2.6.2

**Tubing Inspection**

**管道检查系统**

2.6.2.1 **任务**

为复杂应用生产管道时，类似于微粒，材料损失这样的缺陷会成为质量问题。为此我们通过CTMV实现了一个内联管道检查的视觉系统。

2.6.2.2 **说明书**

*• 任务目标和益处*.正如之前所提到的, 我们必须实现对上述缺陷的内部检查。最小的缺陷尺寸为0.08mm 。缺陷依据他们的类型和大小被分为不同的种类。对于每一种缺陷， 会根据其尺寸和出现频率给予一定容忍度。例如, 当微粒的大小介于0.1mm和0.2mm之间，并且每米管道上检测到的微粒不多于5个时，这些微粒是可以被忽略（容忍）的。

必须有检查方案, 它应该展示某个缺陷从检查开始延申的长度，以及大小和图像信息。另外，远程在线计算机必须能够通过TCP/IP协议获取这些数据。检查通过手动进行。

*• 零件。*管道直径在5毫米到32毫米之间。管道是透明的。直径的改变可以发送到系统。管道表面无污垢或粘合剂；预计不会发生颜色变化。

*• 零件定位。*管道以3 m/min的最大速度水平移动。横向位置公差为0.5 mm。

*• 性能要求*。必须检测的最小缺陷尺寸为0.08 mm。处理时间定义为处理速度的函数。在完成下一次采集之前，需要对图像进行处理。

*• 信息接口。*如上所述，需要一个用于控制和设置管径的用户界面，一个用于打印和存储的检查协议，以及通过TCP/IP连接在线访问缺陷数据。

*• 安装空间。*可以直接安装到管道内部。最大值距管中心的距离为400 mm。在移动方向上，系统可以使用700毫米的距离。摄像头和计算机之间的距离为3米。系统应被覆盖起来以防止滴水损害系统。

2.6.2.3 **Design**

*（1）相机类型*。因为管道在移动，我们必须用高分辨率的线扫描系统。为了覆盖360度，必须使用至少六个摄像头。此时，成本为六行扫描摄像头、足够数量的帧抓取器和处理硬件显示；费用超出预算。因此，必须使用区域摄像机。为了获取单帧，摄像机触发和合并可能在两个或多个图像中检测到的同一个缺陷，这将成为一个问题。

*（2） 视野*。当使用六个摄像头时，每个摄像头需要覆盖一个区域半径尺寸的视图，如图2.13所示。

最大直径规定为32 mm，半径规定为16 mm。定位公差小于0.5mm。因此，一个摄像头所需的视野可以计算为FOV=最大部分尺寸+定位公差+边缘+摄像机传感器的自适应纵横比

FOVhor=16mm+0.5mm+1mm=17.5mm

使用传感器比为4:3的区域摄像头，垂直视野确定为：

FOVvert=FOVhor·3/4=17.5mm·3/4=13.125mm

因此，视野计算为17.5mm×13.125mm。摄像头的安装如图2.14所示。

*（3）分辨率*。最小缺陷的尺寸定义为0.08 mm。由于处理程序将基于斑点分析，因此至少应使用3个像素来映射最小的缺陷。因此，需要0.027mm/像素的空间分辨率。通过视场，可以计算出相机分辨率为

Rc=FOV/Rs=17.5mm/0.027mm/像素=656像素

*（4）摄像机、帧捕捉器和硬件平台的选择。*根据这些信息，我们可以选择标准VGA摄像头。与camera Link等系统相比，由于易于集成且成本较低，选择了摄像头接口技术IEEE1394。

选择Basler 601f CMOS摄像头，传感器分辨率为656×491像素。

使用656像素映射17.5毫米视场，得到的空间分辨率为

Rs=FOV/Rc=17.5毫米/656像素=0.027毫米/像素

0.08毫米的最小缺陷用3个像素进行映射。

使用一台基于Windows XP的19英寸计算机作为硬件平台。摄像头连接到两块具有可重构I/O和IEEE 1394连接的National Instruments PCI-8254R板。

*（5）镜头设计。*距管中心的最大距离为400 mm。放大率为

β = −传感器尺寸/视野=−6.49mm/17.5mm=−0.371.

传感器尺寸是由9.9μm/像素的单元尺寸和656像素的传感器分辨率相乘而成。

使用放大率和距管中心400 mm的最大距离减去相机和镜头200 mm的值，焦距为：

f'=a·β/（1）− β） =200mm\*0.371/（1+0.371）=54.1mm。

选择50mm的镜头

得到的间隔距离d为

a=f’·（1）− β） /β=50mm·（1+0.371）/−0.371 = −184.8毫米

如2.15所示，可以求出透镜的延伸长度l为

l=a'− f'=−f·β=50mm·0.371=18.55mm

由于这个距离无法通过调焦实现，所以使用了15毫米的加长管。

*（6）照明的选择。*由于管是半透明的，使用漫反射背光。 这时缺陷显示为暗的。 由于快门时间需要设置为低值，因此需要高强度。 管在图像中移动1像素距离所需的时间为

t=Rs/v其中v是速度（3 m/min=50 mm/s），Rs是空间分辨率扫描方向。

因此t=0.027mm/像素/50mm/s=540μs

选择的是一个高功率LED，背光的大小为50毫米×50毫米。 由于高强度，闪光操作不是必要的。

*（7）机械设计。*对于机械设计，摄像机的安装需要考虑灯光。因为不同的照明可以相互干扰时，摄像机和灯光组会排成一行。一台摄像机的设置如图2.15所示。

由于设备必须封装起来远离滴水，灯和摄像机和计算机都安装在外壳中。

*（8）电气设计。*电缆长度低于4.5米，符合IEEE1394规范标准范围。

*（9） 软件。*对于软件库，CTMV软件包是programmed使用Microsoft Visual c#。 图像采集选择了National Instruments Imaq For IEEE 1394的API。

为了触发，使用了旋转编码器，它指示管的运动(图2.17)。 编码器信号连接到帧捕获器的特别设计的输入端。 使用FPGA计数器，触发器信号由卡创建并设置为相机。 主机上的应用软件不处理触发; 它是由FPGA完成的。 这节省了计算时间，保证了触发过程的高可靠性。

 由于管是弯曲的，图像中光并不是均匀的。 图2.18显示了一个管的图像。为了保证后续检查和之前的一致均匀性，使用了添加阴影的技术。在检查开始时使用这种技术，参考值采用几个图象的平均值。

特征定位和分割采用阈值法。因为使用了引用计数，则不同管的阈值自适应不是强制性的。图2.19（a）和（b）显示了原始图像和通过阈值分割图像中的缺陷。

分割后，通过blob分析进行特征解释。每一个斑块是以高度、宽度和面积来衡量的。此外，它被分为缺陷类别，如颗粒和腐蚀。对于测量，必须检查该缺陷是否在多个图像中可见，合并这些图像以获取正确的检查结果。图2.20显示了这种情况。

测量和分类后，缺陷被添加到相应的缺陷等级。如果允许的缺陷数量超过规定的公差，设置错误信号。

此外，缺陷日志数据库中的条目包括宽度、高度和缺陷的图像被显示。