

# 三元乙丙橡胶胶料抗穿刺性能的研究

肖程远,谭莲影,陈晓艳,顿跟虎,周承龙

(株洲时代新材料科技股份有限公司,湖南 株洲 412007)

**摘要:**研究生胶、硫化体系、炭黑、无机填料、软化剂对三元乙丙橡胶(EPDM)抗穿刺性能的影响。结果表明,采用高乙烯含量的EPDM和过氧化物硫化体系,添加粒径小和结构度高的炭黑、粒径小和片层结构的填料和少量石蜡油2280可提高EPDM的抗穿刺性能。

**关键词:**三元乙丙橡胶;抗穿刺性能;过氧化物硫化体系;炭黑;石蜡油

**中图分类号:**TQ333.4 **文献标志码:**A **文章编号:**2095-5448(2018)03-32-03

三元乙丙橡胶(EPDM)的分子结构特点使其性能独特,具有耐老化性能、耐化学介质性能、耐热水/水蒸气性能、电绝缘性能、冲击弹性、低温性能优异以及低密度、高填充的特点。这些特点决定了其在纯橡胶制品领域的应用将越来越广泛。国内外对EPDM性能的研究很多,但对其抗穿刺性能的研究较少。本工作探讨EPDM胶料组分对其抗穿刺性能的影响,以为后续相关工作提供支持。

## 1 实验

### 1.1 主要原材料

EPDM, 牌号7001和2502, 美国埃克森美孚公司产品; 牌号4725P, 美国陶氏化学公司产品; 牌号5470C, 2650, 9950C, 德国朗盛公司产品; 牌号9090M, 日本三井化学公司产品。硫化剂DCP, 上海高桥石油化工公司产品。石蜡油2280, 美国SUNPAR公司产品。

### 1.2 主要设备和仪器

160×320型开炼机, 上海橡胶机械厂产品; Y33-50A型平板硫化胶, 萍乡九州精密压机有限公司产品; 电子万能试验机, 深圳市三思科技开发有限公司产品。

### 1.3 性能测试

穿刺强度按科技基[2009]88号《客运专线铁路

CRTS II型板式无砟轨道高强度挤塑板暂行技术条件》附录A测试。试样在不受拉伸的情况下夹在两圆板之间, 用环形夹具牢固固定在拉伸测试仪上, 与荷载指示器连接的一根实心金属棒对试样未被支撑部分的中心施加力, 直到试样被金属棒完全刺穿, 所施加的最大力就是试样的穿刺强度。

## 2 结果与讨论

### 2.1 EPDM

EPDM的乙烯含量和第三单体亚乙基降冰片烯(ENB)含量如表1所示, 各牌号EPDM胶料的抗穿刺性能如图1所示。

从图1可以看出: EPDM对胶料抗穿刺性能的影响较大, 胶料抗穿刺性能优劣的EPDM牌号顺序为7001, 4725P, 5470C, 9950C, 9090M, 2650, 2502。该顺序与EPDM的乙烯含量和ENB含量有关, 乙烯含量越大, 胶料的穿刺强度总体越大。

### 2.2 硫化体系

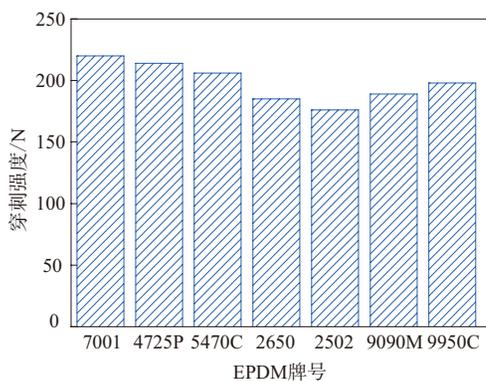
硫化体系对EPDM(牌号7001, 下同)胶料抗穿刺性能和硫化最大转矩与最小转矩差( $F_{\max} - F_L$ )的影响分别如图2和3所示。图中1—5号硫化体系分别为硫黄硫化体系(硫黄 2.2)、半有效硫化体系(硫黄/促进剂TMTD 1.5/0.8)、有效硫化体系(硫黄/促进剂TMTD 0.8/1.6)、过氧化物硫化体系(硫化剂DCP/助交联剂TAIC 4/2)、过氧化物/硫黄硫化体系(硫黄/硫化剂DCP/助交联剂TAIC 0.3/3/1.5)。

从图2可以看出, 与硫黄硫化体系、半有效硫

**作者简介:**肖程远(1986—), 男, 山东海阳人, 株洲时代新材料科技股份有限公司工程师, 学士, 主要从事橡胶制品的配方设计与工艺管理工作。

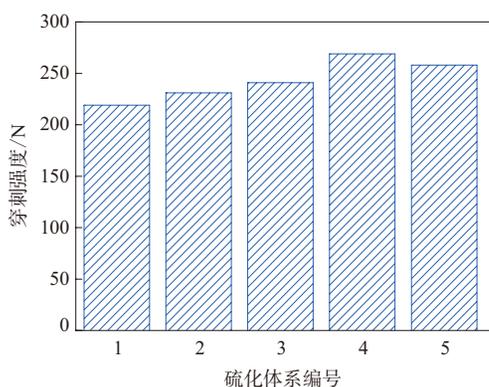
表1 各牌号EPDM的乙烯含量和ENB含量

项 目	EPDM牌号						
	7001	4725P	5470C	2650	2502	9090M	9950C
乙烯质量分数	0.73	0.70	0.66	0.53	0.25	0.40	0.44
ENB质量分数	0.050	0.050	0.046	0.060	0.042	0.140	0.090



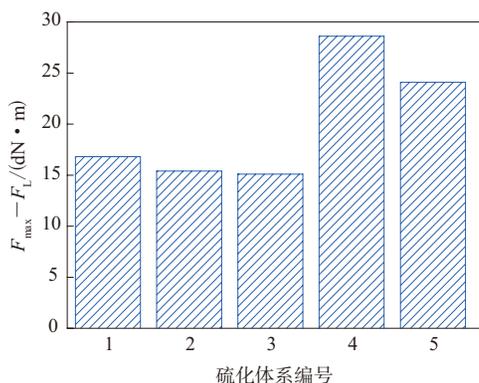
胶料配方为EPDM 100, 炭黑N550 45, 氧化锌 5, 硬脂酸 1, 硫黄 0.8, 促进剂TMTD 2.5; 硫化条件为170 °C × 10 min。

图1 不同牌号EPDM胶料的穿刺强度



胶料配方其他组分和用量为EPDM 100, 炭黑N550 45, 氧化锌 5, 硬脂酸 1; 硫化条件为170 °C × 10 min。

图2 硫化体系对EPDM胶料穿刺强度的影响



胶料配方其他组分和用量同图2; 硫化特性测试温度为170 °C。

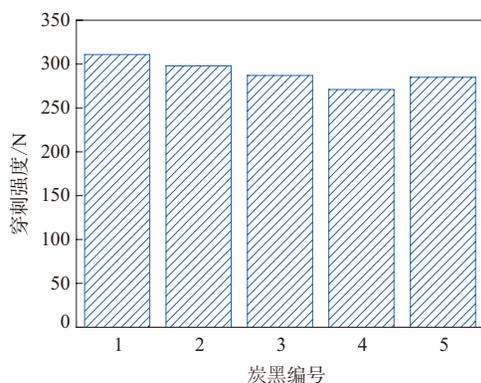
图3 硫化体系对EPDM胶料 $F_{\max} - F_L$ 的影响

化体系、有效硫化体系胶料相比, 过氧化物硫化体系和过氧化物/硫黄硫化体系胶料的抗穿刺性能更好。这是因为过氧化物硫化体系反应活性高, 生成的C—C键键能比单硫键、双硫键或多硫键键能更高, 稳定性更好。

$F_{\max} - F_L$ 可表征胶料的交联程度。从图3可以看出, 过氧化物硫化体系胶料的 $F_{\max} - F_L$ 最大, 即交联密度最大的胶料穿刺强度最大。因此, 选择交联键键能高的过氧化物硫化体系提高胶料的交联密度, 对改善胶料的抗穿刺性能有积极的作用。

### 2.3 补强填充体系

EPDM一般以炭黑为主要填料, 炭黑种类对胶料抗穿刺性能的影响如图4所示。图中1—5号炭黑分别为炭黑N234、低滞后炭黑、炭黑N330、炭黑N550、炭黑N219。

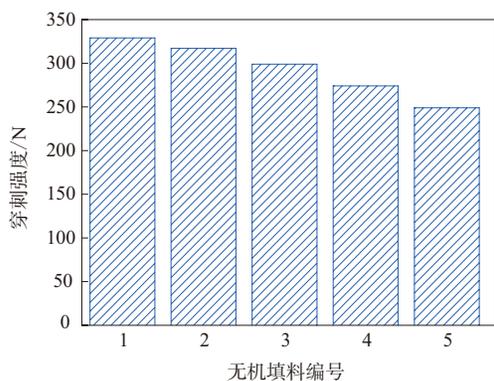


胶料配方为EPDM 100, 炭黑 45, 氧化锌 5, 硬脂酸 1, 硫化剂DCP 4, 助交联剂TAIC 2; 硫化条件为170 °C × 10 min。

图4 炭黑种类对EPDM胶料穿刺强度的影响

从图4可以看出: 炭黑N234胶料的穿刺强度最大, 原因是炭黑N234的比表面积和结构度均很高, 补强性好; 炭黑N550胶料的穿刺强度最小; 炭黑N219胶料的抗穿刺性能仅略优于炭黑N550胶料, 原因是炭黑N219的粒径虽然小, 但结构度偏低。因此, 粒径小、结构度高的炭黑对提高胶料的抗穿刺性能效果较好。

在EPDM中经常填充大量的无机填料。无机填料种类对胶料抗穿刺性能的影响如图5所示。



胶料配方为EPDM 100,炭黑N234 45,无机填料 30,氧化锌 5,硬脂酸 1,硫化剂DCP 4,助交联剂TAIC 2;硫化条件为170℃×10 min。

图5 无机填料种类对EPDM胶料穿刺强度的影响

图中1—5号填料分别为强威粉、白炭黑(硅烷偶联剂处理)、云母粉、陶土、轻质碳酸钙。

从图5可以看出:强威粉胶料的穿刺强度最大,原因是强威粉粒径小,具有纳米材料所特有的小尺寸效应,与橡胶分子形成淤渗作用<sup>[1]</sup>,加之强威粉独特的片层结构,提高了胶料的抗穿刺性能;白炭黑胶料的穿刺强度居第2,原因是白炭黑表面经硅烷偶联剂处理,提高了其与橡胶的亲合力、湿润性和相容性,使其与橡胶大分子的界面作用增强,白炭黑与橡胶间形成了网状结构<sup>[2]</sup>;云母粉胶料的穿刺强度居第3,这与云母粉片层结构有关,但云母粉与EPDM的亲合性及在胶料中的分散性仍有待提高;轻质碳酸钙胶料的穿刺强度最小,这在于轻质碳酸钙仅起填充作用。因此,选择小粒径、片层结构的填料对胶料抗穿刺性能较好。

#### 2.4 软化剂

软化剂能增大橡胶分子间距离,减弱分子间

作用力,大量添加软化剂对胶料抗穿刺性能不利,但少量的软化剂能改善填料在橡胶中的分散,对提高胶料抗穿刺性能有利。石蜡油与EPDM相容性较好,添加石蜡油2280,300,1535胶料的穿刺强度分别为346,336,319 N(胶料配方为EPDM 100,炭黑N234 45,强威粉 30,氧化锌 5,硬脂酸 1,石蜡油 10,硫化剂DCP 4,助交联剂TAIC 2;硫化条件为170℃×10 min)。由此可见,加有石蜡油2280胶料的穿刺强度最大,优质石蜡油300胶料次之,石蜡油1535胶料最小。

#### 3 结论

(1) EPDM乙烯含量越大,胶料的抗穿刺性能越好。

(2) 交联键能高的过氧化物硫化体系可提高EPDM胶料的交联密度,对改善胶料的抗穿刺性能有积极的作用。

(3) 粒径小、结构度高的炭黑和粒径小、片层结构的无机填料对提高胶料的抗穿刺性能较好。

(4) 加入少量软化剂能改善填料在胶料中的分散性,石蜡油2280对提高胶料的抗穿刺性能效果较好。

#### 参考文献:

- [1] 陈国栋. 强威粉在改善减震衬套性能中的应用[A]. 2010年泛长三角地区橡胶技术交流暨信息发布会. 上海:2010:216-220.
- [2] 陈平,黄自华,姜其斌. 减振橡胶动静刚度比研究[J]. 特种橡胶制品,2012,33(6):37-40.

收稿日期:2017-07-08

## Study on Anti-puncture Performance of EPDM Compound

XIAO Chengyuan, TAN Lianying, CHEN Xiaoyan, JIE Genhu, ZHOU Chenglong

(Zhuzhou Times New Material Technology Co., Ltd, Zhuzhou 412007, China)

**Abstract:** The effects of raw rubber material, vulcanization system, carbon black, inorganic filler and softening agent on the anti-puncture performance of ethylene propylene diene monomer rubber (EPDM) were studied. The results showed that the anti-puncture property of the compound could be improved by using high vinyl content EPDM, peroxide vulcanization system, high structure carbon black with small particle size, fillers with small particle size and lamellar structure, and small amount of paraffin oil 2280.

**Key words:** EPDM; anti-puncture performance; peroxide vulcanization system; carbon black; paraffin oil