改性凯孚碳素在工程机械轮胎胎体帘布胶中的应用

翁国文[1],杨 柳[2],徐明政[2],陈忠生[3],韦邦风[3]

(1.徐州工业职业技术学院,江苏 徐州 221140;2.江苏凯孚碳素科技有限公司,江苏 徐州 221000;3.徐州徐轮橡胶有限公司,江苏 徐州 221000)

摘要:研究改性凯孚碳素作为补强剂在工程机械轮胎胎体帘布胶中的应用。结果表明:填充改性凯孚碳素的工程机械轮胎胎体帘布胶的硫化特性与填充炭黑N660和N774的胶料基本相近,拉伸强度比填充炭黑N660的胶料小,与填充炭黑N774的胶料相近,拉断伸长率大,压缩疲劳温升比填充炭黑N660和N774的胶料低,回弹值比填充炭黑N660的胶料高;炭黑N660/干法改性凯孚碳素填料并用(并用比为1/1)可等量替代工程机械轮胎胎体帘布胶料中的炭黑N774,胶料的性能与填充炭黑N774的胶料接近且符合企业的控制指标要求。

关键词:改性凯孚碳素;炭黑;工程机械轮胎;胎体帘布胶;硫化特性

中图分类号:TQ330.38^{+}3;TQ336.1 **文章编号**:2095-5448(2021)11-0544-04

文献标志码:A **DOI**:10.12137/j.issn.2095-5448.2021.11.0544

OSID开放科学标识码(扫码与作者交流)

凯孚碳素是一种干燥精细层片状结构的粉体,粒度在8.8 μm以上,由低挥发沥青质煤炭制造而成,制造方法主要有干法和湿法2种。凯孚碳素可以明显提高胶料的气密性。像其他填料一样[1],凯孚碳素可用表面活性剂、偶联剂等进行改性,改性凯孚碳素具有较好的补强性能,可部分替代炭黑N660或炭黑N770系列。改性凯孚碳素是一种低密度(密度小于1.08 Mg·m^{-3})填料,其密度比炭黑(密度为1.80 Mg·m^{-3})和轻质碳酸钙、高岭土等无机填料(密度为2.6~2.8 Mg·m^{-3})小,有利于降低胶料体积成本。改性凯孚碳素中含有质量分数为0.2左右的特性油物质(非芳烃油),该特性油物质可以起到分散剂的作用,有助于改性凯孚碳素在胶料中的分散,同时可以缩短混炼时间。

本工作主要研究改性凯孚碳素在工程机械轮胎胎体帘布胶中的应用情况。

作者简介:翁国文(1965—),男,江苏东台人,徐州工业职业技术学院教授,硕士,主要从事橡胶配方及工艺教学与研究工作。

E-mail:rubberwgw@163.com

1 实验

1.1 主要原材料

天然橡胶(NR),牌号SCR5,海南省农垦投资控股集团有限公司产品;炭黑N660和N774,上海卡博特化工有限公司产品;改性凯孚碳素,江苏凯孚碳素科技有限公司产品。

1.2 试验配方

选择工程机械轮胎胎体帘布胶配方为基础试验配方,配方组分及用量为NR 100,炭黑N330 20,氧化锌 5,硬脂酸 1.5,防老剂RD 1,防老剂4010NA 1,松香油 7,古马隆树脂 4,促进剂CBS 0.9,促进剂TMTD 0.05,硫黄 2.4,试验填料(变品种) 20。

1.3 主要设备和仪器

XK-160型开炼机,无锡市第一橡塑机械有限公司产品;YXE-25D型平板硫化机,上海西玛伟力橡塑机械有限公司产品;GT-M2000A型无转子硫化仪、GT-7080-S2型门尼粘度计、GT-7017型老化试验箱、RH-2000N型压缩生热机和GT-7042-RE型弹性冲击试验仪,高铁检测仪器(东莞)有限公司产品。

1.4　性能测试

按照GB/T 1232.1—2016测定胶料门尼粘度，按照GB/T 16584—1996测定胶料硫化曲线，按照GB/T 531.1—2008测定胶料邵尔A型硬度，按照GB/T 528—2009测定胶料拉伸性能，按照GB/T 529—2008测定胶料抗撕裂性能，按照GB/T 1681—2009测定胶料冲击弹性，按照GB/T 1687.3—2016测定胶料压缩疲劳温升，按照GB/T 3512—2014测定胶料耐老化性能。

2　结果与讨论

2.1　硫化特性

考察干法和湿法改性凯孚碳素、炭黑N660、炭黑N774和炭黑N660/干法改性凯孚碳素并用（并用比为1/1，后表中简称炭黑/碳素并用）在工程机械轮胎胎体帘布胶中的应用，在143 ℃下测定胶料硫化特性。填料及组合对工程机械轮胎胎体帘布胶硫化特性的影响如表1所示。

表1　填料及组合对工程机械轮胎胎体帘布胶硫化特性的影响

项　目	改性凯孚碳素		炭黑N660	炭黑N774	炭黑/碳素并用
	干法	湿法			
F_L/(dN·m)	0.67	0.81	1.10	1.27	0.97
F_{max}/(dN·m)	30.30	30.77	32.90	31.30	32.08
t_{10}/min	2.77	2.77	2.75	2.78	2.75
t_{90}/min	11.88	11.83	11.88	11.73	11.90

从表1可以看出：湿法改性凯孚碳素填充胶料的F_L和F_{max}比干法改性凯孚碳素填充胶料大，表明湿法改性凯孚碳素结构性略高、粒径略小，但无论是干法还是湿法改性凯孚碳素填充胶料的F_L和F_{max}均小于炭黑N660和炭黑N774填充胶料，这与改性凯孚碳素在结构性和表面活性方面不如炭黑N660和炭黑N774有关；4种胶料的t_{10}和t_{90}基本相近，说明改性凯孚碳素对胶料的焦烧特性和硫化速率影响不大；炭黑N660/干法改性凯孚碳素并用填充胶料的硫化特性介于两并用组分分别填充胶料之间。

2.2　物理性能

填料及组合对工程机械轮胎胎体帘布胶物理性能的影响如表2所示。

表2　填料及组合对工程机械轮胎胎体帘布胶物理性能的影响

项　目	改性凯孚碳素		炭黑N660	炭黑N774	炭黑/碳素并用
	干法	湿法			
密度/(Mg·m^{-3})	1.084	1.084	1.096	1.092	1.087
邵尔A型硬度/度	55	56	55	54	55
100%定伸应力/MPa	1.52	1.65	1.85	1.65	1.64
300%定伸应力/MPa	4.18	4.56	5.70	4.93	4.78
拉伸强度/MPa	24.58	24.91	26.11	25.38	25.76
拉断伸长率/%	692	676	655	660	678
拉断永久变形/%	25	30	35	40	50
撕裂强度(直角形)/(kN·m^{-1})	50	49	65	52	57
回弹值/%	47	47	45	50	46

注：硫化条件为143 ℃×t_{90}。

从表2可以看出：湿法改性凯孚碳素填充胶料的拉伸强度比干法改性凯孚碳素填充胶料略高一些，但均比炭黑N774填充胶料略小，炭黑N660填充胶料的拉伸强度最大，补强效果最好；改性凯孚碳素填充胶料的拉断伸长率比炭黑填充胶料大，拉断永久变形比炭黑填充胶料小；炭黑N660/干法改性凯孚碳素并用填充胶料的拉伸性能基本介于两并用组分分别填充胶料之间；改性凯孚碳素填充胶料的回弹值比炭黑N660填充胶料大，但比炭黑N774填充胶料小。综上所述，炭黑N660/干法改性凯孚碳素并用填充胶料的物理性能与炭黑N774填充胶料相近，炭黑N660/干法改性凯孚碳素并用可以完全替代或部分替代炭黑N774。

从表2还可以看出，改性凯孚碳素填充胶料的密度比炭黑填充胶料小，可降低胶料体积成本，具有较好的经济效益。

2.3　耐老化性能

填料及组合对工程机械轮胎胎体帘布胶耐老化(100 ℃×24 h)性能的影响如表3所示。

从表3可以看出：热老化后改性凯孚碳素填充胶料的定伸应力和拉伸强度不如炭黑N660和炭黑N774填充胶料，拉断伸长率大于炭黑填充胶料，炭

表3 填料及组合对工程机械轮胎胎体帘布胶耐老化性能的影响

项目	改性凯孚碳素		炭黑N660	炭黑N774	炭黑/碳素并用
	干法	湿法			
邵尔A型硬度/度	58	59	60	60	60
邵尔A型硬度变化/度	+3	+3	+5	+6	+5
100%定伸应力/MPa	1.97	2.07	2.35	2.11	2.21
300%定伸应力/MPa	5.76	5.74	7.66	6.56	6.37
拉伸强度/MPa	25.62	25.41	27.17	26.49	25.76
拉伸强度变化率/%	+4.23	+2.01	+4.06	+4.37	0
拉断伸长率/%	627	627	599	614	614
拉断伸长率变化率/%	−9.39	−7.25	−8.55	−6.97	−9.44

黑N660/干法改性凯孚碳素并用填充胶料的耐老化性能介于炭黑填充胶料和改性凯孚碳素填充胶料之间。几种填料填充胶料老化后的性能变化趋势相同，老化类型为结构化老化，表现为硬度和拉伸强度增大，拉断伸长率下降；湿法改性凯孚碳素填充胶料的耐老化性能稍好于干法改性凯孚碳素填充胶料，这与湿法改性凯孚碳素中杂质含量小有关。炭黑N660/干法改性凯孚碳素并用填充胶料的耐老化性能接近炭黑N774填充胶料。

2.4 压缩生热性能

压缩生热性能是轮胎胎体帘布胶的一个重要性能指标[2-4]，填料及组合对工程机械轮胎胎体帘布胶压缩生热性能的影响如表4所示。

表4 填料及组合对工程机械轮胎胎体帘布胶压缩生热性能的影响 ℃

项目	改性凯孚碳素		炭黑N660	炭黑N774	炭黑/碳素并用
	干法	湿法			
最终温度	71.1	73.3	74.5	73.8	73.7
温升	16.1	18.3	19.5	18.8	18.7

从表4可以得出，干法改性凯孚碳素和湿法改性凯孚碳素填充胶料的温升比炭黑N660和炭黑N774填充胶料小，其中干法改性凯孚碳素填充胶料的温升最小，炭黑N660/干法改性凯孚碳素并用填充胶料的温升基本与炭黑N774填充胶料相近。

2.5 应用试验

采用某工厂中工程机械轮胎胎体帘布胶配方为原配方，配方组分及用量为NR 100，炭黑N330 15，炭黑N774 35，氧化锌 5，硬脂酸 1，增粘剂BN 1，防老剂RD 4，防老剂4010NA 1.5，松焦油 7，硫黄 2.4，促进剂CBS 0.9，促进剂TMTD 0.05。试验配方采用炭黑N660/干法改性凯孚碳素并用(并用比为1/1)等量完全替代原配方中的炭黑N774。

胶料性能对比如表5所示。

表5 胶料性能对比

项目	原配方	试验配方	企业指标
门尼粘度[ML(1+4)100 ℃]	23	22	
硫化特性(143 ℃)			
F_L/(dN·m)	2.33	2.25	
F_{max}/(dN·m)	15.67	16.99	
t_{10}/min	2.52	2.55	
t_{90}/min	5.58	5.80	
邵尔A型硬度/度	60	60	
300%定伸应力/MPa	9.12	8.82	8～10
拉伸强度/MPa	26.71	26.49	≥24
拉断伸长率/%	580	570	≥450
撕裂强度(直角型)/(kN·m^{-1})	82	81	≥75
回弹值/%	43	45	≥40
压缩疲劳温升/℃	23.6	21.0	≤30
100 ℃×24 h老化后			
邵尔A型硬度/度	66	66	
300%定伸应力/MPa	12.02	11.49	
拉伸强度/MPa	27.89	27.12	
拉断伸长率/%	509	477	

注：同表2。

从表5可以看出，试验配方胶料的性能比原配方胶料略低，但基本接近，且符合企业的控制指标要求。

3 结论

(1)改性凯孚碳素填充胶料的硫化特性中F_L和F_{max}都小于炭黑N660和炭黑N774填充胶料，t_{10}和t_{90}基本相近。

(2)改性凯孚碳素填充胶料的拉伸强度比炭黑N660填充胶料小，与炭黑N774填充胶料相近，拉断伸长率大，拉断永久变形小。

(3)炭黑N660/干法改性凯孚碳素并用填充胶

料的性能与炭黑N774填充胶料基本相同。

(4)湿法改性凯孚碳素填充胶料的物理性能和耐老化性能比干法改性凯孚碳素填充胶料略好。

(5)改性凯孚碳素填充胶料的压缩疲劳温升比炭黑N660和炭黑N774填充胶料小。

(6)改性凯孚碳素填充胶料的密度比炭黑填充胶料小。

(7)改性凯孚碳素填充胶料的弹性比炭黑N660填充胶料好。

(8)采用炭黑N660/干法改性凯孚碳素并用(并用比为1/1)等量完全替代工程机械轮胎胎体帘布胶原生产配方中的炭黑N774,胶料的性能与原配方胶料基本接近,且符合企业的控制指标。

参考文献:

[1] 刘华侨,顾培霜,朱家顺,等. 新型硅烷偶联剂NXT的应用研究[J]. 橡胶工业,2020,67(5):366-370.

[2] 马浩,张明. SSBR2530在载重斜交轮胎胎体配方中的应用[J]. 轮胎工业,2008,28(10):607-609.

[3] 王浩,王日国,葛怀涛,等. 天然橡胶/稀土顺丁橡胶/反式丁戊橡胶并用高性能缺气保用轮胎胎侧支撑胶的结构与性能[J]. 高分子通报,2021(1):54-60.

[4] 陈忠强.橡塑增强剂YP-05在轮胎胎体帘布胶中的应用[J].橡胶科技,2018,16(11):35-37.

收稿日期:2021-05-24

Application of Modified Kaifu Carbon Filler in Carcass Ply Compound of OTR Tire

WENG Guowen[1], *YANG Liu*[2], *XU Mingzheng*[2], *CHEN Zhongsheng*[3], *WEI Bangfeng*[3]

(1. Xuzhou College of Industry Technology, Xuzhou 221140, China; 2. Jiangsu Kaifu Carbon Technology Co., Ltd, Xuzhou 221000, China; 3. Xuzhou Armour Rubber Co., Ltd, Xuzhou 221000, China)

Abstract: The application of modified Kaifu carbon filler as reinforcing agent in the carcass ply compound of OTR tire was studied. The results showed that the vulcanization characteristics of the carcass ply compound of OTR tire filled with modified Kaifu carbon filler were similar to those of the compounds filled with carbon black N660 or N774, the tensile strength was lower than that of the compound filled with carbon black N660, similar to that of the compound filled with carbon black N774, the elongation at break was higher, the compression fatigue temperature rise was lower than that of the compound filled with carbon black N660 or N774, and the rebound value was higher than that of the compound filled with carbon black N660. The blend of carbon black N660 and dry process modified Kaifu carbon filler at the ratio of 1/1 could replace the carbon black N774 in the same amount in carcass ply compound of OTR tire, the properties of the compound were close to those of the compound filled with carbon black N774, and met the requirements of the control index of the enterprise.

Key words: modified Kaifu carbon filler; carbon black; OTR tire; carcass ply compound; vulcanization characteristics

声　明

《橡胶工业》《轮胎工业》《橡胶科技》均不收取审稿费。任何机构、个人以任何名义向作者收取审稿费均为诈骗行为。请广大作者互相转告,勿信诈骗信息。作者投稿请直接登录官网(www.rubbertire.com.cn),在投稿系统中可查询稿件录用结果。有任何疑问请及时与编辑部联系。