全钢载重无内胎子午线轮胎冠部气泡原因分析及对策措施

贾兵兵，邱立武，牛树辉，赵永辉，郑腾
（昊华轮胎有限公司，山东　寿光　262724）

摘要：针对全钢载重无内胎子午线轮胎冠部气泡质量缺陷展开研究，以 295/80R22.5 规格轮胎为对象，明确气泡主要出现在胎冠与带束层间、垫胶与胎体帘布间。经过分析得出，胎冠半成品变形、压辊结构与参数不合理、垫胶尺寸与贴合不良、层间存气等是主要诱因。研究通过增设胎冠压排气线装置、优化成型压辊组合与工艺参数、垫胶在线刺孔与加厚调整、规范接头操作等多项措施，实现多维度排气与贴合优化。实施后，该规格轮胎冠部气泡不良率从 13.2% 降至 0.85% 以下，有效提升轮胎安全性与使用寿命，为同类质量问题解决提供参考。

关键词：全钢载重无内胎子午线轮胎；冠部气泡；排气线装置；压辊结构

引用论文：贾兵兵，邱立武，牛树辉，等 . 全钢载重无内胎子午线轮胎冠部气泡原因分析及对策措施 [J]. 橡塑技术与装备，2026, 52(11):65-68.

中图分类号：TQ330.46　　**文章编号**：1009-797X(2026)11-0065-04

文献标识码：B　　DOI:10.13520/j.cnki.rpte.2026.11.013

全钢载重子午线轮胎冠部气泡是轮胎生产过程中较为常见的一种质量缺陷 [1]。表现为成品 X 光 / 全息检测点状、条状暗斑，解剖可见层间封闭空穴，后期易引发冠部分层、肩空、冠爆、胎面鼓包，是全钢胎重点质量缺陷。轮胎在使用过程中冠部承受车辆启动、制动、车货载荷、路况变化冲击及材料生热等恶劣情况，冠部气泡发生处易出现早期损坏而影响轮胎的使用寿命及安全性。

我司在试验 295/80R22.5 规格由零度结构调整为四层结构时，发现该规格有成品胎冠部气泡的不良缺陷。为解决此问题，我们使用德国 SDS 气泡机对轮胎进行气泡检测，经分析、查阅资料 [2] 等过程，确定了冠部气泡产生的位置。通过取病象胎进行解剖、观察轮胎气泡发生处的断面等方法，分析气泡的产生原因并提出相应解决措施，取得了良好效果，现简介如下：

1　全钢子午线轮胎冠部气泡类型及特征

冠部气泡一般指成品轮胎胎冠与带束层间的气泡、垫胶与胎体帘布间气泡以及胎冠胶中泡等。图 1 为 295/80R22.5 规格常见的冠部气泡实例，发生位置主要集中于轮胎肩部垫胶下方以及胎冠与带束层之间。

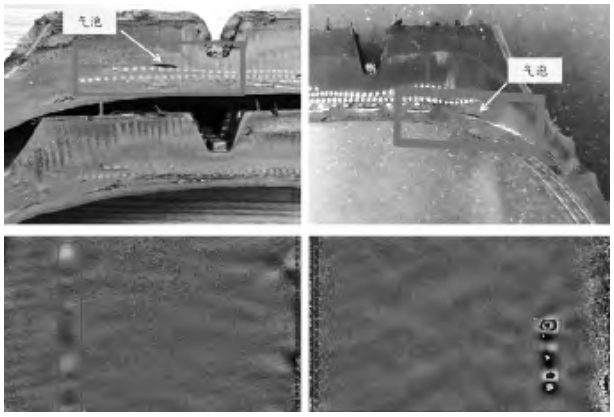


图 1　常见冠部气泡病像图示

2　原因分析与对策措施

2.1　胎冠与带束层间气泡

2.1.1　原因分析

（1）胎冠半成品存放过程中局部挤压变形。

胎冠半成品采用台车大卷化的存放方式，对于胎冠为两肩厚中间薄的半成品，会导致胎冠底部中间位置呈凹陷变形（见图 2）。成型辅机上胎冠后胎冠半成

作者简介：贾兵兵（1989−），男，助理工程师，学士，主要从事轮胎结构设计及工艺管理工作。

品底部和带束层之间易存空气。另外，胎冠半成品挤出后压制的排气线在卷取存放时肩部位置排气沟槽受挤压而压平，影响排气效果。

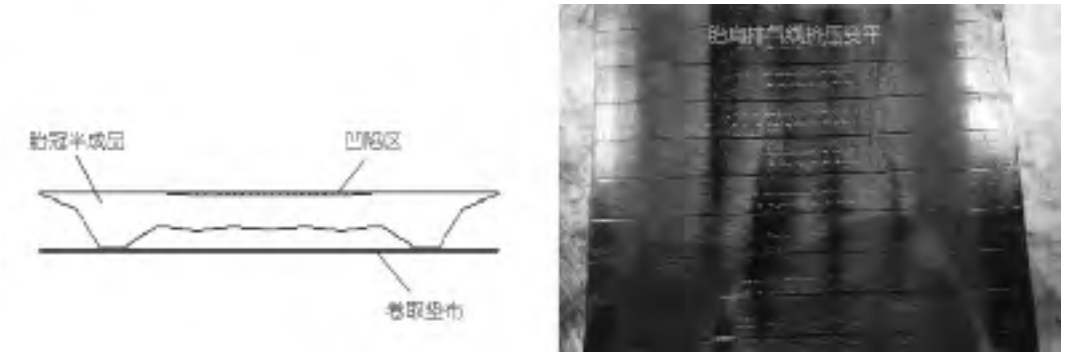


图 2　大卷化胎冠局部变形示意图

当滚压胎冠时，压辊滚压轨迹重叠区窄，容易出现胎冠起拱、压不实。重叠压合宽度与压辊轴向移动速度、辅鼓转速和压辊工作面宽度有关，见式（1）。

$$S=D-\frac{60v}{f} \qquad \text{式（1）}$$

式中：

S— 重叠压合宽度，mm；

D— 压辊宽度，mm；

v— 压辊轴向移动速度，$mm\cdot s^{-1}$；

f— 成型机辅鼓转速，$r\cdot min^{-1}$。

从式（1）可知，压辊工作面宽度 D 越宽、轴向移动速度 v 越小、辅鼓转速 f 越大，则重叠压合宽度 S 越大。因此，合理设定压辊滚压参数及辅鼓转速是必要的。

（3）胎冠压辊设计不合理。

成型机辅鼓组合压辊由中心压辊和分合压辊两部分组成。中心压辊是可径向伸缩的尼龙材质橄榄形压辊，用于滚压胎冠中心区域。分合压辊是左右各一个金属材质的压辊，用于从胎冠中心向两侧滚压，由伺服电机驱动、直线导轨引导，可轴向移动。

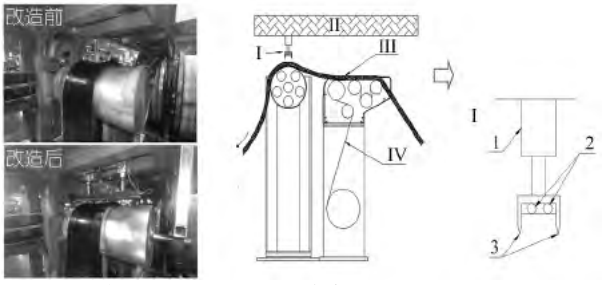
当辅鼓旋转滚压胎冠时，因胎冠各部轮廓形状不同而出现胎冠各部线速度不同。由于压辊形状和尺寸固定，而不同规格、花纹的胎冠形状差异较大。因此，如果仅使用中心压辊，则在压合过程中会出现胎冠局部漏压而存气难排出的问题。

2.1.2　对策措施

（1）成型机胎冠供料架增设胎冠压排气线装置

成型机胎冠供料架增设胎冠压排气线装置（图 3），其工作原理是：预先增加胎冠储料下限，提高导开电机停止次数。当胎冠导开电机停止信号传递到 PLC 时，由 PLC 控制电磁阀驱动升降气缸 1 下落。同时，控制压排气线刀 3 的行程量及停止时间，以达到所预期的压线深度。

此外，压排气线刀头增加加热装置 2，由温控表控制加热温度可以达到较好的压合效果。



I— 压排气线装置；II— 胎面供料架；III— 胎面；IV— 垫布
1— 升降气缸；2— 电加热带；3— 压排气线刀

图 3　胎冠供料架压排气线装置

通过上述成型机供料架的新增压排气线装置，使胎冠在辅鼓贴合前形成间距 400~500 mm、深度 0.4~0.5 mm 排气线，保证滚压过程中胎冠与带束层间的空气排除净。

另外，由于目前胎冠存放方式为台车大卷化。试验在丙纶垫布上缝制突起褶皱，突起褶皱间距 500 mm 左右，胎冠物料在卷曲存放过程中使物料底部增加类似排气线的线痕（见图 4），便于胎冠与带束层之间的气体排出。

（2）调整胎冠压合辊轴向移动速度、压力设定值、成型鼓转速等参数。

在保证胎冠变形符合要求的前提下，调整压合辊轴向移动速度、胎冠压合压力及辅鼓转速等参数，见表 1。

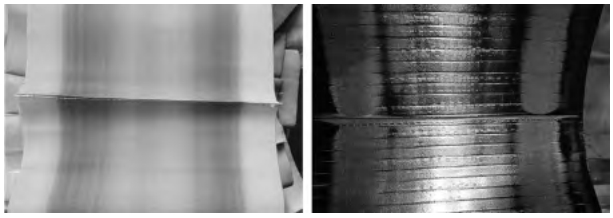


图 4　卷取垫布突起褶皱压线示意图

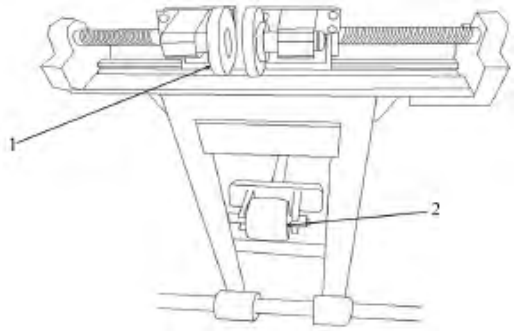
（3）重新设计胎冠压辊及调整压辊滚压组合方式。

成型机辅鼓滚压胎冠时，由原来的单一使用中心压辊方式，调整为中心压辊与分合压辊组合、分步滚压的方式。滚压动作先由中心压辊进行滚压中心区域，然后分合压辊从胎冠中间位置开始往两侧胎肩区域进行压合。执行标准压合逻辑严格遵循由中间向两边、先低压后高压、慢速排气再压实原则，即，先压实较薄的胎冠中间区域，后压较厚的肩部区域。

表 1　胎冠压辊及辅鼓相关参数

	压合辊轴向速度 /(m·min $^{-1}$)	压合辊压力 /MPa	辅鼓转速 /(r·min $^{-1}$)	胎冠压辊组合方式
调整前	8	0.3	150	中心压辊
调整后	6	0.4	180	中心压辊 + 分合压辊

另外，由于在滚压胎冠时线速度不同，对分合压辊工作面宽度由 8 mm 调整到 16 mm（如图 5）。



1—分合压辊；2—中心压辊

图 5　辅鼓胎冠压辊组合形式

此外，在上述调整措施的基础上，针对胎面接头位置的冠泡情况，调整辅鼓滚压胎面时辅鼓旋转方向，由逆时针旋转改为顺时针旋转，减少胎面接头上方人工接头位置的气泡情况。

2.2　垫胶与胎体帘布间气泡

2.2.1　原因分析

（1）胎体帘布与胎肩垫胶底部存气未能充分排除，极易产生层间气泡。

（2）冠部垫胶挤出尺寸不良：垫胶厚度不均、断面弧度不符、边缘翘边，与胎体冠部曲面不匹配，贴合后局部架空留气。

（3）上垫胶时，供料架前端海绵压辊与贴合鼓间的间隙过大，造成物料拉伸不均匀。

（4）成型手工操作垫胶接头未压实以及相关部件粘性差等原因。

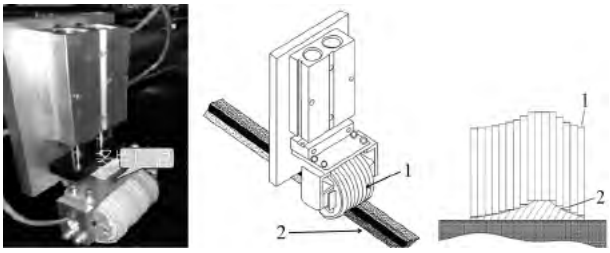
胎体帘布压延质量缺陷：胎体帘布覆胶不均、局部缺胶、露帘线、胶面波浪起棱，表面凹凸不平，与垫胶贴合存在高低间隙，藏气滞留。

2.2.2　对策措施

（1）垫胶半成品物料挤出在线压排气线，成型机垫胶供料架在线刺孔及垫胶多片压辊滚压装置（如图 6，7）。



图 6　垫胶排气线及刺孔实物图



1—多片压辊；2—垫胶　　1—多片压辊；2—垫胶

图 7　垫胶多片压辊滚压装置示意图

（2）调整垫胶内侧厚度，由 3.5 mm 调整到 4.5 mm，同时调整垫胶物料灯标定位，由 90 mm 调整到 85 mm，使物料整体往内侧移 5 mm，通过垫胶内侧加厚补料填充冠部局部空隙，同时物料内移精准对位冠部薄弱区域，消除胎体与垫胶界面悬空、台阶、缺胶间隙，提升贴合密实度和硫化填充性，从结构和物料分布上彻底解决垫胶与胎体帘布界面冠部气泡、分层、肩空缺陷。

（3）设备垫胶供料架高度调整，使垫胶海绵压辊与成型机贴合鼓间的间隙接近垫胶物料厚度，海绵压辊轻微预压垫胶表面，把垫胶和胎体间初始空气提前挤出，贴合更密实，大幅降低垫胶 / 胎体帘布界面冠

部气泡概率。

（4）制定垫胶接头手动压合标准作业法，OPL 规范课件制作，如图 8 所示。



图 8　垫胶接头手动压合标准示意图

3　结语

冠部气泡的核心解决逻辑是源头控湿、界面增粘、成型防窝、硫化排净。通过材料、成型、结构、硫化四维协同优化，可将气泡缺陷率降至极低水平，显著提升轮胎安全性与耐久性

通过分析全钢载重无内胎子午线轮胎 295/80R22.5 规格冠部气泡的产生原因，并采取相应解决措施，使该规格轮胎冠部气泡发生率大幅降低，不良率从 13.2% 降至 0.85% 以下。同时，轮胎质量明显提高，得到用户的认可，为企业创造了丰厚的利润。

参考文献：

[1] 董巍，等 . 全钢载重子午线轮胎冠部气泡原因分析及解决措施 [J]. 轮胎工业，2007,8:503–505.
[2] 方存荣 . 全钢载重子午线轮胎全息气泡原因分析及解决措施 [J]. 轮胎工业，2012,2:115–118.

Analysis of the causes of crown bubbles in all-steel radial tires without inner tubes and countermeasures

Jia Bingbing, Qiu Liwu, Niu Shuhui, Zhao Yonghui, Zheng Teng

(Shandong Haohua Tire Co. LTD., Shouguang 262724, Shandong, China)

Abstract: This article focuses on the study of the quality defect of crown bubbles in all-steel radial tires without inner tubes. Taking the 295/80R22.5 tire as the subject, it is clear that bubbles mainly occur between the crown and the belt layer, as well as between the pad and the carcass ply. Through analysis, it is found that the main causes are deformation of the crown semi-finished product, unreasonable structure and parameters of the press rollers, poor size and bonding of the pad, and trapped gas between layers. The research has achieved multi-dimensional exhaust and bonding optimization through various measures such as adding a crown press exhaust line device, optimizing the combination and process parameters of the molding press rollers, online puncturing and thickening adjustment of the pad, and standardizing joint operations. After implementation, the defective rate of crown bubbles in this specification of tire has been reduced from 13.2% to below 0.85%, effectively improving tire safety and service life, providing a reference for solving similar quality issues.

Key words: all-steel radial tire without inner tube; crown bubble; exhaust line device; roller structure

(R-03)

