

胎圈“四合一”一体化布局及成套技术装备在全钢轮胎生产中的应用

陈忆琳

(桂林橡胶设计院有限公司, 广西 桂林 541004)

摘要:全钢轮胎胎圈“四合一”成型工艺布局是基于传统工艺基础进行的工艺流程科学优化,全自动改进一种高效、可靠方案。其以胎圈成型工段为中心,在一个布局系统内可实现裸钢丝圈成型、钢圈包布、三角胶在线挤出裁断、胎圈贴合成型四个工序的统一协调配置,物流装卸输送均可方便实现全自动操作,取消传统工艺中的物流中转站、物流人工,储运工装等配置。整个布局系统内可是实现全数字化协调控制,符合的绿色发展制造要求。

关键词:卧式热帖;立式半热帖;胎圈一体化;胎圈贴合成型

中图分类号: TQ330.4

文献标识码: B

文章编号: 1009-797X(2024)11-0013-06

DOI:10.13520/j.cnki.rpte.2024.11.003

近十多年来随着汽车工业的发展,轮胎工业围绕着绿色、低碳、安全、环保、高效几大主题进行了数次技术革命。当前,世界范围内各大汽车制造商都在加快速度持续进行着技术创新,轮胎作为汽车的重要零件,其技术性能指标、质量一致性、安全性以及使用寿命要求越来越高。我国作为世界上最大的轮胎生产制造国,其制造水平、品牌效应均处于下游,未来几年需要在产业技术升级拓展方面加紧步伐。

近年来,国家对重大技术装备的研发和产业化高度重视,出台了一系列指导政策。《中国制造2025》提出:实施高端装备创新工程,开发一批标志性、带动性强的重点产品和重大装备,提升自主设计水平和系统集成能力,突破共性关键技术与工程化、产业化瓶颈,组织开展应用试点和示范,提高创新发展能力和国际竞争力,抢占竞争制高点。

近四年来,桂林橡胶设计院有限公司在全钢子午线轮胎胎圈生产技术装备的研发上取得了很大突破。该技术装备提出了“四合一”一体化概念,将全钢胎圈传统生产工艺中的钢丝圈缠绕成型、螺旋包布/包胶、三角胶挤出、胎圈芯自动贴合四道工序融合一起布局生产,生产装备之间的布局紧密、生产所需工装及物料流传送过程实现全自动化。整个胎圈生产设备采用一体化布局,其以三角胶在线挤出热帖生产线为中心,钢丝缠绕生产线、扎头/螺旋包布/包胶等工艺

设备并排布置于侧面,优化各四道工序段之间的顺序位置和物料流配送形式,可同规格一体化生产也可以在不同规格之间的独立生产。该一体化技术装备成功研发了创新型全自动螺旋包布机、O型全自动包胶装置、钢圈全自动扎头装置等新技术,各主要功能动作之间全部实现机械化、自动化、数字化协同。

1 国内全钢子午线轮胎胎圈生产现状

全钢轮胎胎圈成型工艺是轮胎成型的一道重要工艺环节,对轮胎的质量起到非常重要的作用。当今国际上主要流行两种工艺技术方式来实现全钢轮胎胎圈成型工艺全自动化。两种技术流派分别是:卧式热帖和立式半热帖。

1.1 卧式热帖工艺

卧式热帖工艺源于日本,其工艺上采用三角胶经过冷喂料复合挤出机直接挤出三角胶后不经过冷却直接进行胶片与钢圈的热贴合。胶片与钢圈成型贴合温度大约在80~90℃(胶片内部温度)。此成型工艺采用回转盘形式楔形块张开的结构,楔形块撑开并固定钢圈后直接旋转来缠绕热态胶片。缠绕及成型过程中依靠转盘与伺服供料的线速差来保证箍紧力进而控制

作者简介:陈忆琳(1983-),男,高级工程师,主要从事橡胶机械研发工作和管理工作。

收稿日期:2024-02-02

热态贴合成型的贴合力。待胶片冷却收缩后保证胶片可靠箍紧钢圈。此种工艺方法简单,但存在以缺点:

(1) 工装规格规格尺寸多。高温贴合需要专门定做的存放盘来保证成型的热态胶片冷却收缩的一致性及保证胶片收缩的同方向。由于三角胶是在高温热态条件下与钢圈成型,三角胶未经过冷却收缩处理而直接与钢圈接合,胶片的收缩率随炼胶的配方和混炼的批次而有所不同,因此三角与钢圈热态贴合后校准保证每批次的成型质量的一致性,此种贴合工艺需要较可靠的质量管理体系保证胶料混炼质量一致性条件方可保证成型质量的稳定。

(2) 胶条封闭贴合接头质量较差。胶条在卧式状态下旋转,胶条止口与外边缘(薄边缘)在同一中心的旋转状态下,存在着不同的转弯半径,旋转内外圈半径差刚好为三角胶胶片的高度差(h),而胎圈旋转封闭贴合时角度一致,因此内外圈由于旋转造成的周长差 $\Delta L=2\pi h$,旋转封闭结束时头尾搭接存在“V”型口,尾部需要拖曳一个动作把尾部重叠与头部,不同的尺寸规格的胶条周长误差越大,拖曳的距离也不同,此种状态下,头尾搭接存在着较大的重叠区,无法匹配头尾接口完全重合,胶条接头处明显变厚,圆周均匀度较差。

(3) 接头处根部贴合的气密性很难保证。卧式旋转贴合,头尾搭接时由于拖曳动作影响,胶条尾部根部与钢圈贴合较难实现相切的轨迹控制,头尾搭接处根部贴合空隙难以消除,需要人工卸圈时进行人工按压修改。同时,依靠圆盘旋转的形式牵引胶条,胶条底面根部由于楔形块阻挡了辊压轮的安装空间,根部贴合贴合面缝隙气泡较难可靠排出,在结构和方式上很难找出更好的技术措施来解决上述机构存在的技术难题。

(4) 规格生产的适配性较差,较难满足小批量生产的生产要求,推广应用受到约束。针对国内全钢轮胎少批量多规格的市场实际,对生产管控提出了很高要求,大范围推广员应用受到实际条件的限制。同时此种工艺方法在人工卸载胎圈时容易造成二次变形,不利于管理质量一致性,由于需要人工修复贴合缺陷,无法实现机器人自动拾取装车。

1.2 立式半热贴工艺

立式热贴工艺源于德国轮胎公司,起初的方案采用人工卸载形式,直到2006年,欧洲轮胎公司改进了全自动技术方案,实现了自动卸载等技术难题。此

种工艺完全避开了卧式热贴成型工艺的缺点,同时兼顾了卧式热贴工艺的一些优点:

(1) 工艺成型温度控制在 $50\pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$,胶片复合挤出经过了第一阶段的冷却一定收缩定型,解决了因胶料混炼不一致性带来的质量不稳定的工艺缺点,可大大降低胶片配方和批次成型质量不一致带来的质量风险。

(2) 采用半热态($50\pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$)成型,胎圈成型后后经过第二阶段的微量收缩使得贴合面更紧。

(3) 采用鼓板翻立成型,在成型过程中,整个胎圈的拉伸均匀,提高胎圈的均匀性。

(4) 头尾搭接质量高。胶条在贴合鼓上封闭成型,胶条内外圈周长误差较小,可通过张力控制模式实现头尾正位搭接,接头边缘及裁切口能对齐重合,圆周均匀性质量高。

(5) 钢圈的装卸载易于实现全自动化,制品定位精度及可靠性大大提高,卸载不存在二次变形风险。

当前,国内绝大多数全钢轮胎企业在胎圈生产过程中,三角胶与包布钢圈贴合仍采用手工贴合的形式,具有劳动强度大、生产效率低、产品质量不稳定等问题;卧式贴合盘普通通用性较差,只适合单一规格的产品生产,对应不同的产品,需要设计不同的贴合盘,增加了生产成本;三角胶贴合、胎圈成型各工序间设备分散,各工序间对接未考虑自动化要求,人工干预多,生产管理繁杂,生产效率低下,无法适应中国轮胎制造的数字化和智能化需求。

传统胎圈成型工段是劳力密集型生产工段,在人力成本逐年上升以及企业招工难的情况下,生产设备的自动化、集成化也势在必行。国内轮胎企业除需进行胎圈成型工艺的升级以外,对钢丝圈成型、螺旋包布及胎圈贴合成型几个生产工段进行有机的结合,实现全流程工段的全机械化、自动化、智能化升级也迫在眉睫。

1.3 胎圈传统工艺功能段布局

全钢胎圈的生产工序主要分为四个部分:钢丝圈成型裸钢圈、裸钢圈包布、三角胶挤出裁断、人工手工贴合四道工序布局。各工序之间配备中转仓库,各工序之间物流各自独立,如图1所示。

根据不同的产能要求,往往配置不同形式的工段设备,以满足其生产订单的小批量、多批次的生产工艺要求。车间布局没有得到充分发挥,人流、物流纵横交错,车间布置凌乱繁杂不便于工业规模化生产。

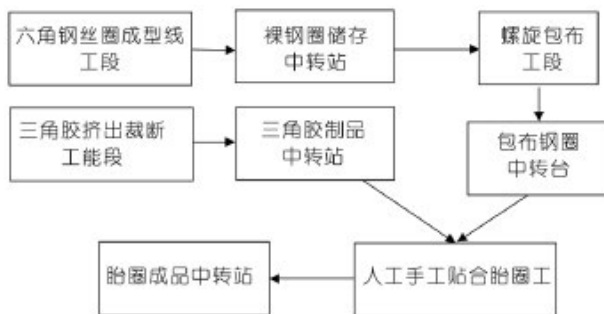


图1 胎圈传统工艺功能布置图

1.4 胎圈传统生产布局缺点

- (1) 物料流中转环节较多，物流线路纵横交错，不便于管理。
- (2) 储运工装种类繁多，必须配置三角胶百叶车，钢圈挂靠车、胎圈拾取车，难以配备AGV小车等先进技术进行物流的输送。
- (3) 流程复杂，生产的协调性差；各工序之间不能有效连接，各顾彼此，不便于统一调配。
- (4) 设备占地空间大，设备与设备之间未能有效避开物料线路而间隔较大，产地资源浪费较大。
- (5) 中转物流基本依靠人工，不便于实施自动物流输送体系，物料车运输安全风险高。
- (6) 产品的质量一致性控制难度极大。中转环节多，流程控制基本依靠人工，胎圈生产的质量一致性差。
- (7) 生产运营成本较高，涉及的人力、物力、工装、场地等综合费用高。
- (8) 产能和生产质量严重依赖人员素质和数量，劳动力密集。

2 胎圈“四合一”一体化工艺布局形式

全钢轮胎胎圈“四合一”成型工艺布局是基于传统工艺基础进行的工艺流程科学优化，全自动改进一种高效、可靠方案。其以胎圈成型工段为中心，在一个布局系统内可实现裸钢丝圈成型、钢圈包布、三角胶在线挤出裁断、胎圈贴合成型四个工序的统一协调配置，物流装卸输送均可方便实现全自动操作，取消传统工艺中的物流中转站、物流人工，储运工装等配置。整个布局系统内可是实现全数字化协调控制，符合的绿色发展制造要求。

2.1 胎圈“四合一”成型布局简介

胎圈“四合一”成型工艺是以胎圈贴合成型为控制协调中心，通过自动化先进技术手段把钢丝圈成

型、钢圈包布、三角胶挤出供给有机的集合在一起并由一个控制中心来协调生产的布局形式，如图2所示。其中各个环节之间物流采用关节机械臂来完成，无需人工进行调配，控制参数均采用数字菜单配方给定模式。

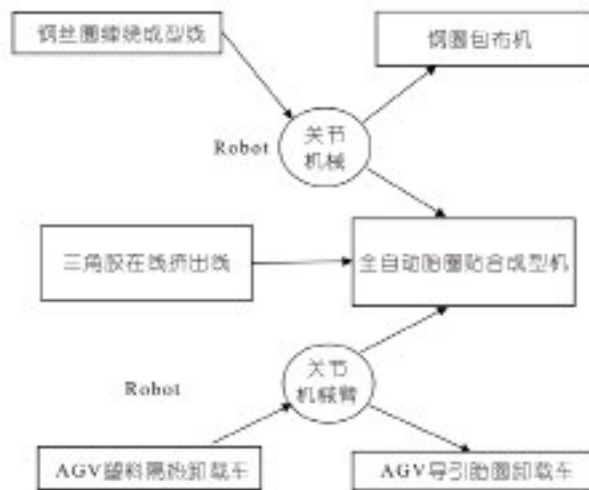


图2 胎圈“四合一”成型工艺功能布置图

2.2 胎圈“四合一”成型工艺优势

- (1) 取消裸钢丝圈、包布钢圈、三角胶等中转储运站，流程更加紧凑衔接。
- (2) 储运工装种类少，可方便配置AGV胎圈小车可满足胎圈储运要求。省去传统工艺中的三角胶百叶车，钢圈挂靠车、胎圈拾取车。
- (3) 流程紧凑，占地空间小，生产的协调性好。
- (4) 设备占地空间小，设备与设备之间采用机器人实现固定位置的物流输送，自动化程度，人工操作安全性大大提高。
- (5) 物料全部采用关节机械臂自动装卸传送，实现工业自动化。
- (6) 产品的质量一致性稳定可靠，取消中转环节，胎圈生产的质量一致性得多较好的解决。
- (7) 生产运营成本低，较传统工艺大大减少了的人力、物力、工装、场地等综合费用高。
- (8) 生产的柔性强，方便实现柔性化生产，一个规格订单只需远程下指令，各部可按序执行。

2.3 胎圈“四合一”成型工艺车间排布

根据建设的规模可灵活配置布局，根据各自的产能及订单生产批量规模配置不同的形式：双工位、单工位或单双工位并存配置布置分别如图3、图4所示。

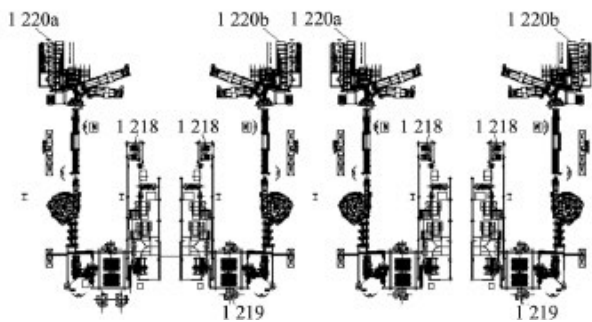


图3 单工位配置车间布局图

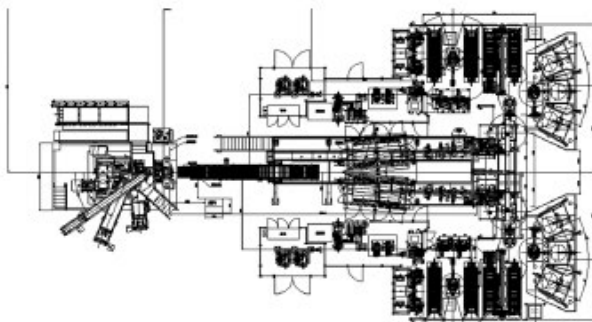


图4 双工位配置车间布局图

3 胎圈“四合一”工艺布局中核心功能段实现形式

胎圈“四合一”工艺设备主要由多个功能段设备组成：六角钢圈成型机、三角胶在线挤出冷却、胎圈贴合成型、钢丝圈供给、胎圈卸载物流、钢丝圈扎头、钢丝圈螺旋包布、钢丝圈存储以及控制系统等。具体功能段分为两部分：全钢胎圈立式半热贴成型生产线和钢丝圈成型、扎头机包布组合生产线。这两部分可有机集成到一起，形成全钢子午线轮胎胎圈全自动成型工艺及成套装备，在老工厂的升级改造或者新工厂厂房布局空间小的情况下也可以分开布置，以替代传统胎圈生产的布局形式。

3.1 全钢胎圈立式半热贴成型生产线

3.1.1 机械鼓式立式胎圈贴合站

通过深入研究立式半热贴工艺及成型鼓结构，我司首次创新性的开发出一种新型机械鼓，这种鼓的直径和锥度可以进行调节，以适应一定尺寸范围内的钢圈规格要求，在规格适应范围内切换的生产，无需更换鼓，只需调整鼓的直径即可满足，并且直径和锥度调节简单快捷，可以节省切换规格生产的时间。同时鼓面的端部配置有钢圈定中装载功能，通过机械臂或其他传递装置可把钢圈直接传送至鼓上，实现钢圈的自动装载和对接。机械鼓式立式贴合站，如图5所示。



图5 机械鼓式立式贴合站实物图

3.1.2 钢丝圈供给与胎圈卸载物流

钢丝圈的存储和转运、钢丝圈装载和胎圈卸载、胎圈成型后的成品自动堆叠及转运是制约三角胶胎圈贴合成型自动化的关键环节。不同的工厂有不同钢圈存储工装，需要人工搬运，不适合自动生产；装卸和堆叠依靠人工，劳动强度大。针对钢圈储运的难题我司开发了可调节式钢圈储运槽车，如图6中所示。该槽车采用立式存储形式，便于机械手、机器人等取出或放入钢圈，并且可调节宽度以适应不同规格钢圈，能够与自动化设备、人工操作设备无缝对接。同时我司还开发出了可满足钢圈抓取和胎圈抓取的集成机器人夹具，如图7中所示。



图6 钢圈槽车 / 钢圈自动供给装置实物图



图7 胎圈抓取夹具 / 成品自动卸载码垛实物图

自动物流系统中采用六轴关节机械臂来实现钢圈装载、胎圈卸载、胎圈和隔垫的堆叠，具体布局图如图8所示。整个布置充分考虑了工厂的占地、物流的顺畅、机器人的功能、节拍和路径等因素，完美的解决了钢丝圈供给与胎圈卸载的全自动化问题。

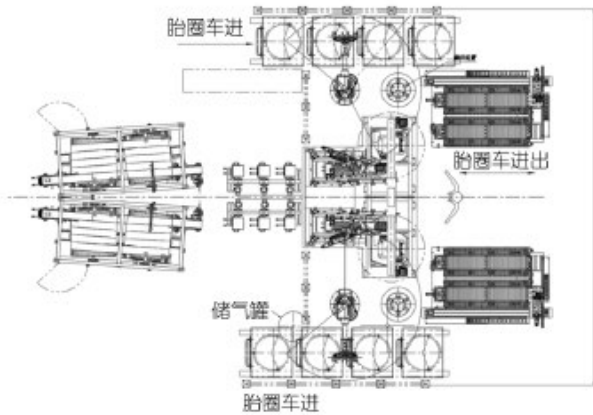


图8 钢丝圈自动供给与胎圈卸载物流布局

3.2 钢丝圈自动成型、扎头、螺旋包布组合生产线

3.2.1 钢丝圈全自动螺旋包布

目前钢丝圈一般采用帘布或者薄胶片进行钢丝圈包裹，钢丝圈包裹方式常用的有U型直包、O型直包和螺旋缠绕三种，前两种在国外应用较多，国内大多数使用螺旋缠绕方式。相比于U型直包和O型直包，螺旋缠绕的紧固效果最好，胎圈载重能力更强。

传统螺旋包布机全手动操作，每台配备一名操作人员，这个工段也是轮胎厂最耗人力的工段。近年在传统螺旋包布机的基础上改进出半自动的螺旋包布机，解决了传统包布机自动起头及缠绕的问题，但是半自动包布机的料卷与传统包布机一样是放置在绕轮上的，每卷包布最多能缠绕10~12个钢丝圈，生产效率仍然无法提升，包布张力仍然无法得到有效解决。

我司通过对以往钢丝圈布机以及包布工艺进行大量的研究，最终研发出全自动钢丝圈螺旋包布机，如图9所示。全自动钢丝圈螺旋包布机使用定长倒卷的方式把包布导开到绕轮的卷轴上，每次卷轴上只收取一个钢丝圈对应所需的长度，缠绕完成后重新定长倒卷。料卷不在绕轮上，料卷的直径可以很大，甚至可以通过在线挤出包布的方式进行供料，解决了频繁换卷的问题。另外使用磁张力控制器来实现恒张力控制，并且通过带有弹簧的压刷机构在缠绕过程中一直压合包布来可靠排出包布与钢圈之间的空气。全自动钢丝

圈螺旋包布机可与自动物流配合，实现全自动无人操作，钢丝圈包布质量好，效率高。

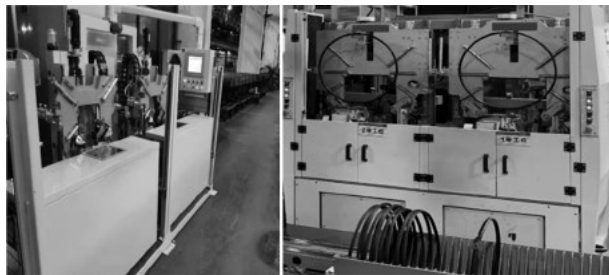


图9 全自动钢丝圈螺旋包布机实物

3.2.2 钢丝圈自动扎头

钢丝圈是通过钢丝附胶缠绕形成的，钢丝之间通过表面的附胶粘合在一起，传统方式中钢圈缠绕好后，操作人使用扎头布对钢丝圈的头尾部位进行包扎，以免搬运过程产生钢丝散架的风险。针对该问题，我司开发全自动扎头机，在一体化布局中自动扎头功能可根据需要选用是否投入。

全自动钢丝圈扎头机包括扎头组件、钢丝圈上卸载组件以及旋转换位组件。扎头组件内扎头绕轮的间距预先按照钢丝圈的排列进行定位，然后钢圈通过十字存储架旋转切换到扎头工位上进行扎头，装置如图10所示。在扎头布缠绕扎头之前，采用高压风将扎头布压吹至定位压板上，布料敷贴后进行自动缠绕扎头，扎头圈数由配方给定。扎头完成后通过十字存储架旋转切换至卸载位，卸载位上的抓取夹具进行二次钢圈间隔排列定位，以适应后续缓存槽车要求。

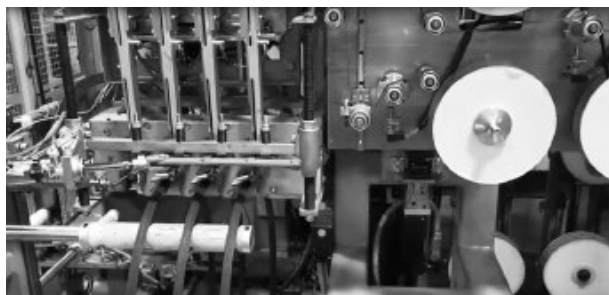


图10 钢丝圈自动扎头装置实物

3.2.3 钢丝圈存储及物流

钢丝圈存储包含螺旋包布前的钢丝圈缓存以及螺旋包布后钢圈的存储两部分，如图11所示。螺旋包布前的缓存采用固定槽车形式，通过一个3轴桁架进行抓取装卸钢丝圈，螺旋包布后的槽车与贴合成型部分槽车一致，通过物流输送机构进行自动装卸槽车。运用关节机械臂进行钢圈抓取和递送。



图 11 钢丝圈存储及自动装卸实物照

4 胎圈“四合一”成型工艺成功应用的行业意义

胎圈贴合生产是轮胎生产中劳动最为密集型工序，以年产 120 万套规模为例，传统分散布局至少需求操作工人数 70 人，胎圈生产中的时常发生操作安全事故。采用“四合一”一体化布局后将大大降低操作的安全性，减少用气的数量，生产人员配置可缩减至 20 人以内，同时将降低了生产管理及品控的难度。目前为应对不断上涨的用工成本及人员流动频繁客观实情，各工厂都在想方设法减人，通过设备自动化升级改造来降低人员配置，同时实现生产品质一致性的目标。

胎圈“四合一”成型工艺是基于传统基础上的一

种工艺无缝集成方式，各工段之间成型衔接及控制要求需要工艺、机械、电气的深度融合。我公司对胎圈一体化生产工艺技术已研究多年，目前已在国内对家工厂应用并得到用户认可。胎圈“四合一”一体化工艺布局较传统布局形式具有以下优点：

(1) 减少操作工人数，效率高，单台设备日产 3000 条以上，单台所需操作人数 3 人/班。

(2) 取消了分散布局中的包布钢圈、百叶车的物流中转，减少了搬运工和工装，大大降低了安全管理风险。

(3) 取消了传统分散工艺布局中的三角胶伞贴机，三角胶的贴合生产由机械全自动完成，生产质量品控依赖设备性能决定，不依赖于传统工艺布局中人的经验、熟练程度和责任心。

(4) 改变了传统的生产管理方式，生产质量品控依赖设备性能，不依赖于人为因素。

(5) 改变生产模式，产能效率不再依赖用工数量，依赖设备整体性能及可靠性，生产模式由人赶设备模式改变为设备赶人形式。

(6) 生产及操作更加安全，有效降低人员变动对生产管控的影响。

全钢胎圈“四合一”一体化布局成套工艺技术及装备机械化、自动化、数字化程度高，符合当前轮胎技术发展要求，将是新建工厂必要的首选。

Application of the "four in one" integrated layout of tire beads and complete technical equipment in the production of all steel tires

Chen Yilin

(Guilin Rubber Design Institute Co. LTD., Guilin 541004, Guangxi, China)

Abstract: The "four in one" forming process layout of all steel tire beads is a scientific optimization of the process flow based on traditional technology, and is an efficient and reliable solution for fully automatic improvement. It is centered around the bead forming section and can achieve unified coordination and configuration of four processes, including bare wire ring molding, steel ring wrapping, triangular rubber online extrusion cutting, and bead fitting forming, within a layout system. The loading, unloading, and transportation of material flow can be easily achieved through fully automated operation, eliminating the configuration of logistics transfer stations, logistics labor, storage and transportation fixtures in traditional processes. The entire layout system can achieve fully digital coordinated control, which meets the requirements of green development manufacturing.

Key words: horizontal hot paste; vertical semi hot paste; integrated tire bead; tire bead fitting molding

(R-03)