

# 扫描仪测量镜头畸变误差的软件校正

田向春<sup>1</sup>, 唐慧君<sup>2</sup>

(1. 西安测绘研究所, 陕西 西安 710054;

2. 中国科学院西安光学精密机械研究所, 陕西 西安 710068)

**摘要:** 介绍 CCD 拼接扫描仪精度高于 0.2mm 时, 测量镜头畸变带来的扫描误差情况。针对该项误差, 进行测量、分析、计算, 得到镜头畸变的规律和函数曲线, 给出利用函数进行软件校正的思路和方法及基本流程。通过试验证明, 此方法较好的改善了测量镜头畸变带来的成像误差, 并使之满足精度要求。

**关键词:** 扫描仪; 镜头; 畸变; 软件校正

**中图分类号:** TH703 **文献标识码:** A

## 1 引言

扫描仪以数字形式再现图像, 主要指标有分辨率、精度及扫描幅面。一般用途的扫描仪光学分辨率 600DPI, 精度  $10^{-1}$ mm 数量级, 幅面 A3、A4。在地质勘探、测绘、军事、医学研究等诸多领域则需要扫描仪在较大幅面内具有较高的分辨率和精度。一般采用多 CCD 外视场拼接的方法来满足这一要求, 通过多组相机将物成像在多片 CCD 上完成视场分割。在减小单镜头视场角的同时, 扩大了扫描有效幅面。

这种扫描原理要求仪器中各台相机放大倍率严格一致, 我们可以通过调整各拼接相机光学系统达到放大倍率的基本一致。针对每一相机镜头, 其光学系统的枕形或桶形畸变将导致镜头线视场内的放大率不均匀。这种不均匀, 在调整整台相机放大率时可控制使之正负误差相抵而保证精度, 但在两台相机拼接处及单台相机中心视场的局部范围内, 则可能出现局部放大率正或负误差的累积, 使扫描图像出现漂移, 导致精度超差。也就是说, 镜头畸变带来的视场中微观放大倍率不一致, 使不同区域内扫描的图像大小不等, 导致扫描图形变形。可以通过软、硬件方法减少这种误差。

## 2 软、硬件解决方法比较

技术解决可操作性上。通过提高硬件的品

质, 利用更小畸变的镜头, 或使孔径角减小。采用两种方法减小孔径角: 一为增加拼接镜头个数, 二为加长物距。加长物距的方法, 会使体积变大, 为减小体积, 需用反射镜, 又引入了新的误差产生。用硬件实现技术难度高, 周期长, 牵扯问题多。软件的方法, 简捷易行。

性能上。无论是用什么办法都无法较彻底的解决该问题, 但在用户要求的误差范围内都是可行的。硬件从根本问题入手, 效果好, 不灵活; 软件适应性强, 灵活易更改, 校正效果较好。

经济上。用硬件解决成本高昂; 软件成本较低。

我们探讨采用软件解决该问题的方法。

## 3 软件校正方法的设计思路及实现流程

### 3.1 软件校正方法的提出

大家知道数字图像是以像素为单位的, 像素是数字图像的最小单位, 对于像素的操作我们只有删除、复制、更改色彩、灰度等, 这是数字图像的一个特点。

镜头畸变带来误差的一个特点是全程误差得到控制时, 局部误差超出范围。

考虑畸变在图像上的作用特点, 及软件校正的有效易行, 我们采用局部误差平均分配的方法。

在全程误差满足要求的情况下, 将局部误差进行平均分配到各个单元内, 避免正负误差的累积。

现在我们分析镜头畸变数据并结合数字图像的特点看看如何平均分配误差。以 4- 5340 像素线阵 CCD 外视场拼接扫描仪为例, 采用 CCD 阵列自扫描完成一维扫描, 步进电机带动精密滚筒转动完成另一维扫描的结构形式, 光学分辨率 694DPI, 精度 0. 2mm, 幅面 650mm(H) × 800mm(V), CCD 芯片 5340 像素, 像素尺寸 7μm, 测量镜头选取 NICON50mm 镜头, 焦距 50mm, 视场角 15°。

计算出理论放大倍率为

$$\beta = \frac{0.007}{25.4/694} = 0.191$$

理论上物面每 mm 对应像面 27. 3 个像素。对于精度 0. 2mm 指标, 仅允许像面 5 个像素的误差。在物面上放置标准网格膜片, 其上网格水平间距为 mm, 取 10mm 长度为一个单元, 每单元理论像素数为 273 个, 逐单元扫描实测像面 CCD 像素数做图 1。可以看到, 由于畸变的影响, 单位长度所对应的像元数在标准值 273 附近有规律跳动。这样, 我们可以把对畸变的度量转化为对物面标准长度所对应的相面像素数的测量上来。

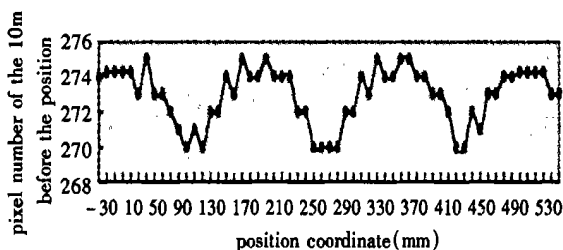


Fig. 1 Pixel number related to the every standard 10mm length in the whole object surface

可以看到, 4 处峰值对应 4 台相机系统的中心视场, 3 处谷值为 4 台相机的 3 个拼接处。以像素数 273 为标准, 单一镜头中心附近数据误差为正值, 并从中央向两端递减, 两端误差为负值, 总长误差为零。在整个拼接相机系统中, 亦可正负相消, 满足精度要求。

但是, 在这组数据中可以看出, 两台相机拼接处及单台相机中心视场的局部范围内, 分别出现负和正的误差累积。

如第 70 到 100 中间, 像元总数为 270+ 271+ 270= 811;

而理论长度为 30 × 694/ 25. 4= 819. 69;

相差将近 9 个像元, 进行计算 9 × 25. 4/ 694= 0. 33,

显然已超出精度要求所对应的 5 个像素范围。这就需要将正负两部分累积做向 0 误差方向的修正, 因为前面提到的数字图像的特点, 只能采用删除和复制来实现。

### 3. 2 分配误差方法的设计思路及实现

根据上面的数据和分析, 下面提出平均分配误差方法的设计思路的实现。

针对畸变进行多组扫描实验测试, 每 10mm 记一次总长像元数, 与前一次相减, 计算出 10mm 内实际像元数, 最后计算平均值。

以第二台相机镜头数据为例, 进行趋势分析, 可以拟合出一个二阶多项式。用函数的方式拟合镜头畸变趋势, 可以在校正时更加灵活准确, 并便于编程实现, 拟合结果见图 2。

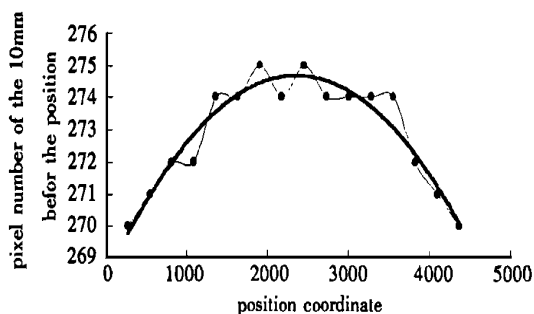


Fig. 2 Testing and smoothed curve of the second camera

拟合方程式为:  $y = - 1 E- 06 x^2 + 0. 0053x + 268. 41$

其中  $x$  为被测量像元位置,  $y$  为 10mm 单位长度的像元数。

同样, 可以得到全部 4 个镜头畸变趋势的方程, 如下:

$$y_1 = - 1 E- 06x_1^2 + 0. 0047x_1 + 268. 76$$

$$y_2 = - 1 E- 06x_2^2 + 0. 0053x_2 + 268. 41$$

$$y_3 = - 1 E- 06x_3^2 + 0. 0050x_3 + 268. 23$$

$$y_4 = - 1 E- 06x_4^2 + 0. 0048x_4 + 268. 79$$

根据得到的方程, 可以掌握 4 个镜头的畸变趋势。依据实际测量误差的大小值, 确定平均划分的误差修正单元的数目。每个单元中固有误差越小越好, 以此相机为例, 每 10mm 内误差绝对值都约小于等于 3 个, 根据每个 CCD 总像素数平均分为 60 份, 测出每一份的误差平均分配不超过 1

个像素。误差为零的份, 不进行处理, 为正的, 需要删除一个像素, 为负的则要添加一个像素。划分的份数不宜过多, 以免校正过度。

为了减小相对误差和保持图像上对像的原形, 对于处理像素的选择很重要, 以下面图片为例:

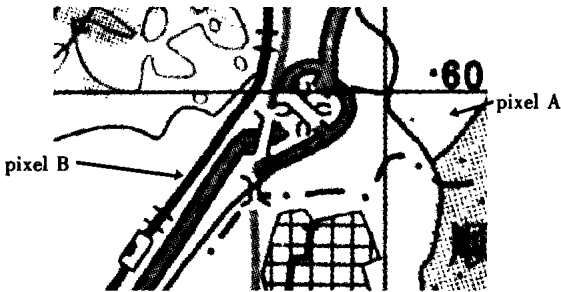


Fig. 3 Choosing the pixel to process

单像素点 A 是独立的, 如果进行复制或删除则可能会丢失对像或成倍加大对像尺寸, 像素 B 周围都有较多的相似像素, 则适于作处理。要注意的还有一点就是所选的像素不能靠的很近, 相互之间距离尽可能的远, 以免造成局部相对误差较大。如需要添加可简单的将像素 B 复制一次, 或用内插的方法针对像素 B 和 B+ 1 来确定插入在它们中间的像素的灰度或颜色。选位和内插的方法很多这里就不再说明。

实际上, 如果用高分辨率扫描, 例如 694DPI, 则可以推算出每 mm 实际长度扫描出的图像为 27.3 个像素, 每 0.1 个 mm 将近 3 个像素, 实际应用中, 线划小于 0.1mm 的图件很少见, 则可以说, 用此分辨率扫描的图像, 不应该有独立像素点的存在。

### 3.3 软件的流程

以 5340 像素线阵 CCD 为例, 在 CCD 采集数据时, 依次取出单个像素, 在取像素时进行计数, 如在取像范围之内, 根据所分的校正区间数, 算出每区间平均间隔的像素数, 每区间取一个像素, 代入相对应的镜头畸变趋势的方程, 进行计算, 并与标准值每 10mm 273 个像素进行比较, 计算正负误差, 进行一次校正。

根据上述的原理及数据编制软件, 并将此软件加入到扫描仪操作程序中, 对经过 A/D 转换后的采集数据进行处理, 软件流程示意如下:

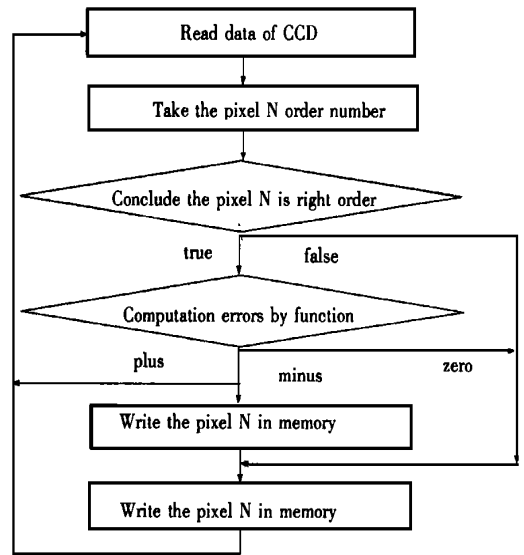


Fig. 4 Software flow chart

### 3.4 结果比较

加入校正程序后, 再次进行扫描, 经过校正的数据如下:

Table 1 Processed data

Position coordinate (mm)	Pixel number of the 10mm before the position	Position coordinate (mm)	Pixel number of the 10mm before the position
10	274	100	273
20	273	110	273
30	273	120	274
40	273	130	273
50	272	140	273
60	273	150	273
70	273	160	274
80	273	170	273
90	272	180	273

经计算并与图 2 中数据进行比较后可以看到, 无论在总长还是每个段内误差都小于 0.2mm, 误差累积情况基本消除。

## 4 结 论

通过软件校正, 使整个系统放大率均匀, 整机和局部精度均达到 0.2mm 范围内, 保证了扫描成像质量。

如果对系统提出更高的精度指标, 软件方法会受到扫描分辨率的限制。要考虑硬件的方法, 尤其是新的扫描技术的应用。

## 参考文献:

- [1] 唐慧君. 高分辨率扫描仪技术研究[D]. 西安: 西安光机所硕士论文, 1998.
- [2] 张以谟. 应用光学[M]. 北京: 机械工业出版社, 1982: 153- 155.
- [3] 徐士良. C 语言常用算法程序集[M]. 北京: 清华大学出版社, 1994: 360- 390.

## Software correction of the optical measuring lens' distortion in the CCD assembly scanner

TIAN Xiang-chun<sup>1</sup>, TANG Hui-jun<sup>2</sup>

(1. Xi'an Research Institute of Surveying and Mapping, Xi'an 710054, China;

2. Xi'an Institute of Optics and Precision Mechanics, Chinese Academy of Sciences, Xi'an 710068, China)

**Abstract:** The paper discusses scanning errors resulting from optical distortion of optical measuring lens in the multi-CCD assembly scanner as the accuracy required better than 2mm. By testing and smoothed curve of every camera fitted line of trend's equation, a software for correcting the error is put forward. The results has proved that this method can reduce the error, and make the accuracy better than 2mm.

**Key words:** scanners; lenses; distortion; software correction

作者简介: 田向春(1972-), 男, 黑龙江省海伦市人, 1995年毕业于西北大学计算机系软件专业, 学士学位, 现在西安测绘研究所制图印刷研究室从事有关GIS、制印技术及相关设备的研究工作。E-mail: tianxiangchun@263.net

## 欢迎您订阅《光机电信息》

《光机电信息》是由中国科学院长春光学精密机械与物理研究所主办的科技类信息刊物。主要报道国内外光机电领域的前沿与发展动态, 内容包括光学、光电子学、激光、光通信、发光学、精密机械、医用光学、军用光学、航空航天技术、微机械、计算机与测量技术等高新技术的各个领域, 涉及科技热点评述、趋势与动向、科学专题、研究综述、科学探索、市场动态、新产品开发和高新技术产业化等多方面内容。

为满足不同读者的不同需求, 在传播和报道国内外最新信息的同时, 我们努力将办刊和为科研生产服务有机地结合在一起, 对《光机电信息》所报道的每一专题, 乃至每一条信息, 我们都可以利用长春光机所的丰富馆藏优势和先进的计算机检索系统, 为读者展开深层次的文献跟踪服务, 这是我们在新世纪对广大读者的又一庄重承诺!

本刊为月刊, 国内外公开发行, 每期定价 5.00 元, 全年 60.00 元(含邮费)。个人订阅, 通过邮局汇款。单位订阅, 请填写订购单位通信签、长春光机所财务科存根《记账凭证》, 连同款项通过银行寄回。欢迎广大读者订阅并投稿。

地 址: 长春市 1024 信箱《光机电信息》编辑部

开户行: 中行吉林省分行营业部

账 户: 04 单位 438 部

账 号: 018211000889

国内邮发代号: 12- 171

《光机电信息》编辑部