

轮胎转鼓试验的模拟及其与平滑路面的比较

李文博, 李春霞, 侯占峰, 辛振祥*

(青岛科技大学 高分子科学与工程学院, 山东 青岛 266042)

摘要:以 11.00R20 全钢载重子午线轮胎为例,对轮胎的转鼓试验和平滑路面静态接地状态进行模拟分析。结果表明:在转鼓试验模型中轮胎胎面胶和骨架材料垂直负荷下的位移明显大于平滑路面接地状态,平滑路面接地模型中胎面胶受到的压力与应力分布更均匀,接地面积更大; 0° 带束层受力最大, 3° 和 2° 带束层受力逐渐减小, 1° 带束层受力最小。

关键词:子午线轮胎;转鼓试验;平滑路面;有限元分析

中图分类号:TQ336.1;TQ330.4⁺92;O241.82 **文献标志码:**A **文章编号:**1000-890X(2015)08-0499-06

轮胎的耐久性试验往往对试验场地、车辆和安全性等方面要求很高,因此,一般情况下采用室内转鼓法。此外,轮胎的制动性能、滚动阻力等性能测试也已广泛采用转鼓试验方法。转鼓试验法既可简化试验程序,又节约了成本^[1]。然而由于空间的限制,导致轮胎在转鼓上的受力分布与实际平滑路面相比有一定的差别。本工作使用 Abaqus 有限元软件,分别建立轮胎转鼓试验和平滑路面接地模型,并对计算结果进行分析比较。

1 转鼓试验模型的建立

轮胎转鼓试验机如图1所示。本研究所模拟

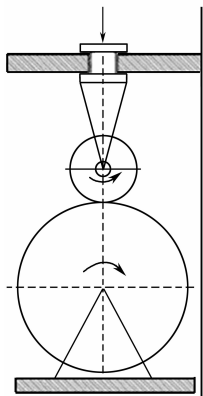


图1 轮胎转鼓试验机示意

的转鼓试验机原型是天津久荣车轮技术有限公司生产的转鼓耐久高速试验机,转鼓直径为 1 700 mm,鼓面宽度为 400 mm,轮辋规格为 8.00V-20。

使用 Abaqus 软件建立的轮胎转鼓试验模型见图 2,轮胎规格和转鼓尺寸与耐久高速试验机一致,轮辋和转鼓均定义为解析刚体。轮胎与鼓面的摩擦因数(μ)和滑移率(SLIP)设定输入“SLIP=0.02 $\mu=0.05$ ”,充气压力为 0.93 MPa,施加的垂直负荷为 35 kN,与平滑路面的设定一致^[2-3]。

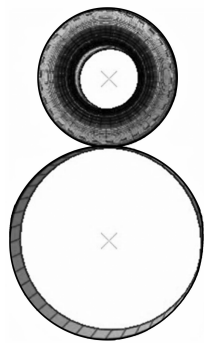


图2 转鼓试验有限元模型

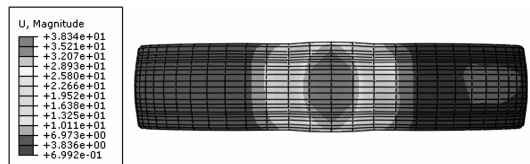
2 结果与讨论

2.1 胎面胶形变与受力

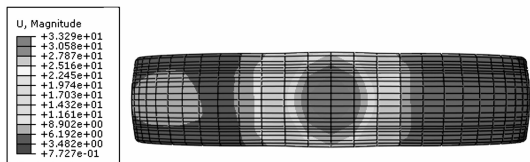
轮胎在转鼓和平滑路面上受到垂直负荷作用时的胎面胶位移和侧视位移分布分别如图 3 和 4 所示。轮胎接地面径向和周向的位移变化如图 5 所示。由图 4 可见,在转鼓试验中轮胎的接地面明显有一定的弧度,与平滑路面相比变形较大。由图5(a)可以看出,转鼓试验轮胎的最大位移为

作者简介:李文博(1988—),男,河南开封人,青岛科技大学助理研究员,硕士,主要从事橡胶配方工艺设计、计算机模拟相关研究工作。

* 通信联系人



(a)转鼓试验模型



(b)平滑路面模型

图3 轮胎受到垂直负荷作用时胎面胶的位移分布云图



(a)转鼓试验模型

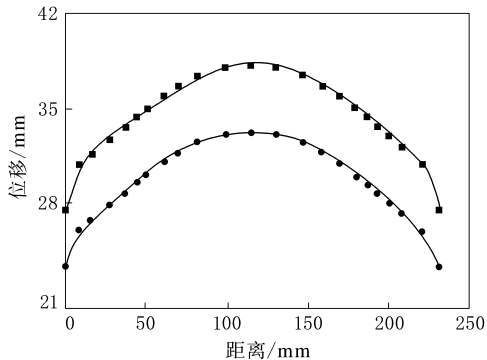


(b)平滑路面模型

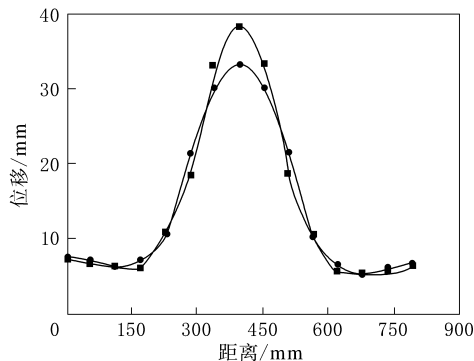
图4 接地时胎面胶侧视位移云图

38.34 mm,平滑路面上滚动轮胎的最大位移为33.29 mm,轮胎在转鼓上的径向位移大于平滑路面,这是由于转鼓与平滑路面相比曲率半径小,有一定的弧度,在与轮胎接触时并不是平的,接地面不均匀更易导致轮胎接地面的变形^[4]。由图5(b)可以看出,与轮胎径向位移的分布有所不同,转鼓和平滑路面周向分布曲线的两端并没有太大差别,这是因为从整个轮胎来看,其充气压力和施加负荷是相等的,因此总的变形量相近。

轮胎在转鼓和平滑路面上受到垂直负荷时接地压力分布如图6所示。分别对其径向和周向的数值取点,得到图7所示曲线。由图7(a)可见,径向上轮胎边缘的接地压力都为零,转鼓试验中的轮胎径向接地压力整体上明显大于平滑路面。这是由于进行转鼓试验时,轮胎中间部位的位移和变形较大,产生的压力更大。而图7(b)所示轮胎的周向压力分布则有所不同。虽然两端的数值



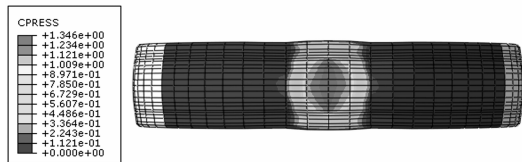
(a)径向轴线



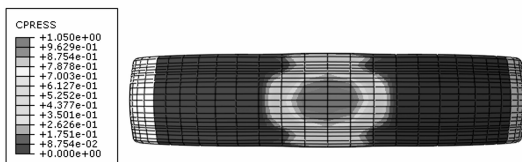
(b)周向轴线

■—转鼓试验模型;●—平滑路面模型。

图5 胎面胶径向和周向轴线位移



(a)转鼓试验模型

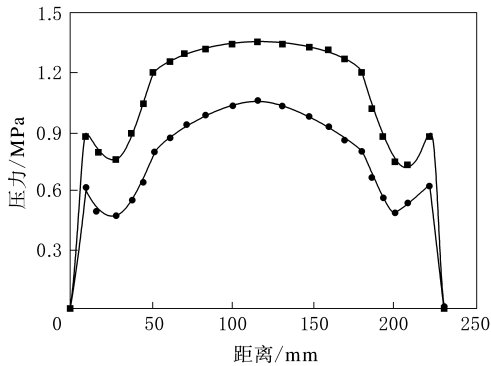


(b)平滑路面模型

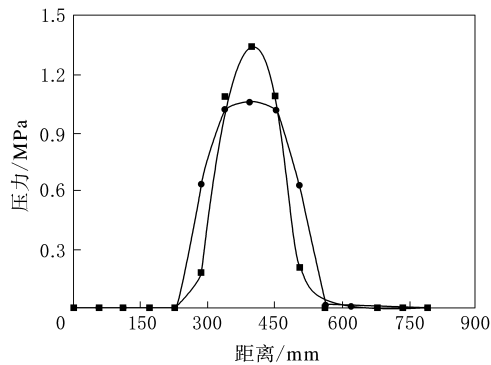
图6 接地时胎面胶接地压力云图

都为零,但平滑路面分布在250~320 mm和470~540 mm之间的接地压力大于转鼓试验。由此可见,在平滑路面上轮胎的受力面积更大,接地压力的分布也更均匀,而转鼓试验轮胎的接地压力分布较集中,且最大值更高。

轮胎接地时的 Mises 应力分布云图和应力分布曲线分别如图8和9所示。由图9可见,轮胎



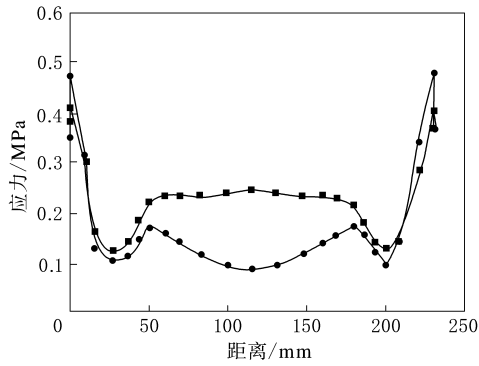
(a) 径向轴线



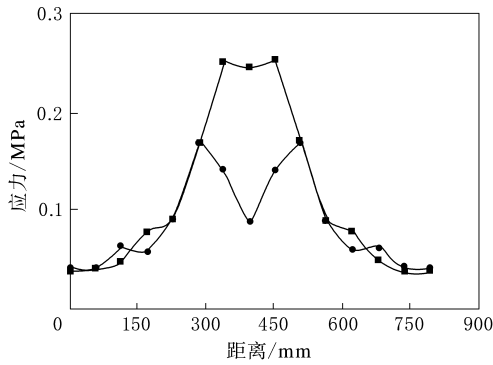
(b) 周向轴线

注同图 5。

图 7 接地时胎面胶径向和周向轴线压力



(a) 径向轴线



(b) 周向轴线

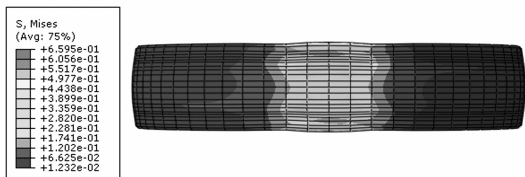
注同图 5。

图 9 接地时胎面胶径向和周向轴线应力

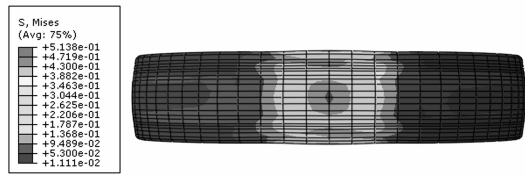
这也说明轮胎在进行转鼓试验时,两边所受应力向中心转移。从周向应力分布来看,两端应力差别不大,而平滑路面上轮胎中部应力急剧下降,这也是轮胎中部隆起造成的。

2.2 接地时骨架材料形变与受力

11.00R20 子午线轮胎带束层的分布如图 10 所示。两种模型分析计算得出的不同带束层位移的分布曲线如图 11 所示。由图 11 可见,平滑路面模型计算出的 0°带束层位移为 28~33 mm,而转鼓模型中增大到 32~37 mm。这是因为 0°带束层在骨架材料外缘,离胎面部位近,受胎面挤压影响发生了变形。3°带束层径向位移呈抛物线分



(a) 转鼓试验模型



(b) 平滑路面模型

图 8 接地时胎面胶 Mises 应力云图

接地面所受应力在径向上的分布趋势与接地压力有所不同,呈两边高中间低,且平滑路面上轮胎中间应力下降较为明显。这是由于轮胎在受压时中部受到两边胎面胶的挤压,使中间向上隆起,导致应力下降。值得注意的是轮胎径向边缘两侧,在平滑路面上的轮胎接地应力明显高于转鼓试验,

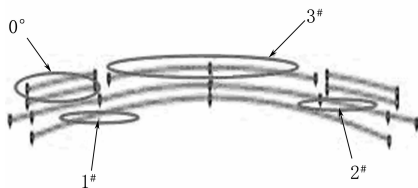
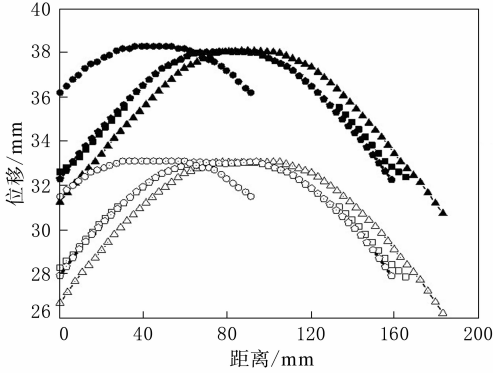


图 10 带束层分布示意

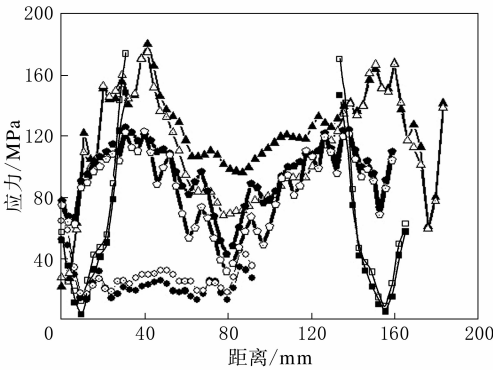


转鼓试验: ■—0°带束层, ◆—1°带束层, ▲—2°带束层, ●—3°带束层;平滑路面: □—0°带束层, ◇—1°带束层, △—2°带束层, ○—3°带束层。

图 11 带束层径向轴线位移

布,两条曲线的差值在 4~5 mm 之间,这与胎面胶位移的差值偏差不大。2°带束层在所有带束层中的宽度最大,起的作用也最大,总体来看,带束层的位移整体小于胎面胶。此外,转鼓试验中 2°带束层的位移依然大于平滑路面,但偏差的幅度由 5.5~4.5 mm 减小到 5.0~4.5 mm。1°带束层的位移曲线分布与 2°带束层差别不大,1°带束层在 2°带束层的内侧,比 2°带束层稍窄,最大位移稍小于 2°带束层。

两种模型分析计算得出的不同带束层 Mises 应力分布曲线如图 12 所示。由图 12 可见,与橡胶材料的应力相反,平滑路面模型计算所得 0°带束层所受应力稍大于转鼓试验。这可能是由于轮胎在接地状态下骨架材料受到内外两方面的力,即充气压力从内部施加的拉应力和地面从外部给予的压应力。在平滑路面上,由于轮胎接地面中间部

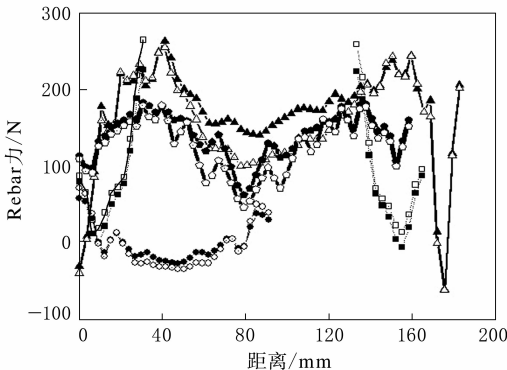


注同图 11。

图 12 带束层径向轴线 Mises 应力

位受挤压隆起,因此地面所施加的外部压力较小,没有与内部的充气压力相抵消,故总体应力较大;而转鼓试验中,由于转鼓曲率半径小,胎面位移大,导致鼓面对胎面的作用力明显,使这部分力与骨架材料所受的内部充气压力相抵消,因此总应力反而稍小于平滑路面模型轮胎骨架材料的接地应力。3°带束层的受力整体偏小,平滑路面模型计算出的应力总体稍大于转鼓试验。两种模型所得 2°带束层 Mises 应力曲线端部高度重合,在带束层的中心位置,转鼓试验所受到的应力明显大于平滑路面。1°带束层转鼓试验模型计算出的应力总体上大于平滑路面,与 2°带束层的分布一致,1°带束层所受到的应力明显小于 2°带束层。

不同带束层在两种模型中的 Rebar 力(即钢丝帘线受到的力,正值表示拉力,负值表示压力)分布曲线如图 13 所示。由图 13 可见,Rebar 力分布与应力分布大致相同。0°带束层平滑路面所受拉力大于转鼓试验,这主要是由充气压力造成的。带束层的边缘部位出现负值,即帘线受到压力,这是由于带束层边缘部位反包造成的^[5]。3°带束层钢丝帘线受到压力的部位在中间处,两端则受到拉力。这是由于在轮胎接地时其中间部位的胶料受到挤压,骨架材料也在一定程度上受到影响,最终导致了 3°带束层中部受到压力。两种模型中计算出的 2°带束层 Rebar 力最大值相等,两端曲线高度重合,这与应力曲线相对应;曲线中间部分为正值,即受拉力,这与 3°带束层的受力情况相反。这可能是由于 2°带束层靠近轮胎内部,主要承受充气压力所带来的张力,而地面对轮



注同图 11。

图 13 带束层径向轴线 Rebar 力

胎的力主要由 0°带束层和 3#带束层分担;两边大中间小,则是由于地面施加外力的影响抵消了部分张力。1#带束层 Rebar 力的分布曲线与 2#带束层相似。

加强层的 Rebar 力和 Mises 应力分布云图分别如图 14 和 15 所示。由图 14 和 15 可见:在轮胎自由充气状态下,骨架材料加强层所受应力最

大;而当轮胎接地时,轮胎带束层所受应力超过了加强层;转鼓试验中加强层所受应力最大值稍大于平滑路面。

转鼓试验和平滑路面模型计算得出的带束层应力及 Rebar 力比较见表 1。

表 1 转鼓试验和平滑路面模型计算得出的骨架材料力学性能的比较

项 目	应力	Rebar 力
0°带束层	平滑路面>转鼓试验	平滑路面>转鼓试验
3#带束层	平滑路面>转鼓试验	平滑路面<转鼓试验
2#带束层	平滑路面<转鼓试验	平滑路面<转鼓试验
1#带束层	平滑路面<转鼓试验	平滑路面<转鼓试验

3 结 论

(1)转鼓试验模型计算得出的胎面胶和骨架材料垂直负荷下的位移明显大于平滑路面。

(2)两种模型应力整体分布有明显差别。平滑路面上胎面胶受到的压力与应力分布较均匀,接地面积较大。

(3)不同带束层受力分布也有所不同,0°带束层受力最大,3#和 2#带束层受力逐渐减小,1#带束层受力最小。

参考文献:

[1] 俞洪,周锋,丁剑平. 充气轮胎性能与结构[M]. 广州:华南理工大学出版社,1998:17.

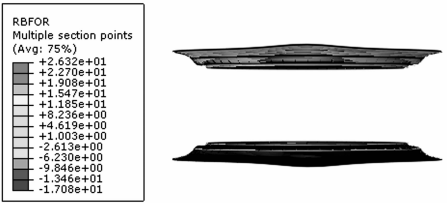
[2] 唐升武. 轮胎下沉量理论计算方法在结构设计中的应用[J]. 轮胎工业,2004,24(1):16-17.

[3] 王友善,刘培华,赵剑铭. 有限元分析在轮胎结构设计中的应用[J]. 橡胶工业,2005,52(10):613-618.

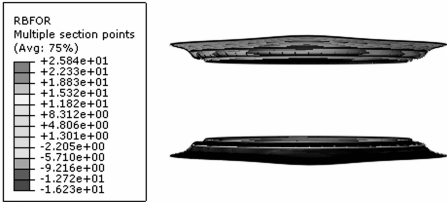
[4] Tseng N T, Satyamurthy K, Chang J P. Nonlinear Finite Element Analysis of Rubber Based Products[A]. The 131st Meeting of the Rubber Division[C]. Quebec, Canada: ACS, 1987. 226-229.

[5] 赵国群,程钢,管延锦,等. 子午线轮胎接触变形的结构有限元分析[J]. 力学季刊,2004(6):304-312.

收稿日期:2015-02-12

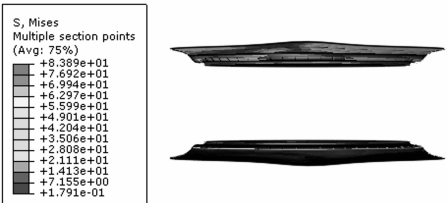


(a)转鼓试验模型

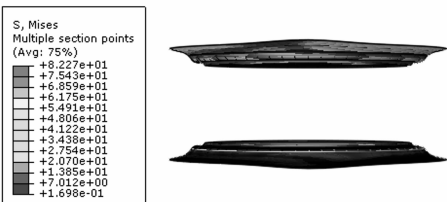


(b)平滑路面模型

图 14 加强层 Rebar 力云图



(a)转鼓试验模型



(b)平滑路面模型

图 15 加强层 Mises 应力云图

Simulation on Tire Drum Experiment and Comparison with Smooth Pavement Test

LI Wen-bo ,LI Chun-xia ,HOU Zhan-feng ,XIN Zhen-xiang
(Qingdao University of Science and Technology,Qingdao 266042,China)

Abstract: Taking 11.00R20 truck and bus radial tire as an example,tire drum experiment and the

static contact on smooth pavement were simulated respectively. The results showed that, the displacement under vertical load for tread compound and reinforcement materials of the tire in drum experiment model were significantly greater than that in smooth pavement model. In smooth pavement model, the pressure and stress distribution were more uniform, the contact area was larger; the force on 0° belt layer was the biggest, and the force on 3° and 2° belt layer was smaller in order, and the force on 1° belt layer was the smallest.

Key words: radial tire; drum experiment; smooth pavement; finite element analysis

辐照橡胶软管实现中国制造

中图分类号: TQ336.3 文献标志码: D

2015年6月14日从常州市雷顿机械配件有限公司传出消息,该公司在国内首次研制开发出辐照橡胶软管,突破了国外在该领域的技术封锁,一举改变了此前仅有美国、德国、意大利的少数几家公司能够生产辐照橡胶软管的局面。

与传统橡胶软管相比,辐照橡胶软管的介电、耐热、耐低温、耐臭氧和耐候等一系列物理性能大大优于同类产品,可使电线电缆等下游产品的安全性能显著提高。

“早在2012年第17届北京埃森焊接与切割展览会上得到一个信息,业内所用的电线电缆虽都经过电子辐照硫化,但国内却没有电子辐照硫化的橡胶软管。2012年7月,我们决定研究开发辐照硫化软管。”雷顿公司董事长朱伟全说。由于国外对其配方工艺采取封锁,雷顿公司只能在创新的道路上摸索。通过走访原材料客户,拜访电子辐照公司,从十几种原材料中挑选原料,并结合焊割行业的特性,最终敲定以三元乙丙橡胶(EPDM)为基料,并混合聚丙烯(PP)等原辅材料,产品成型后再通过电子辐照公司协助加工而成的技术方案。

“之所以选择EPDM为基料,是看中了它耐老化、耐介质性能极好,但强度又不高的特性。此后又经过无数次查阅资料和产品试验,发现将PP和EPDM按一定比例共混,所得共混物兼具二者优点,既保持了EPDM的高弹性,又克服了EPDM不能在双螺杆挤出机上塑炼造粒的难题。共混物力学性能优异,耐应力开裂性和耐磨性好,并有较好的加工性。同时配方中不含吸水严重的氧

化镁,还大大改善了胶管的吸水性能。”朱伟全解释说。此后,雷顿公司逐一解决了辐照橡胶软管生产过程中混料、造粒、制管等工序存在的诸多难题,在国内尚无成功案例可循的情况下,经过努力,研制成功辐照橡胶软管。

辐照橡胶软管不仅仅用于焊接焊割行业,很多行业都需要应用辐照橡胶软管,目前蓬勃发展的机器人行业也同样需要辐照橡胶软管,它既可作为电线套管,也可用作运动部件套管以及高档密封件。

(摘自《中国化工报》,2015-06-16)

一种高分散性的废旧氟橡胶胶粉的制备方法

中图分类号 TQ333.93;X783.3 文献标志码 D

由青岛科技大学申请的专利(公开号 CN 103554519A,公开日期 2014-02-05)“一种高分散性的废旧氟橡胶胶粉的制备方法”,提供了一种高分散性的废旧氟橡胶胶粉的制备方法:(1)常温下将废旧氟橡胶粉碎、研磨获得废旧氟橡胶胶粉,再用筛子分离获得不同粒径的胶粉;(2)将胶粉装入混合设备中,然后加入纳米无机粉体,通过混合实现对胶粉表面的包裹处理;(3)将经过表面处理的胶粉从设备中取出,装袋存储。该发明通过采用纳米无机粒子对废旧氟橡胶胶粉的表面进行包裹处理,有效解决了胶粉粒子在放置过程中易发生结块的问题,获得了一种具有高分散性的可长期放置的废旧氟橡胶胶粉。此外,该废旧氟橡胶胶粉表面的物理包裹程度容易控制,混炼过程中容易分散,从而可以大幅提高填充量。

(本刊编辑部 赵敏)