

全钢子午胎成型常见质量缺陷分析及控制措施

雷泰伟, 余天笠, 赵毅斌, 田魏娟, 宋倩

(陕西延长石油集团橡胶有限公司, 陕西 咸阳 712000)

摘要:针对我公司目前成品常见的肩弯、胎体接头开、带束层偏离中心线、帘线间距过大、气泡 / 脱层、胎圈二区气泡、胎里不平、胎圈二区露线等主要成品质量缺陷,从半部件、设备、工艺、结构、操作、环境等各方面分析其产生原因并提出相应的预防控制措施。

关键词:全钢子午胎; X光; 外观; 质量缺陷; 控制措施

引用论文:雷泰伟, 余天笠, 赵毅斌, 等. 全钢子午胎成型常见质量缺陷分析及控制措施 [J]. 橡塑技术与装备, 2026, 52(10):72-76.

中图分类号: TQ330.491

文献标识码: B

文章编号: 1009-797X(2026)10-0072-05

DOI:10.13520/j.cnki.rpte.2026.10.014

我公司自 2010 年投产以来出现了一些长期困扰生产的质量问题如肩弯、帘线间距过大、气泡脱层、胎里不平、二区气泡等,经过多年持续攻关取得了明显的效果,本工作从半部件、操作、工艺、设备、结构设计等方面对成型工序常见的几种成品质量缺陷分析原因并提出相应预防措施。

1 肩弯

肩弯是指 X 光图片上轮胎肩部帘线呈现局部或整周对称或不对称的弯曲或波浪状(正常帘线为平直状态)的现象,是全钢子午胎 X 光常见质量缺陷之一,一般将肩部胎体钢丝帘线弯曲度 < 4 根帘线判定为合格品, ≥ 4 根钢丝帘线的判定为废次品。

1.1 原因分析

(1) 工装原因 全钢子午胎在成型鼓上充气定型过程中由于内压的作用使得胎体帘布均存在一定程度的抽丝量,实践证明不同厂家成型鼓抽丝量存在一定的差异,这就造成相同规格相同施工在不同成型鼓上成品帘线弯曲度存在差异(如图 1、图 2 所示),因此相同规格在不同成型鼓上存在着一定的施工差异,表 1 为目前我司各厂家成型鼓平面宽度现场施工差异值。

表 1 不同成型鼓平面宽度设置差异

成型鼓 厂家	冠捷 成型鼓	天阳 成型鼓	高校 成型鼓	赛象 成型鼓	VMI 成型鼓
平宽值/mm	标准值	标准值-4 (或-6)	标准值	标准值-4 (或-6)	标准值-4 (或-6)

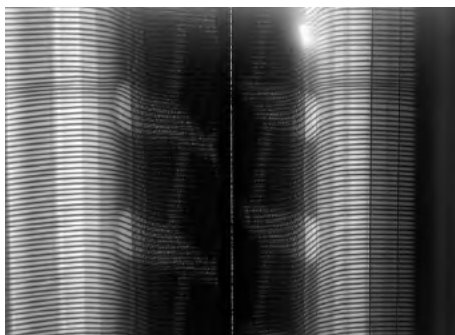


图 1 16.00R20 两鼓 5# 成型机 X 光图片

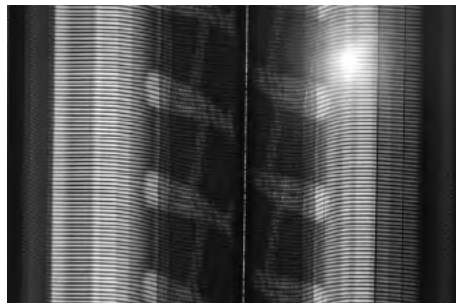


图 2 16.00R20 两鼓 7# 成型机 X 光图片

(2) 设备精度 设备精度对肩弯的影响主要是胎面传递环对中度、胎体传递环对中度、胎圈夹持爪平面度及夹持爪伸进位置。胎面传递环对中度超过公差时(一般为 ± 1.0 mm)造成胎胚两侧肩部材料分布不对称,肩部材料多的一侧因材料过剩帘线无法伸展造成肩弯,

作者简介:雷泰伟(1985-),男,工程师,学士,主要从事全钢子午线轮胎成型工艺与质量管理工作。

胎体传递环同理。胎圈夹持爪平面度不同造成轮胎各点胎体帘线长度的差异产生局部肩弯现象。胎圈夹持爪夹持位置靠上和靠下时内宽也存在差异,工艺要求成型机所有胎圈夹持爪均应夹持于三角胶根部。

(3) 工艺参数 影响肩弯的工艺参数主要有平宽、鼓宽、内压、锁块压力。其中平宽参数是影响肩弯最直接的施工参数,平宽直接决定内轮廓胎体帘线长度,平宽偏大时多余的胎体帘线无法被轮胎内轮廓所容纳就产生肩弯,反之则产生胎里露丝。鼓宽数值与成型鼓的紧密相关(鼓宽=平宽-成型鼓参数),鼓宽影响胎里钢丝帘线的长度,鼓宽数值偏大或偏小时会造成钢丝圈落点位于锁块内侧或外侧斜面造成钢丝圈与胎体产生相对位移而造成胎里帘线长度的变化;内压影响胎体抽丝量和胎胚周长,锁块压力一定时内压越大抽丝量和胎胚周长越大,造成胎里帘线过长无法伸长产生肩弯,目前我司轻卡胎(19.5"以下)内压为0.8~1.0 bar,其余规格为0.9~1.2 bar。锁块压力的大小影响锁块撑起直径及锁紧力,一般锁块压力要求 ≥ 7.0 bar,上限可以根据需要进行调整,我司16.00R20规格使用天阳鼓时频繁发生肩弯问题,将锁块压力增至10bar后,肩弯发生率明显下降。

(4) 半部件质量 半部件特别是胎面/垫胶厚度偏厚或重量超标时可能造成成品胎肩弯。

1.2 解决措施

(1) 针对不同设备(成型鼓)确定合适的工艺参数(平宽、鼓宽、内压、锁块压力等)。

(2) 设备精度日常点检,确保胎面/胎体传递环、夹持爪平面度/同圆度、胎圈爪夹持位置符合工艺标准。

(3) 根据肩弯程度、风险、发生频次及时调整相关参数。

(4) 严格控制半部件尺寸和重量并按不合格品处理规定处理。

2 胎体接头开

胎体接头开是指成型或直裁接头处帘线呈开口状或帘线间距 $\geq 1/2$ 根钢丝,是全钢子午胎X光常见缺陷之一。

2.1 原因分析

(1) 直裁原因 主要有两方面原因,一是帘布裁断修边工艺不稳定,露钢丝或多胶造成接头虚接^[4]。二是接头器下挡板与帘布边部左右距离均匀(以帘布

边部刚接触挡板为准)避免接头左右钢丝帘线间距不一致;三是接头器齿轮间距或压力调整不当造成接头处虚接;四是不合格接头未按照要求标记。

(2) 成型原因 成型缝合器间距过大造成接头钢丝间距过大或虚接开口,成型时胎体帘布割取长度过短或割取接头时余胶过多,直裁胎体帘布弯曲造成接头处钢丝弯曲缝合后钢丝间距过大。

2.2 解决措施

(1) 提高大卷卷取质量,保证大卷卷取偏差 ≤ 3 mm;调整修边刀力矩,避免露钢丝、多胶;检查帘布边部与接头器挡板间距左右均匀,异常及时调整传送带;设备定期检查接头器齿轮间距;每班开班检查缝合器压力符合标准;直裁对不合格接头进行标记。

(2) 成型开班检查缝合器间距(约3张流转卡厚度)和接头缝合有无开口、夹钢丝,异常及时调整或维修缝合器;割取胎体时多余割取1~2根钢丝避免割取长度偏短造成接头钢丝间距过大;对胎体帘线弯曲的部分割除避免造成接头开。

3 带束层偏离中心线

带束层偏离中心线也是生产中常见的X光缺陷,存在带束层整体偏、局部偏、单层带束层局部偏或整体偏歪几种情况,主要原因有设备、半部件、操作、工艺原因。

3.1 原因分析

(1) 设备原因 成型时传递环夹取胎冠位置或上带束层位置偏歪造成,表现为所有带束层整周偏歪,该情况一般比较少见。带束层局部偏歪从设备方面分析主要是由于胎面传递环夹持块不圆度不合格或夹持块直径偏大造成胎面成型鼓局部偏歪。

(2) 工艺原因 成型鼓充气与收缩速度不匹配,特别是成型鼓充气慢而鼓肩收缩速度过快容易出现胎面局部偏歪比较严重造成带束层局部偏离中心线,一般需要在整个充气过程中保持胎体帘线始终处于伸展状态,避免胎体帘布处于波浪状带束层局部偏歪。

(3) 半部件原因 带束层宽度不合格,X光图片上表现为带束层左右差级不对称或边部整体或局部偏出或凹进。

(4) 操作原因 带束层局部贴合偏歪及带束层宽度超标成型贴合时仍按照单边定位造成另外一边偏歪公差超标而产生带束层偏离中心线的问题。

3.2 解决措施

(1) 每班开班首件检查胎面传递环对中度(偏移量 $\leq 1\text{ mm}$)不合格设备及时调整。

(2) 调整成型鼓收缩速度、调整充气时间和充气压力,确保胎体帘线处于伸展状态。

(3) 斜裁及成型加强带束层宽度检查避免带束层宽度不合格和大头小尾。

(4) 培养员工带束层贴合时左右兼顾,确保左右定位偏差均 $\leq 2\text{ mm}$,克服单侧定位的操作习惯。

4 帘线间距过大

帘线间距过大也是成品X光检验较为常见的病象之一,主要指胎体帘线相邻两根或多根帘线间距大于正常帘线间距的现象。

4.1 原因分析

(1) 接头原因 胎侧内衬层垫胶接头大、接头开,接头大时接头处多余胶料在胶囊内压作用下向钢丝帘线进行挤压渗透造成胎体钢丝帘线间距过大,胎侧内衬层垫胶接头在开裂过程中帘线会在黏合力的作用下同步移动造成钢丝间距过大。

(2) 胎体拉伸 贴合鼓速度与胎体供料模板速度不匹配,即贴合鼓转速大于胎体供料模板速度造成胎体帘部拉伸,表现为局部一段胎体帘线间距过大;人为操作拉伸,在处理直裁接头或割取胎体长度偏短时往往容易造成接头处帘线拉伸表现为接头处间距过大;员工未按照标准操作,胎体相邻接头距离要求 $\geq 200\text{ mm}$ 实际操作过程中相邻接头距离过近时($\leq 50\text{ mm}$)接头之间帘线很容易发生间距过大。

(3) 其他原因 如胎体帘布钢丝与胶料脱层时,充气时钢丝与胶料脱离造成钢丝间距过大。

4.2 解决措施

(1) 培训员工严格按标准作业,胎胚质量纳入日常检查,重点控制胎面、胎侧、内衬层接头,避免接头大接头开。

(2) 调整设备模板速度,避免帘布拉伸;培训员工操作手法,多余割取1~2根钢丝,避免接头割短拉伸;控制相邻接头间距 $\geq 200\text{ mm}$ 。

(3) 钢丝大卷存在脱层的割除,接头处轻微脱层贴 $30\times 0.6\text{ mm}$ 胶片处理。

5 胎侧气泡/脱层

气泡/脱层是我司全钢子午线轮胎的最主要外观

缺陷,气泡和脱层属于同类病象,气泡是成品内部有气起鼓,气泡可能是两种部件之间,也可能是部件胶中气泡。

5.1 原因分析

(1) 半部件原因 主要是半部件水份(常见于挤出半部件表面或胶片下、胶片接头及胶片打褶部位容易藏有水份)、半部件杂质(例如塑料垫布杂质、纸屑、胶带、尘土、小药颗粒、密炼隔离剂等)。

(2) 工艺原因 主要是滚压三角胶/胎侧位置、速度、压力三个方面,滚压位置要求尽可能靠近胎侧或三角胶根部,尽量滚压三角胶,滚压速度理论上越慢越好但实际需要兼顾生产效率,两鼓/三鼓赛象滚压速度一般范围 $300\sim 600\text{ mm/min}$ 、高校三鼓/四鼓滚压胎侧 $10\sim 20$,为预防三角胶与胎体脱层滚压三角胶的速度约为胎侧速度的 $1/2$,一般而言无内胎规格气泡多于有内胎规格因而滚压速度慢于有内胎。

(3) 环境原因 根据近年气泡脱层数量和季节的关系来看,每年夏季(5~8月)为我公司气泡脱层高发季节,其他月份气泡脱层数量相对较低,分析原因为夏季高温下橡胶与内部钢丝帘线热膨胀系数不同,导致层间应力增大,橡胶膨胀速度更快,而金属帘线膨胀较小,易造成界面分离,形成气泡或脱层。同时胶层间的黏合剂在高温下软化,黏接强度降低,持续高温可能加速黏合剂老化,失去黏合作用。部分规格胎胚夏季容易出现胎圈子口部位胎胚脱层现象,硫化时气泡在高温下体积膨胀并在硫化胶囊挤压作用下向水平轴胎侧最薄部位移动,受到三角胶与胎体黏合力影响气泡无法排出形成胎圈三角胶与胎体之间气泡脱层。

(4) 其他原因 半部件黏性尤其是胎侧、胎体、三角胶黏性对胎侧及胎里脱层影响较大,黏性不良造成部件之间黏合力降低,在硫化或夏季高温时容易产生脱层气泡。

5.2 解决措施

(1) 预防措施主要从检查终炼胶胶片接头搭接初是否存在隔离剂、检查半部件停放时间、水迹、现场各种杂质及时清理避免带入胎胚、增加裁断垫布杂质检测。

(2) 检查胎侧/三角胶压辊松动摆动、辊压起始位置、辊压压力、速度处于合理范围。

(3) 针对夏季脱层气泡主要预防控制措施有控制胎胚库存、胎胚先进先出领用,控制硫化胎胚数量及

在硫化区域停放时间。

(4) 按照先进先出使用大卷、调整配方或炼胶工艺改善胶料黏性。

6 胎圈二区气泡

胎圈二区气泡是全钢子午胎常见的外观质量缺陷, 主要发生在胎趾与胎踵之间区域及胎趾部位^[2], 曾经占据公司质量缺陷的 1/2, 通过近年来持续攻关取得了比较明显的效果。

6.1 原因分析

(1) 结构设计原因 主要是内衬层过渡层采用平辊后过渡层边厚偏厚造成胎圈二区部位明显台阶状容易窝存空气而产生胎圈二区气泡。其次胎圈部位部件端点分布不合理, 部分规格内衬层与胎侧胶片搭接或距离过近、内衬层胶片与内衬层端点距离过近不利于气泡分散。

(2) 过程原因 主要为半部件及操作原因, 半部件主要是内衬层宽度、胶片定位、胎侧胶片定位; 操作原因主要是胎侧/内衬层定位及钢丝子口包布接头搭接形成台阶^[3]。

(3) 设备原因 不同设备由于设备形式不同发生胎圈二区气泡的风险不同, 我公司目前设备存在胎圈内衬层机内复合和胎侧内衬层单上两种结构不同的三鼓成型机, 统计结果表明两种不同结构形式的成型机对同一规格具有不同的胎圈二区气泡发生率, 实践表明机内复合的成型机结构具有更低的胎圈二区气泡发生率, 跟踪机台有两方面的差异, 一是机内复合结构成型机具有复合件压辊, 可以对内衬层上下两层边部差级部位进行滚压, 可以降低胎圈二区气泡的发生概率, 二是机内复合的内衬层具有更小的尺寸变化(机内复合的内衬层拉伸量 1~2 mm, 复合件单上的内衬层拉伸量 3~5 mm), 因此机内复合的成型机一般二区气泡发生率更低。

6.2 解决措施

(1) 结构上针对二区气泡多发规格调整部件端点位置: 胎侧胶片与内衬层保持一定距离(一般 15 mm 以上), 避免内衬层与胎侧胶片搭接; 内衬层胶片与过渡层(或气密层边部)距离至少 10 mm 以上;

(2) 生产过程要提高半部件质量例如内衬层宽度、差级、胶片定位, 成型操作上重点要确保半部件定位准确及钢丝子口包布接头对接, 监督把关内衬层宽度、差级。

(3) 设备增加胎侧刺孔和卸胎器刺辊进行预防,

设备选型上优先考虑胎侧内衬层机内复合的结构, 成型鼓选用无缝鼓结构。

7 胎里不平

胎里不平是指轮胎内表面不平整凸起的现象, 主要发生在胎肩部位, 主要原因有工艺参数、0° 张力、胎面压合宽度、胎侧反包高度等原因。

7.1 原因分析

(1) 0° 带张力 0° 带对胎胚的膨胀具有反向作用, 硫化过程中胎胚在胶囊的膨胀力作用下周长增大, 0° 带张力过大会造成肩部和中部膨胀不同步, 在肩部形成反弧, 外观上即为胎里不平, 0° 张力目前无法进行有效测量, 目视检测方法为观察 0° 供料架上方浮动辊要求上下正常浮动, 避免 0° 贴合过程中出现紧绷现象。

(2) 胎面压合宽度 胎面压合宽度偏小硫化时胎肩部位材料过少, 内衬层胎体胶料外移填充, 在对应部位发生胎里露丝和反弧现象; 胎面压合宽度偏大在带束层端点对应部位或胎冠中部材料过剩装模时形成胎里反弧。因此日常需要监控胎面肩宽及成型胎胚胎面压合宽度符合标准, 胎面压合宽度受胎面胶料硬度、厚度、温度、胎面形状、滚压(参数、程序、压辊形式、轨迹)多方面因素影响, 一般轻卡压合前后胎面肩宽大 10~15 mm, 其余规格压合前后差 20~25 mm。

(3) 胎侧反包高度 胎侧反包低时对应部位硫化时间材料过少内衬层胶料向外迁移造成对应部位胎里露丝, 胎侧反包高时胎侧部位胶料过多在胎里对应部位不平整, 一般轻卡规格胎侧反包高度 0~15 mm, 其余规格 0~25 mm。

(4) 工艺参数 影响胎里不平的主要工艺参数是副鼓周长, 副鼓周长偏小时会造成胎胚周长偏小, 在硫化胶囊的膨胀力和带束层的箍紧力作用下容易造成胎里中部或肩部不平, 调整副鼓周长是解决胎里不平的有效措施之一。

7.2 解决措施

(1) 调整 0° 检测开关或供料模板、副鼓转速, 保持 0° 带浮动辊送料过程中上下浮动, 避免出现 0° 带拉直紧绷现象。

(2) 调整胎面压辊辊压压力、速度, 确保胎胚胎面压合宽度符合标准。

(3) 检查胎侧宽度、定位, 调整反包助推胶囊充气大小或增加机械鼓反包指胶条确保胎侧反包高度符合标准。

(4) 在确认 0° 张力、胎面压合宽度、胎侧反包高度均合格的基础上可以适当调整副鼓周长, 一般增加 5~10 mm 即可解决。

8 胎圈二区露线

胎圈二区露线是全钢生产常见外观缺陷, 产生胎圈二区露线的本质上是由于胎胚胎圈直径小于硫化钢圈直径。

8.1 原因分析

(1) 设计原因 耐磨胶厚度偏厚、钢丝圈直径过小造成成型胎胚直径偏小^[4]。

(2) 工装原因 主要是成型鼓锁块撑起直径, 实践表明各个不同厂家往往具有不同的锁块撑起直径, 以我公司 16.00R20 规格为例, 在冠捷成型鼓和天阳成型鼓胎胚胎圈内径分别为 $\Phi 512$ 和 $\Phi 506$, 直径相差达 6 mm, 因此在加工成型鼓时需向成型鼓厂家明确胎胚胎圈直径标准, 表 2 为我公司目前各规格胎胚胎圈直径标准范围。

(3) 操作原因 胎侧复合件定位偏歪, 胎侧或内衬层偏歪过大时, 造成胎圈部位材料厚度增加, 内径偏小, 造成硫化后二区露线。

(4) 其他原因 胎胚变形等。

表 2 胎胚胎圈周长参考标准

轮辋直径 /inch	16'	17.5'	19.5'	20'	22.5'	24.5'
胎胚胎圈周长 /mm	1 250~1 260	1 350~1 360	1 520~1 530	1 600~1 610	1 740~1 750	1 880~1 890

8.2 解决措施

(1) 结构上调整胎侧耐磨胶厚度或适当增大钢丝圈内径。

(2) 适当增加成型锁块压力或增加胶囊胎圈部位厚度 1~2 mm, 新购置成型鼓明确锁块撑起直径要求或胎胚胎圈标准要求。

(3) 成型生产过程中检查胎侧、内衬层定位及传递环对中度, 避免材料分布偏歪影响胎胚胎圈直径。

(4) 根据胎胚规格使用不同大小的胎胚车或使用托盘停放减少胎圈变形, 按照先进先出使用胎胚避免长时间停放导致胎胚变形。

和近年来持续攻关改进以及公司操作标准化作业工作的推进, 以上制约公司产品质量的主要难点问题得到有效改进, 成品合格率从 99.73% 提升至 99.79%, 取得了良好的经济和社会效益。

参考文献:

- [1] 田志平. 全钢载重子午线轮胎质量缺陷产生原因及解决措施[J]. 轮胎工业, 2009,29(1):58-61.
- [2] 刘茂东, 韩卫宾, 王爱萍, 等. 全钢载重子午线轮胎胎圈质量缺陷的原因分析及改进措施[J]. 轮胎工业, 2006,26(9):561-563.
- [3] 张吉春. 全钢载重子午线轮胎气泡类质量缺陷的预防措施[J]. 轮胎工业, 2006,26(11):682-684.
- [4] 叶斌. 全钢载重子午线轮胎常见质量缺陷原因分析及解决措施[J]. 橡胶科技, 2020,18(1):44-47.

9 结语

通过分析以上我公司主要成品 X 观外观质量缺陷

Analysis and control measures for common quality defects in the formation of all-steel radial tires

Lei Taiwei, Yu Tianli, Zhao Yibin, Tian Weijuan, Song Qian

(Shaanxi Yanchang Petroleum Group Rubber Co. LTD., Xianyang 712000, Shaanxi, China)

Abstract: This article addresses the prevalent quality defects observed in our company's finished products, including shoulder bending, carcass joint opening, belt layer deviation from the centerline, excessive cord spacing, bubbles/delamination, bubbles in the second bead area, uneven tire interior, and exposed cord in the second bead area. We analyze the causes of these defects from various perspectives, including semi-finished components, equipment, processes, structure, operation, and environment, and propose corresponding preventive and control measures.

Key words: all-steel radial tire; X-ray; appearance; quality defects; control measures

(R-03)