

乙丙橡胶新品种及应用技术进展(二)

吴贻珍

(无锡市贝尔特胶带有限公司, 江苏 无锡 214176)

(续上期)

3 乙丙橡胶的配合与特性

3.1 硫化特性

过氧化物硫化体系EPDM具有较好的耐热性能和较小的压缩永久变形, 但焦烧时间偏短。Arkema公司开发了2种新的过氧化物交联技术^[36], 分别称作SP(焦烧保护)和CST(速度控制)技术, 能非常有效地避免胶料焦烧。与普通EPDM相比, Arkema公司的F40M-SP和F-CST牌号的EPDM焦烧时间延长3倍以上; 在相同的温度下, F-CST EPDM固化速度快, 可以提高生产效率和节约生产成本。已商业化的F40M-SP EPDM和F-CST EPDM是在Luperox F[1, 3和1, 4-二(叔丁基过氧基)二异丙苯]硫化体系EPDM基础上发展起来的。

Grima M等^[37]发现, 在EPDM过氧化物硫化体系中加入双马来酰亚胺类助交联剂(如N, N-m-双马来酰亚胺)和硫给予体(如六硫化双亚甲基秋兰姆), 可以很好地防止胶料焦烧, 同时改善物理性能。助交联剂和硫给予体含量对胶料焦烧时间和物理性能影响较大。

3.2 耐热性能

EPDM的耐热性能及耐热氧老化性能均优于其它通用橡胶, 只要配合适当, EPDM的长期工作温度可达120℃, 最高连续工作温度可达150℃, 短时间甚至可耐230~260℃。这种良好的耐热老化性能使其成为制造耐热输送带、耐热胶管等耐热橡胶制品较为理想的弹性体材料。普通牌号的EPDM即使不加入耐热型防老剂, 具有良好的耐高温性能, 加入适合的防老剂, EPDM的耐高温性能进一步提高。但当使用温度高于150℃时, EPDM开始缓慢分解。

在硫黄硫化体系的EPDM中加入强效防老剂,

可进一步改善胶料的耐热性能。加入高效自由基捕捉型防老剂(如防老剂AM)或高效自由基捕捉型防老剂/防老剂增效剂(如防老剂MB)的硫黄硫化体系EPDM胶料耐热性能均优于不加防老剂的胶料, 且这2种防老剂并用比单用好。

过氧化物硫化体系EPDM中加入防老剂才能使硫化生成的C—C键耐热稳定性好, 典型的聚合型喹啉防老剂RD对过氧化物硫化体系EPDM的硫化干扰较少(胶料定伸应力下降和压缩永久变形增大较小), 但是采用高效自由基捕捉型防老剂445(4, 4'-二异丙苯基二苯胺), 胶料的耐高温老化性能更好。防老剂445和防老剂增效剂MBZ并用对提高胶料的耐热空气老化性能最为有利。过氧化物硫化体系EPDM中加入含氯聚合物如CR或CSM等可进一步提高硫化胶的耐热老化性能, CR/防老剂445/防老剂MBZ并用可使过氧化物硫化体系EPDM的耐热效果极佳。

乙烯基硅烷如偶联剂A172的加入有助于提高EPDM高温老化后的拉断伸长率保持率。使用乙烯基硅烷还能使EPDM电缆护套胶料在浸入水中保持电绝缘性能, 原因是乙烯基硅烷偶联剂能改善EPDM与填料的结合强度, 防止水浸入, 从而使EPDM保持很好的绝缘性能。

用液体乙丙橡胶替代石蜡油类软化剂, 可进一步提高EPDM胶料的耐高温性能。

3.3 粘合性能

在橡胶制品生产过程中, 粘合是一个很重要的课题, 它包括橡胶与橡胶、橡胶与金属和橡胶与纤维织物等之间的粘合。乙丙橡胶由于表面缺乏活性, 与其它材料粘合困难, 尤其是一些在高温、高负荷动态状态下使用的EPDM制品如汽车传动带、空气弹簧等用常规的粘合处理方法, 如用间苯二

酚-甲醛-胶乳(RFL)浸渍液浸渍帘线或在胶料中加入间-甲-白粘合体系等,橡胶与骨架材料很难达到满意的粘合效果,需采用一些特殊方法。

EPDM与纤维织物粘合中,纤维表面处理用RFL浸渍液的胶乳一般采用氯磺化聚乙烯胶乳、丁二烯胶乳和三元乙丙胶乳等,这对于一般静态使用的橡胶制品尚可,但对于动态使用的橡胶制品粘合强度不足,解决办法如下。①RFL浸渍液采用特殊胶乳。Estrin A S等^[38]在RFL浸渍液中采用高反应性聚丁二烯马来酸酐胶乳,大大提高了尼龙、聚酯和芳纶等纤维与EPDM的粘合强度。Pelton D A^[39]用氢化丁苯胶乳、羧基氢化丁苯胶乳、氢化丁腈胶乳、羧基丁腈胶乳或氯磺化聚乙烯胶乳等与聚丁二烯马来酸酐的半酯水溶液组成的混合物直接处理预活化聚酯纤维,可达到满意的粘合效果。②纤维用特殊粘合剂处理。Klang J A等^[40]提出用马来酸酐化聚丁二烯酰亚胺与 α 、 β -烯不饱和羧酸金属盐[如二丙烯酸锌(ZDA)]配制的水溶液处理尼龙、聚酯和芳纶等纤维,使纤维与乙丙橡胶很好粘合。Burlett D J^[41]用低相对分子质量异氰酸酯做底涂,然后再涂一层含有异氰酸端基的聚丁二烯预聚体和聚丁二烯基热塑性聚氨酯弹性体混合物,使聚酯、芳纶和碳纤维等线绳与过氧化物硫化体系乙丙橡胶粘合,该技术可用于汽车多楔带等动态使用的橡胶制品。③线绳经RFL浸渍液处理后,再涂一层粘合剂或胶浆。如Hasaka H^[42]提出用卤化橡胶制作的胶浆涂敷RFL浸渍液处理过的线绳,可进一步提高粘合性能。Wood D B^[43]提出用功能化的低相对分子质量聚乙烯如氧化聚乙烯与液体乙丙橡胶混合物作织物或线绳粘合剂。④在RFL浸渍液处理基础上,在乙丙橡胶胶料中直接加入特殊的粘合促进剂。Richard W T^[44]用5-降冰片烯-2,3-二羧酸酐和环烷酸钴作粘合促进剂,能使硫黄硫化体系EPDM与织物粘合强度提高50%。Ronald E D等^[45]在过氧化物硫化体系EPDM中加入聚丁二烯马来酸酐,大幅度提高了EPDM与纤维粘合性能。HALLSTAR公司开发的环保型粘合促进剂HaIlbond RX能够显著提高EPDM与聚酯线绳的粘合强度^[46]。另外,添加30~40份白炭黑、减小促进剂用量或使用低门尼粘度EPDM可提高EPDM

与纤维的粘合性能^[47, 48]。

EPDM与金属粘合一般采用添加粘合剂法,该法直接采用ZAD作粘合剂效果最佳。例如采用美国沙多玛公司牌号为Saret 633的防焦烧型ZDA作EPDM与金属的粘合剂^[49],并采用过氧化物硫化体系,EPDM与金属的粘合强度明显提高,粘合的破坏形式是EPDM硫化胶破坏;加入2份Saret 633防焦烧型ZDA,EPDM与金属的剪切粘合强度从0.55 MPa提高到3.44 MPa,加入20份可提高到11 MPa。

3.4 动态疲劳性能

EPDM为非结晶橡胶,其抗疲劳性能尤其是抗龟裂增长性能不是很好,与SBR相当,过氧化物硫化体系EPDM的抗疲劳性能更差。一般认为,橡胶的初始龟裂与其自身缺陷有关,而橡胶的龟裂增长与其拉伸强度和抗撕裂强度有关,因此提高橡胶的均一性和强度有助于改善抗疲劳性能。

丙烯酸金属盐尤其是二甲基丙烯酸锌(ZDMA)是EPDM较为理想的补强材料^[50, 51]。ZDMA补强EPDM是先将微米级别的ZDMA混入橡胶中,然后在过氧化物的作用下,ZDMA微米粒子分散并溶入橡胶基体中,再发生原位聚合形成聚丙烯酸锌(PZDMA)纳米粒子,从而对橡胶产生高效补强。该复合材料通过过氧化物引发交联后,形成键能较高的C—O—Zn²⁺—O—C离子键(键能293 kJ·mol⁻¹),提高拉伸强度和撕裂强度。在动态疲劳下,离子键类似于多硫键,有自动“愈合”功能,因此复合材料抗疲劳性能非常优异。试验^[52]得出,ZDMA补强的过氧化物硫化体系EPDM的屈挠疲劳寿命比未加ZDMA的过氧化物硫化体系EPDM长10倍,比ZDMA补强的硫黄硫化体系EPDM延长近1倍。

Henning S K^[53]提出在硫黄硫化体系EPDM中加入软化点60~140℃的树脂如古马隆树脂或石油树脂。该树脂在橡胶出现微小裂纹的情况下能吸收橡胶变形时产生的应变能量,从而减小橡胶裂纹附近的应力和防止裂纹扩大。Fujiwara K^[54]提出,加入强碱性碳酸钠和弱碱性硬脂酸金属皂,EPDM的高温热氧老化后硬度增大幅度极小,该EPDM尤其适用于高温长时间动态使用。

4 乙丙橡胶在一些领域的应用发展

4.1 中高压橡胶绝缘电缆护套

乙丙橡胶用于电线电缆护套已有40多年的历史,但由于加工性能和成本等因素,乙丙橡胶在中高压橡胶绝缘电缆护套中的应用发展较缓慢,中高压电缆护套仍使交联聚乙烯(XLPE)绝缘材料。但是,XLPE的低温柔软性能、耐水性能、绝缘性能及耐电晕性能等仍然不足。乙丙橡胶无XLPE的上述缺点,同时热膨胀率小,结构稳定性好,成品电缆护套弯曲半径小,安装、接头和封端更容易。随着乙丙橡胶新品种的出现以及配合和加工等技术的发展,乙丙橡胶中高压电缆护套的可靠性不断提高,乙丙橡胶在电缆护套中的用量也不断增大。现在,国外中高压橡胶绝缘电缆护套主体材料主要为乙丙橡胶,乙丙橡胶绝缘电缆护套已是美国15 kV绝缘电缆护套的主流品种。

埃克森公司用传统的齐格勒-纳塔催化体系开发的VNB-EPDM 1703P具有高度长链支化、金属残留量较低、电学性能优、硫化速度快、耐热性能和挤出性能好等优点,非常适用于中高压电线电缆护套^[55-57]。Mark F W^[58]研究了EPM(VISTALON-722)与EPDM并用的中压绝缘电线电缆护套胶料。结果表明:EPM并用少量VNB-EPDM或MAO-EPDM即能达到满意的交联效果,并用胶具有良好的耐热性能和电性能。George J P^[59]得出,EPDM与热塑性弹性体并用可改善挤出电缆护套表面光洁度和提高挤出速度。Canaud C等^[60]研究了氢氧化铝与炭黑N330并用比对EPDM绝缘性能的影响。结果表明:氢氧化铝/炭黑N330并用比为150/22和175/7.5时胶料绝缘性能达到中压(15 kV)绝缘电缆护套要求,为180/0时能达到高压(20 kV)绝缘电缆护套要求。姚明明等^[61]开发了辐射硫化低损耗耐高压乙丙橡胶绝缘胶料。结果表明:辐射硫化的敏化剂选择三(甲基丙烯酸三羟甲基)丙烷酯,用量为1.5~2.5份,增塑剂采用超低门尼粘度的EPDM Keltan 1446A与微晶石蜡并用,胶料的性能符合IEC 502—1994要求。

4.2 耐高温输送带

耐热输送带广泛应用于冶金、焦化、建材等

高温作业环境中,主要输送烧结矿石、焦炭和水泥等高温固体物料,由于冷却不充分,物料瞬间温度可达400~600℃,部分高达800℃以上。根据GB/T 20021—2005《帆布芯耐热输送带》,耐热输送带按试验温度不同分为4个等级:T1等级产品可耐不高于100℃的试验温度,T2等级产品可耐不高于125℃的试验温度,T3等级产品可耐不高于150℃的试验温度,T4等级产品可耐不高于175℃的试验温度。其中T3和T4等级耐热输送带一般需用乙丙橡胶或与其它耐热弹性体并用制造。

张运强等^[62, 63]通过极低不饱和度的EPDM和乙烯-辛烯共聚弹性体(POE)并用,采用ZDMA作增粘补强材料、液体乙丙橡胶作增塑剂、N-4(苯胺基苯基)马来酰亚胺反应性防老剂制备的EPDM复合材料有很好的耐热老化性能。在180℃×7 d老化后,硬度变化率小于10%,拉伸强度保持率和拉伸伸长率保持率分别为70%和50%以上,满足T4等级耐热输送带要求。

Watanabe H^[64]采用大用量抗氧剂如3份胺类防老剂和8份咪唑类防老剂并用,制得175℃×168 h老化后拉伸伸长率保持率达90%的耐高温EPDM输送带覆盖胶。陶小明等^[65]提出80~100份EPM与0~20份EPDM并用、1~4份防老剂RD和1~4份防老剂1010并用、5~20份乙丙橡胶作软化剂并掺用5~15份芳纶短纤维,可制得兼具耐磨、耐龟裂的耐高温输送带覆盖胶。

4.3 汽车传动带

近年来,多楔带在汽车中得到普遍应用,而发动机室温越来越高,要求多楔带长期耐150℃、瞬间耐170℃高温,显然用CR制造的多楔带不能满足要求,而用HNBR制造的多楔带成本过高。研究发现,少量油污并不对发动机前端多楔带造成损害,可使用价格相对较低、耐热性能好的EPDM作多楔带主体材料。但EPDM耐磨性能、抗高温撕裂性能和动态性能不理想,与其它材料粘合也差,这些都需要通过改性如添加ZDA或ZDMA或其它材料并加以解决^[66]。

汽车V带一般用综合性能优异的CR制造,近年来逐渐用EPDM生产。但汽车V带传动受力机理与多楔带有很大不同,对覆胶的耐屈挠性能和耐磨

性能、覆胶与骨架织物或线绳的粘合性能以及带体的横向刚性比多楔带要求更高。GATES公司推出的EPDM汽车V带实际使用寿命能达到40万km以上,其它性能也优于CR汽车V带,可在-55~120℃温度范围内正常使用^[67]。

4.4 汽车密封条

汽车密封条主要起密封、减震和装饰作用。一般来讲,为提高海绵密封条的密封性能,可采用第三单体含量大、相对分子质量高和相对分子质量分布窄的EPDM。但EPDM的相对分子质量高会导致胶料混炼稳定性差,而相对分子质量分布窄会导致胶料挤出成型时形状保持性差、难以得到规定形状制品的问题。为解决这些矛盾,近年来,不断推出具有优良物理性能和良好加工性能的新型EPDM(如CLCB-EPDM)、双峰相对分子质量分布EPDM等,这些新品种EPDM用于汽车密封条胶料,不仅使其硫化胶性能更好,而且可提高挤出速度和产品产量。

EPDM汽车密封条制造企业面临的挑战有:

①适应汽车对零部件的环保要求,汽车密封条不仅要达到欧盟报废汽车回收指令《汽车禁用物质要求》(2000/53/EC及其最新修订的2008/689/EC),而且生产用原材料、生产工艺、生产过程和性能指标都要有绿色概念,绿色汽车密封条是今后的发展趋势;②研制装饰效果较好的彩色密封条;③采用其它新型热塑性弹性体如TPO和TPV等作主体材料,这些热塑性材料具有弹性体的优良物理性能和塑料的良好加工性能,工艺控制性能好,可回收重复利用,正逐步取代EPDM用于汽车密封条。

4.5 汽车散热器胶管

汽车散热器胶管又称为冷却液胶管或水箱弯管,属异型胶管,其分为耐100℃,125℃,150℃和175℃四个温度等级。其中,100℃散热器胶管(使用温度不超过100℃)的主体材料一般为SBR,NBR和CR(用于对耐油性能要求较高的胶管),125℃散热器胶管(使用温度不超过125℃,瞬时耐最高温度140℃)的主体材料一般为EPDM(硫黄硫化体系),150℃散热器胶管(使用温度为125~150℃,瞬时耐最高温度175

℃)的主体材料一般为EPDM(过氧化物硫化体系),175℃散热器胶管(使用温度为150~175℃)的主体材料一般为MVQ和乙烯-丙烯酸橡胶(AEM)^[68]。

近年来,汽车向节能和低污染方向发展,使得EPDM散热器胶管的工作环境发生了很大变化,EPDM散热器胶管胶料原来经常采用的硫黄硫化体系正逐步被过氧化物硫化体系所代替^[69]。大众汽车公司150℃散热器胶管标准VW TL 52361要求的进一步提高增大了散热器胶管的开发和生产难度。研究^[70]得出,用偶联剂处理的硅藻土与灯烟法炭黑并用,作过氧化物硫化体系EPDM补强剂生产的散热器胶管可满足VW TL 52361要求。张洪起等^[71]提出的过氧化物硫化体系EPDM散热器胶管配方为:EPDM,100;氧化锌,5~15;硬脂酸,0.5~1.5;聚乙二醇,2~4;防老剂445,0.5~2;防老剂MMBZ,0.5~2;炭黑N550,50~90;炭黑N990,20~50;乙烯基硅烷偶联剂处理的滑石粉,20~40;液体聚丁二烯,20~40;交联剂BIBP,2~4;助交联剂TAIC,0.5~1.3。该过氧化物硫化体系EPDM散热器胶管与硫黄硫化体系EPDM散热器胶管相比,不仅耐高温老化性能更优异,而且耐冷却液性能、电气绝缘性能和压变性能非常好,可以更好满足目前汽车用散热器胶管的要求。

5 结语

随着乙丙橡胶新品种的不断涌现,乙丙橡胶的应用越来越广泛,应用技术日益成熟,乙丙橡胶已能更好地满足现代科技进步对橡胶制品不断提高的要求,市场前景良好。

参考文献:

- [1] 谢忠麟.新一代EPDM——高VNB-EPDM[J].橡胶工业,2011,58(2):115-122.
- [2] Dees M, Van Duin M. Keltan High/Very High Molecular Weight EPDM With 5-vinyl-2-norbornene as Third Monomer[J]. Rubber World, 2009, 240(5):13-24.
- [3] Van Duin M, Dees M. Advantages of EPDM Rubber Products With a Third Monomer Part I: Improved Peroxide Curing Efficiency in Window Gasket Applications[J].

- Kautschuk Gummi Kunststoffe, 2008, 61 (5): 233-243.
- [4] Twigg C, Dees M, Van Duin M. Hot-Air Aging Characteristics of Peroxide-Cured EPDM Rubber with 5-vinyl-2-norbornene as Third Monomer [J]. Kautschuk Gummi Kunststoffe, 2010, 63 (10): 436-445.
- [5] Beelen H J H. High Performance EPDM Polymer Based on Controlled Long Chain Branching [J]. Kautschuk Gummi Kunststoffe, 1999, 52 (6): 406.
- [6] Meijers P W, Maag L R. Advances in EPDM Technology: Structure Determination as a Key to Improved Product Performance and Consistency [J]. Kautschuk Gummi Kunststoffe, 1999, 52 (10): 663-669.
- [7] Jourdain E P, Wouters G J. New Metallocene EPDMs for Expanded Attribute Range to Meet New Rubber Market Requirements [J]. Kautschuk Gummi Kunststoffe, 2009, 62 (10): 593-596.
- [8] Hofkens D, Meijers P, Meessen P, et al. An Ultra Low Viscosity EPM [J]. Rubber World, 2010, 243 (2): 27-32.
- [9] 刘川. 乙丙橡胶第三、第四单体研究进展 [J]. 石化技术, 2006, 13 (2): 52-56.
- [10] 齐兴国, 王进. 化学改性三元乙丙橡胶在聚合物中的应用概况 [J]. 弹性体, 2006, 16 (6): 69-73.
- [11] 李金玲, 赵孝伟, 关颖. 乙丙橡胶接枝改性技术 [J]. 弹性体, 2006, 16 (3): 35-40.
- [12] 马军, 冯予星. 三元乙丙橡胶/尼龙高性能弹性体结构与性能的研究 [J]. 高分子学报, 2000, (6): 727-731.
- [13] 邓本诚, 李俊山. 橡胶塑料共混改性 [M]. 北京: 中国石化出版社, 1996. 204-209.
- [14] 雷卫华, 王建华, 田野. MVQ-EPDM 并用胶及泡沫的热老化性能研究 [J]. 特种橡胶制品, 2005, 26 (3): 16-18.
- [15] Okuno S. Rubber Composition for Heavy Duty Power Transmission Belt and Heavy Duty Power Transmission Belt [P]. USA: USP 7189785, 2007-03-13.
- [16] 钱黄海, 张尧州. EVM/EPDM共混物的性能研究 [J]. 特种橡胶制品, 2007, 28 (6): 40-42.
- [17] Thomas S, Stephen R. Rubber Nanocomposites: Preparation, Properties, and Applications [M]. Singapore: John Wiley & Sons (Asia) Pte Ltd, 2010. 1-19.
- [18] 郑华, 姜菲, 王鑫. 改性纳米粒子增强三元乙丙橡胶研究最新进展 [A]. “东海橡胶杯”第五届全国橡胶制品技术研讨会论文. 宁波: 中国化工学会橡胶专业委员会, 2009. 31-39.
- [19] 李晓银, 翟月勤, 丛日新. 改性纳米粒子增强三元乙丙橡胶研究进展 [J]. 化工新型材料, 2008, 36 (10): 42-44.
- [20] 徐丽, 游长江, 莫海林, 等. 改性炭黑增强三元乙丙橡胶的力学性能与加工性能 [J]. 合成橡胶工业, 2007, 30 (3): 215-218.
- [21] 姜其斌, 贾德民, 杨军. GMA原位改性炭黑对EPDM胶料性能的影响 [J]. 橡胶工业, 2004, 51 (4): 205-208.
- [22] 武卫莉, 陈大俊. 团状模塑料增强三元乙丙橡胶 [J]. 华东理工大学学报 (自然科学版), 2006, 32 (6): 704-708.
- [23] 武卫莉, 陈大俊. DMC补强EPDM/MVQ并用胶的性能研究 [J]. 橡胶工业, 2004, 51 (4): 249-252.
- [24] 武卫莉, 陈大俊. 一种高分子合金刹车片的制备方法 [P]. 中国专利: CN 1695914, 2005-11-16.
- [25] Ibarra L. Properties of Elastomeric (EPDM) Matrix and Short Polyester (PET) Fibre Composites [J]. Kautschuk Gummi Kunststoffe, 1995, 48 (12): 860-864.
- [26] Estrin A S. Application of PBDMA for Enhancement of EPR Loaded with Chopped Fibers [J]. Rubber World, 2000, 222 (4): 39-42.
- [27] 岑兰, 廖俊杰, 陈福林, 等. 预处理棉短纤维/EPDM复合材料的性能研究 [J]. 橡胶工业, 2009, 56 (12): 727-730.
- [28] 岑兰, 徐运祺, 李福强, 等. 硅烷偶联剂处理棉短纤维及其对EPDM的增强作用 [J]. 广东橡胶, 2010, (5): 2-5.
- [29] 吴卫东, 朱新军, 钦焕宇, 等. 不同预处理尼龙短

- 纤维对三元乙丙橡胶基质的增强特性研究 [A]. 中国橡胶工业协会橡胶工业骨架材料中外技术论坛暨2008年度骨架材料专业委员会会员大会. 郑州: 2008. 250-254.
- [30] 苏丽丽, 张立群, 田明. 硅酸盐纳米短纤维增强三元乙丙橡胶复合材料的结构与性能 [J]. 合成橡胶工业, 2009, 32 (5): 395-399.
- [31] 张立群, 吴卫东, 田明, 等. 芳纶浆粕预处理方法 [P]. 中国专利: CN 1896369, 2007-01-17.
- [32] 吴卫东, 钦焕宇, 田明, 等. 芳纶浆粕纤维增强 EPDM 复合材料结构与性能的研究 [A]. 中国化工学会 (IESC) 2006年年会. 天津: 2006. 302-314.
- [33] Bhowmick A K. Current Topics in Elastomers Research [M]. New York: Taylor & Francis Group, 2008: 366-374.
- [34] 林浩, 赵冬梅, 程安仁. 短纤维对NR/BR胎面胶力学性能的影响 [J]. 世界橡胶工业, 2007, 34 (9): 13-16.
- [35] 王伟, 马国富. 相容剂对EPDM/Kevlar浆粕复合材料性能的影响 [J]. 橡胶工业, 2003, 50 (10): 585-588.
- [36] Keromnes L, Defrancisc A. SP and CST Technologies—a New Generation of Cost Saving Curatives in Rubber Processing [A]. 168th Rubber Division ACS. Pittsburgh PA: 2005. No. 14.
- [37] Grima M, Eriksson J G. Property Improvement in Peroxide Pulcanization: A Synergistic Concept of Co-Agents for Scorch Delay [J]. Kautschuk Gummi Kunststoffe, 2007, 60 (3): 235-240.
- [38] Estrin A S, Nalepa R W. Maleinized Polybutadiene Latex for Fiber to Rubber Adhesion [A]. 155th Rubber Division ACS: Chicago: 1999. No. 51.
- [39] Pelton D A. Adhesive Composition for Adhering Textiles to EPDM Rubber [P]. USA: USP 7256235, 2007-04-14.
- [40] Klang J A, Burke J S. Method for Adhering Fabric to Rubber, Treated Fabric, and Fabric-Rubber Composites [P]. European: EP 1745079, 2007-01-24.
- [41] Burlett D J. Power Transmission Belt and Cord Adhesive System and Adhesion Method [P]. USA: USP 7824284, 2010-11-02.
- [42] Hasaka H. Method of Bonding an Ethylene-Alpha-Olefin Rubber Composition to a Fiber Cord and a Fiber Cord-Rubber Laminate Made According to the Method [P]. USA: USP 6607828, 2003-08-19.
- [43] Wood D B, Burrowes T. Elastomeric Compound [P]. USA: USP 7759427, 2010-07-20.
- [44] Richard W T. Improved Adhesion of EPDM Sulfur Vulcanizates to RFL-Treated Fabrics [J]. Rubber Chemistry and Technology, 1982, 55 (5): 1516-1530.
- [45] Ronald E D, Labriola J M. Adhesion Promoting Using Maleated Liquid Polybutadiene Resins in Rubber Compounds [A]. 139th Rubber Division ACS. Canada: 1991. No. 48.
- [46] O'Rourke S. Additive Offers Better Rubber-to-Reinforcement Adhesion and Eliminates Hazardous Chemicals [J]. Rubber World, 2007, 238 (4): 14.
- [47] Hewitt N L. Adhesion Systems for Belts and Hose [A]. 155th Rubber Division ACS. Chicago: 1999. No. 50.
- [48] Janssen H. Interfacial Aspects Relating to the Adhesion of Polyester and Aramid to EPDM and HNBR Rubber [J]. Kautschuk Gummi Kunststoffe, 1995, 48 (9): 622-624.
- [49] Bryan G C. Handbook of Rubber Bonding [M]. Shropshire: Rapra Technology Ltd, 2003. 215-220.
- [50] 虞宇力, 彭宗林, 张隐西, 等. 甲基丙烯酸锌对EPDM的补强作用 [J]. 橡胶工业, 2001, 48 (9): 55-62.
- [51] Wysocki C. Reinforcement of Ethylene Propylene Rubber (EPR) and Ethylene Propylene Diene Rubber (EPDM) by Zinc Dimethacrylate [D]. Akron: The Graduate Faculty of The University of Akron, 2006.
- [52] Peng Z L, Liang X, Zhang Y X, et al. Reinforcement of EPDM by in Situ Prepared Zinc Dimethacrylate [J]. Journal of Applied Polymer Science, 2002, 84: 1339-1345.
- [53] Henning S K. The Use of Coagents in the Radical

- Cure of Elastomers [J]. Wire & Cable Technology International, 2008, (5): 58-63.
- [54] Fujiwara K. Power Transmission Belt [P]. USA: USP 6358170, 2002-03-19.
- [55] Mazzant G, Montanari G C. A Comparison Between XLPE and EPDM as Insulating Materials for HV Cables [J]. IEEE Transactions on Power Delivery, 1997, 12 (1): 15-28.
- [56] Dharmarajan N R, Ravishankar P S. Electrical Devices Including Ethylene, α -Olefin, Vinyl Norbornene Elastomeric Polymers [P]. USA: USP 5674613, 1997-10-07.
- [57] Dharmarajan N R, Ravishankar P S. Advanced EPDM for Wire and Cable Applications [J]. Rubber World, 1998, 219 (3): 23-30.
- [58] Mark F W. Insulation Compounds Based on Blends of EPM and EPDM for Wire and Cable [J]. Rubber World, 2010, 242 (2): 18-27.
- [59] George J P. Blends of EPDM and Metallocene Plastomers for Wire and Cable Applications [P]. USA: USP 7750080, 2010-06-06.
- [60] Canaud C, Sens M A, Visconte L L Y, et al. EPDM Formulations for Electric Wires and Cables [J]. Kautschuk Gummi Kunststoffe, 2001, 54 (1): 56-60.
- [61] 姚明明, 吴道虎. 辐射硫化耐高电压乙丙橡胶绝缘料的开发 [J]. 合成橡胶工业, 1999, 22 (3): 171-173.
- [62] 张运强, 张立群, 王振华, 等. 高耐热乙丙橡胶复合材料的制备与性能 [J]. 特种橡胶制品, 2009, 30 (3): 14-17.
- [63] 田明, 张运强, 张立群. 一种高耐热输送带覆盖层用橡胶复合材料 [P]. 中国专利: CN 101250305, 2008-08-27.
- [64] Watanabe H. Rubber Composition for Conveyer Belt and Conveyer Belt [P]. JPN: JP 200534520, 2005-11-10.
- [65] 陶小明, 包志方. 一种耐高温输送带 [P]. 中国专利: CN 101028888, 2007-09-05.
- [66] Yarnell L, South B E. Ethylene-Alpha-Olefin Belting [P]. USA: USP 5610217, 1997-03-11.
- [67] 陆文龙. 盖茨汽车V带的使用 [J]. 汽车维修与保养, 2009, (3): 70-72.
- [68] 谢忠麟. 汽车用胶管的技术进展 [J]. 橡胶工业, 2007, 54 (2): 114-123.
- [69] 周冰. 过氧化物硫化的EPDM汽车散热器胶管配方 [J]. 橡胶工业, 2003, 50 (2): 81-84.
- [70] Oggermüller H, Risch A. Optimale Füllstoffauswahl für KÜHlerschluche Nach Volkswagen TL 52361 [J]. Gummi Fasern Kunststoffe, 2001, 54 (2): 103-108.
- [71] 张洪起, 张桂林. 过氧化物硫化散热器胶管配方 [P]. 中国专利: CN 101812204, 2010-08-25.

New Grades and Application Development of Ethylene Propylene Rubber (II)

Wu Yizhen

(Wuxi Belt Co., Ltd., Wuxi 214176, China)

Abstract: The development of new grades and application technology of ethylene propylene rubber in recent years is summarized. The 5-vinyl-2-norbornene EPDM (VNB-EPDM), controlled long-chain branched EPDM, bimodal EPDM, liquid EPDM and quadripolymer EPDM are introduced. The modification technologies of ethylene propylene rubber include chemical modification, blending and reinforcement. Ethylene propylene rubber is more and more widely used in applications such as rubber insulation in medium to high voltage cable, high heat-resistant conveyor belt, automotive belt, automotive sealing and automotive radiator hose.

Keywords: ethylene propylene rubber; modification; rubber insulated cable; rubber hose; rubber belt