

产品·设计

36.00R51阻燃巨型工程机械子午线轮胎的研制

王传铸, 赵君, 王银竹, 殷洪鑫, 刘利民

[泰凯英(青岛)专用轮胎技术研究开发有限公司, 山东 青岛 266100]

摘要:介绍36.00R51阻燃巨型工程机械子午线轮胎的研制。针对渣包车使用工况特点,使用十溴二苯醚、硼酸锌、三氧化二锑阻燃材料的阻燃胎面胶和胎侧胶的氧指数达到24%以上,阻燃性能大幅提高;采用阻燃胎面胶和胎侧胶试制的36.00R51阻燃巨型工程机械子午线轮胎可有效防止高温废渣水灼烧轮胎引起的轮胎燃烧失效,其平均使用寿命达到154 d,比竞品轮胎的使用寿命延长40%,还降低了轮胎的使用成本和渣包车运输过程中的安全风险。

关键词:巨型工程机械子午线轮胎;渣包车;阻燃;胎面胶;胎侧胶;配方

中图分类号:TQ336.1

文献标志码:A

文章编号:1000-890X(2022)06-0455-04

DOI:10.12136/j.issn.1000-890X.2022.06.0455



OSID开放科学标识码
(扫码与作者交流)

渣包车是一种冶金渣水的专用运输车,属于特殊用途工程机械车辆,主要用于运输温度为1100~1300℃的废渣水^[1-2]。由于渣包车轮胎在使用过程中胎面和胎侧极易被高温渣水灼烧而引起轮胎燃烧失效,导致轮胎的使用寿命短和车辆的运输成本高^[3];此外,轮胎燃烧失效极易导致轮胎爆破而使高温废渣水倾泻出来,造成极大的安全事故^[4]。

市场调研结果显示,某型号渣包车配套国际某知名品牌36.00R51巨型工程机械子午线轮胎,用于运输冶炼后的高温渣水,其轮胎在使用过程中全部燃烧失效,平均寿命仅2~4个月,而花纹磨损不到5%,轮胎的使用成本极高。针对此特殊工况特点,我公司设计阻燃胎面胶和胎侧胶配方^[5-9],并对轮胎材料分布进行优化设计,开发了36.00R51阻燃巨型工程机械子午线轮胎,将其使用寿命延长到4个月以上,满足了客户需求。现将产品设计情况简介如下。

1 实验

1.1 主要原材料

天然橡胶(NR),STR20,泰国进口产品;顺丁橡胶(BR),牌号9000,中国石化北京燕山石油化工有限公司产品;丁苯橡胶(SBR),牌号1502,德国朗盛公司产品;炭黑N220和N330,江西黑猫炭黑股份有限公司产品;白炭黑,罗地亚白炭黑(青岛)有限公司产品;十溴二苯醚、硼酸锌和三氧化二锑,济南泰星精细化工有限公司产品。

1.2 配方

常规胎面胶配方:NR 80, SBR 20, 炭黑N220 60, 氧化锌 3, 防老剂4020/RD 3.5, 促进剂TBBS/硫黄 2.7, 其他 3.5。

阻燃胎面胶配方:NR 80, SBR 20, 炭黑N220 35, 白炭黑 20, 氧化锌 3, 防老剂4020/RD 3.5, 十溴二苯醚/硼酸锌/三氧化二锑 38, 促进剂TBBS/硫黄 2.9, 其他 3.5。

常规胎侧胶配方:NR 45, BR 55, 炭黑N330 52, 氧化锌 5, 防老剂4020/RD/DTPD

作者简介:王传铸(1970—),男,山东高密人,泰凯英(青岛)专用轮胎技术研究开发有限公司高级工程师,学士,主要从事专用轮胎技术研究开发及管理工作。

E-mail:tech.wang@techking.com

引用本文:王传铸,赵君,王银竹,等.36.00R51阻燃巨型工程机械子午线轮胎的研制[J].橡胶工业,2022,69(6):455-458.

Citation:WANG Chuazhu, ZHAO Jun, WANG Yinzu, et al. Development of 36.00R51 flame retardant and giant off-the-road radial tire[J]. China Rubber Industry, 2022, 69(6):455-458.

3.9,促进剂TBBS/硫黄 2.25,其他 5.1。

阻燃胎侧胶配方:NR 50,BR 50,炭黑 N330 44,白炭黑 7,氧化锌 5,防老剂4020/RD/DTPD 3.9,十溴二苯醚/硼酸锌/三氧化二锑 35,促进剂TBBS/硫黄 2.55,其他 5.1。

1.3 主要设备和仪器

XK-160型开炼机,上海橡胶机械厂产品;GK270型和GK400型密炼机,益阳橡胶塑料机械集团有限公司产品;XLB-Q 400×400×2型平板硫化机,上海第一橡胶机械厂有限公司产品;MDR2000型硫化仪和T2000型拉力机,美国阿尔法科技有限公司产品;橡胶氧指数测试仪,沈阳紫微恒检测设备有限公司产品。

1.4 胶料混炼

(1)常规胎面胶和胎侧胶的混炼采用常规混炼工艺^[10]。

(2)阻燃胎面胶和胎侧胶的混炼工艺如下。

小配合试验胶料在开炼机上进行混炼,加料顺序为:生胶→小料→炭黑和白炭黑→十溴二苯醚、硼酸锌和三氧化二锑→硫黄和促进剂。

大料配合试验胶料在密炼机中进行混炼,采用3段混炼工艺。

一段混炼在GK400型密炼机中进行,转子转速为 $42\text{ r}\cdot\text{min}^{-1}$,排胶温度为 $(165\pm4)\text{ }^{\circ}\text{C}$,加料顺序为:生胶、小料→炭黑、1/2十溴二苯醚、硼酸锌和三氧化二锑→排胶、冷却、下片。

二段混炼在GK400型密炼机中进行,转子转速为 $39\text{ r}\cdot\text{min}^{-1}$,排胶温度为 $(160\pm4)\text{ }^{\circ}\text{C}$,加料顺序为:一段混炼胶(停放6~32 h)→白炭黑、剩余1/2十溴二苯醚→排胶、冷却、下片。

三段混炼在GK270型密炼机中混炼,转子转速为 $20\text{ r}\cdot\text{min}^{-1}$,排胶温度为 $(105\pm4)\text{ }^{\circ}\text{C}$,加料顺序为:二段混炼胶(停放6~32 h)→硫黄、促进剂→排胶、冷却、下片。

1.5 性能测试

各项性能均按照相应国家标准进行测试。

2 结果与讨论

2.1 小配合试验

小配合试验结果如表1所示。

表1 小配合试验结果

Tab.1 Laboratory test results

项 目	胎面胶		胎侧胶	
	常规	阻燃	常规	阻燃
门尼焦烧时间 $t_5(121\text{ }^{\circ}\text{C})/\text{min}$	26.40	26.10	40.21	39.88
硫化仪数据(151 $^{\circ}\text{C}$)				
$F_L/(\text{dN}\cdot\text{m})$	2.12	2.07	1.45	1.48
$F_{\max}/(\text{dN}\cdot\text{m})$	13.49	13.55	9.95	10.27
t_{10}/min	5.77	5.45	6.92	6.88
t_{90}/min	16.45	15.70	18.21	18.15
硫化胶性能(145 $^{\circ}\text{C}\times 45\text{ min}$)				
邵尔A型硬度/度	64	66	58	60
300%定伸应力/MPa	12.4	11.9	7.9	7.1
拉伸强度/MPa	23.9	20.8	21.3	17.6
拉断伸长率/%	577	522	656	612
拉断永久变形/%	10	8	10	10
撕裂强度(直角形试样)/ ($\text{kN}\cdot\text{m}^{-1}$)	56	89	48	68
DIN磨耗指数/%	120	100		
屈挠次数 $\times 10^{-4}$			1 088	877
氧指数/%	18.1	24.7	18.7	24.0

从表1可以看出:与常规胎面胶和胎侧胶相比,阻燃胎面胶和胎侧胶的硫化特性变化不大;300%定伸应力、拉伸强度和拉断伸长率降低;胎侧胶的屈挠寿命缩短;阻燃胎面胶和胎侧胶的氧指数均达到24%以上,阻燃胎面胶的阻燃性能比常规胎面胶提高36%,阻燃胎侧胶的阻燃性能比常规胎侧胶提高28%。

2.2 大配合试验

大配合试验结果如表2所示。

从表2可以看出:与常规胎面胶和胎侧胶相比,阻燃胎面胶和胎侧胶的硫化特性变化不大,300%定伸应力、拉伸强度和拉断伸长率降低;胎侧胶的屈挠寿命缩短;阻燃胎面胶和胎侧胶的氧指数均达到24%以上,阻燃胎面胶的阻燃性能比常规胎面胶提高37%,阻燃胎侧胶的阻燃性能比常规胎侧胶提高29%。大配合试验结果与小配合试验结果一致。

虽然阻燃胎面胶的磨耗性能比常规胎面胶降低,但考虑到轮胎在实际使用中花纹磨损极小时即失效,因此阻燃轮胎的耐磨性能完全满足使用要求。

在室内使用酒精灯点燃常规胎面胶和胎侧胶试片以及阻燃胎面胶和胎侧胶试片,酒精灯移除后常规胎面胶和胎侧胶试片剧烈燃烧至尽,而阻燃胎面胶和胎侧胶试片在酒精灯移开后5 s内迅速

表2 大配合试验结果
Tab. 2 Workshop test results

项 目	胎面胶		胎侧胶	
	常规	阻燃	常规	阻燃
门尼焦烧时间 t_5 (121 ℃)/min	28.42	27.99	40.21	39.88
硫化仪数据 (151 ℃)				
F_L /(dN·m)	2.19	2.23	1.61	1.55
F_{max} /(dN·m)	13.99	14.65	10.22	10.66
t_{10} /min	5.99	5.75	7.05	6.97
t_{90} /min	17.77	16.72	18.71	18.62
硫化胶性能 (145 ℃×45 min)				
邵尔A型硬度/度	64	66	59	60
300%定伸应力/MPa	12.6	12.1	7.8	7.1
拉伸强度/MPa	24.21	20.92	21.7	17.9
拉伸伸长率/%	585	528	666	617
拉伸永久变形/%	10	8	10	10
撕裂强度(直角形试样)/ (kN·m ⁻¹)	52	82	50	70
DIN磨损指数/%	125	109		
屈挠次数×10 ⁻⁴			1 025	852
氧指数/%	18.2	24.9	18.8	24.3

熄灭,阻燃性能良好。分析认为:胶料的氧指数增大,阻燃性能提高^[11-14],大气中氧气含量约为21%,常规胎面胶和胎侧胶的氧指数均低于19%,因此在空气中着火后可剧烈燃烧;阻燃胎面胶和胎侧胶的氧指数均在24%以上,阻燃性能大幅提高,在空气中被引燃后可自灭。

阻燃胎侧胶的屈挠寿命比正常胎侧胶缩短17%,常规轮胎实际使用30个月时胎侧无裂口问题^[15-16],据此推算阻燃胎侧胶可保证使用24个月以上无裂口问题,完全满足客户4个月以上使用寿命需求。

2.3 成品轮胎路试

根据阻燃胎面胶和胎侧胶性能及客户需求,对36. 00R51巨型工程机械子午线轮胎胎侧和胎面材料分布进行优化设计^[17],并应用阻燃胎面胶和胎侧胶试生产4条36. 00R51阻燃巨型工程机械子午线轮胎发往某炼钢厂进行路试。

36. 00R51阻燃巨型工程机械子午线轮胎与竞品轮胎的路试结果对比如表3所示。

从表3可知,阻燃轮胎除1条抗刺扎失效外,其余3条均为炭化失效,平均使用寿命达到154 d(约5个月),达到客户4个月以上的使用寿命要求,较4条燃烧失效的竞品轮胎的平均寿命(110 d)延长了44 d,延长40%。使用阻燃轮胎经济效益明显,可

表3 成品轮胎路试结果
Tab. 3 Road test results of finished tires

车 号	轮胎类型	使用寿命/d	失效病象
2073 [#]			
右后轮位	竞品轮胎	121	燃烧失效
左后轮位	阻燃轮胎	150	炭化失效
2052 [#]			
右后轮位	竞品轮胎	157	燃烧失效
左后轮位	阻燃轮胎	134	抗刺扎失效
2055 [#]			
左后轮位	竞品轮胎	72	燃烧失效
右后轮位	阻燃轮胎	170	炭化失效
2072 [#]			
左后轮位	竞品轮胎	90	抗刺扎失效
右后轮位	阻燃轮胎	160	炭化失效

显著降低客户的轮胎使用成本、提高渣水运输过程中的安全性,产品获得客户的认可。

3 结论

(1)小配合和大配合试验结果表明,采用十溴二苯醚、硼酸锌、三氧化二锑阻燃材料的阻燃胎面胶和胎侧胶,其氧指数达到24%以上,阻燃性能大幅提高。

(2)成品轮胎路试结果表明,采用阻燃胎面胶和胎侧胶试制的36. 00R51阻燃巨型工程机械子午线轮胎可有效防止高温废渣水灼烧轮胎引起的轮胎燃烧失效,平均使用寿命达到154 d,比竞品轮胎使用寿命延长40%,不但降低了轮胎的使用成本,更是降低了渣包车运输过程中的安全风险。

参考文献:

[1] 刘声伟. 渣包车驾驶室举升系统故障分析与排除[J]. 铜业工程, 2013(1): 74-76.
LIU S W. Slag pot carrier vehicle cab lifting system fault analysis and troubleshooting[J]. Copper Engineering, 2013(1): 74-76.
[2] 赵宸. 渣包车进口设备零部件国产化的探讨[J]. 中国机械, 2019(11): 59, 61.
ZHAO C. Discussion on localization of imported equipment parts of slag spot carrier vehicle[J]. Machine China, 2019(11): 59, 61.
[3] 藏金宝, 秦卫国, 曹广新, 等. 一种渣包车及其爆胎安全装置[P]. 中国: CN 205915884U, 2017-02-01.
[4] 保卫峰, 王建兵. 改善渣包车防火视线受阻的保险装置[P]. 中国: CN 205218020U, 2016-05-11.
[5] 余腾龙. 白炭黑在阻燃轮胎胎面胶中的应用[J]. 轮胎工业, 2021, 41(4): 233-235.
SHE T L. Application of silica in tread compound of flame retardant

- tire[J]. Tire Industry, 2021, 41 (4) : 233-235.
- [6] 周勇, 岳振, 刘利民, 等. 巨型工程子午胎防火阻燃胎面橡胶组合物及其制备方法[P]. 中国: CN 111234328A, 2020-06-05.
- [7] 张艳丽, 袁兵阳, 李佑文, 等. 一种金属矿石冶炼炉前使用轮胎阻燃胎面胶料[P]. 中国: CN 108102158A, 2018-06-01.
- [8] 苏芮, 孙洪广, 李伟, 等. 全钢子午线轮胎胎体胶耐疲劳性能与粘合强度的协调设计[J]. 橡胶工业, 2021, 68 (6) : 403-408.
- SU R, SUN H G, LI W, et al. Balance design of fatigue resistance and adhesion strength of carcass compound of all-steel radial tire[J]. China Rubber Industry, 2021, 68 (6) : 403-408.
- [9] 杨全林, 项晓明, 李放, 等. 一种阻燃轮胎胎面及其制备方法[P]. 中国: CN 111647207A, 2020-09-11.
- [10] 赵君, 张燕龙, 殷洪鑫. 超长运距21. 00R35 E2高速工程机械子午线轮胎的开发[J]. 轮胎工业, 2021, 41 (11) : 679-682.
- ZHAO J, ZHANG Y L, YIN H X. Development of 21. 00R35 E2 high speed off-the-road radial tire for ultra-long distance[J]. Tire Industry, 2021, 41 (11) : 679-682.
- [11] 陈杰, 冯妮, 闫清泉, 等. 汽车内饰材料氧指数试验方法分析与研究[J]. 汽车实用技术, 2021, 46 (21) : 200-202.
- CHEN J, FENG N, YAN Q Q, et al. The related analysis and research of testing methods of the oxygen index of automobile interior material[J]. Automobile Technology, 2021, 46 (21) : 200-202.
- [12] 张龙, 赵满, 晁华, 等. 汽车内饰材料氧指数测定的影响因素[J]. 消防科学与技术, 2019, 38 (3) : 438-440.
- ZHANG L, ZHAO M, CHAO H, et al. Influence factors of oxygen index test of automobile interior materials[J]. Fire Science and Technology, 2019, 38 (3) : 438-440.
- [13] 张金成, 武薇, 李伶俐, 等. 有关氧指数检测的影响因素分析[J]. 中国建材科技, 2016 (5) : 14, 43.
- ZHANG J C, WU W, LI L L, et al. Analysis of influencing factors related to the oxygen index testing[J]. China Building Materials Science & Technology, 2016 (5) : 14, 43.
- [14] 张金成, 吴莎莎, 曾春燕, 等. 氧指数能力验证项目结果分析[J]. 中国建材科技, 2016 (4) : 10-11, 16.
- ZHANG J C, WU S S, ZENG C Y, et al. The results analysis of oxygen index proficiency testing program[J]. China Building Materials Science & Technology, 2016 (4) : 10-11, 16.
- [15] 林娟颖, 刘晓颖, 蔡伯阳. 用有限元分析软件Abaqus模拟子午线轮胎胎侧裂口扩展情况[J]. 橡胶科技, 2017, 15 (4) : 20-24.
- LIN J Y, LIU X Y, CAI B Y. Simulation of crack propagation of radial tire sidewall by finite element analysis software Abaqus[J]. Rubber Science and Technology, 2017, 15 (4) : 20-24.
- [16] 谢红杰, 郭明明, 裴权华, 等. 全钢工程机械子午线轮胎胎侧小裂口问题解决方案[J]. 轮胎工业, 2016, 36 (12) : 738-741.
- XIE H J, GUO M M, PEI Q H, et al. Solution of surface cracks at sidewall of all-steel off-the-road radial tire[J]. Tire Industry, 2016, 36 (12) : 738-741.
- [17] 余团清, 张文标, 黄晶晶, 等. 低生热界面活性剂B-206在全钢巨型工程机械子午线轮胎胎面胶中的应用[J]. 橡胶科技, 2021, 19 (10) : 496-499.
- YU T Q, ZHANG W B, HUANG J J, et al. Application of low heat-generating surfactant B-206 in tread compound of giant OTR radial tire[J]. Rubber Science and Technology, 2021, 19 (10) : 496-499.

收稿日期: 2021-12-21

Development of 36. 00R51 Flame Retardant and Giant Off-The-Road Radial Tire

WANG Chuanzhu, ZHAO Jun, WANG Yinzhu, YIN Hongxin, LIU Limin

[Techking (Qingdao) Special Tire Technology Research and Development Co., Ltd., Qingdao 266100, China]

Abstract: The development of 36. 00R51 flame retardant and giant off-the-road radial tire was introduced. According to the operating conditions of slag trucks, the oxygen indexes of the flame retardant tread compound and sidewall compound were increased to above 24% by using decabromodiphenyl ether, zinc borate and antimony trioxide flame retardant materials, and their flame retardant performances were also greatly improved. The 36. 00R51 flame retardant and giant off-the-road radial tire produced with flame-retardant tread compound and sidewall compound could effectively prevent the tire from burning failure caused by high-temperature waste water, and its average service life reached 154 d, 40% longer than that of competitive tires, which reduced the use cost of the tire and the safety risk in the transportation process of slag trucks.

Key words: giant off-the-road radial tire; slag truck; flame retardant; tread compound; sidewall compound; formula