文章编号:1002-2082(2010)03-0400-03

交变磁场对电子罗盘姿态输出精度影响的定量分析

张 威[1]，汤卫红[2]，郝利锋[3]，梁晓东[3]，江 涛[3]
(1. 92941部队94分队，辽宁 葫芦岛 125001；2. 海军驻20所军代室，陕西 西安 710065；3. 西安应用光学研究所，陕西 西安 710065)

摘 要：在理想电磁环境中对姿态测量元件电子罗盘进行了校准，给出了校准所需的标准参数设置。分别对电子罗盘在理想电磁环境与单交变磁场环境中以及二重及三重交变叠加磁场环境下的姿态角输出进行了对比分析，实时测量了两种典型状态下罗盘局部交变干扰磁场强度并绘出二维交变图。结果显示：随着交变干扰磁场强度的增大，3个姿态角输出精度均呈降低趋势。尤其是航向角最为严重，这与其特殊的敏感原理吻合。文末给出了精度变化的电磁数据原因。提出了避免罗盘精度降低的方法。

关键词：电子罗盘；交变磁场；罗盘精度
中图分类号：TN722.5 **文献标志码**：A

Alternating magnetic field effect on 3 axes compass module

ZHANG Wei[1], TANG Wei-hong[2], HAO Li-feng[3], LIANG Xiao-dong[3], JIANG Tao[3]
(1. 92941 Unit 94, Huludao 125001, China; 2. Navy's Representative Agency Positioned in 20 Institute, Xi'an 710065, China; 3. Xi'an Institute of Applied Optics, Xi'an 710065, China)

Abstract: A 3 axes compass module is calibrated in ideal magnetic environment, and standard calibration parameters are put forward. The output of compass module is measured and compared in ideal magnetic environments of single, two and three alternating magnetic fields. Real-time alternating magnetic density about compass module in two representative states was measured and the result was given. The result shows that the precision of compass module decreases with the increase of the magnetic density, especially at heading direction, which agrees with specific sensitivity theory of compass. The reason of this phenomenon is given and the method of improvement is suggested.

Key words: compass; alternating magnetic field; compass precision

引言

与系统固联的电子罗盘作为三自由度姿态敏感器件，通过测量2轴正交角加速度计轴线和地球重力线的夹角输出系统的纵摇和横摇角，通过测量磁力计轴线和地球南北极磁力线的夹角输出航向角。后者输出的真实性易受系统所在局部位置磁力线畸变的影响，例如大型铁矿或大型船只会导致局部磁力线弯曲。交变电流的交替换向也影响其输出精度，例如导引系统的220 V 50 Hz供电电源距离罗盘较近时，会在罗盘的正常输出上叠加非线性增量。这些误差直接影响系统的导引精度。本文中利用某型罗盘的航向角在交变电流影响条件下的输出误差，定量分析了交变磁场对系统的导引精度的影响。

收稿日期：2010-02-22； **修回日期**：2010-03-20
作者简介：张威(1967—)，男，辽宁锦州人，主要从事舰炮武器系统试验及研究工作。

1　电子罗盘的初始校准

罗盘的初始校准是输出量真实性的前提。与系统固联的罗盘在有限位置姿态下,测量2轴正交角加速度计轴线和地球重力线夹角以及磁力计轴线和地球南北极磁力线的夹角有限位置输出量,利用内置算法修正局部磁场畸变对系统姿态输出精度的影响,即提高纵摇角、横摇角及航向角的精度。

本文的研究内容是交变磁场对罗盘输出精度的影响,故校准环境是无直流无交变电流的较理想电磁环境[1],罗盘的软件校准设置参数见表1。

表1　电子罗盘的软件校准设置参数

Table 1　Software calibration parameters of compass module

项目	参数
波特率	115 200
安装方式	标准
北向参考	地磁北
平滑滤波	有
滤波设置	32拍
校准设置	标准
校准点数	50

对应表1中Standard标准安装方式,转轴及姿态设置是:Y轴定义为纵摇角,正向抬起为正反之为负;X轴为横滚角,沿X正向视图右侧下倾为正反之为负;Z轴为航向轴瞬时针旋转为正反之为负[2]。见图1。

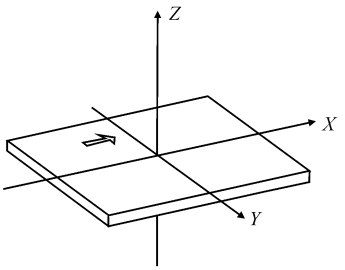

图1　电子罗盘姿态转轴定义

Fig. 1　Pose and axes definition of compass module

校准过程中仅罗盘加电有输出,探测器制冷机、方位俯仰伺服电机及摇摆台电机均未加电。最终校准结果:X,Y,Z 3轴覆盖率分别是:X Coverage 99%;Y Coverage 92%;Z Coverage 90%;校准全过程磁场强度离差1.832 μT。

校准完毕后,进行3轴摇摆台静态位置罗盘输出精度测试。探测器制冷机、方位俯仰伺服电机及摇摆台电机均未加电,摇摆台停当前位置并锁定。罗盘输出记录数100组,其统计学参数见表2。

表2　理想电磁环境的罗盘输出

Table 2　Compass module output in ideal magnetic environment

	最大值	最小值	均值	方差	离差
航向角/(°)	101.9	101.5	101.724	0.087 76	±0.20
纵摇角/(°)	−9.9	−9.8	−9.815	0.035 89	±0.05
横滚角/(°)	−3.3	−3.2	−3.241	0.049 43	±0.05

2　交变磁场影响分析

表2所列数据是初始校准后各交变干扰源未加电的较理想电磁环境下的。为检测交变磁场对姿态输出的影响,设置了表3所示的各干扰源顺序加电状态[3]。每种状态录取罗盘姿态输出100组,以作对比。

表3　交变干扰源的加电顺序

Table 3　Power on order of alternating disturb source

	探测器制冷机	方位俯仰伺服电机	摇摆台电机	摇摆台三轴姿态
状态1	稳态制冷中	未加电	未加电	停当前
状态2	稳态制冷中	加电稳空间瞄线	未加电	停当前
状态3	稳态制冷中	加电稳空间瞄线	加电待机	停当前

状态1、状态2及状态3的摇摆台停当前罗盘姿态输出统计结果分别见表4、表5和表6。

表4　单交变干扰源罗盘输出统计结果

Table 4　Statistic data of compass module output with single alternating disturb source

	最大值	最小值	均值	方差	离差
航向角/(°)	322.2	319.6	320.524	0.701 82	±1.30
纵摇角/(°)	−0.1	0	−0.001	0.01	±0.05
横滚角/(°)	1	0.9	0.911	0.031 45	±0.05

表5　双交变耦合干扰源罗盘输出统计结果

Table 5　Statistic data of compass module output with two alternating disturb source

	最大值	最小值	均值	方差	离差
航向角/(°)	297.5	291.8	295.099	1.264 07	±2.85
纵摇角/(°)	0.2	0	0.132	0.048 99	±0.10
横滚角/(°)	1	0.8	0.932	0.048 99	±0.10

表6　三重交变耦合干扰源罗盘输出统计结果

Table 6　Statistic data of compass module output with three alternating disturb source

	最大值	最小值	均值	方差	离差
航向角/(°)	213	181.6	202.563	5.898 05	±15.7
纵摇角/(°)	0.5	−0.5	−0.037	0.248 09	±0.50
横滚角/(°)	1.1	0.3	0.771	0.156 54	±0.40

状态1和状态3罗盘局部磁场强度分别见图2和图3。

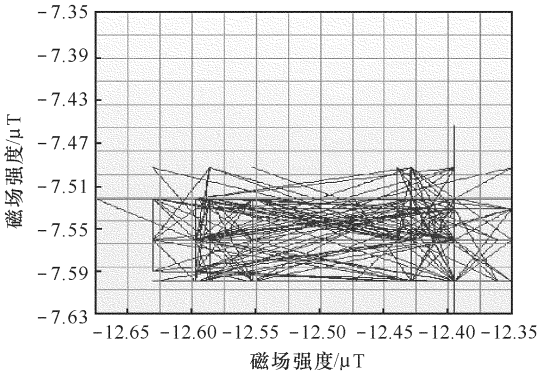

图2　状态1磁场强度

Fig. 2　Magnetic density in state 1

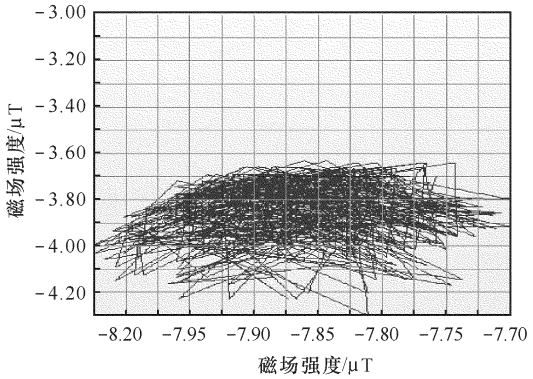

图3　状态3磁场强度

Fig. 3　Magnetic density in state 3

由表2可见,理想电磁环境的罗盘输出航向角偏差是±0.2°,纵摇和横摇输出偏差±0.05°,均符合罗盘标称精度[4]。

交变干扰源逐渐介入情况下,即状态1、状态2和状态3交变干扰磁场强度逐渐增大,状态1的交变磁场干扰由探测器制冷机交流电流引起,航向角受此影响离差增大为±1.3°,纵摇和横摇输出未受影响。状态2的交变磁场干扰由前一干扰源和和俯仰伺服电机稳空间瞄线的频繁换向电流叠加引起,航向角离差增大为±2.85°,纵摇和横摇离差增大为±0.1°;状态3的交变磁场干扰由前两种干扰源叠加摇摆台电机交流电引起,航向角受此影响离差增大为±15.7°,纵摇和横摇离差增大为±0.5°。可见随着干扰强度的增加,罗盘附近的磁场矢量幅值和方向的变化逐渐加剧。罗盘已经无法完全补偿磁场干扰分量矢量的变化。

由图2和图3可见,罗盘局部磁场矢量变化范围随着磁场干扰强度的增加而加大,X方向变化范围由±0.135 μT增大为±0.69 μT;Y方向变化范围由±0.09 μT增大为±0.405 μT。

3　结论

在理想电磁环境中,图2和图3蓝色折线在理论上应收敛为一点。两个方向最大变化值±0.405 μT和±1.05 μT相对于罗盘磁力计饱和值±80 μT并不大,但已经影响了航向角的输出精度,纵摇和横摇角的输出精度也受到影响。由此可见,为提高精度应尽量使罗盘远离交变电源和交流设备。亦应该远离大型铁磁物质,如货轮、汽车及铁矿区等。

参考文献:

[1]　江涛,陈方斌,王小齐,等.两轴周视光电跟踪天际线焦平面像的解析表达[J].应用光学,2009,30(1):20-24.
JIANG Tao,CHEN Fang-bin,WANG Xiao-qi,et al. Analytic expression of horizon imaging on infrared focal plane array in panoramic electro-optical tracker [J]. Journal of Applied Optics, 2009,30(1):20-24. (in Chinese with an English abstract)

[2]　江涛,陈方斌,李广良,等.漂浮式水面周视探测器探测周期的定性定量分析[J]. 应用光学,2007,28(专刊):20-23.
JIANG Tao, CHEN Fang-bin, LI Guang-liang, et al. Qualitative and quantitative analysis of detective period for navy photoelectricity cautionary detector [J]. Journal of Applied Optics., 2007,28(sup):20-23. (in Chinese with an English abstract)

[3]　高雅允,高岳,张开华.军用光电系统[M]. 北京:北京理工大学出版社, 1996.
GAO Ya-yun,GAO Yue,ZHANG Kai-hua. Military photoelectric system[M]. Beijing:Beijing Institute of Technology Press, 1996. (in Chinese)

[4]　H奈茨.数学公式[M]. 北京: 海洋出版社, 1983.
H NC. Mathematic formulae[M]. Beijing: Ocean Publisher, 1983. (in Chinese)