

挤出工艺过程采用现代化机械电子机具进行自动控制

W. Green 和 R. Luscalu 著 瞿光明译

摘要 在现代化挤出生产线上, 轮胎部件如胎面、胎侧、内衬层和胎圈三角胶条等均按与材料的可变特性及所要求的流变性能和几何形状有关的严密公差进行生产。这些生产线的主要组成部分是: 销钉式挤出机, 及其各种不同混炼胶复合挤出用的复合机头、压型压延机、收缩和冷却输送机、裁断机、型胶断面形状扫描器、非接触式标记打印机、称重和测长系统及诸如自动码放或卷取系统一类的接取装置。

近年来, 高速涌现的创造发明已使工业品的制造和销售状况产生了巨大的变化。一方面是增长速度放慢, 产品范围变广, 质量要求提高和产品更加复杂; 另一方面是材料、能源和人员成本不断上涨, 竞争更加激烈。所有这些迫使轮胎和橡胶制品生产厂家在不断寻求合理使用和降低其产品制造成本的途径。我们开发了一种新型研究、设计和实施的策略, 其特点是: 适应市场要求的高度灵活性, 产品设计至投产的时间短, 设备利用率最高, 机器和生产设备的机具更换快捷; 库存量低, 生产程序自动化和使用节能的制造工艺方法。鉴于其重要性, 本文将主要阐述胎面型胶的挤出。这是因为例如由 3 个部件组成的胎面是轮胎部件中最大的部件组合。最普及的挤出机类型为销钉式挤出机。如果是三复合挤出, 有三种不同的混炼胶流入流道, 一直到达口型盒的最终口型区。这些“口型”的主要特点是具有预先计算好的流道。所有金属部件都包括有固定的基本机具和可调节的镶嵌件。包括可调式收缩装置、冷却槽、裁断装置和具有可调浮动辊的卷取装置的现代化下辅机, 要求成熟的自适应调节控制装置。

1 挤出机和下辅机的机械技术要求和特性

1.1 主要要求

现代化 Krupp 轮胎部件挤出技术的特

点主要有:

(1) 采用销钉式冷喂料挤出机, 以减少能源消耗和改进混炼胶的均匀性;

(2) 用镶嵌件和预成型盒组成流道, 使挤出型胶的挤出膨胀率最小;

(3) 采用液压夹紧挤出机头和预成型盒更换装置, 可使机具更换快捷;

(4) 通过对形状和重量的监控来保证型胶质量;

(5) 按挤出生产线相应区段控制收缩率和温度;

(6) 采用闭环和/或环路控制, 并用电子数据处理系统来实现加工过程数据的记录。

1.2 销钉式挤出机

在新的 KGS 系列销钉式挤出机上, 我们采用了一代全新的挤出机减速机。它在减速机后侧配备了整体式止推轴承, 便于进行安装和保养工作。减速机用加强材料制造, 可用法兰安装在传动装置上。由于 KGS90-150 型传动装置的最高噪声级决不超过 70~80dB, 这些挤出机都无需配备隔音罩。

机筒进料口的喂料辊现已用加强材料制成, 其结构特征已作了下列改进:

(1) 传动齿轮宽度大大增加;

(2) 向喂料辊送加热或冷却流体的旋转接头作了改进;

(3) 进料口的加工长度增加到机筒直径

的1.5倍;

(4)因喂料辊的位置很容易调节,所以喂料辊上的剥离器很容易更换。

我们的标准型销钉式挤出机,其加工段长度到12D处终止。通过把装有可更换的通水夹套的前机筒用螺栓紧固到销钉式机筒上,而使这一加工段的长度得以变动。这种组合方式与单个定长的销钉式机筒比,优越之处甚多。最明显的一个是挤出机运行数年后,更换前机筒通水夹套所需的时间比更换整个销钉式机筒夹套所需的时间短,因而可大大减少停产损失。

1.3 多复合挤出机头

我们的挤出机头可保证高达30MPa的操作压力下的功能,决不会损伤任何镶嵌机具,且在装用专门的镶嵌机具后,操作压力甚至可加大到35MPa以上。这种操作压力只有综合采用下列创造性技术部件后才能承受。

(1)我们的挤出螺杆顶部伸入挤出机头,这种设计可形成并保持恒定的被加工物料流(见图1)。

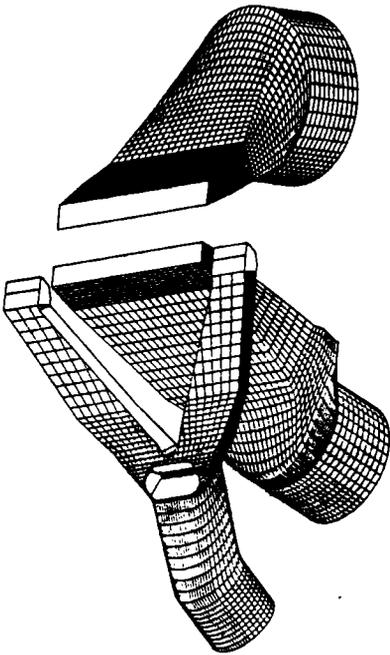


图1 三复合挤出机头的流道

(2)综合监视系统保护挤出机头,防止出现任何超负荷的可能性。

(3)我们的挤出机头装设有已取得专利的自调式液压锁紧系统,大大优于任何机械夹紧装置。即使在预定型盒体不太可能出现的变形下,也不会对这种锁紧系统产生什么危险。除此之外,这种系统为紧凑的流线型机械设备结构提供了基础。

(4)独特的挤出机头内部结构设计,使之可把大部分操作压力分流到挤出机头中心,从而为外部部件化解大量加工物料的向前推力。

另外,还有以下降低成本的措施:我们所有挤出机头均为预铸件制成,因而可大大节省制造时间和开支;所有严格的工程设计,即客户定制的机头和流道的设计均由CAD工作站来完成,可减少工程设计时间和费用;所有设备均易维修和保养,因而可为客户减少人员闲置和生产损失。

单挤出、双复合、三复合和四复合挤出机头有同样的可移动部件,它们围绕着所形成的良好流道组合为一组,以保证挤出机头工作时的紧凑性。牢固的锁紧系统可承受高达35MPa的操作压力而保证挤出机头无任何泄漏。除此之外,强劲的预定型盒夹紧系统保证预定型盒卡的可靠密封,进而可保证挤出型胶的精确。多达四种的不同混炼胶可借助于装有盒镶嵌件和口型的预定型盒复合到一起。

挤出机头CAD(图2)。所有可移动部件均为三维设计。在设计和制造中都需要三维描述图,即显示出复杂的温度控制流道布置。所有必需的断面显示均由CAD系统作出,这大大保证了设计和制造的精度。所有静态数据如质心、总表面积、容积、质量、惯性矩、惯性轴等均由三维特性模块来计算。用进一步的计算机程序来计算挠度、弯曲应力和表面压力等。

流道CAD。为了便于流变计算,将预先

编制成模型的流道分成基本区段,但始终要注意任何可能必需的流道分道和阻隔。每一挤出阶段的压力和温度顺序均按胶料性能和所需的产量计算出来。计算程序自动地对可能导致流变问题的流道设计缺陷发出信号。

每一流道的容积、质量、产量和压力以及型胶在离开挤出机头时的预定膨胀系数和断面都分别计算出来。如果计算结果不理想,可重新计算流道数据,对流道设计相应地加以修改。

计算机程序在流道中间区段作出足够多的断面,以便能用附加程序把断面外形计算出来。这一附加程序用图形来显示流道断面表面的缩小。

挤出机头的流变特性经上述校核后,包含盒镶嵌件和口型的速个流道要再经一次分析。通过这一次分析所得到的温度和压力差就是正常生产条件下测定的额定值。

上述计算流道的方法在设计挤出机具,如盒镶嵌件和口型时同样也适用。每一流道都可用流道镶嵌件来加以修改,以使流道与

挤出机具匹配更佳。

挤出机具的支座要尽可能最佳。这一点如同其尺寸和形状一样重要。挤出机具“包”(盒、盒镶嵌件和口型)的成形配合则借助于两件式双夹紧系统来实现。上下两块独立操作的楔形压板斜靠口型。楔形压板的斜角位置可保证挤出机具包牢固地固定和任何类型胶的高精度挤出。

1.4 采用 Krupp-RAPRA 口型设计方法作流道设计

在使用计算程序之前须做下述试验。

1.4.1 毛细管流变试验

通过代入活塞速度、胶流压力、毛细管直径和不同切变速率时的口型长度及物料温度等参数,计算出混炼胶的粘度。膨胀数据则可从收集在铝盘内的几短段挤出胶获得。依据传统的冷却方法(例如风冷),这一铝盘可以是空的,也可以注有热水。

1.4.2 热学性能试验

热扩散率是热流计算中用的一个基本特性,它为计算聚合物(混炼胶)的热导率提供

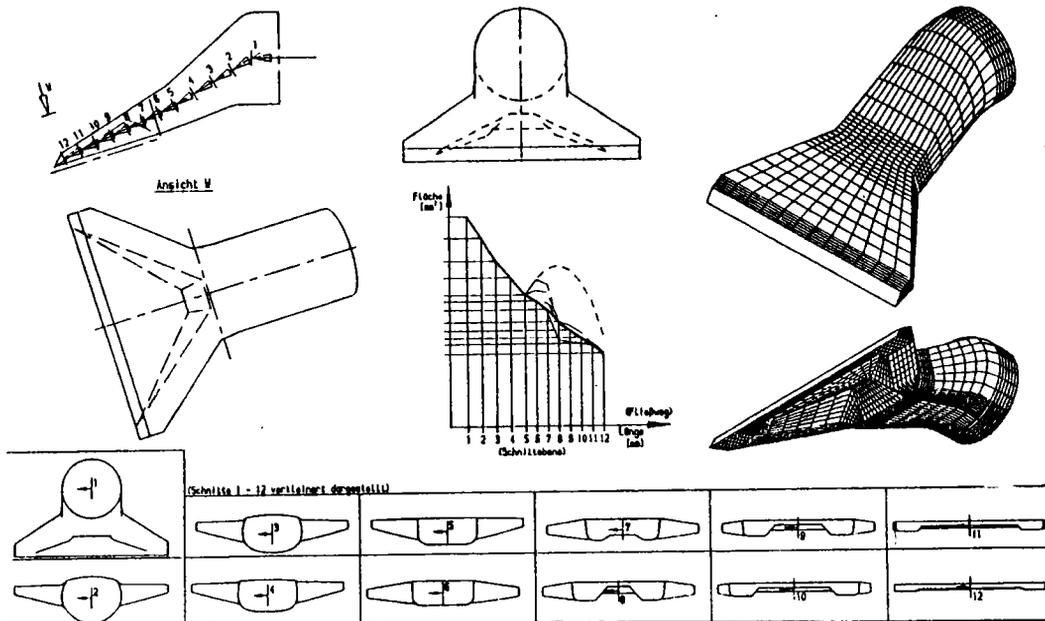


图 2 流道的布置

了手段,计算公式如下:

热传导率=热扩散率·比热容·密度

这被认为是挤出机螺杆和机头内流道热流计算常需的在 20~110(温度范围内的热传导率计算最为可靠的方法。

比热容(C_p) 采用差示扫描量热法(DSC)测定。这是一种热分析法,用它可以直接定量测出热能变化。采用配备有计算机控制和监视系统的 DSC 仪器来测定混炼胶。

混炼胶的硫化性能 要百分之百地确保混炼胶在挤出和压延过程中决不产生硫化,其硫化特性将采用精密硫化分析仪并按照美国、英国和德国的流变性能标准来进行测定。

精密硫化分析仪按振荡转子的原理运作。一个模具的一半相对于另一半振荡,而不装备单独的不加热转子。我们认为这是对以前所用仪器的改进,因为试样可以在大约 15s 内达到试验温度,这与标准试验中要求的最长 2min 比,是非常之快的。

试验结果/流道设计的分析 试验结果由我们的工艺过程技术部分分析并用以作挤出机头流道的 CAD 设计。

1.5 流道设计策略的说明

第一步 与用户一起选择有关混炼胶。

第二步 确定挤出条件。

第三步 把型胶(形状)分成块,计算出中心线,定出水平长度,验算到获得结果合理为止,这也就是说分块和区段在所形成的流径内连结良好。

第四步 在我们的实际工作中,胶流分析即指压力降、温度和流速计算。如果温度和压力降在预定值范围内,则计算出每一流径的膨胀。

第五步 把膨胀后的形状与规定的型胶形状作比较。

第六步 把基础数据转交给设计组。

2 先进挤出工艺的控制结构和要求

下面是这种胎面挤出生产线的典型的功

能:

- (1)型胶挤出可保持非常小的公差;
- (2)生产进度计划的编制和跟踪;
- (3)配方管理和保存;
- (4)质量控制数据的收集;
- (5)库存管理和跟踪;
- (6)包括输送、裁断和贮存在内的胎面精密挤出,自动和手动操作;
- (7)要求极其严格的挤出、输送、裁断和称重过程控制/数据收集;
- (8)程序和过程偏差报警和记录;
- (9)操作人员步骤跟踪;
- (10)存取保障和生效;
- (11)长期数据贮存和管理;
- (12)数据表述和报告;
- (13)管理信息系统联网。

过程控制系统(PCS)的结构如图 3 所示。

在现有典型的挤出生产线开车调试和连续生产期间,必须要对整个生产线作大量的测定和修改。这需要大量精干的人员。但是,现代化的挤出生产线几乎是自动运作的,需要监管机组的人员少。整个过程由构成一个完整的生产过程控制系统的各个控制器加以控制。

图 4 所示的是过程控制系统和可编程逻辑控制器(PLC)的框图。

2.1 挤出机控制

胶料的基本流变转换发生在挤出机内,因此挤出机控制是挤出工艺过程控制系统(PCS)的基础。挤出工艺过程的主要特征参数有:挤出胶温(T);挤出胶压力(P);螺杆和喂料辊消耗电流(I);挤出胶产量(W ,单位时间的重量);型胶形状(PS)。

在各种不同配方、断面形状和生产速度的型胶挤出作业中,这些参数的数值均要在挤出机的各部位,机头内和生产线上加以监视,给定挤出胶的最佳数值存贮在 PCS 存储器内。

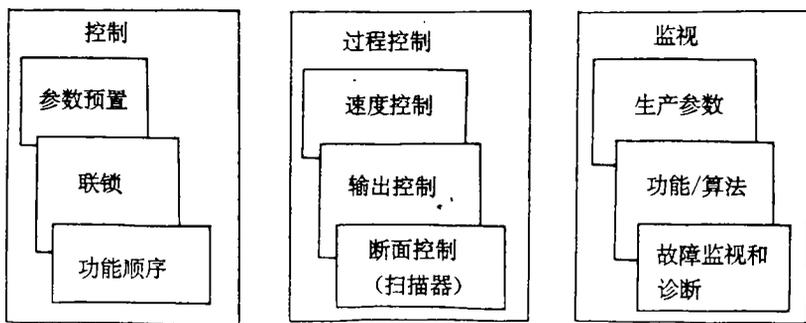


图 3 多复合挤出控制和过程控制的结构

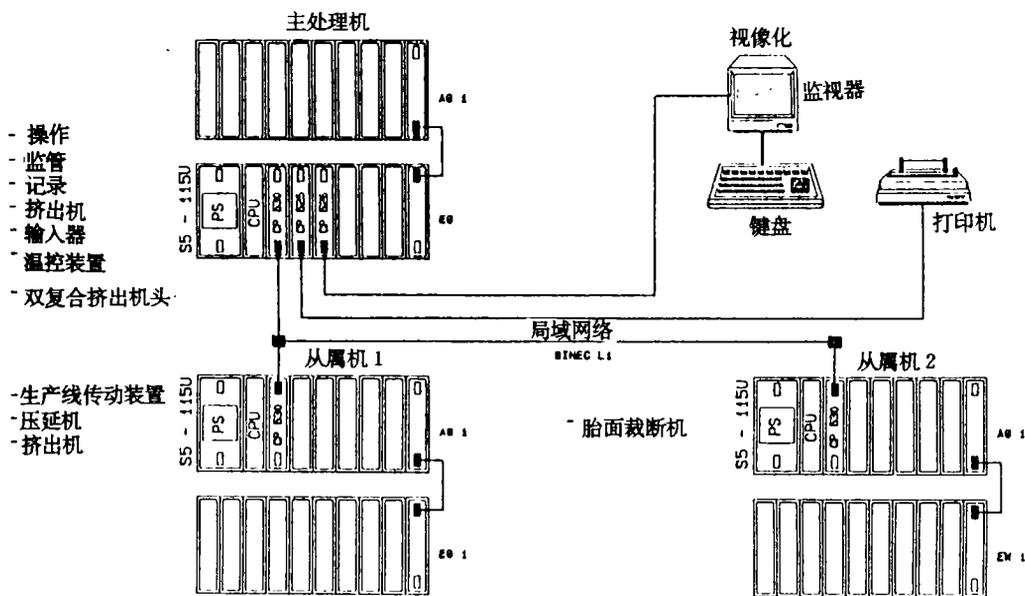


图 4 附加图像化装置的多复合挤出可编程逻辑控制器(PLC)的原理框图

在生产过程中,这些数据均由专门的数学模型来加以监视和控制。如是多种混炼胶挤出,就必须要对不同的挤出机和挤出机头流道的挤出过程加以协调,其协调的方式应能在起始开车调试时使各混炼胶正确流动,正确挤出,正确复合并随之在生产期内稳定和保持下去。

在所示的系统中,计算机存储器可以被称为“电子记事本”,而 PCS 本身则是操作人员的控制和操作助手。为了能生产出特定的轮胎型胶部件来,操作人员应启动一个特定的 PCS 生产程序,它包括如下各项:

- (1) 设定信息,如机具、要用的混炼胶、区段温度和生产线速度等;
- (2) 给挤出机和口型喂满料;
- (3) 开始挤出;
- (4) 生产型胶;
- (5) 停机和生产线停车(整个生产线完全排空)。

对于可能产生超公差产品的阶段,必须要用减少废品的专门程序来加以控制。我们就这类生产程序开发了专用的算法,该法可使废品量最少并使新配方调试起用时间缩至最短。

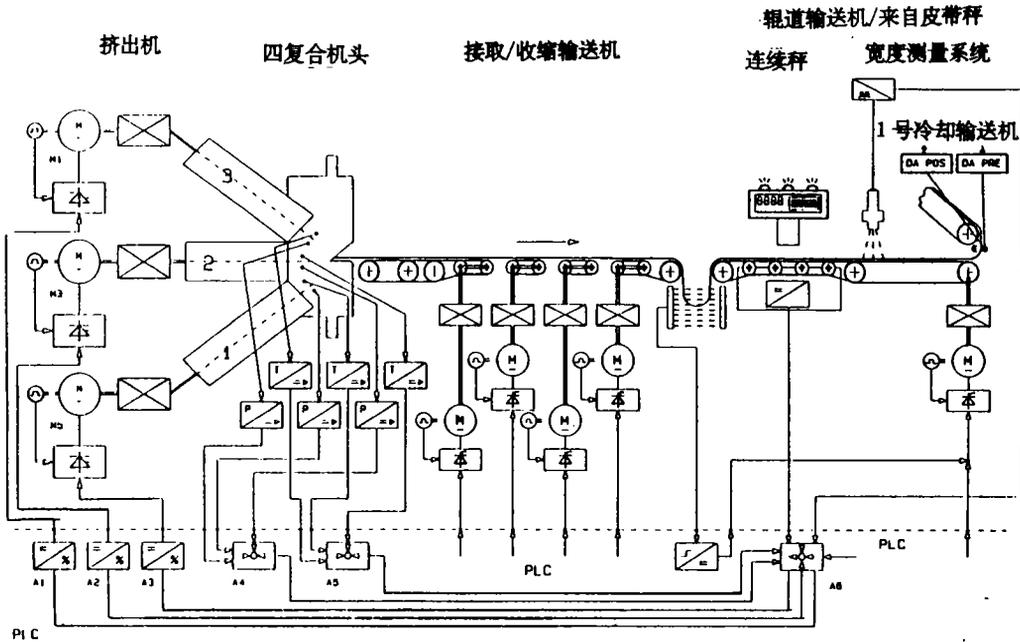


图5 三复合挤出生产线框图

2.2 挤出生产线的控制

整个挤出生产线控制系统的设计,可使生产线各区段的加工流变过程保持平稳。生产线的控制包括如下的控制回路:

(1)由皮带秤、断面形状扫描器、收缩率和温度控制的挤出机螺杆和接取输送机的速度控制回路;

(2)胎面裁断作业、定长和重量校核控制回路;

(3)冷却输送机和最后一段挤出生产线(自动码放百叶车或卷取)控制回路。

挤出机控制中非常重要的一部分是由皮带秤/宽度测量系统向挤出机送回的反馈信息。Krupp就软件的这一重要部分开发了一个专用的控制结构,与一般的P(比例)或PID(比例微积分的)生产线控制比,它的性能要好得多(图5)。

2.3 操作人员通讯和视像化系统(OC&V)

挤出生产线自动化的快速发展,使得其联动线对人机之间更好地进行信息交换的要求与日俱增。OC&V是实施下述作业的电子

工具:

- (1)向操作人员自动传递信息和自动传输操作人员的信息;
- (2)贮存并分析这些信息;
- (3)以有用的格式表述信息;
- (4)提供功能逻辑控制;
- (5)允许操作人员控制工艺过程。

OC&V的应用可分为操作、维修保养和监督管理三个领域。操作领域的用途有:替代硬连线控制盘;引入“黑匣子”技术;系统警报指示;在线工艺过程和生产数据;图像表述;自动预置。维修保养领域的用途有:人工点动操作和控制;设定时间和日期;计时器和计数器存取模块(TCAM);具有求助功能的增强型警报监视器;调谐;警报求助窗口;寄存器存取;通电设备诊断;使用人工智能。监督管理领域的用途有:监管系统备份;无纸报表生产;外围设备读数;数据收集;统计过程和质量控制;上游和下游数据检查;数据库和历史数据存取。

在这些领域中,OC&V可降低成本同时

提高生产率,加强控制。可以用每一领域所需的速度和信息来区分这三个领域。

OC&V 按所涉及的不同任务和效能要求分级。正文可显示设备或装置送来的报文和数据。如果需要把显示打出硬拷贝来,可以连接打印机。

操作人员控制盘提供如同正文显示一样的功能,还有供操作人员在工艺过程中通过键盘加以干预的附加设施。

监视器控制盘都是包括有彩色或单色显示器并带有内藏式键盘的综合装置。它们使工艺过程顺序、测定数值和过程状态数据能够用设备模拟盘、图表、曲线、柱状图表或报文的形式加以图解表示或字母数字表示。

这些系统对设备或装置的操作人员有以下帮助:在任何时间都保持有设备和过程状态的总视图;可现场鉴别出异常情况而毫不耽误,迅速采取正确的应对对策,从而提高生产率并改进产品质量。

2.4 质量数据处理和控制

为胎面挤出生产线开发的 SPC(统计过程控制)软件可产生警报,启动控制作用,提出报告并通过实时、彩色图表显示与操作人员进行相互联络。SPC 软件包则以各种不同的软件工具如 Factory Link, Fix, COROS 等为基础。

所有这些功能的变量是:挤出机中的温度、压力;连续称出的重量;与连续称重对应的宽度;胎面的实际长度;每条胎面的重量;校核秤上相对应的宽度;实际断面形状。

采用现代化的挤出设备,可以获得极均匀的胶料和极精确的轮胎型胶部件,这是高质量轮胎所必须具备的。为了能在劳动力成本和材料成本非常高的情况下生产这些轮胎部件,对各台设备和整个生产线的过程都加以控制是非常重要的。

2.5 可编程序逻辑控制器(PLC)

可编程序逻辑控制器(PLC)的要求和特点有:

(1)多路数学控制顺序的能力和复杂算法的容量;

(2)对目前的任务有充足的容量以及对将来的各种用途和备份逻辑有足够的灵活性;

(3)结构上具有和固件模块一样的可调用的软件功能,必须有能够执行专用程序的用户特定的专用模块;

(4)分布系统的目标是简化测量和控制系统的设计实施,软件编程结构化,在试车和试验阶段有改变的灵活性以及如果系统以后要加以修改,应能便于扩展;

(5)与智能装置及皮带秤、温度控制器、断面形状扫描器及非接触式标记打印机等有良好的串行通讯能力;

(6)彩色显示器具有过程监视及操作人员控制键和键盘的特点,在过程监视的每一视图上都有各层细节和信息;

(7)大容量存贮器(10万~15万字);

(8)打印生产报告和故障诊断书用的打印机;

(9)能连接一台或两台计算机成为分布系统;

(10)能够很容易地与上一级主计算机进行连接。

典型的可编程序逻辑控制器(PLC)系统的结构示于图4和图6。

3 电气性能

图7所示的是 Allen-Bradley PLC-5/25 型可编程序逻辑控制器(PLC)系统的结构。胎面生产线用的一种 PLC 系统的主要特点可以归纳为:1200个输入;950个输出;6个智能装置接口(RS232C);10万字或10万字以上的 RAM(随机存贮器);800个故障语句;产量和故障诊断报告;统计过程控制;备份系统;40兆字节的大贮存系统;彩色监视系统;生产报告和故障诊断的单独的打印机;与处理计算机(主计算机)相接的模块。

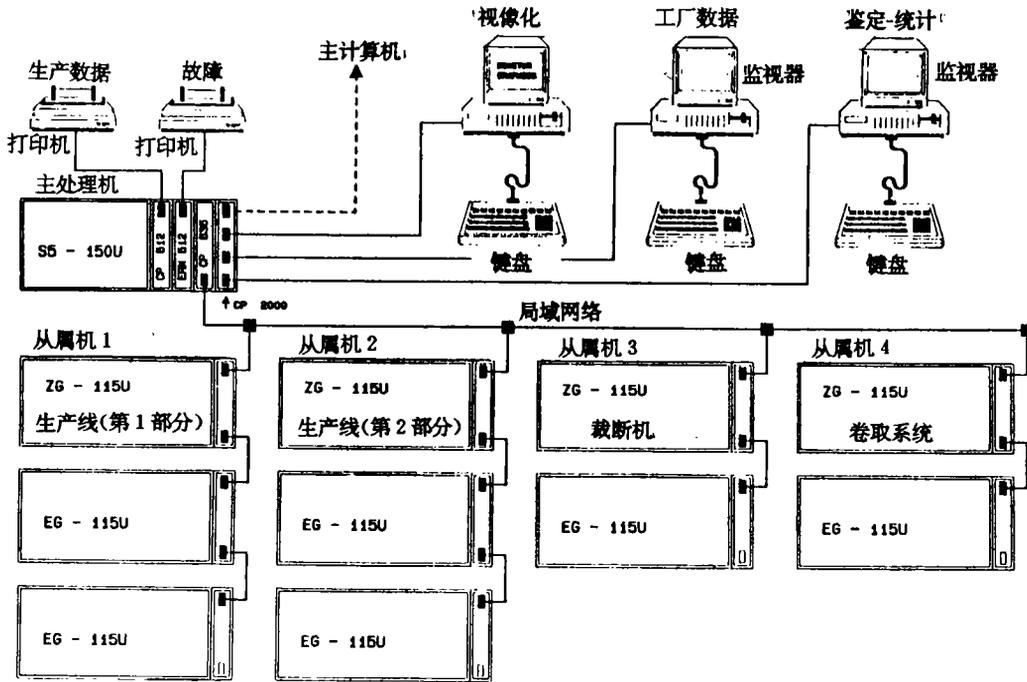


图6 多复合挤出的PLC附加“视像化装置和输入数据汇编程序”原理框图

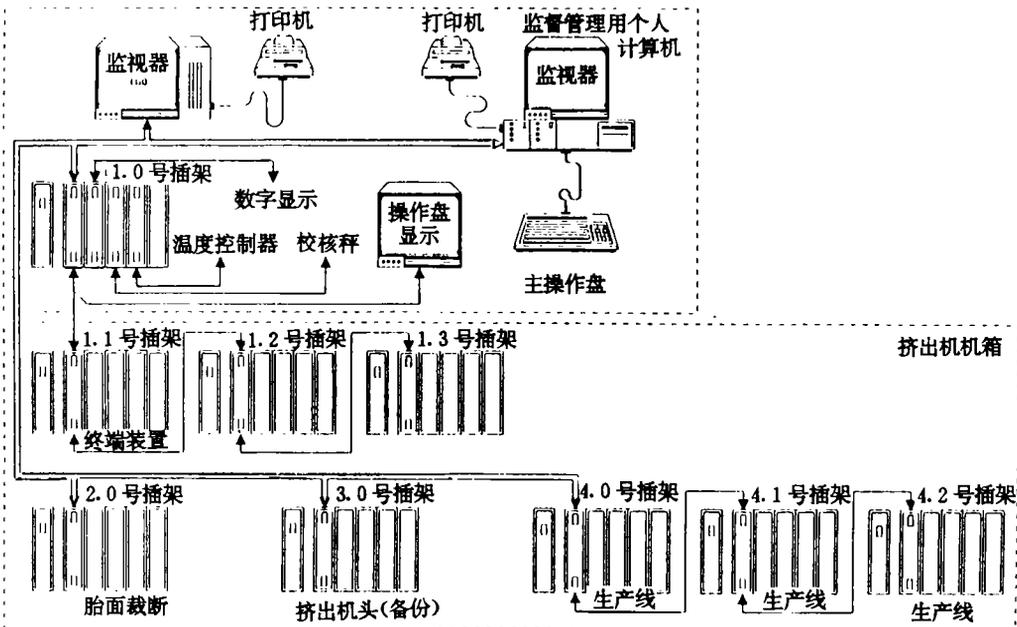


图7 三复合胎面挤出生产线的PLC系统配置

这一PLC结构的主要性能为：

- (1) 周期和执行时间较短；

(2)硬件的结构配置与生产线的机械结构相一致;

(3)PLS 相连的局域网络(数据高速公路网);

(4)易于调试投产,易于与各种不同的机械部件同时调试投产;

(5)易于 PLC 系统扩展(在开始阶段无剩余);

(6)与主计算机连接方便。

4 将来的趋势

讨论中心围绕着橡胶压延压片,特别是薄胶片用挤出工艺法的问题,即缓冲胶片挤出法替代缓冲胶片压延法的问题。讨论得更为广泛的是胎面裁断作业重现性更好的问题。

现在,结合光学照相传感器的停机、裁断和加速作业已在生产中应用。在轮胎厂工艺工程师心中有两个最佳化的方法。第一个方法是把胎面胶条卷取在卷轴上,然后在成型

机上执行裁断作业。第二个方法是生产一条一条的胎面胶条。裁断作业的进行可以不用改变生产线的速度。除了传统生产方式中这些最佳方法外,一直不断地在讨论的有挤出、压延和成型作业合并在一起的话题,这已有几项专利公诸于世。

为能达到先进的胎面挤出生产线所要求的全部高要求,我们认为会有下述发展趋势:

(1)小于 10kW 电机的交流电技术;

(2)用串行通讯系统接口的全数字传动;

(3)使用电子终端的分布式 PLC 系统;

(4)过程计算机与 PLC 系统合并在一起;

(5)励磁场母线系统标准化;

(6)过程计算机用智能软件(软件工具如 COROS, Factory Link, Fix-Dmacs 等),再加上灵活的系统, Gee-whiz 图形, 数据处理, 软件维修工具和某些过程采用模糊逻辑技术。

译自德国“Kautschuk Gummi Kunststoffe”,

46[12], 968~973(1993)

橡胶供需矛盾突出价格普遍高走

从化工部'94 春季全国化工商品交易会 and '94 全国化工订货会看,天然橡胶进口 1[#], 2[#]无货可觅,3[#]价格为每吨 9100 元,比订货会价格每吨上涨 1000 元;国产 1[#]价格为 8500 元·t⁻¹,比订货会上升 700 元·t⁻¹;丁苯橡胶 1500 型价格在 8500~8600 元·t⁻¹,比订货会上升 700·元 t⁻¹;丁腈橡胶价格在 1.05 万~1.18 万元·t⁻¹,比订货会下降 1000 元·t⁻¹,顺丁橡胶价格在 7400~7700 元·t⁻¹,比订货会上升 1100 元·t⁻¹。

今年橡胶预计产量为 67 万 t,其中,天然橡胶 30 万 t,合成橡胶 37 万 t,需求总量为 120 万 t,去年实际消耗 110 万 t,利用去年库

存,缺口近 40 万 t,进口 3[#]天然橡胶在春交会上竞价,起价为 8900 元·t⁻¹,成交价为 9300 元·t⁻¹,说明目前进口天然橡胶十分紧缺。天然橡胶走俏市场的主要原因是国际市场价格提高,进口资源减少,而国内产胶区尚未到开割期。丁苯橡胶、顺丁橡胶国内产需基本平衡,但因丁苯橡胶价格较高,有些厂家采用顺丁橡胶代替丁苯橡胶,导致顺丁橡胶价格上涨。鉴于橡胶主要用户轮胎业目前增长速度趋缓,出口减少,加之俄罗斯对我国丁苯橡胶出口增加,预计天然橡胶价格将坚挺,丁苯橡胶、顺丁橡胶价格趋于平稳,丁腈橡胶将稳中趋降。

(摘自《中国化工报》,1994,5,4)