

导电轮胎生产工艺和设备研究

李承民

(广州市华南橡胶轮胎有限公司 研究开发中心, 广东 广州 511400)

摘要:根据低滚动阻力轮胎胎面胶料性能和轮胎结构特点,研究解决轮胎导电性能的生产工艺和生产设备,在现有设备基础上设计增加专用设备生产具有导电功能的胎面,解决生产工艺问题,保证轮胎导电性能达到产品标准要求,并提出生产工艺分析和工艺参数设计方法。

关键词:轮胎;导电;电阻率;烟囱法;标签法;工艺方法

中图分类号:TQ330.4⁺4;TQ336.1 **文献标志码:**B **文章编号:**1006-8171(2013)01-0041-05

汽车在行驶过程中,由于车辆与空气摩擦等原因,车辆会积累一定量的静电荷,如果这些静电荷不能及时导出,必然存在安全隐患,轻者静电击人,产生不适,重者引起火灾。车辆静电主要通过轮胎导入到路面,特殊危险品的运输车辆通常加拖链接地导出静电。

一般认为,所有类型的轮胎按标准规定的测量方法测得的电阻值不大于 $1 \times 10^{10} \Omega$,则可判定为能够安全地释放电荷。

在诸如包含易燃气体、水蒸气、灰尘或粉末的室内空间等环境中使用的轮胎需配备防爆燃设施或装置。按标准规定的测量方法测得的电阻值不大于 $1 \times 10^6 \Omega$ 的轮胎可判定为在上述环境中能够安全地释放电荷。

为保证轮胎的电阻值低于标准规定,必须保证制造轮胎的导电通路上的橡胶电阻率小于 $1 \times 10^8 \Omega \cdot \text{cm}$ 。但为了达到“标签法”对轮胎湿地性能等级、滚动阻力等级的技术指标要求,必须采用高比例白炭黑用量配方的胶料,而此种胶料的电阻率远大于 $1 \times 10^8 \Omega \cdot \text{cm}$,不能保证汽车轮胎导电性能要求。轮胎行业最成功的工艺方法是采用烟囱法胎面生产轮胎,即在电阻率大于 $1 \times 10^8 \Omega \cdot \text{cm}$ 的橡胶中嵌入电阻率远小于 $1 \times 10^8 \Omega \cdot \text{cm}$ 的橡胶用作导电通路,以满足轮胎导电性能要求。

1 烟囱法的胎面结构

1.1 胎面结构

图1所示为烟囱法胎面结构,白色部分为白炭黑含量高、电阻率较大的胶料,在其中嵌入导电性能较好的烟囱胶,黑色部分则为具有较好导电性能的胶料,其中包含烟囱胶。

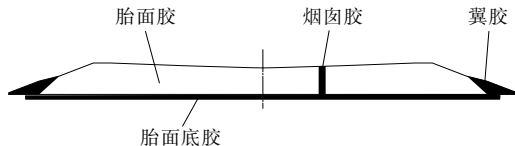
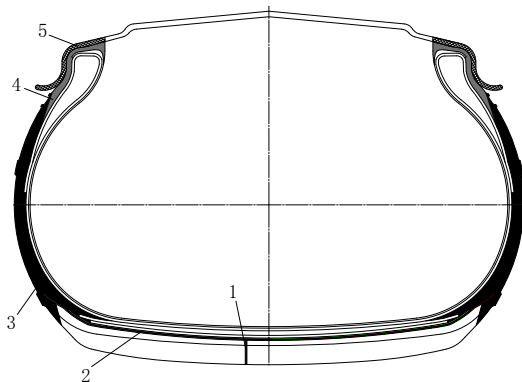


图1 烟囱法胎面结构

轮胎在行驶过程中通过烟囱胶接触地面,导出汽车行驶过程中产生的静电荷,防止因静电产生灾害,以保证汽车安全。

1.2 轮胎导电通路

轮胎导电通路如图2所示。汽车产生的静



1—烟囱胶;2—胎面底胶;3—胎侧;4—胎圈护胶;5—轮辋。

图2 轮胎导电通路

作者简介:李承民(1965—),男,黑龙江望奎县人,广州市华南橡胶轮胎有限公司高级工程师,学士,主要从事轮胎工艺流程和工装设计、轮胎设计、生产技术开发和管理工作。

电,由轮辋到轮胎的胎圈护胶、胎侧、胎面底胶和烟筒胶通路导出。轮胎的总电阻(R)为

$$R = \rho_1 l_1 / s_1 + \rho_2 l_2 / s_2 + \rho_3 l_3 / s_3 + \rho_4 l_4 / s_4 \quad (1)$$

式中, ρ 为材料电阻率, l 为材料长度, s 为材料的截面积。

对于特定的轮胎产品,其构成部件的尺寸变化很小,即 l/s 可以看作常数,若进行调整也只能是倍数关系,对整个轮胎的电阻不会产生数量级的影响,因此,轮胎的电阻级别取决于制造轮胎胶料的电阻率 ρ ,其受材料配方的影响,差别极大(一般为 $1 \times 10^4 \sim 1 \times 10^{12} \Omega \cdot \text{cm}$),胶料特性决定了轮胎电阻级别。

为满足欧盟标签法要求的配方试片电阻大于 $1 \times 10^{10} \Omega$,测试由此生产的轮胎导电性能也大于 $1 \times 10^{10} \Omega$,已不能满足轮胎性能要求。因此,必须采用烟囱法胎面设计,以满足轮胎导电性能要求。

2 烟囱法胎面的工艺和设备

如图1所示的胎面结构烟囱胶宽度为0.5~1.0 mm,用于导电,为生产图1所示结构的胎面,必须设计专用的设备和工艺。

2.1 设计背景

为得到轮胎的湿滑性能和滚动阻力都优异的轮胎,胎面胶料必须使用高比例白炭黑和溶聚丁苯橡胶(SSBR)胶料,该类配方胎面胶生产轮胎的电阻大于 $1 \times 10^{10} \Omega$,必须采用胎面导电设计,以保证汽车行驶的安全性。

为生产图1所示结构的烟囱法胎面,从设备和工艺方法上有两种方法:①采用复合挤出机头专门配置一台小挤出机用于实现烟囱胶的生产,这种方法在新增设备时可以实现,但设备较复杂,投资较高;②在现有的设备生产线上增加一台小挤出机用于挤出烟囱胶并通过预口型或口型嵌入到胎面中,该方法适用于对现有设备的技术改造升级,投资较小,但有一定技术难度。

本工作研究在现有挤出生产线上实现烟囱法胎面生产。

2.2 结构

本工作设计的烟囱法胎面挤出装置结构如图3所示。为使设备结构紧凑,挤出机不配置温控系统,只设电加热系统,用于开机时的预热,通过

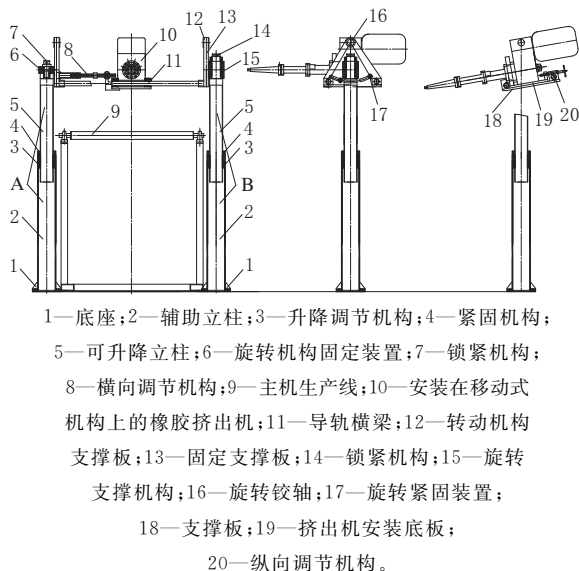


图3 烟囱法胎面挤出装置结构示意图

螺杆设计和胶料门尼粘度匹配达到热平衡,保证使用时排胶温度低于工艺控制温度。

2.3 工作原理

移动式橡胶挤出装置横跨于主机生产线上,A、B为固定支撑装置,B为装置固定端,A为装置支撑端,在设备使用过程中,为了方便操作,更换主机生产线上的流道、预口型和口型等工装设备,使该装置可以以B为旋转轴,自由旋转 360° ,以保证生产线正常运行。

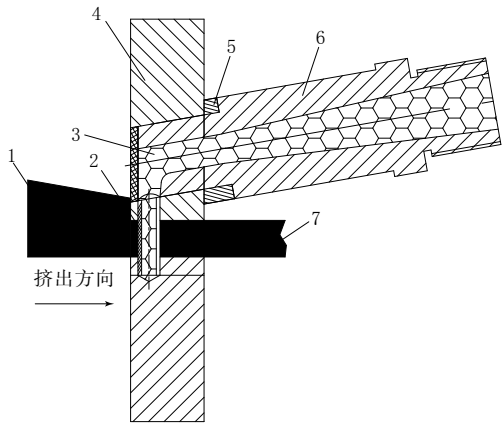
挤出机工作时,将装置旋转,旋转机构固定装置达到锁紧机构的位置支撑和固定,通过升降调节机构调整整个装置的使用高度,达到安装在移动式机构上的橡胶挤出机的水平工作高度。橡胶挤出机可以在横向调节机构的调节下左右移动,准确到达橡胶挤出机的横向工作位置。转动机构支撑板绕旋转铰轴旋转,使转动机构支撑板和固定支撑板形成 $0^\circ \sim 15^\circ$,保证橡胶挤出机的工作角度,并使用旋转紧固装置固定。使用设备的纵向调节机构将橡胶挤出机按照调节好的角度方向上移动,保证其可以进生产线口型的插孔中。橡胶挤出机通过橡胶挤出设备安装底板固定连接在导轨横梁上的支撑板上,并在松开联接时调节纵向调节机构可以使其前后移动。

通过以上调节,可以调节橡胶挤出机的工作水平高度($0 \sim 600 \text{ mm}$)、横向位置($0 \sim 500 \text{ mm}$)、倾斜角度($0^\circ \sim 15^\circ$)、纵向位置($0 \sim 60 \text{ mm}$),共计

4 个坐标,使其正确位于工作位置并固定,保证设备可靠运行。

2.4 胶料嵌入的工作原理

胶料嵌入式机构工作原理如图 4 所示。小型挤出机的嵌入胶料口型板插入生产线的口型板中,在嵌入胶料口型板中预先加工好插入孔和流道,母体胶料在生产线挤出机的作用下沿挤出生产线方向通过口型板,此时小型挤出机挤出嵌入胶料通过流道嵌入到母体胶料中,形成半成品。



1—母体胶料;2—流道;3—嵌入胶料;4—口型板;
5—接口装置;6—嵌入胶料口型板;7—半成品。

图 4 胶料嵌入式机构工作原理

嵌入胶料在半成品中的结构形式取决于流道的设计形式和嵌入胶料口型板的设计形式,流道常用结构形式如图 5 所示。

挤出的半成品结构形式可以是图 6 中(不限于此结构)的任何一种结构。

采用图 5(a)的结构机头,可以同时 在母体胶料中嵌入 2 条不同于母体胶料的同种胶料的胶条;采用图 5(b)可在母体胶料中嵌入 1 条不同于

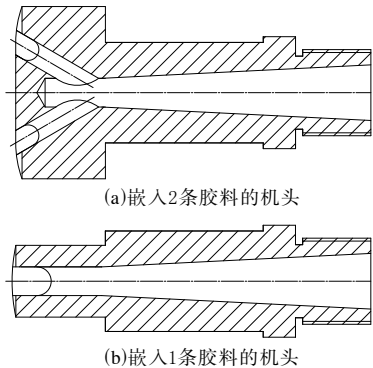


图 5 流道常用结构

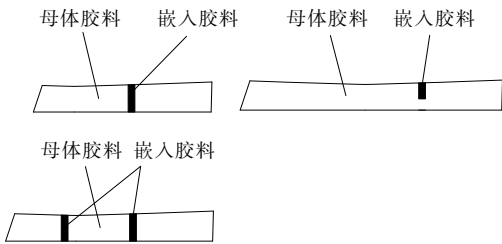


图 6 嵌入式胶料结构

母体胶料的胶条。

3 烟囱法胎面生产工艺验证、产品验证和测试分析

3.1 设备工艺排胶温度的测定

由于该挤出机没有配置温控系统,因此对排胶温度能否满足工艺条件需要进行测试,以确认设备的工艺参数。

测试环境温度为 24℃,胶料温度为 23.6℃,挤出机前温度为 28.5℃,挤出机预热到 77℃时,开始增加负荷,提速间隔约为 5 min,排胶温度趋于平衡,以达到平衡时的最高温度为测试数据,胶料为导电性能较好的胎面胶料,门尼粘度[ML(1+4)100℃]为 38.1,测试结果如表 1 所示。

表 1 排胶温度 ℃

螺杆转速/ (r·min ⁻¹)	排胶时间/min				
	10	12	15	18	20
40.44	90.6	91.0	91.0	92.0	92.0
51.47	98.6	99.0	101.0	102.0	102.0
60.65	105.0	106.0	107.6	108.0	108.0
71.50	110.0	112.0	112.6	112.5	112.6

在胎面挤出生产中,烟囱胶挤出机的螺杆转速工作范围为 50~60 r·min⁻¹时,烟囱胶料的门尼粘度可以控制为 34~42,测试结果表明排胶温度尚有余量,设备符合工艺要求。

3.2 产品试制与分析

完成生产口型调试后,正式生产烟囱法胎面,采用图 1 所示的胎面结构,生产线速度为 15 m·min⁻¹,烟囱胶挤出机的螺杆转速为 50 r·min⁻¹,经断面分析,测得胎面部件烟囱胶的宽度为 0.6~0.8 mm,满足设计要求。

采用烟囱法胎面生产 205/55R16 S-1063 轿车子午线轮胎,成型和硫化过程顺畅,没有异常。整个生产过程中,胎坯表面光滑,没有裂开。硫化后的成品轮胎可以清晰看到烟囱胶的条状痕迹。

3.3 成品断面剖析检测

断面切割后,烟囱胶清晰可见,宽度为 0.6~0.8 mm,轮胎断面结构完全符合设计要求。

3.4 工艺问题及解决方法

(1)烟囱胶的供胶。由于烟囱胶的挤出机螺杆直径为 25~35 mm,因此螺杆直径的挤出机供胶胶条必须保证在一定的宽度和厚度,才能保证挤出机的挤出稳定,供胶胶条必须在原胶片基础上进一步加工才能实现,比较简便的办法是利用现有生产线的 $\phi 90$ 挤出机在口型上设置滤网挤出胶条,胶料通过过滤保证杂质的尺寸小于烟囱流道的尺寸,避免因杂质问题产生挤出断胶。

(2)烟囱胶挤出机的挤出状态稳定,可以保证生产线在速度小于 $25\text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$ 时,胎面嵌入的烟囱胶尺寸达到设计要求。

(3)口型改进。烟囱流道要上小、下大,整体形状如“ $\downarrow$ ”或“ I ”形式;口型基部流道应开出胶料流道,以保证局部的供胶量,使胎面平整。

(4)烟囱胶挤出机的生产能力如表 2 所示。

表 2 烟囱胶挤出机的生产能力

螺杆转速/ ($\text{r}\cdot\text{min}^{-1}$)	产能(带口型)/ ($\text{kg}\cdot\text{h}^{-1}$)	挤出线速度/ ($\text{m}\cdot\text{min}^{-1}$)	烟囱胶宽度 /mm
50	5.1	10	0.9
		15	0.6
60	6.1	15	0.7
		20	0.6
70	7.1	15	0.9
		20	0.7
		25	0.6

实际生产中,烟囱胶的宽度以 0.5~1.0 mm 为宜,生产线速度可以达到 $25\text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$,生产线速度取决于胎面胶料的挤出性能,一般不会超过 $18\text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$ 。

4 轮胎导电性能

205/55R16 轿车子午线轮胎采用低滚动阻力胎面胶时电阻为 $2.86\times 10^{10}\text{ }\Omega$,增加烟囱胶的电阻为 $8.63\times 10^8\text{ }\Omega$ 。达到了国际对轮胎电阻小于 $1\times 10^{10}\text{ }\Omega$ 的要求。

为验证断面结构中不同轮胎部位配方对轮胎导电性能的影响,胎侧胶和翼胶采用不同炭黑配方和不同结构尺寸烟囱胶分别制作轮胎,轮胎电

阻测试结果如表 3 所示。

从表 3 可以看出:轮胎的导电性能取决于轮胎各个部位的胶料配方;烟囱胶的宽度对轮胎的导电性能不会产生数量级的影响。

表 3 轮胎电阻测试结果

烟囱胶宽度/mm	胶面底胶厚度/mm	炭黑 ¹⁾	电阻/ Ω
1.5	0.5	N660	3.94×10^8
1.5	0.8	N660	4.35×10^8
1.5	0.8	N330	5.0×10^4
0.7	0.5	N330	6.7×10^4

注:1)胎侧胶和翼胶采用的炭黑。高级别电阻值采用 1 kV 电压测量,低级别电阻采用 10 V 电压测量。

5 烟囱胶位置

烟囱胶可以被花纹沟分割,但必须全部或部分位于花纹块上,以达到接触地面、导除静电的作用,因此,必须根据花纹特点确认烟囱胶的位置。

6 潜在问题

6.1 试片测试

烟囱胶与胎面胶母体采用不同配方,且界面垂直于轮胎旋转轴,必须验证结合界面材料的物理性能是否满足轮胎的使用要求,因此利用现有的检测手段,设计了试片进行结合界面的物理性能检测,试片结构如图 7 所示。

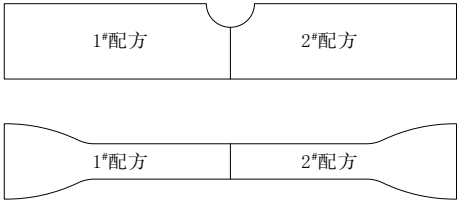


图 7 试片结构

烟囱胶料与母体胶料结合性能的试片检测结果如表 4 所示。

表 4 不同配方胶料间的界面物理性能

项 目	1# 配方	2# 配方	2# /1# 配方
拉伸强度/MPa	14.68	16.73	14.83
断裂界面	非界面断裂		
疲劳性能			
1 级破坏转数 $\times 10^{-4}$	1.5	<1.5	<1.5
全裂转数 $\times 10^{-4}$	6	7.5	7.5
破坏界面情况	整齐	粗糙	交错且看不到界面破坏

试片测试结果表明,界面结合处无异常破坏且破坏结果取决于胶料本身性能,与结合界面无关。

6.2 成品轮胎整车试验

生产烟囱法胎面出租车轮胎,前轮安装使用 3 个月后,没有异常情况发生,轮胎行驶 29 000 km,剩余花纹深度为 3.2 mm,轮胎仍在继续使用。值得说明的一点是,由于烟囱胶的耐磨性能优于母体胎面胶,因此轮胎在使用过程中,胎面磨损后烟囱胶有轻微凸起的感觉,有利于烟囱胶接

触地面,能更有效地导除车辆静电。

7 结语

采用专门设计的移动式挤出设备横跨于主机生产线上,并调节相应的生产工艺,成功生产出烟囱法轮胎胎面,解决了母体胶料导电不良的问题,使成品轮胎的导电性能达到标准要求。该生产设备和生产工艺已经成功投入使用。

第 17 届中国轮胎技术研讨会论文

Study of Processing Technology and Equipment for Conductive Tire

LI Cheng-min

(Guangzhou South China Rubber & Tire Co., Ltd, Guangzhou 511400, China)

Abstract: The processing technology and equipment for conductive tire were developed based on the properties of the tread compound of low rolling resistance tire and structural characteristics of the tire. The special equipment for producing conductive tread was added to the existing production line. The analysis method on production technology and design method on process parameters were also developed to ensure that the conductive properties of tire met the product standards.

Key words: tire; conductive; resistivity; chimney method; labeling law; process methods

赛轮推出两款 Terramax 轮胎

中图分类号: TQ336.1 文献标志码: D

美国《现代轮胎经销商》(www. moderntire-dealer.com)2012 年 10 月 24 日报道:

赛轮轮胎加拿大即赛轮有限公司北美子公司已为北美市场推出两款轻型载重轮胎: Terramax CVR 和 Terramax A/T。Terramax CVR 轮胎如图 1 所示。

轿车和轻型载重产品经理 Wayne Cuculuzzi 称,作为轻型载重汽车,运动型多用途乘用车(SUV)和交叉型多功能车(CUV)部分在不断发展,赛轮也在不断重新评估该产品,以确保不仅能满足客户的需求,还要超越他们的期望,随着 CVR 和 A/T 轮胎的加入,现在的 Terramax 系列产品拥有更多元化的轻型载重轮胎可供选择。

(1) Terramax CVR 是为 CUV 提供的全天候轮胎,拥有 SUV 轮胎的性能和旅行车轮胎的舒适性。



图 1 Terramax CVR 轮胎

(2) Terramax A/T 采用深花纹沟设计,可在全地型路面上提供安静和舒适的驾乘感受。

Cuculuzzi 称,从传统的皮卡到新型交叉车型,客户均可找到所需的轮胎。

(田军涛摘译 吴秀兰校)