

实验室摩擦和磨耗试验胶轮与路面间 静态接触压强测试方法的开发

吴爱芹¹, 李夕鑫¹, 陈文森¹, 刘世杰²

(1. 思通检测技术有限公司, 山东 青岛 266045; 2. 怡维怡橡胶研究院有限公司, 山东 青岛 266045)

摘要: 开发一种实验室摩擦和磨耗试验机在不同负荷下胶轮与路面间静态接触压强的测试方法。该方法设计一套可以装在万能材料试验机上的夹具, 其适用于阿克隆磨耗试验机、兰伯恩磨耗试验机和RTM综合摩擦试验机等的胶轮与路面。测试过程如下: 用上夹具固定试验胶轮, 下夹具固定试验机的路面轮; 在路面放置坐标纸, 在胶轮与路面的接触部位涂上印泥, 开启试验机, 以一定负荷将胶轮压到路面上, 在坐标纸上得到胶轮的接地印痕; 利用显微镜测试印痕面积, 通过负荷和印痕面积比得到胶轮与路面间在一定负荷下的静态接触压强。该方法适用范围广, 可为实验室模拟轮胎行驶摩擦试验参数的设置提供重要指导。

关键词: 轮胎; 胶轮; 夹具; 摩擦; 磨耗; 接地印痕; 静态接触压强

中图分类号: TQ336.1; TQ330.4

文章编号: 2095-5448(2022)06-0304-05

文献标志码: A

DOI: 10.12137/j.issn.2095-5448.2022.06.0304



OSID开放科学标识码
(扫码与作者交流)

轮胎是汽车与地面接触的唯一部件, 其与地面的摩擦力在汽车启动、行驶和制动的过程中起重要作用^[1-2]。在轮胎配方开发中, 实验室中胶料磨耗和摩擦因数(摩擦性能)的测试也是胶料性能评价非常重要的一环, 长期以来, 围绕着胶料性能评价, 研究人员从仪器、方法到机理都进行了非常广泛的研究^[3-7]。实验室评价轮胎胶料摩擦性能的仪器较多, 其中常用的有阿克隆磨耗试验机、兰伯恩磨耗试验机和RTM综合摩擦试验机等, 这些仪器可以从不同角度考察胶料的耐磨性能。实验室模拟轮胎行驶条件评价胶料摩擦性能的关键因素主要有试验胶轮与路面的接触压强、角度和滑移率、试验胶轮转动频率、环境温度和路面特点6个方面。其中试验胶轮与路面的角度、滑移率和环境温度仪器可以直接设置, 试验胶轮转动频率可以通过转速和胶轮直径进行换算

设置而实现, 路面特点由仪器自带或可根据需要进行更换, 6个因素中只有接触压强的设置有问题, 因为仪器虽然可以设置负荷但无法得到在不同负荷下胶轮与路面的接触面积。

基于此, 本工作开发一种测试方法, 通过计算不同负荷下试验胶轮与路面的接触面积, 考察采用不同硬度胶料的胶轮在不同负荷下与路面间的静态平均接触压强, 适用于阿克隆磨耗试验机、兰伯恩磨耗试验机和RTM综合摩擦试验机, 可为研究人员考察不同车型轮胎胶料的摩擦性能时设置试验参数提供参考。

1 实验

1.1 主要原材料

溶聚丁苯橡胶(SSBR)、顺丁橡胶(BR)、白炭黑1165MP、氧化锌、硬脂酸、环保芳烃油(TDAE)、硅烷偶联剂TESPT、防老剂4020、防护蜡、硫黄、促进剂CBS和DPG, 均为市售品。

1.2 试验配方

试验配方见表1。

作者简介: 吴爱芹(1970—), 女, 山东青岛人, 思通检测技术有限公司高级工程师, 硕士, 主要从事橡胶、聚酯、聚氨酯、丙烯酸树脂等工业品的组成、结构分析鉴定及橡胶硫化烟气的研究工作。

E-mail: wuaq@stonelab.com.cn

表1 试验配方

组 分	配方编号				
	1 [#]	2 [#]	3 [#]	4 [#]	5 [#]
SSBR2557S	96.25	96.25	96.25	96.25	96.25
BR9000	30	30	30	30	30
白炭黑1165MP	48	58	68	78	88
氧化锌	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5
硬脂酸	2	2	2	2	2
TDAE	1.75	1.75	1.75	1.75	1.75
偶联剂TESPT	3.9	4.7	5.5	6.4	7.1
防老剂4020	2	2	2	2	2
防护蜡	2	2	2	2	2
硫黄	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4
促进剂CBS	2	2	2	2	2
促进剂DPG	1.29	1.56	1.83	2.10	2.37
合计	194.1	205.2	216.2	227.4	238.4

1.3 主要设备和仪器

XSM-1/10~120型密炼机,上海科创橡塑机械设备有限公司产品;XK-160型开炼机,上海双翼橡塑机械有限公司产品;P-V-200-3RT-2-PCD型硫化机,磐石油压工业有限公司产品;硬度计,德国MonTeck公司产品;ZW-H4800型显微镜,深圳市中微科创科技有限公司产品;UX4200H型电子天平,日本岛津株式会社产品;5969型电子万能材料试验机,美国英斯特朗公司产品;AB-1511型阿克隆磨耗试验机、AB-1165型改进式兰伯恩磨耗试验机和FR-7225型RTM综合摩擦试验机,日本上岛株式会社产品。

1.4 试样制备

按照GB/T 6038—2006要求对胶料进行混炼,并按照阿克隆磨耗试验机、兰伯恩磨耗试验机和RTM综合摩擦试验机的要求硫化出各配方相应的试验胶轮。

1.5 测试方法

1.5.1 硬度

试样硬度按照GB/T 531.1—2008《硫化橡胶或热塑性橡胶 压入硬度试验方法 第1部分:邵氏硬度计法(邵氏硬度)》进行测试。

1.5.2 接地印痕

将设计的夹具装到万能材料试验机上,试验胶轮装到上夹具上,路面轮装到下夹具上,路面铺上坐标纸,试验胶轮接地面涂上印泥;万能材料试验机开启压缩模式测试,压缩速率为500 mm·min⁻¹,试验胶轮在路面不保持(胶轮在路面

不设停留时间,即压上达到设置负荷,马上抬起);负荷根据各磨耗试验机的特点进行设置。

1.5.3 接地印痕面积

接地印痕面积可以通过坐标纸中格子个数进行计算,本工作通过显微镜的多边形面积测试功能完成计算。

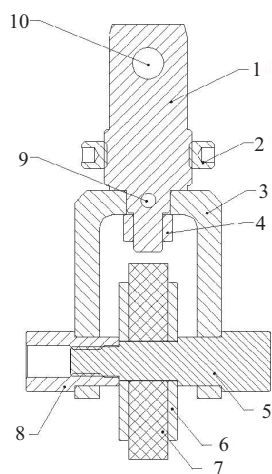
2 结果与讨论

2.1 实验室摩擦和磨耗试验胶轮接地印痕测试系统的开发

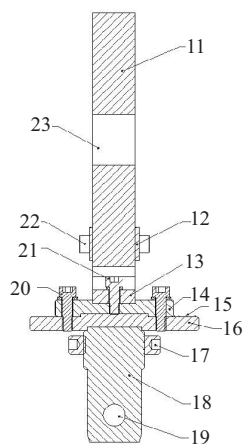
在摩擦和磨耗试验中,一个重要的原则是尽量使用轮胎实际运行状况的设计参数,评价结果才更有指导意义。目前在实验室模拟轮胎行驶的6个参数中只有接触压强无法设置,但仪器可以设置负荷,只要能测得一定负荷下试验胶轮的接地印痕面积,就可以求出胶轮与路面的平均接触压强。利用万能材料试验机负荷传感器可以提供准确的负荷和可以连接不同夹具的特点,本工作设计一套可安装到万能材料试验机上的夹具(见图1)。

按照接地印痕测试方法,开启万能材料试验机,固定试验胶轮的上夹具,以一定的负荷将胶轮压到路面坐标纸上,可以得到相应负荷下胶轮的接地印痕。利用显微镜测量接地印痕面积,再根据负荷和接地印痕面积比计算出试验胶轮的静态压强。需要说明的是,试验胶轮与坐标纸刚接触时印痕是一条线,随着万能材料试验机推动工装下移,胶轮与坐标纸接触部位不断变形(印痕由线形成面),负荷也不断增大,最终达到预设负荷。此过程中试验胶轮不同部位形变不同,所受到的挤压力也不同,无法测出不同部位的单位面积负荷,只能得出整个接地印痕平均单位面积的负荷。轮胎在实际行驶过程中也存在类似情况,轮胎接地部分不同部位受到的挤压力也不同。二者具有可比性,采用该方法的测试结果用于试验参数设置,可以模拟轮胎行驶条件,以评价胶料性能。

综上,该测试方法是将磨耗试验机的试验胶轮和路面轮通过2个夹具移到万能材料试验机上进行测试,操作方便,测试精细。没有夹具时,在试验胶轮上涂印泥,在路面放置坐标纸,利用磨耗试验机本身也可以测试。二者原理一样,测试结果基本一致。



(a) 上夹具剖面



(b) 下夹具剖面

- 1—上固定柱;2—上夹具固定环;3—样品架;4—样品架固定螺母;5—样品轮定位销;6—样品轮挡板;7—样品轮;8—样品轮定位销固定螺母;9—定位销;10—定位孔;11—路面轮;12—路面轮挡板;13—路面轮托盘;14—角度调节盘;15—角度盘;16—角度定位盘;17—下夹具固定环;18—下固定柱;19—定位孔;20—角度调节盘固定螺钉;21—路面轮托盘固定螺钉;22—路面轮挡板固定螺钉;23—路面轮安装孔。

图1 实验室摩擦和磨耗试验胶轮接地印痕测试夹具

2.2 阿克隆磨耗试验机用试验胶轮静态接地压强的测试

阿克隆磨耗试验机的试验胶轮外直径为68 mm,宽度为12.7 mm;砂轮外直径为150 mm,宽度为25 mm,砂轮圆周即为胶轮运行轨道;试验时两轮错向15°,在一定负荷(26.7、53.4和80.1 N)下压

紧,砂轮在试验胶轮的带动下运动。在试验胶轮和路面轮成15°角时,按照前述方法测试一定负荷下试验胶轮的接地印痕及其面积,再利用负荷和印痕面积比得出静态平均接触压强。阿克隆磨耗试验机用不同硬度试验胶轮在不同负荷下与路面间的静态平均接触压强如表2所示。

表2 阿克隆磨耗试验机用不同硬度试验胶轮在不同负荷下与路面间的静态平均接触压强测试结果

配方 编号	邵尔A型 硬度/度	接地印痕面积/mm ²			平均接触压强/MPa		
		26.7 N	53.4 N	80.1 N	26.7 N	53.4 N	80.1 N
1	50	111	144	181	0.241	0.370	0.443
2	55	97	137	162	0.277	0.390	0.494
3	62	80	108	135	0.334	0.493	0.595
4	68	72	97	116	0.369	0.552	0.691
5	73	70	85	102	0.384	0.626	0.787

从表2可以看出,在相同负荷下,随着试验胶轮硬度的增大,胶轮与路面的接触面积减小,从而导致胶轮与路面间的静态平均接触压强增大。

由于乘用车轮胎与路面的接触压强小,卡客车轮胎与路面的接触压强大,实验室评价两种轮胎胶料的耐磨性能时,采用与其使用压强有可比性的条件进行评价更具有代表性。对于阿克隆磨耗试验机,使用26.7 N的负荷评价乘用车轮胎胶料的耐磨性能较合适,而使用53.4或80.1 N的负荷评价卡客车轮胎胶料耐磨性能可能更合适。由此可知,采用本工作开发的测试方法,对于实验室评价胶料耐磨性能条件的选择有一定的指导意义。需要说明的是,实际轮胎行驶的路面为平面,而阿克隆摩擦和磨耗试验的路面为金属砂轮,测试结果为静态平均接触压强,试验胶轮各点的具体受压情况与水平路面上轮胎各点的受压情况不同,试验条件设计时要适当考虑。

2.3 兰伯恩磨耗试验机用试验胶轮静态接地压强的测试

兰伯恩磨耗试验机的试验胶轮外直径为49 mm,宽度为10 mm;砂轮外直径为150 mm,宽度为25 mm,砂轮圆周即为胶轮运行轨道;试验时胶轮和路面轮在一定负荷(5~80 N)下压紧,各自独立相向而行。按照前述方法测试一定负荷下试验胶轮的接地印痕及其面积,利用负荷和印痕面积比得出静态平均接触压强。兰伯恩磨耗试验机用不同硬度试验胶轮在不同负荷下与路面间的静态平

均接触压强如表3所示。

从表3可以看出,在相同负荷下,随着兰伯恩试验胶轮硬度的增大,胶轮与路面间的静态平均接触压强增大,这与阿克隆试验胶轮有完全相同的趋势和规律。同样,实验室评价不同用途轮胎胶料的耐磨性能时,应采用与其使用压强有可比性的条件进行评价,使结果具有一定的代表性。

2.4 RTM综合摩擦试验机用试验胶轮静态接地压强的测试

RTM综合摩擦试验机的试验胶轮外直径为80 mm,宽度为15 mm;运行轨道为一个水平圆形

轨道,其外直径为700 mm,宽度为30 mm,试验时胶轮沿着水平圆形轨道旋转;仪器负荷为20~150 N。测试胶轮在水平轨道上的接触印痕比较简单,只需安装上夹具夹住胶轮,不需要安装下夹具,将坐标纸直接铺在万能材料试验机的工作平台上即可。按照前述方法测试一定负荷下试验胶轮在水平路面上的接地印痕及其面积,利用负荷和印痕面积比得出静态平均接触压强。RTM综合摩擦试验机用不同硬度试验胶轮在不同负荷下与路面间的静态平均接触压强如表4所示。

从表4可以看出,在相同负荷下,随着试验胶

表3 兰伯恩磨耗试验机用不同硬度试验胶轮在不同负荷下与路面间的静态平均接触压强测试结果

配方 编号	邵尔A型 硬度/度	接地印痕面积/mm ²					平均接触压强/MPa				
		10 N	20 N	40 N	60 N	80 N	10 N	20 N	40 N	60 N	80 N
1	50	55.8	72.5	97.5	115	128	0.179	0.276	0.410	0.523	0.627
2	55	51.3	66.4	91.0	105	118	0.195	0.301	0.440	0.570	0.676
3	62	44.1	56.2	77.0	89.8	99.0	0.227	0.356	0.519	0.668	0.808
4	68	41.1	48.4	66.0	79.8	88.6	0.244	0.413	0.606	0.751	0.903
5	73	39.5	45.6	61.7	70.4	77.6	0.253	0.438	0.648	0.852	1.032

表4 RTM综合摩擦试验机用不同硬度试验胶轮在不同负荷下与路面间的静态平均接触压强测试结果

配方 编号	邵尔A型 硬度/度	接地印痕面积/mm ²					平均接触压强/MPa				
		40 N	60 N	80 N	100 N	120 N	40 N	60 N	80 N	100 N	120 N
1	50	182	224	247	268	290	0.220	0.302	0.357	0.405	0.447
2	55	157	193	214	241	251	0.255	0.348	0.415	0.466	0.498
3	62	125	148	169	193	222	0.319	0.450	0.539	0.593	0.622
4	68	105	129	152	174	1759	0.382	0.510	0.620	0.656	0.689
5	73	97	124	136	150	152	0.412	0.550	0.647	0.734	0.799

轮硬度的增大,胶轮与路面间的静态平均接触压强增大,这与阿克隆和兰伯恩试验胶轮有完全相同的趋势和规律。由于试验路面为平面,试验与轮胎在实际路面的行驶状况基本一致,测试结果在试验参数设置方面有更好的可比性。

3 结语

本工作开发了一种万能材料试验机的夹具以及摩擦和磨耗试验用不同负荷下试验胶轮与路面间静态平均接触压强的测试方法,可适用于阿克隆磨耗试验机、兰伯恩磨耗试验机和RTM综合摩擦试验机等。该方法适用范围广,尚未见文献报道,可为实验室模拟轮胎行驶摩擦和磨耗试验参数的设置提供重要指导。

参考文献:

[1] 刘霞. 轮胎技术的最新进展和发展趋势[J]. 世界橡胶工业, 2011, 38 (3): 30-35.

[2] 田旭东, 周平, 廖发根, 等. 轮胎结构偏差对接地印痕影响的试验和仿真研究[J]. 橡胶工业, 2021, 68 (10): 774-778.

[3] 马建华, 张立群, 吴友平. 轮胎胎面胶料性能及其机理研究进展[J]. 高分子通报, 2014 (5): 1-9.

[4] SCHALLAMACH A. Abrasion of rubber by a needle[J]. Journal of Polymer Science, 1952, 9 (5): 385-404.

[5] GROSCH K A, SCHALLAMACH A. Relation between abrasion and strength of rubber[J]. Transactions of the Institution of the Rubber Industry, 1965 (41): 80-98.

[6] 那洪东. 轮胎磨耗力学研究现状[J]. 世界橡胶工业, 2016, 43 (5): 46-51.

[7] 芥川惠造, 王秀霞. 轮胎的摩擦与粘弹性[J]. 轮胎工业, 1998, 18 (5): 13-18.

收稿日期: 2021-12-06

Development of a Test Method for Static Contact Pressure between Rubber Wheel and Road in Laboratory Friction and Wear Test

WU Aiqin¹, LI Xixin¹, CHEN Wensen¹, LIU Shijie²

(1. Stone Testing Technology Co., Ltd., Qingdao 266045, China; 2. EVE Rubber Institute Co., Ltd., Qingdao 266045, China)

Abstract: A test method for the static contact pressure between the rubber wheel and the road surface under different loads was developed by using a laboratory friction and wear testing machine. This method designed a set of fixtures that could be installed on the universal testing machine, which was suitable for the rubber wheels and road surface of Akron wear tester, Lamborn wear tester and RTM comprehensive friction tester. The test process was as follows: using the upper fixture to fix the test rubber wheel, and the lower fixture to fix the road wheel of the testing machine; putting a piece of coordinate graph paper on the road surface, and applying ink pad on the contact part of the rubber wheel; turning on the test machine, and pressing the rubber wheel onto the testing road surface with a certain load. The footprint of the rubber wheel was obtained on the coordinate paper. The footprint area was measured with a microscope, and the static contact pressure between the rubber wheel and road surface under a certain load was obtained by the ratio of the load and the footprint area. This method had a wide range of applications and could provide important guidance for the setting of parameters for the simulation of the tire driving friction test in the laboratory.

Key words: tire; rubber wheel; fixture; friction; wear; footprint; static contact pressure

益阳橡胶签订GN700密炼生产线合同

日前,益阳橡胶塑料机械集团有限公司(简称益阳橡胶)与国内某大型橡胶企业成功签订了国内首条GN700密炼生产线等新产品合同,合同总额近4 000万元。

益阳橡胶以智能化产品创新助力下游企业低碳发展。GN700密炼生产线由GN700型密炼机及配套大型双螺杆挤出压片机XJY-ZS 1100/500组成。设计技术团队在生产线研制过程中,以节能降耗为主要目标,以数字化、智能化为主要抓手,对设备关键零部件采用三维设计和仿真分析,确保关键零部件的性能和使用寿命,并优化设计,减小设备质量;对设备的冷却零部件通过优化冷却水道形式与结构,有效提高设备的热传递性能,以达到良好的温度控制。GN700密炼生产线主要用于大型轮胎及橡胶制品企业中普通胶料的混炼,其产量大、效率高,每车炼胶量可达到560~575 kg。

GN700型密炼机是益阳橡胶自主研发的全球最大规格剪切型密炼机;采用穿轴式4WH转子,具有较高的抗弯模量,强度大;转子采用强制循环冷却,热传递性能好;转子防尘密封装置采用油缸直接加压式结构,密封性能可靠。与其他剪切型密炼机相比,GN700型密炼机在生产效率、投资成本、功率消耗、占地面积等方面均具有明显优势,与同机型的400,370,430规格密炼机相比,建设投资可节约20%以上,生产效率提高60%~80%,功率消耗可减少约10%,占地面积可减小约60%,润滑油使用量可节约30%~50%。

随着国家“碳达峰”“碳中和”战略的实施,GN700型剪切型密炼机及配套双螺杆挤出压片机的使用需求会越来越多,将逐步替代430,400,270等中小型密炼机,成为大型轮胎和制品行业混炼胶使用的主要设备,从而为用户实现低碳、环保、节能发挥重要作用。

(陈建绥)