

[研究·设计]

DOI:10.3969/j.issn.1005-2895.2014.01.012

服饰图案的机器视觉自动寻边切割技术

高飞¹, 裘建新¹, 李健²

(1. 上海工程技术大学 服装学院, 上海 201620;
2. 上海市纺织科学研究院 纺织科技发展中心, 上海 200082)

摘要:设计了光学系统、机器视觉系统,与激光裁剪机本体构成服饰图案的机器视觉自动寻边切割系统。主要研究了利用数字图像处理技术,采用滤波、边缘检测和边缘跟踪等数字图像处理算法,对提取的图像进行处理,有效地提取前景与背景区分明显且轮廓连续的图案待切割目标的边缘信息,并对边缘信息进行矢量化处理,进而控制 SPIN1006 激光裁剪机,对被切割物体进行精确激光切割。该技术实现了对异形满版服饰图案的自动寻边切割。

关键词:服装加工设备;激光切割;自动寻边;机器视觉;服饰图案

中图分类号:TS941.56;TP29

文献标志码:A

文章编号:1005-2895(2014)01-0048-06

Technology for Automatically Cutting Patterns with Edge Extraction Via Machine Vision

GAO Fei¹, QIU Jianxin¹, LI Jian²

(1. Fashion College, Shanghai University of Engineering Science, Shanghai 201620, China;
2. Shanghai Textile Research Institute, Shanghai 200082, China)

Abstract: An automatic edge cutting machine vision system with clothing patterns was designed based on laser cutting machine body with optical system and machine vision system. Digital image processing technology, such as filtering, edge detection and edge tracking algorithms, was applied to process extracted images. It effectively obtained edge cutting information of cutting target which has continuous contour of patterns and can distinguish significantly the foreground from background. Vectorization process was also done to marginal information, and thus controlled the laser cutting equipment SPIN1006 to precisely cut the pattern target. This technology can achieve the automatic boundary cutting of the full version of Alien costumes' pattern.

Key words: garment processing equipment; laser cutting; automatical edge extraction; machine vision; dress patterns

服饰材料各异,形式多种多样,图案丰富多彩。目前,服饰图案的工业化生产,主要还是依靠手工裁剪已经制造好的服饰图案来实现的。为了提高满版异形服饰图案的裁割生产效率及其切割质量,节省劳动力,迫切需要开发服饰图案自动切割技术及其装备。为了解决这个生产实际难题,文章将机器视觉、计算机数字图像处理与激光加工技术结合起来,形成服装 CAM 新技术。它具有高效智能、加工方便的特点。不仅在服装加工制造业,而且在其他各类材料加工中,都有广泛的

产业应用前景和技术指导意义。

1 服饰图案的机器视觉自动寻边切割系统

基于机器视觉的服饰图案自动寻边切割技术的具体实现方法是:利用 CCD 机器视觉系统采集图像,然后利用数字图像处理技术提取寻边切割参数,继而控制切割设备实现自动寻边切割。对激光切割机的控制是由计算机向其传递连续的切割点的坐标值来实现走刀的。图 1 为装有机器视觉系统的激光切割设备 SPIN1006。图 2 为光学与机器视觉成像系统。

收稿日期:2013-05-23;修回日期:2013-06-27

基金项目:上海市科学技术委员会科研课题基金(11510501600);上海纺织控股(集团)公司技术创新项目基金(2012-X-11)

作者简介:高飞(1987),男,山东临沂人,硕士研究生,主要研究方向为服装数字化制造。通讯作者:裘建新, E-mail: jxqiu1231@126.com



图1 服饰图案自动切割设备
Figure 1 Equipment for automatically cutting the dress patterns

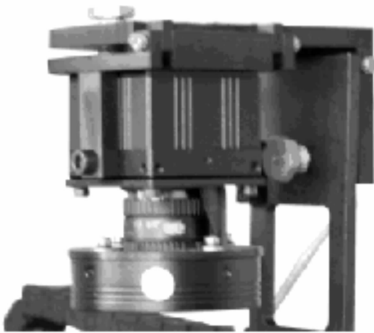


图2 光学与机器视觉成像系统
Figure 2 Optical and machine vision system

自动寻边切割硬件系统分为2大部分:寻边切割参数获取部分和寻边切割执行部分。寻边切割参数的获取主要依靠光学系统、CCD 传感器、图像采集卡和计算机组成的机器视觉系统完成,寻边切割的执行系统主要由控制卡、执行部件、激光器、风冷系统等组成。其结构如图3所示。

自动寻边切割无需预先输入切割参数,而是由机器视觉自动获取工作对象的图像,然后通过数字图像处理技术检测并跟踪物体的边缘信息,并转换成矢量图形,传输给控制卡以控制执行机构,引导激光头进行切割。

2 服饰图案的机器视觉自动寻边算法

针对服饰图案的图像特征,采用滤波、边缘检测和边缘跟踪、被剪切物体定位(包括重心定位与轮廓定位)等数字图像处理算法,对摄取的图像进行处理,从而准确和有效地获取物体的边缘信息。然后对边缘信息进行矢量化处理,进而供控制系统实现对被切割图案的精确切割。

以服饰图案“海宝”(上海世博会会徽)图像处理

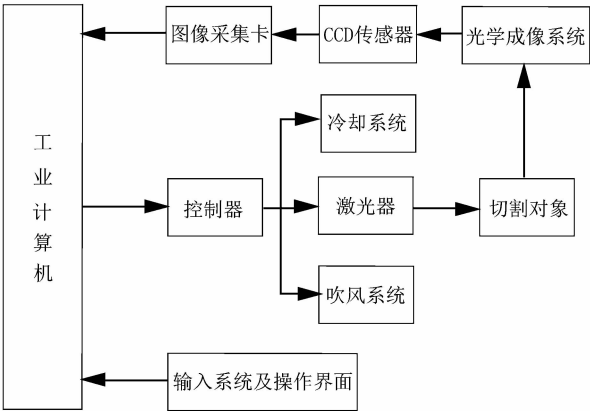


图3 自动寻边激光切割系统结构图
Figure 3 Structure diagram of the laser cutting system with automatic boundary detection

为例,所涉及的主要算法有:①目标图像的预处理方法。通过设计不同的数字图像滤波器,对图像进行预处理,减低图像噪声对图像边缘的影响,增强目标图像的边缘信息,提高检测跟踪算法的精确度^[1]。②目标图像的边缘检测算法,能根据要求检测出图像的边缘信息。③由于切割是沿某一边缘某一个点开始的,因此需要研究有效的跟踪算法,对其检测的边缘进行跟踪,为激光切割提供精确的切割轨迹信息。④对图像的轨迹信息进行矢量化存储,驱动激光切割头按照精确的切割轨迹信息走刀。

2.1 中值滤波算法

图像中的噪声是指那些已经引起图像信息失真和变形的嘈杂信息,视觉成像系统得到一幅图像后通常首先要进行滤波预处理以消除这样的噪声^[2]。图4所示为含有脉冲噪声干扰的海宝图案。

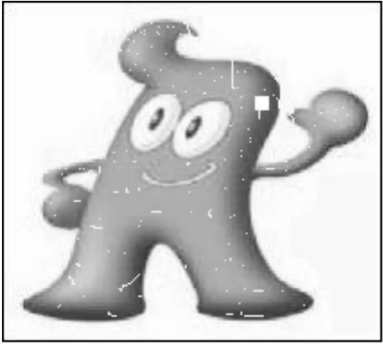


图4 有脉冲噪声干扰的海宝图案
Figure 4 Haibao pattern with the impulse noise interference

中值滤波^[3]作为一种主要用来抑制脉冲噪声的

典型非线性低通滤波器,能在较好地保护目标图像边缘同时,彻底滤除干扰性尖波噪声。传统的中值滤波一般采用含有奇数个像素点的滑动窗口,用窗口中各像素点灰度值的中值来替代指定点的灰度值^[4-5]。针对 3×3 窗口类型的中值滤波,文中尝试采用一种比较快速的并行中值滤波方法以提高滤波速度。图5所示为 3×3 窗口内的各像素排列情况^[6]。

	第0列	第1列	第2列
第0行	P_0	P_1	P_2
第1行	P_3	P_4	P_5
第2行	P_6	P_7	P_8

图5 3×3 窗口内像素排列

Figure 5 3×3 pixel arrangement window

对窗口内的每一列分别计算最大值、中值与最小值,得到:最大值组为 $\text{Max0} = \max[P_0, P_3, P_6]$, $\text{Max1} = \max[P_1, P_4, P_7]$, $\text{Max2} = \max[P_2, P_5, P_8]$;中值组为 $\text{Med0} = \text{med}[P_0, P_3, P_6]$, $\text{Med1} = \text{med}[P_1, P_4, P_7]$, $\text{Med2} = \text{med}[P_2, P_5, P_8]$;最小值组为 $\text{Min0} = \text{Min}[P_0, P_3, P_6]$, $\text{Min1} = \text{Min}[P_1, P_4, P_7]$, $\text{Min2} = \text{max}[P_2, P_5, P_8]$ 。

最大值组中的最大值与最小值组中的最小值必定是9个元素中的最大值和最小值,绝无可能为中值;再对余下7个像素进行比较,中值组中的最大值至少应该大于5个像素,中值组中的最小值至少也应该小于5个像素,所以也不可能为中值;再对余下5个像素进行比较,最大值组中的中值至少大于5个像素,最小值组中的中值至少小于5个像素,两个都不可能为中值;最后剩下3个像素,分别为最大值组的最小值 MaxMin ,中值组的中值 MedMed 和最小值组的最大值 MinMax ;找出这3个值中的中值即为9个像素的中值。对图4所示图案进行4次上述中值滤波后的降噪效果如图6所示。

2.2 阈值分割算法

在图像中不同区域,其边界上一般具有不连续性的灰度,即灰度的阶跃变化形成了区域边界^[7]。所以采用能够发现相邻像素颜色或灰度突变的像素的算法,利用各个像素点的灰度不连续性来进行图像景物分割。根据图像灰度值的变化将图像分割为背景与物体的一类重要方法就是阈值分割方法。其核心是阈值的选取问题。根据选取阈值方法的不同,图像分割算

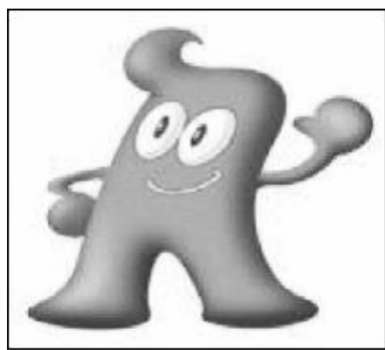


图6 4次中值滤波降噪后的边缘轮廓效果

Figure 6 Effect of noise reduction after four times median filtering on the pattern

法主要有直方图阈值法,迭代法和大津法^[8]。针对图案清晰明了、前景目标物与背景能很好地区分开来的海宝服饰图案,选择灰度直方图阈值法。

直方图阈值法的阈值可以通过分析图像的灰度直方图来确定^[9-11]。一般而言每张图片都可以生成颜色分布的直方图(color histogram),图7为halcon图像处理软件得到的服饰图案海宝的灰度直方图展示。

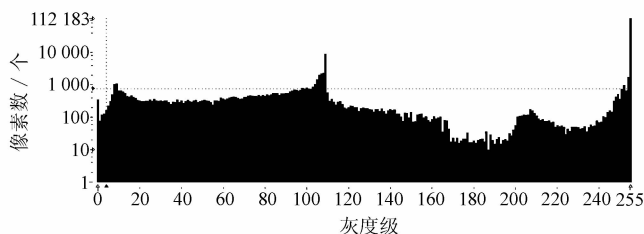


图7 海宝图案的灰度直方图

Figure 7 Color (also single-chrome) histogram of Haibao

对于一幅可以明确区分为只含前景和背景两部分的图像,其灰度直方图将出现明显的双峰值,可直接选取双峰之间谷底的灰度值 T 为设定阈值,实施图像分割。但这只是一种理想少见的情况。通常一幅图像的灰度直方图可能会呈现多峰值。此时可依次取各个峰谷处的灰度值为阈值,用来对图像进行分割。图8为灰度直方图。当有3个峰值时,依据多峰值阈值选择法,选取2个峰谷处的灰度值 T_1, T_2 作为分割阈值,然后利用像素灰度函数式(1)或式(2)^{[4]38}进行图像二值化阈值分割。式中, i, j 分别表示像素点的横、纵坐标值。

$$\begin{cases} f(i, j) = 0, T_1 \leq f(i, j) \leq T_2 \\ 255, \text{其他} \end{cases} \quad (1)$$

$$\begin{cases} f(i, j) = 255, T_1 \leq f(i, j) \leq T_2 \\ 0, \text{其他} \end{cases} \quad (2)$$

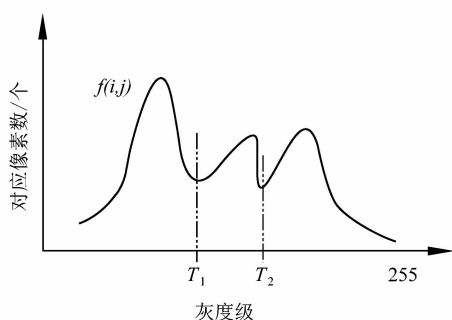


图8 多峰值灰度级直方图

Figure 8 Three-peaks gray level histogram

对图7所示的海宝图案灰度级直方图,根据式(1)采用阈值为 $T_1 = 174$, $T_2 = 232$ 。图9为图案海宝阈值分割后的二值图。



图9 阈值分割后的海宝图案二值图

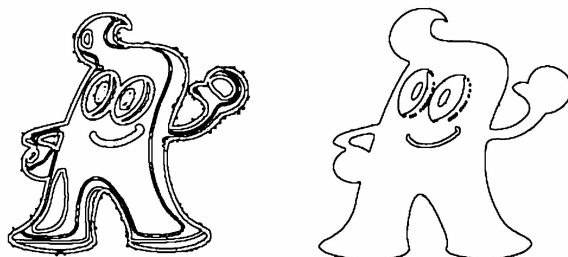
Figure 9 Binary image of pattern Haibao by thresholding segmentation

2.3 边缘检测算法

完成以上两步骤的算法后进行图像边缘检测。边缘检测是所有基于边界分割方法的最基本的处理步骤。诸如灰度值、颜色和纹理的突变等,图像局部特性不连续(或突变)的结果就是形成图像最基本的特征——边缘。边缘检测方法是利用图像一阶导数的极值或二阶导数的过零点来判断的。

经典的边缘检测方法是构造对图像灰度阶跃变化敏感的差分算子来进行图像分割,需要对原始图像中像素的某个小邻域来构造边缘检测算子。目前应用较多的是基于微分的边缘检测算法,其中梯度算子是重要的一个检测算法。由于在图像灰度值变化比较大的地方就是边缘检测发生的地方,从连续情况这一角度看就是指函数梯度较大的地方,所以研究较好的求导算子就成为这种检测方法的关键。属于这种微分的边缘检测方法的经典算子有 Robert 算子、Sobel 算子、Prewitt 算子、Laplacian 算子、LOG 算子及 Canny 算子等^[12]。在这些常用的边缘检测的算子中,各自有其缺陷和局限性,如 Laplacian^[13] 算子常常会产生双边界;

而其他一些算子如 Sobel 算子又往往会形成不闭合区域。故在实际的运用中,还需对所使用的算法进行一些改造和优化。图10所示为 Gauss - Laplace 边缘检测算子处理效果与组合运用 Gauss - Laplace 边缘检测腐蚀算子^[14]的处理效果对比情况。



(a) 边缘检测算子处理后图像

(b) 组合腐蚀算子后获得的图像

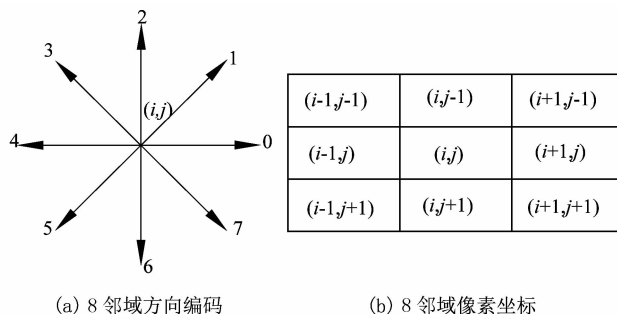
图10 Gauss-Laplace 边缘检测算子与组合腐蚀算子提取的边缘效果对比

Figure 10 Contrast of the edge extraction effect by Gauss-Laplace operator and subsequent combination of corrosion separately

2.4 边缘轮廓跟踪

边缘跟踪是紧接着边缘检测之后的步骤。在经过图形分割、形态学腐蚀等处理之后得到的是二值图,因此需要研究二值图像轮廓跟踪的算法以保存为后续编制矢量走刀路径的边界像素点的坐标。

文中解决实际问题所使用的边缘跟踪算法是改进的八邻域搜索算法^[15-16],其运算原理如下:假设图像里的当前点 (i,j) 是一个边缘点,则下一边界点必定是在该点 (i,j) 的8个相邻像素组成的邻域内。与 (i,j) 相邻的8个像素的位置编码及其像素坐标如图11所示^[17-19]。



(a) 8邻域方向编码

(b) 8邻域像素坐标

图11 8邻域像素位置编码与坐标图

Figure 11 Positions and encodes about eight neighboring pixels

8邻域的起始搜索位置搜索准则:假定当前点 (i,j) 在其前一边界点的8邻域内的位置编码记为 n ,则其

搜索下一边界点的起始位置 n 按式(3)取值。

$$\begin{cases} n = n + 5; n = 0, 1, 2 \text{ 时} \\ n = n + 5 - 8; 3 \leq n \leq 7 \end{cases} \quad (3)$$

程序在找到第1个边界点 P_0 后,参照上述搜索准则,沿逆时针方向依次搜查当前边界点的8邻域内的各像素。当判定邻域内首次出现 $f(i,j) = 0$ 的像素点时,该像素点被认定为下一个边界点 P_1 ,然后以这个新边界点开始,按搜索准则搜索再一个新边界点。具体8邻域搜索的边界跟踪算法按图12所示流程进行。

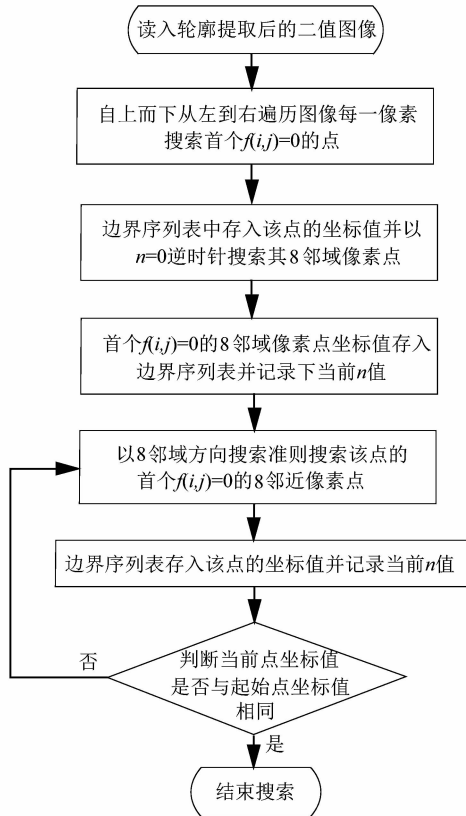


图12 8邻域搜索的边界跟踪算法

Figure 12 8 connected boundary tracking algorithm

2.5 目标轮廓的矢量存储

在课题的研究中利用了1个二维数组作为物体边缘轮廓坐标的存储数据结构。通过从上面图像轮廓的跟踪算法中对边缘点坐标值的保存,可以把图像的边缘信息转化为数字信息,然后经由控制器直接向步进电机发出脉冲指令引导平面矢量运动走刀切割。

针对在激光切割机的加工过程中遇到待加工材料的边缘有呈现线性有规则变化的矢量点集,如图13所示线条中间部分从点 $a(x_0, y_0)$ 一直到点 $i(x_1, y_1)$ 是呈现线性变化的,而点 a 的前段以及点 i 的后段则都不是线性变化的。

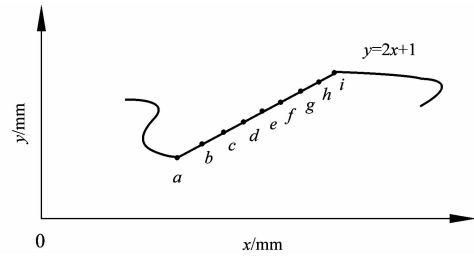


图13 轮廓线示例

Figure 13 Contour example

所以考虑在处理过程中通过计算机对提取的矢量坐标进行线性计算,其斜率公式如下

$$K = \frac{y_1 - y_0}{x_1 - x_0}$$

对图像中所有的坐标逐一用斜率计算公式进行线性拟合,根据不同的精度要求设定不同的相对误差,然后把符合要求的点记录下来,留下这一系列线性变化坐标阵列的始点和终点,去除存储空间中的那些坐标点,最后把这两点的坐标直接传递给激光切割机进行连续的直线切割,从而既可以省时又同时提高了切割的质量。

当仅需要切割服饰图案外轮廓时,选择边界序列表最长的那组即对应图案最外圈大轮廓上的点的序列表数组作为原始控制输入数据,生成矢量轨迹线。

3 实验及其结论

该课题采用 VC++6.0(编程软件)编制软件平台,利用机器视觉系统直接采集待加工的服饰材料图像信息并对其进行边缘跟踪,提取边缘轮廓,并将轮廓边界序列表数组内的数据作为矢量坐标传给激光切割机控制器。图14所示为激光切割机作平面预定矢量控制运动的服饰图案切割实验场景图。

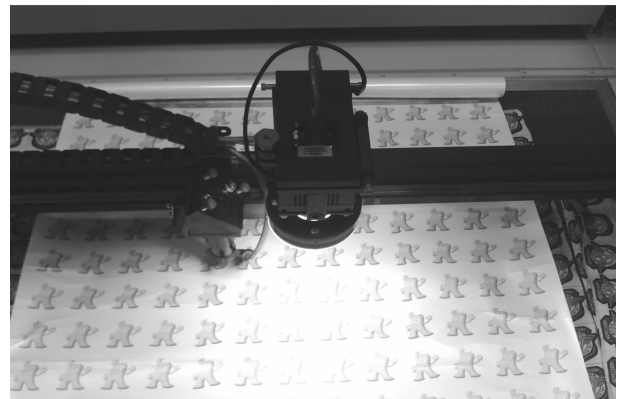


图14 设备自动切割服饰图案场景

Figure 14 Scenes of automatic cutting dress patterns

实验证明,所开发的设备能够对图案清晰、轮廓不存在断裂、且前景目标物与背景能很好地区分开来的服饰图案进行自动寻边切割。切割效果如图 15 所示。

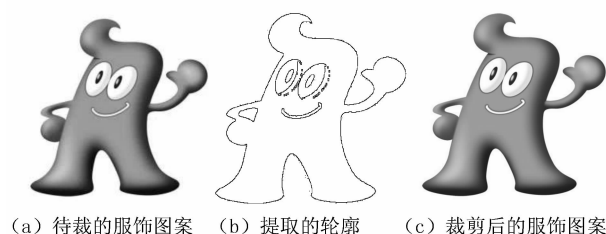


图 15 服饰图案寻边切割效果

Figure 15 Cutting effect of the edge cutting system

参考文献:

- [1] 章毓晋. 图像处理和分折教程[M]. 北京:人民邮电出版社,2009.
- [2] STEGER C, ULRICH M, WIEDEMANN C. Machine vision algorithms and application[M]. Hoboken, New Jersey: Wiley,2008.
- [3] WANG Xin. On the max/median filter[J]. IEEE Transactions on Acoustics Speech and Signal Processing,1990,38(8):1473-1475.
- [4] 杨娜,张斌. 基于图像处理技术的织物组织自动识别[J]. 山东纺织科技,2006(1):37-39.
- [5] 韩亚伟. 动态场景监控系统中人数统计算法的研究[D]. 济南:山东大学,2010.
- [6] 张淑娴. 基于高分辨率数字相机的 X 射线图像实时处理技术研究[D]. 太原:中北大学,2009.
- [7] 杨波. 三维人脸检测[D]. 北京:中国地质大学,2010.
- [8] 陈宁宁. 几种图像阈值分割算法的实现与比较[J]. 电脑知识与技术,2011,7(13):3109-3111.
- [9] 李卓,韩立新. 快速图像处理中阈值选取方法的比较研究[J]. 计算机信息,2006,22(7):224-226.
- [10] CHENG H D, CHEN Y H, JIANG X H. Thresholding using two-dimensional histogram and fuzzy entropy principle[J]. IEEE Transaction on Image Processing,2000,9(4):732-735.
- [11] 钟球盛,李静蓉,胡广华. 用于光学薄膜缺陷检测的快速图像分割算法[J]. 机电工程,2011,28(10):1170-1175.
- [12] 朱红高. 图像边缘检测技术研究现状[J]. 制造业自动化,2010,32(1):45-47.
- [13] TALLURI R, AGGARWAL J K. Mobile robot self-location using model image feature correspondence[J]. IEEE Transactions on Robotics and Automation,1996,12(1):63-77.
- [14] 尹星云,王峻. 基于改进的彩色图像形态学膨胀和腐蚀算子设计[J]. 计算机工程与应用,2008,44(14):172-174.
- [15] 李云,鲍苏苏. 二值图像中物体区域的选定及外边缘跟踪技术[J]. 华南师范大学学报:自然科学版,2000(3):28.
- [16] 鲍苏苏. 外边界跟踪算法在医学断面图像的应用研究[J]. 计算机工程与应用,2003(24):54-55.
- [17] 李云,胡学龙. 二值图像中标定目标区域的几何特征提取[J]. 计算机技术与发展,2000(5):55-57.
- [18] 熊玉. 基于地图代数的距离变换对二值图像的边缘跟踪[J]. 红外,2005(7):26-30.
- [19] 梁楠,郭雷,于勇. 基于极小惯量的灰度图像对称轴检测方法[J]. 微处理机,2009(6):62-64.
- [20] 优化算法及其在阵列天线方向图综合中的应用[J]. 电子学报,2004,32(12):1997-2000.
- [21] 曹爱华,李万春,李立萍. 基于差分进化与遗传算法的多普勒外辐射源定位算法研究[J]. 信号处理,2009,25(10):1644-1648.
- [22] LIN W Y. A GA-DE hybrid evolutionary algorithm for path synthesis of four-bar linkage[J]. Mechanism and Machine Theory, 2010,45(8):1096-1107.
- [23] 王小平,曹立明. 遗传算法:理论、应用及软件实现[M]. 西安:西安交通大学出版社,2002.
- [24] 郝博,卢有文,聂义勇. 遗传算法在机械方案设计中的应用研究[J]. 机械设计与制造,1998(1):21-22.
- [25] 王兴宇,乔欣. 基于 ADAMS 的冲床主机参数化分析研究[J]. 轻工机械,2012,30(6):32-35.
- [26] 张彦立,王广庆,李曼. 基于 VB 和 ANSYS 的风机塔筒参数化建模与分析[J]. 机电工程,2012,29(2):174-176.
- [27] 秦锋,阮竟兰. 基于 SolidWorks 胶辊磨谷机主要零件的参数化设计[J]. 包装与食品机械,2012,30(1):62-64.
- [28] 李长林,白乔,项辉宇,等. Pro/E 参数化技术在食品机械通用零部件设计中的应用[J]. 包装与食品机械,2011,29(6):63-65.
- [29] 朱坤,纪爱敏. 液压挖掘机动臂的参数化建模研究[J]. 机电工程,2012,29(7):785-789.
- [30] CABRERA J A, SIMON A, PRADO M. Optimal synthesis of mechanisms with genetic algorithms[J]. Mechanism and Machine Theory,2002,37(10):1165-1177.
- [31] SHIAKOLAS P S, KOLADIYA D, KEBRLE J. On the optimum synthesis of six-bar linkages using differential evolution and the geometric centroid of precision positions technique[J]. Mechanism and Machine Theory,2005,40(3):319-335.
- [32] 范瑜,金荣洪,耿军平,等. 基于差分进化算法和遗传算法的混合

(上接第 47 页)

5 结语

提出一种可以实现高速冲床动平衡的新传动机构,针对优化算法出现的问题,提出一种遗传算法与差分进化相结合的混合算法,建立简化机构的优化模型。最后利用混合算法对简化机构进行了优化,得出冲压滑块优化前后的运动学曲线对比图,从图中可以看出,优化后的机构具有更好的运动学输出特性,证明该算法既可保证优化效果,又可提高优化效率,利用进化算法来进行机构优化设计无疑是未来机械程的一大发展方向。

参考文献: