

QM-1100 型气密层生产线机械设计

苏超 宁新华 孙振国

(徐州橡胶机械厂 221006)

摘要 系统介绍QM-1100型气密层生产线的工艺原理、功能特性、机械结构及机械设计原理。对计量检测及其电机拖动与自动控制等方面也作了相应介绍。以1:40~1:50的缩小比例翔实地提供了该生产线总图和有关单机装配图或部件装配图。本文客观全面地反映了该套生产线的最新设计成果。

关键词 气密层, 无内胎轮胎, 压延工艺, 机械设计

现代化轮胎的优越性能伴随着高性能汽车的普及逐渐被人们在实践中所认识。“三化”(“扁平化”、“无内胎化”、“子午线化”)轮胎已成为国内轮胎市场的销售热点以及外贸出口的主产品。目前出口到发达国家的轿车轮胎已经是百分之百的“三化”轮胎。显然,“三化”轮胎逐步取代普通轮胎将成为轮胎产业发展的必然。

1993年江苏轮胎厂和化工部北京橡胶工业研究设计院合作,成功地开发出了185/70SR13无内胎子午线轮胎和无内胎轮胎气密层的专用制造装备——QM-500型无内胎轮胎气密层生产线。并在此基础上,结合该套设备在江苏轮胎厂制造气密层的具体使用状况,认真采纳专家们提出的有关改进意见,大量消化、吸收、借鉴国外同类先进装备的优点和特长,设计了QM-1100型气密层生产线。该生产线在计量检测与自动化控制技术方面大胆地引进了最新科技成果。与QM-500型生产线相比较,QM-1100型生产线在结构上作了重大的改进和调整,在设计手段和方法上也有了较大的提高。QM-1100型

生产线采用的是具有现代水平的SPCAD机械设计软件包,使用计算机进行参数优化设计。全部设计进行了几十次优化处理,其综合技术水平和产品经济指标达到了最佳状态。

1 气密层生产工艺设计

气密层的作用是保持轮胎腔体内压,防止空气渗入胎体。对其要求是既有良好的气密性又有与胎体帘布胶层良好的粘合性,并可与胎体帘布胶层实现同步硫化。我们从国情出发选用压延工艺制造气密层。气密层压延工艺制造法是通过双二辊压延机(或四辊压延机)同时压出两片不同配方、不同厚度、不同宽度的胶片,经过贴合、冷却、卷取等工序制造气密层的方法。通过消化、吸收国外先进的气密层生产工艺,结合国内轮胎生产状况,江苏轮胎厂与化工部北京橡胶工业研究设计院轮胎室共同设计了气密层工艺方案,详见图1。

这个工艺流程在QM-500型气密层生产线上取得了相当的成功。我们还在生产实践中总结出了压延法制造高质量气密层三要素:

(1) 压延、冷却、卷取全生产过程必须保证在无张力状态下进行;

(2) 单层气密层胶片间及气密层胶片与

作者简介 苏超,男,43岁。副总工程师。主要技术成果:小孔喷注消声器和无内胎轮胎气密层生产线均获徐州市科技进步奖;两项国家专利获中国专利局94中国专利市场新技术新产品展览会金奖;1995年获联合国技术信息促进系统(TIPS)发明创新科技之星奖。已公开发表论文18篇。

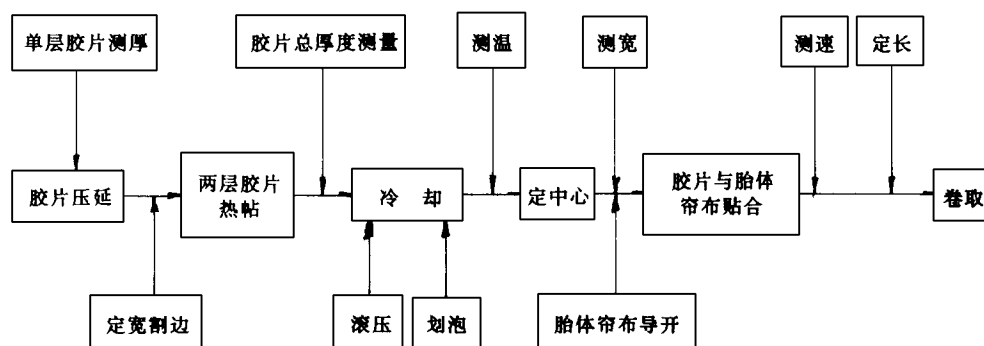


图1 气密层压延制造工艺流程图

胎体帘布的贴合界面间必须无气泡;

(3) 气密层胶片的贴合及气密层胶片与胎体帘布的贴合必须保证良好的对中性。

2 QM-1100 型气密层生产线设计

2.1 基本技术参数

气密层线速度	$4 \sim 20 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$
气密层胶片最大宽度	900mm
胎体帘布最大宽度	1100mm
一次性贴合层数	2~4 层
气密层卷取温度	< 25
单层胶片厚度	0.2~2.5mm
单层胶片厚度偏差	$\pm 0.02 \text{ mm}$
单层胶片宽度偏差	$\pm 1.0 \text{ mm}$
胶片贴合中心最大偏差	2mm
胶片最大卷取直径	$\Phi 500 \text{ mm}$
胎体帘布最大导开直径	$\Phi 700 \text{ mm}$
输送带宽度	1300mm
卷取工位数	4
冷却水压力	0.2~0.5 MPa
压缩空气压力	0.5~0.8 MPa
拖动方式	交流异步电动机变频调速
控制方式	PLC 与 STD 总线工业控制计算机复合控制

2.2 QM-1100 型气密层生产线总体结构及工作原理

QM-1100 型气密层生产线总体结构详

见图 2。

由图 2 可以看出, 该气密层制造工艺属压延制造薄胶片的范畴。通过 XY-4S1250 型双二辊压延机(1) 的 1[#] 和 2[#] 辊压出全 HIR 的薄胶片(该层胶片具有极低的空气和湿气透过率, 因此对轮胎有良好的保压性能); 3[#] 和 4[#] 辊压出含有适当比例 HIR 的薄胶片(该层胶片称之为过渡胶片, 因其胶料性能介于第 1 层气密层与胎体帘布胶之间, 主要作用是提高气密层与胎体帘布胶的粘合, 实现同步硫化, 防止轮胎使用过程中脱层)。经过同步定宽割边装置(3) 定宽割边后的两片不同宽度的胶片首先通过同步热贴装置(4) 进行热贴后, 再进入由 9 个迷宫结构冷却辊所组成的冷却装置(8) 进行冷却[冷却过程中的线性收缩由第 1 组和第 2 组冷却辊及第 2 组和第 3 组冷却辊之间的光电传感器(9) 对胶片位置进行检测, 并根据胶片的相对位置关系输出电信号对下一组冷却辊进行速度补偿]。胶片最终冷却温度由无接触远红外测温仪(10) 进行无接触连续测量, 并通过调节冷却介质流量控制胶片冷却温度。气密层胶片与胎体帘布贴合之前经过光电检测-液压伺服定中心装置(13) 进行定中心处理。胎体帘布由冷却装置(8) 下面的带垫布卷取胎体帘布导开装置(20) 导出, 并与定中心后的气密层胶片相贴合。最后由 4 套带垫布定边气密层卷取装置(14) 进行顺序卷取。丙纶垫布从带垫布定边气密层卷取装置的恒张力

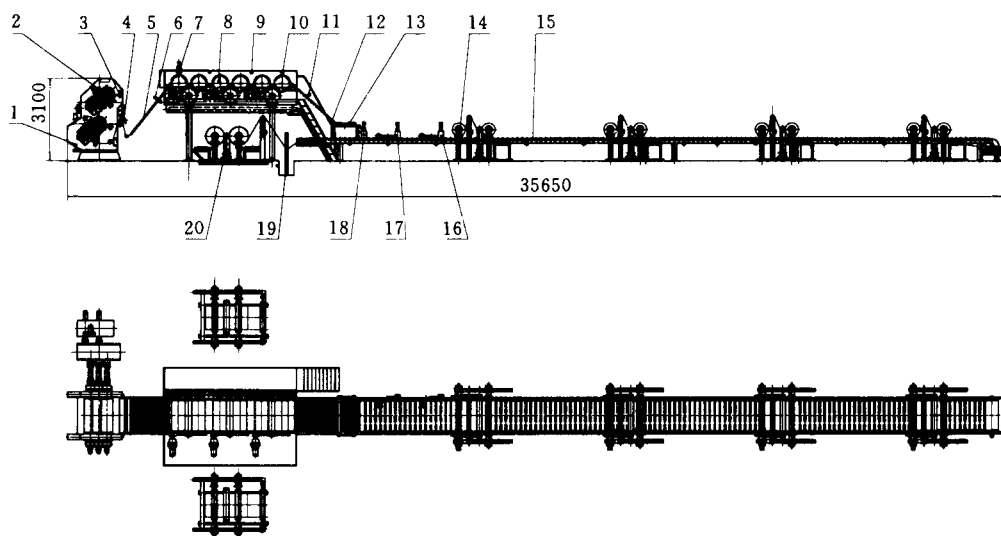


图2 QM-1100型气密层生产线总图

1—XY-4S1250型双二辊压延机; 2—反射式同位素测厚仪; 3—同步定宽割边装置; 4—同步热贴装置; 5—托辊式胶片输送装置(I); 6—透射式同位素测厚仪; 7—气动划泡装置; 8—冷却装置; 9—光电传感器; 10—无接触远红外测温仪; 11—CCD无接触胶片宽度测量仪; 12—托辊式胶片输送装置(II); 13—光电检测-液压伺服定中心装置; 14—带垫布定边气密层卷取装置; 15—卷取输送装置; 16—光电定长装置; 17—光电线速度检测装置; 18—气动滚压装置; 19—单环缓冲装置; 20—带垫布卷取胎体帘布导开装置

导开机构导出(垫布的导开张力在一定的调节范围内可通过磁粉离合进行无级调整)。单层气密层胶片厚度的测量通过反射式无接触同位素测厚仪(2)检测, 两层气密层胶片贴合后的厚度由透射式无接触同位素测厚仪(6)检测。冷却后的双层气密层胶片宽度的连续测量通过托辊式胶片输送装置(II)(12)上的CCD胶片宽度测量仪(11)进行无接触检测。气密层生产线的工作线速度通过光电速度检测装置(17)进行连续检测。气密层的卷取长度由光电定长装置(16)随意设定。在冷却过程中, 气密层胶片还通过气动划泡装置(7)进行排气处理。

2.3 双二辊压延机及相关部件

压延机选用XY-4S1250型双二辊压延机。压延机及相关配套部件详见图3。

XY-4S1250型双二辊压延机主要技术参数如下:

辊筒直径	450mm
辊筒工作长度	1250mm

辊筒线速度	$3 \sim 30 \text{ mm} \cdot \text{s}^{-1}$
辊筒速比	1 1/1 1
驱动功率	$2 \times 45 \text{ kW}$
辊距	$0 \sim 50 \text{ mm}$
辊面最高温度	< 120

该双二辊压延机1[#]和4[#]辊作45°倾斜, 2[#]和3[#]辊的中心距为800mm。在1[#]和4[#]辊上安装了透射式同位素测厚仪(2)和(5), 用于对压延胶片厚度进行无接触连续测量。1[#]和4[#]辊辊距精调速度为 $0.4 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$ 。该调距装置既可作单独一侧调节又可作双侧同步调整。轴交叉装置也安装在这两个辊上, 轴交叉最大值为25mm。两套定宽割边装置(3)和(7)分别安装在1[#]辊侧面和4[#]辊下方。每套定宽割边装置的引取辊均由交流电机驱动(电机型号Y801-4), 变频调速(变频器型号3G31V-A 2007)。控制引取辊线速度与四辊压延机高精度同步运转。引取辊作表面淬火处理(HRC60 ± 2), 精磨后镀硬铬。该辊为中空结构, 内腔通入一定温度的循环

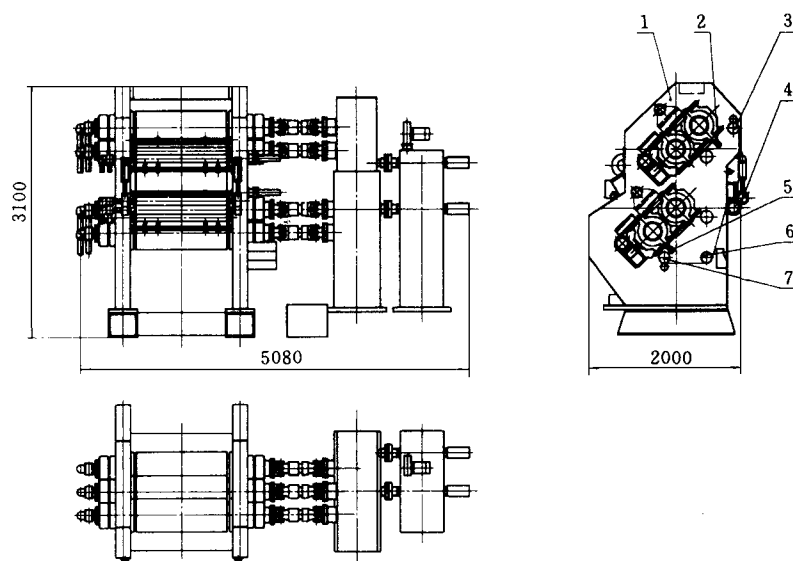


图3 XY-4S1250 双二辊压延机及相关配套部件总图

1—XY-4S1250 型双二辊压延机; 2—透射式同位素测厚仪(I); 3—同步定宽割边装置(I); 4—同步热贴装置;
5—透射式同位素测厚仪(II); 6—导向辊; 7—同步定宽割边装置(II)

介质, 以保证在恒温状态下进行定宽割边。每套定宽割边装置设置4套圆盘旋转滚切割刀, 材质为QSi3-1, 硬度为(HRC55±2)。割刀对引取辊的正压力可以通过调压阀进行无级调节。同步热贴装置(4)的固定辊由交流电机驱动(电机型号Y802-4), 变频调速联动(变频器型号3G31V-A 2007)。控制固定辊线速度与四辊压延机高精度同步运转。该辊为中空结构, 内腔通入一定温度的循环介质, 以便保证恒温贴合。为了防止气密层胶片与热贴辊相粘连, 该辊外表面除精磨后电镀铬及抛光处理外, 还用聚四氟乙烯作了圆周外表面喷涂处理。贴合辊由气缸驱动, 贴合压力可通过调压阀任意控制。辊面覆硅橡胶海绵层, 硅橡胶海绵层外表面也作了聚四氟乙烯喷涂处理。XY-4S型双二辊压延机为两台Z4系列直流电动机驱动(2×45kW)。

2.4 冷却装置

该装置由9套迷宫结构冷却辊组成, 3套冷却辊为一组, 每组冷却辊由1台Y100L2-4/3kW电动机驱动。其中第2和第

3组冷却辊的转速受到光电传感器的控制, 其作用是协调整个冷却装置速度的匹配, 保证气密层的冷却过程在无张力状态下进行。冷却辊直径为Φ500mm, 宽度为1100mm, 冷却水温度低于20℃, 冷却水压力为0.2~0.4MPa。冷却装置详见图4。

由于气密层生产工艺要求每个冷却辊表面温度均匀一致, 温度梯度尽可能小, 而且要满足胶片冷却过程的自由线性收缩。因此我们考虑选择迷宫结构冷却辊组成这套9辊冷却装置。迷宫结构冷却辊的具体结构及介质在辊筒内的流动方向见图5。介质通过双向内管旋转式旋转接头进入芯轴主进水管(2), 通过3个进水支管(9)流入冷却辊的迷宫流道, 经S形路径分别由3个出口汇集芯轴夹层体, 再通过旋转接头流出。这种结构的冷却辊外表面温度梯度小(辊筒表面温差<2℃), 冷却效果好。外层辊筒可以取出, 清理水垢方便。辊筒表面精磨后电镀铬并作抛光处理。一般要求冷却水温度控制在10~20℃范围内, 环境温度为5~40℃, 冷却水压力小于0.4MPa。

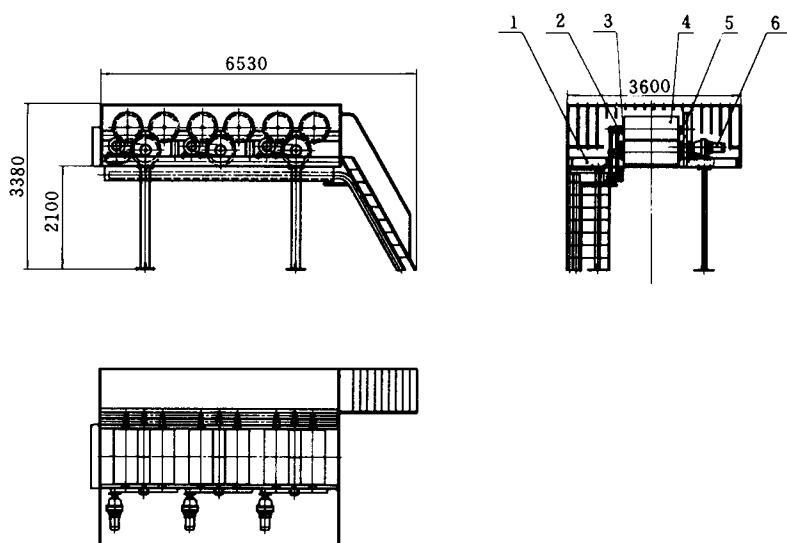
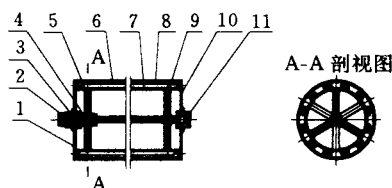


图4 冷却装置

1—机架; 2—双向内管旋转式旋转接头; 3—带座轴承; 4—迷宫结构冷却辊; 5—齿轮; 6—驱动系统



迷宫结构冷却水槽展开图

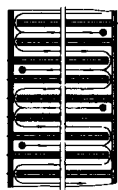


图5 迷宫结构冷却辊

1—闷盖(I); 2—主进水管; 3—夹套; 4—联接座(I); 5—回水管; 6—辊筒体; 7—迷宫芯体; 8—迷宫腔隔离胶管; 9—进水管; 10—闷盖(II); 11—联接座(II)

2.5 带垫布卷取胎体帘布导开装置

带垫布卷取胎体帘布导开装置见图6。

由图6可以看出, 垫布的卷取及胎体帘布的导开都是靠沟槽辊(3)的旋转摩擦力驱动的。沟槽辊与垫布卷(2)及胎体帘布卷(4)与沟槽辊的接触力是由气缸(1)提供的。因此, 沟槽辊与垫布卷及胎体帘布卷的接触力

是可以通过调压阀任意调整的。本结构能够有效地保证垫布的卷取及胎体帘布的导开在恒力作用下进行。该装置的定边机构是一套差动系统。主动轴上固联右螺旋丝杠(11)和窄齿轮(13), 从动轴上设置左螺旋丝杠(10)和宽齿轮(12)。从动轴相对左螺旋丝杠和宽齿轮轴向定位周向旋转, 因此主动轴旋转运动时从动轴按两螺距的差值实现低速直线运动。位移量可以用下式表示:

$$S = (L_1 \pm L_2) \psi / 2$$

式中 S ——主动轴位移量;

L_1, L_2 ——右、左螺旋丝杠的螺距;

ψ ——主动轴转角;

$\pm$ ——两螺旋旋向相同时取“+”; 两螺旋旋向相反时取“-”。

垫布定边调节辊(5)的上下运动由GL 240型光电传感器(15)根据胎体帘布的遮光率发出电信号, 经过速度调节器对驱动电机的转速及转向进行控制, 从而达到胎体帘布定边的作用。为了保证连续作业, 该生产线使用两套带垫布卷取胎体帘布导开装置交互工作。

2.6 光电检测-液压伺服定中心装置

气密层和胎体帘布贴合前需经过光电检测-液压伺服定中心装置对气密层胶片进行

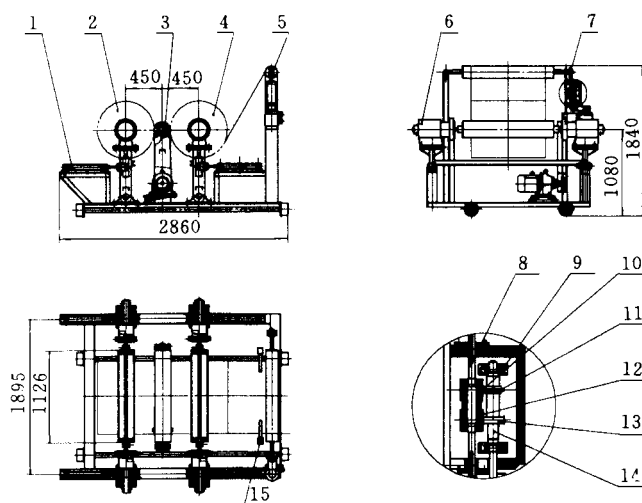


图6 带垫布卷取胎体帘布导开装置

1—气缸; 2—垫布卷; 3—沟槽辊; 4—胎体帘布卷; 5—垫布定边调节辊; 6—方轴卡座; 7—升降叉头; 8—法兰套; 9—轴承座; 10—左螺旋丝杠; 11—右螺旋丝杠; 12—宽齿轮; 13—窄齿轮; 14—主动轴; 15—GL 240 型光电传感器

定中心处理, 以便保证胎体帘布与气密层胶片贴合的对中性。整套装置由机械执行机构、液压站、电气控制部分和光电检测系统组成。该装置的机械执行机构实质上是一套以某点为圆心可在一定角度范围内作周向摆动的托辊输送装置, 机构的摆动由一对微型油缸驱动。这种机构测量精度高, 纠偏速度快, 纠偏精度达到 $\pm 1\text{mm}$ 。

2.7 卷取输送装置

卷取输送装置既用于气密层与胎体帘布的贴合, 又用于气密层的卷取, 速度的同步性以及输送带的摆动性对气密层质量的影响非常大。因此输送装置的动力辊采用包胶处理, 并且在动力辊中央设置“V”形定位槽。为控制输送带在运行中的摆动, 我们还采取了如下系列措施: 首先输送带选用摩擦面带有防滑网纹并且在输送带中央有“V”形凸台的NBR 环形无接头特种输送带, 输送带下间隔120mm 设置一套中央开有“V”形定位凹槽的托辊系统。该装置由 YG13M 2-6 型油冷式特种电动辊筒驱动。

2.8 带垫布定边气密层卷取装置

带垫布定边气密层卷取装置结构见图

7。

带垫布定边气密层卷取装置具有垫布自动定边导开以及气密层卷取功能。气密层的卷取是靠该装置的沟槽辊(10)通过摩擦气密层卷而完成的。沟槽辊与气密层卷的接触力由气缸提供, 接触力的大小可以通过调压阀任意整定。沟槽辊由交流电机驱动(电动机型号 Y801-4), 变频调速(变频器型号 3G31V-A 2007)。垫布的导开张力通过 M ZC1-12Z 型磁粉离合器(1)及 PCM-50 电控器无级调节。垫布卷的定边检测由光电传感器检测电动控制。为保证生产线连续作业, 该套生产线采用4套带垫布定边气密层卷取装置进行顺序卷取交互作业。定边差动系统结构原理同带垫布卷取胎体帘布导开装置。

2.9 气动及电气系统

整个气动系统采用油雾气体为工作介质。用排气节流消声阀对电磁换向阀进行节流消声控制, 同时实现对运动速度的控制和排气噪声污染的治理。各气缸的工作力度均可通过相应的调压阀进行无级调节。生产线由21台电动机拖动, 其中XY-4S型双二辊

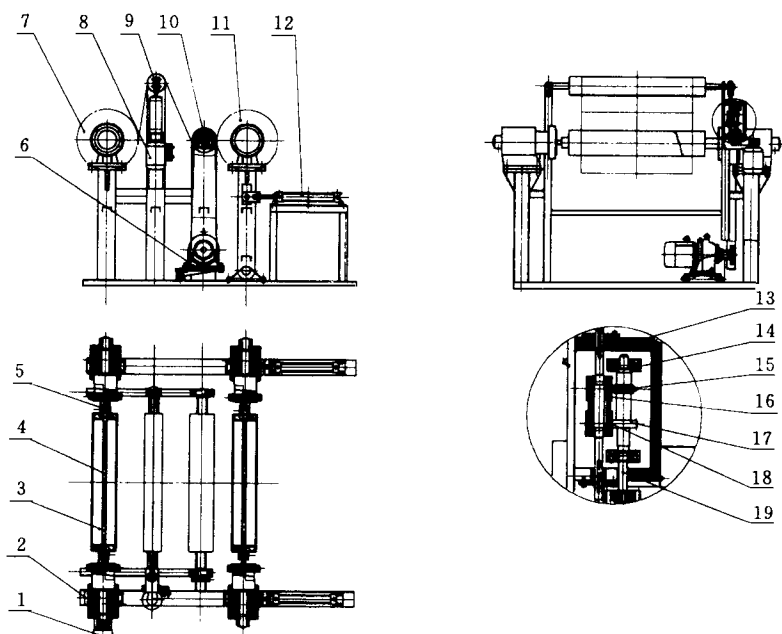


图7 带垫布定边气密层卷取装置

1—磁粉离合器; 2—卡座; 3—玻璃钢轴; 4—方轴; 5—卡块; 6—电机; 7—垫布卷; 8—电机; 9—调节辊; 10—沟槽辊; 11—气密层卷; 12—气缸; 13—导向杆; 14—轴承座; 15—右螺旋丝杠; 16—左螺旋丝杠; 17—窄齿轮; 18—宽齿轮; 19—主动轴

压延机为两台 Z4 系列直流电动机驱动 ($2 \times 45\text{kW}$), 其余 19 台均系交流异步电动机驱动。XY-4S 型双二辊压延机作为主令机, 定宽割边装置、热贴装置、冷却装置、带垫布卷取胎体帘布导开装置、卷取输送装置及带垫布定边气密层卷取装置为从动机。控制系统采用调节器加变频器的方式, 使从动机的线速度始终跟踪主令部分的线速度, 实现整机速度的“公调”与单元间协调运行的速度“自调”有机结合。通过电气联动变频调速, 电流、转速双闭环控制, 实现了整条生产线线速度自动跟踪、动态平衡、比例运转。整条气密层生产线采用 PLC 与 STD 总线工业控制计算机复合控制, 既提高了生产线的控制精度, 又简化了电路, 大幅度提高了设备运行的可靠性。所有主令控制均采用两地操作(总控盘及设备主操作部位)。控制系统采用日本 OMRON 公司 SYSMAC CQM 1-PLC 可编程序控制器控制。变频器也是选用日本 OMRON 公司产品。

2.10 检测系统

(1) 金属探测器, 安装在送料胶带上, 检测到金属物自动报警。

(2) 同位素无接触自动测厚系统, 可分别连续检测上、下胶片厚度和热贴后胶片总厚度。检测数据在数码管显示屏及总控盘上显示。

(3) 无接触红外测量仪连续检测冷却后胶片温度, 检测数据在数码管显示屏及总控盘上显示。

(4) 光电线速度测量系统连续检测胶片线速度, 检测数据在数码管显示屏及总控盘上显示。

(5) CCD 固体摄像长度测量系统, 用于动态无接触连续检测气密层胶片宽度。检测数据在数码管显示屏及总控盘上显示。

3 结语

QM-1100 型无内胎轮胎气密层生产线是在江苏轮胎厂使用的 QM-500 型无内胎

轮胎气密层生产线基础上设计的。在设计过程中,我们在计量检测方面较多地引进了一些国家级科技成果,在电气拖动及自动化控制方面也引进了国际上较为流行的变频调速技术和 PLC 与 STD 总线工业控制计算机复合控制技术。与 QM -500 型无内胎轮胎气密层生产线相比较有几点大的改进,归纳如下:

- (1) 压延机选用了 XY-4S1250 型双二辊压延机。在一定程度上方便了操作。
- (2) 冷却装置为 3 组 9 辊冷却,每组冷却辊由 1 台电机拖动,每组之间设置光电传感器作为速度负反馈协调系统速度的自动跟踪,进一步提高了联动精度,较好地满足了冷却过程中气密层的线性收缩特性,确保气密层生产的全线无张力工作状态。
- (3) 增加了带垫布卷取胎体帘布导开装置,为这条生产线制造多种薄胶片提供了基本物质基础。
- (4) 新设计的带垫布定边气密层卷取装置取代了原来的四工位摩擦卷取装置。绞链

水平摆杆式气密层卷取机构可以在一定的范围内实现恒接触力状态下气密层产品的卷取工艺。

- (5) 控制系统改用了 PLC 与 STD 总线工业控制计算机复合控制,既提高了生产线的控制精度,简化了电路,又大幅度提高了设备运行的可靠性。
- (6) 配置了 CCD 固体摄像长度测量系统,用于动态无接触连续检测气密层胶片宽度,从而使该条生产线达到对气密层胶片的厚度、宽度、温度及气密层生产线速度等一整套计量参数进行连续动态无接触检测,更有利于气密层产品质量的全面控制。
- (7) QM -500 型无内胎轮胎气密层生产线的应用范围仅限于生产轿车轮胎,而 QM -1100 型无内胎轮胎气密层生产线的应用范围将从轿车轮胎拓宽到一般的轻型载重轮胎和载重轮胎。

第九届全国轮胎技术研讨会论文

Mechanical Design of QM -1100 Liner Production Line

Su Chao,N ing X inhua and Sun Zhenguo
(Xuzhou Rubber Machinery Factory 221006)

Abstract The principle, structure and functional charateristics of QM -1100 liner pro-duction line are systimatically introduced The measuring instrument, motor drive and con-trol of the system are briefly described The general layout of line and the installation dia-gram s of different parts are provided to 1 40~ 1 50 scale-down

Keywords liner, tubeless tire, calendering process, mechanical design

1993~ 1996 年国内轿车需求量				辆
项 目	1993 年	1994 年	1995 年	1996 年
(1) 年初社会总库存量(估计)	25 000	40 000	30 000	35 000
(2) 进口量(不包括散件)	69 663	34 413	23 679	20 000(估计)
(3) 走私、翻牌、拼装车	12 000	90 000	50 000	35 000
(4) 国产车	225 032	247 599	325 324	385 274
(5) 国内总供应量= (1)+ (2)+ (3)+ (4)	439 645	412 012	409 072	475 274
(6) 年末社会库存量(估计)	40 000	30 000	35 000	40 000
(7) 实际需求量= (5)- (6)	399 645	382 012	374 072	435 274

摘自《汽车情报》, [2], 3(1997)