技术发展

大型斜交无内胎工程机械轮胎应用设计与制造

何红卫, 王 锋, 李 豪
(风神轮胎股份有限公司, 河南 焦作 454003)

摘要: 介绍了工程机械轮胎的发展趋势, 无内胎工程机械轮胎的优点, 影响气密性的因素, 胎圈着合直径、胎圈倾斜角度, 胎里密封层等, 以及在制造中易出现的问题和解决措施。

关键词: 无内胎工程机械轮胎; 轮胎设计; 水胎

近几年来, 我国工程机械轮胎得到了长足的发展, 年增长率超过了 30%, 一方面是由于我国基础设施建设投资力度加强及多项大型工程相继开工建设, 另一方面由于国际采矿业的迅猛发展带动了工程机械市场的持续升温。现就工程机械轮胎的发展情况及结合水胎生产工艺将斜交无内胎工程机械轮胎应用、设计及制造中的一些体会作一简要介绍。

1 工程机械轮胎应用及发展趋势

工程机械轮胎主要配套于工程机械, 包括装载机、铲运机、推土机、挖掘机、平地机、压路机和大型自卸汽车等, 多使用在矿山、煤田、水利施工现场, 多为无路面或路面较差, 使用条件恶劣。

国外工程机械轮胎起始于二十世纪 60年代, 主要集中于法国米其林、日本普司斯通和美国固特异。我国工程机械轮胎起步于上世纪 70年代, 技术水平和生产水平和国际大公司相比有一定的差距。从国际市场看工程机械轮胎朝着无内胎化、子午化、扁平化发展, 同时超大规格和小型多功能及特殊用途的工程机械轮胎逐渐增多。

目前国际市场上无内胎工程机械轮胎, 尤其是巨型无内胎轮胎需求旺盛、供不应求。欧洲和北美市场上基本上采用的都是无内胎工程机械轮胎; 国内市场主要是有内胎工程机械轮胎, 但是巨型轮胎 (轮胎着合直径 33 "以上)全为无内胎轮胎, 出口国际市场以无内胎为主, 能占出口份额的 80%以上。

工程机械轮胎子午化也是发展趋势, 米其林工程机械轮胎全部是子午线轮胎, 主要的核心技术掌握在国际排名前几位的轮胎公司手中, 普利司通和固特异工程机械轮胎斜交轮胎和子午线轮胎各占约 50%。巨型工程机械轮胎中仍有不少公司生产钢丝带束层斜交轮胎。

工程机械轮胎在我国的应用也十分广泛, 近几年来随着我国三峡工程、南水北调工程、高速铁路、高速公路以及能源、矿山建设等为工程机械轮胎的发展提供了广阔的市场空间, 我国工程机械轮胎绝大多数是斜交轮胎, 斜交工程机械轮胎投资少、成本低、价格低, 在我国的应用具有很大的优势, 同时国内市场对无内胎工程机械轮胎的需求增长较快。国外大公司以发展无内胎工程子午线轮胎为主, 但是国际市场对工程机械轮胎的需求远远超过工程子午线轮胎的发展速度, 我国出口斜交工程机械轮胎也逐年增加且绝大多数是无内胎轮胎, 所以国内及国际市场对斜交无内胎工程机械轮胎的市场有一定的发展空间, 预计在今后 10年内将保持 20%的增长。

2 无内胎工程机械轮胎使用优点

无内胎工程机械轮胎除了具有工程机械轮胎的共性, 耐磨、耐切割、耐刺扎外, 与有内胎轮胎相比, 有以下几个优点。

2 1 重量轻, 装卸方便

与有内胎工程机械轮胎相比, 无内胎轮胎不需要配套内胎和垫带, 减少了内胎和垫带的投入, 成本降低, 同时方便了装卸。相同规格的无内胎和有内胎工程机械轮胎相比重量减少, 如一条

23.5-25-16PR L-3无内胎工程机械轮胎比一套有内胎轮胎少约 20kg

2.2 生热低、安全性能高

相同规格的无内胎轮胎比有内胎轮胎重量减轻，同时胎腔内热量易从轮辋向外散发，可有效降低行驶温度，轮胎可以在较高速度下行驶。而且无内胎轮胎在扎伤后不会马上丧失气压，行驶安全性高。

2.3 更能满足液体压载和固体压载的要求

部分工程机械要求轮胎内充液体或固体，目的是给机械配重即增加机械重量，降低机械重心，减少机械作业时蹦跳打滑现象，提高机械的稳定性，提高轮胎的牵引性能、通过性，从而提高机械的生产效率。液体或固体可以较方便直接加在无内胎轮胎的胎腔内。有内胎轮胎需加在内胎内，机械在作业过程中前进后退往复运动时，外胎与内胎会产生相对位移，而气门嘴由于受轮辋气门嘴槽的约束不能随内胎移动，气门嘴受轮辋与内胎的剪切易被扭坏。

2.4 社会效益

无内胎工程机械轮胎不需要配套内胎和垫带，可以减少内胎垫带模具的投入以及相应的厂房建设、土地资源，有利于节约资源、能源及符合环保要求，符合国家大力倡导的循环经济政策。

3 轮胎设计特点

无内胎轮胎设计时要充分考虑气密性要求，在设计上需要注意以下几点。

3.1 轮胎着合直径设计

工程机械轮胎作业时轮胎除承受垂直载荷外还要传递较大的切向牵引力，在切向牵引力下，胎圈与轮辋之间易产生相对位移及磨擦，对轮胎的气密性要求不利，为减少轮胎与轮辋之间的位移及磨擦，需使轮胎胎圈与轮辋紧密配合，所以胎圈与轮辋过盈配合比有内胎轮胎要大，有内胎轮胎一般取过盈量为 0～3mm，无内胎轮胎可取 3～8mm，（对于胎圈部用棕丝网眼布代替纯胶时，过盈量适当减少，否则会增加装卸困难），规格越大，取值越大。同时胎圈向下倾角比轮辋着合处下倾角度大 0.5～1°。

3.2 胎体及钢丝圈安全倍数

工程机械轮胎在使用中受到较大的冲击力，要求轮胎坚固耐用，所以轮胎胎体帘布层数多，对于高层级的自卸车轮胎，胎体安全倍数在 7倍以上。

大型无内胎工程机械轮胎胎圈部采取多钢丝圈结构，2～4个钢丝圈。无内胎轮胎取较大的过盈量，钢丝圈受力比有内胎轮胎大 30%以上。胎圈部受总压力 $T_{总}$ 包括钢丝圈在内压作用下所产生的应力 T和对轮辋的箍紧力 T_H 之和：

$$T_{总}=T+T_H。$$

式中：$T_{总}$——钢丝圈总应力；

T——钢丝圈内压应力；

T_H——胎圈与轮辋箍紧力。

钢丝圈安全倍数：

$$K=ns/T$$

式中：n——每个胎圈中钢丝根数；

s——单根钢丝强力。

一般要求钢丝圈安全倍数取 2.5倍以上，但是对于使用条件苛刻的大型工程机械轮胎，例如装载机在强力模式下作业时，后轮撬起，整车质量及装载物质量全由两前轮承担，相当于轮胎的超负荷作业，轮胎的瞬时负荷会超过标准负荷的 2倍，此时轮胎胎圈部的受力很大，为提高轮胎胎圈的安全性能，胎圈安全倍数应达到 4倍以上。

3.3 胎体密封层及胎圈密封胶设计

有内胎轮胎是靠内胎来保证气压，无内胎轮胎主要靠胎体密封层来保证气压的，因此要求密封层有较高的气密性和耐热老化性能，一般使用卤化丁基橡胶，制造方法有挤出法和压延法两种。胎体密封层一般取 2～5mm，采用挤出法生产的密封层致密性高，能减少气泡的产生。

胎圈密封层有两种结构：一种纯胶结构，由 1～2层胎圈密封胶。另一种为带织物结构，如棕丝网眼布，此种结构能有效减少趾口大边的产生。

3.4 成品扎眼

无内胎轮胎胎体虽然使用保气性能良好的密封材料，但仍不可避免有少量气体通过密封层向胎体渗透，受胎面和胎侧胶的阻挡会在胎体帘布层与胶层间产生聚集（如在肩部和胎圈上部），轮胎在使用过程中会导致胎体升温，可达 100℃以上，高温下气体膨胀可加速轮胎早期脱层。所以气体应及时排出，在成品的胎肩和胎圈作扎眼处

理,位置见图 1,扎眼数量与花纹等分数相同,深度达到帘布层。

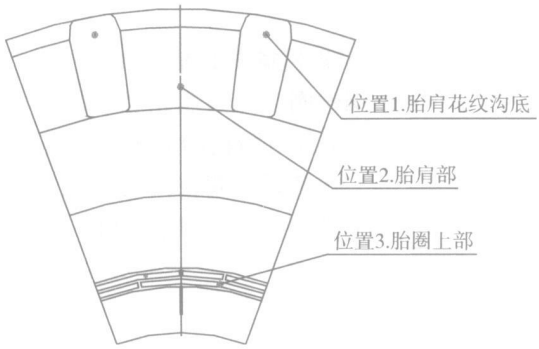

图 1 扎眼位置图

3.5 钢丝圈间填充胶条

大型高层级无内胎轮胎帘布层数多,每个钢丝圈帘布反包后在钢丝圈之间会产生较大的近似△的间隙(见图 2),轮胎硫化时,该处会产生缺胶或窝藏空气,所以在施工设计中要在该处增加填充胶条,一般在胎侧样板上设计为△形流胶槽,填充胶条与胎侧一起压出,在胎体帘布正包前,将填充胶条填入到反包后间隙中。

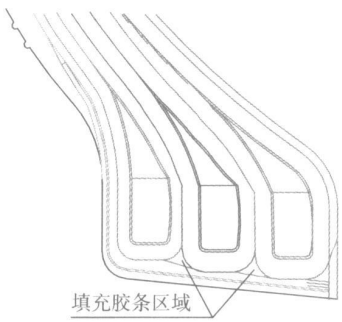

图 2 填充胶条区域示意图

4 无内胎轮胎在制造中易出现的问题及解决措施

水胎硫化工工艺是我国传统的轮胎制造工艺,对设备及工艺的要求较低,应用广泛,但是存在定型难度大、精度低、硫化周期长等缺点,目前许多轮胎公司在逐渐采用罐式胶囊硫化和个体硫化机硫化。下面就水胎硫化工艺在生产过程中易出现以下几个问题及解决措施加以介绍。

4.1 胎里露线

该问题容易出现在宽基无内胎工程机械轮胎,靠近胎肩处,对应于模型花纹沟,轻者帘线局部出现跳线,露出帘线痕迹,重者帘线裂缝深达帘布层内部 1~2层。由于无内胎轮胎靠胎里密封层保持气压,而胎里露线将严重影响胎里的气密性,出现该问题,轮胎将被判定为不合格。

出现该问题的主要原因是胎体帘线假定伸张值过大和定型后胎面宽度较窄所致。

解决措施:

1. 合理确定胎体帘线假定伸张值。在轮胎结构设计中,帘线假定伸张值是一个十分重要的参数,此值选取的是否合理,对轮胎生产及成品质量有极大影响,假定伸张值过大,外胎硫化时帘线伸张过大,易造成胎肩缺胶,胎里帘线裂缝等缺陷,过小帘线伸张不足,出现帘线打弯。无内胎轮胎胎体帘线假定伸张值比有内胎轮胎略小,一般在 1.025~1.04。

2 合理确定胎面胶尺寸。宽基工程机械轮胎半成品到成品的胎面变形大,胎面将变窄,如 23.5-25轮胎半成品胎面肩部宽度为 610mm,定型后胎面肩部宽度为 490mm。所以无内胎宽基工程机械轮胎应增加压出半成品胎面肩部胶宽度,使定型后与轮胎行驶面宽度接近。

4.2 胎里窝风

胎里窝风是无内胎轮胎典型的外观问题,由于无内胎轮胎有一定厚度的胎里密封胶,在硫化过程中,密封胶易将水胎风线堵塞,造成通气不畅,气体被压缩在水胎和胎密封层之间甚至被挤入密封层,形成窝风。窝风可以出现在胎肩,也可以出现在胎侧。

解决措施:

改进水胎风线设计。有内胎工程机械轮胎水胎风线的设计较稀且尺寸小,一般深 1.5mm、宽 2mm。无内胎轮胎水胎风线设计为宽 3mm、深 2mm,等分数比有内胎轮胎加倍或适当增加,视轮胎规格的大小而定,一般使水胎牙子处的风线间距不小于 25mm。同时水胎肩部加周向风线将径向风线串通起来,以利于气体的导出,见图 3。

4.3 胎里出沟

胎里出沟出现在距胎趾 15~50mm 胎里密封层与胎圈密封层搭接处,该处胶层厚度变化较大,不易压实,易窝藏空气。

解决措施:

1. 该部位对应于水胎处加周向风线,使该部位窝藏的空气易于排出,见图 3。

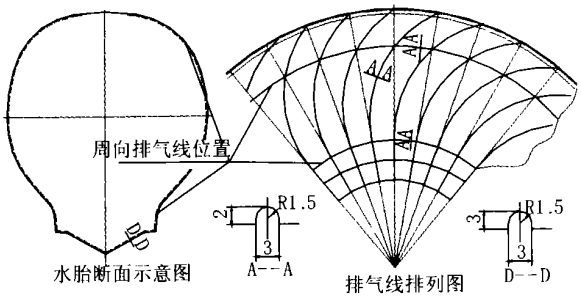

图 3　水胎断面形状, 排气线位置及尺寸示意图

2 牙子以下风线再加深。水胎牙子以下风线深度加深到 3mm, 见图 3(只起排气作用, 不影响外胎外观)。

4. 4 胎圈缺胶

胎圈部外观缺陷也是无内胎轮胎典型的问题, 一般易出现胎踵疤、胎圈着合面疤等。

无内胎轮胎主要靠胎踵处密封住气体, 保持所需正常的工作压力, 使机械能正常工作。如果该处缺胶, 将影响轮胎的气密性能, 该处对应于模型是一个凹槽, 半成品硫化时受压迟, 且该处圆弧半径较小, 易窝藏空气。成型好的半成品胎圈接近于圆形, 与成品的形状差别较大, 需较多的胶料来填充。胎圈着合面上出疤是因为巨型无内胎工程机械轮胎多为多钢圈结构, 而且帘布层数多, 所以成品胎圈宽度较宽, 有的可超过 130mm, 半成品到成品胎圈部材料压缩变形较大, 如果该处没有设计排气线, 极易窝气出疤。

解决措施:

1. 胎踵处圆弧半径。一般设计胎踵处圆弧半径比对应轮辋处半径大 0. 5 ~1mm(该处轮辋圆弧半径一般为 8 ~10mm), 如果半径越小, 该处胶料不易充满。所以将该处圆弧半径设计比轮辋半径大 3 ~4mm。

2 在模型对应于胎踵处加周向风线, 且风线上钻孔, 有效排出该处窝藏的气体。风线深度及宽度见图 4.

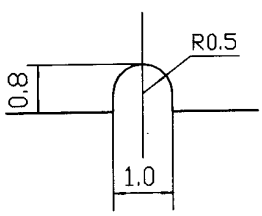

图 4　胎踵排气线示意图

3 轮胎胎圈底设计 1 ~2道周向风线和一定数量的径向风线, 见图 5.

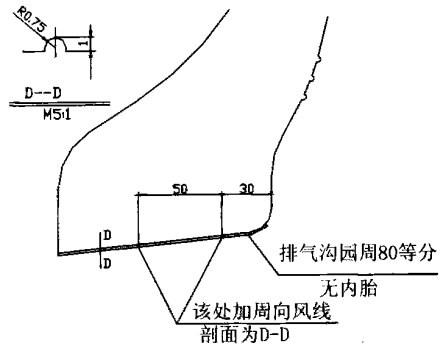

图 5　胎圈部风线图

5 结语

大型无内胎工程机械轮胎单胎价值高, 价格昂贵, 用户一方面对轮胎要求过硬的内在质量, 另一方面对轮胎的外观质量要求也逐渐提高, 因此, 必须精心设计、精心制造, 减少轮胎在生产过程中和使用过程中的的损失。

参考文献: 略

锦湖用新型 Lyocell帘线生产轮胎

韩国锦湖轮胎公司近日宣布, 它将采用环保的新型 Lyocell纤维帘线生产超高性能轮胎。这种新型纤维帘线代替人造丝或聚酯帘线时, 性能与人造丝帘线相当或比它更好, 而且在轮胎生产过程中对操作人员没有危害。这种含 Lyocell纤维帘线的轮胎将在 2007年初首先投放欧洲市场。该公司打算将这种帘线也用于生产其他类型的轮胎。

Lyocell纤维在我国大陆及台湾地区则俗称为天丝棉。它主要是以针叶树的木浆为原料, 经过再加工制成新型纤维。其生产工艺过程采用“溶剂纺丝法”, 先把木浆溶解于甲基氧化吗啉(NMMO)溶剂中, 经直接纺丝而成。生产中使用的甲基氧化吗啉, 对人体无害, 并可回收(回收率在 99. 5%以上)和重复使用, 生产中原料木浆所含的纤维素分子不起化学变化, 既无副产物, 又无废弃物排出, 属于绿色生产工艺。　　郭　铁