |
|--------------------------|-----|
| 五、无溶剂浸渍漆 | 223 |
| 六、有机树脂改性的有机硅漆 | 225 |
| 第三节 有机硅涂料 | 229 |
| 一、耐热耐候的防腐涂料 | 229 |
| 二、耐搔抓透明涂料 | 232 |
| 三、脱模涂料 | 236 |
| 四、建筑防水涂料 | 239 |
| 第四节 有机硅塑料 | 244 |
| 一、有机硅层压塑料 | 244 |
| 二、有机硅模压塑料 | 248 |
| 三、有机硅泡沫塑料 | 253 |
| 第五节 有机硅粘合剂 | 254 |
| 一、硅树脂型粘合剂 | 255 |
| 二、有机硅压敏粘合剂 | 262 |
| 第五章 硅烷偶联剂 | 269 |
| 第一节 硅烷偶联剂的特性及用途 | 269 |
| 第二节 硅烷偶联剂的作用机理 | 282 |
| 一、化学键理论 | 282 |
| 二、表面浸润理论 | 285 |
| 三、变形层理论 | 287 |
| 四、拘束层理论 | 287 |
| 五、可逆水解键理论 | 287 |
| 第三节 新型硅烷偶联剂的种类及其发展 | 290 |
| 一、氨基硅烷和改性氨基硅烷偶联剂 | 290 |
| 二、过氧基硅烷偶联剂 | 304 |
| 三、叠氮硅烷和重氮硅烷偶联剂 | 305 |
| 四、其它硅烷偶联剂 | 307 |

| | | |
|-----|---------------------------------|-----|
| 第四节 | α -官能团硅烷偶联剂 | 308 |
| 一、 | α -官能团硅烷偶联剂的特性及应用 | 309 |
| 二、 | α -官能团硅烷偶联剂的合成 | 317 |
| 第二篇 | 有机硅在各个行业的应用 | 319 |
| 第六章 | 在皮革工业的应用 | 319 |
| 第一节 | 有机硅皮革滑爽剂 | 319 |
| 第二节 | 有机硅皮革防水剂 | 324 |
| 第三节 | 有机硅皮革光亮剂与皮鞋油抛光剂 | 329 |
| 第四节 | 高频流动模塑和硅橡胶离型带工艺生 产人造皮革 | 332 |
| 第七章 | 在轻工和工艺产品的应用 | 338 |
| 第一节 | 用作轻工工艺品的表面装饰涂层 | 338 |
| 一、 | 在仿金工艺品的应用 | 338 |
| 二、 | 在透明塑料及镜片的应用 | 341 |
| 三、 | 在塑料金属化制品的应用 | 343 |
| 第二节 | 防水香型绢花 | 346 |
| 第三节 | 用作丝绸工艺品的丝线整理剂 | 348 |
| 一、 | 在织锦的应用 | 348 |
| 二、 | 在刺绣工艺品的应用 | 349 |
| 第四节 | 用于玻璃器皿的防雾及着色 | 351 |
| 一、 | 玻璃仪器的防雾 | 351 |
| 二、 | 玻璃器皿表面的着色 | 354 |
| 第八章 | 在橡胶、塑料与复合材料工业的应用 | 356 |
| 第一节 | 用作橡胶塑料加工过程的脱模剂 | 356 |
| 第二节 | 用作聚氨酯泡沫塑料的匀泡剂 | 359 |
| 第三节 | 用作复合材料的偶联剂 | 363 |
| 一、 | 玻璃纤维增强塑料(玻璃钢) | 363 |

| | |
|--------------------------|-----|
| 二、矿物填充塑料 | 367 |
| 三、矿物填充橡胶 | 369 |
| 第四节 液体硅橡胶的注射成型 | 377 |
| 第九章 在日用化学工业的应用 | 382 |
| 第一节 有机硅化妆品 | 382 |
| 一、有机硅化妆品的特性 | 382 |
| 二、化妆品用的有机硅品种 | 383 |
| 三、有机硅护肤霜 | 387 |
| 四、有机硅抗汗剂 | 393 |
| 五、有机硅护发用品 | 395 |
| 六、有机硅剃须霜 | 397 |
| 第二节 有机硅清洁抛光剂 | 398 |
| 第三节 含硅护齿牙膏 | 403 |
| 第十章 在纺织工业的应用 | 406 |
| 第一节 用作高速涤纶缝纫线的润滑剂 | 406 |
| 第二节 用作涤纶化纤织物的柔软整理剂 | 409 |
| 一、有机硅改善织物手感的机理 | 409 |
| 二、在涤纶针织品后整理的应用 | 413 |
| 三、在色织涤/粘中长织物的应用 | 416 |
| 四、在涤/棉织物后整理的应用 | 418 |
| 第三节 用于织物的拒水整理 | 419 |
| 一、拒水整理的机理 | 419 |
| 二、维纶篷盖帆布的拒水整理 | 422 |
| 三、其它化纤织物的拒水整理 | 426 |
| 第四节 用作织物的抗菌防霉整理剂 | 433 |
| 一、抗菌防霉机理及特性 | 433 |
| 二、在织物抗菌防臭的应用 | 437 |



| | | |
|------|------------------------|-----|
| 第五节 | 用作丝绸织物的整理剂 | 439 |
| 一、 | 真丝绸的防缩抗皱整理 | 439 |
| 二、 | 榨蚕丝绸的柔软整理 | 444 |
| 三、 | 三醋酯/锦纶仿丝绸织物的柔软整理 | 445 |
| 第六节 | 用作毛纺织品的整理剂 | 446 |
| 一、 | 羊毛衫的防缩整理 | 446 |
| 二、 | “浮雕”羊毛衫 | 450 |
| 三、 | 在薄型毛混纺织品的应用 | 451 |
| 第十一章 | 在医疗医药和卫生行业的应用 | 455 |
| 第一节 | 用作人造器官 | 455 |
| 第二节 | 用于化装整容 | 461 |
| 第三节 | 用于计划生育 | 464 |
| 一、 | 硅橡胶盾形节育器 | 464 |
| 二、 | 非手术性的可再生绝育 | 466 |
| 三、 | 硅橡胶长效避孕药环 | 468 |
| 第四节 | 用于人体消泡 | 468 |
| 第五节 | 用作人工皮 | 473 |
| 第六节 | 用作外科药膏 | 475 |
| 第七节 | 有机硅接触眼镜 | 478 |
| 第八节 | 硅橡胶药物缓释系统 | 481 |
| 第九节 | 用硅橡胶微气球控制外伤出血 | 484 |
| 第十二章 | 在建筑和建材行业的应用 | 486 |
| 第一节 | 用作建筑物的弹性密封材料 | 486 |
| 一、 | 建筑物接缝和伸缩缝的密封 | 486 |
| 二、 | 玻璃密封 | 491 |
| 三、 | 公路接缝的密封 | 494 |
| 第二节 | 用于建筑防水 | 496 |

| | |
|----------------------------|-----|
| 一、混凝土和砖石建筑物的防水 | 496 |
| 二、在建筑外墙饰面及彩色弹涂新工艺的应用 | 501 |
| 三、玻璃棉和矿棉纤维的防水 | 502 |
| 四、石膏防水 | 505 |
| 第三节 有机硅/聚氨酯屋面系统 | 506 |
| 第四节 有机硅混凝土添加剂与沥青添加剂 | 510 |
| 一、有机硅混凝土添加剂 | 510 |
| 二、有机硅沥青添加剂 | 511 |
| 第十三章 在电子电气和仪表工业的应用 | 513 |
| 第一节 用于半导体器件的塑料封装 | 513 |
| 第二节 用于电子元器件的灌封和涂覆保护 | 518 |
| 第三节 用作电子产品的导电连接器件 | 523 |
| 第四节 用作仪器仪表的导热介质 | 527 |
| 第五节 用作仪器仪表的阻尼减震油 | 529 |
| 第六节 用作高压供电线路的绝缘材料 | 532 |
| 第七节 硅橡胶电线电缆 | 535 |
| 第八节 用作光导纤维的涂覆保护材料 | 540 |
| 第十四章 在机械和汽车工业的应用 | 545 |
| 第一节 用作制造机械模具 | 545 |
| 第二节 用作润滑剂和脱模剂 | 552 |
| 一、机械设备的润滑剂 | 552 |
| 二、机械加工过程的脱模剂 | 558 |
| 第三节 用作金属化学热处理的防渗碳涂料 | 560 |
| 第四节 在汽车工业的应用 | 565 |
| 一、有机硅刹车油 | 565 |
| 二、硅橡胶汽车油封 | 567 |

| | |
|--------------------------------------|-----|
| 三、就地成型垫片 | 570 |
| 四、其它应用 | 571 |
| 第十五章 在节能与能源开发领域的应用 | 574 |
| 第一节 用作H级电机绝缘材料 | 574 |
| 第二节 用作变压器绝缘冷却油 | 576 |
| 第三节 用作太阳能传热介质 | 578 |
| 第四节 有机硅/玻璃纤维布 | 581 |
| 第五节 用于油田的消泡和破乳 | 584 |
| 一、钻井泥浆和油井的消泡 | 584 |
| 二、原油的破乳脱水 | 585 |
| 第六节 乙基硅油作布机润滑油添加剂 | 588 |
| 第十六章 在化工和环境保护领域的应用 | 593 |
| 第一节 控制释放农药 | 593 |
| 第二节 用作化工设备的密封材料 | 595 |
| 第三节 有机硅与有机树脂共聚物 | 601 |
| 第四节 用于消泡 | 609 |
| 第五节 用于防噪声 | 615 |
| 第六节 用于除雾 | 619 |
| 第十七章 在食品工业和果蔬保鲜的应用 | 622 |
| 第一节 用作食品和发酵工业的消泡剂 | 622 |
| 第二节 用作食品生产过程的脱模剂和不粘烹 调用具的涂料 | 626 |
| 一、面包、饼干和糖果生产的脱模剂 | 626 |
| 二、不粘烹调用具涂料 | 628 |
| 第三节 用于果蔬和粮食的气调保鲜 | 629 |
| 第十八章 在造纸印刷行业的应用 | 638 |
| 第一节 有机硅防粘纸带 | 638 |

| | | |
|-----|------------------|-----|
| 第二节 | 扑克牌等印刷品的上光 | 650 |
| 第三节 | 用于纸张的防水 | 655 |

第一篇 有机硅产品及其性能用途

第一章 概 述

第一节 硅·硅石·有机硅

一、第二石器时代

硅在门捷列夫元素周期表中是第三周期第四类主族元素，原子序数为14，平均原子量为28.086，原子半径为0.40 Å。它有三个同位素，分别为 ^{28}Si （占94%）、 ^{29}Si （占4%）和 ^{30}Si （占2%）。

就地壳中所含元素的量而言，氧最多，约占49%；硅居第二位，约占地壳组成的27.6%。但是地壳中并不存在单质硅，而是以硅的氧化物和硅酸盐的形态出现。硅与氧的化合物二氧化硅（硅石）几乎遍布整个地球，占地壳总重量的87%。石英、水晶、砂子、花岗石、陶土、云母等，其主要成分都是二氧化硅。

在人类的发展长河中，硅是被开发利用最早的元素之一。“安得广厦千万间，大庇天下寒士俱欢颜”这两句诗虽未用上一个“硅”字，但用于建造大厦的材料砂子、石头，直至现代建筑中使用的水泥、玻璃等，都是硅的化合物。

硅又是制造陶瓷的主要原料，人们生活所使用的杯盘碗碟和坛坛罐罐，大都是由二氧化硅制成的。

大约在一万多年以前，中国就已开始利用粘土和石英砂制造陶器。1962年，在江西省万年县大源仙人洞，发现了一座新石器时代早期的洞穴，从中发掘出残陶片90余件，全是夹砂红陶，质地粗糙，不均匀地掺杂有大小不等的石英粒。

一个是住宅，一个是食具，这两件人类生活中最基本的东西都离不开硅。

到了近代，硅的用途就更加广泛了：现代建筑工业中所使用的水泥、玻璃；冶金工业中的重要材料硅铁合金；电机电器工业中的磁性材料矽钢片；机械工业中的精密铸造；化学工业中用作催化剂载体的分子筛、硅胶；以及肥皂工业中用作填充剂的水玻璃等都是由硅及其化合物制得的。

特别是晶态硅的出现，更是使硅的利用进入了一个新的时代。晶态硅可以制成大规模集成电路和硅太阳能电池。在一块几毫米见方的小硅片中，可以制作几十万个晶体管等元件以构成大规模集成电路；大规模集成电路是电脑的核心，用它做成的电脑，每秒钟可运算数亿次至数十亿次。而硅太阳能电池则是解决未来能源的重要途径，目前的人造卫星，大多是以硅太阳能电池作为能源；还有一种无定形硅（非晶硅），价格十分便宜，用它做成非晶硅薄膜太阳能电池，光电转换效率可达百分之七到十，成本只有晶态硅太阳能电池的五十分之一到七十分之一，预计到本世纪末，其发电成本可降低到与水电平价。

硅不仅是电脑和新能源的材料，而且也是现代社会的“神经系统”——光纤通信的重要材料。目前最常用的光导纤维主要是由石英玻璃拉制而成的，一根比头发丝还细的光纤，每秒钟可将几十亿个信息传递到几百公里以外。