

# Machine Vision HM2

---

## 管件检测

### 1. 任务

在为精密的应用场合制造管件时，颗粒物、物料掉落等缺陷会成为一个质量问题。一个用于管件的内部检测的视觉系统可以由CTMV来实现。

### 2. 说明书

- 任务以及益处。正如上面所提到的，我们必须实行特定缺陷的内部检测。最小的需被检测的缺陷尺寸为0.08mm。基于缺陷的种类和尺寸，我们可以把它们分为两种类型。对于每种类型，可以定义（检测系统对于）缺陷的尺寸和出现频率的容忍度。例如，如果颗粒物的尺寸介于0.1mm到0.2mm之间，且在1m的管道中出现的数量少于5个，则认为该种缺陷在容忍度内，是允许的。

一份检测协议是必要的，它可以显示从检测开始，这些缺陷的正在进行的计量（meter不知道如何翻译），尺寸和图像。除此之外，这些数据还必须通过TCP/IP协议提供给远程的计算机。这个检测通过手工实现。

- 工件。管件直径在5毫米至32毫米之间变化。管子是透明的。直径变化的问题可以由该系统解决。管的表面没有灰尘或粘合剂；颜色变化不在期望范围内。
- 工件定位。管子在水平方向运动，最高速度为3m/min。竖直方向的位置容忍度为0.5 mm。
- 性能要求。最小的必须被检测到的缺陷尺寸是0.08mm。处理时间定义为处理速度的函数。一幅图像必须在下一次采集完成之前完成处理。
- 安装空间。（需保证）直接探测管的内部是可能的。距管中心的距离的最大值为400mm。在运动方向上，系统可以使用700mm的距离。相机和计算机之间的距离是3 m。各组件应被覆盖，防止水滴接触。

### 3. 设计

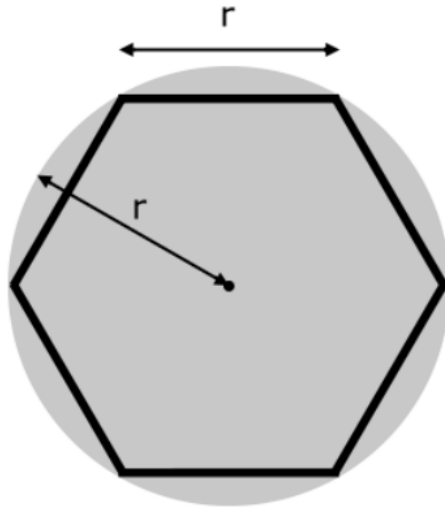
#### 1. 相机类型。

因为管件在移动，且有较高的分辨率要求，线扫描设备更受青睐。要覆盖360°的边界，必须使用至少六个相机。至此，六台线扫描相机，充裕数量的图像采集卡和处理硬件的费用都已确定；费用超出了预算。

因此，必须使用面阵相机。对于获取单帧图像，**相机触发和在两幅或多幅图片中部分可见的合并缺陷将是一大问题。**（不太理解）

#### 2. 视场

使用六个相机时，每个相机需要覆盖一个视野半径大小的视场，如图2.13所示。



**Fig. 2.13** Required field of view when using six cameras.

最大直径规定为32mm，半径规定为16 mm，定位容忍度小于0.5 mm。因此，一台摄像要求的视场范围可以按如下公式计算：

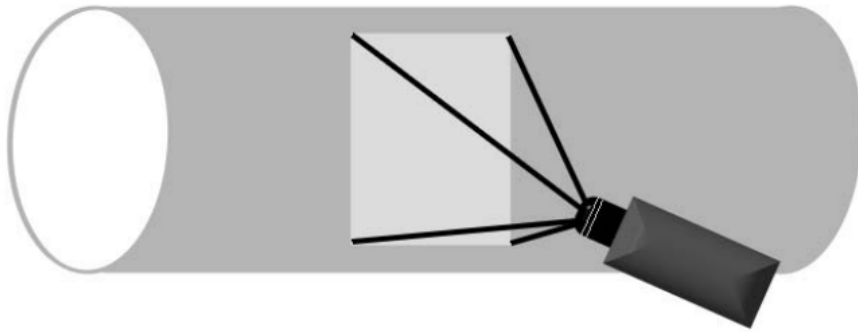
$$FOV = \text{最大工件尺寸} + \text{定位容忍度} + \text{外缘留白} + \text{适应摄像头传感器的宽高比} \quad (1)$$

$$FOV_{\text{hor}} = 16\text{mm} + 0.5\text{mm} + 1\text{mm} = 17.5\text{mm} \quad (2)$$

使用传感器比例为4: 3的面阵相机，垂直观场可确定为

$$FOV_{\text{vert}} = FOV_{\text{hor}} \cdot \frac{3}{4} = 17.5\text{mm} \cdot \frac{3}{4} = 13.125\text{mm} \quad (3)$$

因此，视场被计算为17.5 mm×13.125 mm。相机安装示意图见图2.14



**Fig. 2.14** Positioning of the camera.

### 3. 分辨率

最小缺陷的尺寸定义为0.08mm。由于处理程序将基于斑点分析，至少应有3个像素用于匹配最小的缺陷。因此，必须保证空间分辨率为0.027 mm /pixel。

基于视场，我们可以如下计算相机分辨率：

$$Rc = \frac{FOV}{Rs} = \frac{17.5\text{ mm}}{0.027\text{ mm/pixel}} = 656\text{ pixels}$$

### 4. 摄像机，图像采集卡和硬件平台的选择。

基于这些值，可以选择标准的VGA摄像机。相机接口技术选择IEEE 1394。之所以如此选择，是因为其余系统例如Camera Link相比，它易于集成且成本低廉。最终我们选择传感器分辨率为656×491像素的Basler 601f CMOS相机。

用656个像素去匹配17.5mm的视场，空间分辨率可以计算为

$$R_s = \frac{FOV}{R_c} = \frac{17.5 \text{ mm}}{656 \text{ pixels}} = 0.027 \text{ mm/pixel}$$

接着，最小的0.08毫米缺陷就能用3个像来匹配。

一台基于Windows XP的19英寸计算机被用作硬件平台。摄像机通过可重新配置的I/O和IEEE 1394接口技术连接到两个National Instruments PCI-8254R板上。

#### 5. 镜头设计。

距管件中心的最大距离定义为400mm，放大倍数可以计算为

$$\beta = -\frac{\text{sensor size}}{FOV} = -\frac{6.49 \text{ mm}}{17.5 \text{ mm}} = -0.371.$$

传感器尺寸由9.9μm/pixel的像元尺寸乘以传感器分辨率-656像素得出。

使用放大倍数和距管件中心的最大距离400 mm减去相机和镜头的200 mm的值，焦距可以计算为：

$$f' = a \cdot \frac{\beta}{1 - \beta} = 200 \text{ mm} \frac{0.371}{1 + 0.371} = 54.1 \text{ mm}.$$

我们选择50mm焦距的镜头。

相应的相隔距离为

$$a = f' \cdot \frac{1 - \beta}{\beta} = 50 \text{ mm} \cdot \frac{1 + 0.371}{-0.371} = -184.8 \text{ mm}$$

如图2.15所示，镜头延申长度  $l$  可计算为

$$l = a' - f' = -f \cdot \beta = 50 \text{ mm} \cdot 0.371 = 18.55 \text{ mm}$$

由于无法通过调焦来实现此距离，因此，使用15毫米作为延申长度。

6. 照明选择。由于管子是半透明的，所以我们采用漫射背后照明。这样，瑕疵看上去很暗。由于需要将快门时间设置为较低值，就需要较高的曝光强度。管移动一个像素宽度的距离所需的时间可以计算为

$$t = \frac{R_s}{v}$$

$v$  是管件移动速度(3m/min=50mm/s)， $R_s$  是扫描方向的空间分辨率。

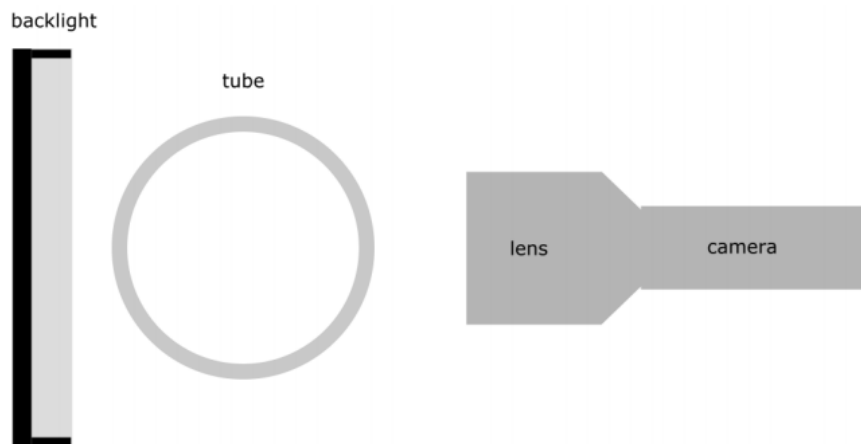
因此，我们有

$$t = \frac{0.027 \text{ mm/pixel}}{50 \text{ mm/s}} = 540 \mu\text{s}$$

我们选择的是大功率LED背光灯，尺寸为50 mm×50mm. 由于有较高的强度，闪光操作不是必需的。

#### 7. 机械设计。

对于机械设计，需要考虑摄像头和照明灯的安装。由于不同的照明会彼此干扰，摄像机和照明放置在同一行。一台摄像机的放置方式如图2.15所示。



由于覆盖设备防止水滴接触，所以灯光和摄像机安装在外壳中，计算机也是如此。

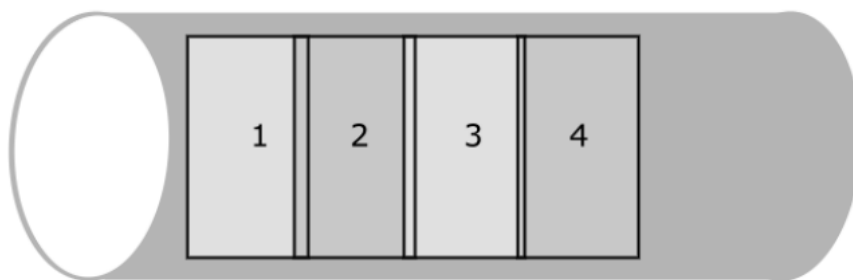
#### 8. 电气设计。

电缆长度在4.5 m以下且在IEEE1394规格范围内。

#### 9. 软件。

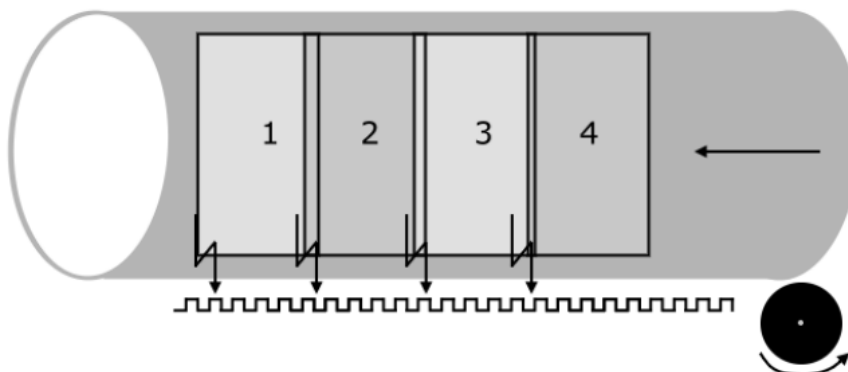
对于软件库，使用经Microsoft Visual C # 编程的CTMV软件包。为了获取图像，选择了 **National Instruments Imaq的IEEE 1394**的API（应用程序界面）。

为了获取图像，必须以定义的2mm重叠量来触发摄像机以捕获图像。图2.16显示了一台相机所拍摄连续四帧画面。



**Fig. 2.16** Frames, as captured by one camera.

对于触发，使用了旋转编码器，它显示了管件的运动（图2.17）。编码器信号连接到专门设计的图像采集卡的输入。使用FPGA计数器，触发信号由卡片产生并设置到相机。主机上的应用软件不处理触发；它由FPGA完成。这节省了计算时间并确保触发过程的高度可靠性。



**Fig. 2.17** Generating trigger signals using a rotary encoder.

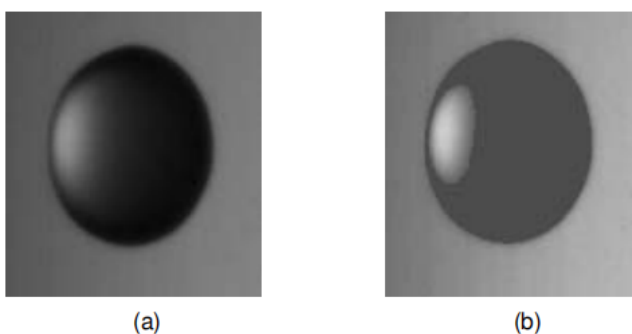
由于管是弯曲的，因此图像中的光均匀性是不存在。图2.18显示了管子的图像



**Fig. 2.18** Tube, as imaged by the system.

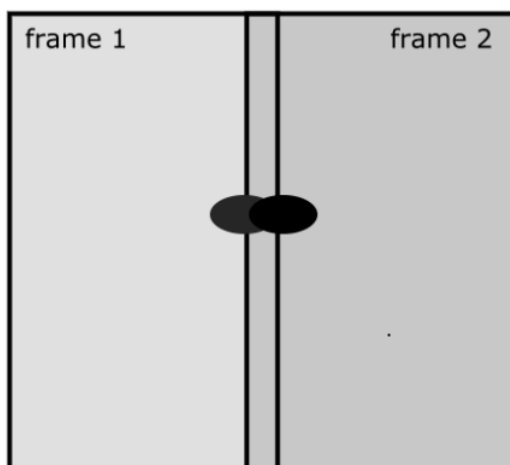
为了使后续检测达到均匀光照，使用了遮蔽法。The teach-in在检测开始之际进行，参考是几幅图像的平均计算值。

特征定位和分割通过阈值处理来实现。由于使用了遮蔽法，不同管的阈值适应并不是强制性的。图2.19 (a) 和 (b) 显示了原始图像中的缺陷，并按阈值进行了细分。



进行特征分割后，通过斑点分析完成特征诠释。每一个斑点的高度，宽度和面积均被测量。此外，它被分到不同的缺陷类别，例如颗粒和液滴。为了进行测量，必须检查缺陷是否在一帧以上可见，因此基于正确的测量，它们需要被合并。图2.20显示了这种情况。

经过测量和分类后，将缺陷归结到正确的缺陷类别。如果容许的缺陷数量超过了规定的容忍度，错误信号就被发出。除此之外，缺陷记录数据库中的条目包括宽度，高度，以及缺陷的图像。



**Fig. 2.20** Merging defects, which are partly visible in two frames.