

DOI: 10.19333/j.mfkj.2018020190807

含疵服装样片的提取与匹配算法研究

尚会超 靳 玮

(中原工学院 机电学院 河南 郑州 451100)

摘要: 为了提高服装加工过程中验布环节的自动化程度,结合服装自动打版软件 DOCAD 和拓扑学原理,找出服装样片中疵点标识和样片的拓扑关系,并对疵点标识和样片的关系进行分析和归类总结,分别建立疵点标识与样片的拓扑关系交集矩阵模型,以该模型为匹配模板研究疵点标识与样片的匹配算法。以牛仔布为实验对象,构建模拟铺布系统和验布系统的实验台,通过图像采集分析处理流程,结合机器视觉软件算法,实现验布环节疵点标识与服装样片的匹配,从而定位含疵样片并提取。实验表明,该方法可以实现服装加工验布环节中疵点标识与样片的匹配定位。

关键词: 服装样片; 拓扑学; 自动化; 匹配定位
中图分类号: TS 101.8 **文献标志码:** A

Research on algorithm of sample extraction and matching with defects

SHANG Huichao, JIN Wei

(College of Mechanical and Electrical Engineering Zhongyuan University of Technology,
Zhengzhou, Henan 451100, China)

Abstract: In order to improve the automation of cloth inspection in the process of garment processing, by combining with the automatic pattern making software DOCAD and topology principle, the relationship between the defect mark and the topology of the garment sample was finds out, the relationship between defect mark and sample was analyzed and summarized, and the intersection matrix model of topological relationship between defect mark and sample was established. The model was used as the matching template to study the matching algorithm between defects mark and sample pieces. The denim used in enterprises was set as the experimental object, the experimental platform of simulation cloth laying system and cloth inspection system was constructed. Through the flow of image collection, analysis and processing, etc., the defect mark of fabric inspection and clothing sample was realized by combining with the algorithm of machine vision software. It was proved by experiments that the method can realize the matching of defect mark and sample in fabric inspection in garment processing.

Keywords: fashion plate; topology; automation; matching location

布料进入服装厂后首先要经过外观质量的检验,并在疵点部位进行分类标识^[1]。服装打版就是把服装设计图做出样板,也就是服装样片,该流程通常由服装 CAD 软件来完成,采用 DOCAD 服装自动打版排料软件进行排料。自动排料^[2]就是将服装打版出来的样片按照自动铺布机上铺好的布匹尺寸

范围进行自动排布,再用手动裁剪或自动剪裁系统将面料裁剪成样片成品。

传统纺织品的表面质量检测主要集中在布匹在线检测和验布环节,因此提出将拓扑关系应用到布匹检测中^[3],在布匹铺展过程中为布匹上的疵点标识与样片建立拓扑交集模型,并与自动排料、自动裁剪等工艺流程结合^[2],提出一种疵点标识与样片的匹配算法,实现铺布过程中疵点标识与样片的关系自动匹配定位与含疵样片的提取更换^[4]。

收稿日期: 2018-02-27

基金项目: 河南省科技攻关项目(142102210085; 142102210524)

第一作者简介: 尚会超,副教授,博士,主要研究方向为机电测控、机器视觉及应用。E-mail: sh_hc@126.com。

1 含疵样片匹配算法流程

服装生产的基本工艺流程包括布料进厂检验、打版、排料、剪裁、缝制、成衣检验、包装入库等一系列工序^[2]，与研究相关的工序主要是前面4个。提出的算法如下：首先通过自动验布系统及DOCAD软件分析，在自动铺布环节找出疵点标识的位置坐标信息以及所在层数，通过建立的疵点标识与样片的拓扑关系交集模型判断疵点标识与样片的关系。通过疵点标识坐标分析、样片与疵点标识拓扑关系匹配算法，确定疵点标识所在样片，并将含有疵点的样片提取出来，与样片库中标准样片进行比对，确定含疵样片种类及编号并替换成合格样片。这里疵点标识与含疵样片交集模型的建立是定位含疵样片算法的组成部分^[5]，另外通过图像采集处理系统得到的疵点标识序号、坐标、类型等参数和DOCAD排料软件得到的样片信息，这3部分结合起来得出疵点与样片的匹配算法如图1所示，从而定位含疵样片

并对其进行更替。

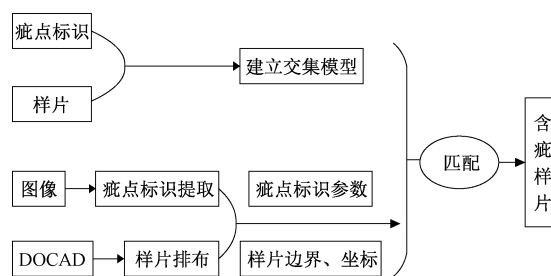


图1 含疵样片匹配算法流程图

2 研究对象

2.1 待检测疵点的分类及标识方法

本文研究的验布环节是在布料进厂检验之后的铺布过程。在布料进厂检验时已经初步对检测到的疵点用划线笔进行标识。常见的疵点主要有块状(点状)、线状(带条状、线状)等，疵点标识通常采用长方形、圆形、一字形等符号来标记，见图2。本文的研究对象就是疵点标识。

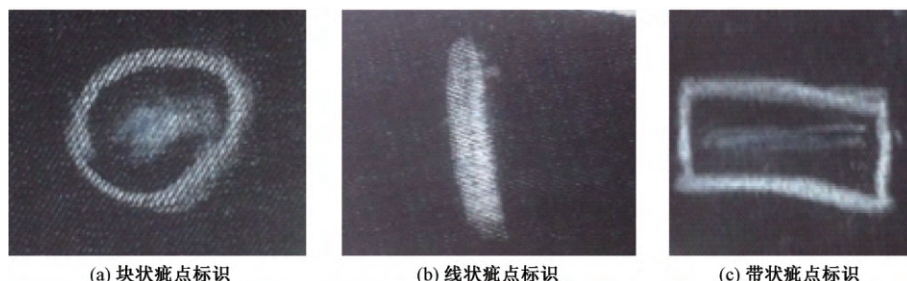


图2 常见的疵点标识

2.2 常见样片种类及形状结构

样片种类有很多，以DOCAD服装自动排料系统生成的样片为例，可将样片典型化为凹形区域、凸形区域，讨论其与疵点标识的拓扑关系^[3]。研究中假设样片是凹形、凸形区域，疵点标识是简单区域，基本定义有以下几个^[6-7]，其基本定义示例见图3、4。

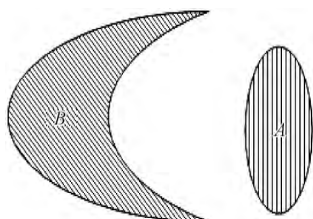


图3 凹形区域B和凸形区域A

定义1: 假设平面区域A中的任意2点的连线上的任一点总在区域A中，那么称A为凸形区域(图3中A)。

定义2: 假设平面区域B中的任意2点的连线上存在任一点不在区域B中，那么称B为凹形区域(图3中B)。

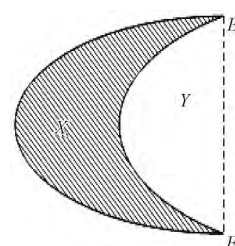


图4 凹形区域X的边界

定义3: 平面内包围区域的线称为区域的边界(图3中凹形区域的边界)。

定义4: 凸形区域A以外的部分称为A的余，凹形区域B以外的部分称为B的余。

3 拓扑关系的建立

拓扑关系、顺序关系、度量关系是拓扑学中主要的3类空间关系。拓扑关系体现了空间对象的一种不依赖于几何形变的内在联系^[8]。无论空间对象多么复杂，都可以抽象为以下几类：点对象、线对象、面对象。RCC模型、四交模型、四交模型^[7]都是确定空间对象的拓扑关系模型的典型^[9]。本文所

研究的疵点标识和样片都是确定的空间对象,因此,可以用确定空间对象的拓扑关系模型来研究二者之间的拓扑关系以及度量关系,含疵样片与疵点标识间的拓扑关系以及度量关系如图5所示。

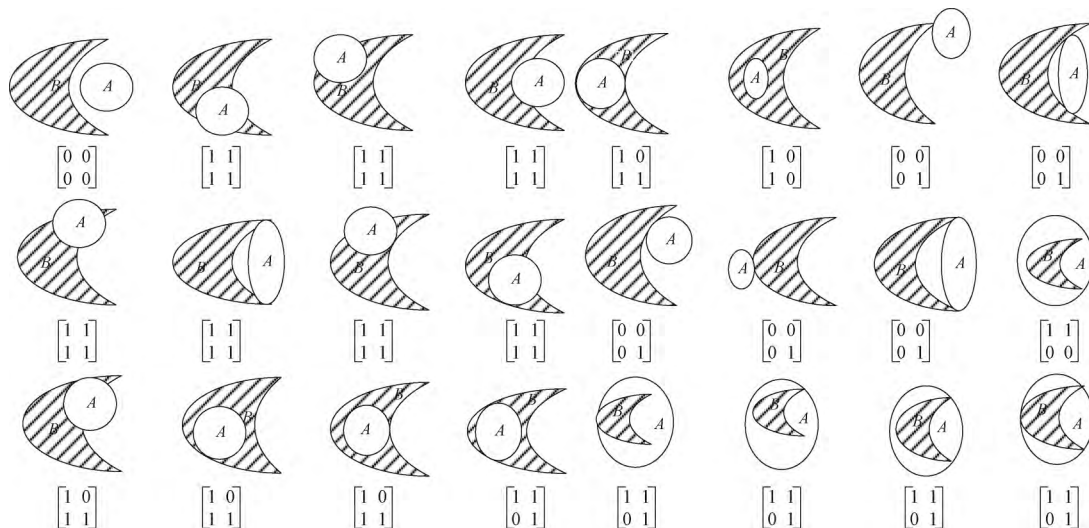
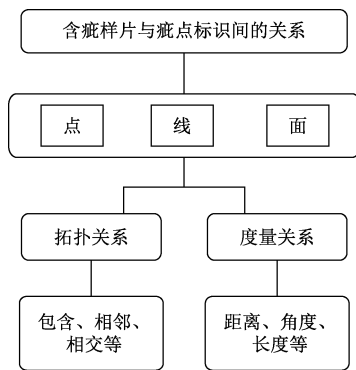


图6 凹形样片与块状疵点标识的交集矩阵模型

用矩阵的形式方便描述,九交模型矩阵式见式

(1) 由于 $R(A, B)$ 的9个元素每一个都有空与非空2种情况,在理论上可产生512种不同的空间关系。

$$R(A, B) = \begin{bmatrix} M1 = Z(A) \cap Z(B) \\ M2 = Z(A) \cap C(B) \\ M3 = Z(A) \cap Y(B) \\ M4 = C(A) \cap Z(B) \\ M5 = C(A) \cap C(B) \\ M6 = C(A) \cap Y(B) \\ M7 = Y(A) \cap Z(B) \\ M8 = Y(A) \cap C(B) \\ M9 = Y(A) \cap Y(B) \end{bmatrix} \quad (1)$$

如疵点标识没有落在样片上,即 A, B 相互分离的情况,用矩阵可表示为:

$$R(A, B) = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \quad (2)$$

4 交集矩阵模型的建立

4.1 块型疵点交集模型的建立

4.1.1 凹形区域样片块型疵点

下面研究一个凹形区域(样片)和一个简单区域(疵点标识)的拓扑关系,见图6。

设凹形区域为 B , 简单区域为 A , 区域的内部用 $Z(A)$ 、 $Z(B)$ 表示, 区域的边界用 $C(A)$ 、 $C(B)$ 表示, 区域的余用 $Y(A)$ 、 $Y(B)$ 表示, 2个区域的内部、边界、余两两组合求交集形成了9种交集, 如表1所示, 即构成了拓扑关系描述的九交模型^[10]。

表1 九交模型组成元素

$Z(A) \cap Z(B)$	$Z(A) \cap C(B)$	$Z(A) \cap Y(B)$
$C(A) \cap Z(B)$	$C(A) \cap C(B)$	$C(A) \cap Y(B)$
$Y(A) \cap Z(B)$	$Y(A) \cap C(B)$	$Y(A) \cap Y(B)$

通过推导得出实际情况中判断疵点标识与样片的关系,即判断疵点是否与样片有交集,主要是看 $M1, M2, M4, M5$ 是否为空,都为空说明该样片不是含疵样片,若 $M1, M2, M4, M5$ 任意一个非空,则说明该样片是含疵样片需要提取,因此令:

$$Q(A, B) = \begin{bmatrix} M1 = Z(A) \cap Z(B) \\ M2 = Z(A) \cap C(B) \\ M4 = C(A) \cap Z(B) \\ M5 = C(A) \cap C(B) \end{bmatrix} \quad (3)$$

由此可知,理论上 $Q(A, B)$ 共有 $2^4 = 16$ 种情况,但在实际中每一个拓扑关系矩阵可能有多种情形,如2个面边界相交可能是点相交或者线相交,拓扑关系不同而用矩阵表示却是相同的,所以含疵样片交集矩阵模型的主要特点是^[11]:一种拓扑关系对应唯一的交集模型矩阵,而一个交集模型矩阵可能对应多种不同的实际相交情况。

再根据实际情况排除一些不具实际意义的情

况 将常见块状疵点标识与凹形样片的关系归纳为以下 24 种 图 6 即为凹形样片与块状疵点标识的交集矩阵模型。

4.1.2 凸形区域样片块型疵点

假设样片是凸形区域,同样疵点是简单块状,仍然先采用九交模型描述。同理,一个凸形区域 B (样片) 和一个简单区域 A (疵点) 的拓扑关系,疵点与样片同样可划分为以上 6 个区域,区域的内部用 $Z(A)$ 、 $Z(B)$ 表示,区域的边界用 $C(A)$ 、 $C(B)$ 表示,

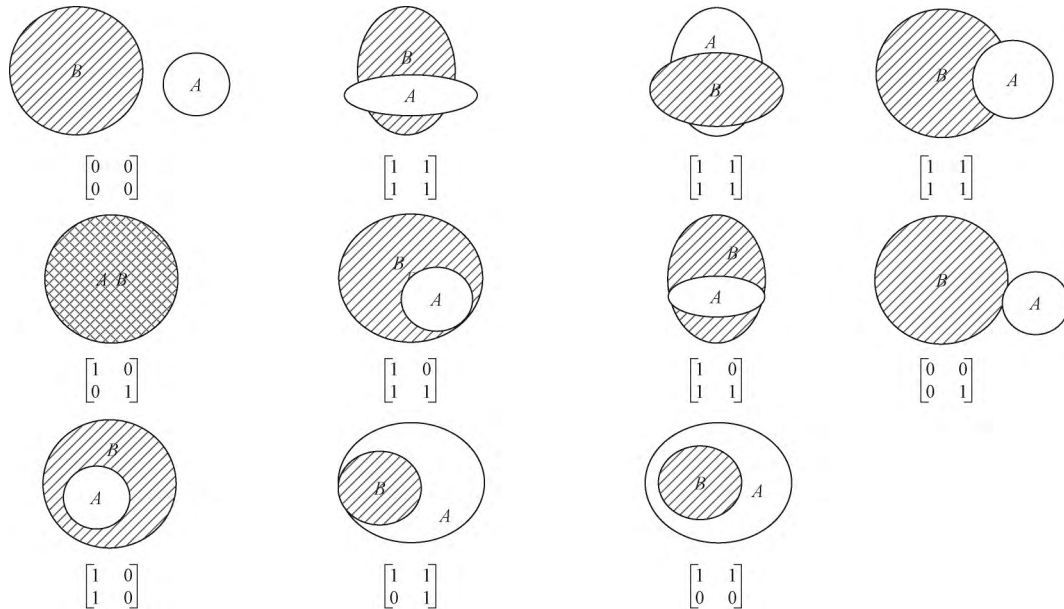


图 7 凸形样片与块状疵点标识的交集矩阵模型

4.2 线型疵点

在疵点检测的过程中,疵点除了块状还有可能是类似线条状的区域,由于疵点的多样性和测量的不精确性,线目标的疵点可能是一条明确的线,也可能是以这条线为中心的一个狭长的区域(误差带或模糊线区域),疵点标识是条状带型区域时的图示见图 8,则与上述块型疵点的判别方法类似,讨论疵点是线状目标时的交集模型建立见图 9。

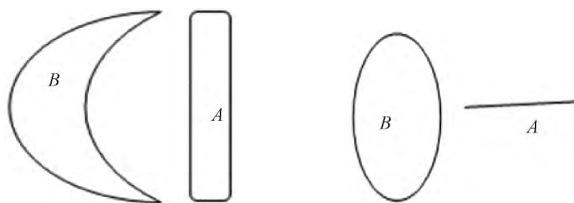


图 8 疵点是狭长带状区域

图 9 疵点是线状目标

当疵点是线状目标时往往比较狭长,通常是穿越 N 个样片,所以仅考虑四交集矩阵模型不足以描述疵点和含疵样片的位置关系,在这里模仿九交集矩阵模型先进行模型的建立,由于线状疵点的特殊性,凹形样片与凸形样片建立模型的过程类似,因此以凸形样片为例进行推导。假设样片是凸形区域,疵

区域的余用 $Y(A)$ 、 $Y(B)$ 表示。

判断疵点与样片的关系,即疵点标识是否与样片有交集就是看 $Q(A, B)$ 的 4 个元素是否为空,若 $M1$ 、 $M2$ 、 $M4$ 、 $M5$ 都为空,说明该样片不是含疵样片,若 $M1$ 、 $M2$ 、 $M4$ 、 $M5$ 任意一个非空,则说明该样片是含疵样片需要提取。理论上 $Q(A, B)$ 有 16 种情况,再排除一些不具实际意义的情况,常见块状疵点标识与凸形样片关系的交集矩阵模型可以归纳为以下 11 种,见图 7。

点是线状目标,下面将研究一个凸形区域(样片)和一个线状目标(疵点)的拓扑关系,设一个凸形区域 B (样片) 和一个线状目标 A (疵点) B 的内部用 $Z(B)$ 表示, A 、 B 边界用 $C(A)$ 、 $C(B)$ 表示,在此由于 A 是线状目标所以 $C(A)$ 既是 A 的边界同时也是 A 的内部, A 、 B 的余用 $Y(A)$ 、 $Y(B)$ 表示,同理将 A 、 B 边界、内部、余两两求交集,推导出线型疵点标识与样片拓扑关系描述的六交集矩阵模型基本框架,见表 2。

表 2 六交集矩阵模型组成元素

$C(A) \cap Z(B)$	$C(A) \cap C(B)$	$C(A) \cap Y(B)$
$Y(A) \cap Z(B)$	$Y(A) \cap C(B)$	$Y(A) \cap Y(B)$

六交集矩阵模型见式(4),描述更加方便,根据 6 个交集元素有空与非空 2 种取值,理论上可以产生 $2^6 = 64$ 种不同的矩阵,用式子可表示为:

$$P(A, B) = \begin{bmatrix} M1 = C(A) \cap Z(B) \\ M2 = C(A) \cap C(B) \\ M3 = C(A) \cap Y(B) \\ M4 = Y(A) \cap Z(B) \\ M5 = Y(A) \cap C(B) \\ M6 = Y(A) \cap Y(B) \end{bmatrix} \quad (4)$$

但是这里的六交模型在实际的二维拓扑空间中存在需满足一定的条件,且疵点标识与样片形成的六交模型关系在实际中存在还需更多限制条件,根据这些条件^[6]推导出样片与疵点标识的关系主要与 $M1$ 、 $M2$ 、 $M3$ 有关,即决定含疵样片与线状疵点拓扑关系的矩阵实质是一个列矩阵见式(5),推导出样片与线状疵点标识实际上在二维拓扑空间中有8种拓扑关系,其他拓扑关系并无实际意义或不存在,其表示如图4、5凸形样片与线状疵点标识的交

集矩阵模型所示。

$$W(A, B) = \begin{bmatrix} M1 = C(A) \cap Z(B) \\ M2 = C(A) \cap C(B) \\ M3 = C(A) \cap Y(B) \end{bmatrix} \quad (5)$$

根据推导出来的式(5),理论上 $W(A, B)$ 有 $2^3 = 8$ 种情况,但在实际中每一个矩阵又对应多种不同情况,再根据样片与线状疵点标识的特征关系,常见线状疵点标识与凸形样片关系的交集矩阵模型可以归纳为以下10种,见图10。

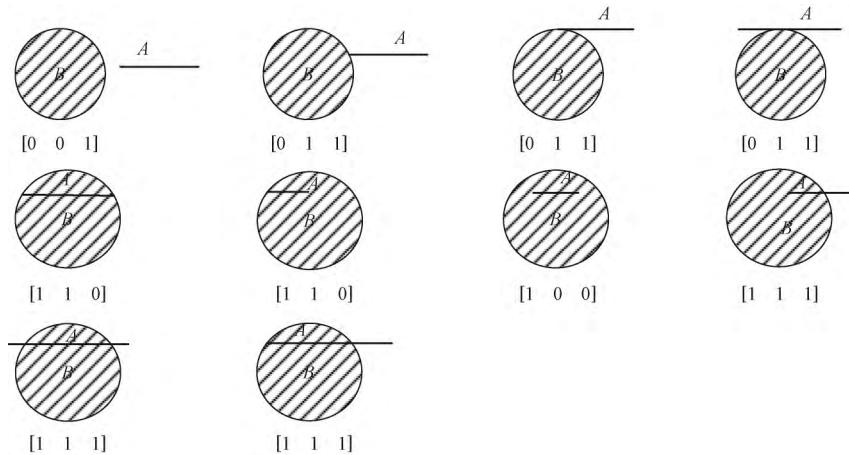


图10 凸形样片与线状疵点标识的交集矩阵模型

根据所得出的六交集矩阵模型可以得出:当 $M3$ 为0时,线状疵点只存在于一个样片,即 $[1 \ 0 \ 0]$ $[1 \ 1 \ 0]$ 所对应的情况下,不必再考虑线状疵点是否涉及其他样片,由于线状疵点往往贯穿 N 个样片,因此在其余情况下,需要继续判断线状疵点与其他样片的关系。此时,需要找出线状疵点两端点在 DOCAD 排版中的坐标 (X_1, Y_1) (X_2, Y_2) , 在区域 $X_1 \leq X \leq X_2, Y_1 \leq Y \leq Y_2$ 范围内的样片全为含疵样片需要剔除。假设样片边界上任意一点坐标值为 (X, Y) , 疵点线的2端点坐标分别为 (X_1, Y_1) (X_2, Y_2) , 且 $X_1 < X_2, Y_1 < Y_2$, 对于样片而言,样片边界上存在任一点 (X, Y) , 满足 $X_1 \leq$

$X \leq X_2, Y_1 \leq Y \leq Y_2$, 则该样片为含疵样片需要剔除。满足 $X_1 \leq X \leq X_2, Y_1 \leq Y \leq Y_2$ 这2种情况中的任意一种,该样片即为含疵样片。以此类推所有样片上的线状疵点都这样比较。

5 实验分析

为了验证算法的有效性,本文以工厂 DOCAD 中的女款牛仔夹克打版为例^[11], DOCAD 每张排料图在实际中会对应30层左右的布匹进行生产。本文提出的疵点标识与含疵样片的拓扑关系定位匹配方法,可以用一层含疵牛仔布匹为例,进行试验验证,采集信息见图11。

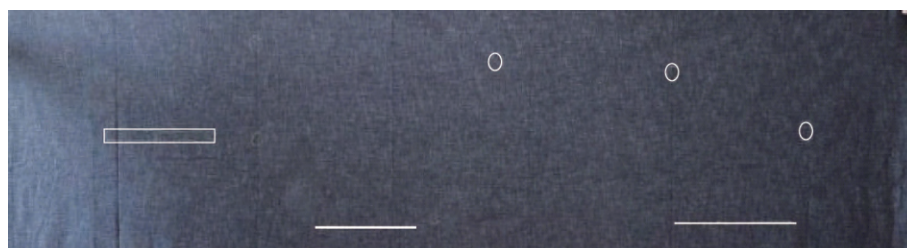


图11 采集的布匹图像

实验用的含疵牛仔布匹的宽1.5 m,长8.0 m,采集的含疵布匹图像如图11所示,由于疵点较多从中选取6个疵点标识作为实验对象:块状(3个圆形)、带状(1个狭长带状、2个线状)疵点标识。根

据 DOCAD 中的排版信息对疵点标识定位,作为实验对象的疵点标识坐标信息如表3所示。

结合 DOCAD 女款牛仔夹克打板的排布信息及 DOCAD 打版的先验知识,选择自动排料,在对话框

输入排料时间,DOCAD系统会自动生成最合理的样片排布方案。

表3 疵点标识坐标信息

疵点序号	行位置/mm	列位置/mm	长度/mm	宽度/mm	层数	类别
1	1 300	770	970	80	1	带型
2	3 300	1 310	1 120	1	1	线型
3	4 300	300	150	130	1	块型
4	5 850	400	140	150	1	块型
5	6 400	1 300	1 060	1	1	线型
6	7 000	720	170	160	1	块型

系统根据坐标系、排料图和疵点标识信息开始对含疵样片进行自动定位,根据排料图上的样片编号,找到含疵样片编号得到含疵样片信息。

含疵样片对应的样片图像如图12所示,根据含疵样片的信息(码数、种类等)和DOCAD排料图给出的样片信息,与样片库中标准样片进行比对,确定含疵样片并在自动裁床上裁出新的合格样片进行更替。通过以上实验分析,该方法能够实现疵点标识坐标信息的提取和疵点标识与样片的匹配定位,在没有破坏织物背景的前提下完成了含疵样片的匹配和识别,具有一定可行性和适用性。

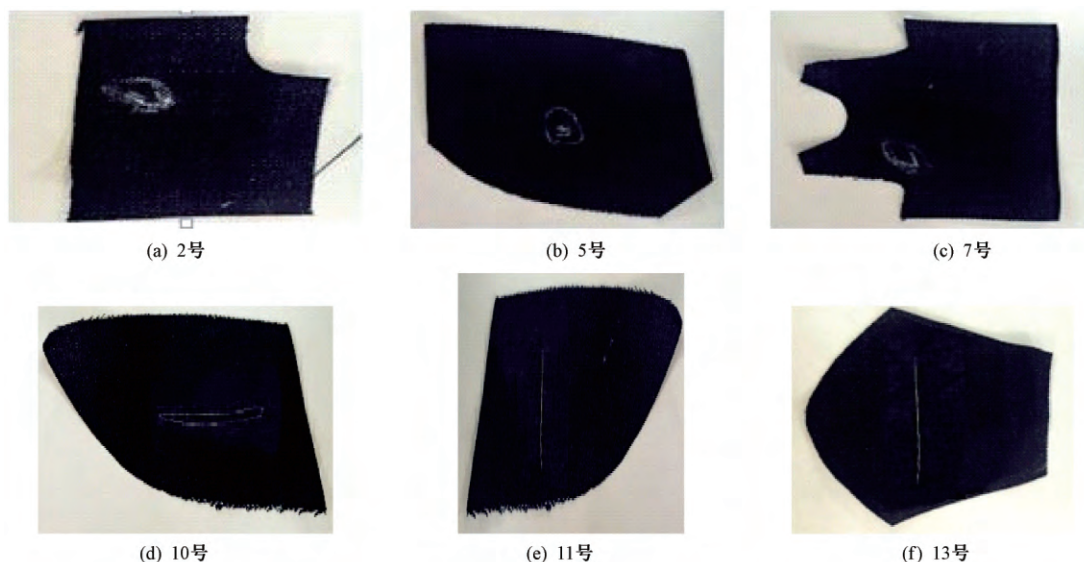


图12 相应编号的含疵样片图

6 结束语

针对常见的织物疵点检测提取难度较大的问题,对不同特征的疵点标识进行归类比较,建立的疵点标识与样片的交集矩阵模型,结合织物疵点标识及样片的特点参数建立匹配算法,提出寻找疵点标识与样片之间的拓扑关系方便含疵样片的定位与提取的方法。具有分辨能力强,符合拓扑属性以及算法鲁棒性强的优势,与传统的纺织品的检测方法相比,本文方法的最大特点是在较好地保留织物背景的同时,检测出的目标疵点,减少人工工作量,具有较好的一致性和完整性,本方法可用于牛仔布、针织品、麻布品等表面的疵点检测,具有广泛的应用前景。

参考文献:

[1] 李飞飞. 布匹疵点标记在线检测与含疵样片定位的研究[D]. 郑州: 中原工学院, 2015.

- [2] 范福军, 桂镜茜, 李雅婷, 等. 服装生产流程管理及优化[J]. 化纤与纺织技术, 2014, 43(1): 42-45.
- [3] 万保成, 于合龙, 廖梦兰, 等. 一类宽边界区域与简单区域间的拓扑关系[J]. 吉林大学学报(工学版), 2012, 42(S1): 356-358.
- [4] 郭新成. 拓扑地图模型与图库一体化研究[D]. 西安: 长安大学, 2011.
- [5] 李健, 欧阳继红, 陈岗, 等. 一个凹形区域和一个简单区域间拓扑关系的表示[J]. 吉林大学学报(工学版), 2013, 43(2): 386-390.
- [6] 庄敏. 地理实体匹配技术研究[D]. 南京: 东南大学, 2016.
- [7] 杨淑靖. 城市基础地理信息改造与更新研究[D]. 西安: 长安大学, 2014.
- [8] FORMICA A, MAZZINI E, Barabbas M, et al. Enriching the semantics of the directed poly-line-polygon topological relationships[J]. Journal of Geographical Systems, 2017, 19(2): 13-19.
- [9] LIU Zhoufeng, LI Chunlei, ZHAO Quanjun, et al. A fabric defect detection algorithm via context-based local texture salience analysis[J]. International Journal of

- Clothing Science and Technology , 2015 , 27 (5) : 46 - 51.
- [10] LI Chunlei , YANG Ruimin , LIU Zhoufeng , et al. Fabric defect detection via learned dictionary-based visual efficiency [J]. International Journal of Clothing Science and Technology 2016 28(4) : 38 - 42.
- [11] CHEN S , MCGREGOR O P L , HARPER L T , et al. Defect formation during preforming of a bi-axial non-crimp fabric with a pillar stitch pattern [J]. Composites Part A 2016 91: 25 - 29.