

基于机器视觉的医药注射剂智能检测系统研究

周博文, 王耀南, 葛 继, 张 辉

(湖南大学电气与信息工程学院, 湖南 长沙 410082)

摘 要: 介绍了基于机器视觉的医药注射剂智能检测系统. 设计了系统旋转式检测轮盘结构以及基于运动控制卡和数据 I/O 卡的电气控制系统. 通过高速摄像机获取医药注射剂序列图像; 采用二次差分和能量累积方法, 获取注射剂内可能存在的运动小目标. 提出了基于支持向量机的气泡和可见异物分类算法, 准确判断出注射剂溶液内是否含有微小可见异物. 实验验证了所提检测算法的有效性和装置的可行性.

关键词: 机器视觉; 运动目标; 图像识别; 支持向量机

中图分类号: TP391

文献标识码: A

A Machine-Vision-Based Intelligent Inspection System for Pharmaceutical Injections

ZHOU Bo-wen, WANG Yao-nan, GE Ji, ZHANG Hui

(College of Electronical and Information Engineering, Hunan University, Changsha 410082, China)

Abstract: A machine-vision-based intelligent inspection system for pharmaceutical injections is introduced. The wheel mechanical structure for rotational detection and the electric control system based on motion card and data I/O card are designed. A high-speed camera is applied to obtaining the pharmaceutical injection image sequence. Second-difference and energy accumulation methods are used to identify possible tiny moving targets in the injections. The algorithms for separating air bubbles and visible foreign substances based on support vector machine are proposed and it can accurately determine whether there are tiny visible foreign substances in the injections. The experiments demonstrate that the proposed detection algorithms are effective and the device is feasible.

Keywords: machine vision; moving target; image recognition; support vector machine

1 引言 (Introduction)

医药注射剂是我国药品中重要制剂之一, 临床应用十分广泛, 我国的多类型注射剂的产量已位居世界榜首. 由于生产工艺、环境和生产设备等方面的原因, 注射剂中可能含有玻璃碎屑、铝屑、橡皮屑、毛发、纤维等杂质, 一旦注射进入血管将对患者造成极大的危害, 轻则血管堵塞, 重则导致死亡^[1]. 目前, 国内各注射剂生产厂家普遍采用暗室人工灯检法, 其检测结果主观性强, 检测效率低、精度低、范围窄, 检测人员劳动强度大且容易疲劳, 漏检率更是随之攀升. 国外发达国家的公司, 如德国的 Seidenader 公司、日本的 Eisai 株式会社、意大利的 Brevetti 公司和美国的 Bosch 公司等, 正投入大量的人力物力开发安瓿、西林瓶和卡式瓶等小容量注射剂的自动检测设备, 并已取得了初步成效, 但针对大容量注射剂开发的自动检测设备很少^[2]. 国内

的一些研究机构也开始研制小容量注射剂自动检测设备, 但至今无成型产品. 面对国外进口设备的冲击和国内人工检测的局限性, 目前急需研制开发具有自主知识产权的注射剂自动检测设备, 这将极大地提高我国医药安全生产线上的自动化水平, 大幅度缩小我国与发达国家在该领域的差距, 同时对促进制药行业安全高效洁净生产、保障药品卫生安全、提高经济和社会效益具有重大意义.

基于机器视觉的医药注射剂智能检测系统涉及机器视觉、机器人系统、机械、电气控制、多传感器信号采集与融合技术、光学成像技术、数字图像处理技术等多学科领域技术. 注射剂智能检测系统利用特殊的高速光学摄像系统, 借助数字图像分析与处理技术, 自动完成注射剂溶液检测, 具有速度快、精度高和稳定性好的特点, 是提高生产效率、解放人力的有效手段. 该系统能够识别出国家药典规定

的 $50\ \mu\text{m}$ 以上的玻璃屑、纤维等各类型可见异物^[3], 其检测速度在 8000 瓶/小时以上, 远远超过人工检测速度, 满足医药自动化生产线的要求. 在现代制药生产线上, 基于机器视觉的注射剂智能检测系统是不可缺少的高科技设备之一, 其科技含量高, 利润高, 有着广阔的市场前景.

2 体系结构设计 (System structure design)

2.1 机械结构

基于机器视觉的医药注射剂智能检测系统采用圆盘间隙式传送方式, 如图 1 所示, 在分瓶机把被检测注射剂等间距排好后, 导入轮盘将其导入间隙式运转的主轮盘. 主轮盘上的两个检测工位可使注射剂瓶高速旋转然后急停, 从而使瓶体固定而瓶内液体和液体中可能存在的可见异物自转, 利用摄像机连续拍摄的序列图像中运动与静止对象在时间和空间上的差异性区分瓶身干扰与液体内部可见异物, 克服了瓶身干扰所带来的影响, 最后通过次品分拣装置把不合格注射剂产品分离出生产线.

医药注射剂智能检测系统主要由以下几部分构成:

(1) 传送机构: 注射剂从进入检测机柜到输出, 均由伺服电机带动做间隙式运转, 每次主轮盘运转 22.5° 后等待时间 t_1 .

(2) 运动控制机构: 运动控制卡控制主轮盘、导入轮盘和导出轮盘运转, 在注射剂进入两个检测工位的旋转区时控制其高速旋转后急停; 伺服驱动器提供电机实时运转状况的反馈信号.

(3) 数据采集与处理部分: 图像采集卡和摄像机负责图像获取, 光电传感器获取位置信息, 工控机负责图像和信号处理, 并协调处理底层控制.

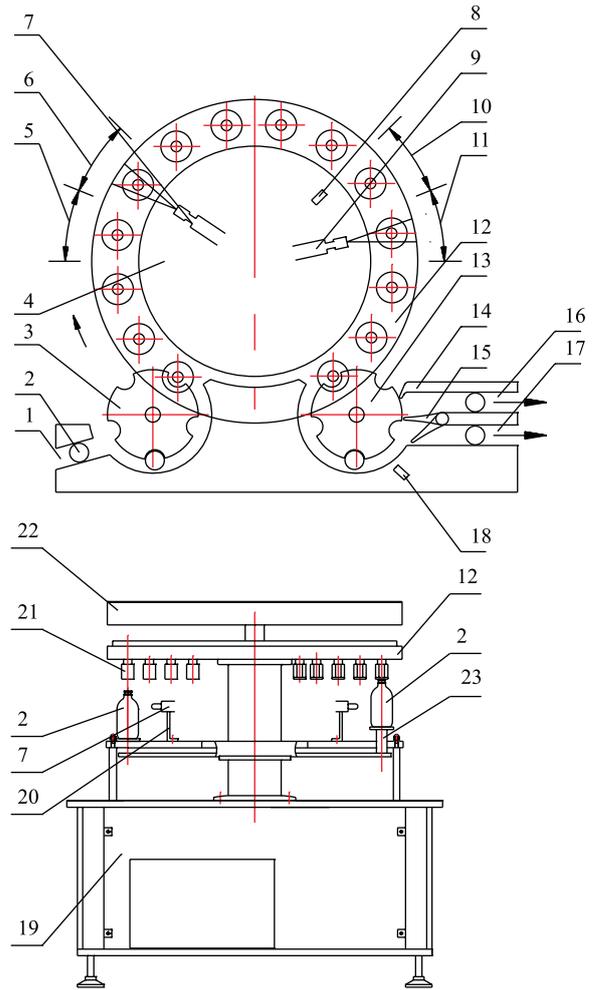
(4) 次品分拣机构: 采用拨叉两个方向的拨动, 使次品和正品快速分离, 伺服电机控制, 次品分离稳定可靠.

(5) 保护机构: 在各面板处都有限位开关, 一旦面板被打开, 机器能够立即暂停运行. 系统还配有报警灯与报警笛, 一旦出现紧急情况, 能以声、光形式报警.

综上所述, 基于机器视觉的医药注射剂智能检测系统结构复杂, 其机械传动、传感器信号采集、高速视觉信息获取、图像处理 and 次品分离等子系统必须在整个系统的协调与精确控制下, 才能准确完成复杂的任务.

2.2 电气控制系统

根据现代生产线上运动控制灵活性、稳定性和



1. 输入口, 2. 注射剂瓶, 3. 导入轮盘, 4. 传感器 a, 5. 旋转工位 a, 6. 检测工位 a, 7. 摄像机 a, 8. 传感器 b, 9. 摄像机 b, 10. 旋转工位 b, 11. 检测工位 b, 12. 主轮盘, 13. 导出轮盘, 14. 挡板, 15. 拨叉, 16. 不合格品输出口, 17. 合格品输出口, 18. 光电传感器, 19. 底座, 20. 摄像机支架, 21. 固定夹具, 22. 顶盖, 23. 托盘

图 1 医药注射剂智能检测系统结构图

Fig.1 Structure of the pharmaceutical injection intelligent inspection system

模块化的要求, 系统采用了基于工控机 + 运动控制卡 + 数据 I/O 卡的电气控制结构^[4].

基于工控机 + 运动控制卡 + 数据 I/O 卡的控制方案中, 工控机是检测系统的中心处理机构, 主要负责上层控制, 包括分析、处理、识别从摄像机采集过来的注射剂瓶图像, 调整和设置电机运行参数, 并处理各硬件部件分工合作和协调控制; 运动控制卡负责底层运动控制, 包括电机的运行方式选择, 运行速度、加速度、运行时间的设置和精确定位等^[5]; 数据 I/O 卡负责采集传感器脉冲信号和接收交流伺服驱动器的反馈信号, 并发出指令控制次品分拣装置动作. 控制系统结构如图 2 所示.

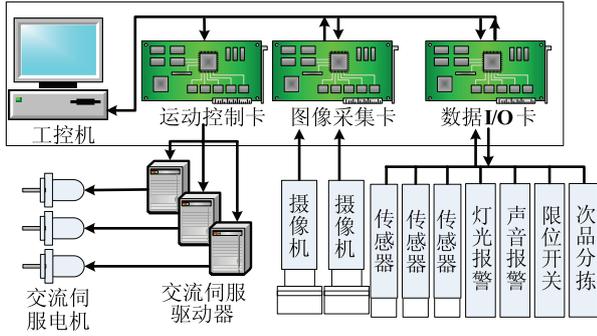


图 2 电气控制系统结构图

Fig.2 Structure picture of the control system

3 检测原理与算法 (Inspection principle and algorithm)

3.1 检测流程

医药注射剂智能检测系统主要根据机器视觉原理，利用摄像机获取的注射剂序列图像，判断瓶内溶液中是否含有玻璃屑和纤维等可见异物（国家药典中规定 $50\ \mu\text{m}$ 以上的不溶性颗粒为可见异物），若有，则通过次品分离装置将其分离出传送带。

注射剂检测系统的检测流程如下：医药注射剂通过传送带进入检测系统后，导入轮盘将其导入主轮盘，注射剂随主轮盘做间隙式运转，当进入黑色可见异物检测工位的旋转区域时，固定注射剂的托盘带动注射剂高速旋转时间 t_2 后急停，使注射剂内的液体和液体中可能存在的可见异物自转，进入黑色可见异物检测工位后，背部 LED 光源接通，摄像机获取注射剂序列图像，利用序列图像中运动与静止对象在时间和空间上的差异性区分瓶身干扰与液体内部可见异物，判断瓶内是否含有黑渣、毛发和蚊虫等黑色可见异物。当进入白色可见异物检测工位的旋转区域时，注射剂同样在高速旋转后急停，在检测工位采用底部 LED 光源照明，工控机根据摄像机获取的序列图像，判断产品溶液中是否含有玻璃屑和白色纤维等可见异物。最后，注射剂经过导出轮盘时，系统准确控制拨叉的摆动把不合格品分离出生产线。

3.2 光学成像与图像获取

对于基于机器视觉的医药注射剂智能检测系统来说，高速的光学摄像系统是其重要的组成部分。系统的两个检测工位采用两种给光方式：检测黑色可见异物时，采用背部给光，使黑渣、毛发和蚊虫等能清晰成像；检测白色可见异物时，采用底部给光，能清晰获取玻璃屑、白色纤维和底部大颗粒沉淀物等可见异物。两个检测工位光路如图 3 所示。

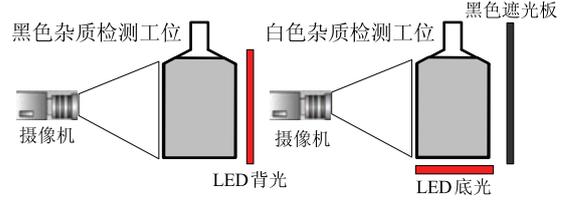


图 3 检测光路图

Fig.3 Light path for inspection

3.3 可见异物检测与识别

注射剂智能检测系统是机器视觉和数字图像处理技术在生产实践中的典型应用之一。检测系统必须能完成多幅图像的实时采集和同步处理。图像处理与识别模块必须具有高速、高精度和实时性的特点。在注射剂检测中，可见异物类型的多样性和随机性，加上瓶体存在的玻璃气泡、花纹和瓶外壁吸附的杂质等均会产生干扰，因而，可见异物检测与识别是图像处理的核心部分，是检测系统主要技术难点之一。

(1) 加权均值滤波

图像预处理的主要目的是滤除图像中的各类噪声，提高图像的信噪比。系统采用了一种基于中值的加权均值滤波算法，对图像进行预处理，以保证在滤除噪声的同时保留检测目标。

$\mathbf{G} = [g(i, j)]_{M \times N}$ 标识输入图像，其中 $g(i, j)$ 表示图像灰度值矩阵中 (i, j) 点处像素的灰度值。 $\mathbf{F}_n(i, j)$ 代表像素中心在 (i, j) 、大小为 $n \times n$ 的一个窗口。在实际操作过程中，由于可见异物较小，取 $n = 3$ ，则

$$\mathbf{F}_3 = \begin{bmatrix} g(i-1, j-1) & g(i-1, j) & g(i-1, j+1) \\ g(i, j-1) & g(i, j) & g(i, j+1) \\ g(i+1, j-1) & g(i+1, j) & g(i+1, j+1) \end{bmatrix} \quad (1)$$

令 $\mathbf{F} = [f(i, j)]_{M \times N}$ 表示滤波处理后的输出图像， $K(*)$ 表示采用的滤波器，则

$$g(i, j) = K(\mathbf{F}_n(i, j)) \quad (2)$$

首先用模板 $\mathbf{F}_3(i, j)$ 在 $\mathbf{G} = [g(i, j)]_{M \times N}$ 中扫描，读取 $\mathbf{F}_3(i, j)$ 中各像素的灰度值 $g(i, j)$ ，并将灰度值按大小排序，取灰度值中的最大值 \max 和最小值 \min ，若

$$g(i, j) = \max \quad (3)$$

或

$$g(i, j) = \min \quad (4)$$

则令相乘权值为 0，即不做变化，然后根据式 (5) 得

到 A :

$$A = g_1(i, j) \times w_1 + g_2(i, j) \times w_2 + g_3(i, j) \times w_3 + g_4(i, j) \times w_4 + g_5(i, j) \times w_3 + g_6(i, j) \times w_2 + g_7(i, j) \times w_1 \quad (5)$$

其中, $g_1(i, j), g_2(i, j), \dots, g_7(i, j)$ 为灰度值从大到小的排列. 令

$$Z = A \times \frac{1}{2w_1 + 2w_2 + 2w_3 + w_4} \quad (6)$$

得到 Z 值后, 把 Z 值赋给模板像素中心点, 即

$$g(i, j) = Z \quad (7)$$

式 (6) 中权值 w 的取值规律为: w_4 对应这些灰度值中的中值, 取系数最大, w_3, w_2, w_1 逐渐减小 [6].

(2) 运动目标提取

由于注射剂瓶壁上本身存在花纹、刻度、吸附的各类细小杂质和运输过程中碰撞产生的细纹等多种类型干扰, 因而检测与识别溶液中的微小异物成为难题之一. 故在设计注射剂智能检测系统时, 首先使瓶体高速旋转然后急停, 瓶身存在的干扰在多幅图像中相对静止, 而瓶内液体和液体中可能存在的可见异物因瓶体旋转带来的惯性继续做自转运动, 从而根据获得的序列图像识别分离出微小运动目标.

由于溶液中可见异物体积很小且数量不确定, 因而需要完成的是对溶液中多个微小目标进行跟踪. 系统采用的序列图像差分法是一种二次差分与能量积累相结合的方法 [7,8]. 流程如图 4 所示.

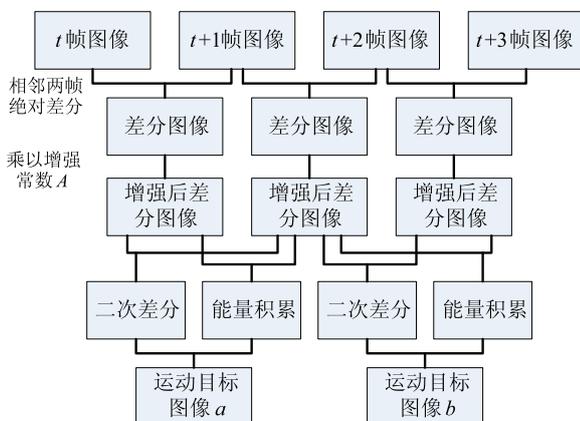


图 4 运动目标提取流程图

Fig.4 Flow chart of recognizing the moving targets

设每隔时间 T 获取 4 帧溶液序列图像 $F_t(x, y), F_{t+1}(x, y), F_{t+2}(x, y), F_{t+3}(x, y)$, 首先由式 (8) 计算相邻两帧的绝对差分图像:

$$d(x, y) = |F_{t+1}(x, y) - F_t(x, y)| \quad (8)$$

由于目标图像较小, 能量相对较低, 因而利用图像本身的灰度差异乘以增强常数 A , 使目标具有更高的能量.

$$P(x, y) = d(x, y) \times A \quad (9)$$

其中取乘以 A 后灰度值大于 255 的像素点灰度值为 255.

对增强后的差分图像进行二次差分

$$D(x, y) = |P_{t+i,t+i+1}(x, y) - P_{t+i-1,t+i}(x, y)| \quad (10)$$

再按式 (11) 计算两幅差分图像的能量累积, 以增强运动微粒对应像素的能量:

$$E(x, y) = P_{t+i,t+i+1}(x, y) + P_{t+i-1,t+i}(x, y) \quad (11)$$

最后将 $D(x, y)$ 和 $E(x, y)$ 相减, 便可以得到微粒的灰度图像:

$$F(x, y) = E(x, y) - D(x, y) \quad (12)$$

由于注射剂中可见异物种类繁多且不确定, 因此获取了 4 帧溶液序列图像, 最后得到仅包含运动目标的图像 a 和图像 b , 这样减少了因为干扰引起的不确定性因素带来的误差.

(3) 异物识别

注射剂智能检测系统工作时, 在传送和旋转等过程中, 不可避免地会产生气泡. 而在运动目标提取过程中, 由于气泡的运动特性和其他可见异物无明显区别, 从运动特性上来说无法在图像中把气泡滤除, 因而上一步获得的运动目标中, 可能含有气泡, 对检测极易产生误判. 因此系统采用了基于支持向量机的微粒形状识别方法, 提取可见异物, 滤除气泡.

支持向量机 SVM (support vector machine) 是 Vapnic 等人根据统计学习理论提出的一种模式分类方法, 该方法利用结构风险最小化原则提高学习机的泛化能力, 是由有限训练样本得到决策规则, 并能对独立样本进行测试的一种方法 [9].

针对气泡和可见异物的形状特点, 从运动目标长、宽、周长、面积、长宽比等多方面考察分类方式. 经过大量实验验证, 长宽比例是气泡和可见异物形状上的最佳分类方式. 设 S 表示运动微粒面积, L 表示微粒的最大长度, R 表示微粒的最小宽度, $E = L/R$ 表示最大长度和最小宽度的比例, 若为气泡, 则长宽基本相等, E 约为 1. 而可见异物为不规则形状, E 大都在 1.5 以上, 如图 5 所示.

从图 5 可以看出, 可根据 E 值的大小区别气泡和杂质, 因此根据这个特征建立识别气泡的 SVM

模型. 判断是否为气泡是一个二元分类问题, 假定在训练样本中有 n 个运动目标的统计数据, \mathbf{x}_i 表示 E - S 向量. 因而气泡的识别问题转化为一个寻找合适分类函数的问题, 该分类函数为

$$f: \mathbf{x}_i \rightarrow \mathbf{y}_i, \quad \mathbf{y}_i \in \{-1, +1\} \quad (13)$$

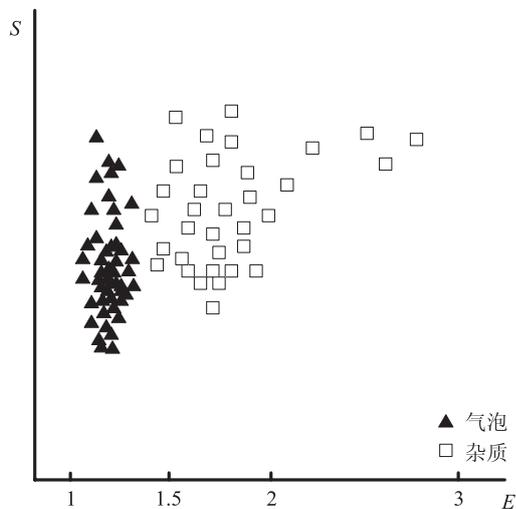


图 5 运动目标的 E - S 分布图

Fig.5 E - S distribution graph of moving targets

首先利用样本数据来训练函数, 然后输入实验数据, 利用该函数进行分类^[10]. 如果 $f(\mathbf{x}_i) > 0$, 则认为输入向量属于 $\mathbf{y}_i = +1$ 类, 即运动目标为气泡; 否则, 认为输入向量属于 $\mathbf{y}_i = -1$ 类, 即认为运动目标为可见异物.

因此, 训练数据集 Θ 包含了 \mathbf{x}_i 和 \mathbf{y}_i , \mathbf{x}_i 作为输入特征, \mathbf{y}_i 作为分类输出结果.

$$\Theta = \{(\mathbf{x}_1, \mathbf{y}_1), (\mathbf{x}_2, \mathbf{y}_2), \dots, (\mathbf{x}_n, \mathbf{y}_n)\} \quad (14)$$

分类函数采用如下形式:

$$f(\mathbf{x}_i) = \text{sgn} \left\{ \sum_{i=1}^n a_i \mathbf{y}_i \mathbf{K}(\mathbf{x}_i, \mathbf{x} + b) \right\} \quad (15)$$

其中, a_i 为每个样本对应的拉格朗日乘子, $\mathbf{K}(\mathbf{x}_i, \mathbf{x} + b)$ 为内积函数, b 是分类阈值, \mathbf{x}_i 和 \mathbf{y}_i 为集中的训练数据.

a_i 求解过程如下, 在约束条件

$$\sum_{i=1}^n \mathbf{y}_i a_i = 0 \quad \text{其中 } a_i \geq 0, i = 1, 2, \dots, n \quad (16)$$

下, 对 a_i 求解下列函数的最大值

$$Q(a) = \sum_{i=1}^n a_i - \frac{1}{2} \sum_{i,j=1}^n a_i a_j \mathbf{y}_i \mathbf{y}_j \mathbf{K}(\mathbf{x}_i, \mathbf{x}_j) \quad (17)$$

这是一个约束条件下二次函数寻优的问题, 使 a_i 不等于 0 的解其对应样本即为支持向量机^[11].

内积函数 $\mathbf{K}(\mathbf{x}_i, \mathbf{y}_i)$ 采用径向基函数, 具有如下形式

$$\mathbf{K}(\mathbf{x}_i, \mathbf{x}) = \exp \left\{ -\frac{|\mathbf{x} - \mathbf{x}_i|^2}{\sigma^2} \right\} \quad (18)$$

其中 σ 为常数. 由式 (19) 求得分类阈值.

$$\mathbf{y}_j \left\{ \sum_{i=1}^n a_i \mathbf{y}_i \mathbf{K}(\mathbf{x}_i, \mathbf{x}_j) + b \right\} - 1 = 0 \quad (19)$$

其中, \mathbf{x}_j 为任意支持向量, \mathbf{y}_j 为该支持向量输出结果. 检测结果如图 6 所示.

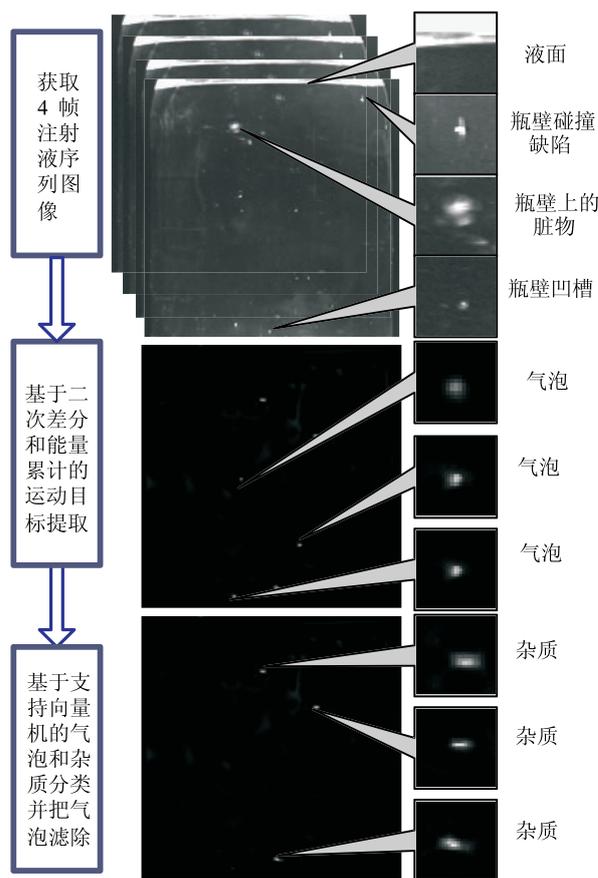


图 6 可见异物检测算法检测结果

Fig.6 Result of the foreign substance detection algorithm

(4) 可见异物测量

根据 2005 年版中国药典对药液中“可见异物检查方法”有关规定, 注射液中含有粒径大于 $50 \mu\text{m}$ 的微粒即为不合格. 因此, 系统需对所提取出来的可见异物进行测量.

提取出来的可见异物图像的面积被定义为目标边界所包围的像素点数. 通常可以近似地认为, 一个边界像素的一半在物体内而另一半在物体外, 因此经过修正的图像面积为所有像素减去周长的一半^[12], 即:

$$A = N - \frac{P}{2} \quad (20)$$

式中: A 为图像的面积, N 为目标边界包围的像素总数, P 为图像周长的像素总数.

设 $y = f(x)$ 是区间 $[a, b]$ 上的单值函数, 则曲线 $y = f(x)$ 在 $a \sim b$ 之间的长度由下式决定:

$$L = \int_a^b \sqrt{(dx)^2 + (dy)^2} = \int_a^b \sqrt{1 + \left(\frac{dy}{dx}\right)^2} dx \quad (21)$$

如果把区间 $[a, b]$ 划分为 n 段小的区间, 即 $a = x_0 < x_1 < \dots < x_{n-1} < x_n = b$, 则 L 可表示为:

$$L = \sum_{i=1}^n \sqrt{(x_i - x_{i-1})^2 + (y_i - y_{i-1})^2} \quad (22)$$

根据以上公式构造测量微粒图像区域周长的方法. 设平面闭区域 D 经过离散化后形成点集 X , 若 X 与方向 θ_i 的平行直线族 $\{\Delta\theta_i\}$ 截交次数为 n_i , 直线族的间距为 d_i , 则广义方向直径为:

$$D(\theta_i) = n_i d_i \quad (23)$$

从而得到离散化的周长计算公式:

$$L_N = \pi \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N D(\theta_i) = \pi \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N n_i d_i \quad (24)$$

粒径 d 为:

$$d = 4A/L_N \quad (25)$$

根据像素与实物的对应比例, 即可测出可见异物的等效尺寸.

4 软件系统 (Software system)

基于机器视觉的医药注射剂智能检测系统的软件部分包括 CMotionCard、CDataCard、CImagingCard 和 CIFaceView 四个类模块, 如图 7 所示. CMotionCard 类模块是运动控制卡的控制类, 封装了控制交流伺服电机正转、反转、加速、减速、运行时间和运行距离等的函数, 从而实现运行状态的复杂而精确的控制. CDataCard 类模块负责通过数据 I/O 卡的开关信号采集和控制信号输出, 封装了对被检测注射剂的精确定位以及对报警灯、报警笛控制等函数. CImagingCard 类模块封装了图像采集和显示函数, 并包括图像处理算法. CIFaceView 类为界面和框架模块, 为系统扩展预留了接口.

5 实验结果及分析 (Experimental results and analysis)

开发了一台医药注射剂智能检测实验系统 (图 8). 该样机配备了直线式传送带, 能够真实地模拟

流水线生产, 进行实时的高速在线检测实验. 系统处理器为 P4 3.0G CPU, 采用 TM-6703 摄像机, CCS 公司的 LED 点光源和背光源.

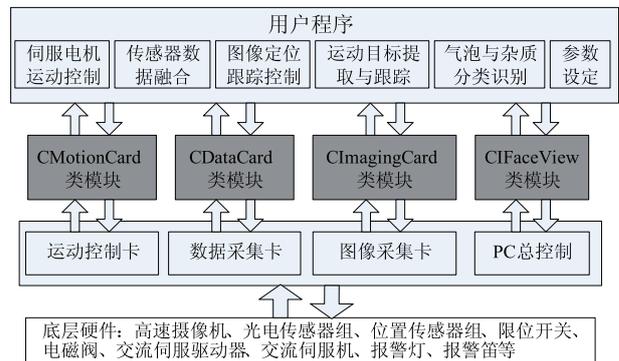


图 7 软件系统模块图

Fig.7 Module chart of software system



图 8 注射剂智能检测系统实物图

Fig.8 The prototype of intelligent injection inspection system

我们选择湖南康源制药厂生产的 100 ml、150 ml 和 250 ml 玻璃瓶装的 0.9% 氯化钠注射液和 5% 葡萄糖注射液进行实验, 三种装量的两类注射液合格品各 100 瓶, 不合格品各 50 瓶, 根据被检测瓶的大小调整物距和光照强度, 得到清晰图像并分别测试, 黑色杂质检测工位耗时约 280~300 ms, 白色杂质检测工位耗时 360~380 ms. 图 9 显示了部分样本图像. 完成支持向量机的测试和相关阈值的调整后, 使每个样本以 8000 瓶/小时的速度检测 10 次, 并与熟练灯检工的重检数据进行对比, 获得了比较满意的结果, 如表 1 和表 2 所示.

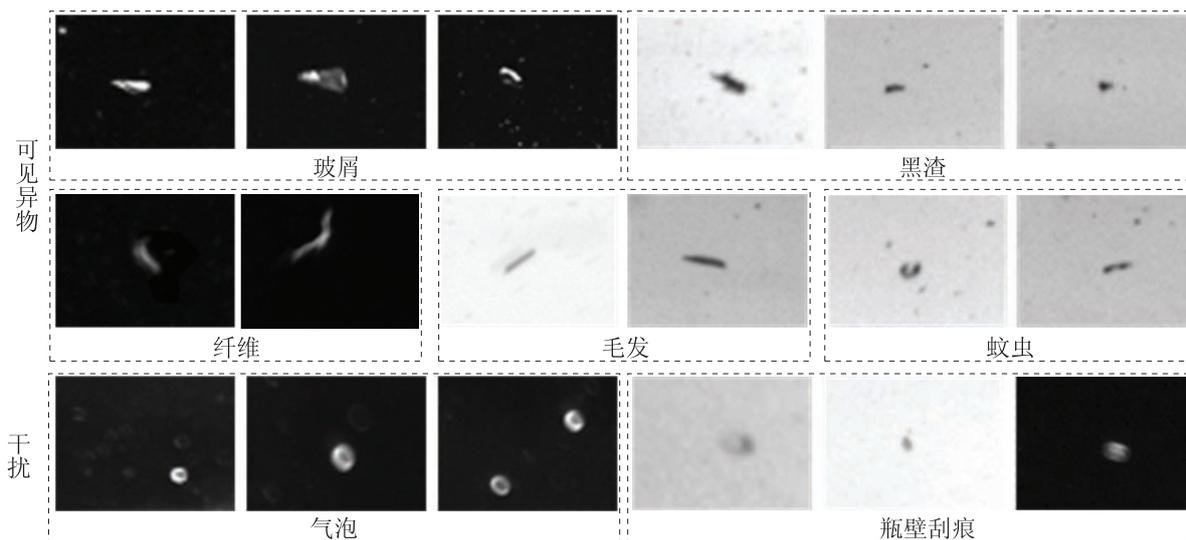


图 9 部分可见异物样品及干扰

Fig.9 Some parts of visible foreign substances and disturbance

表 1 检测结果及数据对比

Tab.1 Inspection result and data contrast

样品类型	检测系统				灯检工			
	误检量	误检率 /%	漏检量	漏检率 /%	误检量	误检率 /%	漏检量	漏检率 /%
100 ml 0.9%氯化钠注射液	8	0.53	3	0.2	19	1.3	14	0.93
100 ml 5%葡萄糖注射液	7	0.47	2	0.13	17	1.5	12	0.8
150 ml 0.9%氯化钠注射液	9	0.6	4	0.27	19	1.3	16	1.07
150 ml 5%葡萄糖注射液	11	0.73	5	0.33	21	1.4	11	0.73
250 ml 0.9%氯化钠注射液	19	1.27	7	0.47	21	1.4	15	1
250 ml 5%葡萄糖注射液	17	1.13	9	0.6	23	1.53	17	1.5

表 2 几种类型可见异物的检测结果对比

Tab.2 Inspection result about some parts of visible foreign substances

异物类型	检测系统		人工灯检	
	漏检量	漏检率 /%	漏检量	漏检率 /%
黑渣	0	0	5	0.056
蚊虫	0	0	0	0
玻璃屑	19	0.21	39	0.43
纤维	8	0.08	28	0.31
毛发	0	0	0	0
其他（橡胶屑、色点等）	3	0.03	13	0.14

针对三种装量的注射液进行检测，文中算法平均误检率为 0.79%，漏检率为 0.33%。而人工灯检的平均误检率为 1.33%，漏检率为 0.94%。由此可见，医药注射剂智能检测系统的检测合格率比人工灯检高。从表 1 可以看出，检测系统针对这三种装量的两种注射液均存在误检的情况，并且当注射液装量增大时，误检和漏检值随之上升。主要原因是当装量变大时，瓶体积变大，由于获取图像时摄像机景

深的影响，当可见异物离焦平面较远时，成像清晰度下降，由此导致误判和漏判，另外，图像成像时的噪声干扰、光源频闪、序列图像的采集时间控制、图像传输和检测算法中相关参数设置等，都有可能对最终检测结果产生影响。而人工灯检由于受疲劳程度和人的主观影响，检测结果不稳定。从表 2 可看出，黑色可见异物的检测正确率比白色可见异物高，主要是因为黑色检测工位上采用背部给光，很大程

度上滤除了气泡等干扰,提高了检测速度和检测效率.从检测速度上来说,由于两个检测工位同时进行,检测速度在 8000 瓶/小时以上.下一步的工作拟从改进图像获取装置上着手,并进一步提高气泡识别算法的准确率和速度.

6 结论 (Conclusion)

本文设计并开发了一台医药注射剂智能检测系统,证明了本文所提出的系统整体结构的可行性,在该机上进行了大量的在线实验,验证了本文提出的各种检查算法的有效性,其检测精度符合我国国家药典规定的检测标准,检测速度能满足药厂自动化生产线在线检测要求.系统能极大地提高人工灯检的精度,使检测更加准确、客观,提高了生产效率,降低了劳动强度,清洁环保,对提高社会效益和经济效益具有重要意义.

参考文献 (References)

- [1] 祝建国. 注射剂的澄明度检查与检测设备 [J]. 机电信息, 2003, (6): 42.
Zhu Jian-guo. Injection of clarity inspection and testing equipment[J]. Mechanical and Electrical Information, 2003, (6): 42.
- [2] 高玉成, 贡立青, 曲丹丹, 等. 基于光阻法原理的智能微粒检测仪 [J]. 仪器仪表学报, 2002, 23(4): 366~368,379.
Gao Yu-cheng, Gong Li-qing, Qu Dan-dan, *et al.* The intelligent particle detector based on principle of light blockage[J]. Chinese Journal of Scientific Instrument, 2002, 23(4): 366~368,379.
- [3] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典 (2005 年版) [M]. 北京: 化学工业出版社, 2005.
Chinese Pharmacopoeia Commission. People's Republic of China Pharmacopoeia (2005)[M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2005.
- [4] 周博文, 王耀南, 鲁娟. 智能视觉检测平台的控制系统研究与开发 [J]. 仪表技术与传感器, 2007, (8): 72~73,75.
Zhou Bo-wen, Wang Yao-nan, Lu Juan. Research and development on control system of intelligent visual detection platform[J]. Instrument Technique and Sensor, 2007, (8): 72~73, 75.
- [5] 鲍伟, 张崇巍. PCI 总线技术在运动控制卡中的应用 [J]. 仪器仪表学报, 2005, 26(s2): 334~336,340.
Bao Wei, Zhang Chong-wei. Application of PCI bus technology in motion control board[J]. Chinese Journal of Scientific Instrument, 2005, 26(s2): 334~336,340.
- [6] 李秀峰, 苏兰海, 荣慧芳, 等. 改进均值滤波算法及应用研究 [J]. 微计算机信息, 2008, 24(1): 235~237.
Li Xiu-feng, Su Lan-hai, Rong Hui-fang. Research into the application of an improved mean filter algorithm[J]. Microcomputer Information, 2008, 24(1): 235~237.
- [7] Zhao Y L, Zhang Z C, Gao Z M. A simple and workable moving objects segmentation method[A]. Proceedings of the International Symposium on Electronics in Marine[C]. Zagreb, Croatia: Croatian Society Electronics in Marine, 2004. 585~590.
- [8] Song H, Shi F. A real-time algorithm for moving objects detection in video images[A]. Proceedings of the World Congress on Intelligent Control and Automation[C]. Piscataway, NJ, USA: IEEE, 2004. 4108~4111.
- [9] Begg R K, Palaniswami M, Owen B. Support vector machines for automated gait classification[J]. IEEE Transactions on Biomedical Engineering, 2005, 52(5): 828~838.
- [10] David A, Lerner B. Support vector machine-based image classification for genetic syndrome diagnosis[J]. Pattern Recognition Letters, 2005, 26(8): 1029~1038.
- [11] 周健, 蒋平. 基于支持向量规则的运动控制器自然语言构造方法 [J]. 机器人, 2002, 24(5): 436~442.
Zhou Jian, Jiang Ping. A support-vector rule based method for the construction of motion controllers via natural language training[J]. Robot, 2002, 24(5): 436~442.
- [12] 郝继贵, 叶声华. 基于近景数字摄影的坐标精密测量关键技术研究 [J]. 计量学报, 2005, 26(3): 207~211.
Zhu Ji-gui, Ye Sheng-hua. The key technique study of precise coordinate measurement based on digital close range photogrammetry[J]. Acta Metrologica Sinica, 2005, 26(3): 207~211.

作者简介:

周博文 (1983-), 男, 博士生. 研究领域: 模式识别与机器视觉, 机器人系统.

王耀南 (1957-), 男, 教授, 博士生导师. 研究领域: 智能控制, 机器人系统, 机器视觉和图像处理.