

科学出版社
出版
中国地理学会环境遥感分会
中国科学院遥感应用研究所
主办

JOURNAL OF
REMOTE
SENSING

遥感学报

2012年 Vol.16 第16卷 增刊

ISSN 1007-4619 CN11-3841/TP CODEN YXAUAB

“天绘一号” 卫星专刊



多光谱影像



高分辨率影像



融合后的影像

序言	(1)
院士特邀	
“天绘一号”卫星工程建设与应用..... 王任享, 胡莘, 王新义, 杨俊峰	(2)
综述	
无地面控制点条件下卫星摄影测量的发展与现状..... 尹明, 李晓燕	(6)
“天绘一号”传输型摄影测量与遥感卫星..... 李松明, 李岩, 李劲东	(10)
相机技术	
测绘用离轴三反光学系统技术..... 郭疆, 刘金国, 王国良, 朱磊, 龚大鹏, 齐洪宇	(17)
“天绘一号”卫星在轨辐射定标方法..... 黄红莲, 易维宁, 乔延利, 杜丽丽	(22)
多光谱相机基于灰阶靶标的在轨绝对辐射定标..... 陈洪耀, 李胜利, 司孝龙, 李晶, 徐伟伟, 王戟翔, 杨俊峰, 张黎明, 沈政国	(28)
“天绘一号”卫星测绘相机在轨几何定标..... 李晶, 王蓉, 朱雷鸣, 黄海乐	(35)
卫星技术	
“天绘一号”卫星在轨性能评估..... 李岩, 陶志刚, 李松明, 郭志胜, 史简, 高翠东	(40)
测绘卫星的姿态控制技术..... 王新民, 刘洁, 李洽, 张屹峰, 董筠	(48)
GPS高精度校时在卫星控制系统中的应用..... 李洽, 程砾瑜, 曹海宁, 李鹤, 董筠, 李松明	(52)
星传感器在轨测量误差分析..... 霍德聪, 黄琳, 李岩, 陶志刚, 李松明	(57)
“天绘一号”卫星热控设计及飞行验证..... 刘伟, 杨沪宁	(61)
数传通道遥测数据处理方法研究..... 李敬博, 马楠, 任光杰	(66)
“天绘一号”卫星镉镍蓄电池组及其在轨性能介绍..... 李焱, 谢守楹, 乔学荣, 郑智勇, 杨德智	(70)
“天绘一号”卫星星务分系统研究与实现..... 史简, 宋智, 李国军	(74)
地面处理技术	
“天绘一号”卫星地面应用系统设计与实现..... 胡莘, 王新义, 杨俊峰	(78)
“天绘一号”卫星三线阵影像条带式区域网平差..... 张永军, 郑茂腾, 王新义, 黄心蕙	(84)
“天绘一号”卫星星传感器精度分析..... 王兴涛, 李迎春, 李晓燕	(90)
“天绘一号”01星立体影像定位精度检测..... 付勇, 邹松柏, 刘会安	(94)
特征与错位拟合的CCD图像无缝拼接..... 王昱, 胡国军, 龙辉, 张廷涛	(98)
基于GeoSOT网络的“天绘一号”卫星影像数据组织..... 李世忠, 宋树华, 程承旗, 耿忠	(102)
“天绘一号”卫星基于摄影任务的轨道维持策略..... 冯宁, 元朝鹏, 官轶松, 黄显安, 邢坤	(108)
“天绘一号”卫星无地面控制点EFP多功能光束法平差..... 王建荣, 王任享	(112)

JOURNAL OF REMOTE SENSING

(Vol.16 Sup 2012)

CONTENTS

Academician's note

The construction and application of Mapping Satellite-1 engineering
..... *WANG Renxiang, HU Xin, WANG Xinyi, YANG Junfeng* (5)

Review

Development and present situation of satellite photogrammetry without control points *YIN Ming, LI Xiaoyan* (9)

Mapping Satellite-1 transmission type photogrammetric and remote sensing satellite *LI Songming, LI Yan, LI Jindong* (16)

Technology of camera

Technology of off-axis TMA aerospace mapping camera
..... *GUO Jiang, LIU Jinguo, WANG Guoliang, ZHU Lei, GONG Dapeng, QI Hongyu* (21)

On orbit radiometric calibration for Mapping Satellite-1 sensor
..... *HUANG Honglian, YI Weining, QIAO Yanli, DU Lili* (27)

Multispectral imager vicarious radiometric calibration based on gray-scale tarps *CHEN Hongyao, LI Shengli, SI Xiaolong, LI Jing, XU Weiwei, WANG Jixiang, YANG Junfeng, ZHANG Liming, SHEN Zhengguo* (34)

In-flight geometric calibration for Mapping Satellite-1 surveying and mapping camera
..... *LI Jing, WANG Rong, ZHU Leiming, HUANG Haile* (39)

Technology of satellite

Mapping Satellite-1 in-orbit performance evaluation
..... *LI Yan, TAO Zhigang, LI Songming, GUO Zhisheng, SHI Jian, GAO Cuidong* (47)

Attitude control technology of mapping satellite
..... *WANG Xinmin, LIU Jie, LI Han, ZHANG Yifeng, DONG Jun* (51)

Usage of high accuracy GPS time calibration in satellite onboard control system
..... *LI Han, CHENG Liyu, CAO Haining, LI He, DONG Jun, LI Songming* (56)

An analytical method of star tracker measurement errors
..... *HUO Decong, HUANG Lin, LI Yan, TAO Zhigang, LI Songming* (60)

Mapping Satellite-1 thermal design and flight validation *LIU Wei, YANG Huning* (65)

Processing on telemetry data of data transmission channel *LI Jingbo, MA Nan, REN Guangjie* (69)

The introduction of Ni-Cd battery of Mapping Satellite-1 and its on-orbit performance
..... *LI Yao, XIE Shouyun, QIAO Xuerong, ZHENG Zhiyong, YANG Dezhi* (73)

Implementation of Mapping Satellite-1's house keeping system *SHI Jian, SONG Zhi, LI Guojun* (77)

Ground processing technology

Design and implementation of ground application system for Mapping Satellite-1
..... *HU Xin, WANG Xinyi, Yang Junfeng* (83)

Strip-based bundle adjustment of Mapping Satellite-1 three-line array imagery
..... *ZHANG Yongjun, ZHENG Maoteng, WANG Xinyi, HUANG Xinhui* (89)

Mapping Satellite-1 star sensor accuracy analysis *WANG Xingtao, LI Yingchun, LI Xiaoyan* (93)

Evaluation of the location accuracy of the Mapping Satellite-1 stereo image *FU Yong, ZOU Songbai, LIU Hui'an* (97)

CCD image seamless mosaic on characteristic and dislocation fitting
..... *WANG Yu, HU Guojun, LONG Hui, ZHANG Tingtao* (101)

Mapping Satellite-1 remote sensing data organization based on GeoSOT
..... *LI Shizhong, SONG Shuhua, CHENG Chengqi, GENG Zhong* (107)

Strategy of Mapping Satellite-1 orbit maintenance based on photographic mission
..... *FENG Ning, YUAN Zhaopeng, GONG Yisong, HUANG Xian'an, XING Kun* (111)

EFP multi-functional bundle adjustment of Mapping Satellite-1 without ground control points
..... *WANG Jianrong, WANG Renxiang* (115)

星敏感器在轨测量误差分析

霍德聪, 黄琳, 李岩, 陶志刚, 李松明

航天东方红卫星有限公司, 北京 100094

摘要: 星敏感器的姿态测量精度是评价星敏感器性能以及卫星姿态确定的最重要指标之一。本文提出一种星敏感器的测量误差分析方法, 适用于卫星在轨运行期间以及整星地面测试阶段星敏感器测量误差的确定, 特别是在目标姿态无法准确预知情况下的误差确定。

关键词: 星敏感器, 测量误差, 误差分解

中图分类号: TP701 **文献标志码:** A

引用格式: 霍德聪, 黄琳, 李岩, 陶志刚, 李松明. 2012. 星敏感器在轨测量误差分析. 遥感学报, 16(增刊): 57-60
Huo D C, Huang L, Li Y, Tao Z G and Li S M. 2012. An analytical method of star tracker measurement errors. Journal of Remote Sensing, 16(增刊): 57-60

1 引言

星敏感器是目前卫星上使用的精度最高的姿态测量敏感器, 它通过测量某些恒星的观测矢量在卫星坐标系中的方位以及恒星亮度, 再利用星历表得到这些恒星在惯性坐标系中的方位, 经姿态确定算法计算即可提供卫星在惯性系中的姿态信息, 精度可达到角秒级。星敏感器的测量误差会直接影响卫星姿态的测量精度, 对星敏感器在轨测量误差的分析也有助于地面任务处理时的误差源分解与消除, 提升任务执行效果。

通常在计算姿态测量误差时需要有一个参考姿态, 或称真实姿态, 利用测量姿态与参考姿态的统计比较得到测量误差。在地面评估星敏感器的测量精度时, 可将星敏感器直接放于地面并将光轴指向天顶, 那么星敏感器的参考姿态变化量就为地球的自转角度, 然后就可以对测量误差进行统计分析(孙才洪, 2002; 章仁为, 2006)。但是, 在卫星入轨后, 通常难于建立此真实的参考姿态, 故不能与参考姿态相比较。目前对星敏感器在轨测量误差的计算方法是: 统计星敏感器输出姿态四元数的变化量, 或将星敏感器光轴在惯性空间的表示量——赤经(RA)、赤纬(DE)和滚动角(ROLL)作为指标进行定量分析(Liebe,

2002)。

虽然上述方法可以分析星敏感器测量数据的波动变化情况, 但在通常的星敏感器指标定义以及星地一体化误差分解中均按照绕星敏感器本体三轴的测量误差来描述, 此方法难以转换为绕星敏感器每个轴的测量误差。另一方面, 星敏感器的测量误差由几个误差项组成: 低频误差LFE(Low Frequency Error)、高频误差HFE(High Frequency Error)以及随机误差TE(Temporal Error), 对这些误差项的分解有助于分析误差来源, 而上述方法中均未对这些误差项进行分离。

本文旨在克服现有技术的不足, 提出参考姿态未知情况下的星敏感器在轨测量误差确定方法, 解决星敏感器在轨及整星测试过程中的测量误差分析问题。

2 星敏感器误差分解

参照ESA标准, 星敏感器测量坐标系相对于惯性坐标系的姿态测量结果中的误差因素可以分解为:

(1)Bias Mean: 指星敏BRF系相对MRF系的偏离误差(Bias Error)的均值, 主要由机械振动和重力等环境因素造成, 通常表现为一定时间内的“固定量”。

(2)BS(Bias Stability, 或称热弹性误差Thermo Elastic Error): 指星敏Bias Error的在轨长期漂移误

差, 主要由在轨道热环境、安装面热边界条件、整机温度梯度造成。另外, 焦面材料退化也是原因之一, 但影响相对很小($< 0.1 \text{ arcsec}/5 \text{ years}$)。在LEO轨道环境下, 该项一般表现为轨道周期特性的规律变化, 也可以看成是低频噪声LFE中的一类。

(3)低空间频率误差LFSE(Low Frequency Spatial Error, 或称视场空间误差, FOV Spatial Error)是指整个星敏视场的空间误差, 由镜头校正残差、星图误差等引起, 通过星敏随卫星运动产生的角速度作用, 视场空间误差也转化为时域误差。根据角速度的大小, 转化后时域误差周期性差别较大, 当角速度为0时, 表现为偏置误差, 对于LEO轨道, 卫星轨道运动角速度约为 $0.06^\circ/\text{s}$, 视场空间误差是LFE误差的重要组成部分。

(4)高空间频率误差HFSE(High Frequency Spatial Error)是指像元级的空间误差, 通过星敏随卫星运动产生的角速度作用, 像元空间误差转化为时域误差。对于LEO轨道和典型星敏传感器而言, 探测器空间不均匀性一般表现为 $0.1\text{—}0.5 \text{ s}$ 周期的时域高频白噪声。

(5)TE(Temporal Error)是指与空间运动无关、且观测时间上不相关的白噪声误差, 主要影响因素包括散粒噪声、暗信号噪声、读出噪声、杂散光、电路噪声和模数转换误差等。

(6)光行差(Aberration of Light)是由于星敏传感器在惯性系存在运动速度而导致的观测误差。该项误差有系统性的校正手段, 可在姿态层面或者星点层面进行不同程度的补偿。其残余影响可以看成是LFE的一类。

通过以上分解可以看出, 对于系统性的偏离误

差, 无法单纯依靠星敏传感器自身的测量数据分析, 但地面处理时可以结合卫星及载荷数据对该项误差进行消除。另外几项误差可以归纳为低频误差LFE、高频误差HFE与随机误差TE后进行分析处理。

3 星敏传感器误差分析方法

星敏传感器输出的姿态数据为星敏传感器测量坐标系相对于惯性坐标系的姿态四元数。其中, 星敏传感器测量坐标系的原点为CCD面阵中心, X轴指向CCD的行方向, Y轴指向CCD列方向, Z轴为星敏传感器的光轴方向; 惯性坐标系为J2000坐标系, 原点为地球质心, X轴指向2000年1月1日12时的春分点, Z轴与X轴垂直, 指向天球北极, Y轴与其他两轴按右手法则确定。本文计算中均为 q_0 表示标量。

3.1 误差分析流程

图1给出了星敏传感器测量误差的分解及计算流程, 其中NEA为噪声等效角。

3.2 测量总误差计算

利用星敏传感器在轨数据计算总误差的具体计算步骤如下:

(1)假定星敏传感器输出的 N 组四元数序列为 $\{q_{m,k}\}_{k=1}^N$, 式中, $m=0,1,2,3$, 对应于同一个 k 值的 $[q_0 \ q_1 \ q_2 \ q_3]$ 为一组四元数;

(2)根据四元数观测量序列 $\{q_{m,k}\}_{k=1}^N$, $\{q_{m,k}\}_{k=1}^N$ 可以

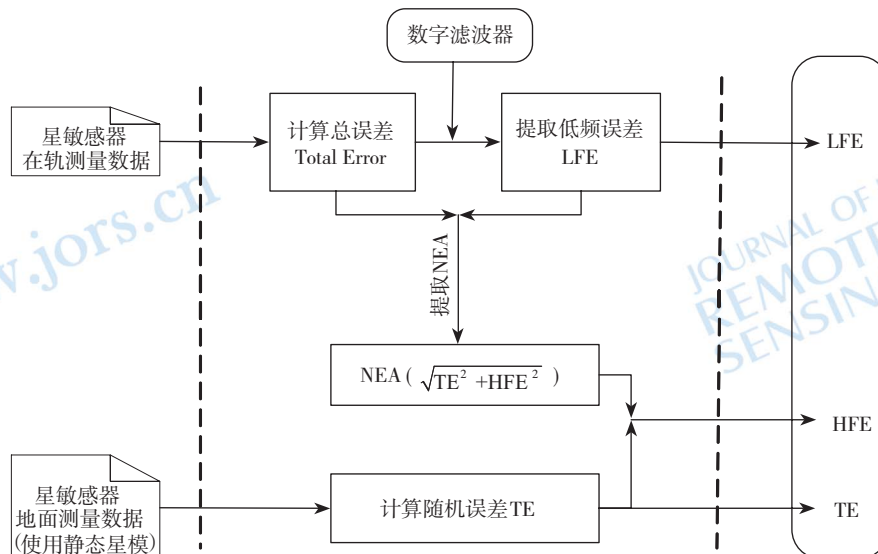


图1 星敏传感器误差分析流程

表示为：

$$\{q_{m,k}\}_{k=1}^N = \begin{Bmatrix} q_{0,k} \\ q_{1,k} \\ q_{2,k} \\ q_{3,k} \end{Bmatrix}_{k=1}^N = \begin{Bmatrix} q_{0,1} & q_{0,2} & \cdots & q_{0,N} \\ q_{1,1} & q_{1,2} & \cdots & q_{1,N} \\ q_{2,1} & q_{2,2} & \cdots & q_{2,N} \\ q_{3,1} & q_{3,2} & \cdots & q_{3,N} \end{Bmatrix} \quad (1)$$

利用多项式拟合方法对序列中的 $\{q_{0,k}\}_{k=1}^N$ 至 $\{q_{3,k}\}_{k=1}^N$ 分别进行拟合，构建出一个四元数参考序列 $\{q_{rm,k}\}_{k=1}^N$ ：

$$\{q_{rm,k}\}_{k=1}^N = \begin{Bmatrix} q_{r0,k} \\ q_{r1,k} \\ q_{r2,k} \\ q_{r3,k} \end{Bmatrix}_{k=1}^N = \begin{Bmatrix} q_{r0,1} & q_{r0,2} & \cdots & q_{r0,N} \\ q_{r1,1} & q_{r1,2} & \cdots & q_{r1,N} \\ q_{r2,1} & q_{r2,2} & \cdots & q_{r2,N} \\ q_{r3,1} & q_{r3,2} & \cdots & q_{r3,N} \end{Bmatrix} \quad (2)$$

将此序列作为星敏传感器的“真实”的姿态，考虑到四元数模为1的约束条件，需要对序列中的四元数做归一化处理：

$$\{q_{rm,k}\}_{k=1}^N = \begin{Bmatrix} \frac{q_{r0,k}}{\sqrt{1-q_{r0,k}^T q_{r0,k}}} \\ \frac{q_{r1,k}}{\sqrt{1-q_{r1,k}^T q_{r1,k}}} \\ \frac{q_{r2,k}}{\sqrt{1-q_{r2,k}^T q_{r2,k}}} \\ \frac{q_{r3,k}}{\sqrt{1-q_{r3,k}^T q_{r3,k}}} \end{Bmatrix}_{k=1}^N \quad (3)$$

需要说明的是，该步在进行多项式拟合时，拟合阶次应根据四元数的趋势进行选取，可选范围为1—15阶，当四元数曲线波动较小，阶数可设为较小的数值，极限情况下，阶数设为1，即趋势为直线，当波动较大时，阶数可适当增大，但不宜超过15阶，因为阶次再增大，会使拟合的边缘部分产生失真，与实际不符；

(3)在每个时刻 t_k ($k=1, \dots, N$)，利用四元数间姿态转换函数 $\delta q_k = q_{m,k} \otimes q_{rm,k}^*$ ， \otimes 表示四元数的乘，求解观测量与参考量的偏差四元数 δq_k ，该偏差量为极小量，因此可将该偏差四元数 δq_k 按任意转序转换为欧拉角，本文通过3-1-2转序将偏差四元数 δq_k 转换得到绕星敏传感器测量坐标系的X、Y、Z轴的欧拉角参数形式的偏差量 $\delta\phi_{x,k}$ 、 $\delta\phi_{y,k}$ 、 $\delta\phi_{z,k}$ ，具体计算过程如下：

将姿态矩阵 $A(q)$ 化成四元数矩阵形式：

$$A(q) = \begin{bmatrix} A_{11} & A_{12} & A_{13} \\ A_{21} & A_{22} & A_{23} \\ A_{31} & A_{32} & A_{33} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} q_0^2 + q_1^2 - q_2^2 - q_3^2 & 2(q_1 q_2 + q_0 q_3) \\ 2(q_1 q_2 - q_0 q_3) & q_0^2 - q_1^2 + q_2^2 - q_3^2 \\ 2(q_1 q_3 + q_0 q_2) & 2(q_2 q_3 - q_0 q_1) \\ 2(q_1 q_3 - q_0 q_2) & 2(q_2 q_3 + q_0 q_1) \\ q_0^2 - q_1^2 - q_2^2 + q_3^2 \end{bmatrix} \quad (4)$$

利用欧拉角 x 、 y 、 z 来描述星敏传感器三轴的姿态变化量，当转序为3-1-2时，用姿态角表达的姿态矩阵 A 计算如下：

$$A = R_y(y)R_x(x)R_z(z) = \begin{bmatrix} \cos(y) & 0 & -\sin(y) \\ 0 & 1 & 0 \\ \sin(y) & 0 & \cos(y) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos(x) & \sin(x) \\ 0 & -\sin(x) & \cos(x) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \cos(z) & \sin(z) & 0 \\ -\sin(z) & \cos(z) & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (5)$$

则由 $A(q)=A$ ，按照3-1-2转序下欧拉角与方向余弦阵的关系得到利用四元数描述的星敏传感器三轴的姿态角度：

$$\begin{aligned} x &= \arctan\left[-\frac{A_{21}}{A_{22}}\right] = \arctan\left[-\frac{2(q_1 q_2 - q_0 q_3)}{q_0^2 - q_1^2 + q_2^2 - q_3^2}\right] \\ y &= \arcsin[A_{23}] = \arcsin\left[2(q_2 q_3 + q_0 q_1)\right] \\ z &= \arctan\left[-\frac{A_{13}}{A_{33}}\right] = \arctan\left[-\frac{2(q_1 q_3 - q_0 q_2)}{q_0^2 - q_1^2 - q_2^2 + q_3^2}\right] \end{aligned} \quad (6)$$

则对应于每一时刻 t_k ($k=1, \dots, N$)的星敏传感器三轴偏差量 $\delta\phi_{x,k}$ 、 $\delta\phi_{y,k}$ 、 $\delta\phi_{z,k}$ ，可以利用上式以及偏差四元数 δq_k 相应的得到；

(4)根据 $\{\delta\phi_{x,k}\}_{k=1}^N$ 、 $\{\delta\phi_{y,k}\}_{k=1}^N$ 、 $\{\delta\phi_{z,k}\}_{k=1}^N$ ，求取反映星敏传感器的全部测量误差的标准差统计指标为：

$$e_{\text{std}}^{\text{Total}} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\phi_i - \bar{\phi})^2} \quad (7)$$

式中， ϕ_i 为每一时刻的测量数据， $\bar{\phi}$ 为全部测量数据的均值。

则星敏传感器各轴测量总误差的 3σ 统计量为：

$$e_{\text{Total}} = 3e_{\text{std}}^{\text{Total}}$$

3.3 低频误差计算

根据 $\{\delta\phi_{x,k}\}_{k=1}^N$ 、 $\{\delta\phi_{y,k}\}_{k=1}^N$ 和 $\{\delta\phi_{z,k}\}_{k=1}^N$ 进行数字滤波得到低频 LFE 误差序列 $\{\delta\phi_{x,k}^{\text{LFE}}\}_{k=1}^N$ 、 $\{\delta\phi_{y,k}^{\text{LFE}}\}_{k=1}^N$ 、 $\{\delta\phi_{z,k}^{\text{LFE}}\}_{k=1}^N$ ，这里数字滤波采用滑动平均方法，该方法滤波过程简单实用、可控性好，具体计算公式如下：

$$f[k] = \frac{1}{L} \sum_{L-M}^{L+M} \phi[k] \quad (8)$$

式中， $L=2M+1$ 为滤波滑动平均的点数，即窗口长度，是一个整数， f 为平均值， k 为数据点位置， ϕ 为 k 处的实际数值， M 为整数。在计算时将 $\{\delta\phi_{x,k}\}_{k=1}^N$ 、 $\{\delta\phi_{y,k}\}_{k=1}^N$ 和 $\{\delta\phi_{z,k}\}_{k=1}^N$ 直接代入 $\phi[k]$ 即可。

对于窗口长度的选取，不易太小或太大，数值太小，不能滤除低频项，太大，则会将其其他误差一并滤除。一般滑动窗口的大小使得提取的 LFE 曲线能反映出数列曲线的趋势即可，如图 2 所示。

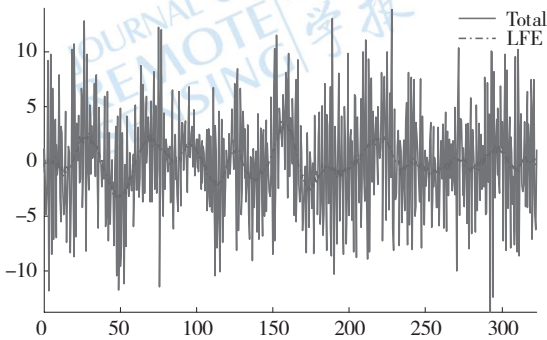


图2 滑动平均时的滑动窗口选取示意图

当然，除了滑动平均方法还可以用其他一些数字滤波方法进行低频项提取，比如采用 FIR 数字滤波器，但该滤波器模型的设计较为复杂，计算量大。

提取出 LFE 项后，对 LFE 误差序列求取 3 倍标准差给出相应的反映 LFE 误差的统计指标 $e_{\text{LFE}} = 3e_{\text{std}}^{\text{LFE}}$ ；

3.4 噪声等效角计算

将 $\{\delta\phi_{x,k}^{\text{LFE}}\}_{k=1}^N$ 、 $\{\delta\phi_{y,k}^{\text{LFE}}\}_{k=1}^N$ 和 $\{\delta\phi_{z,k}^{\text{LFE}}\}_{k=1}^N$ 从 $\{\delta\phi_{x,k}\}_{k=1}^N$ 、 $\{\delta\phi_{y,k}\}_{k=1}^N$ 和 $\{\delta\phi_{z,k}\}_{k=1}^N$ 中求差消除，得到星敏感器的其余误差 $\{\delta\phi_{x,k}^{\text{REST}}\}_{k=1}^N$ 、 $\{\delta\phi_{y,k}^{\text{REST}}\}_{k=1}^N$ 和 $\{\delta\phi_{z,k}^{\text{REST}}\}_{k=1}^N$ ，包括高频误差项 HFE 与随机误差项 TE，这部分误差构成噪声等效角 NEA，对这一部分误差数据求取 3 倍标准差 $e_{\text{NEA}} = 3e_{\text{std}}^{\text{NEA}}$ ，即可得到噪声等效角 NEA 的统计误差大小。

4 结论

本文对星敏感器在轨测量数据进行了误差项分解与误差分析，提出一种分析方法，该方法有以下特点：

(1) 采用相对姿态方法建立了卫星的参考姿态，解决了卫星真实姿态不可知情况下的测量误差分析问题；

(2) 误差分析结果可以提供绕星敏感器各坐标轴的测量误差，与星敏感器测量指标中的误差定义相对应，有利于在星地一体化误差因素的分解；

(3) 分析中对测量误差中的各误差项进行了系统性的分解，从总误差中提取了低频误差、高频误差和随机误差项，可以针对各个误差项的数据对误差源做进一步分析；

(4) 采用滑动平均方法对数据中的低频项进行了提取，计算简单、快捷，易于分析误差数据中的趋势项。

参考文献(References)

- 孙才洪. 2002. 轻小型星敏感器研制方法和研制技术. 北京: 中科院国家天文台
- Liebe C C. 2002. Accuracy Performance of Star Trackers-A Tutorial. IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems, 28(2) 587-599
- Stars sensor terminology and performance specification (ECSS-E-ST-60-20C_Rev.1)
- 章仁为. 2006. 卫星轨道姿态动力学与控制. 北京: 北京航空航天大学出版社

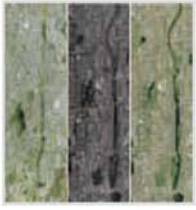
An analytical method of star tracker measurement errors

HUO Decong, HUANG Lin, LI Yan, TAO Zhigang, LI Songming

DFH Satellite Co. Ltd, Beijing 100094, China

Abstract: Attitude accuracy is one of the most important parameters to evaluate the performance of the star trackers. In this paper, a method of star tracker measurement errors is presented. This method is applicable to the in-orbit and on-ground analysis of measurement errors. Especially on uncertain attitude of the analysis.

Key words: star tracker, measurement errors, error analyze



封面说明

About the Cover

“天绘一号”卫星获取的吉林省长春市影像数据

The image acquired by Mapping Satellite-1 for the city of Changchun, Jilin

“天绘一号”卫星是中国第一颗传输型立体测绘卫星。封面图片为“天绘一号”卫星获取的吉林省长春市影像数据，左图为红、绿、蓝、近红外4个波段的10 m分辨率多光谱影像，中间为2 m分辨率全色影像，右图为生成的融合影像。“天绘一号”卫星既能进行高精度地形地貌立体测绘，又能进行地物判绘、资源调查和遥感定量分析，可广泛应用于国土测绘、城市规划、农林普查、土地利用详查、水利电力、交通运输、灾害监测和矿产资源分析等领域。

The Mapping Satellite-1 is the first stereo mapping satellite of China. The cover shows the data captured by this Satellite for the city of Changchun, Jilin province, northern China. The left side is a multispectral image that consists of red, green, blue, and near infrared bands at 10 m resolution. The middle is panchromatic image with 2 m resolution, and the right shows the fusion image. These data are important for three dimensional topography and landform surveying and high precision mapping, object interpretation and editing, resources investigation and remote sensing quantitative analysis. They are also expected to play a significant role in national land surveying and mapping, city planning, agriculture and forests survey, land usage investigation, water reservation and electric power, transportation, disaster forecast and mineral resources analysis.

遥感学报

JOURNAL OF REMOTE SENSING

YAOGAN XUEBAO (双月刊 1997年创刊)

第16卷 增刊 2012年12月26日

(Bimonthly, Started in 1997)

Vol.16 Sup December 26, 2012

主 管 中国科学院	Superintended	by	Chinese Academy of Sciences
主 办 中国科学院遥感应用研究所 中国地理学会环境遥感分会	Sponsored	by	Institute of Remote Sensing Applications, CAS. The Associate on Environment Remote Sensing of China
主 编 顾行发	Editor-in-Chief		GU Xing-fa
编 辑 《遥感学报》编委会 北京市安外大屯路中国科学院遥感应用研究所 邮编：100101 电话：86-10-64806643 http://www.jors.cn E-mail:jrs@irsa.ac.cn	Edited	by	Editorial Board of Journal of Remote Sensing Add: P.O.Box 9718, Beijing 100101, China Tel: 86-10-64806643 http://www.jors.cn E-mail: jrs@irsa.ac.cn
出 版 科 学 出 版 社	Published	by	Science Press
印刷装订 北京科信印刷有限公司	Printed	by	Beijing Kexin Printing Co. Ltd.
总 发 行 科 学 出 版 社 北京东黄城根北街16号 邮政编码：100717 电话：86-10-64017032 E-mail:sales_journal@mail.sciencep.com	Distributed	by	Science Press Add: 16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China Tel: 86-10-64017032 E-mail: sales_journal@mail.sciencep.com
国外发行 中国国际图书贸易总公司 北京 399 信箱 邮政编码：100044	Overseas distributed	by	China International Book Trading Corporation Add: P.O.Box 399, Beijing 100044, China

中国标准连续出版物号：ISSN 1007-4619
CN 11-3841/TP
CODEN YXAUAB

国内邮发代号：82-324

国外发行代号：BM 1002

定价：70.00元

ISSN 1007-4619

国内外公开发行

