

895882

橡膠配合和工藝

Harry Long 著



《橡膠译丛》编辑部

中文版序言

有关橡胶科技的教材和参考书籍大都偏重天然橡胶和各种合成橡胶的组成、结构、性能和用途，绝大部份的篇幅是讲解橡胶的物理化学理论。这些理论虽是橡胶工业的重要基础，可是它对一般橡胶专业人员的实惠有限。当橡胶工作者在制品的生产过程中遭遇困难的时候，他们不易直接引用这些理论书籍的内容去解决实际问题。

本书是响应美国橡胶专业人员自己提出的知识要求而编著的，它是一本有高度实用性的橡胶专业基础教材。它的英文原版是美国橡胶学会在1985年出版的，它在面世以后受到欧美广大读者的欢迎，先后已经重印两次了。本书的内容特点是注重实用科技，分章由专家详述橡胶制品在生产过程中通用的工艺，指出经常遭遇的实际困难，提供解决困难的方法以应读者参考。同时使读者加深了解主要的橡胶机械设计和原理。

橡胶配方(Rubber Compounding)无疑是橡胶科技首要之一，它包括如何选择橡胶和配合剂。本书的第一章介绍二十种橡胶，包括近年新发明的合成橡胶在内，概述每种橡胶性能的优异和差缺。第二章介绍橡胶配合剂的种类和功用，以便增加读者对橡胶配方的基本知识和概念。

橡胶制品的性质和效能并不是单靠橡胶和配合剂来决定的，它的性能往往和加强材料(Reinforcing Materials)有直接关系。橡胶专业人员必须对加强材料有充分的知识方能设计优良而成本低的橡胶制品。本书的第九章概述加强材料的种类、结构、性能和用途，扩展读者对橡胶工业科技的全面理解。

总结来说，本书的内容包含橡胶制品的生产过程，由原料、配方、混炼、加工、加强、硫化到制品试验。理论方面仅作摘要简述，文字方面减用科学专语，尽量使它成为一本有高度实用性的专业教材和参考书。因为本书综括橡胶工业科技的重点，而且文字容易阅解，它除了供给橡胶工作者学习之外，也适合化学系和机械工程系对橡胶工业有兴趣的学生们应用。此外，它对于管理橡胶工业的高级非技术人员也有一定的参考价值。

本书能够译成中文版以享读者的高功属于中国化工学会橡胶学会副理事长邹辛先生。倘若没有他的奔劳活动和支持，美国橡胶学会未必会迅即同意本书译成中文。邹先生对此事的努力无疑地表现出他对中国橡胶工业前途的关切和对培养中国橡胶专业人才的热诚。美国橡胶学会两位前任主席查理士·雷达博士(Dr. Charles Rader)和汤玛士·斯先生(Thomas Jones)对促进中美科技文化交流合作精神也是本书的中文版能够面世的关键之一，编著者藉此机会一并致谢。

我除了感激本书各章原著者的贡献之外，我要向各章的译者遥致谢意。当然，我还要藉此机会特别地感谢上海橡胶制品研究所副所长梁星宇先生负责主持编译本书出版的艰巨任务。

橡胶工业是一个国家的重要基本工业之一，它在国家建设和国民经济中占有重要的地位，橡胶工业的发展和现代化建设是息息相关的。我诚恳地希望本书能对中国培养橡胶专业人才的任务有所贡献，也希望它能帮助勤奋的中国橡胶同业克服一些工作上的困难，这样

就毋负这位炎黄裔胃的编著者深切的期望，也使在太平洋彼岸的编著者万分庆幸和欣慰了。

伍忠源
1988年十月在美国全美顿市

序 言

本书原编著者 Mr. Harry Long 即系在美国出生的华裔伍安源先生。四岁时曾随母亲返回过祖国，并在原籍广东台山读完了初中，抗日战争结束后赴美继续求学，高中毕业时即已初露才华，就曾荣获纽特(Newark)市市长奖章，并因获得纽特教师联合会(Newark Teachers union)的奖学金而进入新泽西州工学院(New Jersey Institute of Technology)深造，大学毕业后一直在美国从事橡胶科技工作直到现在，积累了近卅年的专业经验和技術心得，他曾担任过 Uniroyal 橡胶公司的高级工程师和 Raybestos-mohnton 公司的胶管总工程师，1973年起进入 Goodall 橡胶公司，现为该公司的技术经理兼总化学师。

伍安源先生享誉于美国橡胶科技界，他是美国橡胶学会的荣誉会员兼任过学会的教育委员会委员并主持过全美的橡胶配方专题培训讲座和地区性的橡胶专业课程，多次发表过学术报告和科技论文，1980年伍安源先生被选任美国橡胶学会费城分会主席，现为该会的永久性荣誉会员，美国橡胶学会在1985年颁发荣誉奖状给他，赞扬他为橡胶专业教育作出了卓越贡献。

他是“美国化学学会”(American Chemical Society)，“美国科学进展研究学会”(American Association for the Advancement of Science)“美国材料检验协会”(American Society for Testing and Materials)，“美国质量管理学会”(American Society for Quality Control)等会的会员伍安源先生的名字早在1982年即已荣获选入“世界名人录”(Who's Who in the World, 为我中华民族增添光辉。《橡胶配合和工艺》一书系伍安源先生的著作之一，由美国橡胶学会1985年正式出版，畅销于欧美各地，在美时应我所请，伍安源先生慨然允诺，愿将此书无偿奉献给祖国同行，并得到了美国橡胶学会前任主席 Charles Rader 和 Thomas Jones 两位先生的支持，返国后在上海橡胶制品研究所，尤其是梁星宇等同志的通力努力下经过两年左右，克服种种困难已将全书译成中文，并付之出版，以便更广泛地适应国内读者的需要。值此上海橡胶工业创立七十周年之际，本书中译本得以与读者见面，衷心祝愿广大读者从此书中有所裨益亦不负伍安源先生对祖国同行的殷切期望。

上海橡胶专业技术委员会主任

原中国橡胶学会副理事长 邹辛

1989.5.4.

译 序

本书是美国化学学会橡胶学会1985年出版的最新橡胶科技书。本书着重论述了橡胶的配合与工艺两项最重要问题，并介绍了各种橡胶制品的主辅料和加工设备。在编写上实用性和系统性很强，阐述深入浅出，通俗易懂。对橡胶加工中容易发生的疑难问题，作者根据其几十年的实践经验，提供了各种解决办法。

承蒙伍安源先生的支持和邹辛总工程师的指导，本编辑部组织翻译出版这本书，并根据国情，在附录中收编了国外橡胶配方三十例，希望能对我国橡胶行业的科技进步有所裨益。

限于水平，书中难免有错误之处，希读者予以指正。

参加本书翻译的同志有：汪禁、王毓琪（第一章）、程林妹（第二章）、张新月（第三、四章），苏玉琳（第三章）、叶敏（第四章），苏梅英（第五章），蔡洪元、林宏光、薛广智（第六章），谢其昌（第七章），谢忠麟、瞿德兴（第八章），沈云初（第九章），李宝年（第十章），陆迎庚、邵本延（第十一章）。参加校对的同志有：朱光德（第一、六章），程林妹（第三章），张新月（第三、四、五章），王燕（第四章），周俊伟（第六、九章），梁星宇（第七、十章），叶敏（第八章），陈惠昌（第一、二、六、八章）。邹辛总工程师对全书作了审校，在此一并谨表谢意。

《橡胶译丛》 编辑部

1989.7.

目 录

第一章 弹性体的性能, Harry Long	(1)
弹性体的性能	(1)
天然橡胶	(2)
各类合成橡胶	(2)
课外作业一	(10)
第二章 橡胶配合入门, Harry Long	(16)
引 言	(16)
弹性体	(17)
硫化剂	(17)
促进剂	(18)
活性剂和防焦剂	(18)
防老剂	(19)
操作助剂	(20)
填充剂	(20)
增塑剂、软化剂和增粘剂	(22)
着色剂	(23)
特殊用途的配合剂	(23)
胶料配合的开发过程	(23)
小 结	(24)
课外作业二	(24)
第三章 混炼设备和工艺, Peter S. Johnson	(28)
引 言	(28)
混炼设备	(28)
混炼工艺	(32)
小 结	(43)
课外作业三	(44)
第四章 压出设备和工艺, A. James Lambright	(47)
引 言	(47)
螺杆压出机的主要零部件	(49)
压出的基本原理	(52)
压出机设计	(53)
温度控制	(57)
压出工艺的影响	(59)
常见压出问题	(60)

	小 结	(61)
	课外作业四	(61)
第五章	压延-设备和工艺, William A. Allee	(64)
	引 言	(64)
	压延操作	(64)
	压延机设计	(66)
	压延机附件	(66)
	常见压延问题	(70)
	小 结	(71)
	课外作业五	(72)
第六章	模压法-设备和方法, John G. Sommer	(74)
	引 言	(74)
	综合讨论	(74)
	高粘度材料	(77)
	低粘度材料	(89)
	不同模压方法之利弊	(91)
	模压问题和纠正方法	(93)
	小 结	(96)
	课外作业六	(97)
第七章	硫化-方法和设备, Robert A. Gardiner	(100)
	引 言	(100)
	可硫化弹性体	(100)
	基本硫化体系	(100)
	用于硫化的热能	(101)
	硫化方法和设备	(103)
	小 结	(106)
	课外作业七	(106)
第八章	橡胶的测试, Robert D. Stiehler	(109)
	引 言	(109)
	规范和标准	(109)
	计量单位	(110)
	样品和试样	(112)
	试验结果的有效性	(112)
	原材料试验	(113)
	加工性能试验	(113)
	硫化胶的试验	(116)
	小 结	(121)
	课外作业八	(122)
第九章	橡胶制品用的增强材料, Ronald J. Dill 和 Harry Long	(125)

引言	(125)
历史的发展趋势	(125)
增强材料	(126)
术语	(128)
纱	(128)
织物	(129)
轮胎帘线制造	(132)
纺织增强材料的胶粘剂处理	(132)
小结	(133)
课外作业九	(133)
第十章 常用橡胶制品, Thomas J. Leo	(136)
引言	(136)
充气轮胎	(136)
平型胶带	(138)
传动带	(139)
胶管	(139)
伸缩接头	(141)
胶辊	(141)
胶鞋	(142)
电线和电缆	(142)
海绵橡胶制品	(142)
硬质胶	(143)
体育用品	(143)
模压制品	(143)
杂项橡胶制品	(143)
小结	(144)
课外作业十	(144)
第十一章 橡胶工业通用术语汇编, Harry Long	(147)
附录: 国外橡胶配方表(三十例)	

第一章 弹性体的性能

Harry Long Goodall 橡胶公司

若要成功地利用弹性体的性能，就要了解什么是弹性体，它是如何起到结构材料的作用的，以及有哪些缺点是受周围环境条件影响的。诚然，作为一种名词术语，橡胶常常用于各种类型的弹性体，而如果仔细地分析一下合成材料性能的话，通称的弹性体拥有更大的范围。按确切的含义来讲各种弹性体并非就是橡胶，而是以其弹性变形的程度作为类似橡胶状的材料。

弹性体是一种大分子材料，即在室温下以低的应力就可将其拉伸到至少是原有长度的二倍，而一旦去除应力，便恢复到近乎原来的长度和形状。橡胶是一种可以硫化，或业已硫化过的天然弹性体。硫化是一种不可逆过程，在硫化过程中，弹性体混合物通过化学交联从一种柔软的，易发粘的热塑性物质转变为一种坚牢的、热稳定的、具有良好弹性的热固性物质。硫化通常是在将含有硫黄或其它交联剂的弹性体混合物加热的条件下进行。

最早记载使用橡胶的年代可追溯到古埃及之后，哥伦布在航行至新大陆期间的航行日记上记载了印第安人曾经使用过一种“有弹性和粘性”的材料。

十九世纪初，有不少人，包含英国的查理士·麦克因特希和桑麦斯·汉考克及美国的查理士·古特异，试图制取有实用价值的橡胶。然而他们的努力没有获得成功，其原因主要来自二个因素，即在炎热的气候条件下橡胶软而发粘；在寒冷的气候条件下却呈刚性发硬。这些问题一直延至 1839 年才得到解决，当时查理士·古特异和桑麦斯·汉考克各自开发了硫化工艺。他们发现，橡胶与硫黄一起加热便成为具有高强度和良好弹性的热固性材料。橡胶工业是在这个发现的基础上开始的。

第二次世界大战开始之前，天然橡胶是唯一广泛应用的弹性体。1942 年新加坡沦为日本人的占领区，美国及其盟国便与远东橡胶种植园隔绝，当时该地区的天然橡胶的产量占全世界总量的百分之九十五。

由于战争对橡胶的需求量甚大，美国政府制定了庞大的计划加速研究、开发合成橡胶的大量生产。两年之内一个拥有几百万美元的合成橡胶工业便发展起来了，这个目标在正常情况下得花费 20 年方能实现。大部分合成弹性体至今已得到了广泛的应用。其中氯丁橡胶、丁苯橡胶、丁腈橡胶和丁基橡胶早在 1942-1945 年期间就能成功地大量生产和达到了商品化的水平。二次世界大战以后，为满足现代化生产技术的要求，越来越多的合成弹性体品种问世。至今，合成弹性体的使用量远远超出了天然橡胶的使用量。1980 年弹性体的总消耗估计达到了 16,000,000 吨。天然橡胶的消耗量仅占弹性体总消耗量的百分之三十七(5,920,000 吨)。

弹性体的性能

弹性体作为一类材料具有某些共同的基本性能。它们都有弹性、挠性、韧性，相对来

说,对水和空气都有不渗透性。撇开这些共性,每种弹性体又有自己的特性。

一种混炼胶是由多种组分组成的,其中最重要的组分,即基本弹性体具有某些固有的优点和缺点,但硫化剂、促进剂、填充剂、增塑剂、抗降解剂和其它一些特种用途的添加剂也都会影响胶料的最终性能。

目前,市售商业弹性体的种类已逾 20 多种,它们的性能和特点都有很大差别,当然价格也各不相同。象其它工程材料一样,对弹性体必须有正确的认识和使用。掌握每种弹性体的优点和缺点对于选择成本最少、又最能适用于专门应用的材料是十分重要的。

第二次世界大战以前,因为市场上只有大量的天然橡胶可供应,所以不存在对弹性体进行挑选的问题,因而,用弹性体解决工程问题在那时要受到天然橡胶性能缺陷的限制。此后,弹性体的开发和应用不断扩大,现在,弹性体的选择变得更加复杂了。

开发一种成本尽可能低的特殊用途的混炼胶胶料必须正确选择恰当的弹性体品种,而要成功的达到这一目的就必须掌握所有弹性体的工程性能。表1、2、3对 20 种市售弹性体的性能进行了比较。这些表归纳了三类基本性能的数据。即物理性能、耐环境性能和耐化学性能。

这一资料来自作者的经验和规范的来源。然而,应当承认,这些数据是概括性的,其额定值范围只能用作总体性的指导,而不能作为专门的具体配方介绍。

从现行市售弹性体中确实可以开发出上千种胶料。通过弹性体品种的谨慎选择、运用适当的配合技术,有效地利用现代化工艺设备,当今的化学家几乎可以为所有的用途提供最合适的材料。技术仍在发展,还会开发出一些新的弹性体,用以解决现有弹性体材料不能满足要求的地方。

这里提供了 20 种弹性体的符号、化学成份、商品名称及优缺点作为对材料选择的日常性指导。

天然橡胶(NR)—聚异戊二烯

优点:突出的弹性变形回复、高拉伸强度、优良的抗撕裂性能和耐磨耗性,极好的回弹性(Snap),良好的低温屈挠性能,与织物和金属有非常好的粘接性能。

缺点:耐热、耐臭氧及日光性能颇差,耐石油、汽油、碳氢化合物溶剂的性能很差。

说明:天然橡胶是一种具有极佳物理性能的低成本材料。一般地说,适用于要求材料具有良好的耐磨性、耐表面切割和割口增长性能的地方。天然橡胶具有韧性和较好的耐用性,并可配制成在 -65°F 低温下使用的橡胶。

各类合成橡胶

异戊二烯(IR)—合成聚异戊二烯

商品名称: Ameripol SN, Natsyn, Trans-PIP

优点:突出的弹性变形回复,优良的耐撕裂性、耐磨耗性、良好的拉伸强度、回弹性(Snap),良好的低温屈挠性,无臭味。

缺点:耐热、耐臭氧和日光的性能颇差,耐油、汽油和碳氢化合物溶剂的性能很差。

说明:异戊二烯橡胶的化学组成几乎与天然橡胶相同,因而这二种弹性体的性能是相似的,异戊二烯橡胶的耐候性能稍为好些。异戊二烯橡胶的纯度和均匀性决定了它的性能

是比较一致的。异戊二烯橡胶在拉伸强度、耐撕裂性和压缩永久变形方面较之天然橡胶稍逊色。

丁苯橡胶(SBR GR-S Buna-S)苯乙烯-丁二烯

商品名称: ASRC, Ameripol, Baytown, Carbomix, Copo, FR-S, Gentro, Krylene, Krymix, Krynol, Philprene, Plioflex, Synpol

优点: 极好的冲击强度, 优良的弹性变形回复性能、拉伸强度、耐磨耗性能和低温屈挠性能。

缺点: 耐臭氧、日光性能颇差, 耐油、汽油和烃类溶剂的性能很差。

说明: 丁苯橡胶(SBR)的大部分性能与天然橡胶很相似, 是一种成本最低, 使用量最大的弹性体。尽管它的物理性能要比天然橡胶略差一点, 但其刚性、耐热性和屈挠龟裂性方面又显得好些。由于丁苯橡胶的成本较低, 所以在许多使用天然橡胶的地方均可用于苯橡胶取代。

丁基橡胶(IIR)—异丁烯—异戊二烯

商品名称: Bucar

优点: 对气体和蒸汽有突出的耐渗透性。有非常好的耐热、耐氧、耐臭氧和日光老化性能, 较高的能量吸收(阻尼)(减震)性能, 极佳的耐碱和氧化溶剂性能, 良好的热撕裂强度, 极佳的耐水和水蒸汽的性能。

缺点: 压缩永久变形较大, 耐油、汽油和烃类溶剂性能低劣, 低回弹性(Snap), 加工性能中等, 弹性变形回复性能差。

说明: 丁基橡胶的化学结构与天然橡胶或其他合成弹性体不同, 其本身因有耐臭氧、耐化学腐蚀, 包括一些无机酸、酮和磷酸——酸类的液体的性能。反之, 其在蠕变、冷流和压缩永久变形等性能方面有许多不足。由于丁基橡胶的不饱和度很低, 所以在塑炼时很难破碎, 并且对混杂其它胶料极其敏感, 即使是轻微的污染也会引起不规范的硫化而造成低劣的物理性能。采用氯化化和溴化丁基的方法可以减轻这种敏感程度, 同时还能降低压缩永久变形, 提高耐热性能。

丁二烯橡胶(BR)—聚丁二烯

商品名称: Ameripol CB, Buden?, Cis-4, Cisdene, Diene, Duragen, Synpol E-BR, Taktene, Trans-4

优点: 突出的弹性变形回复性能、极好的低温屈挠性, 优良的耐磨性、耐裂口增长和屈挠龟裂性能。

缺点: 加工性能差, 耐油、汽油和烃类溶剂的性能低劣, 耐热和耐臭氧的性能很差。

说明: 丁二烯橡胶在优良的耐磨性能方面基本与天然橡胶, 异戊二烯橡胶和丁苯橡胶相仿。除了硅橡胶以外, 丁二烯橡胶在所有的商品弹性体中玻璃化转变温度最低。当温度低至 -80°F 时, 丁二烯橡胶仍能保持非常好的性能。由于在未硫化状态下丁二烯橡胶的弹性复原性较差, 所以加工比较困难。为了获得满意的加工性能, 基本上采取和其它弹性体并用的形式。

三元乙丙橡胶(EPDM EPM EPT EPT)—乙烯—丙烯, 乙烯—丙烯—二烯烃

商品名称: Epcar, Epsyn, Nordel, Royalene 和 Vistalon

优点: 耐热、耐臭氧和耐日光性能极佳, 低温屈挠性能优良, 良好的耐酸、碱和氧化

溶剂，极好的耐水和水蒸汽性能，色泽稳定性极佳。

缺点：耐油、汽油和烃类溶剂的性能低劣与织物和金属的粘接性等均差。

说明：由于三元乙丙橡胶有其独特的综合物理性能，所以它具有相当广泛的用途范围。仅在要求耐油，耐烃类溶剂的应用方面三元乙丙橡胶完全不适合。因其耐臭氧、耐日光老化和耐各种恶劣气候环境影响的性能十分优良，故 EPDM 是理想的户外应用弹性体材料。

通常，三元乙丙橡胶(EPDM)除了污染性比丁基橡胶稍好一些外，其它性能基本与丁基橡胶相似。在与织物和金属的粘接方面则氯化丁基(丁基橡胶的氯化形式)橡胶所取得的效果要好得多。

氯丁橡胶(CR)—聚氯丁二烯

商品名称：Baypren, Butaclor

优点：氯丁橡胶本身因有一种良好的耐火焰性能，中等的耐油和汽油性能，与织物和金属的粘接性能极好，耐气候、臭氧和天候老化性能优良，耐磨损和屈挠龟裂性能良好。及优良的耐酸碱性能。

缺点：耐芳香烃和氧化溶剂的性能由差到中等，低温屈挠性能较差。

说明：氯丁橡胶是一种极佳的全功能(all-purpose)弹性体，具有接近理想的综合平衡性能，而很少受实际条件的限制。通用级氯丁橡胶一般分为二类，即硫磺改性型和硫醇改性型。硫磺改性型氯丁橡胶具有较高的撕裂强度和弹性变形回复能力；另一类硫醇改性型氯丁橡胶的耐热和抗压缩永久变形性能优越。

丁腈橡胶(NBR, Buna-N)—丙烯腈—丁二烯

商品名称：Breon, Eutaprene, Eutacril, Chemigum, Chemivic, Elaprim, FR-N, Hycar, Krynac, Nysyn, Nysynblak, Paracril, Paracril OZO, Perbunan N, Tylac, Nipol

优点：良好的耐油和汽油性能，优良的耐以石油为基础的液压油，很宽的使用温度(-65~300°F)，良好的耐烃类溶剂性能，优良的耐酸碱性能。

缺点：耐臭氧、日光和自然老化性能低劣，耐氧化溶剂的能力很差。

说明：丁腈橡胶和氯丁橡胶都是用量最大的耐油弹性体。在耐油、汽油和芳香族溶剂方面丁腈橡胶优于氯丁橡胶。但是在耐气候、臭氧和日光老化性能方面，丁腈橡胶不如氯丁橡胶，同时丁腈橡胶在耐燃烧方面也显得先天不足。

丁腈橡胶的性能受丙烯腈与丁二烯含量比率的影响十分显著。一般情况下，弹性体中丙烯腈含量增大，其耐油、耐溶剂和耐磨损性能亦增高；而丙烯腈含量下降时，这些性能也就随之下降了，但耐低温屈挠性能和变形回复性能却有所改进。如果用聚氯乙烯树脂对丁腈橡胶改性的话，其结果，耐天候、臭氧和日光性能便显著改善，而耐油性却不会受到明显损失。通常，聚氯乙烯/丁腈橡胶并用与氯丁橡胶很相似，只是在与织物和金属的粘接中它比氯丁橡胶差得多。

一般，羧基化丁腈橡胶的韧性更好，在耐撕裂、耐磨性方面也比普通丁腈橡胶优越，但在应变回复性能和低温屈挠性能上就有些欠佳了。

聚硫橡胶(T.PTR)—聚硫

商品名称：Thiokol

优点：突出的耐油、汽油和溶剂性能，耐天候、臭氧和日光性能良好，最佳的耐气体

和蒸汽透过性能。

缺点：耐磨耗性、耐撕裂、割口增长和屈挠龟裂的性能均很差，拉伸强度低，压缩永久变形性能低劣，有恶臭味，应变回复性能低劣。

说明：聚硫橡胶属特种弹性体，主要广泛地用于制造需要耐油、耐溶剂和耐石油类燃料的制品。对用于涂料、油墨和墨水等方面的普通醇类，酮类和酯类物质几乎不受影响。它不利的一面有刺鼻的臭味，物理性能低劣，因而对聚硫橡胶的接受和使用受到了限制。

聚氨酯橡胶(AU,EU)

商品名称：Adiprene, Arcon, Castomer, Cyanapren, Elastothane, Estane, Genthane, Multrathane, Rucothane, Solithanel, Texin, Vibrathane。

优点：具有极好的耐磨耗性和抗撕裂性，良好的伸长率和很高的扯断强度，卓越的耐候性、抗臭氧性和耐日光性，良好的耐油性和耐汽油性，与纤维和金属具有极好的粘接性。

缺点：耐碱性、耐酸性和耐氧化溶剂性不佳，耐热水性较差。

说明：聚氨酯以其兼备硬度和弹性而著称，它具有极好的耐磨耗性和抗撕裂强度。它可以是聚醚或聚酯为基料。以酯为基料的聚合物在耐磨耗性和耐热性方面见长，而以醚为基料的聚合物则在低温下的屈挠性较好。聚氨酯以液体或固体的状态出售。对粘稠液体型聚氨酯通常采用浇注的方法进行加工。对于可混炼的固体型聚氨酯橡胶的加工可采用通常的橡胶设备。固体类型的聚氨酯橡胶的物理性能比液体类型的稍稍差些。聚氨酯比一般弹性体相对来说价格贵些，它的应用往往局限于要求极好的综合性能(诸如，坚韧性，撕裂强度和耐磨耗性等)的场合。

硅橡胶(Si)—聚硅氧烷

商品名称：Gensil, Electrisil, SE, Silastic, SWS,

优点：极好的耐高温性能，极好的低温屈挠性，低压缩变形性，优良的电绝缘性，极好的耐候性、耐臭氧、耐日光和抗老化性，以及优良的颜色稳定性。

缺点：耐磨性、抗撕裂性以及抗割口增长性能较差，扯断强度低，耐油性，耐汽油和耐溶剂性低劣，耐碱性和耐酸性较差。

说明：硅橡胶最突出的优点是它在极宽的温度范围内能保持稳定的橡胶性能，在当今市场上它是最耐热的弹性体，在低温下屈挠最好。使用温度范围从 -150°F 至 500°F 。硅橡胶一般不具有很高的扯断强度，但是在很高的温度下它还能保持其强度的大部分。由于硅橡胶相对来说价格较高，一般不采用它，除非需要耐极高或极低温时。

Hypalon(CSM)—氯磺化聚乙烯

商品名称：Hypalon

优点：阻燃性好，耐磨耗性好，耐候性、耐臭氧、耐日光和抗老化性优良。极好的耐碱性和耐酸性，优良的颜色稳定性。耐油和耐汽油性中等。

缺点：耐芳香族溶剂较差至中等，低温屈挠性不佳，回弹性和压缩变形性中等。

说明：在大多数性能方面 Hypalon 与氯丁橡胶相接近，但在耐酸性、耐溶剂和抗老化性方面优于氯丁橡胶，在颜色稳定性方面显然占优。

丙烯酸酯类橡胶(ACM)—聚丙烯酸酯类

商品名称：Acrylon, Cyanacryl, Thiacril

优点：突出的耐热和耐热油性能，极好的耐候性、耐臭氧、耐日光和抗老化性，优良的耐汽油和耐油性，特别是耐含硫的油类。

缺点：耐乙醇、耐碱性和耐溶剂、耐芳香族溶剂方面差，低温屈挠性不佳，防水性和抗蒸汽性能低劣，硫化速度慢。

说明：丙烯酸酯类的耐热性能比其它任何弹性体(除硅橡胶和氟橡胶外)都好。在热空气和热油中它都能显示良好的长期性能，在较长时间内其物理性能没有显著的损失。丙烯酸酯类具有中等的抗切割增长和屈挠龟裂性。丙烯酸酯类的应用受到低温屈挠性较差，加工性能差和硫化速率低的限制，若要获得最佳性能，需进行后硫化。丙烯酸酯类的低温应用只能至 -20°F 左右。然而，已有以牺牲扯断强度和耐油性为代价而改进了低温屈挠性的某些新型丙烯酸酯类弹性体出现。

氟橡胶(FPM)—氟化烃

商品名称：Fluorel, Viton

优点：突出的耐高温性能，极好的耐油性、耐汽油性、耐液压油和烃类溶剂，良好的阻燃性、优良的气密性(对于气体和蒸汽)，优良的耐候性、耐臭氧、耐氧气和耐日光老化性能。

缺点：抗撕裂和抗割口增长性较差，耐氯化溶剂能力很差，对织物和金属的粘接性能中等。

说明：氟橡胶是一种价格很贵的弹性体，它具有突出的高温下耐各种油类、燃料油、酸和溶剂的性能，在耐热性能上几乎与硅橡胶一样好，耐热油性超过丙烯酸酯橡胶，耐候性优于氯丁橡胶。由于价格很高，氟橡胶只应用于极端严酷操作条件下需保持卓越的稳定性的情况。氟橡胶需经过两段硫化才能得到最佳的综合性能。

氯醚橡胶(ECO, CO-3-氯-1, 2-环氧丙烷-环氧乙烷共聚物或聚3-氯-1, 2-环氧丙烷

商品名称：Herclor, Hydrin

优点：极好的耐油和耐汽油性能，对气体和蒸汽具有卓越的气密性，优良的耐候性，耐臭氧、耐日光和抗氧化性，使用温度范围广泛，具有优良的耐各种以石油为基础原料的流体和溶剂。

缺点：耐氧化溶剂性能低劣，耐蒸汽和耐酸性差。

说明：氯醚橡胶是一种特殊的聚醚弹性体，它所表现的性能是丁腈橡胶和氯丁橡胶许多理想性能的综合。但不利的一面是它对织物和金属的粘接性能比氯丁橡胶差得多，以及由极好的气密性引起加工上的问题，即空气的截留造成制品的缺陷。商品化供应的氯醚橡胶有均聚物(CO)和含百分之五十环氧乙烷的共聚物(ECO)。均聚物具有极好的耐臭氧性和对气体的气密性，共聚物在回弹性和低温下的屈挠性方面较好，在耐油性方面，均聚物和共聚物基本上相同。现在商品化所采用的氯醚橡胶还有环氧氯丙烷、环氧乙烷和第三种单体的三元共聚物，三元共聚物的性能类似于二元共聚物。而不同之处是三元共聚物很容易与丁苯橡胶和丁腈橡胶并用，并容易用硫磺硫化。据报道它对织物和金属的粘接性是三种氯醚弹性体中最好的。

氯化聚乙烯(CPE, CM)—氯化聚乙烯

商品名称：Dow CPE, Dow CM,

优点：具有突出的耐醇类，耐碱性和耐酸性，极好的耐候性、耐臭氧、耐日光和抗老

化性能，良好的气密性(对于气体和蒸汽)，极好的耐磨耗和屈挠龟裂性，优良的颜色稳定性。

缺点：耐芳香族和氧化溶剂性能差至中等，加工性能中等。

说明：氯化聚乙烯是由高密度聚乙烯进行无规氯化处理而得到，它所表现的性能为氯丁橡胶 Hypalon，丁腈橡胶和氯醚橡胶的许多理想性能的综合，而且价格合理。由于价格方面的有利因素，氯化聚乙烯就比其它弹性体更具有吸引力。迄今，氯化聚乙烯的广泛接受和应用还受到一定程度的限制，因为它需要过氧化物硫化体系，目前橡胶工业中的许多现有的硫化罐所提供的蒸汽热量不能达到足够高的温度以进行有效的过氧化物硫化。此外，它的优异的气密性往往造成某些加工难题，即由于空气截留而产生某些疵点。

交联聚乙烯(XLPE)—化学交联聚乙烯

商品名称：Polycure

优点：具有突出的耐醇类、耐碱性、耐酸性、极好的耐候性、耐臭氧、耐日光和抗老化性，对油、汽油和溶剂有很好的抵抗性。

缺点：回弹性和撕裂强度差，耐磨性和抗割口增长性能低劣，与织物和金属的粘接性差，低温屈挠性有限。

说明：通过一种过氧化物的化学交联作用，热塑性聚乙烯转化为一种热固性材料，在高温下不会发生变形和流动。交联的聚乙烯具有突出的机械韧性和耐化学品性能。如同氟橡胶，它在与各种油类、燃料、酸和溶剂接触的应用中表现出十分优良的性能。交联聚乙烯的耐氧化溶剂性能比氟橡胶好，但其耐热老化性能不如氟橡胶。

VAMAC (E/A)—乙烯/丙烯酸酯类

商品名称：Vamac

优点：具有极好的耐热性，耐臭氧和耐日光，抗撕裂性和屈挠龟裂性，抗割口增长性能良好，耐油性、耐汽油和耐液压油性能中等；吸收能量性能好(阻尼性能)。

缺点：耐芳香族和氧化溶剂性能差，低温挠性不佳，耐醇和耐酸性差。

说明：Vamac 是一种新型的特种弹性体，它是乙烯和丙烯酸酯的共聚物，以羧基为交联节点。Vamac 兼有中等的耐油性，以及极好的耐热老化性能。在所有商品化弹性体中，只有硅橡胶和氟橡胶在耐热性方面超过 Vamac。Vamac 在大多数性能方面类似于丙烯酸酯类，其低温屈挠性稍优于丙烯酸酯橡胶。Vamac 的低温应用可达 -30°F 。不利的一面是 Vamac 的加工性能仅为中等，因为它很容易粘附在密炼机的转子上和开炼机或压延机的辊筒上。这种橡胶很容易被金属氧化物污染而严重失去耐热性，从而变得很不稳定，目前商品化供应的 Vamac 是加过少量填料的母胶，而不是生胶聚合物，它的生胶非粘度是非常低的，必须进行后硫化以获得最大的抗压缩变形性能。

Vynathene (VAE)—醋酸乙烯酯—乙烯共聚物

商品名称：Vynathene

优点：极好的耐热性，耐臭氧和耐日光。使用温度范围广泛($-65\sim 350^{\circ}\text{F}$)，耐油性和耐汽油性中等，压缩永久变形小，吸收能量性能好(阻尼作用)，极好的颜色稳定性。

缺点：耐芳香族和氧化溶剂性能低劣，加工性能中等。

说明：Vynathene 是一种醋酸乙烯酯—乙烯共聚物的新系列产品，其醋酸乙烯酯含量为 40 至 50 的百分重量。随着醋酸乙烯酯含量的增加，耐热性和耐油性也相应提高，但撕

裂强度下降。Vynathene 的许多性能与 Vamac 类似,但使用的温度范围较广泛。如同 Vamac 一样,它也很容易粘附在密炼机的转子上以及开炼机或压延机的辊筒上。迄今,由于 Vynathene 需要过氧化物硫化设施,所以它的应用仍受到某些限制。在橡胶工业中许多现存的硫化机所提供的蒸汽热量不能达到足够高的温度以进行有效的过氧化物硫化。Vynathene 在与烃类或氧化溶剂接触的场所的使用性能不佳。

Norsorex (PNR)—聚降冰片烯

商品名称: Norsorex

优点: 低硬度而有高强度,吸收能量(阻尼作用)范围广。耐磨耗和抗撕裂性能良好,对气体和蒸汽的气密性很好。

缺点: 耐候性、耐臭氧、耐日光性能差,耐油性,耐汽油和耐烃类溶剂性能不佳。

说明: Norsorex 是最新型的商品化弹性体之一,它具有的玻璃化转化温度约为 95°F,实际上可作为低熔点热塑性弹性体来归类,然而,它一旦与增塑剂混合后,玻璃化转化温度可降低到约 -76°F,加工性能变得非常类似于普通弹性体。商品化的 Norsorex 一般为干粉状物料,粒子表面多孔,能吸收超常大量的增塑剂和填料。Norsorex 胶料性能可随着所选择的增塑剂类型和加入数量的不同而有很大的变化。目前, Norsorex 的技术数据仍然有限,它的应用潜力还有待于开拓和确定。

参考文献 11 篇 (略)

本章提到的弹性体的商品牌号

(以文中出现先后为序)

Ameripol SN	B.F. Goodrich Chemical Co.
Natsyn	Goodyear Tire & Rubber Co.
Trans-PIP	Polysar, Inc.
ASRC	American Synthetic Rubber Corp.
Ameripol	B.F. Goodrich Chemical Co.
Baytown	Ashland Chemical Co.
Carbomix	Copolymer Rubber & Chemical Corp.
Copo	Copolymer Rubber & Chemical Corp.
FR-S	Firestone Synthetic Rubber & Latex Co
Genfro	General Tire & Rubber Co.
Krylene	Polysar, Inc.
Krymix	Polysar, Inc.
Krymol	Polysar, Inc.
Phillprene	Phillips Chemical Co.
Plioflex	Goodyear Tire & Rubber Co.
Synpol	Texas-U.S. Chemical Co.
Bucar	Cities Service Co.
Ameripol CB	B.F. Goodrich Chemical Co.
Budene	Goodyear Tire & Rubber Co.

Cis-4	Phillips Chemical Co.
Cisdene	American Synthetic Rubber Co.
Diene	Firestone Synthetic Rubber & Latex Co.
Duragen	General Tire & Rubber Co.
Synpol E-BR	Texas-U.S. Chemical Co.
Taktene	Polysar, Inc.
Trans-4	Phillips Chemical Co.
Epcar	B.F. Goodrich Chemical Co.
Epsyn	Copolymer Rubber & Chemical Corp.
Norde!	E.I. duPont de Nemours & Co.
Royalene	Uniroyal Chemical Div.
Vistalon	Exxon Chemical Co.
Baypren	Bayer AG
Butaclor	Distugil
Breon	BP Chemicals International, Ltd.
Butaprene	Firestone Synthetic Rubber & Latex Co.
Butacril	Ugine Kuhlmann
Chemigum	Goodyear Tire & Rubber Co.
Chemivic	Goodyear Tire & Rubber Co.
Elaprim	Montedison, S.P.A.
FR-N	Firestone Synthetic Rubber & Latex Co.
Hycar	B.F. Goodrich Chemical Co.
Krynac	Polysar, Inc.
NYsyn	Copolymer Rubber & Chemical Co.
NYsynblak	Copolymer Rubber & Chemical Co.
Paracril	Uniroyal Chemical Div.
Paracril OZO	Uniroyal Chemical Div.
Perbunan N	Bayer AG
Nipol	Nippon Zeon Co, Ltd.
Tylac	Reichhold Chemicals, Inc.
Thiokol	Thiokol Chemical Co.
Adiprene	E.I. duPont de Nemours & Co.
Arcon	Allied Resin Co.
Castomer	Witco Chemical Co.
Cyanaprene	American Cyanamid Co.
Elastothane	Thiokol Chemical Co.
Estane	B.F. Goodrich Chemical Co.
Genthane	General Tire & Rubber Co.
Multrathane	Mobay Chemical Co.