地下矿用工程机械子午线轮胎胎面胶配方的优化

高　利，刘　娟，周　勇
（三角轮胎股份有限公司，山东 威海　264200）

摘要：通过对国外17.5R25，18.00R25和26.5R25规格地下矿用工程机械子午线轮胎胎面胶的配方组分和性能分析，优化改进现有胎面胶配方。结果表明：优化后胎面胶性能达到预期目标，成品轮胎的硬度和应力明显增大，平均使用寿命延长16%。

关键词：地下矿；工程机械子午线轮胎；胎面胶；配方优化；性能；使用寿命
中图分类号：TQ336.1；U463.341^{+}.5/.6　　**文章编号**：1006-8171(2019)10-0611-03
文献标志码：A　　**DOI**：10.12135/j.issn.1006-8171.2019.10.0611

地下矿运输道路狭窄，路面缺乏维护，路况恶劣，且多数矿井路面湿滑，这对井下车辆尤其是铲运机用轮胎的抗切割性能提出了极高要求。地下矿用轮胎的使用寿命普遍较短，仅为500～1 500 h，需要频繁更换，而地下矿内更换轮胎存在诸多不便，因此延长地下矿用轮胎的使用寿命尤为重要。

本工作通过对国外17.5R25，18.00R25和26.5R25规格地下矿用工程机械子午线轮胎胎面胶的配方组分和性能分析，优化改进现有胎面胶配方。

1　实验

1.1　主要原材料

天然橡胶(NR)，20#标准胶，泰国产品；丁苯橡胶(SBR)，牌号1502，中国石化齐鲁石油化工公司产品；炭黑N220，天津卡博特化工有限公司产品；白炭黑，罗地亚白炭黑(青岛)有限公司产品。

1.2　主要设备和仪器

GK400型和GK255型密炼机，益阳橡胶塑料机械集团有限公司产品；Roell Z010型拉力试验机，德国Zwick公司产品；DMTS EPLEXOR 500N型动态热机械分析(DMA)仪，德国GABO公司产品。

作者简介：高利(1984—)，男，山东潍坊人，三角轮胎股份有限公司工程师，硕士，主要从事工程机械子午线轮胎及巨型轮胎配方的开发设计工作。
E-mail：countrypigstudy@163.com

2　结果与讨论

2.1　国外产品分析

对国外某品牌17.5R25，18.00R25和26.5R25规格地下矿铲运机用工程机械子午线轮胎胎面胶配方组分和性能进行分析，结果如表1所示。

由表1可知：3种规格轮胎胎面胶的配方组分基本相同，均采用5份NR，其目的可能是提高胎面胶的抗切割性能；炭黑用量约为65份，其氮吸附比表面积约为107 $m^2 \cdot g^{-1}$，接近中超耐磨炭黑水平；溶剂抽出物含量较低，说明配方未使用操

表1　3种规格轮胎胎面胶配方组分和性能的分析结果

项　目	17.5R25	18.00R25	26.5R25
配方组分			
橡胶基体	NR/SBR	NR/SBR	NR/SBR
用量比	5/95	5/95	5/95
炭黑			
用量/份	65.6	64.2	64.8
氮吸附比表面积/($m^2 \cdot g^{-1}$)	107	104	109
氧化锌用量/份	3.5	3.5	3.5
促进剂	CZ/DPG	CZ/DPG	CZ/DPG
溶剂抽出物含量/份	9.5	10.2	10.5
灰分含量/份	5.2	5.1	4.9
性能			
密度/($Mg \cdot m^{-3}$)	1.152	1.165	1.159
邵尔A型硬度/度	69	71	72
100%定伸应力/MPa	3.1	3.4	3.5
300%定伸应力/MPa	10.8	12.1	12.5
拉伸强度/MPa	20.4	22.3	21.6
拉断伸长率/%	520	505	487
60 ℃时的损耗因子	0.28	0.28	0.29

作油或油用量较小;其他配方组分分析数据均无特别之处。

从表1还可以看出:胎面胶硬度为70度左右,属于高硬度胎面胶;定伸应力较大,拉断伸长率处于中等水平;60 ℃时的损耗因子较大,这主要是因为其胶料以SBR为主体材料且炭黑用量较大。

2.2 目标确立

通过对上述胎面胶配方组分和性能的分析,制定地下矿用轮胎胎面胶的目标。

(1)配方设计。采用90～100份SBR,白炭黑用量小于5份,补强填料主体采用高耐磨炭黑。

(2)性能指标。硬度 (71±3)度,100%定伸应力 (3.4±0.2) MPa,300%定伸应力 (12±1.5) MPa,拉伸强度 ≥20 MPa,拉断伸长率 >470%,60 ℃时的损耗因子 ≤0.30。

2.3 配方优化和混炼工艺

优化前配方如下:SBR 100,炭黑N220 67,氧化锌 3,硬脂酸 2,防护蜡 2.5,辛基增粘树脂SL1801 5,环保油 15,防老剂4020 1,防老剂RD 1.5,硫黄 1.5,促进剂DM 1,促进剂TBBS 0.95,防焦剂CTP 0.3。

优化后配方如下:NR 5,SBR 95,炭黑N220 63,氧化锌 3.5,硬脂酸 2,防护蜡 2.5,辛基增粘树脂SL1801 5,抗撕裂树脂TYC0500 4,防老剂4020 1,防老剂RD 1.5,硫黄 1.5,促进剂CZ 1.28,促进剂DPG-80 0.55,防焦剂CTP 0.3。

胶料混炼采用4段混炼工艺,1—3段混炼在GK400型密炼机中进行,4段混炼在GK255型密炼机中进行。

一段混炼转子转速为40 r·min^{-1},混炼工艺为:生胶→7/10炭黑→氧化锌、硬脂酸、增粘树脂和防老剂→混炼(110 ℃)→提压砣→环保油→混炼(130 ℃)→提压砣→排胶(160 ℃);

二段混炼转子转速为38 r·min^{-1},混炼工艺为:一段混炼胶→3/10炭黑→混炼(130 ℃)→提压砣→排胶(160 ℃);

三段混炼转子转速为35 r·min^{-1},混炼工艺为:二段混炼胶→混炼(120 ℃)→提压砣→排胶(155 ℃);

四段混炼转子转速为21 r·min^{-1},混炼工艺为:三段混炼胶→硫黄、促进剂和防焦剂→混炼(30 s)→提压砣→混炼(40 s)→提压砣→排胶(105 ℃)。

2.4 半成品性能

优化前后半成品胶料的性能如表2所示。

表2 优化前后半成品胶料的性能

项 目	优化后	优化前
混炼胶门尼粘度[ML(1+4)100 ℃]	69	48
硫化胶性能(150 ℃×60 min)		
密度/(Mg·m^{-3})	1.152	1.139
邵尔A型硬度/度	69	63
100%定伸应力/MPa	3.0	2.0
300%定伸应力/MPa	12.6	8.8
拉伸强度/MPa	21.7	19.6
拉断伸长率/%	476	565
撕裂强度/(kN·m^{-1})	63	52
DIN磨耗指数	133	110
回弹值/%		
常温	34	30
100 ℃	48	48
压缩温升/℃	40.2	36.2
60 ℃时的损耗因子	0.292 4	0.296 2

由表2可知,优化后半成品胶料的门尼粘度、硬度、定伸应力和DIN磨耗指数增大,拉断伸长率减小,压缩温升升高,拉伸强度、100 ℃回弹值和60 ℃时的损耗因子差别不大,这说明优化后胶料的性能达到预期目标。

2.5 成品性能

采用优化前后半成品胶料试制26.5R25地下矿用轮胎,并进行性能测试,结果如表3所示。

由表3可知:优化后成品轮胎的硬度和应力明显增大,其性能达到国外产品水平。

2.6 实际道路测试

采用优化配方生产8条26.5R25地下矿用轮胎并进行实际道路测试。测试结果表明,优化后轮胎的平均使用寿命延长16%,无异常使用问题,且胎面外观磨损明显改善。

3 结论

(1)优化后胎面胶性能达到预期目标,成品轮胎的硬度和应力明显增大,其性能达到国外产品

表3　优化前后成品轮胎的性能

项　目	优化后				优化前			
	第1层	第2层	第3层	第4层	第1层	第2层	第3层	第4层
邵尔A型硬度/度	71	71	70	71	66	65	65	66
100%定伸应力/MPa	3.4	3.2	3.3	3.4	2.5	2.4	2.5	2.7
300%定伸应力/MPa	12.8	11.8	12.7	12.4	8.5	8.3	8.4	8.7
拉伸强度/MPa	19.4	19.6	20.5	20.4	18.8	20.6	18.8	19.9
拉断伸长率/%	487	475	481	499	557	548	567	539
60 ℃时的损耗因子	0.30	0.29	0.28	0.29	0.28	0.28	0.27	0.27

注：胎面胶最上层与最下层分别去除3～5 mm，剩余部分自上而下按厚度等距离分4层取样。

水平。

(2) 实际道路测试表明，优化后轮胎的平均使用寿命延长16%，胎面外观磨损情况明显改善。

收稿日期：2019-05-11

Formulation Optimization of Tread Compound of Off-The-Road Radial Tire for Underground Mine

GAO Li，*LIU Juan*，*ZHOU Yong*

（Triangle Tire Co.，Ltd，Weihai　264200，China）

Abstract：Based on the analysis of the formula components and properties of the tread compound of foreign made 17.5R25，18.00R25 and 26.5R25 off-the-road radial tire for the underground mine，the existing tread compound formula was optimized. The results showed that，after optimization，the properties of tread compound reached the expected target，the hardness and modulus of the finished tire increased significantly，and the average service life was extended by 16%.

Key words：underground mine；off-the-road radial tire；tread compound；formula optimization；property；service life

Maxam推出LogXtra林业轮胎系列

美国《现代轮胎经销商》(www.moderntiredealer.com) 2019年8月20日报道：

Maxam轮胎北美公司的新型MS931 LogXtra轮胎（见图1）专为恶劣林业环境应用而设计。

Maxam公司称，LogXtra轮胎开发和性能验证表明，与行业基准水平相比，轮胎的结构设计显示出更高效率，耐久性能和牵引性能更好。

图1　MS931 LogXtra轮胎

该轮胎的钢丝带束层稳定结构配合加强胎肩和胎侧可在恶劣环境中彰显优势，轮胎可抗切割、裂口、撞击和穿刺。

Maxam公司的工程师开发了一种专门用于LogXtra轮胎胎面的高性能胶料，以最大限度地提高轮胎在工作环境中的弹性。为了防止胎圈缠绕缺陷和安装损坏，LogXtra轮胎在成型中采用增强胎圈缠绕工艺。

此外，LogXtra轮胎具有更深、更宽的自清洁胎面花纹，其可提供优异的牵引性能和通过性能。

MS931 Logxtra轮胎有23.1－26，28L－26，24.5－32，30.5L－32和35.5L－32五种规格。

（吴淑华摘译　吴秀兰校）