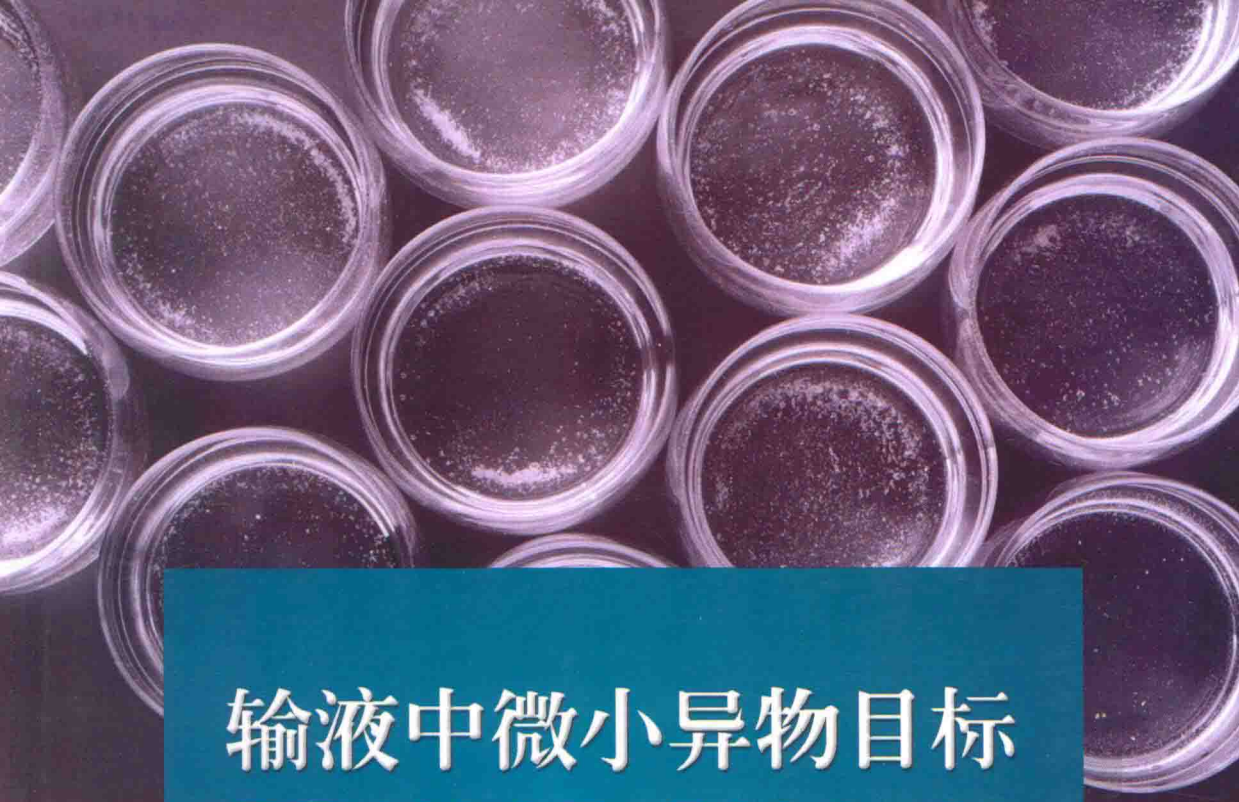




输液中微小异物目标 视觉检测技术

◆ 杨福刚 著



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

输液中微小异物目标 视觉检测技术

杨福刚 著

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 • BEIJING

内 容 简 介

本书以输液图像的获取、预处理、微小目标检测识别算法和硬件系统设计为主线,对基于机器视觉技术的输液中微小目标检测方法进行了较为全面的论述。第1章介绍了本书的研究背景;第2章对检测对象进行了建模和分析;第3章研究了针对输液图像的预处理方法;第4章、第5章着重研究了微小目标的识别检测算法并进行了实验验证;第6章设计了微小目标的视觉检测硬件系统。结合现有的技术背景,作者着重对近期的研究成果进行了论述,形成了一套针对输液中弱小目标视觉检测的完整解决方案。

本书可供模式识别与智能系统、检测技术与自动化装置、测试计量技术与仪器等相关专业工程技术人员阅读,也可作为高等学校大学生和研究生学习机器视觉和图像处理的参考书。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

输液中微小异物目标视觉检测技术 / 杨福刚著. —北京: 电子工业出版社, 2013.6
ISBN 978-7-121-20854-6

I. ①输… II. ①杨… III. ①输液疗法—研究 IV. ①R457.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 145167 号

责任编辑: 王凌燕

文字编辑: 薄 宇

印 刷: 三河市鑫金马印装有限公司

装 订: 三河市鑫金马印装有限公司

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本: 720×1 000 1/16 印张: 9.5 字数: 172 千字

印 次: 2013 年 6 月第 1 次印刷

定 价: 35.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系, 联系及邮购电话: (010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zlts@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线: (010) 88258888。

前 言

医用输液在生产过程中会混入少量微小异物，这些异物可能是外来的污染物，如铝屑、玻璃屑、橡皮屑等，也可能是内源性的固体，如原料中存在的不溶物、药物放置后析出的沉淀物等。中国药典规定：在输液生产过程中，要逐瓶进行不溶性异物检查。传统的检查方法由于劳动强度大，且检测结果不稳定，检测方法和标准不统一，已经成为输液自动化生产线的瓶颈问题。目前，基于机器视觉技术的输液中异物智能检测的研究还不多见。虽然国外一些研究机构已经做过一些研究工作，但是由于生产环境和制药标准不同，国内少数医疗器械公司引进的这方面技术，检测效果很不理想。所以，研究输液中微小异物视觉检测算法和研制适合我国制药标准和生产环境的在线全自动智能输液异物检测器械有着重要的理论意义和应用价值。

利用机器视觉技术进行输液异物检测的关键在于采集到的图像质量和图像处理算法的有效性。其中，输液中微小异物目标的图像识别算法是整个研究的难点和重点。本书主要从两个方面对输液中异物视觉检测技术进行了探讨和研究。一方面，根据输液异物检查标准和成像系统的分辨率，为准确辨识出其中可能存在的微小异物，针对输液图像中的异物点目标和面目标分别采用了基于改进的人工免疫算法的异物轨迹寻优算法和基于优化的最小二乘支持向量机的异物轨迹特征辨识算法。另一方面，为获取高质量的原始图像，设计了超高分辨率输液图像采集和处理系统，对其中的关键技术——超高分辨率图像采集和高速图像处理技术给出了解决方案。

本书共分 6 章。第 1 章为概述；第 2 章为输液中微小异物目标数学建模与分析；第 3 章至第 5 章研究了基于机器视觉的输液中微小异物智能检测方法，其中，第 3 章研究了输液图像预处理方法，第 4 章针对输液中的点目标进行了智能检测算法研究，第 5 章针对输液图像中较大的面目标进行了检测方法研究；

第6章设计了超高分辨率输液图像采集系统和采集方法。

本书的研究工作得到国家自然科学基金(61173173、61272430)、山东省博士后创新项目专项资金(201203016)、山东省高等学校科技计划项目(J13LN06)、山东省自然科学基金(ZR2010EL030、ZR2010FM044)和山东省软科学研究计划项目(2012RKB01155)等项目的资助。

参加研究工作的还有庞清乐博士、郭文博士、马加庆博士、慕延华博士、闫龙博士、曲衍怀博士、王昕博士等,在此一并致谢!另外要特别致谢孙同景教授、王洪君教授、华臻教授、朱智林教授、张鑫教授、Xavier Intes 教授等,感谢他们为本书写作所提供的帮助和支持。

本书可作为从事微弱目标视觉检测研究和应用的科技人员的参考书,也可作为高等学校大学生和研究生学习机器视觉、图像处理的教学参考书。

由于撰写时间和作者水平之限,全书难免存在缺点和错误,敬请读者批评指正。

作 者

目 录

第 1 章 概述	1
1.1 输液中微小异物目标检测概况	1
1.2 相关技术及研究现状	2
1.2.1 自动视觉检测技术	2
1.2.2 弱小目标检测技术	3
1.2.3 液体中微小异物检测技术	8
1.3 输液中微小异物视觉检测的难点分析	10
1.4 本书内容摘要	11
1.4.1 本书研究的主要工作概述	11
1.4.2 本书的主要章节安排	14
第 2 章 输液中微小异物目标数学建模与分析	16
2.1 引言	16
2.2 输液中微小异物运动轨迹建模	17
2.2.1 输液序列图像采集	17
2.2.2 输液中异物微粒运动规律建模	18
2.3 输液序列图像特性分析	21
2.3.1 输液序列图像中异物目标特性分析	21
2.3.2 输液图像背景噪声特性分析	23
2.4 输液中微小异物目标检测性能评价方法	26
2.4.1 信噪比和对比度	27
2.4.2 检测概率和虚警概率	27
2.5 本章小结	30

第 3 章 输液图像预处理 31

3.1 引言 31

3.2 输液图像中有效检测区域标定 31

3.3 输液图像背景抑制 33

3.3.1 背景抑制技术概述 34

3.3.2 分块自适应背景抑制算法 35

3.3.3 残留背景噪声的正态性和独立性检验 38

3.3.4 实验与分析 40

3.4 输液图像中异物目标搜索分类算法 43

3.5 本章小结 45

第 4 章 基于人工免疫算法的输液中异物点目标检测技术研究 46

4.1 引言 46

4.2 人工免疫算法概述 47

4.2.1 人工免疫算法研究概况^[86~91] 47

4.2.2 人工免疫算法的构成^[105,106] 48

4.3 人工免疫算法的改进 50

4.3.1 问题的提出 50

4.3.2 自适应克隆抑制免疫算法 51

4.3.3 仿真研究 59

4.4 基于改进的人工免疫算法的输液中异物点目标检测算法 62

4.4.1 候选航迹的构造 63

4.4.2 抗体编码方案设计 69

4.4.3 亲和度函数构造 70

4.4.4 算法描述 72

4.5 仿真和实验 74

4.5.1 仿真 74

4.5.2 实验 79

4.6 本章小结 82

第 5 章 基于最小二乘支持向量机的输液中异物面目标检测技术研究 83

5.1 引言 83

5.2 最小二乘支持向量机简介 84

5.3 最小二乘支持向量机模型参数优化算法 86

5.3.1	最小二乘支持向量机模型参数对其分类性能的影响分析	86
5.3.2	最小二乘支持向量机模型参数寻优方法	92
5.3.3	最小二乘支持向量机模型参数优化算法	93
5.3.4	实验与分析	95
5.4	输液图像中异物面目标的特征提取	96
5.4.1	形状特征分析与提取	97
5.4.2	灰度特征提取	100
5.4.3	基于粗糙集理论的样本特征数据预处理	100
5.5	基于优化的最小二乘支持向量机的输液中异物面目标检测算法	103
5.5.1	基于最小二乘支持向量机的帧间目标匹配和点迹关联	104
5.5.2	基于运动轨迹特征的异物面目标检测	106
5.6	实验分析	107
5.7	本章小结	113
第 6 章	输液中异物灯检系统设计与实验	114
6.1	引言	114
6.2	输液灯检系统总体设计	115
6.2.1	灯检系统的基本功能及性能指标	115
6.2.2	灯检系统的工作原理	115
6.2.3	灯检系统的总体结构	115
6.3	输液灯检系统硬件设计	117
6.3.1	视觉单元	117
6.3.2	高速实时图像采集处理单元	118
6.3.3	控制单元	120
6.4	软件系统设计	121
6.5	实验验证与分析	123
6.5.1	检测精度实验	124
6.5.2	检测速度实验	125
6.5.3	稳定性实验	126
6.6	本章小结	127
参考文献		129

检率和误检率更是随之攀升。因此，人工灯检结果不稳定，检测方法和标准不统一，是输液自动化生产线的瓶颈问题。

目前，基于机器视觉技术的输液中异物杂质智能检测和识别算法的研究并不多见。国外一些相关研究机构和医疗器械公司已经做过一些研究工作，但是由于生产环境和制药标准不同，国内少数制药公司引进的有关技术和设备，检测结果很不理想。所以，研究输液中微小异物检测算法具有重要的理论意义；研制适合我国制药标准和生产环境的在线全自动智能输液异物检测系统能够大大提高检测的速度和效率，解放人力资源，具有很强的实用价值，市场需求广泛，具有巨大的经济效益和社会效益。

1.2 相关技术及研究现状

1.2.1 自动视觉检测技术

传统工业产品的检测和质量控制基本依赖人工完成，虽然人工在某些方面具有优势，但是有容易疲劳、检测速度慢等缺点。近几年，随着计算机视觉、图像处理、模式识别等相关学科的发展，自动视觉检测技术得到了迅猛发展。

自动视觉检测技术（Automatic Vision Inspection, AVI）是一种利用计算机视觉（Computer Vision, CV）代替人工视觉进行产品质量检测的新兴技术。自动视觉检测作为一种新兴的检测技术，它综合应用图像处理与分析、模式识别、人工智能、精密仪器等技术，具有速度快、精度高、非接触等优点。将其应用于工业领域，可以有效克服人工检测的不足，提高工厂生产的自动化程度与生产效率。因此，在现代自动化生产过程中，自动视觉检测系统被越来越多地用于工况监视、成品检验和质量控制等领域^[2~8]。

面向工业检测的自动视觉系统由于其明确的工程应用背景，与普通计算机视觉、模式识别、数字图像处理有着明显的区别，其中值得一提的特点有：

- （1）自动视觉检测系统的工作环境一般事先确定。对于一个给定的系统，检测时的照明、位置、颜色、背景等条件都是需要仔细加以调试的。
- （2）自动视觉检测系统往往具有专用性。作为一个面向特定问题的系统，一般并不需要对目标物体进行三维重建，只需针对某个具体明确的目标，设计

特定的算法和设备,做出判决。

(3) 由于检测环境可选择,检测目标明确,自动视觉检测系统可以得到更多已知知识的指导。知识应用在系统的各个层面,这一点既体现在算法的选择、目标特征的确定上,也体现在工业机器视觉的软件一般由在线和离线学习两部分组成,算法中的很多参数可以事先确定。

(4) 工业视觉系统区别于普通视觉系统,不仅在图像处理等理论方法,而且在实现技术上要适合工业应用环境的特殊要求。这就决定了工业视觉检测系统除了光源和光学成像系统,摄像和图像处理系统,用于控制摄像、图像处理、图像分析的计算机外,还会包括更多子系统,如与生产线同步的通信系统,测距、测速等辅助检测系统,标记、报警或机械操作等结果反馈系统。

(5) 在一些数据量大、实时性要求高的场合,通用计算机的处理速度无法胜任,需要采用基于嵌入式处理器的实时图像处理系统。由于使用的是专用处理器,如数字信号处理器 DSP 等,其数字信号处理能力优越,可以很好地解决实时性问题。

本书主要针对自动视觉检测系统中的实时图像处理和模式识别算法进行研究。针对输液图像的特点,提出了一些针对性的输液中异物目标检测识别算法,算法设计时注重体现工业应用中自动视觉检测技术的要求和特点,强调了实时性、鲁棒性。在系统集成上,针对实际的生产目标,设计基于嵌入式处理器的视觉检测系统,强调合理组织图像处理流程。

1.2.2 弱小目标检测技术

输液中弱小异物视觉检测技术的主要难点在于对输液图像中弱小异物目标的识别。弱小目标识别方面的研究始于 20 世纪 70 年代末期,经过近 30 年对小目标识别与检测问题的深入研究已经取得了不少成果,然而,针对小目标检测并没有形成成熟的理论。各种研究都是针对具体不同环境和应用背景提出的算法,而且大多数研究是针对军事、航空领域的远距离弱小目标,或者是针对红外弱小目标。而面向工业和医药行业的液体中弱小目标的研究目前还较少,本课题的研究将在液体中异物小目标检测领域增添新的研究成果。

对于低信噪比图像中弱小目标检测的研究,起源于远距离搜索与监视,如宽视场望远镜、红外搜索和跟踪系统以及其他基于小目标检测的监控系统。当

运动目标距离传感器较远时，或者目标本身就是非常小的物体，它们在传感器中的成像为信号幅度较弱的小目标。远距离的成像目标通常隐藏在背景杂波中，目标信号幅值相对于背景杂波和噪声很弱，具有很低的信噪比。通常，目标在成像平面上仅占几个至几十个像素，没有形状、大小、纹理等特征可以利用。它的这种空间特性使得传统的利用目标大小、形状以及特性的图像处理技术无法得以应用，不能够从单帧图像中检测到目标，必须采用基于目标运动特征的序列图像处理办法，设法沿目标航迹积累航迹能量，提高信噪比，以达到抑制噪声、检测目标的目的。

由于弱小目标的信噪比低，使得在单帧图像上几乎不可能检测出目标，或者即使检测出目标也常常伴随着大量的虚假目标。因此，目前的检测技术多采用多帧序列图像检测技术。从检测中应用弱小目标运动的短时间平稳特性的方式出发，可将多帧检测技术分为两大类：一是先检测后跟踪技术（detection-before-track）；二是先跟踪后检测技术（track-before-detection）。前者首先根据目标的短时灰度特性对单帧图像进行灰度阈值判别，然后在分割后的二值化图像序列中根据目标的短时运动特性，寻找可能的目标轨迹，这种方法的计算相对简单，但要求一个高信噪比环境。而后者首先根据目标的短时运动特性，通过累积目标的所有可能的运动轨迹的亮度值，然后根据目标的短时灰度特性判别各条轨迹的后验概率，从而检测出真实的目标运行轨迹。对于微弱小运动目标的检测，通常采用先跟踪后检测办法。目前文献上出现的小目标检测算法可大致分为以下几大类。

1. 基于三维速度匹配滤波器的检测算法^[9~11]

该算法首先做出如下假设：（1）在短时间内目标亮度保持不变；（2）在短时间内目标速度保持不变，目标运动轨迹为一条直线。

在上述假设下，待检测的小目标运动模型简化为：

$$\begin{aligned} f(x,y,t,s) \\ = A\delta(x-v_x t-x_0(s))\delta(y-v_y t-y_0(s))+n(x,y,t) \end{aligned} \tag{1-1}$$

式中， $(x_0(s),y_0(s))$ 为目标起始点； (v_x,v_y) 为目标在点 (x,y) 处的运动速度。对式（1-1）作三维傅氏变换有：

$$\begin{aligned}
& S(w_1, w_2, w_3) \\
&= \iiint \delta(x - v_x t - x_0(s)) \delta(y - v_y t - y_0(s)) \exp(-j(w_1 x + w_2 y + w_3 t)) dx dy dt \quad (1-2) \\
&= 2\pi \exp(-j(w_1 x_0(s) + w_2 y_0(s))) \cdot \delta(w_1 v_x + w_2 v_y + w_3)
\end{aligned}$$

由式 (1-2) 可以看出, 目标在频域上的能量都集中在超平面 $w_1 v_x + w_2 v_y + w_3 = 0$ 上。因此三维速度匹配滤波器的基本实现就是设计一个与速度有关的带通滤波器, 其通带为该超平面。

由于实际上参与计算的图像序列不可能为无限长, 只能截取 N 帧 (在时间轴上), 相对式 (1-2) 而言就是加上了一个矩形窗函数, 故式 (1-2) 变为:

$$\begin{aligned}
& S'(w_1, w_2, w_3) \\
&= S(w_1, w_2, w_3) \otimes \text{sinc}[(w_1 v_x + w_2 v_y + w_3) \cdot \frac{N}{2}] \quad (1-3)
\end{aligned}$$

当 N 较小时, sinc 函数的旁带较大, 为抑制旁带, 通常还应乘上窗函数 (如三角窗)。

对于三维速度匹配滤波器, 在理想情况下, 匹配滤波器的时域冲击响应函数为:

$$h_v(n_x, n_y, n_t) = \sum_{t=0}^N \delta(n_x + v_x t, n_y + v_y t, n_t + t) \quad (1-4)$$

在理想情况下, 对于 N 帧图像序列, 经匹配滤波器输出后, 其输出信噪比为:

$$(\text{SNR})_{\text{out}} = \frac{(mN)^2}{N\sigma^2} = N \cdot \frac{m^2}{\sigma^2} = N \cdot (\text{SNR})_{\text{in}} \quad (1-5)$$

对于三维速度匹配滤波器检测方法, 主要难点在于:

(1) 当目标运动速度未知时, 需要采用滤波器组进行匹配滤波, 将导致计算量的迅速增加, 故很难实现。

(2) 三维速度匹配滤波器很难设计。

2. 基于像素统计的方法

参考文献[12]统计了三维图像序列中目标点的所有可能运行轨迹, 通过计算所有轨迹的最大似然函数进行判别。令 r_{ijk} 表示第 k 帧、第 i 行、第 j 列的图

像上像素点的灰度值。令 s 表示目标一条运动轨迹上的像素点的集合，则由最大似然概率法可导出：

$$\lambda = \sum_s d_{ijk} \quad (1-6)$$

$$\begin{cases} \lambda \geq \text{Theta} & \lambda \text{ 为目标轨迹} \\ \lambda < \text{Theta} & \lambda \text{ 非目标轨迹} \end{cases} \quad (1-7)$$

其中，

$$d_{ijk} = \frac{(r_{ijk} - \hat{\mu}_{ij})^2}{\hat{\sigma}_{ij}^2} \quad (1-8)$$

$$\hat{\mu}_{ij} = \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} r_{ijn} \quad (1-9)$$

$$\hat{\sigma}_{ij}^2 = \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} (r_{ijn} - \hat{\mu}_{ij})^2 \quad (1-10)$$

对于基于像素点统计的检测算法，由于目标运动轨迹的假设是在三维时空域上进行的，故每个像素点上可能存在的目标运动轨迹很多（如参考文献[12]在每个像素点上搜索了 250 条可能的运动轨迹），计算量很大。参考文献[13]还给出了基于像素统计检测算法的理论性能分析及实际仿真结果。

3. 多级假设检验方法

Blostein^[14, 15]利用多级假设检验方法的截断序贯处理算法^[16~18]来检测和跟踪低信噪比图像序列中的点目标。以各个可能起始点开始，将可能的目标轨迹组织成树形结构，然后用多级假设检验方法中的序贯似然比检验来修剪树形结构的候选轨迹片段。该算法分成两个步骤，首先对图像序列进行预白化处理，经预白化处理的图像序列的噪声模型是零均值的高斯白噪声，然后应用序贯似然比检验。这里的检验统计量是候选轨迹点上的幅值累加和，把它序贯地与两个阈值进行比较。当检验统计量超过高阈值的被接受为目标轨迹，低于低阈值的被认为是噪声轨迹。当统计量介于两个阈值之间时则保留并等待下一图像帧再进行检验。经过这样不断地对树形候选轨迹进行修剪截断，直到第 k 帧通过阈值的最后截断找出运动目标的位置。即：

$$\sum_{j=1}^i x_j = \begin{cases} \geq a_i \Rightarrow \text{choose } H_1 \\ \leq b_i \Rightarrow \text{choose } H_0 \\ \in (b_i, a_i) \Rightarrow \text{go to Stage}(i+1) \end{cases} \quad (1-11)$$

对图像中的每个像素，按假设的目标运动轨迹累加各像素点，当累计亮度值超过了预定阈值 a_i 时选择 H_1 ；当累计亮度值小于预定阈值 b_i 时选择 H_0 ；当处于两者之间时，进入下一级测试。该算法逐帧对目标可能运动轨迹进行修剪，在一定程度上减小了计算量，但这需要在内存中维持一个复杂的数据结构，以牺牲内存为代价。

截断序贯似然比检验方法的树形数据组织与截断算法很有效，能够检测出多个做不同方向运动的目标。它的缺点是在信噪比较低的情况下，为了减少漏检概率，候选的轨迹起始点非常多，可能导致后面的树权急剧增多，出现组合爆炸，使计算量迅速增大。

4. 动态规划法

美国 Y. Barniv 提出采用基于目标运动状态变量及用动态规划技术，进行多判决的统计方法来对低信噪比条件下运动小目标检测^[19]。将动态规划应用于图像序列中移动点目标的检测与跟踪，由于它在一个图像序列的窗口中检测小目标，因此在一定程度上解决了速度失配、目标机动等问题^[20~24]。多帧目标检测与跟踪的动态规划算法通过在接收的序列图像数据中最大化可能目标轨迹的后验概率来确认目标。

动态规划算法存在相邻目标状态交叉关联的问题，即如果某几帧图像中目标的幅值较大时，则会检测出几条从这些像素点经过的目标轨迹，并使得在强目标附近的弱目标难以检测出来。另外，动态规划算法在信噪比很低时，无论如何增加处理帧数都无法提高目标检测的性能。基于动态规划算法的目标检测算法将在三维空间中搜索直线或曲线的问题转化为寻求代价函数局部最优化的问题，显然最优化过程不可避免地会带来巨大的计算量。

5. 我国在小目标识别检测方面的研究工作

国内在弱小目标检测方面也做了一些有意义的工作。熊辉^[25]提出了一种基于膨胀累加的检测算法，但文中只考虑了高空背景。彭嘉雄^[26, 27]提出基于直方

图的自适应门限背景抑制与小目标分割方法，并利用流水线管道结构检测目标运动轨迹。陈颖^[28]利用差分帧来构成组合帧，并沿不同方向对像素值进行累加，进而通过统计分析确定检测门限。此外，还有自适应空间预测滤波法^[29]、递归最大滤波^[30, 31]、逆推序贯检测算法^[32]、小波变换法^[33, 34]、遗传算法^[35, 36]、粗糙集算法^[37]、神经网络法等^[38~42]。

1.2.3 液体中微小异物检测技术

液体中的异物杂质检测在工业生产中有着非比寻常的意义。无论是在工业上还是民用上，杂质的存在将严重影响产品的质量，危及人们的健康。采用化学或生物的方法进行抽样检查，并不能完全保证产品的合格率，并或多或少地损坏样品，造成资源的浪费，而人工检查速度慢，依赖人的熟练程度和身体状态，影响检测的效果。本课题所要研究的基于机器视觉的液体中杂质检测方法，效率高，可以扫描所有的产品，不会产生副作用，属于无损检测范畴，具有非常广泛的适用范围。液体中异物微粒检测技术不仅在医药生产中应用广泛，在食品、生物、化工、环境等领域也被广泛应用，不同应用环境有不同的检测精度、要求和标准。

目前，对于液体中异物微粒检测的方法主要有光阻法、光散射法和光衍射法等。以下对其中几种常用方法做简要介绍。

1. 基于光阻法原理的检测方法

光阻法（Light-Blocking）是国际上流行的微粒检测技术之一。美国药典、英国药典和 2000 年、2005 年版中国药典都收录了光阻法来进行注射液中微粒异物的检查。光阻法微粒检测技术的基本原理为：光源发出的光由于受到液体中粒子的遮挡，光强减弱，光电器件检测到这一信号的变化，形成光电脉冲，该光电脉冲的幅值大小与粒子的粒径存在一定的关系。通过判断该脉冲的幅值大小，即可得到粒子存在与否和其中粒径的信息^[43~45]。例如，美国太平洋科学仪器公司生产的 HIAC 系列激光光阻法传感器就是基于该原理制作的^[46]。

但是基于光阻法原理的检测方法很不稳定，因为一般光源自身误差都在 5% 左右变化，美国国家标准局（NIST）的校准光源在采用最稳定的电源供电时误差也达 3%，所以很难判定光强变化是光源引起的还是异物微粒引起的，

结果误检率较高。

2. 基于动态光散射原理的检测方法^[47~50]

基于动态光散射原理 (Dynamic Light Scattering) 的检测方法是利用液体中微粒的布朗运动所造成的多普勒效应对溶液的微粒进行测量, 通过对某一固定空间位置上的微粒散射光强度随时间涨落现象的研究, 来获取待测微粒的粒度信息的方法。动态光散射又称为时间相关的光散射, 是测量光强随时间起伏的变化规律。如果粒子处于无规则的布朗运动中, 则散射光强度在时间上表现为在平均光强附近的随机涨落, 它是由于从各个散射粒子发出的散射光场相互叠加而成的。悬浮液中的颗粒由于受到了周围进行布朗运动分子的不断撞击, 而不停地进行随机运动, 在激光的照射下, 运动颗粒的散射光强也将产生随机的波动, 而且波动的频率与颗粒的大小有关, 在一定角度下, 颗粒越小, 涨落越快。动态光散射技术就是通过对这种涨落变化快慢的测量和分析, 得到影响这种变化的颗粒粒径信息。基于动态光散射的微粒检测方法主要针对亚微米和纳米级的微粒粒径测量和检测。

基于动态光散射和光阻法原理开发的光电微粒检测仪器主要应用在实验室和质检所里, 大多是离线的、抽样检测。

3. 基于机器视觉的液体中异物微粒检测技术

基于机器视觉技术的液体中微粒检测, 利用机器视觉技术获取待检测液体的图像序列, 利用设计的图像处理和模式识别算法实现对液体视觉图像中的微粒进行自动识别检测。

基于机器视觉的液体中异物微粒检测技术在欧美、日本等国家已经开展了相应的研究, 研发的全自动在线灯检系统已经在输液生产线上成功应用^[51~54]。但到目前为止, 国内有关液体中异物微粒视觉检测的研究成果还很少^[55~62], 更没有见到输液企业使用全自动在线智能灯检器械的报道和文献。

本课题的任务是基于机器视觉技术, 研究医用输液中的异物微粒检测的模式识别和图像处理算法, 实现医用输液中微小异物的在线检测, 并自动统计出其中不同粒径范围内的异物个数。

1.3 输液中微小异物视觉检测的难点分析

多年来,针对军事小目标,如雷达小目标、红外小目标、航空小目标、海空背景下舰船小目标的视觉检测已经相继提出了一些方法。这些算法都是针对具体环境提出的,针对性都很强,还没有一种可以应用于任何环境下、普遍使用的小目标检测算法。特别是在医药、食品等领域内有关液体中微小异物检测的研究更少。

本书是针对医用输液中微小异物目标进行识别检测研究的。根据中国药典对输液澄明度和可见异物的检查规定,结合输液中可能存在的异物以及成像系统的分辨率,实现输液中微小异物目标在线实时检测主要有以下技术难点:

(1) 输液中微小异物目标的检测,不仅仅要确认异物存在与否,还要检测出粒径大小和数量多少,最终根据具体标准判断产品合格与否。由于采用高分辨率的成像系统,有些小异物目标所占像素较多,作为点状目标识别时引起的误差较大,因此,尽管输液中异物微小,但是不能笼统的将输液中的微小异物都作为点目标识别,而是要根据视觉系统的成像分辨率和药典规定的检测精度将其中的异物分为点目标和面目标分别采用不同的算法检测。

(2) 由于输液视觉图像中背景复杂,噪声特性未知,缺乏目标和背景特征的先验信息。因此设计针对性的背景预测和抑制算法,对减少后续图像处理运算量、初步提高图像的对比度和信噪比,从而最终提高检测概率和降低虚警概率有着重要的作用。

(3) 对于输液图像中的点目标,由于其所占像素个数很少,缺乏目标的结构信息,可供分割与检测的信息很少,单从灰度来看,难于同噪声区别开来。由于单帧图像处理不能实现对点目标的可靠检测,必须采用基于目标运动特征的序列图像处理办法,边跟踪边检测,设法沿目标航迹积累航迹能量,提高信噪比,以达到抑制噪声检测目标的目的。研究运算量小、性能高、利于硬件实现的检测算法,是课题的又一个难点。

(4) 对于输液图像中的面目标,由于其所占像素较多,作为点目标检测时,检测概率较低。但是,这些面目标实际粒径尺寸仍然较小,形状、灰度等信息较弱,仅仅利用这些信息很难检测出目标,必须同时考虑目标的运动信息。针