

中文摘要

宽幅印刷胶片广泛应用于书籍、报纸等的印刷，所以其质量受到很大的关注。在胶片生产中，由于加工工艺、生产设备等条件的限制，会随机产生各种不同类型的弊病，进而影响了胶片质量。同时，在胶片生产过程中不能保证有效的质量控制，甚至在最后的整理工序仍采用传统的人工检测。由于传统的人工检测方法只能发现比较严重的弊病，并且漏检率高，从而极大限制了出厂胶片的质量。本文研制的宽幅胶片弊病在线检测系统就是用于胶片生产的整理工序自动地对胶片质量进行实时检测，及时发现弊病，以保证出厂胶片的质量。

本检测系统采用“检测机—服务器”并行处理模式。在红外光源提供合适照明的条件下，采用两台高速高分辨率线阵 CCD 摄像机实时对运转速度为 90m/min、宽幅为 1300mm 的胶片成像，利用简化了的平滑去噪和基于边界特征的图像分割处理算法对得到的图像进行处理，并通过双阈值判据及时发现弊病，保存弊病位置信息和弊病图像。系统利用编码盘计数方式确定弊病的纵向位置，横向位置由像素间的相对位置确定。服务器可以提供已检胶片的弊病报告，供实时掌握检测结果。

系统可以达到的检测能力：横向 80 μ m，纵向 500 μ m。系统具有非接触、无损伤和自动化程度高等特点。该系统已经安装在乐凯集团第二胶片厂的胶片整理车间，运行至今，系统运行稳定、抗干扰强，检测结果可靠、准确，各项指标符合实际生产要求，给企业带来了良好的效益。

关键词：弊病检测，实时检测系统，胶片弊病，数字图像处理，CCD 成像

ABSTRACT

Wide imagesetting film has been widely used to print book and newspaper. Therefore, the quality is concerned much. During the process of manufacture, various defects appear stochastically because of processing techniques and production facilities, which directly influence the quality of film. At the same time, there isn't effective quality control during the course of manufacture, even in the last process the conventional inspection manually, which can only seek out severe defects and also miss out much film's inspection, is also used at present. As a result, the quality of film is limited and not perfect. The dissertation introduces an on-line inspection system of wide imagesetting film defects for automatic quality control in finishing process.

The inspection system employs the parallel processing architecture with two detection computers and a server. With the infrared uniformity illumination, two high-powered linear CCD Cameras capture images of running film (wide: 1300mm, speed: 90m/min) in real-time, which are then processed by means of the simplified algorithms integrating smooth filter and edge image segmentation. The system uses two summation thresholds to detect existence of defects in time. When a defect appears, the system automatically saves all the information of the defect including its image. The system gets the longitudinal position of defects with encoding module, while the transverse position is calculated from the image. The server can provide defects report of the film detected in order to get the inspection result in time.

The system resolution is as high as $80\mu\text{m}$ in horizontal direction and $500\mu\text{m}$ in the vertical direction. Having run for several months in the second film factory of Lucky Group, the system shows such performance as steady running status, good anti-jamming ability and reliable inspection results, which fit the production requirement finely, and brings the factory much benefit.

Key words: defect detection, real-time inspection system, film defect, digital image processing, CCD imaging

独创性声明

本人声明所提交的学位论文是本人在导师指导下进行的研究工作和取得的研究成果，除了文中特别加以标注和致谢之处外，论文中不包含其他人已经发表或撰写过的研究成果，也不包含为获得天津大学或其他教育机构的学位或证书而使用过的材料。与我一同工作的同志对本研究所做的任何贡献均已在论文中作了明确的说明并表示了谢意。

学位论文作者签名：莫绪涛 签字日期：2005 年 7 月 28 日

学位论文版权使用授权书

本学位论文作者完全了解 天津大学 有关保留、使用学位论文的规定。特授权 天津大学 可以将学位论文的全部或部分内容编入有关数据库进行检索，并采用影印、缩印或扫描等复制手段保存、汇编以供查阅和借阅。同意学校向国家有关部门或机构送交论文的复印件和磁盘。

(保密的学位论文在解密后适用本授权说明)

学位论文作者签名：莫绪涛

导师签名：刘义群

签字日期：2005 年 7 月 28 日

签字日期：2005 年 7 月 28 日

第一章 绪论

印刷业是仅次于汽车工业和石油工业的第三大产业^[1]。统治近现代印刷业400年的霸主^[2]——铅活字印刷，随着新技术革命的兴起，尤其是电子计算机的广泛应用，已经被计算机编辑、激光照排新技术全面替代。目前，国内无论书刊印刷还是报纸印刷，大多采用激光照排系统^[3]，而激光照排离不开激光照排胶片。国内生产激光照排胶片的有乐凯集团第二胶片厂、上海申贝办公机械有限公司感光材料厂和天津远大感光材料公司^[4]。国产的印刷胶片已经能满足印刷工艺的要求，不仅被国内印刷企业广泛地使用，而且有部分产品出口外销。但另一方面，在印刷胶片的高端产品方面，我国和国际知名品牌还存在相当大的差距，仍需大量进口。究其原因，是由于胶片生产各环节的检测技术落后，即使是最后一个环节仍采用人工检测方法。为了提高国产印刷胶片的质量和生产效率，减少高端胶片的进口数量，研制适应国内现状的有效的检测设备有着极其重要的意义。

受益于计算机技术、微电子技术、网络技术以及数字图像处理技术的发展，本文研制了一套用于胶片生产的整理工序的弊病在线检测系统，它能够在不改变车间原来生产操作流程的情况下，自动地对正在高速分切成卷的宽幅大轴胶片进行实时检测，及时发现表面的弊病，给予工作人员以视觉和听觉的指示，并且记录弊病的位置信息，存储相应的图像，方便后续的各种工作。同时，系统的灵敏度可以根据不同的情况进行调整。该系统操作简单，运行稳定，适应工业现场，检测结果可靠，易于维护和升级。现已安装在乐凯集团第二胶片厂的整理车间，试运行期间，证明可以极大地改善检测的效果，保证了出厂胶片的质量。

1.1 印刷胶片的弊病种类

胶片生产过程是个复杂的多工序生产过程，需要在生产线上运行很长的距离，同时，由于国内生产线上的质量控制水平限制，再加上生产设备以及人为因素的影响，从而不可避免地会产生各种形态的弊病。这些胶片弊病产生具有随机性，从而很难概括出所有的弊病样本。

图1-1是乐凯集团第二胶片厂整理车间提供给的几种典型弊病样片的图像。

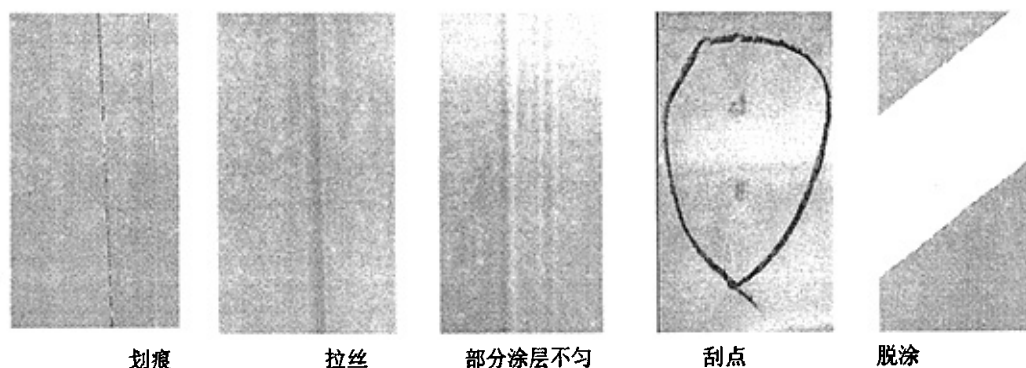


图1-1 几种典型弊病的图像

1.2 宽幅胶片检测技术的现状

表面检测技术在保证某些产品的质量方面有着重要的作用，比如印刷胶片、PS印刷板、薄膜以及钢板等。这些产品的生产线一般都是高速、宽幅面运行的，生产线各环节由于种种原因会对产品的表面产生损伤，从而影响产品质量。最初由于没有高速的检测技术支持而采用人工检测的方法，检测效果非常不理想^[5]。当高速物体闪过时，由于眼球的聚焦的限制，极易产生模糊，进而影响检测效果。后来发展到激光扫描自动检测^[6]，但是其中关键部件为运动的机械部件，并且对光学系统的安装定位要求非常严格。当前，随着工业CCD相机以及计算机性能的不断提高，再结合数字图像处理技术，造就了今天的自动检测系统，实现了高速、宽幅面生产线上产品的表面质量的智能的自动化检测。

一、国外现状

当前国外的表面缺陷检测设备已渐进成熟，大都是采用多台高速高分辨率的线阵或面阵CCD结合数字图像处理以及识别技术达到目的，光源、CCD及其相应处理单元、控制平台都有相应的模块，根据用户对被检测物体的宽幅、检测精度、检测速度的需求，可以很快安装到生产线上。并且检测系统可以应用于不同产品纸张、织物、电路板、玻璃、钢板和胶片等的表面或者整体的缺陷的检测上。可以提供给用户弊病的状态报告、弊病图像以及弊病的分类，同时提供对弊病的相应的位置做记号、发出警告信息等。

以美国Wintriss Engineering Corporation的Web Ranger表面检测系统为例^[7]，它由相机模块、光源模块以及用户端控制台组成。它的系统原理图如图1-2所示。通过多台智能（内部集成了处理功能）线阵CCD对相应宽幅被检物表面进行实时图像获取与处理，利用编码盘得到相应的位置同步信息。一旦发现弊病信息，CCD将通过网络把数据和图像信息传给主控台，完成相应的弊病的报告、分类、

各种统计和分析。

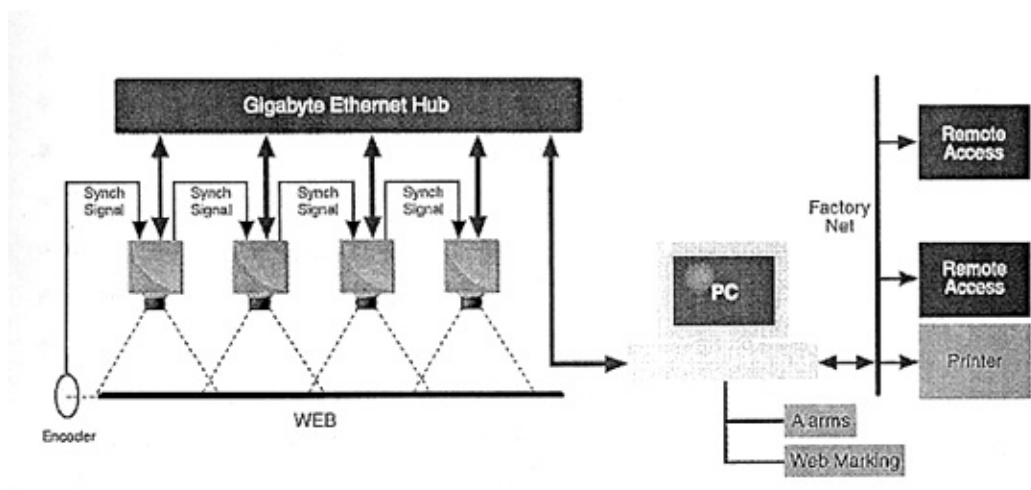
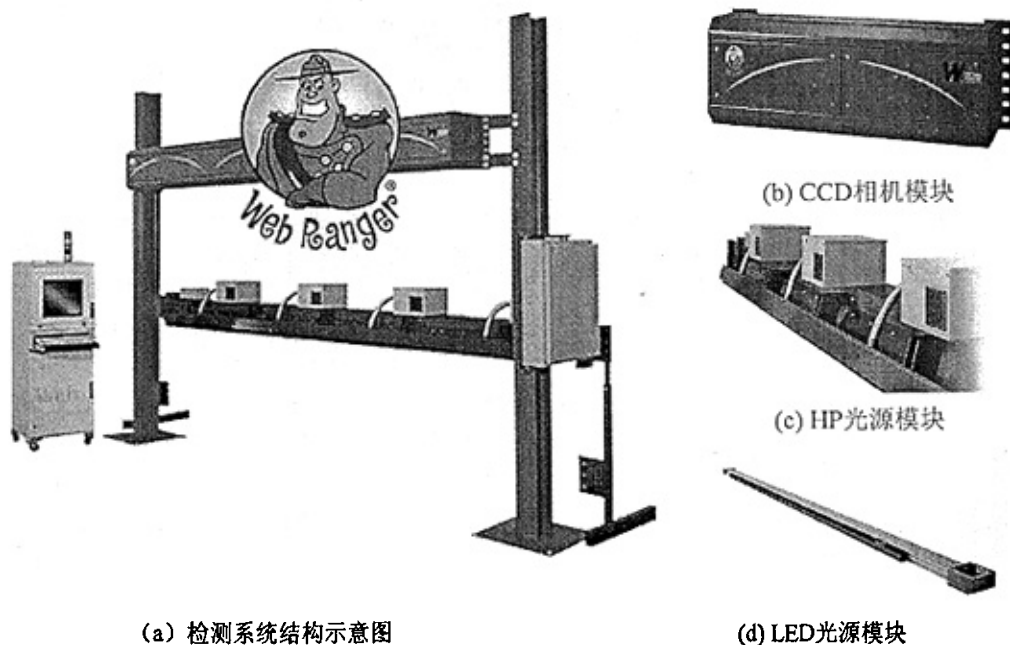


图1-2 Web Ranger 表面检测系统的原理图

结构示意图以及相机模块和光源模块，如图1-3所示。



(a) 检测系统结构示意图

(d) LED光源模块

图1-3 Web Ranger 表面检测系统的结构以及各模块实物图

检测系统可以达到的技术参数：

- 系统可以检测物体：塑料、玻璃、纸张、金属、薄膜和胶片等；

- 可以检测到的缺陷：刮痕、脏点、裂缝、边缘裂缝、破洞、气泡、凹痕、皱纹等；
- 被检物宽幅：没有限制；
- 被检物速度为：可达2000feet/min（约合600m/min）；
- 可检出的弊病尺寸：10 μ m；
- 获取速率：每个相机的数据速率可以达到40MHz；
- 照明方式：具有反馈控制的光照强度可调的背光照明和前方照明可供选择；
- 网络配置：100M以太网；
- 输入、输出：8路光输出通道和22路数字输出通道，2路光电隔离的D/A输入通道和4路数字输入通道；
- 系统的功能：实时缺陷统计，弊病图像显示，弊病分类，弊病数据库，趋势分析，弊病报表等；
- 报价：最低配置\$50,000，多则大于\$100,000。

典型应用案例，检测设备应用于薄膜生产线上，如图1-4所示。

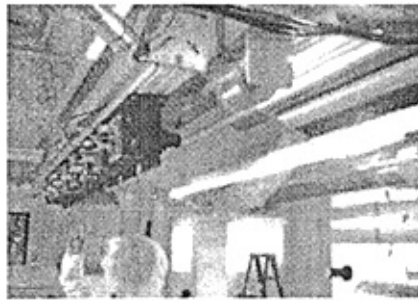


图1-4 Web Ranger 表面检测系统应用在薄膜生产线上

另外，还有德国E+L公司生产的ELSYS表面监测系统^[8]，日本的Ayaha Engineering Co.,Ltd.生产的FITS-BS表面检测系统^[9]，都和Web Ranger检测系统具有类似的性能。

二、国内现状

国内的表面检测设备与国外有着较大差距，大部分仍处在样机研制和完善阶段，只有很少的成型设备有报道和记载，并且检测设备集中在对带钢表面的检测上，比如由北京科技大学研制的用于带钢表面质量在线检测系统。目前国内的可以用于胶片检测的有台湾源浩科技股份有限公司生产的连续薄膜/平板缺陷检测系统 Web-Scan 4000。

台湾源浩科技股份有限公司生产的连续薄膜/平板缺陷检测系统 Web-Scan

4000^[10]，以快速、高解析摄像机（CCD Camera）配合数字图像处理(Digital Image Processing) 及精密光学设备，作整合性之缺陷检测及讯号控制。

系统组成：

- 光学部分：高解析摄像机附精密光学镜头及可调式固定支架组；
- 照明部分：高瓦数照明设备；
- CPU与数字影像部份：数字影像处理接口器(Real Time AD Conversion)、快速运算CPU组及影像处理/影像强化功能及网络联机、17寸彩色屏幕、彩色打印机一组、操作键盘；
- 电气及控制部份：含精密级电子稳压器电源主控I/O控制、Alarm灯号及 Speaker、Mark机控制、固定、支架与封板(防尘、遮光及保护)

应用的产业：

- 金属工业：如铜片、钢板、铜箔、铝箔等。
- 塑化工业：如PP、PE、PET等塑料薄膜、胶皮、胶片。
- 纤维工业：如纺织品、不织布、玻璃纤维与造纸业。
- 电子工业：如液晶玻璃平板与偏光片、铜箔基板(CCL)等。
- 复合材料之积层、胶合、精密涂布等合成作业，如玻纤含浸树脂片
- 多层次加工：如冲孔、印刷、曝光及蚀刻等工序监控。

可检出的缺陷：(φ 0.1mm~0.25mm，线速800m/min以上)

1. 表面缺陷(Defects)：如刮痕、皱折、垫伤(Pits and Dents)
2. 针孔(Pin Hole)：穿透型小孔洞。
3. 气泡(Bubble)：透明材质，内部非穿透型者或贯穿型破孔。
4. 斑点(Spot)、杂质、外来污染(Dirt, Inclusion)。
5. 蚊虫粉屑(Foreign Matters)。
6. 边缘破损、裂缝、经纬线断裂。
7. 材质不均、氧化变色(Stain)等。
8. 其它：与原材料明暗对比超过灰阶 ± 20 之异物

三、现状分析

从上面介绍的国内外的检测设备的情况，可以看出国内检测设备与国外的差距。同时，还可以看到，国外的检测设备主要用于产品的连续生产的生产线表面的检测，功能比较完善，技术比较成熟，但价格相当昂贵。国外的知名的胶片厂商，通过采用上述的技术在胶片生产的前几道工序就有效地发现并剔除了弊病，因此不需要在整理工序设置弊病检测环节。

对于国产胶片的生产线，即使在整理工序前的工序上安装了国外先进的检测

设备,也会由于胶片片本身的缺陷、生产工艺水平和生产设备的限制,使得相应的检测变得没有很大意义,只有在整理工序中才有必要安装检测设备。另一方面,整理工序的工作情况却不同于生产线运行情况。它的目的是把生产线上经过前面各工序得到的大轴胶片(卷长一般1850m,宽度可达1300mm)分裁成即将出厂的各种用户要求规格的小卷片子,一般卷长30m或者60m,宽幅从390mm~1100mm不等。因此,整理工序中需要30m或者60m一停设备,并且在不到30m或者60m时还会由于片路不正或者发现严重弊病(如脱涂)而要停车。考虑到上述情况,为了满足国内胶片生产线的特殊情况,迫切需要一套应用于国产印刷胶片整理工序的检测设备。

1.3 本课题的目的和意义

本课题是与乐凯集团第二胶片厂合作的项目,以前整理车间对于胶片的质量检测采取的为:人工实时检测和抽样检测相结合。具体操作步骤:

- 1、在暗室把每大轴胶片的前 2m 裁下,拿到明室进行人工检查,如果没有缺陷将在整理车间进行分切;如果发现划痕、擦伤等缺陷,本大轴片子将暂时不进行分卷裁切;
- 2、大轴胶片裁成小卷胶片的过程中,由一人在暗室中在微弱的透射和反射的保护光的辅助下,实时对胶片进行目视检查。同时通过手感触胶片进行触觉检测。如果发现问题,那么本小卷的胶片就要捡出来,或者回收或者改裁(裁成宽幅较小的小卷);
- 3、对分切后的小卷胶片,从卷前裁下 15cm 作为片样,检查其表面质量情况,如果发现问题,那么本小卷的胶片就要捡出来,或者回收或者改裁。

可见,上述检测方法存在着比较大的不足。首先,仅仅通过2m的长度来预测1850m以及通过0.15mm来预测30m的胶片状态,同时由于中间采用的为人工检测,显然存在着不足;其次,人工目视检测在90m/min的条件下,对于划痕、擦伤等缺陷无能为力,所能看到的仅仅为大块脱涂以及接头(片基的接头)、某些严重的刮点(把乳剂层都给刮破,透射光作用)等缺陷。通过训练的手的感触也能检测出部分缺陷,但是由于速度很快,只能检测出长度较长的划痕或者比较严重的擦伤;更严重的是,由于生产线很高的速度以及暗室工作条件,眼球无法及时聚焦,产生运动模糊感;长时间的连续工作会造成疲劳,很可能产生漏检和误判。对于那些人工不能检测到的弊病,如果小卷的片样也没有检查出不足,将给用户带来麻烦,降低产品的信誉度。同时,由于胶片弊病产生具有随机性,所

以必须对胶片进行全面检查。鉴于以上情况，乐凯二胶厂签约让我们研制一套满足实际要求的自动化检测系统。

本课题研制了一套适应乐凯二胶厂整理车间实际情况的检测样机，该系统在不改变原来操作顺序的前提下，利用机器视觉代替了传统的检测方式，提高了胶片检测的精度和效率，极大地保证了出厂胶片的质量，增强了国内产品的竞争力，有着较大的经济价值和社会价值。

1.4 本论文的主要工作

本文详细阐述了研制成功的宽幅胶片表面弊病在线检测系统的设计和实现过程。在对现场认真考查的基础上，模拟现场情况搭建了实验装置，利用图像检测相关的知识，完成了系统的硬件、软件的设计，并设计了适合现场的机械结构，真正地用于生产现场。主要的工作有：

1、系统方案的确定

通过分析系统的实际要求，并参考国内外检测设备的实现方案^{[11] [12]}，确定了系统的方案：在近红外光源提供反射式照明的情况下，通过两台高速高分辨率的线阵CCD相机对高速运动的胶片表面成像，将图像数据分别送给相应的检测计算机进行实时的图像处理，发现弊病；同时，利用连接到主动轴上的编码盘得到胶片弊病的位置信息。利用编写的检测计算机软件，实现弊病报告的生成、保存相应的弊病图像以及提供弊病的指示；另一方面，两台检测计算机通过网络连接到服务器上，服务器完成报告的合并以及在线查看弊病图像，离线查询等。

2、硬件系统的设计与实现

- a) 红外光源的设计与制作：通过实验验证，采用波长为940nm的LED阵列、朗伯光滤波器组合，并且设计了光源电路板和光源的整体机械结构，满足了成像系统的在合适位置和角度均匀照明的要求。
- b) 成像部分的设计：根据合同对系统的要求，选用合适的 CCD 摄像机，并配合采用相应的图像采集卡；按照具体的成像关系及成像特性，选用适当的成像物镜；设计了具有可调功能的镜头和相机之间的接圈，组成成像系统。
- c) 弊病定位系统的设计：采用编码盘和光斩波器对运转的胶片长度产生计数脉冲，传给检测计算机中PCI计数板卡的相应计数器进行计数，以实现弊病的精确定位。
- d) 明暗室的信号传输及控制电路设计与制作：为使计数信号以及整理工序的操作信号由暗室传到明室，设计了相应的明室电路板、暗室电路板，

并制作了相应的机箱。设计中充分考虑了系统的抗干扰性。

- e) 系统机械结构部分：设计了将成像部分、光源部分安装在整理设备上的机械部分，设计中考虑了可调整性。

3、软件系统的开发：

软件分为检测计算机软件和服务端软件部分。遵循软件设计的思想，通过和整理车间的领导和一线工人的深入研究，对本系统软件做了需求分析的基础上，利用当前流行的界面化的编程语言开发了一套适应一线工人操作的软件。特别是提出了一种快速弊病检测算法，适应实时检测的需求。

- a) 检测计算机软件：一套完善的检测系统软件需要提供系统调试和自动检测两大功能，在对各模块功能进行细化后，利用Visual C++ 6.0开发了一套检测计算机软件。软件开发调试中，充分认识到干扰给工业应用软件带来的影响，在代码编写上加入了软件抗干扰功能，保证了系统的正常运行；同时，软件设计中避免了各种误操作的发生。自动检测功能一旦正常启动，无需进行其它操作即可实现一大轴胶片的自动检测。
- b) 服务器软件：服务器的主要功能是合并两台检测计算机上的弊病报告以及将弊病信息和相应图像的对应，做出弊病统计信息以及提供必要的辅助功能。据此需求开发了相应的服务器软件。

1.5 本论文的创新点

本文的创新点包括：

1、提出了一种满足高速宽幅胶片实时检测要求的检测算法，它对线阵CCD得到的单行图像数据采用简化的平滑滤波和基于边界特性的图像分割算法，并且采用两级累加阈值判断弊病的有无，保证了系统的检测能力。

2、采用了“检测机—服务器”模式的检测系统，合理地将检测任务分配给不同的计算机，同时采用两台高性能线阵CCD相机的交叠视场检测方案，达到了良好的检测效果。

3、集成了软硬件部分，做成了实用的样机，并成功运用到生产之中，保证了出厂胶片的质量。

第二章 检测系统的原理和组成

根据整理车间胶片生产流程和对检测系统的技术要求，提出了检测系统的方案，并详细介绍了检测系统的原理以及各组成部分。

2.1 整理车间的生产流程

整理车间的主要的任务就是，将长约1850m的大轴胶片通过裁切设备裁切成用户要求的宽幅规格不同的长30m或者60m的小卷胶片，过程中要对胶片的质量做人工检测，以控制出厂胶片的质量。

大轴胶片的宽度规格主要有1320mm、1260mm、1170mm和1070mm，长度一般为1850m。而用户所需要的规格（宽幅×小卷胶片长度）却有很多种，比如1.2m×30m，0.76m×30m，0.62m×30m，0.39m×30m，1.03m×60m，0.55m×60m等等。为了得到如此多规格的小卷胶片，必须采用分裁设备。它可以通过手工调节分裁设备上几个切刀之间的相对距离来得到各种不同的规格，如图2-1所示。

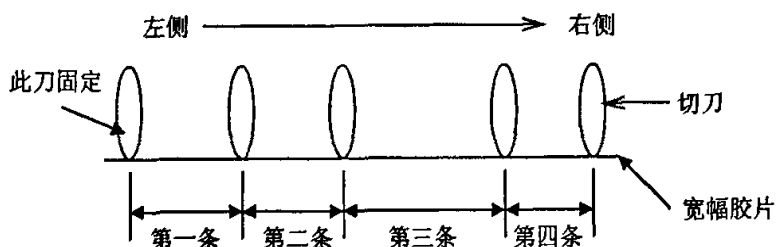


图2-1 切刀的设置

最左侧的切刀位置固定不动，其它切刀以它为基准，各切刀的位置根据用户所需的规格（车间称两刀中间的一段为一条）设置，条数最多分4条。

具体的生产流程如图2-2所示。明室条件下，根据用户所需规格调整好切刀的位置后，将已进行过2m抽检合格的大轴胶片装到设备上，然后转换到暗室条件下进行下面的操作。去除大轴胶片的保护罩，将胶片沿设备的正常片路装到设备上。将设备的米数计数器复位，然后启动设备的裁切工作，同时，在大轴胶片的附近有一个检测工对胶片的表面弊病进行如前一章所说的目视和手触检测，发现严重弊病（如脱涂）时，将设备停下，将相应小卷检出报废；如果发现局部弊病时，只将弊病所在的小卷检出进行下一步的改裁（将弊病所在部分排除后裁成宽幅窄的小卷胶片）或者报废。设备达到事先设定的米数后，会自动停机，操作工

用刀片裁下相应小卷胶片交给包装工。接着，重复上面的操作：设备复位->启动->检测->卸下小卷。另一方面，由包装工裁下每小卷胶片的前面的15cm作为本卷的抽检样片进行检测，发现弊病后通过判断决定改裁或报废或者出厂，然后包装好小卷胶片。

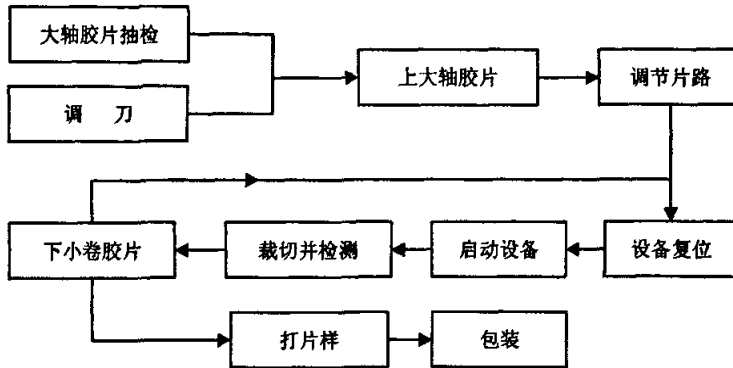


图2-2 检测车间小卷胶片的生产流程图

裁切过程中，可能碰到的情况有：

- 1、小卷胶片不够长度时，停机，然后继续启动直到达到设定的米数，比如设备故障、片路故障；
- 2、小卷胶片不够长度时，停机，对设备复位，进行下一卷的裁切，比如发现严重脱涂；

检测系统的设计，必须应该满足整理车间生产流程中的各种实际需求。比如，硬件设计中，检测系统需要得到设备的复位信号和胶片米数信息；软件设计中，必须适应生产的流程，以及满足各种分条情况带来的问题。

2.2 检测系统的技术要求

合同中要求达到的技术参数：

1. 被检胶片宽度：1300mm
2. 胶片生产过程运行速度：90m/min
3. 检查出被检胶片上的划痕、拉丝、部分涂层不匀（反射式）、脱涂、接头
4. 横向检测能力为 80 μ m，纵向检测能力为 500 μ m
5. 在线分析发现弊病，计算和记录弊病位置，并保存弊病图像
6. 生成小卷胶片的弊病报告统计以及由大轴胶片分切成的各小卷的弊病情况统计
7. 离线后能够调出弊病信息，以便人工进行判断分析

8. 提供阈值可调功能，以控制废品率
9. 要保证软硬件的可靠性

2.3 检测系统工作原理

我们可以通过检测局部区域的表面特性和与之相邻表面特性的差异，来判断此局部区域是否出现弊病^[13]。实验表明，在光源提供照明的情况下，存在弊病的区域和其附近的正常区域对应图像的像素灰度值不同，从而我们可以利用胶片对应图像中相邻像素之间的灰度的差别对其进行检测。

根据系统设计的要求，设计了胶片检测系统^[14]，总体原理图如图 2-3 所示。

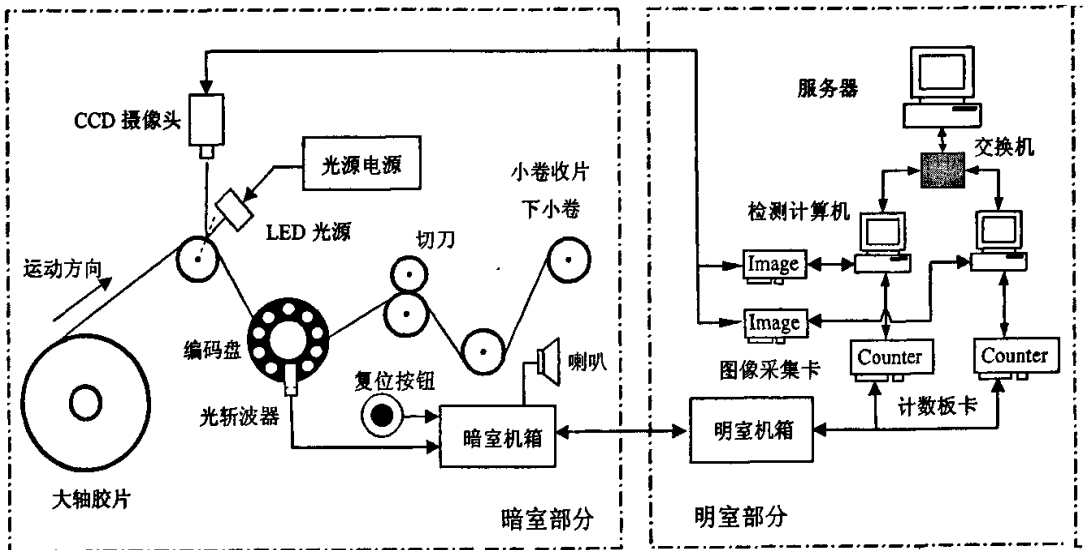


图 2-3 宽幅胶片弊病在线检测系统的原理图

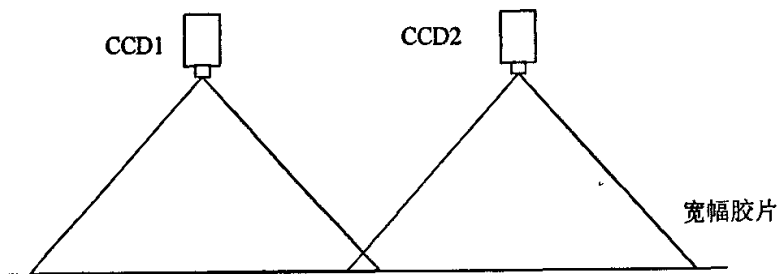


图 2-4 两 CCD 相机成像示意图

检测系统由检测机和服务器两部分组成，检测机部分完成实时检测的任务并且存储相应的弊病信息和弊病图像，服务器部分将检测机中的弊病信息进行整

合，给出实际需要的弊病报告，并给出相应弊病的图像链接。如图 2-3 所示，大轴胶片安装在整理设备上，并且片路调好以后，将检测设备的米数计数复位，启动运转按钮，宽幅的印刷胶片开始在主动轴的驱动下，沿胶片片路高速运转。在红外光源对运动胶片均匀照明下，两台高速线阵 CCD 摄像机对其进行实时成像（两摄像机的视场有交叠区域，如图 2-4 所示），并且送到检测计算机中，利用检测计算机软件对得到的图像进行实时的处理，并且判断有没有弊病出现。另一方面，主动轴的一侧安装有编码盘，编码盘随主动轴转动，安装在编码盘边缘的光斩波器，将编码盘上小孔的有无转换成计数脉冲信号，传到暗室机箱，对信号整形后转换成适于远距离传输的 RS-232 形式的信号，传到明室机箱后，将信号复原成普通信号，然后送入检测计算机中的计数板卡，进而转换成对应于胶片检测长度的计数值的变化。当软件检测到胶片存在弊病时，会自动读取当时计数器中的计数值，并转换成相应的胶片的纵向位置信息，软件会自动将相应弊病的横向、纵向位置信息写入相应卷、相应条的弊病报告中，保存弊病图像，给暗室喇叭以警示。一卷结束，检测设备恢复到起始状态，软件也会恢复到“等待新一卷的到来……”状态，接着重复上面的循环。

2.4 检测系统的组成

整个检测系统主要分成硬件部分和软件部分。

一、检测系统硬件部分

1、红外光源模块：

由红外光源、12V 的稳压供电电源以及相应的机械结构组成，其中红外光源是由 940nm 的 LED 阵列和朗伯光滤波器组成。经曝光实验证实 LED 发出的光对被检测的胶片没有任何损伤；由于胶片宽幅较大，相应的照明光源采用 7 块光源电路板拼接组成；朗伯光滤波器的作用为一个比较理想的漫透射器件，以提高光照的均匀性。

2、图像采集模块：

由成像物镜、镜头接圈、CCD 摄像机、图像采集卡以及计算机组成，用于连续采集运动的胶片的图像，对于下一步的弊病检查至关重要。成像的好坏，直接影响处理的结果，为了保证理想的成像质量，必须考虑到光源照明、镜头的特性、CCD 相机的响应和成像条件等多方面的影响因素。

3、弊病定位模块：

弊病位置信息包括纵向位置信息和横向位置信息。纵向位置信息获取部分，由安装在主动轴一侧的编码盘和光斩波器、明暗室机箱、PCI 计数板卡和计算机

组成。光斩波器产生计数脉冲信号，通过明暗室机箱传给 PCI 计数板卡，以实时获得胶片长度的信息，从而确定了胶片弊病的纵向位置。横向位置信息则由得到图像中像素间的相对位置获得。

4、明室和暗室机箱部分：

明、暗室机箱主要由信号传输电路板和相应的供电电源组成。主要的目的就是为传输计数脉冲以获得胶片长度的信息，传输复位脉冲信号以获得新一卷到来的信号，同时还为 CCD 相机和信号传输电路板提供电源，

5、机械结构部分：

机械结构部分是系统的重要组成部分，一个完整的检测设备离不开机械部分的支撑，同时机械部分也给检测系统的各个部分提供正常工作的保证。

二、检测系统软件部分

软件是整个系统设计的重要部分，其实现的好坏直接影响系统运行的稳定性以及检测效果。本系统由于对实时处理的要求较严格，并且由于采用了两台 CCD 摄像机，所以必须采用两台检测计算机和一台服务器组成，相应的软件分成检测计算机软件和服务器软件。同时，为了适应实时检测的需求，提出了一种快速有效的弊病检测算法，

1、检测计算机软件是在 Visual C++6.0 的平台下，利用系统采用的图像采集卡以及计数板卡提供的二次开发的类库和接口函数开发实现的，主要功能包括：辅助系统调试到理想工作状态、设置合适阈值、实时检测胶片弊病、保存弊病图像以及弊病报告、给出实时的状态信息和反馈信息。由于工业现场的电气干扰较大，检测软件设计中充分考虑了各种可能造成干扰的因素，并且从软硬件两个方面做了努力。

2、服务器软件主要的功能是：合并两台检测计算机生成的弊病报告、查询检测到的弊病图像。

第三章 检测系统硬件设计

弊病检测系统的硬件主要由红外光源、图像采集、弊病定位、明室暗室机箱和机械结构部分组成。本章将详细地介绍检测系统硬件各组成部分的设计和实现过程。

3.1 红外光源的设计

我们所检测的对象为印刷胶片，属于易感光材料，所以，必须保证光源对胶片没有损伤。同时，为了得到理想的图像质量，以便下一步的图像处理，必须保证光照均匀并具有足够的照度。本文通过曝光实验证实，选用了 940nm 的红外 LED 作为光源的构成元素。通过实验确定合适照明时所需要的 LED 排数，在此基础上制作了光源电路板，然后通过多块电路板拼接满足了被检胶片对照明长度的需求。为了保证光照的均匀性，选用了朗伯光滤波器作为均衡光照的材料。最后，设计了机械结构，使它们成为一体。

一、曝光实验

被检测的胶片为激光照排片^[15]，主要有以下型号：LP-6328II、RL-II 和 LP-780。对于 LP-6328II 胶片，它主要适用于激光器波长为 632.8nm, 650nm, 660nm, 670nm 的激光照排机；RL-II 主要适用于激光光源处在 632.8nm~680nm 之间的激光照排机；LP-780 胶片，主要针对的为激光光源波长为 780nm 的红外激光照排机。为了对所有的胶片采用同一种照明光源，所以必须选择一种波长合适的光源。实验证明，波长 940nm 对于胶片来说为安全光。

在暗室中，将乐凯二胶厂提供的不同型号的胶片裁成长条，采用 940nm 波长的光源，分别进行时间分别为 1s, 15s, 1min, 5min, 30min 的曝光实验，经显影验证，对胶片没有任何伤害。

二、红外 LED 的技术性能

光源的组成元素 LED 采用的是台湾亿光电子工业有限公司生产的直径 5mm 的红外 LED，型号为 IR333/HO-A，其主要技术性能^[16]为：

- 峰值波长 λ_p ：940nm；
- 视角 $2\theta_{1/2}$ ：40°；

- 光谱宽度: 45nm;
- 正向电压 V_F : 1.2V(典型值);
- 高的辐射强度 E_e : 7.8mW/Sr(正向电流为 20mA 时的典型值);
- 材料: GaAlAs

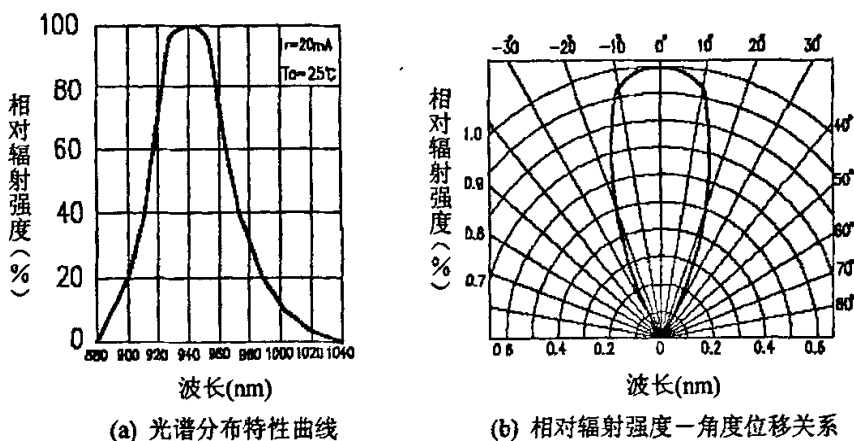


图 3-1 IR333/H0-A 特性曲线

由图 3-1(a), 光源在短波段方向上的截止频率为 880nm, 这对于被检测的胶片来说属于安全光。采用 LED 作为光源还有另一个优点, LED 的寿命比普通光源的寿命要长。

三、光源电路板的设计

系统光源是由 7 块光源电路板组成, 每块光源电路板是由 120 只红外 LED 组成。每块电路板中, 采用 10 支 LED 串联, 然后并联 12 组。为了保证光照的强度, 电路板宽度方向上分成四排排列。为了保证 LED 正常而稳定的工作, 使得 LED 工作在典型电压 1.2V 下, 所以, 供电电源采用 12V 的稳压电源。之所以采用稳压电源, 是为了防止电源电压的不稳定造成的光照的不稳定, 以及由此而引起的 LED 的寿命减少。

图 3-2 为单块光源电路板实物图。它采用单面板结构, 尺寸为: 214mm×70mm, 系统采用的为 7 块电路板组成, 所以光源长度为: 214mm×7=1498mm, 这对于宽幅最多为 1300mm 的胶片来说已经足够。

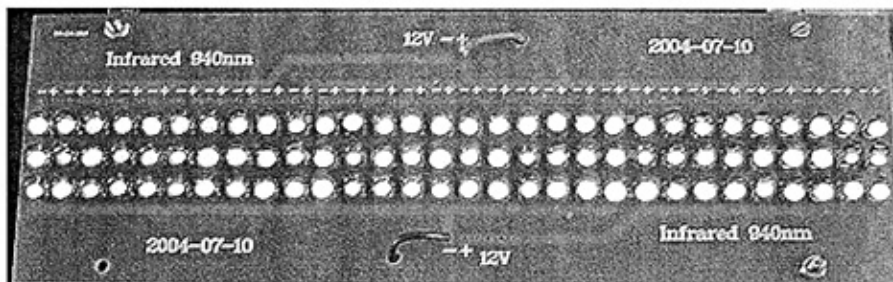


图 3-2 光源电路板实物图

四、照明方式^[17]的选择

照明方式是系统中的一个重要部分，它对系统的整体性能起着非常关键的作用。照明可以分成两种不同的方式，一种是明场照明，一种是暗场照明。所谓明场指的是，得到的背景的对应该像素较弊病对应像素要亮，如图 3-3(a)所示。相应地，暗场指的是，背景为暗的，而弊病对应的像素是亮的，如图 3-3(b)所示。

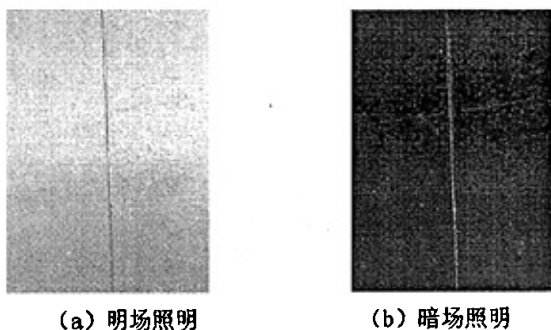


图 3-3 明场照明和暗场照明下得到的弊病图像

图3-4表示了明场照明(图3-4(a))和暗场照明(图3-4(b))的工作原理。明场照明使用的是漫射光,由于漫射光的入射角有一个很大的范围,因此摄像头的角度可以有一活动范围(不用进行精确的定位),给光源结构的设计带来了方便。与明场照明相反,暗场照明使用的是平行光,而摄像头放置在不是反射角的位置上(一般是在垂直方向上)。如果反射表面是绝对光滑的,那么摄像头就采集不到反射来的光。如果表面上有三维缺陷(凹凸性的缺陷),那么此时反射角不等于入射角,这样摄像头就可以采集到反射过来的光。因此,暗场照明适用于三维的缺陷,如划痕、拉丝等。而明场照明,它适用二维的缺陷,比如涂层不匀、脱涂和刮点等。同时,在一定的检测能力范围之内,由于三维的缺陷也会衰减反射光的强度,所以,明场照明也可以检测到三维的缺陷。由于车间现场的空间条件的限制,考虑到对典型弊病的检测要求,采用明场照明方式作为本检测系统的照明方式。

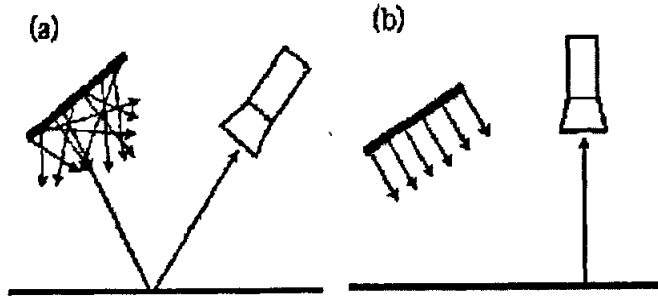


图3-4 照明的基本原理

五、光源机械结构设计

光源的结构如图 3-5 所示。光源结构采用箱体结构，箱体各面都是一块独立的板，相互之间用螺丝固紧，方便拆卸和更换电路板和朗伯光滤波器。光源两侧面板有螺纹孔，以便用于调节照明角度，并将光源固紧到整体结构上。箱体的前后侧面板上打有散热孔，将内部产生的热量排出。箱体的下面是光照出口，为了在检测胶片上得到均匀的照明，前面加了一层朗伯光滤波器。朗伯光滤波器的特性类似于毛玻璃，但是它有以下优点：重量轻，不用加工，易于更换，光强透过率较毛玻璃要高。它可以使得被检测胶片上有均匀的光照，同时，由于它发出的光具有朗伯（漫射）特性，所以，更适合于明场照明方式。

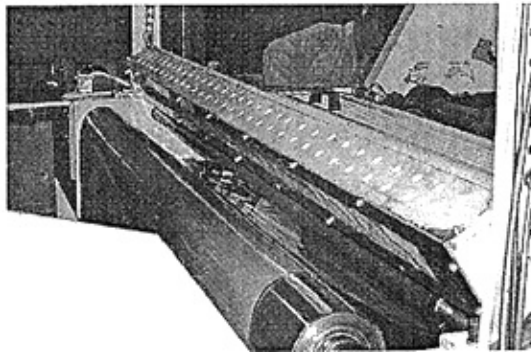


图 3-5 光源的实物图

此外，由于胶片的表面类似于镜面，所以，朗伯光滤波器会在胶片上成像，如果朗伯光滤波器的表面比较均匀的话，对检测不会造成影响。但是，由于朗伯光滤波器的材料和安装的原因，表面特性不可能做到理想，所以，为了避免朗伯光滤波器在胶片上形成的像对检测造成影响，应该让朗伯光滤波器的像不能通过检测光学系统成清晰像，可以通过拉大光源和胶片的距离来实现。但是，距离的拉大会造成被检胶片上光强的减弱，所以，实际安装时，应该在保证朗伯光滤波器的像对检测没有影响的情况下，光源应该尽可能的靠近被检测胶片。

3.2 图像采集部分

图像采集部分是系统的重要部分，其成像质量的好坏直接影响到下一步的处理。图像的采集部分包括镜头、镜头接圈、CCD 摄像机、图像采集卡和检测计算机。物体经过镜头成像到位于像面上的 CCD 光敏芯片上，CCD 对其进行光积分，并且通过量化后，转换成数字图像^[18]，通过 10m 长的电缆线，传到明室中的检测计算机中，为下一步的软件处理做好准备。为得到好的成像质量必须考虑以下几点：满足成像条件（物像关系）、可调焦、光源光谱和 CCD 相机的光谱响应的匹配、镜头在光源光谱波段的响应和光照。下面将详细地介绍有关图像采集部分的设计。

3.2.1 CCD 相机的选择

考虑到我们的检测所需要的只是图像的灰度信息，我们应该选择黑白 CCD 摄像机。根据检测的要求，横向的分辨能力要达到 $80\mu\text{m}$ ，宽幅为 1300mm，所以 CCD 相机在横向的像素数至少要为： $1300\text{mm}/80\mu\text{m}=16250$ ，而当前 CCD 的产品系列中没有横向像素数为这么大的 CCD 相机。所以，必须采用多个 CCD 相机组合，同时随着 CCD 数量的增加，相应的同步和控制技术的难度就随着增加，所以尽可能地少用 CCD 摄像机，考虑有没有横向像素数大于 $16250/2=8125$ 的 CCD 相机，调查发现有 8192 像素的 CCD 相机。所以，我们可以选用 2 台横向像素数为 8192 的 CCD 摄像机用于检测目的。

CCD 相机分成线阵和面阵两种形式。对于横向像素数为 8192 的相机来说，面阵的工业用 CCD 的造价要远远高于工业用线阵 CCD 相机，并且由于面阵 CCD 相机在合同规定的运行速度下极易产生运动模糊，因此得到的弊病图像不利于下一步的辨识工作。另一方面，由面阵 CCD 相机得到的图像数据最小为一帧，图像数据量很大（可达 48M），所以在图像处理上需要消耗较多时间，而线阵 CCD 却可以随意的设置虚拟的帧，利于进行实时的处理。同时，合同对纵向分辨能力要求达到 $500\mu\text{m}$ ，胶片的运行速度为 $90\text{m}/\text{min}$ ($1.5\text{m}/\text{s}$)，所以 CCD 相机每秒行扫描的频率至少需要为： $1500\text{mm}/500\mu\text{m}=3000\text{lines}/\text{s}$ 。再次，对于我们来说 CCD 相机在我们所选用的光谱波段的响应问题也应该尽可能大些，以减少光源横向宽度。此外，相机的其它性能比如增益调节、自带校正功能、曝光设置等等参数的设置应该方便，同时相机的质量应该有保证。最后，我们选用了加拿大 DALSA 公司生产的高分辨率线阵 CCD，型号为 P2-23-08K40。

P2-23-08K40 高分辨率 CCD 摄像机^[19]是一款工业用数字线阵 CCD 摄像机，

体积小，重量轻，并且使用单电源供电。数据率高达 160MHz，电缆连接和接口遵照 Camera Link 高速串行标准。相机具有高灵敏度，同时，在双采样校正 (CDS) 技术和平场校正算法保障下，提供稳定的一致性的输出。相机的每个输出通道的增益和偏置都可以通过软件设置。同时，相机还可以输出测试信号以诊断电缆或者系统故障。下面是它的主要的性能：

- 像素数：8192；
- 像元尺寸：7 μm ×7 μm ；
- 像素灰度：8bits；
- 行扫描速率：1000 lines/s~9000 lines/s；
- 平场校正功能，将传感芯片的固定模式噪声和光响应的不一致、镜头的渐晕和不一致的照明造成的影响减小到最小。
- 曝光控制和防开花现象；
- 光敏单元采用 PIN 光电二极管，成像滞后效应低；
- 软件可调参数：曝光时间、行扫描速率、增益、偏置等；
- 采用 Camera Link 接口方式；
- 12V 或者 15V 电源供电；
- CCD 相机的光谱响应曲线如图 3-7 所示，可以看出在 940nm 处的光谱响应还可以^[20]。



图 3-6 P2-23-08K40 摄像机实物图

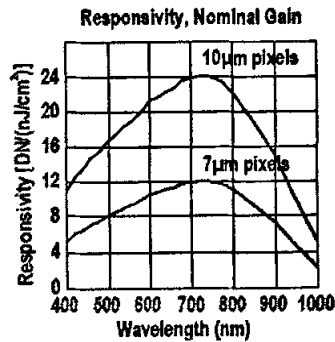


图 3-7 P2-23-08K40 相机的光谱响应曲线

其中，值得一提的是，相机的参数的调节相当方便，一般的 CCD 相机的调整通常是通过机械旋钮调节，而它却是通过 Windows 操作系统中附件中提供的超级终端软件实现，通过简单的命令即可实现对相机的行扫描速率、曝光时间和增益等的调节。更为重要的是可以通过命令，对光敏单元固有响应的不一致做出校正（暗校正），对镜头的余弦效应和光照不均匀造成的像场光照的不一致进行校正（亮校正）。上述参数设定好以后，可以通过简单的命令 wus 和 wps 将已经设

定好的参数存储到 CCD 相机自带的存储器中，下一次 CCD 相机上电后，将自动加载上次设置好的参数。

3.2.2 两相机交叠视场检测

由于采用了两台 CCD 摄像机对宽幅胶片进行检测，就要考虑如何放置两台 CCD 摄像机才能使检测达到比较好的检测效果。为了达到全检的目的，应该保证整个胶片宽幅都要被检测到，这就存在着两种情形：左右两侧 CCD 的视场没有重叠和左右两侧 CCD 的视场有重叠。

考虑一下我们所要检测的弊病的特征：对于划伤、拉丝、涂层不匀，它们都是沿运转方向的较长的线段，并且弊病横向宽度较小，最大也就是几个毫米；对于刮点，它们的横向尺寸较划伤等就要大些，可以达到 7~8mm；对于脱涂，它们都是与运转方向成一定角度并且横贯胶片整个幅面。注意到，如果一个弊病的图像被分到两个图像中进行处理，有可能均被作为噪声忽略。为了保证同时处在两个相机视场中的同一个弊病在同一个 CCD 得到的图像中进行处理，而不是在左右两计算机上各自处理一部分，我们应该使得两相机的视场在中间有一个交叠区域，交叠区域的尺寸理论上应该大于除脱涂弊病外的其它弊病的最大的横向尺寸。这样，同一个弊病就完全可以被一个 CCD 相机的视场覆盖。经过前面对弊病特征的分析，交叠区域的尺寸可以定为 10mm。

3.2.3 光路计算和成像物镜的选择

成像物镜是将物体成像到 CCD 光敏区域的器件。一个好的物镜，对于成像至关重要。按照通常对镜头的分类方法，本文所采用的镜头属于摄像物镜。对于摄像物镜来说，光学特性可以用焦距 f' 、相对孔径 D/f' 和视场角 2ω 表示^[21]。

本文中，被检测的胶片宽幅为 1300mm，由于采用两个 CCD 摄像机，并且为了保证对同一个弊病的完整处理而需要的 10mm 的交叠区域，所以成像的物方尺寸 $2y$ 为 655mm，像方尺寸即为单个 CCD 相机的光敏面尺寸，由上节中给出的参数可以算出： $2y' = -8192 \times 7\mu\text{m} = -57.344\text{mm}$ （负值表示成倒像）。

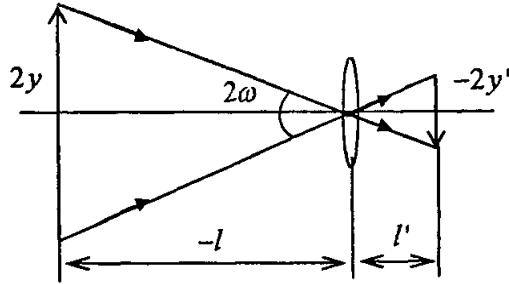


图 3-8 成像光路图

假设镜头的焦距为 f' ，其它尺寸如图 3-8 所示。按照理想成像公式，将 $2y$ 和 $2y'$ 带入公式(3-1)：

$$\begin{cases} \beta = \frac{l'}{l} = \frac{2y'}{2y} \\ \frac{1}{l'} - \frac{1}{l} = \frac{1}{f'} \end{cases} \quad (3-1)$$

(其中， β 为成像的放大倍率， f' 为物镜的焦距)

可以解得，

$$\begin{cases} l = -12.4 f' \\ l' = 1.09 f' \end{cases} \quad (3-2)$$

物像之间的距离 $dist$ 至少为：

$$dist = l' + (-l) = 1.09 f' + 12.4 f' \approx 13.5 f' \quad (3-3)$$

从而成像时得视场角为：

$$2\omega = 2 \times \text{tg}^{-1} \frac{y}{-l} = 2 \text{tg}^{-1} \frac{327.5}{12.4 f'} = 2 \text{tg}^{-1} \frac{26.4}{f'} \quad (3-4)$$

通常所见到的 CCD 摄像机的镜头的像场尺寸都比较小，最大可以达到 2/3inch 合 17mm，而我们的像场尺寸为 57.344mm，所以远远不能满足成像条件。考虑到我们使用的应该为摄影物镜，可以选用传统相机的镜头，如 135 相机、120 相机的镜头。

1、焦距：

在成像倍率一定的情况下，物镜的焦距决定了物像之间的距离，所以检测现场的空间尺寸限制了焦距的最大值，经测量发现现场最大可以利用的空间尺寸为 1400mm，所以由公式(3-3)可计算出可以选择的焦距为 $1400\text{mm}/13.5=104\text{mm}$ 。一旦焦距大于 104mm，光路必须改变方向，而这给成像设计带来了难度，同时也会由于采用反射器件而衰减成像光线。所以，尽可能选用焦距小于 104mm 的镜

头。

2、视场角

应该保证实际成像的视场角要小于物镜的最大视场角，因为只有在物镜的最大视场角之内，物镜的像差才是经过设计保证的。大于视场角，成像质量会急剧下降的。对于传统的相机，由于像面的尺寸都是确定的，从而镜头的焦距决定了镜头的最大的视场角。

对于 135 相机，像面尺寸为 $36\text{mm} \times 24\text{mm}$ ，假设镜头的焦距为 f' ，那么镜头的最大视场角为：

$$2\omega = 2\text{tg}^{-1} \frac{\sqrt{36^2 + 24^2}}{2 \times f'} = 2\text{tg}^{-1} \frac{21.6}{f'} \quad (3-5)$$

对于 120 相机，像面尺寸为 $60\text{mm} \times 60\text{mm}$ ，假设镜头的焦距为 f' ，那么镜头的最大视场角为：

$$2\omega = 2\text{tg}^{-1} \frac{\sqrt{60^2 + 60^2}}{2 \times f'} = 2\text{tg}^{-1} \frac{42.4}{f'} \quad (3-6)$$

由于实际的视场角为 $2\text{tg}^{-1} \frac{26.4}{f'}$ ，从而可以选用 120 相机的镜头。

3、相对孔径 D/f'

物镜的相对孔径用它的入射光瞳直径和焦距的比值 D/f' 表示，其值越大，物镜的理论分辨率和像面的照度越高。常见的摄像物镜，相对孔径多在 $1:4.5 \sim 1:2$ 之间。相对孔径大，可以更好地满足像面光照度的需要，特别是在拍摄的为运动的物体和光线不太足的情况下，相对较大的孔径可以增加它的采光能力。

综合考虑以上的限制条件，采用的镜头为长城牌 120 相机的镜头，焦距为 90mm ，最大相对孔径为 $1:3.5$ 。将焦距 90mm 代入前面得到的结果中，可知：物像之间的距离 $dist$ 为 $13.5 \times 90\text{mm} = 1215\text{mm}$ ，像距 l' 为 98mm 。镜头的最大视场角为 50° ，而本文的成像的视场角为 32.7° 。在此情况下，考虑到镜头的余弦四次方效应，成像边缘的光照强度为中心光照强度的 84.7% 。所以从视场角的角度来看，镜头完全可以保证成像质量。

从镜头的光谱范围看，传统胶片时代的照相镜头的有效光谱能够达到 $400\text{nm} \sim 1000\text{nm}$ 的范围。经过测量所选用的镜头的光谱响应，在 940nm 波长处的响应可以达到最高响应时的 50% ，可以满足要求。

经过实验验证，采用上述镜头可以满足成像的要求。

3.2.4 镜头接圈的设计

由于我们选用的镜头和 CCD 摄像机都是独立的器件，并且接口不同，CCD 摄像机提供的机械接口为 M72×0.5 的螺纹孔，而镜头的接口为 M39×1 的外螺纹。必须将它们通过接圈连接到一起，成为一个完整的成像系统。所以，必须设计适应本文成像条件的镜头和 CCD 相机之间的接圈。

接圈的设计必须注意以下几点：

- 1、要保证像距可调；
- 2、接圈、镜头和 CCD 相机的螺纹口同轴，尽量保证被检测胶片的像成在镜头的中心视场中；
- 3、成像距离调好后，具有锁定位置的功能；
- 4、内部需做消杂光处理，避免杂散光的影响；
- 5、重量轻；

参照上面对接圈的要求，本文设计了接圈，由两个零件组成。两个零件之间通过螺纹连接，有较大的调节距离，保证了像距的可调。同时在一个零件的侧面钻有螺纹孔，通过锁紧螺钉即可实现锁定位置的功能。零件的内部统一做发黑处理，并且尽可能多的加工内螺纹，二者结合可以减弱杂散光的影响^[21]。接圈、镜头和 CCD 相机的同轴，从机械零件加工的同轴度上做出要求得以保证。设计选用了轻质的硬铝 LY12 作为加工材料。设计的工程图如图 3-9 所示。

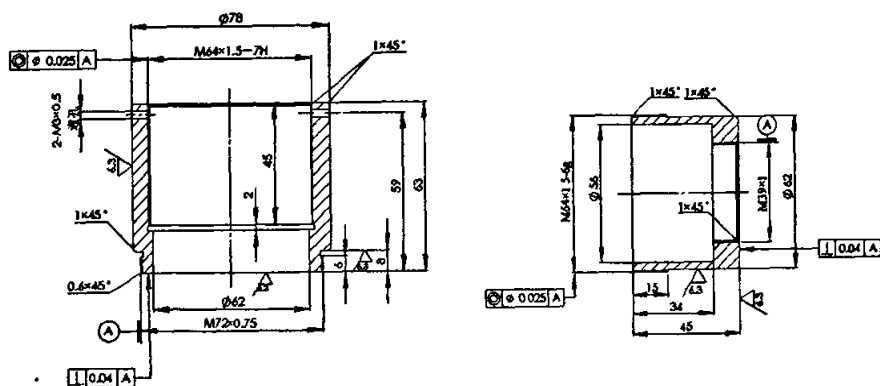


图 3-9 镜头接圈的工程图

3.2.5 图像采集卡和检测计算机

与 P2-23-08K40 线阵 CCD 相机配套的图像采集卡，我们采用的为 Coreco Imaging 公司生产的 PC_CamLink 板卡^[22]。PC_CamLink 板卡是一款工业用 PCI 总线

帧获取器，利用的是Camera Link数字相机接口技术。它采用了Coreco Imaging的高速图像传输结构，并且，可以适应高速、高分辨率和时钟速率高达62.5MHz的相机（符合Camera Link标准）。另外，PC_Camlink板卡上带有16MB的板上内存，用于维持采集所需的高速的数据转移率，保证了可靠的图像获取，从而可以减小CPU时间和防止数据的丢失。对于多通道数字摄像机而言，板上实时的图像数据重建显著地减轻了主机CPU的负担，从而给主机更多的时间用于处理和分析图像数据。当设置的帧的图像数据可以利用时，PC_Camlink可以驱动总线将图像数据直接传到主机内存中，可以维持120MB/s的总线主控传给主机，保证不丢失数据，并且降低了主机CPU负担。同时，还支持面阵和线阵CCD数字摄像机。PC_Camlink板卡可以直接插到普通的个人计算机的PCI扩展插槽中。PC_Camlink图像采集卡的方框图如图3-10所示。

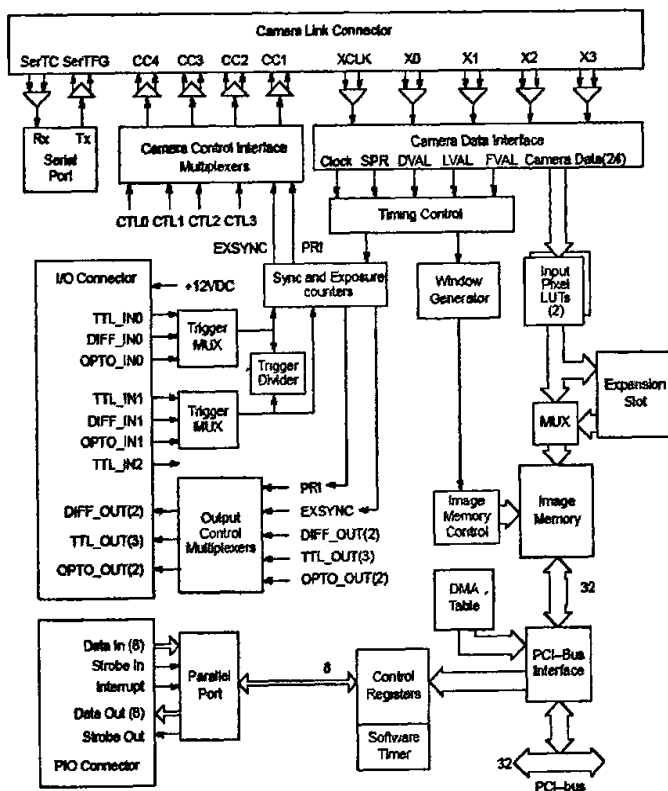


图3-10 PC_Camlink采集卡的方框图

板卡附带有用于二次开发的 IFC 驱动和板卡函数库^[23]，通过这些函数可以实现图像采集卡的初始化、图像采集等功能，方便项目的具体开发应用。值得一提的是，开发库中给出了两种图像采集方式，第一种称为抓拍 (Snap) 模式，类似与照相。使用时，在主机中开辟一片内存区，启动操作后就会将图像抓到内存

之中；第二种称为连续抓取（Grab）模式，类似于录像。使用时，在主机中开辟一块可以存储几帧图像的内存，形成一个环形的内存区域，启动操作后，函数会启动一个进程，抓到的图像数据将循环地放入到开辟的内存之中。利用这两种抓图方式，可以适应对抓图方式的不同需要。

本检测系统采用的为开天M4600型电脑，它采用的为P4处理器，主频2.8G，256M动态内存，显卡采用的为GeForce2 MX/MX400独立显卡（64M），17"纯平显示器。性能满足检测系统的需要。

3.3 弊病定位部分

对于宽幅胶片的检测来说，完整的弊病信息离不开弊病的横向和纵向（胶片运行方向）位置信息。对于横向位置信息可以通过采集到的图像数据推算得出。对于纵向位置信息，由于设备的运转存在着非均匀的加速和减速过程，从而不利于通过速度和时间的关系来计算出弊病位置，本系统采用编码盘对胶片的长度进行计数来解决弊病纵向定位问题。

3.3.1 弊病横向位置的定位

由于生产中，会根据用户需求将宽幅胶片裁成不同规格的几条，最多四条，最少一条，并且每条的宽度不确定。为了确定横向位置，我们以左侧第一把切刀对应的位置作为基准，首先推算出每一条的起始位置在左侧或者右侧CCD中对应的像素位置，然后还要知道得到的弊病在左侧或者右侧CCD中对应的像素位置，最后利用二者就可以计算出弊病偏移每条左边界的距离。

假设CCD1的物方视场为 l_1 ，CCD2的物方视场为 l_2 ，两相机的交叠区域为 l 。之所以两相机中间有交叠区域，目的为的是保证处在两相机视场交叠区域的较大的弊病能够检测出来。

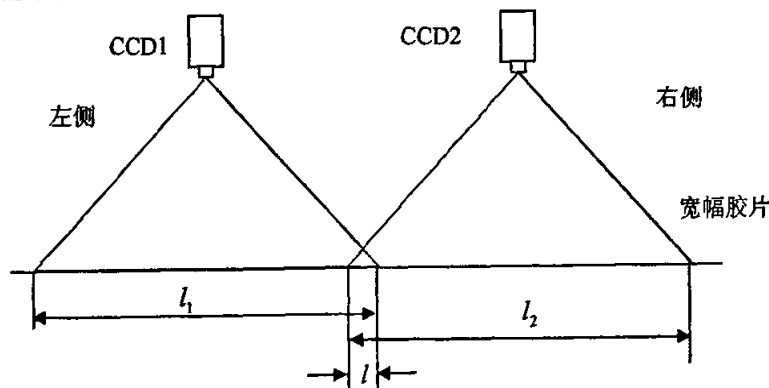


图3-11 弊病的横向定位示意图

过程中，应该考虑到：

1、当某一条的右边界处在交叠区域时，由于左侧计算机已经能够把这一条的完整的信息得到，所以对于已经被左侧检测过的部分，右侧计算机就没有必要重复计算。同时，该条右侧紧接着的一条，也完全处在右侧CCD的视场之中，所以对于这一被右侧检测的部分，左侧不需要对其重复计算。

2、当某一条的左右边界分别跨在交叠区域两侧时，那么左右两侧计算机都需要对交叠区域进行运算处理。

假设某一条的左边界偏离左侧基准的位置为 m ，本条的宽幅为 a ，设它对应的左边界和右边界分别在左、右CCD得到的图像中对应的像素位置偏移弊病所在图像左边缘的横向像素数（以后称为左、右边界对应像素的偏移量）分别为 p_{11} 、 p_{12} 、 p_{21} 、 p_{22} 。如果该条左右边界分别跨在交叠区域两侧时，我们规定 p_{12} 为8192， p_{21} 为0。可分成以下几种情况进行讨论：

$$\left. \begin{array}{l} 1、当 m \leq l_1 - l 时, \\ \\ 2、当 l_1 - l \leq m \leq l_1 + l_2 - l 时, \end{array} \right\} \begin{array}{l} \left\{ \begin{array}{l} 当 m + a \leq l_1 - l 时, \\ \\ 当 l_1 \leq m + a \leq l_1 + l_2 - l 时, \end{array} \right. \left\{ \begin{array}{l} p_{11} = m \times \frac{8192}{l_1}; \\ p_{12} = (m + a) \times \frac{8192}{l_1}; \\ p_{11} = m \times \frac{8192}{l_1}; \\ p_{12} = 8192; \\ p_{21} = 0; \\ p_{22} = (m + a - l_1 + l) \times \frac{8192}{l_2}; \\ \\ p_{21} = (m - l_1 + l) \times \frac{8192}{l_2}; \\ p_{22} = (m + a - l_1 + l) \times \frac{8192}{l_2}; \end{array} \right. \end{array} \quad (3-7)$$

确定了每一条的左、右边界分别在左侧或者右侧CCD相机得到的图像中对应的像素的偏移量后，如果知道了弊病在左侧或者右侧CCD相机得到的图像中的像素偏移量，就可以计算出弊病的位置了。

1、若弊病位于左侧部分：

假设知道弊病所在的条数为 k ，相应的条的左边界在左侧CCD中的像素偏移量为 p_{1k} ，且弊病在左侧CCD得到的图像中对应像素的偏移量为 x 。那么相应的弊病偏离本条的左边界的距离 y 为：

$$y = (x - p_{1k}) \times \frac{l_1}{8192} \quad (3-8)$$

2、若弊病位于右侧部分：

(1)、若弊病所在条的左边界在右侧CCD相机视场中：

假设知道弊病所在的条数为 k ，相应的条的左边界在右侧CCD中的像素偏移量为 p_{2k} ，且弊病在右侧CCD得到的图像中对应像素的偏离量为 x ，那么相应的弊病偏离本条的左边界的距离 y 为：

$$y = (x - p_{2k}) \times \frac{l_2}{8192} \quad (3-9)$$

(2)、若弊病所在条的左边界在交叠区域的左方，处在 $l_1 - l$ 范围内：

假设知道弊病所在的条数为 k ，相应的条的右边界在右侧CCD中的像素偏移量为 p_{2k} ，且弊病在右侧CCD得到的图像中对应像素的偏离量为 x ，那么相应的弊病偏离本条的左侧的距离 y 为：

$$y = a + (x - p_{2k}) \times \frac{l_2}{8192} \quad (3-10)$$

至此，就可以得到弊病的横向位置了，根据上述的计算结论，在下一章的软件编程中，实现与分条相关的各种处理，并且自动计算出弊病所在的条数，以及弊病偏离本条左边界的距离。

3.3.2 弊病纵向位置的定位

本系统的弊病的纵向位置的定位是通过编码盘计数的方式实现的。联结到分切整理设备主动轴上的编码盘对运动长度进行计数，并且通过暗室、明室机箱传到检测计算机中的PCI计数板卡的计数器模块进行计数。一旦发现弊病，检测计算机软件会通过读到的相应的长度计数值推算出弊病的纵向位置。

一、弊病定位方法

分切整理设备配备有用于实时得到胶片已经分切的长度的模块，它的长度信息的来源是通过接近开关对联结到主动轴一侧的齿轮的旋转计数得到的。如图3-12所示。由于设备设计中保证了胶片相对于主动轴不会出现打滑现象，所以，只要和计数轴的角度相对静止，即可得到准确的长度信息。

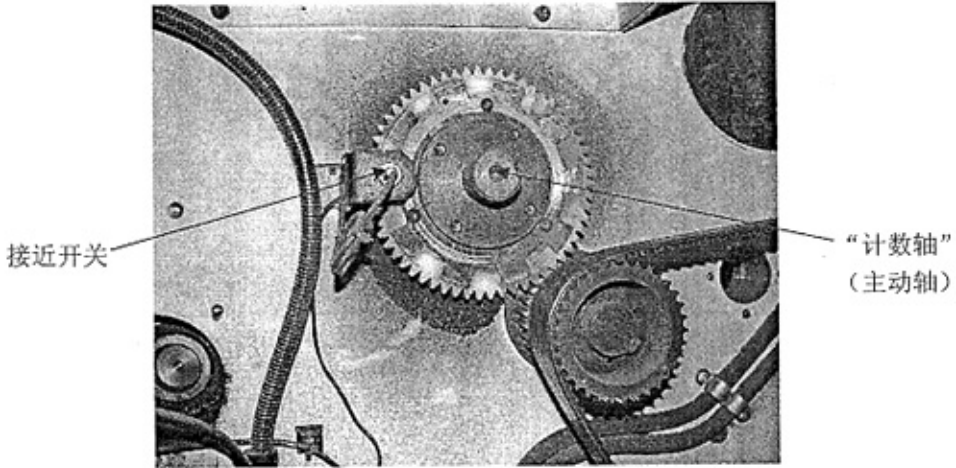


图3-12、设备的长度计数装置

本文中，编码盘联结到主动轴露出的部分，主动轴带动编码盘转动，光斩波器接收编码盘旋转产生的脉冲信号，通过暗室机箱中的整形、光电隔离^[24]后经过RS-232收发器传送到明室机箱中，明室的RS-232收发器对信号进行形式转化，并且通过光电隔离以及整形后，由插在明室计算机PCI扩展插槽中的PCI计数板卡的计数模块对其进行计数。根据主动轴的圆周长度即可以计算出已经检测的胶片的长度。其原理图如图3-13所示。

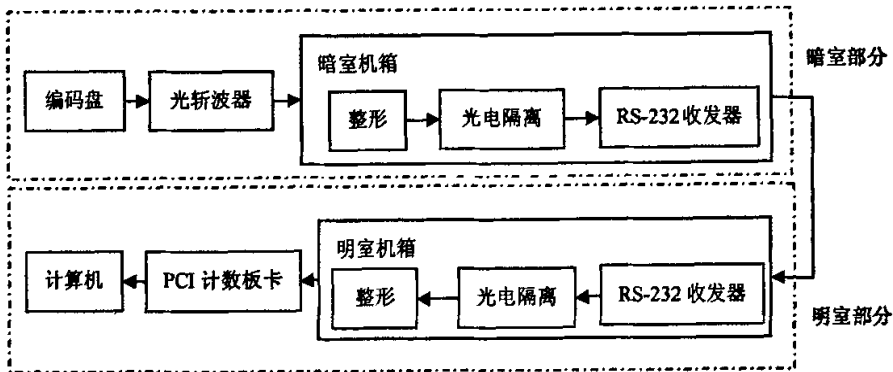


图3-13、弊病纵向定位部分的原理图

二、编码盘和光斩波器

编码盘是一个周边均匀分布20个圆孔的圆盘，其结构示意图如图3-14所示。

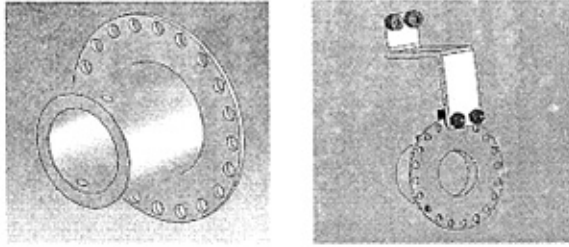


图3-14 编码盘的结构及其在设备上的固定示意图

码盘旋转一周，计数值变化量为20，因此由计数值换算成胶片长度的公式为：

$$filmLength = \frac{countNums}{holeNums} \times \pi \times D \quad (3-11)$$

其中， $filmLength$ 为胶片已经检测的长度， $countNums$ 为计数值的变化量， $holeNums$ 为编码盘的孔数， D 为主动轴的直径。文中，编码盘的孔数为20，主动轴直径为150mm，从而每个计数值代表的胶片长度为23.562mm。

光斩波器采用的为台湾亿光电子工业公司生产的型号为ITR20301^[25]的红外光斩波器，如图3-15所示。它由相对布置的发射端和接收端构成，发射端是一个峰值波长为940nm的GaAlAs红外发光二极管，接收端是一个NPN型的光电晶体管，它具有响应速度快和灵敏度高的特点。当不透明物置于发射端和接收端之间的狭槽时，接收端输出状态由通变为断；离开时，由断变成通。

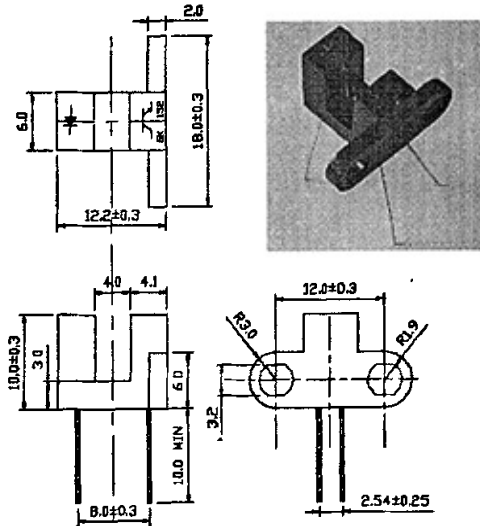


图3-15 ITR20301的外形结构图

三、计数板卡—PCI2361

为了得到长度计数脉冲的个数，需要采用计数器来实现。同时，考虑到当发现弊病时以及检测刚开始时都需要给暗室一个指示信号，这就要求选用的板卡具有状态量输入、输出模块。设计选用了北京阿尔泰科贸有限公司生产的PCI2361数据采集卡。

其适用于本系统的主要的参数^[26]为：

计数功能：

- 1、PCI2361 板上有 9 个计数/定时器，每个计数/定时器各自独立。
- 2、计数/定时器的 CLK（时钟输入），GATE（门控），OUT（输出），GATE（门控）全部外接，其中 GATE 输入内部有上拉电阻以方便计数应用，CLK、OUT 输出端满足标准 TTL 电气特性。输入低电平小于 0.4V，高电平大于 2.6V，OUT 的最大输出驱动电流 1mA。
- 3、9 个计数/定时器的输入输出及一路中断输入、时钟输出由 37 芯 D 型头插座 XS1 输入、输出。

数字量 I/O：

- 1、PCI2361 板上有 32 个数字量输入，32 个数字量输出。
- 2、数字端口满足标准 TTL 电气特性，输入 TTL 电平，吸入电流小于 0.5 毫安，输出 TTL 电平、最大下拉电流 20 毫安，上拉电流 2.6 毫安。
- 3、32 个数字量输入输出各由 2 个 20 芯扁平电缆插座引出。

本文中，利用了板上的两路计数器和一路数字量输出。其中，一路计数器用作对计数脉冲的计数，另一路用于判断是否有新一卷的复位信号的到来。数字量输出用于：暗室对设备复位后，通知暗室检测软件正常运行；发现弊病后，给暗室以声音提示。应用中，我们将使用的两路计数器的GATE信号接高电平，两路CLK信号输入分别接计数脉冲信号以及复位脉冲信号，计数器均工作在“计数结束中断”模式（方式0）。我们采用了一路状态量输出控制警鸣器的通断，在我们的设计下输出0切断，输出1接通。

PCI2361提供了软件以检查信号通道是否正常，同时还提供了高层用户的接口函数列表^[27]以方便软件的开发，利用函数可以很方便地实现初始化PCI板卡（PCI2361_CreateDevice），启动计数器（PCI2361_InitDevCounter），读取计数值（PCI2361_GetDevCounter），输出数字量（PCI2361_SetDeviceDOL）等操作。

3.4 暗室、明室机箱部分

3.4.1 暗室机箱的设计

暗室机箱主要有三个功能：给两个CCD相机提供电源、给电路提供电源、将计数脉冲信号和复位信号传到明室机箱。两台CCD相机的电源都被安排到暗室机箱之中，并且在机箱前面板上为它们提供了电源开关。关于计数脉冲信号和复位信号的传输，需要设计相应的传输电路。暗室电路的原理图如图3-16所示。

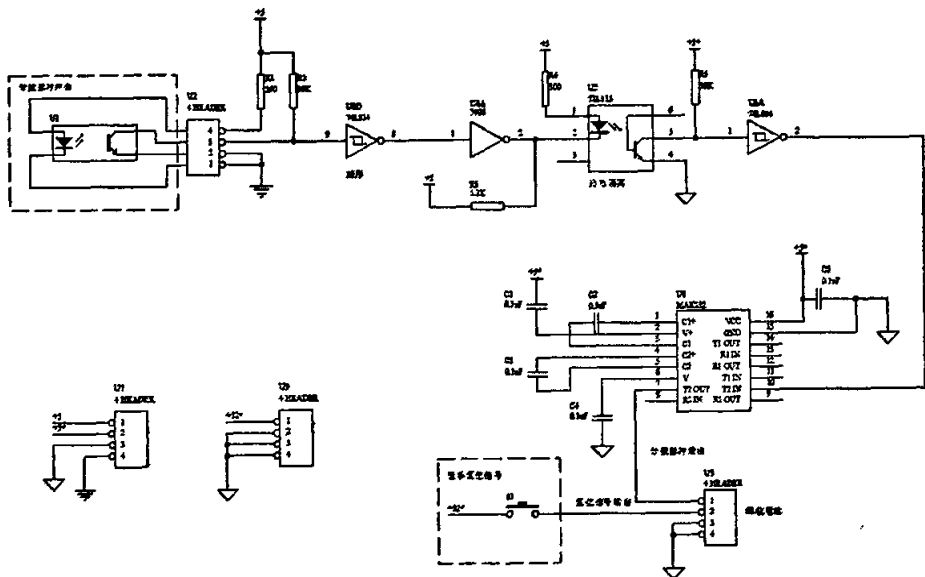


图3-16 暗室电路原理图

计数脉冲的传输：U1是用于得到编码盘旋转产生的序列信号的红外光斩波器，它的发射端的阳极和接收端的集电极都通过上拉电阻接至+5V。当发射端和接收端之间被不透明物体挡住时，接收端输出高电平；否则，接收端输出低电平。由U1得到的高低计数脉冲，通过具有整形功能的74LS14（U3）的整形、六反相缓冲/驱动器74LS06（U6）、光耦TIL113（U5）光电隔离、再次74LS14的整形后，送到用于远距离传输的接口芯片MAX232。设计中，用两路不同的+5V电源对隔离前后的电路进行供电，提高电路系统的可靠性。

系统采用RS-232串口通讯^[28]实现明室与暗室之间的信号传输，设计中选用的为MAXIM公司生产的MAX232接口芯片。MAX232芯片是低功耗、单电源的双RS-232发送/接收器^[29]，适用于各种EIA-232A和V.28/V.24的通信接口。MAX232

芯片内部有一个电源电压变换器，可以把输入的+5V电压转换成RS-232C输出电平所需的±10V电压，故采用此芯片接口的串行通信系统只要单一的+5V电源即可。MAX232外围的4个电容C1、C2、C3、C4是内部电源转换所需电容，取值为0.1 μF。C3为0.1 μF的去耦电容。MAX232芯片的引脚T1IN、T2IN、R1OUT和R2OUT为接TTL/CMOS电平的引脚，T1OUT、T2OUT、R1IN和R2IN为接RS-232电平的引脚。本电路中，计数脉冲信号从T2IN输入，相应的RS-232形式的信号从T2OUT输出，并送到明室的RS-232接收端。

复位信号的传输：分切整理设备的复位按钮提供了两套触点，所以我们可以利用其中的一套触点作为系统复位信号的来源。实现了检测系统对复位信号的获得，同时还有以下优点：不改变原来的操作流程，不破坏现有设备的电路。复位信号传输所需的电源由暗室机箱中的+12V电源提供。

暗室机箱后面板上提供了如下接口：计数脉冲输入、计数脉冲输出、复位按钮引线、复位脉冲输出、两CCD的供电电源输出。前面板提供了电路的供电开关以及CCD的供电开关。计数脉冲信号和复位脉冲信号的传输是通过3芯屏蔽电缆线传到明室的。暗室机箱的实物图如图3-19所示。

3.4.2 明室机箱的设计

明室机箱主要功能，是将暗室传来的计数脉冲信号和复位脉冲信号处理后，送给检测计算机中的PCI2361计数板卡的两路不同的计数器。明室的电路原理图如图3-17所示。

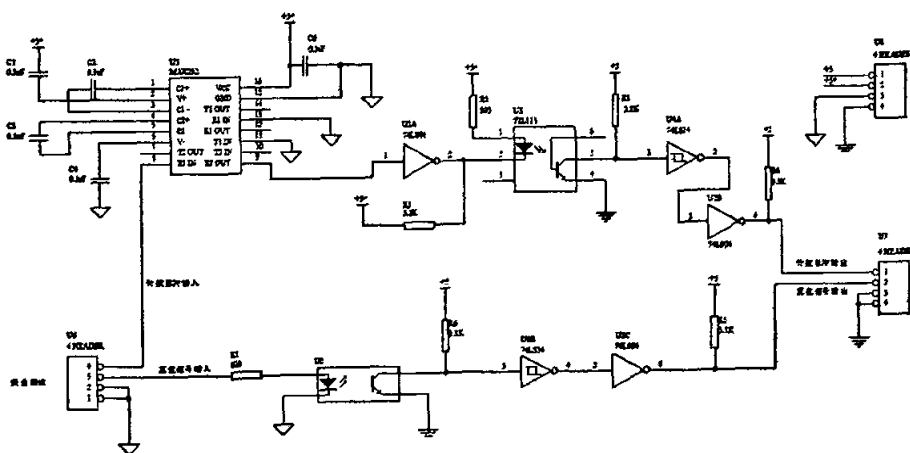


图3-17 明室电路原理图

从暗室传来的RS-232格式的计数脉冲信号传到明室电路中的MAX232的

R2IN输入端，从R2OUT输出，转换成TTL形式的计数脉冲信号，然后通过光耦TIL113（U3）的光电隔离，以及74LS14的整形，送到检测计算机中的PCI2361板卡的一路计数器的CLK输入，该计数器的GATE接高电平，来实现对计数脉冲信号的计数功能。对于复位脉冲信号，通过光电隔离、整形后，送到PCI2361板卡的另一路计数器的CLK输入，其它的类似于计数脉冲计数器。

除了上述对信号的获取外，本文还提供了声音指示。电路原理图如图3-18所示。它的指示主要有两个方面：

1、分切整理设备的米数计数复位按钮按下后，检测软件查询到复位信号，并且进入到等待设备运转状态时，发出“嘀—嘀—嘀”三声响声，指示已经成功得到复位信号，并且等待设备的运转。

2、当检测系统发现到胶片存在弊病时，发出较长的“嘀——”，指示暗室工作人员检测系统发现弊病，做相应的处理。

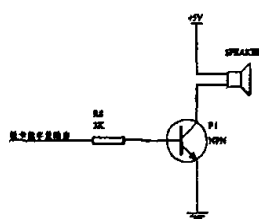


图3-18 警鸣器的电路原理图

明室机箱为电路提供稳压工作电源以及电路板的固定支撑，同时，后面板提供了计数脉冲信号和复位脉冲信号的输入（与暗室的通信）和输出（与检测计算机的通信）接口。前面板，提供了电路供电电源开关，以及工作状态红色指示灯。与PCI2361的接口采用的为37芯D型头插座。明室机箱的实物图如图3-19所示。

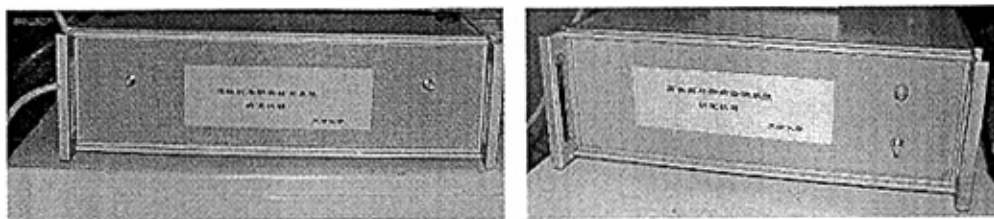


图3-19 暗室机箱和明室机箱实物图

3.5 机械结构部分的设计

一个成型的检测系统离不开机械结构的支撑，更重要的是，离不开机械结构来保证相应器件的调节功能。对于成像检测系统来说，最为重要的是保证好的成像质量，从成像理论上分析，需要做到以下几点：

- 1、光源照明的角度可以调节，以保证被检的“窄带”胶片部分有合适的照明条件；
- 2、光源离胶片绕轴距离可以调节，以保证光源不会对成像造成影响；
- 3、连接CCD摄像机和成像物镜的接圈具有较大范围的调节量，以保证现场有较大的调节余地，从而得到合适的成像条件；
- 4、CCD摄像机的固定结构可以进行小角度的俯仰调节和水平旋转调节，以保证CCD成像芯片平行于胶片绕轴，从而使得成像芯片各个敏感单元都处在相同的成像条件；
- 5、两CCD摄像机的支撑结构应该在垂直与胶片绕轴的方向上有一定的调节量，以保证两CCD摄像机对相同的“窄带”胶片进行检测；
- 6、CCD摄像机的固定结构可以进行高度方向的调整，使得两CCD摄像机距离胶片绕轴的高度尽量相同，以保证左右两侧具有一致的成像条件；
- 7、两CCD摄像机之间的距离可以调节，保证对整个被检测胶片宽度进行检测，同时可以适应胶片宽度变化时的调整。

下面介绍本系统中为了满足上述条件而设计的机械部分：

- 光源相关的调节采用的结构为：

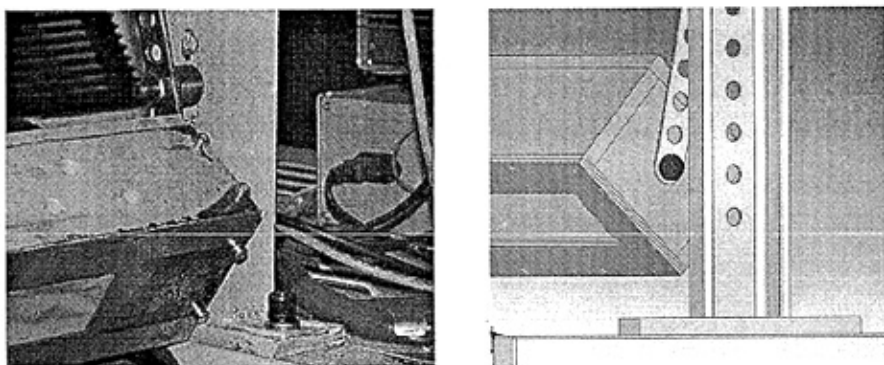


图3-20 光源调节部分的机械结构实物图

此结构可以进行与胶片绕轴的距离的调节，以及角度的调整。

- CCD摄像机的调节部分，如图3-21所示。



图 3-21 CCD 摄像机的机械结构实物图

图示结构具有小角度的俯仰调节和微量的水平旋转调节的能力。

- 两 CCD 摄像机的之间的距离调节，如图 3-22 所示。

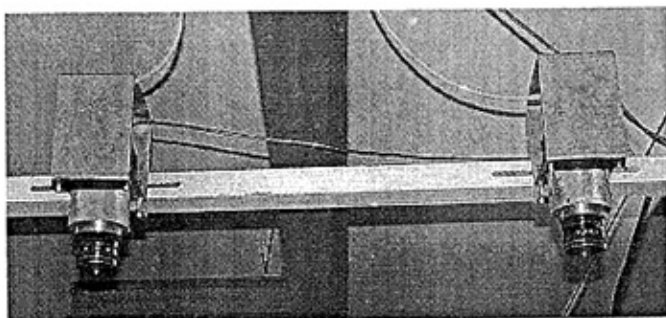


图 3-22 两 CCD 摄像机之间的距离调节

两 CCD 摄像机之间的距离调整，通过在支架的横梁上面开的长孔来实现。

系统的整体的机械结构如图 3-23 所示。

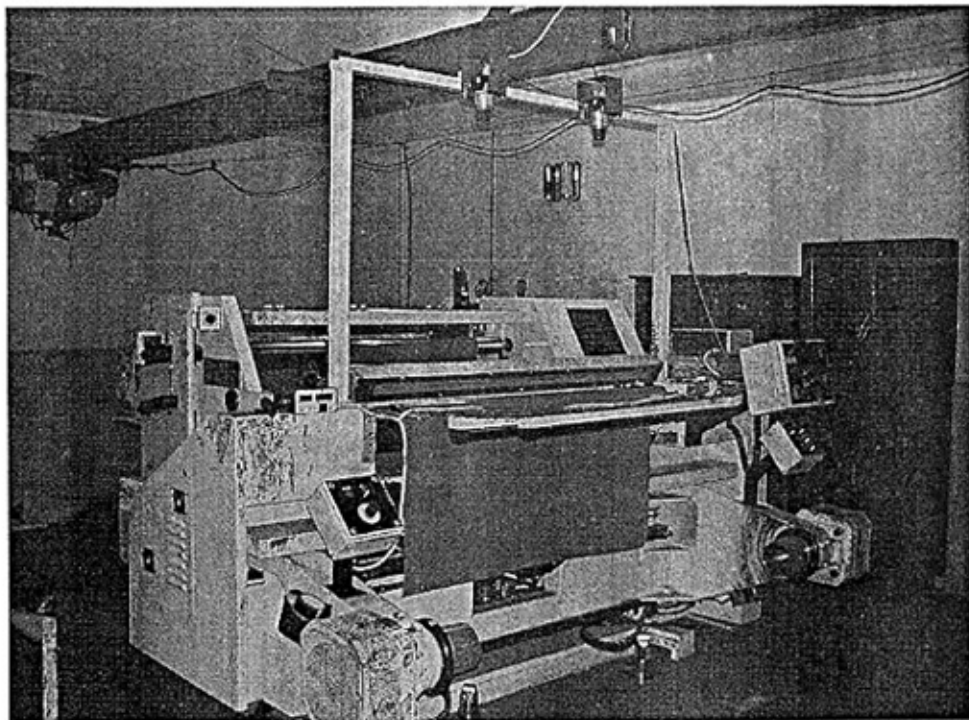


图 3-23、系统的总体结构实物图

第四章 检测系统软件设计

软件部分的设计是整个检测系统开发的核心，是保证实时检测功能实现的关键，而软件部分的关键当属弊病检测算法部分。本检测系统采用了“检测机—服务器”模式，这是由于系统采用两台检测计算机并行检测，以及检测的实时性带来的大数据量的处理工作，使得检测计算机在检测时不适于其它的操作，这就需要一台服务器借助网络技术来实现对两检测计算机上已保存报告的处理和合并，给出弊病报告中各弊病所对应的弊病图像的链接等，它们之间的数据关系如图 4-1 所示。相应地，软件的设计就要分成检测计算机软件和服务端软件。检测计算机软件和服务端软件均采用 Microsoft 公司的 Microsoft Visual Studio 6.0 产品系列的可视化 Windows 界面编程平台实现。流行的 Windows 界面化软件，给一线工人的操作带来了极大方便。

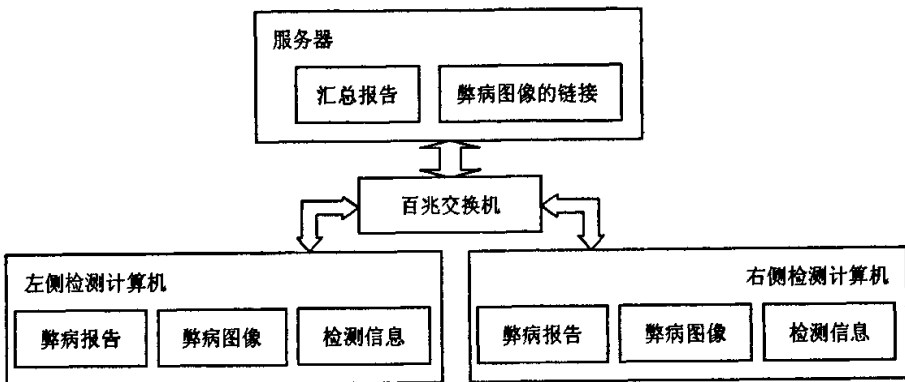


图 4-1 检测计算机和服务器的数据关系图

4.1 弊病检测算法

对于自动化的图像检测系统而言，图像处理算法是一个非常重要的方面。特别对于本文中的高速宽幅胶片弊病检测系统而言，高速和宽幅两大特点会使得单位时间内处理的图像数据量很大，再加上由于图像获取各过程中的干扰噪声和宽幅面成像时的余弦四次方效应造成的图像的不均匀^[30]，都相应地给算法提出了苛刻的要求。为了顺利完成实时检测功能，就需要满足以下两点：保证要求的检测能力、算法在整个图像幅面内都要保证较高的弊病检出率。所以，在硬件结构确定的情况下，图像处理算法设计的情况将直接影响弊病检测的效果。本文为了达到检测要求，对常用的图像处理算法进行了分析和处理效果比较后，为本检测系统提出了快速有效的检测算法，实现了对胶片弊病的正确判断。

4.1.1 图像处理方式的选择

本系统采用的相机为线阵 CCD 相机，所以每次最小可以得到的为单行数据。同时，配套采用的图像采集卡提供对线阵 CCD 相机得到图像数据的整合，得到类似于面阵 CCD 得到的单帧图像（多行数据）。从而，可以选用的图像处理方式有两种：按行处理和按帧处理。对于项目中的弊病检测来说，必须保证对全部的胶片进行检测，而不能漏检大块区域的胶片。同时，要达到要求的弊病检测能力。合同中规定纵向的检测能力为 $500\mu\text{m}$ ，检测速度为 $90\text{m}/\text{min}$ 的条件下，相应地系统必须要达到 $3000\text{lines}/\text{s}$ 的检测能力。

图像采集卡附带的开发函数提供两种不同方式的抓图操作：Snap 抓图和 Grab 操作（见第三章中有关表述），Grab 操作函数可以返回下一帧（行）成功得到并存储到所开辟内存中的图像数据的首地址，如果调用 Grab 操作时，当前帧的图像数据还没有成功得到，就需要等本帧图像数据成功存储后，返回相应的首地址。本文选用 Grab 抓图方式，从而可以在同一时间内实现 CCD 抓图和对刚得到的图像进行处理两种操作，充分利用了抓图的时间用于图像处理，提高了系统的检测能力。

若按帧处理，相机的行扫描速率应该设成 $3000\text{lines}/\text{s}$ ，在每帧 128 行时，每帧的抓图需要的时间为 42.7ms 。这种设置首先保证了检测能力，同时比相机设置成更高的行扫描速率时，提供给检测算法更多的处理时间。如果图像处理算法能够在小于抓图时间内处理完一帧图像，那将是理想的选择。然而，对于本系统得到的图像而言，常见的处理算法所需要的时间大于抓图的时间，这就会造成一帧图像处理完后，中间已经错过了一帧图像，同时还要等当前帧图像存好，即错过了 64mm 长的一块胶片，而这块胶片可能就存在刮点等小的缺陷，即使在不考虑照明、检测能力浪费等其它因素的情况下，将相机的行扫描速率调到最高速率 $9000\text{lines}/\text{s}$ ，还会漏检 20mm 长的胶片，而这对于检测来说是绝对不允许的。所以，我们应该采用按行处理算法。

按行处理时，为了保证检测能力达到 $3000\text{lines}/\text{s}$ ，我们可以把相机设置更高的行扫描速率。这样一来，即使我们不能够在单行内处理完图像数据，但是我们完全可以实现对每行数据进行采样，从而达到了检测的要求。按行处理算法由于只能利用单行内的数据而不能利用前后行的临近数据，处理效果可能不如按帧处理，但是可以通过算法的认真分析找到满意的算法，本文中采用的处理算法经过试运行证明满足检测的要求。

4.1.2 图像处理算法

本文中的算法用于图像弊病检测，其目的就是为了判断一幅胶片图像中是否存在弊病。从而，需要将图像中的弊病从背景中分割出来，这属于图像分割问题。同时，由于采用的为按行处理，所以属于一维的图像分割问题。CCD 在获取胶片图像过程中的各种噪声的影响，以及成像面四周和中心像场的不均匀，都会给图像的处理带来影响。为了克服噪声的影响，必须对图像进行去噪运算，然后再进行图像分割。本文中采用了平滑去噪算法和基于边界特征的图像分割方法。

一、平滑去噪

为了消除噪声的干扰，在分割前需对图像进行去噪处理。去噪处理通常采用的方法有中值滤波算法和平滑滤波算法。中值滤波算法是一种保边性能较好的去噪算法^[1]。考虑到对系统检测能力的要求，采用中值滤波有可能会滤除弊病像素点。本文中采用平滑滤波算法，同时考虑到实时处理要求，不适于采用较大范围内的平滑滤波算法。

平滑滤波的思想就是通过待处理点和邻域中点的平均或者加权平均来去除突变的点，从而滤掉一定的噪声。对应于一维图像数据(如图 4-2)，设第 m 个像素点的灰度值为 $f(m)$ ，滤波消噪处理后的图像的第 m 个像素点的灰度值为 $S(m)$ ，图像像素数为 N 。

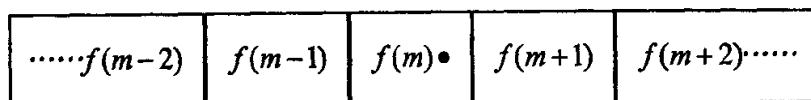


图 4-2、原始图像数据

1、邻域平均算法

可以通过求代处理点和左右 2 个邻点的平均来作为当前处理点的灰度值。即：

$$S(m) = \frac{1}{3}[1 \times f(m-1) + 1 \times f(m) + 1 \times f(m+1)] \quad (4-1)$$

此外，还可以利用左右 2 个邻点的平均来去作为当前处理点的灰度值。即有：

$$S(m) = \frac{1}{2}[1 \times f(m-1) + 0 \times f(m) + 1 \times f(m+1)] \quad (4-2)$$

上述算法如果以模板的形式表示即为 $\frac{1}{3}[1 \ 1 \ 1]$ 和 $\frac{1}{2}[1 \ 0 \ 1]$ 。

2、邻域加权平均

为了表示出各点位置对待处理点的影响，可以引入加权系数，离处理点近的点对该点的影响大一些。通常图像处理常用的二维平滑模板为高斯模板(如图4-3)，从而我们可以考虑得到一维高斯处理模板对图像进行平滑处理。

$$\frac{1}{16} \begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 2 & 4 & 2 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix}$$

图 4-3 二维高斯模板

二维加权处理中的高斯模板的生成原理，可以表述为通过采样二维高斯函数得到的。相应地我们也可以对一维高斯函数进行采样得到相应的一维高斯模板。通过比较一维高斯函数（公式(4-3)）和二维高斯函数（公式(4-4)），

$$G(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{x^2}{2\sigma^2}} \quad (4-3)$$

$$G(x, y) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} e^{-\frac{(x^2+y^2)}{2\sigma^2}} \quad (4-4)$$

我们可以很容易从二维的高斯模板之中获得相应的一维高斯模板为 $\frac{1}{4}[1 \ 2 \ 1]$ 。

根据上面的叙述，本文可采用的平滑卷积模板有： $\frac{1}{3}[1 \ 1 \ 1]$ 、 $\frac{1}{2}[1 \ 0 \ 1]$ 、

$\frac{1}{4}[1 \ 2 \ 1]$ ，它们都是对单行的图像数据进行平滑滤波的。具体平滑算法的选用

经过和下面不同的边缘图像分割算法结合后的图像处理效果来决定。

二、基于边界特性的图像分割

图像分割^{[32][33]}是图像处理中的一项关键技术，自20世纪70年代起一直受到人们的高度重视，至今已提出上千种分割算法。但因尚无通用的分割理论，现提出的分割算法大都是针对具体问题的，并没有一种适合所有图像的通用分割算法。图像分割算法可以分成基于区域特征的方法、基于边界特征的方法和基于相关匹配的方法三大类^[34]。由于得到的胶片图像的不均匀性以及噪声的影响，从而使得基于区域特征的固定阈值法变成不可能的。同时，考虑到弊病特征的随机性以及

基于相关匹配方法的复杂性，所以，也不适宜采用基于匹配的方法。通过对大量弊病图像的分析发现，这些弊病的边缘与背景具有一定的梯度，从而可以通过适当的边缘检测算子提取弊病边缘，并且配合二值化对图像进行分割。

(一)、边缘检测算法^[16]

设由前面平滑后得到的的图像 $S(m)$ 。

1、一阶微分（差分）边缘检测算法

我们可以利用相邻像素之间的灰度的梯度得到弊病的边缘，对于一维数字图像，用差分的形式来表示即为

$$S'(m, m-1) = S(m) - S(m-1) \quad (4-5)$$

如果我们设经过一阶微分边缘检测算法后的图像为 $D_1(m)$ ，并令

$D_1(m) = S'(m+1, m)$ ，则有：

$$D_1(m) = S(m+1) - S(m) \quad (4-6)$$

从而相应的图像处理模板可以表示为 $[0 \ -1 \ 1]$ 。也就是，把当前图像得到的梯度作为边缘检测后得到图像的相应像素点的灰度值。那么得到的图像 $D_1(m)$ 即为平滑后图像的梯度图像，这将在一定程度上克服由于成像或者光源等造成的图像的不均匀。有利于下一步运用固定阈值法进行图像的二值化分割。

此外，我们还可以采用待处理点左右两个像素灰度值的梯度变化作为处理后的该点的灰度值，即边缘检测模板为 $[-1 \ 0 \ 1]$ 。

2、二阶微分边缘检测算法

除了利用平滑后的相邻像素的灰度梯度值作为边缘检测方法之外，还可以利用经过一阶微分滤波器得到的梯度图像中的相邻像素值的梯度作为新的边缘检测方法，也即是对平滑后的图像进行二阶微分。如果我们设经过二阶微分边缘检测算法后的图像为 $D_2(m)$ 。

相应于一阶微分边缘检测模板 $[0 \ -1 \ 1]$ ，有：

$$\begin{aligned} D_2(m) &= D_1(m+1) - D_1(m) = S(m+2) - S(m+1) - (S(m+1) - S(m)) \\ &= S(m+2) - 2S(m+1) + S(m) \end{aligned} \quad (4-7)$$

从而，我们可以得到相应的二阶微分边缘检测模板为 $[1 \ -2 \ 1]$ 。

通常，完整的边界检测算法，包括了提取边界点集，剔除某些边界点，填补

边界点形成封闭边界^[34]。但是，本文中不需要识别弊病的具体形状，没有必要进行后面的两个步骤。只需要边界像素的密度远高于周围噪声像素的密度即可。通过上面的讨论，我们可以采用的边缘提取模板有： $[0 \ -1 \ 1]$ 、 $[-1 \ 0 \ 1]$ 、 $[1 \ -2 \ 1]$ ，同样它们处理采用的都是单行的图像数据，从而相应得到的都是水平方向的梯度变化。对于垂直于运动方向的线段型弊病而言，线段上的点由于梯度没有变化，二值化后被认为没有缺陷，从而处理只能得到线段两 endpoint 处理后的效果，不利于检测。但是，通过对典型弊病形态的分析以及同车间技术工人的交流，发现基本上不存在这种弊病。绝大部分弊病都是沿胶片运动方向的弊病。

(二)、梯度图像的二值化

图像二值化的方法有很多种^[18]，比如固定阈值法、模式法、 p -参数法、最大方差比方法、可变阈值法等等。对于我们的检测来说，实时性是一个很重要的限制，所以应该采用固定阈值法进行。

运用边缘检测算法时，用得到的梯度变化作为中间的图像，然后通过设置二值化阈值 T 即可将梯度图像转换成二值图像。大于阈值 T 的所有像素作为目标区域，小于等于阈值 T 的像素则作为背景区域。即

$$B_r(m) = \begin{cases} 1 & D(m) > T \\ 0 & D(m) \leq T \end{cases} \quad (4-8)$$

其中， $D(m)$ 为边缘提取后得到的梯度图像。

经过分析大量经过处理后的弊病图像的相应的梯度图像，发现整个图像中弊病图像的边界所占的比例很小，从而我们可以将阈值 T 尽量取在接近背景的灰度上。并且，通过对得到的梯度图像中像素灰度值的进一步分析发现，边缘的梯度值通常为背景的灰度均值的3~4倍。从而，我们可以给出建议性的二值化阈值为：

$$T = A \times \text{mean}(D(m)) \quad (4-9)$$

其中， $\text{mean}(D(m))$ 为求 $D(m)$ 图像的平均值。 A 可以取值为3~4之间的数值，本文中 A 取4。然后通过得到弊病的处理效果，人工适当调整 T 的取值，以达到实际需要的比较满意的效果。

三、各种组合平滑和边缘图像分割的图像处理效果比较与分析

利用前面提到的平滑模板和边缘提取模板对典型胶片弊病进行处理，分析其

处理结果, 选择理想的图像处理效果。同时, 考虑到单行处理时, 仅仅对同一行的数据进行处理, 可以通过对平滑和边缘提取两个模板进行公式运算简化, 来达到减小运算量的目的。比如采用 $\frac{1}{3}[1 \ 1 \ 1]$ 平滑模板和 $[1 \ -2 \ 1]$ 边缘提取模板来对弊病图像进行处理时, 假设原始图像数据为 $f(m)$, 平滑处理后的图像数据为 $S(m)$, 边缘提取后的图像数据为 $D(m)$, 则有:

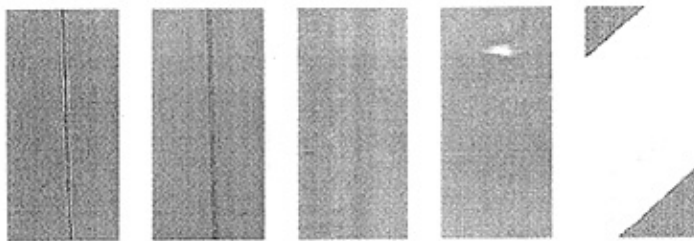
$$\begin{cases} S[m-1] = \frac{1}{3}(f[m-2] + f[m-1] + f[m]) \\ S[m] = \frac{1}{3}(f[m-1] + f[m] + f[m+1]) \\ S[m+1] = \frac{1}{3}(f[m] + f[m+1] + f[m+2]) \end{cases} \quad (4-10)$$

简化过程为:

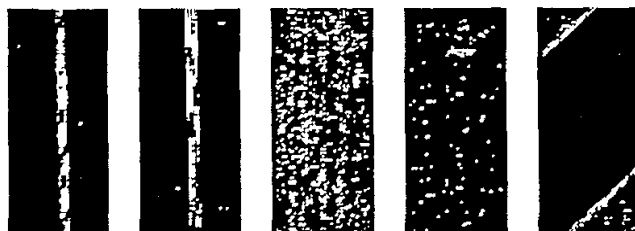
$$\begin{aligned} D(m) &= S(m-1) - 2 \times S(m) + S(m+1) \\ &= \frac{1}{3}[f(m-2) + f(m-1) + f(m) - 2f(m-1) - 2f(m) - 2f(m+1) + f(m) + f(m+1) + f(m+2)] \\ &= \frac{1}{3}[f(m-2) - f(m-1) - f(m+1) + f(m+2)] \end{aligned} \quad (4-11)$$

可以看出经过运算, 处理算法从原来的 11 次加减运算变成了 3 次加减运算, 极大地改善了处理效率, 节省了处理所需时间。

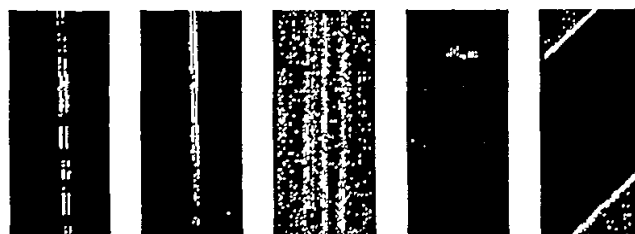
按照上述思想对所有的组合进行了简化, 并且用相应的算法处理了 5 种典型弊病的图像, 处理结果如图 4-4 所示。



(a)、弊病原始图像



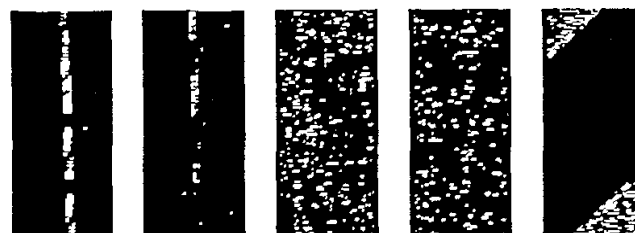
(b-1)、 $1/2[1 \ 0 \ 1]$ 平滑和 $[0 \ -1 \ 1]$ 边缘提取处理结果



(b-2)、 $1/3[1 \ 1 \ 1]$ 平滑和 $[0 \ -1 \ 1]$ 边缘提取处理结果



(b-3)、 $1/4[1 \ 2 \ 1]$ 平滑和 $[0 \ -1 \ 1]$ 边缘提取处理结果



(c-1)、 $1/2[1 \ 0 \ 1]$ 平滑和 $[1 \ -2 \ 1]$ 边缘提取处理结果



(c-2)、 $1/3[1 \ 1 \ 1]$ 平滑和 $[1 \ -2 \ 1]$ 边缘提取处理结果

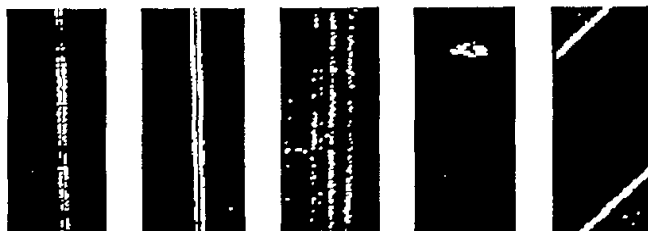
(c-3)、 $1/4[1 \ 2 \ 1]$ 平滑和 $[1 \ -2 \ 1]$ 边缘提取处理结果(d-1)、 $1/2[1 \ 0 \ 1]$ 平滑和 $[-1 \ 0 \ 1]$ 边缘提取处理结果(d-2)、 $1/3[1 \ 1 \ 1]$ 平滑和 $[-1 \ 0 \ 1]$ 边缘提取处理结果(d-3)、 $1/4[1 \ 2 \ 1]$ 平滑和 $[-1 \ 0 \ 1]$ 边缘提取处理结果

图 4-4 图像处理效果

从处理结果可以看出， $[1 \ -2 \ 1]$ 边缘提取算法，不利于检测出刮点、涂层不匀等弊病，而不管前面采用了何种平滑滤波算法； $[0 \ -1 \ 1]$ 边缘提取算法，对于刮点、部分涂层不匀弊病的反映程度也不够好； $[-1 \ 0 \ 1]$ 边缘提取算法可以实现对 5 种弊病的较好的边缘分割。图像处理的比较结果如表 4-1 所示。

从图像处理效果可以看到，采用 $[-1 \ 0 \ 1]$ 边缘提取算法可以得到更好得处理效果，从而更利于下一步判断弊病的有无。同时，考虑到对图像处理实时性对运算量小的要求，最后选用了算法 $1/3[1 \ 1 \ 1]$ 平滑和 $[-1 \ 0 \ 1]$ 边缘提取的组合，也

即为 $\frac{1}{3}[-1 \ -1 \ 0 \ 1 \ 1]$ 模板。最后,通过实验验证,证实本算法适于本文中的检测要求。

表 4-1、图像处理算法比较表格

处理结果 处理算法 平滑+边缘提取		典型弊病的检出情况					处理 效果 评价	单像素处理运算	
		划 痕	拉 丝	涂 层 不 匀	刮 点	脱 涂		处理简化后的公式	加 法 次 数
[0 -1 1]	$\frac{1}{3}[1 \ 1 \ 1]$	√	√	√	√	√	差	$\frac{1}{3}[-1 \ 0 \ 0 \ 1 \ 0]$	1
	$\frac{1}{2}[1 \ 0 \ 1]$	√	√	×	×	√	无效	$\frac{1}{2}[-1 \ 1 \ -1 \ 1 \ 0]$	3
	$\frac{1}{4}[1 \ 2 \ 1]$	√	√	√	√	√	差	$\frac{1}{4}[-1 \ -1 \ 1 \ 1 \ 0]$	3
[1 -2 1]	$\frac{1}{3}[1 \ 1 \ 1]$	√	√	×	×	√	无效	$\frac{1}{3}[1 \ -1 \ 0 \ -1 \ 1]$	3
	$\frac{1}{2}[1 \ 0 \ 1]$	√	√	×	×	√	无效	$\frac{1}{2}[1 \ -2 \ 2 \ -2 \ 1]$	7
	$\frac{1}{4}[1 \ 2 \ 1]$	√	√	×	×	√	无效	$\frac{1}{4}[1 \ 0 \ -2 \ 0 \ 1]$	3
[-1 0 1]	$\frac{1}{3}[1 \ 1 \ 1]$	√	√	√	√	√	好	$\frac{1}{3}[-1 \ -1 \ 0 \ 1 \ 1]$	3
	$\frac{1}{2}[1 \ 0 \ 1]$	√	√	√	√	√	好	$\frac{1}{2}[-1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 1]$	1
	$\frac{1}{4}[1 \ 2 \ 1]$	√	√	√	√	√	好	$\frac{1}{4}[-1 \ -2 \ 0 \ 2 \ 1]$	5

4.1.3 弊病检测的实现

前面两节内容选择了对弊病进行较好图像分割的算法，其目的就是为了更好地用于判断弊病是否存在。下面详细介绍如何判断弊病的存在与否。

一、单列累加阈值 ST

考虑到弊病的分布方向大多都是沿胶片运转的方向，从而可以利用多行图像图像分割后的二值化图像的纵向累加值（相应列）与单列累加阈值 ST 大小关系作为弊病有无的第一判据^[33]， ST 的数值由检测计算机软件调试模块提供的图像处理后的累加曲线人为确定。大部分弊病都可以通过单列累加阈值 ST 判断得出。

$$SumB(m) = B_1(m) + B_2(m) + \cdots = \sum_{i=0}^n B_i(m) \quad (4-12)$$

其中， $SumB(m)$ 即为 n 行数据相应列的累加和，文中 n 取 128。

$$IsDefect = \begin{cases} 1 & \text{if}(SumB(m) > ST) \\ 0 & \text{if}(SumB(m) \leq ST) \end{cases} \quad (4-13)$$

其中， $IsDefect$ 为表示有无弊病的变量，1 表示有弊病，0 表示无弊病。

二、整体累加阈值 AST

考虑到某些弊病可能纵向累加值没有任何区别，又利用刚得到的各列的纵向累加值进行二次累加，用此作为整体弊病有无的第二判据。

$$Sum = \sum_{m=0}^N SumB(m) \quad (4-14)$$

其中， Sum 即为 n 行二值图像累加的数值， N 为每行图像的像素数。

对于第一判据只需要设定一个单列累加阈值 ST 即可检测到弊病的存在与否。对于第二判据，由于每一条的宽度不同，所以对于整体来说，不能设定一个固定的阈值作为弊病有无的判断，其主要的原因即为不同宽度时噪声的影响也亦不同。本文中采用的按条宽自动调整的整体累加阈值 AST 为：

$$AST = pixelNumsOfT \times cof + ST \quad (4-15)$$

其中 $pixelNumsOfT$ 为检测中某条所对应图像的像素数， ST 即为单列累加阈值， cof 为考虑了不同条宽时的噪声影响系数，可以根据多幅图像处理后的统计经验确定，本文中采用的系数为 0.02。

$$IsOtherDefect = \begin{cases} 1 & \text{if}(Sum > AST) \\ 0 & \text{if}(Sum \leq AST) \end{cases} \quad (4-16)$$

其中, $IsOtherDefect$ 为表示整体有无弊病的变量, 有弊病为 1, 否则为 0。

4.1.4 弊病检测算法的实际应用

对于典型的弊病图像, 按照前面描述的对于二值化阈值的选取原则, 选用了 15 作为相应的二值化阈值。并且, 进行了按行累加和整体累加处理。其中图 4-5(a) 为背景图像, 图 4-5(b) 为划痕图像, 图 4-5(c) 为拉丝图像, 图 4-5(d) 为部分涂层不匀图像, 图 4-5(e) 为刮点图像, 图 4-5(f) 为脱涂图像。

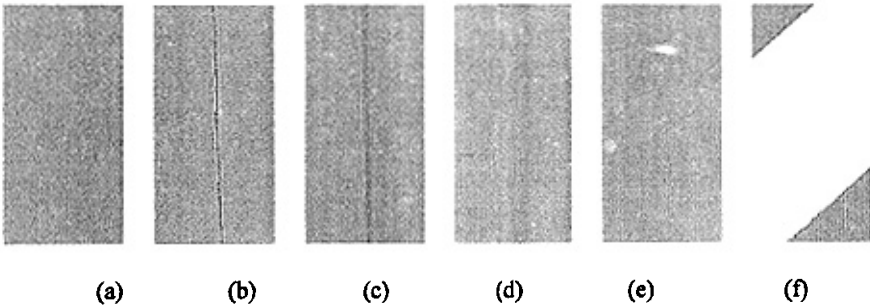


图 4-5 无弊病和典型弊病的原始图像

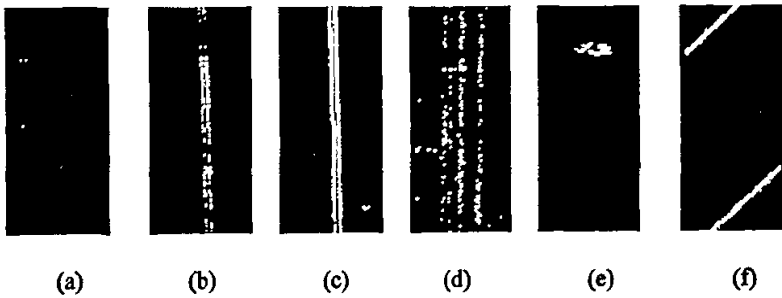
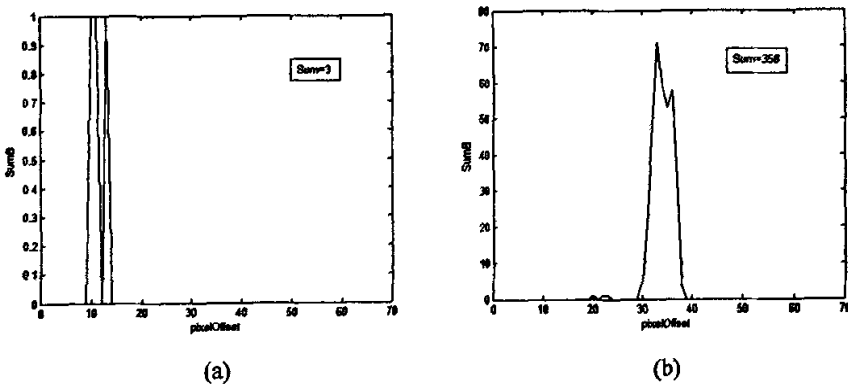


图 4-6 处理后的二值图像



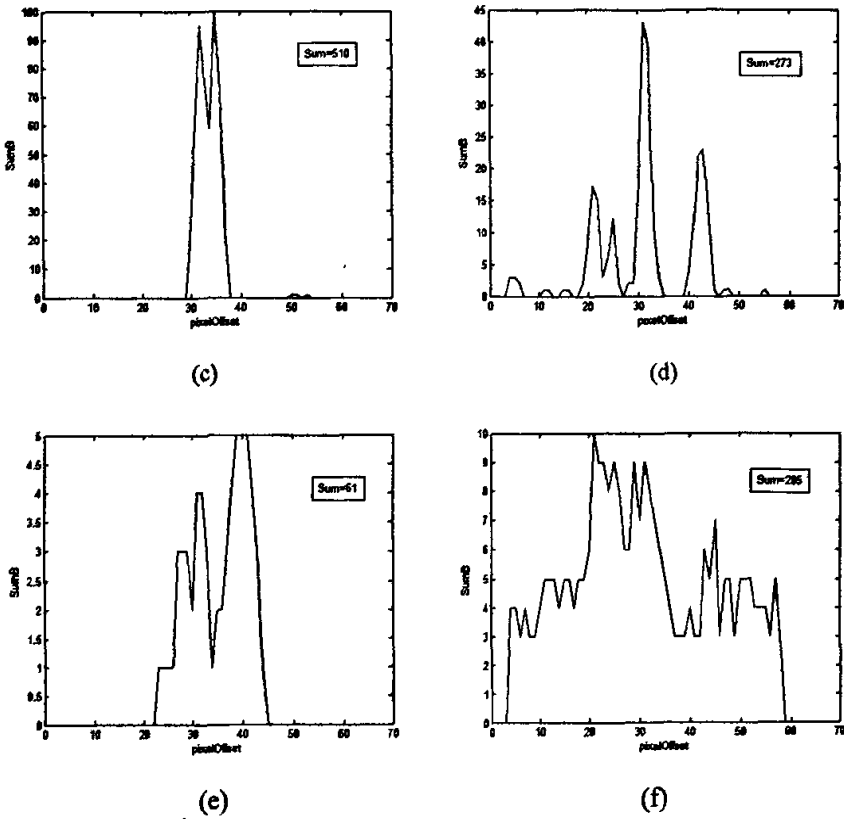


图 4-7 各图像的二值图像的累加曲线($SumB(m)$)和总体累加和 Sum

从得到的累加曲线可以看出对于沿胶片运动方向的弊病，划痕(b)、拉丝(c)和部分涂层不匀(d)，累加后的效果很明显，从而相应的单列累加阈值 ST 由累加曲线很容易设置，比如设置为 5。对于刮点(e)，如果它沿胶片运动方向的尺寸较大，我们可以通过累加阈值 ST 判断出；对于脱涂和小尺寸的刮点而言，我们可以通过整体累加阈值 AST 判断出，从图可以看到，背景图 (a) 的累加和 Sum 仅为 3，而刮点 (e) 和脱涂 (f) 对应的弊病的累加和分别为 61 和 285，二者存在着很大的区别，而此时的整体累加阈值 AST 按照公式(4-15)得出为 6，从而很容易判断出相应的弊病。

4.2 检测计算机软件概述

检测系统的自动检测功能在很大程度上取决于检测计算机软件编写的情况，比如系统在电气干扰下的正常的检测，根据输入检测信息自动适应新的检测要求，弊病报告和图像的自动存储等等。在对车间厂长以及一线工人的调查分析的基础之上，将检测软件分成三大模块：调试模块、自动检测模块和辅助模块，各模块主要的功能如图 4-8 所示。

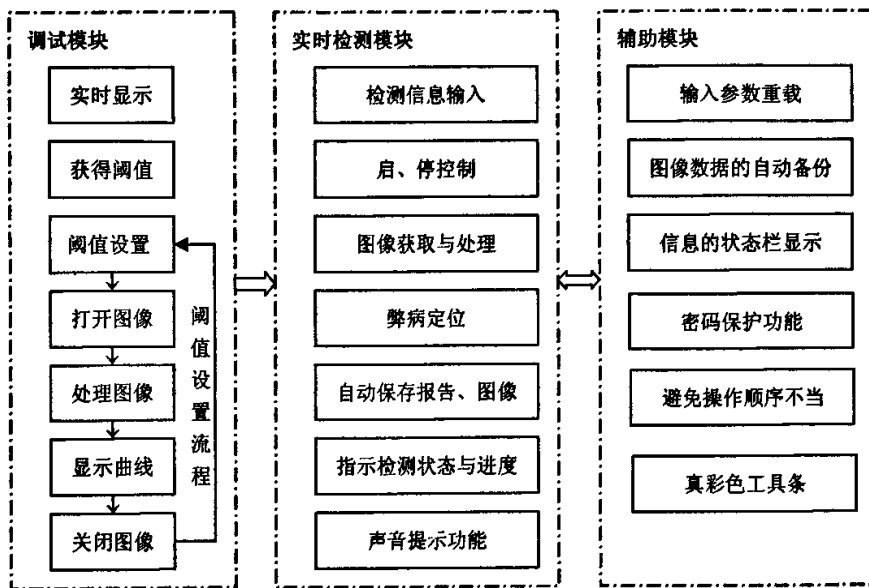


图 4-8 检测计算机软件各模块主要功能示意图

检测计算机软件是在 Visual C++6.0 平台，利用平台提供的 MFC^[36]基础类库，以及图像采集卡和计数板卡提供的开发库开发完成的。程序采用 MFC 提供的单文档视图（SDI）结构设计。其中图像采集卡和计数板卡的初始化放在应用程序类中实现，参数的传递通过全局变量或对象实现。调试模块和实施检测模块主要在视图类中实现，各个小的功能单元以视图类的成员函数的形式实现，给软件的修改和改善提供了方便。对话框的实现按照类的定义，将相应的成员变量和函数进行了封装。像通常的 Windows 软件一样，检测计算机软件也提供了菜单项以及常用功能的真彩色的工具栏按钮，并且提供了实时指示检测状态的状态栏。软件的界面如图 4-9 所示。其中，工具栏没有显示的按钮表明当前按钮不可用，只有当它的条件满足了才会显示。

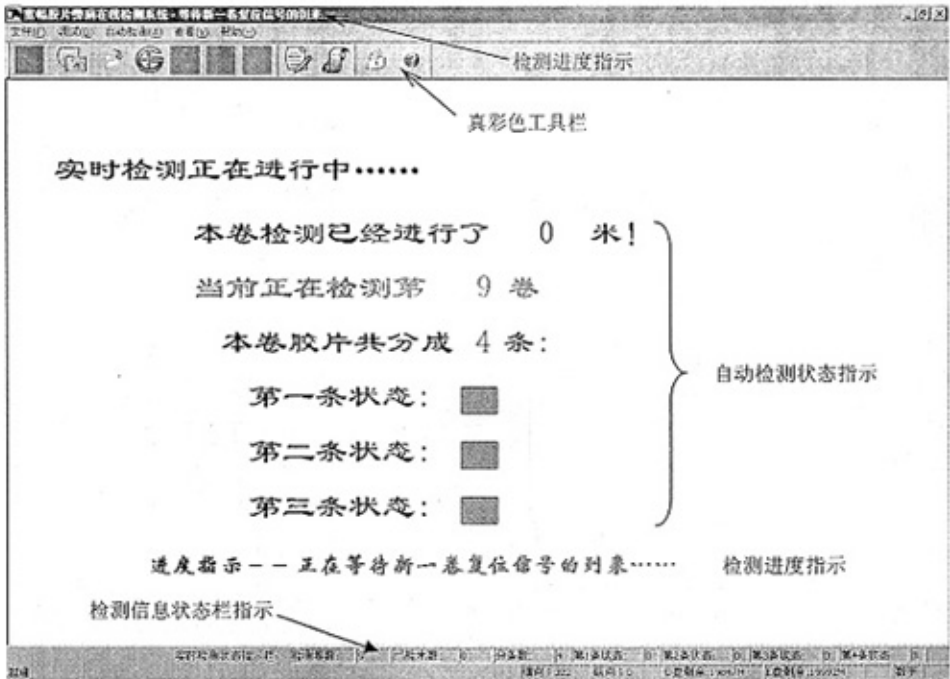


图 4-9 检测计算机软件界面

4.3 检测计算机软件调试模块

为了达到理想的检测效果，要做的首先应该是将系统调试到良好的状态，良好的状态除了包括前一章中提到的好的成像质量之外，还要设置合适的检测阈值。阈值的设置可以控制检测系统的检测灵敏度。

成像质量降低时，需要由专门的技术人员对硬件进行维护，这时就需要实时监视成像效果的好坏，检测软件利用图像采集卡附带的 IFC 开发库的成员函数，实现了实时检测成像的功能，方便了成像的调节。

由于不同的胶片的特性不同以及长时间工作的影响，或者为了调整检测系统的灵敏度，就需要设置合适的阈值，阈值设置的对话框如图 4-10 所示。阈值的设置直接影响弊病图像处理的效果。



图 4-10 阈值设置对话框

为了设置合适的阈值，调试模块提供了两个功能：1、按照弊病检测算法中有关二值化阈值设置的结论，运行“得到二值化阈值”菜单项就可以得到一个二值化阈值，并以此为基础进行调整。2、通过累加曲线检查阈值设置的效果，如图 4-11 所示。

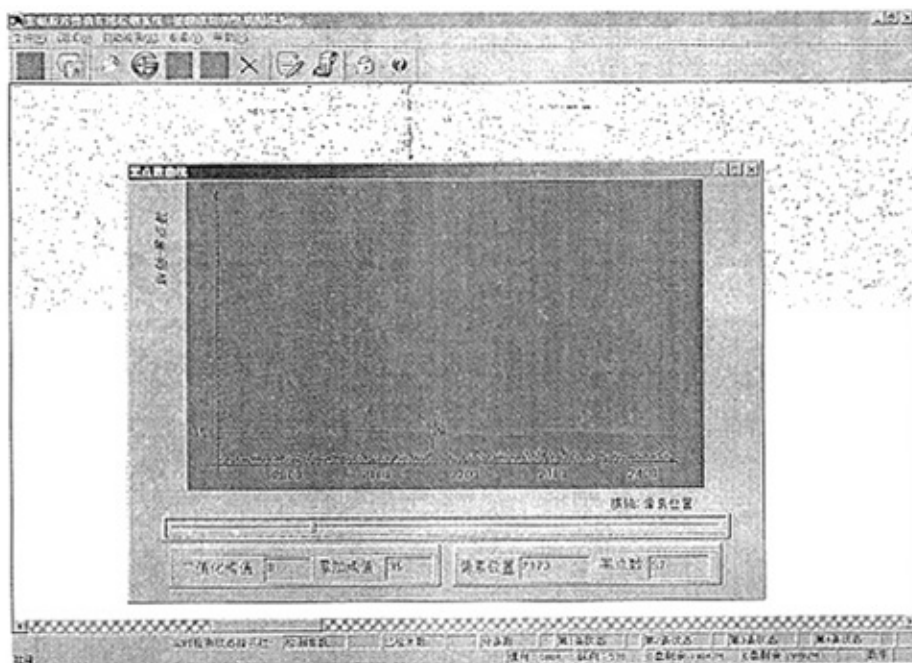


图 4-11 弊病阈值设置的参考曲线

4.4 检测计算机软件实时检测模块

实时检测模块是检测计算机软件的核心部分。一旦检测系统操作人员输入检测信息并且启动实时检测功能后，实时检测功能就会自动地随生产流程实施检测功能，软件还会自动地为保存检测信息而建立相应地文件夹以及报告文件等，遇到弊病时，自动存储小块区域的弊病图像和保存弊病位置信息。同时，软件还在显示器上给出弊病的状态情况以及当前检测的进度情况，此外还有声音提示功能。实时检测功能的流程图如图 4-12 和图 4-13 所示。下面分别介绍实时检测功能的各个组成部分。

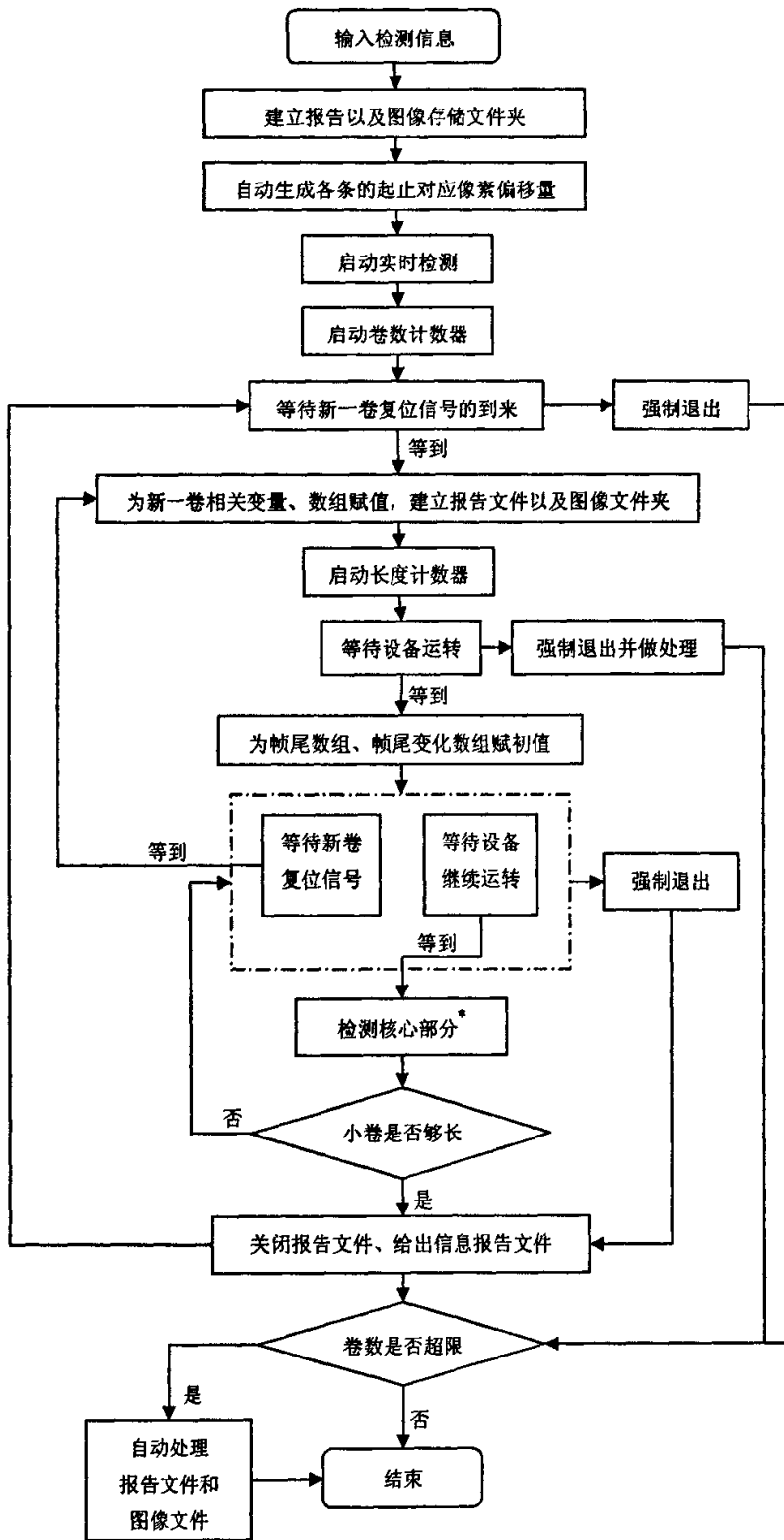


图 4-12 实时检测功能的流程图

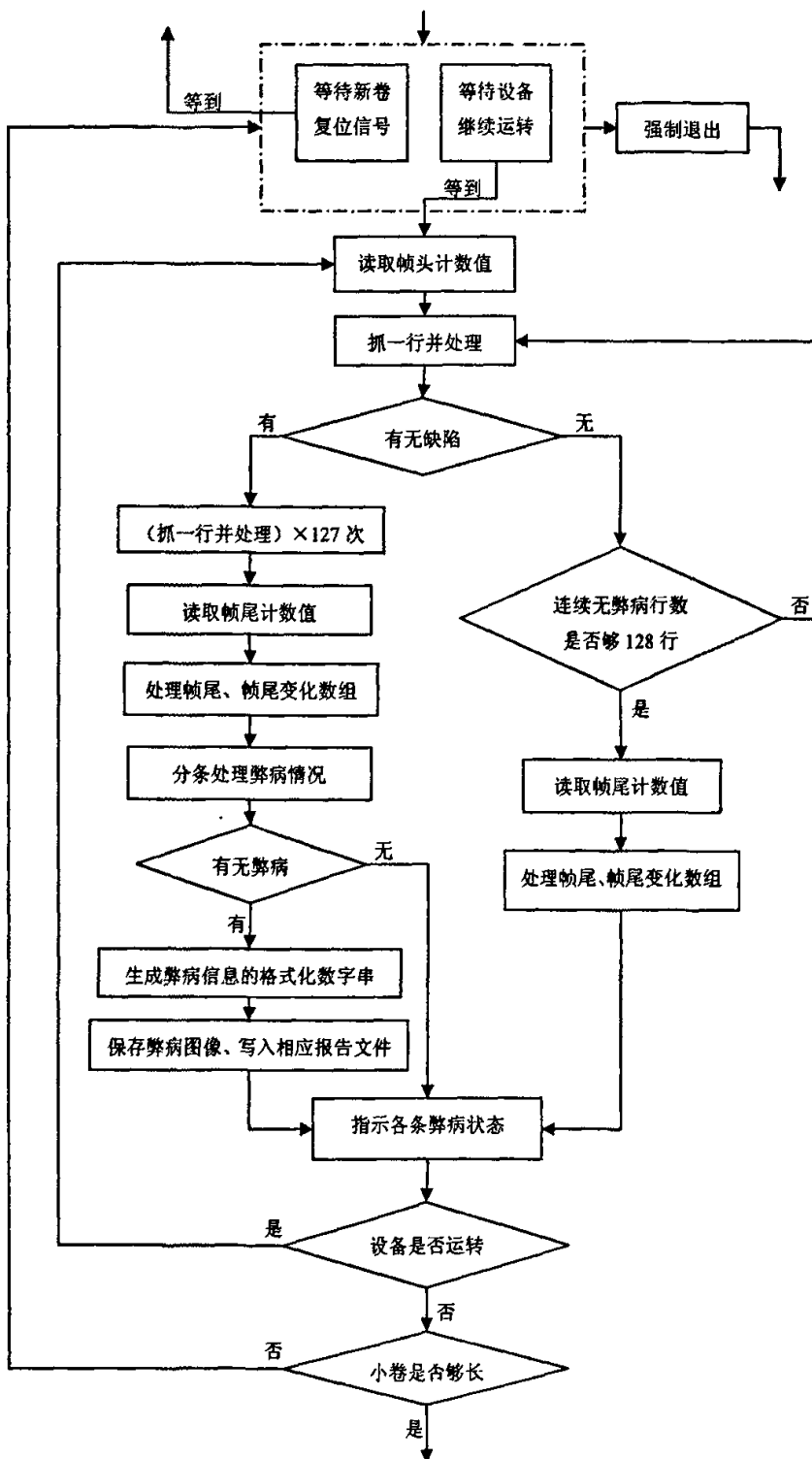


图 4-13 检测核心部分的流程图

4.4.1 弊病信息的文件存储

根据第二章中对整理车间生产流程的介绍，可以知道：大轴胶片在按要求分成几条后，分切成 30m 或者 60m 的小卷胶片。为了清晰的表达某个弊病的所有信息，至少需要以下几点：

- 所在大轴胶片的型号和轴号（用两位数字对胶片的型号进行编号）
- 所在的小卷编号（见注释）（由于分条原因，一次分切会裁下几个小卷的胶片，但卷号相同）
- 所在的检测计算机（左侧检测计算机或右侧检测计算机）
- 所在的条数（从左到右依次为第一条、第二条、……）
- 弊病的纵向位置
- 弊病的横向位置
- 弊病获取时的时间

（注释：此处所说的小卷不是整理车间实际得到的小卷胶片。此处所说的小卷是人为规定的，即把设备未运转时处在检测位置的部分称作下一小卷的开始，设备运转达到设定的卷长时，处在检测位置的部分称作相应小卷的结尾。由第二章的检测原理图可以看出，我们所说的小卷的开始和相应的实际的小卷的开始有一个固定距离的落后，经过现场测量为 3500mm。在检测计算机软件部分的叙述中，小卷指的就是我们规定的小卷，小卷的开始即为检测开始处的部分。关于如何将检测计算机得到的小卷弊病报告转换为实际小卷的弊病报告的问题，在服务器软件中描述。）

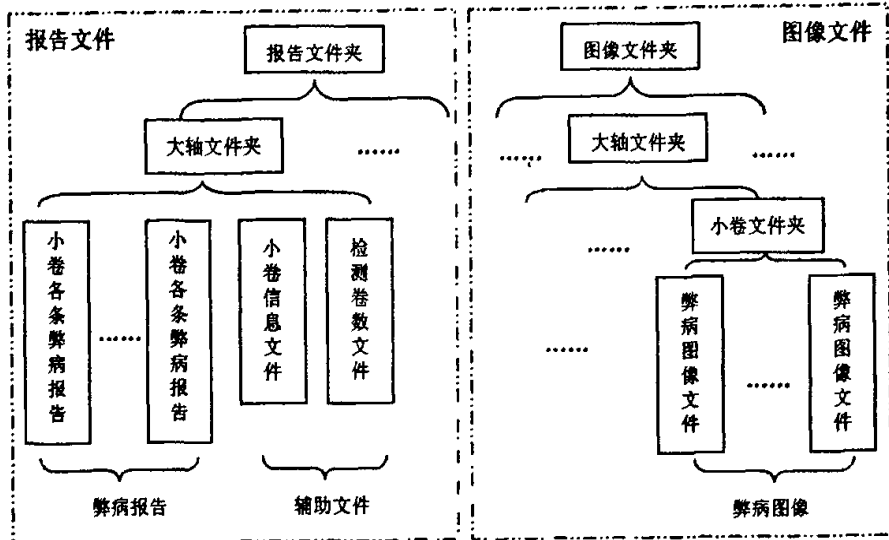
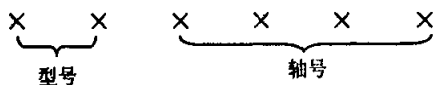


图 4-14 弊病报告以及图像存储结构

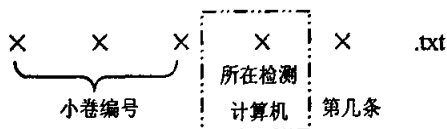
图 4-14 表示出了本文中存储采用的结构。其中，大轴文件夹的名称体现大轴胶

片的型号和轴号信息，格式为：

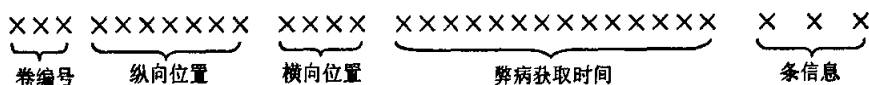


在同一年中，相同型号胶片的轴号不会超过 1000。之所以设置轴号为 4 位，原因是一个大轴胶片可能会在未裁完时，改裁其它条宽不同的另一组小卷胶片。为了区分，把最高位作为分裁不同规格时判据，比如：对于型号为 99，而轴号为 40 的大轴胶片，刚开始分裁对应的文件夹名为 990040，第一次改刀后，文件夹名为 991040，相应地第二次改刀后为 992040……。大轴文件夹是根据在检测信息输入对话框中输入的新的检测信息建立的。文件夹的自动建立采用的为函数 `BOOL CreateDirectory(LPCTSTR lpPathName, LPSECURITY_ATTRIBUTES lpSecurityAttributes)`;

小卷各条弊病报告的文件名体现小卷编号、所在的检测计算机和相应的条数，格式为：



其中，所在检测计算机一位用 0 表示本条处在左侧检测计算机检测范围中，1 表示处在右侧检测计算机检测范围之中。报告文件中的每条弊病信息的格式为：



小卷各条弊病报告文件是在新一卷复位信号得到后（即进入到新一卷的检测后）建立的。在左右两检测计算机中建立文件的数量和文件的名称，是根据实际分条情况自动建立的。文件的自动建立^[31]采用的为 `CFile` 类的构造函数

`CFile(LPCTSTR lpszFileName, UINT nOpenFlags)`；内容写入到文件中采用的为 `CFile::Write`，文件内容的读出采用的 `CFile::Read`，关闭为 `CFile::Close` 成员函数。程序的流程跳转中，应该注意对文件的操作，比如关闭已经打开的文件等等，以免发生文件操作权限问题。

小卷信息文件的名称为相应的卷编号，其内部的内容是由卷信息、实际分条

在左、右两检测计算机中的分布情况、小卷胶片的长度。检测卷数文件的内容为本大轴已经检测的卷数信息。上述两文件的目的是被服务器利用来进行弊病的处理和合并工作。

图像文件的名称即为相应的弊病信息的内容，它采用BMP格式存储，由于大部分的弊病都是纵向尺寸大并且横向尺寸很小的，所以，图像存储只存储弊病图像小块区域，图像尺寸为 64×128 （横向 \times 纵向），存储的图像的数量取决于硬盘的空间。图像文件的自动存储采用的为IFC开发库提供CImgFile *imgFile类中的成员函数BOOL CImgFile::WriteFile(BYTE *src, DWORD dx, DWORD dy, WORD bitsPerPixel)。

4.4.2 检测信息的输入

根据前一小节的叙述，为了完整表达弊病信息，就需要提供检测信息输入对话框，如图4-15所示。



图 4-15 检测信息输入对话框

其中，型号就是对胶片的类型的统一编号，轴号的描述在上一小节中已有比较详细的介绍。卷信息中的胶片宽幅指的是胶片整个的宽度，即除了得到的小卷的宽度和之外，还包括了左右两个边的宽度。卷长即为欲裁小卷的长度。其它的从字面就完全可以理解。根据二胶厂的要求，最多需要分成四条，从左到右依次为各条的宽度，其余的用0来表示。

值得一提的是，由于生产中有可能几大轴胶片都是同一个型号，并且分条情况完全相同，这个时候每次输入的检测信息除了轴号不同之外，其它的参数都完全相同，这其中包括了两个阈值的输入部分。这时，提供上次输入参数的自动重载功能显得尤为重要，可以带来较大的方便。特别是对于两个阈值，如果提供了

重载功能，那么就不需要每次都输入相同的数值。本文中，将所有输入的参数按顺序排列后，将它们存到一个文件中，下次点击输入检测信息时，会自动读上一次保存的参数并显示在合适的对话框的输入框中。

4.4.3 流程控制部分

为了适应整理车间生产的流程以及过程中可能碰到的各种情况，代码的编写中必须考虑到各种可能出现的情况。同时，由于车间现场电气设备启停时造成的电气干扰会影响软件的正常执行，所以代码的编写中必须要采取抗干扰的措施。

从前面的流程图中可以看到，检测软件为了适应生产流程，主要体现在以下几个环节：等待新一卷复位信号的到来、等待设备运转、检测米数不够设定卷长时的等待设备继续运转或者等待新一卷的复位、判断设备的停止、退出检测（需要改变检测信息或结束检测时）。可以归结为：判断复位信号到来与否、判断设备运转与否和检测的退出。

1、判断复位信号到来与否：根据第三章中硬件部分的描述，复位信号传给明室中的 PCI2361 计数板卡的一路计数器（称为卷数计数器）。从而，我们可以根据卷数计数器的计数值的变化来判断复位信号的到来。考虑到电气干扰可能会造成计数值的变化，并且经过实验发现电气干扰造成的计数值的变化通常大于 100 个计数值，所以如果单单根据计数值的变化与否判断是否是复位信号会由于干扰的存在出现问题。为了避免这种情况带来的干扰，本文中采用两次读到的计数值的变化值是否为 1 作为判断条件，因为一次复位产生的计数值的变化即为 1。为了更大程度上克服干扰，可以采用多次判断来排除。

2、判断设备运转与否：设备的运转与否是通过判断计数值的变化来判断的。类似复位信号，计数脉冲信号连到 PCI2361 计数板卡的另一路计数器（成为长度计数器）。其采用的抗干扰的方法和复位信号获得采用的方法完全相同。

3、检测的退出：大轴胶片分裁结束、需要改刀等等情况下，需要退出当前的检测，这时就需要人工的参与。软件中提供了简单的退出方式，只需要在键盘上按 ESC 键即可实现。

下面给出判断复位信号到来与否以及相应的退出检测的代码段：

```
//等待复位信号的到来，即等待新一卷的开始
PCI2361_GetDevCounter(hDevice, &nNewCntValue2, nCntChannel2);
//读取当前的卷数计数器的计数值
for(NumsToAvoidNoise=0;NumsToAvoidNoise<1;NumsToAvoidNoise++)
//设置正确得到复位信号的判断次数
{
```

```

do{
    recentCoilCuntNum=nNewCntrValue2;
    PCI2361_GetDevCounter(hDevice, &nNewCntrValue2, nCntrChannel2);
    Sleep(5); //延时 5ms, 避免过于频繁的访问计数器
    ::PeekMessage(&msg, NULL, 0, 0, PM_REMOVE);
    ::TranslateMessage(&msg);
    if(msg.message==WM_CHAR&&msg.wParam==VK_ESCAPE)
    //判断按下的键是否是 ESC 键
    {
        MessageBox("您已经从等待下一卷复位信号启动始中退出了!",
            "提示",MB_OK|MB_ICONINFORMATION);
        //对话框指示退出成功
        goto End; //退出主循环, 跳到检测最后的收尾部分
    }
}while(recentCoilCuntNum!=nNewCntrValue2+1);
}

```

其中, 变量 NumstoAvoidNoise 是用于克服干扰问题的参数。正常情况下, 按照计数值变化是否为 1 作为判断条件。如果想提高抗干扰能力, 可以通过改变 NumstoAvoidNoise<1 中的小于的数值, 比如改为 3, 表示需要三次判断计数值的变化是否为 1, 作为正确得到新一卷复位信号的条件。

实际生产过程中, 设备存在着启动加速和停止减速过程, 从而在设备刚开始或者快结束时, 由于设备的运转速度较慢, 导致两次比较的计数值没有变化, 从而造成设备还未运转或者已经停止的假象。究其原因就是: 编码盘在两次读取计数值的过程中, 没有一个编码孔通过红外光斩波器。为了克服这样的问题: 硬件上, 可以通过增加编码盘上的编码孔的数量, 使得设备一旦运转, 就可以通过软件判断出来; 软件上, 在设备开始运转或者快要停止的时候, 两次读取计数值之间加入适当的延时。

4.4.4 弊病检测部分

根据 4.1 节有关弊病检测的算法, 编写了相应的弊病检测代码。下面介绍在按行处理算法下的按帧判断弊病有无的实现过程。

首先, 我们开辟一块 8192×128 bytes 的内存区域, 抓图时将数据存到内存区域的开始的 8192 个单元中, 然后, 对每行图像数据进行判断是否存在可能的弊病点 (由编写的成员函数实现): 如果单行不存在弊病点, 那么下一行数据仍然存到开始的 8192 个单元中; 如果存在, 接下来的 127 行会依次存入开辟的内存区域, 同时每行存入的过程中对上一行的图像数据进行了前面所述的图像分割, 128 行完成后进行每一分条的弊病有无的判断。

算法代码实现中，二值化时，大于阈值的相应像素值赋为 1，其它的赋为 0。累加时依次对相应条所对应的图像的各列进行累加，并且寻找最大值，最后用单列累加的最大值与单列累加阈值 ST 进行比较，大于阈值的返回最大值对应的像素位置，为下一步的小块区域的弊病图像存储和弊病的横向定位提供信息。代码中，一旦有某列的累加和大于单列累加阈值 ST ，则不进行整体累加的判断。否则，将相应条所有列的累加和进行二次累加后，与整体累加阈值 AST 进行判断，有弊病时，也返回刚才得到的单列累加的最大值，用作小块弊病图像存储和弊病横向定位。

4.4.5 弊病定位部分

弊病的位置信息对于表达弊病起着非常大的作用，如果没有正确的位置信息，那么实际弊病的情况就不能得到准确的反映，从而就不能根据报告进行下一步的工作，比如改裁、报废等。所以，必须保证弊病报告中每条弊病信息的准确性。从前面的描述中，可以知道每条弊病信息中位置包括了纵向位置信息和横向位置信息，并且在第三章中从理论层面详细介绍了如何得到准确的弊病位置信息。下面从软件实现的角度讨论一下弊病定位问题。

一、横向位置的定位

在第三章中我们已经把分条可能出现的各种情况进行了分析，并且给出了相应的各条左、右边界在左、右两检测计算机中对应像素的偏移量。如果知道了弊病对应像素的偏移量就可以计算出弊病所在条的位置。软件实现时，在左、右两检测计算机软件代码中建立了一个各条长度的数组 $TL[5]$ （第 n 条宽度存储在 $TL[n]$ ），分别建立了一个记录各条的左右边界在左、右 CCD 得到图像中的对应像素的偏移量的数组 $PSE1[5]$ 和 $PSE2[5]$ ，其中 $PSE1$ 数组只存处在左侧 CCD 视场中的相应条的位置数据， $PSE2$ 只存处在右侧 CCD 视场中的相应条的位置数据。由于某一条的右边界即为下一条的左边界，若处在同一个相机视场之中，可以用一个数值来表示，并且分条数最多为 4，所以 $PSE1$ 、 $PSE2$ 数组用 5 个元素来表示条信息。如果某条左、右边界分别跨在交叠区域两侧时，我们规定：该条右边界在左侧对应的像素偏移量 8192，该条的左边界在右侧对应的像素偏移量为 0。其中 $PSE1[5]$ 和 $PSE2[5]$ 数组中各个元素存的内容如下所示：

第一条起像素偏移	第一条止像素偏移 第二条起像素偏移	第二条止像素偏移 第三条起像素偏移	第三条止像素偏移 第四条起像素偏移	第四条止像素偏移
----------	----------------------	----------------------	----------------------	----------

数组元素全部被初始化为-1,按照第三章中的计算公式,对相应的数组元素赋值。根据赋值以后的数组元素内容,即可以得到:1、分别处在左、右两检测计算机检测范围内的条数(T1、T2);2、各条分别在左右两 CCD 相机得到图像中的对应像素范围(即检测各条弊病情况时需要处理的像素范围)。假设分条数为 TN,左侧 CCD 的物方视场为 l_1 ,右侧 CCD 的物方视场为 l_2 ,两相机的交叠区域为 l ,左右两侧相机视场中的条数分别为 T1, T2。代码的实现为:

```

*****
*****      分条相关代码实现      *****
*****
int temp; //用作中间变量
const double cof1=(double)8192/l1; //表示左侧得到的图像中每个像素代表的物方尺寸
const double cof2=(double)8192/l2; //表示右侧得到的图像中每个像素代表的物方尺寸
double totalLength; //用于表示某条的右边界偏离最左侧切刀的距离
int PSE1[5],PSE2[5];
int T1,T2; //T1,T2 表示左右侧计算机中需要建立的条数
T1=T2=0;
for(temp=0;temp<5;temp++)
{
    PSE1[temp]=-1;
    PSE2[temp]=-1;
}
totalLength=TL[0]; //TL[0]赋值为 0;
for(temp=1;temp<TN+1;temp++)
{
    if(totalLength<=(l1-l))
    {
        PSE1[temp-1]=totalLength*cof1; //相应条的左边界对应像素的偏移量
        totalLength+=TL[temp];
        if(totalLength<=l1)
            PSE1[temp]=totalLength*cof1; //相应条的右边界对应像素的偏移量
        else
        {
            PSE1[temp]=8192;
            PSE2[temp-1]=0;
            PSE2[temp]=(totalLength-l1+a)*cof2;
            T2++;
        }
        T1++;
    }
    else
    {
        PSE2[temp-1]=(totalLength-l1+1)*cof2;//相应条的起始像素值
    }
}

```



```

totalLength+=TL[temp];
PSE2[temp]=(totalLength-1)*cof2; //相应条的终止像素值
T2++;
}
}

```

实时处理中,检测各条的弊病情况时,代码会返回弊病所在的像素的偏移量,此时易知弊病所在条的左、右边界对应像素的偏移量,参照第三章中弊病定位部分的介绍可以完成代码的编写。

从前面的“分条相关代码实现”中得到的 T1、T2,分别决定在左、右两计算机中自动建立报告文件的数量。T1、T2 结合 PSE1、PSE2 数组,可以实现各种具体分条下左右两侧的分条图像处理。代码的实现大致如下,其中 TCunter 变量用来表示第几条。

```

for(TCunter=1;TCunter<=T1;TCunter++) //对于左侧检测计算机
{
..... //各条处理前的操作;
for(temp=PSE1[TCunter-1];tempCunt<PSE1[TCunter];tempCunt++)
{
..... //检测各条弊病情况;
}
}
for(TCunter=TN-T2+1;TCunter<=TN;TCunter++) //对于右侧检测计算机
{
..... //各条处理前的操作;
for(temp=PSE2[TCunter-1];tempCunt<PSE2[TCunter];tempCunt++)
{
..... //检测各条弊病情况;
}
}
}

```

二、纵向位置的定位

对于准确描述弊病而言,纵向位置的精确性也很重要。为了得到弊病准确的纵向位置,需要保证:每个计数值代表的胶片长度尽量准确,以及计数的正确性。每个计数值代表的胶片长度通过准确测量计算得到,代码中可以采用双精度 double 型常量来保证。计数的正确性就需要在软件代码的实现中保证。

为了准确得到已经检测的长度,在检测计算机软件代码中建立了数组 cuntNumOfFrameEnd[] (帧尾数组)和数组 changeOfCuntNumOfFrameEnd[] (帧尾变化数组),前者为最近几帧帧尾对应的计数值,后者为最近几帧相邻帧尾计数值的差值。对新的帧尾计数值存储时,帧尾数组元素左移一位后,将它存为数

组的最后一个元素；类似的，帧尾变化数组中的元素左移一位后，用新的帧尾计数值减去上一帧帧尾计数值作为帧尾变化数组的最后一个元素。利用帧尾变化数组，就可以得到当前已经检测的胶片的长度。

实验中发现，检测运行的过程中，外界偶尔会有干扰发生，此时会造成计数值的突变，计数值的突变远大于正常情况下连续两帧的帧尾计数值的差值，所以利用它可以在一定程度上抵抗偶尔存在的干扰。即对帧尾变化数组最后一个元素赋值前，首先判断新的帧尾计数值和上一帧的计数值的差值是否远远大于（比如 10 倍）当前帧尾变化数组的最后一个元素的数组，如果是，就用当前帧尾变化数组的最后一个元素的数值代替两帧的差值，作为帧尾变化数组的新的元素。代码片断为：

```
*****
if (cuntNumOfFrameEnd[3]-cuntNumOfFrameEnd[4])>(10*changeOfCuntNumOfFrameEnd[4]))
    changeOfCuntNumOfFrameEnd[4]=changeOfCuntNumOfFrameEnd[3];
else
    changeOfCuntNumOfFrameEnd[4]=cuntNumOfFrameEnd[3]-cuntNumOfFrameEnd[4];
*****
```

从核心处理部分的流程图中可以看到，对一卷的计数是从等待设备运转之后开始的。并且，由前面的流程控制部分可知：为了防止干扰的影响，需要计数值连续变化几次后作为设备运转开始的判据。所以，为了准确的表示胶片的长度，需要在第一次对帧尾数组赋值时，将读取到的计数值加上等待过程中为了判断设备运转所用的计数值的个数。

4.4.6 检测信息指示部分

为了实时反映检测的进度以及各条的弊病状态，检测计算机软件提供了两种指示：明室中的屏幕文字指示和暗室中的声音指示。

明室中的屏幕文字指示，即是在实时检测的过程中每隔一小段时间就刷新一次相关的数据和状态，并且在各个检测不同的阶段给予不同的进度指示，如图（4-9）所示。指示提供了当前小卷的检测长度、当前小卷的编号、本小卷的分条数、各条的弊病状态，以及当前检测的进度。另外，还提供了上述信息的状态栏的指示。各条的弊病状态有两种颜色指示，如果本条发现弊病，那么“红灯”闪烁，否则“绿灯”闪烁。状态栏中的各条的弊病状态指示采用 0、1 表示，0 表示正常，1 表示有弊病。

代码的调试阶段发现，过快的刷新会使得系统的检测无法正常进行，弹出如图 4-16 所示的对话框，相应的检测进程不再继续。为了克服这个问题，应该注意到刷新分成三个不同的方面：屏幕中的不变文字在每小卷检测中保持不变；检

测进度指示的文字只在生产状态改变时刷新,比如从等待复位,到等待设备运转;检测长度以及弊病状态需要及时的刷新。按照上述的讨论,建立了三个不同功能的成员函数,分别用于刷新不变文字、刷新实时数据和状态、指示检测进度,用在各个不同时机用于刷新各种所需的内容。值得一提的是,分条的显示会根据相应的分条情况自动适应。函数原型说明如下所示:

```
void displayInfo(); //显示不变文字
void displayInfoData(UINT numOfCoil,long cuntNumOfTotalLength, BOOL startState[4],BOOL endState[4]);
//显示实时的数据和状态, 参数表: numOfCoil 代表检测卷数, cuntNumOfTotalLength 为长度计数值,
//
// startState[4], endState[4]数组表示弊病状态
void ShowProcessState(CString str, int numsOfRow=1, COLORREF crColor=RGB(255,0,0));
//指示检测进度, 参数表: str 表示要显示的文字内容, numsOfRow 表示需要显示文字的行数(默认1行)
//
// crColor 为显示文字的颜色。
```

此外,代码中设置了一个计数常量,它是用来设定多少帧显示一次弊病状态,比如 20 帧显示一次。再一个解决办法,也就是前面刚刚提到的状态栏的指示。调试发现,两种办法都可以避免出现的刷新问题。



图 4-16 刷新遇到的问题

声音指示的实现,是利用 PCI 计数板卡提供的数字量输出功能以及前面介绍的辅助电路,通过软件设置合适的数字量来实现的,主要目的是为了给暗室工作人员提供相应信息。本检测系统需要提供声音提示的情况有两种:设备的复位按钮按下后,指示检测软件已经正常运行;检测发现弊病时,提示发现弊病。复位按钮按下时的声音提示,可以采用延时一小段时间(Sleep 函数)实现,执行结果为暗室听见嘀…嘀…嘀三声,然后就可以执行启动设备运转的操作。对于实时检测过程的声音指示,不能通过延时实现,因为 Sleep 函数需要占用系统时间,本文采用的方法为:弊病发现后,首先给出令蜂鸣器发声的数字量(1),间隔几帧后,给出令蜂鸣器停止发声的数字量(0)。由于数字量写到计数板卡的寄存器上,不需要其它额外的处理就可实现弊病报警指示,从而不会浪费系统的处理时间。

4.5 检测计算机软件辅助模块

辅助模块的主要目的是为了给操作者带来方便, 以及保证设置参数和重要数据的安全性。此外, 为了界面美观, 提供了真彩色的工具栏。

1、图像数据的自动备份: 在流程图中可以看到, 到达设定的检测卷数之后, 检测软件会弹出对话框, 提醒操作者在服务器中进行报告的合并操作(在服务器软件中叙述), 然后, 检测软件会自动地将所有的报告文件删除, 并且将本批检测的弊病图像文件移动到 F 盘备份文件夹中。之所以给图像文件作备份, 而不给报告文件做备份, 原因是: 报告文件已经在服务器中进行了处理和合并而得到了所有的信息, 不再需要检测计算机中的报告文件; 但是, 图像文件占用空间较大, 不能全部复制放到服务器上面, 为了防止之前没有对图像文件做合适的备份而丢掉重要的图像数据, 提供了图像备份功能。

图像备份功能的实现, 分成两步: 删除原来 F 盘的图像备份、移动图像文件到 F 盘备份文件夹。为此建立了两个成员函数: 删除文件或文件夹函数 DeleteFolder(LPCTSTR pPathName) 和 移动文件或文件夹函数 MoveFolder(LPCTSTR pFromPathName, LPCTSTR pToPathName)。下面只给出移动文件或文件夹操作代码, 删除文件或文件夹操作类似可以写出。

```
*****
*****移动文件夹中内容到另一个文件夹的语句*****
void CFilmDetectView::MoveFolder(LPCTSTR pFromPathName, LPCTSTR pToPathName)
//接口参数: LPCTSTR pFromPathName 为欲移动的文件夹的指针,
//          LPCTSTR pToPathName 为移动到的文件夹的指针
{
    SHFILEOPSTRUCT file;
    file.wFunc=FO_MOVE;           //本操作进行移动文件夹
    file.pFrom=pFromPathName;
    file.pTo=pToPathName;
    file.fFlags=FOF_NOCONFIRMATION|FOF_SIMPLEPROGRESS;
    file.lpszProgressTitle="文件移动中";
    file.hwnd=NULL;
    if(!SHFileOperation(&file)) ;
    else MessageBox("移动文件失败!", "提示", MB_OK|MB_ICONASTERISK);
}

```

举例说明: 移动 E:\image 下的所有文件夹及文件到 F:\backup 下, 则 pFromPathName 为"E:\image*.*", 而 pToPathName 为"F:\backup"。

2、密码保护功能: 为了保证设置参数的安全性, 提供了密码权限, 只有拥

有密码的操作人员才能对参数（阈值和检测信息）进行相应的设置。密码功能包括：密码验证、密码修改。执行情况，同 Windows 中的密码设置。

3、避免操作顺序不当：许多操作有先后顺序，比如打开弊病图像和处理弊病图像，处理弊病图像和显示弊病的曲线。为了避免造成错误的操作，需要从软件代码实现中保证顺序的正确性。可以采用布尔变量和更新命令用户界面消息控制函数^[38]来实现，代码片段为：

```
void CFilmDetectView::OnUpdateDebugImageprocess(CCmdUI* pCmdUI)
{
    pCmdUI->Enable(debugProcessEnable);
}
```

4、真彩色工具条^[39]：采用 MFC 默认的工具栏编辑器得到的图标的颜色通常只有 16 色，在视觉上不如当前流行软件的真彩色工具条美观，为此设计了真彩色工具条。

实现的部分代码为：

```
////////////////////////////////////
//实现真彩色
HBITMAP hbm = (HBITMAP)::LoadImage(AfxGetInstanceHandle(),MAKEINTRESOURCE(IDB_TOOLBAR),
    IMAGE_BITMAP, 352,32, LR_CREATEDIBSECTION | LR_LOADMAP3DCOLORS );
CBitmap bm;
bm.Attach(hbm);
m_ilToolBar.Create(32,32,ILC_COLOR24, 4, 4);
// 需要在 MainFrm 成员变量中建立类 CImageList 的对象 m_ilToolBar
m_ilToolBar.Add(&bm,(CBitmap*)NULL);
m_wndToolBar.GetToolBarCtrl().SetImageList(&m_ilToolBar);
//实现真彩色
```

4.6 服务器软件部分

基于三台电脑通过高速交换机连接在一起，通过网络编程，服务器软件实现对两台检测计算机中得到的同一宽幅胶片两部分对应的两组数据的获得和处理，给出车间得到的各小卷的弊病报告以及完整的大轴胶片的弊病情况的统计。对检测计算机中的报告的相关操作，可以在实施检测过程之中进行。服务器软件的主要功能：

- 如果某条跨在交叠区域两侧，需合并两检测计算机中该条的报告文件；
- 需要将检测机中的小卷弊病报告转换成实际小卷的弊病报告，并且得到的小卷弊病报告中的弊病纵向位置应该以实际小卷的开头为起点；
- 实际小卷报告中的弊病信息和相应图像的对应；

- 典型弊病图像的存储
- 提供大轴胶片的弊病情况统计功能
- 提供打印弊病报告功能

如果某条跨在交叠区域两侧时，由于两 CCD 视场限制的原因，只能由两检测计算机来完成检测任务，从而形成了该条左右两个弊病报告，所以，服务器必须要完成相应条的弊病报告的合并工作。合并工作就是将左右两侧弊病报告中的所有弊病信息按照纵向位置的大小排序后重新组成一个新的弊病报告，对于纵向位置相同的，存为一个弊病信息。服务器软件是通过检测计算机中的小卷信息文件决定对哪一条弊病报告合并的。

从前面的介绍可知，检测计算机中存储的小卷报告和实际需要的小卷报告不同，主要的原因是实际小卷的起始位置和开始检测的位置不同（即检测位置和小卷被裁下的位置不同）。所以，服务器最主要的任务就是要把检测计算机中生成的小卷报告，转换成实际的小卷报告。弊病报告的处理的主要任务为改变弊病的纵向位置信息，如图 4-17 所示。

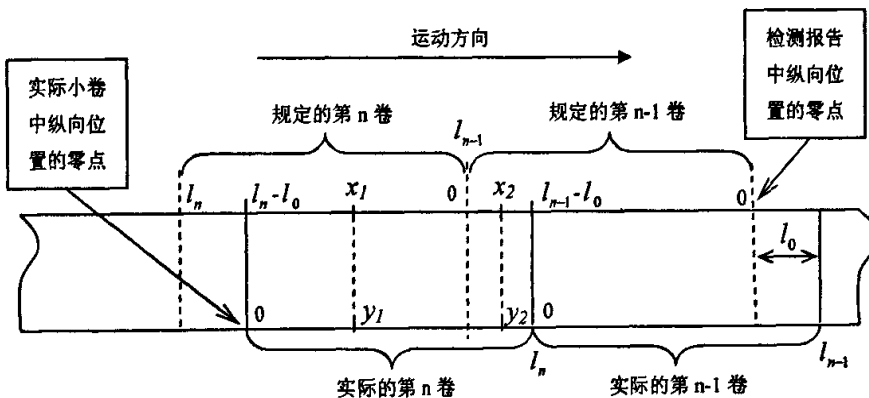


图 4-17、规定小卷和实际小卷的纵向位置图示

如图 4-17 所示，检测计算机中的每小卷的弊病报告是以检测的先后顺序为纵向位置的坐标方向（和胶片运动方向相反），并且坐标轴的原点为检测最开始的位置。而实际需要的小卷弊病报告，是以实际得到的小卷的开头作为坐标原点，以偏离卷头的距离作为纵向位置的坐标方向（和胶片运动方向相同）。其中， l_0 为检测处离裁下小卷位置的距离（测得为 3500mm）， l_{n-1} 为规定的第 n-1 卷的长度， l_n 为规定的第 n 卷的长度，由图容易得知实际的第 n-1 卷的长度也为 l_{n-1} ，第 n 卷的长度为 l_n 。由图可以看出，实际的第 n 卷的弊病情况由两个部分组成：规定

的第 $n-1$ 卷的 $(l_{n-1} - l_0) \sim l_{n-1}$ 范围内的弊病情况和规定的第 n 卷的 $0 \sim (l_n - l_0)$ 范围的弊病情况。假设在两个范围内分别有一个弊病，弊病的坐标在规定的小卷内的纵向位置分别为 x_1 和 x_2 ，相应的在实际小卷中的弊病的纵向位置分别为 y_1 和 y_2 。则有：

$$\begin{cases} y_1 = l_n - l_0 - x_1 \\ y_2 = l_n - l_0 + l_{n-1} - x_2 \end{cases} \quad (4-17)$$

利用公式 (4-17) 就可以从两检测计算机得到的弊病报告转换为实际需要的小卷的弊病报告。易看出，由于规定的第一卷不能检测到 l_0 的长度，所以实际的第一卷不包括后面的 l_0 的弊病情况。

由于检测计算机中的弊病报告的每个弊病信息内容和相应的弊病图像的文件名相同，所以一旦弊病报告经过相应的纵向位置的变换之后，将失去原来的关联性，从而就需要将实际小卷报告中的弊病和检测计算机中存储的图像进行关联，即将转换后的实际小卷的弊病报告中的每一个弊病都给出相应的图像文件名，以便于查看弊病图像。

通常情况下，弊病的出现有一定的规律性，比如划痕和拉丝的纵向尺寸比较大，刮点的出现具有周期重复性，脱涂的纵向尺寸也较大，所以得到的弊病图像有不少是类似的。为了积累一些典型的弊病图像用于下面的识别工作，服务器软件提供了图像保存功能，以便有选择地保存某些认为是典型弊病的图像，而不是保存所有的弊病图像。

为了得到完整的大轴胶片的弊病的总体情况，检测计算机软件提供了大轴胶片的汇总报告，汇总报告给出了实际小卷的弊病数量统计，相应小卷的长度等等。另外，还可以根据具体的需要给出不同形式的统计数据。

第五章 检测系统试运行

本文设计的样机于 2005 年 4 月在河南南阳乐凯集团第二胶片厂胶片分厂的整理车间正式投入试运行。在样机安装和调试期间，对现场出现的问题提出了有效的解决方案。此后，对样机可检出的弊病的类型，以及弊病的定位，系统的可操作性、实时性和可靠性等方面进行了较全面的考查。样机在生产线上运行至今，证明该系统的软件易于操作，能够在 90m/min 的速度下实时检测出各种典型的弊病，检测结果准确，系统软硬件的抗干扰能力良好，运行状态稳定，极大地提高了整理车间的胶片检测水平，保证了出厂胶片的质量。

5.1 系统的试运行结果

利用车间提供的带有不同典型弊病的几大轴胶片对检测系统的弊病检出能力进行了测试，其中的弊病包括了划痕、拉丝、脱涂、涂层不匀、刮点和接头等典型的弊病。

用检测系统对上述的大轴胶片进行测试，结果表明：对于划痕、非轻微拉丝、脱涂等纵向尺寸较大的弊病，以及片基的接头完全可以检测出。由于接头处是用胶带粘在一起的，并且胶片生产工序中为了明确下面的是接头，在每个接头前面人为地做了一块方形的脱涂区域，所以接头的检测没有问题。对于特别轻微的拉丝，由于得到的图像中弊病和背景的对比如较差，检测效果不够理想。其次，对于通常的刮点（尺寸约为 1mm×3mm）可以检测出，只是对于很小的点状缺陷的效果不很理想，但值得注意的是此类小的点状弊病大部分情况不影响胶片的使用质量。另外，系统可以检测出涂层不匀面积较小的弊病，对于涂层不匀区域较大的弊病，系统的检测效果不理想。这是由于系统的检测目的是针对划痕等细节弊病进行检测的，同时在要求的检测速度下，线阵 CCD 相机每次处理得仅为胶片的某窄条对应的图像。检测系统的检出率可以满足生产要求。

图 5-1 是检测系统试运行期间得到的弊病图像：

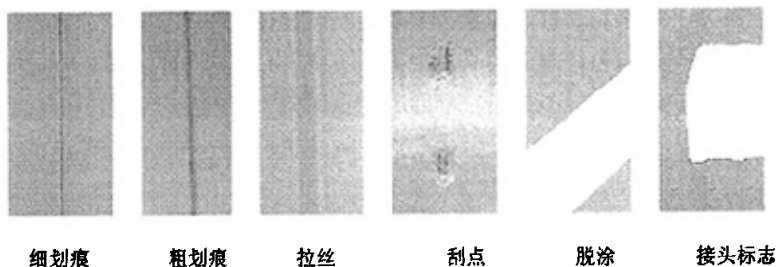


图 5-1 现场试运行得到的弊病图像

在样机的试运行的初期阶段，对检测系统的弊病定位精度进行了验证。在正常的生产情况下，将检测系统发现到弊病的胶片取出后，拿到明室去验证，经过对弊病的纵向和横向位置的测量表明，报告中记录的弊病位置能够正确反映弊病实际的位置，满足实际生产检测的需要。

5.2 调试阶段遇到的问题及其解决方法

5.2.1 胶片绕轴上的缺陷对检测的影响

由于胶片的红外透过率较大，并且本文检测成像条件下的景深大于胶片的厚度，所以对于胶片紧紧贴附的胶片绕轴上的表面状态会被相机清晰得到，从而使胶片绕轴上的缺陷被误认为胶片上的弊病，进而影响正常的检测结果。

为了排除胶片绕轴上的缺陷对正常检测的影响，必须对胶片绕轴上的表面状态进行处理，不允许存在处在检测能力之内的类似于胶片弊病的缺陷存在。比如，可以对胶片绕轴进行精磨和镀铬。只有这样才能排除胶片绕轴上的缺陷对检测的影响。

5.2.2 干扰对 CCD 供电电源的影响

经过现场的试运行发现，CCD 相机对供电电流的稳定性要求较高，一旦出现大的干扰就会使得 CCD 相机自身处于保护状态，而不能继续进行正常的抓拍（Grab）操作，使得检测无法正常进行。（类似于通常电路中的保险丝一样，一旦电流超限，就会自动熔断切断电路，使得重要器件处于保护状态。）

结合现场情况分析电流不稳定造成的可能原因，主要有两个：电网中的各种干扰的影响和装载大轴胶片用的交流电机的供电电源线的影响。分别针对这两个方面采取了措施，为了消除电网中的干扰的影响，在电网和相机电源之间加入了净化交流稳压电源，该电源采用了国际上先进的正弦能量分配方式的电源调节技术，能有效的抑止电网中的各种干扰并且提供宽范围的稳压输出，设备如图 5-2 所示。另一方面，为了克服交流电机的供电电源线的影响（如图 5-3 所示），首先将交流电机的供电电源线改成屏蔽电源线进行供电，其次将交流电机的供电电源线重新布线，避免和相机供电电源线的靠近和交叉。



图 5-2 交流净化稳压电源实物图

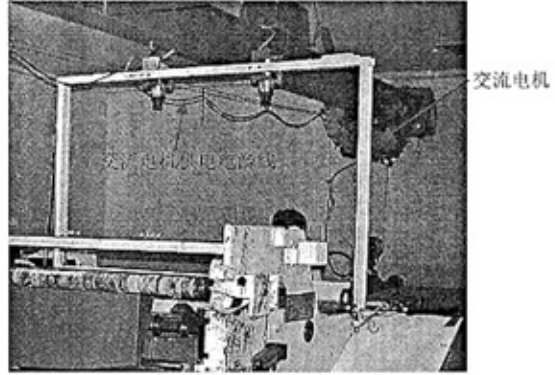


图 5-3 造成 CCD 相机工作不稳定的交流电机的影响

第六章 总结与展望

6.1 总结

在分析了国内外检测设备现状的基础之上,根据乐凯集团第二胶厂胶片分厂整理车间的生产检测需求,本文提出了基于 CCD 高速成像和数字图像处理技术的系统整体设计方案,详细地介绍了检测系统的设计与实现过程。

宽幅胶片弊病在线检测系统硬件部分,主要实现了红外光源、图像采集、弊病定位装置、明暗室机箱以及系统整体的机械结构。其中,红外光源由 940nm 的 LED 阵列、朗伯光滤波器和相应的机械固紧和调整部分构成,具有光照均匀性好、光照强度合适、照明角度和距离均可调等优点,为成像部分提供了良好的照明条件。图像采集部分,选用了 Dalsa 公司生产的性能优越的高分辨率的 P2-23-08K40 线阵 CCD 相机,配合 Coreco 公司生产的 PC_CamLink 图像采集卡,长城 120 相机镜头和自己设计的镜头接圈,采用交叠视场检测方式,实现了对全宽幅的高速运转的胶片的实时图像的清晰获取,为软件的图像处理提供了良好的基础。弊病定位采用了编码盘计数方式,光斩波器对编码盘的脉冲计数,得到的计数脉冲通过专门设计的暗室和明室机箱后,利用 PCI2361 板卡的计数功能实时记录已检胶片的长度,对出现的弊病给出纵向位置信息。

在 Visual C++ 6.0 环境下,分别开发了检测计算机软件和服务软件。检测计算机软件根据实际生产的流程和实际的检测需要,利用图像采集卡和计数板卡提供的开发函数,以及 MFC 提供的函数开发完成,实现了胶片的自动化的实时检测,并且在检测机中保存了弊病信息和弊病图像。服务器软件将检测机中保存的弊病报告转换成实际需要的胶片的弊病报告,并且给出相应图像的关联,以及大轴胶片的弊病统计数据。

经过在实验室中对检测系统的调试之后,于 2005 年 4 月在乐凯二胶厂胶片分厂的整理车间投入试运行。试运行期间对检测系统的弊病检出类型、定位情况、软件的可操作性、系统的稳定性和抗干扰性等方面进行了测试,结果表明该系统达到了实际的生产检测的要求。系统运行至今,检测效果良好。

本文的主要的研究成果为:

- 1、通过对线阵 CCD 得到的单行图像数据采用简化了的平滑滤波和基于边缘的图像分割算法,并且采用两级累加阈值判断弊病的有无,保证了系统的检测能力。

- 2、采用了“检测机—服务器”并行检测系统，满足了实时检测的需求，并采用两台高性能线阵 CCD 的交叠视场检测方式，保证了宽幅胶片的弊病检测效果；
- 3、做成了实用的样机，并成功运用到生产之中，保证了出厂胶片的质量。

6.2 展望

目前的检测系统样机虽然已经满足了合同中的各种具体要求，但是还有些功能还存在不足，有待在日后工作中得以改善。

首先，服务器软件的功能有待加强。当前的软件系统中，每次检测，都需要分别启动两个检测计算机中的检测软件，并且输入相同的检测信息，这显得比较繁琐。日后，应该将现在检测机上所有的控制操作、信息输入以及弊病信息的指示都在服务器上进行，检测机就只是用于检测任务，实现“主控—检测”式的检测结构。

其次，开发更有效的图像处理算法，如自适应动态检测阈值的算法。

再次，增加弊病图像的后期处理工作，如建立典型弊病图像数据库，对弊病图像进行分类，以及弊病对胶片使用质量的影响程度。

最后，将检测部分的计算机实现，做成由 DSP 等智能芯片组成的智能检测硬件模块，减小检测系统占用的空间，以及提高检测的速度，以便采用更高效的图像处理算法。

由于胶片弊病产生的随机性以及不确定性，当前的检测系统不能保证检出所有的弊病。此外，宽幅印刷胶片的出厂质量虽然在本样机的帮助下提高了很多，但是质量的进一步提高，还有待于在胶片生产过程中采用有效的质量控制技术。同时，随着新的检测技术的出现，宽幅胶片弊病的检测水平必将达到更高的层次。

参考文献

- [1]刘宇, 刘荣生, CTP数码印刷版材的技术现状和发展, 信息记录材料, 2004, (4): 43~45
- [2]闵大洪, 传播科技纵横, 北京: 警官教育出版社, 1998
- [3]燕文, 陈立刚, 激光照排及制版工艺过程简介, 影像技术, 2001, (3): 34~35
- [4]汪永明, 丁振忠, 了解性能 用好胶片——几种国内外激光照排片的性能介绍, 印刷杂志, 2001, (7): 55-56
- [5]刁源生, 李大东, 冷轧带钢表面缺陷检测现状, 攀钢技术, 2000, 23(5): 63-66
- [6]孙长明, 光电在线检测技术, 光电子技术与信息, 1995, 8(2): 22-24
- [7]Web Ranger Surface Inspection System, USA: Wintriss Engineering Corporation, 2004
- [8]德国Erhardt-Leimer表面监测系统,
<http://www.yndz.com/Erhardt+leimer%20surface%20inspection%20system.htm>
- [9]SURFACE DEFECTS INSPECTION SYSTEM CORRESPONDING TO FITS-BS, Japan: Ayaha Engineering Co.,Ltd,
<http://www.ayaha.co.jp/eng/english/product/1014.htm>
- [10]Web-Scan 4000, 台湾, <http://www.winstartek.com.tw/Web-scan%204000-1.html>
- [11]C. Anagnostopoulos, D. Vergados, E. Kayafas, V. Loumos etc, A computer vision approach for textile quality control, THE JOURNAL OF VISUALIZATION AND COMPUTER ANIMATION, 2001, (12) : 31 - 44
- [12]Aura Conci, Claudia Belmiro Proença, A System for Real-Time Fabric Inspection and Industrial Decision, SEKE '02, Italy, 2002.707~714
- [13]曲兴华, 何澄, 韩峰等, 强反射复杂表面随机缺陷自动检测系统, 光电工程, 2003, 30 (2) : 32~35
- [14]梁燕, 胶片弊病在线检测系统: [硕士学位论文], 天津: 天津大学, 2002
- [15]王世勤, 激光照排胶片的发展与前景, 影像技术, 2001, (3): 36~38
- [16]5mm Infrared LED IR333/H0-A User's Manual, Taiwan: Everlight Electronics Co.,Ltd.;
- [17]徐科, 徐金悟, 冷轧带钢表面自动检测系统的研究, 钢铁, 2000, 35 (10): 63~66
- [18][日]谷口庆治, 数字图像处理 (朱红, 廖学乐, 乐静译), 北京: 科学出版社, 2002.7~13;
- [19]P2-23-08K40 Camera User's Manual, Canda: DALSA, 2004;

- [20]María S. Millán, Jaume Escofet, Fabric inspection by near-infrared machine vision, OPTICS LETTERS, 2004, 29 (13): 1440~1442
- [21]张以谟, 应用光学, 北京: 机械工业出版社, 1988.435~437
- [22]PC-CamLink Hardware Reference Manual, USA: Coreco Imaging, Inc, 2001
- [23]JFC-SDK Software Manual, USA: Coreco Imaging, Inc, 2001
- [24]王庆有, 图像传感器应用技术, 北京: 电子工业出版社, 2003: 351
- [25]Technical Data Sheet Opto Interrupter ITR20301, Taiwan: Everlight Electronics Co.,Ltd.,2003
- [26]PCI2361数据采集卡使用说明书, 北京: 北京阿尔泰科贸有限公司
- [27]PCI2361 DOS/Win95/98/NT/2000 驱动程序使用说明书, 北京: 北京阿尔泰科贸有限公司
- [28]刘艳玲, 采用MAX232实现MCS-51单片机与PC机的通信, 天津理工学院学报, 1999, 15 (2): 57~61
- [29]MAX232/MAX232A收发器及其应用, 国外电子元器件, 1997, (3): 28~29
- [30]王庆有, 孙学珠, CCD应用技术, 天津: 天津大学出版社, 1993, 14~16
- [31] 刘榴娣, 刘明奇, 党长民, 实用数字图像处理, 北京: 北京理工大学出版社, 1998.94~100
- [32] 章毓晋, 图像分割, 北京: 科学出版社, 2001.9~12
- [33] 乐宋进, 武和雷, 胡泳芬, 图像分割方法的研究现状与展望, 南昌水专学报, 2004, 23 (2): 15~20
- [34]刘文耀, 光电图像处理, 北京: 电子工业出版社, 2002: 201~222;
- [35] 梁燕, 刘文耀, 刘鸣等, 胶片缺陷在线检测方法的研究, 光电子·激光, 2002, 13 (12): 1276~1280
- [36] [美]Jeff Prosise, MFC Windows程序设计 (北京博彦科技发展有限责任公司译), 北京: 清华大学出版社, 2001
- [37] 童长武, 王博, 贾春丽, 魏居作, Visual C++计算机语言函数应用, 北京: 科学出版社, 2000.531~533
- [38][美]David J. Kruglinski, Visual C++技术内幕 (第四版) (潘爱国, 王国印译), 北京: 清华大学出版社, 2001. 231
- [39]<http://www.yesky.com/20020114/213800.shtml>, 郎锐 yesky, 2002

攻读硕士期间参加的科研项目

[1] “宽幅胶片弊病在线检测系统”，中国乐凯集团第二胶片厂横向项目，2004.6~2005.4

致 谢

本文是在导师刘文耀教授的亲切关怀、悉心指导和严格要求下完成的。刘教授严谨的学风、渊博的知识和孜孜不倦的敬业的精神，以及乐观开朗的生活态度都给我留下了深刻的印象，并将使我终生受益。刘教授在课题的完成过程中给了我许多方法上的指导和不断的鼓励，特别是当我处在困境时，给了我很大的动力和信心，使我克服了困难，这将使我今后更加自信地面对各种困难的挑战。刘教授在生活中也给了我很多关怀，使我懂得了更多人生的道理。在此，我衷心地感谢刘教授给我的指导、帮助和关心！

特别感谢王晋疆老师在课题进展各个阶段的指导和帮助，王老师积极、认真对待问题的态度，给我留下了很深的印象，这也是我今后对待科研或工作的很大的收获；特别感谢刘鸣老师在电路方面无私的指导和帮助，使我的工作顺利完成；特别感谢王兵振博士在各个阶段的帮助，从最初的实验装置机械设计，到后来的软件编程，都给了我很大的帮助。在此，对王晋疆老师、刘鸣老师、王兵振博士致以衷心的感谢！

同时，感谢课题组的何晓峰博士，梁燕博士，朱昊博士，王晓东博士，张晓波博士，任丽硕士、王卫国硕士在学习上对我的无私的帮助和支持！

感谢我的同学周坤硕士、庄玉然硕士、巫殷忠硕士、丁巨超硕士和所有帮助过我的老师和同学，在此致以最诚挚的谢意！

衷心感谢我的朋友周彩霞在生活上和学业上一直以来对我的关心和支持，对她的付出致以我深深的感谢！

最后，我要衷心地感谢我的父母和亲人，是他们多年来对我无微不至的爱和教诲，巨大的鼓励和支持，使我坚定信念，勇敢面对各种挫折，向着人生的目标迈进。祝我的爸爸妈妈和所有的亲人都健康、幸福、长寿！

莫绪涛

2005年7月
于天津大学