

微型铣刀外径视觉测量系统的照明设计

江小峰 李亚东 张继燕 夏添艺 林 春

(厦门大学 物理机电学院 福建 厦门 361005)

摘要:为了满足微型铣刀外径视觉测量系统的照明需求,设计并制作了一种基于柯勒照明原理的平行光源。平行光源由白光LED、孔径光阑和3组组合透镜组成,使用zemax对光路进行了仿真。设计并加工了多级可调金属圆筒机械结构,将光源各部分器件固定组合,光源总长为142 mm。搭建了微型铣刀外径视觉测量系统,并分别使用漫射背光光源和平行背光光源对铣刀进行照明成像。实验结果表明,平行背光照明提高了铣刀测量系统的测量精度,降低了铣刀的测量离差。

关键词: 机器视觉;微型铣刀;平行光源;柯勒照明

中图分类号: TP242.62 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672-4801(2015)03-021-03

机器视觉测量系统的关键是图像的采集和处理,视觉测量所有信息都是基于图像本身,因而图像本身的质量是整个测量系统的核心。高质量的图像,不仅可以提高系统测量精度,而且极大的降低了后续算法处理的难度。为了得到高质量的图像,良好的照明光源设计是必不可少的,可以说,照明光源是影响视觉系统图像水平的最关键因素之一^[1,2]。

微型铣刀外径视觉测量系统基于机器视觉原理,实现对铣刀的外径的非接触式在线测量。为了得到锐利的铣刀边缘,测量系统通常选用明场背光照明方式。明场背光照明方式根据照明光源的不同可以分为两种,分别是漫射光源背光照明和平行光源背光照明。由于微型铣刀边缘具有一定厚度,使用漫射光源照明时,由于光的漫反射作用,无法得到锐利的边缘图像。而使用平行光源进行背光照明的方式,则可以有效避免漫反射影响,让铣刀边缘图像更加锐利^[3]。柯勒照明可以消除照明中物平面光照度不均匀的缺点,获得均匀又充分明亮的照明,是制作平行光源的理想方法^[4]。

本文基于柯勒照明原理,设计制作了一种可应用于微型铣刀外径视觉测量系统的平行光源。使用光学仿真软件zemax对光源光路进行了仿真,设计并加工了多节可调金属圆筒机械结构。最后,搭建了微型铣刀外径视觉测量系统,对平行光源的成像效果进行了实验分析。

1 平行光源照明设计与制作

图1为平行光源光路示意图,光源由LED、孔径光阑以及3组透镜组成。其中,LED功率为3 W,出射光为白光;孔径光阑基于薄铝片制作,中心加工有直径300 μm的圆孔;3组透镜是多层镀膜组合透镜,透镜的焦距分别为15 mm、10 mm和25 mm。

光源发射光经过透镜1,透镜2作为柯勒镜将其成像在透镜3后组的前焦平面上,平行光源的孔径光阑位于该焦平面上。透镜3为柯勒照明系统的聚光镜,聚光镜后组将孔径光阑成像于无穷远处,重合于物镜的入射光瞳。平行光源的视场光阑紧贴于柯勒镜(透镜2)之后,被聚光镜(透镜3)成像在物平面上。平行光源的孔径光阑确定了整个照明系统的孔径角,而柯勒镜后的视场光阑则决定了物平面大小^[5]。

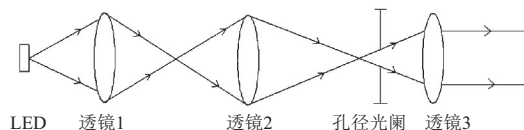


图1 平行光源光路示意图

平行光源照明系统满足系统拉式不变量不小于物镜拉式不变量准则,据此有公式(1)^[6]:

$$D = 2f'U \quad (1)$$

再依据三角关系可确定孔径光阑大小。

由前述可知,视场光阑与物面是一对共轭面,光源与孔径光阑是一对共轭面。其大小与位置由高斯公式计算可得。

作者简介:江小峰(1986-)男,博士研究生,主要从事光电检测、光纤传感方面的研究。

通讯作者:林春(1984-)男,博士,主要从事光纤传感器方面的研究。

$$\frac{f}{l} + \frac{f}{l} = 1 \quad (2)$$

将各参数用光学设计软件 zemax 进行仿真，仿真结果如图 2 所示。

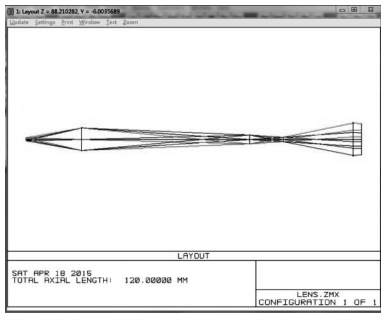


图2 平行光源光学仿真

设计并加工了多级可调金属圆筒机械结构，如图 3 所示。

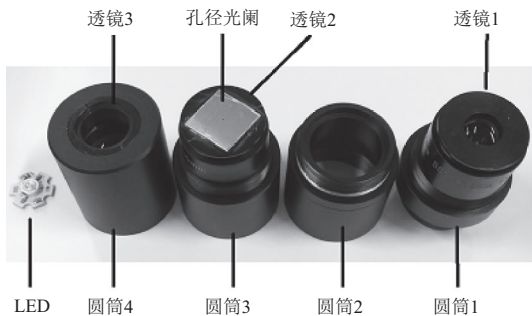


图3 多级可调金属圆筒机械结构

其中，孔径光阑使用材料为薄铝片，使用 CO₂ 激光器在其中心加工 300μm 圆孔。第一、二、四级圆筒分别用于固定透镜 1、透镜 2 和透镜 3，第三级圆筒用于保证孔径光阑与透镜 3 的距离。此外，在本平行光源设计中，由于孔径光阑与聚光镜的距离极为重要，微小的偏差会极大的影响光源的平行度。因此在第四级圆筒末端设计有微调卡环机构(见图 4)，可以进一步微调聚光镜(透镜 3)的位置。四级金属圆筒组合后，平行光原实物图如图 5 所示，总长为 142 mm。

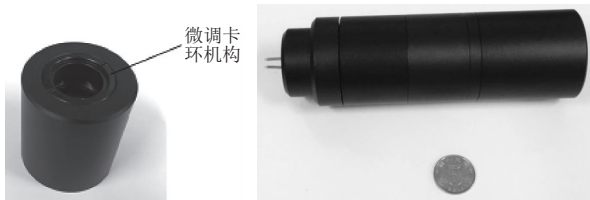


图4 卡环微调机构

图5 平行光源实物图

2 平行光源成像效果与分析

2.1 微型铣刀视觉测量系统原理

微型铣刀外径视觉测量系统由德国 IDS 高清工业相机相机 (UI-2250SE-M-GL)、远心镜头 (NAVITAR 1-17797 2/3", 1.3)、平行背光光源以及精密旋转平台组成，如图 6 所示。

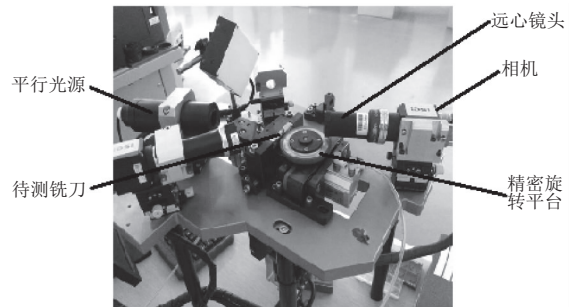


图6 微型铣刀外径视觉测量系统

微型铣刀外径视觉测量系统工作原理为：精密旋转平台下方安装有旋转编码器 (E6B2-CWZ6C)，检测系统工作时，待测铣刀在精密旋转平台的带动下匀速旋转，旋转编码器触发信号点亮平行光源，并控制相机采集铣刀图像。其中，系统采集率控制为 120 张/圈。

2.2 微型铣刀外径视觉测量系统成像分析

为了评估漫射背光照明与平行背光照明条件下的不同成像效果，分别采集这两种照明条件下的图像，如图 7 所示。

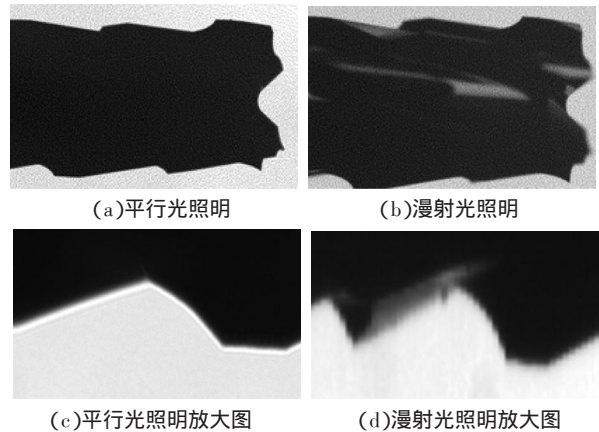


图7 漫射光与平行光照明效果对比图

图 7a 与图 7b 分别为平行背光和漫射背光照明下的成像效果，可以看出，在漫射背光照明条件下，摄像机一侧，铣刀表面也被照亮并成像，尤其以铣刀末端成像效果最为明显，而相应的平行光照明则滤去了大部分无用信息。图 7c 和图 7d 分别为图 7a 与图 7b 所得图像边缘放大图，可以看出平行光照明下的铣刀边缘，比漫射光照明的要更加锐利。

选取直径为 1.2 mm 微型铣刀,分别使用漫射背光源和平行背光源对铣刀进行照明成像,测量 20 次后,所测结果如图 8 所示。

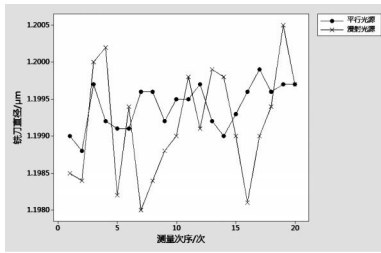


图 8 不同光源照明下铣刀测量结果

经计算,漫射光和平行光照明条件下铣刀外

径均值分别为 1.1991 mm 和 1.1994 mm,标准差分别为 0.745 mm 和 0.306 mm。结果表明,平行光照明条件下,不仅提高了铣刀外径的测量精度,也降低了其标准差。

3 结语

本文基于柯勒照明原理,设计制作了一种可应用于微型铣刀外径视觉测量系统的平行光源。实验表明,平行光源提高了铣刀的测量精度并降低了测量离差。该平行光源已经投入商业化使用,并应用于超过 10 套机器视觉系统中,具有一定的实用价值。

参考文献:

[1] Gonzalez R C ,Wintz P. Digital Image Processing[J]. Acoustics Speech & Signal Processing IEEE Transactions on ,2008 ,28 (4) :484 - 486.

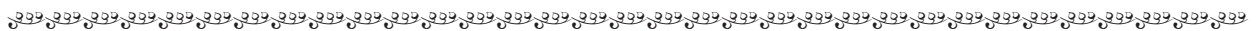
[2] 章炜.机器视觉技术发展及其工业应用[J].红外 ,2006 ,27(2) :11-17.

[3] 王磊,郭淑霞,张凤玲,等.微型铣刀外径视觉测量的不确定度[J].光学精密工程 ,2012 ,20(4) :880-887.

[4] 于丽娜.一种实现柯勒照明的高功率 LED 同轴光设计[J].电子工业专用设备 ,2010 ,39(11) :27-30. DOI :10.3969/j. issn.1004-4507.2010.11.009.

[5] 郁道银,谈恒银.工程光学[M].北京:机械工业出版社,2006.

[6] 萧泽新.工程光学设计[M].北京:电子工业出版社,2003.



(上接第 20 页)

可大大提高电子秤的总体抗冲击能力、延长传感器使用寿命。120 t 转炉采用进口玻璃纤维增强型聚酰亚胺基底卡码温度自补偿应变计,其工作温度:-196℃~+200℃、补偿温度:±10℃~+200℃,在长期高温热幅射、环境温度梯变或瞬变等恶劣条件下,能保持称重或测力的准确性和稳定性。

轴销式传感器采用轴销外形双剪切梁结构,具有抗偏载、抗扭曲、精度高等特点,能测量构件的径向载荷,可以代替轴销安装在结构中做径向力测量,既能起到替代原有轴的功能,又能起到称重测力传感器的作用。其结构紧凑,几何外形简单,容易加工出很高的尺寸和形位精度,与相关承力部件组装容易,使用方便,从而使整个称重测力控制系统的机械部件大大简化。

接铁车安装了轴销式传感器,由于这种安装

方式使传感器远离铁水包,避免了与铁水包直接接触造成的巨大垂直及水平冲击,杜绝了与吊板钩及铁水包之间的碰撞,不存在秤体倾覆的可能性,能够很好的被接铁车车体所保护,可有效抵抗高温辐射和铁水飞溅,而且密闭性极好,结构简单,与无线数传式称重显示控制器配合使用,安装、调试、检修方便,提高了传感器的使用寿命,保证了生产顺利进行。

3 结束语

轴销式传感器在承钢 120 t 转炉 2 台接铁车上安装使用了 1 年,性能稳定、故障率低,实践证明该控制方案有效。目前承钢 100 t 和 150 t 转炉接铁车均按此方案进行了改造。此改造方案在冶金企业有推广价值。

参考文献:

[1] 丁继斌.传感器[M].北京:化学工业出版社,2012.

[2] 承德开发区仲飞电子有限公司.称重控制器使用说明书[Z].河北:承德开发区仲飞电子有限公司,2013.