



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102508938 B

(45) 授权公告日 2014. 01. 08

(21) 申请号 201110285728. X

(22) 申请日 2011. 09. 23

(73) 专利权人 东华大学

地址 201620 上海市松江区松江新城人民北路 2999 号

(72) 发明人 钟平 叶韬 涂新星 王士乐

(74) 专利代理机构 上海泰能知识产权代理事务所 31233

代理人 宋纓 孙健

(51) Int. Cl.

G06F 17/50 (2006. 01)

G06T 5/00 (2006. 01)

(56) 对比文件

CN 1986835 A, 2007. 06. 27,

CN 101057242 A, 2007. 10. 17,

CN 102126228 A, 2011. 07. 20,

CLAIRE KENYON 等. A NEAR-OPTIMAL SOLUTION TO A TWO-DIMENSIONAL CUTTING STOCK PROBLEM. 《MATHEMATICS OF OPERATIONS RESEARCH》. 2000, 第 25 卷 (第 4 期),

韩喜君 等. 矩形件优化排样问题的混合遗传算法求解. 《计算机技术与发展》. 2006, 第 16 卷 (第 6 期),

审查员 李娜

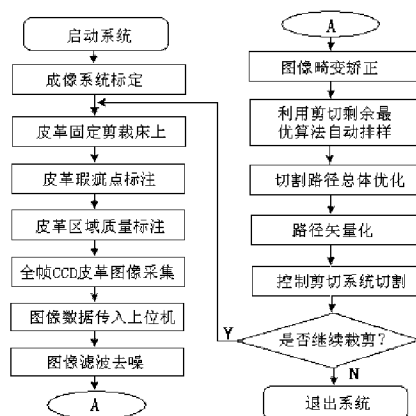
权利要求书2页 说明书5页 附图4页

(54) 发明名称

一种二维不规则皮革自动排样裁剪方法

(57) 摘要

本发明涉及一种二维不规则皮革自动排样裁剪方法,包括以下步骤:对全帧 CCD 成像系统进行标定;对皮革材料的瑕疵点和区域质量进行标注;全帧 CCD 成像系统获取皮革二维图像信号,并将其发送至上位机中;上位机对获取的皮革图像消除成像过程中引入的噪声,并对一次成像的皮革图像进行几何矫正,从而获取无畸变、清晰的皮革图像;根据预先存入计算机中服装样式模块图像的形状、大小和数目,利用去除剩余最优策略,在皮革图像上实现自动排样,并最后确定最佳的切割路径;对最佳剪切路径矢量化,并控制切割系统对皮革材料进行剪切。本发明能够减少裁剪样式本身形状的不规则性所带来的影响,提高材料利用率。



1. 一种二维不规则皮革自动排样裁剪方法,其特征在于,包括以下步骤:

(1) 对全帧 CCD 成像系统进行标定,建立图像与裁床物理尺寸的精确映射关系及成像系统的畸变校正模型;

(2) 将要裁剪的皮革材料平铺并固定在剪裁床上,并对皮革材料的瑕疵点和区域质量进行标注;

(3) 全帧 CCD 成像系统获取皮革二维图像信号,并将所述皮革二维图像信号发送至上位机中;

(4) 上位机对获取的皮革图像消除成像过程中引入的噪声,并对一次成像的皮革图像进行几何矫正,从而获取无畸变、清晰的皮革图像;

(5) 根据预先存入计算机中服装样式模块图像的形状、大小和数目,利用去除剩余最优策略,在皮革图像上实现自动排样,并最后确定最佳的切割路径;所述步骤(5)中的去除剩余最优策略是根据样式模块排样的质量要求,直接利用裁剪样式模块图像在相应皮革图像区域内进行遍历,通过计算优化因子 R,确定最优排样;所述去除剩余最优策略包括以下子步骤:

(51) 利用图像处理方法,将皮革图像 M 复制为皮革图像备份 M';同时将存储在上位机中的需裁剪的服装样式模块图像记为 S_1, S_2, \dots, S_N ,其中图像 S_1, S_2, \dots, S_N 和图像 M 对实物皮革物理尺寸具有相同影射比例系数;

(52) 将服装样式模块图像 S_1, S_2, \dots, S_N 生成外接矩形,计算服装样式模块图像 S_1, S_2, \dots, S_N 外接矩形的长、宽,并将其存入一个具有二值域且节点数为 N 的链表中,其中,二值域包括 X 域和 Y 域,链表的头节点指针为 P;服装样式模块图像 S_1, S_2, \dots, S_N 外接矩形的长和宽分别依次存入链表节点的 X 域和 Y 域,并规定每一个节点的值域满足 $X > Y$;

(53) 将具有二值域的链表节点按 X 域值从大到小,进行排序;

(54) 从链表中提取指针 P 所指向的节点所代表的图像 S_p ,按照从左下往右上的原则遍历皮革图像备份 M',在遍历过程中,如果满足 $S_p \subseteq M'$,则计算优化因子 R,并以优化因子 R 确定剪切后剩余图像 $M' - S_p$ 是否最优;

(55) 剪切后剩余图像 $M' - S_p$ 为最优时,将图像 S_p 在皮革图像备份 M' 排样的位置复制到皮革图像 M 上,并做相应标记;同时将处理过的节点元素从链表中删去,对剪切后的剩余图像 $M' - S_p$ 进行相应处理,并作为下次排样的新皮革图像;

(56) 重复步骤(54)和步骤(55),直至链表为空,完成排样;其中,优化因子

$R = \alpha \frac{A_0}{A_c} + (1 - \alpha) \frac{K}{L}$, R 越大,表示剩余二维不规则图像最优, A_0 表示剩余图像 $M' - S_p$ 图像

面积, A_c 表示剩余图像 $M' - S_p$ 外接矩形面积; L 表示剩余图像 $M' - S_p$ 外接矩形长,而 K 表示剩余图像 $M' - S_p$ 外接矩形的宽, α 为权重因子且满足 $0 \leq \alpha \leq 1$,由多次实验,进行设置;

(6) 对最佳剪切路径矢量化,并控制切割系统对皮革材料进行剪切。

2. 根据权利要求 1 所述的二维不规则皮革自动排样裁剪方法,其特征在于,所述步骤(2)中皮革材料的瑕疵点和区域质量由人工采用不同颜色的画笔进行标注。

3. 根据权利要求 1 所述的二维不规则皮革自动排样裁剪方法,其特征在于,所述步骤

(3) 中全帧 CCD 成像系统对整张皮革一次成像。

4. 根据权利要求 1 所述的二维不规则皮革自动排样裁剪方法,其特征在於,所述步骤(4)中上位机根据标注信息自动识别瑕疵点,并将皮革分成不同的质量等级区域。

一种二维不规则皮革自动排样裁剪方法

技术领域

[0001] 本发明涉及皮革剪裁技术领域,特别是涉及一种基于全帧 CCD 芯片大幅面成像的二维不规则皮革自动排样裁剪方法。

背景技术

[0002] 在竞争激烈的服装行业中,如何以最小的耗资取得最大的经济效益及如何提高生产效率是各个企业所关注的问题。特别是如何根据二维不规则制衣材料,快速而最优地裁剪出制作服装的样式模块一直是纺织、服装等许多行业自动化所追求的目标。在这个过程中,精确地获取二维不规则材料的平面图像信息是利用机器视觉和计算机辅助设计的前提条件。另外由于原材料的费用占总生产成本的比例很大,比如像高档皮革,所以提高原材料利用率对于降低成本有至关重要的意义,因此,织物、皮革等的排样优化问题受到广泛关注,排样结果的好坏对服饰生产加工的合理性、经济性和安全性等指标都有重大影响。

[0003] 由于材料的面积大,往往难以一次成像获取整张皮革等图像的整体信息。目前的皮革自动成像排样系统,一是采用线阵 CCD 扫描的方式,通过完整扫描皮革材料面积,获取完整图像,显然这种方式成像速度慢,影响系统的效率;二是采用控制移动摄像机对材料进行多次分块拍摄的方法,然后将多次获取的图像进行拼接,得到完整的皮革图像。由于皮革图像的特征不一定明显,该方法难于在图像的拼接过程中保证拼接精度。如何快速、精确成像获取皮革二维图像的整体信息是目前急需研究解决的问题。

[0004] 另一个关键技术就是如何根据服装样式模块图像,利用计算机在获取的皮革图像上进行最优排样。一般地,随着需裁剪样式模块数目的增加,排样获得最优解所需要的计算时间呈指数增加,而且在实际问题中有许多约束,如材料表面存在瑕疵,材料的不同区域具有不同的质量等级等,这就使得运用一般的优化算法复杂化。寻找通用性好、求解质量和效率高、易于实现的排样问题求解算法一直是该领域所追求的目标。

[0005] 服装裁剪的排样问题首先需考虑的问题就是如何提高皮革等昂贵材料利用率。它主要受两个方面影响:(1) 皮革材料与模块样式本身形状,如皮革材料不规则程度高低、是否存在内空等,这些将不可避免会引起一定值的废料;(2) 工艺因素,包括加工方式和排样方案,形成不能再利用的搭边、小块边角料和细窄长条等废料。皮革等材料的裁剪加工中的排样问题主要研究如何采取优化排样策略,一方面尽量避免工艺性废料,另一方面通过运用合理的排样方式来减少裁剪样式本身形状的不规则性所带来的影响,提高材料利用率。

发明内容

[0006] 本发明所要解决的技术问题是提供一种二维不规则皮革自动排样裁剪方法,使其能够减少裁剪模块样式本身形状不规则性所带来的影响,提高材料利用率。

[0007] 本发明解决其技术问题所采用的技术方案是:提供一种二维不规则皮革自动排样裁剪方法,包括以下步骤:

[0008] (1) 对全帧 CCD 成像系统进行标定,建立图像与裁床物理尺寸的精确映射关系及

成像系统的畸变校正模型；

[0009] (2) 将要裁剪的皮革材料平铺并固定在剪裁床上,并对皮革材料的瑕疵点和区域质量进行标注；

[0010] (3) 全帧 CCD 成像系统获取皮革二维图像信号,并将所述皮革二维图像信号发送至上位 PC 机中；

[0011] (4) 上位机对获取的皮革图像消除成像过程中引入的噪声,并对一次成像的皮革图像进行几何矫正,从而获取无畸变、清晰的皮革图像；

[0012] (5) 根据预先存入计算机中服装样式模块图像的形状、大小和数目,利用去除剩余最优策略,在皮革图像上实现自动排样,并最后确定最佳的切割路径；

[0013] (6) 对最佳剪切路径矢量化,并控制切割系统对皮革材料进行剪切。

[0014] 所述步骤 (2) 中皮革材料的瑕疵点和区域质量由人工采用不同颜色的画笔进行标注。

[0015] 所述步骤 (3) 中全帧 CCD 成像系统对整张皮革一次成像。

[0016] 所述步骤 (4) 中上位机根据标注信息自动识别瑕疵点,并将皮革分成不同的质量等级区域。

[0017] 所述步骤 (5) 中的去除剩余最优策略是根据样式模块排样的质量要求,直接利用裁剪样式模块图像在相应皮革图像区域内进行遍历,通过计算优化因子 R_i ,确定最优排样。

[0018] 所述去除剩余最优策略包括以下子步骤：

[0019] (51) 利用图像处理方法,将皮革图像 M 复制为皮革图像备份 M' ；同时将存储在上位机中的需裁剪的服装样式模块图像记为 S_1, S_2, \dots, S_N ,其中图像 S_1, S_2, \dots, S_N 和图像 M 对实物皮革物理尺寸具有相同影射比例系数；

[0020] (52) 将服装样式模块图像 S_1, S_2, \dots, S_N 生成外接矩形,计算服装样式模块图像 S_1, S_2, \dots, S_N 外接矩形的长、宽,并将其存入一个具有二值域且节点数为 N 的链表中,其中,二值域包括 X 域和 Y 域,链表的头节点指针为 P ；服装样式模块图像 S_1, S_2, \dots, S_N 外接矩形的长和宽分别依次存入链表节点的 X 域和 Y 域,并规定每一个节点的值域满足 $X > Y$ ；

[0021] (53) 将具有二值域的链表节点按 X 域值从大到小,进行排序；

[0022] (54) 从链表中提取指针 P 所指向的节点所代表的图像 S_p ,按照从左下往右上的原则遍历皮革图像备份 M' ,在遍历过程中,如果满足 $S_p \subseteq M'$,则计算优化因子 R_i ,并以优化因子 R_i 确定剪切后剩余图像 $M' - S_p$ 是否最优；

[0023] (55) 剪切后剩余图像 $M' - S_p$ 为最优时,将图像 S_p 在皮革图像备份 M' 排样的位置复制到皮革图像 M 上,并做相应标记；同时将处理过的节点元素从链表中删去,对剪切后的剩余图像 $M' - S_p$ 进行相应处理,并作为下次排样的新皮革图像；

[0024] (56) 重复步骤 (54) 和步骤 (55),直至链表为空,完成排样。

[0025] 有益效果

[0026] 由于采用了上述的技术方案,本发明与现有技术相比,具有以下优点和积极效果:本发明利用全帧 CCD 成像系统,一次获取皮革材料表面的二维图像,并采用去除剩余最优策略进行模块样式的最优排样和自适应遗传算法与动态规化算法相结合策略,进行路径优化,实现皮革自动裁剪,提出的方法有助于促进服装行业材料裁剪的整体优化,提高生产率、减少材料消耗,同时确保生产出高品质的产品。

附图说明

- [0027] 图 1 是本发明的系统功能框架示意图；
[0028] 图 2 是外接矩形示意图；
[0029] 图 3 是成像装置电路结构图；
[0030] 图 4 是去除剩余最优算法流程图；
[0031] 图 5 是系统工作流程图。

具体实施方式

[0032] 下面结合具体实施例,进一步阐述本发明。应理解,这些实施例仅用于说明本发明而并不用于限制本发明的范围。此外应理解,在阅读了本发明讲授的内容之后,本领域技术人员可以对本发明作各种改动或修改,这些等价形式同样落于本申请所附权利要求书所限定的范围。

[0033] 本发明一种基于全帧 CCD 芯片大幅面成像的二维不规则皮革自动排样裁剪方法,该方法主要基于成像装置、高性能 PC 机和剪切执行机构三部分实现。其中成像部分包括高分辨率全帧 CCD 芯片、FPGA 可编程逻辑器件、视频专用 A/D 芯片、用于图像数据缓存的动态存储堆 DDR 和成像镜头等组成,并由上位机控制皮革图像数据的采集、根据剪切样式实现自动排样及控制切割执行机构完成裁剪。系统结构如图 1 所示。

[0034] 由全帧 CCD 构成的皮革成像装置电路结构如图 3 所示,其硬件设备包括大阵面全帧 CCD 器件, FPGA 可编程逻辑器件(简称为 FPGA)、高速视频专用 A/D 芯片、存储堆 DDR 等组成,由 FPGA 可编程逻辑器件为核心器件组成中央控制单元,实现全帧 CCD 成像阵面在成像过程中的曝光控制和读出控制、A/D 图像信号的模数转换、图像数据缓存及数据传送。其成像装置包括以下主要模块:

[0035] (1) 控制模块:

[0036] 该模块主要包含了 FPGA、A/D 转换器、千兆以太网控制芯片、动态存储芯片 DDR3、时钟驱动芯片等。由 FPGA 产生 CCD 所需 H1、H2、V1、V2、RCLK 时钟信号,经过时钟驱动电路将时钟信号调整为 CCD 要求电压范围,并调整 CCD 其他配置电压,使 CCD 正常工作。FPGA 外围配置 4 个轻触开关,作为快门等触发信号输入,另设拨盘开关(或拨码开关)作为拍照模式调节和积分时间调节。A/D 芯片所选择的是 ADI 公司的 16 位模数转换芯片 VSP2566,精度为 16-bit,转换速率可达 12.5MSPS。动态存储器 DDR3 采用的是型号为 MT41J64M16,存储容量为大小为 1Gb,96-Ball FBGA 封装,存储空间为 8Meg×16×8Banks,最大工作频率 533MHZ,通过双倍数据倍率来实现高速存取。以太网控制芯片选用的是 MARVELL 公司的 10/100/1000Mbps 自适应以太网芯片 M88E1111,用来实现千兆以太网接口,控制 FPGA 与上位机图像数据的高速传送。

[0037] FPGA 作为主控芯片负责整个系统的核心控制和协调,并产生整个系统的同步时钟以及全帧 CCD 芯片所需的时钟信号,并通过时钟驱动芯片传输给 CCD 引脚,A/D 对 CCD 传来的模拟视频信号进行采样,并转换成数字信号并传输给 FPGA, FPGA 接收到数据后放入动态 DDR3 中进行缓存,后再将数据发往千兆以太网控制芯片,通过 RJ45 网络接口传输到 PC 电脑中的上位机,上位机可对图像数据进行处理、信息提取和图像显示等功能。

[0038] (2) 图像传感模块：

[0039] 该模块主要包括全帧 CCD 芯片及为该服务该芯片的各项配置，包括 CCD 芯片配置电压调整电路及控制信号，它提供了 CCD 正常工作时所需要的各项配置，为了保证皮革图像采集相机能够一次性获取高分辨率和大视场的皮革图像，本发明所用的全帧 CCD 芯片选择的是 DASLA 公司的 FTF5066M。

[0040] (3) 电源模块：电源模块为其它模块提供工作所需要的各种电压。

[0041] 在工作过程中，首先对成像系统进行标定，包括建立图像与裁床物理尺寸精确的映射关系及成像系统的畸变校正模型；再将要裁剪的牛皮平铺并固定在剪裁床上，并人工对牛皮的瑕疵点和区域质量进行标注；通过上位机的操作界面发出命令，由 FPGA 可编程逻辑器件产生精密像素读出时序和各种控制信号，控制 CCD 曝光时间、控制视频专用 A/D 芯片实现图像信号的模 / 数转换和图像数据的有序读出；并最终将读取大幅面的皮革图像数据存储于上位机中；然后上位机对获取的牛皮图像进行预处理，主要是消除成像过程中引入的噪声，并对一次成像的皮革图像进行几何矫正，保证计算机获取高质量无变形的清晰图像。根据预先存入上位机中需要剪切的样式模块图像，利用去除剩余最优策略进行模块样式的最优排样，并确定最佳的切割路径。最后由计算机根据确定的最佳剪切路径，控制剪切系统对皮革进行裁剪。

[0042] 由于全帧 CCD 成像面积大，像素达几千万，为提高系统速度，将 CCD 存储区的电荷信息分成四象限，并行四路读出方式，设计四路 A/D 转换电路，同时对模拟图像信号进行模 / 数转换，信号转换后读入动态 DDR 进行缓存，然后采用 TCP/IP 通信协议，由千兆网卡将 DDR 中的图像数据读入计算机，以保证成像快速和图像数据传输的高可靠性。

[0043] 牛皮表面的瑕疵点和区域质量可人工采用不同颜色的画笔进行标注，以便计算机在图像处理过程中能自动识别，目的是在智能排样过程中能避开瑕疵点进行排样，并使计算机按需要裁剪不同样式模块分配在不同质量区域内进行操作。

[0044] 本发明采用的剪切去除剩余最优策略主要步骤为：(a) 首先利用图像处理方法，将皮革图像 M 复制为皮革图像备份 M'；同时需裁剪的服装样式模块图像存储存计算机，并记为 S_1, S_2, \dots, S_N ，其中图像 S_1, S_2, \dots, S_N 和图像 M 对实物皮革具有相同影射系数。(b) S_1, S_2, \dots, S_N 图像生成外接矩形，计算模块图像 S_1, S_2, \dots, S_N 外接矩形的长、宽，并将其存入一个具有二值域 (X, Y) 且节点数为 N 的链表中，链表的头节点指针为 P； S_1, S_2, \dots, S_N 外接矩形的长和宽分别依次存入链表节点的 X、Y 域，并规定每一个节点的值域满足 $X > Y$ ；(c) 将具有二值域的链表节点按 X 域值从大到小进行排序；(d) 从链表中提取指针 P 所指向的节点所代表的图像 S_p ，到皮革图像备份 M' 中寻找最佳的剪切区域，其方法是按照从左下往右上的原则遍历皮革图像备份 M'，在遍历过程中，如果 $S_p \subseteq M'$ ，则计算优化因子 R，以确定剪切后剩余图像 $M' - S_p$ 是否最优，其中 $R = \alpha \frac{A_0}{A_c} + (1 - \alpha) \frac{K}{L}$ ，R 越大，表示剩余二维不规则图像最

优，本次排样最合理。 A_0 表示 $(M' - S_p)$ 图像面积， A_c 表示 $(M' - S_p)$ 外接矩形面积；L 表示 $(M' - S_p)$ 外接矩形长，而 K 表示 $(M' - S_p)$ 外接矩形的宽， α ($0 \leq \alpha \leq 1$) 权重因子，可由多次实验，进行设置。(e) 当 R 最大时，将图像 S_p 在图像 M' 排样的位置复制到 M 图上，并做相应标记；同时将处理过的节点元素从链表中删去，对实际剪切后的图像 $(M' - S_p)$ 进行相应处理后，并作为下次排样的新皮革图像 M'。(f) 重复 (d) 和 (e)，直至链表为空，完成

排样。图 4 表示了该算法的流程图。在算法中的外接矩形如图 2 所示。

[0045] 本发明的剪切最佳切割路径是在智能排样完成后,采用自适应遗传算法与动态规划算法相结合的组合算法,实现剪切路径的优化。最后,对生成的剪切路径进行矢量化,作为控制信息,控制剪切的执行机构实现对牛皮的裁剪。

[0046] 在实施过程中,采用下列器材:

[0047] (1) 高分辨率全帧 CCD 芯片为 FTF5066M,主要参数包括分辨率为 3056×3056 (pixel);像素尺寸为 $12 \mu\text{m}(\text{H}) \times 12 \mu\text{m}(\text{V})$;线形动态范围 84dB,最高为 10MHz 像素;可开/关的自动增益控制 (AGC),读出速率 600K(pixel/s) 或 3M(pixel/s),数字增益倍数是为 $1.3e^{-}/\text{ADU}$ 到 $1.5e^{-}/\text{ADU}$,模数转换位数 16bit,手动设定的黑白电平衡校正方式;可接受 24VAC 及 12VDC 两种电源供应。

[0048] (2) 可编程逻辑控制器 FPGA:FPGA 采用的是 Xilinx 公司的 XC6SLX16-3CSG324。有 324 个引脚,其中有 232 个可用引脚,2278 个 slices,每个 slices 包含 4 个 CLB,每个 CLB 包含 4 个 6 输入的查找表 LUT,所以共 36448 个 6-inputLUTs。该 FPGA 内置的硬件资源有 32 个数字信号处理器 (DSP48A1),两个存储管理块 (MCB) 及 576k 的内置随机存储器 (RAM)。

[0049] (4) 视频 A/D 转换芯片:采用的是型号为 VSP2566 图像信号 A/D 转换器,QFT-48 封装的 16 位 CCD 信号模拟前端 A/D 转换器件。36MHz 相关二次取样,36MHz 转换速率,输入参考信噪比 80dB,可编程黑电平钳位,可编程增益放大。增益稳定控制在 -9dB 到 44dB 间,增益控制为线性增益。支持低压工作模式和两种低功耗运行方式。具有光学黑元与无效元校准功能。

[0050] (5) 动态存储器 DDR3。存储器件采用的是型号为 MT41J64M16,存储容量为大小为 1Gb,96-Ba11 FBGA 封装,存储空间为 8Meg*16*8Banks,该 DDR3 一次突发传输位 512bit,突发长度为 8,最大工作频率 533MHz,通过双倍数据倍率来实现高速存取。本设计时钟采用 400MHz 的差分时钟输入,数据存取速率可达 800Mb/s。

[0051] (6) 以太网适配器:本申请数据传输采用的是 M88E111 芯片,可以工作于 1000M 模式,数据传输率达 1Gb/s。128-pqfp 封装的千兆以太网物理层芯片,采用 0.13us 的 CMOS 工艺,支持 GMII,RGMII,MII 等模式,具备 4 个 GMII 时钟模式,芯片整合了 1.25GHZ 串并转换,可连接 10/100/1000BASE-T 传输介质,能自适应多种网络接口。

[0052] 如图 5 所示为其实施流程图,首先将要裁剪的牛皮平铺并固定在剪裁床上,并人工对牛皮的瑕疵点和区域质量进行标注;通过上位机的操作界面发出命令,由 FPGA 可编程逻辑器件产生精密像素读出时序和各种控制信号,控制 CCD 曝光时间、控制视频专用 A/D 芯片实现图像信号的模/数转换和图像数据的有序读出;并最终将读取大幅面图像数据存储于上位机电脑中等待处理;由上位机对获取的牛皮图像进行预处理,主要是消除成像过程中引入的噪声,并对一次成像的牛皮图像进行几何矫正,保证计算机获取高质量无变形的清晰图像;根据所需的模块样式,对牛皮材料二维图像进行自动排样。需要剪切的模块样式图像预先存入计算机中,利用去除剩余最优策略进行模块样式的最优排样,并确定最佳的切割路径。由计算机根据确定的最佳剪切路径,控制剪切装置对皮革进行切割。

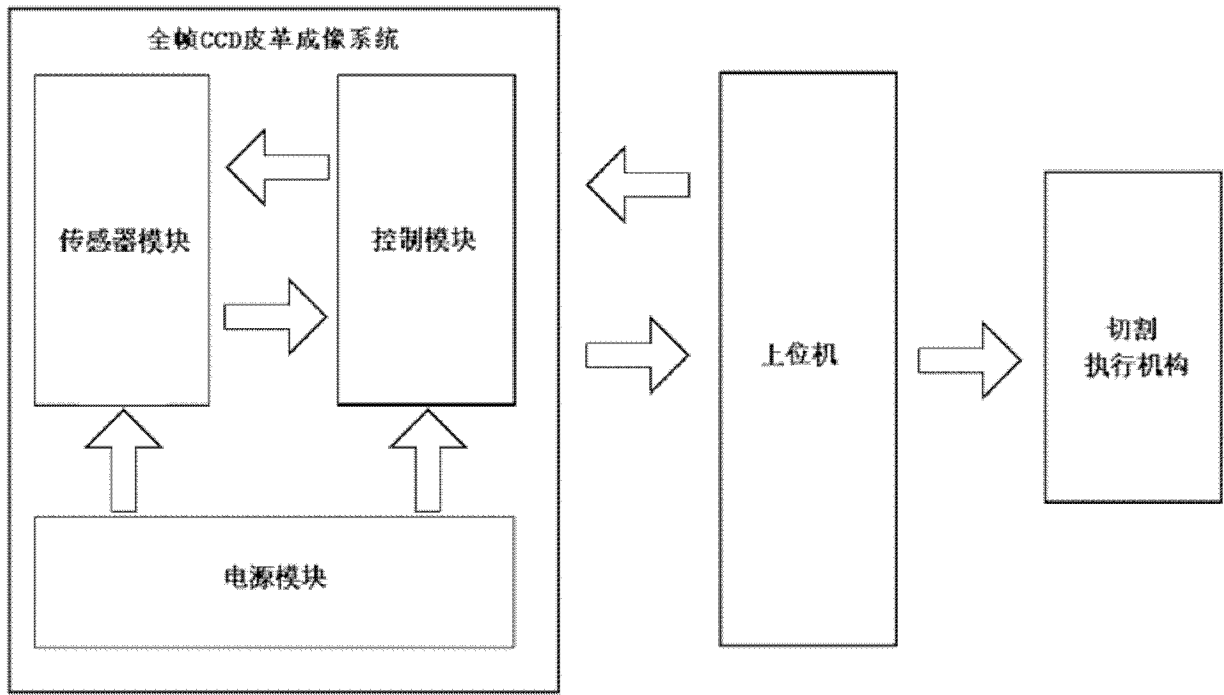


图 1

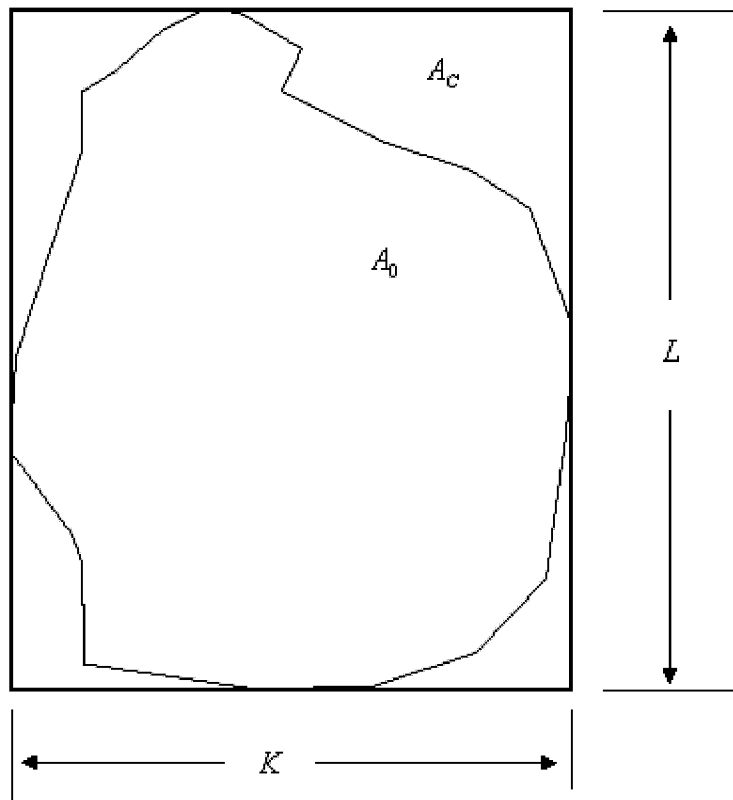


图 2

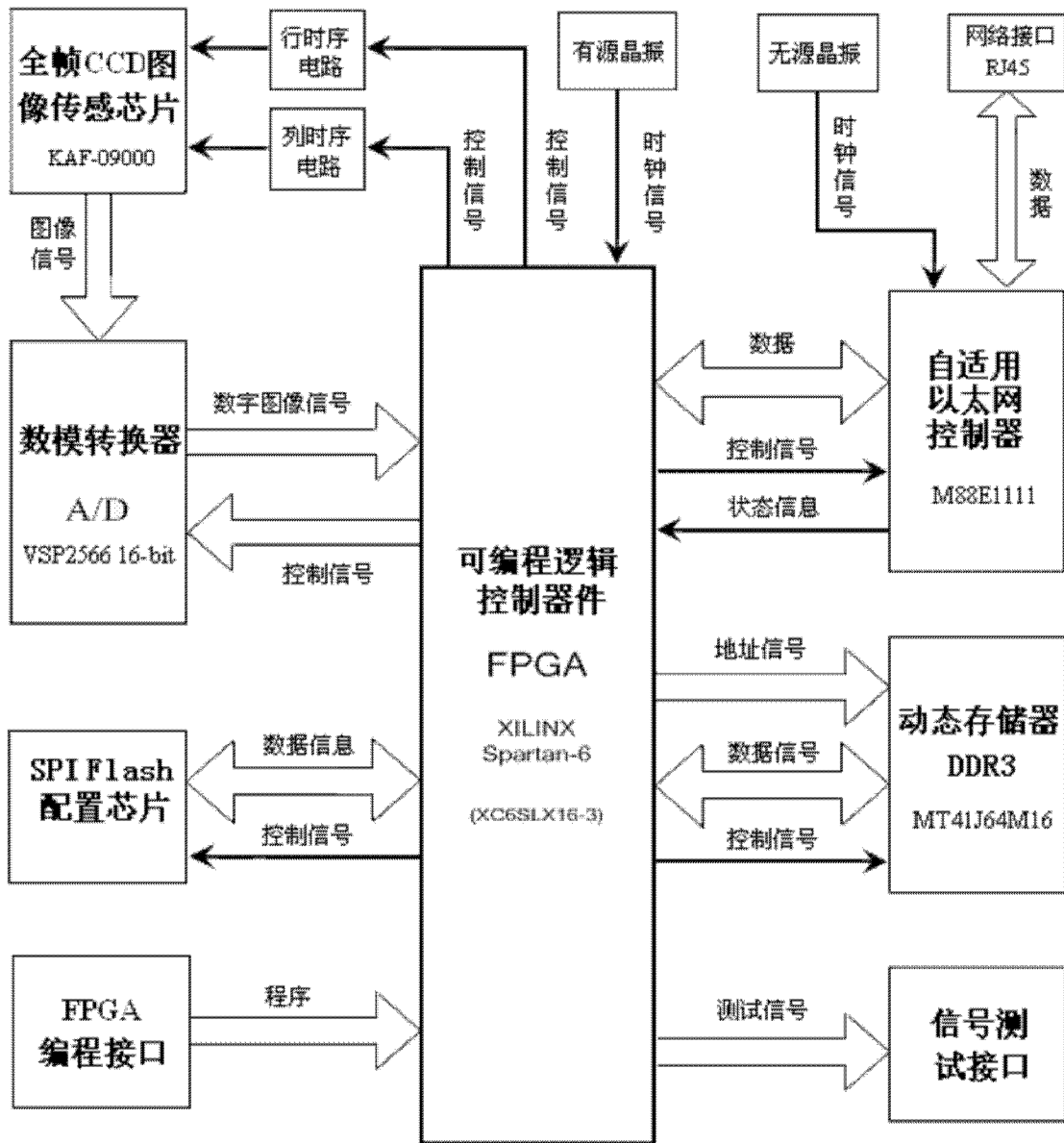


图 3

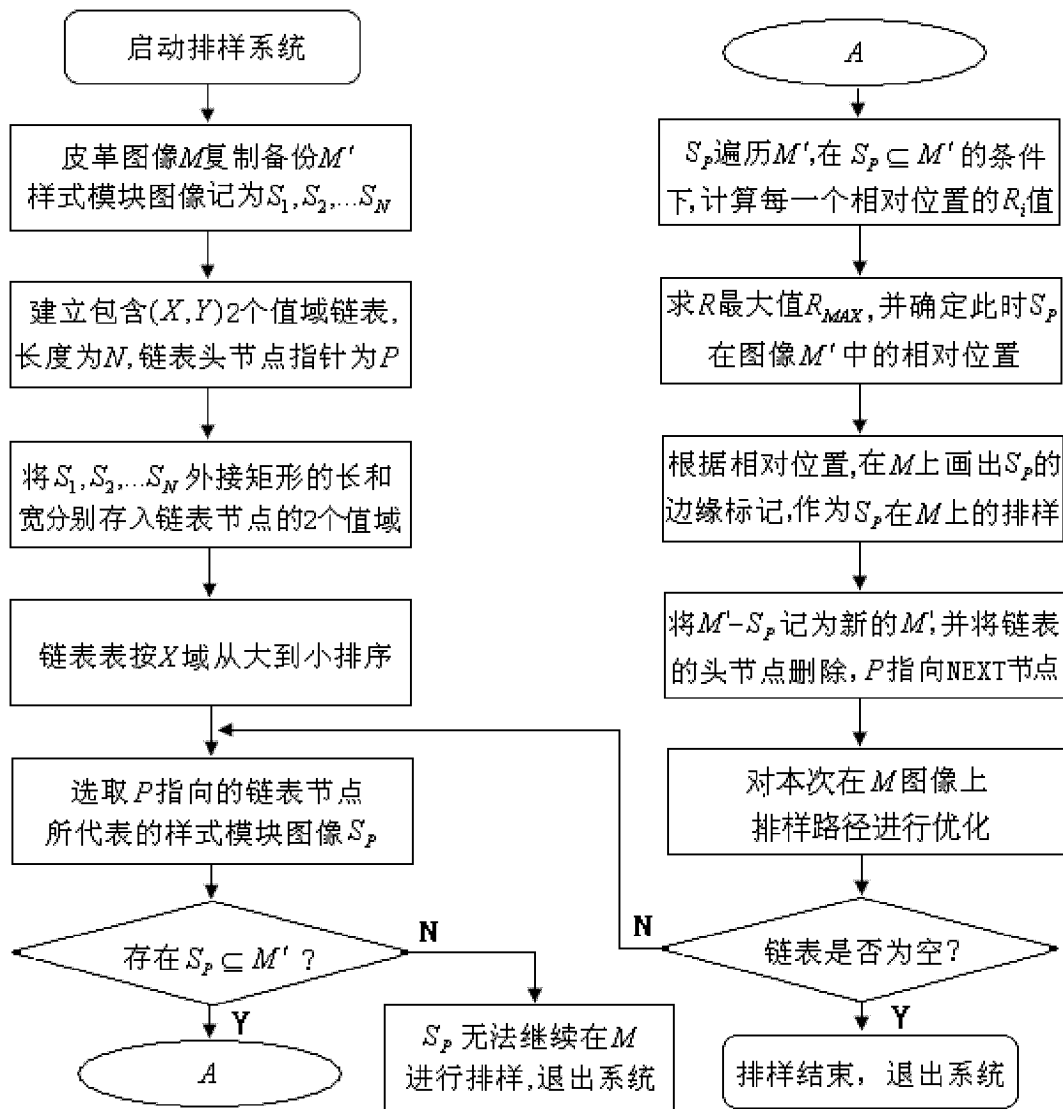


图 4

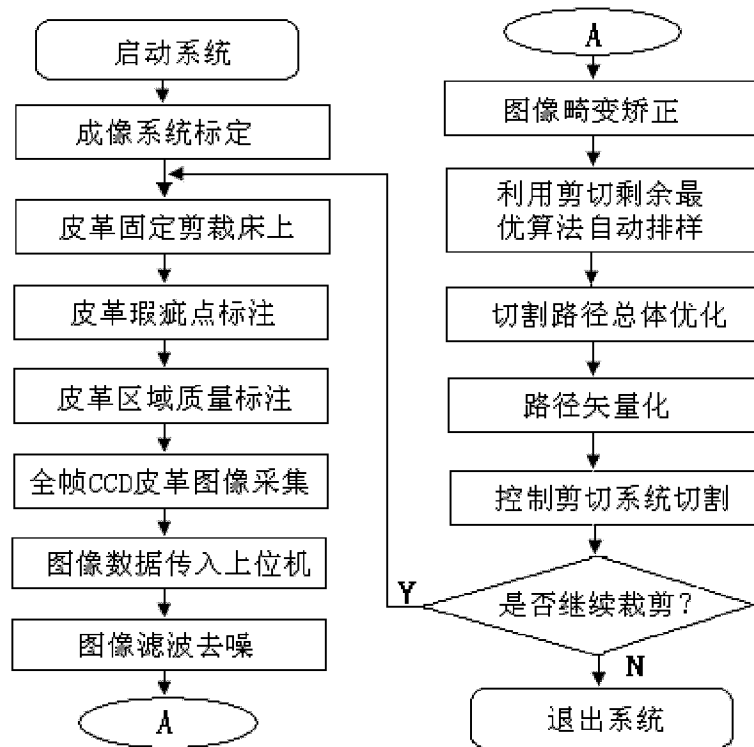


图 5