光学 精密工程
OPTICS AND PRECISION ENGINEERING
核心期刊
主管：中国科学院
主办：中国科学院长春光学精密机械与物理研究所
中国仪器仪表学会
主编：曹健林

光学精密工程 2013, 21(4) 849-857 ISSN: 1004-924X CN: 22-1198/TH

现代应用光学

星敏感器质心定位S曲线误差补偿

魏新国[1],徐佳[1],张广军[2]

1. 北京航空航天大学 仪器科学与光电工程学院 精密光机电一体化技术教育部重点实验室
2. 北京航空航天大学 精密光机电一体化技术教育部重点实验室

摘要： 由于S曲线误差是星敏感器质心定位系统误差的重要组成分，本文结合质心定位的物理过程及仿真对S曲线误差来源进行了分析。 研究了各项误差来源产生的影响，并采用频域分析法得出了S曲线误差的理论解析式。用星敏感器产品进行了实验，采集视场中心S曲线误差并用正弦模型进行补偿，分析了同一补偿模型对全视场S曲线误差的补偿效果，并对标定数据进行了S曲线误差补偿。实验结果表明：视场中心S曲线误差的标准差为0.048 pixel，补偿后标准差为0.027 pixel，质心定位精度提高了43.8%；进一步采用视场中心正弦补偿模型对全视场S曲线误差进行补偿后，全视场质心定位精度提高了35.7%以上，全视场标定精度提高了31.7%。由实验结果可知： S曲线误差是星敏感器的一项重要误差源，采用正弦模型对S曲线误差进行补偿能够取得显著的补偿效果。

关键词： 星敏感器 质心定位 S曲线误差 频域分析 误差补偿

S-curve error compensation of centroiding location for star sensors

WEI Xin-Guo[1],XU Jia[1],ZHANG Guang-jun[2]

1. Key Laboratory of Precision Opto-mechanics Technology of the Ministry of Education,School of Instrumentation Science and Opto-electronics Engineering, Beihang University
2. Key Laboratory of Precision Opto-mechatronics Integration Technology of the Ministry of Education, Beihang University

Abstract: As the S-curve errors are important parts of centroid location errors for star sensors, this paper explored the sources of S-curve errors combining with the physical process of centroid location and a simulation. The specific effect of each error source was analyzed and an analytical expression of S-curve errors was calculated by a frequency domain method. The experiments using a star sensor were performed and the S-curve error in the center of the Field of View (FOV) was collected and was compensated using a sine model. The compensation effects on the S-curve errors in the whole FOV were analyzed by the same compensation model and the calibration data were also compensated. Experimental results show that the standard deviation of S-curve error is 0.048 pixels in the center of the FOV, and 0.027 pixels after compensation, therefore the precision of centroid location is improved by 43.8%.Furthermore, after compensating with the same sine model in the center of the FOV for whole field-curve errors, the precision of centroid location in the whole FOV is improved by 35.7% at least and the precision of calibration is improved by 31.7%. It concludes that the S-curve errors are important errors of star sensors and they can be significantly compensated by using the sine model.

Keywords: Star sensor Centroid location S-curve error Frequency domain analysis Error compensation

收稿日期 2012-07-11 修回日期 2012-09-13 网络版发布日期 2013-04-20

基金项目:

教育部新世纪人才支持计划

通讯作者: 魏新国

作者简介: 魏新国（1977-），男，湖北随州人，博士，副教授，2004年于北京航空航天大学获得博士学位，主要研究方向为光电精密测量、天体敏感器及天文导航。
作者Email: wxg@buaa.edu.cn

参考文献：

[1]LIEBE C C. Star trackers for attitude determination[J]. IEEE Transaction on Aerospace and Electronic Systems, 1995, 6:10-16. [2]LIEBE C C. Accuracy performance of star tracker- a tutorial [J]. IEEE Transaction on Aerospace and Electronic Systems, 2002, 38(2): 587-599. [3]RUFINO G, ACCARDO D. Enhancement of the centroiding algorithm for star tracker measure refinement [J]. Acta Astronautica, 2003, 53: 135-147. [4]李云飞, 李敏杰, 司国良, 等. TDI-CCD图像传感器的噪声分析与处理[J]. 光学 精密工程，2007，15(8)：1196-1202. LI Y F, LI M J, SI G L, et al.. Noise analyzing and processing of TDI-CCD image sensor [J]. Opt. Precision Eng ., 2007, 15(8):1196-1202. (in Chinese) [5]ALEXANDER B F, NG K C. Elimination of systematic error in subpixel accuracy centroid estimation [J]. Optical Engineering, 1991,30 (9):1320-1331. [6]YING J J, HE Y Q, ZHOU Z L. Analysis on laser spot locating precision affected by CMOS sensor fill factor in laser warning system [C]. IEEE, ICEMI, 2009: 202-206. [7]杨君，张涛，宋靖雁，等. 星点质心亚像元定位的高精度误差补偿法[J]. 光学 精密工程，2010，18(4)：1002-1010. YANG J, ZHANG T, SONG J Y, et al.. High accuracy error compensation algorithm for star image sub pixel subdivision location[J]. Opt. Precision Eng., 2010, 18(4): 1002-1010. (in Chinese) [8]孙瑾秋，周军，张臻，等. 基于能量累加的空间目标星像质心定位[J]. 光学 精密工程，2011，19(12)：3043-3048. SUN J Q, ZHOU J, ZHANG ZH, et al.. Centroid location for space targets based on energy accumulation[J]. Opt. Precision Eng., 2011, 19(12): 3043-3048. (in Chinese) [9]李杰. APS星敏感器关键技术的研究[D].北京：中国科学院，2005. LI J. Study the Key Technology of APS Star Tracker [D].Beijing：Graduate University of the Chinese Academy of Sciences, 2005.(in Chinese) [10]贾辉，杨建坤，李修建，等.星敏感器高精度星点提取系统误差分析及补偿方法研究[J]. 中国科学, 2011, 41

(1): 69-76. JIA H, YANG J K, LI X J, et al.. Systematic error analysis and compensation for high accuracy star centroid estimation of star tracker [J]. China Tech. Sci., 2011, 41(1): 69-76. (in Chinese)

本刊中的类似文章

1．张昔峰 黄强先 袁钰 黄帅.具有角度修正功能的大行程二维纳米工作台[J]. 光学精密工程, 2013,21(7): 1811-1817

2．孙俊 张世杰 李葆华.利用地球紫外和恒星可见光的卫星自主导航[J]. 光学精密工程, 2013,21(5): 1192-1198

3．魏新国 王清龙 李健 赫华颖.星敏感器和遥感相机主光轴交联角的在轨检校[J]. 光学精密工程, 2013,21(2): 274-280

4．裘祖荣 陈浩玉 胡文川 邹茂虎 杨婷.基于嵌入式的角度视觉检测及误差补偿[J]. 光学精密工程, 2013,21(10): 2480-2487

5．吴清文, 王领华, 杨献伟, 江帆, 郭亮, 陈立恒.炭/炭复合材料在空间光学遥感器热控制中的应用[J]. 光学精密工程, 2012,20(9): 1984-1990

6．王海涌, 武文卿, 薛晓峰, 赵彦武.分块峰值点局部区域生长的星像提取[J]. 光学精密工程, 2012,20(11): 2507-2515

7．艾晨光, 褚明, 孙汉旭, 张延恒, 叶平.基准圆光栅偏心检测及测角误差补偿[J]. 光学精密工程, 2012,20(11): 2479-2484

8．王智, 吴国栋.测绘相机立方镜与星敏立方镜转换矩阵的标定[J]. 光学精密工程, 2012,20(1): 96-101

9．孙高飞, 张国玉, 姜会林, 郝云彩, 高玉军.甚高精度星模拟器设计[J]. 光学精密工程, 2011,19(8): 1730-1735

10．代刚, 李枚, 苏伟, 邵贝贝.微惯性测量单元的误差整机标定和补偿[J]. 光学精密工程, 2011,19(7): 1620-1626

11．孙瑾秋, 周军, 张臻, 张永鹏.基于能量累加的空间目标星像质心定位[J]. 光学精密工程, 2011,19(12): 3043-3048

12．钟兴, 贾继强, 金光, 曲宏松, 刘国嵩.机载导航白天星敏感器的探测性能及总体设计[J]. 光学精密工程, 2011,19(12): 2900-2906

13．刘太阳, 王仕成, 刘志国.多步变权重复合的通用星点聚心[J]. 光学精密工程, 2011,19(10): 2494-2499

14．王新升;李葆华;郑靖.应用有限冲击响应滤波器消除星敏感器星像噪声[J]. 光学精密工程, 2010,18(6): 1381-1386

15．陈洪芳,钟志,丁雪梅.激光外差干涉的非线性误差补偿[J]. 光学精密工程, 2010,18(5): 1043-1047