

新型合成橡胶及其应用

[苏联] Н. Д. 扎哈罗夫 著

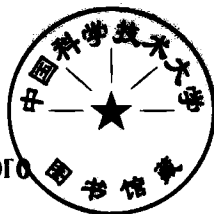
化学工业出版社

本书介绍具有工业化意义的新型合成橡胶的品种、制造、性能、应用等方面的情况，其中包括聚异戊二烯、定向聚丁二烯、乙丙橡胶、氯磺化聚乙烯、含羧橡胶、乙烯基吡啶橡胶、聚亚氨基甲酸酯、氟橡胶、硅橡胶等近代最重要的新型合成橡胶。

本书可供合成橡胶工业、工业用橡胶制品工业以及橡胶使用部门的工程技术人员、研究人员及高、中等橡胶工业院校的师生参考用书。

本书系1966年无产阶级文化大革命前发稿，在运动中虽经几次审查，但由于我们水平所限，仍会存在缺点错误，请读者多提意见，帮助我们改进提高。

Н. Д. ЗАХАРОВ
НОВЫЕ ТИПЫ КАУЧУКОВ
И ОБЛАСТИ ИХ ПРАКТИЧЕСКОГО
ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
ЦЕНТРАЛЬНОЕ БЮРО ТЕХНИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ
ЛЕНИНГРАД-1962



新型合成橡胶及其应用

化学工业出版社出版（北京安定门内和平里七区八号）

北京市书刊出版业登记出字第120号

中国人民大学印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行，各地新华书店经售

开本：850×1168毫米¹/₃₂ 1968年5月北京第1版

印张：5¹¹/₁₆

1968年5月北京第1版第1次印刷

字数：145,000

印数：1—2,544

定价：（科六）0.90元

书号：15063·1175

毛 主 席 語 录

……一切外国的东西，如同我們对于食物一样，必須經過自己的口腔咀嚼和胃腸运动，送进唾液胃液腸液，把它分解为精华和糟粕两部分，然后排泄其糟粕，吸收其精华，才能对我們的身體有益，决不能生吞活剥地毫无批判地吸收。

《新民主主义論》（一九四〇年一月）

《毛澤东选集》第二卷第七〇〇頁

目 录

第一章 合成聚异戊二烯橡胶	1
1. 合成与结构	1
2. 物理化学性质	4
3. 工艺性能	6
4. 硫化	7
5. 填充剂与增塑剂	10
6. 硫化胶的性能	11
7. 应用	13
8. 天然聚异戊二烯的顺反异构化	16
第二章 定向聚丁二烯橡胶	22
1. 结构及其与性能的关系	22
2. 工艺性能	25
3. 硫化	28
4. 混炼胶的配方	28
5. 硫化胶的性能	29
6. 顺式聚丁二烯与天然橡胶的并用	31
7. 应用	32
8. 顺式聚丁二烯的改性	34
第三章 乙丙橡胶	36
第四章 改性二烯烃橡胶	44
硫醇化聚丁二烯的制造与性能	45
第五章 改性丁基橡胶	51
1. 丁基橡胶的新应用	51
2. 卤化丁基橡胶的制造、性能及应用	55
第六章 氯磺化聚乙烯	65
1. 未硫化氯磺化聚乙烯的制法、结构及某些性能	65
2. 硫化	67
3. 混炼胶的配方	69

II

4. 硫化胶的性能	70
5. 应用	72
第七章 羧基橡胶	75
1. 制造、结构以及性能与羧基含量的关系	75
2. 硫化及交联键型对硫化胶性能的影响	76
3. 其它配合剂对混炼胶和硫化胶性能的影响	82
4. 应用	84
第八章 乙烯基吡啶橡胶	90
1. 结构及其对性能的影响	90
2. 乙烯基吡啶橡胶用作通用橡胶。混炼胶组成的某些特点。硫化胶的性能	92
3. 乙烯基吡啶橡胶用作特殊橡胶。含卤素化合物对橡胶的作用	97
4. 应用	99
第九章 聚亚氨基甲酸酯橡胶	104
1. 聚亚氨基甲酸酯橡胶的制法,原料结构与橡胶性能的关系	105
聚亚氨基甲酸酯橡胶按其加工方法的分类	108
2. 一般性能	109
3. 硫化	110
二异氰酸酯硫化	110
过氧化物硫化	112
硫黄硫化	113
4. 填充剂与增塑剂	114
5. 硫化胶的性能	117
6. 液态聚亚氨基甲酸酯橡胶的性能	121
7. 聚氨酯橡胶的应用	124
第十章 氟橡胶	132
1. 制法、聚合物结构以及性能与结构的关系	132
2. 氟橡胶的基本类型	134
3. 未硫化氟橡胶的性能	137
4. 硫化	137
5. 填充剂和增塑剂。配方实例	143

6. 工艺性能	146
7. 硫化胶的性能	146
8. 应用	152
9. 某些新型氟橡胶	153
第十一章 新型硅橡胶	157
1. 概述	157
2. 乙烯基硅橡胶	159
3. 苯基硅橡胶	162
4. 氟硅橡胶	163
5. 腈硅橡胶	166
6. 室温硫化的硅橡胶	171
7. 硅橡胶领域中的其它成就	171

第一章 合成聚异戊二烯橡胶

1. 合成与结构

虽然用合成橡胶代替天然橡胶制造许多橡胶制品的工作已进行了许多年，但是直到最近还未能完全解决这个问题。这首先是表现在轮胎工业方面。即使是采用最好的丁苯橡胶，用它制得的载重轮胎在使用性能上仍然不如天然橡胶⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾⁽⁴⁾。轮胎的负荷及其规格越大，则轮胎的层数越多；轮胎的使用条件要求越高，则用天然橡胶做的轮胎比用合成橡胶做的轮胎所具有的优越性越显得明显。因此许多外国公司都认为，要想使轮胎的质量接近于用100%天然橡胶制成轮胎的质量，那么只能代替一部分天然橡胶。例如，在9.00—20的轮胎中，丁苯橡胶的含量不应超过35%，而在11.00—20的轮胎中，丁苯橡胶的含量应不超过30%⁽³⁾。

合成橡胶制成的轮胎在苛刻较高的使用条件下比天然橡胶制的轮胎损坏得快，其主要原因是帘线受热断裂而使帘布层破坏，即胎面脱层以及帘布层的脱落。对于轮胎帘布层发生早期损坏现象起着最主要作用的乃是由于合成橡胶的滞后损失大，而使其生成热也较大⁽²⁾。因此寻找一种性能接近于天然橡胶的高弹性聚合物，就成为旨在提高轮胎行驶里程的一系列最重要问题中尤为突出的一个问题。

研究天然橡胶轮胎与合成橡胶轮胎在不同条件下的磨损现象表明，当温度较低时天然橡胶比丁苯橡胶耐磨，而在温度较高时却相反。因此对于气候温和的地区，特别是气候寒冷的地区，使用天然橡胶制的轮胎较为适宜。对载重量大的轮胎来说，天然橡胶制的胎面总是更耐磨一些⁽¹⁾⁽³⁾⁽⁵⁾，而与气候条件无关。

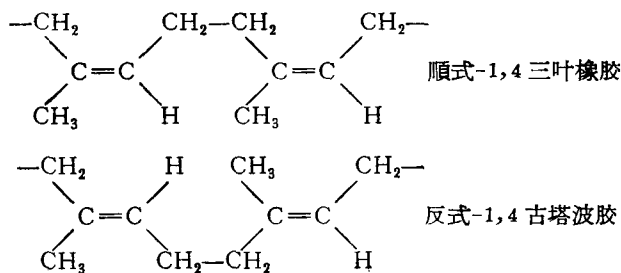
天然橡胶甚至比那些最好的通用性合成橡胶(如丁苯橡胶)还要好的原因首先是由于天然橡胶具有高弹性，而且它还能在比较

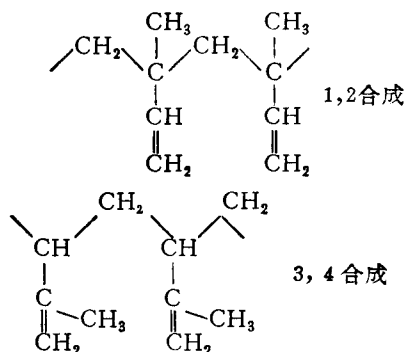
廣闊的溫度範圍內保持這一高度彈性。天然橡膠的硫化膠由於其彈性高以及滯後損失低，故在多次變形時的生成熱小。它在未填充和填充狀態的機械強度都很高，在較高的溫度下其機械強度也下降得比較少，也就是說，它具有較高的耐溫性⁽¹⁾⁽⁶⁾。天然橡膠的工藝性能也不差。

天然橡膠的高彈性能是由其綫型分子的柔軟性以及結構的規整性決定的，結構的規整性不僅表現在各單體間鍵的型式方面，而且也表現在相同結構的鏈節結合所具有的立體規整性。未填充的天然硫化膠具有的高強度也是與其結構的規整性有關。天然橡膠綫型分子的柔軟性是由於聚異戊二烯鏈節按順式-1,4 鍵結合，以及圍繞着與雙鍵相鄰的單鍵進行旋轉的能障較小。因此，天然橡膠在未受拉伸時，分子間的相互作用較小，其性質類似於粘性液體。但由於其結構的規整性，當迅速施以一個較大的作用力時，天然橡膠即使是在未硫化的狀態下也能因其立體規整分子的定向作用而不發生粘流，這一定向作用還導至結晶和機械強度的大大提高⁽⁷⁾。

合成在結構和性能上接近於天然橡膠的聚異戊二烯橡膠，就可以解決製造在性能上不低於天然橡膠的高彈性合成橡膠的問題。天然橡膠長時期來都作為這一領域內的標準。

為了使制得的合成橡膠性能接近於天然橡膠，必須复制出天然橡膠的順式-1,4-聚異戊二烯⁽¹⁴⁾化學結構，也就是異戊二烯鏈節必須要嚴格地規整排列。要製造這樣的聚合物，其主要的困難在於異戊二烯能夠具有下列四種不同的排列方式⁽⁶⁾⁽¹⁰⁾：





当异戊二烯“首-尾”相接与“首-首”相接的排列改变时，这些基本异构形式又会增多。长期的研究工作表明，乳液聚合以及在有钠或钾存在下聚合所得到的都是以各种方式结合的链节的极其杂乱的排列。

近几年来，创立了使用齐格勒型触媒或锂触媒的新的聚合过程，这使得聚合过程能受到调节而制得立体规整的聚合物^{(6)(16~22)}。随所用触媒型式的不同，可以制造不同结构的聚异戊二烯。

在碱金属族中，于适当的聚合条件下由钠、钾到锂，或相应的金属有机化合物，都使 1, 4-链节的数量有所增加^{(1)(4)(6)(23~26)}。使用齐格勒型触媒时聚合物的产率、结构及性能主要决定于烷基铝与四氯化钛的比例和是否采用三氯化钛等等^{(6)(13)(17)(27~31)}。在进行催化聚合时，对单体的纯度提出了特殊的要求，因为即使是极微量的杂质也可能由于与触媒形成络合物而对链的结构有着很大的影响⁽⁶⁾⁽⁹⁾，因此异戊二烯在进行聚合以前应进行特殊的净化处理。

目前以中间规模生产的顺式-聚异戊二烯橡胶，有用锂触媒制造的〔苏联的 CKH 及美国费尔斯通 (Firestone) 公司的珊瑚橡胶⁽⁹⁾〕，有用齐格勒型络合触媒制造的〔美国古德里奇 (Goodrich) 公司的美波橡胶⁽¹⁰⁾⁽¹¹⁾，美国固特异 (Goodyear) 公司的纳金橡胶⁽¹²⁾⁽¹³⁾〕以及用改良络合触媒制造的〔苏联的 CKH-3⁽⁵⁾〕。美国壳牌 (Shell) 公司也生产着合成天然橡胶⁽³²⁾，但有关资料发表的很少。

所有上述的聚异戊二烯橡胶随着所用触媒的本性以及聚合方

法的不同，其結構和性能也互有某些差別，但它們或多或少地具有了天然橡膠的結構和性能。

СКИ-3 的結構相似于美波橡膠和蘇聯早先所合成的順式-聚異戊二烯⁽⁶⁾⁽¹⁵⁾，其最好的產品含有 98~99% 的順式-1,4 鏈節，實際上與天然橡膠等同。表 1 中列舉了用不同方法制得的各種順式-聚異戊二烯橡膠和反式-聚異戊二烯的結構對比數據⁽⁶⁾⁽¹⁵⁾⁽²⁷⁾⁽³²⁾。

異戊二烯聚合物的結構與其基本性質

表 1

聚 異 戊 二 烯	鏈節含量, %				玻璃化 溫度, °C	在苯中溶 解度, %	不飽和 度, %
	順式- 1,4	反式- 1,4	1,2	3,4			
天然橡膠	97.8	0	0	2.2 ⁽¹⁾	-70	100	96
СКИ-3	92~99	0~4	0~2	1~3	-70	97~99	94~98
順式聚異戊二烯(蘇聯)	93~97	0	0~3	1~3	-70	—	95~98
美波橡膠(按文獻數據)	97	0	0	3	-70	—	—
美波橡膠(按ВНИИ- СК ^② 數據)	91	8	0	1	-70	97	94
СКИ	約65	約25	約1	約6	-68	—	—
珊瑚橡膠(按文獻數據)	94	0	0	6	—	90.4	98
珊瑚橡膠(按ВНИИСК 數據)	94	0	0	6	-68.5	—	—
古塔波膠	0	98	0	2 ⁽¹⁾	-72	—	—
合成古塔波膠	0	96~97	1	2~3	-71~-72	—	—
合成天然橡膠	92.6	—	—	—	—	—	—
聚異戊二烯(在+5°C及 更低溫度下用乳液聚 合制得)	0	88	7	5	-67	—	—

注：① 在天然聚異戊二烯中存在有 3,4-鏈節這一問題是有爭論的，某些研究工作認為天然聚異戊二烯乃是 100% 的 1,4-聚異戊二烯⁽³³⁾。

② ВНИИСК 為全蘇合成橡膠研究院的縮寫——譯者注。

2. 物理化學性質

如果制得的聚異戊二烯的平均分子量接近于天然橡膠的平均分子量，那麼它們的分子量分布也可能是相接近的。例如，СКИ 或珊瑚橡膠即如此⁽⁸⁾⁽⁹⁾。在定向聚異戊二烯中在結構上與天然橡膠差別最大的是 СКИ 型的鉍-異戊二烯橡膠。這方面的差別首先影響

到橡胶的結晶性, СКИ 与天然橡胶不同的地方是它只在受拉伸时才发生結晶⁽¹⁵⁾, 而且其发生結晶时的伸长率要大得多⁽⁸⁾⁽³⁴⁾⁽³⁵⁾。

由图 1 可見, 天然橡胶的硫化胶在 $\lambda=3.5$ 时发生結晶, 高粘度的 СКИ 只在 $\lambda=7$ 时才发生結晶, 而粘度接近于天然橡胶的 СКИ, 其結晶的开始还要更晚一些⁽³⁴⁾。在拉伸的天然橡胶中結晶相的最大含量約为 40%, 而珊瑚橡胶拉伸到 1000% 时, 其結晶相的最大含量也不超过 25%⁽⁹⁾。

在結構上較接近于天然橡胶的美波橡胶及 СКИ-3 在冷却时其結晶的发生近似于三叶橡胶⁽¹⁰⁾⁽¹⁵⁾, 但在能保証天然橡胶具有最大結晶速度的温度下 (-25°C), 这三种橡

胶的結晶速度都不同。天然橡胶中結晶相的形成实际上是在六小时内即可完毕, 在 СКИ-3 中即要 56 小时, 而在美波橡胶中要 52 小时。結晶速度不仅与結構的規整性有关, 而且还决定于有无杂质的存在。

所有順式-聚异戊二烯橡胶的玻璃化温度都与天然橡胶的玻璃化温度相接近, 而差別最大的仍然是規整性較低的 СКИ 型聚异戊二烯。但是在結晶性降低的同时, 玻璃化温度稍許升高, 但絲毫不降低用聚异戊二烯橡胶制造某些耐寒制品的价值; 对这些制品說, 使用 СКИ 比用天然橡胶更为适宜。用絡合触媒制得的順

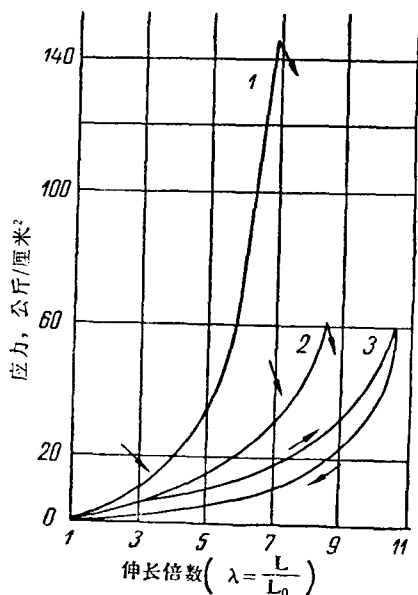


图 1 天然橡胶与 СКИ 在受拉伸时的結晶。

1—天然橡胶 ($\eta = 2.2$); 2—СКИ,
其特性粘度 ($\eta = 4.7$); 3—СКИ

$$(\eta) = 1.8 \quad \lambda = \frac{L}{L_0}$$

式-聚异戊二烯的玻璃化温度与天然橡胶的玻璃化温度的吻合,再一次证明了它们的结构是非常相近的。

顺式-聚异戊二烯能很好地溶解于四氯化碳、三氯甲烷、环己烷、二硫化碳、一氯化苯、甲苯及苯内。比较天然橡胶与美波橡胶的溶解度可以得到结论,天然橡胶分子受甲苯的溶剂化作用较小,这可能是由于天然橡胶分子的分支度较大,或者是由于在天然橡胶中存在着少量的杂质⁽¹⁰⁾。未经稳定的顺式-聚异戊二烯在较高温度下对氧化的敏感性极大,加入适当的稳定剂可使其起始氧化速度降低几十倍。

3. 工艺性能

在可塑性和复原性指标方面,СКИ与天然橡胶的塑炼胶相近,其复原性要比其它合成橡胶小得多⁽³⁵⁾。虽然要制得具有加工所需可塑性的合成聚异戊二烯在原则上是可能的,但试产的СКИ却太硬,而需要进行塑炼。顺式-聚异戊二烯的塑炼可以用不同的方法进行:用炼胶机、密闭式炼胶机及用热氧化的方法。研究СКИ不同的塑炼方法表明,当用炼胶机进行塑炼时,所得塑炼胶的复原性最小,这证明由于它有1,2及3,4结构单元的存在而产生再化合和结构化的倾向。当用密闭式炼胶机塑炼时,加入促进剂DM可加速塑炼过程。二甲基苯基对甲酚与列纳齐特IV(Ренацит IV, 五氯硫酚的铎盐)也是有效的塑炼促进剂⁽³⁶⁾。加入脂肪酸、硫醇、苯酚、二硫化物等物质时,能提高热氧化塑炼的速度⁽³⁵⁾。珊瑚橡胶也需进行塑炼⁽⁹⁾。美波橡胶及СКИ-3的粘度较小,因此不需预先进行塑炼⁽¹⁰⁾⁽¹⁵⁾。在制造混炼胶的过程中СКИ的特点为其温度上升较慢,这是由于其内摩擦较小的结果。在具有适当的可塑性并选择软化剂的情况下胎面胶料的压出情况是良好的。压延及帘线挂胶过程也都能满意地进行⁽³⁵⁾⁽³⁷⁾。提高压延温度可增高胶层与织物的结合强度,但是温度对于СКИ的影响要小于对天然橡胶的影响。在温度升高时СКИ与天然橡胶的可塑性和弹性恢复变化的性质实际上是相同的⁽³⁸⁾。

СКИ 的一个最大缺点为其粘着性低,而与其它合成橡胶的粘着性相似⁽⁸⁾⁽¹⁵⁾⁽³⁵⁾。珊瑚橡胶的粘着性良好⁽⁹⁾。

塑性较高而且具有高度规整性的 СКН-3 及美波橡胶的工艺性能较好;其粘着性与天然橡胶相近;用美波橡胶压出的胎面胶的线性收缩比天然橡胶小⁽¹⁰⁾⁽¹⁵⁾。表 2 为各种聚异戊二烯橡胶的工艺性能的数据。

聚异戊二烯橡胶的工艺性能(含 30 重量份瓦斯槽法炭黑) 表 2

	天然橡胶	СКН-3	美波橡胶	СКИ	珊瑚橡胶
特性粘度	8.3/1.5①	2.6~3.0	3.3	6.0~14.0	10.6
生胶可塑性	—	0.5~0.6	0.55	0.2~0.3	—
混炼胶可塑性	0.60	0.60	—	0.48②	—
压出性能, 级③	1	1	1	3	—
压延胶片的表面	平滑而有光泽	平滑而有光泽	平滑而有光泽	粗糙	粗糙
粘着性(Беру法), 克/厘米	3.00	2.70	—	无	—

注: ① 未经塑炼/经过塑炼;

② 塑炼胶;

③ 按 10 级制, 1 级为最好的表面情况。

由上表可见, СКИ 比许多其它合成橡胶具有较好的工艺性能, 但是与天然橡胶相比, 却还相差较远, 其胶料的粘着性和强度较低, 压出和压延质量也较差。СКН-3 的特点为其压出、压延性较好, 并具有平滑而有光泽的表面, 在粘着性和炭黑分散质量方面实际上不低于天然橡胶, 而大大超过 СКИ。СКН-3 在进行加工时发生剧烈的裂解, 这可能是由于所用稳定剂的效能不够好⁽³⁹⁾。聚异戊二烯橡胶与金属的粘合可使用天然橡胶用的粘合剂⁽⁴⁰⁾。

4. 硫 化

按硫化过程中性能变化的特性(动力学), 顺式-聚异戊二烯橡胶与天然橡胶相似(图 2)。与天然橡胶硫化时的情况一样, 其特点为抗张强度具有明显的正硫化点; 提高硫化温度可加速硫化过

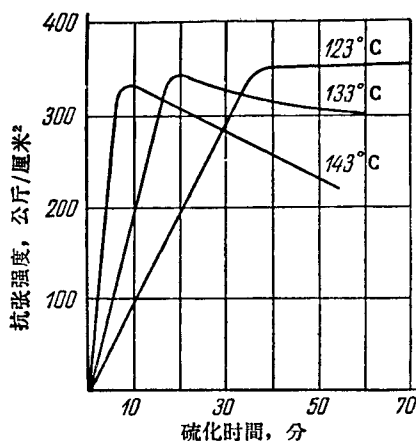


图2 填充瓦斯槽法炭黑的 SKI 橡胶在不同温度下的硫化过程中强度的变化⁽³⁵⁾

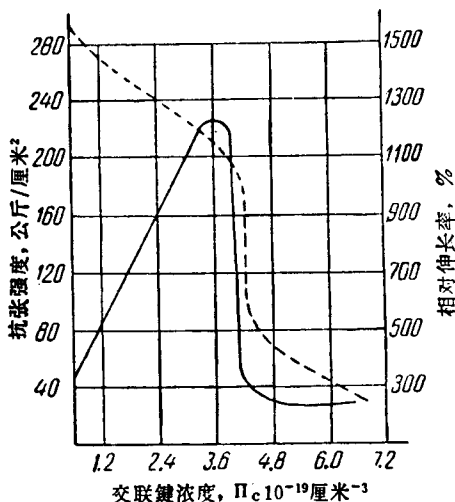


图3 SKI 未填充硫化胶的性能与交联键浓度的关系⁽⁴¹⁾

——抗張强度；----相对伸長率

程, 但使强度和相对伸長率的绝对值降低。所有这些都证明裂解过程的进行, 而且这一裂解过程随着温度的升高而加速。这一现象在未填充胶料硫化时表现得更为明显。

但是也发现在硫化动力学上有某些不同之处, 例如, SKI-3 的硫化过程进行得比较慢, 而且其早期硫化倾向较大, 硫化曲线的平坦部分窄, 这也与它对氧化过程不够稳定有关⁽³⁹⁾。增加交联键的含量使硫化胶的硬度、弹性以及定伸强力不断增高, 但是抗張强度和相对伸長率却是如图3所示曲线那样发生复杂变化。当交联键的浓度大于 4.2×10^{-19} 厘米⁻³ 时, 抗張强度与相对伸長率剧烈下降, 这时硫化胶的性质相似于非结晶性橡胶 (丁钠橡胶CKБ, 丁苯橡胶CKC-30A) 的硫化胶。这种现象可解释为

由于具有紧密的硫化网格的存在，当橡胶发生变形时这种硫化网格妨碍橡胶的定向⁽³⁹⁾⁽⁴³⁾。

因此，СКИ 硫化胶在达到正硫化点后强度的下降可由以下两个原因来解释：即裂解作用和结晶的困难⁽⁴³⁾。最高耐温性出现在最宜的交联键浓度上，硫化促进剂类型对最宜交联键浓度值有一定影响。

在这样的条件下特别危险的是硫化剂在橡胶内分散不均，以致引起局部硫化不足或过度硫化的现象。因此，对 СКИ 来讲，采用能够很好分散的配合剂以及按照比达到最宜交联键浓度稍低一些的要求来计算选择硫化剂，就显得特别重要⁽⁴¹⁾。

在已研究过的硫化促进剂以及它们的组合中，促进剂 DM 和磺酰胺 БТ 能使 СКИ 的轮胎混炼胶以及其硫化胶具有比较满意的综合性能⁽²⁾⁽³⁵⁾。每一交联键间硫原子的含量在 СКИ 中要比在天然橡胶中大约多 25%⁽²⁾。根据这些结果和同位素置换的数据可以认为，СКИ 硫化胶含的主要是不稳定的多硫键。因此，对于这种胶料来讲，正确地选择促进剂以及促进剂与硫的用量比具有特殊的意义，促进剂含量在硫含量较少时应适当高一些⁽²⁾⁽⁴²⁾。但即使是在这样的条件下也发现有明显的回复(Реверсия)现象，这一现象随着温度的升高而加剧。СКИ 橡胶内如果有某些杂质(如防老剂丁、三乙醇胺)，一方面能促使多硫键的生成，另一方面能促使硫化结构分解。在用齐格勒触媒制得的顺式-聚异戊二烯中回复现象较小。在不同温度下专门研究 СКИ 橡胶的硫化表明⁽⁴⁴⁾⁽⁴⁵⁾，如果在该硫化温度下交联键浓度大于其最宜浓度的话，那么，升高硫化温度能使该硫化胶的强度有所增高。可得出这一结论：即在高温下硫化 СКИ 橡胶时，必须加强硫化剂。

在这方面采用能形成较为稳定的交联键的硫化剂是有效的。例如，在采用复合促进剂磺酰胺 БТ 和一硫化四甲基秋兰姆(TMTM)时，形成的交联键较为稳定，这就减少了较高温度的回复现象，尤其是在填充炭黑的橡胶中更是如此⁽⁴²⁾。加入一种能使氧化过程导致结构化的物质，能提高硫化速度，并使所得的硫

化胶具有高定伸强力和高抗張强度，如对-甲氧基苯胺⁽⁴³⁾就属于这类物质。

СКИ 橡胶能在核輻射作用下进行硫化。研究过的工业橡胶在輻射硫化时生成硫化网格的效率按以下順序排列⁽⁴⁶⁾：

СКБ>НК>СКС-30А>СКС-30АМ>СКИ

5. 填充剂与增塑剂

聚异戊二烯橡胶具有規整的结构，并且在受拉伸时能发生結晶，因此其未填充的硫化胶具有高强度。研究不同类型的炭黑和某些矿物填充剂对 СКИ 混炼胶及硫化胶性能的影响表明，它在这方面与天然橡胶无原則区别⁽²⁾。

加入瓦斯槽法炭黑能增高 СКИ 硫化胶在常温下的强度，尤其是能增高其在較高温度下的强度。对使用于常温条件下的橡胶来讲，其最宜填充量为每 100 重量份 生胶中 加入 30 重量份，而对于在 100°C 下使用的橡胶来讲，則其最宜 填充量 約为 50 重量份⁽³⁵⁾。

СКИ 填充硫化胶的性能

表 3

项 目	未填充时	白炭黑	高岭土	鋅鋅白	白 堇
抗張强度, 公斤/厘米 ²	218	195	172	164	132
500% 定伸强力, 公斤/厘米 ²	25	57	43	32	25
相对伸长率, %	980	980	928	956	984
抗撕强度, 公斤/厘米	—	35	23	21	17
邵氏硬度	—	48	50	44	46
邵氏回彈性, %	68~70	60	62	62	62

表 3 为 СКИ 硫化胶在含有不同矿物填充剂时(其填充量按体积計为 30 重量份白炭黑)的主要性能⁽⁴⁷⁾。СКИ 橡胶中加入了三叔丁基酚(П-23)。

制造各种胶料时可以采用一般的軟化剂。为了提高其粘着性可采用某些合成树脂，应用这样的混炼胶时可以不用胶粘剂而成

型一些复杂的制品(例如外胎)⁽²⁾。研究 СКИ 与其它某些橡胶的共混性时表明⁽⁴⁸⁾，它在热力学上是与丁苯橡胶(СКС-30А 及 СКС-30АМ)以及丁腈橡胶(СКН-26)是不相容的，但是 СКИ 在工艺上能与丁苯橡胶共混，这样就能制造多层橡胶制品，并使各层間具有滿意的結合强度。

6. 硫化胶的性能

聚异戊二烯合成硫化胶的性能接近于天然橡胶，它的结构越是規整，它与天然橡胶在性能上的差别越小。表 4 所示为某些聚异戊二烯未填充硫化胶的主要性能以及与其它工业橡胶的对比数据⁽⁸⁾⁽¹⁵⁾⁽³⁵⁾。

未填充硫化胶的性能⁽¹⁵⁾⁽³⁵⁾

表 4

橡胶类型	抗張强度, 公斤/厘米 ²		相对伸长率, %		回彈性, %		脆度, 性温 °C	500% 定伸 强度, 公斤/ 厘米 ²	生成熱, °C	
	20°C	100°C	20°C	100°C	20°C	100°C			恒定 变形 40%	恒定負 荷165 公 斤
天然橡胶	250 ~350	200	800 ~850	1000	70~72	78~81	-58	38	50	75
СКИ-8	250 ~300	170 ~200	850 ~1000	950	66~69	75~78	—	45	49	75
美波橡胶①	266	120 ~170	900	855	68	76	—	—	—	—
СКИ	230 ~320	80 ~100	1100 ~1200	1000 ~1100	65~70	75~79	-56	11~24	52	74
珊瑚橡胶①	268	149	870	960	65	71	—	—	—	—
СКБ	20	8	700	350	45	34	-50	—	—	—
СКС-30А	25	13	800	400	56	67	-52	—	—	—
氯丁橡胶	340	30	950	400	53	66	-43	—	—	—
丁基橡胶	220	15	900	350	12	55	-55	—	—	—
聚异戊二烯橡胶	316	325	550	300	35	63	-45	—	—	—

注：① 根据全苏合成橡胶研究院的数据。

表 5 为填充瓦斯槽法炭黑的(用最宜填充量)硫化胶性能的对比数据⁽¹⁵⁾⁽³⁵⁾。