

橡胶的老化机理及老化行为的研究进展

国钦瑞,邵华锋*

(山东省烯烃催化与聚合重点实验室,橡塑材料与工程教育部重点实验室,
青岛科技大学高分子学院,青岛 266042)

摘要:橡胶制品在使用过程中会受到热、氧、热氧、光、辐照及机械应力等因素影响,会产生降解、交联等老化行为。不同种类橡胶因其使用环境和要求不同,其老化机理也各不相同。本文介绍了橡胶老化的化学机理、研究方法及预测方法和模型,综述了近年来不同品种的橡胶及橡胶/橡胶并用体系的老化行为研究进展。通过对橡胶老化行为和机理的综述,有助于系统的理解橡胶老化,并为改进橡胶材料的耐老化性,制备出更加优异的耐老化橡胶材料提供思路。

关键词:橡胶;老化行为;老化机理

橡胶材料被广泛应用于建筑、汽车、电子器件密封、航空航天等各个领域。而由于橡胶材料,特别是二烯烃类橡胶材料含有双键,极易被老化,其使用寿命受到影响,进一步会影响到经济效益及生命财产。橡胶老化是一种包括生胶混炼和硫化橡胶的储存、加工或使用的过程,其受到热、光、电、机械应力或氧、臭氧、酸碱等影响,会发生内部结构变化并最终导致其使用性能受到破坏的一种由表及里、由量变到质变的不可逆的化学反应。

通过对不同环境因素影响下的老化行为及性能的研究,了解橡胶老化的机理和橡胶老化过程,对于开发防老化技术,提高材料防老化性能以及新型长寿命、高可靠性橡胶材料等的研发,具有十分积极的意义。此外,相应的评价手段和评价指标的开发可以帮助人们高效快速地掌握橡胶制品的抗老化性能。

1 橡胶的老化机理

橡胶老化的实质是分子链主链、侧链、交联网络发生了变化。含异戊二烯单体结构的橡胶,如 NR、IR、IIR 老化表现为橡胶变软、表面发粘,这是由于橡胶分子链的主链、侧链、交联键断裂反应占优势;其它合成橡胶如 BR、SBR、NBR、EPDM 老化表现为表面发硬,表面产生裂纹,这是由于橡胶分子链先是断链反应,同时存在新的交联反应且占据优势^[1]。

1.1 热氧老化

热氧老化是橡胶最常见、最普遍的老化方式,也是研究最多的老化形式^[2~4]。橡胶的热氧老化反应机理是氧自动催化自由基链反应。其中氧是引起老化的主要因素,热起到了活化氧化和加速氧化的作用。橡胶的氧化反应自由基连锁反应机理分为三个阶段,即链引发,链传递,链终止,机理如下:

链引发: $\text{RH} \rightarrow \text{R}\cdot + \cdot\text{H}$ (热和氧)

链传递: $\text{R}\cdot + \text{O}_2 \rightarrow \text{ROO}\cdot$

$\text{ROO}\cdot + \text{RH} \rightarrow \text{ROOH} + \text{R}\cdot$

$\text{ROOH} \rightarrow \text{RO}\cdot + \cdot\text{OH}$

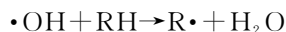
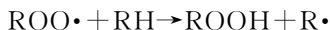
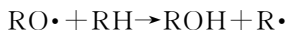
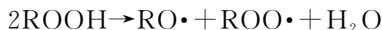
10.14028/j.cnki.1003-3726.2022.02.003

收稿:2020-12-25;修回:2021-05-12;

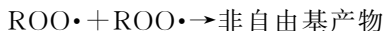
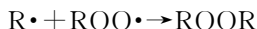
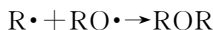
基金项目:山东省重大基础研究项目(ZR2017ZA0304),泰山学者工程资助(ts201511031);

作者简介:国钦瑞(1996-),男,硕士研究生;

* 通讯联系人:邵华锋, E-mail: hfshao@qust.edu.cn, Tel: 13863998351.



链终止: $\text{R}\cdot + \text{R}\cdot \rightarrow \text{R-R}$



其中, RH 表示橡胶大分子, $\text{R}\cdot$ 表示自由基, $\text{RO}\cdot$ 表示氧化自由基, $\text{ROO}\cdot$ 表示过氧化自由基。

1.2 臭氧老化

臭氧老化的机理是:当橡胶与臭氧接触后,活泼双键与臭氧发生加成反应,生成分子臭氧化物,由于分子臭氧化物的不稳定性,分子臭氧化物会很快的分解成羰基化物和两性离子。多数情况下,两性离子和羰基化物会重新结合成异臭氧化物;同时,两性离子也能聚合成二过氧化物或高过氧化物;当有活性溶剂存在时,两性离子还会与之反应生成甲氧基过氧化氢物^[2]。

1.3 疲劳老化

疲劳老化的机理是:由于机械应力反复作用,伴随着氧化的进行,应力、氧、热共同作用的使橡胶材料发生老化^[1~3]。

Sridharan 等^[5]深入研究了 NR/BR 共混物和填料对单调载荷和疲劳载荷下损伤机理的影响,发现应变率对疲劳载荷的影响大于单调的影响。另外,由于 CB 向 BR 的优先迁移,聚合物共混表面的形貌在断口上表现出明显的相分离。

1.4 研究方法

溶胀平衡法和化学探针法在橡胶老化研究中最常用的手段。肖琰^[6]和 Byungwoo^[7]等通过此法结合力学性能和 FLORY 交联密度计算公式研究了 NR 和 NR/BR 体系的老化行为,证实老化初期天然橡胶以老化交联为主,在老化后期以主链断裂为主。NR/BR 的交联密度随老化时间的延长增加,表明橡胶老化后力学性能的变化是基于老化后化学结构的变化。

为了能进一步表征橡胶老化前后微观化学结构的变化,Zhou 等^[8]基于老化前后化学特征峰和分子量的变化,采用了红外光谱(FTIR)和凝胶渗透色谱(GPC)对 SBR 及 SBS 和改性沥青进行了老化性能的研究,老化过程的同时进行大分子降解和小分子聚合,包含氧化反应和 $\text{C}=\text{C}$ 双键的降解。核磁共振弛豫和核磁共振成像的研究,进一步证实了老化开始于交联(逆转)和/或聚合物链的开裂,而在更长的老化时间后,在未填充橡胶的前沿发生自由基引起的额外交联导致橡胶老化,最终形成一种高的各向异性短交联链材料^[9]。对于半结晶弹性体老化行为的研究,X 射线衍射法可以通过跟踪老化过程中结晶度的变化来反映交联密度的变化。交联减小了大分子链的迁移率,降低了其重结晶能力。Lucas 等^[10, 11]对三元乙丙橡胶(EPDM)的热氧化和光氧化行为研究表明,老化交联来自热氧化和光氧化,且交联必须在高于 EPDM 熔点温度以上进行。

近年来,傅里叶变换流变学和双量子核磁共振(DQ-NMR)的发展,可以将橡胶老化前后的分子链动力学和宏观力学性能关联起来,通过傅里叶变换流变学将非线性粘弹性量化,并且结合 DQ-NMR 反映出交联网络密度及缺陷^[12]。Nie 对天然橡胶的研究表明,在热空气老化过程中,天然橡胶的网络密度在 70 天内连续 28 天不断增加而不会产生缺陷,导致弹性增加和流变非线性降低^[12]。Jan^[13]提出基于橡胶弹性非仿射管模型和广义三维模型的填充增强弹性体应力软化和滞后的微力学模型柔性链聚集体的一般 Kantor-Webman 模型,描述了橡胶基体应力场中填料团簇的变形和断裂。对 EPDM 热氧老化行为的研究表明,EPDM 网络中的单硫键在 130℃ 老化温度下也具有相当的稳定性,通过拟合表明交联密度几乎保持不变,缠结密度略有增加。

1.5 预测模型

Byungwoo^[7]通过平衡弹簧模型提出了交联密度与应变能密度之间存在线性关系的假设,通过 NR/BR 的老化实验加以验证,老化后交联密度及应变能密度皆增大,进一步得到了交联密度及应变条件计算应变能密度的计算公式,由此可以预测橡胶老化后的拉伸性能及应变能密度,进而推测橡胶的使用寿命。

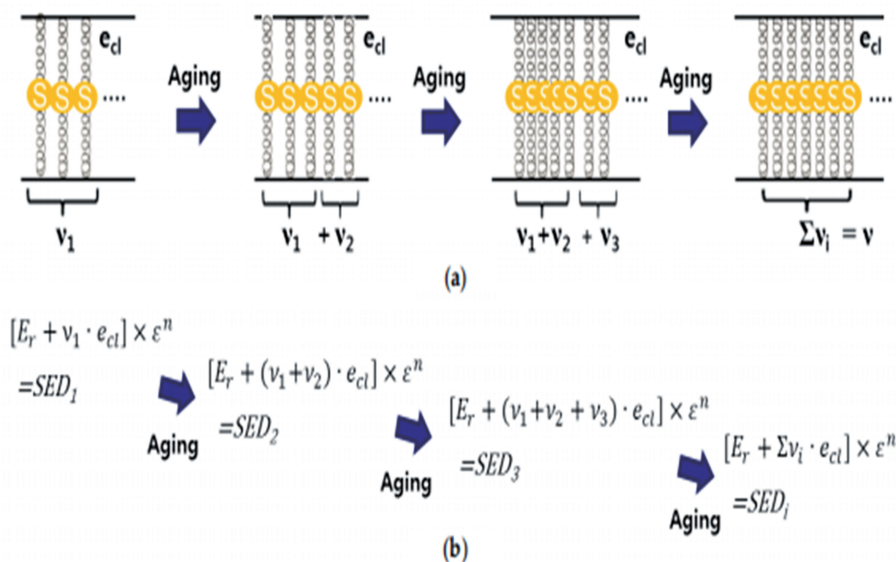


图1 (a)平行弹簧模型表达的交联密度函数;(b)平行弹簧模型表达的内聚能密度函数^[7]

Figure 1 (a) Crosslink density expressed as a parallel spring model; (b) SED function expressed as a parallel spring model^[7]

Nait^[14]提出基于与连续损耗力学类比的应力限制器法来预测弹性材料在热氧老化后的力学性能,建立了弹性材料老化的损耗参数,预测热断裂处的应力。对于表现出后交联诱导热老化损伤的材料,可以采用损耗行为的损耗参数表示交联之间平均摩尔质量的函数。对 EPDM 及 CR 的研究发现,实验和预测结果对最终应力和拉伸的对应关系较好。Liu^[15]在传统动态退变轨迹方程的基础上,通过不同高温加速老化试验,利用变形轨迹方程对样品的压缩集进行建模,并结合 Peck 模型和动态模型,建立了硬度影响的橡胶时效模型和改进的橡胶老化寿命预测模型。通过不同初始硬度的天然橡胶实测自然老化数据的比较,验证了该模型的有效性。

橡胶老化是一个复杂的物理和化学过程,在非平衡开放的非均质系统中进行,老化会导致破坏大分子结构,产生材料的结构、运行扩散过程以及其它结构和化学变化。交联和网络的形成会引起的核磁共振信号的响应。Paul^[16]利用玻璃化转变温度以上的质子自旋弛豫和差示扫描量热法(DSC)建立了老化过程的时效随时间变化的动力学模型。基于这个随机模型,使得在分子水平上理解老化过程成为可能。Kablov^[17]结合了系统的一般和特殊理论、热力学、动力学、聚合物的物理和化学以及计算机方法数据处理,设计了新材料系统开发技术,可用于设计耐老化弹性体聚合物材料。

2 橡胶的老化行为

2.1 天然橡胶(NR)

黄琛^[18, 19]研究了热空气老化和绝氧热老化对天然橡胶硫化胶的影响。有氧和绝氧热老化均使 NR 硫化胶中多硫键含量减少、单硫键含量增加,有氧老化由于橡胶分子主链氧化断裂导致力学性能损失严重。同时,未填充 NR 硫化胶的交联密度随热空气老化呈现先增加后减少趋势;炭黑填充的 NR 硫化胶,无论有氧还是绝氧热老化,交联密度均增加。Mott^[20]研究了天然橡胶在空气和海水中的老化,天然橡胶经过海水

老化后的老化保持率略高于在空气中的老化保持率,表明天然橡胶的老化主要是由于氧气的作用。

Ohlemacher^[21]天然橡胶热氧老化中温度的影响进行了研究,90℃下热氧老化后交联密度也会随着老化时间的延长而增加,发生多硫键的断裂并转化成了单双硫键,而在110℃下的热氧老化,这种变化会因断链和主链其它变化而抵消。对不同硫化体系硫化得到的天然橡胶的老化研究进一步验证了老化主要与多硫键的断裂有关^[22]。

非橡胶成分,包括助剂和填料等对天然橡胶的老化有显著影响。铜、铁、镍、钴等离子会使天然橡胶经老化后的重均分子量比没有上述金属离子存在时的重均分子量更加小,表明金属离子会加速或者扩大天然橡胶老化的断链分解^[23]。经炭黑补强后的天然橡胶硫化胶的力学性能在老化后的保持率明显优于白炭黑和 OPA 补强后的天然橡胶硫化胶。SEM 分析得出炭黑补强后的天然橡胶微观结构拥有更少的缺陷,且炭黑补强的天然橡胶硫化胶热分解少,生成的羰基更少^[24]。

2.2 丁苯橡胶(SBR)

孙举涛^[25]对 SBR 老化后的耐磨性进行了研究,随老化时间的延长, SBR 硫化胶的阿克隆磨耗表征的耐磨性能升高,并逐渐趋于稳定,而 DIN 磨耗随着老化时间的延长明显增大。

He^[26]对 SBR/纳米复合材料的耐老化性研究表明,经过热老化过程后,SBR/纳米复合材料中形成了含氧分子,纳米分散的矩形层可以提高纳米复合材料的热老化性能。对于 SBR/炭黑(CB)/矩形纳米复合材料,CB 的加入有助于改善填料与基体之间的界面相容性,且能提高其耐拉伸裂纹引发性能。

防老剂的加入可以提高橡胶硫化胶的耐老化性能^[25, 27]。稀土配合物 Sm-LDC 作为一种新型抗氧化剂成功地应用于 SBR/二氧化硅复合材料中^[28]。Sm-LDC 显著提高了 SBR/Silica 复合材料的抗氧化效率,有利于提高热氧化分解温度,增加 SBR/二氧化硅复合材料的表观活化能值。

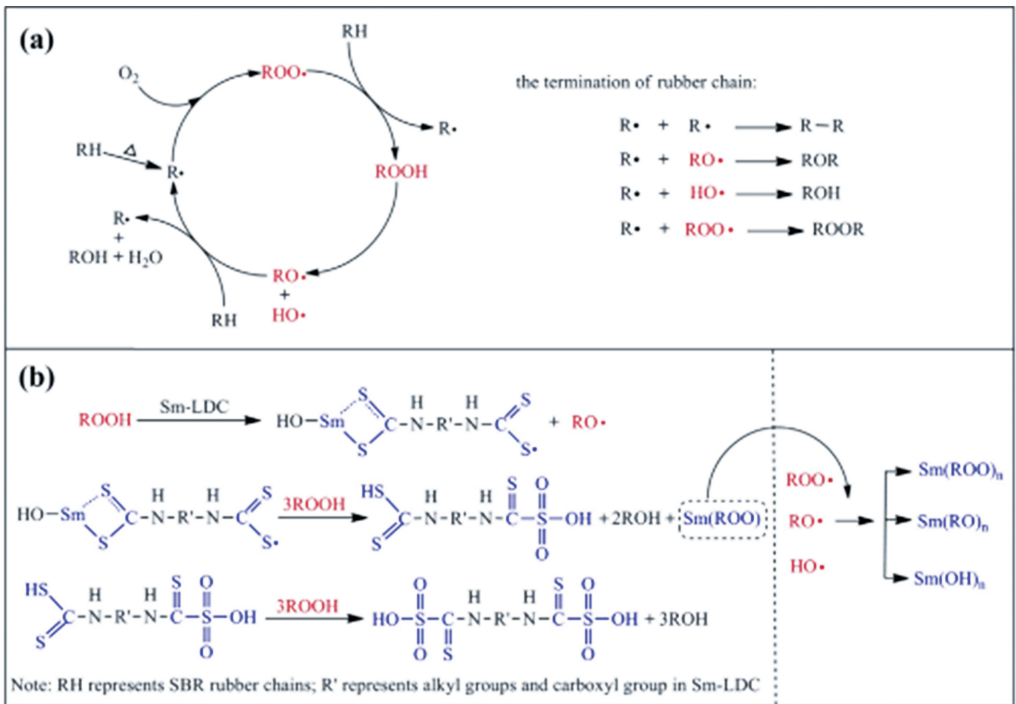


图2 (a)SBR 热氧老化机理;(b) Sm-LDC 在 SBR 中抗热氧老化机理^[28]

Figure 2 (a)The principal mechanism of the thermo-oxidative aging of SBR; (b)The possible antioxidative mechanisms of Sm-LDC during SBR degradation^[28]

2.3 丁腈橡胶(NBR)

NBR 加速热氧老化实验表明,氧化反应从 NBR 表面开始,逐渐延伸到内部结构。老化主要是交联

反应,随着交联密度的增加,橡胶材料的拉伸强度先提高后降低。同时,存在添加剂从 NBR 样品的内部迁移到表面^[29, 30]。热氧老化中,羟基、酰胺基和羰基在橡胶表面形成,而绝氧老化未观察到酰胺基团。在较高温度下(110℃)老化,应力诱导和氧化诱导的链断裂也发生在老化的中后期。

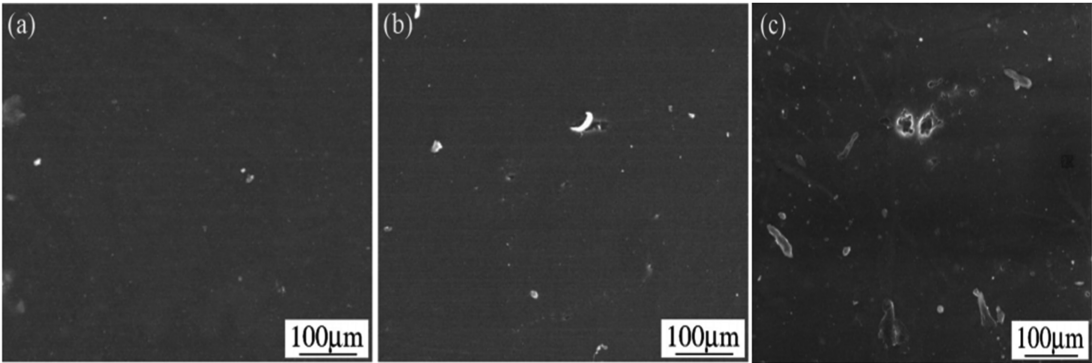


图 3 NBR 热氧老化后的 SEM 形貌:(a)未老化;(b)老化 30 天后;(c)老化 90 天后^[29]

Figure 3 Micrographs of NBR samples before and after thermal aging: (a) 0d; (b) 30d; (c) 90d^[29]

功能性磷酸锆(ZrP)对丁腈橡胶复合材料抗老化性能的影响。插层剂 4-aminodiphenylamine(RT)在 ZrP 层中的单层和双层排列,有利于 ZrP 在橡胶中的剥落和分散,从而抑制了入口和扩散橡胶基体中的氧,进而有效抑制 NBR 的链交联,提高 NBR 的抗热氧老化性^[31]。防老剂的加入会延长 NBR 硫化橡胶 t_{90} ,并且使之交联密度下降,这是由于防老剂的活性反应基团会在硫化的过程中消耗过氧化物自由基。交联密度的下降,随之导致 NBR 硫化橡胶的硬度增加和断裂伸长率降低。并且防老剂的加入会使 NBR 得加工性能有所改善^[32]。

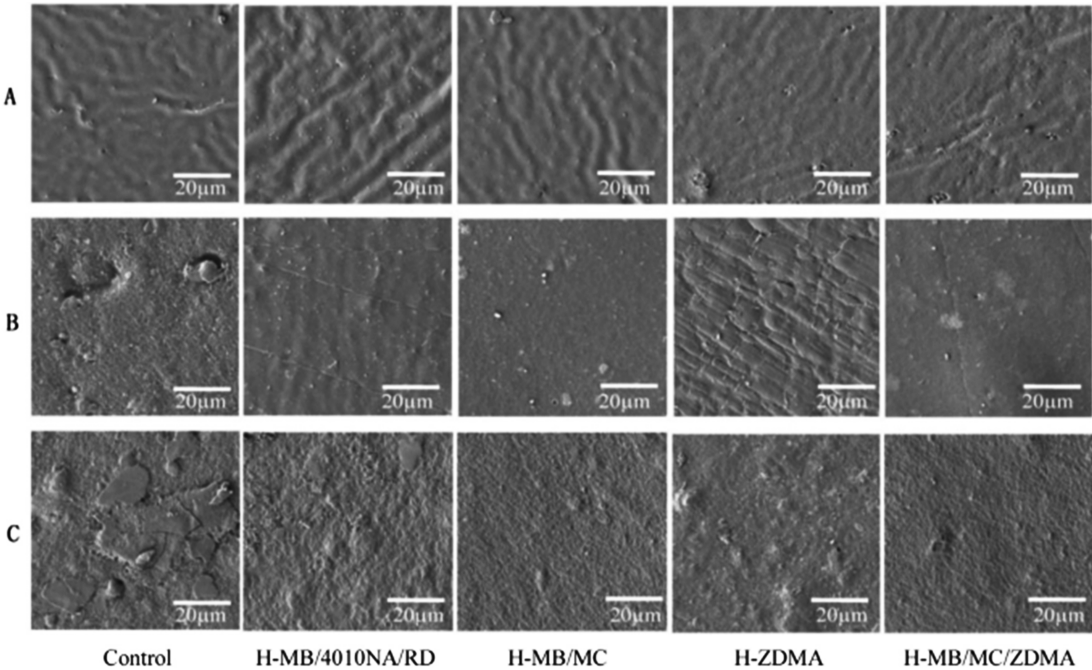


图 4 不同防老体系的 EPDM 在 180℃下老化不同时间的 SEM 形貌:(A)未老化;(B)老化 96h 后;(C)老化 216h 后^[33]

Figure 4 SEM images of surface morphology of EPDM vulcanizates with different antioxidative systems after thermo-oxidative aging for different times at 180℃ (A/B/C represents the aging time of 0h/96h/216h respectively)^[33]

2.4 三元乙丙橡胶 (EPDM)

Ning^[33]研究了新型的防老剂(ZDMA)在 EPDM 热氧老化中的作用。ZDMA 替代 4010NA 加入 EPDM 后经热氧老化后,生成的羰基更少,交联密度增加的幅度更小,且热分解损耗变少,内部结构更为平整。ZDMA 可以捕捉经热氧老化后生成的自由基,因此抗热氧老化性更好,同时也从侧面反映出橡胶的热氧机理是氧自催化的自由基反应。Nair^[34]研究了 EPDM/SBR 在热、氧、水及伽马射线影响下的老化行为。热老化后共混物的拉伸强度和断裂伸长率均降低,且拉伸强度随着 EPDM 含量的增加而增加。臭氧老化中,当 EPDM 用量较少的共混物中会产生裂纹,EPDM 含量 30% 以上的共混物中未发现臭氧裂纹。伽马射线辐照与聚合物通过链相互作用使之断裂和交联。

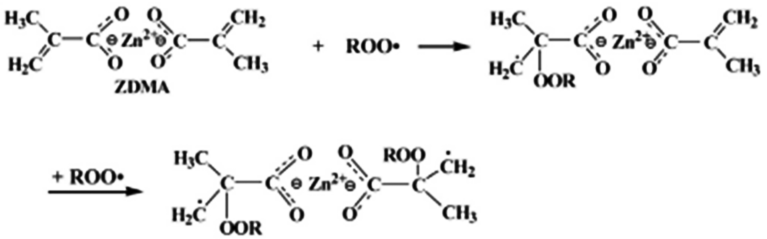


图 5 ZDMA 的抗热氧老化机理^[33]
Figure 5 The antioxidative aging mechanism of ZDMA^[33]

2.5 硅橡胶 (Q)

Gustavsson^[35]研究了硅橡胶在直流电和交流电下在海水环境中的老化行为。交流电下的老化后的样品表面更加粗糙,表明交流电更加影响硅橡胶的老化,使之更为剧烈。硅橡胶/填料复合材料有着更好的抗热氧老化性及电绝缘性^[36]。

2.6 多元并用体系

极性高分子材料加入会明显改善 NR/BR/ENR 的臭氧老化行为^[37]。ENR 和 EPDM-g-GMA 添加到 NR/BR 共混物中,可以明显提高并用硫化胶的拉伸强度、撕裂强度和耐臭氧性能。NR/BR/SBR 三元共混体系的热老化实验表明,含有 SBR 的硫化胶热老化后交联密度的增加幅度率大于 NR 和 BR,其原因是悬垂基团与苯乙烯单元之间的强相互作用使得悬垂基团在 SBR 中的迁移率变慢^[38]。填料同样对多元并用体系有显著影响。随着 CB 含量的增加,NR/BR/SBR 三元橡胶共混物的硫化速度加快,交联密度值高于未填充 NR/BR/SBR 的橡胶共混物^[39]。

表 1 常用橡胶的老化方式		
Table 1 The Various kinds of rubber are easy to occur and often studied aging mode		
橡胶品种	易发生及常研究的老化方式	参考文献
天然橡胶	热氧老化	[24]
顺丁橡胶	热氧老化	[40]
丁苯橡胶	热氧老化	[28]
三元乙丙橡胶	介质老化	[41]
丁腈橡胶	热氧老化	[31]
硅橡胶	介质老化	[35]
反式聚异戊二烯	热氧老化	[27]
苯乙烯-丁二烯-苯乙烯	热氧老化	[42]
丁基橡胶	热氧老化	[43]
氯丁橡胶	介质老化	[44]

3 结 语

随着对橡胶老化的不断研究,对于橡胶老化的评价手段及测试表征也趋于进步与科学。对于老化材料及防老材料的研究,会使橡胶材料在生活中的应用更加广泛,更好地满足对于橡胶材料的需求,通过对老化机理及热老化行为的研究分析,有助于更好地改进橡胶材料的耐老化性,制备出更加优异的耐老化橡胶材料。目前仍存在对实用性以及商业性橡胶配方的老化机理及老化行为的研究还略有不足,还需进一步深入,挖掘更为先进的测试方法,才能使耐老化橡胶领域进一步发展。

参考文献:

[1] 李昂. 特种橡胶制品, 2009, 5:60~71.

[2] 杨清芝. 现代橡胶工艺学. 北京:中国石化出版社, 1997.

[3] 王思静, 熊金平, 左禹. 合成材料老化与应用, 2009, 2:26~36.

[4] Bauer D R, Baldwin J M, Ellwood K R. Polym Degrad Stabil, 2007, 92(1):110~117.

[5] Sridharan H, Chanda J, Ghosh P, Mukhopadhyay R. Rubber Chem Technol, 2019, 92(3): 415~430.

[6] 肖琰, 魏伯荣, 刘郁杨, 宫大军. 宇航材料工艺, 2008, 38(1):67~70.

[7] Moon B, Lee J M, Park S, Seok C. Polymers-Basel, 2018, 10(6):658.

[8] Zhou Y, Chen J D, Zhang K, Guan Q, Guo H, Xu P, Wang J. Constr Build Mater, 2019, 225:1077~1085.

[9] Knörger M, Heuert U, Menge H, Schneider H. Macromol Mater Eng, 1998, 261/262(1):123~133.

[10] Lucas P, Baba M, Lacoste J. Polym Degrad Stabil, 2002, 76(3): 449~453.

[11] Wingard C D. Thermochim Acta, 2000, 357/358:303~312.

[12] Nie S, Lacayo-pineda J, Willenbacher N, Wilhelm M. Polymer, 2019, 181:121804.

[13] Plagge J, Klüppel M. Polymers-Basel, 2020, 12(6):1350.

[14] Nait A M, Ayoub G, Colin X, Benhassine M, Mouwakeh M. Int J Solids Struct, 2019, 165: 127~136.

[15] Liu Q, Shi W, Chen Z, Li K, Liu H, Li S. Polym Test, 2019, 80:106132.

[16] Denner P, Deutschbein L, Walter B. J Macromol Sci B, 1999, 38(5/6): 1023~1035.

[17] Kablov V F, Zaikov G E. AIP Conference Proceedings, 2014, 1599(1): 538~541.

[18] 黄琛, 范汝良, 张勇, 张隐西. 合成橡胶工业, 2000, 5: 22~24.

[19] 范汝良, 黄琛, 张勇, 张隐西, 顾勤, 隆有明. 上海交通大学学报, 2000, 11: 51~55.

[20] Mott P H, Roland C M. Rubber Chem Technol, 2001, 74(1): 79~88.

[21] Ohlemacher C J, Hamed G R. Rubber Chem Technol, 2008, 81(4):650~670.

[22] Buzaré J Y, Silly G, Emery J, Boccaccio G, Rouault E. Eur Polym J, 2001, 37(1):85~91.

[23] Tuampoemsab S, Sakdapipanich J, Tanaka Y. Rubber Chem Technol, 2007, 80(1):159~168.

[24] Ooi Z X, Ismail H, Bakar A A. J Appl Polym Sci, 2013, 130: 39649.

[25] 孙举涛, 曲丽, 王威, 张萍, 赵树高. 弹性体, 2012, 21(4):1~4.

[26] He S J, Bai F J, Liu S X, Ma H F, Hu J B, Liu C, Lin J, Wei G S, Du X Z. Polym Test, 2017, 64: 92~100.

[27] 姚薇, 黄宝琛, 韩明哲, 宋景社. 合成橡胶工业, 1998, 5:296~299.

[28] Zou Y K, Sun Y K, Zhang Y L, He J, Tang Z H, Zhu L X, Luo Y F, Liu F. Polym Degrad Stabil, 2016, 133: 201~210.

[29] Liu J, Li X B, Xu L K, Zhang P Q. Polym Test, 2016, 54:59~66.

[30] Lou W, Zhang W, Jin T, Liu X, Wang H. J Appl Polym Sci, 2018, 136(4): 47014.

[31] Li T X, Chen S B, Wan S H, Cai S W, He X R. Polym Compos, 2020, 41(5): 1867~1877.

[32] Nie J D, Huang X H, Xu C H, Ding J P, Chen Y K. Mater Chem Phys, 2020, 253: 123403.

[33] Ning N Y, Ma Q, Zhang Y Q, Zhang L Q, Wu H G, Tian M. Polym Degrad Stabil, 2014, 102: 1~8.

[34] Nair T M, Kumaran M G, Unnikrishnan G, Kunchandy S. J Appl Polym Sci, 2008, 107(5): 2923~2929.

[35] Gustavsson T G, Gubanski S M, Hillborg H, Gedde U W. Conference Record of the IEEE International Symposium on Electrical Insulation. IEEE, 2000, DOI: 10.1109/ELINSL.2000.845486.

[36] Arooj R, Muhammad A, Muhammad A, Abraiz K. Mater Res Express, 2018, 5(9): 095301.

[37] Ravanbakhsh M, Khorasani S N, Khalili S. J Elastom Plast, 2015, 48(5): 394~403.

[38] Choi S S. J Appl Polym Sci, 2000, 75(11):1378~1384.

- [39] Jovanović S, Samaržija-Jovanović S, Marković G, Jovanović V, Adamović T, Marinović-Cincović M. *Compos Part B-Eng*, 2016, 98: 126~133.
- [40] 梁梨花, 钟建永, 丁玲, 李志辉, 邹友思. *高分子材料科学与工程*, 2019, 35(2):107~111.
- [41] Ohtake Y, Yamamoto Y, Gonokami M, Nakamura T, Ishii H, Kawahara S. *Polym Degrad Stabil*, 2013, 98(12):2489~2496.
- [42] Xu J B, Zhang A M, Tao Z, Cao X J, Xie Z N. *Polym Degrad Stabil*, 2007, 92(9):1682~1691
- [43] 王思静. 溴化丁基橡胶的老化行为与机理研究. 北京:北京化工大学.
- [44] Gac P Y L, Saux V L, Paris M, Marco Y. *Polym Degrad Stabil*, 2012, 97(3):288~296.

Progress in Aging Mechanism and Behavior of Rubbers

GUO Qin-rui, SHAO Hua-feng*

(*Shandong Provincial Key Laboratory of Olefin Catalysis and Polymerization, Key Laboratory of Rubber-Plastics (Ministry of Education), Qingdao University of Science and Technology, Qingdao 266042, China*)

Abstract: Rubber products will suffer degradation, crosslinking and other aging behaviors during the using process by heat, oxygen, thermal oxygen, light, irradiation and mechanical stress. Different kinds of rubbers have different aging mechanisms because of their various use environment and requirements. In this paper, the chemical mechanism, research methods, prediction methods and models of rubber aging were introduced. The research progress of aging behavior of different kinds of rubber and rubber/rubber blends in recent years was reviewed. The review of rubber aging behavior and mechanism is helpful to understand rubber aging systematically, and provide suggests for improving the aging resistance and preparing more excellent aging resistant rubber materials.

Key words: Rubber; Aging behavior; Aging mechanism