四、直线辅助与数据准备

4.1 Hough直线检测原理

1.直线检测的意义

直线是图像的基本特征之一。一般物体平面图像的轮廓可近似为直线及弧的组合，因此，对物体轮廓的检测与识别可以转化为对这些基元的检测与提取。另外在运动图像分析和估计领域也可以采用直线对应法实现刚体旋转量和位移量的测量，所以对图像直线检测算法进行研究具有重要的意义 。

2.Hough变换原理及特点

Hough变换是一种利用图像的全局特征将特定形状的边缘连接起来，形成连续平滑边缘的一种方法。它通过将源图像上的点影射到用于累加的参数空间，实现对已知解析式曲线的识别。由于它利用了图像全局特性，所以受噪声和边界间断的影响较小，比较鲁棒。所以Hough变换常用来对图像中的直线和圆进行识别。

优点:针对有噪图像具有稳定性和鲁棒性。

不足:计算量大，占用内存大检测精度受参数离散间隔制约只能指出图像中某条直线的存在，不能给出直线段的完整描述(端点坐标和长度信息等)。

3.直线的Hough变换的基本思想

* 点-线对偶（ y = ax + b ）
* x-y平面上的任意一条直线y = ax + b ，对应在参数a-b平面上都有一个点，如图4-1所示。

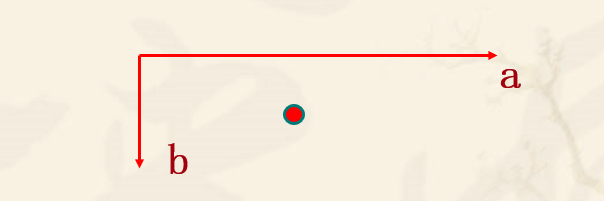


图4.11

* 过x-y平面一个点(x，y)的所有直线，构成参数a-b平面上的一条直线，如图4-2所示。

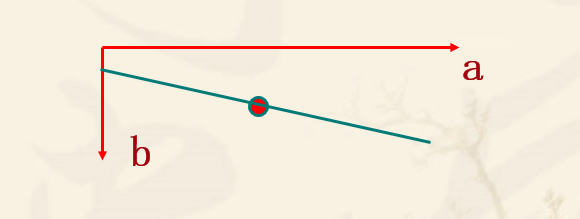


图4.12

* 如果点(x1，y1)与点(x2，y2)共线，那么这两点在参数a-b平面上的直线将有一个交点，如图4-3所示。

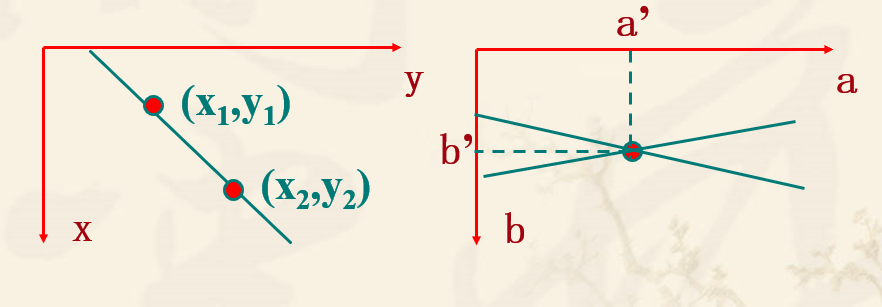


图4.13

在参数a-b平面上相交直线最多的点，对应的x-y平面上的直线就是我们的解。

上述在x-y坐标中用斜率描述的直线存在斜率a无穷大的情况，会给计算带来不便。故一般采用下面的点-正弦曲线对偶。

* 点-正弦曲线对偶（ ρ =xcos θ + ysinθ ）
* 采用极坐标描述直线，则有如下的Hough变换函数：ρ =xcos θ + ysinθ

![_4](HIMTMC`WX`OG5R~~A4J](data:image/jpeg;base64,)

图4.14 极坐标描述直线各参数的表示图

即将图像空间中的点（x，y）影射到ρ- θ参数空间。

* x-y平面上的一点对应参数平面中的一条正弦曲线。
* 参数平面中的一点对应x-y平面中一条直线。
* x-y平面中共直线的点映射到参数平面中的正弦曲线的交点就对应了原直线的两个参数ρ 和θ。

4.算法实现

图像上任意直线区域都可以一一对应参数空间中的一个点，而图像上的任意像素都同时存在于很多直线区域之上。可以将图像上的直线区域想象为容器，把特定像素想象成放在容器中的棋子，只不过在这里，每个棋子都可以同时存在于多个容器中。那么Hough变换可以理解为依次检查图像上的每个棋子（特定像素），对于每个棋子，找到所有包含它的容器（平面上的直线区域），并为每个容器的计数器加1，这样就可以统计出每个容器（平面上的直线区域）所包含的棋子（特定像素）数量。当图像上某个直线区域包含的特定像素足够多时，就可以认为这个直线区域表示的直线存在。

如图4-5所示，当进行Hough变换时，依次对A、B像素进行处理，处理A像素的结果使L1、L2、L3、L4等直线区域的计数器加1，而处理B像素的结果使L2、L6、L7、L8等直线区域加1，最终得到的结果除L2外，其余直线区域的计数器值均为1。

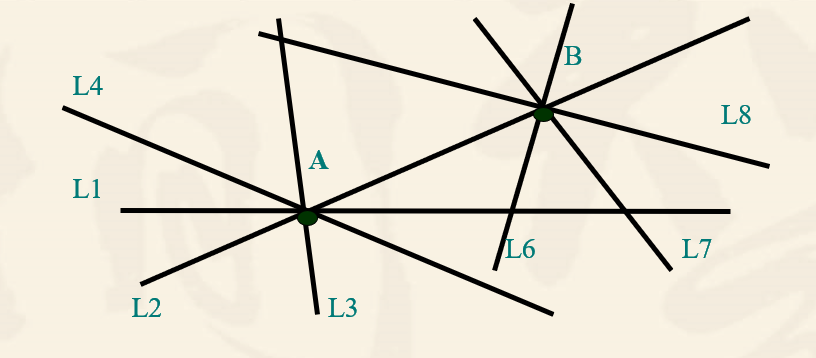


图4.15

根据图像大小设定阈值Ｋ，规定若某个直线区域内包含的特定像素数量超过Ｋ，则认为此直线区域所对应的直线存在。

4.2 数据集准备

1.实验平台搭建

主要工作包括：（1）光源的设置。（2）孔轴的固定。（3）摄像头的对齐。（4）图像的录制。

光源要求有唯一稳定的光源，顺位光，建议是侧光源或者侧上光源。不对相机形成强烈的镜面反射。 拍摄稳定，成像清晰。拍摄过程中避免抖动模糊和聚焦模糊。然而，在实际情况中，由于侧光源或者上下光源会使轴在拍摄过程中产生影子，从而影响后面的工作，故采用跟轴在同一水平高度的后方光源。

轴座采用夹具固定，调整高度和方向使中心线和摄像头垂直，使摄像头拍出来的孔是一个规整的圆，轴采用人工推进的方法模拟实际装配时的情景。摄像头通过位置调整，使其处于好的拍摄位置，可以清楚的拍摄到整个轴孔。其具体位置如下图4-6所示。

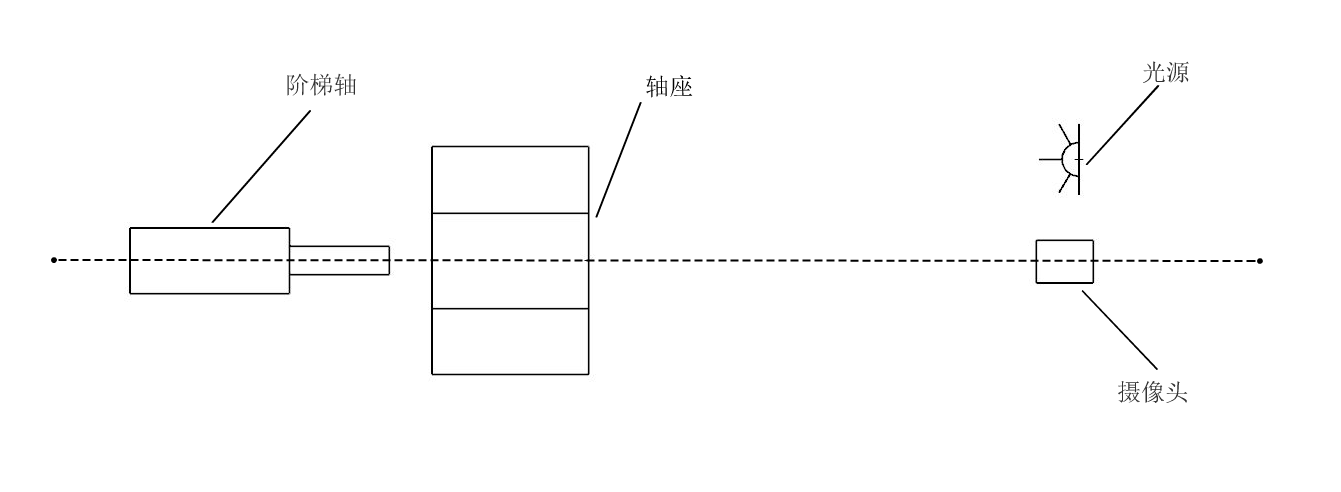


图4.21 实验平台示意图

2.实验步骤

1）在外孔上贴过圆心的交叉直线段，显著的直线（如胶带），交叉带覆盖处的中心点恰好为圆心所在，并沿着孔边缘裁出对应大小的空洞。

2）将摄像头固定在 “轴相对于孔的另一侧” ，使得成像后孔径位置尽量居中。开始拍摄后，移动轴的位置使得它们偏离。同时录制视频，时间大约10秒（或待轴完成各个角度的偏离即可）。

3)针对孔盘，不将胶带取下，使用大面积覆盖物（胶带）将孔面覆盖（减弱反光），并沿着孔边缘裁出对应大小的空洞。

4)重复步骤2，获得一段视频。

5)将覆盖物取下，重复步骤2，拍摄一段视频。